

UFZ-Bericht

Nr. 24/2001

**Integriertes Bewertungsverfahren
und seine beispielhafte Anwendung
im Torgauer Raum**

Hrsg.: Helga Horsch¹⁾, Frank Messner¹⁾ und
Martin Volk²⁾

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

¹⁾ Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht

²⁾ Sektion Angewandte Landschaftsökologie

ISSN 0948-9452

**Integriertes Bewertungsverfahren
und seine beispielhafte Anwendung im Torgauer Raum**

Helga Horsch,¹⁾ Frank Messner¹⁾ und Martin Volk²⁾ (Hrsg.)

- 1) Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht
- 2) Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Inhaltsverzeichnis

	Seiten
Vorwort	1
1 Einführung	3
1.1 <i>Helga Horsch, Frank Messner und Martin Volk</i> Die Fallstudie zum Torgauer Raum: Anliegen und Struktur	3
1.2 <i>Frank Messner und Bernd Klauer</i> Integriertes Bewertungsverfahren im Überblick	6
2 Schritt 1: Szenarienableitung	9
2.1 Handlungsfelder und –alternativen zum regionalen Nutzungskonflikt	9
2.1.1 <i>Helga Horsch und Frank Messner</i> Der regionale Nutzungskonflikt	9
2.1.2 <i>Frank Messner</i> Handlungsfelder und Handlungsalternativen	11
2.2 Entwicklungsrahmen	14
2.2.1 <i>Stefan Geyley</i> Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes	14
2.2.2 <i>Frank Messner</i> Kiesnachfrage und Kiesabbau	18
2.2.3 <i>Stefan Geyley</i> Fernwassernachfrage und –förderung	25
2.2.4 <i>Felix Herzog, Helga Horsch und Thomas Schmidt</i> Intensitätsgrad der Landbewirtschaftung	36
2.2.5 <i>Stefan Geyley</i> Entwicklung von Siedlungsflächen und Versiegelung	44
2.2.6 <i>Martin Volk, Felix Herzog und David Härtel</i> Waldumbau und Aufforstung	51
2.2.7 <i>Frank Messner</i> Die Entwicklungsrahmen SPARFLAMME, REALO und GRÜNDERZEIT	63

2.3	Effekte sozioökonomischer Anpassungsreaktionen	65
2.3.1	<i>Frank Messner</i> Kieswirtschaft	65
2.3.2	<i>Helga Horsch und Stefan Geyley</i> Landwirtschaft	72
2.4	Szenarien in Abhängigkeit von Handlungsalternativen und Entwicklungsrahmen	84
2.4.1	<i>Frank Messner</i> Szenarien zum regionalen Nutzungskonflikt	84
2.4.2	<i>Helga Horsch und Stefan Geyley</i> Extremfallbetrachtung zu regionalen Trinkwasserschutzoptionen	86
2.5	Anhang zu Kapitel 2	95
	<i>Stefan Geyley</i> Befragung der Landwirte in Trinkwasserschutzgebieten des Torgauer Raumes	95
3	Schritt 2: Bewertungskriterien und Unsicherheit	105
3.1	<i>Frank Messner, Bernd Klauer und Martin Volk</i> Problemspezifische Kriterien für den Torgauer Raum	105
3.2	<i>Martin Drechsler</i> Methodik zur Berücksichtigung indikatorenbezogener Unsicherheit	107
4	Schritt 3: Modellierung und Abschätzung von Szenarieneffekten	117
4.1	<i>Martin Volk und Stefan Geyley</i> Grundwasserneubildung und -entnahme	117
4.2	<i>Thomas Schmidt, Martin Volk und Marco Neubert</i> Nitrat-Konzentration im Sickerwasser	130
4.3	<i>Silke Bruns, Mathias Scholz und Frank Messner</i> Naturschutzfachlich relevante Effekte des Kiesabbaus	143
4.4	Effekte in der Landwirtschaft	173
4.4.1	<i>Thomas Schmidt und Stefan Geyley</i> Abschätzung ökonomischer Standarddaten für die Landbewirtschaftung	173
4.4.2	<i>Helga Horsch und Stefan Geyley</i> Umsatz- und Beschäftigungseffekte in der Landwirtschaft	197
4.5	<i>Bernd Klauer</i> Prognose der Szenarieneffekte auf die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten	207

5	Schritt 4: Monetäre und multikriterielle Bewertung	217
5.1	<i>Stefan Geyley und Helga Horsch</i> Monetäre Bewertung der trinkwasserschutzbezogenen Module 1 bis 5	217
5.2	<i>Frank Messner</i> Monetäre Bewertung der kiesabbaubezogenen Module 6 bis 12	239
5.3	<i>Frank Messner, Martin Drechsler, Helga Horsch, Stefan Geyley und Bernd Klauer</i> Ergebnisse der Multikriterienanalyse	273
5.4	Anhang zu Kapitel 5: <i>Stefan Geyley und Frank Messner</i> Ergebnisse der Rechnungen zu den NKA-Modulen 1 bis 12	278
	Literaturverzeichnis	301
	Autorenverzeichnis	308

Vorwort

Im Rahmen des interdisziplinären UFZ-Verbundprojektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung“ wurde ein Bewertungsverfahren zur Untersuchung von Nutzungskonflikten und zur Identifizierung geeigneter Handlungsalternativen für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung entwickelt. Es wurde unter Federführung der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht in enger Zusammenarbeit von Wirtschafts- und Naturwissenschaftlern bearbeitet und im Jahre 2000 abgeschlossen.

Eine geschlossene Darstellung wesentlicher Ergebnisse zum Bewertungsverfahren ist sowohl in dem im Jahre 2001 im Metropolis-Verlag erschienenen Buch *„Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung. Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und -umsetzung“* als auch im vorliegenden UFZ-Bericht zu finden. Während in der oben genannten Buchpublikation vor allem das theoretische und methodische Konzept des Bewertungsverfahrens abgehandelt werden, ist der UFZ-Bericht auf seine beispielhafte Anwendung fokussiert und hat insbesondere die für das Untersuchungsgebiet maßgebenden Annahmen und Datenquellen zum Gegenstand. Der UFZ-Bericht ist damit sozusagen als empirisches Komplement zu dem Buch zu verstehen.

Die im Rahmen der Fallstudie durchgeführten empirischen Untersuchungen erfolgten in Kooperation mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, dem Regierungspräsidium und dem Staatlichen Umweltfachamt Leipzig. Des Weiteren gab es eine enge Zusammenarbeit mit dem Landratsamt Torgau-Oschatz, der Stadt Torgau, den Staatlichen Ämtern für Landwirtschaft in Leipzig-Möckern und in Mockrehna sowie dem Staatlichen Amt für Ländliche Neuordnung in Wurzen.

Dank der Unterstützung dieser Einrichtungen war es letztlich möglich, mit der Fallstudie eine anwendungsorientierte sowie politikrelevante Grundlage für öffentliche Entscheidungen zur Lösung von Nutzungskonflikten zwischen Gewässerschutz und wirtschaftlicher Entwicklung zu leisten.

Helga Horsch, Frank Messner und Martin Volk

Leipzig, August 2001

1 Einführung

1.1 Die Fallstudie zum Torgauer Raum: Anliegen und Struktur

Helga Horsch, Frank Messner und Martin Volk

Zur Unterstützung von öffentlichen Entscheidungen zur Lösung von Nutzungskonflikten zwischen Gewässerschutz und wirtschaftlicher Entwicklung wurde ein integriertes Bewertungsverfahren entwickelt. Die Ableitung und Darstellung des Verfahrens in seiner Gesamtheit ist Gegenstand des im Metropolis-Verlag erschienenen Buches „*Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung. Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und -umsetzung*“ (Horsch et al. 2001). Seine beispielhafte Anwendung erfolgte dabei in einer Fallstudie. Im Rahmen des herausgegebenen Buches war es jedoch nicht möglich, ausführlich auf alle methodischen Algorithmen und angewandten Modelle und auf die für das Untersuchungsgebiet maßgebenden Annahmen und Datenquellen der Fallstudie einzugehen. Es konnten lediglich die Ergebnisse der beispielhaften Anwendung vorgestellt werden. Das Ziel dieses Berichtes besteht nun darin, diejenigen Einzelergebnisse, Datengrundlagen und Details der Fallstudie, auf die im Buch nicht eingegangen wurde, zu dokumentieren.

Die Fallstudie bezieht sich auf den Torgauer Raum, der eine ländliche Region darstellt und nordöstlich von Leipzig in der Elbtalwanne gelegen ist. Seine Brisanz als Untersuchungsgebiet ist durch die gravierenden Konflikte in diesem Raum gegeben, die sich aus überlagernden und konkurrierenden Nutzungsinteressen zwischen dem Gewässerschutz für die Trinkwasserversorgung und der Flächennutzung für wirtschaftliche Entwicklung ergeben. Ein Drittel des Untersuchungsgebietes unterlag 1993 dem Status von Trinkwasserschutzgebieten. Zu den größten Schutzgebieten zählen die Trinkwasserschutzgebiete Mockritz und Torgau-Ost, die dem Schutz von Rohwasser für die Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH dienen (Horsch/Ring 2001, 23ff.). Bezogen auf das Jahr 1993 machten sie 68% der Trinkwasserschutzgebiete im Torgauer Raum aus. Allerdings wurde bereits mit Wirkung zum 8. Januar 2000 vom Landratsamt Torgau-Ostschitz entschieden, das Trinkwasserschutzgebiet Mockritz um die ostelbigen Zonen 3a und 3b sowie um die westelbige Zone 3b zu reduzieren. Neben begründeten Argumenten für eine Reduzierung dieses Schutzgebietes gibt es nach wie vor eine Reihe von Bedenken bezüglich seiner Veränderung. Auf Grund der Pro- und Contra-Argumente interessierten die Ergebnisse einer Fallstudie, in der ein ökologische, ökonomische und soziale Kriterien integrierendes Bewertungsverfahren zur *ex-post Analyse* einer Entscheidung über die Reduktion von Trinkwasserschutzgebieten angewendet wurde (nähere Ausführungen zum Sinn einer *ex-post* Betrachtung siehe Messner et al. 2001, 108f.). Auf die aus der *ex-post* Analyse gewonnenen Erkenntnisse und zu ziehenden Schlussfolgerungen wird in Messner et al. 2001, 308ff. und in Kapitel 5.3 dieses Berichtes ausführlicher eingegangen.

Für die Abgrenzung des 686 km² umfassenden Untersuchungsgebietes waren folgende Überlegungen maßgebend:

1. Die für den Nutzungskonflikt relevanten naturräumlichen Bezugssysteme sind die *oberirdischen Einzugsgebiete „Elbe“ und „Schwarzer Graben“*.
2. Bei der Erhebung sozioökonomischer Daten sind allerdings administrative Grenzen zu berücksichtigen. Als Kerngebiet für den oben genannten Nutzungskonflikt wird der *Altkreis Torgau* betrachtet, der mit Inkrafttreten des 1. Kreisgebietsreformänderungsgesetzes vom 01.08.1994 zum Landkreis Torgau-Oschatz gehört.
3. Um für das Untersuchungsgebiet eine weitestgehende Berücksichtigung naturräumlicher und administrativer Einheiten zu gewährleisten, wurde der Altkreis Torgau um die Gemeinden Mockrehna, Strelln, Schöna und Wildschütz des Landkreises Torgau-Oschatz erweitert¹, die nahezu vollständig im Bilanzgebiet *„Schwarzer Graben“* liegen.

Werden die naturräumlichen und administrativen Einheiten entsprechend berücksichtigt, ergibt sich schließlich ein Untersuchungsgebiet, das die in der Tabelle 1 aufgeführten Gemeinden zum Torgauer Raum umfasst.

Tab. 1: Zum Untersuchungsgebiet „Torgauer Raum“ zählende Gemeinden.

Gemeinde Nr.	Gemeinden des Torgauer Raumes
1	Arzberg
2	Audenhain
3	Beilrode
4	Belgern
5	Döbrichau
6	Dommitzsch
7	Dreiheide
8	Elsnig
9	Großtreben-Zwethau
10	Kobershain
11	Lausa
12	Mockrehna
13	Neußén
14	Pflückuff
15	Schildau
16	Schöna
17	Strelln
18	Taura
19	Torgau
20	Trossin
21	Wildschütz
22	Wörblitz
23	Zinna

¹ Vor dem 01.08.1994 waren die Gemeinden Mockrehna, Strelln, Schöna und Wildschütz dem Altkreis Eilenburg zugeordnet (vgl. dazu den Beitrag von Kindler et al. 2001, 31).

Entsprechend dem oben genannten Anliegen geht es in den folgenden Kapiteln um die methodischen Algorithmen, Annahmen und Datengrundlagen für die auf den Torgauer Raum bezogene Anwendung des integrierten Bewertungsverfahrens unter Berücksichtigung von Unsicherheit. Dieser Dokumentation wird eine komprimierte Übersicht zu den vier Schritten des integrierten Bewertungsverfahrens vorangestellt (Kapitel 1.2). Im 2. Kapitel folgt anschließend die Erläuterung der angewendeten Methodik der Szenarienableitung (Schritt 1). In Kapitel 3 werden summarisch die problemspezifischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Bewertungskriterien vorgestellt und das Verfahren zur Berücksichtigung indikatorenbezogener Unsicherheit erörtert (Schritt 2). Anschließend folgen in Kapitel 4 die Beschreibungen zur Modellierung und zur Effektabschätzung sowie die methodischen Ausführungen zur kriterienbezogenen Bewertung der Effekte der verschiedenen Szenarien unter Unsicherheit (Schritt 3). Die szenarienbezogenen Ergebnisse fließen in den vierten Schritt des Bewertungsverfahrens ein, der die eigentliche Bewertung von Handlungsalternativen umfasst und in Kapitel 5 abgehandelt wird. In diesem Kapitel werden vor allem die trinkwasserschutz- und kiesabbaubezogenen Module der Nutzen-Kosten-Analyse unter Einbeziehung von Unsicherheit vorgestellt und verglichen. Das Kapitel 5 schließt mit einer Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse und einen Tabellenanhang.

1.2 Integriertes Bewertungsverfahren im Überblick

Frank Messner und Bernd Klauer

Zur Bewertung des Nutzungskonfliktes zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Naturschutz im Torgauer Raum wurde ein integriertes Bewertungsverfahren angewendet, das vier Schritte umfasst. Diese vier Schritte des Bewertungsverfahrens sind in Abbildung 1 dargestellt und werden im Folgenden kurz erläutert.²

Schritt 1: Szenarienableitung

Zu Beginn werden die vorherrschenden Landnutzungskonflikte im Untersuchungsgebiet analysiert. In einem partizipativen Prozess wird in Zusammenkünften mit Behörden und Interessenvertretern der Region die Situation diskutiert und Lösungsstrategien erörtert. Es werden darauf aufbauend Handlungsfelder benannt, die auf der regionalen Ebene zur Verfügung stehen und es werden relevante Handlungsalternativen zur Konfliktlösung herausgearbeitet. Die Handlungsalternativen zur Untersuchung des Torgauer Landnutzungskonfliktes werden in Kapitel 2.1.2 vorgestellt. Da jede Handlungsalternative sich unter anderen zukünftigen Rahmenbedingungen unterschiedlich günstig darstellen kann, ist es erforderlich, verschiedene sogenannte „Entwicklungsrahmen“ zu definieren, um so die Unsicherheit über die zukünftigen Rahmenbedingungen in die Analyse einzubeziehen bzw. zu vermindern. Ein Entwicklungsrahmen umfasst konkrete zukünftige Rahmenbedingungen und Entwicklungstrends in sozioökonomischen und ökologischen Systemen, die von den Entscheidungsträgern nicht (direkt) beeinflusst werden können und somit als „von außen vorgegeben“ angenommen werden. In diesem Bericht werden die Annahmen zu drei verschiedenen Entwicklungsrahmen im Kapitel 2.2 dargelegt. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ergibt sich aus den möglichen Anpassungsreaktionen der Akteure im Untersuchungsgebiet, die sich auf eine politische Entscheidung einstellen. Sofern unterschiedliche Formen der Anpassung zu erwarten sind, ist es sinnvoll, auch hier verschiedene Varianten in die Untersuchungen einzubeziehen, um die möglichen Wirkungen der politischen Entscheidungen in ihrer vollen Bandbreite erfassen zu können. Aus der Kombination von Handlungsalternativen, Entwicklungsrahmen und Anpassungsreaktionen entstehen schließlich die Szenarien (vgl. Kap. 2.2).

Schritt 2: Auswahl von problemspezifischen Bewertungskriterien

Im zweiten Schritt werden die Szenarien zunächst danach geprüft, welche realen Effekte bei ihrer Realisierung zu erwarten sind. Da die Handlungsalternativen vergleichend bewertet werden, sind nur diejenigen Effekte zu betrachten, die in den einzelnen Szenarien unterschiedliche Ausprägungen aufweisen. Zur Gewährleistung einer konsistenten Durchführung dieser Differenzbetrachtung wird für jeden Entwicklungsrahmen ein Referenzszenario ge-

² Eine ausführliche Beschreibung des integrierten Bewertungsverfahrens ist zu finden in Klauer et al. 2001.

wählt. Nach der Erarbeitung einer Liste mit den zu erwartenden Szenarieneffekten werden in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter Einbeziehung der Interessenvertreter problem-spezifische, auf dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung basierende ökonomische, ökologische und soziale Bewertungskriterien bestimmt, mit deren Hilfe die zu erwartenden realen Effekte der verschiedenen Szenarien quantitativ erfasst und bewertet werden können (vgl. Kap. 3.1).

Bei der Auswahl der Kriterien wird besonders darauf geachtet, dass eine vollständige Erfassung aller relevanten Effekte erfolgt, dass die Kriterien Zielgrößen darstellen, die für die Entscheidungsträger und die betroffenen Akteure im Untersuchungsgebiet bedeutsam sind, und dass Modelle und Methoden vorhanden sind oder entwickelt werden können, die eine Abschätzung der Szenarieneffekte ermöglichen.

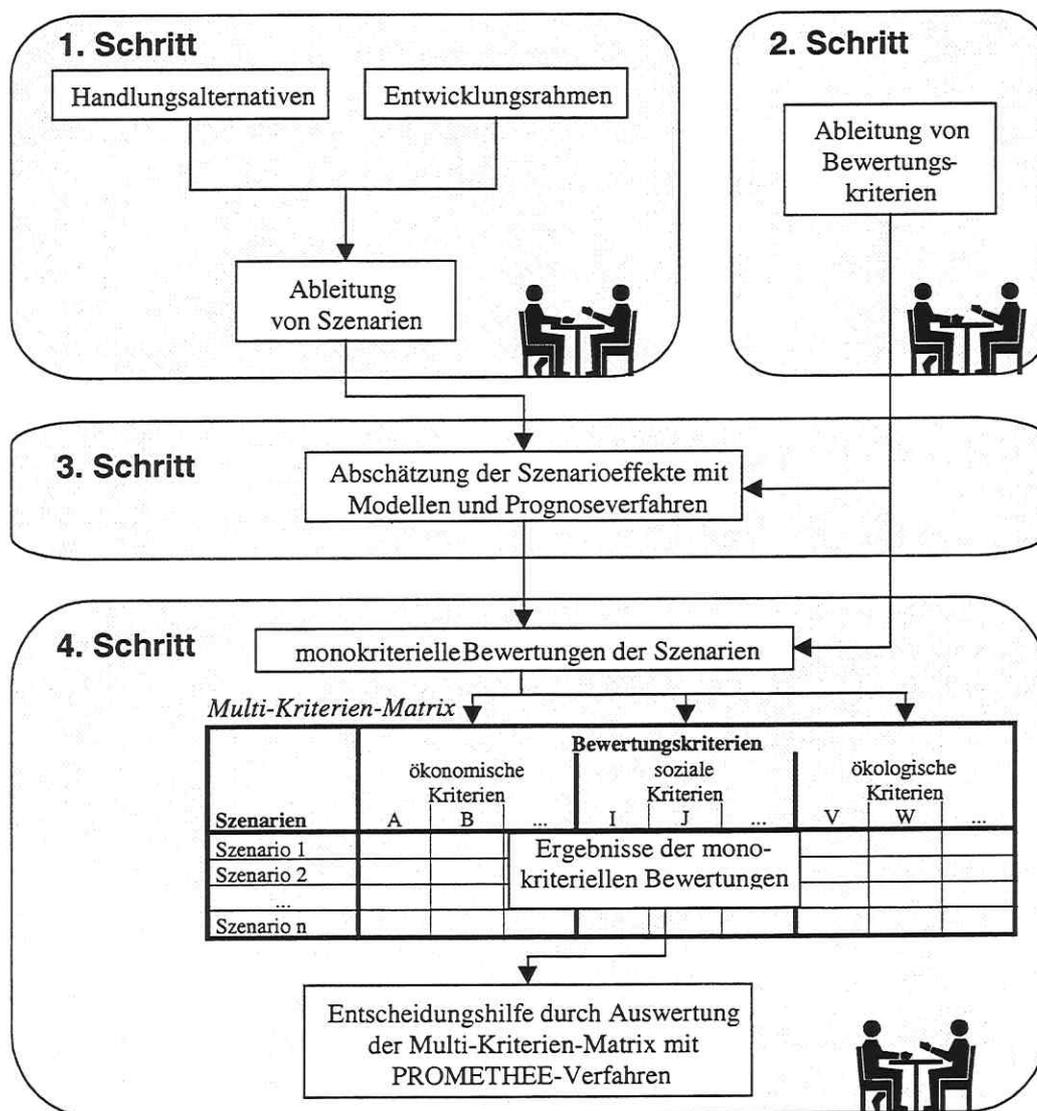


Abb. 1: Die Struktur des integrierten Verfahrens zur Bewertung von Konfliktsituationen.³

³ In Abbildung 1 werden alle methodischen Schritte, in denen Partizipationsprozesse stattfinden, durch das Kommunikationssymbol kenntlich gemacht.

Schritt 3: Modellierung und Abschätzung der Szenarieneffekte

Das integrierte Bewertungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Abschätzung der Szenarieneffekte mit wissenschaftlichen Methoden unterstützt wird. In der Fallstudie steht ein dynamisches Input-Output-Modell, das die Verflechtungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftssektoren abzubilden vermag, im Mittelpunkt der ökonomischen Analyse (vgl. Kap. 4.4). Gespeist wird das Input-Output-Modell mit verfügbaren Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung sowie mit den Ergebnissen von ökonomischen Sektorstudien, in denen die Wirkungen der Handlungsalternativen auf betroffene Wirtschaftssektoren erarbeitet wurden (vgl. Kap. 2.2.2, 2.2.3 und 4.4).

Aus ökologischer Sicht sind in der Fallstudie die Wirkungen der Handlungsalternativen auf den Wasserhaushalt sowie ökologische Effekte des Kiesabbaus abzuschätzen. Die Grundwasserneubildung wird durch ein hydrologisch-ökologisches Abflussbildungsmodell (ABIMO) simuliert. Darauf aufbauend wird unter Einbeziehung von flächenbezogenen Nährstoffbilanzen und unter Verwendung des Bodenprozess-Modells CANDY die Nitrat-Konzentration im Sickerwasser modelliert (vgl. Volk/Geyler und Schmidt et al. in Kap. 4). Die ökologischen Wirkungen des oberflächennahen Kiesabbaus werden basierend auf einer ökologischen Kartierung der betroffenen Flächen geschätzt (vgl. Bruns et al. in Kap. 4.3).

Bei allen Modellierungen und Abschätzungen werden immer umfangreiche Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um Unsicherheiten in Form von Schwankungsbreiten einzubeziehen.

Schritt 4: Multikriterielle Bewertung

Der vierte Schritt des Bewertungsverfahrens umfasst die vergleichende Bewertung der Szenarien. Dabei werden die Szenarien zuerst mit Bezug auf jedes der in Schritt zwei definierten Bewertungskriterien bewertet. Die Ergebnisse dieser monokriteriellen Bewertungen werden dann unter Verwendung des multikriteriellen Verfahrens PROMETHEE zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt. Eine große Bedeutung kommt bei der monokriteriellen Bewertung der Ermittlung der monetären gesellschaftlichen Wohlfahrtseffekte in Form des Nettonutzens mittels Nutzen-Kosten-Analyse zu. Wegen der methodischen Schwächen der Nutzen-Kosten-Analyse reicht das Kriterium „Nettonutzen“ allerdings für eine Bewertung nicht aus, so dass zusätzliche Bewertungen anhand weiterer Bewertungskriterien notwendig sind. Bei der Durchführung der Multikriterienanalyse ist die Kriteriengewichtung sehr bedeutsam. Hier wird entweder auf Vorgaben der Stakeholder zurückgegriffen oder das dreistufige Verfahren von Drechsler (2001, S. 269 ff.) angewendet, wobei durch Analyse einer Vielzahl möglicher Gewichtungen Trendaussagen hinsichtlich einer konsensorientierten Gesamtbewertung gemacht werden können. Das Ergebnis der Multikriterienanalyse ist letztlich ein Ranking der Szenarien (vgl. Kap. 5).

2 Schritt 1: Szenarienableitung

In diesem Kapitel wird dargelegt, wie die Szenarien zur Analyse des Landnutzungskonfliktes im Torgauer Raum auf Grundlage des oben dargestellten integrierten Bewertungsverfahrens abgeleitet wurden. Nachfolgend werden in Kapitel 2.1 der regionale Nutzungskonflikt im Untersuchungsgebiet sowie die Handlungsfelder und –alternativen im Kontext des Konfliktes kurz vorgestellt. Im Anschluss folgt in Kapitel 2.2 die Vorstellung der Entwicklungsrahmen inklusive der Beschreibung der damit verbundenen Annahmen und methodischen Vorgehensweisen bei ihrer Ableitung. Die Annahmen und Effekte sozioökonomischer Anpassungsreaktionen sind Gegenstand des Kapitels 2.3. In Kapitel 2.4 werden schließlich die generierten Szenarien kurz präsentiert und in Kapitel 2.5 folgt ein Anhang, in dem Daten und Methoden zu einer Befragung offengelegt werden.

2.1 Handlungsfelder und –alternativen zum regionalen Nutzungskonflikt

2.1.1 Der regionale Nutzungskonflikt

Helga Horsch und Frank Messner

Im Torgauer Raum bestand zu Beginn des UFZ-Forschungsprojektes (1996) ein Nutzungskonflikt zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Naturressourcenschutz, wobei Gewässerschutz einen großen Raum einnahm. Der Gewässerschutz im Torgauer Raum dient vor allem der Sicherstellung einer überregionalen Trinkwasserversorgung durch die Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost, die zum Verbund der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH gehören und das Ballungsgebiet Leipzig-Halle mit Trinkwasser versorgen. Der Schutz des Rohwassers für die beiden Wasserwerke der Fernwasserversorgung soll durch die Trinkwasserschutzgebiete Mockritz und Torgau-Ost gewährleistet werden. Insgesamt machten die beiden Schutzgebiete ca. 25% der Fläche des Torgauer Raumes aus. Zwar wurden im zurückliegenden Zeitraum auf Grund des starken Rückgangs der Trinkwassernachfrage bereits Wasserwerke geschlossen und Trinkwasserschutzgebiete aufgehoben (vgl. Horsch et al. 2001, Karte 6 im Anhang), aber dies betraf im Wesentlichen lokale und regionale Wasserwerke, deren Rohwasser belastet war. Mit der weiteren Nutzung der zur Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz gehörenden Wasserwerke Torgau-Ost und Mockritz bleibt jedoch die überregionale Bedeutung des Grundwasserschutzes auch künftig erhalten. Allerdings stand mit der Neufestsetzung der Trinkwasserschutzgebiete entsprechend dem 1993 verabschiedeten Sächsischen Wassergesetz (SächsWG 1998) die Größe der Trinkwasserschutzgebiete der Fernwasserversorgung zur Disposition. Dabei handelt es sich um eine vom Landratsamt des Kreises Torgau-Ostschatz zu treffende Entscheidung, die nach § 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG 1996) dem vorsorglichen Trinkwasserschutz Rechnung zu tragen hat.

Aus der Sicht des Gewässerschutzes gründen sich Bedenken gegen die Verringerung der Schutzgebiete einerseits auf der Schutzwürdigkeit des Grundwasserdargebotes im Bilanzgebiet Elbe und Schwarzer Graben sowie andererseits auf die nicht vorhersagbaren langfristigen Entwicklungen des Trinkwasserbedarfes, nicht ausgeräumten Ungewissheiten über die von den militärischen Altlasten ausgehenden Gefahren für das Grundwasser sowie auf künftig nicht auszuschließenden grundwasserbelastenden Landnutzungen.⁴

Bei der Festsetzung der Größe kommen allerdings auch einige ökonomische Faktoren und Interessen mit ins Spiel. Potenzielle landnutzungsbezogene Konflikte in einem ländlich geprägten Raum bestehen vor allem zwischen *Trinkwasserschutz und Landwirtschaft*. 68% der Trinkwasserschutzgebiete sind landwirtschaftliche Nutzflächen. Die Sicherstellung von Trinkwasserqualität erfordert Maßnahmen zum Schutz gegen Stickstoffeinträge und Einträge von Pflanzenschutzmitteln ins Grundwasser, wie z.B. restriktive Stickstoffdüngung und Gülleausbringung oder Begrünung im Winter bzw. Zwischenfruchtanbau. Da die Landwirte vom Freistaat Sachsen für die Mehraufwendungen Ausgleichszahlungen erhalten, ist die Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete weniger ein Motiv der Landwirte, sondern eher ein Motiv der in die Entscheidungsvorbereitung involvierten Landesbehörden vor allem vor dem Hintergrund fiskalischer Zwänge.

Ein weiterer potenzieller Konflikt zwischen Trinkwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung resultiert daraus, dass auch *Unternehmen und Einrichtungen des sekundären und tertiären Sektors der Wirtschaft* in den Trinkwasserschutzgebieten Mockritz und Torgau-Ost mit 8% Flächenanteil⁵ angesiedelt sind. Diese Sektoren unterliegen ebenfalls trinkwasser-schutzbedingten Auflagen. Sie können die Industrieinvestitionen, den Straßenbau, die Errichtung von Abwasserentsorgungssystemen, Tankstellen oder Heizölanlagen und deren Betreibung betreffen.

Von besonderem Interesse sind die potenziellen Flächenkonkurrenzen zwischen *Trinkwasserschutz und Kiesabbau*. Im Torgauer Raum wurden nach 1990 mehr als 40 Anträge auf Abbau von Sand und Kies gestellt, wobei sich einige der Flächen in Trinkwasserschutzgebieten befinden (vgl. Messner et al. 2001, S. 99 ff.). Bedingt durch die Kiesvorkommen in Trinkwasserschutzgebieten des Torgauer Raumes sowie durch das ökonomische Interesse an der Erschließung dieser Vorkommen ist eine Entscheidungssituation auf kommunaler und regionaler Ebene zum Kiesabbau gegeben, in der die Trinkwasserschutzgebietsausweisung der Genehmigung des Kiesabbaus entgegensteht bzw. eine Genehmigung erschwert. Sollte das Trinkwasserschutzgebiet in alter Größe neu festgesetzt werden, würden durch diese Entscheidung Kiesabbaustandorte für den Abbau blockiert.⁶

⁴ Allerdings sind die militärischen Altlasten kein zwingendes Argument im Kontext mit der Diskussion zur Beibehaltung oder Reduzierung von Trinkwasserschutzgebieten. Maßgebend dafür ist u.a., dass die militärischen Altlasten, die vor allem das Trinkwasserschutzgebiet Mockritz betreffen, hinsichtlich ihrer Gefährdung für die Wassergewinnung durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen und natürliche Abbauprozesse als beherrschbar gelten (vgl. Trettin et al. 2001), und dass die verfügbaren Trinkwasservorkommen im Fassungs-bereich des Wasserwerkes Mockritz Förderregimes zur Sicherung von Trinkwasserqualität durchaus zulassen.

⁵ In dem ausgewiesenen Flächenanteil sind Kiesabbauflächen nicht mit einbezogen.

⁶ Für eine ausführlichere Darstellung des Nutzungskonfliktes vgl. Horsch/Ring 2001, S. 23 ff. und Klauer et al. 2001, S. 84 ff.

2.1.2 Handlungsfelder und Handlungsalternativen

Frank Messner

Insgesamt kristallisierten sich bei der Analyse des Nutzungskonfliktes die beiden Handlungsfelder „Trinkwasserschutz für die Fernwasserversorgung“ und „Kiesabbau“ für regionale Entscheidungsträger als relevant heraus. Die Entscheidungssituation in Bezug auf diese Handlungsfelder steht repräsentativ für den gesamten Konflikt zwischen Trinkwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung im Torgauer Raum, vereinfacht aber bewusst die facettenreiche Wirklichkeit. Hinsichtlich des Handlungsfeldes „Trinkwasserschutz“ wurden von politischer Seite bereits Fakten geschaffen: Zum 8. Januar 2000 wurden die ostelbigen Zonen 3a und 3b sowie die westelbige Zone 3b des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz aufgehoben. In der Fallstudie wurde diese Entscheidung ex post analysiert. Dabei war zum einen der Vergleich des integrierten Bewertungsverfahrens mit den tatsächlichen Entscheidungsmechanismen von Interesse, zum anderen hat die Fallstudie angesichts der in vielen ostdeutschen Landkreisen diskutierten Frage der Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete einen Pilotcharakter (vgl. Messner et al. 2001, S. 99 ff.).

Entscheidungsträger für das *Handlungsfeld Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete* der Fernwasserversorgung ist das Landratsamt des Kreises Torgau-Oschatz. Der Entscheidung gehen dabei Behörden interne Abstimmungen, insbesondere mit dem Staatlichen Umweltfachamt Leipzig, voraus. Gegenstand der Entscheidung ist die Neufestsetzung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz. Nach Analyse der Sachlage und der Argumente der Befürworter und Gegner der Trinkwasserschutzgebietsreduzierung wurden zwei Handlungsoptionen identifiziert, die für die regionale Entscheidung bedeutsam waren:

1. Beibehaltung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz und
2. Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz um die ostelbigen Schutzzonen 3a und 3b sowie um die westelbige Zone 3b.

Das *Handlungsfeld*, in dem über den *Aufschluss neuer Kiesabbaustätten* entschieden wird, ist dem Handlungsfeld Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete untergeordnet, da das Bestehen eines Trinkwasserschutzgebietes eine Genehmigung von Kiesabbau im betroffenen Gebiet in vielen Fällen ausschließt. Der zuständige Entscheidungsträger über die Genehmigung des Aufschlusses neuer Kiesabbaustätten ist für Anträge, die vor 1996 gestellt wurden, das Oberbergamt, während Anträge jüngeren Datums auf Grundlage einer veränderten Gesetzeslage durch das Landratsamt des Kreises Torgau-Oschatz beschieden werden. Die abschließende Entscheidung über den Aufschluss neuer Kiesabbaustätten liegt letztlich bei den betroffenen Kiesabbauunternehmen, die sich z.B. auf Grund einer ungünstigen Kiesnachfrage für eine zeitliche Verschiebung des Aufschlusses oder gar gegen einen Aufschluss entscheiden können. Nach Analyse der Sachlage wurden für dieses Handlungsfeld folgende zwei Handlungsoptionen identifiziert:

1. Es wird eine Entscheidung gegen den Aufschluss und
2. es wird eine Entscheidung für den Aufschluss weiterer Kiesabbaustätten gefällt.

In Kombination der zwei Handlungsoptionen der Handlungsfelder *Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete* und *Aufschluss neuer Kiesabbaustätten* ergeben sich letztlich vier Handlungsalternativen, die sich wie folgt darstellen:

1. Handlungsalternative: Beibehaltung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz (TWSG=) und Aufschluss zusätzlicher Kiesabbaustätten (Kies+) (nur außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete): TWSG= und Kies +
2. Handlungsalternative: Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz (um die ostelbigen Schutzzonen 3a und 3b sowie um die westelbige Zone 3b) und Aufschluss zusätzlicher Kiesabbaustätten: TWSG– und Kies+
3. Handlungsalternative: Beibehaltung des Trinkwasserschutzgebietes und kein Aufschluss zusätzlicher Kiesabbaustätten: TWSG= und Kies=
4. Handlungsalternative: Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes und kein Aufschluss zusätzlicher Kiesabbaustätten: TWSG– und Kies=

Diese vier Alternativen, die im Rahmen der Anwendung des integrierten Bewertungsverfahrens analysiert und bewertet wurden, sind grafisch in Abbildung 3 dargestellt. Die schraffierten Flächen stellen die Trinkwasserschutzgebiete dar und die schwarzen Flächen zeigen diejenigen Kiesabbaustätten an, die im Rahmen einer Handlungsalternative neu aufgeschlossen werden bzw. sich bereits in Abbau befinden.

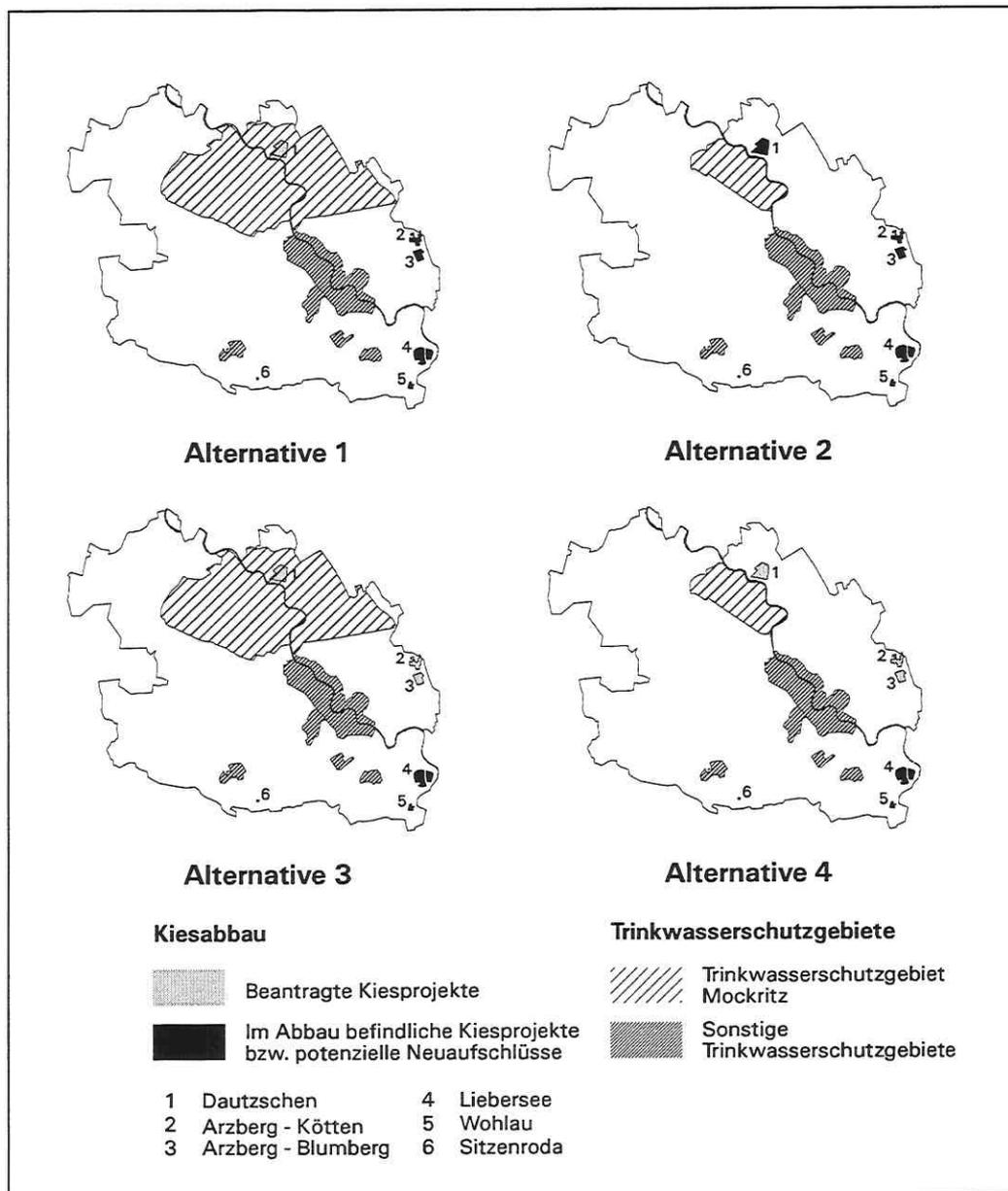


Abb. 3: Die vier Handlungsalternativen im Torgauer Raum.

2.2 Entwicklungsrahmen

Für die Ausgestaltung der verschiedenen Entwicklungsrahmen wurden *acht Themenfelder* gewählt, die für die Analyse und Bewertung des Nutzungskonfliktes im Torgauer Raum von besonderer Bedeutung sind. Es handelt sich dabei um die Themenfelder Bevölkerungsentwicklung⁸, Wirtschaftswachstum in Sachsen und im Torgauer Raum, Kiesnachfrage und -produktion, Fernwassernachfrage, allgemeine Entwicklung des Intensitätsgrades der Landwirtschaft, Versiegelung, Waldumbau und Aufforstung. Als Zeithorizont wird der Zeitraum bis zum Jahr 2030 gewählt und als Basisjahr wird das Jahr 1993 zu Grunde gelegt. Der sehr langfristig gewählte Zeithorizont bis 2030 ist der Spezifik des zu betrachtenden Nutzungskonfliktes zwischen Trinkwasserschutz und Kiesabbau bzw. Landwirtschaft geschuldet, da sowohl Wasserwerke als auch Kiesabbaustätten durch eine lange Laufzeit der Anlagen charakterisiert sind. Maßgebend für das Basisjahr sind die mit der CIR-Biotop- und Nutzungstypenkartierung Sachsen vorliegenden digitalen Daten für das Jahr 1993, die wesentliche Basisinformationen für GIS-basierte Berechnungen zur Landnutzung sowie zum Landschaftswasserhaushalt im Torgauer Raum darstellen. Die für die Untersuchungen zu Grunde gelegten möglichen zukünftigen Ausprägungen in den acht Themenfeldern bis zum Jahr 2030 sowie die Methoden zur Ableitung der entsprechenden Daten werden nachfolgend in den Kapiteln 2.2.1 bis 2.2.6 dargelegt. Daran anschließend folgt in Kapitel 2.2.7 die Zusammenfassung dieser Themenfelder zu drei verschiedenen Entwicklungsrahmen, mit Hilfe derer die Unsicherheit über die möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen in die Analyse einbezogen werden soll.

2.2.1 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes

Stefan Geyler

a) Anliegen

Das in diesem Artikel näher beleuchtete Themenfeld „Wirtschaftswachstum“ steht in übergeordnetem Zusammenhang zu den Themenfeldern Kies- und Fernwassernachfrage sowie zur Versiegelung. Aus diesem Grunde wurden mögliche Entwicklungspfade dieses Themenfeldes explizit für die Szenarienableitung diskutiert (Messner et al. 2001, S. 114f.).

Als Indikator zur Beschreibung der wirtschaftlichen Entwicklung im Torgauer Raum dient das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Preisen von 1991. Gleichzeitig wurde angesichts des hohen Verflechtungsgrades der Wirtschaft des Torgauer Raumes mit den übrigen Gebieten Sachsens

⁸ Das Themenfeld *Bevölkerungsentwicklung* ist aus regionalpolitischer und -wirtschaftlicher Sicht von grundlegender Bedeutung. Die Bevölkerung im Torgauer Raum reduzierte sich in den 1990er Jahren um drei bis vier Prozent und spiegelt damit den Trend in Sachsen in abgeschwächter Form wider (vgl. Kindler et al. 2001). Diese Entwicklung soll sich entsprechend den Prognosen des Statistischen Landesamtes Sachsen zumindest bis 2015 fortsetzen und wurde bei den generellen Annahmen zu den Themenfeldern Wirtschaftswachstum und Fernwassernachfrage entsprechend berücksichtigt. Da die Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung bei diesen beiden Themenfeldern letztlich mit einfließen, werden sie im Weiteren nicht gesondert ausgewiesen.

als Rahmenbedingung für den Torgauer Raum unterstellt, dass die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes im Untersuchungsraum der durchschnittlichen Entwicklung in Sachsen entspricht. Dies ist möglich, da für die multikriterielle Bewertung die relative Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes und nicht dessen absolute Höhe von Bedeutung ist.

Im Folgenden wird die wirtschaftliche Entwicklung in Sachsen nach der Wiedervereinigung als Ausgangsbasis genutzt, um einen eher pessimistischen Entwicklungspfad sowie einen optimistischeren Entwicklungspfad zu beschreiben. Diese beiden Entwicklungstrends werden über den Bewertungszeitraum bis 2030 aufgestellt.

b) Ableitung möglicher Entwicklungspfade des Wirtschaftswachstums

Die wirtschaftliche Entwicklung in Sachsen vollzog sich in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung nicht gleichmäßig. In den ersten Jahren von 1991 bis 1994/95 wurden hohe Zuwachsraten mit zwischen 5 und 12% erreicht. Diese Entwicklung wurde durch die enorm geförderten Investitionen in den Bausektoren bedingt. Danach verlangsamte sich das Wachstum substantiell (vgl. Tab. 1 sowie Abb. 1). Hierbei spielt u.a. eine Rolle, dass der Abschwung im Bausektor nicht durch eine positive Entwicklung in anderen Sektoren, wie dem verarbeitenden Gewerbe und dem Dienstleistungssektor ausgeglichen werden konnte.

Pessimistische Entwicklungsprognose

Die Ableitung des eher pessimistischen Entwicklungspfades für die wirtschaftliche Entwicklung bis 2030 geht von der Annahme aus, dass die strukturellen Probleme in den neuen Ländern auch langfristig den Wirtschaftsaufschwung behindern. Verschärfend wirkt sich hierbei die tendenziell negative Bevölkerungsentwicklung aus. So wird in den Bevölkerungsprognosen ein Bevölkerungsrückgang für Sachsen von bis zu 12% im Jahr 2015 im Vergleich zu 1997 antizipiert (Auskunft vom 18.02.2000 des Referates 2.1 des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen).

Um diese Entwicklung in Zahlen zu fassen, wurde auf die sehr moderaten Wachstumswahlen der Jahre 1995 bis 1998 für Sachsen zurückgegriffen. Durch lineare Extrapolation ergibt sich ein durchschnittliches Wachstum zwischen 1999 und 2030 von 1,92 Prozent (vgl. Tab. 1). Somit liegt dieser Entwicklungspfad unter den langjährigen Durchschnittswerten für die alten Bundesländer. Hier ergab sich für einen entsprechenden Zeitraum ein durchschnittliches jährliches Wachstum des Bruttoinlandsproduktes von 2,6 bis 3,0 Prozent (in Preisen von 1991)⁹.

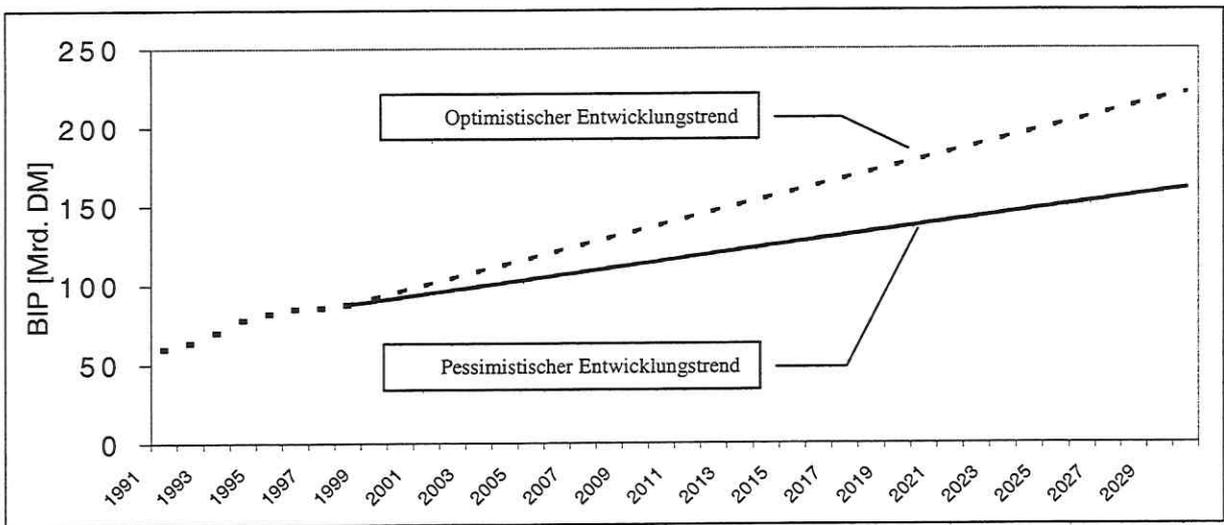
Optimistische Entwicklungsprognose

In der optimistischeren zweiten Entwicklungsprognose wird davon ausgegangen, dass die gegenwärtigen strukturellen Probleme in Sachsen überwunden werden können und ein höheres wirtschaftliches Wachstum erzielt werden kann. Hierbei wirkt unterstützend, dass die ne-

⁹ Für die Ermittlung des bundesweiten durchschnittlichen Wachstums wurde ein Zeitraum von 32 Jahren einbezogen, um dem Bewertungszeitraum 1999–2030 in seiner Länge zu entsprechen. Berücksichtigung fanden die

gative Bevölkerungsentwicklung aufgrund einer stärkeren Zuwanderung weniger deutlich als bei der moderaten Entwicklungsprognose ausfällt. So gehen die behördlichen Prognosen in einem günstigen Szenario von einem Bevölkerungsrückgang von nur 9 Prozent bis zum Jahr 2015 aus (Auskunft vom 18.02.2000 des Referates 2.1 des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen).

Zur Darstellung dieses optimistischeren wirtschaftlichen Entwicklungspfades wurde für die Extrapolation auf die Daten von 1991 bis 1998 – also einschließlich des Nachwendeaufschwunges – zurückgegriffen. Die lineare Extrapolation bis zum Jahr 2030 ergibt ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 2,95 Prozent. Dieser Trend deckt sich ungefähr mit dem langjährigen mittleren Wachstum des Bruttoinlandsproduktes in den alten Bundesländern (siehe oben).



Quelle: Tabelle 1

Abb. 1: Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (in Preisen von 1991) in Sachsen von 1991 bis 1998 sowie Darstellung des optimistischen und pessimistischen Entwicklungspfades bis 2030.

Die beiden Entwicklungspfade sind in der Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt. Für die weitere Szenarienableitung war es notwendig, Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit der beiden Entwicklungspfade zu treffen. Hierbei wurde angenommen, dass die eher moderate Entwicklungsprognose wesentlich wahrscheinlicher als die optimistischere Prognose ist. Konkret wurden Eintrittswahrscheinlichkeiten von 70 Prozent für ein Wirtschaftswachstum von 1,92% und von 30 Prozent für ein Wachstum von 2,95% angenommen.

Tab. 1: Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (in Preisen von 1991) in Sachsen von 1991 bis 1998 sowie optimistischer und pessimistischer Entwicklungspfad bis 2030.

Jahr	Optimistische Entwicklung		Realistischere Entwicklung	
	Bruttoinlandsprodukt in Preisen von 1991 [Mrd. DM]	Veränderung gegenüber dem Vorjahr [%]	Bruttoinlandsprodukt in Preisen von 1991 [Mrd. DM]	Veränderung gegenüber dem Vorjahr [%]
1991*	59,932		59,932	
1992*	63,556	6,0	63,556	6,0
1993*	69,961	10,1	69,961	10,1
1994*	77,989	11,5	77,989	11,5
1995*	81,813	4,9	81,813	4,9
1996*	85,018	3,9	85,018	3,9
1997*	85,542	0,6	85,542	0,6
1998*	87,607	2,4	87,607	2,4
1999	91,80	4,8	89,90	2,6
2000	96,00	4,6	92,19	2,6
2001	100,19	4,4	94,49	2,5
2002	104,39	4,2	96,79	2,4
2003	108,59	4,0	99,08	2,4
2004	112,79	3,9	101,38	2,3
2005	116,99	3,7	103,68	2,3
2006	121,19	3,6	105,97	2,2
2007	125,38	3,5	108,27	2,2
2008	129,58	3,3	110,57	2,1
2009	133,78	3,2	112,86	2,1
2010	137,98	3,1	115,16	2,0
2011	142,18	3,0	117,45	2,0
2012	146,37	3,0	119,75	2,0
2013	150,57	2,9	122,05	1,9
2014	154,77	2,8	124,34	1,9
2015	158,97	2,7	126,64	1,8
2016	163,17	2,6	128,94	1,8
2017	167,37	2,6	131,23	1,8
2018	171,56	2,5	133,53	1,7
2019	175,76	2,4	135,83	1,7
2020	179,96	2,4	138,12	1,7
2021	184,16	2,3	140,42	1,7
2022	188,36	2,3	142,72	1,6
2023	192,56	2,2	145,01	1,6
2024	196,75	2,2	147,31	1,6
2025	200,95	2,1	149,61	1,6
2026	205,15	2,1	151,90	1,5
2027	209,35	2,0	154,20	1,5
2028	213,55	2,0	156,50	1,5
2029	217,74	2,0	158,79	1,5
2030	221,94	1,9	161,09	1,4
Durchschnittliche jährliche Veränderung für 1999–2030:		2,95%	1,92%	

* Quelle für Daten von 1991 bis 1998: Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (1999): <http://www.statistik.sachsen.de/42zeitr/ref-35/bip.htr> vom 19.10.1999.

2.2.2 Kiesnachfrage und Kiesabbau

Frank Messner

a) Anliegen und Problemstellung

Zur Bewertung der Effekte der Handlungsalternativen ist es u.a. wesentlich, die ökonomischen Rahmenbedingungen der Kieswirtschaft bis 2030 zu berücksichtigen. Das Anliegen des Themenfeldes „Kiesnachfrage und Kiesproduktion“ besteht darin, die Kiesnachfrage und den Kiesabbau für den Torgauer Raum bis 2030 in verschiedenen Varianten abzuschätzen.

Die Kiesindustrie in den neuen Bundesländern und insbesondere im rohstoffreichen Sachsen ist gegenwärtig geprägt von einer Stagnationsphase. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands waren in Erwartung eines großen Baubooms in Folge des politischen Programms zum Aufbau Ost viele Kiesabbaustätten im Flusseinzugsgebiet der Elbe beantragt worden. Der Bauboom, der 1990 einsetzte, war allerdings von eher kurzer Dauer und so vererbte nach dem Boomjahr 1994 die Kiesnachfrage in Ostdeutschland. Ein wesentlicher Grund dafür war das Auslaufen öffentlicher Förderprogramme. Die sinkende Kiesnachfrage führte zu einem Kiespreisverfall und zum Entstehen beträchtlicher Überkapazitäten in den neuen Bundesländern (o.V. 1999a, 1999b). Viele Abbaustätten wurden aus Rentabilitätsgründen zwischenzeitlich geschlossen und viele der noch produzierenden Kiesabbauunternehmen arbeiteten bei niedrigem Produktionsniveau an der Grenze der Profitabilität (AG KABE 2000, S. 27-31). Im Torgauer Raum war während des Baubooms eine Produktionsmenge von fast zwei Millionen Tonnen (Mio. t) realisiert worden, die nach 1994 abrupt auf etwa 1,3 Mio. t zusammenschrumpfte. Während in der Boomphase noch drei Kiesabbaustätten aktiv gewesen waren, baute nach 1994 nur noch die größte Abbaustätte im Torgauer Raum Kies ab.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Kiesabbaus in den neuen Bundesländern ist zu betonen, dass Kiesunternehmen derzeit auf Grund des massenhaften Kiesvorkommens, der hohen Überkapazität und des daher sehr geringen Preises (etwa 7-15 DM pro Tonne) einen regionalen Markt bedienen, da ein langer Transport zu hohen Preisauflägen führt. Angesichts der Tatsache, dass sich die regionale wirtschaftliche Entwicklung in den neuen Ländern weniger schnell an das westdeutsche Niveau angleicht als ursprünglich erwartet und große öffentliche Förderprogramme im Baubereich nicht mehr zu erwarten sind, sind für die Zukunft große Nachfrageschübe nicht wahrscheinlich. Außerdem wird sich nach dem Abschluss der baulichen Aufbauarbeiten in Ostdeutschland eine wirtschaftliche Entwicklung einstellen, die weniger kiesintensiv sein wird, da dann die Kiesnachfrage nur noch durch Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen im öffentlichen und privaten Baubereich gespeist werden wird. Da ferner in Zukunft auch das Bauschuttrecycling an Bedeutung zunehmen wird, wird in Langzeitstudien zur Kiesnachfrage davon ausgegangen, dass die deutsche Kiesnachfrage in den kommenden 40 Jahren entweder auf dem gegenwärtigen Niveau stagnieren oder gar rückläufig sein wird (Fleckenstein 1998 und Pahl 1998). Da jedoch die Kiesvorkommen in vielen Gebieten Deutschlands verknappen und Sachsen sehr rohstoffreich ist, mag die Entwicklung

in Sachsen auf Grund seiner schon heute ausgeprägten Exportposition auch einen Anstieg in der Kiesnachfrage aufweisen.

b) Methodik

Zur Abschätzung der Kiesnachfrage und –produktion im Torgauer Raum wurden vier aufeinanderfolgende Berechnungen bzw. logische Schlüsse durchgeführt.

1. Für die Entwicklung der Produktionsintensität für Kies (Kiesproduktion pro Einheit Bruttoinlandsprodukt (BIP)) in Sachsen wurden drei mögliche Varianten festgelegt: jeweils eine aus der Sicht der Kieswirtschaft optimistische, eine mittlere und eine pessimistische Variante.
2. Unter Bezugnahme auf die Daten zur Wirtschaftsentwicklung wurde aus dem Produkt der Produktionsintensität und den realen BIP-Daten für Sachsen (vgl. Kap. 2.2.1) eine Zeitreihe der Kiesproduktion für Sachsen bis 2030 sowie die Steigerungsrate der Produktion von 1997 bis 2030 ermittelt.
3. In Analogie zu den Sachsen-Daten wurden Kiesproduktionsdaten für den Torgauer Raum berechnet, indem die sächsische Produktionssteigerungsrate auf den Torgauer Raum übertragen wurde.
4. Unter Beachtung der Lage der Kieswirtschaft vor Ort wurde eingeschätzt, wie viele zusätzliche Kiesabbaustätten im Torgauer Raum aufgeschlossen werden müssten, um die jeweilige Nachfrage der drei Varianten zu bedienen.
5. Aus Kenntnis des Kiesmarktes in Sachsen und im Torgauer Raum wurde den drei Varianten eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet.

c) Annahmen

Folgende Annahmen liegen den jeweiligen Rechnungen und Abschätzungen zu Grunde:

ad 1.

Drei Varianten von Produktionsintensitätsentwicklungen für Sachsen wurden festgelegt (vgl. Abb. 1):

- ① Eine im Sinne der Kieswirtschaft sehr optimistische Annahme lautet, dass sich die Produktionsintensität leicht positiv entwickelt und im Jahr 2030 das Niveau des Nachboomsjahrs (1995) in Sachsen erreicht (332t pro Mio. DM BIP).
- ② Eine mittlere Variante geht von einer leichten Anpassung der Produktionsintensität an westdeutsche Verhältnisse aus, so dass sich 2030 ein Wert einstellt, der um 50 t pro Mio. DM BIP geringer ist als der Wert in der optimistischen Variante (282 t/Mio. DM BIP, entspricht dem westdeutschen Niveau von 1968).
- ③ Für eine pessimistische Variante wurde ein weiterer Abschlag von 50 t pro Mio. DM BIP vorgenommen, so dass für 2030 ein Produktionsintensitätswert von 232 t pro Mio. DM BIP erreicht wird, der dem westdeutschen Niveau von 1975 entspricht.

Eine vollkommene Anpassung an das gegenwärtige westdeutsche Produktionsintensitätsniveau (liegt zwischen 100-130 t pro Mio. DM BIP) wird nicht angenommen, da Sachsen auch langfristig als rohstoffreiches Bundesland im Vergleich zum deutschen Durchschnitt eine überdurchschnittliche Kiesintensität des Wirtschaftens aufweisen dürfte – allein schon auf Grund der bestehenden Wirtschaftsstruktur zur Verarbeitung von Steinen und Erden. Ferner wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass sich die Entwicklungen linear ohne Schwankungen vollziehen. Diese Produktionsschätzungen sind als mögliche zukünftige Trends zu interpretieren.

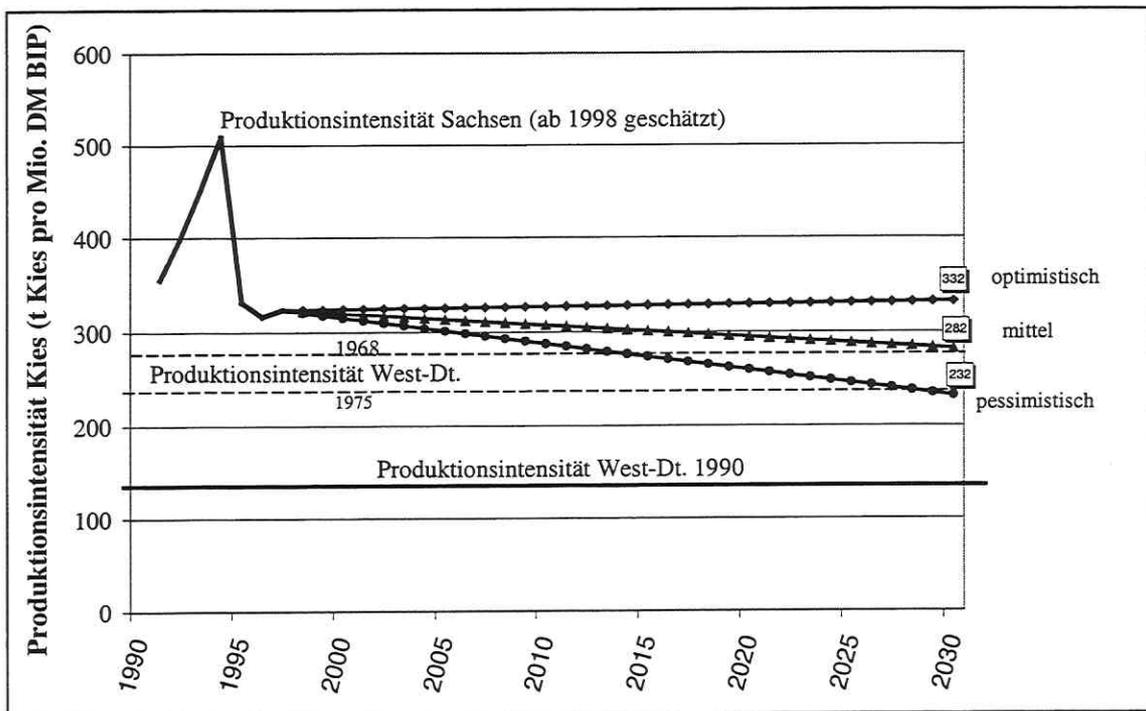


Abb. 1: Annahmen zur Kies-Produktionsintensitätsentwicklung in Sachsen.

Quellen: Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (1999), Statistisches Bundesamt (1999), BKS (1998) und eigene Berechnungen.

ad 2.

Bei der Berechnung der drei Varianten zur sächsischen Kiesproduktion wurde die optimistische Variante ① der optimistischen BIP-Entwicklung aus Kapitel 2.2.1 zugeordnet. Die Varianten ② und ③, die beide Angleichungen der Produktionsintensität an niedrigere Niveaus beinhalten, wurden der weniger optimistischen BIP-Variante zugewiesen.

ad 3.

Bei der Berechnung der Kiesproduktion im Torgauer Raum wurde angenommen, dass die durchschnittliche Entwicklung in Sachsen mit der Entwicklung im Torgauer Raum übereinstimmt. Diese Annahme wird als berechtigt angesehen, da sich im Untersuchungsgebiet gute Kiesvorkommen befinden und auch eine für den Kiesmarkt wesentliche räumliche Nähe zu größeren und mittelgroßen Ballungszentren gegeben ist.

ad 4.

Bei der Einschätzung der Notwendigkeit des Aufschlusses zusätzlicher Kiesabbaustätten im Torgauer Raum in Hinblick auf die unter 3. berechneten Kiesproduktionszahlen wurde unterstellt, dass die große Kiesabbaustätte in Liebersee keine Kapazitätserweiterung vornehmen wird. Weiterhin wurden die Kiesstandorte in Arzberg (2 Felder) und Dautzschen (1 Feld), die im behördlichen Antragsverfahren mit Abstand am weitesten fortgeschritten sind, als die potenziellen zusätzlichen Kiesabbaustätten der Zukunft im Torgauer Raum eingeschätzt. Ferner wurde jeweils unterstellt, dass die technischen Planungen und Angaben aus den Rahmenbetriebsplänen zur Produktionskapazität und zu den abzubauenen Kiesvorkommen im Fall des Aufschlusses der Stätten auch tatsächlich entsprechend realisiert werden.

d) Datengrundlagen und Ergebnisse

ad 1.

Bei der Festlegung der Entwicklung der Kies-Produktionsintensitäten für Sachsen wurde mit realen BIP-Daten für Sachsen auf Preisbasis 1991 des Statistischen Landesamtes Sachsen gerechnet sowie mit Kiesproduktionszahlen für Sachsen und Gesamtdeutschland nach Angaben des Bundesverbandes für Kies und Sand.

Das Ergebnis der Festlegung der sächsischen Produktionsintensitätsentwicklung bis 2030 gemäß der unter c) beschriebenen Annahmen ist aus Abbildung 1 ersichtlich.

ad 2.

Bei der Berechnung der sächsischen Kiesproduktion bis 2030 gingen die Ergebnisse zu den Produktionsintensitäten aus ad 1. ein sowie die Daten zur Entwicklung des BIP aus Kapitel 2.2.1. Als Ergebnis der multiplikativen Verknüpfungen ergaben sich für die drei Varianten Kiesproduktionsverläufe für Sachsen, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

In der Abbildung 2 sind für jede Produktionsentwicklungsvariante in einem Kasten die sächsischen Kiesproduktionsdaten für 2030 abgedruckt sowie die Steigerungsrate der Produktion im Vergleich zu 1997. Es ergibt sich für die optimistische Variante eine Steigerung von 166%, für die mittlere Variante von 64,5% und für die pessimistische Variante von 35%.

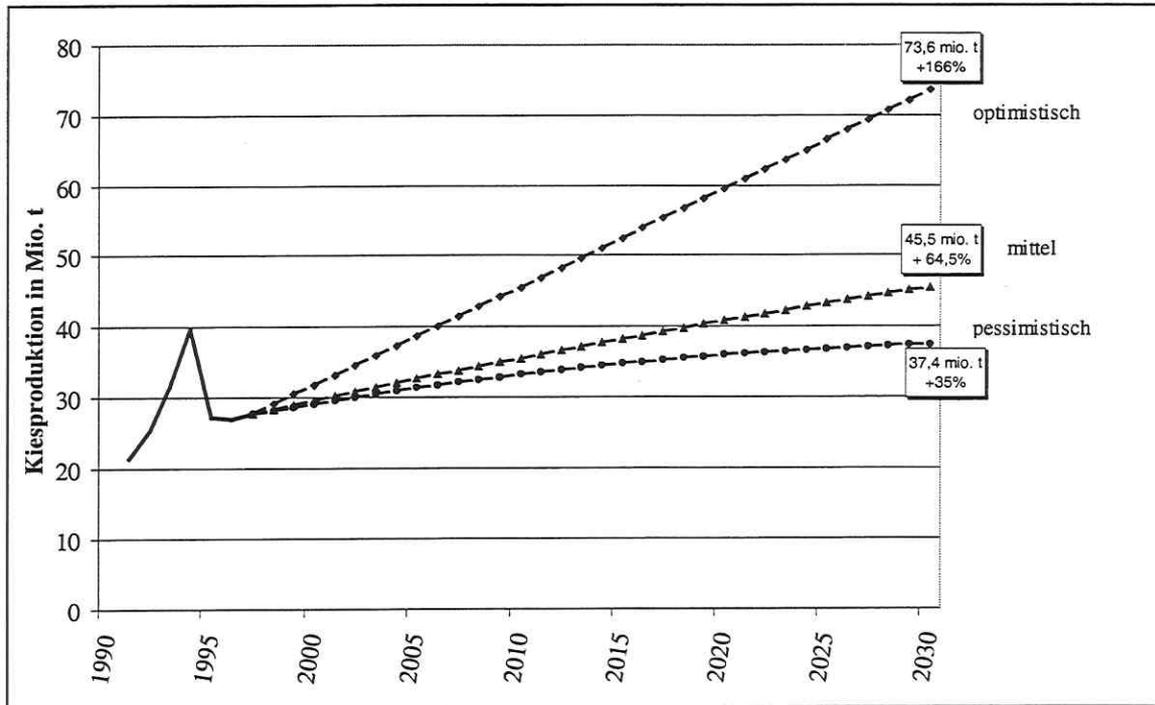


Abb. 2: Kiesproduktion in Sachsen bis 2030 in drei Varianten.

Quellen: Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (1999), BKS (1998) und eigene Berechnungen.

ad 3.

Die Ergebnisse aus ad 2. zu den Steigerungsraten der Kiesproduktion in Sachsen zwischen 1997 und 2030 wurden verwendet, um die Kiesproduktion in Torgau analog zu berechnen. Die Daten zur Entwicklung der Kiesproduktion im Torgauer Raum bis 1999 basieren auf Angaben von Kiesunternehmen und des Landratsamtes. In Abbildung 3 werden die Ergebnisse der Berechnungen gezeigt. Die Varianten zu diesen Produktionsverläufen sind als Trends zu verstehen.

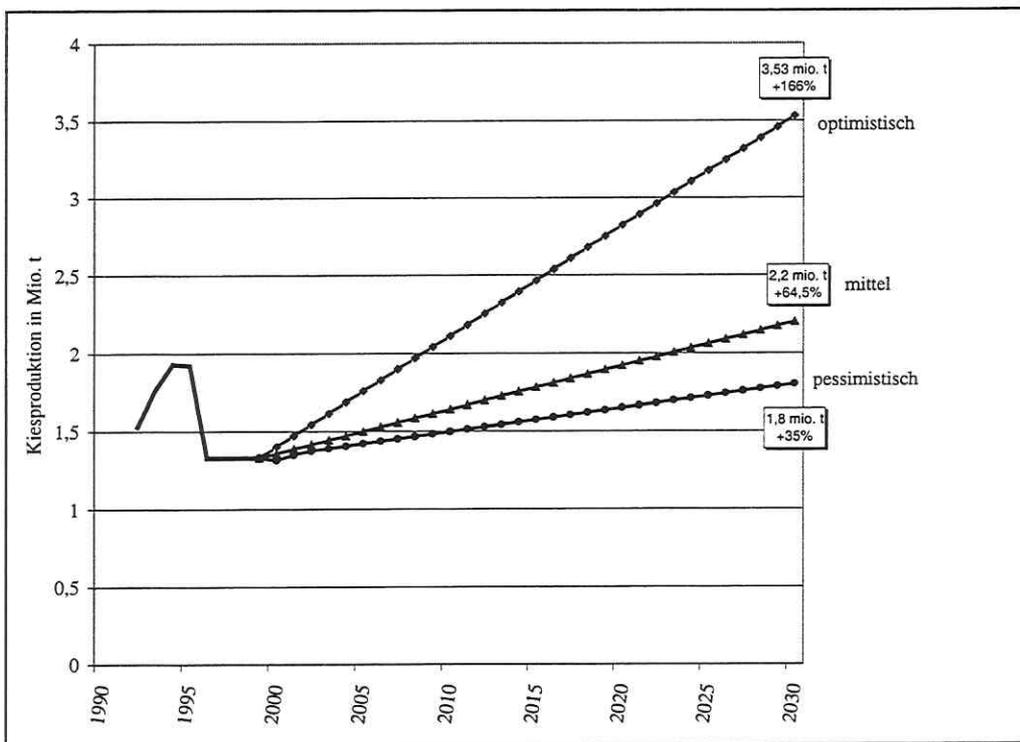


Abb. 3: Kiesproduktion im Torgauer Raum für die drei Entwicklungsrahmen.

Quellen: Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (1999), BKS (1998), persönliche Auskünfte von Kiesunternehmen und des Landratsamtes Torgau-Oschatz, eigene Berechnungen.

ad 4.

Auf Basis der Angaben von Kiesunternehmen und der Rahmenbetriebspläne für die Kiesabbauvorhaben im Torgauer Raum wurde das Ergebnis aus ad 3. hinsichtlich der Frage interpretiert, wie viele neue Kiesabbaustättenaufschlüsse notwendig sind, um die ermittelte Nachfrage für den Torgauer Raum gemäß der drei Varianten zu bedienen. Da die derzeit aktive Kiesabbaustätte eine Jahreskapazität von 2 Mio. t besitzt und die potenziellen zukünftigen Kiesfelder Jahreskapazitäten von 0,75 Mio. t, 0,8 Mio. t bzw. 0,96 Mio. t aufweisen (Landratsamt Torgau-Oschatz 1998 und Angaben von Kiesunternehmen), sind die Konsequenzen für die drei Varianten recht eindeutig.

Für die Befriedigung der Kiesnachfrage in der *optimistischen Variante* (3,53 Mio. t in 2030) müssten im Zeitraum 2010-2030 *zwei zusätzliche Kiesabbaustätten* aufgeschlossen werden, die dann zusammen eine Jahreskapazität von mindestens 3,55 Mio. t aufweisen würden.

Für die *mittlere Variante* (2,2 Mio. t) reicht die derzeit aktive Kiesabbaustätte in Liebersee mit 2 Mio. t Jahreskapazität nicht aus. Für diese Variante wäre der *Aufschluss einer weiteren Kiesabbaustätte* erforderlich.

Für die *pessimistische Variante* (1,8 Mio. t) ist schließlich zu konstatieren, dass die bestehenden Kapazitäten in der aktiven Kiesabbaustätte in Liebersee ausreichen, um diese Nachfrage bis 2030 zu bedienen. In diesem Fall ist kein Aufschluss weiterer Kiesgruben erforderlich.

ad 5.

Basierend auf der Kenntnis des Kiesmarktes wurden den drei Varianten grobe Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet. Die mittlere Variante wurde mit Abstand als am wahrscheinlichsten eingeschätzt und erhielt daher mit 55% eine Eintrittswahrscheinlichkeit von über 50%. Die pessimistische Variante wurde angesichts der derzeitigen Stagnation in der Bau- und Kieswirtschaft und der nicht sehr ermutigenden Langfristprognosen mit der zweithöchsten Eintrittswahrscheinlichkeit von 30% belegt. Es verblieben 15% für die optimistische Variante, die lediglich eintreten kann, wenn neue Staatsprogramme für den Bausektor aufgelegt werden und/oder wenn die Exportposition Sachsens extrem stark ausgebaut werden kann. Diese Werte sind grobe Abschätzungen und sollten in keinem Fall als Prognosen missverstanden werden.

2.2.3 Fernwassernachfrage und -förderung

Stefan Geyler

a) Anliegen

Dieses Kapitel hat die Begründung des Entwicklungsrahmen-Themenfeldes „Fernwassernachfrage“ für die multikriterielle Bewertung der Handlungsoptionen des Torgauer Raumes zum Gegenstand (vgl. Messner et al. 2001, S. 116f.).

Hierfür wird zuerst die Bedeutung der Fernwasserversorgung innerhalb des Systems der öffentlichen Wasserversorgung beschrieben. Danach werden die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Fernwassernachfrage erläutert, ihre Entwicklung in den letzten Jahren veranschaulicht und die veröffentlichten Prognosen zu deren Entwicklungstendenzen diskutiert. Der letzte Abschnitt begründet die in den Entwicklungsrahmen getroffenen Annahmen zur langfristigen Fernwassernachfrage bis 2030.

b) Bedeutung der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH für die Trinkwasserversorgung

b.1) Versorgungsbereich der sächsischen Fernwasserwerke

In Trettin et al. (2001) wurde die Struktur und das Leistungspotenzial der Fernwasserversorgung Elbaue Ostharz GmbH beschrieben. Das Hauptversorgungsgebiet der Fernwasserwerke Mockritz und Torgau-Ost sowie des dritten in Sachsen liegenden Fernwasserwerkes Kossa ist der Regierungsbezirk Leipzig. Weiterhin wird Fernwasser aus den genannten Werken nach Sachsen-Anhalt in die Regierungsbezirke Dessau und Halle (Saale) geliefert. In diese Gebiete liefern ebenfalls die sachsen-anhaltinischen Fernwasserwerke Pretzsch und Sachau (beide in der Elbaue gelegen) sowie das im Ostharc gelegene Fernwasserwerk Wienrode. Die Fernwasserwerke versorgen allerdings nicht direkt die Haushalte bzw. Endabnehmer, sondern liefern an die regionalen Aufgabenträger der Wasserversorgung.

b.2) Bedeutung der Fernwasserversorgung

Die Bedeutung der Fernwasserversorgung wird anhand der veröffentlichten Planungen zur Trinkwasserversorgung (MRLU 1996; SMUL/LfUG 1998) diskutiert. Ergänzt werden diese Angaben durch ausgewählte Ergebnisse einer im Jahr 2000 durchgeführten qualitativen Befragung von regionalen Wasserversorgern. Hierbei wurden elf Wasserversorger befragt, die sowohl eigene Wasserressourcen als auch Fernwasser nutzen. Diese Auswahl wurde aufgrund der Annahme getroffen, dass solche Wasserversorger das regional gewonnene Trinkwasser mit dem Fernwasser anhand qualitativer, quantitativer und betriebswirtschaftlicher Aspekte vergleichen können.

Im Einzugsgebiet der Fernwasserversorgung gibt es sowohl regionale Wasserversorger, die ausschließlich Fernwasser nutzen, als auch solche, die nur regionale Trinkwasserressourcen in

Anspruch nehmen. Eine große Anzahl nutzt allerdings regional gefördertes Wasser sowie Fernwasser (MRLU 1996, S. 143; SMUL/LfUG 1998, S. 73ff.). Bei den Wasserversorgern ergeben sich quantitative und/oder qualitative Gründe für den Zukauf von Fernwasser.

Einen wesentlichen Grund stellen nicht ausreichende lokale/regionale Kapazitäten zur vollständigen Deckung des Trinkwasserbedarfes dar. Die Ursache hierfür kann im Mangel an geeigneten Grundwasservorkommen liegen, aber auch daran, dass vorhandene Vorkommen nicht erschlossen sind (vgl. Tab. 1). So verfügt der einzige Zweckverband im Regierungsbezirk Leipzig, der ausschließlich Fernwasser nutzt, über ein ausreichendes Dargebot an Grundwasser, da er Uferfiltrat der Elbe gewinnen könnte. Aufgrund der räumlichen Nähe zu den Fernwasserwerken werden jedoch die eigenen Ressourcen nicht genutzt.

Weiterhin sehen Wasserversorger die Notwendigkeit, aus qualitativen Gründen Fernwasser zu bevorzugen beziehungsweise regionales Wasser mit Fernwasser zu mischen, um qualitative Vorgaben einzuhalten (vgl. auch Tab. 1). Insbesondere im Hallenser und Dessauer Regierungsbezirk liegen die Sulfatgehalte im Grundwasser teilweise deutlich über den Grenzwerten (vgl. auch MRLU 1996) und die Wässer erreichen hohe Härtegrade. Aus qualitativen Gründen wurde beispielsweise der Kreis Bernburg im RB Dessau fast vollständig auf Fernwasserversorgung umgestellt (MRLU 1996, S. 34). Aber auch von den im RB Leipzig befragten Wasserversorgern gaben zwei als Antwort die Qualitätssicherung an (vgl. Tab. 1). Die Befragung ergab zudem, dass das regionale Trinkwasser der Wasserversorger, die aus qualitativen Gründen Fernwasser beziehen, in den entscheidenden Parametern schlechter als das Fernwasser waren.

Tab.1: Gründe für den Fernwasserbezug aus Sicht der regionalen Wasserversorger
(n=11)^{9,10}

Gründe für Bezug von Fernwasser		Häufigkeit der Antwort
Mangelnde Verfügbarkeit von lokalen/regionalen Wasservorkommen		1
Mangelnde lokale/regionale Kapazitäten zur Deckung der Nachfrage		7
Qualitätssicherung		7
Mischung mit Fernwasser zur Einhaltung der TrinkwV. hinsichtlich: ^a	Sulfat	5
	Nitrat	0
	Mangan	2
	Eisen	3
Mischung mit Fernwasser zur Qualitätssicherung bei weiteren Parametern	Härtegrad	5

^a Weitere abgefragte Parameter, die jedoch in keinem Fall als relevant angesehen wurden, waren Chlorid, Magnesium, Natrium, PAK.

Quelle: Eigene Erhebungen

Die Tabelle 2 zeigt weiterhin den Einfluss verschiedener Faktoren auf die mittel- und langfristige Planung zur Entwicklung der lokalen/regionalen Kapazitäten. Hierbei wurde der Fernwasserpreisentwicklung im Vergleich zu sechs anderen Kriterien die stärkste Bedeutung bei der mittel- und langfristigen Planung der lokalen/regionalen Kapazitäten zugemessen. Weiterhin wurde durch die befragten Wasserversorger eine mittelfristige Nachfragereaktion sowohl bei einer Fernwasserpreiserhöhung als auch bei einer –senkung bestätigt. Diese Reaktionen waren zumindest teilweise mit einer mittelfristigen Erweiterung bzw. Verringerung regionaler Kapazitäten verbunden.

⁹ Befragt wurden die Wasserversorger in den RB Leipzig, Halle, Dessau, welche regionale Wasserressourcen und Fernwasser u.a. aus der Elbaue nutzen. (von 13 angeschriebenen Wasserversorgern haben 11 teilgenommen, bei einem Wasserversorger stellte sich dabei heraus, dass er über keine regionalen Kapazitäten verfügt und somit aus der Auswertung herausgenommen wurde.

¹⁰ Fragestellung im Fragebogen: „Aus welchen Gründen beziehen Sie Fernwasser [Stand 1999]? Mehrfachnennungen sind möglich.“

Tab. 2: Einfluss verschiedener Faktoren auf die mittel- und langfristige Planung der Entwicklung der lokalen/regionalen Kapazitäten
(1 – starker Einfluss; 4 – kein Einfluss) (n = 10)¹¹

Faktoren	Einfluss des Faktors (Medianwert der Antworten)
Prognosen zur/zum:	
Fernwasser-Preisentwicklung	1,25
Qualitätsentwicklung der lokalen/regionalen Wasserressourcen	1,5
Fernwasser-Qualitätsentwicklung	2
Trinkwasser-Nachfrage	2,5
Möglichkeit des Bezuges von Fördermitteln	2,5
Kostenentwicklung bei der lokalen/regionalen Förderung	3
technischen Verschleiß der lokalen/regionalen Wassergewinnungsanlagen	3,25
weitere Faktoren:	
Versorgungssicherheit	2 (1 Nennung)

Quelle: Eigene Erhebungen.

c) Wesentliche Einflussfaktoren auf die Fernwassernachfrage und deren Entwicklungstendenzen

Zur Diskussion möglicher Entwicklungstendenzen der Fernwassernachfrage wurden die staatlichen Trinkwasserbedarfsprognosen (SMUL/LfUG 1998; MRLU 1996), Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung (Informationen der jeweiligen Statistischen Landesämter) sowie die retrospektiven Analysen zur Trink- und Fernwassernachfrage zugrunde gelegt.

c.1) Entwicklung der Fernwassernachfrage in den 1990er Jahren

Das Fernwasser der Torgauer Wasserwerke wird in die Regierungsbezirke Leipzig, Dessau und Sachsen-Anhalt geliefert. Die Tabelle 3 zeigt die Entwicklungen der Trinkwassernachfrage in diesen drei Regierungsbezirken sowie die Entwicklung der Fernwasserförderung in der sächsischen Elbaue. Hierbei wird der Rückgang der Trinkwassernachfrage in den 1990er Jahren deutlich, der in der Konsequenz zu einer verringerten Fernwassernachfrage führt.

¹¹ Fragestellung in Fragebogen: „Welchen Einfluss messen Sie folgenden Faktoren auf Ihre mittel- und langfristige Planung zur Entwicklung der lokalen/regionalen Kapazitäten bei?“

Tab. 3: Trinkwasserverbrauch (TW-Verbrauch) im Einzugsgebiet der sächsischen Fernwasserwerke (FWV) sowie deren Förderungen [Mio. m³/a].

RB Leipzig	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
TW-Verbrauch im RB Leipzig ^a	100,4	98,6	84,0	80,3	78,1	76,3	71,2	65,0
TW-Verbrauch im RB Dessau ^b	171,6	45,0	41,0	35,9	36,4	keine Angaben		
TW-Verbrauch im RB Halle ^b		96,0	82,0	71,1	63,9			
davon FW-Lieferung der sächsischen FW-Werke (FWV) ^c	67,9	53,0	47,7	46,1	38,3	36,5	32,7	31,0

Quellen: ^a – StUFA Lpz. Abt. I Auskunft vom 08.02.2000; ^b – MRLU 1996, S. 12; ^c – Auskunft FWV Fr. Schäfer, vom 14.03.2001.

c.2) Faktorenanalyse Trink- und Fernwassernachfrage

Im Folgenden werden zuerst die Trinkwassernachfrage und die sie beeinflussenden Faktoren behandelt. Danach wird der Anteil des Fernwassers bei der Bedarfsdeckung sowie die hierbei wirkenden Einflussfaktoren betrachtet.

Wesentliche Faktoren zur Beeinflussung der Trinkwassernachfrage sind die Anzahl der angeschlossenen Haushalte und Personen, deren mittlerer Trinkwasserverbrauch und der gewerbliche Trinkwasserbedarf. Darüber hinaus stellen die Wasserverluste und der Eigenbedarf der Wasserwerke wichtige Einflussgrößen dar. In den Tabellen 4, 5 und 6 sind die behördlichen Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung, zum spezifischen Trinkwasserverbrauch sowie zum Anschlussgrad aufgeführt.

Bei den Prognosen für den Regierungsbezirk Leipzig (Tab. 4) wird hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung von einer weiterhin rückläufigen Tendenz ausgegangen. Der Anschlussgrad liegt mittlerweile bei nahezu einhundert Prozent und wird sich entsprechend nur noch minimal verändern. Der spezifische Wasserverbrauch schwankt zwar beträchtlich zwischen den verschiedenen Wasserversorgern des Bezirkes, in der Tendenz wird er sich jedoch ebenfalls reduzieren und somit den Trend der 1990er Jahre fortsetzen. In der Tabelle 7 sind die Planungsgrößen für die einzelnen Komponenten des spezifischen Wasserverbrauches aufgeschlüsselt. Mit knapp 60% stellt der Bedarf für die Haushalte die größte Komponente dar. Der gewerbliche Bedarf fällt mit 10% wesentlich niedriger aus. Der restliche Verbrauch ergibt sich durch die Wasserverluste und den Eigenbedarf, wobei der Eigenbedarf im Mittel nur mit 4% des Gesamtverbrauches zu Buche schlägt. Ein zukünftiger Rückgang des spezifischen Verbrauches wird vor allem mit der Reduzierung der Wasserverluste begründet, welche einen leicht ansteigenden Bevölkerungsbedarf überdecken.

Insgesamt geht die aktuelle Prognose für den Regierungsbezirk Leipzig von einer Senkung des Trinkwasserverbrauches bis 2010 auf ungefähr 83% des Wertes von 1995 aus (vgl. Tab. 4). Ein Vergleich der Prognosewerte für 2000 mit den realen Verbrauchsdaten von 1998 (vgl. Tab. 3) lässt allerdings vermuten, dass die reale Trinkwassernachfrage eher unterhalb der Prognosen (SMLU/LfUG 1997, 1998) liegen könnte.

Tab. 4: Entwicklung der den Trinkwasserbedarf beeinflussenden Faktoren im Regierungsbezirk Leipzig

Leipzig		1995	2000	2005	2010	Quellen
Bevölkerungs- entwicklung	max.	1.112.346	1.076.000	1.041.100	1.027.200	Stat. LA Sachsen, Auskunft vom 18.02.2000
	min.		1.072.200	1.027.300	1.001.200	
Anschlußgrad [%]		99	99,9	99,9	99,9	SMUL/LFUG 1998
Spezifischer Gesamt- verbrauch [Liter pro Einwohner und Tag]	mittel min.-max	190 ^a (54 – 203) ^b	188 (76 – 201)	179 (100 – 188)	175 (100 – 179)	SMUL/LFUG 1997, S. 73f.
Wasserbedarf (Prognose) [Mio. m ³ /a]		78,11	65,7	65,3	65,0	StUFA Leipzig, Abt. I, Auskunft vom 08.02.2000

^a – Mittelwert für alle Zweckverbände und Wasserversorger des Regierungsbezirkes Leipzig.

^b - Schwankungsbreite des Wertes zwischen den Wasserversorgern.

Für die Regierungsbezirke Dessau und Halle sind die Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und zum Wasserverbrauch in den Tabellen 5 und 6 angegeben. Auch in diesen beiden Bezirken wird von einem langfristigen Rückgang der Bevölkerung ausgegangen. Beim spezifischen Verbrauch wird langfristig ein mittlerer Wert von ungefähr 190 Liter pro Einwohner und Tag angesetzt. Diese Annahme bedeutet für den Bezirk Halle ein vergleichbares Verbrauchsniveau wie 1995, während für Dessau eine langfristige Zunahme des Verbrauches angenommen wird. Im Ergebnis der Prognose ergibt sich für beide Bezirke zusammen ein perspektivischer Trinkwasserbedarf, der mit ca. 100 Mio. m³/a dem des Jahres 1995 entspricht.

Jedoch zeigt sich bei dieser Prognose noch deutlicher als bei der für den Regierungsbezirk Leipzig, dass die Annahmen für 2010 deutlich unterschritten werden. So lag der spezifische Trinkwasserverbrauch für 1998 um ungefähr 5 – 6% unterhalb den für 2010 prognostizierten Werten. Darüber hinaus gehen die aktualisierten Bevölkerungsprognosen für 2010 von Einwohnerzahlen aus, die um 12 bis 13% unter denen der Trinkwasserprognose liegen (Auskunft des Statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt vom 14.08.2001).

Tab. 5: Entwicklung der den Trinkwasserbedarf beeinflussenden Faktoren im Regierungsbezirk Dessau.

Dessau	1994 ^a	1995 ^a	1998 ^b	2010 ^a
Bevölkerungsentwicklung	577.300	573.100	558.900	567.000
Spez. Gesamtverbrauch [Liter/Einwohner * Tag]	173 127 – 230 ^c	175 149 – 277	159	189 165 – 270
Anschlussgrad (%)	98,3	99,5	99,9	99,9
Wasserbedarf (Prognosen) [Mio. m ³ /a]	35,90	36,40	32,4	39,06

Quellen: ^a – MRLU 1996; ^b – LAU 1998; ^c – spezifische Verbrauchswerte der einzelnen Versorgungsbezirke

Tab. 6: Entwicklung der den Trinkwasserbedarf beeinflussenden Faktoren im Regierungsbezirk Halle (Saale).

Halle	1994 ^a	1995 ^a	1998 ^b	2010 ^a
Bevölkerungsentwicklung	917.200	909.400	885.700	899.000
Spez. Gesamtverbrauch [Liter/Einwohner * Tag]	213 146 – 253	193 162 – 221	183	192 170 – 225
Anschlussgrad	99,8	99,9	99,9	99,9
Wasserbedarf (Prognosen) [Mio. m ³ /a]	71,07	63,93	59,16	63,15

Quellen: ^a – MRLU 1996; ^b – LAU 1998.

Tab. 7: Spezifischer Trinkwasserbedarf für 1995 und Prognosewerte für 2010 in Liter pro Einwohner und Tag für die Regierungsbezirke Leipzig, Halle, Dessau

Leipzig	1995			2010		
	RB Leipzig ^a	RB Halle ^b	Dessau ^b	RB Leipzig ^a	RB Halle ^b	Dessau ^b
Spez. Gesamtbedarf	190 (54 – 203)	193 (162 – 221)	175 149 – 177(277)	175 100 – 179	192 170 – 225	189 165 – 190 (270) ^c
Spez. Bevölkerungsbedarf	110 (46 – 120)	87 – 116	81 – 95	118 (90 – 115)	100 – 110	100 – 110
Spez. Bedarf Industrie/Gewerbe/Landwirtschaft	23	22 – 52	21 – 41	20 – 35	40 – 90	30 – 55(120)
Wasserverluste + Eigenbedarf [%]	ca. 30	18 – 30	18 – 30	ca. 19	16 – 21	18 – 21

Quellen: ^a – SMU/LFUG 1997; ^b – MRLU 1996; ^c – Für den Kreis Bernburg wurde ein sehr hoher Industriebedarf angegeben (120 Liter pro Einwohner und Tag), so dass für diesen Kreis ein weit höherer Bedarf als bei den anderen Kreisen berücksichtigt wurde. Aus diesem Grunde wurden diese Angaben als Extremwerte in Klammern gesetzt.

Die Trinkwassernachfrage ist nicht der alleinige Faktor zur Bestimmung der Fernwassernachfrage, sondern letztere lässt sich erst unter Berücksichtigung der regionalen Wasserförderkapazitäten abschätzen. Die Entscheidung über den Anteil des Fernwassers an der Bedarfsdeckung treffen die regionalen Wasserversorger, wobei quantitative und qualitative Vergleiche der zur Verfügung stehenden Trinkwasserressourcen sowie betriebswirtschaftliche Überlegungen eine Rolle spielen.

In den relevanten Regierungsbezirken wird die Situation wie folgt eingeschätzt: Im Regierungsbezirk Leipzig wurden zwischen 1995 und 2000 die regionalen Kapazitäten trotz des abnehmenden Trinkwasserbedarfes erweitert. In den Prognosen wird trotzdem davon ausgegangen, dass der Trinkwasserrückgang relativ gleichmäßig sowohl durch die regionalen Wasserversorger als auch die Fernwasserversorgung getragen wird (vgl. Tab. 8). Die Fernwassernachfrage wird dabei von 28 Mio. m³/a (1995) auf 24 Mio. m³/a im Jahre 2010 sinken.

Tab. 8: Entwicklung der regionalen Kapazitäten sowie der Fernwassernachfrage im RB Leipzig

	1995	2000	2005	2010
Trinkwasserbedarf [Mio. m ³ /a]	78,11	65,70	65,3	65,0
Regionale Kapazitäten [Mio. m ³ /a]	49,3	56,6	56,2	55,8
Regionale Förderung [Mio. m ³ /a]	49 – 50	41,3	41,2	41,3
Auslastungsgrad der regionalen Kapazitäten	nahezu 100%	73%	73%	74%
Fernwasser-Nachfrage [Mio. m ³ /a]	28,1	24,4	24,1	23,7

Quelle: StUFA Leipzig, Abt. I, Auskunft vom 08.02.2000.

In den Prognosen für den Regierungsbezirk Dessau wird von einer Verringerung der regionalen Kapazitäten ausgegangen (vgl. Tab. 9). Hierdurch soll der Auslastungsgrad der regionalen Wasserkapazitäten erhöht werden, welcher im Jahr 1995 mit 26% sehr niedrig war. Trotzdem sollen ungefähr 60% der Nachfrage durch Fernwasser gedeckt werden. Dabei wird der Fernwasserbedarf sowohl durch Wasser aus dem Ostharz als auch durch Wasser aus der Elbaue (Nordring) gedeckt.

Die reale Entwicklung bis 1998 zeigt jedoch einen völlig anderen Trend. Der prognostizierte Rückbau der regionalen Kapazitäten manifestierte sich nur in geringem Maße. Gleichzeitig erhöhte sich der Anteil der regionalen Produktion stark. Dadurch zeigte sich einerseits eine zunehmende Auslastung der regionalen Kapazitäten (41%), gleichzeitig jedoch ein starker Nachfragerückgang nach Fernwasser. Die Fernwasserwerke hatten sowohl den Nachfragerückgang nach Trinkwasser als auch die erhöhte Auslastung der regionalen Kapazitäten zu verkraften.

Die Prognosen für den Regierungsbezirk Halle gehen ebenfalls davon aus, dass sich bis 2010 die regionalen Kapazitäten substantiell stärker verringern als der Trinkwasserbedarf sinkt (Tab. 10). Dadurch soll sich die Auslastung der verbleibenden Wasserwerke als auch der Fernwasserzufluss erhöhen. Der größte Teil des Regierungsbezirkes wird über die Leitungen aus dem Ostharz erschlossen. Fernwasser aus der Elbaue wird bis zur Stadt Halle sowohl über

den Nord- als auch den Südring geführt. Die Planungen für 2010 gehen von dem Primat des Osthartzwassers bei den Fernwasserlieferungen aus, wobei hierbei die Versorgungsleistung des von der Fernwasserversorgung geplanten Südringes vom Ostharz bis in den Süden des Hallenser Bezirkes schon berücksichtigt wird. Prognosen, welche den Elbwasseranteil auf die einzelnen Wasserwerke aufschlüsseln, liegen jedoch nicht vor.

Die Entwicklung bis 1998 bestätigte den prognostizierten Trend hinsichtlich des Kapazitätsabbaus und des Rückgangs der regionalen Förderung sowie hinsichtlich der Steigerung der Fernwassernachfrage. Jedoch wurden die Pläne zur Erschließung des Südens mit Osthartzwasser noch nicht realisiert und dagegen die Zeitzer Region nicht an die Osthartzversorgung, sondern an die Elbwasserwerke angebunden. Aus diesem Grunde ist zu vermuten, dass der langfristige Anteil an Fernwasser aus der Elbe im Vergleich zum Osthartzwasser höher als die Prognosewerte ausfallen wird.

In der Summe steigt der Fernwasserbedarf aus der Elbaue durch die sachsen-anhaltinischen Bezirke laut den sehr optimistischen Prognosen steigt der von 19 Mio. m³/a im Jahr 1995 auf 21 Mio. m³/a im Jahr 2010 an. Die Nachfrage aus Sachsen-Anhalt nach Fernwasser der Elbaue wird von den beiden sachsen-anhaltinischen Werken Sachau und Pretzsch als auch durch die drei sächsischen Wasserwerke gedeckt. Im Jahr 1995 lieferten die sachsen-anhaltinischen Werke ca. 9 Mio. m³ (MRLU 1996, S. 46). Die sächsischen Werke exportierten die fehlenden 10 Mio. m³. Zusammen mit dem Bedarf für den RB Leipzig ergab sich für die sächsischen Werke eine Gesamtfördermenge von reichlich 38 Mio. m³/a.

Obgleich in den Prognosen für 2010 keine Aufschlüsselung des in Sachsen-Anhalt benötigten Elbwasserbedarfes auf die einzelnen Wasserwerke erfolgt, kann entsprechend der behördlichen Prognosen von einem Bedarf von ca. 34 Mio. m³/a für die sächsischen Fernwasserwerke ausgegangen werden. Angesichts der negativen Entwicklung, insbesondere im Dessauer Regierungsbezirk, ist dieser Wert jedoch als sehr optimistisch anzusehen.

Tab. 9: Entwicklung der regionalen Kapazitäten sowie der Fernwassernachfrage im RB Dessau.

	1995 ^a	1998 ^b	2010 ^a
Trinkwasserbedarf [Mio. m ³ /a]	36,40	32,4	39,1
Regionale Kapazitäten (ohne FWV) [Mio. m ³ /a]	55,9	51,3	35,2
Regionale Förderung [Mio. m ³ /a]	14,8	21,0	14,5
Auslastungsgrad der regionalen Kapazitäten [%]	26,5%	41%	41,2%
Fernwasser-Nachfrage gesamt [Mio. m ³ /a]	21,6	11,4	24,5
Fernwasser-Nachfrage Ostharz [Mio. m ³ /a]	9,0	11,4	9,7
Fernwasser-Nachfrage Elbaue [Mio. m ³ /a]	12,5		14,8

Quellen: ^a – MRLU 1996; ^b – LAU 1998.

Tab. 10: Entwicklung der regionalen Kapazitäten sowie der Fernwassernachfrage im RB Halle(Saale)

[Mio. m ³ /a]	1995 ^a	1998 ^b	2010 ^a
Trinkwasserbedarf [Mio. m ³ /a]	63,93	59,2	63,2
Regionale Kapazitäten (ohne FWV)	68,9	59,1	32,7
Regionale Förderung	39,7	32,5	24,2
Auslastungsgrad der regionalen Kapazitäten [%]	58%	55%	74%
Fernwasser-Nachfrage gesamt	24,2	26,7	38,9
Fernwasser-Nachfrage Ostharz	17,8	26,7	32,9
Fernwasser-Nachfrage Elbaue	6,3		6,0

Quellen: ^a – MRLU 1996; ^b – LAU 1998.

d) Ableitung der Entwicklungen zu Fernwassernachfrage und –förderung

d.1) Realistische Entwicklung

Im eher realistischen Entwicklungsrahmen wird von einem langfristigen Rückgang der Fernwasserproduktion der sächsischen Wasserwerke auf 24 Mio. m³/a im Jahr 2030 ausgegangen. Hierbei wird eine Fernwassernachfrage aus dem sächsischen Raum von 18 Mio. m³/a angenommen und ein Fernwasserexport sächsischer Werke nach Sachsen-Anhalt von 6 Mio. m³/a. Weiterhin wird angenommen, dass nur noch die Fernwasserwerke Mockritz (WW Mockritz) und Torgau-Ost (WW Torgau-Ost) zur Deckung dieser Nachfrage zur Verfügung stehen. Das Wasserwerk Kossa wird dagegen zum Abbau von Überkapazitäten geschlossen.

Die Annahme eines weiteren langfristigen Rückganges der Fernwasserproduktion in Sachsen wird von folgenden Überlegungen begleitet: Aufgrund einer weiteren Vermeidung von Wasserverlusten sowie einer weiteren leichten Abnahme der Bevölkerung sinkt der Trinkwasserbedarf auf 60 Mio. m³/a. Gleichzeitig werden Rahmenbedingungen angenommen, welche die regionalen Wasserversorger veranlassen, die regionale Wasserförderung nur in einem geringen Maße zu reduzieren, so dass die regionalen Kapazitäten trotz des Bedarfsrückganges zu 70% ausgelastet werden und nur 18 Mio. m³/a Fernwasser in Anspruch genommen werden muss.

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der Export nach Sachsen-Anhalt sich auf 6 Mio. m³/a verringert. Diese Abnahme ist ebenfalls durch einen negativen Trend des Trinkwasserverbrauchs sowie der Tendenz, die regionalen Kapazitäten möglichst auszulasten, begründet. Darüber hinaus wird ein verstärkter Einsatz von Wasser aus dem Ostharz angenommen, unter der Annahme, dass der Südring vom Ostharz aus bis in den Zeitzer Raum versorgungswirksam wird.

d.2) Optimistische Entwicklung

Gleichzeitig sind aber auch Entwicklungen möglich, die zu einer maßgeblichen Erhöhung der Fernwassernachfrage führen. Für einen solchen Fall wird von einer Zunahme des Fernwasserbedarfes der sächsischen Fernwasserwerke auf 41 Mio. m³/a im Jahr 2030 ausgegangen. Es wird auch hier angenommen, dass die Nachfrage nur durch die Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost gedeckt wird.

Hierbei wird von einer Zunahme des Fernwasserbedarfes sowohl für den RB Leipzig als auch für Sachsen-Anhalt ausgegangen. Eine solche Entwicklung wird plausibel unter der Annahme, dass einerseits der spezifische Trinkwasserbedarf – beispielsweise aufgrund von steigendem Luxuskonsum von Trinkwasser für Swimming-Pools etc. steigt, aber auch aufgrund einer positiveren Bevölkerungsentwicklung im Leipziger Ballungsraum als wirtschaftliches Zentrum. Dabei wird im Bezirk Leipzig von einer Steigerung des Trinkwasserbedarfes auf 70 Mio. m³/a ausgegangen. Gleichzeitig wird angenommen, dass die Rahmenbedingungen für die Wasserversorger sich so gestalten, dass der Fernwasserbezug eine vorteilhafte Option der Trinkwasserversorgung darstellt. Entsprechend steigt der Fernwasserbezug auf 30 Mio. m³/a, während die regionale Förderung auf 40 Mio. m³/a zurückgeht.

Weiterhin wird ein ansteigender Fernwasserexport nach Sachsen-Anhalt angenommen, welcher einen Wert von 11 Mio. m³/a erreicht. Diese Steigerung wird einerseits mit einem Trinkwasserbedarf in den Größenordnungen der Trinkwasserplanung (MRLU 1996) für 2010 begründet. Darüber hinaus wird angenommen, dass aufgrund der Rahmenbedingungen eine Fernwasserversorgung der Nutzung und Aufbereitung von regionalen Ressourcen vorgezogen wird.

Eine weitere Möglichkeit, die Fernwasserproduktion zu nutzen, ergäbe sich mit einer Vergrößerung des Einzugsgebietes der Fernwasserwerke nach Brandenburg. Die Grenzlage des Torgauer Raumes an Brandenburg öffnet eine solche langfristige Entwicklungsperspektive, die jedoch hier nicht weiter quantitativ untermauert werden soll.

2.2.4 Intensitätsgrad der Landwirtschaft

Felix Herzog, Helga Horsch und Thomas Schmidt

a) Anliegen und Problemstellung

Das Untersuchungsgebiet ist – wie bereits erwähnt – ländlich geprägt. Deshalb sind die ökonomischen und ökologischen Effekte der Landwirtschaft der im Rahmen des Nutzungskonfliktes zwischen Gewässerschutz und wirtschaftlicher Entwicklung zu betrachtenden Handlungsoptionen relevant und müssen erfasst werden. Da der Simulationszeitraum ca. 30 Jahre umfasst, müssen Entwicklungsbedingungen berücksichtigt werden, die von den regionalen Entscheidungsträgern nicht beeinflussbar sind, aber einen entscheidenden Einfluss auf die künftigen ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Landwirtschaft haben. Die Effekte hängen vor allem von den Formen der Landwirtschaft ab, die unterschiedliche Intensitätsgrade der Landwirtschaft zum Ausdruck bringen. Aus diesem Grunde waren die gegenwärtig relevanten Landwirtschaftsformen im Torgauer Raum zu erfassen und die Bedingungen zu prüfen, die die Entscheidung der Landwirte über zukünftig zu präferierende Bewirtschaftungsformen beeinflussen.

b) Methodik

Zur Simulation der ökologischen und ökonomischen Effekte der Landwirtschaft in Abhängigkeit von den Handlungsoptionen wurden Annahmen zu den zu betrachtenden Bewirtschaftungsformen sowie zur Veränderung ihrer flächenbezogenen Anteile getroffen. Dabei wurde getrennt nach Ackerland und Grünland vorgegangen.

Im Falle von *Ackerland* wurde von folgenden fünf Kategorien der Landwirtschaft ausgegangen:

1. kL: konventioneller Landbau.
2. iL(GF): integrierter Landbau, der nur die Grundförderung des Programms „Umweltgerechte Landwirtschaft“ des Landes Sachsen umfasst (SMUL 1999).
3. iL(GF+ZI): integrierter Landbau, der sich auf die Grundförderung mit Zusatzförderung I bezieht.
4. iL(GF+ZII): integrierter Landbau, der die Grundförderung mit Zusatzförderung II verknüpft.
5. öL: ökologischer Landbau (zertifiziert nach der Verordnung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft 2092/1991 „Organic Agriculture“).

Im Falle von *Grünland* wurden zwei Kategorien betrachtet:

1. intensive und
2. extensive Bewirtschaftung.¹²

Die ökonomischen und ökologischen Effekte der verschiedenen Kategorien von Bewirtschaftungsformen auf Acker- und Grünland sind nach Trinkwasserschutzstatus¹³ und Bodenarten zu unterscheiden. Diesem Aspekt Rechnung tragend wurde die landwirtschaftliche Nutzfläche des Untersuchungsgebietes in die folgenden vier Teilräume gegliedert:

1. Elbaue in und
2. Elbaue außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten sowie
3. Heide in und
4. Heide außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten.

Für diese vier Teilräume waren in einem ersten Schritt Aussagen zu den gegenwärtigen flächenbezogenen Anteilen der einzelnen Bewirtschaftungsformen zu treffen. In einem zweiten Schritt waren die Veränderungen der Flächenanteile der einzelnen Bewirtschaftungsformen zu bestimmen, die durch jene „Driving Forces“, vor allem bedingt durch die Agrarpolitik der Europäischen Union, des Bundes und des sächsischen Bundeslandes, zu erwarten sind.

c) Annahmen

Auf der Grundlage empirischer Erhebungen und Expertenbefragungen wurden getrennt nach Acker- und Grünland die folgenden Annahmen zu den Flächenanteilen der einzelnen Bewirtschaftungsformen im Torgauer Raum getroffen.

c.1) Ackerland

Abschätzung für das Jahr 1993: Es wurde davon ausgegangen, dass in jedem der vier Teilräume Betriebe mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen vorgefunden werden. Auf Grund der Datensituation konnten die flächenbezogenen Anteile der Landbewirtschaftungsformen lediglich für Flächen in und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten ermittelt werden. Die Anteile von Landbewirtschaftungsformen für Heide- und Elbaue-Flächen wurden geschätzt.

Die für 1993 ermittelten Anteile der jeweils zu betrachtenden Bewirtschaftungsformen für ackerbaulich genutzte Flächen sind den Tabellen 1 und 2 bzw. 3 und 4 zu entnehmen.

¹² Unter extensiver Grünlandbewirtschaftung wird entsprechend dem Kulturlandschaftsprogramm (Teil 1, Umweltgerechte Grünlandlandbewirtschaftung, Grundförderung) insbesondere eine begrenzte Gesamtstickstoffabgabe ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und ein eingeschränkter Pflanzenschutzmittel-Einsatz verstanden. Intensive Grünlandbewirtschaftung ist durch Stickstoff-Dünger-Gaben, häufigere Schnittnutzung und umfangreicheren Pflanzenschutzmittel-Einsatz charakterisiert.

¹³ Maßgebend für das Basisjahr ist die Trinkwasserschutzgebietsausweisung im Jahre 1999.

Abschätzung für das Jahr 2030: Für 2030 wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

① *Konstant in allen vier Teilräumen sind:*

- die *Bewirtschaftung* innerhalb der drei Bewirtschaftungsformen bezüglich Erträge und Düngung, da deren Entwicklung (technischer Fortschritt) nicht quantitativ vorhergesagt werden kann.
- die *Betriebsstrukturen*: Es ist höchstwahrscheinlich keine wesentliche Zunahme der Tierhaltung zu erwarten, weil erstens Grünland auf „Heide“ keine geeignete Landnutzungsform darstellt (fehlende Niederschläge) und zweitens auch die bisherigen Anstrengungen für eine Erhöhung der Tierzahlen kaum erfolgreich waren.

Das heißt, es werden für 2030 die Erträge und Düngung der aktuellen Bewirtschaftungsformen herangezogen.

② *Der flächenbezogene Anteil von kL, iL und öL an Ackerland entwickelt sich in den vier Teilräumen im Vergleich zu 1993 wie folgt:*

1. *„Elbaue außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten“*: Es ist ein höherer Anteil des konventionellen Landbaus zu erwarten, da auf vergleichsweise guten Standorten der integrierte Landbau in Zukunft betriebswirtschaftlich weniger attraktiv sein wird. Ursachen dürften in diesem Zusammenhang die mit der Agenda 2000 beschlossene Reduzierung der Subventionen für Agrarerzeugnisse und die zunehmende Konkurrenz durch billigere Agrarerzeugnisse aus den osteuropäischen Ländern im Zuge der Osterweiterung der Europäischen Union sein. Allerdings ist ein geringfügig höherer Anteil des ökologischen Landbaus aufgrund einer Zunahme von ökologischen Produkten am Markt zu erwarten.
2. *„Elbaue in Trinkwasserschutzgebieten“*: Infolge von Restriktionen in Trinkwasserschutzgebieten ist mit einem geringfügig höherem Anteil des ökologischen Landbaus durch Zunahme von ökologischen Produkten am Markt zu rechnen. Auf Grund der TWSG-bedingten Restriktionen und der mit der Agenda 2000 beschlossenen Reduzierung der Subventionen für Agrarerzeugnisse dürfte die Inanspruchnahme einer kombinierten Förderung betriebswirtschaftlich von Interesse sein, so dass von einem höheren Anteil des integrierten Landbaus gegenüber dem konventionellen Landbau (kL*) ausgegangen werden kann.¹⁴
3. *„Heide außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten“*: Es ist ein höherer Anteil des ökologischen Landbaus zu erwarten, weil eine Reihe von Argumenten (wie steigende Nachfrage der Bevölkerung nach Ökoprodukten durch zunehmendes Umweltbewusstsein, Umweltaufklärung, Marketingstrategien, zu erwartender Rückgang des Preisniveaus für konventionell erzeugte Agrarprodukte und eine nach sich ziehende Preissenkung ökologisch erzeugter Agrarprodukte u.a.) für eine Zunahme von Produkten aus dem ökologischen Landbau am Markt sprechen (SMUL 1999). Des Weiteren dürfte dieser Landbau insbe-

¹⁴ Bei kL* handelt es sich um den konventionellen Landbau in Trinkwasserschutzgebieten. Die in diesen Gebieten geltenden Einschränkungen bewirken, dass sich diese Bewirtschaftung von der im Rahmen des konventionellen Landbaus außerhalb von Schutzgebieten deutlich unterscheidet.

sondere für ärmere Standorte betriebswirtschaftlich interessant sein. Ebenso ist mit einem höheren Anteil des integrierten Landbaus zu rechnen, weil Grenzertrags-Standorte stärker von Agrarumweltprogrammen abhängig sein dürften.

4. „Heide in Trinkwasserschutzgebieten“: Es ist ebenfalls ein höherer Anteil des ökologischen Landbaus aus denselben Gründen zu erwarten. Hinzukommt, dass diese Bewirtschaftungsform in Trinkwasserschutzgebieten – zumindest argumentativ – zusätzlich gefördert wird (Hermanowski/Krug 1997). Aus dem oben genannten Grunde ist auch mit einem höheren Anteil des integrierten Landbaus zu rechnen. Eine weitere Ursache dürfte sein, dass aufgrund der TWSG-bedingten Restriktionen die Inanspruchnahme einer kombinierten Förderung betriebswirtschaftlich durchaus von Interesse ist.
- ③ *Das Verhältnis von $iL(GF)^{15}$ zu $iL(GF+ZI)$ und zu $iL(GF+ZII)$ entwickelt sich in den vier Teilräumen im Vergleich zu 1993 wie folgt:*
1. „Elbaue außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten“: Die Elbaue wird auf Grund ertragsreicher Böden intensiver bewirtschaftet. Daraus ergibt sich eine relativ geringere Beteiligung an der Zusatzförderung I. Die Zusatzförderung II kann ebenfalls mit einem geringen Faktor angenommen werden, da die Frühjahrsbestellung speziell auf tonhaltigen Böden durch Zwischenfruchtanbau erschwert wird. Der Anteil der Zusatzförderung II gründet sich hauptsächlich auf die Mulchsaaten im Herbst.
 2. „Elbaue in Trinkwasserschutzgebieten“: In Trinkwasserschutzgebieten wird die Beteiligung an der Zusatzförderung I und II höher liegen, da auch durch Auflagen der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung (SMU 1994) eine extensive Landbewirtschaftung gefordert wird.
 3. „Heide außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten“: Die Landesstatistik sowie die aktuellen Zahlen zum Torgauer Raum zeigen einen Trend zur Extensivierung und Inanspruchnahme von Förderleistungen. Insbesondere in ertragsarmen Regionen wird es ein betriebswirtschaftliches Optimum in diesem Bereich geben, d.h. höhere Anteile der Zusatzförderung I und II.
 4. „Heide in Trinkwasserschutzgebieten“: Auf Heide in Trinkwasserschutzgebieten stellt sich ebenfalls ein hoher Grad an extensiver Ackerlandnutzung ein. Die Verhältnisse der Förderstufen liegen gemäß der aktuellen Umfrageergebnisse (vgl. Geyler, Kap. 2.5.1 in diesem Bericht) zu gleichen Teilen vor. Diese Verteilung wird 2030 zu Gunsten eines höheren Extensivierungsgrades verändert.

Die unter ② und ③ getroffenen Annahmen stützen sich in erster Linie auf Literaturstudien zur Agenda 2000 und auf Expertengespräche, die im Sächsischen Staatsministerium für Um-

¹⁵ Der integrierte Landbau umfasst generell eine Grundförderung (GF), die mit einer Düngungsreduzierung um 5% gegenüber der Düngungsempfehlung nach BEFU (BEstandesFUeh rung) verbunden ist. BEFU bezieht sich dabei auf ein Computerprogramm der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft eines angemessenen Düngeraufwandes. Die Zusatzförderung I fordert eine Reduzierung der Stickstoff-Düngung um mindestens 20% gegenüber der Grundförderung. Die Zusatzförderung II, die auf bodenschonende Maßnahmen wie Mulchsaaten und Zwischenfrüchte zielt, schließt die Maßnahmen der Grundförderung ein.

welt und Landwirtschaft (SMUL) sowie im Staatlichen Amt für Landwirtschaft Leipzig-Möckern geführt wurden (Herr Pfisterer, Leiter des Referates 21 „Agrarpolitik“, Herr Jansen, ökologische Landwirtschaft, Dr. Henk, Ressourcenschutz im SMUL; Dr. Menge, Staatliches Amt für Landwirtschaft, Leipzig-Möckern).

c.2) Grünland

Grünland wird ebenfalls wie Ackerland nach den vier Raumkategorien Aue sowie Heide in und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten unterschieden. Allerdings werden für Grünland – wie unter b) in diesem Kapitel dargelegt – die extensive und intensive Bewirtschaftungsform betrachtet. Die Flächenverhältnisse nach Raumkategorien in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsformen wurden für 1993 und 2030 wie folgt begründet:

Grünland in Trinkwasserschutzgebieten:

Aufgrund der Restriktionen nach der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung kann davon ausgegangen werden, dass die Grünlandbewirtschaftung in Trinkwasserschutzgebieten der extensiven Form sehr nahe kommt. Deshalb wurde angenommen, dass die Bewirtschaftung in Trinkwasserschutzgebieten extensiv erfolgt. Die Annahmen zu den Nitratsalden für Grünland wurden nicht nach Heide und Aue differenziert, da die Nitratsalden gegenüber Ackerland niedriger liegen und die Unterschiede in Abhängigkeiten von der Bodenart nur marginal sind. Die Ermittlung der ökonomischen Standardwerte erfolgt jedoch nach Heide und Aue getrennt (vgl. dazu Schmidt/Geyler, Kap. 4.4.1 in diesem Bericht).

Grünland außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten:

Für außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten liegende Flächen wurden extensive und intensive Bewirtschaftungsformen angenommen. Für die Begründung des Anteils extensiver Formen wurden die für Sachsen ausgewiesenen Flächenanteile gemäß dem Kulturlandschaftsprogramm I herangezogen. Die für Sachsen ausgewiesenen Flächenanteile wurden sowohl auf Heide- als auch auf Elbaueflächen des Torgauer Raumes übertragen.

d) Datengrundlagen und Ergebnisse

Die flächenbezogenen Anteile der Landbewirtschaftungsformen wurden für die vier Teilräume, die nach Bodenarten und Trinkwasserschutzstatus unterschieden worden sind, für 1993 und 2030 ermittelt. Sie beruhen auf den in Tabelle 4 des Kapitels 2.5.2 enthaltenen Informationen und den unter c.1) und c.2) getroffenen Annahmen. Die im Folgenden aufgeführten Flächenanteile nach Bewirtschaftungsformen in Abhängigkeit vom Schutzstatus und von der Bodenart gelten für die Entwicklungsrahmen „SPARFLAMME“, „REALO“ und „GRÜNDERZEIT“. Eine Differenzierung nach den drei Entwicklungsrahmen ist aufgrund nur sehr geringer Veränderungen nicht sinnvoll.

d.1) Flächenanteile der Landwirtschaftsformen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland

Datengrundlagen: Aggregierte Daten zu den Flächenanteilen von ökologischem (öL), integriertem (iL) und konventionellem Landbau (kL) auf Ackerland im Torgauer Raum lagen für das Basisjahr 1993 nicht vor. Es wurden die durchschnittlichen Flächenanteile für Sachsen herangezogen. Die Flächenanteile für Heide und Elbaue wurden geschätzt. Es wurde angenommen, dass das Interesse am integrierten Landbau (iL) auf leichteren (Heide) gegenüber schwereren Böden (Elbaue) höher ist.

Für die Annahmen zu den Flächenanteilen im Jahre 2030 wurden herangezogen: die in c.1 unter ② gemachten Aussagen, Trendermittlungen, die auf den für 1993 bis 1998 verfügbaren Daten zu den Flächenanteilen in Sachsen basieren und die 1998 in Sachsen und im Torgauer Raum vorliegenden Flächenanteile. Einen Überblick über die verwendeten Daten gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Flächenanteile der Landwirtschaftsformen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland im Torgauer Raum.

Landbewirtschaftungsformen	1993		2030	
	Elbaue [%]	Heide [%]	Elbaue [%]	Heide [%]
öL	0,5	1	5	10
iL	39,5	69	15	80
kL	60	30	80	10

d.2) Flächenanteile der Landwirtschaftsformen in Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland

Datengrundlagen: Die Kategorie konventioneller Landbau in Trinkwasserschutzgebieten (kL*) ist aufgrund der Restriktionen mit der Kategorie konventioneller Landbau außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten (kL) nicht vergleichbar. Dagegen unterscheiden sich die Kategorien integrierter Landbau (iL) und konventioneller Landbau in Trinkwasserschutzgebieten (kL*) kaum bezüglich der Bewirtschaftungsformen. Da die Zuwendungen für beide Kategorien in Trinkwasserschutzgebieten jedoch unterschiedlich sind, werden die Flächenanteile kL* und iL getrennt ausgewiesen.

Werden die Flächenanteile kL, iL und öL an Ackerland in Sachsen und des Torgauer Raumes mit denen in den Trinkwasserschutzgebieten im Jahre 1998 verglichen (vgl. Tab. 4 in Kap. 2.5.2 dieses Berichts), ist festzustellen, dass der Anteil von iL an Ackerland in den Trinkwasserschutzgebieten höher ist als der Anteil von iL an Ackerland des Torgauer Raumes insgesamt. Aus diesem Grunde werden für das Basisjahr 1993 die Flächenanteile von iL und

kL* an Ackerland gegenüber denen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten für iL analog zu 1998 erhöht und entsprechend für kL* reduziert.

Im Jahre 2030 ist für den Torgauer Raum zu erwarten, dass die Flächenanteile öL an Ackerland innerhalb und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten in ähnlichen Größenordnungen liegen. Allerdings wird von einem höheren Anteil iL ausgegangen, wobei auf Heide ein höherer Zuwachs als auf Elbaueböden erwartet wird. Für diese Annahmen wurden herangezogen: die in c.1.) unter ② gemachten Aussagen, die Flächenanteile Heide zu Elbaue (vgl. Tab. 4 in Kap. 2.5.2) und die Ergebnisse der Befragung von Landwirten (vgl. Geyley, Kapitel 2.5.1 in diesem Bericht). Einen Überblick über die verwendeten Daten gibt Tabelle 2.

Tab. 2: Flächenanteile der Landbewirtschaftungsformen in Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland im Torgauer Raum.

Landbewirtschaftungsformen	1993		2030	
	Elbaue [%]	Heide [%]	Elbaue [%]	Heide [%]
öL	0,5	1	5	10
iL	44,5	74	50	85
kL*	55	25	45	5

d.3) Flächenanteile der Formen des integrierten Landbaus außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland

Datengrundlagen: Grundlage der aus Tabelle 3 zu entnehmenden Flächenanteile für 1993 sind die in Tabelle 4 des Kapitels 2.5.2 enthaltenen Informationen für das Land Sachsen. Unter Berücksichtigung der in c.1) dieses Kapitels getroffenen Aussagen wurden die Flächenanteile für 2030 ermittelt.

Tab. 3: Flächenanteile der Formen des integrierten Landbaus außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland im Torgauer Raum.

Landbewirtschaftungsformen	1993		2030	
	Elbaue [%]	Heide [%]	Elbaue [%]	Heide [%]
iL gesamt	39,5	69	15	80
iL(GF)	29,5	51	10	20
iL(GF+ZI)	9,5	17	2	30
iL(GF+ZII)	0,5	1	3	30

d.4) Flächenanteile der Formen des integrierten Landbaus innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland

Datengrundlagen: Unter Berücksichtigung der im Abschnitt c.1) getroffenen Aussagen sowie der Ergebnisse der Befragung von landwirtschaftlichen Unternehmen in Trinkwasserschutzgebieten (vgl. Geyler, Kapitel 2.5.1 in diesem Bericht) wurden die Flächenanteile für 1993 und 2030 ermittelt. Einen Überblick über die verwendeten Daten gibt Tabelle 4.

Tab. 4: Flächenanteile der Formen des integrierten Landbaus innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten auf Ackerland im Torgauer Raum.

Landbewirtschaftungsformen	1993		2030	
	Elbaue [%]	Heide [%]	Elbaue [%]	Heide [%]
iL gesamt	44,5	74	50	85
iL(GF)	33	54	25	15
iL(GF+ZI)	10,5	18	15	40
iL(GF+ZII)	1	2	10	30

d.5) Flächenanteile extensiver und intensiver Grünlandbewirtschaftung

Datengrundlagen: Die Gesamtübersicht der den Szenariorechnungen zu Grunde liegenden Flächenanteile extensiv und intensiv bewirtschafteter Grünlandflächen geht aus der Tabelle 5 hervor. Grundlage der in der Tabelle 5 ausgewiesenen Flächenanteile sind die im Abschnitt c.2) getroffenen Annahmen und die in Tabelle 4 des Kapitels 2.5.2 enthaltenen Informationen für 1993. Unter Zugrundelegung einer logarithmischen Trendlinie erhält man für 2030 einen Flächenanteil extensiver Grünlandbewirtschaftung von 60%.

Tab. 5: Flächenanteile extensiver und intensiver Grünlandbewirtschaftung im Torgauer Raum.

Jahr		1993		2030	
Bewirtschaftungsformen		extensiv [%]	intensiv [%]	extensiv [%]	intensiv [%]
in Trinkwasserschutzgebieten	Elbaue	100	0	100	0
	Heide	100	0	100	0
außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten	Elbaue	25	75	60	40
	Heide	25	75	60	40

2.2.5 Entwicklung von Siedlungsflächen und Versiegelung

Stefan Geyle

a) Anliegen

Die zukünftige Siedlungsentwicklung im Torgauer Raum führt zu einer Zunahme der Bodenversiegelung sowie zu einer Flächenreduktion bei anderen Landnutzungen. Aus diesem Grunde ist deren Berücksichtigung bewertungsrelevant. Eine wesentliche Konsequenz dieser Entwicklung ist beispielsweise die damit verbundene Veränderung der Grundwasserneubildung und des Grundwasserhaushaltes im Torgauer Raum. Darüber hinaus ergeben sich Auswirkungen insbesondere für die Landwirtschaft.

Das Kapitel gliedert sich in drei Abschnitte. Zuerst werden einige methodische Vorbetrachtungen vorgenommen. Danach wird die Zunahme der versiegelten Fläche für den gesamten Torgauer Raum diskutiert und zwei unterschiedliche Entwicklungstrends abgeleitet. Zum Schluss wird die Aufteilung der neu entstehenden Siedlungsfläche auf die einzelnen Gemeinden dargelegt.¹⁶

b) Methodische Vorbetrachtungen

Mit der Einordnung der Siedlungsentwicklung in den Entwicklungsrahmen verbindet sich die Annahme, dass die zu bewertenden Handlungsalternativen – insbesondere die das TWSG Mockritz betreffenden – weder einen Einfluss auf die Höhe der Siedlungsentwicklung haben, noch eine räumliche Verteilungswirkung bei der Siedlungsentwicklung ausüben. Diese Annahmen werden durch die Flächennutzungsplanungen der Gemeinden im Torgauer Raum gestützt. Flächennutzungspläne (FNP) sollen die sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung nach den vorhersehbaren Bedürfnissen der Gemeinde in den Grundzügen darstellen (§ 5 BauGB 1997). Sie sind für einen Geltungszeitraum von 10 bis 15 Jahre konzipiert und berücksichtigen in ihren Planungen neben den Entwicklungsinteressen der Gemeinden auch übergeordnete Planungen (Raumplanung, Landes- und Regionalplanung) sowie vorrangige Fachplanungen. Gegenstand dieser Planungen sind auch die Trinkwasserschutzgebiete. Ein Vergleich der im TWSG Mockritz liegenden Gemeinden hinsichtlich ihrer regionalen Bedeutung, Überlagerung durch Trinkwasserschutzgebiete und geplanten Siedlungsentwicklungen ergab dabei die nachfolgend aufgeführten Erkenntnisse (vgl. auch Tab. 1). Hierbei wurde der Siedlungsbestand der Gemeinden von 1993 mit geplanten und teilweise auch schon realisierten Siedlungsentwicklungen verglichen.

Die Gemeinde Elsnig, deren Siedlungsflächen zu einem wesentlichen Teil in der Trinkwasserschutzzone 3a des TWSG Mockritz liegen, war in ihrer Siedlungsplanung im Vergleich zu

¹⁶ Wesentliche Zuarbeiten wie die Auswertung der Biotoptypenkartierung sowie die kartographische Darstellung der neuen Entwicklungstrends erfolgten freundlicherweise durch S. Erfurth, H. Hartmann, F. Herzog, A. Kindler und M. Volk.

den anderen Gemeinden stark eingeschränkt. Hinzu kommt, dass die Trinkwasserschutzzone 3a fast deckungsgleich durch den Schutzstatus "Landschaftsschutzgebiet Elbaue" überlagert wird und somit für diese Gebiete weitere Restriktionen bestehen. Somit ist bei einem Wegfall der Schutzzone keine zusätzliche Siedlungsausweitung zu erwarten.

Bei den restlichen Gemeinden, auch wenn sie zu einem großen Teil in der Schutzzone 3b liegen, vermittelte sich das Bild, dass die Siedlungsplanung eher durch andere Standortfaktoren wie z.B. die regionale Bedeutung und die überregionale Verkehrsanbindung beeinflusst wurde. Insbesondere das Mittelzentrum Torgau und die Gemeinden Dreiheide und Zinna, die westelbig an Torgau grenzen, wiesen trotz Trinkwasserschutzrestriktionen in den FNP-Entwürfen eine hohe Siedlungsdynamik aus (vgl. Tab. 1). Die abgelegeneren ostelbigen Gemeinden – wie Döbrichau und Großtreben-Zwethau – planten dagegen in den Flächennutzungsplänen deutlich niedrigere Wachstumsraten.

Anhand dieser Argumente wurde in der weiteren Bewertung davon ausgegangen, dass die Handlungsoptionen zur Veränderung des TWSG Mockritz keinen Einfluss auf die Siedlungsentwicklung ausüben. Auch bei einer Auflösung des TWSG (vgl. Kap. 2.4.2) wird ebenfalls kein wesentlicher Effekt auf die Siedlungsentwicklung angesetzt, da die Flächen der Schutzzone 1–3a weiterhin als Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen bleiben und somit eine extensive Siedlungsentwicklung in der Elbaue verhindert wird.

Tab. 1: In den Flächennutzungsplänen ausgewiesene Siedlungsdynamik gegenüber dem Siedlungsbestand von 1993 für die Gemeinden im TWSG Mockritz.

Gemeinde	Siedlungsfläche im TWSG Mockritz (Stand 1993)		geplanter Siedlungszuwachs gegenüber 1993 ^b [%]
	in TW-Schutzzone 2-3a ^a [%]	in TW-Schutzzone 3b ^a [%]	
Elsnig	78	22	4
Döbrichau	0	36	20
Großtreben-Zwethau	3	85	24
Beilrode	0	43	34
Torgau	13	24	38
Dreiheide	0	29	65
Zinna	34	22	75

Quellen: a – LfUG 1996, b – FNP-Entwürfe der Gemeinden (Stand 1991 bis 1997); StUFA Leipzig 1995; eigene Berechnungen.

c) Annahmen zur langfristigen Neuversiegelung

Die Ableitung der langfristigen Entwicklungstrends für die Siedlungsentwicklung setzt einerseits an den langfristigen Entwicklungen in Deutschland an. Andererseits wurden mögliche

Anpassungen der Siedlungsintensität in Sachsen und den alten Bundesländern berücksichtigt. Mit der Übertragung dieser Ergebnisse auf den Torgauer Raum wurde von einer tendenziell ähnlichen Entwicklung wie beim gesamten Bundesland Sachsen ausgegangen.

Die Siedlungsentwicklung für Deutschland ist durch eine starke Zunahme der Siedlungsflächen in den letzten Jahrzehnten gekennzeichnet. Wesentliche Wechselwirkungen bestehen hierbei zwischen der Bevölkerungsentwicklung, der wirtschaftlichen Entwicklung und der Siedlungsentwicklung. Den Zusammenhang zwischen der Bevölkerungsdichte und dem Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen¹⁷ zeigt die Tabelle 2. Der Vergleich der früheren Bundesländer untereinander im Jahr 1993 ergibt eine positive Korrelation der Bevölkerungsdichte mit dem Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche (Tab. 2, Spalte 4). Weiterhin steigt mit der Bevölkerungsintensität auch die Intensität der Besiedlung, ausgedrückt in Einwohner pro Siedlungs- und Verkehrsfläche (Tab. 2, Spalte 6).

Ferner steht die Siedlungsentwicklung in enger Beziehung zur wirtschaftlichen Entwicklung. Die Bereitstellung von Gewerbestandorten und Infrastrukturbauten ist eine wichtige Voraussetzung für das Wirtschaftswachstum, während sich eine prosperierende wirtschaftliche Entwicklung in einem raumintensiveren Wohnungsbau (z.B. Eigenheimbau) widerspiegelt (RSU 1998, S. 70ff.). Auf der Makroebene ergibt sich eine langfristige lineare Korrelation zwischen der Siedlungs- und Verkehrsfläche und dem Wirtschaftswachstum. So ermittelte das Statistische Bundesamt Wiesbaden für den Zeitraum von 1960 bis 1997 eine mittlere Zunahme des Flächenverbrauches in den früheren Bundesländern von 0,8 ha bei einer Zunahme des realen Bruttoinlandsproduktes von 1 Mio. DM (Statistisches Bundesamt 1999b). Wird bei diesem Ergebnis der Einfluss der Bevölkerungsentwicklung bereinigt sowie die Siedlungs- und Verkehrsfläche über Zuweisung von Versiegelungsfaktoren als versiegelte Fläche erfasst, so zeigt sich ebenfalls eine positive Korrelation. Unter den entsprechenden Annahmen¹⁸ ergibt sich eine Steigerung der versiegelten Fläche von 1,6 m² pro Einwohner bei einer Zunahme des einwohnerbezogenen Bruttoinlandsproduktes (in Preisen von 1991) von 1.000 DM.¹⁹

In Sachsen war zu Beginn der neunziger Jahre eine wesentlich niedrigere Siedlungsintensität zu verzeichnen als in vergleichbaren alten Bundesländern, wie Tabelle 2 beispielhaft für das Jahr 1993 zeigt. Obwohl Sachsen hinsichtlich der Bevölkerungsdichte mit den Bundesländern Hessen und Rheinland-Pfalz vergleichbar war, entsprach es bei seinem Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen eher den wesentlich dünner besiedelten Bundesländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Gleichzeitig lag die Einwohnerdichte, bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche, deutlich über den Bundesländern mit einer vergleichbaren Bevölkerungsdichte.

¹⁷ Der Begriff "Siedlungs- und Verkehrsflächen" bezieht sich auf die in den Statistischen Erhebungen verwendeten Kategorien Gebäude- und Freiflächen, Betriebsflächen ohne Abbauland, Erholungsflächen, Verkehrsflächen und Friedhöfe. Vgl. beispielsweise Statistisches Bundesamt (1997, Tab. 8.22, S. 168).

¹⁸ Versiegelungsgrad von 40% für die Kategorie Gebäude- und Freiflächen, von 20% für die Kategorie Betriebsflächen ohne Abbauland und von 80% für die Kategorie Verkehrsfläche (vgl. Breuste et al. 1996, S. II/1 – II/42).

¹⁹ Eigene Berechnungen für die Jahre 1981 bis 1997 anhand der Daten des Statistischen Bundesamtes (1983, 1986, 1991, 1994, 1998) zur Entwicklung der Siedlungsfläche, des Bruttoinlandsproduktes und der Bevölkerung.

Ausgehend von der beschriebenen Situation in Sachsen wurde für den Torgauer Raum eine Siedlungsentwicklung im Zusammenhang mit dem Wirtschaftswachstum erwartet. Gleichzeitig wurde bei der Ableitung der Entwicklungstrends von einer sukzessiven Angleichung der Siedlungsstrukturen an die Verhältnisse in den alten Bundesländern ausgegangen. Die Zunahme der Siedlungsflächen für den Torgauer Raum wurde dabei als vollständig versiegelte Flächen ausgewiesen. Dadurch konnten mit einer einzigen Maßzahl alle entsprechenden Nutzungen – wie Wohngebiete, Gewerbegebiete, Straßen etc. – unabhängig von ihren verschiedenen Versiegelungsgraden erfasst werden.

In einem sehr optimistischen Trend wurde eine Zunahme der versiegelten Fläche im Torgauer Raum von 1.147 ha im Jahr 1993 um 840 ha bis zum Ende des Bewertungszeitraumes 2030 angesetzt. Diese Entwicklung wurde einerseits an die optimistische Annahme zur wirtschaftlichen Entwicklung (durchschnittlich 2,95 Prozent jährlichem Wachstum) bei einem nur mäßigen Bevölkerungsrückgang gekoppelt (vgl. Kap. 2.2.1). Andererseits wurde eine Angleichung der Siedlungsstruktur in Sachsen und demzufolge auch in Torgau an vergleichbare Bundesländer auf dem Niveau, welches diese zum Ende des Bewertungszeitraumes 2030 erreichen könnten, angenommen.

Tab. 2: Vergleichende Daten zur Bevölkerungs- und Siedlungsdichte der alten Bundesländer und Sachsen – Stand 1993.

Bundesländer	Bevölkerungsdichte		Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche an Gesamtfläche		Intensität der Besiedlung (Einwohner pro Siedlungs- und Verkehrsfläche)	
	[EW/km ²]	Rang	%	Rang	[EW/km ²]	Rang
Hamburg	2250	1	55,9%	1	4026	1
Bremen	1693	2	53,5%	2	3167	2
Nordrhein-Westfalen	520	3	19,6%	3	2654	3
Saarland	422	4	18,9%	4	2228	6
Baden-Württemberg	285	5	12,3%	7	2321	5
Hessen	282	6	14,2%	5	1982	7
Sachsen	251	7	9,9%	10	2534	4
Rheinland-Pfalz	197	8	12,6%	6	1559	10
Schleswig-Holstein	171	9	10,5%	9	1627	9
Bayern	168	10	9,1%	11	1849	8
Niedersachsen	161	11	11,7%	8	1374	11
Korrelationskoeffizienten im Vgl. zur Bevölkerungsdichte (ohne Sachsen)			0,99		0,93	

Quellen: Statistisches Bundesamt (1997, Tab. 8.22, S. 168; 1999a, Tab. 3.2, S. 45) und eigene Berechnungen.

In einem wesentlich gemäßigteren Trend wurde davon ausgegangen, dass sich die versiegelte Fläche im Torgauer Raum um 510 ha erhöht. Hierbei spielen ein stärkerer Bevölkerungsrückgang sowie ein langsames Wirtschaftswachstum eine wesentliche Rolle, welche durch den eher realistischeren ökonomischen Entwicklungstrend (durchschnittlich 1,9 Prozent jährlicher Steigerung des Bruttoinlandsproduktes – vgl. Kap. 2.2.1) dargestellt werden. Gleichzeitig wurde davon ausgegangen, dass sich die Siedlungsstruktur an die der früheren Bundesländer angleicht, diese jedoch noch nicht erreicht.

d) Verteilung der Neuversiegelung im Torgauer Raum

Im Zuge der Verteilung der neuen Siedlungsflächen innerhalb des Torgauer Raumes wurden die im vorhergehenden Abschnitt als vollständig versiegelte Flächen ausgewiesenen Vorgaben in Siedlungsflächen umgewandelt. Siedlungsflächen haben in der Regel einen Versiegelungsgrad von kleiner 1 und beanspruchen eine größere Fläche als die entsprechenden versiegelten Flächen. Durch die Darstellung als Siedlungsfläche werden die realen Dimensionen der mit der Versiegelungszunahme verbundenen Landnutzungsänderungen widergespiegelt.

Ferner konnte bei der flächenkonkreten Verteilung auf die Gemeinden nicht allein auf die Flächennutzungspläne zurückgegriffen werden, da diese selbst als Entwurf nicht für alle Gemeinden existierten. Daher wurde ein Verteilungsschlüssel genutzt, dem als Datengrundlage neben den Flächennutzungsplänen auch die Siedlungsflächenausweisungen entsprechend der Biotoptypenkartierung (LfUG 1996) diene. Hierzu wurden die Gemeinden des Torgauer Raumes zu folgenden Kategorien zusammengefasst:

1. Gemeinden mit wesentlichen Einschränkungen durch Trinkwasserschutzgebiete. Hierzu zählen auch zwei Gemeinden, die westelbig an Torgau angrenzen (3 Gemeinden),
2. Gemeinden ohne besondere regionale Bedeutung und ohne wesentliche Einschränkungen durch Trinkwasserschutzgebiete (12 Gemeinden),
3. Gemeinden mit einer höheren regionalen Bedeutung (Unterzentren sowie die westelbig an Torgau angrenzenden Gemeinden) und ohne wesentliche Einschränkungen durch TWSG (7 Gemeinden) und
4. Torgau als Mittelzentrum.

Die Aufteilung der neuen Siedlungsfläche auf die vier Kategorien erfolgte in einem ersten Schritt entsprechend dem in Tabelle 3 (Spalte 4) aufgeführten Verhältnis. Dieses Verhältnis wurde bestimmt, indem jeweils die in den Flächennutzungsplänen prognostizierte Besiedlungszuwachsrates derjenigen Gemeinden einer Kategorie, für die sowohl Bestands- als auch Entwicklungsangaben in den Flächennutzungsplänen ausgewiesen waren (Tab. 3, Spalte 3), mit dem Siedlungsbestand aller Gemeinden einer Kategorie entsprechend der Biotoptypen-

kartierung²⁰ (Tab. 3, Spalte 2), multipliziert wurde. Diese Vorgehensweise konnte auch die Gemeinden ohne vollständige Flächennutzungspläne einbeziehen.

In einem zweiten Schritt wurde die neue Siedlungsfläche innerhalb jeder Kategorie den einzelnen Gemeinden zugeordnet. Hier richtete sich die Aufteilung nach der Größe des Siedlungsbestandes von 1993. Die Ermittlung des konkreten Siedlungsflächenzuwachses erfolgte in einem iterativen Prozess. Dies war notwendig, da die Vorgaben für den Torgau insgesamt als vollständig versiegelte Fläche gegeben war (siehe oben), der Versiegelungsgrad für die neuen Siedlungsflächen jedoch nicht für alle Gemeinden einheitlich gewählt wurde (vgl. auch Tab. 3, Spalte 5). Bei den neuen Flächen für Torgau wurde ein Versiegelungsgrad von 45% angesetzt. Dieser liegt niedriger als der für den Bestand von 1993, der ungefähr 70% beträgt. Für die restlichen, ländlichen Gemeinden wurde ein Versiegelungsgrad von 30% angesetzt. Dieser entspricht ungefähr dem Stand von 1993. In der kartographischen Umsetzung dienen die Flächennutzungsplanungen als Vorlage für die Flächenauswahl der zu "bebauenden" Areale. Weiterhin wurde nur landwirtschaftliche Nutzfläche umgewidmet. Dies stimmt ebenfalls mit den Aussagen in den Flächennutzungsplänen überein.

Tab. 3: Aufteilung der neuen Siedlungsfläche auf die Gemeindekategorien im Torgauer Raum für den realistischen und optimistischen Entwicklungstrend.

Kategorie	Reale Situation bei Siedlungsflächen		Annahmen zur Entwicklung der Siedlungsflächen bis 2030			
	Bestand ^a 1993 [ha]	Zuwachs (FNP) ^b im Vergleich zu 1993	relative Verteilung auf Kategorien	Versiegelungsgrad	real. Entwicklungstrend [ha]	opt. Entwicklungstrend [ha]
Gemeinden mit wesentlichen TWS-Restriktionen	317	7%	2%	30%	35	60
Gemeinden ohne regionale Bedeutung und ohne wesentliche TWS-Restriktionen	1.005	29%	30%	30%	450	745
Gemeinden mit höherer regionaler Bedeutung und ohne wesentliche TWS-Restriktionen	993	46%	46%	30%	710	1.170
Mittelzentrum Torgau	571	38%	22%	45%	335	555
Σ Siedlungsflächen [ha]					1.530	2.530
Σ versiegelte Flächen [ha]					510	840

Quellen: a – LfUG (1996); b – Flächennutzungsplan (FNP)-Entwürfe der Gemeinden (Stand 1991-97); eigene Berechnungen.

²⁰ Bei der Ermittlung des Siedlungsbestandes aus der Biotoptypenkartierung wurden nur die Flächen erfasst, die entsprechend ihrer Nutzungskategorie zumindest teilweise versiegelt sind.

Zusammenfassend stellen die Spalten 6 und 7 der Tabelle 3 die Entwicklung der neuen Siedlungsflächen für beide Entwicklungstrends und für die vier Gemeindekategorien dar. Beide Entwicklungstrends zur Siedlungs- und Versiegelungsentwicklung wurden weiterhin nach der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens unterschieden. Für die realistischere Entwicklungsvariante wurde eine Wahrscheinlichkeit von 70% angesetzt. Die Möglichkeit, dass die optimistischere Entwicklungsvariante eintritt, wurde dagegen mit 30% als deutlich unwahrscheinlicher eingestuft.

2.2.6 Waldumbau und Aufforstung

Martin Volk, Felix Herzog und David Härtel

Aufgrund des hohen Nadelwaldanteils im Torgauer Raum wird vom Sächsischen Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (SML 1993) die Umwandlung in naturnähere Wälder mit höherem Anteil an Laubbaumarten angestrebt. Zudem soll gemäß der Zielsetzung des Landes Sachsen die Waldfläche insgesamt um drei Prozent erhöht werden. Die geplanten Maßnahmen wurden in die Rahmenbedingungen aufgenommen, da durch die resultierenden Veränderungen das Verdunstungsregime beeinflusst werden wird sowie Auswirkungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Untersuchungsraum zu erwarten sind.

a) Waldumbau

a.1) Anliegen und Problemstellung

Gegenwärtig bestehen ca. 70% der Waldfläche des Untersuchungsgebietes aus Kiefernforsten. Diese sind mittelfristig in naturnähere Wälder mit einem höheren Anteil an Laubbaumarten umzuwandeln. Entsprechende Maßnahmen wurden seit 1990 von der Forstverwaltung eingeleitet. Als Ziel gilt ein der potenziellen natürlichen Vegetation naher Bestand unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte (Thomasius 1995). Im Torgauer Raum sind dies in erster Linie Buchen-Nadelbaum Bestände (SML 1993, S. 8). Im Westen des Torgauer Raumes verläuft eine Klimagrenze, westlich derer eher Eiche als Buche in Frage kommt, dies ist flächenmäßig jedoch vernachlässigbar. Die Umsetzung geschieht meist durch Unterbau der Kiefer mit Buche, der Kiefernachwuchs erfolgt durch Naturverjüngung. Die Maßnahmen werden durch die Forsteinrichtung der Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa geleitet; in 10 Jahren sollen ca. 10% des Landeswaldes „umgebaut“ sein. Limitierender Faktor ist v.a. das Alter der Bestände; der größte Teil ist mittleren Alters und kommt erst in ca. 30 Jahren zur Ernte (Ausnahmen: standortswidrige und kranke Bestände, Ausfälle, usw.). Dies betrifft in erster Linie den Landeswald, entsprechende Maßnahmen werden jedoch auch im Privatwald gefördert (Informationsblätter Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, SML 1993).

a.2) Methodik und Datengrundlage

Gemäß der o.g. Zielstellung wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Waldumbau auf der gesamten Forstfläche (kein Unterschied zwischen Landes- und Privatwald);
- Mittlere Umtriebszeit Nadelwald (v.a. Kiefer): 100 Jahre;
- Mittlere Umtriebszeit Laubwald (v.a. Buche): 150 Jahre;

Als Datengrundlage standen dafür folgende Informationen zur Verfügung:

- Biotoptypenkartierung digital (Stand 1993) und
- Forstdatenbank der Forstämter Falkenberg und Taura (Stand 1993).

Bei den Szenarien wurde von einem quasistabilen Systemzustand ausgegangen, so dass bei den weiteren Berechnungen z.B. der Grundwasserneubildung mit dem verwendeten Abflussbildungsmodell (ABIMO, vgl. Volk et al. 2001) das Baumalter nicht mehr berücksichtigt wurde. Da der vorgenommene Waldumbau aber auch mit den Annahmen zur Entwicklung des Baumalters zusammenhängt, soll die betreffende Herangehensweise hier dargelegt werden.

a.3) Umsetzung der Methodik

Baumalter

Als eine Datengrundlage wurde die CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen verwendet (Stand 1993-). Diese sind in einem bis zu 9-stelligen Zahlen- bzw. Buchstabenschlüssel erfasst. Die Strukturierung der Kartiereinheiten in Sachsen wird an dem in Tabelle 1 dargestellten Beispiel verdeutlicht. Dabei ist jeder Strukturebene der Nutzung eine Zahl zugeordnet, Zusatzinformationen bzw. Besonderheiten werden mit Buchstaben (Abkürzungen) oder römischen Zahlen charakterisiert und der jeweiligen Zahl zugewiesen.

Tab. 1: Struktur der Kartiereinheiten der CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (Stand 1993).

Hierarchische Strukturebenen	Schlüssel						Beispiel
Hauptgruppe	7						Wälder und Forsten
Untergruppe		5					Laubmischwald
Bestand, Hauptbaumart			2				Buche
Bestand, Nebenbaumart				1			Eiche
Bestand, weitere Nebenbaumart					0		Keine Nebenbaumart
Ausprägung, Altersstufe						3/III	Mittleres Baumholz bis Altholz
Nutzung, Bewirtschaftungsform							1/V Überhälterbewirtschaftung

Bei der digitalen Umsetzung im GIS besteht das Hauptproblem darin, dass in der Biotoptypenkartierung keine Angaben zum Baumalter enthalten sind. Man kann sich dem Baumalter bzw. dem Begründungsjahr lediglich annähern über die Kategorie „Typ“. Darauf aufbauend wurde eine Parallelisierung mit der Forstdatenbank versucht. Wald bzw. Forst kann in dem zur Berechnung der Grundwasserneubildung verwendeten Modell ABIMO anhand der Baum-

art (Nadelwald/Laubwald) und des Baumalters differenziert werden. In der Biotoptypenkartierung Sachsen werden 9 Untergruppen von Wäldern/Forsten unterschieden. Sie erlauben eine Einordnung in die Gruppen Nadel- bzw. Laubwald nach dem Dominanzprinzip. Wo eine Dominanz eines Baumtyps nicht erkenntlich ist, wird auf die Angabe verzichtet (vgl. Kunze 1998, Anlage 3, S. 78).

Im Weiteren kann in ABIMO das Begründungsjahr der Wald-/Forstbestände angegeben werden. Es hat v.a. in den ersten 25 Jahren einen relativ starken Einfluss auf die Evapotranspiration. In der Biotoptypenkartierung (Stand 1993) werden unterschieden, wobei „Au“ für Ausprägung (siehe oben) steht:

Typ (Au)

- | | |
|---|---|
| 0 | keine Angabe |
| 1 | Dickung: 2-10 m Höhe |
| 2 | Stangenholz, mittleres Baumholz: ab 10 bis über 20 m Höhe |
| 3 | starkes Baumholz, Altholz: Abnahme der Baumzahl pro Fläche |
| 4 | ungleichaltrig gestuft: verschiedene Altersklassen auf gleicher Fläche |
| 5 | Jungwuchs mit Überhältern: Jungwuchs mit starkem Baumholz oder Altholz als Überhälter |

Von der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (Graupa) wurde ein Auszug aus der Wald-datenbank zur Verfügung gestellt. Eine Verortung der Daten anhand der Forsteinrichtungskarten war nicht möglich bzw. wäre ausgesprochen aufwendig, da die sehr detaillierten Karten nur analog vorliegen. Deshalb musste mit Durchschnittswerten (flächengewichtetes Mittel) gearbeitet werden. Für die Forstämter Falkenberg und Taura, die zusammen ca. 80% des Torgauer Raumes abdecken, wurde – nach Nadel- und Laubbäumen getrennt – die Altersstruktur der Bestände ermittelt. Anhand der Oberhöhe der Bestände wurden drei Kategorien gebildet (unter 10 m, 10–20 m, über 20 m). Die Flächenanteile der Nadel- und Laubbaumarten entsprechen ungefähr der Flächenverteilung im Untersuchungsgebiet (laut Biotoptypenkartierung) (Tab. 2). Die Diskrepanzen erklären sich in erster Linie daraus, dass die Bezugsräume (Altkreis Torgau, Forstämter) nicht deckungsgleich sind. Anschließend wurden Klassen mit ungefähr 5% Anteil an der Waldfläche (laut Forstdatenbank) gebildet und für diese ein mittleres Begründungsjahr ermittelt.

Tab. 2: Waldflächen von Laub- und Nadelwald anhand der Biotoptypenkartierung und der Walddatenbank. Mittlere Begründungsjahre für Tranchen von je 5% Anteil an der gesamten Waldfläche.

Nadelwald/ Laubwald	Typ Au	Höhe	Flächen- anteil laut Biotop- typen [%]	Flächen- anteil laut Forstdaten [%]	Mittlere Begründungsjahre
k.A.	0	k.A.	10,5	-	k.A.
Laubwald	1	< 10 m	0,6	5,0	1990
Laubwald	2	10–20 m	4,3	7,1	1957
Laubwald	3	> 20 m	8,6	6,3	1871 / 1923 / 1945
Laubwald	5	k.A.	1,8	-	k.A.
Nadelwald	1	< 10 m	7,9	14,8	1975 / 1981 / 1987
Nadelwald	2	10–20 m	32,9	36,1	1930 / 1947 / 1949 / 1951 / 1955 / 1962 / 1968
Nadelwald	3	> 20 m	30,5	30,6	1891 / 1901 / 1910 / 1917 / 1924 / 1931
Nadelwald	4	k.A.	2,9	-	k.A.

k.A. = keine Angabe, Au = Ausprägung.

Innerhalb der anhand der Biotoptypenkartierung möglichen räumlichen Differenzierung (Laub- und Nadelwald, Typ [Au=Ausprägung]) erfolgt die Verortung der mittleren Begründungsjahre zu den entsprechenden Polygonen nach dem Zufallsprinzip. Dazu wurden in die Biotoptypenkartierung 3 Spalten mit Zufallszahlen eingefügt (1-3, 1-6, 1-7, um die Verteilung in 3 bzw. 6 bzw. 7 Altersklassen nachzuvollziehen). Anschließend wurden z.B. die Polygone der Biotoptypen-Hauptgruppe "Wald" (HG=W), der Baumart "Laubbaum" (BAU=L), „Ausprägung“ (Au=3, siehe oben), Zufallszahl der Spalte „ZZ1-3“ (ZZ1-3=1) selektiert und ihnen das Begründungsjahr BGR=1871 zugewiesen. Entsprechend wurde für alle Waldflächen verfahren, die nach Baumart und Typ differenziert werden konnten.

Die entstehende Karte ist insofern realistisch, als dass sich die in der Biotoptypenkartierung ausgewiesenen Typen („Au“) wiederfinden lassen. Die Verteilung innerhalb dieser Typen ist jedoch nicht real. Ihre weitere räumliche Differenzierung ist jedoch notwendig, um Sprünge bei der Berechnung von Szenarien zu verringern. Die gesamte Waldfläche von 218,6 km² wird dadurch in Altersklassen mit jeweils ca. 10 km² Fläche aufgeteilt.

Im Einzelnen wurde folgende Zuordnung vorgenommen:

- UG=1 bis UG=7 (UG = Untergruppe im Schlüssel der Biotoptypenkartierung):

Tab. 3: Nadelwald.

Typ Au	Höhe	Flächenanteil laut Biotoptypen [%]	Fläche	Mittlere Begründungsjahre
0	k.A.	10,5	ca. 1.027,0 ha	k.A.
1	< 10 m	7,9	je ca. 575,0 ha	1975 / 1981 / 1987
2	10–20 m	32,9	je ca. 1.027,7 ha	1930 / 1947 / 1949 / 1951 / 1955 / 1962 / 1968
3	> 20 m	30,5	je ca. 1.113,0 ha	1891 / 1901 / 1910 / 1917 / 1924 / 1931
4	k.A.	2,9	ca. 631,1 ha	k.A.
5		-	-	-

k.A. = keine Angabe.

Tab. 4: Laubwald.

Typ Au	Höhe	Flächenanteil laut Biotoptypen (%)	Fläche	Mittlere Begründungsjahre
0	k.A.	10,5	ca. 358,2 ha	k.A.
1	< 10 m	0,6	ca. 129,3 ha	1990
2	10 - 20 m	4,3	ca. 942,5 ha	1957
3	> 20 m	8,6	ca. 626,2 ha	1871 / 1923 / 1945
4	k.A.	1,8	ca. 390,2 ha	k.A.
5		-	-	-

k.A. = keine Angabe.

- UG = 8

In Untergruppe 8 der Biotoptypenkartierung finden sich Waldrandbereiche und Vorwälder. Den Beständen wurden folgende Begründungsjahre zugewiesen:

Bestand	Begründungsjahr
100	1930
200	1985
300	1985
400	1985

- UG = 9

Der Untergruppe 9 (Wiederaufforstung) wurde das Begründungsjahr 1990 zugewiesen.

a.4) Ergebnisse

Für das Jahr 2030 wurde der Waldumbau aufgrund der zugewiesenen Begründungsjahre und der mittleren Umtriebszeit realisiert (Tab. 5).

Tab. 5: Hypothetischer Ablauf des Waldumbaus zwischen 1990 und 2030.

	Ursprüngliches Begründungsjahr	Begründungsjahr im Zeitschnitt 2030	Ursprüngliche Baumart	Baumart im Zeitschnitt 2030
Laubwald	1871	2021	L	L
Nadelwald	1891	1991	N	L
	1901	2001	N	L
	1910	2010	N	L
	1917	2017	N	L
	1924	2024	N	L
	1930	2030	N	L

Aus den dargelegten Berechnungen ergeben sich Veränderungen der Flächenstatistik für Wald. Die Fläche an Laubwald nimmt um 64,6 km² auf 101,6 km² zu, Nadelwald wird entsprechend reduziert (Tab. 6). Dieser Trend entspricht ungefähr den Projektionen der Landesanstalt für Forsten (Umbau von 10 % des Landeswaldes in 10 Jahren).

Tab. 6: Veränderungen der Flächenstatistik für Wald zwischen 1993 und 2030.

		1993	2030
Gesamtfläche [km²]		218,6	
Davon:	Laubwald [%]	16,9 (36,9 km ²)	46,5 (101,6 km ²)
	Nadelwald [%]	78,9 (172,5 km ²)	49,4 (108,0 km ²)
	k.A. [%]	9,1 (19,9 km ²)	

k.A. = keine Angabe.

b) Aufforstung

b.1) Anliegen und Problemstellung

Das Land Sachsen hat sich zum Ziel gesetzt, die Waldfläche um drei Prozent zu erhöhen. Die Gründe sind sowohl ökologischer als auch agrarpolitischer Art. Der Waldanteil soll erhöht werden, um die mannigfaltigen ökologischen sowie landeskulturellen Leistungen von Wald vermehrt zu nutzen (insbesondere biologische Vielfalt, CO₂-Kompensation, Landschaftswasser- und -stoffhaushalt, Erholungsfunktion). Zum anderen kann durch die Konvertierung von Ackerland zu Wald ein Beitrag zur Reduktion von Überschüssen landwirtschaftlicher Produkte geleistet werden. Die Aufforstung von landwirtschaftlicher Nutzfläche wird vom Freistaat Sachsen finanziell gefördert. Die Förderung basiert im Wesentlichen auf der Umsetzung der EU-Richtlinie 2080/92 "Community Aid Scheme for Forestry Measures in Agriculture". Bei der Aufforstung steht die Verwaltung nun vor dem Problem, geeignete Flächen vorzuschlagen und – in Abstimmung mit dem Pächter/Besitzer der Flächen – zu einer von allen Seiten akzeptierten Lösung zu gelangen. Der Torgauer Raum umfaßt 686 km², davon sind bereits 28,5% Wald/Forste und Kleingehölze. Eine Erhöhung der Waldfläche um 3% entspricht ca. 2.000 ha. Gleichzeitig bestehen im Raum Torgau sowohl von Seiten des Naturschutzes als auch der Landwirtschaft Bestrebungen, durch die Anlage von Hecken und Kleingehölzen die biologische Vielfalt im Agrarraum zu erhöhen und die Winderosion zu vermindern. Obwohl diese Maßnahmen administrativ nicht mit Aufforstungen gleichzusetzen sind, besteht doch ein inhaltlicher Zusammenhang. Das Sächsische Forstamt Falkenberg, das Amt für Landwirtschaft Mockrehna, die Untere Naturschutzbehörde des Landratsamtes Torgau-Oschatz und die Stadt Torgau haben eine Arbeitsgruppe „Aufforstung“ gebildet, in der Aufforstungsmaßnahmen abgestimmt und geeignete Flächen ermittelt werden. In Abstimmung mit der Arbeitsgruppe wurde eine Aufgabenstellung zum Thema „Erstaufforstung und Biotopverbund auf den Gebieten der Stadt Torgau und der Gemeinde Zinna: Flächenauswahl und ökonomische Auswirkungen“ formuliert, das im Rahmen einer Diplomarbeit von David Härtel bearbeitet wurde (vgl. Volk/Horsch/Härtel 2000).

b.2) Methodik

Für die Erstaufforstungsplanung im Torgauer Raum wurde eine verkürzte Methode des Waldmehrungsverfahrens der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (SLAF 1999) gewählt, d.h. die Vorplanung wurde vernachlässigt und eine Gebietsbereisung der geplanten Flächen wurde nicht durchgeführt. Ansonsten trägt das Verfahren den Charakter einer forstlichen Fachplanung, wobei speziell für das Untersuchungsgebiet ein Positiv- und ein Negativkatalog mit vorherig beschriebenem Inhalt erarbeitet wurde. Während der Planungsphase wurden immer wieder Abstimmungsgespräche mit den betroffenen Behörden und Institutionen bzw. Maßnahmenträgern im Planungsgebiet vorgenommen. Insbesondere das Amt für Landwirtschaft Mockrehna und die Untere Naturschutzbehörde sowie teilweise die Kommunen sind in die Abstimmung mit einbezogen worden. Neben informellen Gesichtspunkten, wie z.B. Aus-

künfte über Standorte oder Schutzgebietskategorien, besteht Abstimmungsbedarf zu grundsätzlichen Aspekten wie z.B. Planungszielen und Leitbildern.

① *Datengrundlage und -verarbeitung*

Für die Datenverarbeitung sowie die Durchführung der Analyse und die Bearbeitung der einzelnen Bewertungsschritte wurden am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH die Geographischen Informationssysteme (GIS) ArcView und Arc/Info verwendet.

Die für die Analysen erforderlichen Daten lagen größtenteils digital am UFZ vor und standen für die Arbeit zur Verfügung. Eine der wichtigsten Informationsquellen stellte die digitale Bodenkarte dar, die aus MMK und FSK im Zuge anderer Untersuchungen bereits abgeleitet wurde (Kunze 1998), sowie die digitale Biotoptypenkartierung Stand 1993 (SLFUG 1996).

② *Potentielle Walderwartungsgebiete*

Als erster Schritt des Verfahrens zur Auswahl von Erstaufforstungsflächen wurden alle potentiell möglichen Walderwartungsgebiete, zunächst ohne bestehende Planungsansätze und Nutzungsinteressen zu beachten, hergeleitet. Diese Vorgehensweise ermöglicht einen Überblick über die Gebiete, in denen die Begründung neuen Waldes auf Grund der ungünstigen Bodenverhältnisse (siehe unten) am ehesten akzeptiert werden würde. Gemäß dem Sächsischen Agrarbericht von 1992 ist ein Kriterium zur Ausweisung dieser Flächen die Verbesserung der „Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und der Landschaftsgliederung ausgeräumter Agrarlandschaften“. Daher liegen die Flächen mit potenzieller Walderwartung in Gebieten, die eine Bodenwertzahl <25 aufweisen. Man spricht auch von sogenannten Grenzertragsstandorten. Auf Grund dieser Annahme wurde mit Hilfe der Reichsbodenschätzung und der MMK aus den Angaben zur Bodengenese, zur Bodenart und den jeweiliger Zustandsstufen der einzelnen Bodentypen die Ackerwert- bzw. Bodenwertzahl in Anlehnung an Mückenhausen (1985) abgeleitet. Anschließend wurden die ermittelten Werte in die Datenbank der digitalen Bodenkarte eingefügt.

③ *Erfassung und Analyse des derzeitigen Planungsstandes*

Nach Ermittlung der potenziellen Walderwartungsgebiete wurde nun der derzeitige Planungsstand erfasst und analysiert. Dazu dienten die Informationen sowohl der Planungshierarchie als auch der Agrarstrukturellen Vor- bzw. Entwicklungsplanungen (AVP/AEP). Der Planungsstand aus den Flächennutzungsplänen wurde für diese Arbeit nicht herangezogen, da noch nicht alle Flächennutzungspläne im Torgauer Raum durch das Regierungspräsidium Leipzig bestätigt sind. Anschließend wurden die Informationen aus den einzelnen Fachplanungen in die positiven Flächenmerkmale (Vorzugsgebiete) und in die negativen Flächenmerkmale (Ausschluss---gebiete) gesplittet. Dazu wurden zunächst die Vorzugsgebiete den jeweiligen Ziel- oder Planungskarten entnommen und für die weitere Bearbeitung bzw. Darstellung digital erfasst. Dem Regionalplan Westsachsen wurden regionale Grünzüge bzw. Grünzäsuren entnommen. Auf Grund des höheren Informationsgehaltes des Landschaftsrahmenplanes für den Altkreis Torgau wurde dieser ebenfalls zur Auswertung hinzugezogen (LA Torgau 1995). Der Landschaftsrahmenplan sieht vorwiegend Erstaufforstungsflächen in der

Elbniederung vor. Auch mehrreihige Windschutzstreifen wurden den Vorzugsgebieten zugeordnet. Der flächenmäßig größte Teil der Vorzugsgebiete stammt aus den AVP/AEP der einzelnen Kommunen. Obwohl die Qualität der jeweiligen AVP/AEP sehr unterschiedlich ist, wurden die Vorschläge zur Erstaufforstung übernommen. Feldgehölze und Windschutzstreifen mit den nach Labudda (1995) geforderten Eigenschaften zur Größe und Wirkung sind ebenfalls ein Bestandteil des Positivkataloges.

Der ermittelte Bestand wurde nun um einige kleine Flächen im Forstamtsbereich Taura erweitert. Diese wurden hauptsächlich als Maßnahmen zum Biotopverbund sowie nach Kriterien zur Schaffung landschaftlicher Struktur hergeleitet. Dabei wurde versucht, die Grenzlinienlänge über die vertikale und horizontale Strukturierung der Waldränder zu erhöhen.

Auch die Herleitung der negativen Flächenmerkmale (Ausschlussgebiete) wurde mit Hilfe der vorhandenen Planungen durchgeführt. Aus dem Regionalplan wurden die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Kiesabbau im Planungsgebiet digital erfasst. Diese wurden durch den Landschaftsrahmenplan vervollständigt. Die AVP/AEP's lieferten für den Negativkatalog nur wenig Informationen, lediglich wertvolle Flächennaturdenkmäler mit punktueller Auswirkung konnten aufgenommen werden. Obwohl die Biotoptypenkartierung nicht als Verzeichnis der geschützten Biotope nach § 26 SächsNatSchG gilt, wurde sie dennoch für die Aufforstungsplanung im Sinne einer übergeordneten Planung berücksichtigt, da gemäß § 26 Abs. 2 SächsNatSchG für alle geschützten Biotope ein umfassendes Veränderungsverbot besteht. Aus der Biotoptypenkartierung wurden die § 26-Biotope des SächsNatSchG selektiert und in die Ausschlussgebiete aufgenommen. Weiterhin wurden für die Ausschlussgebiete im Untersuchungsgebiet nur die geplanten Naturschutzgebiete digitalisiert, da den gesetzlich festgesetzten und gesicherten Naturschutzgebieten bereits auf allen Ebenen der Planungshierarchie sowie in den AVP/AEP's Beachtung geschenkt wurde.

Einen weiteren Ausschlussgrund stellen Drainageanlagen dar. In den 1960er Jahren wurden durch die Erweiterung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der DDR im Planungsgebiet fast alle betreffenden Flächen melioriert. Lediglich sehr kleine Splitterflächen, die laut Drainageplänen nicht melioriert sind, konnten ausfindig gemacht werden. Somit wurden die Drainageanlagen nicht für die Darstellung der Ausschlussgebiete verwendet. Dennoch stellen sie ein Versagungskriterium dar, da auf einer drainierten, bestockten Fläche das Drainagesystem langfristig durch Wurzelwachstum zerstört wird und so die anliegenden Flächen von Vernäsung bedroht sind. Bei der Umsetzung der Erstaufforstung wird diesem Kriterium im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 10 SächsWaldG Beachtung geschenkt.

b.3) Umsetzung des Waldmehrungsverfahrens

Nach der Erfassung und Analyse des Planungsstandes und dessen Differenzierung bzw. Aufteilung in den Positiv- und Negativkatalog konnte mit der Umsetzung des eigentlichen Verfahrens begonnen werden. Hier wurde der sogenannte planerische Freiraum gefüllt, d.h. es wurden mit Hilfe des Positivkataloges gezielt Flächen im Untersuchungsgebiet selektiert, die den gewünschten Kriterien entsprachen und weitgehend keine Restriktionen aufwiesen. Eine wichtige Unterstützung bildete dabei die Verwendung der Angaben zur potentiellen Walder-

wartung. Sie bildete den äußeren Rahmen für eine mögliche Flächenauswahl im planerischen Freiraum. Es sollte somit keine Erstaufforstungsfläche außerhalb dieser Walderwartungsgebiete liegen. Insbesondere wurden für die Erweiterung des Positivkataloges die Vorschläge der im Amt für Landwirtschaft integrierten Arbeitsgruppe (AG) Waldmehrung genutzt. Bei dem Bezugsgebiet der AG handelt es sich um den Amtsbereich des Landwirtschaftsamtes Mockrehna.

Als nächster Arbeitsschritt erfolgte eine Auswahl von Flächenvorschlägen zur Waldmehrung der AG auf das Planungsgebiet Torgauer Raum. Besonders im Forstamtsbereich Falkenberg wurden von der AG hilfreiche Vorschläge zur vertiefenden Flächenauswahl aufgenommen. Im Forstamtsbereich Taura erfolgte eine weitere Flächenselektion nach Kriterien des Grenzertragsstandortes und für Flächen, die nicht drainiert sind. Auch Flächen, die dem hohen Mechanisierungsgrad der Landwirtschaft nicht gerecht werden, sind prädestiniert für eine Aufforstung.

Um letztlich den gesamten Positivkatalog aufstellen zu können, wurden die entsprechenden Datenebenen „Vorzugsgebiete“ und „Gebiete der freien Planung“ im GIS verschnitten und die erhaltenen „Gesamt-Flächenangebote“ in eine Karte übertragen. Abschließend wurde eine Abstimmung der positiven und negativen Flächenmerkmale vorgenommen (Ausgleich des Positiv- und Negativkataloges). Dafür wurden zunächst die ermittelten Datenebenen „Positivgebiete“ und „Ausschlussgebiete“ wiederum im GIS verschnitten. Unter Verwendung der Abfrage- und Analysefunktionen auf die so kombinierten Datenebenen im GIS konnten die Restriktionskriterien, die für das Untersuchungsgebiet vorrangig gelten, direkt auf das Aufforstungspotenzial angewendet werden. Anschließend erfolgte die Darstellung der Erstaufforstungsgebiete in einer übersichtlichen Zielkarte.

b.4) Ergebnisse

Mit der in Kapitel 2.2 beschriebenen Methode zur Ermittlung der potenziellen Walderwartung des Torgauer Raumes lassen sich weitgehend die sog. D2a-Standorte der landwirtschaftlichen Bodenkartierung darstellen. Dies sind sandige grundwasserferne Leichtböden. Weiterhin stellen diese Gebiete eine Grundlage für den planerischen Freiraum dar.

Die Flächenausdehnung des aufgenommenen Planungsstandes aller relevanten Planungen umfasst 643,42 ha Aufforstungsfläche und 8,72 km Windschutzstreifen. Die Windschutzstreifen sollen alle mehrreihig sein und eine Breite von 30 m aufweisen. Die dadurch entstehende Fläche weist eine Ausdehnung von etwa 261,50 ha auf. Diese festgelegte Bedingung ist nötig, um die Windschutzstreifen im Sinne des Gesetzes als Wald geltend zu machen. Somit kann auch die Begründung der Windschutzstreifen forstlich gefördert werden. Der geringe Anteil an Erstaufforstungsflächen aus den übergeordneten Planungen zeigt, dass die Bereitschaft der Planungsträger, Flächen langfristig in Wald umzuwandeln, kaum gegeben ist. Weiterhin zeigt sich hier der Widerspruch zwischen den Planungsebenen, da mit den genannten „zaghafte“ Flächenangeboten eine Waldmehrung um 3% kaum erreicht werden kann. Durch die Erweiterung des Planungsstandes in Form von Maßnahmen zum Biotopverbund und anderer beschriebenen Kriterien wird versucht, diese Diskrepanz zu beseitigen. Somit ergibt sich eine

Fläche von 978,47 ha. Addiert mit der Fläche der Windschutzstreifen weisen die Vorzugsgebiete 1.239,97 ha auf.

Die unter den Aspekten des planerischen Freiraumes zusammengestellten Flächen liegen im Untersuchungsgebiet bei einer Größenordnung von 836,36 ha. Die Flächenanteile aus dem planerischen Freiraum zeigen noch vorhandenen Handlungsspielraum für Erstaufforstungen im Untersuchungsgebiet, der von den bisherigen Planungsträgern nicht genutzt wurde. Auf Grund des Rahmens der vorwiegend auf D2-Standorte basierenden potentiellen Walderwartung, werden diese Flächen auch als „D2-Standorten ohne Restriktionen“ bezeichnet.

Die Verwendung von Geographischen Informationssystemen ermöglichte die kombinierte Analyse der verschiedenen Faktoren. So ermöglichte die Verschneidung der beiden Datenebenen „Vorzugsgebiete“ und „Gebieten bzw. Flächen der freien Planung“ im GIS die Behandlung des gesamten Aufforstungspotenzials des Torgauer Raumes nach den im Positivkatalog festgelegten Anforderungen. Die genannten Planungsgebiete weisen eine Flächenausdehnung von 1.803,26 ha auf.

Die Abstimmung der positiven und negativen Flächenmerkmale bringt als Ergebnis eine Zielkarte hervor (vgl. Volk/Horsch/Härtel 2000). Neben der Kartendarstellung der Ergebnisse ist insbesondere der Flächenumfang der Erstaufforstungen der forstlichen Planung interessant. Die ausgewählten Flächen weisen ca. 1.661 ha auf, wovon ca. 1.224,17 ha auf Acker und ca. 324,23 ha auf Grünland entfallen. Zu diesem Flächenanteil werden anschließend rechnerisch und kartographisch die Windschutzstreifen hinzugefügt. Das durchgeführte Verfahren ergibt eine Erstaufforstungsfläche von ca. 1.922,50 ha. Dies entspricht bei einem 686 km² großen Planungsgebiet einer Waldmehrung von 2,8%. In Tabelle 6 sind nochmals alle wesentlichen Flächengrößen und deren Herkunft aufgelistet.

Das Planungsergebnis zur Waldmehrung für den Torgauer Raum entspricht mit 2,8% weitgehend dem politischen Willensanspruch der Landesregierung. Dennoch muss man bei den ermittelten 1.922,50 ha Erstaufforstungsfläche auf einige Unsicherheiten hinweisen. Ein Großteil der Flächen basiert auf der Anlage von mehrreihigen Windschutzstreifen mit einer definierten Breite von 30 m zzgl. der gesetzlichen Grenzabstände.

Tab. 6: Übersicht über potenzielle Erstaufforstungsflächen im Torgauer Raum.

Art der Flächen	Flächengröße in ha	Quelle
Planungsstand	643,42	Planungshierarchie
Vorzugsgebiete	978,47	Kriterien des Positivkatalogs
D2-Standorte	836,35	Planerischer Freiraum
Aufforstungspotenzial	1.803,26	Summe der Vorzugsgebiete und der D2-Standorte
Windschutzstreifen (30 m breit)	261,50	Planungshierarchie
Gesamtfläche	1.922,50	Durch GIS ermittelt

Zudem stammt der Planungsstand aus Entwürfen der Jahre 1995 und 1996. Inwieweit die Umsetzungen der einzelnen Planungen bis heute erfolgt sind, ist weitgehend unbekannt. Lediglich wurden in einem Förderprogramm des Amtes für ländliche Neuordnung Wurzen zur Kultur- und Landschaftsentwicklung im ostelbischen Raum bei Köllitzsch einige Windschutzstreifen aus AVP/AEP realisiert. Diese Flächen würden dann aus den Umsetzungsbestrebungen entfallen.

2.2.7 Die Entwicklungsrahmen SPARFLAMME, REALO und GRÜNDERZEIT

Frank Messner

Aus den hier beschriebenen zwei Varianten für Wirtschaftswachstum, den drei Varianten für Kiesnachfrage und –produktion im Torgauer Raum, den zwei Varianten für Fernwassernachfrage und der jeweils einen Variante für Bevölkerungsentwicklung, Intensitätsgrad der Landwirtschaft, Waldumbau, Aufforstung und Versiegelung lassen sich theoretisch zwölf Entwicklungsrahmen ableiten. Um die Anzahl der zu untersuchenden Szenarien nicht zu groß werden zu lassen, wurden aus den zwölf möglichen Entwicklungsrahmen drei ausgewählt, die den Möglichkeitenraum der zukünftigen Entwicklung gut abzudecken vermögen.

Weiterhin wurde jedem der gewählten Entwicklungsrahmen eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet, die aus den einzelnen Eintrittswahrscheinlichkeiten der Themenfeldvarianten der Themenfelder Wirtschaftswachstum, Kiesnachfrage und –produktion sowie Fernwassernachfrage (vgl. Kap. 2.2.1 bis 2.2.3) ermittelt wurden. Die anderen Themenfelder blieben hierbei unberücksichtigt, da für diese jeweils nur eine Variante als Rahmenbedingung festgelegt wurde. Die Berechnung erfolgte, indem die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Themenfeldvarianten für jeden einzelnen Entwicklungsrahmen multipliziert und anschließend auf eins normiert wurden. Eine wesentliche Voraussetzung für dieses Vorgehen ist die jeweilige Unabhängigkeit der Themenfelder Wirtschaftswachstum, Kiesproduktion und –nachfrage sowie Fernwassernachfrage. Die genannte Voraussetzung scheint auf den ersten Blick nicht gegeben zu sein, da das Wirtschaftswachstum als wesentlicher Einflussfaktor auf den Kies- und Wassersektor gelten dürfte. Dies ist allerdings insbesondere für das untersuchte Gebiet nicht oder nur bedingt der Fall. Die Kiesproduktion zeigte sich hier in den vergangenen Jahren als weitgehend abgekoppelt von der gesamtwirtschaftlichen Produktion. So herrschte in der Kiesbranche in den vergangenen Jahren trotz wirtschaftlichen Aufschwungs eine Stagnation vor. Wichtigere Einflussfaktoren sind für den Kiessektor in den neuen Bundesländern eher die öffentlichen Ausgaben in den Bereichen Bau und Verkehr sowie die Kiesintensität der Gesamtproduktion. Ähnliches gilt für den Wassersektor, der mehr von Faktoren wie Technologie, Entwicklung der Bevölkerung, Einkommensentwicklung der Bevölkerung und Wasserintensität der Wirtschaftssektoren abhängt als von der Wirtschaftsentwicklung an sich. Wenngleich das Bruttoinlandprodukt (BIP) eine gewisse Wirkung auf Kies und Wassernachfrage ausübt, so wurde aus den genannten Gründen eine weitgehende Unabhängigkeit der drei Themenfelder angenommen, so dass die beschriebene Methode zur Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten als anwendbar eingeschätzt wurde.

Nachfolgend werden die einzelnen Entwicklungsrahmen kurz beschrieben.

Der erste Entwicklungsrahmen wurde mit dem Namen REALO belegt, da es sich um eine mittlere, recht realistische und wahrscheinliche Variante in der Zusammenstellung der Themenfeldausprägungen handelt. Bei diesem Entwicklungsrahmen wird von dem moderaten durchschnittlichen BIP-Wachstum von 1,90% pro Jahr ausgegangen, von einer moderaten Kiesnachfrage, die zum Aufschluss einer zusätzlichen Kiesstätte führt sowie von einer ten-

denziell rückläufigen Fernwassernachfrage. All diese Entwicklungen zeichnen sich derzeit schon in der Tendenz ab und eine Trendumkehr ist in vielen Bereichen nicht abzusehen. Aus den Einzelwahrscheinlichkeiten der Themenfeldvarianten wurde für den Entwicklungsrahmen REALO eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 60% abgeleitet.

Der aus ökonomischer Sicht im Vergleich zu REALO etwas pessimistischere Entwicklungsrahmen wurde mit dem Namen SPARFLAMME bezeichnet. Auch in diesem Fall werden ein moderates BIP-Wachstum von durchschnittlich 1,90% pro Jahr und eine rückläufige Fernwassernachfrage angenommen, während eine pessimistische Einschätzung hinsichtlich der Kiesnachfrage erfolgt. Diese Variante ist hauptsächlich dadurch motiviert, dass derzeit eine stark ausgeprägte Krise in der Bauwirtschaft und eine Überkapazitätskrise in der Kiesindustrie vorherrschen, die (auch aus Sicht der betroffenen Unternehmen) durchaus noch über einige Jahre anhalten könnten. Sofern eine zusätzliche Kiesnachfrage entstehen sollte, wird hier unterstellt, dass diese durch die vorhandenen derzeit nicht genutzten Kapazitäten gedeckt werden können. Für SPARFLAMME wurde eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 35% ermittelt.

Eine aus ökonomischer Sicht sehr optimistische Entwicklungsrahmenvariante wurde schließlich GRÜNDERZEIT genannt. Hierbei wurden das höhere jährliche BIP-Wachstum von 2,95%, eine hohe Kiesnachfrage und eine leicht zunehmende Fernwassernachfrage unterstellt. Dieser Entwicklungsrahmen steht für eine prosperierende Wirtschaft, die eine zügige Angleichung an die Verhältnisse in den alten Bundesländern ermöglichen könnte. Angesichts der recht geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten der entsprechenden Themenfeldvarianten ergab sich für GRÜNDERZEIT lediglich eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 5%.

Die Themenfeldkomponenten der drei Entwicklungsrahmen für den Torgauer Raum sind nochmals in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Annahmen zu den Themenfeldern (TF) der Entwicklungsrahmen (ER) REALO, SPARFLAMME und GRÜNDERZEIT.

TF ER	Wirt- schafts- wachstum (durch- schn. BIP p.a.)	Kiesnach- frage und Kiesabbau in Torgau	Fern- wasser- nachfrage	Intensi- tätsgrad Landbe- wirt- schaft- tung	Zunahme der voll- ständig versiegel- ten Fläche	Wald- umbau	Auf- forstung
REALO Eintritts- wahr- scheinlich- keit 60%	1,90%	Aufschluss einer zu- sätzlichen Kiesabbau- stätte	langfristig fallend auf 24 Mio. m ³ /a	vgl. Daten in den Tab. 1-5 in Kapitel 2.2.4	510 ha	Laubwald: +29,6% Nadelwald: -29,5%	+2,8%
SPAR- FLAMME Eintritts- wahr- scheinlich- keit 35%	1,90%	kein zu- sätzlicher Aufschluss	langfristig fallend auf 24 Mio. m ³ /a	vgl. Daten in den Tab. 1-5 in Kapitel 2.2.4	510 ha	Laubwald: +29,6% Nadelwald: -29,5%	+2,8%
GRÜN- DERZEIT Eintritts- wahr- scheinlich- keit 5%	2,95%	Aufschluss von zwei zusätzlichen Kiesabbau- stätten	langfristig steigend auf 41 Mio. m ³ /a	vgl. Daten in den Tab. 1-5 in Kapitel 2.2.4	840 ha	Laubwald: +29,6% Nadelwald: -29,5%	+2,8%

2.3 Effekte sozioökonomischer Anpassungsreaktionen

Die Annahmen in den Entwicklungsrahmen zu generellen Veränderungen in einzelnen Themenfeldern für die Jahre 1993-2030 sowie die Handlungsalternativen selbst haben Anpassungsreaktionen verschiedener Akteure zur Konsequenz. In diesem Kapitel wird dargelegt und begründet, von welchen konkreten Anpassungen in den Sektoren Kieswirtschaft und Landwirtschaft ausgegangen wurde.

2.3.1 Kieswirtschaft

Frank Messner

Im Themenfeld „Kiesnachfrage und –produktion“ des Entwicklungsrahmens wurden drei Varianten für die Entwicklung der Nachfrage für Kies aus dem Torgauer Raum und die damit verbundene potentiell mögliche Kiesproduktion bestimmt, die Bestandteil der drei Entwicklungsrahmen sind (vgl. Kap. 2.2.2 und 2.2.7). Die Frage, wie diese potenziell mögliche Kiesproduktion konkret in Bezug auf die einzelnen Kiesabbaustätten unter den Bedingungen der einzelnen Entwicklungsrahmen und der einzelnen Handlungsalternativen vor Ort umgesetzt wird, soll in diesem Kapitel behandelt werden. Dabei wird insbesondere darauf eingegangen, wie die Kennziffern Absatz, Umsatz und Entstehung von Wasserflächen durch Kiesabgrabung, die als wesentliche Inputdaten für die Ermittlung des Nettonutzens, der Bruttowertschöpfung, der Beschäftigtenzahl und der Grundwasserneubildung benötigt werden, für die einzelnen Kiesabbaustätten ermittelt werden und welche aggregierten Gesamtzahlen sich daraus ergeben.

a) Anpassungsreaktionen und Kennzahlenermittlung für den Entwicklungsrahmen REALO

Hinsichtlich der durch den Torgauer Raum zu bedienenden Kiesnachfrage im Entwicklungsrahmen REALO wurde unterstellt, dass sich die Nachfrage von 1,3 Mio. t im Jahr 1999 auf 2,2 Mio. t im Jahr 2030 erhöhen wird. Angesichts der Kapazitätsgrenze von 2 Mio. t bei der Kiesstätte in Liebersee wäre für die Bedienung dieser Nachfrage der Aufschluss einer weiteren Stätte erforderlich (Kap. 2.2.2).

Für die *Handlungsalternative 1*, die eine Beibehaltung des Trinkwasserschutzgebietes (TWSG) und – je nach Marktlage – den zusätzlichen Aufschluss von Kiesabbaustätten vorsieht, wurde angenommen, dass die Gesamtnachfrage zunächst von der bestehenden Kiesgrube in Liebersee gedeckt wird. Angesichts der steigenden Nachfrage drängt jedoch ein weiterer Anbieter auf den Markt, der jedoch nur eine Grube *außerhalb* des TWSG aufschließen kann. Dafür kommt die Kiesstätte Arzberg-Blumberg in Frage. Bei einer wahrscheinlichen Genehmigung der Stätte im Jahr 2001 und einer zweijährigen Abbauvorbereitungszeit, wurde von einem Abbaubeginn im Jahre 2003 mit einer Mindestproduktions- und –absatzmenge von 200.000 Jahrestonnen ausgegangen. Für Liebersee wurde im Jahr 2003 bei einer Gesamtnach-

frage von 1,44 Mio. t eine Produktion von 1,24 Mio. t unterstellt. Für die folgenden Jahre wurde auf Grundlage der angenommenen Kiesnachfrage aus dem Torgauer Raum aus Kapitel 2.2.2 eine gleichmäßige Verteilung der zusätzlichen Nachfrage angenommen. Damit wächst der Absatz in beiden Abbaustätten kontinuierlich an, so dass in Liebersee im Jahr 2030 1,62 Mio. t produziert und abgesetzt werden und in Arzberg 0,58 Mio. t. Der gesamte Kiesabsatz aus dem Torgauer Raum beläuft sich zwischen 1993 und 2030 unter diesen Umständen auf 65,54 Mio. t.²¹

Basierend auf diesen Absatzzahlen wurde der Umsatz ermittelt, der eine wichtige Inputgröße für die Input-Output-Modellierung darstellt (vgl. Kap. 4.5). Unter der Annahme, dass sich die Preise für Kies und Sand im Kontext von REALO von durchschnittlich 12 DM pro Tonne Kies und 1 DM pro Tonne Sand (1999) bis zur Überwindung der Überkapazitätskrise auf 16 DM bzw. 3 DM einpendeln und dann in der Tendenz stabil bleiben (vgl. Messner/Geyler 2001, S. 255-257), wurde der Umsatz pro Grube und Jahr berechnet. Dabei wurde auch das unterschiedliche Körnungsverhältnis der Kiesgruben berücksichtigt, das in Liebersee durchschnittlich bei 40% Kiesanteil und in Arzberg bei 39,8% liegt. Als Ergebnis stellte sich für 1993 bis 2030 ein Gesamtumsatz in Liebersee von 426,2 Mio. DM und in Arzberg von 88,4 Mio. DM ein. Insgesamt wird also ein Umsatz von 514,6 Mio. DM erwirtschaftet.

Mit dem steigenden Kiesabsatz wird allerdings fruchtbares Ackerland, das zuvor landwirtschaftlich genutzt wurde, abgebaggert und angesichts des geringen Grundwasserstandes in eine Seefläche verwandelt. Auf Basis der Kenntnis der durchschnittlichen Mächtigkeit der abzubaggernden Kiesvorkommen aus den Rahmenbetriebsplänen der Kiesgruben wurde die Flächenabbaggerung pro Jahr und Kiesstätte errechnet.²² Sie beträgt bis 2030 für Liebersee 142,9 ha und für Arzberg 42 ha. Mithin entstehen 184,9 ha Seefläche bis 2030. Dieser Datenwert ist notwendig für die Modellierung der Grundwasserneubildung (vgl. Kap. 4.1) sowie für die Ermittlung der Opportunitätskosten des Kiesabbaus (vgl. Kap. 5.2).

In der *Handlungsalternative 2* wird ebenfalls eine weitere Kiesabbaustätte aufgeschlossen, während jedoch das TWSG reduziert wird. In diesem Fall wurde nicht von einem Aufschluss der Stätte in Arzberg ausgegangen, sondern vom Aufschluss der Kiesgrube in Großtreben-Dautzschen (nachfolgend: Dautzschen), die im (ehemaligen) TWSG und in den Elbauen gelegen ist, eine hohe Kiesmächtigkeit aufweist und auch im Genehmigungsverfahren am weitesten fortgeschritten ist. Hier liegt bereits ein Planfeststellungsbeschluss vor, während allerdings noch zusätzliche Auflagen und Genehmigungen einzuholen sind. Unter analogen Annahmen wie für Handlungsalternative 1 beginnt auch diese Kiesgrube ihre Produktion im Jahr 2003 mit der Mindestproduktion von 200.000 Jahrestonnen, die im Planfeststellungsbeschluss genannt ist (Sächsisches Oberbergamt Freiberg 1999). Aufgrund des gleichen Entwicklungsrahmens ergab sich eine identische Absatzmenge wie für Handlungsalternative 1.

²¹ Der große Anteil des Sandes, der nicht immer gewinnbringend verkauft werden kann, sondern häufig auf dem Firmengelände zu Rekultivierungszwecken verwendet wird, wird auch bei dieser Form der Eigennutzung zum Absatz gezählt.

²² Diesbezüglich wird besonders für die Kiesabbaustätte in Liebersee, die drei Kiesfelder mit sehr unterschiedlichen Mächtigkeiten besitzt, davon ausgegangen, dass die mächtigeren (und damit die profitableren) Felder zuerst abgebaut werden und erst im Nachgang die weniger Mächtigen.

Für den Umsatz ergab sich jedoch eine andere Gesamtsumme, da die Kiesstätte in Dautzschen mit durchschnittlich 32,5% einen geringeren Kiesanteil aufweist. Der Gesamtumsatz 1993-2030 ist daher geringer als bei Handlungsalternative 1 und liegt bei 504,3 Mio. t.

Die abgebaggerte landwirtschaftliche Fläche ist hingegen größer, da die Kiesvorkommen in Dautzschen eine höhere Mächtigkeit besitzen als diejenigen in Arzberg. Die entstehende Seefläche in 2030 beträgt für Handlungsalternative 2 164,5 ha.

Die *Handlungsalternativen 3 und 4* sind aus Sicht der Kiesproduktion identisch, da sie beide keine weiteren Kiesstättenaufschlüsse vorsehen. Für diese beiden Szenarien wurde angenommen, dass die bestehende Kiesgrube in Liebersee die Nachfrage bis zur Höhe der bestehenden Kapazität von 2 Mio. Jahrestonnen deckt. Ab dem Jahr 2023, in dem die Kiesnachfrage die 2-Millionen-Grenze laut Entwicklungsrahmen REALO überschreitet, kann die Nachfrage nicht mehr vollständig aus dem Torgauer Raum gedeckt werden.²³ Als Konsequenz ergab sich ein Gesamtkiesabsatz für 1993-2030, der mit 64,7 Mio. t leicht unter den Werten der Handlungsalternative 1 und 2 liegt.

Für den Umsatz wurde ein Gesamtwert von 508,2 Mio. DM berechnet. Dieser Wert ist trotz geringerer Absatzmenge höher als der Umsatz in Handlungsalternative 2. Dieser Umstand erklärt sich aus der Tatsache, dass die Kiesabbaustätte in Liebersee eine bessere Kieskörnung aufweist als die Stätte in Dautzschen, so dass ein größerer Absatzanteil zu dem höheren Kiespreis verkauft werden kann.

Für die Abaggerung der Fläche wurde ein Wert von 168,5 ha berechnet. Trotz der geringeren Absatzmenge wird in diesen Szenarien mehr Land verbraucht als in Handlungsalternative 2. Der Grund dafür ist die große Mächtigkeit des Kiesvorkommens in Dautzschen, bei dessen Abbau der spezifische Landverbrauch sehr gering ist.

²³ Für diese Entwicklung wird unterstellt, dass sie keine Wirkung auf den Preis hat, sondern dass diese Nachfrage aus dem Umland des Untersuchungsgebietes – recht nahe gelegen ist eine Kiesabbaustätte in Mühlberg – gedeckt werden kann.

In der Abbildung 1 sind die berechneten Daten für die Handlungsalternativen des Entwicklungsrahmens REALO als aggregierte Werte über alle Kiesabbaustätten und die Jahre 1993 bis 2003 graphisch dargestellt.

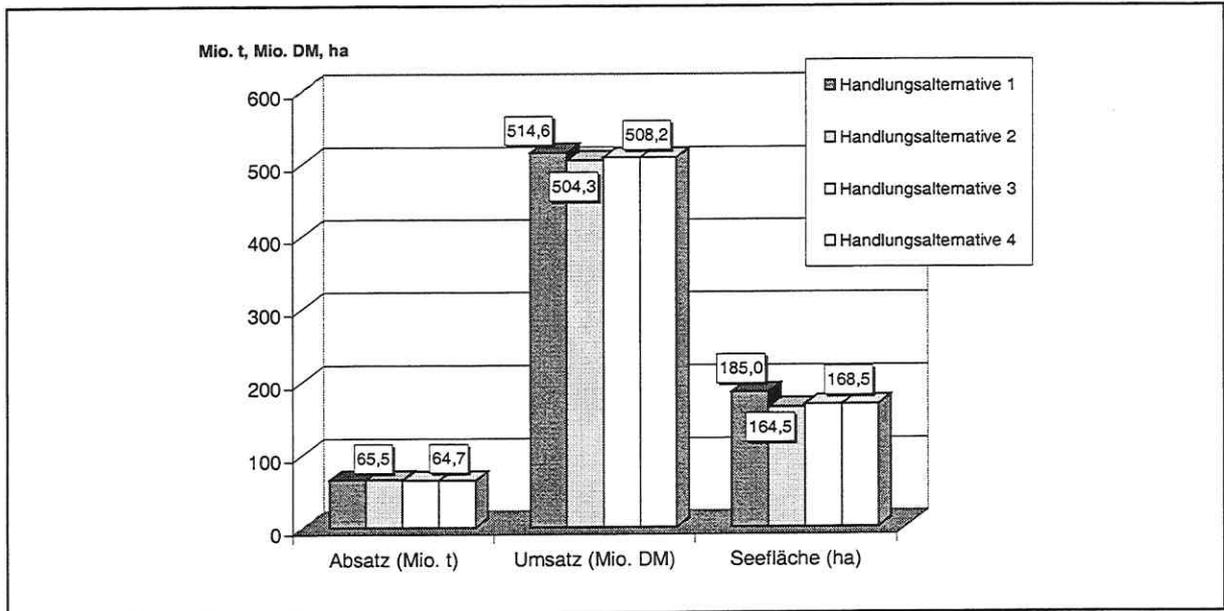


Abb. 1: Aggregierter Absatz (Mio. t), Umsatz (Mio. DM) und Kiesseefläche (ha) für die Handlungsalternativen des REALO-Entwicklungsrahmens (1993-2030).

b) Anpassungsreaktionen und Kennzahlenermittlung für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT

Für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT wurde in Kapitel 2.2.2 eine bis zum Jahr 2030 auf 3,5 Mio. t anwachsende Kiesnachfrage unterstellt, die den Aufschluss von zwei zusätzlichen Kiesabbaustätten erforderlich macht.

In Bezug auf *Handlungsalternative 1*, in der nur ein Aufschluss von Kiesgruben außerhalb der TWSG möglich ist, wurde angenommen, dass neben der bestehenden Kiesgrube in Liebersee die zwei Kiesfelder in Arzberg zur Deckung der Nachfrage genutzt werden. Da der Abbau beider Kiesfelder vom selben Unternehmen beantragt wurde, wobei ein gleichzeitiger Abbau aus Sicht der Raumordnungsbehörde als zu belastend eingestuft wurde (Regierungspräsidium Leipzig 1997), wurde diesbezüglich angenommen, dass der zusätzliche Kiesabbau zuerst in der Stätte Arzberg-Blumberg, für die bereits eine vorzeitige Abbaugenehmigung vorliegt (Sächsisches Oberbergamt 1998)²⁴, im Jahr 2003 beginnt – und zwar mit der gleichen Mindestproduktion und dem gleichen Verdrängungseffekt gegenüber der Stätte in Liebersee wie schon im REALO-Kontext angenommen. Angesichts der hohen Kiesnachfrage in der Folgezeit wurde unterstellt, dass die Genehmigung des Abbaus des Arzbergfeldes „Kötten“ im

²⁴ Eine solche Genehmigung erlaubt Vorbereitungen für den Abbau, nicht den Abbau selbst. Eine Abschlussgenehmigung für den Abbaubeginn muss noch erfolgen.

Jahr 2020 erfolgt. Der Abbaubeginn wurde für das Jahr 2023 mit der Mindestjahresproduktion von 200.000 t angenommen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Kapazitätsgrenze in Liebersee seit einigen Jahren erreicht, während das Arzberg-Kiesfeld in Blumberg mehr als 80% seiner Kapazität auslastet. Im Jahre 2030 liegen die Produktions- und Absatzzahlen in Liebersee bei 2 Mio. t, in Arzberg-Blumberg bei 0,96 Mio. t und in Arzberg-Kötten bei 0,57 Mio. t. Als aggregierte Absatzzahl für die Jahre 1993-2030 wurde auf Basis dieser Annahmen ein Wert von 86,8 Mio. t berechnet.

Die entsprechenden Umsatzzahlen werden analog zu dem Vorgehen aus Abschnitt a) ermittelt. Allerdings wurden angesichts der größeren Kiesnachfrage höhere Kiespreise angesetzt. Im GRÜNDERZEIT-Kontext erreicht der Kiespreis in 2007 einen Wert von 19 DM und der Sandpreis 3 DM pro Tonne (vgl. Messner/Geyler 2001, S. 254-257). Entsprechend wird in Liebersee in der Zeit von 1993-2030 ein Umsatz von 636 Mio. DM realisiert und in den beiden Feldern in Arzberg 223 Mio. DM, so dass sich der Gesamtumsatz im Torgauer Raum auf 859 Mio. DM beläuft.

Hinsichtlich der abgebaggerten landwirtschaftlichen Nutzflächen entstehen in Liebersee 174 ha und in Arzberg 75 ha Seefläche im Jahr 2030, das ergibt zusammen 249 ha.

Handlungsalternative 2 sieht die Reduzierung von TWSG vor, so dass ein Aufschluss von Kiesabbaustätten auch innerhalb der (ehemaligen) TWSG möglich ist. Ähnlich wie unter den Bedingungen des Entwicklungsrahmens REALO wurde hier in Dautzschen mit einer Produktion von 200.000 Jahrestonnen im Jahr 2003 begonnen. Angesichts der steigenden Kiesnachfrage wurde jedoch davon ausgegangen, dass im Folgejahr 2004 auch der Abbau in Arzberg mit 200.000 t beginnt. Die Differenz von einem Jahr soll hierbei den unterschiedlichen Stand im Genehmigungsverfahren berücksichtigen. Da die Stätten Dautzschen, Arzberg und Liebersee von unterschiedlichen Unternehmen geführt werden, wurde hier bei boomender Kiesnachfrage die nahezu gleichzeitige Aufnahme der Produktion in Dautzschen und Arzberg angenommen, mit der Konsequenz wettbewerbsbedingter Verdrängungseffekte gegenüber der Lagerstätte in Liebersee. In der weiteren Verteilung der Nachfragezuwächse wurde zu Grunde gelegt, dass die Zuwächse in jeder Kiesabbaustätte linear in einer Weise zunehmen, dass im Jahr 2030 alle Kiesstätten eine gleiche Kapazitätsauslastung vorweisen. Für den vorliegenden Fall erreichen die Kiesgruben eine Auslastung von 95%. Es ergab sich entsprechend für 2030 eine Produktions- und Absatzkonstellation von 1,91 Mio. t in Liebersee, 0,91 Mio. t in Arzberg und 0,71 Mio. t in Dautzschen. Die Kiesstätten realisieren damit einen Gesamtumsatz im Betrachtungszeitraum von 59 Mio. t in Liebersee, 15 Mio. t in Arzberg und 12,5 Mio. t in Dautzschen. Der aggregierte Gesamtumsatz entspricht dem Wert für Handlungsalternative 1.

Für den Umsatz 1993-2030 werden unter Verwendung der GRÜNDERZEIT-Preisannahmen für Liebersee 569,7 Mio. DM, für Arzberg 157,6 Mio. DM und für Dautzschen 117,9 Mio. DM berechnet, was aufaddiert etwa 845 Mio. DM ergibt. Dieser Wert ist geringer als für Handlungsalternative 1. Erneut wirkt sich das schlechtere Kieskörnungsverhältnis der Kiesgrube Dautzschen aus.

An Seeflächen entstehen in Liebersee etwa 156 ha, in Arzberg 53 ha und in Dautzschen 24 ha. Die Summe beläuft sich auf 234 ha Seefläche.

Für die *Handlungsalternativen 3 und 4*, die keinen Aufschluss weiterer Kiesabbaustätten vorsehen, wird analog zu den Handlungsalternativen 3 und 4 in REALO unterstellt, dass die Kiesabbaustätte in Liebersee die Nachfrage bis zur Erreichung der bestehenden Kapazitäten bedient. Die Kapazitätsgrenze wird bei gegebener Nachfrageentwicklung im Jahr 2003 erreicht und der realisierte Gesamtabsatz addiert sich bis 2030 auf 70 Mio. t.

Der Umsatz in Liebersee beläuft sich für 1993-2030 für die oben genannten Handlungsalternativen auf insgesamt 676 Mio. DM, wobei eine Seefläche von etwa 170 ha entsteht.

Die Ergebnisse für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT sind in der nachfolgenden Graphik nochmals zusammenfassend dargestellt.

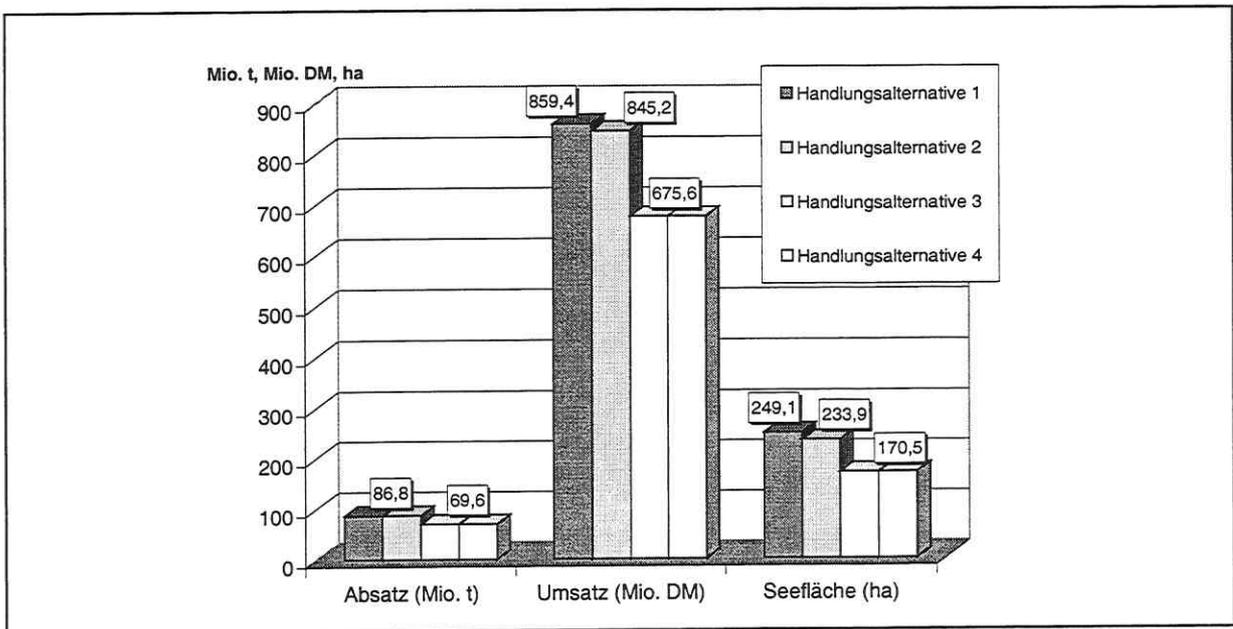


Abb. 2: Aggregierter Absatz (Mio. t), Umsatz (Mio. DM) und Kiesseefläche (ha) für die Handlungsalternativen des GRÜNDERZEIT-Entwicklungsrahmens (1993-2030).

c) Anpassungsreaktionen und Kennzahlenermittlung für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME

Für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME, in dem die Nachfrage bis 2030 lediglich auf 1,8 Mio. t ansteigt, wird ähnlich wie in den Handlungsalternativen 3 und 4 der Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT davon ausgegangen, dass diese Nachfrage in jedem Fall – d. h. für alle 4 SPARFLAMME-Handlungsalternativen – durch die bestehende Kiesabbaustätte in Liebersee gedeckt wird, da die dortigen Kapazitäten dafür ausreichen und der Aufschluss neuer Stätten unter den vorgegebenen ungünstigen ökonomischen Rahmenbedingungen des Kiesmarktes nicht profitabel ist. Somit wurden für alle für Handlungsalternativen identische Werte für Absatz, Umsatz und entstehende Seefläche berechnet.

Für den Absatz wurde für 1993-2030 ein Wert von 59 Mio. t ermittelt. Auf Basis der Preisentwicklungsannahmen für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME, wobei in 2007 das gerin-

ge Preisniveau von 15 DM pro Tonne Kies und 2 DM pro Tonne Sand erreicht wird (vgl. Messner/Geyler 2001, S. 255-257), wurde ein Gesamtumsatz bis 2030 von 418,9 Mio. DM errechnet. Die entstehenden Seeflächen belaufen sich auf 143 ha.

Die Ergebnisse sind nachfolgend in Abbildung 3 zusammenfassend graphisch dargestellt.

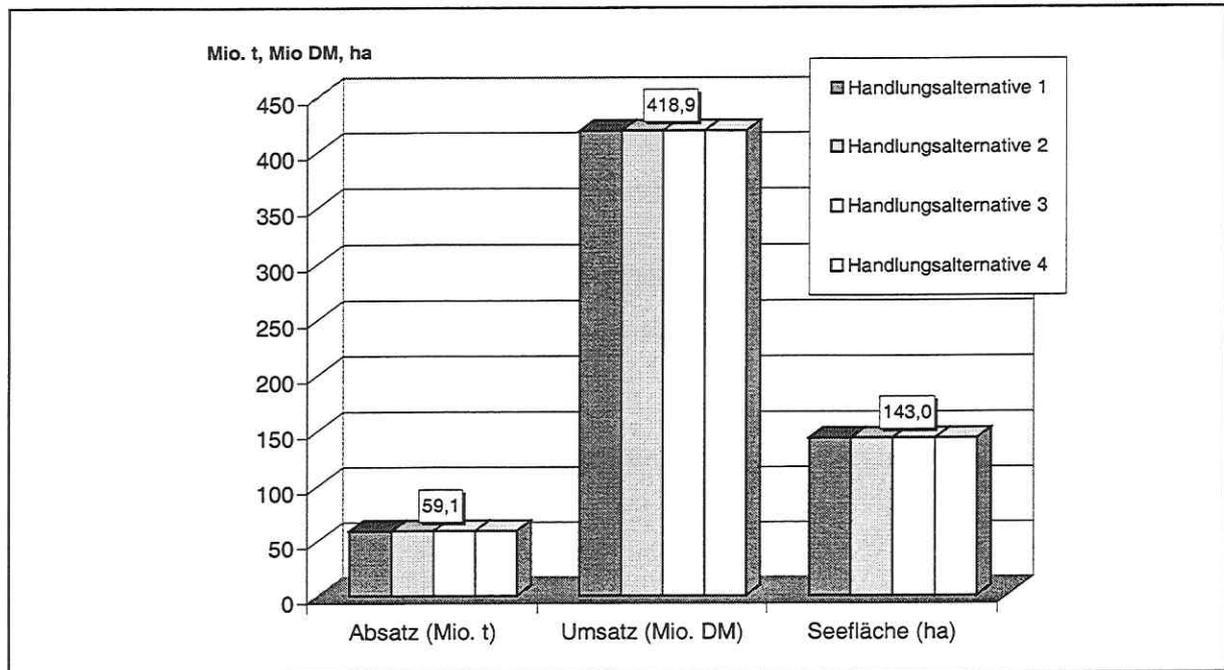


Abb. 3: Aggregierter Absatz (Mio. t), Umsatz (Mio. DM) und Kiesseefläche (ha) für die Handlungsalternativen der SPARFLAMME-Entwicklungsrahmen (1993-2030).

2.3.2 Landwirtschaft

Helga Horsch und Stefan Geyle

a) Anliegen

Die Annahmen zu den Parametern, die den Entwicklungsrahmen für das Entscheidungsfeld im Analysezeitraum von 1993 bis 2030 prägen, und die zur Diskussion stehenden Handlungsalternativen führen zu Anpassungsreaktionen der Landwirte. Diese Anpassungsreaktionen müssen abgeschätzt werden, da sie wesentlich das Ergebnis der Bewertung beeinflussen.

Dieses Kapitel betrachtet die Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Torgauer Raum, wie sie sich aus den Handlungsalternativen sowie den in den Entwicklungsrahmen getroffenen Annahmen ergibt. Somit konzentriert sich das Kapitel auf eine wesentliche Anpassungsreaktion des landwirtschaftlichen Sektors, welche die Ausgangsbasis für die Berechnung des ökologischen Kriteriums Nitrat-Konzentration im Sickerwasser sowie der ökonomischen Kriterien Nettonutzen, Bruttowertschöpfung und Beschäftigte bildet.

Im Folgenden werden die Methodik, Datengrundlagen und Ergebnisse zur Berechnung landwirtschaftlicher Flächen im Torgauer Raum im Zeitraum 1993 bis 2030 dargestellt und diskutiert.

b) Methodik und Datengrundlagen

Im Entwicklungsrahmen wurden Annahmen zur Entwicklung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen für den Torgauer Raum getroffen. Diese Flächenanteile liegen lediglich nach Bewirtschaftungsformen und Raumkategorien gegliedert für das Basisjahr und für 2030 vor. Die Unterscheidung nur zweier Zeitschritte reicht für die Berechnung des ökologischen Kriteriums Nitrat-Konzentration im Sickerwasser aus. Für die kumulativ über den Zeitraum 1993 bis 2030 zu erfassenden ökonomischen Kennziffern Nettonutzen, Nettoumsätze und Arbeitsstunden ist jedoch eine Berechnung der jährlichen Flächen nach landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen notwendig. Hierzu müssen zusätzliche Annahmen zu den Anpassungsverhalten der Landwirte bezüglich der Handlungsoptionen und Entwicklungsrahmen getroffen werden. Folgende Aspekte sind bei der Ermittlung der jährlichen Flächenanteile zu berücksichtigen:

- Die *strukturelle* Gliederung der jahresbezogenen Flächendaten entspricht der Struktur der ökonomischen Standarddaten, das heißt die Flächendaten sind ebenfalls nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen zu gliedern und demzufolge nach der in Tabelle 1 ausgewiesenen Struktur zu berechnen.

Tab. 1: Datenstruktur zur landwirtschaftlichen Nutzfläche im Torgauer Raum.

Raumkategorien		Bewirtschaftungsformen	Flächen [ha]	
			1993	2030
Ackerland	Elbaue/TWSG	kL*		
		iL		
		öL		
	Elbaue /kein TWSG	kL		
		iL		
		öL		
	Heide/TWSG	kL*		
		iL		
		öL		
Heide/kein TWSG	kL			
	iL			
	öL			
Grünland	Elbaue /TWSG	extensiv		
		intensiv		
	Elbaue /kein TWSG	extensiv		
		intensiv		
	Heide/TWSG	extensiv		
		intensiv		
	Heide/kein TWSG	extensiv		
		intensiv		

kL – konventioneller Landbau; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; iL – integrierter Landbau; öL – ökolog. Landbau

- Bei der Ermittlung der Flächendaten sind *drei verschiedene Bezugsräume* zu beachten. Im Falle der Handlungsoption Beibehaltung oder Aufhebung der Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz beziehen sich die Flächendaten zur Ermittlung des Nettonutzens nur auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen, die bezüglich des Schutzstatus zur Disposition stehen. Geht es um die Diskussion Aufhebung oder Beibehaltung des TWSG Mockritz, muss sich die Ermittlung des Nettonutzens auf das gesamte TWSG Mockritz beziehen. Der Ermittlung der Nettoumsätze und der Arbeitsstunden liegt die landwirtschaftliche Nutzfläche des Torgauer Raumes zugrunde, da diese Daten in die auf den Torgauer Raum bezogene Ermittlung der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigten eingehen.
- Die Flächendaten für das Jahr 2030 sind *szenarienbezogen* auszuweisen. Die für 2030 ermittelten Flächen haben sich gegenüber 1993 durch Aufforstung, Versiegelung und durch den Kiesabbau entstehende Wasserflächen in Abhängigkeit von den Annahmen zu den Entwicklungsrahmen und den relevanten Handlungsalternativen reduziert. Um den Nettonutzen, die Nettoumsätze und Arbeitsstunden für den Zeitraum 1993 bis 2030 ermitteln zu können, sind Flächenangaben nach Handlungsalternativen für den Zeitab-

schnitt 1993 bis 2030 erforderlich. Die Handlungsalternativen, für die jahresbezogene Flächen zu ermitteln sind, gehen aus der Tabelle 2 hervor.

- Die *Berechnung der jahresbezogenen Flächen* muss dabei getrennt nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen erfolgen.

Datengrundlagen sind die aus der Biotoptypenkartierung stammenden Informationen zu Acker- und Grünland für die Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz, für das gesamte TWSG Mockritz und den Torgauer Raum im Basisjahr 1993 und die szenarienbezogenen Annahmen zur Landnutzung im Jahre 2030. Die erforderlichen Daten für die oben genannten räumlichen Bezugssysteme basieren des Weiteren auf den Informationen über die Flächenanteile der verschiedenen Bewirtschaftungsformen in Abhängigkeit von den Raumkategorien (vgl. 2.2.4) für die in Frage kommenden Szenarien. Bei den 1993er Flächendaten wurde allerdings der Status an ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebieten von 1999 angenommen, da es vor allem um die Bewertung der Handlungsoptionen Reduzierung/Aufhebung oder Beibehaltung von Trinkwasserschutzgebieten aus der Sicht der zum 8. Januar 2000 erfolgten Veränderung des TWSG Mockritz geht und da die ökologischen sowie ökonomischen Effekte gegenüber dem Schutzstatus von 1999 aufgezeigt werden sollen. Ausgehend von diesen Daten konnten die absoluten Flächendaten nach Bewirtschaftungsformen und Raumkategorien für 1993 und 2030 ermittelt werden. Die Ergebnisse sind den Tabellen 2 bis 7 am Ende des Kapitels zu entnehmen.

Bei der Ermittlung der Flächendaten für die zwischen 1993 und 2030 liegenden Jahre wurde wie folgt vorgegangen:

Im Falle landwirtschaftlicher Flächen, die im Zeitraum 1993 bis 2030 in Trinkwasserschutzgebieten bleiben sowie die in diesem gesamten Zeitraum außerhalb von solchen Schutzgebieten liegen, wird angenommen, dass sich zwischen 1993 und 2030 eine lineare Veränderung der Flächen, getrennt nach spezifischen Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen, vollzieht.²⁵

²⁵ Die oben genannte Annahme zur Flächenänderung schließt ein, dass auch bezüglich Aufforstung, Versiegelung und entstehender Wasserflächen infolge des Kiesabbaus von einer linearen Veränderung ausgegangen wird. Die tatsächliche Zunahme der Wasserflächen zwischen 1993 und 2030 weicht jedoch von der angenommenen ab. Da die durch Aufforstung und Versiegelungszunahme reduzierten landwirtschaftlichen Flächen größer sind als die durch den Kiesabbau verlorengegangenen landwirtschaftlichen Flächen, handelt es sich jedoch nur um einen geringen Fehler.

Tab. 2: Notwendige szenarien- und jahresbezogene Flächenrechnungen für die Ermittlung des Nettonutzens (NN), der Nettoumsätze (NU) und Arbeitsstunden (Akh)²⁶.

Entwicklungsrahmen	Handlungsalternativen	NN Zonen 3b und 3a (ost)	NN TWSG Mockritz	NU Torgauer Raum	Akh Torgauer Raum
SPARFLAMME	1. Beibehaltung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	2. Reduzierung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	3. Beibehaltung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	4. Reduzierung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
REALO	1. Beibehaltung TWSG und zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	2. Reduzierung TWSG und zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	3. Beibehaltung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	4. Reduzierung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
GRÜNDERZEIT	1. Beibehaltung TWSG und zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	2. Reduzierung TWSG und zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	3. Beibehaltung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
	4. Reduzierung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten	x		x	x
Extremfall ²⁷	1. Beibehaltung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten		x		
	2. Aufhebung TWSG und keine zusätzl. Kiesabbaulagerstätten		x		

Für die mit „x“ gekennzeichneten Handlungsalternativen sind jahresbezogene Flächenberechnungen, getrennt nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen, erforderlich.

Die Abbildung 1 veranschaulicht die methodische Herangehensweise der jahresbezogenen Flächenermittlung der Bewirtschaftungsform „integrierter Landbau“ auf Ackerland in Trinkwasserschutzgebieten (AL/TWSG). Datenquellen sind die ermittelten Flächen mit „integriertem Landbau“ auf Ackerland in Trinkwasserschutzgebieten für das Jahr 1993 und 2030 (vgl. Tab. 3 bis 7). Die zwischen 1993 und 2030 berechneten, jahresbezogenen Flächendaten basieren auf der Annahme einer linearen Interpolation der für 1993 und 2030 vorliegenden Flächendaten.

²⁶ In Bezug auf die Annahmen zur Entwicklung des Nettoumsatzes und der Arbeitsstunden in der Landwirtschaft des Torgauer Raumes sind folgende Überlegungen zu berücksichtigen: Da es sich bei der Erstellung der Multi-Kriterien-Matrix um eine Differenzbetrachtung handelt und die landwirtschaftlichen Flächen für den Kiesabbau unter den Bedingungen des Entwicklungsrahmens SPARFLAMME stets gleich sind, die Abbaufäche bei den Szenarien S_1 bis S_4 der von R_3 nahe kommt und sich ebenfalls wie unter R_3 auf Auenflächen bezieht, können für S_1 und S_3 die Nettoumsätze sowie die Arbeitsstunden des Szenarios R_3 und für S_2 und S_4 die Nettoumsätze sowie die Arbeitsstunden des Szenarios R_4 herangezogen werden.

²⁷ Die Begründung und Beschreibung der beiden zusätzlichen Extremvarianten erfolgt in Kapitel 2.4.2.

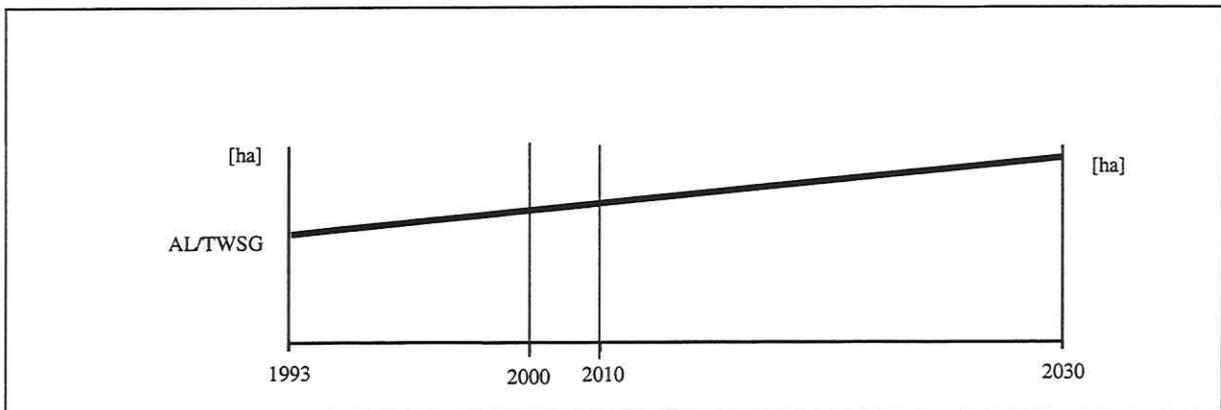


Abb. 1: Methode der jahresbezogenen Ermittlung der landwirtschaftlichen Flächen zwischen 1993 und 2030 am Beispiel des integrierten Landbaus auf Ackerland im Trinkwasserschutzgebiet.

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen, die als TWSG ausgewiesen sind und deren Schutzstatus zum 8. Januar 2000 aufgehoben wurden, wurden getrennt für folgende Zeitabschnitte ermittelt:

- 1993 – 2000: Übernahme der Flächendaten aus der Ermittlung der linearen Interpolation der Flächen nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen für den Zeitraum 1993 bis 2030 für die Bedingung, dass die Flächen in Trinkwasserschutzgebieten liegen.
- 2010 – 2030: Übernahme der Daten aus der Ermittlung der linearen Interpolation nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen für den Zeitraum 1993 bis 2030 für die Bedingung, dass sich die Flächen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten befinden.
- 2000 – 2010: Ermittlung der linearen Veränderung für eine spezifische Raumkategorie und Bewirtschaftungsform zwischen 2000 und 2010. Dem Wert von 2000 liegt der Flächenanteil einer spezifischen Bewirtschaftungsform zugrunde, die der Bedingung „Trinkwasserschutzgebiet“ entspricht. Dem Wert von 2010 liegt der Flächenanteil einer spezifischen Bewirtschaftungsform zugrunde, der für die Flächen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten gilt. Diese Herangehensweise beruht auf der Annahme, dass sich mit Aufhebung von Schutzgebieten eine sukzessive Anpassung an die Flächenanteile nach Bewirtschaftungsformen, die außerhalb von Schutzgebieten zu erwarten sind, vollzieht. Für den Untersuchungsraum wurde eine Anpassungszeit von 10 Jahren angenommen.

Aus der Abbildung 2 geht nochmals die beschriebene Methodik zur jahresbezogenen Flächenermittlung in drei Zeitabschnitten beispielhaft für die Bewirtschaftungsform „integrierter Landbau“ auf Ackerland in Trinkwasserschutzgebieten (AL/TWSG) hervor, dessen Schutzstatus zum 8. Januar 2000 aufgehoben wurde (AL/kein TWSG). Die durchgängige Linie ——— kennzeichnet die zu ermittelnden, jahresbezogenen Daten.

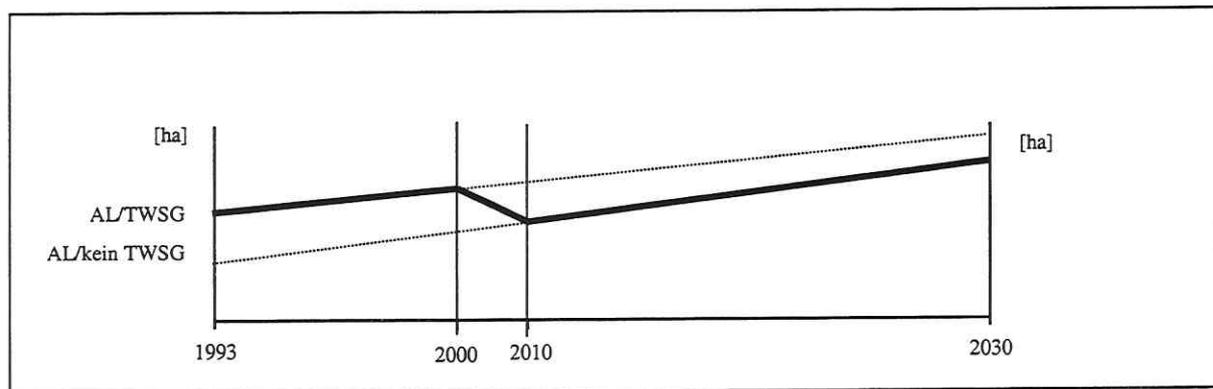


Abb. 2: Methode der jahresbezogenen Ermittlung der landwirtschaftlichen Flächen zwischen 1993 und 2030 am Beispiel des integrierten Landbaus auf Ackerland (AL) bei Wegfall des Trinkwasserschutzes zum 8. Januar 2000.

c) Ergebnisse

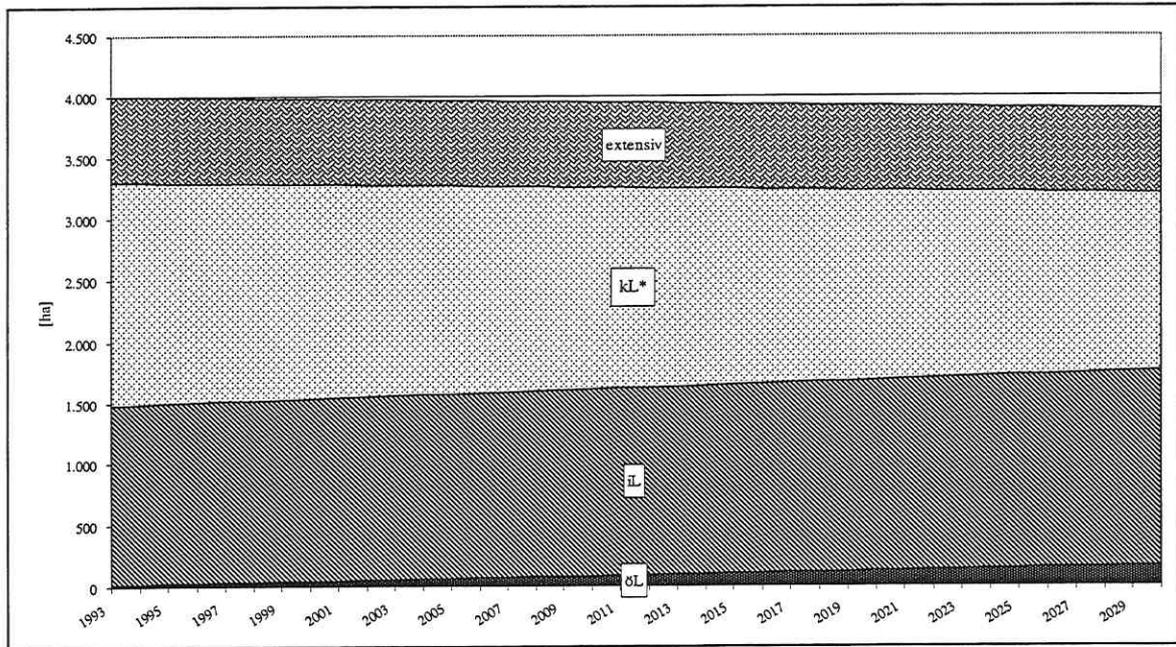
Die Flächendaten werden – wie bereits dargelegt – für drei verschiedene Bezugsräume benötigt. Demzufolge wurden die Flächen für alle drei Bezugsebenen nach den in der Tabelle 1 ausgewiesenen Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen berechnet.

Erstens wurden die jahresbezogenen Flächendaten für die landwirtschaftliche Nutzung in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz ermittelt. In den Abbildungen 3 bis 6 sind beispielhaft für die Handlungsalternativen 1 und 4 des Entwicklungsrahmens REALO die Anteile der Bewirtschaftungsformen auf Elbaue und Heide für Ackerland dargestellt. Weitere erforderliche Berechnungen für diese Bezugsebene, die durchgeführt werden mussten, sind den Tabellen 1 und 2 in diesem Kapitel zu entnehmen.

Zweitens wurden die jahresbezogenen Flächendaten für die landwirtschaftliche Nutzung im TWSG Mockritz erfasst. Die Ergebnisse der Berechnungen gehen aus der Tabelle 5 hervor.

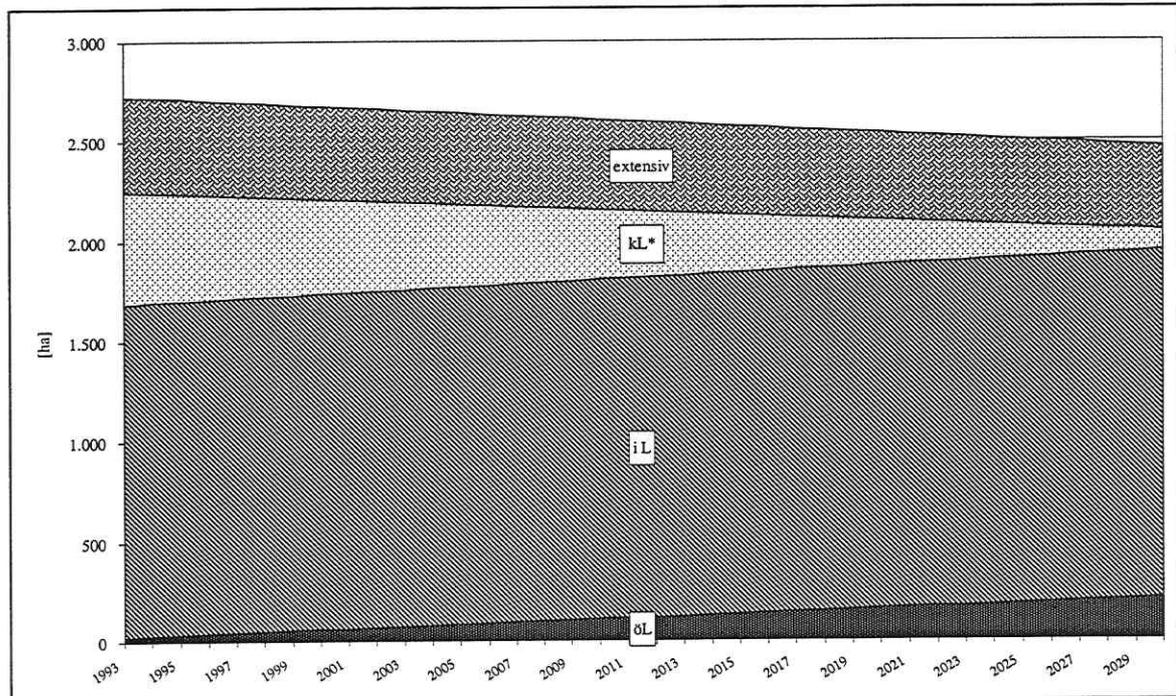
Drittens wurden die jahresbezogenen Flächendaten für die landwirtschaftliche Nutzung im Torgauer Raum berechnet, die für die Ermittlung des Nettoumsatzes und der Arbeitsstunden benötigt werden. Die Ergebnisse für die Handlungsalternativen 1 bis 4 der Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT werden beispielhaft für das Jahr 2030 in den Tabellen 6 und 7 aufgelistet.

In diesem Bericht können die für die Ermittlung der ökonomischen Effekte erforderlichen Flächenangaben auf Grund des enormen Datenumfanges nur ausschnittsweise und beispielhaft dargestellt werden. Die ermittelten Flächendaten sind jedoch vollständig auf elektronischen Datenträgern dokumentiert und können bei Bedarf bei den Autoren angefordert werden.



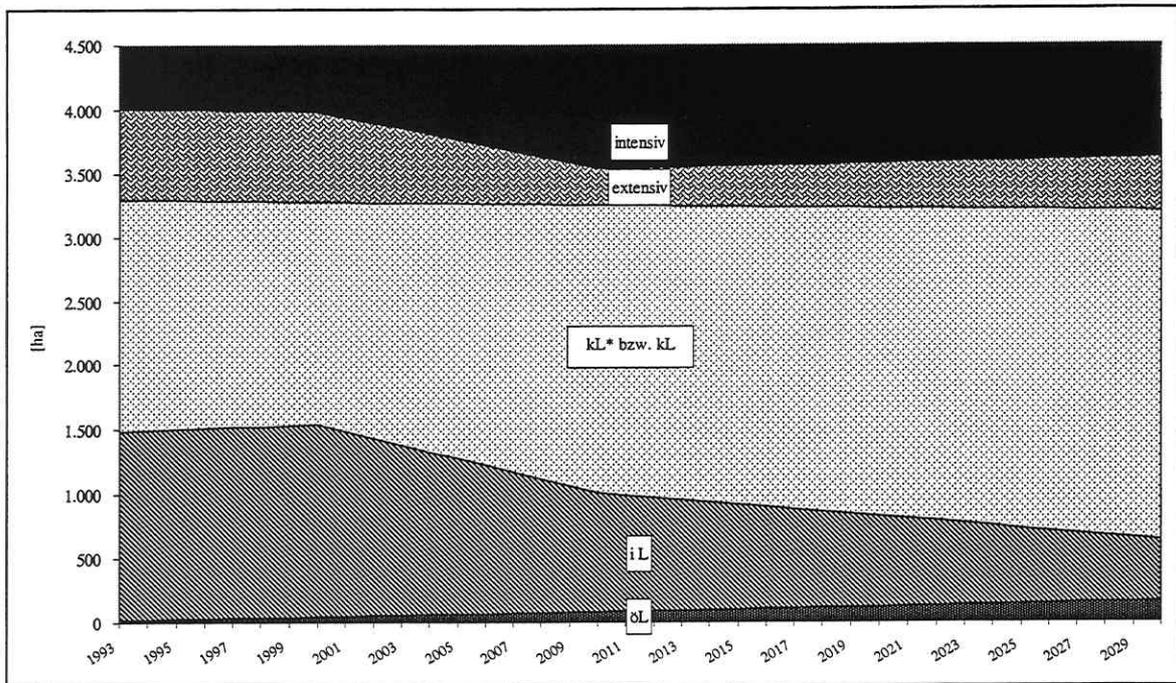
extensiv – Grünland extensiv; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; iL – integrierter Landbau; δL – ökolog. Landbau

Abb. 3: Flächenanteile der Landwirtschaftsformen auf Elbaue in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternative 1 des Entwicklungsrahmens REALO für Acker- und Grünland von 1993 bis 2030.



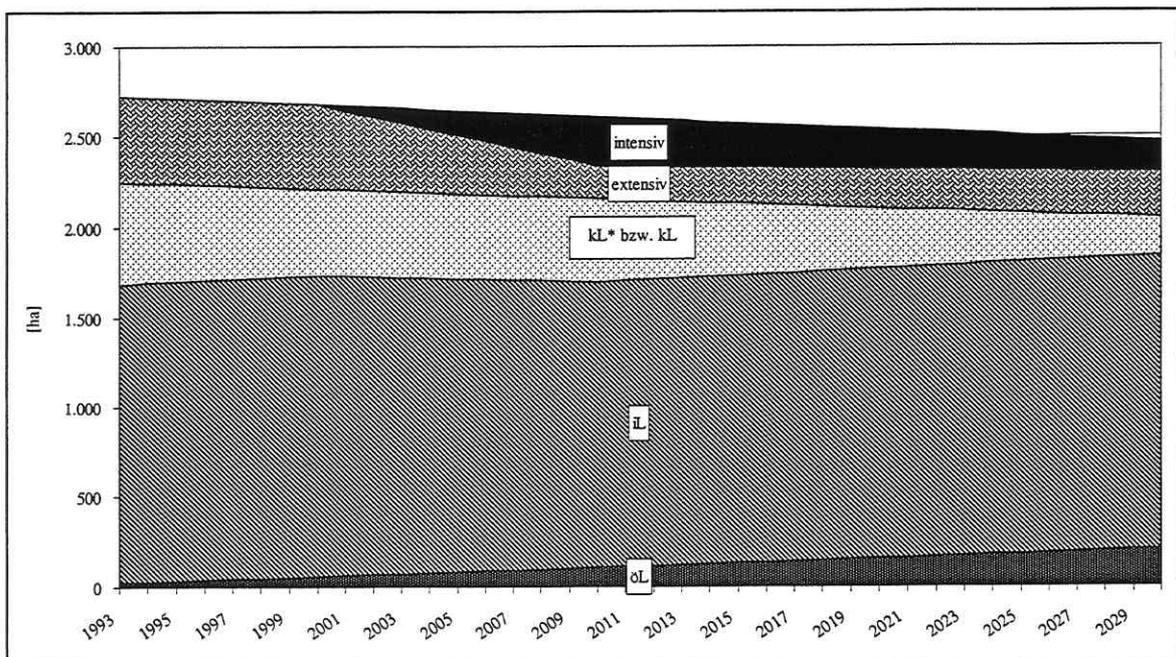
extensiv – Grünland extensiv; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; iL – integrierter Landbau; δL – ökolog. Landbau

Abb. 4: Flächenanteile der Landwirtschaftsformen auf Heide in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternative 1 des Entwicklungsrahmens REALO für Acker- und Grünland von 1993 bis 2030.



intensiv – intensives Grünland; extensiv – extensives Grünland; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; kL – konventioneller Landbau außerhalb TWSG; iL – integrierter Landbau; öL – ökologischer Landbau

Abb. 5: Flächenanteile der Landwirtschaftsformen auf Elbaue in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternative 4 des Entwicklungsrahmens REALO für Acker- und Grünland von 1993 bis 2030.



intensiv – intensives Grünland; extensiv – extensives Grünland; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; kL – konventioneller Landbau außerhalb TWSG; iL – integrierter Landbau; öL – ökologischer Landbau.

Abb. 6: Flächenanteile der Landwirtschaftsformen auf Heide in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternative 4 des Entwicklungsrahmens REALO für Acker- und Grünland von 1993 bis 2030.

Tab. 3: Landwirtschaftliche Flächen in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternativen im Entwicklungsrahmen REALO im Jahre 1993 und 2030.

Raumkategorien		Bewirtschaftungsform	Flächen [ha]				
			1993*	2030 (REALO)			
				Alternative 1*	Alternative 2	Alternative 3*	Alternative 4
Ackerland	gesamt		5.546,00	5.250,87	5.233,23	5.250,87	5.250,80
	Aue	gesamt	3.297,18	3.201,24	3.183,49	3.201,24	3.201,20
		öL	16,49	160,05	159,17	160,05	160,06
		iL	1.467,25	1.600,60	477,52	1.600,60	480,18
		kL	1.813,46	1.440,54	2.546,80	1.440,54	2.560,96
	Heide	gesamt	2.248,82	2.049,63	2.049,70	2.049,63	2.049,60
		öL	22,48	204,96	204,97	204,96	204,96
		iL	1.664,10	1.742,16	1.639,76	1.742,16	1.639,68
		kL	562,20	102,48	204,97	102,48	204,96
	Grünland	gesamt		1.181,30	1.110,00	1.109,50	1.110,00
Aue		gesamt	705,76	691,46	691,00	691,46	691,50
		extensiv	705,76	691,46	414,60	691,46	414,90
		intensiv	0,00	0,00	276,40	0,00	276,60
Heide		gesamt	475,54	418,54	418,50	418,54	418,60
		extensiv	475,54	418,54	251,10	418,54	251,16
		intensiv	0,00	0,00	167,40	0,00	167,44
AL+GL ges.		6.727,30	6.360,87	6.342,73	6.360,87	6.360,90	

Das Zeichen * bedeutet, dass die Flächen im Trinkwasserschutzgebiet liegen.

öL - Ökologischer Landbau

iL - Integrierter Landbau

kL - Konventioneller Landbau

Tab. 4: Landwirtschaftliche Flächen in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Handlungsalternativen im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT im Jahre 1993 und 2030.

Raumkategorien		Bewirtschaftungsform	Flächen [ha]				
			1993*	2030 (GRÜNDERZEIT)			
				Alternative 1*	Alternative 2	Alternative 3*	Alternative 4
Ackerland	gesamt		5.546,00	5.129,57	5.109,10	5.129,57	5.128,59
	Aue	gesamt	3.297,18	3.087,69	3.067,20	3.087,69	3.086,69
		öL	16,49	154,38	153,36	154,38	154,38
		iL	1.467,25	1.543,85	460,08	1.543,85	462,15
		kL	1.813,46	1.389,46	2.453,76	1.389,46	2.470,16
	Heide	gesamt	2.248,82	2.041,88	2.041,90	2.041,88	2.041,90
		öL	22,49	204,19	204,19	204,19	204,19
		iL	1.664,11	1.735,61	1.633,52	1.735,61	1.633,52
		kL	562,20	102,09	204,19	102,09	204,19
	Grünland	gesamt		1.181,30	1.793,70	1.102,50	1.793,70
Aue		gesamt	705,76	691,60	691,60	691,60	691,60
		extensiv	705,76	691,60	414,96	691,60	414,96
		intensiv	0,00	0,00	276,64	0,00	276,64
Heide		gesamt	475,54	410,50	410,90	410,50	410,90
		extensiv	475,50	410,50	246,54	410,50	246,54
		intensiv	0,00	0,00	164,36	0,00	164,36
AL+GL ges.		6.727,30	6.923,27	6.211,60	6.923,27	6.231,09	

Das Zeichen * bedeutet, dass die Flächen im Trinkwasserschutzgebiet liegen.

Tab. 5: Landwirtschaftliche Flächen des TWSG Mockritz für die Szenarien EXTREMFALL im Jahre 1993 und 2030.

Raumkategorien		Bewirtschaftungsform	Flächen [ha]		
			1993*	2030 (EXTREMFALL)	
				Alternative 1*	Alternative 2
Ackerland	gesamt		7.397,80	7.082,20	7.082,20
	Aue	gesamt	4.845,60	4.731,20	4.731,20
		öL	24,23	236,56	236,56
		iL	2.156,29	2.365,50	709,68
		kL	2.665,08	2.129,04	3.784,96
	Heide	gesamt	2.552,20	2.351,00	2.351,00
		öL	25,52	235,10	235,10
		iL	1.888,63	1.998,35	1.880,80
		kL	638,05	117,55	235,10
	Grünland	gesamt		1.898,40	1.814,30
Aue		extensiv	1.394,50	1.367,60	820,56
		intensiv	0,00	0,00	547,04
Heide		extensiv	503,90	446,70	268,02
		intensiv	0,00	0,00	178,68
Gesamt			9.296,20	8.896,50	8.896,50

Das Zeichen * bedeutet, dass die Flächen im Trinkwasserschutzgebiet liegen.

Tab. 6: Landwirtschaftliche Flächen des Torgauer Raumes für die Handlungsalternativen im Entwicklungsrahmen REALO im Jahre 1993 und 2030.

Raumbezüge	1993	2030 (REALO)			
	Flächen [ha]	Alternative 1 [ha]	Alternative 2 [ha]	Alternative 3 [ha]	Alternative 4 [ha]
Elbaue/ TWSG/ AL ges.	6.351,60	6.160,70	2.959,40	6.160,70	2.959,50
kL*	3.493,38	2.772,32	1.331,73	2.772,32	1.331,78
iL	2.826,46	3.080,35	1.479,70	3.080,35	1.479,75
öL	31,76	308,04	147,97	308,04	147,98
Heide/ TWSG/ AL ges.	3.316,20	3.112,00	1.062,30	3.112,00	1.062,30
kL*	829,05	155,60	53,12	155,60	53,12
iL	2.453,99	2.645,20	902,96	2.645,20	902,96
öL	33,16	311,20	106,23	311,20	106,23
Elbaue/ außerh. TWSG/ AL ges.	6.367,20	5.694,20	8.877,80	5.670,50	8.871,70
kL	3.820,32	4.555,36	7.102,24	4.536,40	7.097,36
iL	2.515,04	854,13	1.331,67	850,58	1.330,76
öL	31,84	284,71	443,89	283,53	443,59
Heide/ außerh. TWSG/ AL ges.	17.659,40	15.962,90	18.038,60	15.988,80	18.038,40
kL	5.297,82	1.596,29	1.803,86	1.598,88	1.803,84
iL	12.184,99	12.770,32	14.430,88	12.791,04	14.430,72
öL	176,59	1.596,29	1.803,86	1.598,88	1.803,84
AL, gesamt	33.694,40	30.929,70	30.938,00	30.931,90	30.931,90
Elbaue/ TWSG/ GL ges.	2.368,30	2.278,70	1.587,30	2.278,70	1.587,30
extensiv	2.368,30	2.278,70	1.587,30	2.278,70	1.587,30
intensiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Heide/ TWSG/ GL ges.	611,20	554,00	135,40	554,00	135,40
extensiv	611,20	554,00	135,40	554,00	135,40
intensiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elbaue/ außerh. TWSG/ GL ges.	1.138,70	1.065,50	1.756,60	1.065,50	1.757,00
extensiv	284,68	639,30	1.053,96	639,30	1.054,20
intensiv	854,03	426,20	702,64	426,20	702,80
Heide/ außerh. TWSG/ GL ges.	4.330,20	3.901,00	4.319,40	3.900,90	4.319,50
extensiv	1.082,55	2.340,60	2.591,64	2.340,54	2.591,70
intensiv	3.247,65	1.560,40	1.727,76	1.560,36	1.727,80
GL, gesamt	8.448,34	7.799,10	7.798,70	7.799,10	7.799,10
AL+GL, Torgauer Raum, gesamt	42.142,70	38.728,90	38.736,80	38.731,00	38.731,00

intensiv – intensives Grünland; extensiv – extensives Grünland; kL* – konventioneller Landbau im TWSG; kL – konventioneller Landbau außerhalb TWSG; iL – integrierter Landbau; öL – ökologischer Landbau.

Tab. 7: Landwirtschaftliche Flächen des Torgauer Raumes für die Handlungsalternativen im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT im Jahre 1993 und 2030.

Raumbezüge	1993	2030 (GRÜNDERZEIT)			
	Flächen [ha]	Alternative 1 [ha]	Alternative 2 [ha]	Alternative 3 [ha]	Alternative 4 [ha]
Elbaue/ TWSG/ AL ges.	6.351,60	6.014,50	2.926,80	6.014,60	2.926,80
kL*	3.493,38	2.706,53	1.317,06	2.706,57	1.317,06
iL	2.826,46	3.007,25	1.463,40	3.007,30	1.463,40
öL	31,76	300,73	146,34	300,73	146,34
Heide/ TWSG/ AL ges.	3.316,20	3.104,10	1.062,30	3.104,20	1.062,30
kL*	829,05	155,21	53,12	155,21	53,12
iL	2.453,99	2.638,49	902,96	2.638,57	902,96
öL	33,16	310,41	106,23	310,42	106,23
Elbaue/ außerh. TWSG/ AL ges.	6.367,20	5.539,50	8.626,70	5.534,00	8.621,80
kL	3.820,32	4.431,60	6.901,36	4.427,20	6.897,44
iL	2.515,04	830,93	1.294,01	830,10	1.293,27
öL	31,84	276,98	431,34	276,70	431,09
Heide/ außerh. TWSG/ AL ges.	17.659,40	15.349,70	17.402,50	15.395,40	17.437,30
kL	5.297,82	1.534,97	1.740,25	1.539,54	1.743,73
iL	12.184,99	12.279,76	13.922,00	12.316,32	13.949,84
öL	176,59	1.534,97	1.740,25	1.539,54	1.743,73
AL, gesamt	33.694,40	30.007,80	30.018,30	30.048,10	30.048,10
Elbaue/ TWSG/ GL ges.	2.368,30	2.285,90	1.594,30	2.285,80	1.594,30
extensiv	2.368,30	2.285,90	1.594,30	2.285,80	1.594,30
intensiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Heide/ TWSG/ GL ges.	611,20	546,30	135,40	546,30	135,40
extensiv	611,20	546,30	135,40	546,30	135,40
intensiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elbaue/ außerh. TWSG/ GL ges.	1.138,70	1.054,70	1.746,20	1.054,70	1.746,30
extensiv	284,68	632,82	1.047,72	632,82	1.047,78
intensiv	854,03	421,88	698,48	421,88	698,52
Heide/ außerh. TWSG/ GL ges.	4.330,20	3.817,70	4.228,60	3.817,70	4.228,60
extensiv	1.082,55	2.290,62	2.537,16	2.290,62	2.537,16
intensiv	3.247,65	1.527,08	1.691,44	1.527,08	1.691,44
GL, gesamt	8.448,34	7.704,60	7.704,60	7.704,60	7.704,60
AL+GL, Torgauer Raum, gesamt	42.142,70	37.712,50	37.722,90	37.752,70	37.752,70

intensiv – intensives Grünland; extensiv – extensives Grünland; kL* – konventioneller Landbau im TWSG;
kL – konventioneller Landbau außerhalb TWSG; iL – integrierter Landbau; öL – ökologischer Landbau.

2.4 Szenarien in Abhängigkeit von Handlungsalternativen und Entwicklungsrahmen

2.4.1 Szenarien zum regionalen Nutzungskonflikt

Frank Messner

Zur Analyse und Bewertung des regionalen Nutzungskonfliktes im Torgauer Raum wurden in Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren und Stakeholdern Szenarien abgeleitet. Gemäß dem Vorgehen nach dem integrierten Bewertungsverfahren – wie in Kapitel 1.2 beschrieben – setzt sich ein Szenario zusammen aus drei Teilelementen: einer Handlungsalternative (vgl. Kap. 2.1.2), einem Entwicklungsrahmen (vgl. Kap. 2.2) und einem Muster von sozioökonomischen Anpassungsreaktionen (vgl. Kap. 2.3). Bei einer Anzahl von vier Handlungsalternativen, drei Entwicklungsrahmen und einem Muster sozioökonomischer Anpassung ergaben sich daraus 12 Szenarien, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Ein Szenario wird bezeichnet durch einen Großbuchstaben für den Entwicklungsrahmen und eine Indexzahl für die Nummer der Handlungsalternative. So steht z.B. S₁ für das Szenario mit der Handlungsalternative 1 unter dem Entwicklungsrahmen SPARFLAMME.

Grundsätzlich ist bei diesen Szenarien ein Zeithorizont bis 2030 unterstellt. Auf diese Weise konnten die wichtigsten Wirkungen der Handlungsalternativen im Rahmen der Szenarioanalysen erfasst werden. Weiterhin ist zu erwähnen, dass bei der Analyse und der Bewertung die Szenarien nach den Entwicklungsrahmen getrennt untersucht wurden. Dabei dienten die Szenarien mit der Indexzahl 1 jeweils als Referenzszenarien. Die getrennte Analyse war notwendig, da letztlich die Handlungsalternativen unter verschiedenen Rahmenbedingungen bewertet werden sollen. Um schließlich zu einer Gesamteinschätzung zu gelangen, muss die Bedeutung der einzelnen Entwicklungsrahmen definiert werden. Dies geschieht, indem ihnen auf Grundlage der Daten aus den einzelnen Themenfeldern Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Die Wahrscheinlichkeitswerte und die Methodik zur Ermittlung dieser Wahrscheinlichkeiten sind in Kapitel 2.2.7 beschrieben.

In Tabelle 1 sind die abgeleiteten Szenarien aufgelistet, die sich als Ergebnis des 1. Schrittes des integrierten Bewertungsverfahrens ergaben. Mit diesen Szenarien wurde die Grundlage für die Untersuchung des Nutzungskonfliktes zwischen Trinkwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung unter Berücksichtigung verschiedener zukünftiger Rahmenbedingungen im Torgauer Raum gelegt. Es ist offensichtlich, dass das Ausmaß des Nutzungskonfliktes wesentlich davon abhängt, wie und mit welcher Vehemenz sich die wirtschaftliche Entwicklung vollziehen wird. Entsprechend mag für jeden Entwicklungsrahmen eine andere Handlungsalternative die optimale sein. Die Analyse von Handlungsalternativen und ihrer Effekte unter Einbeziehung der verschiedenen Zukünfte und der sozioökonomischen Anpassungsreaktionen ist essenziell, da es erst auf diese Weise möglich wird, die Unsicherheit über zukünftige Prozesse in Natur und Gesellschaft in der Analyse zu berücksichtigen.

Tab. 1: Die zwölf Szenarien im Torgauer Raum.

Sze- narien	Ent- wicklungs- rahmen	Handlungsalternative	Sozioökonomische Anpassungen		
			Kieswirtschaft	Landwirt- schaft	Sonstige
R ₁	REALO	Alternative 1: TWSG= und Kies+	zusätzlicher Kiesab- bau in Arzberg- Blumberg	Ein Muster sozioökonomischer Anpassung in der Landwirtschaft für alle Szenarien	Jeweils sofortige Anpassung der wirtschaftlichen Aktivitäten an Veränderung der rechtlichen Rahmenbedingungen
R ₂	REALO	Alternative 2: TWSG- und Kies+	zusätzlicher Kiesab- bau in Dautzschen		
R ₃	REALO	Alternative 3: TWSG = und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
R ₄	REALO	Alternative 4: TWSG- und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
S ₁	SPAR- FLAMME	Alternative 1: TWSG= und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
S ₂	SPAR- FLAMME	Alternative 2: TWSG- und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
S ₃	SPAR- FLAMME	Alternative 3: TWSG= und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
S ₄	SPAR- FLAMME	Alternative 4: TWSG- und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
G ₁	GRÜNDER- ZEIT	Alternative 1: TWSG= und Kies+	zusätzlicher Kiesab- bau in Arzberg- Blumberg und Arz- berg-Kötten		
G ₂	GRÜNDER- ZEIT	Alternative 2: TWSG- und Kies+	zusätzlicher Kiesab- bau in Dautzschen und in Arzberg- Blumberg		
G ₃	GRÜNDER- ZEIT	Alternative 3: TWSG= und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		
G ₄	GRÜNDER- ZEIT	Alternative 4: TWSG- und Kies=	Deckung der Kies- nachfrage in Lieber- see bis 2 Mio. t		

TWSG= Beibehaltung TWSG (Mockritz)

Kies= kein Aufschluss zusätzlicher Kiesstätten

TWSG- Reduzierung TWSG (Mockritz)

Kies+ Aufschluss zusätzlicher Kiesstätten

Anmerkung: Beim Entwicklungsrahmen Sparflamme kommt es aufgrund der Annahme einer geringen Kiesnachfrage in keinem der Szenarien zu einem Aufschluss zusätzlicher Kiesstätten, so dass in allen vier Szenarien das Symbol Kies= zu finden ist. Als Konsequenz sind die Szenarien S₁ und S₃ sowie S₂ und S₄ identisch.

2.4.2 Extremfallbetrachtung zu regionalen Trinkwasserschutzoptionen

Helga Horsch und Stefan Geyle

a) Anliegen

Die Extremfallbetrachtung bezieht sich lediglich auf das Handlungsfeld „Entscheidung über die Reduzierung von Trinkwasserschutzgebieten“. Aufgrund der rückläufigen Entwicklung der Trinkwassernachfrage, der niedrigen Auslastung der Kapazitäten der Wasserwerke und der in diesem Kontext bestehenden Rechtsgrundlagen durch das Sächsische Wassergesetz (SMUL 1993) ist es durchaus relevant Handlungsoptionen zu untersuchen, die über die in Kapitel 2.1.2 genannten Optionen zur Reduzierung von Trinkwasserschutzgebieten hinausgehen. Eine solche Untersuchung ist vor allem dann legitim, wenn von der in Kapitel 2.2.3 betrachteten eher realistischen Variante zur Entwicklung der Fernwassernachfrage ausgegangen wird.

In diesem Falle sind folgende Fragen von Interesse:

- Ist eine Schließung von im Torgauer Raum gelegenen Wasserwerken der Fernwasserwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (FWV) in Anpassung an den Fernwasserbedarf überhaupt möglich? Welche Wasserwerke kommen diesbezüglich in Frage? Wäre die Schließung des Wasserwerkes Mockritz eine mögliche Option?
- Was spricht für und was spricht gegen eine Schließung des Wasserwerkes Mockritz und in Folge dessen für und gegen die vollständige Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes (TWSG) Mockritz?
- Welchen Einfluss hat die vollständige Aufhebung des TWSG Mockritz auf die Kosten des Trinkwasserschutzes und auf das Ranking der Trinkwasserschutzoptionen im Vergleich zu den Szenarien unter den Bedingungen der Entwicklungsrahmen SPARFLAMME und REALO, denen im Unterschied zur GRÜNDERZEIT (mit einer eher optimistischen Variante zur Fernwassernachfrage) ebenfalls eine eher realistische Entwicklung der Fernwassernachfrage zu Grunde liegt?

Im Folgenden wird das Aufkommen und der Bedarf an Fernwasser im Torgauer Raum thematisiert. In einem weiteren Abschnitt erfolgt eine Diskussion möglicher Optionen zur Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten und die Ableitung entsprechender Szenarien für die Extremfallbetrachtung zum Trinkwasserschutz aus der Sicht der eher realistischen Entwicklung der Fernwassernachfrage. Abschließend werden die Anpassungsreaktionen, die für die trinkwasserschutzbezogenen Module der Nutzen-Kosten-Analyse von Bedeutung sind, sowie die Annahmen, die notwendigen Datengrundlagen und Rechnungen umrissen.

b) Aufkommen und Bedarf an Fernwasser im Torgauer Raum

Die Kapazitäten der Wasserwerke und der Bedarf an durch die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (FWV) bereitzustellendem Trinkwasser gehen aus den Tabellen 1 und 2 hervor. Die Tabelle 3 spiegelt die tatsächliche Auslastung der Kapazitäten der Wasserwerke in den Jahren 1995 und 1998 sowie für den Prognosezeitraum bis 2030 wider. Diese Werte zeigen, dass die Auslastung der sächsischen Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost in den Entwicklungsrahmen REALO²⁸ und GRÜNDERZEIT niedrig bleibt. Dabei wurde bereits für alle Entwicklungsrahmen angenommen, dass das Wasserwerk Kossa geschlossen wird. Wird des Weiteren die angenommene Höchstfördermenge der sächsischen Fernwasserwerke (41 Mio. m³/Jahr für 2030 im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT) mit der Kapazität des Wasserwerkes Torgau-Ost (44 Mio. m³/Jahr) verglichen, wird deutlich, dass dieses Wasserwerk auch unter sehr optimistischen Nachfrageentwicklungen in der Lage wäre, diese Fernwassernachfrage zu decken. Die Diskussion von Pro- und Contra-Argumenten zur Schließung des Wasserwerkes Mockritz im Abschnitt c) wird jedoch deutlich machen, dass die Frage des Abbaus von Überkapazitäten an Wasserwerken nicht allein an Hand der Kapazitätsauslastung beantwortet werden kann.

Tab. 1: Kapazitäten und wasserrechtliche Genehmigungen für die in der Elbaue liegenden Wasserwerke der FWV (Stand: 2000).

Wasserwerke (WW)	Technische Kapazitäten [Mio. m ³ /a]		Wasserrechtliche Genehmigungen [Mio. m ³ /a]
	1995	2000	
WW Torgau-Ost (Sachsen)	55 ^d	44 ^e	45,4 ^f
WW Mockritz (Sachsen)	40 ^d	35 ^e	42,5 ^f
WW Kossa (Sachsen)	11 ^d	5,5 ^f	8,4 ^g
WW Pretzsch + WW Sachau (Sachsen-Anhalt)	23 ^d	13 ^f	11,0 ^h
WW der Elbaue (Sachsen ^a + Sachsen-Anhalt) ^b	129	97,5	107,3
WW Wienrode (Sachsen-Anhalt)	91 ^d	91 ^f	
Gesamt FWV	230 ^c	188,5	

^a WW Torgau-Ost, WW Mockritz, WW Kossa;

^b WW Sachau, WW Pretzsch;

^c Inclusive der Kapazität des WW Schkeuditz mit einer Kapazität von 10 Mio. m³/Jahr (stillgelegt 1995);

^d Foltan 1996;

^e StUFA Leipzig Abt. I, Auskunft vom 8. Februar 2000;

^f Trettin et al. 2001;

^g HGN et al. 1996, Anl. 8.1;

^h MRLU 1996, 46.

²⁸ Die Fernwassernachfrage für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME entspricht der unter den Bedingungen REALO und wird deshalb nicht gesondert ausgewiesen (vgl. dazu auch Kap. 2.2.3 in diesem Bericht).

Tab. 2: Bedarf an Fernwasserlieferungen der Wasserwerke der FWV in Mio. m³/Jahr.²⁹

Fernwasserwerke	1995 ^{a;b}	1998 ^{a;c}	2010 ^{a;b}	2030 ^d GRÜNDER- ZEIT	2030 ^d REALO
WW der Elbaue (Sachsen-Anhalt + Sachsen)	47,5	38	44,5	keine Angaben	
WW der Elbaue (Sachsen) für RB Leipzig + Export davon:	38	31	34	41	24
WW Kossa	3,5	2,4	keine Angaben		
WW Mockritz	13,0	8,6			
WW Torgau-Ost	21,5	19,9			

^a StUFA Leipzig Abt. I, Auskunft vom 8. Februar 2000;

^b MRLU 1996, Anlage 5;

^c LAU 1998, Anlage 2;

^d vgl. Kapitel 2.2.3 in diesem Bericht.

Tab. 3: Auslastung der in der Elbaue liegenden Wasserwerke der FWV in %.

Wasserwerke (WW)	1995	1998	2010	2030 GRÜNDERZ EIT	2030 REALO
WW der Elbaue (Sachsen-Anhalt und Sachsen)	37	39	46 ^a	keine Angaben	
WW der Elbaue (Sachsen)	36	37	40 ^a	52 ^b	30 ^b

^a Berücksichtigung der Kapazitäten Stand 2000.

^b Berücksichtigung der Kapazitäten der WW Mockritz und Torgau-Ost, Stand 2000. Das WW Kossa wurde entsprechend der Annahmen geschlossen (vgl. Kap. 2.2.3 in diesem Bericht).

c) Pro und Contra zur Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten in Anpassung an den Fernwasserbedarf im Torgauer Raum

c.1) Möglichkeiten der Anpassung der Fernwasserkapazitäten an den Fernwasserbedarf

Die Fernwasserversorgung ist laut Umweltfachbehörden in Sachsen und Sachsen-Anhalt von strategischer Bedeutung aufgrund der durch sie gewährleisteten hohen Versorgungsstabilität bezüglich Menge und Güte des Trinkwassers im mitteldeutschen Raum. Bedingt durch die sich gegenwärtig abzeichnenden erheblichen Überkapazitäten bei der mitteldeutschen Trinkwasserversorgung – einschließlich der Fernwasserversorgung (vgl. Tab. 3) – liegt die Frage nach dem Abbau von Überkapazitäten an Wassergewinnungsanlagen und eine damit verbun-

²⁹ Für nähere Erläuterungen zur Bedarfsentwicklung und den Prognosen siehe Beitrag zur Fernwassernachfrage in diesem Bericht (Kap. 2.2.3).

dene Anpassung der Trinkwasserschutzgebiete an den künftigen Trinkwasserbedarf nahe. In diesem Zusammenhang interessiert, ob dadurch *positive ökonomische Effekte* erzielt werden können.

Für den Fall, dass die Nachfrage nach Fernwasser aus der sächsischen Elbaue auch weiterhin sinkt (vgl. Tab. 2), sollen die Auswirkungen einer Schließung von Wasserwerken auf den *Nettonutzen* untersucht werden. Dabei geht es vor allem um jene Effekte, die durch

- veränderte Bewirtschaftungsintensitäten der Landwirtschaft und
- reduzierte Trinkwasserschutzmaßnahmen

infolge der Schließung von Wasserwerken entstehen.

Im Rahmen der Szenarien SPARFLAMME, REALO und GRÜNDERZEIT wurde bereits angenommen, dass das Wasserwerk Kossa, das jedoch außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt, geschlossen wird. Weitere Schließungen von Fernwasserwerken in der Elbaue sind aus der Sicht der verfügbaren Fernwasserkapazitäten möglich. Im Torgauer Raum kommen die Wasserwerke Mockritz oder Torgau-Ost in Frage. Eine mögliche Variante wäre die Schließung des Wasserwerkes Mockritz. Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass die Kapazitäten des Wasserwerkes Torgau-Ost sowohl eine Fernwasserlieferung in Höhe von 24 Mio. m³/Jahr als auch in Höhe von 41 Mio. m³/Jahr gewährleisten können. Im Folgenden wird auf die Pro- und Contra-Argumente einer solchen Entscheidung näher eingegangen, um schließlich die Szenarien für die Extremfallbetrachtung abzuleiten.

c.2) Pro- und Contra-Argumente zur Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes

Mockritz

Argumente für eine Aufhebung des TWSG Mockritz infolge Schließung des Wasserwerkes Mockritz

Für eine Schließung des Wasserwerkes Mockritz und die damit mögliche vollständige Aufhebung des TWSG Mockritz sprechen folgende Gründe:

1. *Die rückläufige Entwicklung der Nachfrage nach Fernwasser aus der Elbaue in Sachsen verlangt nach einer Anpassung der Kapazität.*

Wie bereits in 2.2.3 dargelegt, führte der sinkende Trinkwasserbedarf in den 1990er Jahren im Versorgungsgebiet der Fernwasserversorgung zu einem Rückgang der Nachfrage nach Fernwasser in Sachsen und Sachsen-Anhalt (vgl. Tab. 2). Diese Entwicklung machte sich im Untersuchungsgebiet „Torgauer Raum“ noch dadurch verstärkt bemerkbar, dass der Export an Fernwasser nach Sachsen-Anhalt rapide zurückging. Auch künftig ist davon auszugehen, dass selbst bei optimistischen Annahmen zum Bedarf nach Fernwasser aus der sächsischen Elbaue wesentliche Überkapazitäten verbleiben.

Der Rückgang der Nachfrage nach Fernwasser führte und führt – falls die Überkapazitäten nicht abgebaut werden – zu einer geringeren Auslastung der Wasserwerke, was zwangsläufig steigende spezifische Kosten der Trinkwasserförderung nach sich ziehen kann.

Wird eine Verringerung der Wasserwerkskapazitäten angenommen, ist eine Schließung von Wasserwerken im Gebiet der Elbaue wahrscheinlicher als die Schließung des Wasserwerkes Wienrode im Ostharz. Dies ist bedingt durch das Leitungssystem, das eine Übernahme von Versorgungsaufgaben östlich von Halle (Saale) durch die Elbwasserwerke gegenwärtig nicht ermöglicht. Ein weiteres Argument ist darin zu suchen, dass das Ostharzwasser wesentlich weicher als das Elbwasser ist. Des Weiteren spielen mögliche Kostenvorteile durch fast abgeschriebene Anlagen der Rappbode Talsperre sowie durch Einsparungen von Pumpen für die Wasserverteilung infolge des Gefälles vom Ostharz in Richtung Halle (Saale) eine Rolle.³⁰

Mit der Schließung des Wasserwerkes Mockritz könnte einerseits ein substanzieller Kapazitätsrückbau erreicht werden. Andererseits könnte verhindert werden, dass sich die Fernwasserversorgung aus dem sachsen-anhaltinischen Gebiet der Elbaue zurückzieht, womit bei einer alternativen Schließung der Wasserwerke Pretzsch und Sachau gerechnet werden müsste.

2. Die Schließung des Wasserwerkes Mockritz eröffnet Möglichkeiten zur Einsparung von Grundwasserschutz- und Sanierungskosten.

Ein Vergleich der Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost zeigt, dass eine Reihe von Argumenten für die Schließung von Mockritz spricht. Eine eventuelle Schließung des Wasserwerkes Mockritz im Vergleich zur Stilllegung des Wasserwerkes Torgau-Ost erweist sich aus folgenden Gründen als ökonomisch vorteilhafter:

Die Uferfiltratgewinnung im Wasserwerk Torgau-Ost erfordert eine geringere Schutzzonenauslegung als bei dominierenden Grundwasserförderungen, wie dies z.B. beim Wasserwerk Mockritz der Fall ist. Daraus resultiert ein geringerer, spezifischer Schutzflächenbedarf je m³ geförderten Rohwassers, der die Senkung der spezifischen Ressourcenschutzkosten ermöglicht (vgl. Tab. 4). Damit verbunden sind Einsparungen an trinkwasserschutzbedingten Kosten für kommunale Infrastrukturen, für Heizanlagen von Wohnhäusern u.a. (vgl. Horsch 2001, S. 323ff.).

Des Weiteren bestehen im Einzugsgebiet der Wasserfassungen Mockritz Unsicherheiten bezüglich altlastenbedingter Probleme (WASAG) und insbesondere der Sulfatproblematik, woraus – im Vergleich zu Torgau-Ost – höhere Kostenbelastungen resultieren können.

Allerdings gibt es durchaus auch Meinungen, die besagen, dass die WASAG keine Gefahr darstellt. Falls WASAG dennoch eine Gefahr darstellen sollte, würde sie bei entsprechendem Monitoring mit großem zeitlichen Vorlauf erkennbar und abwendbar sein. Allerdings ist ein solches Monitoring nicht kostenneutral.

3. Die verfügbaren technischen Kapazitäten des Wasserwerkes Torgau-Ost reichen aus, um Trinkwasser sowohl für die eher realistische als auch die optimistische Annahme zum Fernwasserbedarf sicherzustellen.

Für eine Erhöhung der Auslastung des Wasserwerkes Torgau-Ost spricht, dass die Grundwasserneubildung größer als die Grundwasserentnahme auch bei erhöhten Fördermengen ist.

³⁰ Mündliche Informationen von Herrn Ohme und Herrn Schulze vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (Saale) vom 14. Januar 2000.

Die sich aus Grundwasser und Uferfiltrat zusammensetzenden Fördermengen im Wasserwerk Torgau-Ost in Höhe eher realistischer sowie auch optimistischer Annahmen hinsichtlich des Trinkwasserbedarfs für 2030 überschreiten dabei nicht einmal die wasserrechtlich genehmigten Wasserfördermengen.

Argumente gegen eine Aufhebung des TWSG Mockritz infolge Schließung des Wasserwerkes Mockritz

Gegen eine Schließung des Wasserwerkes Mockritz und die Aufhebung seines Einzugsgebietes als Schutzgebiet bestehen folgende Bedenken:

- 1. Mit dem Einzugsgebiet für das Wasserwerk Mockritz wird ein günstiges Gewinnungspotenzial für Trinkwasser aufgegeben.*

Die hydrologischen Eigenschaften im Torgauer Raum begünstigen aufgrund der Wassermengenverfügbarkeit (der Grundwasserleiter des oberen Stockwerkes ist bis zu 60 m mächtig) und der naturgegebenen Grundwassergüte die Trinkwassergewinnung im besonderen Maße.

- 2. Mit der Schließung des Wasserwerkes Mockritz werden Kapazitäten für eine flexible Reaktion bei Güteproblemen aufgegeben.*

Durch die Schließung des Wasserwerkes Mockritz werden die Spielräume für das Förderregime zur Sicherung von Menge und Wassergüte entsprechend Trinkwasserverordnung reduziert. Die Wasserwerke Mockritz (Fassung I) und Torgau-Ost haben eine völlig verschiedene Fördercharakteristik. Das Wasserwerk Mockritz ermöglicht ein höheres Maß an Flexibilität im Falle von Havarien und Kontaminationen, da jeweils auf einen zweiten leistungsfähigen Standort ausgewichen werden kann. Alle Fassungen des Wasserwerkes Torgau-Ost liegen elbnah und sind daher bei einem die Elbe betreffenden Störfall gleichermaßen gefährdet. Zum Beispiel könnte man in diesem Falle das Wasserwerk Torgau-Ost einfach vorübergehend abschalten und Wasser vom Wasserwerk Mockritz einspeisen, wodurch Kontaminationen sehr viel später oder aufgrund von Eliminierungsprozessen (längerer Weg, mehr Zeit) gar nicht bei den Wasserfassungen eintreffen würden.

- 3. Erhöhte Wasserförderungen im Wasserwerk Torgau-Ost können zu neuen Güteproblemen führen.*

Es bestehen gegenwärtig noch Unsicherheiten darüber, wie sich die Wassergüte im Wasserwerk Torgau-Ost (landseitiger Zufluss) bei *hoher* Auslastung längerfristig verändern würde. Hinzu kommt, dass durchaus auch einige Bereiche mit höherer Belastung existieren. Möglicherweise müsste deshalb auch im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Torgau-Ost über einen erweiterten Grundwasserschutz nachgedacht werden.

- 4. Es ist bei der Schließung eines Wasserwerkes auch mit zusätzlichen Kostenbelastungen zu rechnen.*

Sie sind beispielsweise möglich durch:

- zusätzliche Versorgungsleitungen, wenn bisherige Fernwasserversorgungen erhalten werden sollen. Das betrifft insbesondere den Export in Richtung Sachsen-Anhalt und die

Kommunalen Wasserwerke Leipzig über den Nordring.

- Restbuchwerte des Wasserwerkes Mockritz (das Wasserwerk wurde zwar 1964 wieder aufgebaut, aber von 1992 bis 1996 wurde die Bauhülle saniert bzw. 1994 wurde die Aufbereitungstechnologie erneuert), Rückbau des Wasserwerkes und der Förderbrunnen.

Wird ein Resümee gezogen, kann durchaus konstatiert werden, dass eine Reihe von Argumenten für eine vollständige Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz spricht. Aber es sind auch Argumente gegen eine Aufhebung dieses Schutzgebietes zu verzeichnen. Sie sind vor allem bei einer relativ *hohen* Auslastung des Wasserwerkes Torgau-Ost im Falle einer optimistischen Annahme zur Fernwassernachfrage nicht von der Hand zu weisen. Allerdings sind mit diesen Gegenargumenten viele Fragen verbunden, für deren Klärung weitere Untersuchungen noch erforderlich wären. Diese Situation spricht dafür, die Handlungsoptionen „Beibehaltung und vollständige Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz“ lediglich im Kontext der *eher realistischen Annahme* zur Entwicklung der Fernwassernachfrage zu untersuchen.

Tab. 4: Basisdaten zur Ermittlung der Ressourcenschutzkostenintensität der TWSG Mockritz und Torgau-Ost.

Kennziffern	Maßeinheit	1993	1999	2000
Mockritz	[ha]	14.470,75	14.470,75	0
Torgau-Ost	[ha]	3.014,66	3.014,66	3.014,66
LN-Flächen in TWSG				
Mockritz	[ha]	9.311,07	9.311,07	0
Torgau-Ost	[ha]	2.521,13	2.521,13	2.521,13
Trinkwasser pro Jahr je ha TWSG-Fläche				
Mockritz	[m ³ /ha]	1.336,83	487,47	0
Torgau-Ost	[m ³ /ha]	7.881,98	6.538,64	8.878,56 ^b
Siedlungsfläche in TWSG				
Mockritz	[ha]	698,60	740,62	0
Torgau-Ost	[ha]	141,65	148,40	149,54
Straßen-Kilometer in TWSG				
Mockritz	[km]	58,24	58,24	0
Torgau-Ost	[km]	18,04	18,04	18,04
Anzahl Ölheizungsanlagen in TWSG				
Mockritz			953	0
Torgau-Ost			220 ^a	220
Anzahl Tankstellen in TWSG				
Mockritz			15	0
Torgau-Ost			keine Angaben	keine Angaben

^a Schätzwerte

^b Für das Jahr 2000 wurde die Trinkwasserförderung der Wasserwerke Mockritz und Torgau-Ost des Jahres 1999 zugrunde gelegt.

c.3) Szenarienableitung

Analog der in Kapitel 2.4.1 beschriebenen Vorgehensweise ergibt die Kombination von Handlungsalternativen, Entwicklungsrahmen und sozioökonomischen Anpassungsreaktionen die entsprechenden Szenarien. Im Falle der extremen Anpassung der Fernwasserkapazitäten im Untersuchungsgebiet an den Fernwasserbedarf sind zwei Handlungsalternativen von Interesse: die Alternative A₁ „Erhaltung des TWSG Mockritz und keine zusätzliche Erschließung von Kieslagerstätten“ und die Alternative A₂ „Aufhebung des TWSG Mockritz und keine zusätzliche Erschließung von Kieslagerstätten“.

Wie aus der Formulierung der beiden Alternativen hervorgeht, wird unterstellt, dass keine zusätzlichen Kiesabbaustätten erschlossen werden. Dafür sind folgende Gründe maßgebend:

- Das Untersuchungsziel ist auf das Handlungsfeld „Erhaltung/Reduzierung von Trinkwasserschutzgebieten“ eingeschränkt und damit auf die Analyse und Bewertung der Effekte von Trinkwasserschutzoptionen fokussiert.
- Des Weiteren ist diese Vorgehensweise dadurch gerechtfertigt, dass im Gebiet westlich der Elbe keine Anträge auf Kiesabbau gestellt wurden.

Für die beiden Alternativen wurde der Entwicklungsrahmen SPARFLAMME zugrunde gelegt.³¹ Das heißt, dass die entsprechenden Annahmen sowohl für die teilweise Reduzierung als auch für die vollständige Aufhebung des TWSG Mockritz gelten. Dies betrifft auch die Annahmen zur Siedlungsentwicklung (vgl. Kap. 2.2.5). Also auch bei vollständiger Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz wird die Elbaue nicht stärker besiedelt. Für diese Annahmen sprechen die Ausweisung der Elbauen als Vorranggebiet für Trinkwasser und ihre Ausweisung als Landschaftsschutzgebiet. Ebenso sind die Annahmen zum Intensitätsgrad der Landwirtschaft in Kapitel 2.2.4 sowie zu Aufforstung und Waldumbau in Kapitel 2.2.6 bei vollständiger Aufhebung des Mockritzer Trinkwasserschutzgebietes heranzuziehen.

Die Kombination von Entwicklungsrahmen SPARFLAMME und den Handlungsalternativen „Erhaltung des TWSG Mockritz und keine zusätzliche Erschließung von Kieslagerstätten“ (A₁) und „Aufhebung des TWSG Mockritz und keine zusätzliche Erschließung von Kieslagerstätten“ (A₂) bei nur einem Muster sozioökonomischer Anpassungsreaktionen ergeben schließlich

- das Extremszenario EX₁ als Referenzszenario und
- das Extremszenario EX₂.

Die Szenarien werden für den Zeitraum 1993 bis 2030 untersucht. Für das Extremszenario EX₂ wird angenommen, dass das Trinkwasserschutzgebiet Mockritz – analog zu den Annahmen für die SPARFLAMME-, REALO- und GRÜNDERZEIT- Szenarien – im Jahre 2000 aufgehoben wird.

³¹ Wie dem Kapitel 2.2.7 zu entnehmen ist, unterscheiden sich die SPARFLAMME- von den REALO-Bedingungen lediglich im Themenfeld „Kiesnachfrage und -produktion“.

Aufgrund der bestehenden Ungewissheiten und einer nur angestrebten Partialanalyse werden die Szenarien EX_1 und EX_2 gesondert betrachtet und nicht durchgängig in die beispielhafte Anwendung des Bewertungsverfahrens einbezogen.

d) Struktur der Anpassungsreaktionen

Die Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz führt zu einer Reihe von Anpassungsreaktionen, die bezüglich ihrer ökonomischen Effekte erfasst und im Kapitel 5.1 bewertet werden (vgl. Kap. 5.1). Analog zur Struktur der Anpassungsreaktionen unter den Entwicklungsbedingungen SPARFLAMME und REALO handelt sich um folgende Effekte:

Die Anpassungsreaktionen der Landwirte infolge Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz (vgl. Tab. 4) führen zu Veränderungen des Faktoreinsatzes und der Erträge, die sich in entsprechenden Wohlfahrtsgewinnen niederschlagen. Sie werden in den Rechnungen zur *Nutzen-Kosten-Analyse für die Szenarien EX_1 und EX_2* erfasst (vgl. Kap. 5.1 in diesem Bericht). Die Flächendaten sind Gegenstand des Kapitels 2.3.2, die Flächeneinkommen werden in Kapitel 4.4 diskutiert.

Durch die Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz entfallen trinkwasser-schutzbedingte Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen für Straßen, verändern sich die Vorsorgekosten der Abwasserentsorgung und die Kontrollmaßnahmen für Ölheizungsanlagen und Tankstellen (vgl. Tab. 4).

Anpassungsreaktionen der Wasserwerke infolge veränderter Nitratsituationen im Grundwasser, die für die Szenarien unter den Bedingungen von SPARFLAMME, REALO und GRÜNDERZEIT untersucht wurden, sind im Fall der Extremszenarien EX_1 und EX_2 nicht relevant, da für den Untersuchungszeitraum keine Wiederaufnahme einer Trinkwasserförderung im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Mockritz angenommen wird. Somit entfällt die Ermittlung der Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung infolge veränderter Emissionspotenziale der Landnutzungen.

Durch die Schließung des Wasserwerkes Mockritz sind allerdings

- *Kostenerhöhungen* durch zusätzliche Versorgungsleitungen, Rückbau von Wasserwerksanlagen und Förderbrunnen, aber auch
- *Kosteneinsparungspotenziale* durch höhere Auslastung der Anlagen, Möglichkeiten der Reduzierung von Angebotspreisen für Fernwasser und damit verbundener Erhöhung von Anteilen am Trinkwassermarkt

zu erwarten. Aufgrund einer unzureichenden Datenverfügbarkeit wird von den zuvor genannten Effekten abstrahiert. Die auf die Trinkwasserschutzoptionen bezogene Nutzen-Kosten-Analyse für die Szenarien EX_1 und EX_2 erfolgt in Kapitel 5.1.

2.5 Anhang zu Kapitel 2:

Befragung der Landwirte in Trinkwasserschutzgebieten des Torgauer Raumes

Stefan Geyley

a) Anliegen

Zur Vorbereitung der ökonomischen Bewertung der Trinkwasserschutzrestriktionen wurde eine Befragung von Landwirten in den Trinkwasserschutzgebieten (TWSG) Mockritz und Torgau-Ost durchgeführt. Hierdurch sollten regionale Informationen zu den folgenden Fragen gewonnen werden:

- Welche Bewirtschaftungsformen herrschen in den Trinkwasserschutzgebieten vor?
- Welchen Einfluss hat die Lage von landwirtschaftlichen Betriebsflächen in Trinkwasserschutzgebieten auf die Entscheidung der Landwirte, am Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft“ (UL) teilzunehmen?
- Wie werden die Trinkwasserschutzrestriktionen durch die Landwirte beurteilt?

Mit der Befragung sollten vor allem qualitative Informationen zu den o.g. Fragestellungen gewonnen werden. Die Informationen gingen in die Szenarienableitung (vgl. Messner et al. 2001, S. 99 ff.) ein und wurden bei der Erarbeitung notwendiger Annahmen für die Nutzen-Kosten-Analyse (Kap. 2.3.2 und 4.4.1 im vorliegenden Bericht) und sowie zur Interpretation der Bewertungsergebnisse (vgl. Messner/Geyley 2001) herangezogen.

b) Befragungsdesign

Die Befragung wurde im Januar/Februar 2000 durchgeführt. Die Grundlage bildete ein standardisierter Fragebogen, welcher im persönlichen Gespräch mit den Landwirten ausgefüllt wurde. Insgesamt nahmen 23 Landwirte an der Befragung teil, von denen 18 im TWSG Mockritz und 5 im TWSG Torgau-Ost wirtschafteten.

Unter den befragten Betrieben waren 16 Einzelunternehmen, vier Gesellschaften bürgerlichen Rechts sowie jeweils eine Genossenschaft, eine Aktiengesellschaft und eine GmbH. Die Betriebsgröße schwankte zwischen 40 und 2.300 ha und betrug im Mittel (Median) 545 ha.

Die gesamte erfasste Fläche (Ackerland und Grünland) betrug 13.043 ha. Davon lagen 53,3% in Trinkwasserschutzgebieten. Diese Fläche von 6.955 ha unterteilte sich in 6.182 ha Ackerland und 773 ha Grünland. Unterteilt nach den zwei Bodenklassen zeigte sich, dass 70% der im TWSG erfassten Ackerböden und 94% des erfassten Grünlandes gute Standortigenschaften aufwiesen (im Weiteren als „Elbaueböden“ von den ertragsschwachen „Heideböden“ unterschieden).

Die befragten Betriebe unterschieden sich ebenfalls hinsichtlich der Betriebssysteme. Ungefähr ein Drittel der Landwirte waren auf Marktfruchtanbau spezialisiert, ein Drittel wirt-

schaftete gemischt, während ein Drittel sich auf die Veredlung und den Futterbau spezialisierte. Zu letzteren gehörten vier Schäfereien, welche insbesondere die elbnahen Grünlandflächen bewirtschafteten. Die mittlere Viehdichte ist mit 0,6 Großvieheinheiten pro Hektar (GV/ha) relativ niedrig.

Nur in einem Fall lagen die Bewirtschaftungsflächen der Landwirte vollständig im Trinkwasserschutzgebiet. Im Mittel lagen 45% (TWSG Torgau-Ost) und 57% (TWSG Mockritz) der bewirtschafteten Flächen im Trinkwasserschutzgebiet (Medianwerte). Der Minimalwert betrug ca. 15%. Berücksichtigt man beim TWSG Mockritz nur die Schutzzonen 1 bis 3a, dann betrug die mittlere Überschneidung (Median) zwischen der Betriebsfläche und dem Schutzgebiet ungefähr 18%.

c) Ergebnisse

c.1) Landbewirtschaftungsformen im Trinkwasserschutzgebiet

Ein Ziel der Befragung war die Erhebung der Landbewirtschaftungsformen im Trinkwasserschutzgebiet. Hierbei wurde beim Ackerbau zwischen der konventionellen Bewirtschaftung, dem „integrierten Ackerbau“ und der ökologischen Bewirtschaftung unterschieden (vgl. Messner et al. 2001, S. 99 ff.). Bei der Grünlandbewirtschaftung interessierte die Teilnahme am Programm KULAP I. Gleichzeitig sollte der Einfluss der Standortverhältnisse auf die Wahl der Bewirtschaftungsform untersucht werden.

Die Befragung ergab, dass im TWSG Mockritz alle drei Bewirtschaftungsformen des Ackerbaus vorkamen, während im TWSG Torgau-Ost nur integrierter Ackerbau durchgeführt wurde (vgl. Tab. 1). Im Rahmen der Zusatzförderung II wurden insbesondere die Förderung von Mulchsaat (7 Nennungen) in Anspruch genommen, gefolgt vom Zwischenfruchtanbau (3 Nennungen) und von der Begrünung von Stilllegungsflächen. Das Programm KULAP I wurde von knapp der Hälfte der Landwirte genutzt. Hierbei dominierten die Teilprogramme „extensive Weidenutzung“ (7 Nennungen), gefolgt vom „Reduzierten Mitteleinsatz“ (4 Nennungen).

Tab. 1: Anzahl der an den abgefragten Bewirtschaftungsformen teilnehmenden Betriebe.

TWSG	Häufigkeit der Antworten, Teilnahme an:							
	Programm Umweltgerechte Landwirtschaft		Integr. Landbau			Ökolog. Landbau	KULAP I	KULAP II
	Ja	Nein	GF	Z I	Z II			
Mockritz	8	10	5	3	4	2	8	1
Torgau-Ost	0	5	4	4	3	0	2	0
Gesamt	8	15	9	7	7	2	10	1

Über das Teilnahmeverhalten der Landwirte an den Extensivierungsprogrammen lassen sich Aussagen auf die Flächenverhältnisse der Bewirtschaftungsformen im TWSG ableiten (siehe Tab. 2). Hinsichtlich der ackerbaulichen Bewirtschaftung zeigte sich, dass der ökologische Landbau flächenmäßig praktisch keine Rolle spielt. Der konventionelle Ackerbau ist auf den guten Standorten (Elbaue) stärker ausgeprägt als auf den schlechten Standorten (Heidegebiete). Gleichzeitig war der konventionelle Ackerbau in der Trinkwasserschutzzone (TWSZ) 3b stärker ausgeprägt als in der Schutzzone 1 bis 3a. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass die Schutzrestriktionen in der Schutzzone 3b erst ab 1998 durchgesetzt wurden.³²

Tab. 2: Flächenanteile der abgefragten Bewirtschaftungsformen für Ackerbau in den TWSG

TWSZ	Boden- qualität	LBF	TWSG Mockritz		TWSG Torgau-Ost		Torgau-Ost + Mockritz	
			[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
TWSZ 1 - 3a	Elbe	kL	935,5	51	0	0	935,5	35
		iL	876,1	48	842	100	1718,1	64
		öL	23,0	1	0	0	23,0	1
	Heide	kL	36,0	15	0	0	36,0	11
		iL	200,5	85	90	100	290,5	89
		öL	0	0	0	0	0	0
TWSZ 3b	Elbe	kL	1672,0	100	0	0	1672,0	100
		iL	0	0	0	0	0	0
		öL	4,5	0	0	0	4,5	0
	Heide	kL	503,5	34	0	0	503,5	34
		iL	963,2	64	0	0	963,2	64
		öL	32,0	2	0	0	32	2

LBF - Landbewirtschaftungsform
iL – integrierter Landbau
kL – konventioneller Landbau
öL – ökologischer Landbau

Die Teilnahme der Landwirte am Programm KULAP I bewirkte, dass ungefähr die Hälfte der förderfähigen Grünlandflächen in den TWSG entsprechend dem Programm bewirtschaftet wurden (vgl. Tab. 3). Über 90% des erfassten Grünlandes befindet sich auf guten Böden – vor allem in den elbnahen Aueniederungen. Aus diesem Grund lassen sich keine vergleichenden

³² Die verspätete Durchsetzung der Trinkwasserschutzrestriktionen in der Zone 3b könnte sich infolge des nicht definierten Überganges von den Schutzrichtlinien alten Rechts zu Schutzrichtlinien neuen Rechts ergeben haben. Die mit der Ausweisung des TWSG Mockritz erarbeiteten Schutzrichtlinien beruhen auf der Technischen Gütevorschrift und Lieferbedingung (TGL) 24348 – Trinkwasserschutzgebiete von 1979. Diese sah für die äußerste Schutzzone 4 bei der Landwirtschaft keine wesentlichen Restriktionen vor. Nach dem neuen Recht wird die Schutzzone 3b (dem Äquivalent zur Schutzzone 4) wie die Schutzzone 3a mit hohen landwirtschaftlichen Restriktionen belegt. Es ist zu vermuten, dass im Falle des TWSG Mockritz dieser Wechsel der Richtlinien aufgrund behördeninterner Koordinationsprobleme verspätet erfolgte.

Aussagen zum Einfluss der Standortgegebenheiten auf die Bereitschaft der Landwirte zur Teilnahme am KULAP-I-Programm ableiten.

Tab. 3: Flächenverhältnis des Grünlandes in den TWSG mit bzw. ohne KULAP-Bewirtschaftung.

TWSZ	Bodenqualität	LBF	Mockritz		Torgau-Ost		Torgau-Ost + Mockritz	
			[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
1 - 3a	Elbe	ohne KULAP	245,00	60	60	30	305,00	50
		mit KULAP	162,50	40	140	70	302,5	50
	Heide	ohne KULAP	0	0	5	100	5,00	49
		mit KULAP	5,23	100	0	0	5,23	51
3b	Elbe	ohne KULAP	15,00	13			15,00	13
		mit KULAP	101,00	87			101,00	87
	Heide	ohne KULAP	5,00	13			5,00	13
		mit KULAP	33,73	87			33,73	87

LBF – Landbewirtschaftungsform

Der Zusammenhang zwischen Trinkwasserschutzrestriktionen und Bereitschaft der Landwirte zur Teilnahme am Programm UL – wie er sich beim Ackerbau andeutete – wurde durch die erfragte Begründung der Landwirte für ihre Teilnahme/Nichtteilnahme bestätigt.

Bei der Beantwortung der Frage, inwieweit die Lage der Bewirtschaftungsflächen in den Trinkwasserschutzgebieten eine Rolle bei der Teilnahme am Programm UL spielt, kreuzten vier der fünfzehn Landwirte die Antwort „wesentlich“ an, drei weitere die Antwort „auch“, während acht Landwirte keinen Zusammenhang manifestierten. Als weitere Gründe für eine Teilnahme am Programm UL wurden im wesentlichen „Einkommenseffekte“ und „finanzielle Aspekte“ genannt (9 mal). Zusätzlich wurden u.a. die Argumente „Teilnahme am Programm UL als Nachweis kontrollierter Produktion zu Marketingzwecken“ und „verbesserter Überblick über die eigenen Produktionsabläufe infolge der Schlagdateiführung“ aufgeführt. Teilweise wurde aber auch angemerkt, dass sich die Teilnahme am UL-Programm nur langfristig lohne.

Gegen das KULAP-I-Programm wurden Bedenken derart geäußert, dass sich durch die extensive Bewirtschaftung die Artenzusammensetzung für die Landwirte negativ verändere (4 Nennungen). Aus diesen Gründen waren auch schon zwei Landwirte wieder aus dem KULAP-Programm ausgestiegen – trotz Lage im Trinkwasserschutzgebiet.

Dass die Frage der Teilnahme/Nichtteilnahme am Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft“ jedoch von weit mehr Faktoren als der Lage im Trinkwasserschutzgebiet abhängt, verdeutlicht die Auflistung (Tab. 4) der Gründe, die von den *nicht* am Programm UL teilnehmenden Landwirten aufgeführt wurden.

Tab. 4: Begründungen von Landwirten für die Nichtteilnahme am UL-Programm.

Begründung für Nichtteilnahme am Programm UL	Häufigkeit der Nennung
Einschränkung Fruchtfolge	3
Aufwand für Nachweise	2
Einsatz von Klärschlamm	1
Einschränkung von N-Menge	1
Kontrolle über Betrieb wird abgelehnt	1
Aufwand rechtfertigt nicht den Ertrag	1

c.2) Relevante Restriktionen

Der zweite Schwerpunkt bei der Befragung war die Einschätzung der Relevanz der Trinkwasserschutzrestriktionen durch die Landwirte. Ziel war es, die Bedeutung der in den gesetzlichen Bestimmungen aufgelisteten Restriktionen und Verbote gegeneinander abzuwägen und somit die wichtigsten herauszuarbeiten.

Die Tabelle 5 zeigt, wie oft die einzelnen Restriktionen von den Landwirten als relevant eingeschätzt wurden.

Tab. 5: Häufigkeit der Nennung der Relevanz der TW-Schutzrestriktionen für den jeweiligen Betrieb.

Effekte der Schutzrestriktionen	Häufigkeit der Nennung		
	Mockritz	Torgau-Ost	Σ
Ertragsausfall infolge Düngebeschränkung	14	4	18
Kostenerhöhungen infolge Auflage zur ganzjährigen Begrünung	13	3	16
Ertragsausfall infolge Einschränkung bei Fruchtfolge	10	2	12
Kostenerhöhung infolge Restriktionen bei PSM-Auswahl	9	3	12
Kostenerhöhungen infolge veränderter Bodenbearbeitung	7	3	10
Ertragsausfall /Kostenerhöhung bei Viehhaltung / Milchproduktion	6	2	8
Kosten durch Wasserschutzauflagen an Anlagen und beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – die nur in TWSG anfallen und nicht generell gefordert werden.	4	3	7
sonstige	0	2	2

Aufgrund der Tatsache, dass nur zweimal der Punkt „sonstige“ angekreuzt wurde, lässt sich schlussfolgern, dass in der Tabelle 5 alle wesentlichen Restriktionen aufgelistet sind. Weiterhin zeigt sie, dass neben dem Problem der Düngerreduzierung, welches am häufigsten als relevantes Problem benannt wurde, die Forderung der ganzjährigen Begrünung und die negativen Einflüsse bei der Fruchtfolgegestaltung eine hohe Relevanz haben.

Weiterhin wurden die Landwirte gebeten, die für sie relevanten Restriktionen in eine Rangfolge zu bringen (vgl. Tab. 6). Hierbei wurde Düngebeschränkung am häufigsten auf den

1. Rang gesetzt und kann daher als vergleichsweise schwerwiegendste Restriktion im Vergleich zu den anderen gesehen werden.

Tab. 6: Häufigkeit der Zuordnung der Ränge 1-7 zu den einzelnen Restriktionen entsprechend der Auswirkungen auf den Betrieb. Zusammenfassung für alle Betriebe.

Rang	Düngebeschränkung	Einschränkungen bei Fruchtfolge	veränderte Bodenbearbeitung	Restriktionen bei PSM-Auswahl	Auflage zur Begrünung	zus. Kosten bei Viehhaltung / Milchproduktion	Wasserschutzauflagen bei Umgang m. wassergefährdenden Stoffen	sonstige Gründe	Σ
1. Rang	9	2	2	2	3	0	1	1	20
2. Rang	4	2	2	2	1	2	0	1	14
3. Rang	0	3	2	3	2	1	1	0	12
4. Rang	1	1	0	2	3	1	0	0	8
5. Rang	0	1	0	1	3	0	1	0	6
6. Rang	0	0	0	0	0	1	1	0	2
7. Rang	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	14	9	6	10	12	5	4	2	62

Eine Differenzierung der Antworten nach den Bewirtschaftungsformen ergab eine unterschiedliche Wichtung der Restriktionen durch die konventionell wirtschaftenden Landwirte im Vergleich zu den integriert wirtschaftenden Landwirten (Tab. 7 und 8).

Tab. 7: Häufigkeit der Zuordnung der Ränge 1-7 zu den einzelnen Restriktionen entsprechend der Auswirkungen auf den Betrieb. Antworten der konventionell wirtschaftenden Betriebe.

Rang	Düngebeschränkung	Einschränkungen bei Fruchtfolge	veränderte Bodenbearbeitung	Restriktionen bei PSM-Auswahl	Auflage zur Begrünung	zus. Kosten bei Viehhaltung / Milchproduktion	Wasserschutzauflagen bei Umgang m. wassergefährdenden Stoffen	sonstige Gründe	Σ
1. Rang	1	2	0	1	2	0	0	0	6
2. Rang	3	1	0	0	0	1	0	0	5
3. Rang	0	0	1	1	2	0	0	0	4
4. Rang	1	0	0	1	1	0	0	0	3
5. Rang	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Σ	5	3	1	4	5	1	0	0	19

Tab. 8: Häufigkeit der Zuordnung der Ränge 1-7 zu den einzelnen Restriktionen entsprechend der Auswirkungen auf den Betrieb Antworten der integriert wirtschaftenden Betriebe.

Rang	Düngebeschränkung	Einschränkungen bei Fruchtfolge	veränderte Bodenbearbeitung	Restriktionen bei PSM-Auswahl	Auflage zur Begrünung	zus. Kosten bei Viehhaltung / Milchproduktion	Wasserschutzauflagen bei Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	sonstige Gründe	Σ
1. Rang	7	0	1	1	1	0	1	1	12
2. Rang	1	1	2	2	0	1	0	1	8
3. Rang	0	2	1	2	0	1	1	0	7
4. Rang	0	1	0	1	2	1	0	0	5
5. Rang	0	1	0	0	3	0	1	0	5
6. Rang	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Σ	8	5	4	6	6	4	4	2	39

Die Düngebeschränkung wurde nur beim „integrierten Landbau“ als schwerwiegendste Restriktion im Vergleich zu den anderen Restriktionen empfunden. Bei den konventionell wirtschaftenden Landwirten war dies jedoch nicht der Fall. Hier wurden die Probleme der Fruchtfolgebeschränkung und die Auflagen zur ganzjährigen Begrünung teilweise höher gewichtet als bei den integriert wirtschaftenden Landwirten.

c.3) Veränderung der Bewirtschaftung bei Wegfall der Trinkwasserschutzrestriktionen

Beim dritten Schwerpunkt der Befragung war von Interesse, wie die Landwirte in Reaktion auf die Aufhebung von Trinkwasserschutzzonen ihre Bewirtschaftung verändern. Hierbei wurde eine Aufhebung der Trinkwasserschutzzonen 3b sowie der Zone 3a ostelbig des TWSG Mockritz sowie eine vollständige Aufhebung des TWSG Torgau-Ost vorgegeben.

Die Befragung ergab, dass vier Landwirte ihre Bewirtschaftungsform verändern würden. Drei der Landwirte nehmen gegenwärtig am Programm „Integrierter Ackerbau“ teil. Weiterhin zeigte auch ein ökologisch wirtschaftender Landwirt Interesse an der Aufgabe dieser Bewirtschaftungsform. Wie die Tabelle 9 zeigt, würde einer der integriert wirtschaftenden Landwirte zur konventionellen Bewirtschaftung wechseln, während alle drei Landwirte die Zusatzförderung I aufgeben würden sowie zwei der Landwirte die Zusatzförderung II. Ein Austritt aus dem KULAP-Programm wurde von keinem der Landwirte in Erwägung gezogen.

Tab. 9: Veränderung der Teilnahme bei Teilen des UL-Programmes in Abhängigkeit von Verkleinerung bzw. Aufhebung der TWSG.

Teilprogramme des „integrierten Landbaus“	Anzahl der teilnehmenden Landwirte	
	TWSG Stand 1999	TWSG verkleinert/aufgelöst
Grundförderung	9	8
Zusatzförderung I	7	4
Zusatzförderung II	7	5

Weiterhin wurde nach konkreten Veränderungen der Bewirtschaftung infolge des Wegfalles der Restriktionen gefragt. Die Antworten sind in Tabelle 10 aufgelistet und bestätigen im Wesentlichen die Wertung der einzelnen Restriktionen, wie sie oben beschrieben wurde.

Tab. 10: In Erwägung gezogene Bewirtschaftungsveränderungen auf den aus den TWSG herausfallenden Ackerflächen.

Frage	Häufigkeit der Antwort:	
	Ja	Nein
Erhöhung der Düngung	11	10
Veränderung der Fruchtfolge	8	13
Wiedereinsatz von Pestiziden mit W-Auflage	8	13
Erhöhung Viehbesatz	1	20

Bei einer Veränderung der Düngungsstrategie würden 9 Landwirte auf erhöhten Mineraldüngereinsatz zurückgreifen, während acht Landwirte (auch) den Wirtschaftsdüngereinsatz erhöhen würden. Drei Landwirte würden den Anteil des Wirtschaftsdüngers erhöhen, ohne dabei den Gesamtdüngereinsatz zu vergrößern. Eine Erhöhung des Düngereinsatzes erfolgt bei allen konventionell wirtschaftenden Landwirten, darüber hinaus auch bei 33% der integriert wirtschaftenden, die ihre Teilnahme am Programm UL nicht verändern würden und bei 66% der Landwirte mit UL, die auch die Teilnahme am UL überdenken würden.

d) Diskussion

Der Rahmen und Umfang der Befragung gibt einen konkreten Einblick in die Situation der Trinkwasserschutzzonen. Es lassen sich jedoch keine verallgemeinerbaren Schlussfolgerungen aus den gewonnenen Aussagen ziehen.

Die verringerte Aussagekraft ergibt sich nicht zuletzt durch die verspätete Durchsetzung der Trinkwasserschutzrestriktionen in den Zonen 3b des TWSG Mockritz. Daher ist zu vermuten, dass sich die Landwirte mit einem übermäßigen Flächenanteil an Flächen in den Trinkwasserschutzzonen hinsichtlich der Bewirtschaftung noch nicht auf die Schutzrestriktionen eingestellt haben.

Darüber hinaus gab es auch Ausnahmegenehmigungen für das Gebot der ganzjährigen Begrünung auf den guten Standorten. Als Begründung wurde von Seiten der Landwirte angeführt, dass die beim Zwischenfruchtanbau notwendige Bodenbearbeitung im Frühjahr auf den Lehmböden sehr kostenintensiv und uneffektiv ist.

Insgesamt zeigten sich neben den Ähnlichkeiten in den Anforderungen zwischen den Programmen „Integrierter Ackerbau“ und „Trinkwasserschutzrestriktionen“ auch Unterschiede im Detail. In den Trinkwasserschutzrestriktionen werden Bodenproben auf den Stickstoffgehalt im Herbst untersucht mit der Restriktion, dass den Landwirten bei einer Überschreitung der Höchstmenge die Schutzausgleichszahlungen für diese Fläche entzogen werden. Dadurch ergibt sich laut Auskunft der Landwirte die Notwendigkeit, teilweise unterhalb der erlaubten Düngermenge zu bleiben. Diese Bodenproben werden im Rahmen des Programmes „integrierter Ackerbau“ laut Auskunft der Landwirte nicht durchgeführt. Dagegen wurde das Programm „integrierter Ackerbau“ aufgrund der Vorschrift zur dreifeldrigen Fruchtfolge von Landwirten in den Trinkwasserschutzzonen abgelehnt.

3 Schritt 2: Bewertungskriterien und Unsicherheit

In diesem Kapitel werden die Bewertungskriterien kurz vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit den Stakeholdern erarbeitet wurden (Kap. 3.1). Außerdem wird die methodische Frage des Umgangs mit den Unsicherheiten in Bezug auf die Datenwerte für die Kriterien aufgegriffen und erörtert (Kap. 3.2).

3.1 Problemspezifische Kriterien für den Torgauer Raum

Frank Messner, Bernd Klauer und Martin Volk

Eine ausführliche Beschreibung der Bewertungskriterien und ihrer Ableitung für die Fallstudie im Torgauer Raum ist in Klauer et al. (2001) zu finden. An dieser Stelle werden die Kriterien daher lediglich in Kurzform präsentiert.

Wesentliche qualitative Anforderungen, die an die Kriterien gestellt werden, sind Relevanz, Vollständigkeit, Erfassbarkeit, Bekanntheit des Überschneidungsgrades, Praktikabilität, Suggestivkraft und Akzeptanz. Die Kriterien werden auf der Basis der erwarteten Szenarieneffekte abgeleitet, wobei aufgrund der Differenzbetrachtung nur Effekte relevant sind, die sich in ihrer Ausprägung im Vergleich zu den anderen Szenarien unterscheiden. Unter diesen Vorbedingungen wurden sechs Kriterien ausgewählt, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Nettonutzen: Mit diesem Kriterium werden im Prinzip alle Wohlfahrtswirkungen in Form von in Geldwerten bezifferbaren Nutzen und Kosten eines Szenarios (im Vergleich zu einem Referenzszenario) erfasst. Es könnte daher behauptet werden, dass dieses eine Kriterium als übergreifendes Bewertungskriterium ausreicht. Aus methodischen Gründen sind aber verschiedenartige ökonomische, ökologische und soziale Effekte nicht sinnvoll in Nutzen-Kosten-Kategorien fassbar, so dass die Auswahl zusätzlicher Kriterien notwendig ist.

Bruttowertschöpfung: Dieses Kriterium misst die wirtschaftliche Leistung einer Region. Vereinfacht gesagt werden die Einkommen aus unselbständiger Arbeit und aus Unternehmertätigkeit und Vermögen aufsummiert in einem Wert zusammengefasst. Da die Szenarien unterschiedliche wirtschaftliche Aktivitäten zum Gegenstand haben (Kiesabbau, Landwirtschaft etc.), ist dieses Kriterium geeignet, die Einkommensschaffung der Region abzubilden.

Zahl der Beschäftigten: Dieses Kriterium hat im Torgauer Raum, der von überdurchschnittlich hoher Arbeitslosigkeit betroffen ist, eine besondere Relevanz. Da fehlende Beschäftigung häufig der Ausgangspunkt von Verarmung, Kriminalität und Abwanderung ist, wohnt diesem Kriterium eine starke soziale Komponente inne.

Grundwasserneubildung minus -entnahme: Die Veränderung von Trinkwasserschutzgebieten und der Abbau von Kies haben Einfluss auf den Grundwasserhaushalt, der sich vereinfacht als Differenz von Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahme zu Nutzungszwecken erfassen lässt. Dieses Kriterium beinhaltet implizit auch die ökologischen Implikationen

gestörter Grundwasserhaushalte, wenn z.B. wegen veränderter Grundwasserstände oder Grundwasserneubildungsraten gewachsene Ökosysteme gefährdet sind.

Nitrat-Konzentration im Sickerwasser: Eine Reduzierung von Trinkwasserschutzgebieten führt zu einer Aufhebung von landwirtschaftlichen Auflagen in Bezug auf den Einsatz von Düngemitteln. Somit ist in den Szenarien mit veränderten grundwasserbelastenden Stickstoffdüngereinträgen zu rechnen, die durch das genannte Kriterium erfasst werden.

Naturschutzfachliche Bewertung der Wirkungen des Kiesabbaus und der entstehenden Kieselseen: Während die Erholungsnutzung der entstehenden Kieselseen in der Nutzen-Kosten-Betrachtung einbezogen werden kann, sind viele kleinere ökologische Effekte des Kiesabbaus nicht ohne größeren Aufwand in monetären Einheiten zu messen. Die rein ökologischen Wirkungen des Kiesabbaus wurden daher durch Anwendung naturschutzfachlicher Bewertungskonzepte in die Analyse einbezogen.

Einen zusammenfassenden Überblick über die gewählten ökonomischen, sozialen und ökologischen Kriterien gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Die sechs problemspezifischen Bewertungskriterien.

Kategorie	Kriterium	Erläuterung und Begründung
ökonomisch	Nettonutzen	Der Nettonutzen, der durch die traditionelle ökonomische Bewertungsmethode der Nutzen-Kosten-Analyse ermittelt wird, misst die Wohlfahrtseffekte einer Entscheidung.
	Bruttowertschöpfung	Die Bruttowertschöpfung ist ein Indikator für die wirtschaftliche Leistung einer Region, der aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung stammt.
sozial	Zahl der Beschäftigten	Die Zahl der Beschäftigten spielt in politischen Diskussionen häufig eine herausragende Rolle.
ökologisch	Grundwasserneubildung minus Grundwasserentnahme	Die Differenz aus Grundwasserneubildung und -entnahme ist ein wichtiger Indikator für die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Grundwasser.
	Nitrat-Konzentration im Sickerwasser	Nitrat ist der wichtigste Schadstoff, durch den die Landwirtschaft die Umweltqualität beeinträchtigt.
	naturschutzfachliche Bewertung der Wirkungen des Kiesabbaus und der entstehenden Kieselseen	Durch das Abbagern von Kies wird die Landschaft und die Ökosystemstruktur dauerhaft verändert.

3.2 Methodik zur Berücksichtigung indikatorenbezogener Unsicherheit

Martin Drechsler

a) Problemstellung

Die quantitative Bewertung von Indikatoren ist häufig Unsicherheiten unterworfen. Gründe hierfür können die Unvorhersagbarkeit zukünftiger Entwicklungen und unvollständiges Wissen über gegenwärtige Zusammenhänge sein. Als Konsequenz kann ein Indikator oft nicht mehr durch eine einzige Zahl bewertet werden, sondern nur über eine Wahrscheinlichkeitsverteilung bzw. über eine fuzzy number (vgl. Zimmermann 1987). In diesem Beitrag sollen zwei Methoden zur Ermittlung solcher Verteilungen entwickelt werden. Beide Methoden gehen davon aus, dass der Indikator mit Hilfe eines numerischen Modells bewertet wird. Beispielsweise dient in dem integrierten Bewertungsverfahren eine Nutzen-Kosten-Analyse zur Ermittlung des Nettonutzens, eine Input-Output-Analyse zur Ermittlung der Bruttowertschöpfung und ein bodenkundliches Modell zur Ermittlung der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser. Gemeinsam ist allen Modellen, dass aus einer Vielzahl von Eingabegrößen (Parameter) eine oder mehrere Ausgabegrößen, die Indikatoren, berechnet werden.

Zwei Formen von Unsicherheit können hier auftreten: Strukturelle Unsicherheit und Parameterunsicherheit. Strukturelle Unsicherheit liegt vor, wenn die richtige Modellstruktur nicht genau bekannt ist. So kann die zur Berechnung der Nitrat-Konzentration benötigte Grundwasserneubildung beispielsweise über das Modell ABIMO (vgl. Glugla/Fürtig 1997; Volk et al. 2001) als auch über das Modell CANDY (vgl. Franko 1996; Franko et al. 2001) bestimmt werden. Beide Modelle unterscheiden sich grundlegend voneinander und haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, da sie für unterschiedliche Zielsetzungen entwickelt wurden (vgl. Franko et al. 2001; Volk et al. 2001). Es kann nicht entschieden werden, welches der beiden Modelle hinsichtlich der Berechnungen zur Grundwasserneubildung die „richtigeren“ Ergebnisse liefert. „Die vorhandene Datenlage im „Torgauer Raum“ hat dazu geführt, dass die Grundwasserneubildung mit dem Abflussbildungsmodell ABIMO und die Stickstoffauswaschungsraten unter Ackerland mit dem Simulationssystem CANDY ermittelt wurden“ (Franko et al. 2001). Die Ergebnisse der Simulation wurden kombiniert, um flächenhafte Aussagen ermöglichen zu können.

Parameterunsicherheit liegt vor, wenn die Eingangsgrößen der Modelle nur ungenau bekannt sind. Die Nitrat-Konzentration im Sickerwasser hängt beispielsweise von der Grundwasserneubildungsrate ab, für deren Berechnung Klimaparameter wie potenzielle Evapotranspiration, Niederschlag etc. als Inputparameter benötigt werden. Diese Parameter sind allerdings nur mit einer Genauigkeit von plus/minus 7% bekannt (vgl. Wendland/Kunkel 1997; Volk et al. 2001).

b) Zwei Wege zur Ermittlung der Unsicherheit in den Indikatoren

Die Auswirkung der beschriebenen Unsicherheiten auf die Modell-Ausgangsgröße(n) (z.B. Nitrat-Konzentration) kann man mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen ermitteln. Beide im folgenden beschriebenen Methoden nutzen Sensitivitätsanalysen und unterscheiden sich in der Frage, wie die Unsicherheiten, erzeugt durch *verschiedene* Modellparameter, verknüpft werden. Beim ersten Weg geschieht dies durch gleichzeitige Variation aller Parameter, im zweiten werden die Parameter einzeln variiert und die Ergebnisse anschließend wahrscheinlichkeitstheoretisch aggregiert.

Beide Wege kommen im Rahmen des Bewertungsverfahrens zum Einsatz: der erste für die Ermittlung der Unsicherheiten in der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigung (Klauer 2001), der zweite für die Bestimmung der Unsicherheit im Nettonutzen (Messner/Geyler 2001) und in der Nitrat-Konzentration (vgl. Franko et al. 2001). Die Gründe für die unterschiedliche Behandlung der Kriterien liegen in der Praxis begründet: Aus modelltechnischen Gründen war eine simultane Variation aller Parameter bei der Ermittlung von Nettonutzen und Nitrat-Konzentration (Weg 2) nicht möglich. Demgegenüber hat das Modell der Input-Output-Analyse, welches zur Bestimmung von Bruttowertschöpfung und Beschäftigung diente, so viele Parameter, dass die getrennte Variation jedes einzelnen Parameters nicht möglich war. Eine Bewertung, welcher der beiden Wege grundsätzlich vorzuziehen ist, findet sich am Ende dieses Beitrags. In den folgenden beiden Abschnitten werden die beiden Wege beschrieben, der erste am Beispiel des Kriteriums „Bruttowertschöpfung“ (wobei das Kriterium „Beschäftigung“ ganz analog behandelt wird), der zweite am Beispiel der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser (wobei der Nettonutzen analog behandelt wird). Nachfolgend wird auf das Problem der Korrelation eingegangen, bevor die abschließende Bewertung erfolgt.

b.1) Weg 1: gleichzeitige Parametervariation am Beispiel des Kriteriums „Bruttowertschöpfung“

Als erstes werden für alle Parameter des Modells plausible Bandbreiten, d.h. Intervalle für die Parameterwerte, festgelegt (Klauer 2001). Nun wird aus jedem dieser Intervalle zufällig eine Zahl gezogen und dem entsprechenden Parameter zugewiesen. Für diese zufällige Kombination der Modellparameter wird das Modell analysiert und die Indikatoren (Bruttowertschöpfung und Beschäftigte) für alle Alternativen des Bewertungsverfahrens ermittelt. Für die multikriterielle Bewertung von Interesse sind die paarweisen Differenzen zwischen den Alternativen (Drechsler 2001). Es werden also die Bruttowertschöpfungsdifferenzen und die Beschäftigungsdifferenzen für alle Alternativenpaare ermittelt. Diese Prozedur wird nun einige Male, im konkreten Fall der Analyse von Klauer (2001) 100 Mal, durchgeführt. Das Ergebnis sind für jedes Alternativenpaar genau 100 verschiedene Bruttowertschöpfungsdifferenzen und 100 verschiedene Beschäftigungsdifferenzen (vgl. Tab. 1). Die Häufigkeit, mit der bestimmte Differenzen ermittelt wurden, kann durch ein Histogramm dargestellt werden (Abb. 3 in Klauer 2001 und Abb. 1). Das Histogramm bildet gerade die diskrete Version der gewünschten Wahrscheinlichkeitsverteilung für die paarweise Alternativendifferenz, die in Drechsler (2001) zur Ermittlung einer paarweisen Präferenz benötigt wird.

Tab. 1: Bruttowertschöpfungsdifferenzen zwischen den vier Szenarien R_1 bis R_4 des Entwicklungsrahmens REALO (in Mio. DM) aus 100 Simulationen.

Simulation	R_1-R_2	R_1-R_3	R_1-R_4	R_2-R_3	R_2-R_4	R_3-R_4
1	-14,9	3,9	-13,2	18,8	1,7	-17,1
2	-14,9	3,7	-13,3	18,6	1,5	-17,0
3	-16,1	3,9	-14,3	20,1	1,9	-18,2
4	-15,4	4,1	-13,5	19,5	1,9	-17,6
5	-15,0	4,3	-12,9	19,2	2,1	-17,2
6	-15,4	5,1	-12,7	20,5	2,7	-17,8

99	-16,5	4,0	-14,4	20,5	2,0	-18,4
100	-16,1	3,8	-14,2	19,9	1,9	-18,0

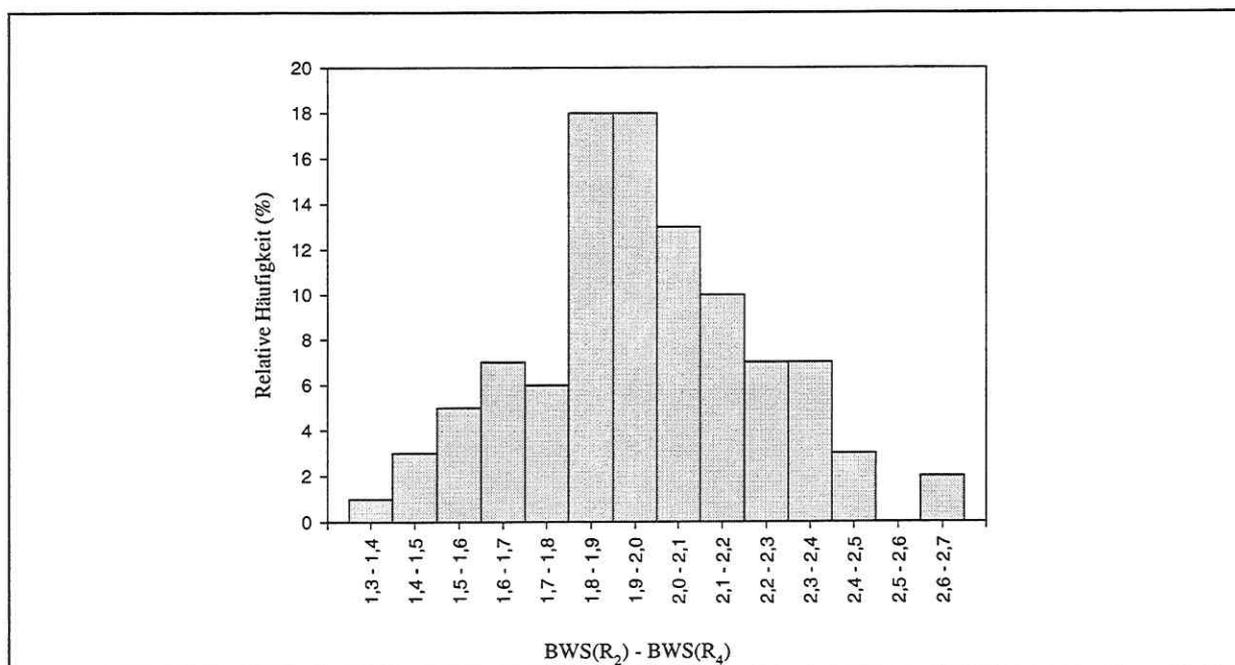


Abb. 1: Häufigkeit, in 100 Simulationen eine bestimmte Bruttowertschöpfungsdifferenz zwischen den Szenarien R_2 und R_4 zu beobachten.

b.2) Weg 2: einzelne Parametervariation am Beispiel der Analyse von CANDY zur Ermittlung von Grundwasserneubildung und Nitrat-Konzentration

Die Nitrat-Konzentration hängt von der Grundwasserneubildungsrate und dem Stickstoffaustrag aus der Bodenzone ab. Erstere hängt unter Wald und Grünland von vier Parametern ab:

- Ertragsklasse (Vegetationsentwicklung) – ERT
- potentielle Evapotranspiration – ETP
- nutzbare Feldkapazität des Bodens – nFK
- Niederschlag – P.

Unter Ackerland hängt sie ab von:

- nutzbare Feldkapazität des Bodens – nFK
- Niederschlag – P
- Bedeckungsgrad – B.

Es werden zunächst Wald und Grünland betrachtet.

Grundwasserneubildung und Nitrat-Konzentration unter Wald und Grünland

Die plausiblen Unsicherheiten der vier Parameter, die unter Wald und Grünland die Grundwasserneubildungsrate bestimmen, sind in Tabelle 2 abgebildet.

Tab. 2: Plausible Ober- und Untergrenzen (Maximum und Minimum) der Modellparameter und zugehörige Grundwasserneubildungsrate relativ zur Standardparameterkombination unter Wald/Grünland.

Modellparameter	Grenzen des Modellparameters		Grenzen der Grundwasserneubildungsrate		Multiplikator	
	%	%	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
ERT	+6 %	- 6 %	- 3,6 %	3,6 %	0,964	1,036
ETP	+7 %	- 7 %	- 11,9 %	13,4 %	0,881	1,134
NFK	+2 Vol. %	-2 Vol. %	- 9,8 %	9,4 %	0,902	1,094
P	- 7 %	- 7 %	- 18,9 %	20,3 %	0,811	1,203

Um die Wirkung dieser Unsicherheiten auf die Grundwasserneubildungsrate zu ermitteln, erfolgt eine gewöhnliche Sensitivitätsanalyse, in der die vier Parameter nacheinander auf ihren Maximal- und ihren Minimalwert gesetzt werden, während die anderen drei Parameter auf ihrem wahrscheinlichsten Wert festgehalten werden. Man erhält acht verschiedene Parameterkombinationen. Eine neunte Parameterkombination ist die Standard-Parameterkombination, in der alle Parameter ihren wahrscheinlichsten Wert annehmen. Für jede Parameterkombination wird das Modell analysiert und die Grundwasserneubildungsrate ermittelt. Für jede der acht variierten Parameterkombinationen wird die Grundwasserneubildungsrate mit derje-

nigen der Standard-Parameterkombination (132,9 mm/a) verglichen und die relative Abweichung errechnet (Tab. 2). Man erhält so für die Nitrat-Konzentration vier Unsicherheitsbereiche, von denen jeder durch die Unsicherheit genau eines der vier Modellparameter hervorgerufen wird.

Durch Addition der Zahl 1 lassen sich die relativen Abweichungen aus Tabelle 2 auch durch Multiplikatoren ausdrücken, mit denen der wahrscheinlichste Wert der Grundwasserneubildung zu multiplizieren ist, um den Wert nach Parametervariation zu erhalten (Tab. 2). Tabelle 2 lässt sich dann wie folgt interpretieren: Variiert man ERT innerhalb seiner plausiblen Grenzen (-6%; +6%), so variiert die Grundwasserneubildung innerhalb eines Bereichs, der gegeben ist durch den wahrscheinlichsten Wert $G_0=132,9$ mm/a multipliziert mit den zugehörigen Maximal- und Minimalwerten (0,964; 1,036) aus Tabelle 2.

Folglich lässt sich die Wirkung der Unsicherheit in ERT auf die Grundwasserneubildung simulieren, indem man einen zufälligen Wert x_1 aus dem Intervall [0,964; 1,036] zieht und diesen Wert mit G_0 multipliziert. Die so simulierte Grundwasserneubildungsrate beträgt G_0x_1 . Dieser Wert wird aber nun noch von den Unsicherheiten der anderen drei Parameter aus Tabelle 2 beeinflusst. Die Wirkung der Unsicherheit in ETP auf die Grundwasserneubildungsrate wird nun analog zu der von ERT integriert, indem man einen Wert x_2 aus dem Intervall [0,881; 1,134] (vgl. Tab. 2) zieht, und diesen mit dem Ausgangswert der Grundwasserneubildungsrate G_0x_1 multipliziert. Die simulierte Grundwasserneubildungsrate unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in ERT und ETP ist dann das Produkt $G_0x_1x_2$. Genauso werden nun die Unsicherheiten der übrigen beiden Parameter integriert. Insgesamt lässt sich die Unsicherheit in der Grundwasserneubildung simulieren, indem man aus jedem der vier Intervalle ($i=1...4$) aus Tabelle 2 je einen Wert x_i zufällig zieht und das Produkt dieser vier Zahlen mit der wahrscheinlichsten Grundwasserneubildung G_0 bildet, also

$$G=G_0x_1x_2x_3x_4. \quad (1)$$

Da es sich bei den Werten x_1 bis x_4 um Zufallszahlen handelt, ist das Produkt G nicht repräsentativ für den wahren Wert der Grundwasserneubildungsrate. Um ein repräsentatives Bild zu erhalten, muss die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Prozedur viele Male (z.B. 1.000 Mal) wiederholt werden. Man erhält 1.000 simulierte „Replikate“ der Grundwasserneubildung, deren Werte man in einem Histogramm darstellen kann (Abb. 2). Dieses Histogramm ist die gesuchte Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Unsicherheit in der Grundwasserneubildungsrate.

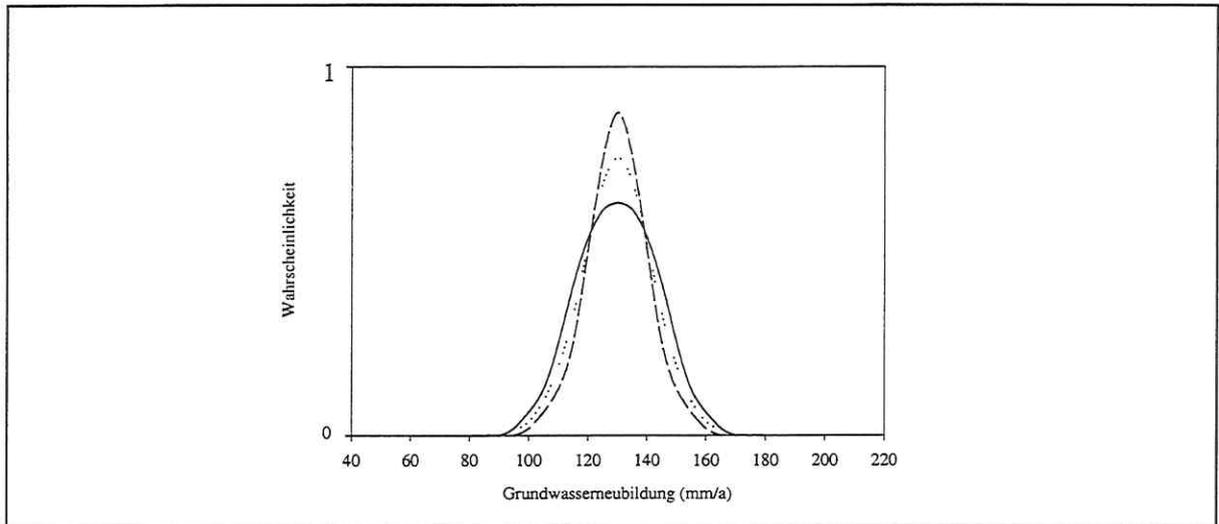


Abb. 2: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Grundwasserneubildungsrate (Grünland/Wald durchgezogen; Ackerland gestrichelt; Durchschnitt gepunktet).

Die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Nitrat-Konzentration C_{NO_3} ist analog zu ermitteln. Sie ergibt sich aus der Grundwasserneubildungsrate G durch die Formel

$$C_{NO_3} = \frac{N}{G} * 4,43 * 100, \quad (2)$$

wobei N der Stickstoffaustrag ist. Sein Fehler beträgt bei den durchgeführten Untersuchungen plus/minus 50% (vgl. Franko et al. 2001) und wird mit der Dreiecksverteilung in Abbildung 3 beschrieben.

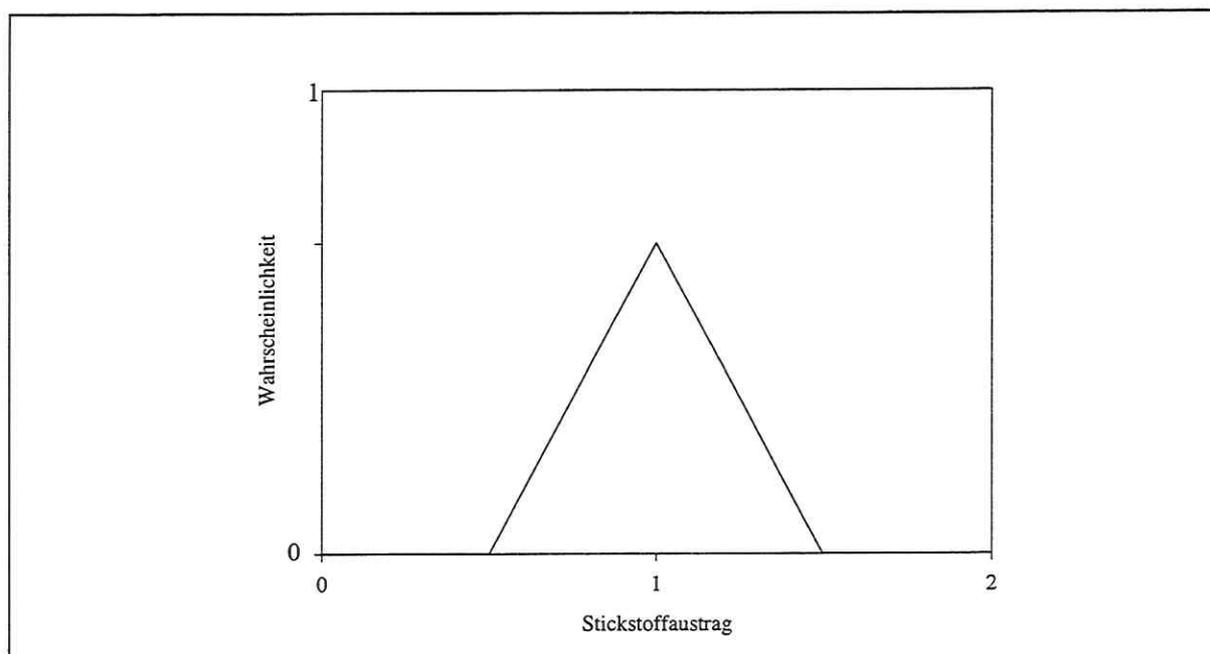


Abb. 3: Wahrscheinlichkeit des Stickstoffaustrags relativ zum Richtwert unter Grünland.

Um den relativen Fehler in C_{NO_3} zu simulieren, wird nun für die Grundwasserneubildungsrate aus der Verteilung in Abbildung 2 ein zufälliger Wert u und für den Stickstoffaustrag ein zufälliger Wert v aus der Verteilung in Abbildung 3 gezogen. Der Quotient v/u gibt die relative Abweichung der Nitrat-Konzentration von ihrem wahrscheinlichsten Wert an. Die simulierte Nitrat-Konzentration ist dann das Produkt aus v/u und dem wahrscheinlichsten Wert der Nitrat-Konzentration (78 mg/l für Szenario R_1). Ähnlich wie bei der Grundwasserneubildung ist der Multiplikator v/u wieder nur ein möglicher von vielen Zufallswerten, und dasselbe gilt dann für die simulierte Nitrat-Konzentration $(78 \text{ mg/l}) \cdot v/u$. Um die gesamte Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Nitrat-Konzentration zu erhalten, muss eine Vielzahl von Werten u und v bzw. Quotienten v/u zufällig ermittelt und mit 78mg/l multipliziert werden. Das Ergebnis zeigt Abbildung 4.

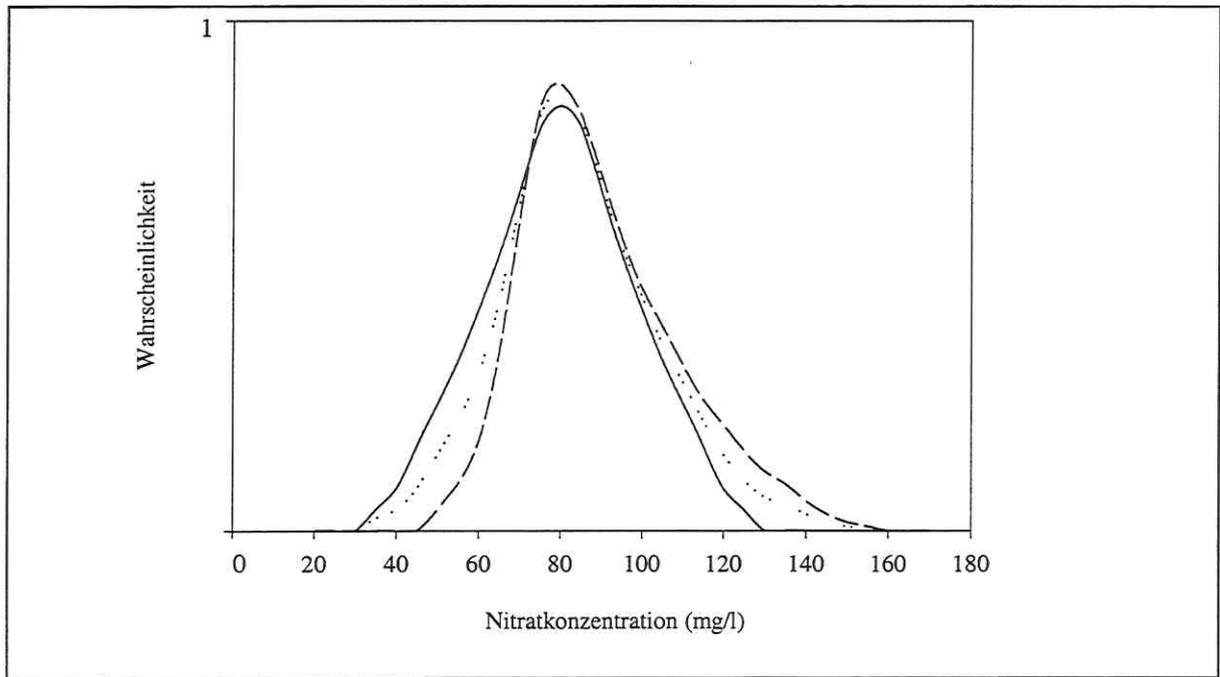


Abb. 4: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Nitrat-Konzentration (Grünland/Wald durchgezogen; Ackerland gestrichelt; Durchschnitt gepunktet)

Grundwasserneubildung und Nitrat-Konzentration unter Ackerland

Bevor Grundwasserneubildungsrate und Nitrat-Konzentration für die gesamte Region simuliert werden können, müssen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Grundwasserneubildungsrate und die Nitrat-Konzentration unter Ackerland bestimmt werden. Dies erfolgt analog zum Wald und Grünland mit den drei Parametern (nFK, P, B) für das Ackerland-Modell (s.o.; Tab. 3).

Tab. 3: Plausible Ober- und Untergrenzen (Maximum und Minimum) der Modellparameter und zugehörige Grundwasserneubildungsrate relativ zur Standardparameterkombination (in Prozent) unter Ackerland.

Modellparameter	Grenzen des Modellparameters		Grenzen der Grundwasserneubildungsrate		Multiplikator	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
P	-10	+10	-30	+17	0,70	1,17
NFK	+10	-10	-8	+9	0,92	1,09
B	+12	-12	-7	+7	0,93	1,07

Der Fehler in der Abschätzung der Stickstoffaustrages N (Gl. 2) beträgt -25% bis $+50\%$ und wird analog zum Grünland mit einer Dreiecksverteilung beschrieben (vgl. Abb. 3). Die Verteilung für die Werte der Grundwasserneubildungsrate und der Nitrat-Konzentration zeigen die Abbildungen 2 und 4 (gestrichelte Linien).

Grundwasserneubildung und Nitrat-Konzentration für die gesamte Region

Da sich die Grundwasserneubildung und Nitrat-Konzentration der gesamten Region als die Summe der entsprechenden Werte aus den beiden Teilregionen (Wald/Grünland und Ackerland) errechnet, ist der wahrscheinlichste Wert für die Grundwasserneubildungsrate das gewichtete Mittel der beiden Werte für die Einzelregionen. Die Gewichte sind dabei die relativen Flächenanteile der beiden Teilregionen zu 100% (Wald/Grünland: 49%; Ackerland: 51%) (Volk, pers. Mitteilung). Mit sehr geringem Fehler haben beide Teilregionen also dasselbe Gewicht. Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Gesamtregion werden daher durch den Durchschnitt der jeweiligen Teilregionen-Verteilungen approximiert (Abb. 2 und 4, gepunktete Linien). Die gepunktete Linie in Abbildung 4 ist nun das Endergebnis der Sensitivitätsanalyse, also die Verteilung der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser für das Szenario R_1 , wie sie in die multikriterielle Bewertung (Drechsler 2001, Abb. 2) eingeht. Analog werden die Verteilungen für die anderen Szenarien bestimmt.

c) Diskussion

Weg 1 oder Weg 2 ?

Welcher der beiden Wege gewählt wird, sollte zuallererst davon abhängen, was technisch machbar ist. Falls jedoch beide Wege gleichermaßen gangbar sind, sollte der erste gewählt werden. Bei der multiplikativen Berechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Weg 2 (vgl. Gl. 1) wird nämlich implizit angenommen, dass die Wirkungen der Modellparameter auf das Modellergebnis (Grundwasserneubildung) voneinander unabhängig sind. Diese Annahme ist nicht immer realistisch. Da in Weg 1 alle Modellparameter simultan variiert werden, sind diese Wechselwirkungen automatisch im Ergebnis (Tabelle 1) enthalten, die Annahme der Nicht-Wechselwirkung ist also nicht notwendig.

Korrelationen zwischen den Modellparametern

Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Modellparameter untereinander unkorreliert sind, also dass *nicht* z.B. ein hoher Wert in ERT stets mit einem hohen Wert in P oder einem kleinen Wert in nFK korreliert. Wäre dies der Fall, so müsste diese Korrelation in Weg 1 bei der Erzeugung der zufälligen Modellparameterkombinationen bzw. in Weg 2 beim „Zusammenmultiplizieren“ der Variationen in Gleichung 1 berücksichtigt werden. Auch hier scheint Weg 1 günstiger zu sein.

Zur Genauigkeit der Ergebnisse

Insgesamt sollte festgehalten werden, dass die Ableitung der Indikatorunsicherheiten relativ heuristisch erfolgt und nicht immer mit perfekter mathematischer Exaktheit vorgegangen wird. Dies ist auch nicht notwendig, da das Ziel nur eine grobe Abschätzung der Unsicherheiten und nicht ihre exakte Quantifikation ist. Für die multikriterielle Bewertung, in die diese Informationen eingehen, ist dies ausreichend, nicht zuletzt auf der im Nachhinein festgestellten Robustheit der Ergebnisse der multikriteriellen Analyse gegenüber der Unsicherheit (Drechsler 2001).

4 Schritt 3: Modellierung und Abschätzung von Szenarieneffekten

Im Folgenden werden Datenerfassung und Methoden zur Modellierung und kriterienbezogenen Abschätzung der Effekte der verschiedenen Szenarien dargelegt, deren Ergebnisse in Schritt 4 des Bewertungsverfahrens einfließen.

4.1 Grundwasserneubildung und –entnahme

Martin Volk und Stefan Geyler

4.1.1 Grundwasserneubildung

a) Anliegen und Problemstellung

Ein Schwerpunkt des Verbundprojektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet – untersucht am Beispiel des Torgauer Raumes“ stellt die Analyse des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung bzw. Grundwasserquantität dar. Dieser Faktor fließt neben den Untersuchungen zur Grundwasserqualität als Nachhaltigkeitsindikator in die ökologisch-ökonomisch-soziale Bewertung ein. Dabei werden die Einflüsse zukünftiger Entwicklungen über Szenarien abgeschätzt. Die Berechnungen der Grundwasserneubildung erfolgten mit dem Abflussbildungsmodell „ABIMO“ (vgl. Glugla/Fürtig 1997; Rachimov 1996).

b) Datengrundlagen und Methodik

Aufgrund umfangreicher Vorarbeiten im Projekt (vgl. Kunze 1998; Herzog/Kunze 1999) lagen die Eingangsdaten bereits in modellgerechter Form vor (vgl. Kunze 1998; Herzog/Kunze 1999; Neubert 2000; Volk, Herzog und Schmidt 2001), mussten jedoch gemäß den Anforderungen der einzelnen Entwicklungsrahmen (Waldumbau, Aufforstung, Zunahme an Versiegelungsflächen, Kieslagerstätten) verändert werden. Für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT ergaben sich aufgrund unterschiedlicher, angenommener Bedingungen für den Kiesabbau jeweils vier Szenarien (Jahr 2030, vgl. Kap. 2.4.1). Für den Zeitschnitt „1993“ konnte auf Daten zur Flächennutzung sowie auf eine Berechnung der Grundwasserneubildung zurückgegriffen werden (vgl. Herzog/Kunze 1999). Für diese Berechnung lagen als Zusatzparameter Angaben zum Sommerniederschlag, zur Beregnung sowie zu den Begründungsjahren des Waldbestandes vor. Da die genannten Angaben aber für die Zukunftsszenarien nicht verfügbar sind – die zudem von einem quasistabilen Zustand ausgehen - wurden die betreffenden Zusatzwerte in den Datenbanken (ArcView) entfernt. Zudem wurde die Ertragsklasse landwirtschaftlicher Nutzformen (Standardzahl ERT = 35)³³ für Grünland aus den mittleren Erträgen für Elbaue (Ertragsklasse 50) und Heide (Ertragsklasse 40) abgeleitet und in den Daten-

³³ Diese Zahl drückt den unterschiedlichen Umfang der Vegetationsentwicklung aus. Die Zahl liegt bei gleichen Bedingungen in der Regel für Grünland höher, da hier die Vegetationsbedeckung über einen längeren Zeitraum während des Jahres vorhanden ist als bei zeitweise unbedecktem Ackerland.

banken (ArcView) korrigiert³⁴. Bei Ackerland wurde weiterhin die vorgeschlagene Standardzahl verwendet, da sich eine Ableitung aus den komplexen und zeitlich abhängigen Verhältnissen, die sich aus den Fruchtfolgen ergeben, als nicht sinnvoll angesehen wurde. Diese Änderungen wurden auch für alle Szenarien übernommen.

Die vorgenommenen Korrekturen machten eine Neuberechnung erforderlich. Auf diese Weise wurden gleiche Ausgangsbedingungen geschaffen und eine Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse innerhalb der Szenarien ermöglicht.

Bei den Grundlagendaten zur Berechnung der Szenarien wurden folgende Änderungen im Vergleich zum Basisjahr durchgeführt

1. Alle Szenarien

- Aufforstung: Übernahme der digital vorhandenen Aufforstungsflächen (vgl. Volk, Horsch; Härtel 2000)

Auf die Berechnungen zur Grundwasserneubildungsrate haben die Annahmen zum Entwicklungsrahmen SPARFLAMME keinen Einfluß, so daß hier nur die beiden Entwicklungsrahmen REALO (R) und GRÜNDERZEIT (G) berücksichtigt wurden.

2. Entwicklungsrahmen REALO

- (GWN)-Szenarien R₁ bis R₄: Zusätzliche Versiegelungsflächen: Digitalisierung der zusätzlichen Versiegelungsflächen (gemeindebezogener Flächenzuwachs abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Geyley 2001) aus Flächennutzungsplänen (Baugebiete).

Vorarbeit: Digitalisierung der potenziellen Kieslagerstätten (Flächen abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Messner 2001, Messner et al. 2001) des realistischen Entwicklungsrahmens.

- Szenario R₁: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“ und „Arzberg-Blumenberg“ zu einem Coverage (E1).
- Szenario R₂: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“ und „Dautzsch“ zu einem Coverage (E2).
- Szenario R₃ und R₄: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“ und „Sitzenroda“ zu einem Coverage (E3).

³⁴ Die Korrekturen erfolgten zeitlich nach Abschluss der Untersuchungen von Neubert (2000), so dass hier geringe Abweichungen von den dort angegebenen Werten auftreten.

3. Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT

- (GWN)-Szenarien G₁ bis G₄: Zusätzliche Versiegelungsflächen: Digitalisierung der zusätzlichen Versiegelungsflächen (gemeindebezogener Flächenzuwachs abgeleitet nach ökonomischen Kriterien (vgl. Kap. 2.2.5) aus Flächennutzungsplänen (Baugebiete).

Vorarbeit: Digitalisierung der potenziellen Kieslagerstätten (Flächen abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Kap. 2.2.2 und Kap. 2.3.1) des optimistischen Entwicklungsrahmens.

- Szenario G₁: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“, „Arzberg-Blumenberg“ und „Arzberg-Kötten“ zu einem Coverage (E4).
- Szenario G₂: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“, „Dautzschen“ und „Arzberg-Blumenberg“ zu einem Coverage (E5).
- Szenario G₃ und G₄: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“ und „Sitzenroda“ zu einem Coverage (E6).

Anschließend wurden die den jeweiligen Szenarien entsprechenden Dateien (Coverages) im Geographischen Informationssystem miteinander verschnitten (Befehl „UNION“ in Arc/Info), wobei gleichzeitig die Geometrien der Trinkwasserschutzzonen mit Status 1999 und 2000 (jeweils codiert) und der modifizierten naturräumlichen Gliederung (jeweils codiert, Elbaue und Heide) hinzugefügt wurden. Damit wurde eine Datenbank geschaffen, die eine Verwaltung und Auswertung aller relevanten Informationen ermöglichte. Folgende Verschneidungsoperationen wurden vorgenommen:

Entwicklungsrahmen REALO:

- Szenario R₁: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{real}) + Kieslagerstätten E1 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario R₂: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{real}) + Kieslagerstätten E2 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario R₃ und R₄: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{real}) + Kieslagerstätten E3 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT:

- Szenario G₁: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{pos}) + Kieslagerstätten E4 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

- Szenario G₂: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{pos}, KAN) + Kieslagerstätten E5 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario G₃ und G₄: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER_{pos}) + Kieslagerstätten E6 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

Nach den Verschneidungsoperationen wurden in den Attributtabelle (Datenbank) der im Rahmen der Szenarien umgewidmeten Flächen (Polygone) Korrekturen vorgenommen, damit die veränderten Bedingungen bei der Berechnung der Grundwasserneubildung zum Tragen kommen konnten:

4. Alle Szenarien

- Aufforstungsflächen: Selektion der betreffenden Flächenattribute in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „W“ (Wald) in der Spalte Landnutzung „NUT“ sowie „L“ (Laubwald) in der Spalte Baumart („BAU“).

5. Entwicklungsrahmen REALO

- (GWN)-Szenarien R₁ bis R₄ (Definition der spezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der zusätzlichen Versiegelungsflächen in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „30% versiegelt“ in der Spalte Versiegelungsgrad (VER) für landlich geprägte Gebiete sowie „45% versiegelt“ für städtisch geprägte Gebiete, sowie Zuweisung „90%“ Grad in der Spalte Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN).
- Szenario R₁ bis R₄ (Definition der kiesspezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der verschiedenen Kies-szenarien in den Datenbanken und Zuweisung „G“ (Gewässer) in der Spalte Landnutzung (NUT) sowie den Wert „700“ in der Spalte potenzielle Evapotranspiration („ETP“) und „0“ in den Spalten Versiegelungsgrad (VER), Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN) und Ertragsklasse (ERT).

6. Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT

- (GWN)-Szenarien G₁ bis G₄ (Definition der spezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der zusätzlichen Versiegelungsflächen in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „30% versiegelt“ in der Spalte Versiegelungsgrad (VER) für landlich geprägte Gebiete sowie „45% versiegelt“ für städtisch geprägte Gebiete, sowie Zuweisung „90%“ Grad in der Spalte Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN).

- Szenario G₁ bis G₄ (Definition der kiesspezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der verschiedenen Kies-szenarien in den Datenbanken und Zuweisung „G“ (Gewässer) in der Spalte Landnutzung (NUT) sowie den Wert „700“ in der Spalte potenzielle Evapotranspiration („ETP“) und „0“ in den Spalten Versiegelungsgrad (VER), Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN) und Ertragsklasse (ERT).

c) Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Berechnung der Grundwasserneubildung sowie die Angaben zur Daten- und Modellunsicherheit werden in Volk et al. (2001) umfassend behandelt. Daher sollen sie an dieser Stelle und in Kapitel 4 zusammengefasst dargestellt werden.

Basisjahr (1993)

Für das Untersuchungsgebiet wurde eine mittlere Grundwasserneubildungsrate von ca. 133 mm/a berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen erlauben eine regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der vorherrschenden naturräumlichen Bedingungen und Landnutzungsarten. Erwartungsgemäß werden dabei die höchsten Werte in den Heidegebieten mit durchlässigen, sandigen Böden unter Ackerland erreicht, in denen auch die höchsten Niederschläge zu verzeichnen sind. Geringere Raten werden im Elbtal aufgrund der geringeren Durchlässigkeit der hier vorherrschenden Böden sowie der geringeren Niederschläge verzeichnet. Generell ist die Grundwasserneubildung bei gleichen Boden- und Niederschlagsverhältnissen unter Waldflächen aufgrund der höheren Verdunstungsraten geringer als z.B. unter Ackerland oder Grünland. Flächen negativer bzw. sehr geringer Grundwasserneubildung befinden sich – neben den Wasserflächen – hauptsächlich in der Annaburger Heide sowie zwischen Torgau und Mockrehna, als Folge geringer Grundwasserflurabstände und – damit verbunden – erhöhter Verdunstungsraten.

Szenarien (2030)

Die regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung bleibt auch im zeitlichen Verlauf der Szenarien grundsätzlich erhalten. Folgende Veränderungen sind bei den Szenarien im Vergleich zum Basisjahr (1993) zu erkennen:

- Zusätzlich versiegelte Flächen sowie die aufgeforsteten Flächen führen zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung (Erhöhte Verdunstung und Oberflächenabfluss).
- Simulierte Waldumbaumaßnahmen (Nadelwald zu Laubwald) führen vor allem in den Heidegebieten zu einer Erhöhung der Grundwasserneubildung (Verringerte Verdunstung).

- Geringe Auswirkungen haben die aufgrund der angenommenen Kiesabbaumaßnahmen simulierten zusätzlichen Wasserflächen (Erhöhung der Verdunstungsrate und Verringerung der Grundwasserneubildung).

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

Tab. 1: Mittlere Grundwasserneubildung (flächengewichtet) für die Szenarien im Torgauer Raum (Basisjahr und 2030).

	Basisjahr (1993)	2030					
		Entwicklungsrahmen „Realo“			Entwicklungsrahmen „Gründerzeit“		
		R ₁	R ₂	R ₃ & R ₄	G ₁	G ₂	G ₃ & G ₄
Grundwasserneubildungsrate in mm/a	132,9	129,9	130,3	129,9	129,4	129,5	129,7
Menge in Mio. m ³ /a	91,20	89,14	89,42	89,14	88,87	88,87	89,01

Insgesamt überwiegen solche Effekte leicht, die sich mindernd auf die Grundwasserneubildung auswirken. Aufgrund der positiven Wirkungen des Waldumbaus werden die Einflüsse für den Gesamttraum jedoch nahezu kompensiert. Zwischen den Szenarien innerhalb der Entwicklungsrahmen sind die Veränderungen auf die unterschiedlichen Kiesszenarien beschränkt.

Die Verringerung der Grundwasserneubildung beim Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT im Vergleich zum Entwicklungsrahmen REALO ist auf den höheren Anteil an versiegelten Flächen zurückzuführen. Die Veränderungen der Grundwasserneubildung erscheinen im Hinblick auf die Mittelwerte für den Gesamttraum als gering.

Deutliche Unterschiede ergeben sich aus der lokalen Betrachtung der veränderten Teilflächen. Im Vergleich zum Basisjahr 1993 weisen die umgewidmeten Flächen (Aufforstung, Siedlungsflächen) verminderte Grundwasserneubildungsraten von über 80 mm/a auf. Für detaillierte Untersuchungen dieser lokalen Bereiche sind andere Modellsysteme und Datengrundlagen mit höherer räumlich-zeitlicher Auflösung erforderlich. Im Bereich von geplanten Kieslagerstätten und der damit verbundenen Neuentstehung von Wasserflächen liegen die Grundwasserneubildungsraten erwartungsgemäß im negativen Bereich, was auf die hohen Verdunstungsraten über Wasserflächen zurückzuführen ist. Tab. 2 zeigt die Unterschiede der errechneten Grundwasserneubildungsraten im Bereich der umgewidmeten Flächen im Vergleich des Ist-Zustandes (1993) zu und zwischen ausgewählten Szenarien.

Tab. 2: Grundwasserneubildungsraten im Bereich umgewidmeter Flächen: flächengewichtetes Mittel der jährlichen Grundwasserneubildung für diejenigen Flächen, für die in den Szenarien eine Änderung der Flächennutzung vorgenommen wurde.

Fläche	Ist-Zustand (1993, ohne Umwidmung)	Entwicklungsrahmen REALO (2030, Szenario R ₁)
Aufforstung (ca. 1.900 ha)	163,6 mm/a	81,4 mm/a (-50,2%)
Versiegelungsfläche (ER „Realo“, ca. 1.533 ha)	168,5 mm/a	131,4 mm/a (-22,0%)
Wald (Waldumbau, ca. 20.000 ha)	91,7 mm/a	93,7 mm/a (+2,2%)
Kiesabbau (166,84 ha)	115,1 mm/a	-105,7 mm/a (-192%) (Wasserfläche)
Aufforstung (ca. 1.900 ha)	163,6 mm/a	81,4 mm/a (-50,2%)
Versiegelungsfläche (ER „Gründerzeit“, ca. 2.530 ha)	164,0 mm/a	132,0 mm/a (-19,5%)
Wald (Waldumbau, ca. 20.000 ha)	91,7 mm/a	93,7 mm/a (+2,2%)
Kiesabbau (227,73 ha)	126,6 mm/a	-106,4 mm/a (-216%) (Wasserfläche)

d) Daten- und Modellunsicherheit

Aufgrund der mangelnden Validierungsmöglichkeiten von mesoskaligen Wasserhaushaltsmodellen wurden folgende Untersuchungen zur Schwankungsbreite der Ergebnisse sowie Sensitivitätsanalysen durchgeführt:

Sensitivitätsanalyse (vgl. Kunze 1998): Ermittlung der einflussreichsten Faktoren in Bezug auf die Grundwasserneubildung (RU): Nutzbare Feldkapazität (nFK), Klimadaten der potenziellen Verdunstung (ETP) und des Niederschlages (P) sowie die Ertragsklasse ERT. Im einzelnen wurden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse folgende Annahmen getroffen:

- Die nutzbare Feldkapazität wurde den Bodenarten nach Glugla/Fürtig (1997) zugeordnet. Da bei diesem Verfahren Bodenarten aggregiert werden, ist bereits eine gewisse Schwankungsbreite eingeschlossen. Es wurde von einer Schwankungsbreite von 2 Vol. % ausgegangen.
- Die Klimadaten der potenziellen Verdunstung und des Niederschlages weisen einen Fehler von $\pm 7\%$ auf (Wendland/Kunkel 1997). Er resultiert aus der Extrapolation zwischen den einzelnen Messstationen in die Fläche sowie aus der Zuordnung in das Raster.
- Die Schwankungsbreite der Ertragsklasse (ERT) wurde aus mittleren Erträgen verschiedener Jahre von im Untersuchungsgebiet liegenden Flächen ermittelt. Daraus lassen sich

mittlere Ertragsklassen und Schwankungsbreiten von $\pm 6\%$ ableiten (vgl. Gluga/Fürtig 1997).

Aus diesen Annahmen ergeben sich die untere und obere Grenze der Schwankungsbreite für die einzelnen Faktoren:

- Obere Grenze: nFK -2 Vol.-% ETP -7% P $+7\%$ ERT -6%
- Untere Grenze: nFK $+2$ Vol.-% ETP $+7\%$ P $+7\%$ ERT $+6\%$

Zur Berechnung der Schwankungsbreite wurden die Werte der Einzelfaktoren gemäß dieser Festlegungen in der Datenbank verändert. Aus der Änderung der Einzelfaktoren ergaben sich acht Neuberechnungen. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Tab. 3: Schwankungsbreite der Ergebnisse zur Grundwasserneubildung am Beispiel des Szenario R₁ (mittlere Grundwasserneubildungsrate 129,9 mm/a): Einfluss der Einzelfaktoren auf das Gesamtergebnis.

Faktor	Änderung	MIN Untere Grenze	Änderung	MAX Obere Grenze
ERT	+6%	125,2 mm/a	-6%	134,6 mm/a
ETP	+7%	114,5 mm/a	-7%	147,3 mm/a
nFK	+2 Vol. %	117,2 mm/a	-2 Vol. %	142,1 mm/a
P	-7%	105,4 mm/a	+7%	156,3 mm/a

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Auftreten der angenommenen maximalen Schwankungsbreite der Faktor Niederschlag die größte Auswirkung auf das Endergebnis besitzt, während die maximale Abweichung der Ertragsklasse das Berechnungsergebnis am geringsten beeinflusst. Bei gleichzeitigem Auftreten jeweils der Minimum- sowie der Maximum-Abweichungen bei allen Faktoren ergaben zusätzliche Berechnungen 198,4 mm/a als Obergrenze und 82,1 mm/a. Dabei handelt es sich allerdings um absolute Maximalwerte für die Abweichung, deren Auftreten sehr unwahrscheinlich ist. Petry et al. (2000) geben nach ihren Untersuchungen für die Anwendung des Modells ABIMO einen Toleranzbereich von 20 bis 25 mm/a an. Die o.g. Ergebnisse liegen demnach in diesem Bereich, basieren allerdings auf der Betrachtung der Einzelfaktoren. Die Berechnungen zur Unsicherheit der Ergebnisse im Verbundprojekt ergaben für die Grundwasserneubildungsmodellierung einen mittleren Toleranzbereich – unter Berücksichtigung aller Faktoren – von etwa 25 % (vgl. Drechsler 2001).

Im Vergleich zu anderen Studien zur Grundwasserneubildung im mitteldeutschen Raum zeigen die eigenen Untersuchungen – unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, die mit der bearbeiteten Maßstabebene einhergehen – weitgehende Übereinstimmung (vgl. Volk et al. 2001). Die Ergebnisse bewegen sich innerhalb eines Toleranzbereiches, der die Grundwasserneubildungsraten als geeignet für die weitere Verwendung zur Berechnung der mittleren Nitrat-Konzentration im Sickerwasser erscheinen läßt (vgl. Franko et al. 2001).

4.1.2 Grundwasserentnahme

a) Anliegen und Problemstellung

Ein Bewertungskriterium im Rahmen der multikriteriellen Szenarienbewertung ist die Differenz zwischen der Grundwasserneubildung (GWN) und der Grundwasserentnahme (GWE). Dieses einfache Kriterium dient als Indikator für die näherungsweise Evaluierung des Grundwasserhaushaltes im Torgauer Raum aus der Perspektive der Nachhaltigkeit (vgl. Klauer et al. 2001, S. 141).

In die Ermittlung der Grundwasserentnahme wurden folgende gesellschaftlichen Nutzungen einbezogen:

- die Entnahmen für die öffentliche Wasserversorgung,
- die gewerblichen Entnahmen,
- die privaten Entnahmen für die Trinkwasserversorgung nicht an das Trinkwassernetz angeschlossener Haushalte sowie
- private Entnahmen für die Gartenbewässerung etc.

Nachfolgend wird das Vorgehen bei der Abschätzung der Grundwasserentnahme beschrieben.

b) Datengrundlage und methodische Aufbereitung

Die Grundwasserentnahme wurde für drei Zeitschnitte erfasst bzw. prognostiziert; für 1993, 1999 und 2030.

Empirische Daten für 1993 und 1999

Entnahmen der öffentlichen Wasserversorgung:

Die Erhebung der Daten für 1993 und 1999 erfolgte im wesentlichen beim StUFA Leipzig sowie bei der Höheren Wasserbehörde des Regierungsbezirkes Leipzig und griff auf die entsprechend dem § 23 SächsWG (1998) von den Versorgern gemeldeten Entnahmemengen zurück. Bei den Fernwasserwerken wurde der Anteil des Uferfiltrates (pauschal 66% der Fördermenge – HGN et al. 1996, Anl. 8.2) von der Fördermenge abgezogen.

Gewerbliche Entnahmen:

Bei den gewerblichen Entnahmen wurden ebenfalls die entsprechend § 23 SächsWG (1998) gemeldeten Daten erfasst.

Weitere Wasserentnahmen der Bevölkerung:

Zur Ermittlung des Trinkwasserbedarfes für die nicht an die zentrale Wasserversorgung angeschlossene Bevölkerung für das Jahr 1993 wurde der durchschnittliche Trinkwasserbedarf entsprechend der behördlichen Prognosen auf die nicht angeschlossene Bevölkerung übertragen (SMU/LfUG 1997, Tab. IV-2.7, Tab. IV-3.3). Für das Jahr 1999, in dem ein Anschluss-

grad von nahezu 100% erreicht war, wurde trotzdem eine zusätzliche Trinkwasserförderung der Haushalte durch private Brunnen angenommen und verrechnet (vgl. Tab. 5). Der Grund hierfür liegt in den sehr niedrigen Trinkwasserabnahmen der Bevölkerung in den ländlichen Gebieten – insbesondere im ostelbigen Bereich (mdl. Auskunft Herr Elste, Zweckverband Beilrode-Arzberg vom 4.7.2000). Die Annahmen zur weiteren Eigenförderung aus Privatbrunnen – beispielsweise zur Gartenbewässerung in den ländlichen Gemeinden – stützen sich auf Informationen aus Gesprächen mit den Zweckverbänden (mdl. Herr Viokowsky vom 16.3.2000).

Prognosen für 2030

Bei den Prognosen wurde nicht zwischen den einzelnen Handlungsoptionen unterschieden, da diese keinen Einfluss auf die Grundwasserentnahmen haben. Dagegen wurde zwischen den Entwicklungsrahmen „REALO“ und „GRÜNDERZEIT“ differenziert. Folgende Annahmen wurden für die Prognosen der Grundwasserentnahmen getroffen (vgl. Tab. 5):

- Die Fernwasserentnahme entwickelt sich entsprechend in den Entwicklungsrahmen beschriebenen Annahmen.
- Die Förderungen der regionalen Wasserwerke bleiben nach 1999 ungefähr konstant, da diese Wasserwerke gegenwärtig nahezu ausgelastet sind. Eventuell steigende Trinkwassernachfragen werden über Fernwasserlieferungen gedeckt und es werden keine neuen regionalen Wasserwerke errichtet.
- Die gewerblichen Fördermengen nehmen nur leicht zu, jedoch unabhängig von den Entwicklungsrahmen und somit unabhängig von dem BIP-Wachstum. Hier liegt die Annahme zugrunde, dass eine wirtschaftliche Entwicklung vor allem über den tertiären Sektor zu erwarten ist.
- Da laut Trinkwasserbedarfsprognose (SMUL/LfUG 1998) schon 1999 nahezu alle Haushalte an die zentrale Wasserversorgung angeschlossen waren, fällt diese Kategorie für 2030 weg.
- Hinsichtlich der Eigenförderung wird angenommen, dass die Anzahl der Hausbrunnen ungefähr konstant bleibt – trotz Ausdehnung der Siedlungsfläche. Hierbei wird angenommen, dass bei Neubauten eher in Regenauffangsysteme für Brauchwasser investiert wird als in Brunnen und Pumpen.

Die Prognosen zur Grundwasserentnahme der einzelnen Entwicklungsrahmen unterscheiden sich somit nur hinsichtlich der Förderung von Fernwasser.

c) Ergebnisse und Prognose der Grundwasserentnahme

Die in die Bewertung eingehenden empirischen Daten und Prognoseergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Für das Jahr 1993 ergab sich eine Entnahme von 15,65 Mio. m³/a, für 1999 lag sie mit 10,71 Mio. m³/a deutlich niedriger. In den Prognosen wird davon ausge-

gangen, dass die Grundwasserentnahme im Entwicklungsrahmen REALO (2030) weiter leicht absinkt auf 10,1 Mio m³/a bzw. im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT (2030) wieder mit ungefähr 15,8 Mio m³/a auf das Niveau von 1993 ansteigt. Diese aufgezählten Entnahmentwicklungen werden dabei hauptsächlich durch die jeweiligen Fernwasserentnahmen determiniert.

Die Ergebnisse zur Grundwasserneubildung, Grundwasserentnahme sowie deren Differenz, die in die multikriterielle Bewertung eingehen, sind in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 4: Modellierungs- und Prognoseergebnisse zur Grundwasserneubildung, Grundwasserentnahme sowie zu deren Differenz.

	1993	2030					
		R ₁	R ₂	R ₃ & R ₄	G ₁	G ₂	G ₃ & G ₄
GWN [Mio. m ³ /a]	91,2	89,1	89,4	89,1	88,9	88,9	89,0
GWE [Mio. m ³ /a]	15,6	10,1	10,1	10,1	15,8	15,8	15,8
GWN – GWE [Mio. m ³ /a]	75,6	79,0	79,3	79,0	73,1	73,1	73,2

Tab. 5: Eingangsdaten zur Erhebung und Prognose der Grundwasserentnahmen für 1993, 1999 und 2030.

[Mio. m³/a]	1993		1999		2030 Reale		2030 Gründerzeit	
	GWE	Bemerkung	Quelle	GWE	Bemerkung	Quelle	GWE	Bemerkung
	Öffentliche Wasserversorgung							
WW Mockritz/Elsnig	19,34 (6,58) ^e	davon 34 % GW	STUFA Lpz. Abt. I Auskunft vom 8.2.2000	7,05 (2,39)	davon 34 % GW	RP Leipzig Ref. 6.2. Aus- kunft vom 12.7.2000	24 (8,16)	Annahme lt. Entwick- lungsrahmen davon 34 % GW
WW Torgau-Ost	23,76 (8,08)			19,71 (6,70)				
Regionale WW ^f	0,54	100% GW	HGN et al. 1996	0,68	100% GW	RP Leip- zig Abt. 6 Auskunft vom 12.7.2000	0,7	Vollaussla- sung der WW
	Gewerbliche Wasserförderungen							
Kühlwasser und sonstige Entnahmen	0,10	Kategorien entspr. Sächs. WG (1998)	RP Leip- zig, Ref. 6.2. Aus- kunft von 6/1998	0,63	Kategorien entspr. Sächs. WG (1998)	RP Leip- zig Ref. 6.2. Aus- kunft vom 12.7.2000	1	Annahme einer leicht positiven Entwicklung
	Weitere Wasserentnahmen der Bevölkerung							
TW-Förderung durch ländli- che Hausbrun- nen	0,13	Anzahl der nicht an- geschloss. Bevölk. x spez. TW- Bedarf. ^e	SMU/LTU G (1997): Tab. IV- 3.3 und IV -2.7	0,09	Zus. Förde- rung der Bev. für Trinkwasser- Zwecke ^a	mdl. Herr Elste ZV Beilrode- Arzberg vom 4.7.2000	0	Annahme: alle Haushalte sind zentral angeschlos- sen
Brauchwasser- förderung durch ländl. Hausbrunnen	0,22	Annahme: 50% der ländl. Haushalte haben Brunnen; Ø Förderung: 40 m³/a ^d	mdl. Herr Viokowsky ZV Westelbien vom 16.3.2000	0,22	Annahme: 50% d. ländl. Haus- halte mit Brunnen; Ø Förd.: 40 m³/a ^b	mdl. Herr Vio- kowsky ZV Westel- bien vom 16.3.2000	0,2	Annahme: keine zusätz- lichen Haus- brunnen

^a Annahme, dass die 8.228 Personen des ZV Beilrode-Arzberg im Durchschnitt täglich 30 l zusätzlich zur öffentlichen Versorgung aus privaten Brunnen für Trinkwasserzwecke entnehmen. Hintergrund ist der extrem niedrige Bevölkerungsbedarf in dem Zweckverband von ungefähr 60-65 l/Ed (mdl. Auskunft Herr Elste ZV Beilrode-Arzberg vom 4.7.2000).

^b Ländliche Bevölkerung: 26.468 (Bev. des Untersuchungsraumes = 56.074 abzüglich 90% der Bevölkerung von Beilrode, Belgern, Dommitzsch, Mockrehna, Schildau u. Torgau = 29.605 Personen) Prognose StaLa Sachsen, Auskunft vom 26.7.2000; Fläche und Bevölkerung – Torgau-Oschatz [Http://bubis.com/k401/waswo/fub.htn](http://bubis.com/k401/waswo/fub.htn): Stand 31.12.1993.

^c Nicht angeschlossene Bevölkerung = 543 Personen im ZV Westelbien und 3.332 Personen im ZV B-A; mittlerer Bevölkerungsbedarf 106 l/Ed in ZV Westelbien und 89 l/Ed im ZV Beilrode-Arzberg.

^d Die ländliche Bevölkerung wurde mit 26031 Personen angesetzt (Bevölkerung des Untersuchungsraumes = 55.636 abzüglich 90% der Bevölkerung von Beilrode, Belgern, Dommitzsch, Mockrehna, Schildau und Torgau = 29.605). Somit wurden auch einzelne Hausbrunnen in den Städten bzw. regionalen Zentren berücksichtigt (StaLa Sachsen, Auskunft vom 26.7.2000; Fläche und Bevölkerung - Torgau-Oschatz [Http://bubis.com/k401/waswo/fub.htn](http://bubis.com/k401/waswo/fub.htn): Stand 31.12.1993.

^e Neben den Fördermengen steht in Klammern der Anteil des Grundwassers an der Förderung. Der Rest ist Uferfiltrat.

^f WW Mehderitzsch, WW Neußen, WW Schildau; die anderen WW, die 1993 teilweise noch im Betrieb waren, wurden nicht berücksichtigt.

4.1.3 **Schlußfolgerungen**

Die Ergebnisse erlauben eine regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der vorherrschenden naturräumlichen Bedingungen und Landnutzungsarten. Durch die Entwicklung von begründeten Landnutzungsszenarien kann der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung simuliert und können – in Verbindung mit anderen Informationsebenen – qualitative und quantitative Gefährdungspotenziale deutlich gemacht werden. Trotz der gering erscheinenden Veränderungen der mittleren Grundwasserneubildungsrate treten für den Gesamttraum lokal deutliche Unterschiede auf. Es ist darauf hinzuweisen, dass die durch simulierte Landnutzungsänderungen (Szenarien) bedingten Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung in starkem Maße von der Auswahl der umzuwidmenden Flächen und deren naturräumlichen Bedingungen abhängen. In Bezug auf den Gesamttraum ist der Einfluss der simulierten Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung aufgrund von Kompensationseffekten als gering einzustufen. Deutliche Auswirkungen werden jedoch auf lokaler Ebene sichtbar. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um langjährige Mittelwerte handelt, die als „wahrscheinlichste Werte“ einzustufen sind. Die Berechnungsergebnisse präsentieren sich zwar in absoluten Zahlen, geben aber aufgrund des Modellcharakters und der geringen räumlich-zeitlichen Auflösung der Eingangsdaten nur Größenordnungen wieder (Volk/Bannholzer 1999).

4.2 Nitrat-Konzentration im Sickerwasser

Thomas Schmidt, Martin Volk und Marco Neubert

4.2.1 Anliegen und Problemstellung

Der Torgauer Raum ist eine ländlich geprägte Region mit ca. 50% landwirtschaftlicher Nutzfläche und etwa 35% Forst. Landnutzungsänderungen im Agrarbereich und die Entwicklung von Waldflächen wirken sich daher besonders stark auf die Grundwasserqualität aus. Auf der Grundlage von Statistikdaten zum Basisjahr 1993 und diversen Annahmen³⁵ für die Entwicklungsrahmen des Jahres 2030 wurden für die Szenarien R₁ bis R₄ und G₁ bis G₄ Daten zur Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet. Die Nitrat-Konzentration im Sickerwasser stellt einen wichtigen Indikator im Projekt dar.

Aus den Ergebnissen soll die relative Vorzüglichkeit einer bestimmten Landnutzungsänderung in Bezug auf die Grundwasserqualität abgebildet werden. Bei der Bewertung steht der relative Unterschied zwischen den Landnutzungsformen mehr im Vordergrund als die absolute Höhe der Stickstoffausträge. Die Landschaftseinheiten Gewässer und urbane Flächen wurden nicht berücksichtigt.

4.2.2 Methodisches Vorgehen

Zur Ermittlung der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser muss die Grundwasserneubildung und der Nitrataustrag flächengewichtet berechnet werden. Die Grundwasserneubildungsrate wurde flächendeckend mit dem Abflussbildungsmodell ABIMO (Glugla/Fürtig 1997) simuliert (Volk et al. 2001). Die Nitratausträge unter Forst und Grünflächen entsprechen einem pauschalen Ansatz, der aus Literaturangaben abgeleitet wurde. Die C-/N-Dynamik auf ackerbaulich genutzten Standorten wurde mit dem Simulationssystem CANDY (Franko et al. 1994) berechnet.

a) Bewirtschaftung und N-Auswaschung

a.1) Forst

Waldökosysteme besitzen einen geringen N-Bedarf. Liegen die Einträge aus der Atmosphäre über diesen Belastungsgrenzen (Critical Loads), sind erhöhte Stickstoffausträge ins Grundwasser die Folge. Die Höhe der kritischen N-Einträge für Waldökosysteme liegt bei 10-20 kg N ha⁻¹a⁻¹. Dem steht eine aktuelle Belastung in Deutschland zwischen 20 und 70 kg N ha⁻¹ a⁻¹ gegenüber (UBA 1995, S. 4 f. bzw. S. 28).

Nach Erhard (pers. Mitteilung) befinden sich die Waldböden der Dübener Heide (im Norden des Untersuchungsgebietes) nach wie vor in der Akkumulationsphase, d.h. dass auch bei hohem N-Sättigungsgrad nur relativ wenig Stickstoff in das Grundwasser ausgetragen wird.

³⁵ Die Landnutzungsszenarien sind in Messner et al. (2001) beschrieben.

Nach Messungen werden auf stark gesättigten Böden (Standorte Rösa und Taura) derzeit ca. 3 bis 4 kg N ha⁻¹ a⁻¹ ausgetragen (Erhard, pers. Mitteilung; Erhard 1999).

Trotz rückläufiger Tendenzen der N-Deposition ist zukünftig keine Reduzierung der N-Austräge aus Waldgebieten zu erwarten. Es muss dagegen davon ausgegangen werden, „[...] dass die N-Akkumulation des Waldbodens begrenzt ist, so dass nach dem Überschreiten des Sättigungswertes mit einem überproportionalen Anstieg der N-Auswaschung von Waldflächen zu rechnen ist“ (Werner/Wodsak 1994, S. 101).

Auch Gundersen (1995) beschreibt in Hinblick auf die sog. *N-Sättigungstheorie* (*N saturation hypothesis*) eine stark ansteigende Nitratauswaschung bei eintretender N-Sättigung von Waldböden. Diese These wird dabei von europaweit ausgewerteten Untersuchungen gestützt. Als Begründung der zunehmenden N-Sättigung werden die gestiegenen N-Eintragsraten der letzten Jahrzehnte genannt (Gundersen 1995, S. 1183 f.).

Die Entwicklung hin zur Stickstoffsättigung der Waldböden wird ebenso durch Untersuchungsergebnisse von Erhard (1999) bestätigt. Die Oberböden des Waldes in der Dübener Heide wiesen demnach 1992 zu etwa 59% einen maximalen und zu 30% einen optimalen Stickstoffgehalt auf. Dem gegenüber standen im Jahr 1967 zu ca. 75% geringe bzw. 16% optimale N-Gehalte. Das Gebiet der Dübener Heide unterliegt somit einer großflächigen Eutrophierung durch Deposition und Düngung (Erhard 1999). „Bei sehr hohen Stickstoffgehalten zeichnet sich jedoch eine Abnahme der Humusvorräte und damit der Stickstoffspeicherkapazität ab, so dass auf diesen Böden mit Stickstoffverlusten höchstwahrscheinlich in Form von erhöhten Nitratausträgen in das Grundwasser gerechnet werden muss“ (Erhard 1999).

Aufgrund dieser Informationen wurden für das Basisjahr 1993 Stickstoffausträge aus Wald- bzw. Forstflächen von 5 kg N ha⁻¹ a⁻¹ angenommen. Dabei ist keine Unterscheidung in Nadel- oder Laubwald möglich. Unterschiede treten aber möglicherweise bei der Berechnung infolge höherer Sickerwasserraten unter Laubwald auf, womit sich unterschiedliche N-Konzentrationen im Sickerwasser ergeben können.

Für die Zukunftsszenarien wurde davon ausgegangen, dass bis 2030 eine überwiegende Sättigung der Waldböden eintritt und damit die Nitratauswaschung erheblich ansteigt. Teilweise wird in der Literatur beschrieben, dass bei Überschreitung eines Eintrags von 10 bis 15 kg N ha⁻¹ a⁻¹ die Böden nur ca. 50% der eingetragenen N-Menge aufnehmen bzw. speichern können (Werner/Wodsak 1994, S. 98). Auch Block (1995) beobachtete bei der Auswertung verschiedener Untersuchungen bei gesättigten Waldökosystemen eine Austragsrate von mindestens 50% des atmosphärischen Inputs (Block 1995, S. 91). Somit wurden für alle definierten Szenarien des Projektes 50% der atmosphärischen N-Einträge als Leachingrate angenommen (30 kg N ha⁻¹ a⁻¹). Dabei wird vorausgesetzt, dass die Depositionsmenge unverändert bleibt (Abb.1).

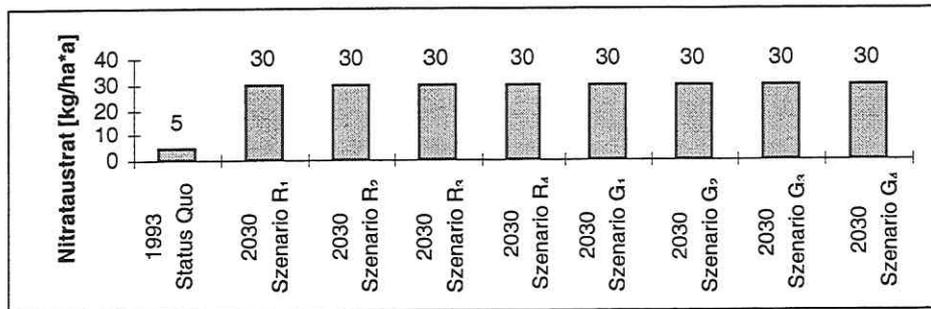


Abb. 1: Nitrataustrag unter Forst.

a.2) Grünland

Analog zum Forst wurde bei Grünlandflächen von einem Pauschalansatz ausgegangen, der jedoch intensive und extensive Bewirtschaftungsformen gesondert ausweist. Grünland unterliegt bei entsprechender Mähwiesennutzung einer sehr geringen Auswaschungsrate; bei einem hohen Anteil organischer Substanz im Oberboden. Walther et al. (1985) beschreiben eine sehr hohe Variabilität der Stickstoffausträge in Abhängigkeit von Standort und Düngung. Da sich die Grünlandstandorte hauptsächlich auf grundwassernahen Aueböden (Gleye und Pseudogleye) befinden, ist davon auszugehen, dass aufgrund der temporär anaeroben Verhältnisse im Wurzelraum ein Großteil des überschüssigen Stickstoff denitrifiziert wird. Für die extensive Bewirtschaftungsweise wurde eine Auswaschungsrate von $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ angenommen, die intensive Variante mit $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Herzog et al. (2001) beschreiben die Annahmen zur Extensivierung der Grünlandbewirtschaftung. Daraus abgeleitet ergibt sich eine Austragsrate für das Basisjahr 1993 von $8,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, die den Status quo mit großräumig ausgewiesenen Wasserschutzgebieten beschreibt. Im Jahr 2030 ist bei gleichbleibender Schutzgebietsausweisung und extensiverer Landnutzung mit $7,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ N-Austrag zu rechnen. Die Szenarien R₂, R₄, G₂, G₄ beschreiben die Rücknahme der Schutzzone 3b in Mockritz mit einer flächengewichteten Austragsrate von $7,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Abb. 2).

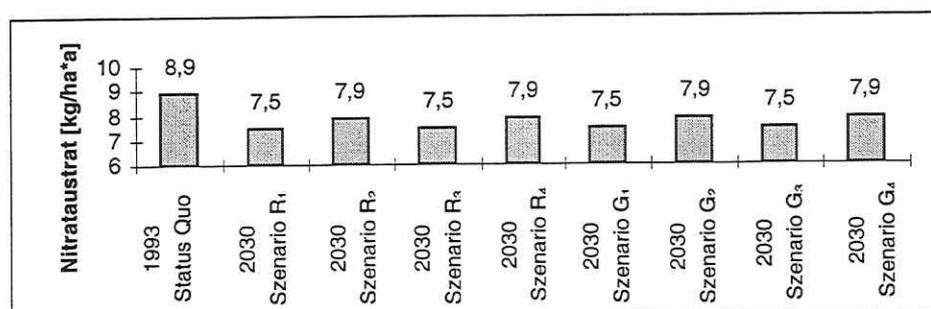


Abb. 2: Nitrataustrag unter Grünland (siehe Abb.1)

a.3) Ackerland

Um die ackerbaulichen Aktivitäten zu charakterisieren, wurde die Region in 4 Bereiche unterteilt, die sich in der Nutzung grundlegend unterscheiden: Die erste Untergliederung beschreibt den Bereich der Landschaftsformen Elbaue und Heide. Die Elbaue weist grundsätzlich ertragreiche Böden mit der Leitbodenform Vega auf. In den Heiden dominieren leichte Böden wie z.B. die Sand-Braunerde mit 60% Anteil am gesamten Ackerland. Eine weitere Differenzierung wurde in bezug auf Trinkwasserschutzgebiete (TWSG) getroffen, so dass insgesamt 4 Teilregionen zu definieren sind (s. Abb. 3):

- Elbaue (a) innerhalb und (b) außerhalb TWSG,
- Heide (c) innerhalb und (d) außerhalb TWSG.

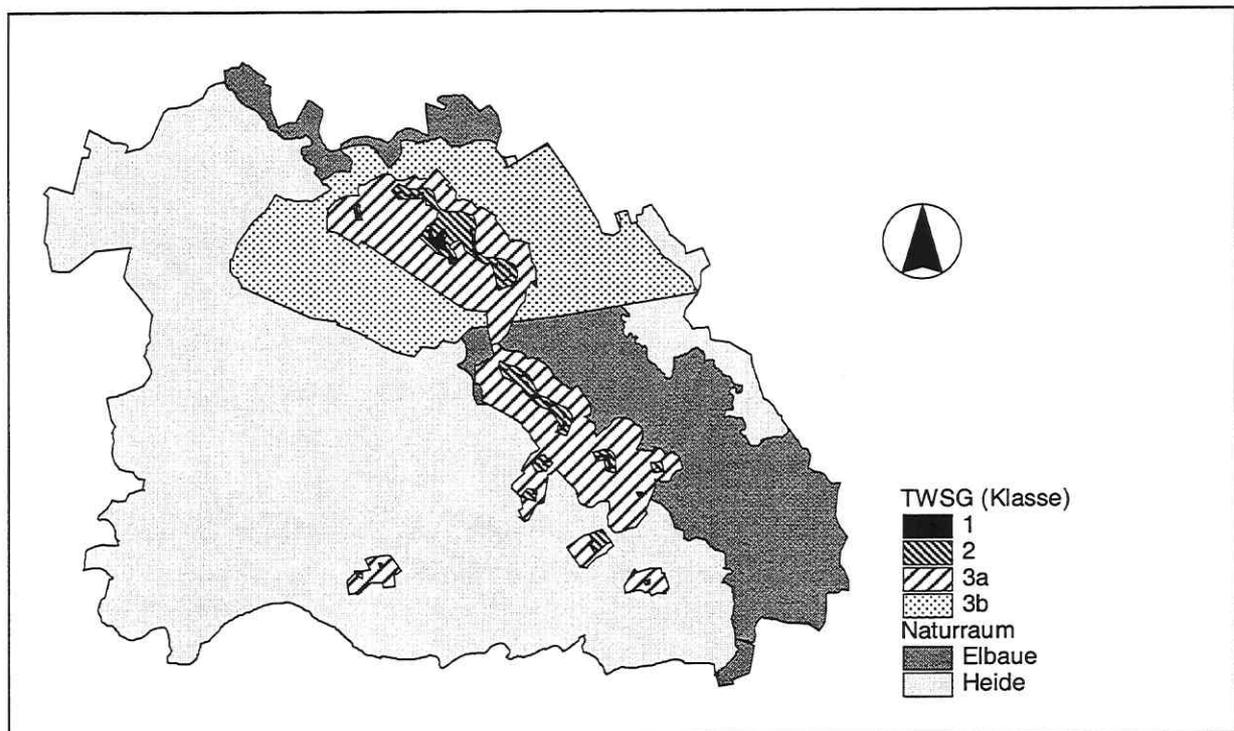


Abb. 3: Naturräume und Trinkwasserschutzgebiete (TWSG).

Innerhalb dieser Einheiten wurden für das Simulationssystem CANDY (Carbon and Nitrogen Dynamics, vgl. Franko 1996) jeweils 10 typische Betriebsformen definiert, die für ökologischen, integrierten (3 Stufen) und konventionellen Landbau je einen Marktfruchtbetrieb und einen Viehbetrieb ausweisen.

Als Datengrundlage wurden die Kreisstatistiken des Landkreises Torgau-Oschatz für das Jahr 1997 ausgewertet.

Die Stickstoffgaben wurden entsprechend der Düngungsempfehlung nach BEFU (Sächsisches Düngungsberatungsprogramm) angesetzt. Zur Berechnung des Düngereinsatzes wurden standardisierte Eingangsdaten zu Bodenform, Fruchtfolge, mineralischer Stickstoff im Boden und Bestandesentwicklung verwendet.

In der statistischen Auswertung wurden die Marktfruchtbetriebe gegenüber den Viehbetrieben mit dem Faktor 2 gewichtet, um das relative Verhältnis der Region annäherungsweise abzubilden.

Aus der Kombination aller Einflussfaktoren können 360 Einzelobjekte differenziert werden, die in Franko et al. (2001) schematisch dargestellt sind. Die einzelnen Kategorien zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Kategorien zur Identifikation der Einzelobjekte.

Kategorie	Objekte
Naturraum	Elbaue – Heide
Schutzstatus	Trinkwasserschutzgebiet - kein Trinkwasserschutzgebiet
Bewirtschaftungsintensität	ökologischer Landbau Integrierter Landbau mit Grundförderung Integrierter Landbau mit Zusatzförderung 1 Integrierter Landbau mit Zusatzförderung 2 Konventioneller Landbau
Betriebstyp	Marktfruchtbetrieb – Viehbetrieb
Bodenform	verschiedene Bodenformen

4.2.3 Datengrundlagen

a) Wetter

Das Klima im Torgauer Raum ist durch einen mittleren Jahresniederschlag von etwa 530 mm und einer Lufttemperatur im Jahresmittel bei ca. 9°C geprägt.

Die Klimadaten wurden von Messwerten der Klimastation des Deutschen Wetterdienstes in Oschatz abgeleitet. Es liegen Werte für eine langjährige Messreihe (1984-1997) vor, die mit einem Korrekturfaktor von 1,04 für die Elbaue und 1,08 für Heidegebiete auf die Verhältnisse im Torgauer Raum angepasst wurden. Der Wettergenerator des CANDY-Systems errechnet daraus ein Zufallswetter für den Simulationszeitraum von 100 Jahren.

b) Boden

Aus der geologischen Karte gehen überwiegend Bildungen der Saaleeiszeit hervor. Hierbei handelt es sich meist um Sande und kiesige Sande unterschiedlicher Mächtigkeit, die auf tertiären (miozänen) Tonen lagern. Abhängig von der Mächtigkeit der über den Tonen lagernden Schichten haben sich vor allem Braunerden und Pseudogleye herausgebildet. Neben den quartären Bildungen treten holozäne Ablagerungen auf, die sich in nennenswertem Umfang in der Elbaue befinden. Hier sind in der Folge hauptsächlich aus vorwiegend lehmigen und tonigen Substraten Veges bzw. aus sandigen Substraten Paternen entstanden.

Die für die Simulation verwendeten Bodenparameter wurden auf der Grundlage der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) und Beschreibungen nach Kundler (1989) sowie eigenen Bodenansprachen und Laboruntersuchungen festgelegt.

Die Untersuchungsergebnisse und Profilabbildungen befinden sich in Anlage 1 am Ende dieses Kapitels.

Im Torgauer Raum treten nach der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung 32 verschiedene Bodenformen auf. Für die CANDY-Simulationsrechnungen wurden daraus die 9 häufigsten Bodenformen für Elbaue und Heide ausgewählt, die über 99% der Landfläche repräsentieren. Die Auswertung berücksichtigt die prozentualen Anteile innerhalb einer Teilregion (Tab. 2).

Tab. 2: Anteil der Bodenformen am gesamten Ackerland.

Bodenform	Anteil am gesamten Ackerland [%]	
	Elbaue	Heide
Vega	76	1
Braunerde	4	60
Pseudogley	0	5
Braunerde-Podsol	0	1
Lös-Staugley	2	5
Vega-Gley	1	3
Gley-Pseudogley	10	0
Pseudogley-Parabraunerde	3	22
Braunerde-Parabraunerde	4	4

Die CANDY-Simulations-Dateien in Anlage 1 enthalten die verwendeten Parameter zur Profil- und Horizontbeschreibung.

4.2.4 Auswertung

Die Simulationen der Ackerbausysteme erfolgten über einen fiktiven Zeitraum von 100 Jahren.

Zur Auswertung wurden die Jahre 50 – 100 herangezogen, die ein konstantes umsetzbares Kohlenstoffniveau im Boden aufweisen ($C_{\text{ums}} \pm 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), d.h. die Umsatzprozesse im Boden befinden sich in einer stationären Phase (steady-state, entspr. Gleichgewichtszustand) und die Immobilisierung des Stickstoffs ist gleich der Mobilisierung.

Nach Berechnung der N-Auswaschungsraten mit dem CANDY-System erfolgte die Auswertung in einer Excel-Datei. Die Übertragung und Summenbildung aus Text-Dateien in das Excel-Arbeitsblatt leistete ein Visual-Basic-Programm (s. Anlage 1 am Kapitelende).

a) Simulationsergebnisse

Abbildung 4 zeigt die N-Auswaschung nach o.a. Raumeinheiten und Intensitätsstufen getrennt.

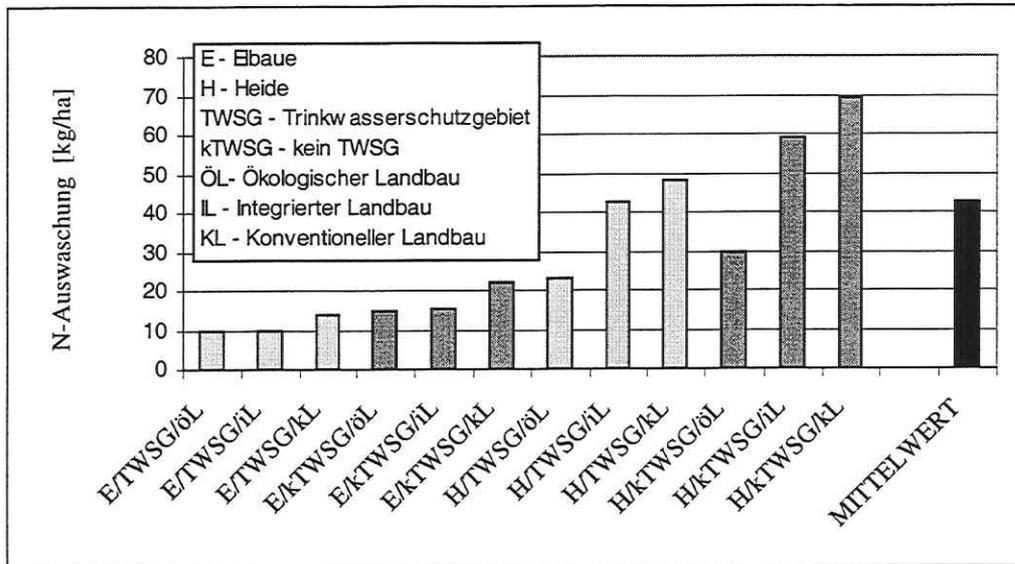


Abb. 4: N-Auswaschung unter Ackerland (Intensitätsstufen).

Die Auswaschungsverluste sind in der Elbaue mit Werten zwischen 8 und $23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ relativ gering im Verhältnis zur Heideregion (24 bis $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Die Restriktionen im TWSG wirken sich im integrierten und im konventionellen Landbau mit ca. 30% Niveauunterschied deutlich aus.

Der ökologische Landbau ist von dieser Unterscheidung nur in Bezug auf Zwischenfruchtanbau betroffen. Daher ergeben sich nur geringe Unterschiede innerhalb der Raumeinheiten. Höhere N-Verluste können temporär auf leichten Standorten auftreten, wenn nach Leguminosenanbau besonders viel Stickstoff im Boden verbleibt, der dann im Folgejahr mineralisiert und unter besonderen Umständen nicht ausreichend vom Pflanzenbestand aufgenommen wird.

Aus den Flächenanteilen des Basisjahres und den verschiedenen Landnutzungsvarianten für das Jahr 2030 lassen sich gewichtete Austragsraten ableiten (Abb. 5).

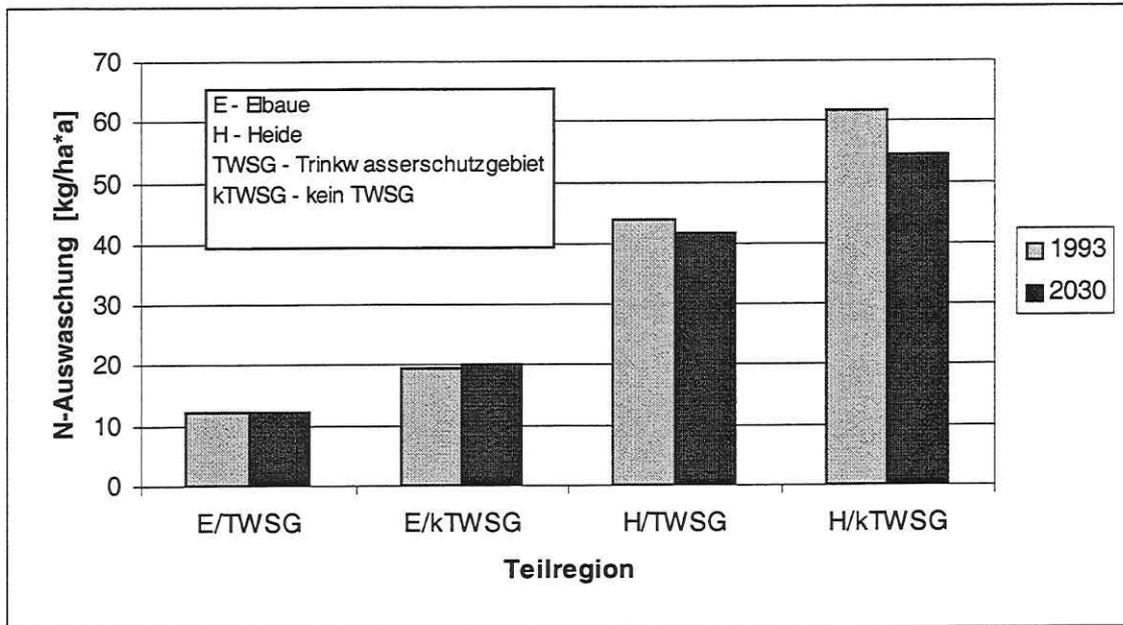


Abb. 5: Nitrat-Austrag unter Ackerland (Teilregionen).

Entsprechend der festgelegten Gewichtungsfaktoren einzelner Ackerbauintensitäten verändern sich die Austragsraten positiv. Die prognostizierte Tendenz zur Extensivierung wirkt besonders in den Heidegebieten mit einer reduzierten Austragsrate von $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im TWSG bzw. $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ außerhalb. Das Elbtal wird voraussichtlich außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten aufgrund ertragreicher Böden intensiver bewirtschaftet. Dadurch ist eine Verschlechterung von ca. $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zu erwarten, wohingegen im TWSG die berechnete Austragsrate gleich bleibt.

Aufgrund der unterschiedlichen Landnutzungsintensitäten für den Status Quo und die Szenarienansätze ergeben sich die in Abbildung 6 ausgewiesenen Auswaschungsverluste.

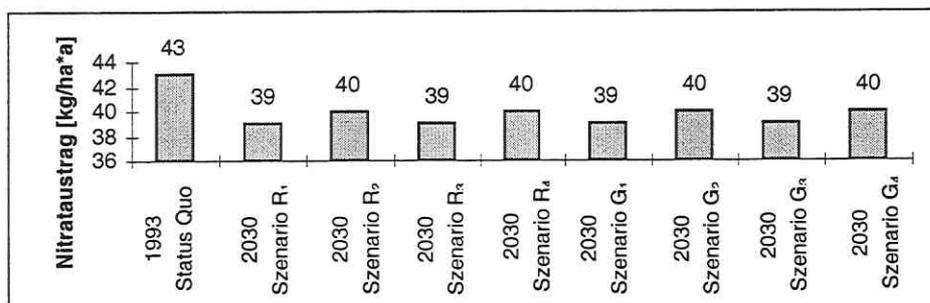


Abb. 6: Nitratustrag unter Ackerland (szenarienbezogen).

Im Jahr 1993 (Status Quo) ist mit $43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zu rechnen. Die prognostizierte Extensivierung macht sich bei allen Szenarien bemerkbar. Die Szenarien R_1 , R_3 , G_1 und G_2 repräsentieren eine Landnutzung, welche die Ausweisung von TWSG wie 1993 beinhaltet (Nitrataustrag: $39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), die Szenarien R_2 , R_4 , G_2 , und G_4 liegen aufgrund der Rücknahme der Schutzzone 3b in Mockritz ca. $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ höher.

b) Regionalisierte Aussagen zum Stickstoffhaushalt

Die Szenariorechnungen beruhen auf den Nutzungsannahmen für optimistische und realistische Entwicklungsannahmen (Horsch et al. 2001). Daraus ergeben sich unterschiedliche Flächenverhältnisse für Landnutzungstypen und unterschiedliche Intensitätsniveaus im Agrarbereich, die sich auf den Gesamtstickstoffaustrag und die Grundwasserbildung auswirken.

4.2.5 Ergebnisse

a) Nitrat-Konzentration

Der Stickstoffaustrag ins Grundwasser ist im 'steady-state' von der Sickerwassermenge und den N-Salden abhängig. Die N-Salden sind Stickstoffverluste, die teilweise gasförmig in die Atmosphäre entweichen und teilweise mit dem Sickerwasserstrom ins Grundwasser eingetragen werden.

Die Sickerwasser-Konzentration errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{NO}_3\text{-Konzentration [mg/l]} = \text{N-Austrag [kg/ha]} / \text{Sickerwasser [mm]} * 4,43 * 100 \quad (1)$$

Abbildung 7 zeigt die mittlere Nitrat-Konzentration im gesamten Bilanzgebiet.

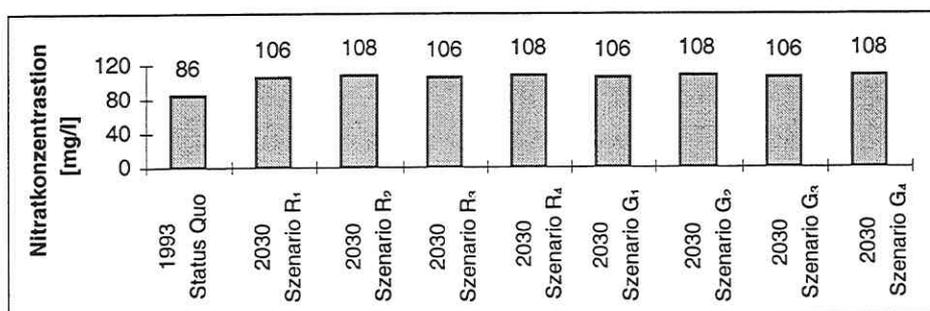


Abb. 7: Nitrat-Konzentration im Sickerwasser.

Auffallend ist der deutliche Anstieg der Nitrat-Konzentration von 1993 (86 mg/l) bis zum Niveau von 2030 (106-108 mg/l), der auf höhere Austragsraten unter Forst zurückzuführen ist. Die Differenzen zwischen den Szenarien des Jahres 2030 ergeben sich aus den unterschiedlich ausgewiesenen TWSG. Die Szenarien R_1 , R_3 , G_1 , und G_3 (106 mg/l) repräsentieren

den Stand mit den aktuell vorhandenen Schutzzonen, wohingegen die Szenarien R₂, R₄, G₂ und G₄ (108 mg/l) die Rücknahme der Wasserschutzzone 3 des Wassereinzugsgebietes Mockritz unterstellt. Versiegelungsaktivitäten, Kiesabbau und Aufforstungsmaßnahmen spielen bei der Betrachtung des Gesamttraumes eine untergeordnete Rolle.

b) Unsicherheiten

b.1) Stickstoffaustrag

Ackerland

Die Unsicherheiten werden durch strukturelle Variationsparameter wie Modellgenauigkeit und Kartengrundlage sowie durch die Eingangsparameter Klima, Boden, N-Düngung und Bedeckungsgrad bestimmt. Alle Variablen sind voneinander unabhängig.

Die Modellgenauigkeit und die Ergebnisse zur Flächenberechnung liegen bei $\pm 5\%$.

Der Parameter Klima kann durch Messungenauigkeit und Fehler beim Interpolieren im Bereich von $\pm 7\%$ angegeben werden. Innerhalb der Projektregion wurden zwei Niederschlagsgebiete definiert, die eine Schwankungsbreite von 6% aufweisen. Die Unsicherheit bei den Bodenparametern ist im Wesentlichen von der nutzbaren Feldkapazität abhängig, die um ca. $\pm 10\%$ variiert. Der Bedeckungsgrad ist von der Fruchtart und vom Erntezeitpunkt abhängig. Innerhalb des vorliegenden Fruchtartenspektrums sind keine relevanten Unterschiede auszuweisen. Der Erntezeitpunkt kann je nach Witterung und Arbeitsorganisation um 14 Tage variieren; dies entspricht einer Unsicherheit von $\pm 12\%$. Die N-Düngung variiert um $\pm 45\%$. Ein Anteil von 30% ist die Ungenauigkeit bei der Ausbringtechnik. Bis auf ca. 15% genau kann die Düngungsempfehlung nach BEFU errechnet werden. Insgesamt wurde die Unsicherheit beim N-Austrag unter Ackerflächen auf +50 % und -25% geschätzt.

Grünland und Forst

Die pauschal prognostizierten Austragsraten für Forst und Grünland erlauben nur eine grobe Abschätzung der Unsicherheiten. In dieser Betrachtung wurden $\pm 50\%$ in Ansatz gebracht.

b.2) Grundwasserneubildung

Die Unsicherheiten im Bereich der Grundwasserbildung beschreiben Volk et al. (2001).

c) Gesamtbetrachtung

Abbildung 8 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Unsicherheiten.

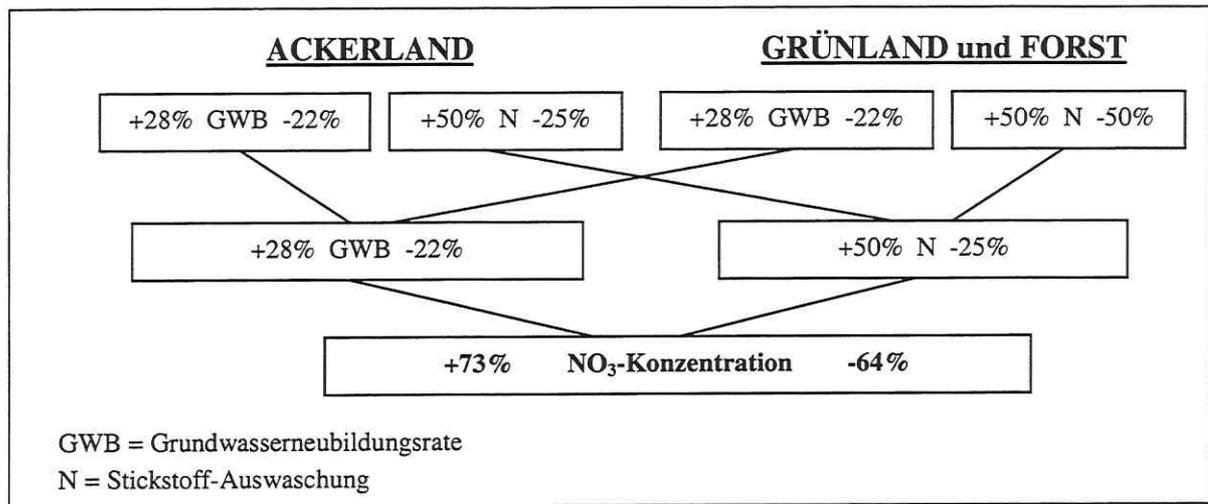


Abb. 8: Unsicherheiten bei der Berechnung der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser.

Aus der Addition der Unsicherheitsparameter „Nitrat austrag“ und „Grundwasserbildung“ errechnet sich eine Spannweite von -64 bis +73%.

4.2.6 Schlussfolgerung

Trotz der relativ großen Unsicherheit der abgebildeten Sickerwasserqualität kann ein Vorteil für die Szenarien R₁, R₃, G₁ und G₃ – also für den Erhalt der Trinkwasserschutzzone 3 – in Bezug zur Grundwasserqualität ausgewiesen werden, da sich die Schwankungsbreite ausschließlich auf die real zu erwartenden Konzentrationen bezieht und nicht auf die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien. Real (unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite) liegt die Nitrat-Konzentration in Jahr 2030 zwischen 38 und 183 mg/l (Szenarien R₁, R₃, G₁ und G₃) bzw. 39 und 189 mg/l (Szenarien R₂, R₄, G₂ und G₄).

Ein großer negativer Einfluss wirkt über die Auswaschungsrate unter Forst. Hier existiert allgemein noch wenig Systemkenntnis bezüglich der Critical Loads und der N-Sättigungstheorie.

Eine nachhaltige Landwirtschaft hinsichtlich der Nitratbelastung des Grundwassers ist nur dann gegeben, wenn der kritische Grenzwert von zurzeit 50 mg/l sicher unterschritten wird. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist dies aber nur gegeben, wenn die landwirtschaftliche Nutzfläche komplett in extensive Mähwiesennutzung umgewandelt wird und die prognostizierten Unsicherheiten nicht im negativen Bereich liegen (Tab. 3).

Tab. 3: Grenzwertbetrachtung.

Flächennutzung	NO₃-Austrag	GWB	Flächenanteil
	[kg ha⁻¹ a⁻¹]	[mm]	[%]
Ackerland	40	161	0
Grünland	5	129	64
Forst	30	94	36
Flächengewichteter Mittelwert der Nitrat-Konzentration:		47 mg/l	
Unsicherheitsbereich:		17–81 mg/l	

Ein pessimistischer Ansatz für den langfristig zu erwartenden Nitrataustrag unter Forst von 30 kg ha⁻¹ a⁻¹ und 5 kg ha⁻¹ a⁻¹ unter Grünland führt zu einem flächengewichteten wahrscheinlichsten Wert von 47 mg l⁻¹. Die Ergebnisse sowie die Werte zur Nitrat-Konzentration im Sickerwasser des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz (vgl. Franko et al. 2001) gingen in die multikriterielle Bewertung ein.

Anlagen zum Kapitel 4.2

Die Anlagen sind unter http://www.bdf.ufz.de/HTML_Download_ext.html

>>> Torgauer_Raum zu finden.

Anlage 1: Dateien zum Download

Profilansprache 7	Feldbodenkundliche Untersuchungen von Böden ackerbaulich genutzter Flächen bei Torgau
Profil 1	Abbildungen des untersuchten Bodenprofils 1 bei Torgau
Profil 2	Abbildungen des untersuchten Bodenprofils 2 bei Torgau
Profil 3	Abbildungen des untersuchten Bodenprofils 3 bei Torgau
Profil 4	Abbildungen des untersuchten Bodenprofils 4 bei Torgau
Profil 5	Abbildungen des untersuchten Bodenprofils 5 bei Torgau
Bodenuntersuchung	enthält die physikalischen Parameter der untersuchten Böden
Simulationsobjekte	zeigt alle 40 verschiedenen Betriebssysteme in tabellarischer Form
Struktur	Struktur der ackerbaulichen Aktivitäten im Torgauer Raum (mit Gewichtungsfaktoren)

Interner Teil:

CANDY	Programm-, Profile-, Horizonte-, Festdaten- und Maßnahmen-Dateien, sowie das komplette Sysdat-Verzeichnis und die bat-files
Auswertung	Excel-Sheet incl. Makros
ArcView	alle projektrelevanten ArcView GIS Coverages

4.3 Naturschutzfachlich relevante Effekte des Kiesabbaus

Silke Bruns, Mathias Scholz und Frank Messner

4.3.1 Einleitung

Mit dem Abbau von Kies und Sand ist zwangsweise ein Eingriff in das natürliche Wirkungsgefüge des Naturhaushalts verbunden. Die dadurch verursachten ökologischen Veränderungen können weitgehend im voraus prognostiziert und abgeschätzt werden. Im Gegensatz zu den Nutzeneffekten, die durch die Schaffung von Kiesseen entstehen (vgl. Kap. 5.2), ist es in diesem Fall sehr schwierig, den naturschutzfachlich relevanten Veränderungen monetäre Nutzenwerte zuzuordnen. Aus diesem Grunde wurde eine ergänzende naturschutzfachliche Bewertung auf Grundlage des Bundesnaturschutzgesetzes durchgeführt.

In diesem Beitrag werden die Wirkungen der einzelnen Kiesabbauvorhaben auf den Naturhaushalt in einer Wirkungs-Ergebnismatrix vergleichend gegenübergestellt und aus naturschutzfachlicher Sicht bewertet.

4.3.2 Vorgehensweise

Zum Naturhaushalt gehören abiotische und biotische Ressourcen, die in der Naturschutzgesetzgebung (Bundes- und Ländergesetze) und der fachlichen Praxis als „Schutzgüter“ bezeichnet werden. Im Sinne der Naturschutzgesetze gehören dazu Boden, Wasser, Klima/Luft, Pflanzen und Tiere sowie das Landschaftsbild. Bei der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) (nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)) werden zusätzlich zu den genannten Schutzgütern die Auswirkungen des Vorhabens auf den Mensch sowie auf Kultur- und Sachgüter untersucht. Eine UVP ist auch für bergbauliche Genehmigungsverfahren gesetzlich vorgeschrieben.

Durch Budgetrestriktionen waren umfassende eigene Untersuchungen zum derzeitigen Zustand des Naturhaushaltes sowie zu Arten und Biotopen nicht möglich. Die verwendeten Daten stammen daher überwiegend aus den offiziellen Genehmigungsunterlagen (Rahmenbetriebsplan mit integrierter Umweltverträglichkeitsstudie) für die Kiesabbauvorhaben.

Es können drei Zeiträume unterschieden werden, die relevante Auswirkungen hervorrufen: Aufschlussphase, Abbauphase und Nachnutzungsphase. In der bereits erwähnten Wirkungs-Ergebnismatrix wird daher zwischen der Phase des Kiesabbaus (inklusive Aufschluss) und der Nachnutzung unterschieden.

Der Aufschluss der untersuchten Lagerstätten erfolgt mittels eines Raupenbaggers. Oberboden und Abraum (= Schicht zwischen belebtem Boden und Rohkiessand) werden auf Halden gelagert. Der Kiessand wird schließlich im Nassabbau mit einem Schwimmgreifbagger gewonnen. Der Transport des Rohstoffs erfolgt über schwimmende und ortsfeste Förderbänder zur Aufbereitungsanlage.

Die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes erhalten und zu entwickeln ist gesetzliches Ziel des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Die Auswirkungen der Kiesgewinnung auf den Naturhaushalt beziehen sich daher auf die Beeinträchtigung von Landschaftsfunktionen durch den Abbau bzw. die Nachnutzung. Dazu gehören die folgenden in Tabelle 1 aufgelisteten Schutzgüter und die ihnen zugehörigen Landschaftsfunktionen.

Tab. 1: Schutzgüter und Landschaftsfunktionen.

Schutzgut	Landschaftsfunktionen
Boden	Produktionsfunktion für Land- und Forstwirtschaft, Lebensraumfunktion für Pflanzen und Tiere, Filter- und Retentionsfunktion für das Grundwasser
Wasser	Grundwasserdargebot für die Trinkwassernutzung, Biotop- und Lebensgrundlage für Pflanzen und Tiere
Klima/Luft	Klimaausgleichsfunktion, Luftreinigungsfunktion, Wohlfahrtsfunktion (Erholung in unbelasteter Luft)
Pflanzen und Tiere	Biotopfunktion, Erholungsfunktion, Erosionsschutzfunktion, biotische Regelungsfunktionen (Reinigung, Abbau, Schädlingskontrolle)
Landschaftsbild	Erholungsfunktion

4.3.3 Wirkungen des Kiesabbaus auf die Schutzgüter

a) Boden

Bei den Aufschlussarbeiten zur Rohstoffförderung wird der Oberboden abgeschoben, was zu einem Verlust von z.T. hochwertigen Böden führt. Der Boden wird ausgehalten und zu Reaktivierungsmaßnahmen eingesetzt. Durch die Umlagerung wird jedoch das Gefüge zerstört und der Bodenwasserhaushalt vom Grundwasser abgekoppelt. Das Biotopentwicklungspotential von Auenböden für die Entwicklung von Hartholzauwe bzw. Stromtalwiesen ist dann nicht mehr gegeben.

b) Grundwasser

Die Abgrabung von Sanden und Kies in der Aue ist immer mit einer Offenlegung des Grundwassers und der Schaffung von neuen Gewässern verbunden. Im Bereich des Aufschlusses gehen die schützenden Deckschichten verloren und das Grundwasser tritt in Austausch mit der Atmosphäre und dem neuen Gewässer. Dies hat z.T. negative Konsequenzen für den Wasserhaushalt. Veränderungen in der Grundwasser-Fließrichtung, im Stoffhaushalt sowie eine Absenkung des Grundwasserspiegels durch die Verdunstung der offenen Wasseroberfläche sind häufige Folgen.

In Abhängigkeit von der Morphologie können die Baggerseen nach dem Abbau teilweise Funktionen naturnaher Gewässer übernehmen. Sie sind jedoch anthropogen überformt und mit den natürlich vorkommenden Gewässertypen einer Niederungslandschaft nicht vergleichbar. Durch Nährstoffeinträge aus dem Niederschlagswasser bzw. Grundwasser, aus Biomasse oder infolge der Nachnutzung können bei ungünstiger morphologischer Gestaltung (zu große Tiefe, unebner Gewässergrund, unstrukturierte Form mit Steilufern) auch limnische Probleme auftreten.

c) Klima/Luft

Die klimatischen Auswirkungen des Abbaus beschränken sich auf das Klein- und Geländeklima. Auf den Sand- und Kiesflächen sowie den Halden entstehen extreme Temperaturschwankungen. Die großen Wassermassen der neu entstehenden Seen bewirken dagegen einen tages- und jahreszeitlichen Temperatúrausgleich auf die Umgebung. Die Verdunstung über der Wasserfläche bewirkt einen Anstieg der Luftfeuchtigkeit. Lufthygienisch kann die Staubbelastung und der Lärm durch den Abbaubetrieb problematisch sein.

d) Arten und Lebensgemeinschaften

Durch den Abtrag der Oberfläche für den Aufschluss werden an den Standort angepasste Biozönosen vernichtet. Andererseits werden neue Lebensräume geschaffen. Während der naturschutzfachliche Wert kleiner, über einen längeren Zeitraum genutzter Kiesgruben gut untersucht und hinreichend bekannt ist (z.B. Bauer/Prautzsch 1973; Jürging/Kaule 1977; Plachter 1983), wird die Bedeutung industriell betriebener Rohstoffabgrabungen für den Arten- und Biotopschutz als gering eingeschätzt (Bauer 1993; Kapfer/Claasen 1993; Frey 1994; Ringle et al. 1995ff.). Hinzu kommt, dass durch die fortschreitende Sukzession diese neu entstandenen Pionierstandorte für Arten einer naturnahen Flusslandschaft nur vorübergehend geeignet sind. Das Aufbringen von Oberboden bei der Rekultivierung kann zudem das Besiedlungspotential für Magerbiotope verringern.

Infolge der Grundwasserabsenkung kann es weiterhin zu einer Beeinträchtigung von umliegenden Biotopen kommen. Besonders autotypische Biotope, die über das Grundwasser Anschluss an das Hochwassergeschehen besitzen, reagieren empfindlich auf Veränderungen im Wasserhaushalt, was bei einer Grundwasserabsenkung zu Vegetationsveränderungen führen kann. Die Beunruhigung durch Lärm und Begängnis sowie Lichteffekte infolge des Abbaugeschehens wirken sich vor allem negativ auf Tiere aus.

e) Landschaftsbild

Betriebsbedingt kommt es zu Beeinträchtigungen während des Abbauperioden von ca. 30 Jahren. In der flachen, in weiten Teilen ausgeräumten Niederungslandschaft der Elbaue sind die Betriebsanlagen weithin optisch und akustisch wirksam. Das gilt auch für den Bereich der Kiefernforsten im potentiellen Abbaugbiet Arzberg.

Nach Beendigung und Renaturierung kann das Abbaugelände bei einer entsprechenden Gestaltung eine positive Bereicherung des Landschaftsbildes darstellen. Da die Maßstäblichkeit der Abbaugewässer aufgrund der Flächenausdehnung nicht denen eines naturraumtypischen Gewässers entspricht, geht trotzdem ein Verlust der Eigenart der Landschaft einher.

In der folgenden Tabelle 2 sind für die drei Abbaustätten, die für die Szenarien des Torgauer Raumes relevant sind³⁶, die Wirkungen des Kiesabbaus und der Nachfolgenutzung auf die einzelnen Schutzgüter mit ihren Folgen für die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sowie der Größe der betroffenen Fläche für die drei Kiesabbaufelder vergleichend gegenübergestellt.

³⁶ Verglichen werden in diesem Beitrag die Abbaustätten Arzberg-Blumberg, Arzberg-Kötten und Großtreben-Dautzschen, da es diese drei Stätten sind, durch deren Aufschluss bzw. Nichtaufschluss sich die Szenarien des Torgauer Raumes unterscheiden. Daher bleiben die Stätten in Liebersee, die in allen Szenarien weiter abgebaut werden, in dieser auf Differenzbetrachtung ausgelegten Untersuchung unberücksichtigt.

Tab. 2: Wirkungs-Ergebnismatrix für die drei Kiesabbaustellen.

Schutzgut	Kiesabbau		Nachfolgenutzung ^a		Größe der betroffenen Fläche/Einheit		
	Wirkung	Ergebnis	Wirkung	Ergebnis	Arzberg-Blumberg (A.-B.)	Arzberg-Kötten (A.-K.)	Großtreben-Dautzschen (G.-D.)
Boden	Aufschluss: Abtrag und Umlagerung, Versiegelung und Verdichtung von Boden	Beeinträchtigung von Bodenfunktionen und natürlich gewachsenem Boden	Erneute Umlagerung von Bodenabraum bei der Herstellung der Bö- schungsbereiche und der Gestaltung der Uferberei- che, der Anschüttung eines Dammes, der Verspülung des Nord- ostfeldes	Verlust von Boden- funktionen und sekundär entwickel- tem Boden	Abbau: 88 ha Nachnut- zung: 5 ha	Abbau: 78,6 ha Nachnut- zung: 3,2 ha	Abbau: 180 ha Nachnutzung: 5 ha
	Aufschluss: Abtrag und Umlagerung, Versiegelung und Verdichtung von Boden	Veränderung des Biotop- entwicklungspotentials	Störungen und Stoffein- träge durch Nutzung	erneute Veränderung des Biotopentwick- lungspotenzials	1 ha	-	-
					-	8,1 ha	-
					88 ha	80 ha	140 ha

^a A: Nutzung für Arten- und Biotope, B: Badenutzung, C: Angelnutzung

Fortsetzung nächste Seite.

Fortsetzung von Tabelle 2.

Schutzgut	Kiesabbau		Nachfolgenutzung ^a		Größe der betroffenen Fläche/Einheit		
	Wirkung	Ergebnis	Wirkung	Ergebnis	A.-B.	A.-K.	G.-D.
Wasser	Abtrag von Boden und Offenlegung des Grundwassers	Verlust der filternden Deckschicht Verringerung der Grundwasserneubildung	A: Filterung, Reinigung und Belüftung des Wasserkörpers	A: Erhalt/Verbesserung der Wasserqualität	A: 55 ha	A: 66 ha	A: 125 ha
			B: Stoffeinträge durch Nutzung	B: Mögliche Verschmutzung des GW	B: 13 ha	B: -	B: 15 ha (geschätzt)
			C: Stoffeinträge durch Nutzung	C: Mögliche Verschmutzung des GW	C: -	C: 5,24 ha	C: -
Klima Luft	Schaffung von Hohlformen	Beeinflussung des GW-Regimes durch Verdunstung und Absinken des Grundwasserspiegels			-1,0 l/s 0,53 m	-1,0 l/s 0,54 m	(keine Angaben)
	Einleitung von Wasch- und Niederschlagswasser	Eutrophierung des Gewässers	Eintrag von Niederschlagswasser	Eutrophierung	68 ha	71,3 ha	125 ha
	Temperaturnausgleichende Wirkung großer Wasserflächen	Veränderung des Klein- und Lokalklimas	(keine Wirkung durch geplante Nachnutzung zu erwarten)				
	Anstieg der Luftfeuchtigkeit	Erhöhung der Nebelhäufigkeit über der Wasserfläche und dem Ufer	(keine Wirkung durch geplante Nachnutzung zu erwarten)				

^a A: Nutzung für Arten- und Biotope, B: Badenutzung, C: Angelnutzung

Fortsetzung nächste Seite.

Fortsetzung von Tabelle 2.

Schutzgut	Kiesabbau		Nachfolgenutzung ^a		Größe der betroffenen Fläche/Einheit		
	Wirkung	Ergebnis	Wirkung	Ergebnis	A.-B.	A.-K.	G.-D.
Pflanzen	Aufschluss des Abbaufeldes	Verlust von Biotopen			88,3 ha	88,4 ha	180 ha
		Beeinträchtigung von Biotopen	B/C: Stoffeintrag, Tritt	B/C: Beeinträchtigung von Biotopen, Störungen der Vegetation, Förderung trittsensibler und nährstoffliebender Vegetation	13 ha	5,24 ha	5 ha
	Abgrabungstätigkeit, Veränderung des Reliefs bzw. der Oberflächenausprägung	Veränderte Standortbedingungen	Schaffung von Extremstandorten (hinsichtlich Feuchte und Nährstoffangebot)	A: Entstehen von neuen Lebens- und Rückzugsräumen für spezialisierte Arten	70 ha	66 ha	17,6 ha
Pflanzungen	Veränderung des Artenspektrums	Schaffung von neuen Biotopstrukturen	A: Entstehen von neuen Lebens- und Rückzugsräumen	5,3 ha	6,5 ha	35,1 ha	

^a A: Nutzung für Arten- und Biotope, B: Badenutzung, C: Angelnutzung

Fortsetzung nächste Seite.

Fortsetzung von Tabelle 2.

Schutzgut	Kiesabbau		Nachfolgenutzung ^a		Größe der betroffenen Fläche/Einheit		
	Wirkung	Ergebnis	Wirkung	Ergebnis	A.-B.	A.-K.	G.-D.
<i>Tiere</i>	Aufschluss des Abbaufeldes	Verlust von Lebensraum und Nahrungsgebieten			88,3 ha	88,4 ha	180 ha
		Beeinträchtigung von Lebensraum und Nahrungsgebieten	B/C: Stoffeintrag, Tritt	B/C: Beeinträchtigung von Biotopen, Störungen der Vegetation und der Fauna	13 ha	5,24 ha	15 ha
		Zerschneidung von Lebensräumen					
	Veränderte Standortbedingungen durch Bodenabtrag, Pflanzungen	Veränderung des Artenspektrums	Schaffung von Extrimstandorten	A: Entstehen von neuen Lebens- und Rückzugsräumen für spezialisierte Arten	70 ha	66 ha	17,6 ha
	Abgrabungstätigkeit	Störung durch Begängnis, Lärm, Licht	Freizeitnutzung	B: Störung durch Begängnis, Lärm C: Störung durch Begängnis (Dauereffekt)	13 ha	5,24 ha	15 ha
<i>Landschaftsbild</i>	Strukturveränderung der Landschaft durch Aufschluss und Abgrabung	Verlust landschaftstypischer Eigenart	Entstehung von Wasserflächen und naturnah gestalteten Biotopen	Erhöhung der Strukturvielfalt	88 ha	88 ha	106 ha
	Aufschüttungen	Überformung des Reliefs					
	Abgrabungstätigkeit: Abraumhalden und Betriebseinrichtungen	Optische Beeinträchtigungen	Optische Aufwertung durch Strukturvielfalt	Attraktivitätssteigerung der Landschaft			
			Entstehung von Erholungsmöglichkeiten	B/C: Ausstattung mit Parkplätzen und Ver- bzw. Entsorgungseinrichtungen	3,3 ha	1,6 ha	(nicht geplant)

^a A: Nutzung für Arten- und Biotope, B: Badenutzung, C: Angelnutzung

4.3.4 Naturschutzfachliche Bewertung des Kiesabbaus

4.3.4.1 Grundlagen

Wie oben bereits erwähnt, erfolgt die Bewertung der ökologischen Effekte nicht durch eine Nutzen-Kosten-Analyse, sondern durch eine naturschutzfachliche Bewertung.

Aus der ethischen Verantwortung für zukünftige Generationen und die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen wurde 1987 die Einführung einer nationalen Naturschutzgesetzgebung beschlossen. Sie besteht aus dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) als Rahmengesetz und der speziellen Umsetzung in den Ländergesetzen (bspw. SächsNatSchG für das Land Sachsen).

Dieses Gesetz gibt gesellschaftliche Wertvorstellungen und allgemeine Maßstäbe zur Bewertung der Schutzgüter (Boden, Wasser, Luft/Klima, Pflanzen und Tiere, Landschaftsbild) in Form von Zielen (s. § 1 BNatSchG bzw. § 1 SächsNatSchG) und Grundsätzen (s. § 2 BNatSchG bzw. § 1 SächsNatSchG) vor. Die Bewertung in diesem Beitrag orientiert sich an diesen Wertvorstellungen. Um ein differenziertes und aussagekräftiges Ergebnis für den Bezugsraum zu erhalten, ist es aber erforderlich, die naturräumlichen und regionalen Gegebenheiten in den Wertkriterien und –maßstäben zu berücksichtigen.

Die in vielen Bereichen noch relativ naturnahe Elblandschaft bietet einer Vielzahl von spezialisierten Arten und Biozönoten Lebensraum. Verglichen mit anderen Flusstälern Mitteleuropas handelt es sich um eine besondere Situation, die eine angemessene Berücksichtigung erfordert. Leitbild ist daher der Erhalt und die Entwicklung der naturnahen Auenlandschaft mit kulturhistorischen Nutzungsformen im mittleren Elbetal.

a) Methode

Für die Einschätzung der ökologischen Verträglichkeit wurde ein Bewertungsverfahren nach dem Prinzip der ökologischen Risikoanalyse (vgl. Bachfischer 1978; Bechmann 1988) entwickelt. Die Methode berücksichtigt zwei Aspekte: Die aktuelle Bedeutung des jeweiligen Schutzgutes für den Naturhaushalt und die Intensität der Auswirkungen auf das Schutzgut. Die Bewertung der beiden Aspekte wurde getrennt vorgenommen und anschließend mit Hilfe einer Verknüpfungsmatrix aggregiert. Dabei wurden die potentiellen Abbaustätten jeweils als Einheit betrachtet.

b) Bewertungskriterien

Für die aktuelle naturschutzfachliche Bedeutung wurden für jedes Schutzgut Bewertungskriterien ausgewählt, die für die Fragestellung geeignet und aufgrund der Datenlage anwendbar waren. Sie durften zudem nicht schon an anderer Stelle des multikriteriellen Verfahrens berücksichtigt worden sein, um Doppelzählungen zu vermeiden.

Tab. 3: Naturschutzfachliche Bewertungskriterien.

Schutzgut	Bewertungsgegenstand	Kriterien
Boden	Leistungsfähigkeit des Bodens	Natürliche Ertragsfähigkeit (Bodenwertzahl) und Speicher- und Regelungsfunktion (Physiko-chemische Filtereigenschaften)
	Besondere Eigenschaften des Bodens	Biotisches Lebensraumpotential (besondere Standortfaktoren)
Wasser	Bedeutung des Grundwassers für den Naturhaushalt	Grundwasserneubildungsrate Grundwasserqualität
Klima/Luft	Bedeutung des Klimas für den Naturhaushalt	Natürlichkeitsgrad und lufthygienische Belastung
Arten und Lebensgemeinschaften	Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften	Gefährdung (Schutzstatus, Rote Liste) Wiederherstellbarkeit (Dauer nach Jahren) Naturnähe (reziproker Grad des menschlichen Einflusses) Abhängigkeit von extremen (auentypischen) Standortbedingungen
Landschaftsbild	Qualität des Landschaftsbildes	Vielfalt Eigenart Natürlichkeit

4.3.4.2 Bewertung der Bedeutung der Schutzgüter

a) Schutzgut Boden

a.1) Zielsetzung

Der Boden übernimmt vielfältige Funktionen im Naturhaushalt. Er dient den bodenbewohnenden Organismen als Lebensraum und den Pflanzen, die er mit Wasser, Luft und Nährstoffen versorgt, als Standort.

Böden sind außerdem Träger von Stoffen und wandeln Stoffe um, wobei sie in der Landschaft den größten Teil des Stoffumsatzes bewältigen. Sie wirken als Filter und Puffer und nehmen durch ihre Speicher- und Reglerfunktionen auf die verschiedenen Prozesse des Natur- und Landschaftshaushaltes Einfluss.

a.2) Allgemeine Vorbelastung

Der Zustand der Böden ist durch anthropogene Einflüsse in unterschiedlicher Weise vorbelastet. Beeinträchtigungen im Betrachtungsraum resultieren aus

- landwirtschaftlicher Nutzung unter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln,
- Straßenverkehr sowie
- Immissionen, die im Zusammenhang mit der allgemeinen Luftverschmutzung stehen.

Tab. 4: Vorbelastungen des Bodens.

Verursacher	Art der Beeinträchtigung	Vorbelastung
Landwirtschaftliche Nutzung	Oberbodenumlagerungen Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln	Schädigung des Edaphons und der Pflanzenwelt durch Eintrag toxischer Stoffe/Veränderung der Lebensbedingungen für wildlebende Pflanzen und Tiere
Straßenverkehr	Schadstoffeintrag (Reifenabrieb, Ölrückstände, Abgase)	Schädigung des Edaphons und der Pflanzenwelt durch Eintrag toxischer Stoffe und Stickstoffakkumulation
Allgemeine Luftverschmutzung	Schadstoffeintrag, insbesondere durch SO ₂ und NO _x	Schädigung des Edaphons und der Pflanzenwelt durch Eintrag toxischer Stoffe und Stickstoffakkumulation

Besonders in den Arzberger Abbaugebieten kann von einem intensiven Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ausgegangen werden, da es sich um Grenzertragsböden handelt (RBP Arzberg, S. 26, 40). Der Acker im Betrachtungsgebiet Großtreben-Dautzschen wurde teilweise als Gülleausbringungsfläche genutzt (UVS Großtreben-Dautzschen, S. 57, 64). Die hier vorhandene 0,3-3 m mächtige Auenlehmschicht (ebenda S. 24) besitzt ein großes Absorptionsvermögen, was gleichzeitig eine hohe (Phosphat-) Konzentration im Boden vermuten lässt.

a.3) Bewertung der Bedeutung des Bodens für den Naturhaushalt

Die Bedeutung des Bodens für den Naturhaushalt ergibt sich aus der Berücksichtigung zweier unterschiedlicher Funktionen im Naturhaushalt: Die Produktions- bzw. Nutzungsfunktion für die Land- und Forstwirtschaft und die Lebensraumfunktion für Arten und Lebensgemeinschaften. Daher werden die natürliche Leistungsfähigkeit und die besonderen Eigenschaften des Bodens bewertet.

Bewertungsgegenstand: Natürliche Leistungsfähigkeit des Bodens

Die Bewertung erfolgt anhand folgender Kriterien:

- Natürliche Ertragsfähigkeit und

- Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion.

Bewertungsgegenstand: Besondere Eigenschaften des Bodens

Einstufung anhand des Kriteriums:

- Biotisches Lebensraumpotenzial

Natürliche Ertragsfähigkeit

Böden sind die Grundlage für die Pflanzenproduktion in der Land- und Forstwirtschaft. Neben den Standortfaktoren Wasser, Klima und Relief bestimmt in erster Linie der Boden mit seinen Eigenschaften die natürliche Ertragsfähigkeit.

Eine hohe natürliche Ertragsfähigkeit von Böden bedeutet, dass mit einem geringen Einsatz von Fremdenergie (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel u.a.) nachhaltig gute Erträge erzielt werden können. Sie kann somit als Maß für die Leistungsfähigkeit der Böden angesehen werden (vgl. u.a. Haase 1978; Sandner 1991).

Für die Untersuchungsgebiete liegen die Bodenwertzahlen der Reichsbodenschätzung vor. Die Wertzahlen sind Verhältniszahlen. Sie bringen Reinertragsunterschiede zum Ausdruck, die unter sonst gleichen Bedingungen lediglich durch die Bodenbeschaffenheit bedingt sind. Als Maßstab zur Bemessung zog man damals (in den 1930er Jahren) Lössböden in der Magdeburger Börde heran, die mit der Bodenwertzahl 100 belegt wurden. Je höher also die Bodenwertzahl ist, desto höher ist auch die natürliche Ertragsfähigkeit.

Der nachfolgende Bewertungsrahmen orientiert sich an der vorhandenen Spannweite und gilt nur für die konkrete Situation im Betrachtungsraum.

Tab. 5: Bewertungsrahmen der natürlichen Ertragsfähigkeit
(in Anlehnung an Sandner in: Bastian/Schreiber 1994).

Bodenwertzahl	Natürliche Ertragsfähigkeit
<25	gering
26-50	mittel
51-75	hoch
>76	sehr hoch

Die Werte liegen im Untersuchungsgebiet Arzberg zwischen 15 und 41 (im Durchschnitt: 21) (Arzberg-Blumberg) bzw. 17 und 30, (durchschnittlich: 21) (Arzberg-Kötten) (RBP Arzberg, S. 24). Die natürliche Ertragsfähigkeit ist gering, die Standorte sind Grenzertragsböden. Im Untersuchungsgebiet Großtreben-Dautzschen liegen die Werte zwischen 70 und 84 (UVS Großtreben-Dautzschen, S.58). Hier sind also vergleichsweise gute bis sehr gute Böden mit einer hohen bis sehr hohen natürlichen Ertragsfähigkeit vorhanden.

Tab. 6: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die natürliche Ertragsfähigkeit.

Betrachtungsgebiet	Bodenwertzahl	Natürliche Ertragsfähigkeit
Arzberg-Blumberg	15 - 41	gering bis mittel; Ø: gering
Arzberg-Kötten	17 - 30	gering bis mittel; Ø: gering
Großtreben-Dautzschen	70 - 84	hoch bis sehr hoch

Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion

Unter der Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion versteht man die Fähigkeit des Bodens, Stoffe umzuwandeln, zu binden und zu puffern. Der Umfang der Filterfunktion hängt von den Substrateigenschaften, dem Humusgehalt und dem pH-Wert des Bodens sowie den zu filternden Stoffgruppen ab. Für alle Stoffgruppen, die durch Adsorption über Anionen und Kationen fixierbar sind, lassen sich die Filtereigenschaften aus den Substrateigenschaften ableiten.

Das Filtervermögen hängt in erster Linie vom Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Substratteilchen ab. Ein hohes Oberflächen-Volumen-Verhältnis (z.B. bei Tonminerale) bietet, verglichen mit einem geringen (z.B. bei Steinen), mehr Möglichkeiten zur Adsorption von Stoffen. Die Filterleistung ist demnach umso größer, je feinkörniger das Substrat ist.

Eine hohe Filterleistung schützt das Grundwasser vor dem Eindringen von Schadstoffen, birgt aber gleichzeitig die Gefahr der Akkumulation von Stoffen im Boden, was zu einer Schädigung des Bodenlebens und einer Belastung der Nahrungskette führen kann.

Für die Untersuchungsgebiete werden hohe Filterleistungen als positiv eingeschätzt, da im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung das Eindringen von Schadstoffen in das Grundwasser nachteilig ist. Zudem kann eine längere Verweildauer im Wurzelraum der Pflanzen einer Konzentration entgegenwirken.

Die Einordnung der Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion der vorhandenen Bodentypen erfolgt nach Tabelle 7.

Tab. 7: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion der im Untersuchungsraum vorhandenen Bodentypen (in Anlehnung an AG Boden, 1994).

Betrachtungsgebiet	Bodentyp	Bodenart	Filter-, Speicher- und Regelungsfunktion
Arzberg-Blumberg	Braunerde	Löß und schwach lehmiger Sand,	Mittel bis
	Vega	lehmiger Sand	Hoch
Arzberg-Kötten	Braunerde	Löß und schwach lehmiger Sand	Mittel
Großtreben-Dautzschen	Vega, Vegagley	lehmiger Sand	Hoch

Biotisches Lebensraumpotenzial

Dieses Kriterium umfasst natürlich gewachsene Bodentypen mit sehr hoher Bedeutung durch regional besondere Standortfaktorenkombinationen (z.B. wechselfeucht, nährstoffarm, nass, trocken). Diese natürlichen Sonderstandorte stellen einen potentiellen Lebensraum für Tiere und Pflanzen dar, die durch den Rückgang solcher Standorte infolge von Meliorationsmaßnahmen ebenfalls selten geworden sind.

Tab. 8: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf das biotische Lebensraumpotential der Bodentypen (in Anlehnung an Brahms et al. 1994).

Betrachtungsgebiet	Bodentyp	besondere Standortfaktoren	Biotisches Lebensraumpotenzial
Arzberg-Blumberg	Braunerde aus Sand	trocken, nährstoffarm (trotz Düngung kaum Nährstoffanreicherung)	hoch für trockenwarme Kiefern-Eichen-Wälder bzw. Magerbiotope (Wacholder-Heiden, Magerrasen)
	Vega aus lehmigem Sand	grundwasserbeeinflusst und daher wechselfeucht in Abhängigkeit von der Hochwasserdynamik der Elbe	mittel für wechselfeuchte Stromtalwiesen (geringe Grundwasserschwankungen durch große Entfernung von der Elbe)
Arzberg-Kötten	Braunerde aus Sand	trocken, nährstoffarm (trotz Düngung kaum Nährstoffanreicherung)	hoch für trockenwarme Kiefern-Eichen-Wälder bzw. Magerbiotope (Wacholder-Heiden, Magerrasen)
Großtreben-Dautzschen	Vega und Vegagley aus lehmigem Sand	stark grundwasserbeeinflusst und daher wechselfeucht in Abhängigkeit von der Hochwasserdynamik der Elbe	hoch für Auenwald bzw. Stromtalwiesen, in Senken Röhrichte (geringe Entfernung von der Elbe)

In allen drei Fällen handelt es sich um naturraumtypische und besondere Auen- und Auenrandböden, die nicht miteinander vergleichbare extreme Standorteigenschaften aufweisen. Sie stellen alle Standorte für spezielle Biotope dar und sind daher gleichrangig bedeutsam.

Aggregation der Teilbewertungen

Wie eingangs erwähnt, ist eine Gesamtbewertung des Bodens durch Aggregation aller Kriterien nicht sinnvoll, da unterschiedliche Wertmaßstäbe zugrunde liegen.

Die Zusammenfassung erfolgt daher getrennt nach der natürlichen Leistungsfähigkeit und den besonderen Eigenschaften des Bodens.

Tab. 9: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die natürliche Leistungsfähigkeit des Bodens.

Abbaufeld	Natürliche Ertragsfunktion	Speicher- und Regelungsfunktion
Arzberg-Blumberg	gering bis mittel	mittel bis hoch
Arzberg-Kötten	gering bis mittel	mittel
Großtreben-Dautzschen	hoch bis sehr hoch	hoch

Tab. 10: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die besonderen Eigenschaften des Bodens.

Abbaufeld	Biotisches Lebensraumpotential
Arzberg-Blumberg	hoch
Arzberg-Kötten	hoch
Großtreben-Dautzschen	hoch

Aus den Tabellen 9 und 10 wird deutlich, dass der Bereich Großtreben-Dautzschen bezüglich der natürlichen Leistungsfähigkeit des Bodens höhere Wertigkeiten aufweist als die Arzberger Abbaufelder.

b) Schutzgut Wasser

b.1) Zielsetzung

Sauberes und unbelastetes Wasser ist eine der wichtigsten Grundlagen allen menschlichen, tierischen und pflanzlichen Lebens. Dem Schutz des Grundwassers ist daher ein besonderes Gewicht beizumessen. Grundwasser ist zudem eine natürliche Ressource für die Trinkwasserversorgung. Diese Funktion wird jedoch im Rahmen des Forschungsvorhabens bereits an anderer Stelle berücksichtigt.

b.2) Allgemeine Vorbelastung

Stoffliche Vorbelastungen des Grundwassers resultieren aus

- Düng- und Pestizideinsatz infolge intensiver landwirtschaftlicher Nutzung,
- Immissionen von Siedlungs- und Verkehrsflächen und
- Deposition von Luftschadstoffen aufgrund der allgemeinen Luftverschmutzung.

Des Weiteren besteht eine Vorbelastung durch das Absinken der Grundwasseroberfläche um ca. 1,70 m zwischen 1967 und 1993. Als Gründe werden genannt:

- Sohlenerosion der Elbe und damit generelles Absinken des Flußwasserspiegels um ca. 1 m,
- Grundwasserentnahme durch Wasserwerke und für landwirtschaftliche Berechnungszwecke und
- Veränderungen in der Niederschlagsverteilung, die negative Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung hatten (Hydrologisches Gutachten Arzberg, S. 8).

b.3) Bewertung der Bedeutung des Grundwassers für den Naturhaushalt

Die Bewertung erfolgt anhand folgender Kriterien:

- Neubildungsrate und
- Qualität des neugebildeten Grundwassers.

Neubildungsrate des Grundwassers

Die Grundwasserneubildungsrate beschreibt die Menge des Zuflusses von infiltriertem Wasser in das Grundwasser. Sie ist abhängig von der Niederschlagsmenge, den Bodeneigenschaften (Wasserdurchlässigkeit der Deckschicht), der Hangneigung und dem Verlust infolge von Abfluss und Verdunstung, die nutzungsspezifisch unterschiedlich sind. Sie steigt mit der Wasserdurchlässigkeit und der abnehmenden Mächtigkeit der Deckschichten und einer Nutzung, die Versickerung ermöglicht und Abfluss unterbindet (z.B. Grünland, Acker).

Tab. 11: Bewertungsrahmen für die Grundwasserneubildung
(in Anlehnung an ARUM 1992).

Bewertung	Menge des neugebildeten Grundwassers
hoch	>150 mm/a
mittel	>100 mm/a bis <150 mm/a
gering	<100 mm/a

Tab. 12: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die Grundwasserneubildung

Abbaustätte	Neubildungsrate	Bewertung
Arzberg-Blumberg	143,3 mm/a	mittel
Arzberg-Kötten	183,9 mm/a	hoch
Großtreben-Dautzschen	125 mm/a	mittel

Quelle: Volk et al. 2001.

Neben einem positiven Dargebot spielt die Qualität des infiltrierten Wassers eine entscheidende Rolle. Sie steigt mit abnehmender Nutzungsintensität und zunehmender Adsorptionsfähigkeit der Deckschichten.

Qualität des Grundwassers

Da alle drei betrachteten Gebiete intensiv landwirtschaftlich genutzt werden, kann davon ausgegangen werden, dass die Nutzungsintensität einheitlich hoch ist. Die Qualität des Infiltrats ergibt sich daher direkt aus der Adsorptionsfähigkeit der Deckschichten (s.a. Abschnitt a) zum Schutzgut Boden).

Tab. 13: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die Qualität des infiltrierten Wassers

Abbaustätte	Nutzung und -intensität	Adsorptionsfähigkeit	Qualität
Arzberg-Blumberg	Ackerbau, hoch	mittel bis hoch	mittel bis hoch
Arzberg-Kötten	Ackerbau, hoch	mittel	mittel
Großtreben-Dautzschen	Ackerbau, hoch	hoch	hoch

Die derzeitige Qualität des Grundwassers hat sich im Bereich Arzberg in den letzten Jahren durch eine Zunahme der Gesamtmineralisation verschlechtert. Vor allem der Anteil an Nitrat hat sich drastisch erhöht und liegt deutlich über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (Hydrologisches Gutachten Arzberg, S. 9).

Für die Abbaustätte Großtreben-Dautzschen kann angenommen werden, dass das Grundwasser aufgrund der Nähe zum Trinkwasserschutzgebiet (Fassung Mockritz) weitgehend Trinkwasserqualität besitzt (UVS Großtreben-Dautzschen, S. 57). Genauere Daten liegen derzeit nicht vor.

Bedeutung des Grundwassers für den Naturhaushalt

Die Bedeutung des Grundwassers für den Naturhaushalt hängt von den Faktoren Neubildungsrate und Qualität ab. Die Gesamtbewertung wird daher aus den zwei Teilbewertungen aggregiert. Die Bedeutung ist umso höher, je größer die dargebotene Menge und je besser die Qualität (Schadstoffarmut) ist.

Tab. 14: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die Bedeutung für den Naturhaushalt

Abbaustätte	Menge	Qualität	Bedeutung
Arzberg-Blumberg	mittel	mittel bis hoch	mittel
Arzberg-Kötten	hoch	mittel	hoch
Großtreben-Dautzschen	mittel	hoch	hoch

c) Schutzgut Klima/Luft

c.1) Zielsetzung

Die ständige Versorgung aller Lebewesen mit frischer und unbelasteter Luft gehört zu den lebensnotwendigen Voraussetzungen. Die atmosphärische Güte des menschlichen, tierischen und pflanzlichen Lebensraums ist daher zu sichern und zu erhalten. Sie wird in erster Linie durch den Feuchtigkeits- und Sauerstoffgehalt der Luft bestimmt. Für Pflanzen ist zudem der Kohlendioxidgehalt bedeutsam. Der Anteil an Schadstoffen und –gasen sollte gering sein, zumindest aber unter den gesetzlichen Grenzwerten liegen.

c.2) Allgemeine Vorbelastung

Klimatische Vorbelastungen lassen sich in globale, regionale und lokale Belastungen einteilen. Globale Klimaauswirkungen sind in den Untersuchungsgebieten gleichartig und aus ihnen ergeben sich daher keine differenzierenden Unterschiede.

Die regionalen und lokalen lufthygienischen Belastungen beruhen auf dem von Verkehr, Gewerbe und Haushalten verursachten Ausstoß von Schadstoffen, insbesondere von Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO_x) und Staub sowie Rußpartikeln.

Die Vorbelastung ist in der Regel umso stärker, je höher die Besiedlungsdichte bzw. das Verkehrsaufkommen ist. Die Abbaugelände Arzberg-Blumberg und Arzberg-Kötten liegen in direkter räumlicher Nähe zur Bundesstraße B 183. Es wird davon ausgegangen, dass hier ein höheres Verkehrsaufkommen als auf der Staatsstraße am Abbaugelände Großtreben-Dautzschen besteht.

Eine klimahygiene Belastung ergibt sich in erster Linie durch die Versiegelung von Flächen, die eine Änderung des Temperaturverlaufs im Tagesgang und eine Verringerung der Luftfeuchtigkeit bewirkt. Der Anteil versiegelter Flächen ist im Bezugsraum jedoch allgemein gering. Die klimatische Vorbelastung ist daher unbedeutend.

c.3) Bewertung der Bedeutung des Klimas für den Naturhaushalt

Die Eigenschaften des Lokalklimas im Bereich der Kiesabbaustätten lassen sich wie folgt charakterisieren (vgl. Tab. 15).

Tab. 15: Lokalklimatische Eigenschaften in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Nutzungs- und Vegetationsstrukturen

Nutzungs bzw. Vegetationsstruktur	Eigenschaften des Lokalklimas
Waldflächen/Gehölzstrukturen	reduzierte Windgeschwindigkeit, Verschattung, hohe Luftfeuchtigkeit, Staubfilterung (Frischlufthildung)
Offenland	extreme Windverhältnisse, hohe Temperaturunterschiede im Tagesgang, Kaltluftbildung

Die Bedeutung des Schutzgutes Klima/Luft wird anhand des Natürlichkeitsgrades des Klimas und der lufthygienischen Belastung eingeschätzt.

Tab. 16: Bewertungsrahmen für das Schutzgut Klima/Luft (in Anlehnung an NLÖ, 1994).

Charakteristik Klima	Charakteristik Luft	Bedeutung
wenig beeinträchtigt, z.B. Frischlufentstehungsgebiete (Waldflächen), Luftaustauschbahnen	wenig beeinträchtigt, z.B. Bereiche mit luftreinigender Wirkung (Staubfilterung)	hoch
beeinträchtigt, z.B. Siedlungsbereiche mit relativ ho- hem Grünflächenanteil, Bereiche mit erschwertem Luft- austausch, Offenlandbereiche (Acker)	beeinträchtigt, z.B. mäßig befahrene Straßen	mittel
stark beeinträchtigt, z.B. großflächig versiegelte Bereiche, Bereiche mit künstlich hinder- tem Luftaustausch	stark beeinträchtigt, z.B. Bereiche mit hoher Schadstoff- konzentration der Luft, stark befahrene Straßen	gering

Tab. 17: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf das Schutzgut Klima/Luft.

Abbaustätte	Bedeutung Klima	Bedeutung Luft	Gesamt
Arzberg-Blumberg	hoch	gering	mittel
Arzberg-Kötten	hoch	gering	mittel
Großtreben- Dautzschen	mittel	mittel	mittel

Für die Untersuchungsgebiete muss festgehalten werden, dass allgemein aufgrund des größeren Wasserflächenanteils und höherer Verdunstung in der Elbniederung (Großtreben-Dautzschen) eine höhere Luftfeuchtigkeit vorherrscht als im Bereich der bewaldeten Terrassenflächen (Arzberg-Blumberg und Arzberg-Kötten).

Die Waldflächen im Bereich Arzberg besitzen ein vergleichsweise höheres Kompensationspotenzial zur Filterung von Schadstoffen als die Agrarflächen in Großtreben-Dautzschen. Gleichzeitig ist die lufthygienische Belastung im Bereich Arzberg aber auch höher, so dass sich positive und negative Effekte letztlich aufheben.

d) Schutzgut Arten und Lebensgemeinschaften

d.1) Zielsetzung

Der Schutz und Erhalt wildlebender Arten, ihrer Lebensgemeinschaften und Lebensräume basieren nicht nur auf moralischen und ethischen Gründen, sondern ist nach dem BNatSchG auch gesetzliche Verpflichtung.

d.2) Allgemeine Vorbelastung

Die Nutzungsansprüche aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Verkehr, Wohnen/ Gewerbe sowie Erholung verursachen durch Verlust und Veränderung des Lebensraumes Belastungen auf Pflanzen und Tiere. Im Betrachtungsraum resultieren diese Vorbelastungen zum einen aus dem intensiven Düngemittel- und Pestizideinsatz des Ackerbaus, die zu einer Veränderung im Artengefüge führt, zum anderen aus der großflächig angelegten Nutzung, die einen Verlust von Saumstrukturen zur Folge hat.

Die Vorbelastung ist auf allen drei geplanten Abbauflächen vorhanden.

d.3) Bewertung der Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften

Die Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften kann an unterschiedlichen Kriterien gemessen werden. Die Auswahl der Kriterien erfolgte unter Berücksichtigung der Standortsituation und aufgrund der ungleichen Datenlage³⁷.

Die Bewertung erfolgte auf Basis der Biotoptypen und bezieht das Umfeld der Bewilligungsfelder aus Gründen des Biotopverbunds und der Existenz von Teillebensräumen mit ein. Neben den Biotoptypen wird das tatsächlich ermittelte Artenspektrum zur Bewertung berücksichtigt. Bei herausragendem Artenvorkommen wird die Gesamtbewertung um eine Stufe angehoben.

Die Bewertung erfolgt anhand der Kriterien:

- Gefährdung,
- Wiederherstellbarkeit,
- Naturnähe und
- Abhängigkeit von extremen (auentypischen) Standortbedingungen.

Gefährdung

Die Gefährdung von Arten und Lebensgemeinschaften ergibt sich aus ihrer naturbedingten oder zunehmenden Seltenheit aufgrund ihrer Bindung an spezifische Standortbedingungen

³⁷ Zum konkreten Bewilligungsfeld Großtreben-Dautzschen lagen keine differenzierten Daten zur Fauna vor. Durch eine einmalige Begehung konnte das Problem zwar nicht vollständig behoben, aber doch eingegrenzt werden.

und stellt somit ein Maß für die Rückgangstendenz eines Biotoptyps dar. Da in den meisten Fällen die Rückgangsursache in der Veränderung der Standortbedingungen bzw. Zerstörung des Lebensraumes (z.B. infolge Änderung der Nutzung, Beseitigung von Sonderstandorten durch meliorative Maßnahmen, Eutrophierung) und nicht in direkten Eingriffen in Populationen (z.B. durch Jagd, Entnahme) liegt, lässt sich an diesem Kriterium indirekt die Höhe der anthropogenen Einwirkung ablesen. Ein wichtiges Hilfsmittel zur Einschätzung der Gefährdung von Arten und Lebensgemeinschaften sind die Roten Listen des Landes Sachsen sowie die der Bundesrepublik Deutschland.

Auch ein Schutzstatus nach Naturschutzgesetz gibt Hinweise auf die Gefährdung von Biotoptypen. Röhrichte, Auwälder sowie Gebüsch- und Wälder trockenwarmer Standorte sind beispielsweise nach § 26 SächsNatSchG pauschal unter gesetzlichen Schutz gestellt.

Wiederherstellbarkeit

Die Wiederherstellbarkeit schätzt die Chancen der natürlichen oder menschlich unterstützten Wiederentwicklung von Biotopen ein. Sie wird am Vorhandensein geeigneter Standortbedingungen sowie der Entwicklungsdauer gemessen. Ökosysteme mit einer Entwicklungszeit von mehr als ca. 150 Jahren müssen unter den heutigen Bedingungen des schnellen Wandels von Einflussgrößen als nicht wiederherstellbar gelten (Kaule 1991).

Naturnähe

Die Naturnähe beschreibt die menschliche Einflussnahme auf den Zustand des Biotoptyps. Sie ergibt sich aus dem reziproken Wert der Nutzungsintensität und Nachhaltigkeit der aktuellen Beeinträchtigungen. Weitgehend unbeeinflusste Biotope gelten als naturnah und Biotope, die der ständigen Einflussnahme durch den Menschen unterliegen, als naturfern.

Abhängigkeit von extremen (auentypischen) Standortbedingungen

Wie bereits erwähnt, sind Standorte, die in ihrer abiotischen Charakteristik vom Normalstandort (=intensiv genutzt, gute Wasserversorgung, eutroph, neutrale Bodenreaktion) (Langer et al. 1985) abweichen, durch die zunehmende Standortnivellierung in Rückgang begriffen.

Wechselfeuchte Wiesen, Flutrinnen und Altarme gehören zu einer auentypischen Niederungslandschaft. Ihre Wasserversorgung schwankt im Jahresgang infolge der Hochwasserdynamik. Auch die binnendeichs gelegenen Bereiche in Flussnähe sind indirekt über Qualmwasser und die schwankenden Grundwasserstände von der Hochwasserdynamik beeinflusst. Auf fluviatil aufgespülten Talsandterrassen und Sanderflächen treten trockenwarme Standorte auf. Sie sind meist mit Kiefern aufgeforstet.

Diese extremen Standortbedingungen bieten ein Potenzial für hochspezialisierte Flora und Fauna und sind daher von besonderer Bedeutung. Beurteilt wird bei diesem Kriterium die Abhängigkeit der Biotoptypen von besonderen Standortbedingungen.

Die Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften wird nach dem in Tabelle vorgestellten Rahmen bewertet.

Tab. 18: Bewertungsrahmen zur Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften (in Anlehnung an Scholz 1997).

Bedeutung	Bewertungsvorschrift
hoch	Seltene und gefährdete Arten und Biotoptypen Biotoptypen mit einem Schutzstatus nach § 26 SächsNatSchG Biotoptypen mit langer Regenerationsdauer (> 25 Jahre) Naturnahe Biotoptypen Abhängigkeit von extremen Standortbedingungen
mittel	Teilweise gefährdete und im Bestand rückläufige Arten und Biotoptypen Biotope mit durchschnittlicher Regenerationsdauer (>5 bis <25 Jahre) Bedingt naturnahe und naturbetonte Biotoptypen
gering	Häufige (nichtheimische) Arten und Biotoptypen Biotoptypen mit kurzer Regenerationsdauer (< 5 Jahre) Bedingt naturferne Biotoptypen mit intensiver Nutzung

Die Ergebnisse der Bewertung für die drei Abbaustätten sind den Tabellen 19a bis 19c zu entnehmen.

Tab. 19: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf die Bedeutung für Arten und Lebensgemeinschaften.

Tab. 19a: Abbaustätte Arzberg-Blumberg.

Bedeutung der Biotoptypen	Begründung (u.a.)	Flächenanteile [ha]
<i>hoch:</i>		
Kiefern-Baumholz Kiefernforst	Biotoptyp mit mittlerer Bedeutung, aber herausragendes Artenvorkommen (v.a. regional und bundesweit seltene Vögel)	ca. 100
Sandgrube	Magerrasenflur, § 26 SächsNatSchG	0,5
Obstbaumallee	lange Regenerationsdauer	ca. 10
Ödlandstreifen	Magerrasenflur, § 26 SächsNatSchG	ca. 5
<i>mittel:</i>		
ehemalige Sandgrube	Lebensraum für Reptilien	0,1
Acker	kurze Regenerationsdauer, intensive Nutzung, aber Nahrungsgebiet und Lebensraum zahlreicher Tierarten	83,7
<i>gering:</i>		
Kiefern-Jungwuchs	kurze Regenerationsdauer, intensive Nutzung	4,5
Solitärbaum (Robinie)	häufige, nichtheimische Art	0,1

Tab. 19b: Abbaustätte Arzberg-Kötten

Bedeutung der Biotoptypen	Begründung (u.a.)	Flächenanteile [ha]
<i>hoch:</i>		
Kiefern-Baumholz Kiefernforst	Biotoptyp mit mittlerer Bedeutung, aber herausragendes Artenvorkommen (v.a. regional und bundesweit seltene Vögel)	ca. 150
Bruchwald mit Großseggenried	§ 26 SächsNatSchG	ca. 1,2
naturnahes Kleingewässer mit Verlandungsbereich	§ 26 SächsNatSchG	ca. 1
<i>mittel:</i>		
Gehölzbestand an Wegen	durchschnittliche Regenerationsdauer, nur teilweise heimische Arten	1,7
eutropher Weiher mit Gehölzbestand	bedingt naturnahes Biotop mit durchschnittlicher Regenerationsdauer	0,5
Ruderalfur trockenwarmer Standorte	bedingt naturnahes Biotop mit kurzer Regenerationsdauer, mit bedeutsamem Brutvogelvorkommen	ca. 1,2
Acker	kurze Regenerationsdauer, intensive Nutzung, aber Nahrungsgebiet und Lebensraum zahlreicher Tierarten	106

Tab. 19c: Abbaustätte Großtreben-Dautzschen

<i>hoch:</i>		
wechselfeuchte Biotope mit auentypischem Bewuchs	naturnah, abhängig von extremen Bedingungen (periodische Überflutung), § 26 SächsNatSchG	ca. 10
<i>mittel:</i>		
Halbtrockenrasen auf Deich und an Wegrändern	naturnahes Biotop mit kurzer Regenerationsdauer	ca. 10
Acker	kurze Regenerationsdauer, intensive Nutzung, aber Nahrungsgebiet und Lebensraum zahlreicher Tierarten	175

Alle Abgrabungsflächen enthalten bedeutende Anteile hochwertiger Biotope und werden daher zusammengefasst hinsichtlich ihrer Bedeutung als gleich hoch eingeschätzt.

Unterschiede bestehen dagegen in der Betroffenheit vom Abbauvorhaben. Die hochwertigen Biotope im Bereich der Arzberger Bewilligungsfelder liegen größtenteils außerhalb der direkt vom Eingriff beeinträchtigten Flächen. Auch die indirekten Auswirkungen (Grundwasserabsenkung, Verlärmung) werden aufgrund der Biotop- und Artenansprüche an den Standort als gering eingeschätzt. Im Bereich Großtreben-Dautzschen sind die hochwertigen Biotopstrukturen durch die zu erwartende Grundwasserabsenkung direkt von den Eingriffsfolgen betroffen.

e) Schutzgut Landschaftsbild/Erholung

e.1) Zielsetzung

Die nachhaltige Sicherung der „Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als Lebensgrundlage des Menschen und als Voraussetzung für seine Erholung“ ist als gesellschaftliche Aufgabe im Naturschutzrecht gesetzlich verankert (§ 1 SächsNatSchG bzw. § 1 BNatSchG).

Für die Erholung in der Natur ist in erster Line das Landschaftsbild von Bedeutung. Elemente des Landschaftsbildes sind alle sinnlich wahrnehmbaren Faktoren wie Relief, Vegetation, Wasser sowie Nutzungs-, Bau- und Erschließungsstrukturen, Geräusche und Gerüche. Sie besitzen eine Relevanz für die menschlichen Bedürfnisse nach Schönheit, Identifikation, Heimat und Erholung. Das Landschaftsbild spiegelt im Idealfall eine mosaikartig ausgeprägte, unverwechselbare kulturhistorische und naturnahe Struktur wieder, an der die naturräumliche Zugehörigkeit des Raumes ablesbar ist. Für die Erholungswirkung sind noch Faktoren wie die Erschließung des Raumes und das Vorhandensein von Störungen (optischer, akustischer oder olfaktorischer Art) von Bedeutung. Sie werden daher im Rahmen der Bewertung erwähnt.

e.2) Allgemeine Vorbelastung

Vorbelastungen des Landschaftsbildes resultieren aus dem Verlust von natur- und kultur-räumlichen Qualitäten durch Beseitigung bzw. Umbau von Vegetation sowie Veränderung raumgliedernder und –prägender Elemente. Vor allem im Bereich der großen Ackerschläge sind abiotische Sonderstandorte wie (feuchte) Senken und Rinnen, Sandinseln und Gehölzstrukturen infolge der Nutzung verschwunden.

e.3) Bewertung der Qualität des Landschaftsbildes

Die Bewertung erfolgt anhand der Kriterien:

- Vielfalt,
- Eigenart und
- Naturnähe.

Für alle Kriterien gilt als Maßstab das naturraumtypische Maß der Ausstattung mit Strukturelementen. Die geplanten Abbaustätten gehören alle zum Naturraum Elbtal, unterscheiden sich aber durch ihre Entfernung zum Fluss. Während die Arzberger Abbaustätten im Bereich der Talsandablagerungen am Rande der Elbaue liegen, befindet sich das Feld Großtreben-Dautzchen direkt hinter dem Deich. Die Landschaft ist somit vom Überflutungsgeschehen stärker beeinflusst. Die Ausprägung des Landschaftsbildes ist im Vergleich naturräumlich und kulturhistorisch von unterschiedlicher Eigenart.

Da z.B. eine hohe Vielfalt eine fehlende Naturnähe nicht automatisch kompensieren kann, sind die genannten Kriterien nur im Ganzen betrachtet sinnvoll.

Vielfalt

Die Vielfalt zeigt sich in einer durch Gehölze, Offenland, Wasser und Relief gegliederten abwechslungsreichen Landschaft mit unterschiedlichen visuellen Reizen.

Eigenart

In der Eigenart drückt sich der unverwechselbare Charakter der Landschaft aus. Auenwälder, feuchte Senken, temporäre Gewässer, Flutrinnen, Deiche usw. gibt es natürlicherweise nur im Bereich der Flussauen. Kulturhistorische Nutzungsformen sind Grünland, Wald und kleinere Ackerflächen auf den hochwasserfreien Standorten. Die Talsandterrassen wären natürlicherweise mit Kiefern-Eichen-Wäldern und Magerrasen bewachsen. Der heideähnliche Charakter würde sich auch in den Nutzungsformen widerspiegeln: Wälder und Heiden bzw. Magerweiden.

Naturnähe

Die Naturnähe wird an der Ungestörtheit des Landschaftsbildes (keine störenden, künstlichen Landschaftselemente), der natürlichen „Ruhe“³⁸ (keine technischen Geräusche) und der Möglichkeit des Beobachtens von Pflanzen und Tieren gemessen.

Tab. 20: Bewertungsrahmen für die Bewertung des Landschaftsbildes
(nach Becker et al. 1998).

Bewertungskriterium	Bewertungsrahmen
Vielfalt	kleinflächige Nutzungs- und Landschaftsstruktur Gliederung durch Saumbereiche und auentypische Landschaftselemente
Eigenart	Auenlandschaft eines großen Niederungsflusses ist deutlich ablesbar
Naturnähe	anthropogener Einfluss in kulturhistorischen Dimensionen keine untypischen, industrialisierten Nutzungsformen
Störungen	große moderne Straßen, Industriegebäude, unnatürliche Geräusche, unangenehme Gerüche

³⁸ Natürliche Geräusche wie Vogel- und Heuschreckengesang, Froschlaute und Blumenduft werden in der Regel nicht als störend empfunden.

Tab. 21: Bewertung der Abbaustätten in Hinblick auf das Landschaftsbild
(in Anlehnung an Becker et al. 1998).

Abbaustätte	Vielfalt, Eigenart, Naturnähe	Bewertung
Arzberg-Blumberg	<p>Vielfalt: mittel (großflächige Acker- und Forstnutzung, Struktur durch das Alter der Bestände und Saumbereiche vorhanden, wenig gliedernde Landschaftselemente)</p> <p>Eigenart: gering (Acker wird von Forstflächen gesäumt, Heidecharakter wird nicht deutlich)</p> <p>Naturnähe: gering (anthropogener Einfluss deutlich ablesbar) keine Wegeerschließung vorhanden</p> <p>Störungen: Stresswirkung durch Verkehr auf der B 183</p>	gering bis mittel
Arzberg-Kötten	<p>Vielfalt: mittel bis hoch (optisch wirksame Wegraine, hoher Anteil an Waldsaumstrukturen, großflächig Monokulturen)</p> <p>Eigenart: mittel (Acker wird von Forstflächen gesäumt, Heidecharakter wird teilweise deutlich)</p> <p>Naturnähe: gering bis mittel (anthropogener Einfluss deutlich ablesbar)</p> <p>Wegeerschließung vorhanden</p> <p>Störungen: Stresswirkung durch Verkehr auf der B 183</p>	mittel
Großtreben-Dautzschen	<p>Vielfalt: gering bis hoch (optisch ansprechende Wegraine, großflächige, von Gehölzen und Deich gesäumte Ackernutzung, attraktive Ausblicke vom Deich (mit Nah- und Fernwirkung), teilweise naturnahe, auentypische Strukturen)</p> <p>Eigenart: mittel bis hoch (in Teilbereichen deutliche Auennähe ablesbar)</p> <p>Naturnähe: gering bis hoch (überwiegend von der Nutzung geprägte Vegetation, Teilbereiche und Wegsäume naturnah)</p> <p>gut erschlossen</p> <p>Störungen: keine</p>	mittel bis hoch

4.3.4.3 Bewertung der Intensität der Auswirkungen des Abbaus auf die einzelnen Schutzgüter

Ein Eingriff in den Naturhaushalt ist umso schwerwiegender, je höher die Bedeutung des Schutzgutes ist und umso stärker es durch den Eingriff vom Funktionsverlust betroffen ist.

Die derzeitige Bedeutung der Schutzgüter ist in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt worden. Wie eingangs erwähnt, ist es für das Ranking erforderlich, zusätzlich die Auswirkungen des Abbaus auf die einzelnen Schutzgüter vergleichend einzuschätzen. Dabei ist die qualitative Veränderung und die Größe der betroffenen Fläche entscheidend. Folgende Intensität der Einwirkung auf die Schutzgüter entsteht durch den Kiesabbau:

Boden

Der gesamte belebte Oberboden wird abgeschoben. Es kommt zu einer Veränderung des Nährstoff- und Wasserhaushaltes sowie zu einer Veränderung der Bodenorganismen. Durch die Umlagerung wird das Bodengefüge zerstört, was eine Verringerung des Luftporenanteils und somit eine Verdichtung des Substrats zur Folge hat. Die Bodenfunktionen gehen für das Abbauggebiet komplett verloren. Auch der sandige Boden, der zwar weniger anfällig für die Verdichtung ist, ist betroffen, da das Humusgefüge bzw. die Krümelstruktur zerstört wird.

Wasser

Durch die Nassbaggerung kommt es zu Veränderungen des Grundwasserstandes: oberstromig zu einem Absinken des Grundwassers, unterstromig zu einem leichten Anstieg. Infolge der erhöhten Verdunstungsrate von Seeflächen gegenüber Getreide- und Hackfruchtackerflächen verringert sich zudem die Grundwasserneubildung. Die Funktionen des Wasserhaushaltes werden also nachhaltig beeinträchtigt.

Klima/Luft

Durch die höhere Verdunstung offener Wasserflächen erhöht sich infolge der neuen Baggerseen die Luftfeuchtigkeit. Die Beseitigung von Vegetation und das Abschieben des Oberbodens hat außerdem mikroklimatische Auswirkungen auf die bodennahe Temperaturverteilung. Die klimatischen Auswirkungen sind jedoch insgesamt gering.

Bezüglich der Lufthygiene ist, bedingt durch die Transportbewegungen mit LKWs mit einer Zunahme der Schadstoffbelastung der Luft zu rechnen. Diese Belastung fällt im Bereich Großtreben-Dautzschen geringer aus, da ein Großteil des geförderten Kieses mit dem Schiff abtransportiert werden soll.

Arten und Lebensgemeinschaften

Wirkungen bestehen durch direkten Verlust von Lebensräumen, der Veränderung der Lebensraumstruktur und durch unmittelbaren Verlust von Pflanzen und Tieren (z.B. infolge der Grundwasserabsenkung). Letzteres ist vor allem für den Bereich Großtreben-Dautzschen relevant. Hier fällt mit großer Wahrscheinlichkeit ein alter Elbarm oberstromseits des Abbaugebietes durch den Abbau trocken. Es gehen daher hochwertige Auenbiotope verloren. Im Bereich Arzberg sind die hochwertigen Biotope nicht direkt vom Grundwasserstand abhängig und werden somit zwar beeinträchtigt (Lärm, Begängnis), aber nicht zerstört.

Landschaftsbild:

Im Bereich des Abbaufeldes Arzberg-Kötten und Großtreben-Dautzschen ist die Eigenart der Landschaft mäßig ausgeprägt. Durch die Abbautätigkeit werden typische Raumstrukturen verändert und die Landschaft verfremdet (Funktionsbeeinträchtigung). In Arzberg-Blumberg

ist die derzeitige Ausprägung der Eigenart des Landschaftsbildes gering. Eine Veränderung hat hier also geringere Auswirkungen als in den anderen beiden Fällen.

Die nachfolgende Tabelle 22 stellt die Intensität der Auswirkungen gegenüber. Die Einschätzung erfolgt in drei Stufen (hoch=Funktionsverlust, mittel=Funktionsbeeinträchtigung, gering=ohne relevante Auswirkung) unter Zuhilfenahme der in Tabelle 2 aufgestellten Wirkungs-Ergebnismatrix und der oben erläuterten Prognosen.

Tab. 22: Einschätzung der Intensität der Auswirkungen auf die geplanten Abbaufelder.

Schutzgut	Auswirkung des Eingriffs	Intensität		
		<i>Arzberg-Blumberg</i>	<i>Arzberg-Köthen</i>	<i>Großtreben-Dautzschen</i>
<i>Boden</i>	Abtrag und Umlagerung infolge der Aufschlusstätigkeiten, Verlust von Bodenfunktionen	hoch	hoch	hoch
<i>Wasser</i>	Beeinträchtigung der Qualität und Menge des Grundwassers	mittel (starke Vorbelastung, vergleichsweise kleine Flächen)	mittel (starke Vorbelastung, vergleichsweise kleine Flächen)	hoch (geringe Vorbelastung, vergleichsweise große Fläche)
<i>Klima/Luft</i>	Erhöhung der Luftfeuchtigkeit, lufthygienische Belastung	mittel (natürliches Klima wird modifiziert)	mittel (natürliches Klima wird modifiziert)	gering (Luftfeuchtigkeit durch Elbe sowieso erhöht)
<i>Arten und Lebensgemeinschaften</i>	Verlust von Biotopen	mittel (Biotope mit geringer und mittlerer Wertigkeit direkt betroffen)	mittel (überwiegend Biotope mit geringer und mittlerer Wertigkeit direkt betroffen, geringe Flächenanteile mit hoher Wertigkeit)	hoch (vergleichsweise großer Flächenanteil von Biotopen mit hoher Wertigkeit betroffen)
<i>Landschaftsbild</i>	Verlust der Eigenart der Landschaft	gering (keine typische Eigenart ablesbar)	mittel (Eigenart mittlerer Ausprägung geht verloren)	mittel (Eigenart mittlerer Ausprägung geht verloren)

4.3.4.4 Ergebniszusammenfassung

a) Ranking

Die beiden Bewertungsaspekte „Bedeutung“ und „Intensität“ wurden für die Risikoeinschätzung aggregiert. Dafür wurde eine Bewertungsvorschrift zugrunde gelegt, die der Bedeutung des Schutzgutes ein höheres Gewicht beimisst als der Intensität. Die Intensität kann somit nur zu einer veränderten Einschätzung des Risikos führen, wenn sie um zwei Stufen von der Be-

deutung abweicht. Das heißt z.B., dass bei einer hohen Bedeutung das Risiko nur dann als mittel eingeschätzt werden kann, wenn die Intensität zwei Stufen niedriger, also gering ist. Die in der Tabelle 23 dargestellte Bewertungsvorschrift findet für alle Schutzgüter Anwendung.

Tab. 23: Bewertungsvorschrift zur Aggregation der Teilbewertungen.

Intensität Bedeutung	hoch	mittel	gering
hoch	hoch	hoch	mittel
mittel	mittel	mittel	mittel
gering	mittel	gering	gering

Aggregiert man die Teilbewertungen „aktuelle Bedeutung“ und „Intensität“, so erhält man Aussagen zur ökologischen Belastung. Reziprok stellen diese Ergebnisse die ökologische Verträglichkeit dar. Die folgende Tabelle 24 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tab. 24: Ergebniszusammenfassung.

Abbaustätte Schutzgut	Arzberg-Blumberg			Arzberg-Kötten			Großtreben-Dautzschen		
	B	I	Er- gebnis	B	I	Er- gebnis	B	I	Er- gebnis
Boden	g bis m	h	m	g	h	m	h	h	h
Wasser	m	m	m	h	m	h	h	h	h
Arten und Lebensge- meinschaften	h	m	h	h	m	h	h	h	h
Klima/Luft	m	m	m	m	m	m	m	g	m
Landschaftsbild	m	g	m	m	m	m	m	m	m

h – hoch
m – mittel
g – gering

B – Bedeutung
I – Intensität

Im geplanten Kiessandtagebau Arzberg-Blumberg beschränkt sich eine hohe ökologische Belastung auf das Schutzgut Arten und Lebensgemeinschaften. Die Belastung für die Schutzgüter Boden und Wasser wird als mittel eingeschätzt. Für den geplanten Abbau in Arzberg-Kötten werden hohe ökologische Belastungen für das Schutzgut Arten und Lebensgemeinschaften und das Wasser prognostiziert. Die Belastung für das Schutzgut Boden wird ebenfalls als mittel bewertet. Durchweg hohe ökologische Belastungen für die drei Schutzgüter Boden, Wasser sowie Arten und Lebensgemeinschaften ergeben sich bei einem Abbau in Großtreben-Dautzschen. Die Rangfolge der naturschutzfachlichen Verträglichkeit ist daher eindeutig. Am verträglichsten ist der geplante Abbau in Arzberg-Blumberg, gefolgt von Arz-

berg-Kötten. Vergleichsweise starke Auswirkungen auf Natur und Landschaft verursacht voraussichtlich der Abbau in Großtreben-Dautzschen.

In Bezug auf die Torgauer Szenarien bedeutet das für alle Entwicklungsrahmen, dass die Handlungsalternativen 3 und 4 (ohne weiteren Kiesabbau) am besten einzuschätzen sind, Alternative 1 (zusätzlicher Kiesabbau in Arzberg-Blumberg bzw. in Arzberg-Blumberg und Arzberg-Kötten) am zweitbesten und Alternative 2 (zusätzlicher Kiesabbau in Dautzschen-Großtreben) am schlechtesten. Dieses Szenarienranking ging letztlich in die Multikriterienanalyse ein (vgl. Kap. 5.3).

b) Weitere abwägungsrelevante Aspekte

Im Folgenden werden einige abwägungsrelevante Aspekte genannt, die im oben durchgeführten Bewertungsverfahren nicht oder nur indirekt berücksichtigt worden sind.

b.1) Problemfeld Wasser

Das Grundwasser im Bereich Arzberg weist hohe mineralische Vorbelastungen (v.a. hohe Nitrat-Konzentration) auf. Da die Eigenschaften des Baggerseewassers direkt vom Grundwasser abhängig sind, sollte im Zusammenhang mit der angestrebten Nachnutzung (Naturschutz, Baden) geprüft werden, ob dadurch limnische Probleme verstärkt werden. Starke Eutrophierungserscheinungen (Sauerstoffdefizit) bei gleichzeitig geringer Biomasseproduktion ist ein sehr häufig beschriebenes Phänomen bei Baggerseen.

b.2) Problemfeld Arten und Lebensgemeinschaften

Für das Bewilligungsfeld Arzberg-Blumberg ist als Nachnutzung sowohl Naturschutz als auch Erholung (Baden) angestrebt. Eine gleichzeitige Nutzung ist nach dem Stand der Wissenschaft (u.a. Plachter 1991) eigentlich nur bei Seen mit einer Fläche von >100 ha naturverträglich (Größe lt. RBP in Arzberg-Blumberg 68 m²). In Arzberg-Kötten entstehen mehrere kleinere Gewässer, was für die Folgenutzungstrennung sinnvoller und erfolversprechender (da leichter vermittelbar) ist.

Im Bereich Großtreben-Dautzschen besteht das Problem des nicht geklärten Kiesabtransportes. Durch die ausstehende Genehmigung der Schiffsverladestelle bzw. Landband könnten sich die indirekten Eingriffsfolgen durch Straßenneu- und -ausbauten noch erheblich ausweiten. Die Schiffsverladestelle stellt jedoch ebenfalls einen größeren Eingriff dar. Aus diesen Gründen ist die gesamte Abbausituation derzeit als ungünstig zu bewerten.

Im weiteren Umfeld des Bewilligungsfeldes Großtreben-Dautzschen existiert ein vom Land Sachsen gemeldetes Flora-Fauna-Habitat-Gebiet („Prudel Döhlen“, Nr. 4344-301). Auswirkungen sind nach Einschätzung der Umweltverträglichkeitsstudie für das Kiesabbauvorhaben nicht zu erwarten. Dennoch sollte die Existenz, auch im Zusammenhang mit den oben genannten Problemen, berücksichtigt werden.

4.4 Effekte in der Landwirtschaft

Die folgenden zwei Beiträge beschäftigen sich mit der Ermittlung von Eingangsgrößen für die Berechnung der landwirtschaftlichen Szenarieneffekte mittels der ökonomischen Kriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigte“ und „Nettonutzen“. Bei der Abschätzung der ökonomischen Standarddaten in Kapitel 4.4.1 werden die betriebswirtschaftlichen Effekte der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung pro Hektar Nutzfläche entsprechend den in den Szenarien beschriebenen Bewirtschaftungsformen und Raumkategorien ermittelt (vgl. Kap. 2.2.4). Das danach folgende Kapitel 4.4.2 beschreibt die szenarienspezifische Hochrechnung der Umsatz- und Beschäftigungseffekte für den Torgauer Raum. Die Berechnung der Nettonutzeneffekte für den Torgauer Raum wird innerhalb des Kapitels 5.1 abgehandelt.

4.4.1 Abschätzung ökonomischer Standarddaten für die Landbewirtschaftung

Thomas Schmidt und Stefan Geyle

a) Einleitung

Gegenstand dieses Kapitels ist die Erarbeitung ökonomischer Standarddaten für die Landwirtschaft. Anhand dieser Daten sollen die betriebswirtschaftlichen Effekte der Trinkwasserschutzrestriktionen sowie des landwirtschaftlichen Flächenverlustes infolge eines verstärkten Kiesabbaues aus einer regionalen Perspektive dargestellt werden. Diese Ergebnisse bilden eine wesentliche Grundlage für die Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Landnutzung innerhalb der Bewertungskriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigte“ und „Nettonutzen“ bei der multikriteriellen Analyse der Handlungsalternativen des Torgauer Raumes. Im Folgenden werden die Methode zur Abbildung regionaler ökonomischer Standarddaten und die genutzten Datengrundlagen vorgestellt. Danach werden die Ergebnisse für die wahrscheinlichsten Datenwerte präsentiert und die Unsicherheitspannen dieser Ergebnisse diskutiert.

b) Zielstellung

Mithilfe der ökonomischen Standarddaten wurden geeignete Parameter abgeleitet, auf deren Grundlage Datenwerte für die Bewertungskriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigte“ und „Nettonutzen“ abgeschätzt und modelliert wurden. Als Eingangsgröße für das Kriterium „Bruttowertschöpfung“ dient der Netto-Umsatz. Die Eingangsgröße für das Kriterium „Beschäftigte“ ist der Arbeitszeitaufwand (vgl. Klauer 2001). Die Eingangsgröße für das Kriterium „Nettonutzen“ ist das landwirtschaftliche Flächeneinkommen als Ausdruck der Produzentenrente.

Das Flächeneinkommen beschreibt den Nettoerlös abzüglich aller variablen Kosten (inklusive Lohnkosten)³⁹ (vgl. Messner/Geyler 2001).

Es wurden jeweils 28 verschiedene Möglichkeiten untersucht, die sich in der Bewirtschaftungsform, dem Trinkwasserschutzstatus und der Bodenart unterscheiden. Hierbei beschreiben die Standarddaten die betriebswirtschaftlichen Effekte für jeweils einen Hektar durchschnittlicher Bewirtschaftungsfläche. Die Ableitung des flächenmäßigen Anteiles der einzelnen Bewirtschaftungsformen und ihrer Veränderung im Rahmen der modellierten Szenarien wurde bei Messner et al. (2001, S. 99ff.) definiert und in den Kapiteln 2.2.4 und 2.3.2 unter setzt.

c) Methode

Die Kalkulation von landwirtschaftlichen Standarddaten basiert auf einer erweiterten Deckungsbeitragsrechnung, in die folgende Kenngrößen eingehen:

- Der *Netto-Umsatz* (NU) errechnet sich aus dem mittleren Ertrag der Feldfrüchte multipliziert mit dem mittleren Erlös in [DM/100 kg].
- Die *Variablen Kosten* (exklusive Lohnkosten) beziehen sich auf Maschineneinsatz, Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel (vgl. Fußnote 39).
- Die *Arbeitskraftstunden* (AKh) werden gesondert ausgewiesen.
- Die *Flächenprämien* leiten sich nach den EU-Agrarumweltmaßnahmen gemäß Agenda 2000 ab, die fruchtartenspezifisch bezahlt werden.
- Die *Prämien für die Umweltgerechte Landwirtschaft* (UL-Prämien) im Freistaat Sachsen bilden ebenso Kennwerte für die Bewertung als auch die *Ausgleichszahlungen für Trinkwasserschutzgebiete* (AGZ).

Zur Ermittlung der notwendigen Datenwerte für die weitere Berechnung der Kriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigung“ und „Nettonutzen“ wurden die Kenngrößen direkt genutzt bzw. aggregiert. Hierbei wurde unterschieden zwischen Standarddaten, die in die weitere multikriterielle Bewertung eingehen (in der folgenden Auflistung kursiv und fett gekennzeichnet) und Standarddaten, die zur näheren Interpretation der Teilergebnisse genutzt wurden.

- ***Netto-Umsatz (NU) = Marktleistung ohne Mehrwertsteuer***
(Einganggröße für das Bewertungskriterium „Bruttowertschöpfung“)
- Brutto-Umsatz (BU) = Marktleistung + Mehrwertsteuer

³⁹ Der Begriff „Variable Kosten“ ist doppelt belegt. Während bei der landwirtschaftlichen Deckungsbeitragsrechnung die Lohnkosten für die Arbeitsleistung des Landwirtes in der Regel nicht mit einbezogen werden, stellen diese aus volkswirtschaftlicher Perspektive einen wichtigen Teil der variablen Kosten dar. Zur Vermeidung von Missverständnissen werden hier im folgenden „Variable Kosten (exklusive Lohnkosten)“ und „Variable Kosten (inklusive Lohnkosten)“ unterschieden.

- **Arbeitskraftstunden (Akh)**

(Eingangsgröße für Bewertungskriterium „Beschäftigte“)

- Arbeitsleistung = AKh x Lohnkosten
- Variable Kosten (exklusive Lohnkosten)
- Netto-Deckungsbeitrag 1 (ND1) = Marktleistung – Variable Kosten (exkl. Lohnkosten)
(landwirtschaftlicher Deckungsbeitrag im engeren Sinn)
- Netto-Deckungsbeitrag 2 (ND2) = ND1 + Flächenprämie + UL-Prämie + AGZ
(Indikator für das gesamte für den Landwirt verfügbare Flächeneinkommen)
- Netto-Deckungsbeitrag 3 (ND3) = ND1 + UL-Prämie + AGZ
- **Netto-Deckungsbeitrag 4 (ND4) = ND1 + UL-Prämie + AGZ – Arbeitsleistung**
(Eingangsgröße als Flächeneinkommen für das Bewertungskriterium „Nettonutzen“)
- Netto-Deckungsbeitrag 5 (ND5) = ND4 – AGZ
(Indikator für das theoretisch verfügbare Flächeneinkommen ohne gesetzliche Ausgleichsmaßnahmen für Trinkwasserschutzrestriktionen)

Der *Netto-Deckungsbeitrag 4* geht in seiner Bedeutung als Flächeneinkommen bzw. Produzentenrente in die Ermittlung des Bewertungskriteriums „Nettonutzen“ ein. Hierbei wurden die Ausgleichszahlungen und Extensivierungsprämien mit berücksichtigt, da diesen monetären Leistungen praktische Verpflichtungen der Landwirte gegenüberstehen. Die Flächenprämie wurde dagegen als reine Transferleistung nicht in die Berechnung einbezogen (vgl. Messner/Geyler 2001).

Insgesamt wurden bei der Ableitung der ökonomischen Standarddaten 14 Produktionstypen berücksichtigt, die die verschiedenen Bodenarten und Bewirtschaftungsformen beschreiben. Im Einzelnen sind ertragreiche Böden in der Elbaue von leichten Standorten mit einem niedrigeren Ertragspotential im Naturraum Heide zu unterscheiden. Die Bewirtschaftungsformen gliedern sich in konventionellen Landbau, integrierten Landbau mit drei Förderstufen und ökologischen Landbau für Ackerbau und in extensive und intensive Bewirtschaftung für Grünland.

Die Bewirtschaftungsformen richten sich nach den entsprechenden Extensivierungsprogrammen, die in Sachsen zur Anwendung kommen. Dies ist insbesondere das Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen“ (SMUL 1999). Den Ackerbau regelt das Teilprogramm A „Umweltgerechter Ackerbau“. Es unterscheidet im Wesentlichen drei Förderstufen des Integrierten Landbaus:

Der *integrierte Landbau/Grundförderung* – iL(GF) fordert einen um 5% reduzierten Düngereinsatz – gemessen am Optimum – sowie einen eingeschränkten Pflanzenschutzmitteleinsatz.

Der *integrierte Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung I* – iL(GF+ZI) bedingt eine Reduzierung des Düngereinsatzes um 20% gegenüber der Grundförderung und den Verzicht auf Wachstumsregulatoren.

Beim *integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung II* – iL(GF+ZII) steht der Erosionsschutz im Vordergrund, der durch Zwischenfrüchte und pfluglose Bodenbearbeitung realisiert wird.

Der *ökologische Landbau* entspricht der „Richtlinie bei ökologischer Wirtschaftsweise nach den Bestimmungen der Verordnung VO (EWG) Nr. 2092/91“ und den jeweils geltenden Regeln des Anbauverbandes, bei dem der Zuwendungsempfänger Mitglied ist. Wesentliche Merkmale sind der Verzicht auf industrielle Düngemittel und Pflanzenschutzmittel sowie die möglichst geschlossenen Nährstoffkreisläufe zwischen Pflanzen- und Tierproduktion.

Ein weiteres Teilprogramm ist das „Kulturlandschaftsprogramm“ (KULAP), das insbesondere die Zuwendungen für Grünlandflächen regelt und zur Abgrenzung der Nutzungsintensität „extensive Grünlandbewirtschaftung“ (mit reduziertem Düngemiteleinsatz) entsprechend berücksichtigt wurde (vgl. Kap. 2.2.4).

Für jeden der 14 Produktionstypen wurde die Produktionsmöglichkeit mit und ohne Trinkwasserschutzrestriktionen untersucht. Somit ergaben sich insgesamt 28 Kombinationen. Im Zuge der Verknüpfung der ökonomischen Standarddaten mit den Flächenentwicklungen (Kap. 4.4.2 und 5.1) werden jeweils die drei Bewirtschaftungsformen des integrierten Landbaus zu einem gewichteten Mittelwert zusammengefasst. Dadurch ergab sich eine Reduktion auf 20 Kategorien (vgl. Kap. 2.2.4 und 2.3.2 in diesem Bericht).

Zur monetären Bewertung der Landnutzung wurde die „Datensammlung - Deckungsbeiträge für die Pflanzen- und Tierproduktion“ der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (1999) herangezogen. Sie enthält die durchschnittlichen Erträge eines Vergleichsgebietes mit Erlösangabe sowie die veränderlichen Kosten und den Arbeitsaufwand zur Erzeugung der Feldfrüchte. Die Fixkosten für Abschreibung, Steuern etc. blieben im Rahmen der hier vorgestellten Berechnungen unberücksichtigt. Sie wurden für alle Fruchtarten gleich gesetzt und somit kostenneutral behandelt, da die weiteren Bewertungen Differenzanalysen zwischen den Handlungsalternativen darstellen.

Das Grünland wird im allgemeinen zur Futtererzeugung genutzt. In der monetären Bewertung der Landnutzung erhält der Grünlandertrag aber eine marktübliche Erlöserwartung, die dem innerbetrieblichen Einsatz näherungsweise entspricht.

d) Datengrundlagen

Aus unterschiedlichen Informationsquellen wurde ein Datensatz erzeugt, der die zu charakterisierenden Bewirtschaftungssysteme beschreibt. Eine Excel-Auswertungsmaske diente zur Berechnung der Einzelwerte und zur graphischen Darstellung (vgl. Anlagen 1 bis 3 im Anschluss an dieses Kapitel).

d.1) Fruchtfolge

Die repräsentative Fruchtfolge bzw. das Anbauverhältnis spiegelt die Häufigkeit wieder, mit der eine Fruchtart in der Heideregion oder in der Elbaue angebaut wird. Tabelle 1 zeigt die in die Bewertung eingegangenen Anbauverhältnisse nach Raumeinheiten getrennt, die nach Auswertung der Gemeindestatistiken festgelegt wurden. Es wurde weiterhin angenommen, dass die Trinkwasserschutzrestriktionen keinen Einfluss auf die Anbauverhältnisse ausüben. Beim ökologischen Landbau ist zu berücksichtigen, dass die Fruchtarten Raps und Zuckerrüben am Markt nicht gehandelt werden und somit auch keinen prozentualen Anteil darstellen.

Tab. 1: Anbauverhältnisse der berücksichtigten Feldfrüchte

[%]	Elbaue		Heide	
	Ökologischer Landbau	Integrierter und konventioneller Landbau	Ökologischer Landbau	Integrierter und konventioneller Landbau
Winterweizen	31	31	10	10
Winterroggen	8	8	22	22
Wintergerste	19	19	18	18
Triticale	8	8	8	8
Maissilage	7	5	16	14
Erbsen	7	5	6	4
Winterraps	0	11	0	10
Stillegung	20	8	20	10
Zuckerrüben	0	5	0	4

d.2) Ertrag

Die mittleren Erträge beim konventionellen Landbau außerhalb von TWSG liegen in der Elbaue ca. 20–40% höher als in den Heidegebieten⁴⁰ (Tab. 2). Zur Vermarktung kommen bei dieser Betrachtung nur die Hauptprodukte. Die Nebenprodukte wie z.B. Stroh und Rübenblatt verbleiben auf dem Feld und erreichen keine Marktleistung.

⁴⁰ Bezogen auf die sächsischen Wirtschaftsgebiete Heidelandschaften und Lößgebiet; Quelle: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (1999).

Tab. 2: Erträge beim konventionellen Landbau außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten.

[dt/ha]	Elbaue	Heide
Winterweizen	60	36
Winterroggen	59	50
Wintergerste	75	45
Maissilage	483	387
Zuckerrüben	530	400
Erbsen	45	30
Triticale	80	45
Winterraps	45	28
Stilllegung	0	0
Grünland	80	70

In Anlehnung an die ökonomische Auswertung einiger Referenzbetriebe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Infodienst 10/1999) wurden die Erträge im ökologischen und integrierten Landbau im Vergleich zum konventionellen Landbau wie folgt geschätzt:

- konventioneller Landbau (außerhalb TWSG) 100%
- integrierter Landbau/Grundförderung (außerhalb TWSG) 95 %
- integrierter Landbau/GF mit Zusatzförderung 1 (in und außerhalb TWSG) 75 %
- integrierter Landbau/GF mit Zusatzförderung 2 (außerhalb TWSG) 95 %
- ökologischer Landbau (in und außerhalb TWSG) 60 %

Die Ertragsdifferenz im konventionellen Landbau in Bezug auf Trinkwasserschutzauflagen wurde mit 25% Reduktion berücksichtigt, da die Restriktionen im TWSG denen des integrierten Landbaus/Grundförderung mit Zusatzförderung I (reduzierter Stickstoffeinsatz, Verbot von Pflanzenschutzmitteln mit W-Auflage) sehr nahe kommen. Auch beim integrierten Landbau/Grundförderung und dem integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung II wurde in TWSG ein Ertrag von 75% im Vergleich zu dem des konventionellen Landbaus ohne Schutzrestriktionen angesetzt. Beim ökologischen Landbau ergeben sich annahmegemäß keine Veränderungen durch Trinkwasserschutzrestriktionen. Die geschätzten Ertragseinbußen im extensiv bewirtschafteten Grünland liegen bei 20% gegenüber der intensiven Grünlandbewirtschaftung.

d.3) Erlös

Die Erlöse für Feldfrüchte wurden aus der Datensammlung „Deckungsbeiträge im Freistaat Sachsen“ (1999) übernommen. Der Erlös für Heu orientiert sich an der aktuellen Marktsituation (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Erlöse für Feldfrüchte und Heu.

[DM/dt]	Konventioneller Landbau	Integrierter Landbau	Ökologischer Landbau
Winterweizen	23,00	23,00	46,00
Winterroggen	21,50	21,50	43,00
Wintergerste	18,00	18,00	36,00
Maissilage	5,00	5,00	10,00
Zuckerrüben	8,50	8,50	17,00
Erbsen	19,00	19,00	38,00
Triticale	17,50	17,50	35,00
Winterraps	36,00	36,00	72,00
Stilllegung	0,00	0,00	0,00
Heu	14,00	14,00	28,00

Ökologisch erzeugte Produkte erreichen etwa 50 bis 200% höhere Preise. In dieser Betrachtung wurde eine Steigerung von 100% angenommen. Die Mehrwertsteuer für landwirtschaftliche Waren liegt zurzeit bei 7%.

d.4) Variable Kosten (exklusive Lohnkosten)

Die variablen Kosten (exklusive Lohnkosten) berücksichtigen folgende Kategorien: Saatgut, Versicherung, Lagerung, Trocknung, Bestandespflege, Düngung, variable Maschinenkosten und Lohnkosten, sofern diese durch Inanspruchnahme eines Lohnunternehmers, z.B. bei Erntekampagnen verursacht wurden. Die Berechnung stützt sich auf Angaben der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Datensammlung für betriebswirtschaftliche Planungunterlagen, Stand 09/1999).

Bei der Differenzierung der variablen Kosten zwischen den einzelnen Bewirtschaftungsformen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Düngerreduzierung und der veränderte Pestizideinsatz im TWSG beim konventionellen Landbau, beim integrierten Landbau/Grundförderung sowie beim integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung II im Vergleich zu außerhalb der TWSG liegenden Flächen wurde in Anlehnung an den Infodienst 10/1999 der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Ergebnisse zur Wirksamkeit des Programms „Umweltgerechte Landwirtschaft in Sachsen“) mit einer Kostenersparnis von 37 DM/ha verrechnet. Die gleiche Kostenersparnis wurde beim integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung I sowohl innerhalb als auch außerhalb von TWSG angesetzt.
- Im TWSG wurde für den konventionellen Landbau, den integrierten Landbau/Grundförderung sowie den integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung I aufgrund der Anforderung zum Zwischenfruchtanbau bei Sommerfrüchten 100 DM/ha an Kosten zusätzlich berechnet. Beim integrierten Landbau/Grundförderung

mit Zusatzförderung II erfolgte ein entsprechender Zuschlag unabhängig von Trinkwasserschutzrestriktionen.

- Bei der Grünlandbewirtschaftung ergaben sich folgende Unterschiede hinsichtlich der variablen Kosten: Aufgrund eines reduzierten Düngereinsatzes auf extensiv bewirtschafteten Flächen wurden geringere Kosten von 50 DM/ha in Ansatz gebracht. Das Düngungsniveau und der Maschineneinsatz entspricht den standardisierten Angaben für die Wirtschaftsgebiete Heidelandschaften und das Lößgebiet (Datensammlung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft).

d.5) Beschäftigte

Der Arbeitszeitbedarf im konventionellen Landbau entspricht den Angaben aus der Datensammlung für Sachsen. Anhand der KTBL-Datensammlung (1999) wurde der Arbeitsaufwand im Ökologischen Landbau auf 200 % der Standardwerte geschätzt. Es wurde angenommen, dass die Zusatzförderung II im integrierten Landbau einen Mehraufwand von 10% durch Zwischenfruchtanbau und Untersaaten verursacht. Die reduzierte Düngung von 20% bei der Zusatzförderung I sollte sich positiv auf den Zeitbedarf pro Hektar auswirken und wurde mit einer Arbeitszeitreduzierung um 5% berücksichtigt. Die Grundförderung im integrierten Landbau hat keinen bedeutenden Einfluss auf die Arbeitskraftstunden. Der Zeitaufwand für Stilllegungsflächen wird für alle Bewirtschaftungssysteme auf 2 Stunden pro Hektar und Jahr gesetzt. Tabelle 4 enthält eine Aufstellung des Arbeitskräftebedarfs außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten. Der Arbeitsbedarf innerhalb von TWSG ist der Anlage 4 zu entnehmen. Die durchschnittlichen Lohnkosten entstammen der „Datensammlung für betriebswirtschaftliche Planungsunterlagen, Stand 09/1999“.

Tab. 4: Arbeitskraftstunden auf Flächen außerhalb von TWSG

Arbeitskraft-Bedarf außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten									
[h ha ⁻¹ a ⁻¹]	Winter-Weizen	Winter-Roggen	Winter-Gerste	Mais-silage	Zucker-rüben	Erbsen	Triticale	Winter-Raps	Still-legung
Elbaue									
öL	10,8	9,2	10,0	16,4	15,8	10,2	9,2	11,0	2,0
iL(GF)	5,4	4,6	5,0	8,2	7,9	5,1	4,6	5,5	2,0
iL(GF+ZI)	5,1	4,4	4,8	7,8	7,5	4,8	4,4	5,2	2,0
iL(GF+ZII)	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0
kL	5,4	4,6	5,0	8,2	7,9	5,1	4,6	5,5	2,0
Heide									
öL	10,2	9,4	9,6	15,8	15,4	10,0	8,8	10,8	2,0
iL(GF)	5,1	4,7	4,8	7,9	7,7	5,0	4,4	5,4	2,0
iL(GF+ZI)	4,8	4,5	4,6	7,5	7,3	4,8	4,2	5,1	2,0
iL(GF+ZII)	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0
kL	5,1	4,7	4,8	7,9	7,7	5,0	4,4	5,4	2,0

- öL - ökologischer Landbau
 iL(GF) - integrierter Landbau/Grundförderung
 iL(GF+ZI) - integrierter Landbau/GF mit Zusatzförderung 1
 iL(GF+ZII) - integrierter Landbau/GF mit Zusatzförderung 2
 kL - konventioneller Landbau

d.6) Prämien

Prämien sind Flächenzahlungen, die der Landnutzer (in diesem Fall ein landwirtschaftliches Unternehmen) für eine bestimmte Landbewirtschaftung erhält.

Die Europäische Union bewilligte im Jahre 2000 die in Tabelle 5 aufgeführten *Flächenprämien* (BML 2000).

Tab. 5: Flächenprämien der Europäischen Union im Jahr 2000

Fruchtart	Flächenprämie [DM ha ⁻¹ a ⁻¹]
Getreide	715
Ölsaaten	923
Eiweißpflanzen	883
Stilllegungsausgleich	715

Die *Prämien für die umweltgerechte Landwirtschaft (UL-Prämien)* werden durch das Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen“ (1999) geregelt, welches auch die Leistungen bezüglich der Bewirtschaftungsintensität und umweltschonender Anbauverfahren definiert. Einzelheiten für den Ackerbau regelt die Richtlinie 73/1991, Teil A „Umweltgerechter Ackerbau“ als Teilprogramm der „Umweltgerechten Landwirtschaft“. Tabelle 6

beschreibt die für die Extensivierungsstufen gezahlten Prämien, getrennt nach Flächen innerhalb und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten.

Tab. 6: Prämien im Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen“.

Extensivierungsstufe		kein TWSG [DM ha ⁻¹ a ⁻¹]	TWSG [DM ha ⁻¹ a ⁻¹]
Integrierter Landbau/Grundförderung		80	40
Integrierter Landbau/GF mit Zusatzförderung I		130	60
Integrierter Landbau/ Grundförderung mit Zusatzförderung II	Zwischenfrucht	130	130
	Untersaaten	100	100
	Mulchsaaten(Herbst)	50	50
	Mulchsaaten(Frühjahr)	50	50
	<i>flächengewichteter Durchschnitt:</i>	<i>73</i>	<i>73</i>
Ökologischer Landbau		450	315

Die Prämie für den *ökologischen Landbau* entspricht der „Richtlinie bei ökologischer Wirtschaftsweise nach den Bestimmungen der VO (EWG) Nr. 2092/1991“ und den jeweils geltenden Regeln des Anbauverbandes, bei dem der Zuwendungsempfänger Mitglied ist. Betriebe in Umstellung werden nicht berücksichtigt.

Ein weiteres Teilprogramm ist das „Kulturlandschaftsprogramm“ (KULAP), das insbesondere die Zuwendungen für Grünlandflächen regelt. Ein gewogenes Mittel für den Torgauer Raum wurde mit 198 DM ha⁻¹ a⁻¹ außerhalb und 96 DM ha⁻¹ a⁻¹ innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten ermittelt und beim Produktionstyp „extensive Grünlandbewirtschaftung“ entsprechend berücksichtigt.

Die *Ausgleichszahlung (AGZ)* für Flächen innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten beträgt 220 DM ha⁻¹ a⁻¹ entsprechend SMUL (1994).

Anlage 1 zeigt beispielhaft die Gesamtbeurteilung einer Bewirtschaftungseinheit anhand des ökologischen Landbaus im TWSG der Heide. Grünlandflächen wurden nach dem Formblatt in Anlage 2 ausgewertet.

e) Ergebnisse

Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen in aggregierter Form die Standarddaten „Netto-Umsatz“ (NU), „Arbeitskraftstunden“ (AKh) und „Netto-Deckungsbeitrag 4“ (ND4), die als Eingangsgrößen in die Bewertung der Kriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigte“ und „Nettonutzen“ einfließen. Die weiteren Ergebnisformen, die der besseren Interpretation dienen (vgl. Abschnitt c), sind im Anlage 3 aufgelistet. Abbildung 1 zeigt den Netto-Umsatz in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsformen.

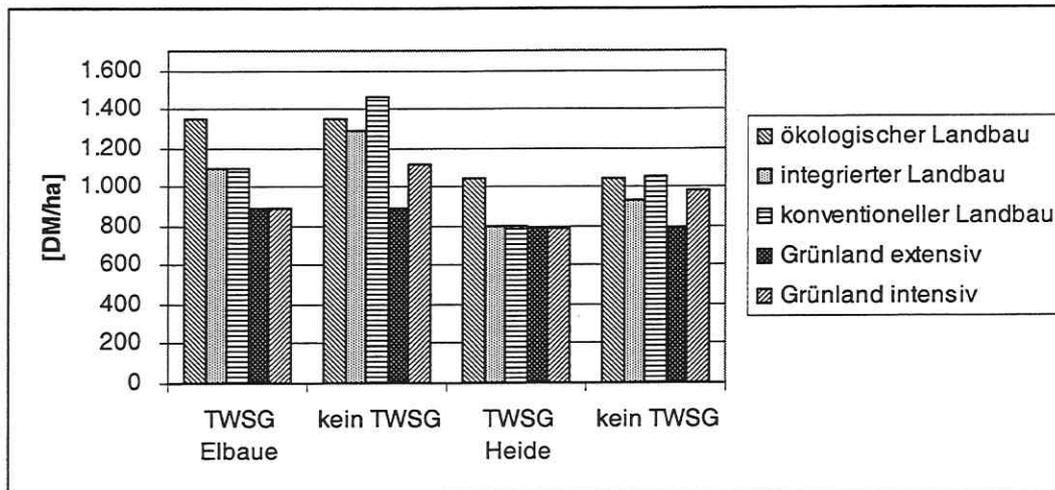


Abb. 1: Netto-Umsatz.

Der Arbeitseinsatz pro Hektar und Jahr in seiner Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsformen ist in Abbildung 2 aufgeführt (vgl. auch Tab. 4).

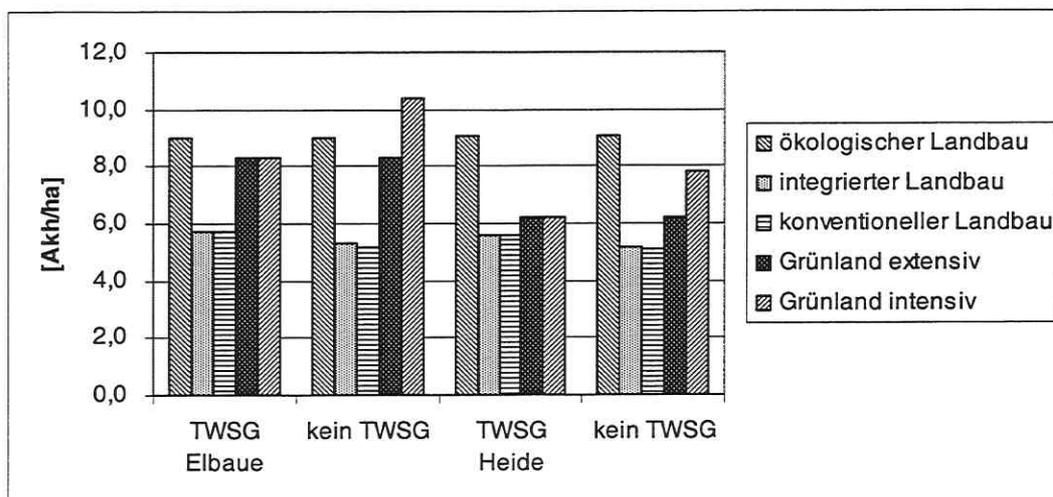


Abb. 2: Arbeitskraftstunden.

Die Abbildung 3 zeigt beispielhaft den Netto-Deckungsbeitrag 4 (ND4), der den durchschnittlichen Erlös inklusive der UL-Prämien und der Ausgleichszahlungen (jedoch ohne Flächenprämien) nach Abzug der variablen Kosten und der Arbeitsleistung ausweist. Die hohen Erlöse des ökologischen Landbaus sind zu relativieren, da dieser Betriebstyp ungleich mehr Arbeitszeit und finanzielle Mittel für die Vermarktung seiner Produkte aufwendet.

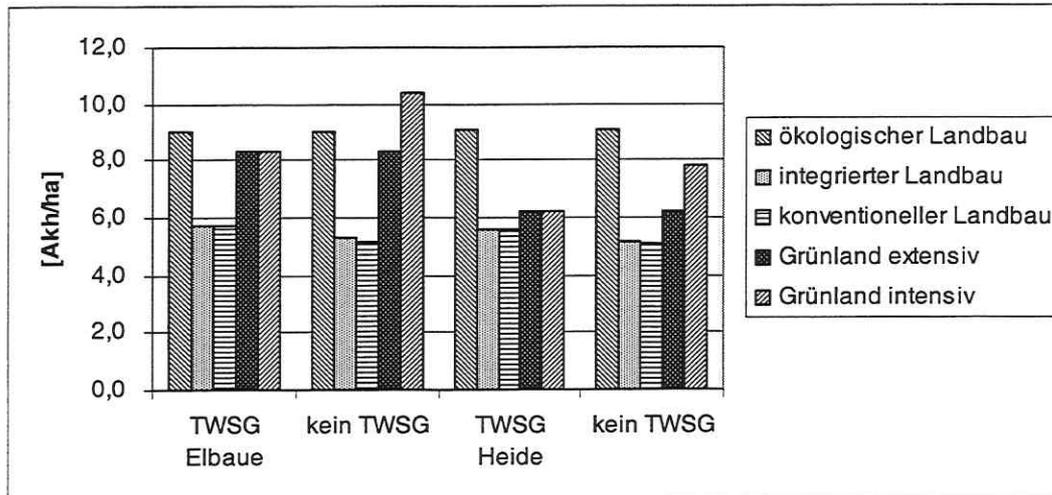


Abb. 3: Netto-Deckungsbeitrag 4 (ND4).

Bei der Auswertung und Interpretation von Deckungsbeiträgen oder anderen vom Deckungsbeitrag abhängigen Werten ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um eine monetäre Größe in Bezug auf die reine Landnutzung handelt und keine sekundären Markteffekte berücksichtigt wurden. Beispielsweise wurde keine dynamische Anpassung der Erzeugerpreise bei ausgedehnter ökologischer Wirtschaftsweise realisiert.

f) Unsicherheiten

Unsicherheiten entstehen bei der Übertragung von empirischen Standardwerten auf eine bestimmte Projektregion. Die verwendeten Daten repräsentieren einen Standardbetrieb, der für das jeweilige Vergleichsgebiet den wahrscheinlichsten Wert liefert. Nachfolgend wird dargelegt, von welchen Unsicherheiten bei den einzelnen Kenngrößen auszugehen ist. Die Unsicherheitsspannen für den Netto-Umsatz, die Arbeitskraftstunden sowie den Netto-Deckungsbeitrag 4 sind in der Tabelle 8 zusammenfassend aufgeführt.

f.1) Fruchtfolge

Annahme: Das Anbauverhältnis wurde in einer optimistischen Annahme derart gestaltet, dass sich der Arbeitsaufwand wesentlich erhöht. In der pessimistischen Annahme wurde eine den Arbeitsaufwand minimierende Fruchtfolge abgeleitet (vgl. Tab. 7).

Tab. 7: Anbauverhältnis: optimistische und pessimistische Annahme.

[%]	Optimistische Annahme				Pessimistische Annahme			
	Elbaue		Heide		Elbaue		Heide	
	öL	iL, kL	öL	iL, kL	öL	iL, kL	öL	iL, kL
Winterweizen	30	30	30	30	30	30	30	30
Winterroggen	0	0	0	0	30	30	30	30
Wintergerste	20	20	20	20	0	0	0	0
Triticale	0	0	0	0	20	20	20	20
Maissilage	50	50	50	50	0	0	0	0
Erbsen	0	0	0	0	0	0	0	0
Winterraps	0	0	0	0	0	0	0	0
Stilllegung	0	0	0	0	20	20	20	20
Zuckerrüben	0	0	0	0	0	0	0	0

öL - ökologischer Landbau

iL - integrierter Landbau

kL - konventioneller Landbau

Begründung: Im Hinblick auf den Arbeitskräftebedarf können zwei Extreme auftreten:

- eine arbeitsintensive Silageproduktion wird zugunsten eines erhöhten Viehbesatzes realisiert oder
- die landwirtschaftliche Produktion erfährt eine Veränderung hin zur reinen, weniger arbeitsintensiven Marktfruchtproduktion.

f.2) Ertrag

Produktivitätsentwicklung

Annahme: Im optimistischen Fall wurde von einer Ertragssteigerung um 25% gegenüber den im Basisjahr erreichten mittleren Erträgen ausgegangen. In einer pessimistischen Annahme wurde mit Ertragsrückgängen um 10% gerechnet.

Begründung: Seit 1950 ist der Ertrag aller Feldfrüchte stark angestiegen und hat sich bei der überwiegenden Zahl der Feldfrüchte mindestens verdoppelt (Auskunft Statistisches Bundesamt Berlin, Herr Affeld vom 18.8.2000). Mit der Annahme einer Ertragssteigerung von 25% wurde diese Entwicklung fortgesetzt.

Dagegen ergeben sich auch Argumente für eine Verringerung des Ertrags in der Zukunft: Beispielsweise durch Ertragsdepression infolge von Bodenerosion und vermehrtem Krankheitsbefall.

Ertragsreduktion im TWSG infolge Restriktionen

Annahme: Hierbei wurden nur die Ertragsrückgänge auf Ackerland infolge der Restriktionen im TWSG und für integrierten Landbau mit Zusatzförderung I verändert:

- Ertragseinbußen nicht um 25% wie bei wahrscheinlichsten Werten, sondern um 30 %,
- auf Elbböden nicht um 25% wie bei wahrscheinlichsten Werten, sondern nur um 15 %.

Begründung: Die in der Berechnung angesetzten Ertragsrückgänge infolge der Schutzrestriktionen stellen eine zentrale Eingangsgröße der Berechnung dar. Aus diesem Grunde wurden die Auswirkungen der Abweichung des angesetzten Wertes in beide Richtungen untersucht.

Inhaltlich ist die generell angesetzte Ertragseinbuße von 30% dahingehend als sehr vorsichtige Wirtschaftsweise der Landwirte zu interpretieren, um die mit den Schutzrestriktionen einhergehenden Bodenuntersuchungen zu bestehen. Da insbesondere die Landwirte in den Trinkwasserschutzgebieten die Ausgleichszahlungen nur dann erhalten, wenn der Reststickstoffgehalt im Boden den Grenzwert von 90 kg ha^{-1} unterschreitet, haben sie einen starken Anreiz, besonders „vorsichtig“ zu wirtschaften. Die stärkeren Ertragseinbußen berücksichtigt diese Verhaltensweise.

Dagegen lassen die (jedoch nicht repräsentativen) empirischen Daten im Untersuchungsraum (Neubert 2000) vermuten, dass Landwirte an guten Standorten auch durchaus einen geringeren Ertragsrückgang erwarten können. Aus diesem Grunde wurden niedrigere Ertragsrückgänge auf den guten Standorten angesetzt.

Klima-Änderung

Annahme: Die prognostizierte Klima-Änderung könnte sich auf die Ertragsbildung mit +12% und -20% auswirken.

Begründung: Diese Zahlen verweisen auf eine eher negative Entwicklung hinsichtlich der klimatischen Entwicklungen und ihrer Folgen für die Landwirtschaft, die im Wesentlichen vom CO_2 -Gehalt der Atmosphäre, einer Temperaturerhöhung und Niederschlagsveränderung determiniert sind. Der sogenannte CO_2 -Düngungseffekt und eine Temperaturerhöhung führen tendenziell zu einer erhöhten Nettoprimärproduktion (NPP: Aufbau von Biomasse durch Photosynthese minus Verlust durch Atmung). Andererseits kann es zu einer Beschleunigung der Wachstumszeit und somit zu einer Verkürzung der Kornfüllungsphase kommen, die neben dem Wasserdargebot als limitierender Faktor bei der Ertragsbildung wirkt (Adams et al. 1998). In der niederschlagsarmen Region Torgau (533 mm a^{-1}) wird sich voraussichtlich der Trockenstress überproportional auf den Ertrag auswirken. Näherungsweise wird eine Ertragschwankung von +12% bis -20% angenommen, die zwischen den Jahren 1992-97 auf Dauerertragsflächen in der Sächsischen Elbtalniederung (Vergleichsgebiet 11) in Wintergetreide ermittelt wurde, und auf die jährlich Witterungsschwankungen zurückzuführen ist.

f.3) Erlös

Annahme: Die hypothetische Erlöserwartung schwankt um $\pm 10\%$.

Begründung: Der Agrarmarkt ist stark subventioniert. So wird Getreide (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale) mit Hilfe von Interventionspreisen durch staatliche Aufkaufstellen gestützt, ohne dass es Mengenrestriktionen gäbe. Bei Zuckerrüben werden nur bestimmte Kontingente zu einem Garantiepreis aufgekauft. Nicht subventioniert werden dagegen beispielsweise Erbsen und Raps.

In der Vergangenheit waren starke Preisschwankungen bei den einzelnen Produkten möglich, jedoch war die Entwicklung uneinheitlich (vgl. Appelt 2000; Manegold 2000; Sommer 2000; Uhlmann 2000; ZMP 2000, S. 174). Die zukünftige Entwicklung hängt einerseits von der Weltmarktentwicklung und andererseits entscheidend von der Subventionspolitik ab. Zurzeit liegen die Weltmarktpreise für Getreide und Zuckerrüben unterhalb der Subventionspreise der EU. Die Subventionspolitik in der EU ist darauf ausgelegt, sich langfristig den Welthandelspreisen anzupassen. So sollen nach der Agenda 2000 die Interventionspreise für Getreide bis zum Jahr 2002 um 15% gesenkt werden. Dagegen werden bei den Welthandelspreisen für Getreide und Ölfrüchte von der Weltbank und OECD Preissteigerungen prognostiziert (Isermeyer et al. 1999, 9 f., 16 f.), jedoch sind diese bis 2005 reichenden Prognosen sehr unsicher.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass hinsichtlich der zukünftigen Ertragsentwicklungen sowohl steigende Tendenzen (Weltmarktpreise) als auch fallende Trends (Subventionsabbau in Europa) zu erwarten sind, die für die einzelnen Marktfrüchte unterschiedlich ausfallen können. Aus diesem Grunde wurde für die Preisentwicklung eine gleichmäßige Schwankungsbreite von $\pm 10\%$ angesetzt. Diese Preisschwankung ist relativ niedrig, da sie in der Berechnung nicht gleichzeitig durch Einkommensausgleichszahlungen relativiert werden, die in der Realität aber anzunehmen sind.

f.4) Variable Kosten (exklusive Lohnkosten)

Annahme: Veränderung der variablen Kosten um $\pm 10\%$.

Begründung: Die Schwankungsbreite der variablen Kosten ist besonders von der Betriebsstruktur (Schlaggröße) abhängig. In Anlehnung an die Datensammlung des KTBL (1999) wird die Unsicherheit mit $\pm 10\%$ geschätzt.

Hintergrundinformationen: Die Entwicklung der Vorleistungen, die in den Deckungsbeiträgen als variable Kosten (exklusive Lohnkosten) ausgedrückt werden, gestaltete sich in den 1990er Jahren differenziert. Während sich Energie verteuerte, verringerten sich dagegen die Vorleistungen bei Maschinenkosten, Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz sowie Saatgut (Statistisches Bundesamt Deutschland 1996, S. 156; 1998, S. 158).

Erhöhung der variablen Kosten bedeutet, dass die Verteuerung des Energieeinsatzes die Senkung der sonstigen Kosten überkompensiert. Eine Verringerung der variablen Kosten impliziert, dass insgesamt die kostensenkenden Effekte dominieren.

f.5) Arbeitskraftstunden

Annahme: Veränderung des Arbeitskrafteinsatzes um $\pm 16\%$ gegenüber dem wahrscheinlichsten Wert.

Begründung: Je nach Schlaggröße und Entfernung vom Betrieb zum Feld wird der Arbeitseinsatz in den Tabellenwerken um $\pm 16\%$ schwankend angesetzt (Quelle: KTBL 1999).

f.6) Stundenlohn

Annahme: Veränderung des Stundenlohnes um $\pm 20\%$.

Begründung: Nach HYDRO AGRI (1993) schwanken die Arbeitslöhne für Schlepperfahrer und sonstige Bedienungskräfte um $\pm 20\%$.

f.7) Prämien für die umweltgerechte Landwirtschaft

Annahme: Es wurde einerseits eine veränderte Kombination der unter dem integrierten Landbau/Grundförderung mit Zusatzförderung II zusammengefassten Maßnahmen angenommen, die im Endeffekt zu einer höheren Inanspruchnahme der Prämien mit durchschnittlich 115 DM pro Hektar und Jahr führen. Andererseits wurde keine Inanspruchnahme der entsprechenden Prämien (0 DM pro Hektar und Jahr) gegenüber dem wahrscheinlichsten Wert von 73 DM pro Hektar und Jahr angesetzt (vgl. auch Tab. 6).

Begründung: Die Teilnahme an dem Teilprogramm Zusatzförderung II des integrierten Landbaus erfolgt nicht mit dem gesamten Betrieb wie bei den anderen beiden Teilprogrammen Grundförderung und Zusatzförderung I, sondern nur mit Teilen der Nutzfläche. Daher resultieren die Unsicherheiten bei den Prämienzahlungen aus der maximalen Ausschöpfung der Prämie und keiner Inanspruchnahme.

f.8) Preis + Ausgleichszahlung + Prämien für die umweltgerechte Landwirtschaft

Annahme: Sowohl die Erlöse, als auch die Ausgleichszahlungen in TWSG und die Prämien für die umweltgerechte Landwirtschaft wurden um $\pm 10\%$ verändert.

Begründung: Die Variabilität der Ergebnisse ergibt sich durch Marktentwicklungen und Anpassungsreaktionen bei den Ausgleichszahlungen bzw. UL-Prämien, die sich teilweise kompensieren. Aus diesem kompensatorischen Ansatz heraus wurde diese Unsicherheitsspanne nicht höher angesetzt.

f.9) Wirkung der Unsicherheiten in den Kenngrößen

Die Unsicherheiten der einzelnen Eingangsgrößen wirken sich unterschiedlich sensitiv auf die Datenwerte aus, die in die Berechnung der Kriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigung“ und „Nettonutzen“ eingehen. In der Tabelle 8 sind die sich ergebenden Unsicherheiten der Standarddaten aufgelistet. Während sich die Unsicherheitsspannen bei den Datenwerten Netto-Umsatz und Arbeitskraftstunden recht direkt aus den Unsicherheitsspannen der entspre-

chenden Eingangsgrößen ergeben, sind die Unsicherheiten bei dem Netto-Deckungsbeitrag 4 wesentlich komplexer.

Tab. 8: Sensitivität der Ergebnisse auf die definierten Unsicherheitsspannen der Eingangsgrößen.

Eingangsgröße	wahrscheinlichster Wert der Ausgangsgröße	Minimum		Maximum	
		total	Wirkung auf Ausgangsgröße	total	Wirkung auf Ausgangsgröße
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
NETTO-UMSATZ:					
Ernteproduktpreise	100	-10	-10	10	10
Fruchtfolgegestaltung	100	-10	-14	20	24
Klimaschwankung	100	-20	-20	12	12
Ertragsentwicklung	100	-10	-10	25	25
ARBEITSKRAFTSTUNDEN:					
Fruchtfolgegestaltung	100	-10	-9	20	20
Schlaggröße	100	-16	-16	16	16
NETTO-DECKUNGSBEITRAG 4:					
Ernteproduktpreise	100	-10	-29	10	29
Fruchtfolgegestaltung	100	-10	-17	20	34
Klimaschwankung	100	-20	-58	12	35
Ertragsentwicklung	100	-10	-29	25	73
Schlaggröße	100	-16	7	16	-7
Stundenlohn	100	-20	8	20	-8
Variable Kosten	100	-10	-21	10	21
UL-Prämien	100	-100	-1	57	1

g) Zusammenfassung

Die Standarddaten für die Landwirtschaft, deren Berechnung in diesem Kapitel dargelegt wurde, stellen eine Grundlage für weitergehende ökonomische Betrachtungen hinsichtlich der agrarischen Landnutzung im Torgauer Raum dar. Die Aufstellung umfasst neben den reinen Datenwerten, die für die weitere Abschätzung der Kriterien „Bruttowertschöpfung“, „Beschäftigte“, und „Nettonutzen“ genutzt werden, weitere für die Interpretation der Ergebnisse wichtige Größen wie die Prämienzahlungen und veränderliche Kosten der einzelnen Landnutzungsvarianten.

Insgesamt wurden ohne Berücksichtigung von Teilprogrammen fünf sehr verschiedene Bewirtschaftungsformen definiert: ökologischer, integrierter und konventioneller Landbau, sowie extensive- und intensive Grünlandnutzung. Alle Varianten haben in 4 verschiedenen Teilräumen unterschiedliche Aufwands- und Erlösansätze: jeweils innerhalb und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten in Elbaue und Heide. Daraus ließen sich für jeden Standarddatensatz 20 Möglichkeiten definieren, die in die weitere multikriterielle Bewertung eingehen. Weiterhin wurden die Unsicherheitsgrößen und –begründungen, die bei der Gesamtbetrachtung eine wesentliche Rolle spielen, im Einzelnen aufgeführt.

Anlagen zu Kapitel 4.4.1

Anlage 1: Gesamtbeurteilung eines Ackerbaustandortes.

öL		Deckungsbeitragsrechnungen									Heide TWSG
öL Heide TWSG											
		W-Weizen	W-Roggen	W-Gerste	Maissilage	Zuckerrüb	Erbsen	Triticale	W-Raps	Stillegung	
Anteil der Fläche		10	22	18	16	0	6	8	0	20	
Marktleistung:											
Ertrag Hauptprodukt	dt/ha	22	30	27	232	240	18	27	17	0	
Erlös Hauptprodukt	DM/dt	46,00	43,00	36,00	10,00	17,00	38,00	35,00	72,00	0,00	
Leistung Hauptprodukt	DM/ha	993,60	1290,00	972,00	2322,00	4080,00	684,00	945,00	1209,60	0,00	
Ertrag Nebenprodukt	dt/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Erlös Nebenprodukt	DM/dt	43,00	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Leistung Nebenprodukt	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mwst	DM/ha	70	90	68	163	286	48	66	85	0	
Variable Kosten:											
Saatgut	DM/ha	128,00	81,00	105,00	238,00	244,00	182,00	86,00	68,00	80,00	
Mineraldünger u. PSM	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pflanzenschutz	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Bodenuntersuchung	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Versicherung	DM/ha	3,04	3,90	3,51	0,00	24,48	6,95	3,41	28,43	0,00	
Summe Direktkosten	DM/ha	131,04	84,90	108,51	238,00	268,48	188,95	89,41	96,43	80,00	
Lagerung	DM/ha	49,68	64,50	48,60	116,10	204,00	34,20	47,25	60,48	0,00	
Trocknung	DM/ha	31,50	38,50	31,50	0,00	0,00	0,00	31,50	53,76	0,00	
Grundbodenbearbeitung	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Saatbett und Bestellung	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pflege/Zwischenfrucht	DM/ha	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	0,00	
Düngung	DM/ha	181,01	255,20	177,25	304,53	341,80	144,90	189,76	308,67	0,00	
Ernte	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Beregnung	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transport	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Stoppelbearbeitung	DM/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
sonstige Kosten	DM/ha	0,00	0,00	0,00	26,00	119,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
var. Maschinenkosten	DM/ha	316,00	316,00	316,00	612,00	359,00	194,00	316,00	187,00	70,00	
Lohnarbeit	DM/ha	9,00	9,00	9,00	0,00	18,00	18,00	9,00	9,00	0,00	
Summe Marktleistung NU	DM/ha	993,60	1.290,00	972,00	2.322,00	4.080,00	684,00	945,00	1.209,60	0,00	
Brutto-Marktleistung BU	DM/ha	1.063,15	1.380,30	1.040,04	2.484,54	4.365,60	731,88	1.011,15	1.294,27	0,00	
Summe variable Kosten	DM/ha	1.018,23	1.068,10	990,86	1.596,63	1.610,28	880,05	982,92	1.015,34	150,00	
Deckungsbeitrag ND1	DM/ha	-24,63	221,90	-18,86	725,37	2.469,72	-196,05	-37,92	194,26	-150,00	
Prämie Agrarförderung	DM/ha	715,00	715,00	715,00	715,00	0,00	883,00	715,00	923,00	715,00	
Prämie UL	DM/ha	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	315,00	0,00	
Prämie TWSG	DM/ha	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	
ND2 = ND1 + Prämien	DM/ha	1.225,37	1.471,90	1.231,14	1.975,37	3.004,72	1.221,95	1.212,08	1.652,26	785,00	
ND3 = ND2 - Flächenprämie (UL)	DM/ha	510,37	756,90	516,14	1.260,37	3.004,72	338,95	497,08	729,26	70,00	
Arbeitsleistung	DM/ha	204,00	188,00	192,00	316,00	308,00	200,00	176,00	216,00	40,00	
ND4 = ND3 - Arbeitsleistung	DM/ha	306,37	568,90	324,14	944,37	2.696,72	138,95	321,08	513,26	30,00	
Arbeitskraft-Bedarf	Akh/ha	10,20	9,40	9,60	15,80	15,40	10,00	8,80	10,80	2,00	
Gesamt-Deckungsbeiträge* [DM/ha]:											
NU	1.046,28	Netto-Umsatz (NU) = Marktleistung (Hauptprodukt+Nebenprodukt) ohne MWST									
BU	1.119,52	Brutto-U (BU) = Marktleistung + Mehrwertsteuer									
ND1	114,22	Netto-D1 (ND1) = Marktleistung minus variable Kosten									
ND2	1.311,30	Netto-D2 (ND2) = ND1 plus Prämien (Flächenprämie+UL-Prämie+AGZ)									
ND3	586,22	Netto-D3 (ND3) = ND1 plus UL-Prämie plus AGZ									
ND4	405,26	Netto-D4 (ND4) = ND1 plus UL-Prämie plus AGZ minus Arbeitsleistung									
Akh/ha	9,05	Akh/ha									
Prämie Agrarf	677,33										
Prämie UL	280,00										

Anlage 2: Gesamtbeurteilung eines Grünlandstandortes.

kein TWSG		Deckungsbeitragsrechnungen	
Grünland int. Heide			
Heu			
Anteil der Fläche	[%]	100	
Marktleistung:			
Ertrag Hauptprodukt	dt TM / ha	70	
Erlös Hauptprodukt	DM/dt	14,00	
Leistung Hauptprodukt	DM/ha	980,00	
Ertrag Nebenprodukt	dt/ha	0	
Erlös Nebenprodukt	DM/dt	0,00	
Leistung Nebenprodukt	DM/ha	0,00	
Mwst	DM/ha	69	
Variable Kosten:			
Saatgut	DM/ha	16,00	
Mineraldünger	DM/ha	0,00	
Pflanzenschutz	DM/ha	0,00	
Bodenuntersuchung	DM/ha	0,00	
Versicherung	DM/ha	0,00	
Summe Direktkosten	DM/ha	16,00	
Lagerung	DM/ha	0,00	
Trocknung	DM/ha	0,00	
Grundbodenbearbeitung	DM/ha	0,00	
Saatbett und Bestellung	DM/ha	0,00	
Pflege	DM/ha	0,00	
Düngung	DM/ha	312,72	
Ernte	DM/ha	0,00	
Beregnung	DM/ha	0,00	
Transport	DM/ha	0,00	
Stoppelbearbeitung	DM/ha	0,00	
sonstige Kosten	DM/ha	18,00	
var. Maschinenkosten	DM/ha	269,00	
Lohnarbeit	DM/ha	0,00	
Summe Marktleistung NU	DM/ha	980,00	
Brutto-Marktleistung BU	DM/ha	1.048,60	
Summe variable Kosten	DM/ha	615,72	
Deckungsbeitrag ND1	DM/ha	364,28	
Prämie Agrarförderung	DM/ha	0,00	
Prämie UL	DM/ha	0,00	
Prämie TWSG	DM/ha	0,00	
ND2 = ND1 + Prämien	DM/ha	364,28	
ND3 = ND2 - Flächenprämie	DM/ha	364,28	
Arbeitsleistung	DM/ha	156,00	
ND4 = ND3 - Arbeitsleistur	DM/ha	208,28	
Arbeitskraft-Bedarf	Akh/ha	7,80	
Gesamt-Deckungsbeiträge* [DM/ha]:			
NU	980,00	Netto-Umsatz (NU) = Marktleistung (Hauptprodukt+Nebenprodukt) ohne MWST Brutto-U (BU)= Marktleistung + Mehrwertsteuer Netto-D1 (ND1)= Marktleistung minus variable Kosten Netto-D2 (ND2)= ND1 plus Prämien (Flächenprämie+UL-Prämie+AGZ) Netto-D3 (ND3) = ND1 plus UL-Prämie plus AGZ Netto-D4 (ND4) = ND1 plus UL-Prämie plus AGZ minus Arbeitsleistung Akh/ha	
BU	1.048,60		
ND1	364,28		
ND2	364,28		
ND3	364,28		
ND4	208,28		
Akh/ha	7,80		
Prämie Agrarf	0,00		
Prämie UL	0,00		

Anlage 3: Teilergebnisse⁴¹

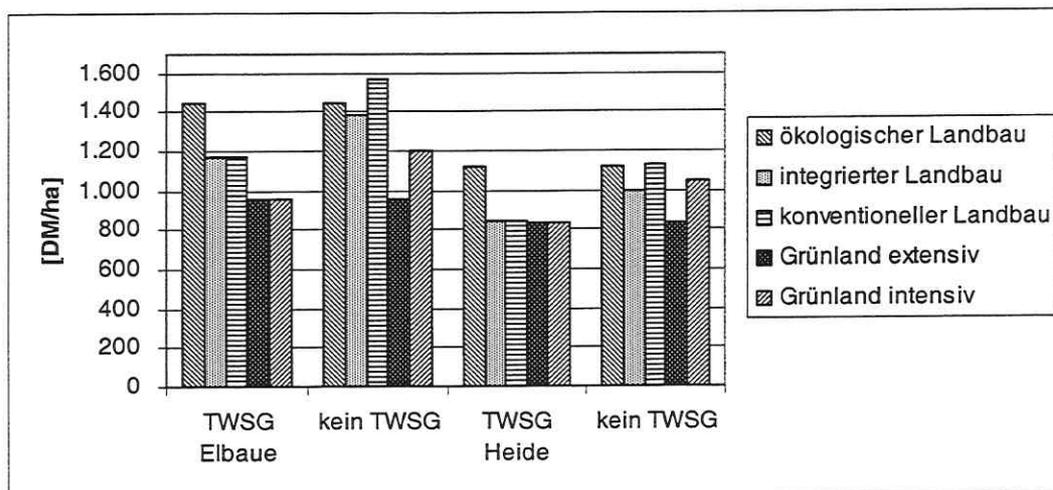


Abb. 4: Brutto-Umsatz.

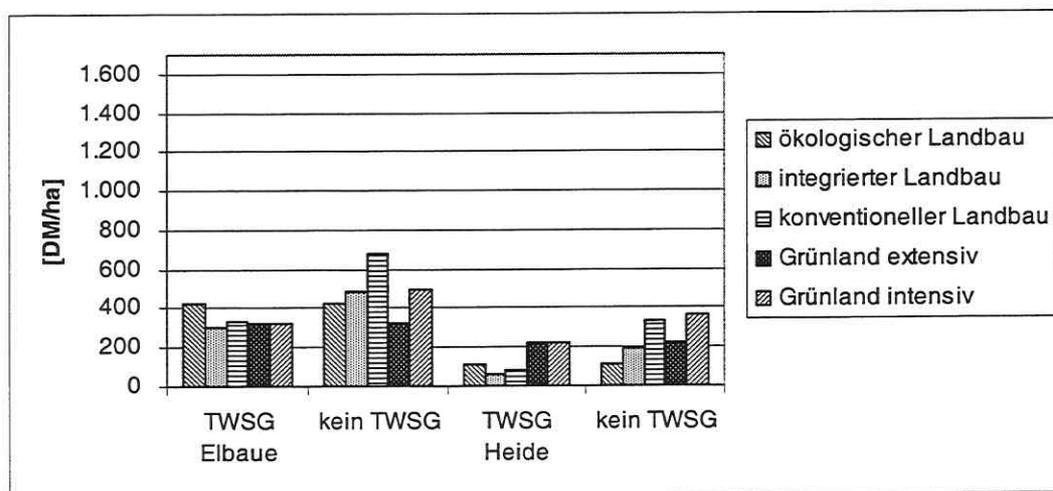


Abb. 5: Netto-Deckungsbeitrag 1.

⁴¹ Zur Herleitung der Ergebnisse – siehe Abschnitt c (Methode).

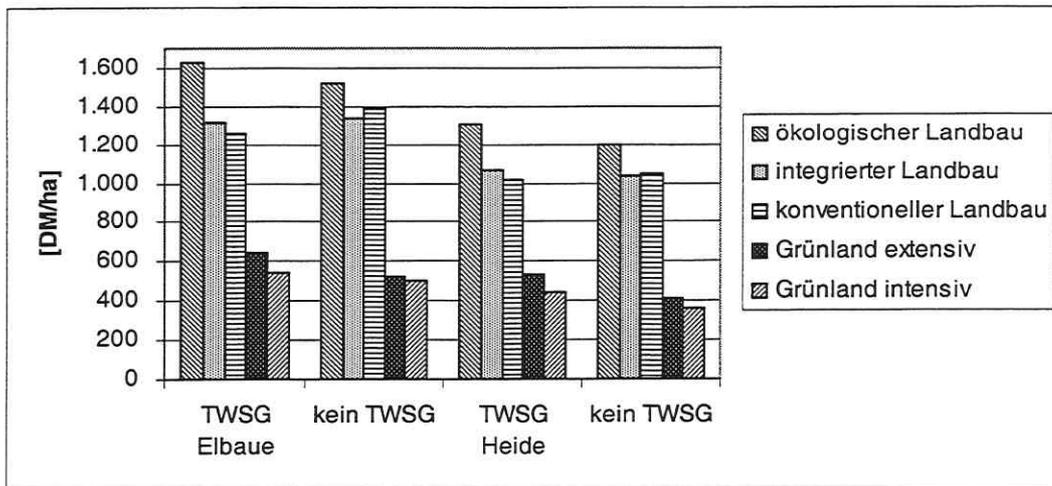


Abb. 6: Netto-Deckungsbeitrag 2.

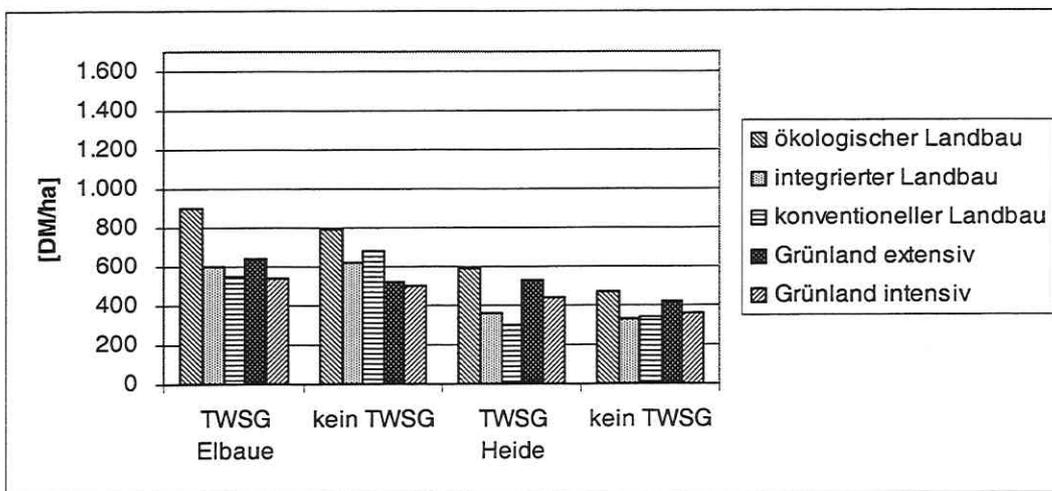


Abb. 7: Netto-Deckungsbeitrag 3.

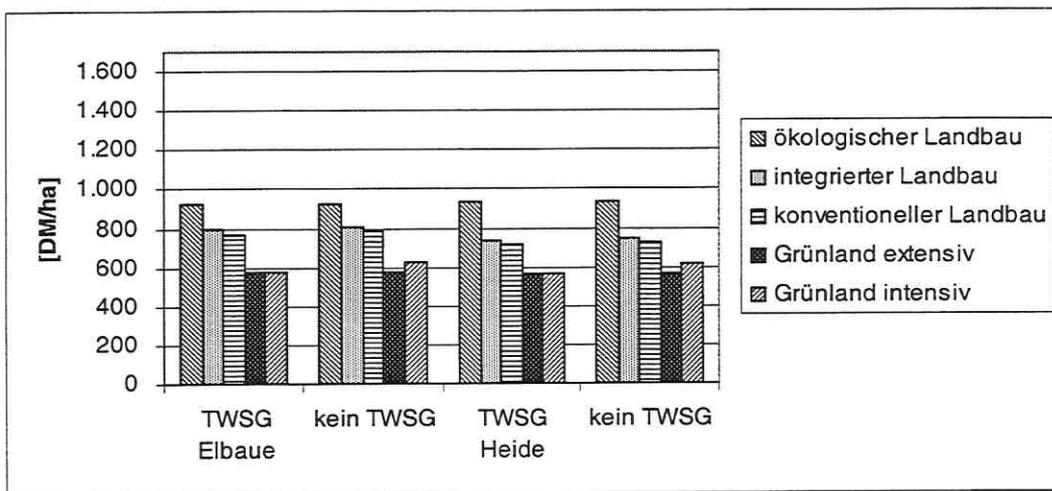


Abb. 8: Variable Kosten (ohne Lohnkosten).

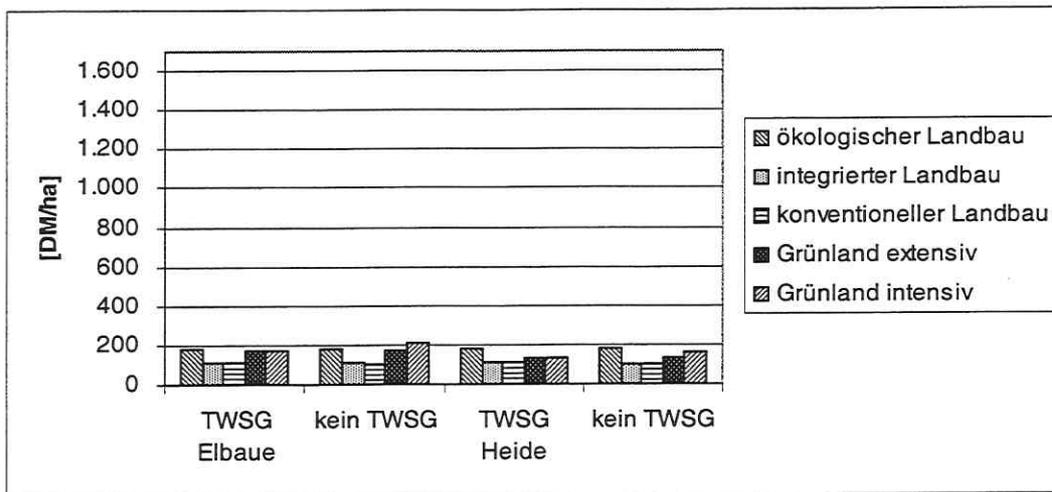


Abb. 9: Arbeitsleistung.

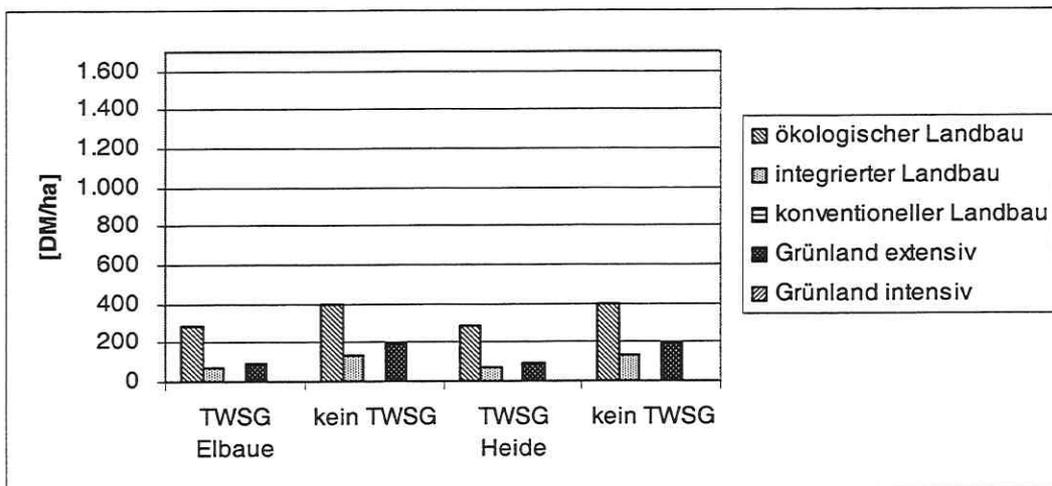


Abb. 10: Prämien für umweltgerechte Landwirtschaft.

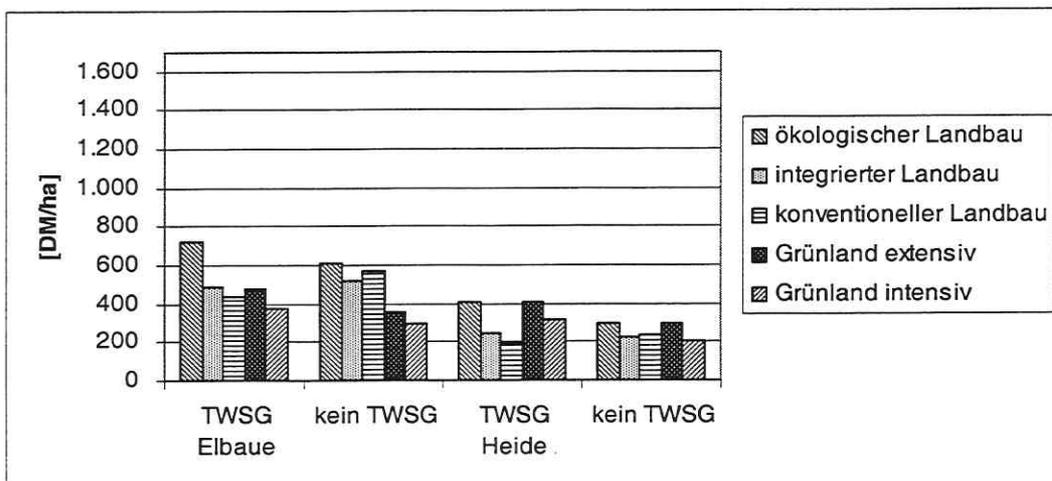


Abb. 11: Netto-Deckungsbeitrag 5.

Anlage 4: Arbeitskraftbedarf (in Arbeitskraftstunden pro Hektar und Jahr).

Arbeitskraft-Bedarf	/ha*a außerhalb TWSG									Stillelegung	
	W-Weizen	W-Roggen	W-Gerste	Mais-silage	Zucker-rüben	Erbsen	Triti-cale	W-Raps			
öL Elbaue	10,8	9,2	10,0	16,4	15,8	10,2	9,2	11,0	2,0	200%	
iL-G	5,4	4,6	5,0	8,2	7,9	5,1	4,6	5,5	2,0	100%	
iL-G+Z1	5,1	4,4	4,8	7,8	7,5	4,8	4,4	5,2	2,0	95%	
iL-G+Z2	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0	110%	
kL Elbaue	5,4	4,6	5,0	8,2	7,9	5,1	4,6	5,5	2,0	100%	
öL Heide	10,2	9,4	9,6	15,8	15,4	10,0	8,8	10,8	2,0	200%	
iL-G	5,1	4,7	4,8	7,9	7,7	5,0	4,4	5,4	2,0	100%	
iL-G+Z1	4,8	4,5	4,6	7,5	7,3	4,8	4,2	5,1	2,0	95%	
iL-G+Z2	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0	110%	
kL Heide	5,1	4,7	4,8	7,9	7,7	5,0	4,4	5,4	2,0	100%	

Arbeitskraft-Bedarf	/ha*a in TWSG									Stillelegung	
	W-Weizen	W-Roggen	W-Gerste	Mais-silage	Zucker-rüben	Erbsen	Triti-cale	W-Raps			
öL Elbaue	10,8	9,2	10,0	16,4	15,8	10,2	9,2	11,0	2,0	200%	
iL-G	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0	110%	
iL-G+Z1	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0	110%	
iL-G+Z2	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0	110%	
kL Elbaue	5,9	5,1	5,5	9,0	8,7	5,6	5,1	6,1	2,0	110%	
öL Heide	10,2	9,4	9,6	15,8	15,4	10,0	8,8	10,8	2,0	200%	
iL-G	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0	110%	
iL-G+Z1	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0	110%	
iL-G+Z2	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0	110%	
kL Heide	5,6	5,2	5,3	8,7	8,5	5,5	4,8	5,9	2,0	110%	

Arbeitskraft-Bedarf	/ha*a in und außerhalb TWSG			
	Elbaue		Heide	
	TWSG	kTWSG	TWSG	kTWSG
Grünland intensiv	8,32	10,4	6,24	7,8
Grünland extensiv	8,32	8,32	6,24	6,24

4.4.2 Umsatz- und Beschäftigungseffekte in der Landwirtschaft

Helga Horsch und Stefan Geyley

a) Anliegen

Im Folgenden werden die ökonomischen Effekte mit Bezug auf Nettoumsatz und Beschäftigte betrachtet, die sich aus den Szenarien für die landwirtschaftliche Produktion ergeben, und die wichtige Eingangsdaten für die Input-Output-Analyse darstellen. Um die Daten für die beiden ökonomischen Kategorien für den Zeitraum 1993 bis 2030 ermitteln zu können, werden zum einen hektarbezogene ökonomische Standarddaten benötigt, die im Kapitel 4.4.1 hergeleitet wurden. Zum anderen sind die in Kapitel 2.3.2 erarbeiteten Angaben zur Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Untersuchungsraum erforderlich. Dieses Kapitel geht im Weiteren auf die Darstellung der Methodik, Datengrundlagen und Ergebnisse zur Entwicklung der Nettoumsätze und der Arbeitsstunden in der Landwirtschaft ein.

b) Methodik

Grundsätzlich wurde bei der Berechnung der Nettoumsätze und Arbeitsstunden für die Landwirtschaft im Torgauer Raum von den ermittelten Zeitreihen für Flächen, die sich jeweils auf spezifische Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen beziehen, ausgegangen (vgl. Kap. 2.3.2). Die jahresbezogenen Flächendaten wurden dann mit den entsprechenden auf einen Hektar bezogenen Daten zum Nettoumsatz und Arbeitskräftestunden multipliziert (vgl. Kap. 4.4.1).

Die auf einen Hektar bezogenen ökonomischen Daten beruhen weitestgehend auf Status-quo-Bedingungen des Jahres 2000 und repräsentieren in diesem Falle die wahrscheinlichen Werte. Da jedoch auch Unsicherheiten über die Repräsentativität der zugrunde gelegten Eingangsdaten sowie über künftige Entwicklungen bestehen, waren die Nettoumsätze und Arbeitsstunden auch unter Berücksichtigung von Unsicherheit zu berechnen. Das heißt, es waren die positiven und negativen Abweichungen von den wahrscheinlichen Werten zu Nettoumsatz und Arbeitsstunden zu ermitteln. In Kapitel 4.4.1 werden Einflussfaktoren aufgezeigt, die die Varianz der wahrscheinlichen Werte beeinflussen.

Bei der Ermittlung der minimalen und maximalen Werte für den Nettoumsatz in der Landwirtschaft wurde nur der Einflussfaktor mit dem größten Einfluss berücksichtigt. Die maximalen Werte des Nettoumsatzes ergeben sich durch die Erträge mit einer Abweichung von +25%, die minimalen Werte durch Klimaschwankungen mit einer Abweichung von -20% (vgl. Kap. 4.4.1).

Bei den Arbeitsstunden wurde ebenso wie beim Nettoumsatz vorgegangen. Bei den maximalen Werten wurde die Fruchtfolge mit einer Veränderung in Höhe von +20% und bei den minimalen Werten die Schlaggröße mit einer Veränderung in Höhe von -16% zu Grunde gelegt (vgl. Kap. 4.4.1).

c) Datengrundlagen

Die Ermittlung der ökonomischen Effekte in Form der Nettoumsätze und Arbeitsstunden basiert auf den ökonomischen Standarddaten (vgl. Kap. 4.4.1) und den szenarienbezogenen Flächendaten, wofür Zeitreihen getrennt nach Raumkategorien und Bewirtschaftungsformen ermittelt wurden. Diese wurden im Rahmen der Anpassungsreaktionen bei der Szenarienableitung beschrieben (vgl. Kap. 2.3.2). Hierbei liegt für die Ermittlung der Nettoumsätze und Beschäftigungseffekte die landwirtschaftliche Nutzfläche des Torgauer Raumes zugrunde.

d) Ökonomische Ergebnisse zu den szenarienabhängigen Nettoumsätzen und Beschäftigungseffekten in der Landwirtschaft

Die jährlichen sowie die für den Zeitraum 1993 bis 2030 kumulativ ermittelten *Nettoumsätze* der Landwirtschaft im Torgauer Raum gehen aus den Tabellen 1 und 2 (am Ende des Kapitels) sowie aus den Abbildungen 1 und 2 hervor.

Folgende Aspekte sind bezüglich des Vergleichs der Ergebnisse für die einzelnen Szenarien hervorzuheben:

Erstens zeigt ein Vergleich der Werte des Nettoumsatzes für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT, dass die Skalenwerte der vergleichbaren Szenarien bei REALO höher als bei GRÜNDERZEIT liegen. Dies ist durch die höhere Reduzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen infolge einer höheren Versiegelung im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT bedingt.

Werden *zweitens* die kumulierten, wahrscheinlichen Werte für die einzelnen Szenarien unter den Bedingungen von REALO und GRÜNDERZEIT verglichen, ist festzustellen, dass

- die Nettoumsätze von R_2 größer als R_1 und von R_4 größer als R_3 sind und
- die Nettoumsätze von G_2 ebenfalls größer als G_1 und die von G_4 größer als G_3 sind.

Diese Größenrelationen sind der Aufhebung von Schutzgebieten geschuldet. Durch die aufgehobenen Restriktionen werden höhere Erträge erzielt. Dadurch, dass auf Ackerland in Heidegebieten ein stärkeres Interesse an einem integrierten Landbau erwartet wird, fällt dort der durch die Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten erwartete Zuwachs des Nettoumsatzes geringer aus.

Drittens zeigen sich im Vergleich der REALO- mit den GRÜNDERZEIT-Szenarien folgende entgegengesetzte Größenrelationen:

- der Nettoumsatz von R_2 ist größer als der von R_4 , während
- der Nettoumsatz von G_2 kleiner als der von G_4 ist.

Dieser Unterschied ist den Optionen des Kiesabbaus geschuldet: Bei den REALO-Szenarien ist im Falle R_2 mit 164,47 ha die Kiesabbaufäche kleiner als bei R_4 mit 168,49 ha und bei den GRÜNDERZEIT-Szenarien ist im Falle G_2 die Kiesabbaufäche mit 233,94 ha größer als bei G_4 mit 170,49 ha.

Werden *viertens* die Szenarien bezüglich der wahrscheinlichen mit den unsicherheitsbedingten maximalen und minimalen Werten verglichen, ist erkennbar, dass im Vergleich zu den wahrscheinlichen Werten des Nettoumsatzes

- die maximalen Abweichungen, durch Ertragsveränderungen bedingt, bei allen Szenarien +25% und
- die minimalen Abweichungen, auf Klimaschwankungen zurückzuführen, bei allen Szenarien –20%

betragen. Die wahrscheinlichen Werte der Nettoumsätze verändern sich also für alle Bewirtschaftungsformen und Raumkategorien direkt proportional zur Varianz gewählter Unsicherheiten der Eingangsgrößen und zwar im Verhältnis 1:1 (vgl. Kap. 4.4.1). Das bedeutet, dass die unter *erstens* und *drittens* getroffenen Aussagen auch auf die maximalen und minimalen Werte der Nettoumsätze übertragen werden können. Dies führt schließlich auch dazu, dass die an Hand der maximalen und minimalen Werte des Nettoumsatzes bestimmten Rangfolgen der Szenarien mit den Aussagen zur Rangfolge der Szenarien übereinstimmen, die unter *zweitens* an Hand der wahrscheinlichen Werte getroffen wurden.

Als Fazit ist zu konstatieren: Die Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten zeigt – gemessen am Indikator Nettoumsatz – einen ökonomischen Vorteil für die Landwirtschaft. Diese Aussage gilt für die definierten Entwicklungsrahmen sowie auch für die berücksichtigten Parameterunsicherheiten.

Die jährlichen sowie die für den Zeitraum 1993 bis 2030 kumulativ ermittelten *Arbeitsstunden* der Landwirtschaft im Torgauer Raum sind den Tabellen 3 und 4 (am Kapitelende) sowie den Abbildungen 3 und 4 zu entnehmen.

Im Ergebnis relevanter Szenarienvergleiche sind folgende Aspekte hervorzuheben:

Als *erstes* ist – ebenso wie beim Nettoumsatz – festzustellen, dass ein Vergleich der Werte der Arbeitsstunden für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT zeigt, dass die Skalenwerte der vergleichbaren Szenarien bei REALO höher als bei GRÜNDERZEIT liegen. Dies ist vor allem durch die höhere Reduzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen infolge einer höheren Versiegelung in der GRÜNDERZEIT bedingt.

Werden *zweitens* die kumulierten, wahrscheinlichen Werte der REALO- und GRÜNDERZEIT-Szenarien verglichen, ist im Unterschied zum Nettoumsatz zu konstatieren, dass

- die Arbeitsstunden bei R_2 geringer als bei R_1 sowie die bei R_4 geringer als bei R_3 sind und
- die Arbeitsstunden bei G_2 geringer als bei G_1 sowie die bei G_4 geringer als bei G_3 sind.

Diese Größenrelationen resultieren zwar ebenfalls aus den aufgehobenen schutzgebietsbedingten Auflagen. Die gegenüber dem Nettoumsatz veränderten Größenrelationen sind aber dadurch bedingt, dass eine Reihe von Maßnahmen, die mit zusätzlichen Arbeitsstunden in Trinkwasserschutzgebieten verbunden sind, entfällt. Das heißt, die Bewirtschaftung sowohl nach dem konventionellen als auch nach dem integrierten Landbau in Schutzgebieten ist

grundsätzlich arbeitsintensiver. Da sich der ökologische Landbau bezüglich des Arbeitszeitaufwandes in und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten nicht unterscheidet, ergeben sich bei Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten keine durch den ökologischen Landbau bedingten Struktureffekte.

Drittens zeigen sich ebenso wie beim Nettoumsatz im Vergleich der REALO- mit den GRÜNDERZEIT-Szenarien entgegengesetzte Größenrelationen in der Weise, dass

- die Arbeitsstunden bei R_2 höher als bei R_4 sind (vgl. Tab. 3), während
- die Arbeitsstunden bei G_2 geringer als bei G_4 ausfallen (vgl. Tab. 4).

Die Ursachen sind den oben genannten Optionen des Kiesabbaus im Torgauer Raum geschuldet.

Werden *viertens* die Szenarien bezüglich der wahrscheinlichen mit den unsicherheitsbedingten maximalen und minimalen Werten verglichen, ist erkennbar, dass im Vergleich zu den wahrscheinlichen Werten der Arbeitsstunden

- die maximalen Abweichungen, durch veränderte Fruchtfolgen bedingt, bei allen Szenarien +20% und
- die minimalen Abweichungen, auf Veränderungen der Schlaggröße zurückzuführen, bei allen Szenarien -16%

betragen. Das hat zur Folge, dass die unter *erstens* bis *drittens* getroffenen Aussagen auch auf die maximalen und minimalen Werte der Arbeitsstunden übertragen werden können.

Als Fazit kann konstatiert werden: Die Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten führt zu keinen zusätzlichen Beschäftigungseffekten in der Landwirtschaft. Diese Aussage gilt für die definierten Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT sowie auch für die berücksichtigten Parameterunsicherheiten. Das heißt, dass aus der Sicht der Beschäftigung die Beibehaltung der Trinkwasserschutzgebiete vorteilhafter als die Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten ist. Diese Einschätzung verhält sich jedoch total entgegengesetzt zu der auf dem Nettoumsatz basierenden Einschätzung.

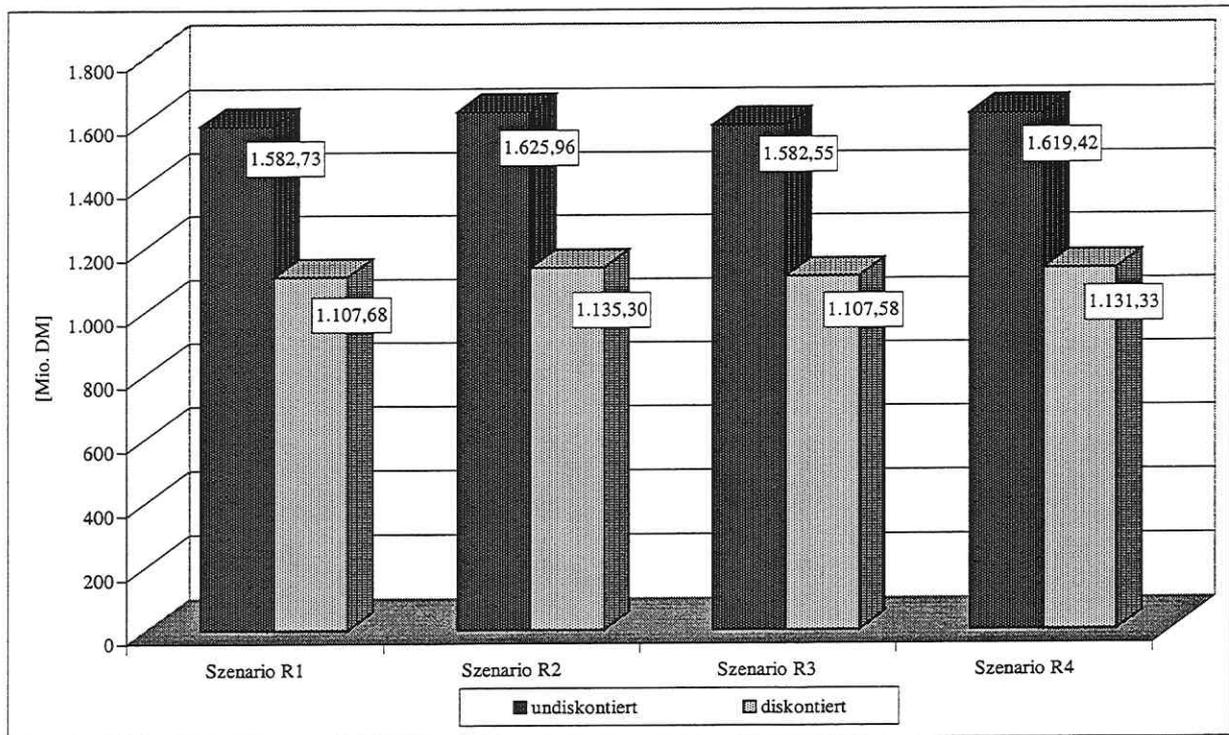


Abb. 1: Nettoumsatz der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien REALO von 1993 bis 2030 (wahrscheinliche Werte).

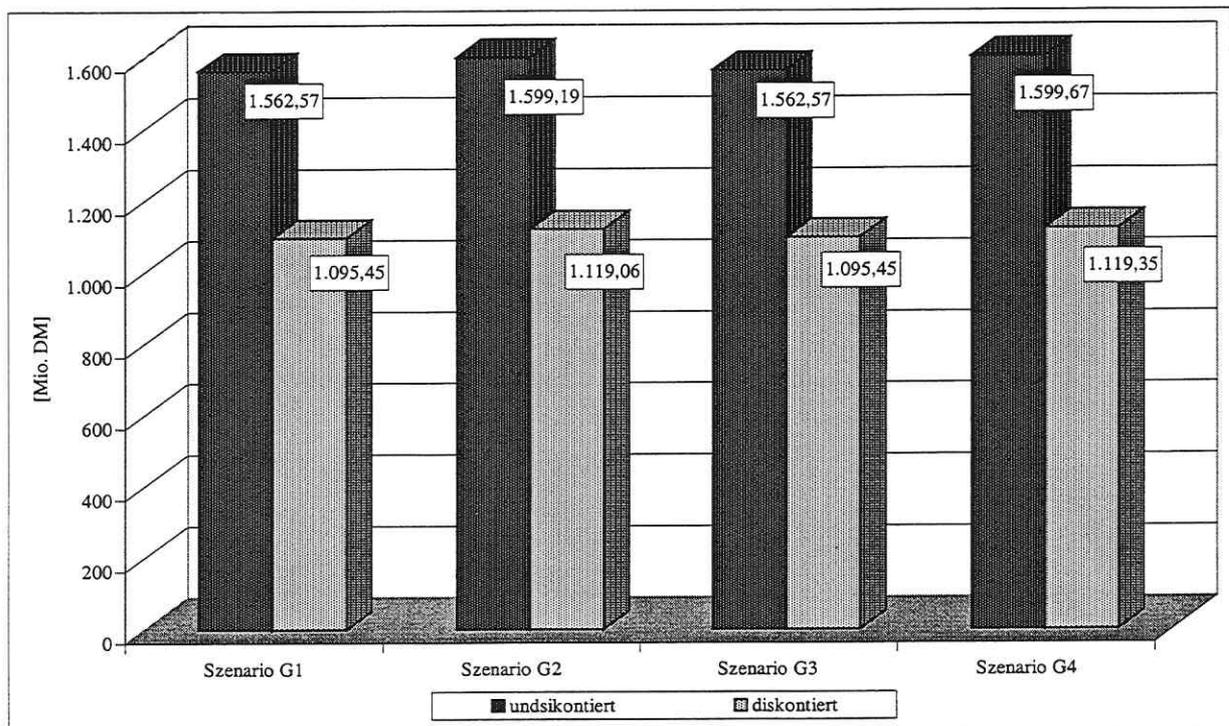


Abb. 2: Nettoumsatz der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien GRÜNDERZEIT von 1993 bis 2030 (wahrscheinliche Werte).

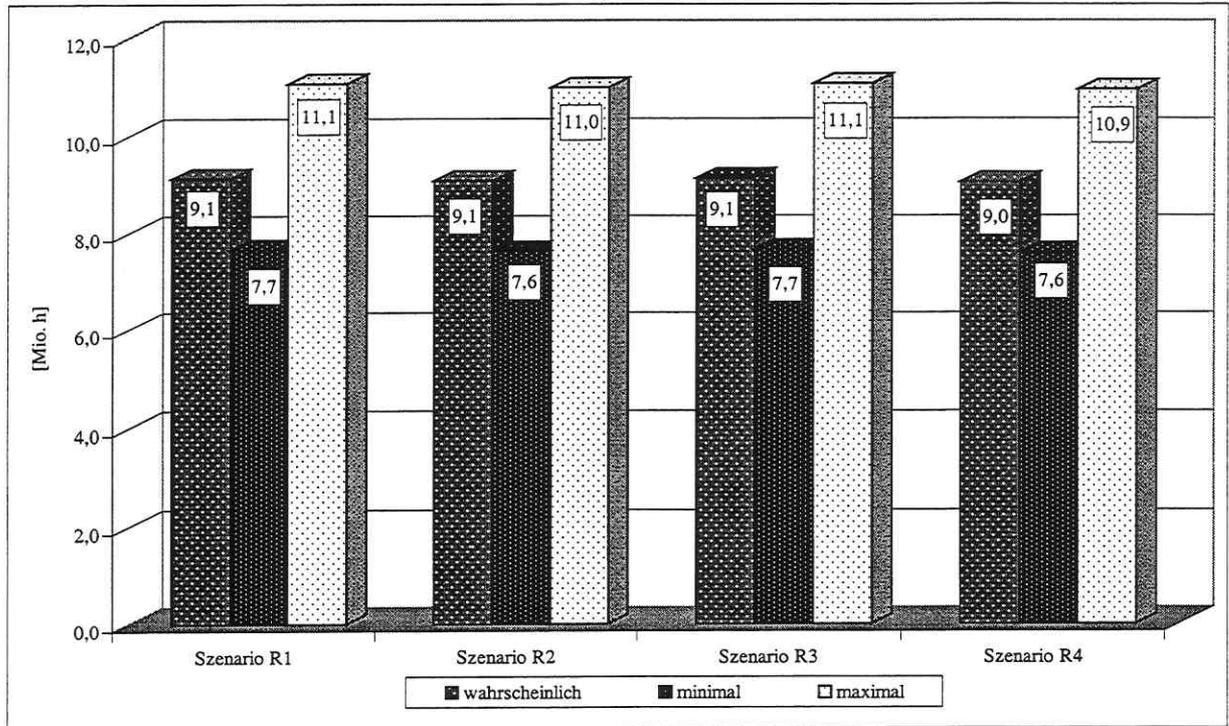


Abb. 3: Arbeitsstunden der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien REALO von 1993 bis 2030.

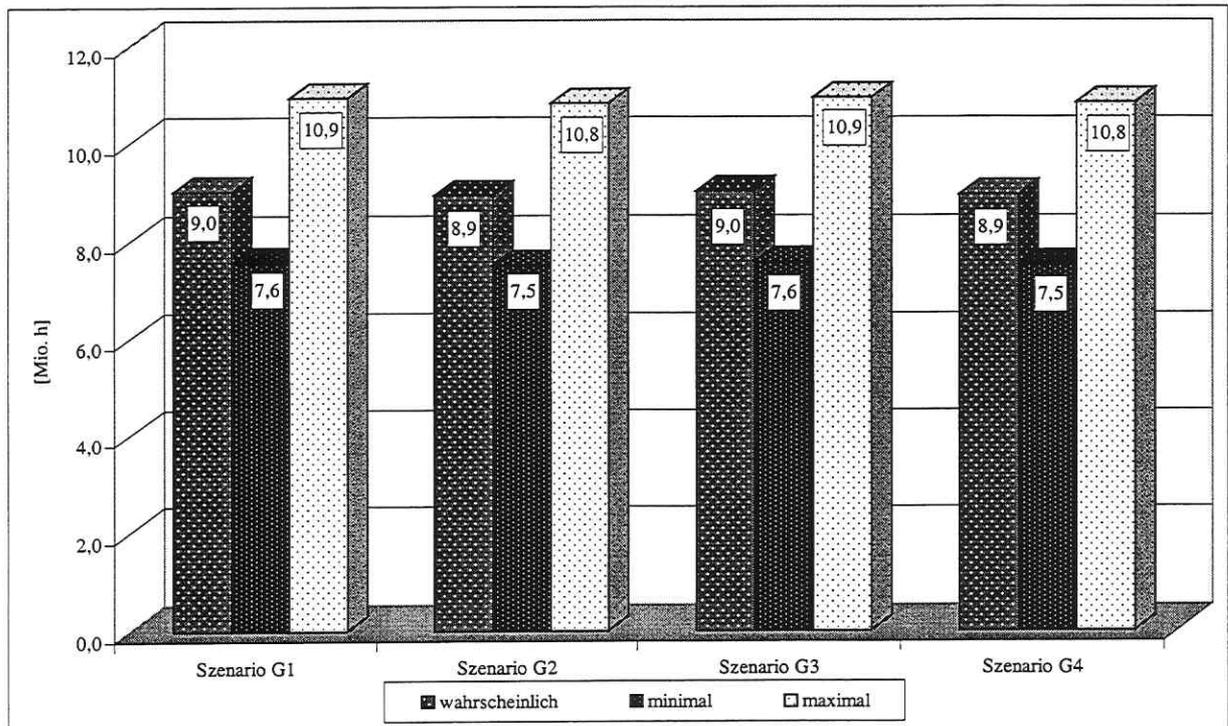


Abb. 4: Arbeitsstunden der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die GRÜNDERZEIT-Szenarien von 1993 bis 2030.

Tab. 1: Nettoumsatz der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien REALO im Zeitraum 1993 bis 2030 (wahrscheinliche Werte).

Jahr	Szenario R ₁		Szenario R ₂		Szenario R ₃		Szenario R ₄	
	undisk. IDMI	disk. IDMI	undisk. IDMI	disk. IDMI	undisk. IDMI	disk. IDMI	undisk. IDMI	disk. IDMI
1993	43.552.263,56	42.698.297,61	43.497.096,98	42.644.212,72	43.552.170,89	42.698.206,76	43.497.093,02	42.644.208,85
1994	43.449.474,46	41.762.278,41	43.395.913,19	41.710.796,99	43.449.139,74	41.761.956,69	43.386.380,22	41.701.634,20
1995	43.346.685,55	40.846.549,74	43.294.745,80	40.797.605,93	43.346.108,59	40.846.006,24	43.275.695,30	40.779.654,22
1996	43.243.896,25	39.950.675,75	43.193.573,00	39.904.184,85	43.243.077,44	39.949.919,30	43.164.990,33	39.877.778,88
1997	43.141.107,14	39.074.229,91	43.092.405,08	39.030.118,95	43.140.046,28	39.073.269,06	43.054.306,92	38.995.612,27
1998	43.038.318,04	38.216.794,76	42.991.232,38	38.174.984,04	43.037.015,13	38.215.637,81	42.943.603,07	38.132.690,58
1999	42.935.528,93	37.377.961,74	42.890.075,36	37.338.391,67	42.933.983,98	37.376.616,76	42.832.901,25	37.288.618,16
2000	42.832.739,83	36.557.331,02	44.080.410,19	37.622.205,65	42.830.952,83	36.555.805,83	44.014.563,26	37.566.005,93
2001	42.729.950,72	35.754.511,28	43.999.266,39	36.816.617,84	42.727.921,68	35.752.813,46	43.924.072,48	36.753.698,94
2002	42.627.161,62	34.969.119,56	43.918.144,64	36.028.175,29	42.624.890,52	34.967.256,47	43.833.617,99	35.958.833,99
2003	42.524.372,51	34.200.781,07	43.836.980,72	35.256.463,34	42.521.859,37	34.198.759,85	43.743.165,06	35.181.010,87
2004	42.421.583,41	33.449.129,02	43.755.875,03	34.501.208,85	42.418.828,22	33.446.956,57	43.652.679,38	34.419.839,79
2005	42.318.794,30	32.713.804,42	43.674.724,89	33.761.982,86	42.315.797,07	32.711.487,46	43.562.098,44	33.674.918,96
2006	42.216.005,20	31.994.455,98	43.593.626,75	33.038.520,94	42.212.765,92	31.992.001,01	43.471.617,01	32.946.052,81
2007	42.113.216,09	31.290.739,89	43.486.073,40	32.310.793,08	42.109.734,77	31.288.153,21	43.381.265,82	32.232.919,51
2008	42.010.426,99	30.602.319,67	43.404.937,97	31.618.145,36	42.006.703,61	30.599.607,40	43.290.689,78	31.534.921,74
2009	41.907.637,88	29.928.866,06	43.350.221,98	30.959.105,62	41.903.672,46	29.926.034,10	43.200.235,94	30.851.991,20
2010	41.804.848,78	29.270.056,79	43.269.112,64	30.295.274,86	41.800.641,31	29.267.110,89	43.109.768,22	30.183.708,37
2011	41.702.059,67	28.625.576,51	43.163.683,29	29.628.879,91	41.697.610,16	28.622.522,22	42.994.938,81	29.513.048,51
2012	41.599.270,57	27.995.116,57	43.058.229,10	28.976.953,84	41.594.579,01	27.991.959,29	42.880.079,01	28.857.063,94
2013	41.496.481,46	27.378.374,95	42.952.775,11	28.339.202,28	41.491.547,86	27.375.119,88	42.765.271,05	28.215.491,64
2014	41.393.692,36	26.775.056,06	42.847.318,68	27.715.318,31	41.388.516,70	26.771.708,25	42.650.433,46	27.587.965,26
2015	41.290.903,25	26.184.870,65	42.741.866,46	27.105.007,55	41.285.485,55	26.181.434,98	42.535.603,29	26.974.204,54
2016	41.188.114,15	25.607.535,61	42.636.396,97	26.507.964,16	41.182.454,40	25.604.016,83	42.420.777,79	26.373.909,09
2017	41.085.325,04	25.042.773,94	42.530.948,19	25.923.925,88	41.079.423,25	25.039.176,61	42.305.946,30	25.786.780,28
2018	40.982.535,94	24.490.314,52	42.425.508,99	25.352.605,32	40.976.392,10	24.486.643,08	42.191.087,74	25.212.520,04
2019	40.879.746,83	23.949.892,04	42.320.041,13	24.793.705,79	40.873.360,95	23.946.150,79	42.076.269,19	24.650.889,07
2020	40.776.957,73	23.421.246,86	42.214.601,31	24.246.992,75	40.770.329,79	23.417.439,95	41.961.439,33	24.101.582,95
2021	40.674.168,62	22.904.124,92	42.109.134,52	23.712.171,87	40.667.298,64	22.900.256,35	41.846.641,02	23.564.358,56
2022	40.571.379,52	22.398.277,56	42.003.678,09	23.189.007,91	40.564.267,49	22.394.351,21	41.731.795,55	23.038.909,47
2023	40.468.590,41	21.903.461,46	41.898.229,98	22.677.248,11	40.461.236,34	21.899.481,09	41.616.966,23	22.525.015,24
2024	40.365.801,31	21.419.438,50	41.792.771,03	22.176.636,15	40.358.205,19	21.415.407,74	41.502.152,23	22.022.424,14
2025	40.263.012,21	20.945.975,66	41.687.327,62	21.686.945,46	40.255.174,04	20.941.898,02	41.387.300,78	21.530.862,88
2026	40.160.223,10	20.482.844,92	41.581.855,46	21.207.917,46	40.152.142,88	20.478.723,78	41.272.474,51	21.050.124,47
2027	40.057.434,00	20.029.823,12	41.476.423,03	20.739.356,82	40.049.111,73	20.025.661,76	41.157.635,18	20.579.954,04
2028	39.954.644,89	19.586.691,89	41.370.969,68	20.281.007,09	39.946.080,58	19.582.493,47	41.042.794,94	20.120.128,23
2029	39.851.855,79	19.153.237,54	41.265.493,48	19.832.647,27	39.843.049,43	19.149.005,11	40.927.968,92	19.670.429,28
2030	39.749.076,76	18.729.255,70	41.159.899,26	19.394.017,19	39.740.012,28	18.724.984,64	40.813.160,96	19.230.638,54
Gesamt	1.582.725.284,71	1.107.681.791,64	1.625.961.567,74	1.135.296.299,98	1.582.551.588,19	1.107.576.033,90	1.619.419.479,78	1.131.330.399,49

Tab. 2: Nettoumsatz der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien GRÜNDERZEIT im Zeitraum 1993 bis 2030 (wahrscheinliche Werte).

Jahr	Szenario G ₁		Szenario G ₂		Szenario G ₃		Szenario G ₄	
	undisk. [DM]	disk. [DM]	undisk. [DM]	disk. [DM]	undisk. [DM]	disk. [DM]	undisk. [DM]	disk. [DM]
1993	43.552.160,60	42.698.196,66	43.497.085,37	42.644.201,34	43.552.160,09	42.698.196,17	43.497.085,16	42.644.201,13
1994	43.420.711,82	41.734.632,66	43.358.762,81	41.675.089,20	43.420.710,97	41.734.631,84	43.359.295,24	41.675.600,96
1995	43.289.263,04	40.792.439,41	43.220.458,05	40.727.602,93	43.289.261,84	40.792.438,28	43.221.498,62	40.728.583,48
1996	43.157.814,26	39.871.149,30	43.082.143,42	39.801.241,14	43.157.812,71	39.871.147,87	43.083.176,64	39.802.694,55
1997	43.026.365,48	38.970.304,85	42.943.827,68	38.895.547,82	43.026.363,59	38.970.303,13	42.945.920,02	38.897.442,92
1998	42.894.916,70	38.089.458,48	42.805.513,56	38.010.071,04	42.894.914,46	38.089.456,48	42.808.130,10	38.012.394,46
1999	42.763.467,93	37.228.172,28	42.667.189,98	37.144.356,53	42.763.465,33	37.228.170,02	42.670.339,16	37.147.098,08
2000	42.632.019,15	36.386.017,85	42.530.016,20	36.386.015,34	42.632.016,20	36.386.015,34	42.530.016,20	36.386.015,34
2001	42.500.570,37	35.562.576,06	42.399.937,57	35.561.969,10	42.500.567,08	35.562.573,30	42.399.937,57	35.562.573,30
2002	42.369.121,59	34.757.436,86	42.269.093,95	34.757.436,86	42.369.117,95	34.757.433,88	42.269.093,95	34.757.433,88
2003	42.237.672,81	33.970.199,10	42.138.226,26	33.970.199,10	42.237.668,82	33.970.195,89	42.138.226,26	33.970.195,89
2004	42.106.224,03	33.200.470,30	41.999.939,53	33.200.470,30	42.106.219,70	33.200.466,88	41.999.939,53	33.200.466,88
2005	41.974.775,25	32.447.866,50	41.868.885,79	32.447.866,50	41.974.770,57	32.447.862,88	41.868.885,79	32.447.862,88
2006	41.843.326,48	31.712.012,08	41.738.326,26	31.712.012,08	41.843.321,44	31.712.008,27	41.738.326,26	31.712.008,27
2007	41.711.877,70	30.992.539,54	41.608.048,89	30.992.539,54	41.711.872,32	30.992.535,55	41.608.048,89	30.992.535,55
2008	41.580.428,92	30.289.089,38	41.488.974,06	30.289.089,38	41.580.423,19	30.289.085,20	41.488.974,06	30.289.085,20
2009	41.448.980,14	29.601.309,87	41.369.939,53	29.601.309,87	41.448.974,06	29.601.305,53	41.369.939,53	29.601.305,53
2010	41.317.531,36	28.928.856,93	41.250.173,38	28.928.856,93	41.317.524,94	28.928.852,43	41.250.173,38	28.928.852,43
2011	41.186.082,58	28.271.393,96	41.131.313,36	28.271.393,96	41.186.075,81	28.271.389,31	41.131.313,36	28.271.389,31
2012	41.054.633,80	27.628.591,64	41.009.939,53	27.628.591,64	41.054.626,68	27.628.586,85	41.009.939,53	27.628.586,85
2013	40.923.183,03	27.000.127,83	40.889.939,53	27.000.127,83	40.923.177,55	27.000.122,90	40.889.939,53	27.000.122,90
2014	40.791.736,25	26.385.687,35	40.770.939,53	26.385.687,35	40.791.728,43	26.385.682,30	40.770.939,53	26.385.682,30
2015	40.660.287,47	25.784.961,91	40.650.939,53	25.784.961,91	40.660.279,30	25.784.956,73	40.650.939,53	25.784.956,73
2016	40.528.838,69	25.197.649,90	40.530.939,53	25.197.649,90	40.528.830,17	25.197.644,60	40.530.939,53	25.197.644,60
2017	40.397.389,91	24.623.456,24	40.410.939,53	24.623.456,24	40.397.381,05	24.623.450,84	40.410.939,53	24.623.450,84
2018	40.265.941,13	24.062.092,31	40.290.939,53	24.062.092,31	40.265.931,92	24.062.086,80	40.290.939,53	24.062.086,80
2019	40.134.492,35	23.513.275,72	40.170.939,53	23.513.275,72	40.134.482,79	23.513.270,12	40.170.939,53	23.513.270,12
2020	40.003.043,58	22.976.730,27	40.050.939,53	22.976.730,27	40.003.033,67	22.976.724,58	40.050.939,53	22.976.724,58
2021	39.871.594,80	22.452.185,72	39.930.939,53	22.452.185,72	39.871.584,54	22.452.179,94	39.930.939,53	22.452.179,94
2022	39.740.146,02	21.939.377,74	39.810.939,53	21.939.377,74	39.740.135,41	21.939.371,89	39.810.939,53	21.939.371,89
2023	39.608.697,24	21.438.047,74	39.690.939,53	21.438.047,74	39.608.686,29	21.438.041,81	39.690.939,53	21.438.041,81
2024	39.477.248,46	20.947.942,77	39.570.939,53	20.947.942,77	39.477.237,16	20.947.936,77	39.570.939,53	20.947.936,77
2025	39.345.799,68	20.468.815,36	39.450.939,53	20.468.815,36	39.345.788,03	20.468.809,30	39.450.939,53	20.468.809,30
2026	39.214.350,90	20.000.423,46	39.320.939,53	20.000.423,46	39.214.338,90	20.000.417,34	39.320.939,53	20.000.417,34
2027	39.082.902,13	19.542.530,27	39.190.939,53	19.542.530,27	39.082.889,78	19.542.524,10	39.190.939,53	19.542.524,10
2028	38.951.453,35	19.094.904,17	39.060.939,53	19.094.904,17	38.951.440,65	19.094.897,95	39.060.939,53	19.094.897,95
2029	38.820.004,57	18.657.318,57	38.930.939,53	18.657.318,57	38.819.991,52	18.657.312,30	38.930.939,53	18.657.312,30
2030	38.688.551,82	18.229.549,94	38.800.939,53	18.229.549,94	38.688.542,40	18.229.545,50	38.800.939,53	18.229.545,50
Gesamt	1.562.573.607,41	1.095.447.790,98	1.599.192.516,31	1.119.060.538,36	1.562.573.347,32	1.095.447.630,85	1.599.192.516,31	1.119.060.538,36

Tab. 3: Arbeitsstunden der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien REALO im Zeitraum 1993 bis 2030 (wahrscheinliche, minimale und maximale Werte).

Jahr	Szenario R ₁			Szenario R ₂			Szenario R ₃			Szenario R ₄		
	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]
1993	247.093,8	207.594,0	297.137,4	246.705,4	207.267,5	296.646,1	247.093,9	207.594,1	297.137,5	246.705,4	207.267,5	296.646,1
1994	246.717,3	207.276,5	296.807,3	246.340,4	206.959,6	296.330,4	246.717,9	207.276,9	296.807,8	246.295,7	206.921,9	296.273,9
1995	246.340,9	206.959,0	296.477,1	245.975,4	206.651,7	296.014,7	246.341,8	206.959,8	296.478,2	245.886,2	206.576,6	295.902,0
1996	245.964,4	206.641,4	296.146,9	245.610,4	206.343,8	295.699,0	245.965,8	206.642,7	296.148,5	245.476,6	206.231,1	295.529,9
1997	245.587,9	206.323,9	295.816,8	245.245,5	206.036,0	295.383,4	245.589,8	206.325,5	295.818,8	245.067,1	205.885,8	295.158,0
1998	245.211,5	206.006,4	295.486,6	244.880,5	205.728,1	295.067,7	245.213,8	206.008,4	295.489,2	244.657,5	205.540,3	294.785,9
1999	244.835,0	205.688,9	295.156,5	244.515,6	205.420,3	294.752,2	244.837,8	205.691,2	294.829,8	244.247,9	205.194,8	294.413,8
2000	244.458,5	205.371,4	294.826,3	241.742,3	203.079,5	291.224,6	244.461,8	205.374,1	294.829,8	241.428,3	202.815,1	290.827,7
2001	244.082,1	205.053,8	294.496,1	241.508,2	202.881,6	291.040,8	244.085,8	205.056,9	294.500,2	241.149,5	202.579,5	290.547,2
2002	243.705,6	204.736,3	294.166,0	241.274,3	202.683,9	290.873,3	243.709,7	204.739,8	294.170,5	240.871,0	202.344,2	290.347,2
2003	243.329,1	204.418,8	293.835,8	241.040,1	202.486,0	290.673,3	243.333,7	204.422,7	293.840,8	240.592,4	202.108,9	290.107,1
2004	242.952,7	204.101,3	293.505,6	240.806,3	202.288,4	290.489,9	242.957,7	204.105,5	293.511,1	240.313,6	201.873,4	289.866,7
2005	242.576,2	203.783,8	293.175,5	240.572,2	202.090,5	290.306,1	242.581,7	203.788,4	293.181,5	240.034,0	201.637,2	289.625,6
2006	242.199,8	203.466,2	292.845,3	240.338,4	201.892,9	290.122,7	242.205,7	203.471,2	292.851,8	239.755,2	201.401,7	289.385,2
2007	241.823,3	203.148,7	292.515,2	239.894,1	201.518,5	289.728,7	241.829,7	203.154,1	292.522,1	239.477,5	201.167,1	289.146,0
2008	241.446,8	202.831,2	292.185,0	239.660,2	201.320,7	289.545,1	241.453,7	202.836,9	292.192,5	239.198,0	200.931,0	288.904,9
2009	241.070,4	202.513,7	291.854,8	239.426,5	201.101,9	289.388,2	241.077,6	202.519,8	291.862,8	238.919,3	200.695,5	288.664,7
2010	240.693,9	202.196,2	291.524,7	239.202,7	200.781,4	289.230,7	240.701,6	202.202,6	291.533,1	238.640,7	200.460,1	288.424,5
2011	240.317,4	201.878,6	291.194,5	238.982,3	200.460,7	289.059,7	239.949,6	201.568,4	290.873,8	238.215,7	200.101,7	288.039,1
2012	239.941,0	201.561,1	290.864,4	238.764,5	200.140,0	288.840,2	239.573,6	201.251,2	290.544,1	237.790,6	199.743,1	287.653,4
2013	239.564,5	201.243,6	290.534,2	238.546,4	200.140,0	288.402,2	239.197,6	200.934,1	290.214,4	237.365,7	199.384,7	287.268,1
2014	239.188,0	200.926,1	290.204,0	238.328,3	199.819,2	288.073,4	238.821,6	200.616,9	289.884,8	236.940,7	199.026,2	286.882,6
2015	238.811,6	200.608,6	289.873,9	238.112,0	199.498,5	287.744,7	238.445,5	200.299,8	289.555,1	236.515,8	198.667,8	286.497,1
2016	238.435,1	200.291,1	289.543,7	237.902,1	199.177,8	287.415,9	238.069,5	200.998,8	289.225,4	236.090,8	198.309,3	286.111,7
2017	238.058,6	199.973,5	289.213,6	237.684,8	198.857,1	287.087,1	238.069,5	199.982,6	289.225,4	235.665,8	197.950,8	285.726,2
2018	237.682,2	199.656,0	288.883,4	237.461,1	198.536,5	286.758,5	237.693,5	199.665,5	288.895,8	235.240,7	197.592,2	285.340,6
2019	237.305,7	199.338,5	288.553,2	237.243,6	198.215,7	286.429,7	237.317,5	199.348,4	288.566,1	234.815,8	197.233,8	284.955,2
2020	236.929,3	199.021,0	288.223,1	237.021,5	197.895,0	286.101,0	236.941,5	199.031,2	288.236,4	234.390,8	196.875,3	284.569,7
2021	236.552,8	198.703,5	287.892,9	236.804,2	197.574,3	285.772,2	236.565,5	198.714,1	287.906,8	233.966,0	196.517,0	284.184,5
2022	236.176,3	198.385,9	287.562,7	236.581,2	197.253,6	285.443,5	236.189,5	198.396,9	287.577,1	233.541,0	196.158,5	283.799,0
2023	235.799,9	198.068,4	287.232,6	236.361,8	196.932,9	285.114,7	235.813,4	198.079,8	287.247,4	233.116,1	195.799,0	283.413,5
2024	235.423,4	197.750,9	286.902,4	236.141,1	196.612,2	284.786,0	235.437,4	197.762,6	286.917,7	232.691,2	195.441,7	283.028,2
2025	235.046,9	197.433,4	286.572,3	235.920,9	196.291,6	284.457,3	235.061,4	197.445,5	286.588,1	232.266,1	195.083,1	282.642,6
2026	234.670,5	197.115,9	286.242,1	235.700,9	195.970,8	284.128,5	234.685,4	197.128,4	286.258,4	231.841,1	194.724,6	282.257,1
2027	234.294,0	196.798,3	285.911,9	233.320,7	195.650,2	283.799,8	234.309,4	196.811,2	285.928,7	231.416,1	194.366,1	281.871,6
2028	233.917,5	196.480,8	285.581,8	232.940,7	195.329,5	283.471,1	233.933,4	196.494,1	285.599,1	230.991,0	194.007,5	281.486,0
2029	233.541,1	196.163,3	285.251,6	232.560,6	195.008,7	283.142,3	233.557,4	196.176,9	285.269,4	230.566,1	193.649,1	281.100,7
2030	233.164,7	195.845,9	284.921,5	232.179,2	194.687,2	282.812,0	233.181,3	195.859,8	284.939,7	230.141,3	193.290,8	280.715,4
Gesamt	9.124.909,6	7.665.355,9	11.059.118,8	9.073.376,2	7.621.743,5	10.981.572,6	9.125.229,1	7.665.623,4	11.059.467,5	9.042.284,5	7.595.555,0	10.942.138,7

Tab. 4: Arbeitsstunden der Landwirtschaft im Torgauer Raum für die Szenarien GRÜNDERZEIT im Zeitraum 1993 bis 2030 (wahrscheinliche, minimale und maximale Werte).

Jahr	Szenario G ₁			Szenario G ₂			Szenario G ₃			Szenario G ₄		
	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]	wahrscheinlich [h]	minimal [h]	maximal [h]
1993	247.093,8	207.594,0	297.137,4	246.705,4	207.267,4	296.646,0	247.093,8	207.594,0	297.137,4	246.705,4	207.267,4	296.646,0
1994	246.560,2	207.144,5	296.609,0	246.141,2	206.792,2	296.079,0	246.560,2	207.144,5	296.609,0	246.146,0	206.796,2	296.085,2
1995	246.026,6	206.695,1	296.080,6	245.577,1	206.317,0	295.512,2	246.026,6	206.695,0	296.080,6	245.586,6	206.325,0	295.524,3
1996	245.493,1	206.245,6	295.552,2	245.013,0	205.841,7	294.945,2	245.493,0	206.245,6	295.552,2	245.027,3	205.853,8	294.963,6
1997	244.959,5	205.796,1	295.023,8	244.448,8	205.366,5	294.378,3	244.959,4	205.796,1	295.023,8	244.467,9	205.382,5	294.402,7
1998	244.425,9	205.346,7	294.495,4	243.884,7	204.891,3	293.811,3	244.425,8	205.346,6	294.495,4	243.908,6	204.911,3	293.841,9
1999	243.892,3	204.897,2	293.967,0	243.320,5	204.416,0	293.244,3	243.892,3	204.897,1	293.967,0	243.349,2	204.440,1	293.281,1
2000	243.358,8	204.447,7	293.438,6	240.358,0	201.916,2	289.478,8	243.358,7	204.447,7	293.438,6	240.389,9	201.943,0	289.519,5
2001	242.825,2	203.998,3	292.910,2	239.926,4	201.552,3	289.046,0	242.825,1	203.998,2	292.910,2	239.962,4	201.582,6	289.091,9
2002	242.291,6	203.548,8	292.381,8	239.494,9	201.188,6	288.613,3	242.291,5	203.548,7	292.381,7	239.535,0	201.222,3	288.664,5
2003	241.758,0	203.099,3	291.853,4	239.063,1	200.824,6	288.180,2	241.757,9	203.099,2	291.853,3	239.107,4	200.861,8	288.236,7
2004	241.224,5	202.649,9	291.325,0	238.631,6	200.460,8	287.747,5	241.224,3	202.649,8	291.324,9	238.680,1	200.501,5	287.809,3
2005	240.690,9	202.200,4	290.796,6	238.200,2	200.097,2	287.314,9	240.690,7	202.200,3	290.796,5	238.252,6	200.141,2	287.381,8
2006	240.157,3	201.750,9	290.268,2	237.768,4	199.733,2	286.881,9	240.157,2	201.750,8	290.268,1	237.825,1	199.780,7	286.954,1
2007	239.623,7	201.301,5	289.739,8	237.337,0	199.369,5	286.449,3	239.623,6	201.301,3	289.739,7	237.397,8	199.420,6	286.526,8
2008	239.090,2	200.852,0	289.211,4	236.905,4	199.005,7	286.016,4	239.090,0	200.851,8	289.211,3	236.970,3	199.060,1	286.099,1
2009	238.556,6	200.402,5	288.683,0	236.477,7	198.645,1	285.587,6	238.556,4	200.402,4	288.682,9	236.546,7	198.703,0	285.675,5
2010	238.023,0	199.953,1	288.154,6	236.042,4	198.278,1	285.150,9	238.022,8	199.952,9	288.154,5	236.115,5	198.339,5	285.244,3
2011	237.489,4	199.503,6	287.626,2	235.616,2	197.919,8	284.726,6	237.489,2	199.503,4	287.626,1	235.540,4	197.855,0	284.669,7
2012	236.955,9	199.054,1	287.097,8	235.186,4	197.564,4	284.299,9	236.955,6	199.053,9	287.097,7	234.968,6	197.373,2	284.099,2
2013	236.422,3	198.604,7	286.569,4	234.754,6	197.212,2	283.871,6	236.422,1	198.604,5	286.569,3	234.452,1	196.937,9	283.600,7
2014	235.888,7	198.155,2	286.041,0	234.328,4	196.817,2	283.446,2	235.888,5	198.155,0	286.040,9	233.821,6	196.406,8	282.954,2
2015	235.355,1	197.705,7	285.512,6	233.901,6	196.330,4	282.838,1	235.354,9	197.705,5	285.512,5	233.248,2	195.923,6	282.381,8
2016	234.821,6	197.256,3	284.984,2	233.474,6	195.843,4	282.259,9	234.821,3	197.256,0	284.984,0	232.674,7	195.440,4	281.809,2
2017	234.288,0	196.806,8	284.455,8	233.048,8	195.356,4	281.681,6	234.287,7	196.806,6	284.455,6	232.101,1	194.957,2	281.236,6
2018	233.754,4	196.357,3	283.927,4	232.622,7	194.869,5	281.103,5	233.754,1	196.357,1	284.455,6	231.527,5	194.473,9	280.664,0
2019	233.220,9	195.907,9	283.399,1	232.196,7	194.382,5	280.525,2	233.220,5	195.907,6	283.398,8	230.954,2	193.990,8	280.091,7
2020	232.687,3	195.458,4	282.870,7	231.770,7	193.908,6	279.947,0	232.687,0	195.458,1	282.870,4	230.380,5	193.507,4	279.518,9
2021	232.153,7	195.008,9	282.342,3	229.684,8	192.921,7	278.790,5	232.153,4	195.008,6	282.342,0	229.807,1	193.024,3	278.946,4
2022	231.620,1	194.559,5	281.813,9	229.106,9	192.434,8	278.212,4	231.619,8	194.559,2	281.813,6	229.233,7	192.541,2	278.374,0
2023	231.086,6	194.110,0	281.285,5	228.528,9	191.947,7	277.634,0	231.086,2	194.109,7	281.285,2	228.660,1	192.057,9	277.801,4
2024	230.553,0	193.660,5	280.757,1	227.950,9	191.460,8	277.055,8	230.552,6	193.660,2	280.756,8	228.086,6	191.574,7	277.228,9
2025	230.019,4	193.211,1	280.228,7	227.373,0	190.973,9	276.477,6	230.019,0	193.210,7	280.228,4	227.513,1	191.091,6	276.656,4
2026	229.485,8	192.761,6	279.700,3	226.794,9	190.486,8	275.899,3	229.485,4	192.761,3	279.700,0	226.939,5	190.608,3	276.083,8
2027	228.952,3	192.312,1	279.171,9	226.217,2	190.000,1	275.321,3	228.951,9	192.311,8	279.171,6	226.366,2	190.125,2	275.511,5
2028	228.418,7	191.862,7	278.643,5	225.639,2	189.513,1	274.743,1	228.418,3	191.862,3	278.643,2	225.792,7	189.642,0	274.938,9
2029	227.885,1	191.413,2	278.115,1	225.061,3	189.026,2	274.164,9	227.884,7	191.412,8	278.114,8	225.219,2	189.158,8	274.366,4
2030	227.351,5	190.963,7	277.586,6	224.483,6	188.539,5	273.587,0	227.351,1	190.963,4	277.586,3	224.646,0	188.675,8	273.794,2
Gesamt	9.014.461,0	7.572.596,8	10.919.757,6	8.934.770,6	7.505.265,2	10.806.674,3	9.014.452,6	7.572.589,8	10.919.751,5	8.937.907,1	7.507.898,7	10.810.676,4

4.5 Prognose der Szenarioeffekte auf die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten

Bernd Klauer

4.5.1 Einleitung

In der Fallstudie zur Ableitung einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Torgauer Raum wurden zur Beurteilung der Handlungsalternativen unter anderem die Kriterien Bruttowertschöpfung und Zahl der Beschäftigten herangezogen. Die Ermittlung der Kriterienwerte erfolgte in zwei Stufen. Zunächst wurden die direkten Effekte der Handlungsalternativen auf Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung berechnet. Im zweiten Schritt wurde mit Hilfe eines dynamischen regionalen Input-Output-Modells auf die indirekten Effekte (und gleichzeitig auf den Gesamteffekt) hinsichtlich beider Kriterien geschlossen. Die dabei verwendeten sektorspezifischen Methoden sind in Kapitel 2.3.1 von Messner und in Kapitel 4.4.1 von Schmidt und Geyler erläutert. Das Input-Output-Modell wird in Klauer in Kapitel 2.2 in Horsch et al. (2001) beschrieben. Dabei konnten aus Platzgründen einige Überlegungen zur Berechnung der Eingangsdaten des Input-Output-Modells aus den von den Statistischen Ämtern zur Verfügung gestellten Rohdaten und zur Berechnung der Kriterienergebnisse nur knapp dargestellt werden. Im vorliegenden Beitrag werden daher einige Ergänzungen vorgenommen. Damit soll eine möglichst gute Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse erreicht werden. Die folgenden Ausführungen sind nur im Zusammenhang mit der Beschreibung des Input-Output-Modells in Klauer (2001) zu verstehen.

4.5.2 Berechnung der Eingabedaten des dynamischen Input-Output-Modells des Torgauer Raumes

a) Allgemeines zum Vorgehen bei der Berechnung der Eingabedaten

Datenerfordernis und Datenbasis des dynamischen Input-Output-Modells des Torgauer Raumes sind bereits in Klauer (2001, Abschnitt 3.1) beschrieben. Der vorliegende Abschnitt enthält einige weitere Erläuterungen zur Berechnung folgender Eingabedaten:

- Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Torgauer Raum.
- Zeitreihen zu den Bruttoproduktionswerten, den Bruttowertschöpfungen, den Importierten Vorleistungen, den Endnachfragen, den Vorleistungen und den Zwischennachfragen. Diese Zeitreihen werden benötigt, um die regionalen Input-Output-Tabellen abzuleiten. Man beachte aber, dass in das Modell lediglich die Input-Output-Tabellen und die End-

nachfragen eingegeben werden und die Bruttoproduktionswerte hingegen endogene Modellvariablen sind.⁴²

- Daten über die Kapitalbedarfskoeffizienten.

Ferner werden einige ergänzende Erläuterungen zur Ableitung der regionalen Input-Output-Tabelle gegeben.

Der Zeithorizont bei der Bewertung der Szenarien ist das Jahr 2030. Daten für die Jahre 1993 bis 1998 wurden aus den vorliegenden Rohdaten der Statistischen Ämter errechnet. Für die Bruttoproduktion, Bruttowertschöpfung, Endnachfrage, Zwischennachfrage, Vorleistungen und Importierte Vorleistungen der Jahre nach 1999 wurde angenommen, dass eine Steigerung entsprechend dem im Entwicklungsrahmen festgelegten Wirtschaftswachstum in Sachsen erfolgt.

Im folgenden Abschnitt b) werden zunächst die Jahre 1993 bis 1998 betrachtet. Die Berechnungen der Eingangsdaten für die Jahre nach 1999 werden dann in Abschnitt c) beschrieben. In Abschnitt d) wird als Beispiel für die Ableitung einer Input-Output-Tabelle für den Torgauer Raum das Ergebnis für das Jahr 1995 präsentiert.

b) Berechnung der Eingabedaten für die Jahre 1993-1998

b.1) Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Torgauer Raum

Die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten wird vom Statistischen Landesamt Sachsen auf Gemeindeebene für die sieben betrachteten Wirtschaftssektoren erfasst. Die Angaben gelten als im Vergleich zu Erhebungen zur Beschäftigung bei den Unternehmen als sehr zuverlässig. Aus den gemeindebezogenen Zahlen der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten wurden diejenigen im Torgauer und im Oschatzer Raum berechnet und dafür verwendet, Wirtschaftsdaten, die nur für den gesamten Kreis Torgau-Oschatz vorliegen, auf den Torgauer Raum herunterzurechnen (vgl. Tab. 1).

b.2) Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung

Für die Jahre 1994 und 1996 wurde die (unbereinigte) Bruttowertschöpfung für den Kreis Torgau-Oschatz vom Statistischen Landesamt des Freistaates Sachsens ermittelt (siehe Tab. 2). Allerdings wurde dabei für das Produzierende Gewerbe nur das Verarbeitende Gewerbe gesondert ausgewiesen, nicht jedoch die Sektoren Bergbau, Energie- und Wasserversorgung sowie Baugewerbe.

Um entsprechende Zahlen für die Jahre 1993, 1995 sowie 1997 und 1998 zu erhalten, wurde unterstellt, dass sie sich auf die gleiche Weise entwickeln, wie die Bruttowertschöpfung im gesamten Freistaat Sachsen (vgl. StaLa Sachsen 1999 Tab. XXII.2, S. 646-647). Anschließend wurden die Zahlen auf den Torgauer Raum heruntergebrochen, wobei unterstellt wurde,

⁴² Vgl. aber Klauer (2001, S. 207). Dort wird erläutert, dass in den Berechnungen der Nicht-Basiszenarien in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung Endnachfrage und Bruttoproduktionswert ihre Rolle als exogene bzw. endogene Variablen vertauschen.

dass die Bruttowertschöpfung im Torgauer und im Oschatzer Raum sich entsprechend den Zahlen der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten aufteilt.

Tab. 1: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in den Räumen Torgau und Oschatz nach Wirtschaftssektoren.

Raum	Jahr	gesamt	Land- u. Forstwirtschaft	Bergbau Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatliche u. priv. Haushalte	Ohne Angabe
Oschatz	1993	17.440	969	65	3.945	2.689	3.093	3.863	2.808	8
	1994	17.492	948	63	3.819	3.009	2.974	3.960	2.711	9
	1995	18.017	843	64	3.917	3.295	3.392	4.169	2.327	9
	1996	18.028	835	63	3.844	3.256	3.319	4.271	2.397	13
	1997	17.256	831	59	3.691	2.996	3.123	4.379	2.163	14
	1998	17.169	892	64	3.696	2.791	3.087	4.489	2.148	2
Torgau	1993	19.926	1.663	347	4.211	3.305	2.798	4.068	3.483	52
	1994	20.017	1.625	336	4.077	3.698	2.690	4.170	3.362	58
	1995	20.427	1.446	344	4.182	4.049	3.068	4.390	2.886	61
	1996	20.434	1.432	338	4.104	4.002	3.002	4.497	2.973	86
	1997	19.816	1.366	302	3.921	3.909	2.965	4.564	2.703	86
	1998	19.391	1.003	335	4.078	3.650	3.050	4.686	2.524	65

Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen und eigene Berechnungen.

Tab. 2: Bruttowertschöpfung (unbereinigt) des Kreises Torgau-Oschatz in den Jahren 1994 und 1996 in Mio. DM.

Jahr	gesamt	Land- und Forstwirtschaft	Produzierendes Gewerbe	Darunter: Verarbeitendes Gewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatliche u. private Haushalte
1994	1970	86	810	295	322	395	357
1996	2423	112	981	408	366	498	467

Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen.

Daten des Statistischen Landesamtes zur Bruttoproduktion (genauer gesagt: Umsatz) gibt es auf Kreisebene für die Sektoren Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Verarbeitendes Gewerbe und Baugewerbe. Allerdings sind diese Zahlen unzuverlässig, da nicht alle Unternehmen erfasst werden. Um den Einfluss der Untererfassung zu mindern, wurden die Bruttoproduktionswerte für diese drei Sektoren als Produkt aus Umsatz pro beschäftigter Person und der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Torgauer Raum berechnet.

Die Bruttowertschöpfung der Sektoren Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Verarbeitendes Gewerbe und Baugewerbe im Torgauer Raum wurde aus dem Bruttoproduktionswert unter der Annahme abgeleitet, dass das Verhältnis der beiden Zahlen im Torgauer Raum dem in der gesamten BRD entspricht. Für das Verarbeitende Gewerbe wurde diese Art der Berechnung des Statistischen Landesamtes vorgezogen, um Zahlen zu erhalten, die mit den anderen Sektoren des Produzierenden Gewerbes konsistent sind.

Umgekehrt wurden die Bruttoproduktionswerte der Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Handel und Verkehr, Dienstleistungsunternehmen sowie Staatliche und Private Haushalte im Torgauer Raum auf analoge Weise aus den entsprechenden Bruttowertschöpfungen ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

Tab. 3: Bruttowertschöpfung (unbereinigt) im Torgauer Raum nach Wirtschaftssektoren in Mio. DM.

Jahr	gesamt	Land- und Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatl. u. private Haushalte
1993	919	59	23	266	183	145	190	298
1994	1.051	54	22	264	237	165	219	310
1995	1.180	63	34	294	246	178	245	364
1996	1.287	71	40	284	253	188	276	406
1997	1.325	80	43	296	248	182	295	395
1998	1.328	72	43	327	234	181	300	443

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tab. 4: Bruttoproduktionswert im Torgauer Raum nach Wirtschaftssektoren in Mio. DM.

Jahr	gesamt	Land- und Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatl. u. private Haushalte
1993	1.864	131	48	744	392	226	334	573
1994	2.132	123	47	721	508	254	379	604
1995	2.395	145	71	823	526	271	419	717
1996	2.612	162	83	797	543	285	472	799
1997	2.689	183	88	829	531	276	505	778
1998	2.694	166	89	917	502	274	513	873

Quelle: Eigene Berechnungen.

b.3) Importierte Vorleistungen

Die Berechnung der Importierten Vorleistungen ist in Klauer (2001, S. 210) beschrieben. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 5: Importierte Vorleistungen im Torgauer Raum nach Wirtschaftssektoren in Mio. DM.

Jahr	Land- und Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatliche u. private Haushalte
1993	58,3	18,9	363,6	181,8	67,1	132,0	252,0
1994	55,4	18,7	347,1	235,5	73,4	146,9	268,9
1995	66,2	27,9	401,9	243,8	76,5	159,8	323,3
1996	74,3	32,6	389,2	251,4	80,6	179,8	360,0
1997	83,9	34,5	404,6	246,0	78,1	192,3	350,6
1998	75,7	35,0	447,7	232,3	77,6	195,5	393,3

Quelle: Eigene Berechnungen.

b.4) Endnachfrage

Die Endnachfrage im Torgauer Raum wurde aus der Endnachfrage der nationalen Input-Output-Tabellen für die Jahre 1993 und 1995 berechnet (StaBA 1997, 1999). Es wurde dabei angenommen, dass das Verhältnis der Endnachfrage nach Gütern eines Sektors im Torgauer Raum zur Endnachfrage in der gesamten BRD dem entsprechenden Verhältnis der Bruttoproduktionswerte gleicht (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Endnachfrage (inklusive Investitionen) im Torgauer Raum nach Wirtschaftssektoren in Mio. DM.

Jahr	Land- und Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsunternehmen	Staatliche u. private Haushalte
1993	95,8	38,1	682,9	377,3	207,2	279,0	558,0
1994	89,9	36,9	662,2	489,5	232,7	316,8	588,7
1995	106,1	56,2	756,0	506,9	248,4	350,7	699,4
1996	119,5	65,9	735,0	524,7	262,4	396,1	781,9
1997	135,2	69,9	765,8	514,6	255,0	424,4	763,0
1998	121,8	70,8	844,6	484,5	252,5	430,3	853,3

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Endnachfrage wurde im Weiteren dazu benutzt, auf die Zwischennachfrage zu schließen, die wiederum für die Berechnung der Zentralmatrix der regionalen Input-Output-Tabelle benötigt wird. Hierbei zählen Investitionen zur Endnachfrage. Im Gegensatz dazu werden bei den Berechnungen des Input-Output-Modells Investitionen als eigenständige, endogene Variable behandelt. Um die exogene Modellvariable „Endnachfrage ohne Investitionen“ zu erhalten, müssen die Investitionen des Torgauer Raumes berechnet und von der Endnachfrage abgezogen werden. Allerdings werden annahmegemäß nur in den beiden Sektoren Verarbeitendes Gewerbe und Baugewerbe Investitionsgüter produziert. Bei der Ableitung der Investitionen im Torgauer Raum wird angenommen, dass das Verhältnis der Anlageinvestitionen im Verarbeitenden Gewerbe und im Baugewerbe in der BRD und im Torgauer Raum dem Verhältnis der gesamten Bruttowertschöpfung der BRD und zur gesamten Bruttowertschöpfung im Torgauer Raum entspricht. Die Ergebnisse für die exogene Modellvariable „Endnachfrage ohne Investitionen“ für die beiden Sektoren sind in Tabelle 7 zu sehen.

Tab. 7: Endnachfrage ohne Investitionen im Torgauer Raum nach Wirtschaftssektoren in Mio. DM.

Jahr	Verarbeiten- des Gewerbe	Baugewerbe
1993	599,1	246,5
1994	575,2	345,2
1995	662,9	343,6
1996	635,8	350,7
1997	665,3	338,3
1998	740,0	301,0

Quelle: Eigene Berechnungen.

b.5) Zwischennachfrage und Vorleistungen

Für die Berechnung der Zentralmatrizen der Input-Output-Matrizen der Jahre 1993-2030 (2040) wurden Zeitreihen für die Vorleistungen und die Zwischennachfrage der einzelnen Sektoren im Torgauer Raum benötigt. Diese Vektoren ergeben sich als Differenz aus Bruttoproduktionswert und der Summe aus Bruttowertschöpfung (BWS) und Importierten Vorleistungen bzw. als Differenz aus Bruttoproduktionswert (BPW) und Endnachfrage.

b.6) Berechnung der Kapitalbedarfskoeffizienten

Generell wurde angenommen, dass Investitionsgüter nur in zwei Sektoren hergestellt wurden: Ausrüstungsinvestitionen nur im Verarbeitenden Gewerbe und Bauinvestitionen nur im Baugewerbe. Aus den anderen Sektoren werden keine Güter aus der Produktion für Investitionen abgezweigt. Für das Modell müssen die Kapitalbedarfskoeffizienten im Verarbeitenden Ge-

werbe und Baugewerbe geschätzt werden, also der Bedarf an Ausrüstungs- und Bauinvestitionen eines Sektors pro Einheit an Produktion. Die Koeffizienten wurden als über die Jahre konstant angenommen. Sie werden näherungsweise als Quotienten der Investitionen im Jahre 1994 in den beiden Sektoren der neuen Bundesländer und der Steigerung in der Produktion von 1994 nach 1995 errechnet:

$$d_{Ausrüst.,j} = \frac{Ausrüstungsinvestitionen_j(1994)}{BPW_j(1995) - BPW_j(1994)} \quad (1)$$

$$d_{Bau,j} = \frac{Bauinvestitionen_j(1994)}{BPW_j(1995) - BPW_j(1994)} \quad (2)$$

Dabei bezeichnet $j = 1, \dots, 7$ die Wirtschaftssektoren, in die investiert wird. Da die anderen Sektoren annahmegemäß keine Investitionsgüter herstellen, werden deren Koeffizienten Null gesetzt.

c) Berechnung der Bruttoproduktionswerte, Bruttowertschöpfung, Endnachfrage, Zwischennachfrage, Vorleistungen und Importierten Vorleistungen für die Jahre nach 1998

Bei der Berechnung Bruttoproduktionswerte, Bruttowertschöpfung, Endnachfrage (mit und ohne Investitionen), Zwischennachfrage, Vorleistungen und Importierte Vorleistungen für die Jahre nach 1998 wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Gemäß den Annahmen des Entwicklungsrahmens wurde für die Entwicklungsrahmen SPARFLAMME und REALO angenommen, dass die Bruttowertschöpfung jährlich um 1,92% zunimmt und im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT wurde davon ausgegangen, dass die Bruttowertschöpfung jährlich um 2,95% steigt.⁴³
2. Bezogen auf die Bruttowertschöpfung im Jahr 1998 entspricht das einem linearen Wachstum von 2,5% für die Entwicklungsrahmen SPARFLAMME und REALO und 3,3% für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT.
3. Die Bruttoproduktionswerte, Bruttowertschöpfung, Endnachfrage (mit und ohne Investitionen), Zwischennachfrage, Vorleistungen und Importierten Vorleistungen für die Jahre nach 1998 wurden dann nach der Formel

$$x(t+1) = x(t) + 2,5\% x(1998) \quad (3)$$

bzw.

⁴³ Zur Erläuterung und Begründung vgl. Kap. 2.2.1 in diesem Bericht.

$$x(t+1) = x(t) + 3,3\% x(1998) \quad (4)$$

errechnet.

d) Beschreibung der Ableitung der Input-Output-Tabellen

Die Zentralmatrix der Input-Output-Tabellen des Torgauer Raumes wurde nach dem MODOP-Verfahren abgeleitet (Stäglin 1972, 1973; Schintke 1973). Hierfür werden als Eingabedaten für jedes Jahr die Zentralmatrix der nationalen Input-Output-Tabelle sowie die Randdaten (Vorleistungsvektor und Zwischennachfragevektor) des Torgauer Raumes benötigt. Da sich ab dem Jahre 1998 die Randdaten in den drei Entwicklungsrahmen unterscheiden, erhält man für jedes Jahr und für jeden Entwicklungsrahmen (ab 1998) unterschiedliche Zentralmatrizen.

Die Zentralmatrix regionale Input-Output-Tabelle für die Jahre 1993 und 1994 wurde aus der BRD-Tabelle des Jahres 1993 abgeleitet. Alle übrigen regionalen Tabellen gehen auf die nationale Tabelle des Jahres 1995 zurück. In Tabelle 8 wird als Beispiel das Ergebnis des MODOP-Verfahrens für das Jahr 1995 gezeigt.

Tab. 8: Input-Output-Tabelle 1995 für den Torgauer Raum in Mio. DM abgeleitet nach dem MODOP-Verfahren.⁴⁴

Verwendung Aufkommen	Input in die Produktionsbereiche								gesamte Endnach- frage (inkl. Invest.)	gesamte Verwen- dung v. Gütern
	Land- u. Forst- wirtschaft	Bergbau, Energie- u. Wasservers.	Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel u. Verkehr	Dienstleis- tungsgewerbe	Staatliche und private Haus- halte	zusammen		
Land- u. Forstwirtsch.	9,073	0,015	28,238	0,074	0,066	0,735	0,421	38,6	106,1	144,7
Bergb., Ener., Wasser	0,636	3,862	7,676	0,243	1,120	0,390	0,791	14,7	56,2	70,9
Verarbeit. Gewerbe	2,445	0,829	43,035	15,050	2,142	1,244	2,082	66,8	756,0	822,9
Baugewerbe	0,937	1,479	4,023	5,680	1,253	2,653	3,287	19,3	506,9	526,2
Handel u. Verkehr	1,023	0,352	12,459	4,154	2,181	0,521	1,528	22,2	248,4	270,6
Marktbestimmte DL	1,101	1,715	29,087	10,824	8,4274	8,023	9,557	68,7	350,7	419,5
Nichtmarktbest. DL	0,297	0,306	2,909	0,832	0,456	1,013	12,177	18,0	699,4	717,4
Vorleistungen/ Endnachfr. gesamt	15,5	8,6	127,4	36,9	15,6	14,6	29,8	248,4	2723,8	2972,2
Vorleist. aus Einfuhr	66,2	27,9	401,9	243,8	76,5	159,8	323,3	1299,4		
BWS zu Marktpreis.	63,0	34,5	293,6	245,6	178,9	245,0	364,3	1424,4		
Produktionswert	144,7	70,9	822,9	526,2	270,6	419,5	717,4	2972,2		

Quelle: Eigene Berechnungen.

⁴⁴ Die Zentralmatrix wurde auf drei Stellen und die übrigen Einträge auf eine Stelle gerundet.

4.4.3 Vorgehensweise bei der Modellrechnung für die verschiedenen Szenarien

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Bruttoproduktionswerte wird in Klauer (2001, Abschn. 2.3) geschildert. Anzumerken ist, dass das Modell für die Jahre 1993 bis 2040 berechnet wurde, bei der Bewertung wurden allerdings nur die Ergebnisse bis zum Jahre 2030 berücksichtigt. Der Grund hierfür ist, dass das Modell eine Vorgabe der Produktion im letzten Jahr erfordert. Diese Vorgabe beeinflusst die Modellergebnisse, da sich die berechneten Bruttoproduktionswerte in den Jahren vor dem Zeithorizont des Modells an diesen Wert allmählich anpassen. Durch die verlängerte Laufzeit wurde der Einfluss dieser Vorgabe erheblich verringert.

Im Folgenden soll näher darauf eingegangen werden, wie von den Bruttoproduktionswerten auf die Bruttowertschöpfungen und die Zahl der Beschäftigten geschlossen wurde.

Für die Ableitung der Bruttowertschöpfung wurde angenommen, dass sich das Verhältnis von Bruttoproduktionswert zu Bruttowertschöpfung in einem Sektor des Torgauer Raumes über die Zeit nicht verändert, sondern dem Mittelwert der Jahre 1997 und 1998 entspricht, der aus der amtlichen Statistik errechnet werden kann.

Etwas anders wurde bei der Berechnung der Beschäftigtenzahlen verfahren. Für den Landwirtschaftssektor wurden aufgrund genauer Kenntnisse des anfallenden Arbeitsaufwandes in den Bewirtschaftungsformen der verschiedenen Szenarien die Zahl der Beschäftigten direkt ermittelt (vgl. Horsch/Geyler Kap. 4.4.2 in diesem Bericht). Bei den übrigen Sektoren ist eine einfache Proportionalitätsannahme nicht angemessen, weil eine starre Kopplung zu einer völlig unrealistischen Zunahme der Beschäftigung führen würde. Aus diesem Grund und weil für die Bewertung der Szenarien nicht die absoluten Beschäftigungszahlen, sondern nur die Differenzen zur Basisalternative von Bedeutung sind, wurde zusätzlich unterstellt, dass in den Basisszenarien in jeder Periode die Gesamtzahl der Beschäftigten konstant auf dem Niveau des Durchschnitts der Jahre 1997 und 1998 bleibt. Die Beschäftigtenzahlen in den anderen Szenarien wurden entsprechend normiert.

Im Einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wurde als Hilfsgröße die durchschnittliche Beschäftigungsintensität der Jahre 1997 und 1998 in den Sektoren $j = 1, \dots, 7$ errechnet:

$$b_j(1997/98) = \frac{\text{Beschäftigte}_j(1997/98)}{BPW_j(1997/98)}, \quad (5)$$

wobei $\text{Beschäftigte}_j(1997/98)$ den Durchschnitt der Anzahl der Beschäftigten im Sektor j und $BPW_j(1997/98)$ den Durchschnitt der Bruttoproduktionswerte im Sektor j (aus Tab. 4) über die Jahre 1997 und 1998 bezeichnet. Für die Normierung wurde in den Basisszenarien ein Skalierungsfaktor definiert:

$$s(t) = \frac{\sum_j \text{Beschäftigte}_j(1997/98)}{\sum_j (BPW_j(t) \times b_j(1997/98))} \quad (6)$$

$BPW_j(t)$ bezeichnet hier den Bruttoproduktionswert im Sektor j , der im Modell als Ergebnis der Berechnung des Basisszenarios ermittelt wurde. Im Nenner steht die Anzahl der Beschäftigten im gesamten Torgauer Raum im Jahre t für das Basisszenario, wobei angenommen wurde, dass das Verhältnis von Beschäftigten und Bruttoproduktionswert im Jahre t mit dem Durchschnitt der Jahre 1997 und 1998 übereinstimmt.

Die Zahl der Beschäftigten eines Sektors wurde schließlich folgendermaßen berechnet:

$$\text{Beschäftigte}_j(t) = BPW_j(t) \times b_j(1997/98) \times s(t) \quad (7)$$

Eine Folge der Skalierung ist, dass sich in allen Basisszenarien die gleiche Gesamtzahl von Beschäftigten ergibt. Die Beschäftigtenzahlen in den anderen Szenarien weichen von denen der Basisszenarien ab. Diese Abweichungen wurden letztlich als Bewertungskriterien herangezogen.

5 Schritt 4: Monetäre und multikriterielle Bewertung

In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der monetären Bewertung der Szenarieneffekte dargestellt, wobei insbesondere diejenigen Aspekte im Mittelpunkt stehen, die in Horsch et al. (2001, Kap. 2.3) dargestellt wurden. Die monetäre Bewertung wird getrennt nach den Handlungsfeldern „Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete (TWSG)“ (Kap. 5.1) und „Aufschluss neuer Kiesabbaustätten“ (Kap. 5.2) präsentiert. Der Vollständigkeit halber werden die Ergebnisse der Multikriterienanalyse, die ausführlich in Horsch et al. (2001) zu finden sind, in einer Kurzfassung dargelegt (5.3). Im Anhang (Kap. 5.4) finden sich Datenblätter zur Dokumentation der Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse.

5.1 Monetäre Bewertung der trinkwasserschutzbezogenen Module 1 bis 5

*Stefan Geyley und Helga Horsch**

a) Einführung

Die folgenden zwei Kapitel bauen auf dem Beitrag Messner/Geyley (2001) zur Nutzen-Kosten-Analyse der Szenarien auf. Sie untersetzen die dort getroffenen Ausführungen und konzentrieren sich hierbei darauf, die in die Bewertung eingeflossenen Annahmen offenzulegen sowie die Rechenwege und Datengrundlagen der Bewertung aufzuschlüsseln. Diese beiden Punkte wurden in dem Beitrag Messner/Geyley (2001) relativ knapp abgehandelt, um den grundlegenden methodischen Ansätzen und inhaltlichen Aussagen einen möglichst großen Raum zu bieten.

Die zwölf Module der Nutzen-Kosten-Analyse werden aus inhaltlichen Erwägungen in zwei Kapiteln abgehandelt. Die Betrachtung der trinkwasserschutzbezogenen Module 1 bis 5 erfolgt in Kapitel 5.1 und die den Kiesabbau betreffenden Module 6 bis 12 in Kapitel 5.2. Am Ende von Kapitel 5.2, nach erfolgter Vorstellung aller zwölf Module, wird mit der Aggregation der ermittelten Nettonutzeneffekte der wohlfahrtsökonomische Vergleich der Szenarien gezogen.

b) Vorbetrachtung

Bevor auf die einzelnen Module eingegangen wird, sind zum besseren Verständnis einige kurze Vorbetrachtungen notwendig, die teilweise bei Messner/Geyley (2001) umfassender erläutert wurden. Die Ergebnisse der modulspezifischen Nettonutzeneffekte werden als Jahresreihen dokumentiert (siehe Anhang – Kap. 5.4), wobei zwischen den Entwicklungsrahmen REALO, SPARFLAMME und GRÜNDERZEIT unterschieden wird. Bei der separaten Betrachtung der Module 1 bis 5 sind die modulspezifischen Ergebnisse der Szenarien 1 bis 4 im Entwicklungsrahmen REALO mit denen des Entwicklungsrahmens SPARFLAMME identisch

* Der Beitrag von Helga Horsch bezieht sich auf den Abschnitt c.

(vgl. Kap. 2.4.1). Aus diesem Grunde wird bei der Darstellung der modulspezifischen Jahresreihen in diesem Kapitel sowie im Anhang 5.4 auf eine gesonderte Betrachtung des Entwicklungsrahmens SPARFLAMME verzichtet. Weiterhin ergeben die Nettonutzen eines Szenarios jeweils nur als Differenz zu einem anderen Szenario eine sinnvolle Aussage. Deshalb bildet im Folgenden die Alternative 1 (d.h. die Szenarien R_1 , S_1 , G_1) die jeweilige Referenzalternative.

In diesem Materialienband werden – im Unterschied zum Buch (Horsch et al. 2001) – zusätzlich zwei Extremszenarien betrachtet, welche die vollständige Aufhebung des TWSG (EX_2) gegenüber der Beibehaltung des TWSG in ursprünglicher Größe (EX_1) unter dem Entwicklungsrahmen SPARFLAMME zum Gegenstand haben (vgl. Kap. 2.4.2). Die vollständige Aufhebung des Schutzgebietes hat die Einstellung der Wasserproduktion im Wasserwerk Mockritz und die Verlagerung der Produktion zu anderen Produktionsstätten zur Voraussetzung. Unter der Annahme, dass eine freiwillige Produktionsverlagerung nur dann vorgenommen wird, wenn sie aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, kann angenommen werden, dass die damit verbundenen Wohlfahrtseffekte der Trinkwasserförderung (Modul 5) mindestens Null und auf keinen Fall negativ sind. Mit der alleinigen Betrachtung der landnutzungsbezogenen Effekte (Modul 1 bis 4) und der Abstraktion von den betriebswirtschaftlichen Effekten der Trinkwasserförderung (Modul 5) werden demzufolge die Wohlfahrtseffekte sehr eingeschränkt beschrieben bzw. tendenziell unterschätzt.

Bei der Bewertung wird eine regionale Betrachtungsperspektive eingenommen. Das heißt, überregionale Wohlfahrtseffekte werden nicht berücksichtigt. Die Diskontierung der zukünftigen modulweisen Nettonutzen erfolgte mit 0% (undiskontiert) und 5%. Im Zuge der Zusammenführung der zwölf Module wurde als dritte Variante zusätzlich noch eine kombinierte Diskontrate verwendet. Dabei wurden marktmäßig erfassbare Kosten und Nutzen auf Grundlage des Opportunitätskostenprinzips mit 5% diskontiert, während alle externen Effekte, die für die zukünftigen Generationen zunehmende Umweltzerstörung und erhöhte Nutzerkosten bringen, mit einer Rate von 0% diskontiert wurden. Im Kapitel 5.2 dieses Berichtes werden diese drei Diskontraten näher begründet.

Im Folgenden werden für alle Module sowohl die wahrscheinlichen Werte für die Nettonutzeneffekte als auch Unsicherheitsspannen berechnet und abgeschätzt.

c) Modul 1: Produzentenrente Landwirtschaft

Für die Berechnung der landwirtschaftlichen Produzentenrente wurde der auf einen Hektar bezogene Datenwert für das Flächeneinkommen (Netto-Deckungsbeitrag 4 – vgl. Kap. 4.4.1) mit der landwirtschaftlichen Fläche (vgl. Kap. 2.3.2) verrechnet. Hierbei wurden, wie in diesen Kapiteln ausführlich dargelegt, 20 Kombinationen aus 5 verschiedenen Bewirtschaftungsformen und 4 verschiedenen Raumkategorien berücksichtigt. Die Ermittlung der Produzentenrente entspricht prinzipiell der im Kapitel 4.4.2 dargestellten Vorgehensweise für die Berechnung des Brutto-Umsatzes und der Arbeitszeit. Allerdings diente in diesem Falle nicht der Torgauer Raum als Bezugsraum, sondern nur die Flächen, in denen sich Veränderungen des Trinkwasserschutzstatus ergaben. Diese umfassten bei den zwölf Szenarien die Flächen der

Trinkwasserschutzzonen (TWSZ) 3b sowie die ostelbige Schutzzone 3a. Bei den beiden Extremszenarien bezog sich die Fläche auf das gesamte TWSG Mockritz.

c.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 1

Die Ergebnisse für Modul 1 mit den diskontierten und undiskontierten jahresbezogenen Nettonutzenwerten sowie den aggregierten Nettonutzen-Differenzen für alle Szenarien sind im Datenblatt A1 (Kap. 5.4) dokumentiert. Die aggregierten Ergebnisse (diskontiert und undiskontiert) sind ebenfalls in den nachfolgenden Abbildungen 1 bis 3 dargestellt.⁴⁵ Hinsichtlich dieser Ergebnisse sind besonders vier Aspekte interessant.

Erstens wird durch einen Vergleich der Werte des Nettonutzens für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT deutlich, dass die Skalenwerte der vergleichbaren Szenarien bei REALO höher als bei GRÜNDERZEIT liegen. Dies ist vor allem bedingt durch die höhere Reduzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen infolge einer höheren Versiegelung im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT.

Werden *zweitens* die kumulierten, wahrscheinlichen Werte für die einzelnen Szenarien unter den Rahmenbedingungen von REALO, GRÜNDERZEIT sowie die Extremszenarien verglichen, ist festzustellen, dass

- der Nettonutzen von R_2 größer als R_1 und von R_4 größer als R_3 ist,
- der Nettonutzen von G_2 größer als G_1 und von G_4 größer als G_3 und dass ebenfalls
- der Nettonutzen von EX_2 größer als EX_1 ist.

Dies bedeutet, dass eine Reduktion der Schutzzonen bzw. eine Aufhebung des gesamten TWSG mit positiven Nettonutzen-Differenzen und somit positiven landwirtschaftlichen Wohlfahrtseffekten verbunden ist. Durch die aufgehobenen Restriktionen werden höhere Erträge erzielt und teilweise auch Kosten eingespart. Eine auf die Produktionstypen bezogene Betrachtung ist in Messner/Geyler (2001) zu finden.

Drittens zeigen sich beim Vergleich der wahrscheinlichen Werte für die REALO- mit den GRÜNDERZEIT-Optionen „Reduzierung des TWSG Mockritz“ übereinstimmende Rangfolgen in der Weise, dass der Nettonutzen bei der Alternative 4 (R_4 , G_4) stets größer ist als der bei der Alternative 2 (R_2 , G_2) (vgl. Abb. 1 und 2). Dies ist dadurch bedingt, dass bei den Szenarien R_2 und G_2 ein zusätzlicher Kiesabbau in der Stätte Dautzschen – verbunden mit dem Verlust landwirtschaftlicher Flächen – und bei den Szenarien R_4 und G_4 kein weiterer Kiesstättenaufschluss erfolgt (vgl. Bruns et al. 2001, S. 189). Da im Modul 8 (vgl. Kap. 5.2) die Opportunitätskosten des Kiesabbaus die Wohlfahrtseinbußen der Landwirtschaft im Falle von R_2 und G_2 (Landverlust für Kiesabbau Dautzschen) mit umfassen, wurde allerdings, um Doppelzählungen auszuschließen, im Modul 1 der Wohlfahrtsverlust der Landwirtschaft durch Kiesabbau in Dautzschen nicht berücksichtigt. Das führt dazu, dass die Nettonutzenwerte von

⁴⁵ Die Daten für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME wurden nicht gesondert ausgewiesen, da sie mit den Datenwerten der Alternativen unter dem Entwicklungsrahmen REALO identisch sind.

R_2 mit R_4 und der von G_2 mit dem von G_4 für Modul 1 identisch sind (vgl. Datenblatt A1 in Kap. 5.4 und Tab. 1 in Kap. 5.2).⁴⁶

Erfolgt *viertens* und damit abschließend ein Szenarienvergleich aus der Sicht undiskontierter und diskontierter Werte, kann zwar konstatiert werden, dass die diskontierten Werte aufgrund einer durchgängig erfolgten Abzinsung in Höhe von 5% niedriger ausfallen, aber die Rangfolge der Szenarien wird dadurch nicht beeinflusst.

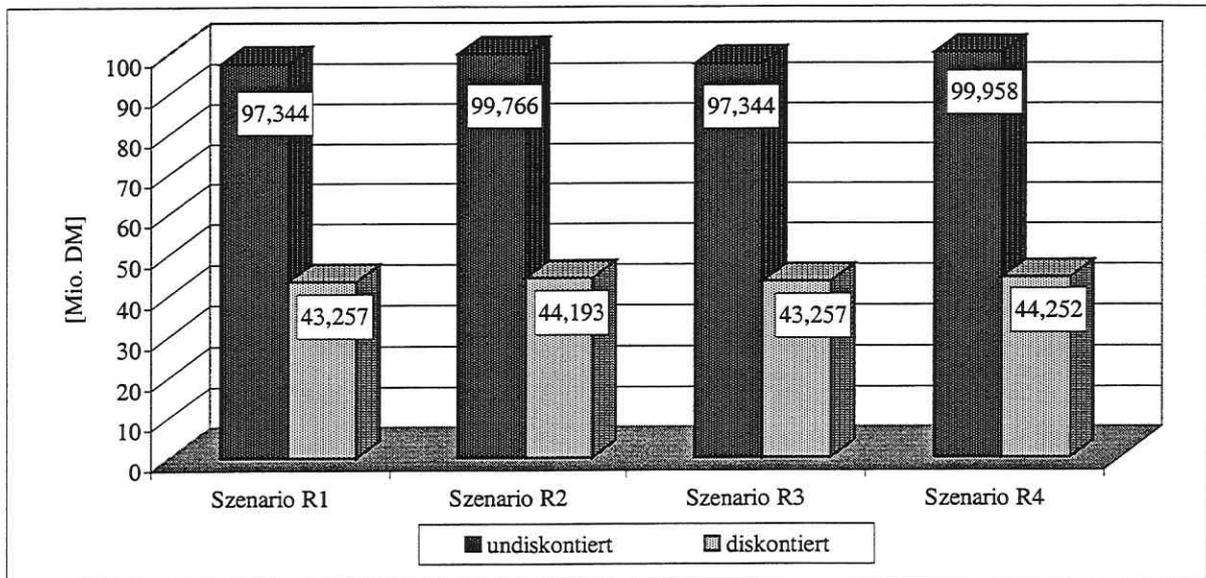


Abb. 1: Nettonutzen der Landwirtschaft in den Schutzzonen 3a (ostalbig) und 3b (ost- und westalbig) des TWSG Mockritz für die Szenarien REALO von 1993 bis 2030 (undiskontierte und diskontierte wahrscheinliche Werte).

⁴⁶ Die Abbildungen 1 bis 5 berücksichtigen den Flächenverlust durch Kiesabbau. Die Nettonutzen-Differenzen zwischen den Alternativen 4 und 2 ($R_4 - R_2$ und $G_4 - G_2$) reflektieren die Wohlfahrtseinbußen der Landwirtschaft infolge des Landverlustes für den Kiesabbau Dautzschen.

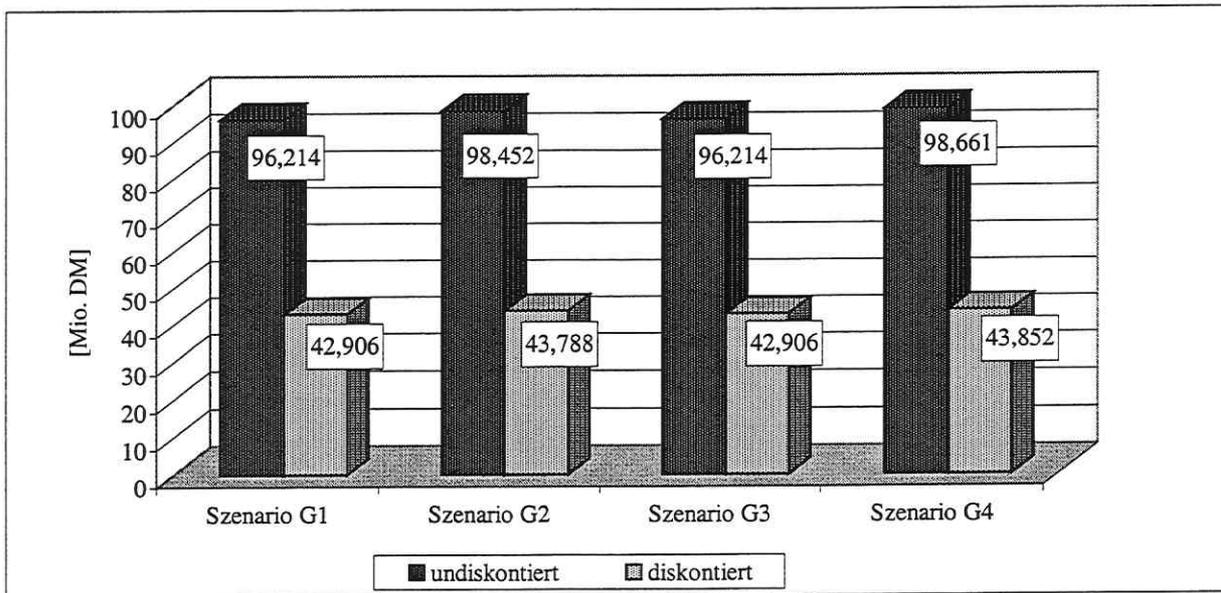


Abb. 2: Nettonutzen der Landwirtschaft in den Schutzzonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Szenarien GRÜNDERZEIT von 1993 bis 2030 (undiskontierte und diskontierte wahrscheinliche Werte).

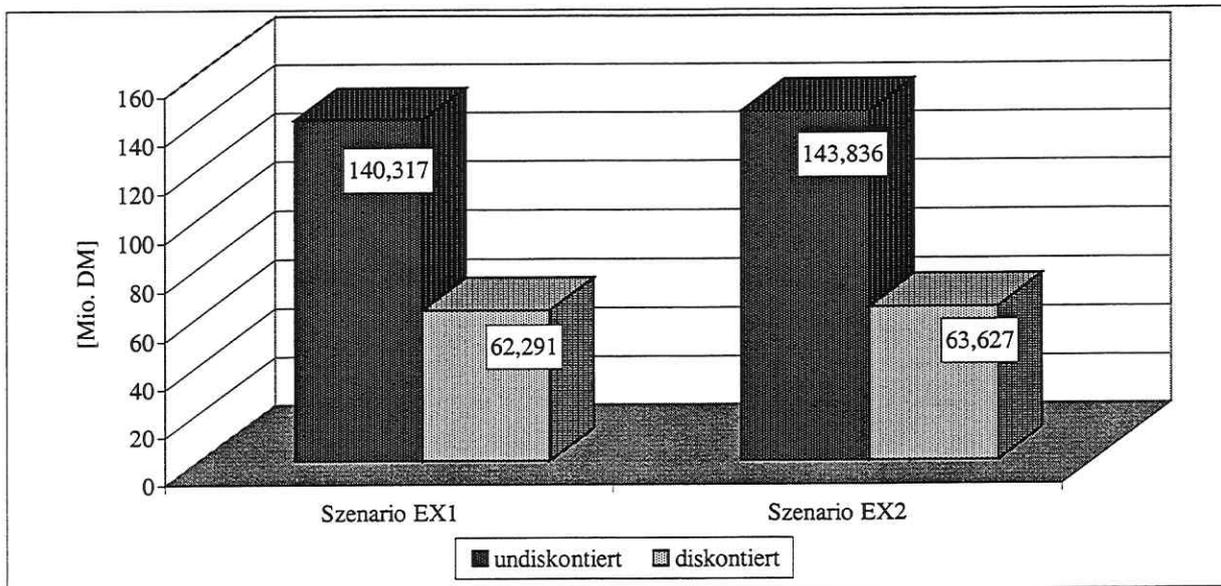


Abb. 3: Nettonutzen der Landwirtschaft im TWSG Mockritz für die Extremszenarien von 1993 bis 2030 (undiskontierte und diskontierte wahrscheinliche Werte).

c.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 1

Im Rahmen der Ableitung von Standarddaten im Kapitel 4.4.1 wurden Unsicherheiten bei den Eingangsdaten sowie deren Auswirkungen auf das hektarbezogene Flächeneinkommen berechnet. Für die Darstellung der Unsicherheiten bei dem landwirtschaftlichen Nettonutzen wurden zwei der möglichen Unsicherheiten ausgewählt, nämlich diejenigen mit Bezug zur Preisentwicklung und zur Ertragsreduktion infolge der Trinkwasserschutzauflagen. Bei der Berücksichtigung von Unsicherheiten zur Preisentwicklung wurden Abweichungen von $\pm 10\%$ zu Grunde gelegt. Bei der Parameterunsicherheit „Ertragsveränderungen infolge TWSG-Auflagen“ wurde zum einen angenommen, dass sich die Erträge auf Ackerland gegenüber denen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten um 30% reduzieren. Zum anderen wurde geprüft, wie sich der Nettonutzen verändert, wenn auf Ackerland in der Elbaue von einer Ertragsreduktion infolge TWSG-Auflagen in Höhe von nur 15% ausgegangen wird (nähere Ausführungen zu diesen Annahmen sind im Kapitel 4.4.1 zu finden).

Die Abbildungen 4 und 5 in diesem Kapitel spiegeln die kumulierten minimalen und maximalen Ergebniswerte für die einzelnen Szenarien unter REALO wider. Die Ergebniswerte für die anderen Szenarien sind in den Datenblättern A13 bis A15 (Kap. 5.4) aufgeführt. Im Ergebnis der Unsicherheitsbetrachtungen wird folgendes deutlich: Werden die Szenarien bezüglich der wahrscheinlichen mit den maximalen und minimalen Werten verglichen, ist erkennbar, dass bei einer Preisvarianz von $\pm 10\%$ die wahrscheinlichen Werte des Nettonutzens um bis zu $\pm 29\%$ schwanken. Die Parameterunsicherheit bezüglich der Ertragsentwicklung durch TWSG-Auflagen führt zu einer Veränderung der wahrscheinlichen Werte des Nettonutzens, die zwischen -13% und $+18\%$ liegt. Durch diese Veränderungen ergeben sich teilweise Verschiebungen bei der Rangfolge der Szenarien (vgl. Abb. 1 mit Abb. 4 und 5). Während die Rangfolge der maximalen Werte mit der der wahrscheinlichen Werte übereinstimmt, zeigt sich bei den minimalen Werten eine Veränderung der Rangfolge wie folgt: Die minimalen Werte des Nutzens bei den Alternativen 1 und 3 sind größer im Vergleich zu den Werten bei den Alternativen 2 und 4. Diese sich von den wahrscheinlichen und maximalen Werten unterscheidenden Rangfolgen der Szenarien sind bei allen Entwicklungsrahmen und den Extremszenarien festzustellen.

Als Fazit zu den Abschnitten c1 und c2 ist zu konstatieren: Die wahrscheinlichen und maximalen Werte des Nettonutzens belegen einen ökonomischen Vorteil für die Landwirtschaft bei Aufhebung der Trinkwasserschutzgebiete. Werden allerdings Bedingungen angenommen, die zu den ausgewiesenen minimalen Werten führen, kann sich sogar die Beibehaltung der Trinkwasserschutzgebiete als ökonomisch vorteilhafter erweisen. Damit wird deutlich, dass die auf dem Nettonutzen der Landwirtschaft beruhende Rangfolge der Szenarien von der Varianz der den Nettonutzen bestimmenden Parameter abhängt.

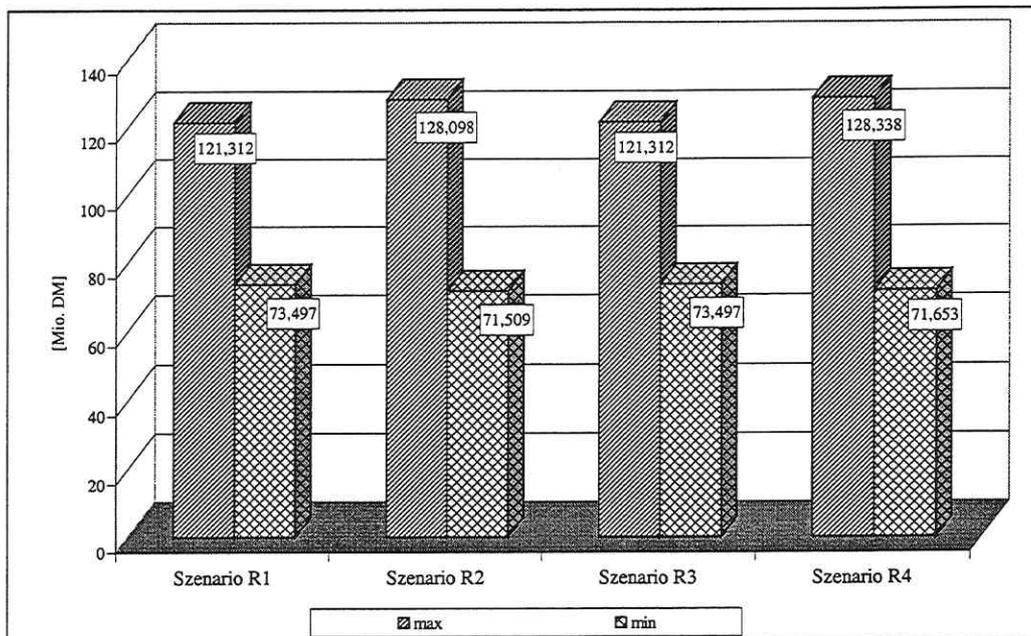


Abb. 4: Minimaler und maximaler Nettonutzen der Landwirtschaft in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Szenarien REALO von 1993 bis 2030 (undiskontierte maximale und minimale Werte bei Unsicherheit von Preisentwicklungen).

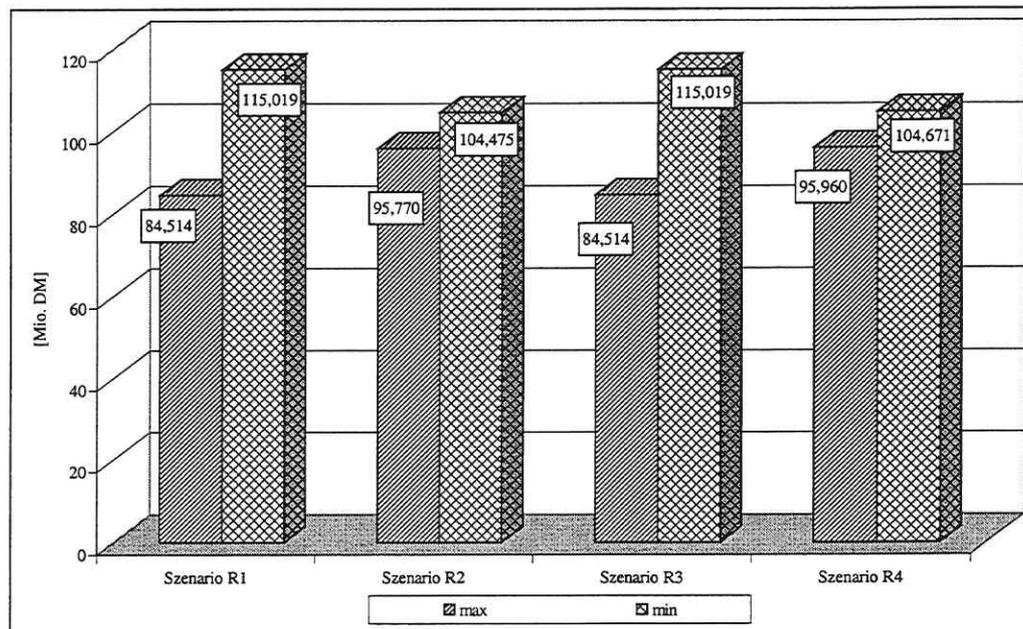


Abb. 5: Minimaler und maximaler Nettonutzen der Landwirtschaft in den Zonen 3a (ostelbig) und 3b (ost- und westelbig) des TWSG Mockritz für die Szenarien REALO von 1993 bis 2030 (undiskontierte maximale und minimale Werte bei Unsicherheit von Erträgen infolge TWSG-Auflagen).

d) Modul 2: Vorsorgekosten bei Straßen

Die Wohlfahrtseffekte bei Straßen infolge der Verkleinerung des TWSG Mockritz wurden als obsolet werdende Zusatzkosten infolge aufgehobener Trinkwasserschutzauflagen monetarisiert. Die Bewertung der zusätzlichen Auflagen setzt an den gemeinsamen Planungen des Straßenbauamtes Döbeln-Torgau, des Sächsischen Landesinstituts für Straßenbau Rochlitz und des StUFA Leipzig an (SBA/LISt/StUFA Leipzig 1999). Hierbei wurden für die Straßen in Trinkwasserschutzgebieten des Torgauer Raumes generelle Trinkwasserschutzmaßnahmen sowie Kostenkalkulationen erstellt. Die wichtigsten Schutzmaßnahmen und Kostenansätze sind in Tabelle 1 aufgelistet. Grundlage bilden die „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ (RiStWag – FGSV 1982) und die „Hinweise für Maßnahmen an bestehenden Straßen in Wasserschutzgebieten“ (FGSV 1993). Um die Gemeindeverbindungsstraßen ebenfalls zu berücksichtigen, wurden die sich in der Schutzzone 2 befindlichen Straßen mit denselben Auflagen wie Kreisstraßen belegt. Gemeindeverbindungsstraßen in der Zone 3a wurden nur mit den Auflagen berücksichtigt, die den Auflagen der Zone 3b der anderen überörtlichen Straßen entsprachen.

Tab. 1: Schutzmaßnahmen und notwendige Investitionskosten für Kreis-, Staats- und Bundesstraßen in Trinkwasserschutzzonen.

TWSZ	Maßnahmen	Investitionskosten ^a [DM/km]
3b	– Sicherung einer durchgängigen Begrünung der Straßenränder – Ausschilderung der Schutzzone	12.000
3a	Ausstattung der Straßen entsprechend RiStWag-Vorschriften: – Abdichten der Böschungen und Mulden	420.000
2	– Sammeln und Herausleiten des Niederschlagwassers aus den Schutzzonen – Bau von Distanzschutzplanken	700.000 ^b

a – bezogen auf die Nutzungsdauer von 20 Jahren; b – die höheren Kosten in der Schutzzone 2 gegenüber der Schutzzone 3a ergeben sich aufgrund der höheren Anforderungen bei der Realisierung der genannten Maßnahmen.

Quellen: FGSV 1982, 1993; SBA/LISt/StUFA Leipzig 1999.

Den Berechnungen zu den wahrscheinlichen Wohlfahrtseffekten lagen die in der Tabelle 2 aufgelisteten Straßenlängen sowie die in Tabelle 1 aufgeführten Zusatzkosten zugrunde. Hierbei erfolgten unwesentliche Korrekturen hinsichtlich der Zuordnung der Kosten zu den Straßen gegenüber den Angaben in Tabelle 1. So wurde ein Abschnitt einer Kreisstraße von 0,7 km Länge, welcher am Rande der Zone 3a zur Zone 3b lag, nur mit Kosten entsprechend der Schutzzone 3b belegt.

Tab. 2: Straßenlängen in den Trinkwasserschutzzonen des TWSG Mockritz.

TWSZ	Gemeindestraßen [km]	Kreisstraßen [km]	Staatsstraßen [km]	Bundesstraßen [km]
TWSZ 2	1,75	1,28	0	0
TWSZ 3a westelbig	1,60	6,63	0	2,75
TWSZ 3a ostelbig	0	0,00	0	1,17
TWSZ 3b westelbig	0,70	6,95	0	11,44
TWSZ 3b ostelbig	3	0,16	12,54	8,27

Quellen: SBA/LISt/StUFA Leipzig 1999; Straßenbauamt Döbeln-Torgau (Abt. 2, Auskunft vom 20.4.2000); eigene Berechnungen.

Die Ermittlung der jährlichen Zusatzkosten erfolgte – getrennt nach Straßenkategorien – aus dem Produkt von Straßenlänge und jährlichen regionalen Investitionskosten. Für die Berechnung der jährlichen Investitionskosten wurde angenommen, dass die Nachrüstung der Straßen nach RiStWag nur im Zuge deren grundhafter Erneuerung (der substanziellen Erneuerung auch der tragenden Straßenschichten) durchgeführt wird, wobei eine grundhafte Erneuerung alle 20 Jahre erfolgt. Entsprechend wurden Kosten berechnet, die anfallen, wenn jedes Jahr $\frac{1}{20}$ des vorhandenen Straßennetzes für Trinkwasserschutz ausgebaut bzw. grundhaft erneuert wird. Weiterhin wurde eine Förderung der resultierenden Baulast durch überregionale Förderprogramme zu 75% angesetzt (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVG 1971)) und entsprechend nur 25% der Kosten für die Trinkwasserschutzmaßnahmen zum Ansatz gebracht.

Die Ergebnisse für Modul 2 sind im Datenblatt A2 (Kap. 5.4) aufgeführt. Zwischen den Entwicklungsrahmen REALO/SPARFLAMME und GRÜNDERZEIT treten keine Unterschiede auf. Die aggregierten Datenwerte betragen bei einer Verkleinerung des Trinkwasserschutzgebietes 0,05 Mio. DM undiskontiert und 0,02 Mio. DM diskontiert. Bei den Extremszenarien ergeben sich mit 1,85 Mio. DM undiskontiert und 0,661 Mio. DM diskontiert wesentlich höhere Kosteneinsparungen. Dies erklärt sich durch die wesentlich höhere Kostenintensität der Schutzmaßnahmen in den Zonen 2 und 3a.

Für die monetäre Bewertung der Schutzmaßnahmen ist weiterhin entscheidend, wie die Schutzmaßnahmen auf die Belastung des geförderten Grundwassers wirken und inwieweit dadurch bei der Wasserförderung zusätzliche Aufwendungen verursacht werden. Wie in Messner/Geyler (2001) dargelegt, wurde diese zusätzliche Grundwasserbelastung infolge der Verkleinerung des TWSG als sehr gering bewertet. Dies rührt daher, dass die hier geforderten Schutzmaßnahmen nicht für einen vollständigen vorsorgenden Schutz des Grundwassers ausgelegt sind. So bieten in der Zone 3b die begrüneten Bankette zwar einen gewissen Schutz gegenüber den normalen Verkehrsemissionen, die mit dem Niederschlagswasser abgespült werden und versickern. Sie bieten aber keinen Schutz gegenüber dem Hauptrisiko – dem Versickern großer Mengen an Mineralöl bei Unfällen. Insgesamt wird in der Schutzzone 3b davon ausgegangen, dass im Falle eines Unfalles das natürliche Reinigungsvermögen des Bodens

und des Grundwassers ausreicht, um aufgrund der langen Fließzeiten bis zu den Fassungen einen natürlichen Abbau der Stoffe zu ermöglichen.

Die Effekte im Zuge der vollständigen Aufhebung des Schutzgebietes (Extremszenarien) auf die Grundwasserbelastung sind wesentlich höher, da die in den Zonen 2 und 3a zu treffenden Zusatzmaßnahmen auch vor dem Austritt von wassergefährdenden Stoffen bei Unfällen schützen sowie die Unfallgefahr selber mindern. Weil jedoch die vollständige Aufhebung der Schutzzonen mit einem Verzicht der Trinkwasserförderung einhergeht, wurde das steigende Verschmutzungsrisiko des Grundwassers nicht als Wohlfahrtseffekt bei der Trinkwasserförderung berücksichtigt.

Aufgrund der sehr niedrigen Nettonutzeneffekte des Moduls 2 im Vergleich zu anderen Modulen (vgl. Tab. 2 in Kap. 5.2) wurde die Unsicherheitsspanne pauschal mit $\pm 50\%$ angesetzt (vgl. Datenblätter A13 bis A15 in Kap. 5.4).

e) Modul 3: Vorsorgekosten bei Abwasserentsorgung

Die Strukturen der derzeitigen, zentralen Abwasserentsorgung entstanden in den 1990er Jahren. Alle im TWSG Mockritz liegenden Ortschaften sind bzw. werden gegenwärtig entweder zentral an die große Kläranlage Torgau angeschlossen oder an kleinere, lokale Kläranlagen. Trinkwasserschutzrestriktionen bei der Abwasserentsorgung betreffen vor allem die Zone 2 und die eng an die Zone 2 angrenzenden Siedlungen in der Zone 3a. Die Schutzmaßnahmen sollen unbemerkte Lecks an den Leitungen verhindern bzw. deren schnelle Lokalisation ermöglichen und umfassen besondere Konstruktionen der Rohrleitungen bzw. häufigere Kontrollen auf Dichtheit (StUFA Leipzig, Auskunft vom 4.4.2000).

Die Szenarien, welche die Verkleinerung des TWSG beinhalten, bewirken keine Nettonutzeneffekte, da sie die TWSZ 3b sowie die unbewohnte TWSZ 3a ostelbig betreffen. Im Falle des Extremszenarios EX₂ im Vergleich zu EX₁ fallen sämtliche Trinkwasserschutzrestriktionen weg. Aufgrund der normativen Nutzungsdauer – insbesondere der Rohranlagen von bis zu 50 Jahren (vgl. LAWA 1998) – ergeben sich bei den Anlagen innerhalb des Bewertungszeitraumes keine Kostensenkungen. Jedoch ergeben sich Erleichterungen bei den Dichtheitsprüfungen der Rohrleitung, die durch die Zone 2 führt.

Für die Nutzen-Kosten-Analyse wurden bei dem Szenario EX₂ die obsolet werdenden Zusatzkosten zur Dichtheitsprüfung einbezogen. Hierbei wurde von der rechtlichen Vorgabe der StUFA Leipzig ausgegangen, nach der diese Kontrollen alle zwei Jahre zu erfolgen haben. Gleichermaßen wurde angenommen, dass außerhalb von Schutzzonen alle zehn Jahre entsprechende Kontrollen erfolgen. Ferner wurde angenommen, dass die Leitung im Jahr 1992 errichtet wurde. Als Kostenansatz wurden 4.000 DM pro Kontrolle angesetzt (Auskunft MAHEMAS P GmbH, Eupen vom 23.9.2001). Im Ergebnis führt die Aufhebung des gesamten Wasserschutzgebietes zu einer Kostenersparnis von 0,064 Mio. DM (undiskontiert) bzw. 0,028 Mio. DM (diskontiert), welche als positive Wohlfahrtseffekte für die Abwasserentsorgung einbezogen wurden (vgl. Datenblatt A3, Kap. 5.4). Die mit den wegfallenden Kontrollen verbundene Steigerung der Verschmutzungswahrscheinlichkeit des Grundwassers wurde nicht quantifiziert.

Die unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für dieses Modul wurden pauschal mit $\pm 50\%$ angesetzt (vgl. Datenblätter A13 bis A15 in Kap. 5.4).

f) Modul 4: Vorsorgekosten bei Heizölanlagen und Tankstellen

Die Vorsorgekosten bei Heizölanlagen und Betriebstankstellen wurden zusammen in einem Modul dargestellt, da die wohlfahrtsrelevanten Effekte auf eine verstärkte Kontrolle dieser Anlagen in TWSG zurückgehen. Heizölanlagen und Betriebstankstellen sind die am häufigsten zu findenden Anlagen bezüglich des Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen. Aufgrund der durchschnittlichen Tankinhalte der oberirdischen Tanks mit einem Fassungsvermögen zwischen 1 und 10 m³ (TÜV-Süddeutschland, Geschäftsstelle Leipzig mdl. Information Herr Kleinmond vom 29.3.2000) ergibt sich innerhalb der Trinkwasserschutzzone 3 eine Pflicht zur Dichtheitskontrolle im Abstand von fünf Jahren (§ 19i WHG 1996, SMUL 2000). Außerhalb der Schutzzonen entfallen diese Kontrollen für diese gängigen Heizölanlagen.

Monetarisiert wurden die Effekte der Vorsorgemaßnahmen als jährliche Zusatzkosten, die bei einer Verkleinerung bzw. Auflösung des Schutzgebietes wegfallen. Diese jährlichen Zusatzkosten ergeben sich aus der Anzahl der Einrichtungen sowie den jährlichen Kontrollkosten.

f.1) Vorsorgekosten bei Betriebstankstellen

Im TWSG Mockritz wurden 15 Betriebstankstellen erfasst, von denen 4 in der Schutzzone 3a liegen. Normale Tankstellen liegen nicht im TWSG – mit Ausnahme einer einzigen am äußersten westlichen Rand der westelbigen Schutzzone 3b (Auskunft der Unteren Wasserbehörde des Kreises Torgau-Oschatz vom 12.10.1999). Diese wurde jedoch vernachlässigt.

Da aufgrund des Datenschutzes die entsprechenden Betriebe nicht identifiziert werden konnten, wurden nach Konsultationen mit dem TÜV Süddeutschland, Geschäftsstelle Leipzig (s.o.) als einem Vertreter der für die Kontrolle derartiger Anlagen zuständigen Institutionen, folgende Annahmen getroffen. Die Betriebstankstellen bestehen aus einem Tank mit einem Inhalt von maximal 10 m³. Die aller fünf Jahre anfallenden Kontrollkosten belaufen sich auf 393 DM pro Tankstelle. Unter der Voraussetzung, dass über den Untersuchungszeitraum keine weiteren Tankstellen errichtet werden, ergibt sich im Falle einer Verkleinerung des TWSG für alle Entwicklungsrahmen ein positiver Nettonutzeneffekt von 900 DM jährlich beziehungsweise einen kumulierten Nettonutzeneffekt von 0,027 Mio. DM (undiskontiert) bzw. 0,010 Mio. DM (diskontiert) (vgl. Datenblatt A4a in Kap. 5.4). Im Falle der vollständigen Aufhebung des TWSG (Extremszenarien) erhöht sich der Effekt auf 1.200 DM jährlich bzw. aggregiert auf 0,037 Mio. DM (undiskontiert) und 0,013 Mio. DM (diskontiert).

Der mit dem Wegfall der Kontrollen verbundene Anstieg des Emissionsrisikos von austretendem Mineralöl in den Untergrund konnte nicht quantifiziert werden. Aufgrund der niedrigen Zahl von Betriebstankstellen, auch im Vergleich zu den Heizölanlagen, wurde dieser Effekt als vernachlässigbar eingestuft.

f.2) Vorsorgekosten bei Heizölanlagen

Hinsichtlich der Heizölanlagen wurden in der Nutzen-Kosten-Analyse die zusätzlichen Kontrollkosten angesetzt, die sich für die Schutzzone 3 durch das im Wasserhaushaltsgesetz geforderte Kontrollintervall von 5 Jahren ergeben (§19i WHG 1996). Außerhalb der Schutzzonen entfallen diese Kontrollen für die gängigen Heizölanlagen (Annahme: oberirdische Tanks mit Fassungsvermögen von 3-5 m³). In der Berechnung wurde auch die Zunahme der Siedlungsfläche über den Untersuchungszeitraum berücksichtigt. Die Anzahl der bestehenden Heizölanlagen wurde über eine Befragung der für die Gemeinden zuständigen Schornsteinfegermeister erhoben. Die Zahl der Heizölanlagen belief sich demnach im Jahr 1999 auf 953 Stück, wobei 778 in der Schutzzone 3b lagen. Die Kosten für die Kontrollen wurden entsprechend der Informationen des TÜV Süddeutschland Geschäftsstelle Leipzig (s.o.) mit 150 DM pro Anlage festgelegt. Weiterhin wurde angenommen, dass jährlich 20% der Anlagen kontrolliert werden.

Zur Berücksichtigung der Siedlungsentwicklung wurde angenommen, dass sich die Anzahl der Heizölanlagen entsprechend der Zunahme der versiegelten Fläche erhöht. Hierzu wurde die jährliche Zunahme der versiegelten Fläche ins Verhältnis zur im Jahr 1999 vorhandenen Fläche gesetzt (vgl. Tab. 3, Spalte 3 und 4). Diese Wachstumsraten wurden jedoch halbiert, bevor sie auf die Heizölanlagen (Stand 1999) übertragen wurden. Hierdurch wurde der langfristige Trend zur Vergrößerung der Siedlungsfläche pro Haushalt berücksichtigt (vgl. Ausführungen zur Siedlungsentwicklung in Kap. 2.2.5). Dieses Ergebnis – ausgedrückt als jährliche Zunahme an Heizölanlagen – ist in Tabelle 3 (Spalte 6 und 7) dargestellt. Die Tabelle zeigt auch, dass hierbei – wie bei der Ableitung der Siedlungsentwicklung auch – die unterschiedliche Intensität der Neuversiegelung der Gemeinden mittels vier Kategorien berücksichtigt wurde. Torgau wurde nicht als eigenständige Kategorie berücksichtigt, da dort aufgrund der Gasversorgung die Anzahl der Heizölanlagen sehr niedrig ist.

Tab. 3: Zunahme der Heizölanlagen im TWSG Mockritz.

TWSZ	Regionale Kategorie	Jährliche Zunahme der versiegelten Fläche im Vergleich zu 1999		Heizölanlagen Stand 1999	Jährliche Zunahme der Heizölanlagen (absolut)	
		REALO	GRÜNDERZEIT		REALO	GRÜNDERZEIT
3a	1	0,3%	0,45%	175	0,2	0,4
3b	2	1,1%	1,7%	490	2,2	3,4
	3	1,5%	2,4%	288	2,7	4,3

Kategorie 1 – Gemeinden mit wesentlichen Einschränkungen durch Trinkwasserschutzgebiete bei Siedlungsentwicklung (Elsnig); Kategorie 2 – Gemeinden ohne besondere regionale Bedeutung und ohne wesentliche Einschränkungen durch Trinkwasserschutzgebiete bei Siedlungsentwicklung; Kategorie 3 – Gemeinden mit einer höheren regionalen Bedeutung und ohne wesentliche Einschränkung durch TWSG bei Siedlungsentwicklung zuzüglich Torgau (vgl. Kap. 2.2.5).

In dem Datenblatt A4b (Kap. 5.4) sind die jährlichen Ergebnisse für die Heizölanlagen zusammengefasst. Die Wohlfahrtseffekte im Zuge der Verkleinerung des TWSG belaufen sich im Entwicklungsrahmen REALO auf 0,80 Mio. DM (undiskontiert) bzw. 0,28 Mio. DM (dis-

kontiert), während sie unter den Bedingungen von GRÜNDERZEIT mit 0,84 Mio. DM (undiskontiert) und 0,29 Mio. DM (diskontiert) leicht höher ausfallen. Bei der vollständigen Aufhebung des TWSG (Extremszenarien) ergibt sich ein Nettonutzenzuwachs von 0,96 Mio. DM (undiskontiert) bzw. 0,34 Mio. DM (diskontiert).

Eine Risikobewertung der veränderten Grundwasserbeeinträchtigung im Zuge des Wegfalles der Schutzrestriktionen wurde nicht durchgeführt. Jedoch ist davon auszugehen, dass das Gefährdungspotenzial, welches von den modernen Heizölanlagen ausgeht, als relativ niedrig eingestuft werden kann. So wird in einer vergleichenden Studie zur Grundwassergefährdung verschiedener Landnutzungen das Gefährdungsrisiko durch eine moderne Heizölanlage mit 0,2% der Gefährdung durch 1 ha Ackerfläche (bei konventioneller Bewirtschaftung) angegeben (Schulz-Terfloth 1998). Demzufolge entsprechen die ungefähr 800 Heizölanlagen einem Gefahrenpotenzial, das von 2 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche ausgeht.

Auch bei diesem Modul wurde die Unsicherheitsspanne für die Nettonutzen-Differenzen bei den Tankstellen und bei den Heizölanlagen pauschal mit $\pm 50\%$ angesetzt (vgl. Datenblätter A13 bis A15 in Kap. 5.4).

g) Modul 5: Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung

In diesem Modul wurden die durch die Szenarien induzierten Wohlfahrtseffekte der Trinkwasserförderung monetär bewertet. Dabei konzentrierte sich der Ansatz auf die Bewertung der sich verändernden landwirtschaftlichen Nitrateinträge. Die von den anderen Landnutzungen ausgehenden Effekte auf die Trinkwasserförderung (durch Straßenbau, Heizölanlagen, Betriebstankstellen und Abwasserentsorgung) sowie deren Veränderung bei Wegfall der Trinkwasserschutzrestriktionen wurden, wie in den vorangegangenen Abschnitten erläutert, als vergleichsweise unerheblich eingestuft. Aus diesem Grunde wurden sie nicht in die monetäre Bewertung aufgenommen.

Im Beitrag Messner/Geyler (2001) wurde der methodische Grundgedanke zur Monetarisierung der unterschiedlichen Nitrateinträge ausführlich dargelegt und soll an dieser Stelle nur kurz umrissen werden. Monetarisiert wurde der bei der Verkleinerung der Schutzgebiete zügiger stattfindende Verbrauch des natürlichen Denitrifikationsvermögens des Grundwasserleiters. Dieses natürliche Reinigungsvermögen wird als praktisch nicht erneuerbar angesehen. Mit jeder Reinigungsleistung des Grundwasserleiters geht der Verlust einer zukünftigen Reinigungsleistung einher. Für die Berechnung wurde der Umfang des bei Verringerung der Schutzzonen stärker beanspruchten Reinigungspotenzials abgeschätzt. Diese Differenz wurde als Zeitspanne Δt ausgedrückt, um die der Grundwasserleiter bei Aufrechterhaltung der Schutzzonen seine Reinigungsfunktion länger aufrechterhalten könnte. Zur Monetarisierung wurde angenommen, dass bei Erhalt des TWSG genau um diesen Zeitraum die Errichtung und Betreibung von Denitrifikationsanlagen im Wasserwerk Mockritz verzögert werden könnte und somit die dadurch entstehenden Zusatzkosten $\Delta K_{Aufb.}$ erst später anstehen. Die Zusatzkosten $\Delta K_{Aufb.}$ ergeben sich als Produkt aus den spezifischen Aufbereitungskosten *spezifische* $\Delta K_{Aufb.}$, der *jährlichen Fördermenge* bei Beibehaltung der Schutzzonen und Δt :

$$\Delta K_{\text{Aufb.}} = \text{spezifische } \Delta K_{\text{Aufb.}} \times \text{jährliche Fördermenge} \times \Delta t \quad (1)$$

Im Folgenden liegt der Schwerpunkt der Ausführungen auf der Ermittlung der Zeitspanne Δt sowie auf der Plausibilität der Annahme, dass das gesparte Denitrifikationsvermögen ausreichen könnte, um eine adäquate natürliche Rohwasserqualität aufrecht zu erhalten.

g.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 5

Abschätzung der Zeitspanne Δt

Die Zeitspanne Δt , um die die Denitrifikation des mit dem landseitigen Sickerwasser eingebrachten Nitrats bei Aufrechterhaltung des vollständigen TWSG länger gewährleistet werden kann, wurde als direkt von der Nitratfracht im Sickerwasser abhängig angenommen. Die Tabelle 4 zeigt die den weiteren Berechnungen zugrunde gelegten Nitratfrachten der Schutzzonen für die Zeitschritte 1993 und 2030, wobei zwischen der Aufrechterhaltung und dem Wegfall der Trinkwasserschutzrestriktionen unterschieden wurde. Hierbei sind die Landnutzungen Wald, Grünland und Ackerland berücksichtigt.

Tab. 4: Modellergebnisse zu Grundwasserneubildung, Nitrat-Konzentration und Nitratreintrag in den einzelnen Zonen des TWSG Mockritz 1993 und 2030 für die Landnutzungen Ackerland, Grünland und Wald

		TWSZ westelbig				TWSZ ostelbig			
		1 - 3a		3b		3a		3b	
		keine TWSR ^c	TWSR	keine TWSR	TWSR	keine TWSR	TWSR	keine TWSR	TWSR
1993	GWN ^b [Mio. m ³ /a]	3,2	3,2	6,0	6,0	1,1	1,1	7,1	7,1
	Nitrat-Konzentration ^a [mg/l]	77	50	99	72	62	38	63	43
	Nitrat-Eintrag [t/a]	250	162	598	432	66	41	364	251
2030	GWN [Mio. m ³ /a]	3,2	3,2	5,7	5,7	1,1	1,1	5,8	5,8
	Nitrat-Konzentration ^a [mg/l]	76	51	123	104	63	40	94	76
	Nitrat-Eintrag [t/a]	246	166	700	591	67	42	544	437

a – im Sickerwasser; b – Grundwasserneubildung; c – Trinkwasserschutzrestriktionen.

Quellen: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Beiträge in Kapitel 4.1 und 4.2 in diesem Bericht; Volk et al. (2001), Franko et al. (2001).

Der Nitrataustrag unter Siedlungsflächen konnte aus Datenmangel nicht berücksichtigt werden und wurde daher als bewertungsneutral angenommen. Für die Abschätzung der Spanne Δt wurde in einem ersten Schritt für jedes Szenario das im Grundwasserleiter abgebaute Nitrat über die Zeit abgeschätzt und danach wurden in einem zweiten Schritt die Unterschiede des Nitratabbaus zwischen den Szenarien ermittelt. Im letzten Schritt wurde diese Differenz mit jährlichen Nitratreinträgen verrechnet. Auf diese Weise wurde ermittelt, wie lange das

gesparte Abbaupotenzial bei einer bestimmten jährlichen Belastung zur Denitrifikation ausreichen könnte.

Die Menge des für ein Szenario benötigten natürlichen Abbaupotenzials ergibt sich als Differenz aus dem Nitratreintrag entsprechend dem jeweiligen Szenario und der nicht abgebauten Nitratmenge. Hierbei wurde der jährliche Nitratreintrag aus der linearen Interpolation der Mengen für 1993 und 2030 berechnet – vermindert um den im Grundwasser verbliebenen Teil. Die Szenarienvergleiche erfolgten dann durch Differenzbildung der benötigten Abbaupotenziale (vgl. Tab. 5). Folgende Annahmen wurden hierfür getroffen:

- Die Veränderung der Nitratkonzentrationen zwischen 1993 und 2030 erfolgt gleichmäßig linear.
- Der Boden puffert eine Zeitlang veränderte Nitratreinträge ab, so dass Konzentrationsveränderungen im Sickerwasser erst mit einer zeitlichen Verzögerung auf die veränderte Landbewirtschaftung reagieren. Diese Pufferperiode wurde mit zehn Jahren angesetzt. Aus diesem Grund wurden, wie in Tabelle 5 verdeutlicht, die Differenzen erst ab 2010 bewertet.
- Es wurde weiterhin angenommen, dass 20% des neugebildeten Grundwassers in Zone 3b (westelbig) oberflächennah wieder in Kleingewässer abfließen und oberirdisch abgeleitet werden. Sie werden daher nicht bilanzwirksam.
- Weiterhin wurde angenommen, dass die Denitrifikation erst dann erfolgt, wenn das Grundwasser die Elbwanne und damit die Zone 3a erreicht hat. Diese Annahme hat zur Konsequenz, dass auch aus der Zone 3a stammendes, neu gebildetes Grundwasser mit dem gesparten Denitrifikationspotenzial gereinigt werden kann.
- Von Einfluss ist auch die Endkonzentration des an den Brunnen ankommenden Wassers, denn je höher diese ausfällt, desto geringer ist die Menge des während der Untergrundpassage abgebauten Nitrats. Gegenwärtig wird eine Konzentration von ca. 2-3 mg/l gemessen (vgl. Trettin et al. 2001). Bei der Bewertung wurden drei Varianten berücksichtigt. Erstens, der Abbau erfolgt vollständig und führt zu einer Endkonzentration von 0 mg/l. Zweitens, ein Abbau erfolgt nicht vollständig und es ergibt sich eine Endkonzentration von 5 mg/l. Drittens, das aus der Zone 3b stammende Wasser wird vollständig gereinigt – Endkonzentration von 0 mg/l, während das aus den Zonen 1-3a neugebildete Wasser nicht vollständig abgebaut wird und eine Endkonzentration von 5 mg/l erreicht. Diese letztere Annahme begründet sich dadurch, dass die Abbauprozesse eine zeitliche Dynamik besitzen, so dass besonders bei den fassungsnahen Einträgen keine vollständige Reinigung erfolgen kann.
- Schließlich lässt sich eine Zeitspanne nur dann ermitteln, wenn davon ausgegangen wird, dass das Potenzial zu einem definierten Zeitpunkt aufgebraucht ist.

Tab. 5: Ermittlung des bei Szenario R₁ im Vergleich zu Szenario R₂ gesparten natürlichen Denitrifikationspotenzials unter Annahme der vollständigen Denitrifikation (Endkonzentration 0 mg/l)

Jahr	Nitrateintrag auf Gebiet der TWSZ 3b westelbig [t]			Nitrateintrag auf Gebiet der TWSZ 3a und 3b ostelbig [t]		
	ohne TW-Schutz	mit TW-Schutz	Differenz	ohne TW-Schutz	mit TW-Schutz	Differenz
1993	478,5	345,2		429,7	291,4	
1994	480,8	348,7		434,6	296,5	
1995	483,0	352,1		439,5	301,5	
1996	485,2	355,6		444,4	306,6	
1997	487,4	359,0		449,3	311,7	
1998	489,6	362,5		454,2	316,7	
1999	491,8	365,9		459,1	321,8	
2000	494,0	369,4		464,0	326,9	
2001	496,2	372,8		468,9	332,0	
2002	498,4	376,2		473,8	337,0	
2003	500,7	379,7		478,7	342,1	
2004	502,9	383,1		483,6	347,2	
2005	505,1	386,6		488,5	352,2	
2006	507,3	390,0		493,4	357,3	
2007	509,5	393,5		498,3	362,4	
2008	511,7	396,9		503,2	367,4	
2009	513,9	400,4		508,1	372,5	
2010	516,1	403,8	112,3	513,0	377,6	135,4
2011	518,3	407,2	111,1	517,9	382,6	135,3
2012	520,6	410,7	109,9	522,8	387,7	135,1
2013	522,8	414,1	108,6	527,7	392,8	134,9
2014	525,0	417,6	107,4	532,6	397,8	134,8
2015	527,2	421,0	106,2	537,5	402,9	134,6
2016	529,4	424,5	104,9	542,4	408,0	134,4
2017	531,6	427,9	103,7	547,3	413,0	134,3
2018	533,8	431,4	102,5	552,2	418,1	134,1
2019	536,0	434,8	101,2	557,1	423,2	133,9
2020	538,2	438,2	100,0	562,0	428,2	133,7
2021	540,5	441,7	98,8	566,9	433,3	133,6
2022	542,7	445,1	97,5	571,8	438,4	133,4
2023	544,9	448,6	96,3	576,7	443,4	133,2
2024	547,1	452,0	95,1	581,6	448,5	133,1
2025	549,3	455,5	93,8	586,5	453,6	132,9
2026	551,5	458,9	92,6	591,4	458,6	132,7
2027	553,7	462,4	91,4	596,3	463,7	132,6
2028	555,9	465,8	90,1	601,2	468,8	132,4
2029	558,1	469,2	88,9	606,1	473,8	132,2
2030	560,3	472,7	87,7	611,0	478,9	132,1
Gespartes Denitrifikationspotenzial 2010-2030			2.100,0			2.808,7

Zur Berechnung der Zeitdauer Δt im Szenarienvergleich wurde das gesparte Denitrifikationspotenzial $S_{Denitr.}$ durch die prognostizierte Eintragsmenge $Im_{Nitr.}$ in den TWSG entsprechend der Gleichung $\Delta t = S_{Denitr.}/Im_{Nitr.}$ dividiert. Für die prognostizierte Eintragsmenge $Im_{Nitr.}$ wurden dabei die Einträge des Jahres 2030 angesetzt, welche die letzten innerhalb des Untersuchungszeitraumes berechneten Eintragsmengen sind. Diese wurden ausgewählt, da die positive Wirkung des geschonten Denitrifikationspotenzials erst weit nach 2030 zum Tragen kommen wird.

Insgesamt wurden sechs Varianten unterschieden (siehe Tab. 6), welche sich in der Annahme zur Endkonzentration des Nitrats im Grundwasser und zur flächenhaften Berücksichtigung der Schutzzonen 1-3a westelbig unterscheiden. Der Mittelwert für $\Delta t = 3,6$ Jahre für die westelbigen Schutzzonen wurde für die weitere Bewertung angesetzt. Der Einfluss der ostelbigen Zonen wurde vernachlässigt. Zwar liegt die für die ostelbigen Schutzzonen ermittelte Zeitspanne mit 6 Jahren deutlich über der für die westelbige Zone, jedoch ist der Einfluss des ostelbig gebildeten Grundwassers auf die Rohwasserqualität sehr gering (vgl. auch Tab. 7).

Weiterhin wurde bei der Ableitung der Zeitdauer Δt nicht zwischen den drei Entwicklungsrahmen unterschieden. Die innerhalb der Entwicklungsrahmen getroffenen Annahmen, welche die Nitratemission betreffen, sind im Vergleich zu den großen Bewertungsunsicherheiten, die hinter den vielfältigen zu treffenden Annahmen stehen, vergleichsweise gering. Somit wurde $\Delta t = 3,6$ Jahre für alle Handlungsoptionen angesetzt, die eine Verkleinerung des TWSG beinhalten.

Tab. 6: Berechnung der veränderten Zeitspanne Δt der natürlichen Denitrifikation im Grundwasserleiter bei Verkleinerung des TWSG.

Annahmen zu		Zugrundegelegte Eintragsmengen für TWSZ ($I_{mNitr.}$) [t/a]			Gespartes Denitrifikationspotenzial für TWSZ ($S_{Denitr.}$) [t]		Zeitspanne (Δt) [a]	
		1-3a we	3b we	3a-3b oe	1-3b we	3a-3b oe	we	oe
Berücksichtigung der TWSZ 1-3a we	verbleibende Nitratkonzentration im GW							
	0 mg/l	166	473	479	2100	2809	3,3	5,9
	5 mg/l	150	450	445	2100	2809	3,5	6,3
vollständig	5 mg/l für TWSZ 1-3a we 0 mg/l für restl. TWSZ	150	473	479	2100	2809	3,4	5,9
	0 mg/l	83	473	479	2100	2809	3,8	5,9
	5 mg/l	75	450	445	2100	2809	4	6,3
	5 mg/l für TWSZ 1-3a we 0 mg/l für restl. TWSZ	75	473	479	2100	2809	3,8	5,9
zur Hälfte						Mittelwert:	3,6	6,0

GW – Grundwasser; we – westelbig; oe – ostelbig.

Ableitung der Zusatzkosten $\Delta K_{Aufb.}$

Für die Monetarisierung der für die Trinkwasserförderung relevanten Auswirkungen wurden die Zusatzkosten $\Delta K_{Aufb.}$ angesetzt, die sich infolge einer Aufbereitung des Grundwassers nach dem Aufbrauch des natürlichen Reinigungspotenziales ergeben (vgl. Gl. 1). In der Differenzbetrachtung kommt dann die zeitliche Differenz Δt zum Tragen, um welche im Falle der Verkleinerung der TWSG zu einem früheren Zeitpunkt mit der Aufbereitung begonnen werden müsste.

Diese Monetarisierungsmethode basiert auf der Annahme, dass das geförderte Rohwasser ohne die natürliche Reinigung während der Bodenpassage nicht direkt für die Trinkwassernutzung eingesetzt werden kann. Zur Überprüfung der Plausibilität dieser Annahme wurde die Bedeutung der natürlichen Reinigung auf die Nitratkonzentration im Rohwasser untersucht. Hierbei wurde – sehr stark vereinfachend – angenommen, dass sich diese aus einfachen Mischungsprozessen des neugebildeten Grundwassers der einzelnen Zonen sowie des Uferfiltrates ergibt.

Wie in der Tabelle 7 dargestellt, spielt das natürliche Reinigungspotenzial eine wesentliche Rolle. In Abhängigkeit von der Fördermenge und vom Anteil des Uferfiltrates (angenommener Nitratgehalt von 20 mg/l) bzw. vom Grundwasser aus den verschiedenen Zonen (Nitrat-einträge entsprechend der Tab. 4) ergeben sich ohne natürliche Reinigung des Grundwassers und des Uferfiltrates im Untergrund Konzentrationen zwischen 29 und 50 mg/l, die alle oberhalb des EU-Richtwertes für den Nitratgehalt im Trinkwasser von 25 mg/l liegen. Bei einer natürlichen Reinigung des landseitig zufließenden Grundwassers durch das gesparte Denitrifikationspotenzial (Annahme zur Restkonzentration von Nitrat in der Tab. 7: 5 mg/l) ergeben sich für alle Szenarien Mischungswerte von zwischen 15 und 18 mg/l, die deutlich unterhalb des EU-Richtwertes liegen.

Tab. 7: Nitrat-Konzentrationen im Rohwasser des Wasserwerkes Mockritz mit und ohne Berücksichtigung des gesparten Denitrifikationspotenzials.

Fördermenge [Mio. m ³ /a]	Annahme zur Herkunft des Rohwasser				Nitrat-Konzentration im Rohwasser ^b [mg/l] (entsprechend Mischungsverhältnissen)			
	UF ^a	aus TWSZ			1993	1993	2030	2030
		1-3a we.	3b we.	3a-3b oe.	ohne natürl. Reinigung	natürl. Reini- gung landseitig	ohne natürl. Reinigung	natürl. Reini- gung landseitig
11,6	70%	25%	0%	5%	29 ^c – 30 ^d	18 ^c	31 ^c – 32 ^d	18 ^c
11,6	50%	28%	17%	5%	38 – 44	15	45 – 50	15
23,2	70%	14%	11%	5%	31 – 35	16	36 – 40	16
23,2	60%	14%	21%	5%	36 – 43	15	45 – 50	15

a – Uferfiltrat; b – Elbwasser wurde mit einer NO₃-Konzentration von 20 mg/l berücksichtigt; c – wenn TWSG_{Max};

d – wenn TWSG_{Min}.

we. – westelbig; oe. – ostelbig

Weiterhin mussten plausible Kostenwerte für die Reinigung angesetzt werden. Ausgehend von den gegenwärtig in der Literatur (vgl. Tab. 8) zu findenden Kalkulationen wurde mit 0,10 DM/m³ (Investitions- und Betriebskosten) ein Wert gewählt, welcher das gegenwärtige Kostenniveau deutlich unterschreitet. Diese Schätzung soll den technologischen Fortschritt berücksichtigen. Als *jährliche Fördermengen* wurde vereinfachend 1/3 der Wasserwerkskapazität (entspricht 11,6 Mio. m³/a) für die Entwicklungsrahmen REALO und SPARFLAMME bzw. 2/3 der Wasserwerkskapazität (entspricht 23,2 Mio. m³/a) für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT angesetzt, da die bei der Szenarienableitung getroffenen Annahmen bezüglich der Fernwassernachfrage nur bis 2030 gelten.

Für die Diskontierung war es außerdem notwendig, einen Zeitpunkt anzugeben, zu dem das natürliche Reinigungspotenzial abgebaut sein würde. Es wurde angenommen, dass diese Effekte erst in weiter Zukunft eintreten und entsprechend wurde der Zeitpunkt von 2100 angesetzt.

Tab. 8: Literaturangaben zu Kosten der Nitratreinigung bei der Trinkwasseraufbereitung

Quelle	Aufbereitungskosten [DM/m ³]	Kapazität des WW [Mio. m ³ /a]	Bemerkungen
Zwintz (1986)	0,30 – 1,60	kleine bis mittelgroße WW	Gesamtaufbereitungskosten ohne Kosten für die Abwasserentsorgung
Winje et al. 1991, S. 123	0,64 – 1,02	0,44	5 verschiedene Verfahren, Investitions- und Betriebskosten
Winje et al. 1991, S. 123	0,35 – 0,60	4,4	5 verschiedene Verfahren, Investitions- und Betriebskosten
Magoulas et al. 1996, S. 234 f.	1,28	2	Investitions- und Unterhaltskosten für Nitrat- und Härteaufbereitung
Olschewski 1997, S. 33 ff.	0,15	4	fixe und variable Kosten
Stadtwerke Aschaffenburg mdl. Information vom 28.8.2000	ca. 0,25	8	vorläufige Kalkulationen, da Anlage erst neu in Betrieb genommen
Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH Koblenz (mdl. Mitteilung Herr Meyer-Lühr vom 30.8.2000)	0,23	14	Berechnung für eine projektierte Anlage Investitions- und Betriebskosten – ohne Lohnkosten

Die Ergebnisse für Modul 5 sind im Datenblatt A5 (Kap. 5.4) zu finden. Für die Entwicklungsrahmen REALO und SPARFLAMME wurde ein negativer Nutzeneffekt von –4,2 Mio. DM (undiskontiert) bzw. –0,02 Mio. DM (diskontiert) bei Verkleinerung des TWSG ermittelt. Im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT beläuft sich dieser Effekt auf –8,4 Mio. DM (undiskontiert) bzw. –0,04 Mio. DM (diskontiert). Wie bereits bei der Einführung zu diesem Kapitel dargelegt, wurde von diesbezüglichen Nutzeneffekten bei den Extremszenarien abstrahiert.

g.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 5

Aufgrund der langfristigen Natur dieser monetären Effekte sowie der Unsicherheiten angesichts der getroffenen Annahmen ergeben sich große unsicherheitsbedingte Schwankungsbreiten des Wohlfahrtseffektes (vgl. auch Datenblätter A13 bis A15, Kap. 5.4). Unter folgenden Umständen ist sogar mit einem Wegfall des regionalen Wohlfahrtseffektes bei der Trinkwasserförderung zu rechnen:

- Die Fernwasserproduktion wird vorher aus anderen Gründen eingestellt; Annahme: Fördermenge gleich Null.

- Die Nitratemissionen werden durch einen flächendeckenden Grundwasserschutz bzw. eine Verbesserung der Elbwasserqualität so weit verringert, dass eine ausreichende Rohwasserqualität auch ohne natürliche Reinigungsprozesse im Grundwasserleiter erreicht wird; Annahme: Δt gleich Null bzw. spezifische Aufbereitungskosten *spezifische* $\Delta K_{Aufb.} = 0$.
- Die Zusatzkosten der Fernwasseraufbereitung können auf die Fernwasserabnehmer außerhalb der Region abgewälzt werden. Dies wäre dann möglich, wenn die Trinkwasserförderung auch in anderen Regionen mit einem Nitratproblem zu kämpfen hat und somit für die fernwasserabnehmenden Wasserversorger keine anderen nitratfreien Trinkwasserressourcen zur Substitution des Fernwassers zur Verfügung stehen.

Es sind durchaus auch Entwicklungen denkbar, in deren Folge sich die Wohlfahrtseffekte noch erhöhen:

- Die Zusatzkosten, die Fördermengen und/oder die Zeitspanne (Δt) wurden bei der Bewertung unterschätzt und demzufolge zu niedrig ausgewiesen; Annahmen: Verdreifachung der Zusatzkosten (*spezifische* $\Delta K_{Aufb.}$), Erhöhung der *jährlichen Fördermenge* bis hin zur Kapazitätsauslastung (in GRÜNDERZEIT) und Verdopplung von Δt .
- Die Torgauer Trinkwasserressourcen sind aufgrund des Nitratgehaltes entwertet, so dass sich die Trinkwasserförderung in dem Gebiet im Vergleich zu anderen Ressourcen zu teuer wird und daher die Fernwasserwerke an diesem Standort ihre Produktion einstellen müssen. Dieser Punkt wurde jedoch nicht bei der Unsicherheitsbetrachtung berücksichtigt.

Die gewählten Variationen der Eingangsdaten führten zu Unsicherheitsspannen, die in einem Extrem einen Nettonutzen von Null und im anderen Extrem das Dreifache der oben beschriebenen wahrscheinlichen Nettonutzungsverluste ergaben (vgl. Datenblätter A13 bis A15 in Kap. 5.4).

h) Zusammenfassung

Die Tabelle 9 fasst die Nettonutzen-Differenzen der wahrscheinlichen Werte zwischen den Alternativen 1 und 2 für die Module 1 bis 5 zusammen.⁴⁷ Es werden die Nettonutzenveränderungen der Szenarien im Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT sowie der Extrem-szenarien reflektiert. Die Werte für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME werden nicht gesondert ausgewiesen, da sie mit den Werten im Entwicklungsrahmen REALO identisch sind. Aus den der Tabelle 9 zu entnehmenden Daten lassen sich folgende Aussagen ableiten:

Die wahrscheinlichen Werte der durch die Module 1 bis 4 beschriebenen regionalen Landnutzungseffekte ergeben eine insgesamt positive Nettonutzenveränderung bei der Verkleinerung des TWSG. Dieser positive Effekt liegt im Entwicklungsrahmen REALO leicht über dem für die GRÜNDERZEIT ermittelten Wert. Ursache ist die jeweilige unterschiedliche Entwick-

⁴⁷ Die Nettonutzen-Differenzen zwischen den Alternativen 1 und 3 sowie zwischen den Alternativen 1 und 4 im Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT werden in der Tabelle 9 nicht explizit erfasst, da die Nettonutzenwerte der Alternative 1 mit denen der Alternative 3 und die der Alternative 4 mit denen der Alternative 2

lung der landwirtschaftlichen Nutzfläche und somit die unterschiedliche Bedeutung des landwirtschaftlichen Sektors im TWSG. Bei einer Diskontierung der jährlichen Nettonutzeneffekte mit 5% verkleinern sich zwar die Nettonutzeneffekte wesentlich, aber trotzdem resultiert aus der Verkleinerung des TWSG noch ein positiver Gesamtnutzeneffekt.

Tab. 9: Zusammenfassung der Nettonutzen-Differenzen (wahrscheinliche Werte) für die Module 1 bis 5

Module:	Modul 1 bis 4		Modul 5		Summe	
	0%	5%	0%	5%	0%	5%
Diskontrate:						
NN-Diff $R_2 - R_1$ [Mio. DM]	3,5	1,3	-4,2	-0,02	-0,7	1,3
NN-Diff $G_2 - G_1$ [Mio. DM]	3,4	1,3	-8,4	-0,04	-5,0	1,2
NN-Diff: $EX_2 - EX_1$ [Mio. DM]	6,4	2,4				

Die vollständige Auflösung des TWSG (Extremszenario) verdoppelt nahezu die positiven Nettonutzeneffekte der Module 1 bis 4 im Vergleich zur Verkleinerung des TWSG (Szenarien im Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT). Dies ist insbesondere auf den Einfluss von Modul 1 und Modul 2 zurückzuführen.

Der mit Modul 5 beschriebene Wohlfahrtseffekt bei der Trinkwasserförderung ergibt einen Nettonutzenverlust im Zuge der Verkleinerung des TWSG. Dieser Verlust ist unter Bedingungen des Entwicklungsrahmens GRÜNDERZEIT wesentlich stärker als unter dem Entwicklungsrahmen REALO, da bei GRÜNDERZEIT annahmegemäß die zukünftige gesellschaftliche Inanspruchnahme der Torgauer Trinkwasserressourcen höher ist. Bei der Diskontrate von 5% wird der mit Modul 5 beschriebene Nettonutzensverlust allerdings auf nahezu Null abgewertet. Diese Abwertung ist dem extrem langfristigen Charakter des monetarisierten Effektes geschuldet.

Werden die Nettonutzen der Module 1 bis 5 aggregiert, dann ergibt sich bei den undiskontierten Werten insgesamt ein Nettonutzenverlust bei Verkleinerung des TWSG. Werden dagegen die diskontierten Werte für den Vergleich herangezogen, ergibt sich insgesamt ein positiver Nettonutzeneffekt. Die Bewertung der Handlungsalternativen hinsichtlich der Größe des TWSG hängt also stark von der Gewichtung der zukünftigen Effekte ab.

Die Unsicherheitsschwankungen der modulweisen Nettonutzeneffekte relativieren allerdings die anhand der wahrscheinlichen Werte getroffenen Aussagen. So zeigt sich, dass insbesondere die Nettonutzenwerte der Module 1 und 5 auf Variationen der Eingangsdaten so sensitiv reagieren, dass sich im Extremfall die anhand der wahrscheinlichen Werte getroffenen Aussagen in ihrer Tendenz sogar umkehren. So ist es möglich, dass unter bestimmten

identisch sind (vgl. Datenblätter A1 bis A5 in Kap. 5.4). Zur Begründung siehe auch Abschnitt c in diesem Kapitel.

Voraussetzungen die aggregierten Wohlfahrtseffekte bei Verkleinerung oder gar Aufhebung des Schutzgebietes für die Landnutzer negativ sind. Diese Effekte können sich bereits ohne Berücksichtigung der Trinkwasseraufbereitung (Modul 5) ergeben. Es ist aber auch möglich, dass die Gesamtbilanz der Wohlfahrtseffekte (Module 1 bis 5) für die undiskontierten Werte positiv bleibt.

Somit ist als Fazit zu konstatieren, dass sich allein aus der Nettonutzenbewertung der Trinkwasserschutzoptionen keine eindeutige Rangfolge der Szenarien ableiten lässt.

5.2 Monetäre Bewertung der kiesabbaubezogenen Module 6 bis 12

Frank Messner

Gegenstand dieses Kapitels ist die Darlegung der Vorgehensweise bei der monetären Bewertung der kiesbaubezogenen Szenarieneffekte für die Entwicklungsrahmen REALO und SPARFLAMME, die in den Modulen 6 bis 12 erfolgte.⁴⁸ Dabei wird hauptsächlich auf diejenigen Aspekte der Bewertung eingegangen, die in Messner/Geyler (2001) nur kurz abgehandelt wurden. Genau wie bereits in Kapitel 5.1 wird die Beschreibung jedes Moduls grundsätzlich so vorgenommen, dass in einem ersten Abschnitt das Vorgehen zur Berechnung der punktgenauen wahrscheinlichsten Ergebniswerte beschrieben wird und anschließend in einem zweiten Abschnitt die Methode zur Ermittlung einer Wahrscheinlichkeitsschwankungsbreite für die Ergebniswerte präsentiert wird. Zum Abschluss wird in diesem Abschnitt noch auf die Frage des Umgangs mit der Diskontierung eingegangen.

Analog zum Vorgehen in Kapitel 5.1 sind die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse für jedes Modul im Anhang (Kap. 5.4) dokumentiert. Die aggregierte Ergebnistabelle der Nutzen-Kosten-Analyse findet sich in Tabelle 2 am Ende dieses Abschnittes.

a) Modul 6: Produzentenrente der Kiesproduktion

a.1) Berechnung der wahrscheinlichsten Werte für Modul 6

Die Ermittlung der Produzentenrente der Kiesproduktion stellte aus zwei Gründen ein Problem dar. *Erstens* war die Ermittlung von Daten bei den aktiven Kiesabbauunternehmen schwierig, da Kostendaten häufig als Betriebsgeheimnis gelten. Hier musste äußerst umsichtig mit entsprechenden Datenangaben verfahren werden. Eine vollständige Offenlegung sämtlicher Daten und Berechnungen ist daher nicht möglich. *Zweitens* mussten auch für Kiesabbaustätten, die erst in der Zukunft den Kiesabbau beginnen und von denen lediglich technische Daten aus den Kiesabbauanträgen zur Verfügung standen, entsprechende Rechnungen vollzogen werden. Aus diesem Grund wurde der Weg gewählt, alle anstehenden Rechnungen zu Modul 6 mittels eines standardisierten Berechnungsverfahrens auf Grundlage von Basisdaten und Angaben derzeit aktiver Kiesabbauunternehmen zu tätigen. Hierbei wurde auch mit Normierungen gearbeitet, um z.B. Investitionen verschiedener Unternehmen ausschließlich auf einen bestimmten Zeithorizont beziehen zu können. Derartige Berechnungen mögen Fehler beinhalten, aber diese möglichen Fehler wurden später in Sensitivitätsanalysen getestet (s.u. Abschnitt a.2)).

Im Beitrag von Messner/Geyler (2001) wurde die methodische Vorgehensweise beschrieben, die zur Berechnung der Nettonutzenergebnisse für Modul 6 angewandt wurde. Bei diesem Vorgehen sind fünf Schritte zu unterscheiden:

⁴⁸ Eine Ergebnispräsentation für den Entwicklungsrahmen SPARFLAMME entfällt für alle kiesabbaubezogenen Module, da sich alle diese Szenarien ohne zusätzlichen Kiesabbau abspielen, sich von daher nicht unterscheiden und somit als Nettonutzen-Differenzen Null-Werte ergeben.

1. Abschätzung von Preisentwicklungen für Kies und Sand bis 2030 für alle Entwicklungsrahmen,
2. Abschätzung der Fixkosten für jede Kiesabbaustätte auf Grundlage einer allgemeinen Faustformel,
3. Abschätzung der jährlichen Abschreibungsraten der Fixkosten, der variablen Stückkosten sowie des kritischen Kiespreises für jede Kiesabbaustätte,
4. Berechnung der absoluten Gewinne aus dem Kiesabbau für jedes Szenario (diskontiert und undiskontiert) und
5. Berechnung der Nettonutzen-Differenzen für jedes Szenario (Endergebnis Modul 6)

Die Punkte eins und zwei wurden in Messner/Geyler (2001) ausführlich behandelt, die Punkte drei bis fünf wurden aus Platzgründen nur kurz erläutert. An dieser Stelle soll nun das methodische Vorgehen ab Punkt 3 bis zur Ermittlung des Endergebnisses für Modul 6 detaillierter beschrieben werden. Da eine weitgehende Offenlegung der verwendeten Daten für die einzelnen Kiesabbaustätten aus Gründen der betrieblichen Geheimhaltung nicht möglich ist, soll nachfolgend das Vorgehen an Hand eines *fiktiven* Musterszenarios M2 mit verschiedenen Musterkiesabbaustätten A, B, C und D beschrieben werden. Die Dokumentation der Endergebnisse erfolgt schließlich an Hand aggregierter Daten im Datenblatt A6 im Anhang.

ad 3: Abschätzung der jährlichen Abschreibungsraten der Fixkosten, der variablen Stückkosten und des kritischen Kiespreises für jede Kiesabbaustätte

In Datenblatt 1 ist für *eine fiktive Kiesabbaustätte B* auf der Grundlage von Basisdaten, die in ähnlicher Form auch für die Kiesabbaustätten im Torgauer Raum vorlagen oder geschätzt werden konnten, das Ergebnis einer Investitionsrechnung zur Ermittlung wichtiger ökonomischer Kennzahlen gezeigt. Die Basisdaten sollen kurz vorgestellt werden, um ihre Bedeutung darzulegen und gleichzeitig zu verdeutlichen, an welcher Stelle Unsicherheiten oder Schätzungen in die Rechnungen eingingen.

Musterblatt, keine tatsächlich genutzten Daten

Datenblatt 1: Investitionsrechnungsmodell für Kiesabbau zur Ermittlung der fixen Abschreibungskosten und des kritischen Preises an der Grenze der Rentabilität am Musterbeispiel der Kiesabbaustätte B

Basisdaten der Kiesabbaustätte B

Kapazität	1,5 Mio. t
Reserve	73,2 Mio. t
vermarktbare Reserve (73%)	53,4 Mio. t
Reservenmenge, für die anfänglich investiert wird:	45,0 Mio. t
anfängliche Investition für Landkauf (für 30 J.)	10,9 Mio DM
Fixkosten:	27,8 Mio DM
Variable Stückkosten:	2,04 DM pro Tonne Klessand
kritische Jahresabsatzmenge:	Berechnet nach Faustformel mit Anpassung für Kapazität und Landkauf
Amortisationszeitraum:	(inklusive 4% TWSG-Aufschlag), ermittelt in Anlehnung an bekannte Stückkosten
Abzinsfaktor	18,0 Jahre
	6%

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jeweils					Gesamt-				
Ende des					Variable Kosten				
Jahres					bei kritischer				
i=					Jahresabsatzmenge				
Zeit					Mio. t				
0									
1	Mio. DM	Mio. DM	Mio. DM	Mio. DM	Mio. t	Mio. t	Durchschnitts-	fixe	variable
2	Auszahlungen	gesamte	abgezinste	kritischer	Jahresabsatzmenge	Jahresabsatzmenge	Preis pro t	Stückkosten	Stückkosten
3	27,8	Fixkosten	Fixkosten	Umsatz	(65% der Kapazität)	(65% der Kapazität)	DM/t	DM/t	DM/t
4				4,551					
5		2,564	2,419	4,551	1,986	0,975	4,67	2,63	2,04
6		2,564	2,282						
7		2,564	2,153						
8		2,564	2,031						
9		2,564	1,916						
10		2,564	1,808						
11		2,564	1,705						
12		2,564	1,609						
13		2,564	1,518						
14		2,564	1,432						
15		2,564	1,351						
16		2,564	1,274						
17		2,564	1,202						
18		2,564	1,134						
		2,564	1,070						
		2,564	1,009						
		2,564	0,952						
		2,564	0,898						
		46,157	27,765						

- Die *Kapazität* einer Kiesabbaustätte gibt an, wie viel Kies mit den vorhandenen Technologien pro Jahr abgebaut werden kann. Dieser Wert beschreibt die jährliche Produktionsbegrenzung für eine Kiesstätte und er ist üblicherweise aus den öffentlich einsehbaren Antragsunterlagen für eine Kiesabbaustätte erhältlich.
- Die *Reserve* zeigt das Ausmaß des gesamten Kiesvorkommens an, die ebenfalls in den Antragsunterlagen für jede Kiesgrube genannt ist. Dividiert man diese Zahl durch den Wert für die Kapazität, erhält man die wichtige Information, über wie viele Jahre die Kiesabbaustätte bei Vollausslastung der Kapazitäten produzieren könnte.
- Die *vermarktbar Reserve* ist ein Teil der Reserve, der aufgrund der Qualität einer Kiesabbaustätte tatsächlich verkauft werden kann. Häufig sind z.B. einige Kiesschichten mit großen Unreinheiten (Kohleeinschlüssen etc.) behaftet, so dass sich ihr Abbau nicht lohnt. Für den Torgauer Raum wurde erhoben, dass der vermarktbar Anteil bei etwa 73% liegt. Dieser Wert wurde für alle Kiesgruben angesetzt.
- Um die hohen Investitionssummen, die Kiesunternehmen zu Beginn eines Kiesgruben-aufschlusses in Abbaumaschinerie tätigen, zu standardisieren, wurde unterstellt, dass jedes Kiesabbauunternehmen im Torgauer Raum zu Beginn der Aktivitäten vorerst lediglich in die *Sicherstellung einer bestimmten Reservemenge* investiert, die in den kommenden 30 Jahren abgebaut werden kann. Die 30 Jahre wurden aufgrund des festgelegten Zeithorizontes bis 2030 gewählt. Auf diese Weise wurden entsprechende Unterschiede hinsichtlich der betrieblichen Zeithorizonte zwischen den verschiedenen Kiesabbauunternehmen normiert. Da grobe unternehmerische Informationen darüber vorlagen, welche Summen in etwa pro Einheit Kiesreservemenge investiert werden, konnten entsprechende Daten für jede Kiesgrube abgeschätzt werden. In der geschätzten Investitionssumme sind Abbaumaschinerie, Bürocontainer und viele andere Kapitalgüter, nicht jedoch Land inbegriffen, das einzeln aufgeführt wird.
- Die *Investition in Land*, das für den Kiesabbau benötigt wird, inklusive der einhergehenden Kosten der Landvorbereitung für den Abbau (Abtragen von Bewuchs etc.) stellt einen weiteren benötigten Basisdatenwert dar. Auch hier wurde ein Landkauf für den Abbau von 30 Jahren angesetzt. Dabei ist allerdings nicht nur die tatsächlich abzubaggernde Fläche berücksichtigt, sondern auch das Gelände für die Schütthalden, die Bürocontainer etc. Das Gros stellt jedoch die Abbaufäche dar. Grundsätzlich gilt bezogen auf eine fixierte Kiesfördermenge: je größer die Mächtigkeit eines Kiesvorkommens, desto weniger Land muss gekauft werden, um die anvisierte Fördermenge zu realisieren. Die entsprechenden Investitionssummen werden auf Basis von Preis- und Kostendaten, die Kiesabbauunternehmen pro Hektar Land angegeben haben, berechnet. Auch hier werden einheitliche Preise und Kosten pro Hektar für jede Grube unterstellt.
- Die *gesamten Fixkosten* des Kiesabbaus einer Kiesstätte wurden schließlich mittels der Faustformel aus Messner/Geyler (2001, S. 257) berechnet, die auf Grundlage von Informationen aus den lokalen Kiesabbauunternehmen abgeleitet wurde. Hier gingen insbe-

sondere Technologiekosten, Landkosten und trinkwasserschutzbezogene Aufschläge in die Rechnung ein. Unterstellt wurde diesbezüglich, dass sämtliche Fixkosten-Investitionen ein Jahr vor Produktionsbeginn getätigt werden.

- Die *variablen Kosten* der Produktion beinhalten alle Kosten, die in Abhängigkeit vom laufenden Kiesabbau anfallen; daher werden sie in DM pro Tonne Kies angegeben. Auf der Grundlage bekannter variabler Kosten aus dem Torgauer Raum wurden diese einheitlich angesetzt. Eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Stätten ergibt sich lediglich aus einem Aufschlag von 4%, der sich durch zusätzliche Tätigkeiten ergibt, wenn sich eine Kiesabbaustätte in einem TWSG oder auch in einem ehemaligen TWSG befindet.
- Die *kritische Absatzmenge pro Jahr* ist ein weiterer Datenwert für die Ermittlung wichtiger ökonomischer Kennzahlen des Kiesabbaus. Sie gibt an, welche Menge Kiessand pro Jahr im Durchschnitt abgesetzt werden muss, um langfristig den Kiesabbau ohne Verlust zu betreiben. Nach Informationen aus Kiesabbauunternehmen liegt diese Absatzmenge bei etwa 65% der Jahreskapazität. Auch dieser Wert wurde für alle Kiesabbaustätten verwendet.
- Der *Amortisationszeitraum* gibt an, über wie viele Jahre ein Kiesunternehmen die Fixkosten abschreibt. Aufgrund von Angaben in der Literatur (Maute 1980) und Aussagen von Kiesabbauunternehmen im Torgauer Raum wird ein Wert von 18 Jahren für alle Kiesabbaustätten zu Grunde gelegt.
- Der *Abzinsfaktor* für die Abschreibung stellt die Verzinsung dar, die ein Kiesunternehmen bei der Abschreibung der Fixkosten ansetzt. Nach unternehmerischen Angaben wird einheitlich ein Wert von 6% verwendet.

Auf Grundlage dieser Annahmen und Datenwerte konnten die jährlichen Fixkostenabschreibungsraten und der kritische Durchschnittspreis pro Tonne Kies berechnet werden, der durchschnittlich pro verkaufter Kiessandmenge realisiert werden muss, damit ein Kiesabbauunternehmen langfristig keine Verluste realisiert.

In Datenblatt 1 zeigt die erste Spalte der Tabelle 18 Zeitperioden gemäß des Abschreibungszeitraums und eine Periode 0 vor der Produktion, in der die fiktive Investition von 27,8 Mio. DM getätigt wird (Auszahlungssumme in Spalte 2). Mit Hilfe der Annuitätenmethode aus der betriebswirtschaftlichen Investitionsrechnung (vgl. Däumler 1998) wurde diese Einmalzahlung gleichmäßig auf den Abschreibungszeitraum verteilt (Spalte 3), wobei die Summe der jeweiligen jährlichen Barwerte der linearen Abschreibungsraten der anfänglichen Investitionssumme entspricht (Spalte 4). Auf diese Weise wurden für alle Kiesabbaustätten die linearen Abschreibungsraten pro Jahr berechnet.

Zur Ermittlung des kritischen Preises, der langfristig im Mittel mindestens realisiert werden muss, um Verluste auszuschließen, wurden zuerst die gesamten variablen Kosten berechnet, die bei Produktion der kritischen Jahresabsatzmenge anfallen (Spalte 6); sie lassen sich aus dem Produkt der kritischen Jahresabsatzmenge (Spalte 7) und den variablen Kosten pro t (Spalte 10) errechnen. Anschließend wird der kritische Jahresumsatz (Spalte 5) ermittelt, indem die Abschreibungsrate (Spalte 3) und die gesamten variablen Kosten zur Produktion der

kritischen Jahresabsatzmenge (Spalte 6) aufaddiert werden. Wird dieser kritische Jahresumsatz dividiert durch die kritische Jahresabsatzmenge, ergibt sich der kritische Durchschnittspreis in DM pro Tonne (Spalte 8).

Diese Rechnungen wurden für alle Kiesabbaustätten des Untersuchungsgebietes, die im Rahmen der Szenarien von Bedeutung waren, durchgeführt.

ad 4: Berechnung der absoluten Gewinne aus dem Kiesabbau für jedes Szenario (diskontiert und undiskontiert)

Auf Basis der unter ad 3 berechneten Daten wurden anschließend die Kiesabbaugewinne für jedes Szenario errechnet. Ein Musterblatt mit fiktiven Daten, das die Methodik der Gewinnberechnung verdeutlicht, ist als Datenblatt 2 abgedruckt. Dort sind in der Basistabelle die jeweiligen Werte der jährlichen Abschreibungen der Fixkosten, der variablen Stückkosten und der kritischen Stückpreise für vier fiktive Kiesabbaustätten aufgelistet. Weiterhin ist ein sozialer Diskontfaktor angegeben, mit dessen Hilfe der Gegenwartswert der Gewinn Daten berechnet wurde.

In den Spalten 2 und 3 sind die Sand- und Kiespreise gezeigt, wie sie für den Kontext des Entwicklungsrahmens REALO geschätzt wurden. Unter Verwendung dieser Preise können kieslagerstättenspezifische Durchschnittspreise ermittelt werden, indem der jeweilige Anteil von Kies und Sand in jeder Stätte einbezogen wird. Für die fiktiven Stätten A und B sind die entsprechenden Berechnungen in den Spalten 4 und 11 getätigt worden. Vergleicht man diese spezifischen Durchschnittspreise mit dem entsprechenden kritischen Preis aus der Basistabelle, so erhält man einen ersten Eindruck, ob eine Kiesstätte unter den gegebenen Bedingungen überhaupt profitabel arbeiten kann. Für Stätte B mit einem kritischen Preis von 7,30 DM zeigt sich so z.B. in Spalte 11, dass von 1996-2003 keine profitablen Umstände gegeben sind, da der spezifische Durchschnittspreis unterhalb des kritischen Preises liegt.

Die Absatzzahlen (Spalten 5 und 12) reflektieren die Absatzannahmen, die unter dem Stichwort „Anpassungsreaktionen“ für jedes Szenario spezifiziert worden sind (vgl. Kap. 4.5.1). Multipliziert man den spezifischen Durchschnittspreis mit den Absatzmengen für jedes Jahr erhält man den Umsatz (Spalten 6 und 13). Die variablen Kosten werden berechnet als Produkt der Absatzmengen und den variablen Stückkosten aus der Basistabelle. Die jährlich abgeschrieben Fixkosten werden direkt aus der Basistabelle übernommen.

Die Berechnung des Gewinnes (Spalten 9 und 16) erfolgt schließlich aus dem Umsatz minus fixer und variabler Kosten. Die Spalten 10 und 16 enthalten letztlich die Gewinnzahlen in Gegenwartswert unter Anwendung einer sozialen Diskontrate von 5%. Auf diese Weise ist für jede Kiesabbaustätte der Gewinn für jedes Szenario diskontiert und undiskontiert berechenbar (Spalten 18 und 19), wobei der Gesamtgewinn aus dem Kiesabbau für ein Szenario als Summe der Einzelstätten-Gewinne über die Jahre 1993-2030 berechnet wurde (in Spalten 18 und 19 doppelt unterstrichen).

**ad 5: Berechnung der Nettonutzen-Differenzen für jedes Szenario
(Endergebnis Modul 6)**

Das Ergebnis zu jeder Modulrechnung ist die Nettonutzen-Differenz zwischen allen Szenarien aus einem Entwicklungsrahmen, wobei das Szenario mit der Handlungsalternative 1 jeweils das Referenzszenario darstellt. Für den Fall des Moduls 6 wird der gesellschaftliche Nettonutzen aus der Kiesproduktion in einem Szenario durch den Gewinn abgeschätzt. Zur Ermittlung der diskontierten Nettonutzen-Differenzen wurden die Ergebnisspalten 18 und 19 für alle Szenarien aus einem Entwicklungsrahmen in eine Gesamttabelle übertragen, wie sie in der linken Tabelle in Datenblatt 3 für den fiktiven Fall gezeigt ist. Hier findet sich die Spalte 19 aus Datenblatt 2 als schattierte Spalte in Datenblatt 3 wieder. Analog wird mit den undiskontierten Werten verfahren. In der rechten Tabelle des Datenblattes 3 werden schließlich die Differenzen der Gewinne jeweils in Bezug zu den Ergebnissen des Szenarios mit dem Index 1 berechnet. Die Aufaddierung dieser Differenzen, in der rechten Tabelle schattiert abgedruckt, stellt letztlich das Ergebnis für Modul 6 dar; es ist auch in der linken Tabelle nochmals als letzte Zeile eingefügt.

Zur Dokumentation der Fallstudienresultate zum Torgauer Raum in anonymisierter Form wurden die Ergebnisse der Szenariorechnungen zu Modul 6 für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT in Form von Datenblättern analog zur linken Tabelle in Datenblatt 3 im Anhang (Kap. 5.4) im Datenblatt A6 dokumentiert.

Muster, keine tatsächlich genutzten Daten

Datenblatt 3: Ermittlung der Nettonutzendifferenzen der Szenarien M1-M4 (für Modul 6)

Absoluter Nettonutzen der Szenarien M1 bis M4 (Mio. 1999er DM)

t Jahr	Wohlfahrt für Szenario M1 (Mio. 1999er DM)		Wohlfahrt für Szenario M2 (Mio. 1999er DM)		Wohlfahrt für Szenario M3 (Mio. 1999er DM)		Wohlfahrt für Szenario M4 (Mio. 1999er DM)	
	Gesamtsumme diskontierter Gewinn Kiesabbau							
1 1993	4,289	9,802	4,289	9,802	4,289	9,802	4,349	9,802
2 1994	5,035	10,156	5,035	10,156	5,035	10,156	5,155	10,156
3 1995	4,251	9,696	4,251	9,696	4,251	9,696	4,431	9,696
4 1996	1,123	8,804	1,123	8,804	1,123	8,804	1,363	8,804
5 1997	0,700	8,215	0,700	8,215	0,700	8,215	1,000	8,215
6 1998	0,485	8,034	0,485	8,034	0,485	8,034	0,845	8,034
7 1999	-0,831	5,161	-0,831	5,161	-0,831	5,161	-0,411	5,161
8 2000	-0,413	6,030	-0,413	6,030	-0,413	6,030	0,067	6,030
9 2001	0,032	6,863	0,032	6,863	0,032	6,863	0,572	6,863
10 2002	0,429	7,658	0,429	7,658	0,429	7,658	1,029	7,658
11 2003	-0,092	8,414	0,776	8,414	0,776	8,414	1,436	8,414
12 2004	0,273	9,131	1,100	9,131	1,100	9,131	1,820	9,131
13 2005	0,615	9,808	1,402	9,808	1,402	9,808	2,182	9,808
14 2006	0,933	10,446	1,683	10,446	1,683	10,446	2,523	10,446
15 2007	1,229	11,044	1,943	11,044	1,943	11,044	2,843	11,044
16 2008	1,250	10,933	1,929	10,933	1,929	10,933	2,889	10,933
17 2009	1,267	10,741	1,913	10,741	1,913	10,741	2,933	10,741
18 2010	3,581	12,532	4,196	12,532	4,196	12,532	5,276	12,532
19 2011	3,479	11,935	4,065	11,935	4,065	11,935	5,205	11,935
20 2012	3,379	12,095	3,936	12,095	3,936	12,095	5,136	12,095
21 2013	3,281	11,607	3,811	11,607	3,811	11,607	5,071	11,607
22 2014	3,184	11,137	3,689	11,137	3,689	11,137	5,009	11,137
23 2015	3,089	10,687	3,569	10,687	3,569	10,687	4,949	10,687
24 2016	2,996	10,253	3,453	10,253	3,453	10,253	4,893	10,253
25 2017	2,904	9,837	3,340	9,837	3,340	9,837	4,840	9,837
26 2018	2,815	9,437	3,229	9,437	3,229	9,437	4,789	9,437
27 2019	2,727	9,053	3,122	9,053	3,122	9,053	4,742	9,053
28 2020	2,642	8,684	3,017	8,684	3,017	8,684	4,697	8,684
29 2021	2,922	8,330	2,916	8,330	2,916	8,330	4,656	8,330
30 2022	2,823	7,990	2,817	7,990	2,817	7,990	4,617	7,990
31 2023	2,727	7,663	2,721	7,663	2,721	7,663	4,581	7,663
32 2024	2,633	7,350	2,587	7,350	2,587	7,350	4,507	7,350
33 2025	2,543	7,048	2,463	7,048	2,463	7,048	4,443	7,048
34 2026	2,455	6,759	2,346	6,759	2,346	6,759	4,386	6,759
35 2027	2,369	6,482	2,234	6,482	2,234	6,482	4,334	6,482
36 2028	2,286	6,215	2,128	6,215	2,128	6,215	4,288	6,215
37 2029	2,206	5,959	2,027	5,959	2,027	5,959	4,247	5,959
38 2030	2,128	6,115	1,930	6,115	1,930	6,115	4,210	6,115
Summe	79,744	336,107	89,442	336,107	89,442	336,107	133,902	336,107
NN-Differenzen:	0,000	258,363	9,699	258,363	9,699	258,363	54,159	258,363

Nettonutzendifferenzen mit Referenz auf Szenario M1 (Mio. 1999er DM)

Jahr	Sz. M1		Sz. M2		Sz. M3		Sz. M4	
	Sz. M1 - Sz. M1	NN-Diff. (diskontiert, 5%)	Sz. M2 - Sz. M1	NN-Diff.	Sz. M3 - Sz. M1	NN-Diff.	Sz. M4 - Sz. M1	NN-Diff.
1993	0	5,513	0	0	0	0	0	0,060
1994	0	5,121	0	0	0	0	0	0,120
1995	0	5,445	0	0	0	0	0	0,180
1996	0	7,681	0	0	0	0	0	0,240
1997	0	7,515	0	0	0	0	0	0,300
1998	0	7,549	0	0	0	0	0	0,360
1999	0	5,992	0	0	0	0	0	0,420
2000	0	6,443	0	0	0	0	0	0,480
2001	0	6,831	0	0	0	0	0	0,540
2002	0	7,228	0	0	0	0	0	0,600
2003	0	8,506	0	0,868	0	0,868	0	1,528
2004	0	8,857	0	0,827	0	0,827	0	1,547
2005	0	9,193	0	0,787	0	0,787	0	1,567
2006	0	9,513	0	0,749	0	0,749	0	1,589
2007	0	9,815	0	0,713	0	0,713	0	1,613
2008	0	9,682	0	0,679	0	0,679	0	1,639
2009	0	9,474	0	0,646	0	0,646	0	1,666
2010	0	8,951	0	0,615	0	0,615	0	1,695
2011	0	8,456	0	0,585	0	0,585	0	1,725
2012	0	8,716	0	0,557	0	0,557	0	1,757
2013	0	8,326	0	0,531	0	0,531	0	1,791
2014	0	7,954	0	0,505	0	0,505	0	1,825
2015	0	7,598	0	0,481	0	0,481	0	1,861
2016	0	7,258	0	0,458	0	0,458	0	1,898
2017	0	6,933	0	0,436	0	0,436	0	1,936
2018	0	6,623	0	0,415	0	0,415	0	1,975
2019	0	6,326	0	0,395	0	0,395	0	2,015
2020	0	6,043	0	0,376	0	0,376	0	2,056
2021	0	5,408	0	-0,006	0	-0,006	0	1,734
2022	0	5,167	0	-0,006	0	-0,006	0	1,794
2023	0	4,937	0	-0,006	0	-0,006	0	1,854
2024	0	4,716	0	-0,047	0	-0,047	0	1,873
2025	0	4,506	0	-0,079	0	-0,079	0	1,901
2026	0	4,305	0	-0,108	0	-0,108	0	1,932
2027	0	4,112	0	-0,135	0	-0,135	0	1,965
2028	0	3,929	0	-0,158	0	-0,158	0	2,002
2029	0	3,753	0	-0,179	0	-0,179	0	2,041
2030	0	3,987	0	-0,198	0	-0,198	0	2,082
Summe	0	258,363	0	9,699	0	9,699	0	54,159

In etwas anschaulicherer Form sind die Fallstudien-Ergebnisse aus Modul 6 nachfolgend in ihrem zeitlichen Verlauf nochmals in kumulativer Form in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Hier zeigt sich für den REALO-Kontext in Abbildung 1 deutlich, dass die Szenarien R_3 und R_4 ohne zusätzlichen Kiesabbau deutlich besser abschneiden als die Varianten mit zusätzlichem Abbau. R_3 und R_4 weisen dabei die Vorteile auf, dass in einer ökonomisch nicht so günstigen Lage weder hohe Überkapazitäten entstehen noch die zusätzlichen Fixkosten einer weiteren Kiesabbaustätte zu tragen sind (wie in R_1 und R_2 der Fall). Die Einbußen durch Erreichung der Kapazitätsgrenzen in 2020 sind letztlich nicht so hoch, dass sich der Aufschluss einer zusätzlichen Abbaustätte lohnte.

Anders sieht es in Abbildung 2 für den GRÜNDERZEIT-Kontext aus, in dem sehr günstige ökonomische Rahmenbedingungen unterstellt sind. In diesem Fall sind die Szenarien G_3 und G_4 bis etwa 2011 günstiger, aber nach Erreichen der Kapazitätsgrenzen wirkt es sich letztlich im Vergleich zu den Szenarien G_1 und G_2 , in denen neue Kiesstättenaufschlüsse getätigt werden, deutlich nachteiliger aus, dass ein zusätzlicher Kiesabbau nicht stattfindet. Weiterhin zeigen beide Abbildungen, dass die Handlungsalternative 1, die zusätzlichen Kiesabbau außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete vorsieht, in beiden Entwicklungsrahmen günstiger abschneidet als die Alternative 2 mit zusätzlichem Kiesabbau im Trinkwasserschutzgebiet.

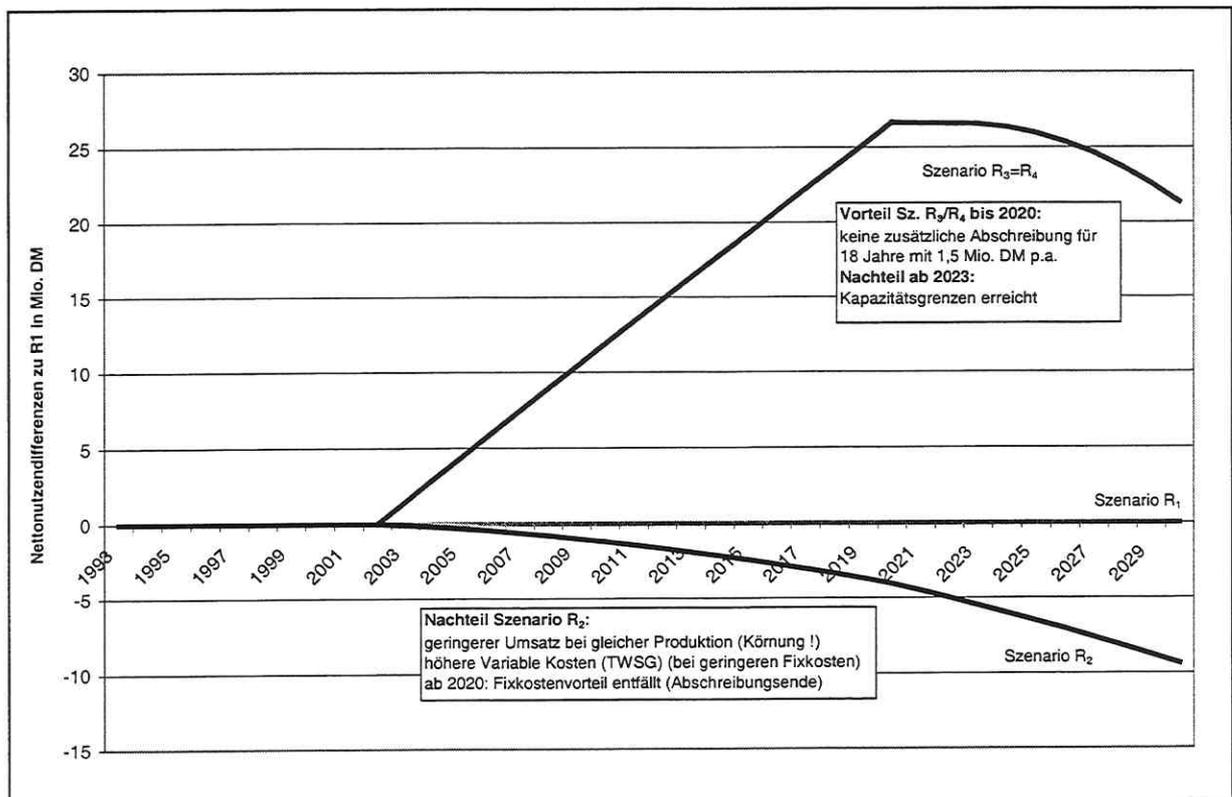


Abb. 1 Verlauf der kumulierten diskontierten Nettonutzen-Differenzen der REALO-Szenarien für Modul 6 (in Mio. DM, 1999-2030).

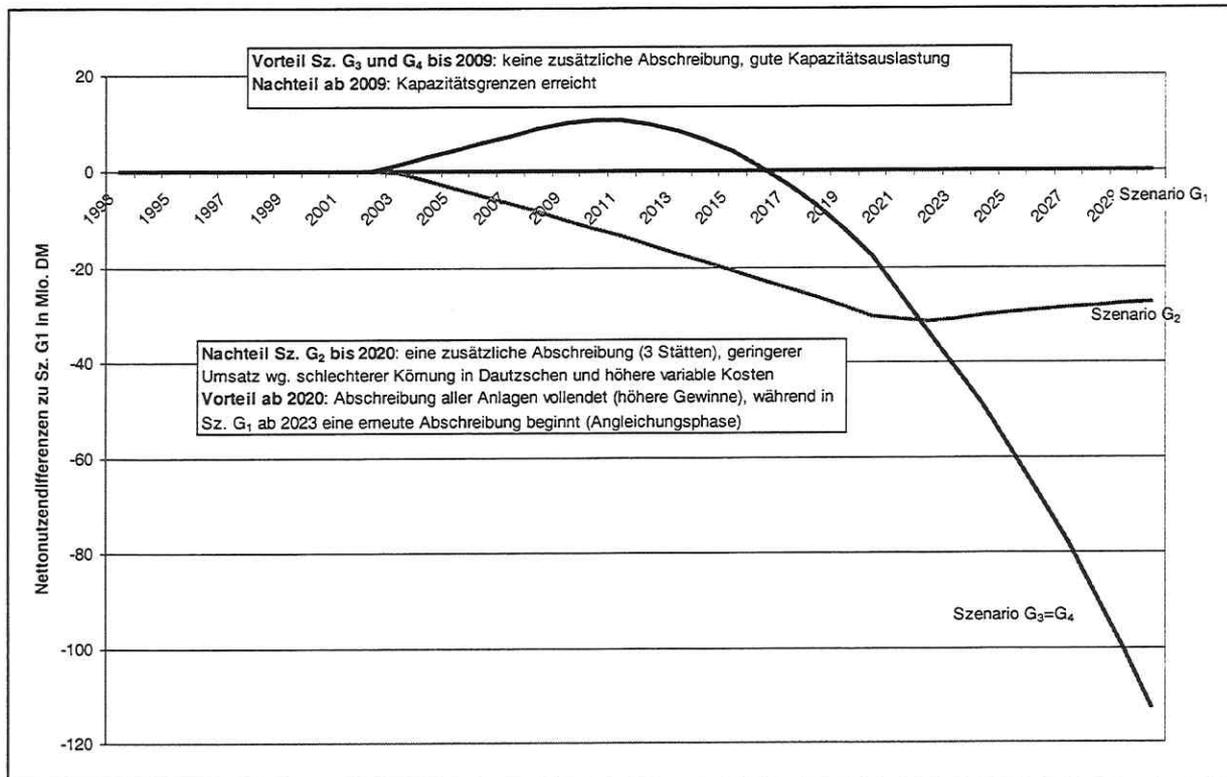


Abb. 2: Verlauf der kumulierten diskontierten Nettonutzen-Differenzen der GRÜNDERZEIT-Szenarien für Modul 6 (in Mio. DM, 1999-2030).

a.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 6

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden sechs wichtige Inputdaten variiert, um die Sensibilität des Ergebnisses auf die Datenveränderungen zu testen und um Schwankungsbreiten anzugeben, in denen sich das Endergebnis mit großer Wahrscheinlichkeit bewegen wird. Nachfolgend werden die Begründungen für die Datenvariationen erläutert und das jeweilige Ergebnis genannt. Eine Dokumentation der Sensitivitätsanalysergebnisse findet sich in den Datenblättern A16 und A17 in Kapitel 5.4. Die dort aufgeführten Ergebnisse waren in Form von Schwankungsbreiten Inputs für die Multikriterienanalyse unter Unsicherheit (vgl. Kap. 3.2).

Variation der Kiespreisentwicklung

Um die Unsicherheiten in der Preisentwicklung einzubeziehen, wurde unterstellt, dass sich die (inflationsbereinigten) Preise in einer Anpassungsphase von 8 Jahren nicht auf das wahrscheinlichste Niveau hin entwickeln, sondern es wurde für jeden Entwicklungsrahmen eine spezifische Schwankungsbreite von etwa $\pm 8-15\%$ unterstellt, die aufgrund der nachfolgenden Ausführungen als plausibel gelten kann.

Für den Entwicklungsrahmen *REALO* wurde in den Rechnungen eine Entwicklung von 1 DM pro Tonne Sand und 12 DM pro Tonne Kies (1999) auf 3 DM pro Tonne Sand und 16 DM pro Tonne Kies (207-2030) als wahrscheinlich angenommen (vgl. Messner/Geyler

2001). Damit erreicht der Durchschnittspreis nach Überwindung der Kapazitätskrise in 8 Jahren das Niveau von 9,50 DM, das dem hohen Ost-Niveau der Boomzeit 1993/94 entspricht aber noch immer unter West-Niveau liegt. Als mögliche Abweichung nach oben wird hier ein Erreichen des unteren Westniveaus (Durchschnittspreis von 10,50 DM wie in den nordwestdeutschen Bundesländern 1997) mit etwa 17 DM Kies und 4 DM Sand unterstellt.⁴⁹ Als mögliche Abweichung nach unten wurde ein durchschnittlicher Preis von 8,50 DM (15 DM Kies, 2 DM Sand) angenommen, wie er in den Nach-Boom-Jahren 1995 und 1996 im Untersuchungsgebiet anzutreffen war. Mit diesen fachlich begründeten und plausiblen Preisvariationen wurde folglich eine *Schwankung von 10,5%* um den Kiessand-Durchschnittspreis in die Rechnungen für REALO einbezogen.

Für den *Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT* wurde für den wahrscheinlichen Fall unterstellt, dass nach Überwindung der Überkapazitätskrise ein Durchschnittspreisniveau erreicht wird, das mit etwa 12 DM dem oberen Preisniveau in Westdeutschland von 1997 entspricht. Als Abweichung nach oben wurde hier das Erreichen der Spitzen-Mittelwerte in Westdeutschland von 13,80 DM in 1997 angenommen, das entspricht etwa den Preisen für Kies von 21 DM/t und 5,60 DM pro Tonne Sand. Als untere Abweichung wird das untere Preisniveau in Westdeutschland von 1997 angesetzt, das schon im realistischen Entwicklungsrahmen (allerdings als obere Abweichung) Anwendung fand (Durchschnittspreis 10,50 DM mit 17 DM Kies und 4 DM Sand). Diese Schwankungen in den Preisentwicklungen entsprechen in etwa einer *Schwankung um den wahrscheinlichen Preis nach der Anpassung um 15%*.

Für den *pessimistischen Entwicklungsrahmen SPARFLAMME* wurde im wahrscheinlichen Fall angenommen, dass das Westniveau nicht erreicht wird, sondern dass sich lediglich ein mittlerer Preis wie in den Jahren 1995/96 von durchschnittlich 8,50 DM einpendelt. Als obere Preisabweichung unter den pessimistischen Rahmenbedingungen kann der hohe Preis im Untersuchungsgebiet in den Boomjahren in Höhe von 9,50 DM (16 DM Kies und 3 DM Sand) angesetzt werden und als unterer Preis ein niedriger Preis von etwa 7,50 DM (mit 13,50 DM Kies und 1,50 DM pro Tonne Sand), wie er im Untersuchungsgebiet in den Jahren 1998/99 anzutreffen war. Diese Preisspannen entsprechen *Schwankungen von 8-12% um den wahrscheinlichsten Wert*.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zu den Nettonutzenergebnissen bei veränderten Preisentwicklungen sind den Datenblättern A16a und A17a unter der römischen Ziffer I im Anhang zu diesem Kapitel (Kap. 5.4) dokumentiert. Dabei sind die Sensitivitätsergebnisse zuerst in Bezug auf die absoluten Änderungen in Modul 6 gezeigt und anschließend in Bezug auf das Gesamtergebnis – mit absoluten Schwankungen und Prozentwerten. Es zeigen sich dabei keine größeren Ergebnisänderungen. Lediglich bei der Annahme geringerer Preise geraten einige Kiesgruben stärker in die Verlustzone, so dass sich Veränderungen von bis zu 20% einstellen. Da sich allerdings diese Schwankungen auf alle Szenarien in fast gleicher Weise auswirken, kommt es durch Preisvariationen nicht zu einer Veränderung der Reihenfolge zwischen den betrachteten Szenarien, sondern lediglich zu einer Verschiebung der Er-

⁴⁹ Mittlere Preisdaten für Kies für westdeutsche Bundesländer selbst berechnet auf Basis von Daten zu Kiesumsatz- und -produktion nach: Bundesverband für Kies und Sand 1998, Geschäftsbericht 1997/98, Duisburg.

gebniswerte in eine gleiche Richtung. Es liegt also bei den Preisdateninputs keine hohe Sensitivität hinsichtlich des Gesamtergebnisses vor.

Variation des Zeitraums zur Überwindung der Kapazitätskrise

In den Berechnungen zum Modul 6 wird hinsichtlich der wahrscheinlichen Preisentwicklung am Kiesmarkt unterstellt, dass der Kiessandpreis in den acht Jahren nach 1999 ansteigt und danach ab 2007 um ein konstantes Preisniveau fluktuiert. Der Grund für diese Annahme besteht in der gegenwärtigen Überkapazitätskrise der Kiesindustrie in Ostdeutschland, wo nach der Wende übermäßig viele Kieslagerstätten aufgeschlossen wurden. Diese Überkapazitäten werden nach und nach abgebaut werden, so dass der Angebotsüberhang verschwinden wird und sich die Preise von ihrem historischen Tiefstand erholen werden (vgl. O.V. 2001). Die Unsicherheit besteht insbesondere darin, wie lange der Abbau der Kapazitäten dauern wird. Da eine Stilllegung von Kapazitäten für Kiesabbauunternehmen bedeutet, dass kosten- und zeitaufwendige behördliche Genehmigungen aufgegeben werden und diverse Fixkosten, die in einer Stätte gebunden sind, nicht mehr amortisiert werden können, ist mit einem schnellen Kapazitätsabbau nicht zu rechnen. In Anlehnung an historische Erfahrungen mit der Überwindung von Überkapazitätskrisen im Metallbergbau (vgl. Messner 1999, S. 418 ff.) wurde eine Zeitdauer von acht Jahren als wahrscheinlich angenommen. In der Sensitivitätsanalyse wurden als mögliche Variationen Anpassungszeiträume von minimal sechs und maximal zehn Jahren in den Rechnungen berücksichtigt.

Im Ergebnis zeigen sich hierbei nur sehr geringe Effekte, sowohl in Bezug auf Modul 6 als auch für das Gesamtergebnis. Es treten Abweichungen unter einem Prozent auf und die Reihenfolgen der Szenarien wird nicht verändert. Der Anpassungszeitraum zur Krisenüberwindung ist daher kein sensitiver Dateninput hinsichtlich der Ausprägung des Endergebnisses.

Variation des Abschreibungszeitraums

Bei der Berechnung der linearen, jährlichen Abschreibungsraten für die einzelnen Kiesstätten ist in Anlehnung an Datenwerte aus der Literatur ein Abschreibungszeitraum von 18 Jahren als wahrscheinlich angenommen worden (vgl. Datenblatt 1). Auf Nachfrage bei Kiesabbauunternehmen im Torgauer Raum wurden auch längere und kürzere Zeiträume genannt. Auf dieser Grundlage wurden als Variationen des Abschreibungszeitraums untere Werte von 14 Jahren und obere Werte von 22 Jahren angesetzt.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsberechnungen finden sich in Zeile III der Datenblätter A16a und A17a in Kapitel 5.4. Es ergeben sich Ergebnisschwankungen bis zu 20% im Modul 6 und bis zu 16% im Gesamtergebnis. In diesem Fall sind die Ergebnisse für die einzelnen Szenarien teilweise gegenläufig, so dass sich z.B. für Szenario G₂ bei längeren Abschreibungszeiträumen Wertverschlechterungen einstellen und bei G₃ Verbesserungen. Zu Veränderungen der Reihenfolge kommt es aber auch in diesem Fall nicht.

Variation der Fixkosten aus der Faustformelberechnung

Die Fixkosten der Kiesabbaustätten wurden für die Berechnung der wahrscheinlichen Nettowertwerte an Hand der Faustformel aus Messner/Geyler (2001, S. 257) ermittelt. Für die Sensitivitätsanalyse wurde unterstellt, dass die Faustformel die Fixkosten möglicherweise generell über- oder unterschätzt. Hier wurde eine mögliche Schwankung von plus/minus 20% untersucht.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sind in Zeile IV der Datenblätter A16a und A17a gezeigt. Es ergeben sich Ergebnisveränderungen in Modul 6 und im Gesamtergebnis bis zu 30%. Erneut wirken sich diese Veränderungen nicht auf die Ergebnisrangfolge der Szenarien aus, da sich die Abweichungen bei allen Szenarien in die gleiche Richtung bewegen und nur geringfügige gegenläufige Verschiebungen zwischen den Szenarien eintreten.

Variation von Fixkostenwerten auf Basis eines möglichen systematischen Fehlers

Als weitere Variation bei der Ermittlung der Fixkosten wurde die Fehlermöglichkeit untersucht, dass die Fixkostenhöhe bei Kiesstätten innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten überschätzt und gleichzeitig bei Stätten außerhalb der Schutzgebiete unterschätzt werden könnten – und umgekehrt. Eine Ursache für diesen Fehler kann darin bestehen, dass die Kapitalkosten für Kiesabbaustätten innerhalb und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten wegen deutlich unterschiedlicher Kiesmächtigkeiten so verschieden sind, dass durch Anwendung der Faustformel ein systematischer Fehler begangen wird. Bei Untersuchung dieses systematischen Fehlers werden für einen oberen Wert die Fixkosten für Stätten in TWSG um 10% erhöht und für Stätten außerhalb um 10% gesenkt. Für einen unteren Wert werden die Fixkosten entsprechend in der anderen Richtung verändert.

In den Datenblättern A16a und A17a zeigen sich in der Zeile V. Ergebnisveränderungen von bis zu 55%. Wiederum aber vollziehen sich die Veränderungen bei den Szenarioergebnissen stets in die gleiche Richtung, so dass die Ergebnisreihenfolge der Szenarien nicht verändert wird.

Variation der Kiesreservemengen

Schließlich wurde noch die Reservemenge einer Stätte (außerhalb des TWSG), die laut den geologischen Untersuchungen aus dem Rahmenbetriebsplan unsichere Reservemengen aufweist, um plus/minus 20% variiert.

Wie nachzulesen in der VI Zeile der Datenblätter A16a und A17a kommt es zu Ergebnisabweichungen von bis zu 17%, aber erneut gibt es keine Rangfolgenveränderungen im Gesamtergebnis.

Zusammenfassend ist als Resultat der Sensitivitätsanalyse zu Modul 6 festzuhalten, dass eine Variation von sechs wichtigen Inputdaten zwar zu bisweilen beträchtlichen absoluten Ergebnisveränderungen führte, dass aber die Rangfolge des Endergebnisses in keinem Fall in Frage gestellt wurde. Die Berechnungen aus Modul 6 sind daher als wenig sensitiv einzustufen.

b) Modul 7: Konsumentenrente der Kiesnachfrage

b.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 7

Die Konsumentenrente der Kiesnachfrage wurde ausschließlich für das Untersuchungsgebiet berechnet. Dabei wurde die Konsumentenrente im Torgauer Raum in der Weise abgeschätzt, dass der Wohlfahrtsgewinn der lokalen Kiesnachfrage errechnet wurde, der dadurch entsteht, dass der Kiesabbau vor Ort stattfindet. Befänden sich im Untersuchungsgebiet keine Kiesabbaustätten, so wären von den Kiesnachfragern Transportaufschläge für längere Kiestransporte zu zahlen. Diese Aufschläge pro Tonne wurden für die Abschätzung der lokalen Konsumentenrente verwendet. Als alternativer Kieslieferant für den Torgauer Raum wurde die dem Untersuchungsgebiet am nächsten gelegene Stätte in Mühlberg herangezogen.

Das Vorgehen bei der Berechnung des Nettonutzens für Modul 7 wird am Beispiel des Szenarios R_1 an Hand des Datenblattes 4 beschrieben. Hier sind über der eigentlichen Tabelle zur Berechnung des Nettonutzens des Szenarios R_1 die Basisdaten der Rechnungen aufgelistet. Diese werden nachfolgend kurz erörtert, da diese Daten Annahmen und Informationen enthalten, die für das Verständnis des Ergebnisses bedeutsam sind.

Die Basisdatentabelle enthält vier Arten von Informationen. *Erstens* ist für jede Kiesabbaustätte angegeben, wie hoch der Anteil des Absatzes im Torgauer Raum ist (und auch in Zukunft sein wird). Diese Anteile wurden entweder direkt bei den Unternehmen erfragt oder aus den Rahmenbetriebsplänen entnommen. *Zweitens* sind Entfernungskilometer genannt, die jede Kiesabbaustätte vom Zentrum der Stadt Torgau entfernt liegt. Hier liegt aus Vereinfachungsgründen die Annahme zu Grunde, dass alle Kiesnachfrager aus dem Torgauer Raum den Kies zentral aus der Stadtmitte Torgaus beziehen. Die Entfernungen wurden auf Basis vorliegender Straßenkarten ermittelt. Es wird deutlich, dass der alternative Kieslieferant nicht sehr weit entfernt liegt, aber immerhin eine nahezu doppelt so hohe Entfernung nach Torgau-Stadt aufweist als die anderen Stätten. *Drittens* werden mit Bezug auf die Transportentfernungen nach Torgau-Stadt die Transportkosten pro Tonne für jede Kiesabbaustätte genannt. Hierbei wurde auf Preisangaben für den Transport von Schüttgütern aus Mercado (1995, S. 264) zurückgegriffen. Dabei wurde angenommen, dass die Transporte zu 50% mit Anhänger und zu 50% ohne Anhänger durchgeführt werden, und dass sich die Transportkosten inflationsbereinigt bis 2030 nicht verändern. *Viertens* ist schließlich der Transportkostenaufschlag für einen alternativen Kieslieferanten außerhalb des Torgauer Raumes pro Tonne Kies für jede der Torgauer Kiesstätten aufgeführt, der sich jeweils aus der Differenz der Transportkosten pro Tonne der Torgauer Stätten und der alternativen Kiesgrube in Mühlberg ergibt.

Datenblatt 4: Ermittlung des Wohlfahrtsgewinns der Kiesnachfrage für Szenario R₁ (REALO) für Modul 7

Basisdaten: Belieferung des Torgauer Raums durch Kiesstätten:

	Anteil	Entfernung (km)	Transportkostent/	Transportaufschlag durch alternativen Lieferant (pro Tonne)
Liebersee	5%	18	10,35 DM	4,50 DM
Arzberg	6%	13	8,80 DM	6,05 DM
Dautzsch	6%	12	8,10 DM	6,75 DM
Mühlberg (pot. Lieferant)		30	14,85 DM	

(Quelle: Mercado 1995, S. 264) Diskontifikator: 1,05

t	Liebersee			Arzberg-Blumberg			13	14	15	16	17
	Mio. t Absatz	Absatz in Torgau in t	undiskontierter Konsumenten- gewinn (marginal)	Mio. t Absatz	Absatz in Torgau in t	undiskontierter Konsumenten- gewinn (marginal)					
1	1,63	0,082	0,367	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,367	0,349
2	1,80	0,090	0,405	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,405	0,367
3	1,95	0,090	0,405	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,405	0,350
4	1,96	0,065	0,293	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,293	0,241
5	1,30	0,065	0,293	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,293	0,229
6	1,30	0,065	0,293	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,293	0,218
7	1,99	0,065	0,293	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,293	0,208
8	2,00	0,066	0,299	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,066	0,299	0,202
9	2,00	0,069	0,310	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,069	0,310	0,200
10	2,02	0,071	0,318	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,071	0,318	0,195
11	2,03	0,062	0,280	0,20	0,012	0,073	0,20	0,042	0,074	0,352	0,206
12	2,04	0,063	0,283	0,21	0,013	0,078	0,21	0,043	0,076	0,360	0,201
13	2,05	0,064	0,286	0,23	0,014	0,083	0,23	0,044	0,077	0,369	0,195
14	2,06	0,064	0,289	0,24	0,015	0,088	0,24	0,044	0,079	0,377	0,190
15	2,07	0,065	0,292	0,26	0,015	0,093	0,26	0,045	0,080	0,385	0,185
16	2,08	0,066	0,295	0,27	0,016	0,098	0,27	0,045	0,082	0,393	0,180
17	2,09	0,066	0,298	0,28	0,017	0,103	0,28	0,045	0,083	0,402	0,175
18	2,10	0,067	0,302	0,30	0,018	0,108	0,30	0,045	0,085	0,410	0,170
19	2,11	0,068	0,305	0,31	0,019	0,113	0,31	0,045	0,086	0,418	0,165
20	2,12	0,068	0,308	0,33	0,020	0,118	0,33	0,045	0,088	0,426	0,161
21	2,13	0,069	0,311	0,34	0,020	0,124	0,34	0,044	0,090	0,435	0,156
22	2,14	0,070	0,314	0,35	0,021	0,129	0,35	0,044	0,091	0,443	0,151
23	2,15	0,071	0,317	0,37	0,022	0,134	0,37	0,044	0,093	0,451	0,147
24	2,16	0,071	0,321	0,38	0,023	0,139	0,38	0,043	0,094	0,459	0,142
25	2,17	0,072	0,324	0,40	0,024	0,144	0,40	0,042	0,096	0,468	0,138
26	2,18	0,073	0,327	0,41	0,025	0,149	0,41	0,042	0,097	0,476	0,134
27	2,19	0,073	0,330	0,42	0,025	0,154	0,42	0,041	0,099	0,484	0,130
28	2,20	0,074	0,333	0,44	0,026	0,159	0,44	0,041	0,100	0,492	0,126
29	2,21	0,075	0,336	0,45	0,027	0,164	0,45	0,040	0,102	0,501	0,122
30	2,22	0,075	0,339	0,47	0,028	0,169	0,47	0,039	0,103	0,509	0,118
31	2,23	0,076	0,343	0,48	0,029	0,174	0,48	0,038	0,105	0,517	0,114
32	2,24	0,077	0,346	0,49	0,030	0,180	0,49	0,038	0,107	0,525	0,110
33	2,25	0,078	0,349	0,51	0,031	0,185	0,51	0,037	0,108	0,534	0,107
34	2,26	0,078	0,352	0,52	0,031	0,190	0,52	0,036	0,110	0,542	0,103
35	2,27	0,079	0,355	0,54	0,032	0,195	0,54	0,035	0,111	0,550	0,100
36	2,28	0,080	0,358	0,55	0,033	0,200	0,55	0,035	0,113	0,558	0,096
37	2,29	0,080	0,362	0,56	0,034	0,205	0,56	0,034	0,114	0,567	0,093
38	2,30	0,081	0,365	0,58	0,035	0,210	0,58	0,033	0,116	0,575	0,090
	54,64	2,73	12,293	10,904	0,654	3,958	1,149	3,386	16,251	6,566	

Basierend auf diesen Daten wurde in dem Datenblatt 4 der Nettonutzen für das Szenario R₁ berechnet. In den Spalten 4 und 12 sind jeweils die Absatzmengen angegeben, die pro Jahr aus den Kiesstätten in das Untersuchungsgebiet geliefert werden, und für die im Torgauer Raum ein Wohlfahrtsgewinn entsteht. Der Konsumentenrentengewinn in den Spalten 5 und 13 wurde errechnet als Produkt des Absatzes im Torgauer Raum (Spalten 4 und 12) und des kiesstättenspezifischen Transportaufschlages durch die Alternativkiesgrube in Mühlberg (aus der Basistabelle). Die Spalten 6 und 14 zeigen schließlich die diskontierten Werte bei einer sozialen Diskontrate von 5%. Werden die Ergebniswerte für die einzelnen Kiesstätten aufsummiert, ergeben sich die Ergebnisspalten 16 und 17. Analog wurden die Nettonutzen für alle anderen Szenarien berechnet.

Zur Dokumentation der Ergebnisse für Modul 7 sind die Ergebnistabellen mit diskontierten und undiskontierten Gesamtnettonutzenwerten und Nettonutzen-Differenzen für REALO und GRÜNDERZEIT im Datenblatt A7 des Anhangs (Kap. 5.4) aufgeführt.

b.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 7

Zur Ermittlung der unsicherheitsbedingten Schwankungsbreite wurden ausschließlich die Daten zu den Transportkosten variiert, da alle anderen Dateninputs mit eher geringen Fehlern verbunden sind. Dabei wurde für eine untere Kostengrenze ein Transportkostensatz angesetzt, der sich bei ausschließlicher Verwendung von Kies-LKW mit Anhängern (Zugsätzen) ergibt. Für die obere Kostengrenze wird hingegen von einem Transport ohne Zugsätze ausgegangen. Wie der Datenquelle für die Transportkosten (Mercado 1995, S 264) zu entnehmen ist, sind die Kostenunterschiede zwischen Kiestransport mit und ohne Zugsatz durchaus beträchtlich. So ist ein Kiestransport über 30 km um mehr als 70% teurer, wenn er nicht mit Zugsätzen transportiert wird.

Die Auswirkungen der Transportkostenvariationen auf die Modul- und Endergebnisse der Szenarien lassen sich der Zeile VII in den Datenblättern A16b und A17b im Anhang (Kap. 5.4) entnehmen. Dabei wird deutlich, dass sich im Modul 7 Ergebnisabweichungen von über 100% einstellen. Angesichts der aber eher geringen Ergebniswerte in Modul 7 schlagen sich diese Schwankungen im Endergebnis nicht in dieser Form nieder, sondern bewirken dort nur Veränderungen bis maximal 3%, wodurch die Ergebnisreihenfolge der Szenarien nicht berührt wird.

c) Modul 8: Opportunitätskosten des Kiesabbaus

c.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 8

Die im Abbau befindlichen sowie für den Abbau beantragten Kieslagerstätten, die den Szenariorechnungen in der Fallstudie zu Grunde lagen, befinden sich in Gebieten mit landwirtschaftlicher Nutzung. Durch den Kiesabbau sind nicht nur in der Kieswirtschaft erzielte Gewinne, sondern auch die der Landwirtschaft entstehenden Gewinneinbußen zu berücksichtigen. Diese wurden beim Erwerb der Flächen nicht ausreichend berücksichtigt, da alle Kiesstätten, die in der Fallstudie betrachtet werden, noch unter der alten Rechtsprechung als berg-

freie Rohstoffe behandelt wurden. Das bedeutet, dass die Landwirte bei der Veräußerung der Flächen nur geringe Verhandlungsspielräume hatten und zu den regional üblichen niedrigen Landpreisen verkaufen mussten (vgl. AG KABE 2000, S. 29-30). Die Opportunitätskosten der Landnutzung durch landwirtschaftliche Bearbeitung wurden daher nicht ausreichend durch die Flächenpreise, die Teil der Fixkosten der Kiesabbauunternehmen sind, abgedeckt. Diese Opportunitätskosten wurden in Modul 8 berechnet.

Der der Landwirtschaft entgangene Nettonutzen ($NN_{\text{modul 8}}$) als Inputgröße für das Modul 8 wurde – ebenso wie im Kapitel 4.4.1 – als Flächeneinkommen ermittelt, das auf einer modifizierten Deckungsbeitragsberechnung basiert, die in Kapitel 4.4.1 und 5.1 ausführlich erläutert ist. Der Verlust an Nettonutzen wurde dabei wie folgt berechnet:

$$NN_{\text{modul 8}} = \sum \sum (LF_{it} * nn_k), \quad (1)$$

wobei:

LF_{it}	–	Verlust an landwirtschaftlicher Fläche durch Kiesabbaustätte i im Jahre t
i	–	Index zur Kennzeichnung der Kiesstätte 1 bis 4 (vgl. Tab. 1)
t	–	Simulationszeitraum von $t = 1993$ bis $t = 2030$
nn_k	–	Hektarbezogenes Flächeneinkommen auf Böden der Art k
k	–	Index zur Kennzeichnung der Bodenart $k = 1$ (Elbaue) und $k = 2$ (Heide)

Der Berechnung des szenarienbezogenen Nettonutzens lagen dabei folgende Daten bzw. Annahmen zu Grunde:

1. Für die der Landwirtschaft entzogenen Flächen wurden die Informationen aus den Unterlagen für die Planfeststellungsverfahren herangezogen. Sie lagen szenarienbezogen für die in der Tabelle 1 aufgeführten Kiesstätten und jahresbezogen für den Zeitraum 1993 bis 2030 vor.
2. Der hektarbezogene, auf dem Flächeneinkommen beruhende Nettonutzen wurde – entsprechend den Informationen aus den Rahmenbetriebsplänen – nur für die Bewirtschaftung auf Ackerland betrachtet. Aufgrund der Lage der Kiesabbaustätten erfolgte eine Differenzierung der Einkommen nach Elbaue und Heide.
3. Dominierende Bewirtschaftungsform – entsprechend der Rahmenbetriebspläne – ist der konventionelle Landbau. Da es sich um relativ geringe Flächen für den Kiesabbau handelt, erfolgte keine weitere Differenzierung der Bewirtschaftungsformen über den Untersuchungszeitraum. Diese Annahme wird auch dadurch unterstützt, dass Aueböden überwiegen und auf solchen, eine höhere Ackerzahl aufweisenden Böden in den meisten Fällen konventioneller Landbau betrieben wird.
4. Da die Kieslagerstätten Liebersee, Arzberg-Blumberg und Arzberg-Kötten außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten liegen, waren als hektarbezogene Flächeneinkommen auf Ackerland mit konventionellem Landbau in der Elbaue 575 DM/ha und im Heidegebiet 233 DM/ha anzusetzen. Handelte es sich – wie im Falle von R_2 und G_2 – um die Erschließung der in der Elbaue liegenden Kieslagerstätte Dautzchen, wurde von einem hektarbe-

zogenen Flächeneinkommen von 575 DM/ha ausgegangen (vgl. für Daten zu Flächeneinkommen Kap. 4.4.1). Diese Fläche lag zwar bis 8. Januar 2001 im Trinkwasserschutzgebiet, aber ihre Erschließung beginnt erst ab 2003 und damit nach Aufhebung des Trinkwasserschutzgebietes. Demzufolge wurden nur hektarbezogene Flächeneinkommen außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten für die Kieslagerstätte Dautzchen als Datengrundlage benötigt.

Der absolute Verlust an Nettonutzen von 1993 bis 2030, der der Landwirtschaft infolge des Kiesabbaus in den verschiedenen Szenarien entsteht und unter der Bedingung des konventionellen Landbaus auf Ackerland in Abhängigkeit von der Bodenart für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT ermittelt wurde, geht aus den Abbildungen 3 und 4 hervor. Die Ergebnisse zur Ermittlung der Nettonutzen-Differenzen zwischen den Szenarien sind im Datenblatt A8 in Kapitel 5.4 dokumentiert.

Tab. 1: Im Abbau befindliche und für den Abbau beantragte Kieslagerstätten im Torgauer Raum.

Szenarien	Kieslagerstätten				Landwirtschaftliche Nutzfläche für Kiesabbau von 1992 bis 2030 [ha]
	1	2	3	4	
	Dautzchen	Arzberg-Kötten	Arzberg-Blumberg	Liebersee	
	Bodenart				
	Elbaue	Heide	Heide	Elbaue	
S ₁	0	0	0	x	142,98
S ₂	0	0	0	x	142,98
S ₃	0	0	0	x	142,98
S ₄	0	0	0	x	142,98
R ₁	0	0	+	x	184,95
R ₂	+	0	0	x	164,47
R ₃	0	0	0	x	168,49
R ₄	0	0	0	x	168,49
G ₁	0	+	+	x	249,09
G ₂	+	0	+	x	233,94
G ₃	0	0	0	x	170,49
G ₄	0	0	0	x	170,49

x in Abbau befindlich; + zusätzlicher Abbau; 0 kein Abbau

c.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 8

Mögliche Quellen und Gründe für die Berechnung von Schwankungsbreiten sind einerseits die Unsicherheiten über die zukünftige Preisentwicklung landwirtschaftlicher Produkte, andererseits die Unsicherheit darüber, zu welchem Anteil die landwirtschaftlichen Verluste bereits im Kaufpreis der Flächen Berücksichtigung fanden. Da sich bei Betrachtung der Ergebnisse (Datenblatt A8) zeigt, dass diese in Hinblick auf das Gesamtergebnis im marginalen Bereich liegen, wurde pauschal eine recht große Unsicherheitsspanne von $\pm 50\%$ angesetzt. Die resultierenden Auswirkungen auf das Gesamtergebnis sind der Zeile VIII in den Datenblättern A16b und A17b in Kapitel 5.4 zu entnehmen. Sie liegen ganz allgemein im Promillebereich und weisen maximale Auswirkungen von 0,1% auf. Sowohl die Unsicherheitsquellen als auch das gesamte Modul 8 besitzen daher für das Gesamtergebnis keine große Bedeutung.

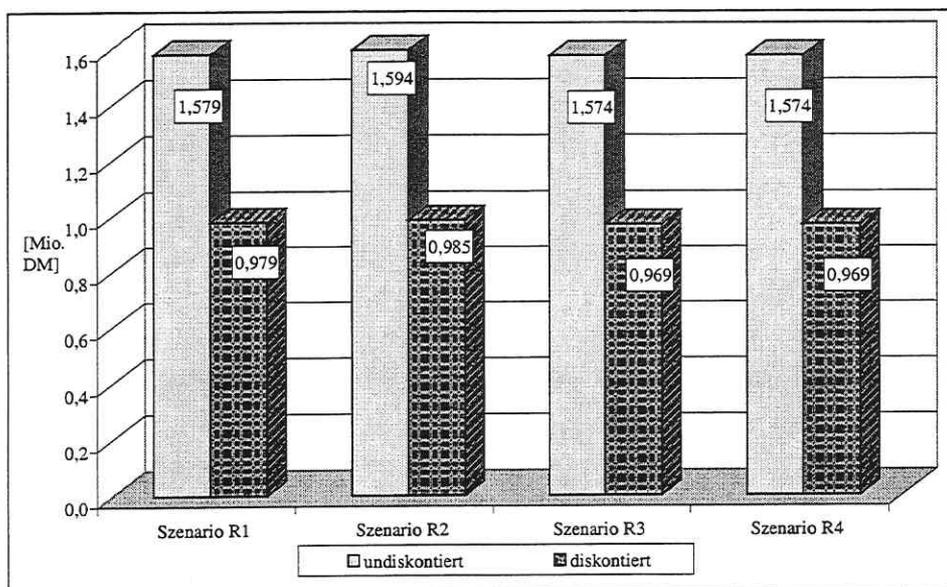


Abb. 3: Verlust an Nettonutzen der Landwirtschaft durch Kiesabbau im Torgauer Raum im Zeitraum von 1993 bis 2030 für die REALO-Szenarien.

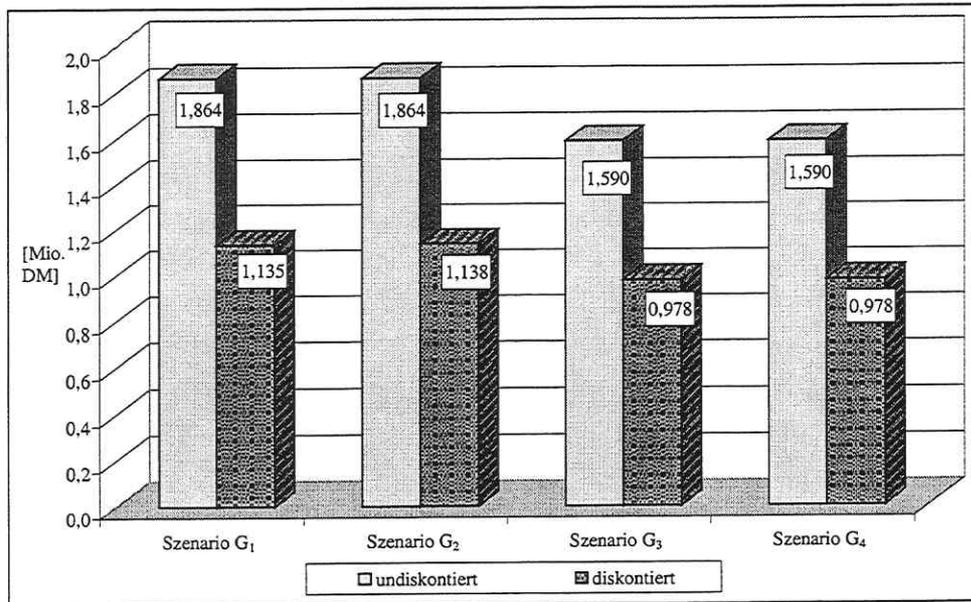


Abb. 4: Verlust an Nettonutzen der Landwirtschaft durch Kiesabbau im Torgauer Raum im Zeitraum von 1993 bis 2030 für die GRÜNDERZEIT-Szenarien.

d) Modul 9: Externe Kosten durch Transportemissionen

d.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 9

Bei der Ermittlung der Wohlfahrtseffekte, die durch die Emission von Luftschadstoffen beim Kiestransport im Torgauer Raum entstehen, wurde in drei Schritten vorgegangen:

1. Ermittlung der externen Kosten in DM pro Tonnenkilometer für die Luftschadstoffe
2. Berechnung der durchschnittlichen Tonnenkilometer für jede Kiesabbaustätte für den Transport einer Kiesladung.
3. Abschließende Berechnung der Wohlfahrtsverluste durch Schadstoffemissionen des Kiestransportes aus 1. und 2.

ad 1: Ermittlung der externen Kosten in DM pro Tonnenkilometer für die Luftschadstoffe

Wie bereits in Messner/Geyler (2001, S. 261 ff.) ausgeführt und begründet, wurden die externen Kosten der Emission von Luftschadstoffen pro Tonnenkilometer (K_{ex}/tkm) auf der Basis von Vermeidungskosten der Luftverschmutzung (K_{ex}) und Emissionsfaktoren aus dem Verkehrsemissionsmodell TREMOD des Umweltbundesamtes nach folgender Formel berechnet:

$$K_{ex}/tkm \text{ [DM/tkm]} = \text{Emissionsfaktor [t/tkm]} \times K_{ex} \text{ [DM/t]} \quad (2)$$

Die dafür notwendigen Datengrundlagen sind in Tabelle 6 in Messner/Geyler (2001, S. 262) aufgelistet. Durch Multiplikation der Vermeidungskosten für einen Luftschadstoff mit dem Emissionsfaktor für ein Transportmittel wurden die externen Kosten in DM/tkm für die einzelnen Schadstoffe pro Transportmittel zuerst getrennt ermittelt. Danach wurden die Werte der einzelnen Schadstoffe aufaddiert, um die gesamten externen Kosten der Luftschadstoffbelastung pro Transportmittel zu erhalten. Aus diesen Rechnungen ergab sich ein Wert für die externen Kosten der Luftbelastung durch LKW in Höhe von 0,3 Pf/tkm und durch Binnenschiffe in Höhe von 0,21 Pf/tkm. Berücksichtigt wurden dabei die Luftschadstoffe Kohlenmonoxid (CO), die Gruppe der Kohlenwasserstoffe (HC), Stickstoffverbindungen (NO_x), Partikel und Schwefeldioxid (SO₂). Wesentliche Annahmen der Rechnungen waren, dass die Vermeidungskosten als gute Approximation der Schadenskosten gelten können und diese Kosten in der Zukunft pro Emissionseinheit relativ stabil bleiben. Hinsichtlich der Emissionsfaktoren wurden die Werte von 1999 zu Grunde gelegt, so dass damit unterstellt ist, dass die Emissionsfaktoren bis 2030 konstant bleiben. Angesichts der Tatsache, dass in der Tendenz die Schadenskosten pro Emissionseinheit bei steigender Luftbelastung eher steigen werden, während gleichzeitig bei den Emissionsfaktoren der Transportmittel in Zukunft noch mit weiteren Abnahmen zu rechnen ist, wurde die Nutzung der aktuellen 1999er Werte für beide Datengruppen damit gerechtfertigt, dass sich die möglichen Veränderungen über die Zeit im Trend weitgehend gegenseitig kompensieren werden.

ad 2: Berechnung der durchschnittlichen Tonnenkilometer für jede Kiesabbaustätte für den Transport einer Kiesladung

In diesem zweiten Rechenschritt wurde für jede Kiesabbaustätte berechnet, wie viele Tonnenkilometer durchschnittlich pro Kiestransport im Untersuchungsgebiet zurückgelegt werden.⁵⁰ Die Rechnungen und Annahmen werden mit Hilfe des Datenblattes 5 am Beispiel des Szenarios R₁ erläutert.

Unterstellt wurde die Verwendung von LKW mit einer Kapazität von durchschnittlich 28,5 t und von Motorgüterschiffen mit einer Kapazität von 800 t. Die Transportziele und die Verteilung des Absatzes auf diese Ziele wurden auf Basis von Angaben in den Rahmenbetriebsplänen und von persönlichen Mitteilungen der Kiesunternehmen festgelegt. Auf dieser Informationsgrundlage wurden für jeden Zielort Transportrouten ermittelt und Entfernungskilometer innerhalb des Untersuchungsgebietes für jede Kiesabbaustätte berechnet. Durch Multiplikation der Kilometerzahlen für jeden Zielort mit dem Anteil der Transportverteilung und anschließender Aufsummierung der Werte für alle Zielorte wurde für jede Kiesstätte eine durchschnittliche Transportstrecke berechnet, die im Mittel pro Transportfahrt im Untersuchungsgebiet getätigt wird. Die durchschnittlichen Tonnenkilometer pro Strecke wurden letztlich durch Multiplikation der durchschnittlich gefahrenen Kilometer pro Transport bei

⁵⁰ Es sei nochmals daran erinnert, dass in der Fallstudie ausschließlich die Wohlfahrtseffekte ermittelt wurden, die innerhalb des Torgauer Raumes auftreten (regionaler Wohlfahrtseffekt) und nicht die Effekte außerhalb des Untersuchungsgebietes (vgl. dazu Messner/Geyler 2001: S. 239).

halber Ausnutzung der Ladekapazität des Transportmittels berechnet. Durch Ansetzung der halben Ladekapazität wurde berücksichtigt, dass die Rückfahrt ohne Ladung erfolgt.

Auf diese Weise wurden die im Datenblatt 5 dokumentierten durchschnittlichen Tonnenkilometer pro Transportstrecke für die einzelnen Kiesstätten ermittelt. Auffällig ist dabei der geringe Wert für die Stätte in Arzberg, der sich daraus erklärt, dass sie nahe an der Grenze des Untersuchungsgebietes gelegen ist und daher oft nur kurze Fahrten durch den Torgauer Raum auftreten. Auffällig ist auch die hohe Tonnenkilometerzahl für den Schifftransport von der Stätte Dautzschen. Diese ist durch die hohe Kapazität der Binnenschiffe begründet, die gleichzeitig mit sich bringt, dass insgesamt weniger Fahrten für den Kiestransport notwendig sind.

ad 3: Abschließende Berechnung der Wohlfahrtsverluste durch Schadstoffemissionen des Kiestransportes

Diese Berechnung wird an Hand des Datenblattes 6 am Beispiel von Szenario R_1 erläutert. Auf Basis der Annahmen und Daten aus Datenblatt 5 wurden zu Beginn die Anzahl der Transporte pro Jahr für jede Kiesstätte berechnet (Spalten 4 und 9), wobei in den Rechnungen die Absatzmengen pro Jahr (Spalten 3 und 8), die Kapazitäten der Transportmittel und die Leerfahrten berücksichtigt wurden. Multipliziert mit den durchschnittlichen Tonnenkilometern pro Transportfahrt aus Datenblatt 5 ergeben sich für jede Kiesstätte die durchschnittlichen Tonnenkilometer, die pro Jahr im Torgauer Raum getätigt werden (Spalten 5 und 10).

Der undiskontierte Wohlfahrtsverlust durch Schadstoffemissionen des Kiestransportes pro Kiesstätte (Spalten 6 und 11) ergibt sich schließlich durch Multiplikation der jährlichen Tonnenkilometer pro Stätte mit den externen Kosten in DM pro Tonnenkilometer, die unter ad 1 berechnet wurden. Die Werte sind negativ, da es sich um Verluste handelt. Die diskontierten Werte finden sich in den Spalten 7 und 12, während das diskontierte und undiskontierte Endergebnis für das gesamte Szenario in den Spalten 13 und 14 ermittelt wird, in denen die entsprechenden Werte für die einzelnen Kiesstätten aufaddiert werden.

Die Endergebnisse für alle Szenarien und die daraus berechneten Nettonutzen-Differenzen sind im Anhang (Kap. 5.4) im Datenblatt A9 dokumentiert.

Datenblatt 5: Ermittlung der Tonnenkilometer pro Kiesstätte für den Transport einer Kiesladung per LKW oder Schiff (Modul 9)

grundlegende Annahmen:			
genutzte LKW		genutzte Motorgüterschiffe (MGS)	
Kapazität in t:	28,5	Kapazität in t:	800
Leergewicht in t:	10	Leergewicht in t:	270

Leergewicht nicht relevant, gerechnet wird immer mit halbbeladenen LKW

Ermittlung der Tonnen-km pro Stätte für den Transport einer LKW-Ladung (28 Tonner, durchschnittlich mit 14 Tonnen beladen) bzw. einer Schiffsladung (500t Kap+300t Leergewicht)
(Durchschnittliche tkm pro einfacher Fahrt im Untersuchungsgebiet - außerhalb bleibt unberücksichtigt)

Liebersee: 100% des Transportes per LKW			
Transportverteilung	Transportziel	km-Zahl in Torgau	
5%	Torgau	18,00	B 182 bis zum Zentrum
45%	Richtung Berlin	32,00	B 182 bis Torgau, dann B87 Richtung Herzberg und Autobahn Cottbus-Berlin
50%	Richtung Chermnitz	6,00	B182 Richtung Riesa
daraus ergibt sich: km pro Strecke		tkm pro Strecke (nur hin oder nur zurück!)	
18,3		<u>260,78 tkm</u>	

Arzberg: 100% des Transportes per LKW			
Transportverteilung	Transportziel	km-Zahl in Torgau	
6%	Raum Torgau	13,00	B 183 bis zum Zentrum
34%	Rtg. Herzberg, Berlin	16	B183 Richtung Torgau, S245 über Bellrode, B87 Richtung Herzberg, Autobahn
25%	Richtung Süden	7	K8915 Richtung Süden (laut RBP)
35%	Richtung Osten	1,50	B183 Richtung Osten
daraus ergibt sich: km pro Strecke		tkm pro Strecke:	
8,50		<u>121,05</u>	

Dautzschen: 80% Verschiffung (Richtung Riesa und Berlin), 70% der LKWs Richtung Herzberg auf B87, Rest Richtung Zentrum), (Quelle: Rahmenbetriebsplan)

Verschiffung 80%, davon			
Transportverteilung	Transportziel	km-Zahl in Torgau	
50%	Richtung Norden	11,00	
50%	Richtung Süden	38,00	
tkm pro Strecke:		tkm pro Strecke:	
24,5		<u>9.800 tkm</u>	
daraus ergibt sich: Schiffs-km pro Strecke			
LKW-Transport 20%, davon			
LKW-			
70%	Richtung Herzberg	15,00	S25 nach Zwethau und dann B87 Richtung Herzberg
30%	Richtung Torgau	12,00	S25 nach Zwethau und dann B87 Richtung Torgau-Zentrum/Herzberg
daraus ergibt sich: km pro Strecke		tkm pro Strecke:	
14,10		<u>200,93 tkm</u>	

Alle Werte zu tkm pro Strecke beziehen sich nur auf einen Weg, wobei die Leer- und Vollfahrten allerdings bereits eingerechnet sind und hier Durchschnitts-tkm gemeint sind. Die Anzahl der Fahrten werden erst im Datenblatt 6 eingerechnet.

Datenblatt 6: Ermittlung des Wohlfahrtsverlustes durch Luftemissionen des Kiestransports in Torgau für Szenario R₁ (Modul 9)

Alle Wohlfahrtswerte werden mit Minuszeichen ausgedrückt, da es sich um Schäden handelt !!!

t	Liebersee I-III		Arzberg-Blumberg		1,05		11		12	
	3	4	5	7	8	9	10	11	12	
	mio. t Absatz	Anzahl der Transporte pro Jahr mit 28,5-Tonner (inkl. Leerfahrten)	Anzahl der km pro Jahr im Torgauer Raum (inkl. Leerfahrten)	Mio. DM diskontierter Wohlfahrtsverlust	mio. t Absatz	Anzahl der Transporte pro Jahr mit 28,5-Tonner (inkl. Leerfahrten)	Anzahl der km pro Jahr im Torgauer Raum (inkl. Leerfahrten)	Mio. DM externe Kosten Luftemissionen undiskontierter Wohlfahrtsverlust in T.	Mio. DM diskontierter Wohlfahrtsverlust	
1993	1,63	114.386	29.829.000	-0,085	0	0	0	0	0	
1994	1,80	126.316	32.940.000	-0,089	0	0	0	0	0	
1995	1,80	126.316	32.940.000	-0,085	0	0	0	0	0	
1996	1,30	91.228	23.790.000	-0,058	0	0	0	0	0	
1997	1,30	91.228	23.790.000	-0,056	0	0	0	0	0	
1998	1,30	91.228	23.790.000	-0,053	0	0	0	0	0	
1999	1,30	91.228	23.790.000	-0,051	0	0	0	0	0	
2000	1,33	93.198	24.303.581	-0,049	0	0	0	0	0	
2001	1,38	96.570	25.183.161	-0,049	0	0	0	0	0	
2002	1,41	99.242	25.879.742	-0,047	0	0	0	0	0	
2003	1,24	87.176	22.733.323	-0,040	0,20	14.035	1.699.000	-0,005	-0,003	
2004	1,26	88.161	22.990.113	-0,038	0,21	15.020	1.818.204	-0,005	-0,003	
2005	1,27	89.145	23.246.903	-0,037	0,23	16.005	1.937.408	-0,006	-0,003	
2006	1,28	90.130	23.503.694	-0,035	0,24	16.989	2.056.612	-0,006	-0,003	
2007	1,30	91.115	23.760.484	-0,034	0,26	17.974	2.175.816	-0,007	-0,003	
2008	1,31	92.100	24.017.274	-0,033	0,27	18.959	2.295.020	-0,007	-0,003	
2009	1,33	93.084	24.274.065	-0,032	0,28	19.943	2.414.224	-0,007	-0,003	
2010	1,34	94.069	24.530.855	-0,030	0,30	20.928	2.533.428	-0,008	-0,003	
2011	1,35	95.054	24.787.645	-0,029	0,31	21.913	2.652.632	-0,008	-0,003	
2012	1,37	96.038	25.044.435	-0,028	0,33	22.898	2.771.836	-0,008	-0,003	
2013	1,38	97.023	25.301.226	-0,027	0,34	23.882	2.891.040	-0,009	-0,003	
2014	1,40	98.008	25.558.016	-0,026	0,35	24.867	3.010.244	-0,009	-0,003	
2015	1,41	98.993	25.814.806	-0,025	0,37	25.852	3.129.448	-0,009	-0,003	
2016	1,42	99.977	26.071.597	-0,024	0,38	26.836	3.248.652	-0,010	-0,003	
2017	1,44	100.962	26.328.387	-0,023	0,40	27.821	3.367.856	-0,010	-0,003	
2018	1,45	101.947	26.585.177	-0,022	0,41	28.806	3.487.060	-0,010	-0,003	
2019	1,47	102.932	26.841.968	-0,021	0,42	29.791	3.606.265	-0,011	-0,003	
2020	1,48	103.916	27.098.758	-0,021	0,44	30.775	3.725.469	-0,011	-0,003	
2021	1,49	104.901	27.355.548	-0,020	0,45	31.760	3.844.673	-0,011	-0,003	
2022	1,51	105.886	27.612.339	-0,019	0,47	32.745	3.963.877	-0,012	-0,003	
2023	1,52	106.870	27.869.129	-0,018	0,48	33.729	4.083.081	-0,012	-0,003	
2024	1,54	107.855	28.125.919	-0,018	0,49	34.714	4.202.285	-0,013	-0,003	
2025	1,55	108.840	28.382.710	-0,017	0,51	35.699	4.321.489	-0,013	-0,003	
2026	1,57	109.825	28.639.500	-0,016	0,52	36.684	4.440.693	-0,013	-0,003	
2027	1,58	110.809	28.896.290	-0,016	0,54	37.668	4.559.897	-0,014	-0,002	
2028	1,59	111.794	29.153.081	-0,015	0,55	38.653	4.679.101	-0,014	-0,002	
2029	1,61	112.779	29.409.871	-0,014	0,56	39.638	4.798.305	-0,014	-0,002	
2030	1,62	113.763	29.666.661	-0,014	0,58	40.623	4.917.509	-0,015	-0,002	
		54,64		-1,316	10,904			-0,277	-0,080	

d.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 9

Mögliche Quellen und Gründe für die Berechnung von Schwankungsbreiten für Modul 9 sind Unsicherheiten über zukünftige Emissionsfaktoren, Emissionsschäden, Transportziele, Transportverteilung und die Kapazitäten der Transportmittel in der Zukunft. Da sich bei Betrachtung der Ergebnisse in den Datenblättern A9 im Anhang zeigt, dass diese in Hinblick auf das Gesamtergebnis im marginalen Bereich liegen, wurde – wie schon in Modul 8 – eine recht große Unsicherheitsspanne von $\pm 50\%$ angesetzt. Die resultierenden Auswirkungen auf das Gesamtergebnis sind der Zeile IX der Datenblätter A16b und A17b in Kapitel 5.4 zu entnehmen. Sie liegen bei den REALO-Szenarien im Bereich von 1% und bei den GRÜNDERZEIT-Szenarien zwischen 0,1% und 0,2%. Sowohl die Unsicherheitsquellen als auch das gesamte Modul 9 hat daher für das Gesamtergebnis keine allzu große Bedeutung.

e) Modul 10: Externe Kosten durch Straßenabnutzung infolge Transport

Nicht nur durch die Emissionen des Kiestransportes entstehen Wohlfahrtsverluste, sondern auch die Straßenabnutzung durch den kiestransportbedingten Schwerverkehr führt zu Kosten, die sich entweder in schlechteren Straßenbedingungen oder in höheren Straßenbauinvestitionen der öffentlichen Hand manifestieren.

Da der Kiestransport im Torgauer Raum jedoch fast ausschließlich auf Bundesstraßen abgewickelt wird, für deren Instandhaltungskosten der Bund zuständig ist, ergab sich aus der regionalen Perspektive der Nutzen-Kosten-Analyse, die in der Fallstudie angenommen wurde, kein regionaler Wohlfahrtseffekt.

f) Modul 11: Nettonutzen aus der Nachnutzung der Kiesseen

f.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 11

Nicht nur der Abbau von Kiesvorkommen stellt einen gesellschaftlichen Nutzen dar, sondern auch die Nachnutzung der rekultivierten Flächen inklusive des entstehenden Baggersees. Zur Ermittlung dieses Nutzens wurde wie folgt vorgegangen.

Zu Beginn wurden die geplanten Nachnutzungen aus den Antragsunterlagen für die Kiesabbaustätten ermittelt. Eine Badenutzung ist vorgesehen in Dautzschen auf einer Fläche von 5 ha und in Arzberg-Blumberg auf einer Fläche von 13 ha. Auch für Liebersee war anfänglich eine Badenachnutzung geplant, die allerdings aufgrund von Problemen mit der Uferstabilität nicht umgesetzt werden kann. Daher beschränkt sich die Nachnutzung in Liebersee auf das Angeln auf einer Fläche von 5 ha. Ebenfalls eine Angelnachnutzung auf einer Seefläche von 5,24 ha ist für Arzberg-Kötten geplant.

In einem weiteren Schritt wurden die Methoden zur Abschätzung des entstehenden Nutzens durch die Kiesseenachnutzung festgelegt. Die Zahlungsbereitschaft der Angler für die *Angelnachnutzung* wurde durch die Pachtzahlungen abgeschätzt. Die Ansetzung dieser Umsatzsumme für die Angelnutzung ist in jedem Fall eine Überschätzung des entstehenden Nut-

zens, sie ist aber angesichts der eher geringen Gesamtsumme vertretbar. Nach Angaben der Information durch Angelvereine, dass eine Pachtsumme von 1.000 DM pro Jahr und Hektar eine übliche Summe sei, wurde dieser Wert als Basis für die weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt.

Für die *Badenachnutzung* wurde unterstellt, dass ein Badestrand am Kiessee ein gutes Substitut für ein öffentliches Freibad darstellt. Da die Freibadinfrastruktur im Torgauer Raum nur schwach ausgeprägt ist und keine Bäder mit Betonbecken und 50-Meter-Bahnen sondern lediglich unbeheizte Naturbäder existieren, kann ein Baggersee mit Strand als gutes Substitut für ein durchschnittliches Freibad im Untersuchungsgebiet betrachtet werden. Unter der Annahme, dass jede Gemeinde an einer Badestelle interessiert ist und entweder bereits ein Freibad besitzt oder eines in naher Zukunft zu bauen gedenkt, wurden diejenigen *laufenden* Kosten, die bei einem Baggersee mit Badestrand gegenüber einem öffentlichen Freibad eingespart werden können, als Wohlfahrtsgewinn interpretiert. Weitere wichtige Annahmen waren in diesem Zusammenhang, dass die Erstellungskosten für Freibad und Badestrand gleich hoch sind, die Besucherzahlen und das Badeverkehrsaufkommen für beide Badeformen identisch sind und auch der gestiftete Nutzen pro Badevergnügen für beide Badeformen gleich ist. Auf der Basis von Kosten und Einnahmedaten in Bezug auf das Freibad in der Torgauer Gemeinde Dreiheide, das nicht beheizt wird, aber wegen einer bestehenden Rutsche die Auflagen für öffentliche Freibäder erfüllen muss, wurden die jährlichen laufenden Kosten für ein Freibad ermittelt. Dabei wurden Fixkosten für ein einfaches Freibad von 4.000 DM pro Jahr angesetzt, für einen Schwimmmeister 400 DM pro Tag berechnet, zwei Kassierer und eine Wartungsperson mit je einem durchschnittlichen Jahresgehalt von 40.000 DM einkalkuliert und auf der Einnahmenseite bei etwa 900 Badegästen im Monat eine Summe von 675 DM verbucht. Unter der weiteren Annahme einer durchschnittlichen Badesaisondauer von zweieinhalb Monaten Betrieb und entsprechend befristet angestellten Mitarbeitern wurde auf dieser Datengrundlage eine öffentliche Nettokostenbelastung von 57.313 DM pro Jahr ermittelt. Demgegenüber wurde für den Kiessee unterstellt, dass er ähnlich wie das Naturbad in der Gemeinde Trossin kostenneutral betrieben werden kann, indem die laufenden Kosten für Reinigung mit Einnahmen für Parkgebühren gedeckt werden können.

Anschließend wurde der Zeitpunkt der Nachnutzung festgelegt. Dabei wurde unterstellt, dass alle Nachnutzungen ein Jahr nach der Abaggerung der in den Planungsunterlagen genannten Nachnutzungsflächen begonnen werden können. Für die Berechnung des Zeitpunktes des Nachnutzungsbeginns wurden Daten zur Mächtigkeit der Kiesstätten aus den Antragsunterlagen verwendet sowie die Absatzzahlen aus den festgelegten Szenarien. Auf der Basis all dieser Daten und Annahmen wurde letztlich der Nettonutzen der Kiesseennachnutzung für alle Szenarien berechnet. Der Rechenweg wird am Beispiel des Datenblattes 7 dargelegt.

Über der eigentlichen Tabelle zur Berechnung des Nettonutzens für das Szenario G_2 sind die Basisdaten der Berechnung zu finden: die jährlichen Nettokosten der Finanzierung eines öffentlichen Freibades, die jährlichen Nettokosten zur Unterhaltung eines Kiessees, die jährlichen Pachtkosten eines 5 ha großen Angelsees sowie der Flächenverbrauch pro Millionen Tonnen Kiesabbau für jede Kiesstätte. Es wurden auf diesem Datenblatt für Szenario G_2 die Nettonutzen der Kiessee-Nachnutzung für die drei Kiesstätten Liebersee, Arzberg-Blumberg

und Dautzschen berücksichtigt. Da die Angelnachnutzung in Liebersee bereits im Jahr 2000 begonnen hat, wurden in Spalte 3 ab dem entsprechenden Jahr jeweils die Pachtzahlungen eingetragen und der Wohlfahrtsgewinn berechnet. Für die Kiesstätten Arzberg und Dautzschen, deren Abbau und Bade-Nachnutzung erst in der Zukunft stattfinden wird, wurde auf Grundlage der Absatzzahlen (Spalten 5 und 9) und der Basisdaten zum Flächenverbrauch des Kiesabbaus die kumulierte freigelegte Wasserfläche berechnet (Spalten 6 und 10). Ein Jahr nach Erreichen der geplanten Nachnutzungs-Seeflächen (13 ha für Arzberg und 5 ha für Dautzschen) wurden für jedes Jahr die Kosteneinsparungen für ein Freibad angesetzt (Spalten 7 und 11) und die Wohlfahrtsgewinne berechnet. Das diskontierte und undiskontierte Endergebnis für das Szenario G_2 wurde letztlich in den Spalten 13 und 14 durch Addition der Wohlfahrtsgewinne (W-Gewinne) aller Kiesstätten ermittelt.

Die diskontierten und undiskontierten Ergebnisse für alle Szenarien sind dem Datenblatt A11 im Anhang (Kap. 5.4) zu entnehmen. Dabei zeigt sich z.B. für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT, dass das Szenario G_2 die größten Nachnutzungsgewinne aufweist, da es drei Nachnutzungen mit zwei Badenachnutzungen beinhaltet, während die anderen Szenarien entweder nur eine Nachnutzung aufweisen (Szenarien G_3 und G_4) bzw. nur zwei Nachnutzungen im Rahmen des betrachteten Zeithorizonts begonnen werden (G_1).

f.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 11

Mögliche Quellen und Gründe für die Berechnung von Schwankungsbreiten für Modul 11 sind Unsicherheiten über die Annahmen hinsichtlich der Substitutionsbeziehung von Freibädern und Kieseesebadestränden, über die wetterbedingte durchschnittliche Dauer der Badesaison, über die Realisierbarkeit einer Bade-Nachnutzung sowie über die methodisch bedingte Überschätzung der Zahlungsbereitschaft der Angler. Da sich bei Betrachtung der Ergebnisse im Datenblatt A11 im Anhang zeigt, dass diese in Hinblick auf das Gesamtergebnis im marginalen Bereich liegen, wurde – wie bereits in den Modulen 8 und 9 – eine recht große pauschale Unsicherheitsspanne von $\pm 50\%$ angesetzt. Die resultierenden Auswirkungen auf das Gesamtergebnis sind der Zeile X der Datenblätter A16b und A17b in Kapitel 5.4 zu entnehmen. Sie liegen bei allen Szenarien im Bereich bis zu 2% und haben keinen Einfluss auf das Ranking der Szenarien. Die Wohlfahrtswirkungen der Kieseeseennachnutzung des Moduls 11 besitzen somit in Bezug auf das Gesamtergebnis eine eher untergeordnete Rolle, so dass sich unsicherheitsbedingte Fehler bzw. Datenschwankungen kaum bemerkbar machen.

g) Modul 12: Intertemporale Nutzerkosten des Kiesabbaus

g.1) Berechnung der wahrscheinlichen Werte für Modul 12

Intertemporale Nutzerkosten sind Wohlfahrtseinbußen, die zukünftigen Generationen durch die Erschöpfung und zunehmende Verknappung von nicht erneuerbaren Ressourcen entstehen. In Bezug auf die Nutzung von Kies und Sand wird sich in den nächsten Jahrzehnten aufgrund der knapper werdenden Kieslagerstätten ein Trend hin zur Nutzung von Recyclingmaterialien aus Bauschutt abzeichnen. Nach einer Studie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung wird für 2030 ein Recyclinganteil von 25% für den Raum Sachsen erwartet (vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 1998), während der Bundesverband der deutschen Kies- und Sandindustrie von einem zukünftigen Recyclinganteil von 15% ausgeht (vgl. Pahl 1998). Für die Berechnung der wahrscheinlichen Nettonutzen wurde der Mittelwert dieser beiden Erwartungen in Höhe von 20% angesetzt.

Zur Quantifizierung des Wohlfahrtseffektes durch Kiesverknappung, die im betrachteten Zeithorizont bis 2030 verursacht wird, müssen die (fiktiven) minimalen Entschädigungsforderungen zukünftiger Generationen abgeschätzt werden. Für diese Schätzung wurden aus einer vorsorgeorientierten Perspektive heraus diejenigen (hypothetischen) Investitionskosten angesetzt, die im Jahre 2030 für die Errichtung entsprechender Recyclingkapazitäten fällig würden. Folglich wurden die Anschaffungskosten für eine Recyclingkapazität angesetzt, mit der eine jährliche Gesamtproduktion realisierbar wäre, die 20% der Torgauer Kiesproduktion im Jahre 2030 entspricht. Für die Berechnung der Investitionskosten lagen Preise für Bauschuttrecyclinganlagen mit verschiedenen Endleistungen vor, die vorgebrochenen Bauschutt auf Korngrößen von 0-4 mm verarbeiten können. Angesichts der notwendigen Leistung zur Produktion einer Menge, die 20% des Kiesabsatzes des Jahres 2030 entspricht, wurde eine Anlage zu Grunde gelegt, die eine Endleistung von 110-130 Tonnen pro Stunde erbringt und in 1999 für 250.000 DM erhältlich war.⁵¹ Bei Unterstellung einer Nutzung von 10 Stunden pro Tag und 250 Tage pro Jahr ergibt sich für eine solche Anlage eine Kapazität von 300.000 Jahrestonnen. Pro Jahrestonne lässt sich folglich eine notwendige Investition von 0,83 DM errechnen. Da der Bauschutt jedoch noch vorgebrochen werden muss, ist dieser Kostenansatz als eher zu gering einzustufen. Da keine Angaben zu Preisen von Vorbrechanlagen vorlagen, wurde hier davon ausgegangen, dass sich die notwendigen Gesamtinvestitionskosten für die Recyclinganlagen auf etwa einen doppelt so hohen Betrag belaufen wie für den Final-Brecher berechnet – es wurde hier ein Betrag von 1,60 DM/t Bauschuttrecyclingproduktion angesetzt.

Die Berechnung der intertemporalen Nutzerkosten pro Szenario wurde auf dieser Datengrundlage schließlich so vollzogen, dass für das Jahr 2030 eine Investition in Recyclinganlagen für eine Produktion in Höhe von 20% des Gesamtkiesabsatzes aller Stätten im Torgauer Raum kalkuliert wurde. Die Ergebnisse für alle Szenarien lassen sich dem Datenblatt A12 im Anhang (Kap. 5.4) entnehmen. Dabei ergibt sich beispielsweise für Szenario R₁ in 2030 ein Wohlfahrtsverlust aufgrund der (hypothetischen) Investition in Recyclingkapazitäten mit einer Leistung von 440.000 Jahrestonnen (das sind 20% der Jahresproduktion in Höhe von 2,2

⁵¹ Preis und Leistungsangaben auf Basis von Auskünften der Hersteller von Bauschuttrecyclinganlagen.

Millionen Jahrestonnen in 2030) in Höhe von 704.000 DM ($440.000 \text{ t} * 1,60 \text{ DM/t} = 704.000 \text{ DM}$; undiskontiert). Da die Unterschiede der Jahresproduktion zwischen den Szenarien nicht sehr groß sind, ergaben sich letztlich eher geringe Nettonutzen-Differenzen für das Modul 12.

g.2) Berechnung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten für Modul 12

Wesentliche Gründe für die Berechnung von Schwankungsbreiten für Modul 12 sind Unsicherheiten hinsichtlich der Investitionskosten für Recyclinganlagen und der Recyclinganteile am Kiesmarkt im Jahre 2030. In Bezug auf die Investitionskosten wurde eine Schwankung der Kosten von plus/minus 20% als möglich unterstellt, für den Recyclinganteil wurden die Extremwerte der oben genannten Studien und Einschätzungen von 15% bzw. 25% zu Grunde gelegt. Für einen eher niedrigen Wert wurden die Nettonutzen mit 15% Recyclinganteil und 1,28 DM Investition pro Jahrestonne errechnet, für einen eher höheren Wert wurden die Nettonutzen mit 25% Recyclinganteil und 1,92 DM Investition pro Jahrestonne ermittelt. Die Ergebnisse in Hinblick auf Modul 12 und das Gesamtergebnis lassen sich aus Zeile XI der Anhangtabellen A16b und A17b ersehen. Während die Variation der Inputdaten im Modul 12 zu Schwankungen von etwa $\pm 50\%$ führt, sind die Wirkungen auf das Endergebnis mit Abweichungen bis zu 0,2% eher minimal. Somit ist zu konstatieren, dass auch die Datenunsicherheiten in Modul 12 keinen gravierenden Einfluss auf das Endresultat haben.

h) Umgang mit Diskontierung in der Fallstudie

Abschließend soll an dieser Stelle noch auf die sensible Problematik der Diskontierung in der Nutzen-Kosten-Analyse eingegangen werden und insbesondere auf die Frage des Umgangs mit der Diskontierung in der vorliegenden Fallstudie.

Ganz generell bedeutet die Verwendung einer positiven Diskontrate, dass sowohl die Nutzen als auch die Kosten zukünftiger Effekte von heutigen Handlungen geringer gewichtet werden. Die wichtigsten Begründungen für eine Diskontierung zukünftiger Nutzen und Kosten sind u.a. der Verweis auf das Zinsprinzip bei Investitionen, die Unterstellung einer sich stetig verbessernden Wohlfahrtssituation in der Zukunft und die Zeitpräferenz von gegenwärtig lebenden Individuen. Aus ethischer Sicht ist es allerdings kaum zu rechtfertigen, beispielsweise die Umweltschäden, die erst in der Zukunft entstehen, allein aufgrund der Zeitdistanz geringer zu bewerten als einen in der Gegenwart anfallenden Schaden. Vielmehr lassen sich durchaus auch Argumente finden, Umweltschäden in der Zukunft höher zu bewerten. So nimmt z.B. die Knappheit an Umweltgütern und intakter Natur in der Zeit zu, so dass auch aus ökonomischer Sicht besonders in Bezug auf Naturschäden durchaus eine zunehmende Schadensentwicklung für die Zukunft unterstellt werden könnte.

Um diese Problematik in der Fallstudie zu berücksichtigen, wurde für alle NKA-Rechnungen nicht nur mit *einem* Diskontierungsansatz gearbeitet, sondern mit dreien Ansätzen. Als generationenneutrale und damit auch als Referenzdiskontrate, die Nutzen und Kosten in jeder Zeitperiode gleich bewertet, wurde die Rate von 0% gewählt. Als gegenwartsbegünstigende Diskontrate wurde eine Rate von 5% angesetzt, die mit kleinen Prozentpunktabweichungen in vielen Nutzen-Kosten-Analysen zu finden ist (vgl. z.B. DWI 1995, S. 60f.;

Olschewski 1997, S. 28ff.; Brent 1996, S. 272f.). Des Weiteren wurde noch eine differenzierte Diskontrate verwendet. Dabei wurden marktmäßig erfassbare Kosten und Nutzen auf Grundlage des Opportunitätskostenprinzips mit 5% diskontiert, während alle externen Effekte, die für die zukünftigen Generationen zunehmende Umweltzerstörung und erhöhte Nutzerkosten bringen, undiskontiert bleiben. Auf diese Weise konnte für alle Modulrechnungen und auch für das Gesamtergebnis eine durch die Diskontierung bedingte Schwankungsbreite ermittelt werden.

Die Auswirkungen auf das Gesamtergebnis sind in Tabelle 2 zu sehen, die die Ergebnisse aller Module sowie die NKA-Endergebnisse unter Verwendung der verschiedenen Diskontierungsansätze zeigt. Hinsichtlich der absoluten Ergebniswerte wird deutlich, dass sich zwischen den Ergebnissen eines Szenarios bedingt durch unterschiedliche Diskontierungsansätze absolute Unterschiede einstellen, die eine Reichweite bis zu einem Faktor von zehn haben. In Bezug auf das Ranking des Endergebnisses sind die Auswirkungen jedoch nicht so tiefgreifend. So ist z.B. das Ranking für den Entwicklungsrahmen REALO bei allen drei Diskontierungsansätzen sehr ähnlich – nur ein eindeutiges Ranking hinsichtlich Rang 1 und 2 für die Szenarien R_3 und R_4 ist nicht möglich. Aber immerhin liegen diese beiden Szenarien in jedem Fall auf den vorderen beiden Rängen, so dass die Tendenz, dass diese beiden Szenarien unter den REALO-Bedingungen die besten Ergebnisse zu Tage fördern, nicht in Frage gestellt wird. Da für die gesamte Nutzen-Kosten-Analyse ein Schwellenwert von einer Million DM für die Nettonutzen-Differenzen angesetzt wurde, ab dem erst eine Unterscheidbarkeit zwischen Szenarien konstatiert werden soll, sind beide Szenarien bei undiskontierten Ergebniswerten als mehr oder minder gleichrangig einzustufen (daher für beide Rang 1). Bei 5% Diskontierung liegt Szenario R_4 auf dem ersten Rang, bei differenzierter Diskontierung hat Szenario R_3 den ersten Rang inne. Diese Schwankungen zeigen, dass eine gleichwertige Einstufung von R_3 und R_4 auch unter dem Aspekt der Berücksichtigung verschiedener Diskontierungsansätze sinnvoll ist.

Für den Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT ergibt sich erneut ein Problem der Rangzuordnung für die Szenarien G_3 und G_4 – diesmal hinsichtlich der Ränge 3 und 4. Klar ist in diesem Fall hingegen die Rangverteilung auf den beiden vorderen Plätzen. Für den SPARFLAMME-Kontext ergeben sich schließlich extremere Resultate in Bezug auf die Ergebnisrangfolge. So ergeben die undiskontierten Ergebnisse bei einer Differenzbetrachtung der Szenarien erneut Werte, die sich unterhalb des Schwellenwertes von einer Million DM befinden und eine Unterscheidbarkeit der Szenarien nicht zulassen. Dieses Ergebnis wird durch die extrem divergierenden Ergebnisse bei anderen Diskontierungsansätzen bestätigt. So landen z.B. die Szenarien S_1 und S_3 bei fünfprozentiger Diskontierung auf den hinteren Rängen, bei differenzierter Diskontrate hingegen auf den vorderen Rängen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine Unterscheidbarkeit der Szenarien im Entwicklungsrahmen SPARFLAMME kaum gegeben ist.

Trotz dieser nicht vernachlässigbaren Auswirkungen verschiedener Diskontierungsansätze auf das Endergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse ist zu konstatieren, dass sich die wichtigsten Implikationen und Interpretationen, die sich schon auf Basis der nichtdiskontierten Ergebniswerte ergeben, in der Tendenz auch aus den Ergebnissen unter Verwendung der anderen Dis-

kontierungsansätze ablesen lassen. Insofern erbrachten die verschiedenen Diskontierungsansätze keine sich grundsätzlich widersprechenden Ergebnisse.

* * *

Abschließend sei darauf verwiesen, dass eine inhaltliche Diskussion der Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse an dieser Stelle nicht erfolgt. Das Gesamtergebnis ist in Tabelle 2 dokumentiert. Für eine ausführliche Erörterung des Ergebnisses und seiner Implikationen sei verwiesen auf die Ausführungen in Messner/Geyler (2001, S. 264-268). Damit endet an dieser Stelle die Darlegung der Methodik und der Annahmen zur Nutzen-Kosten-Analyse in den 12 Modulen.

Tab. 2: Endergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse für alle Szenarien und Diskontraten (Nettonutzen-Differenzen in Bezug zu Referenzszenarien in Mio. 1999er DM)

Module	Szenarien															
	REALO				GRÜNDERZEIT				SPARFLAMME							
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄				
Modul 1: Produzentenrente Landwirtschaft	0	2,6	0	2,6	0	2,4	0,0	2,4	0	0	2,6	0	2,6	0	2,6	
Modul 2: Vorsorgekosten bei Straßen	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0,0	0,1	0	0	0,1	0	0,1	0	0,1	
Modul 3: Vorsorgekosten bei Abwasserentsorgung	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
Modul 4: Vorsorgekosten bei Heizölanlagen und Betriebstankstellen	0	0,8	0	0,8	0	0,8	0,0	0,8	0	0	0,8	0	0,8	0	0,8	
Modul 5: Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung	0	-4,2	0,0	-4,2	0	-8,4	0,0	-8,4	0	0	-4,2	0	-4,2	0	-4,2	
Modul 6: Produzentenrente der Kiesproduktion	0	-9,4	21,3	21,3	0	-27,4	-112,4	-112,4	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 7: Konsumentenrente der Kiesnachfrage	0	0,5	-1,0	-1,0	0	1,4	-2,0	-2,0	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 8: Opportunitätskosten des Kiesabbaus	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 9: Externe Kosten durch Transportemissionen	0	-0,3	-0,4	-0,4	0	-0,1	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 10: Externe Kosten durch Straßenabnutzung	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 11: Nettonutzen aus der Nachnutzung der Kiesseen	0	0,3	-0,7	-0,7	0	0,9	-0,9	-0,9	0	0	0	0	0	0	0	
Modul 12: Intertemporale Nutzerkosten des Kiesabbaus	0	0,0	0,1	0,1	0	0,0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
Σ Module 1-5	0	-0,7	0,0	-0,7	0	-5,0	0,0	-5,0	0	0	-0,7	0	-0,7	0	-0,7	
Σ Module 6-12	0	-8,9	19,3	19,3	0	-25,3	-114,4	-114,4	0	0	0	0	0	0	0	
Σ Module 1-12 bei 0% Diskontrate	0	-9,6	19,3	18,6	0	-30,3	-114,4	-119,4	0	0	-0,7	0	-0,7	0	-0,7	
Rang	3	4	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	
Σ Module 1-12 bei 5% Diskontrate	0	-1,1	9,1	10,4	0	-9,2	-21,8	-20,5	0	0	1,3	0	1,3	0	1,3	
Rang	3	4	2	1	1	2	4	3	3	3	1	3	1	3	1	
Σ Module 1-12 bei differenzierter Diskontrate	0	-5,4	8,9	6,0	0	-17,7	-21,2	28,3	0	0	-2,9	0	-2,9	0	-2,9	
Rang	3	4	1	2	1	2	3	4	1	3	1	3	1	3	3	

Module 1 bis 5: Nettonutzen-Differenzen in Bezug auf Trinkwasserschutzeffekte

Module 6 bis 12: Nettonutzen-Differenzen in Bezug auf Kiesabbauereffekt

5.3 Ergebnisse der Multikriterienanalyse

Frank Messner, Martin Drechsler, Helga Horsch, Stefan Geyley und Bernd Klauer

Die Ergebnisse der Multikriterienanalyse und ihre Interpretationen sind ausführlich in Messner et al. (2001, S. 293 ff.) präsentiert und erörtert worden. An dieser Stelle erfolgt daher lediglich eine Kurzfassung zur Vorstellung der Ergebnisse.

5.3.1 Die MKA-Matrizen für die drei Entwicklungsrahmen

Auf Grundlage der Abschätzungen der Datenwerte für die sechs Bewertungskriterien und der daran anschließenden monokriteriellen Bewertungen (vgl. Kap. 4 sowie 5.1 und 5.2) ergaben sich die nachfolgenden MKA-Matrizen (vgl. Tab. 1-3). Diese Werte bilden den Ausgangspunkt der Multikriterienanalyse. Da für das Kriterium Grundwasserneubildung minus –entnahme in jedem Entwicklungsrahmen nahezu gleiche Werte ermittelt wurden, wirkte sich dieses Kriterium nicht auf die Gesamtbewertung aus. Aus diesem Grunde sind die Ergebnisse für dieses Kriterium hier nicht abgebildet. Die Tabellen 1-3 zeigen weiterhin nur die wahrscheinlichsten Werte. Die unsicherheitsbedingten Datenwertschwankungen wurden in der Multikriterienanalyse berücksichtigt, sie werden hier aber nicht gezeigt.

Tab. 1: Multikriterien-Matrix für Entwicklungsrahmen SPARFLAMME *

Kriterien Alternative	Nettonutzen undiskontiert Differenz zu S ₁		Bruttowert- schöpfung Differenz zu S ₁		Beschäftigte Differenz zu S ₁		Mittlere NO ₃ - Konzentra- tion		Naturschutz- fachliche Bewer- tung des Kiesabbaus	
	[Mio. DM]	Rang	[Mio. DM]	Rang	[Pers. Jahre]	Rang	[mg/l]	Ran- g	Einstu- fung	Rang
S ₁ :	0	1	0	3	0	1	78	1	entfällt **	
S ₂ :	-0,7	1	17	1	-91	3	94	3	entfällt **	
S ₃ :	0	1	0	3	0	1	78	1	entfällt **	
S ₄ :	-0,7	1	17	1	-91	3	94	3	entfällt **	

TWSG=/- Beibehaltung bzw. Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz

Kies +/- Aufschluss weiterer bzw. kein Aufschluss weiterer Kieslagerstätten

* Bei den Rangangaben in der Tabelle wurden Schwellenwerte berücksichtigt, die festlegen, ab welcher Differenz ein Szenario als vorrangig zu bewerten ist (Nettonutzen: 1 Mio. DM, Bruttowertschöpfung: 2 Mio. DM, Beschäftigte: 10 Personenjahre, NO₃-Konzentration: 1 mg/l).

** Entfällt, da kein zusätzlicher Kiesabbau im Entwicklungsrahmen Sparflamme stattfindet.

Tab. 2: Multikriterien-Matrix für Entwicklungsrahmen REALO *

Kriterien Alternative	Nettonutzen undiskontiert Differenz zu R_1		Bruttowert- schöpfung Differenz zu R_1		Beschäftigte Differenz zu R_1		Mittlere NO_3 - Kon-zentri- on		Naturschutz- fachliche Bewer- tung des Kiesabbaus	
	[Mio. DM]	Rang	[Mio. DM]	Rang	[Pers- Jahre]	Ran g	[mg/l]	Rang	Einstu- fung	Rang
R_1 :	0	3	0	3	0	1	78	1	mittel	3
R_2 :	-9,6	4	14	1	-83	3	94	3	schlecht	4
R_3 :	19,3	1	-4	4	-24	2	78	1	gut	1
R_4 :	18,6	1	13	1	-115	4	94	3	gut	1

* Vgl. Legendenangaben der Tab. 1.

Tab. 3: Multikriterien-Matrix für Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT *

Kriterien Alternative	Nettonutzen undiskontiert Differenz zu G_1		Bruttowert- schöpfung Differenz zu G_1		Beschäftigte Differenz zu G_1		Mittlere NO_3 - Konzentration		Naturschutz- fachliche Bewer- tung des Kiesabbaus	
	[Mio. DM]	Rang	[Mio. DM]	Rang	[Pers- Jahre]	Ran g	[mg/l]	Rang	Einstu- fung	Rang
G_1 :	0	1	0	2	0	1	79	1	mittel	3
G_2 :	-30,3	2	9	1	-129	2	94	3	schlecht	4
G_3 :	-114,4	3	-103	4	-510	3	79	1	gut	1
G_4 :	-119,4	4	-86	3	-549	4	94	3	gut	1

* Vgl. Legendenangaben der Tab. 1.

5.3.2 Ergebnisse der Multikriterienanalyse nach Aggregation der drei Entwicklungsrahmen

Nach der Durchführung der Multikriterienanalyse nach dem PROMETHEE-Verfahren unter Berücksichtigung von Unsicherheit (Drechsler 2001) ergab sich für die erste Analysestufe bei Aggregation aller drei Ergebnismatrizen das in Abbildung 1 dargestellte Bild.

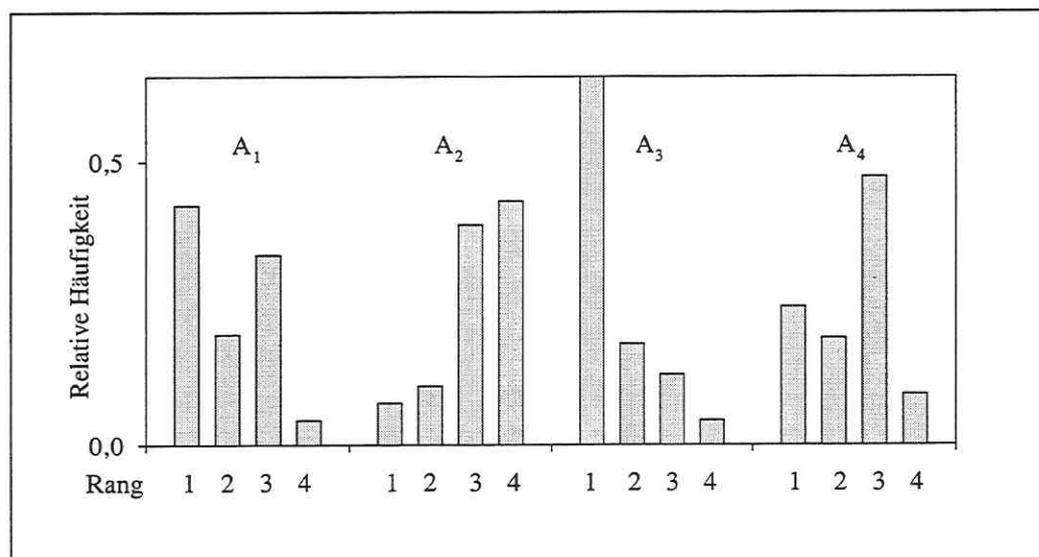


Abb. 1: Relative Häufigkeit der Rangverteilung der vier Alternativen nach Aggregation der Ergebnisse der Multikriterienanalyse der drei Entwicklungsrahmen in der ersten Analysestufe.

Dieses Ergebnis wurde auch in den nachfolgenden Analysestufen unter Berücksichtigung von stärker normativ geprägten Kriteriengewichtungen und unter Berücksichtigung von Datenunsicherheit bestätigt. Nach diesem Ergebnis stellt die 3. Alternative die meisten Personen zufrieden, gefolgt von den Alternativen A₁, A₄ und A₂.

5.3.3 Ergebniszusammenfassung und Interpretation

Nachfolgend werden die wichtigsten methodischen und inhaltlichen Ergebnisse aufgeführt und interpretiert.

a) Methodische Ergebnisse

1. Die Rangfolgen, die sich bei der Multikriterienanalyse der Einzelmatrizen der drei Entwicklungsrahmen ergeben, sind den Ergebnissen der Nutzen-Kosten-Analyse ähnlich. Während jedoch bei der Nutzen-Kosten-Analyse für die Entwicklungsrahmen REALO und SPARFLAMME keine eindeutig besten Alternativen identifiziert werden konnten, brachte die Multikriterienanalyse deutlichere Ergebnisse hervor. Weitere Abweichungen treten auf, wenn die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse für die drei Entwicklungsrahmen in

gleicher Weise aggregiert werden wie die drei Matrizen der Multikriterienanalyse. In jedem Fall stimmt das Ergebnis hinsichtlich des ersten Ranges (Alternative A_3) und des letzten Ranges (Alternative A_2) überein. Damit wurde mit der Nutzen-Kosten-Analyse, die nicht alle Wohlfahrtseffekte erfassen konnte, zumindest in der Tendenz bereits ein Ergebnis erzielt, das dem Endergebnis recht nahe kommt.

2. Von einer Ausnahme abgesehen (Entwicklungsrahmen REALO bei Sicherheit) lieferten die drei Analysestufen zur Einbeziehung einer differenzierten Kriteriengewichtung stets dieselbe Rangordnung der Alternativen. Das heißt, dass bereits die Analyse von tausend zufälligen Kriteriengewichten (Stufe 1) recht zuverlässige Ergebnisse erbrachte, die in den nachfolgenden Analysestufen mit normativ gesetzten Gewichtungen nur noch bestätigt wurden. Somit kann von einer guten Robustheit des Ergebnisses gesprochen werden.
3. Die Berücksichtigung der Unsicherheit in den Eingangsdaten der Multikriterien-Matrizen verändert die Rangfolgen der Alternativen nicht, was ebenfalls für eine gute Robustheit des Ergebnisses spricht.
4. Die beiden Wege zur Aggregation der Ergebnisse der Multikriterien-Matrizen der drei Entwicklungsrahmen (im Vorfeld der Multikriterienanalyse bzw. im Anschluss an die Multikriterienanalyse der einzelnen Matrizen) liefern stets dieselbe Rangfolge der Alternativen.
5. Obwohl also, wie in Abschnitt 2 dargelegt, klare Unterschiede in der Rangfolge der Einzelkriterien vorlagen, ergibt sich durch Anwendung der Multikriterienanalyse ein deutliches und eindeutiges Endergebnis (vgl. inhaltliche Ergebnisse).

b) Inhaltliche Ergebnisse

1. Für die Ergebnismatrizen der Multikriterienanalyse aller Entwicklungsrahmen ist zu konstatieren, dass sich entweder Alternative A_3 oder Alternative A_1 als beste Varianten herauskristallisieren. In der Aggregation der Matrizen ergab sich aufgrund der hohen Eintrittswahrscheinlichkeit von REALO, dass die Alternative A_3 vor der Alternative A_1 rangiert. Gemeinsam ist den Alternativen A_1 und A_3 , dass sie keine Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes vorsehen. Aus diesem Ergebnis, das durchgehend sehr deutlich ausfällt, ist eine Reduzierung des Trinkwasserschutzgebietes Mockritz im Torgauer Raum nicht zu empfehlen.
2. Mit der Alternative A_3 als beste Handlungsalternative setzt sich zudem eine Variante durch, in der kein Aufschluss weiterer Kieslagerstätten vorgesehen ist. In den Einzel-Ergebnismatrizen zu den Entwicklungsrahmen weicht diesbezüglich nur das GRÜNDERZEIT-Ergebnis ab, in dem Alternative A_1 den ersten Rang belegt. Ein zusätzlicher Kiesabbau ist demnach nur sinnvoll, wenn die aus ökonomischer Sicht sehr optimistischen Rahmenbedingungen der GRÜNDERZEIT erfüllt werden. Da diesem Entwicklungsrahmen nur eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 5% zugeordnet wurde, rangiert schließlich die Alternative A_3 – kein Aufschluss weiterer Kieslagerstätten – auf dem ersten Platz.

3. Ein interessantes Ergebnis in Bezug auf den Kiesabbau lässt sich aus dem Vergleich der Alternative A_1 , die einen Kiesabbau nur außerhalb des Trinkwasserschutzgebietes beinhaltet, mit der Alternative A_2 , die einen zusätzlichen Aufschluss von Kieslagerstätten im Trinkwasserschutzgebiet vorsieht, ableiten: die Alternative A_1 erzielt unter den Bedingungen aller Entwicklungsrahmen ein besseres Ergebnis als A_2 . Hier zeigt sich offenbar, dass Kiesgruben außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten und Auen durchaus mit Gruben innerhalb dieser Gebiete vergleichbar oder diesen sogar – wie im vorliegenden Fall – überlegen sein können – und das, wie die Ergebnisse der ökonomischen Kriterien zeigen, durchaus auch in ökonomischer Hinsicht.
4. Die unter 1. bis 3. genannten inhaltlichen Ergebnisse wurden – von geringen Ausnahmen abgesehen – unter Verwendung sehr unterschiedlicher Gewichtungskonstellationen (Stufen 1 bis 3) bestätigt. Das Ergebnis ist daher ein Resultat einer ausgewogenen und keinesfalls extremen bzw. einseitigen Kriteriengewichtung.

5.4 Anhang zu Kapitel 5:

Ergebnisse der Rechnungen zu den NKA-Modulen 1 bis 12

Stefan Geyley und Frank Messner

In diesem Anhang-Kapitel werden die Ergebnisse zu den 12 Modulen der Nutzen-Kosten-Analyse dokumentiert, auf die in den Kapiteln 5.1 und 5.2 Bezug genommen wurde. Dabei wird folgende Systematik verfolgt. Jede Anhangtabelle trägt als Bezeichnung den Buchstaben A für Anhang sowie eine Ziffer. Die Tabellen A1 bis A12 dokumentieren die Ergebnisse der Module 1 bis 12, wobei die Ziffer der Tabelle jeweils auf das NKA-Modul hinweist. Tabelle A3 enthält folglich die Ergebnisse der Berechnungen für Modul 3. Für das Modul 10 sind keine Tabellen notwendig, so dass das Blatt A10 nicht existiert.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zu den einzelnen Modulen sind in den Tabellen A13 bis A16 dokumentiert. Die Tabellen A13 und A14 beinhalten die Daten für die trinkwasserschutzbezogenen Module 1 bis 5 für die drei Entwicklungsrahmen, die Tabellen A15 und A16 haben die Daten für die kiesabbaubezogenen Module 6 bis 12 für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT zum Inhalt. Daten zum Entwicklungsrahmen SPARFLAMME liegen für die Module 6 bis 12 nicht vor, da in diesem Entwicklungsrahmen die Kiesabbaubedingungen für alle Handlungsalternativen identisch sind.

Datenblatt A1: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 1 (Produzentenrente Landwirtschaft)

a) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Produzentenrente Landwirtschaft) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

b) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Produzentenrente Landwirtschaft) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

c) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Produzentenrente Landwirtschaft) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

d) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Produzentenrente Landwirtschaft) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	
	Sz. R ₁ /R ₃ S ₁ /S ₃	Sz. R ₂ /R ₄ S ₂ /S ₄	Sz. R ₁ /R ₃ S ₁ /S ₃	Sz. R ₂ /R ₄ S ₂ /S ₄	Sz. EX ₁	Sz. EX ₂	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄
1993	2,571	2,571	2,449	2,449	3,518	3,518	2,571	2,571	2,449	2,449	2,449	2,449
1994	2,571	2,570	2,332	2,331	3,350	3,350	2,569	2,569	2,330	2,330	2,330	2,330
1995	2,570	2,570	2,220	2,220	3,191	3,191	2,567	2,567	2,217	2,217	2,217	2,217
1996	2,570	2,569	2,114	2,114	3,039	3,039	2,565	2,565	2,110	2,110	2,110	2,110
1997	2,569	2,569	2,013	2,013	2,894	2,894	2,563	2,563	2,008	2,008	2,008	2,008
1998	2,568	2,568	1,917	1,917	2,756	2,756	2,560	2,560	1,911	1,911	1,911	1,911
1999	2,568	2,568	1,825	1,825	2,625	2,625	2,558	2,558	1,818	1,818	1,818	1,818
2000	2,567	2,567	1,738	1,738	2,500	2,500	2,556	2,556	1,730	1,730	1,730	1,730
2001	2,567	2,567	1,655	1,655	2,381	2,381	2,554	2,554	1,646	1,646	1,646	1,646
2002	2,566	2,566	1,576	1,576	2,267	2,267	2,552	2,552	1,567	1,567	1,567	1,567
2003	2,566	2,566	1,500	1,500	2,159	2,159	2,550	2,550	1,491	1,491	1,491	1,491
2004	2,565	2,565	1,429	1,429	2,056	2,056	2,548	2,548	1,419	1,419	1,419	1,419
2005	2,565	2,564	1,360	1,360	1,958	1,958	2,546	2,546	1,350	1,350	1,350	1,350
2006	2,564	2,564	1,295	1,295	1,865	1,865	2,544	2,544	1,285	1,285	1,285	1,285
2007	2,564	2,565	1,233	1,233	1,776	1,776	2,541	2,541	1,222	1,222	1,222	1,222
2008	2,563	2,563	1,174	1,174	1,692	1,692	2,539	2,539	1,163	1,163	1,163	1,163
2009	2,562	2,562	1,118	1,118	1,611	1,611	2,537	2,537	1,107	1,107	1,107	1,107
2010	2,562	2,562	1,065	1,065	1,534	1,534	2,535	2,535	1,053	1,053	1,053	1,053
2011	2,562	2,562	1,014	1,014	1,461	1,461	2,533	2,533	1,002	1,002	1,002	1,002
2012	2,561	2,561	0,965	0,965	1,392	1,392	2,531	2,531	0,954	0,954	0,954	0,954
2013	2,561	2,561	0,919	0,919	1,325	1,325	2,529	2,529	0,908	0,908	0,908	0,908
2014	2,560	2,560	0,875	0,875	1,262	1,262	2,527	2,527	0,864	0,864	0,864	0,864
2015	2,560	2,560	0,833	0,833	1,202	1,202	2,525	2,525	0,822	0,822	0,822	0,822
2016	2,559	2,559	0,794	0,794	1,145	1,145	2,522	2,522	0,782	0,782	0,782	0,782
2017	2,558	2,558	0,756	0,756	1,090	1,090	2,520	2,520	0,744	0,744	0,744	0,744
2018	2,558	2,558	0,720	0,720	1,038	1,038	2,518	2,518	0,708	0,708	0,708	0,708
2019	2,558	2,558	0,685	0,685	0,989	0,989	2,516	2,516	0,674	0,674	0,674	0,674
2020	2,557	2,557	0,652	0,652	0,942	0,942	2,514	2,514	0,641	0,641	0,641	0,641
2021	2,557	2,557	0,621	0,621	0,897	0,897	2,512	2,512	0,610	0,610	0,610	0,610
2022	2,556	2,556	0,591	0,591	0,854	0,854	2,510	2,510	0,581	0,581	0,581	0,581
2023	2,556	2,556	0,563	0,563	0,814	0,814	2,508	2,508	0,553	0,553	0,553	0,553
2024	2,555	2,555	0,536	0,536	0,775	0,775	2,506	2,506	0,526	0,526	0,526	0,526
2025	2,555	2,555	0,511	0,511	0,738	0,738	2,503	2,503	0,500	0,500	0,500	0,500
2026	2,554	2,554	0,486	0,486	0,703	0,703	2,501	2,501	0,476	0,476	0,476	0,476
2027	2,554	2,554	0,463	0,463	0,669	0,669	2,499	2,499	0,453	0,453	0,453	0,453
2028	2,553	2,553	0,441	0,441	0,637	0,637	2,497	2,497	0,429	0,429	0,429	0,429
2029	2,553	2,553	0,420	0,420	0,607	0,607	2,495	2,495	0,410	0,410	0,410	0,410
2030	2,552	2,552	0,400	0,400	0,578	0,578	2,493	2,493	0,390	0,390	0,390	0,390
Summe	97,344	99,959	140,317	143,636	1,336	1,336	98,661	98,661	42,906	42,906	43,852	43,852
NN-Diff	0,00	2,615	0,00	0,994	0,00	0,00	0,00	2,447	0,00	0,00	0,946	0,946

Datenblatt A2: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 2 (Vorsorgekosten bei Straßen)

a) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Vorsorgekosten bei Straßen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

b) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Vorsorgekosten bei Straßen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

c) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Vorsorgekosten bei Straßen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

d) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Vorsorgekosten bei Straßen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	
	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. EX ₁	Sz. EX ₂	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄
1993	-0,060	-0,060	-0,057	-0,057	-0,057	-0,057	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,057	-0,057
1994	-0,060	-0,060	-0,054	-0,054	-0,054	-0,054	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,054	-0,054
1995	-0,060	-0,060	-0,052	-0,052	-0,052	-0,052	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,052	-0,052
1996	-0,060	-0,060	-0,049	-0,049	-0,049	-0,049	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,049	-0,049
1997	-0,060	-0,060	-0,047	-0,047	-0,047	-0,047	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,047	-0,047
1998	-0,060	-0,060	-0,045	-0,045	-0,045	-0,045	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,045	-0,045
1999	-0,060	-0,060	-0,042	-0,042	-0,042	-0,042	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,042	-0,042
2000	-0,060	-0,060	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,040	-0,040
2001	-0,060	-0,060	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,038	-0,038
2002	-0,060	-0,060	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,037	-0,037
2003	-0,060	-0,060	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,035	-0,035
2004	-0,060	-0,060	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,033	-0,033
2005	-0,060	-0,060	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,031	-0,031
2006	-0,060	-0,060	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,029	-0,029
2007	-0,060	-0,060	-0,028	-0,028	-0,028	-0,028	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,028	-0,028
2008	-0,060	-0,060	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,027	-0,027
2009	-0,060	-0,060	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,026	-0,026
2010	-0,060	-0,060	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,025	-0,025
2011	-0,060	-0,060	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,024	-0,024
2012	-0,060	-0,060	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,022	-0,022
2013	-0,060	-0,060	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,021	-0,021
2014	-0,060	-0,060	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,020	-0,020
2015	-0,060	-0,060	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,019	-0,019
2016	-0,060	-0,060	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,018	-0,018
2017	-0,060	-0,060	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,017	-0,017
2018	-0,060	-0,060	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,016	-0,016
2019	-0,060	-0,060	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,016	-0,016
2020	-0,060	-0,060	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,015	-0,015
2021	-0,060	-0,060	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,014	-0,014
2022	-0,060	-0,060	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,014	-0,014
2023	-0,060	-0,060	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,013	-0,013
2024	-0,060	-0,060	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,013	-0,013
2025	-0,060	-0,060	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,012	-0,012
2026	-0,060	-0,060	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,011	-0,011
2027	-0,060	-0,060	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,011	-0,011
2028	-0,060	-0,060	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,010	-0,010
2029	-0,060	-0,060	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,010	-0,010
2030	-0,060	-0,060	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	0,000	0,000	-0,060	-0,060	-0,009	-0,009
Summe	-2,268	-2,217	-1,007	-0,989	-1,007	-0,989	-0,345	0,661	-2,268	-2,217	-1,007	-0,989
NN-Diff	0,00	0,050	0,00	0,018	0,00	0,018	0,00	0,661	0,00	0,050	0,00	0,018

Datenblatt A4a: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 4/Teil a (Vorsorgekosten bei Tankstellen)

a) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX1 und EX2 (Vorsorgekosten bei Tankstellen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

b) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX1 und EX2 (Vorsorgekosten bei Tankstellen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

c) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G1 bis G4 (Vorsorgekosten bei Tankstellen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

d) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Vorsorgekosten bei Tankstellen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	
	Sz. R ₁ /R ₃ S ₁ /S ₃	Sz. R ₂ /R ₄ S ₂ /S ₄	Sz. EX ₁	Sz. EX ₂	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄
1993	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1994	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1995	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1996	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1997	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1998	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
1999	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
2000	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2001	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2002	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2003	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2004	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2005	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2006	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2007	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2008	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2009	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
2010	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2011	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2012	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2013	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2014	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2015	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2016	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2017	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2018	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2019	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2020	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2021	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2022	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2023	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2024	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2025	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2026	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2027	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2028	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2029	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
2030	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
Summe	-0,045	-0,018	-0,020	-0,010	-0,020	0,010	-0,045	-0,010
NN-Diff	0,00	0,027	0,00	0,013	0,00	0,018	0,00	0,010

Datenblatt A4b: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 4/Teil b (Vorsorgekosten bei Heizölanlagen)

a) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Vorsorgekosten bei Heizölanlagen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)

b) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R₁ bis R₄ und SPARFLAMME-Szenarien S₁ bis S₄ sowie EX₁ und EX₂ (Vorsorgekosten bei Heizölanlagen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

c) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ undiskontiert (Mio. 1999er DM)

d) Nettonutzen und Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G₁ bis G₄ (Vorsorgekosten bei Heizölanlagen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)

Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	
	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. EX ₁	Sz. EX ₂	Sz. R ₁ /R ₃	Sz. R ₂ /R ₄	Sz. EX ₁	Sz. EX ₂	Sz. G ₁ /G ₃	Sz. G ₂ /G ₄
1993	-0,029	-0,029	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	-0,027	-0,029	-0,029
1994	-0,029	-0,029	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,029	-0,029
1995	-0,029	-0,029	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,029	-0,029
1996	-0,029	-0,029	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,029	-0,029
1997	-0,029	-0,029	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,029	-0,029
1998	-0,029	-0,029	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,029	-0,029
1999	-0,029	-0,029	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,029	-0,029
2000	-0,029	-0,029	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,029	-0,029
2001	-0,029	-0,029	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,029	-0,029
2002	-0,029	-0,029	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,029	-0,029
2003	-0,029	-0,029	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,029	-0,029
2004	-0,029	-0,029	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,029	-0,029
2005	-0,030	-0,030	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,029	-0,029
2006	-0,030	-0,030	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-0,029	-0,029
2007	-0,030	-0,030	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-0,029	-0,029
2008	-0,030	-0,030	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	-0,029	-0,029
2009	-0,030	-0,030	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,029	-0,029
2010	-0,030	-0,030	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-0,029	-0,029
2011	-0,030	-0,030	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,029	-0,029
2012	-0,031	-0,031	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,029	-0,029
2013	-0,031	-0,031	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,029	-0,029
2014	-0,031	-0,031	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	-0,029	-0,029
2015	-0,031	-0,031	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,029	-0,029
2016	-0,031	-0,031	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,029	-0,029
2017	-0,031	-0,031	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,029	-0,029
2018	-0,032	-0,032	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,029	-0,029
2019	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2020	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2021	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2022	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2023	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2024	-0,032	-0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2025	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2026	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2027	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2028	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2029	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
2030	-0,033	-0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,029	-0,029
Summe	-1,163	-0,366	-0,503	-0,225	-0,503	-0,165	-0,279	-0,279	-0,503	-0,165	-1,207	-0,369
NN-Diff	0,00	0,797	0,00	0,279	0,00	0,338	0,00	0,279	0,00	0,338	0,00	0,838

Datenblatt A5: Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 5 (Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung)

a) Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ und SPARFLAMME-Szenarien S ₁ bis S ₄ (Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		b) Nettonutzen-Differenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ und SPARFLAMME-Szenarien S ₁ bis S ₄ (Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)		c) Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		d) Nettonutzen-Differenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Wohlfahrtseffekte bei der Trinkwasserförderung) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)		
Jahr	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. R ₂ - R ₁ bzw. Sz. S ₂ - S ₁	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. R ₄ - R ₃ bzw. Sz. S ₄ - S ₃	Jahr	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. R ₂ - R ₁ bzw. Sz. S ₂ - S ₁	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. R ₄ - R ₃ bzw. Sz. S ₄ - S ₃	Jahr	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. G ₂ - G ₁	NN-Diff. (Mio. DM) Sz. G ₄ - G ₃
1993	0	0	1993	0	0	1993	0	0
...	0	0	...	0	0	...	0	0
2100	0	0	2100	0	0	2100	0	0
2101	-1,16	-1,16	2101	-0,006	-0,006	2101	-0,012	-0,012
2102	-1,16	-1,16	2102	-0,006	-0,006	2102	-0,012	-0,012
2103	-1,16	-1,16	2103	-0,006	-0,006	2103	-0,012	-0,012
2104	-0,70	-0,70	2104	-0,003	-0,003	2104	-0,006	-0,006
NN-Diff.:	-4,18	-4,18	NN-Diff.:	-0,02	-0,02	NN-Diff.:	-0,04	-0,04

Datenblatt A6: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 6 (Produzentenrente der Kiesproduktion)

a) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Gesamtsumme diskontlierter Gewinn Kiesabbau) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		b) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Gesamtsumme diskontlierter Gewinn Kiesabbau) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)		c) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Gesamtsumme diskontlierter Gewinn Kiesabbau) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		d) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Gesamtsumme diskontlierter Gewinn Kiesabbau) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)	
Jahr	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)
	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. R ₃ /R ₄	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. G ₁	Sz. G ₂
1993	4,50	4,50	4,29	4,29	4,50	4,29	4,29
1994	5,55	5,55	5,04	5,04	5,55	5,04	5,04
1995	4,92	4,92	4,25	4,25	4,92	4,25	4,25
1996	1,37	1,37	1,12	1,12	1,37	1,12	1,12
1997	0,89	0,89	0,70	0,70	0,94	0,74	0,74
1998	0,65	0,65	0,49	0,49	0,65	0,49	0,49
1999	-1,17	-1,17	-0,83	-0,83	-1,17	-0,83	-0,83
2000	-0,61	-0,61	-0,41	-0,41	-0,04	-0,04	-0,03
2001	0,05	0,05	0,03	0,03	1,28	1,28	0,82
2002	0,70	0,70	0,43	0,43	2,66	2,66	1,63
2003	-0,16	-0,25	-0,14	-0,14	2,60	2,50	1,46
2004	0,48	0,38	0,21	0,21	4,12	2,53	1,41
2005	1,16	1,03	0,62	0,55	5,73	4,11	3,04
2006	1,85	1,70	0,93	0,86	7,43	5,79	3,75
2007	2,56	2,39	1,23	1,15	9,23	7,56	4,44
2008	2,73	2,55	1,25	1,17	9,84	8,15	4,51
2009	2,90	2,71	1,27	1,18	10,45	8,74	4,56
2010	8,62	8,41	3,58	3,50	16,60	14,87	6,90
2011	8,79	8,57	3,48	3,39	17,21	15,45	6,81
2012	8,97	8,73	3,38	3,29	17,82	16,04	6,72
2013	9,14	8,89	3,28	3,19	18,43	16,63	6,61
2014	9,31	9,05	3,18	3,09	19,04	17,22	6,51
2015	9,49	9,21	3,09	3,00	19,65	17,81	6,40
2016	9,66	9,37	3,00	2,90	20,26	18,40	6,28
2017	9,83	9,53	2,90	2,81	20,87	18,99	6,16
2018	10,01	9,69	2,81	2,72	21,48	19,57	6,04
2019	10,18	9,85	2,73	2,64	22,09	20,16	5,92
2020	10,36	10,01	2,64	2,55	22,70	20,75	5,79
2021	12,03	11,56	2,92	2,81	24,80	24,23	6,03
2022	12,20	11,72	2,82	2,71	25,42	24,82	5,88
2023	12,37	11,88	2,73	2,62	26,04	25,41	5,74
2024	12,55	12,04	2,63	2,53	26,66	26,00	5,60
2025	12,72	12,20	2,54	2,44	27,28	26,59	5,46
2026	12,89	12,36	2,45	2,35	27,90	27,18	5,31
2027	13,07	12,52	2,37	2,27	28,52	27,76	5,17
2028	13,24	12,67	2,29	2,19	29,14	28,35	5,03
2029	13,42	12,83	2,21	2,11	29,76	28,94	4,82
2030	13,59	12,99	2,13	2,03	30,38	29,53	4,70
Summe	260,82	251,45	79,74	77,23	552,14	524,73	163,75
NN-Diff	0,00	-9,37	0,00	-2,51	0,00	-27,41	-11,09
Summe	260,82	251,45	79,74	77,23	552,14	524,73	163,75
NN-Diff	0,00	-9,37	0,00	-2,51	0,00	-27,41	-11,09

Datenblatt A7: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 7 (Konsumentenrente der Kiesnachfrage)

a) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Konsumentenrente Kiesnachfrage) undiskontiert (Mio. 1999er DM)				b) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Konsumentenrente Kiesnachfrage) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)				c) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Konsumentenrente Kiesnachfrage) undiskontiert (Mio. 1999er DM)				d) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Konsumentenrente Kiesnachfrage) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)			
Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. R ₃ /R ₄	NN (Mio. DM)	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. R ₃ /R ₄	NN (Mio. DM)	Sz. G ₁	Sz. G ₂	NN (Mio. DM)	Sz. G ₃ /G ₄
	Sz. R ₁	Sz. R ₂													
1993	0,37	0,41	0,37	0,35	0,37	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,35	0,35	0,35
1994	0,41	0,41	0,41	0,37	0,37	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,35	0,35	0,35
1995	0,41	0,41	0,41	0,35	0,35	0,35	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,35	0,35	0,35
1996	0,29	0,29	0,29	0,24	0,24	0,24	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,24	0,24	0,24
1997	0,29	0,29	0,29	0,23	0,23	0,23	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,23	0,23	0,23
1998	0,29	0,29	0,29	0,22	0,22	0,22	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,22	0,22	0,22
1999	0,29	0,29	0,29	0,21	0,21	0,21	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,21	0,21	0,21
2000	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,21	0,21	0,21
2001	0,31	0,31	0,31	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,21	0,21	0,21
2002	0,32	0,32	0,32	0,20	0,20	0,20	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,21	0,21	0,21
2003	0,35	0,35	0,35	0,21	0,21	0,21	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,23	0,23	0,23
2004	0,36	0,36	0,36	0,20	0,21	0,21	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,23	0,23	0,23
2005	0,37	0,37	0,37	0,20	0,20	0,20	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,25	0,25	0,25
2006	0,38	0,38	0,38	0,19	0,20	0,20	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,25	0,25	0,25
2007	0,39	0,39	0,39	0,19	0,19	0,19	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,25	0,25	0,25
2008	0,39	0,40	0,40	0,18	0,19	0,19	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25
2009	0,40	0,41	0,41	0,18	0,18	0,18	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,24	0,24	0,24
2010	0,41	0,42	0,42	0,17	0,18	0,18	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,24	0,24	0,24
2011	0,42	0,43	0,43	0,17	0,17	0,17	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,22	0,22	0,22
2012	0,43	0,44	0,44	0,16	0,17	0,17	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,22	0,22	0,22
2013	0,43	0,45	0,45	0,16	0,16	0,16	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,22	0,22	0,22
2014	0,44	0,46	0,46	0,15	0,16	0,16	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,21	0,21	0,21
2015	0,45	0,47	0,47	0,15	0,15	0,15	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,21	0,21	0,21
2016	0,46	0,48	0,48	0,14	0,15	0,15	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,21	0,21	0,21
2017	0,47	0,48	0,48	0,14	0,14	0,14	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,20	0,20	0,20
2018	0,48	0,49	0,49	0,13	0,14	0,14	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,20	0,20	0,20
2019	0,48	0,50	0,50	0,13	0,13	0,13	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,19	0,19	0,19
2020	0,49	0,51	0,51	0,13	0,13	0,13	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,19	0,19	0,19
2021	0,50	0,52	0,52	0,12	0,13	0,13	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,19	0,19	0,19
2022	0,51	0,53	0,53	0,12	0,12	0,12	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,18	0,18	0,18
2023	0,52	0,54	0,54	0,11	0,12	0,12	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,18	0,18	0,18
2024	0,53	0,55	0,55	0,11	0,11	0,11	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,18	0,18	0,18
2025	0,53	0,55	0,55	0,11	0,11	0,11	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,18	0,18	0,18
2026	0,54	0,56	0,56	0,10	0,11	0,11	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,17	0,17	0,17
2027	0,55	0,57	0,57	0,10	0,10	0,10	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,17	0,17	0,17
2028	0,56	0,58	0,58	0,10	0,10	0,10	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,16	0,16	0,16
2029	0,57	0,59	0,59	0,09	0,10	0,10	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,16	0,16	0,16
2030	0,57	0,60	0,60	0,09	0,09	0,09	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,16	0,16	0,16
Summe	16,25	16,71	16,71	0,46	0,46	15,24	22,45	23,85	23,85	20,49	8,21	8,64	8,64	7,69	7,69
NN-Diff	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	-0,29	0,00	1,40	1,40	-1,97	0,00	0,42	0,42	-0,52	-0,52

Datenblatt A8: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 8 (landwirtschaftliche Opportunitätskosten des Kiesabbaus)

a) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Opportunitätskosten Kiesabbau) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		b) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Opportunitätskosten Kiesabbau) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)		c) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Opportunitätskosten Kiesabbau) undiskontiert (Mio. 1999er DM)		d) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Opportunitätskosten Kiesabbau) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)	
Jahr	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)
	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. R ₃ /R ₄	Sz. R ₁	Sz. R ₂	Sz. G ₁	Sz. G ₂
1993	-0,003	0,00	0,00	-0,003	0,00	-0,003	-0,003
1994	-0,006	-0,01	-0,01	-0,006	-0,01	-0,005	-0,005
1995	-0,009	-0,01	-0,01	-0,009	-0,01	-0,007	-0,007
1996	-0,011	-0,01	-0,01	-0,011	-0,01	-0,009	-0,009
1997	-0,013	-0,01	-0,01	-0,013	-0,01	-0,010	-0,010
1998	-0,019	-0,01	-0,01	-0,019	-0,01	-0,014	-0,014
1999	-0,020	-0,01	-0,01	-0,020	-0,01	-0,014	-0,014
2000	-0,021	-0,01	-0,01	-0,021	-0,01	-0,015	-0,015
2001	-0,023	-0,01	-0,01	-0,023	-0,01	-0,015	-0,015
2002	-0,024	-0,01	-0,01	-0,024	-0,01	-0,015	-0,015
2003	-0,028	-0,02	-0,01	-0,028	-0,02	-0,016	-0,015
2004	-0,030	-0,02	-0,02	-0,030	-0,02	-0,017	-0,015
2005	-0,031	-0,02	-0,02	-0,031	-0,02	-0,017	-0,015
2006	-0,033	-0,02	-0,02	-0,033	-0,02	-0,017	-0,015
2007	-0,034	-0,02	-0,02	-0,034	-0,02	-0,017	-0,015
2008	-0,036	-0,02	-0,02	-0,036	-0,02	-0,017	-0,015
2009	-0,037	-0,02	-0,02	-0,037	-0,02	-0,017	-0,015
2010	-0,039	-0,02	-0,02	-0,039	-0,02	-0,017	-0,015
2011	-0,040	-0,02	-0,02	-0,040	-0,02	-0,017	-0,015
2012	-0,042	-0,02	-0,01	-0,042	-0,02	-0,017	-0,015
2013	-0,043	-0,02	-0,01	-0,043	-0,02	-0,017	-0,015
2014	-0,045	-0,02	-0,01	-0,045	-0,02	-0,017	-0,015
2015	-0,047	-0,02	-0,01	-0,047	-0,02	-0,017	-0,015
2016	-0,048	-0,02	-0,01	-0,048	-0,02	-0,017	-0,014
2017	-0,050	-0,01	-0,01	-0,050	-0,01	-0,017	-0,014
2018	-0,052	-0,01	-0,01	-0,052	-0,01	-0,017	-0,015
2019	-0,054	-0,01	-0,01	-0,054	-0,01	-0,017	-0,014
2020	-0,056	-0,01	-0,01	-0,056	-0,01	-0,017	-0,014
2021	-0,056	-0,01	-0,01	-0,056	-0,01	-0,017	-0,014
2022	-0,059	-0,01	-0,01	-0,059	-0,01	-0,017	-0,014
2023	-0,061	-0,01	-0,01	-0,061	-0,01	-0,017	-0,014
2024	-0,064	-0,01	-0,01	-0,064	-0,01	-0,017	-0,014
2025	-0,067	-0,01	-0,01	-0,067	-0,01	-0,017	-0,014
2026	-0,070	-0,01	-0,01	-0,070	-0,01	-0,017	-0,014
2027	-0,073	-0,01	-0,01	-0,073	-0,01	-0,017	-0,014
2028	-0,076	-0,01	-0,01	-0,076	-0,01	-0,017	-0,014
2029	-0,079	-0,01	-0,01	-0,079	-0,01	-0,017	-0,014
2030	-0,082	-0,01	-0,01	-0,082	-0,01	-0,017	-0,014
Summe	-1,58	-1,59	-1,57	-1,58	-1,59	-0,59	-0,52
NN-Diff	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07

Datenblatt A11: Nettonutzen (NN) und Nettonutzen-Differenzen (NN-Diff) der Szenarien für Modul 11 (Nettonutzen aus der Nachnutzung der Kiesseen)

a) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Nettonutzen Nachnutzung Kiesseen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)				b) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für REALO-Szenarien R ₁ bis R ₄ (Nettonutzen Nachnutzung Kiesseen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)				c) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Nettonutzen Nachnutzung Kiesseen) undiskontiert (Mio. 1999er DM)				d) Nettonutzen und Nettonutzendifferenzen für GRÜNDERZEIT-Szenarien G ₁ bis G ₄ (Nettonutzen Nachnutzung Kiesseen) diskontiert mit 5% (Mio. 1999er DM)			
Jahr	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)	NN (Mio. DM)		NN (Mio. DM)
	Sz. R ₁	Sz. R ₂		Sz. R ₃ /R ₄	Sz. R ₁		Sz. R ₂	Sz. R ₃ /R ₄		Sz. G ₁	Sz. G ₂		Sz. G ₃ /G ₄	Sz. G ₁	
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2001	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2002	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2004	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2006	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
2007	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2008	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2009	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2010	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2011	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2012	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2013	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
2014	0,005	0,002	0,002	0,021	0,021	0,021	0,005	0,005	0,005	0,062	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
2015	0,005	0,002	0,002	0,020	0,020	0,020	0,005	0,005	0,005	0,062	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2016	0,005	0,002	0,002	0,019	0,019	0,019	0,005	0,005	0,005	0,062	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
2017	0,005	0,002	0,002	0,018	0,018	0,018	0,005	0,005	0,005	0,120	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
2018	0,005	0,002	0,002	0,018	0,018	0,018	0,005	0,005	0,005	0,120	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
2019	0,005	0,002	0,002	0,017	0,017	0,017	0,005	0,005	0,005	0,120	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
2020	0,005	0,002	0,002	0,016	0,016	0,016	0,005	0,005	0,005	0,120	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
2021	0,005	0,002	0,002	0,015	0,015	0,015	0,005	0,005	0,005	0,120	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
2022	0,005	0,002	0,002	0,014	0,014	0,014	0,005	0,005	0,005	0,120	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
2023	0,005	0,002	0,002	0,014	0,014	0,014	0,005	0,005	0,005	0,120	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
2024	0,005	0,002	0,002	0,013	0,013	0,013	0,005	0,005	0,005	0,120	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
2025	0,005	0,002	0,002	0,012	0,012	0,012	0,005	0,005	0,005	0,120	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
2026	0,005	0,002	0,002	0,012	0,012	0,012	0,005	0,005	0,005	0,120	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
2027	0,005	0,002	0,002	0,011	0,011	0,011	0,005	0,005	0,005	0,120	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
2028	0,005	0,002	0,002	0,011	0,011	0,011	0,005	0,005	0,005	0,120	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
2029	0,005	0,002	0,002	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005	0,120	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
2030	0,062	0,062	0,062	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005	0,120	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Summe	0,84	0,29	0,16	0,20	0,29	0,06	1,08	1,93	0,16	0,85	0,85	0,16	0,85	0,16	0,16
NN-Diff	0,00	0,29	-0,69	0,00	0,09	-0,14	0,00	0,85	-0,93	0,00	0,85	-0,93	0,00	0,85	-0,93

Datenblatt A13a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 1 bis 5 für Realo (Szenarien R₁ bis R₄), undiskontierte Ergebnisse

(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 1

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 1

Unsicherheit Preisentwicklung für landwirtschaftliche Produkte

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
niedrigere Preise (-10%)	0	-1,844	0	-1,844
wahrscheinliche Preise	0	2,615	0	2,615
höhere Preise (+10%)	0	7,026	0	7,026

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0	-14,042	19,259	14,113
	0	-9,582	19,259	18,572
	0	-5,171	19,259	22,983

Unsicherheit bei Ertragsreduktion infolge TW-Schulzaufgaben

stärkere Ertragsreduktion im Ackerbau
wahrscheinliche Ertragsreduktion
geringere Ertragsreduktion im Ackerbau auf Elbböden

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0	11,446	0	11,446
	0	2,615	0	2,615
	0	-10,348	0	-10,348

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0	-0,751	19,259	27,404
	0	-9,582	19,259	18,572
	0	-22,545	19,259	5,609

Modul 2

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 2

Pauschale Variation bei den Versorgungskosten für Straßen

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
Wert -50%	0	0,025	0	0,025
wahrscheinlicher Wert in Modul 2	0	0,0503	0	0,050
Wert +50%	0	0,075	0	0,075

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0	-9,608	19,259	18,547
	0	-9,582	19,259	18,572
	0	-9,557	19,259	18,597

Modul 4

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 4

Pauschale Variation bei Versorgungskosten für Heizöltankstellen

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
Wert -50%	0	0,398	0	0,398
wahrscheinlicher Wert in Modul 4	0	0,797	0	0,797
Wert +50%	0	1,195	0	1,195

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0	-9,981	19,259	18,174
	0	-9,582	19,259	18,572
	0	-9,184	19,259	18,970

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0%	-46,5%	0,0%	-24,0%
	0	-9,582	19,259	18,572
	0%	-46,0%	0,0%	23,8%

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0%	92,2%	0,0%	47,6%
	0	-9,582	19,259	18,572
	0%	-135,3%	0,0%	-69,8%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0%	-0,3%	0,0%	-0,1%
	0	-9,582	19,259	18,572
	0%	0,3%	0,0%	0,1%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

	NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
	0%	-4,2%	0,0%	-2,1%
	0	-9,582	19,259	18,572
	0%	4,2%	0,0%	2,1%

Datenblatt A13b: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 1 bis 5 für Realo (Szenarien R₁ bis R₄)

(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 5

Variation der Aufbereitungskosten

Min: keine Aufbereitungskosten
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: Verdreifachung des wahrscheinl. Wertes

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 5

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,000	0	0,000
0	-4,176	0	-4,176
0	-12,528	0	-12,528

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
 (absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-5,406	19,259	22,748
0	-9,582	19,259	18,572
0	-17,934	19,259	10,220

Variation der Zeitdifferenz Δt

Min: keine Zeitdifferenz
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: Verdopplung des wahrscheinl. Wertes

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 5

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,000	0	0,000
0	-4,176	0	-4,176
0	-9,352	0	-8,352

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
 (absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-5,406	19,259	22,748
0	-9,582	19,259	18,572
0	-13,758	19,259	14,396

Variation der jährlichen Fördermengen

Min: keine Förderung
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: jährliche Förderung von 20 Mio. m³/a

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 5

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,000	0	0,000
0	-4,176	0	-4,176
0	-7,200	0	-7,200

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
 (Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0%	43,6%	0,0%	22,5%
0	-9,582	19,259	18,572
0%	87,2%	0,0%	-45,0%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0%	43,58%	0,00%	22,49%
0	-9,582	19,259	18,572
0%	-43,58%	0,00%	-22,49%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0%	43,6%	0,0%	22,5%
0	-9,582	19,259	18,572
0%	-31,6%	0,0%	-16,3%

Datenblatt A14a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 1 bis 5 für Sparflamme (Szenarien R₁ bis R₄ und EX₁, EX₂), undiskontierte Ergebnisse

(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 1

I. Unsicherheit Preisentwicklung für landwirtschaftliche Produkte

niedrigere Preise (-10%)
wahrscheinliche Preise
höhere Preise (+10%)

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 1

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁	NN-Diff. EX ₁ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁
0	-1,844	0	-2,770	
0	2,615	0	3,520	
0	7,026	0	9,744	

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0	-5,147
0	-0,687
0	3,724

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0%	-646,7%
0	-0,687
0%	-641,7%

II. Unsicherheit bei Ertragsreduktion infolge TW-Schulzauflagen

stärkere Ertragsreduktion im Ackerbau
wahrscheinliche Ertragsreduktion
geringere Ertragsreduktion im Ackerbau auf Elbböden

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 2

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁	NN-Diff. EX ₁ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁
0	11,446	0	15,748	
0	2,615	0	3,520	
0	-10,348	0	-15,594	

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0	8,144
0	-0,687
0	-13,650

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0%	1284,9%
0	-0,687
0%	-1885,9%

Modul 2

Pauschale Variation bei Vorsorgekosten für Straßen

Wert -50%

wahrscheinlicher Wert in Modul 2

Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 3

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁	NN-Diff. EX ₁ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁
0	0,025	0	0,925	
0	0,0503	0	1,6499	
0	0,075	0	2,775	

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0	-0,713
0	-0,687
0	-0,662

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0%	-3,7%
0	-0,687
0%	-3,7%

Modul 3

Pauschale Variation bei Vorsorgekosten für Abwasserentsorgung

Wert -50%

wahrscheinlicher Wert in Modul 3

Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 4

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁	NN-Diff. EX ₁ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁
0	0	0	0,032	
0	0	0	0,064	
0	0	0	0,096	

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0	0
0	0
0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0%	0,000
0	0,000
0%	0,000

Modul 4

Pauschale Variation bei Vorsorgekosten für Heizölanlagen und Tankstellen

Wert -50%

wahrscheinlicher Wert in Modul 4

Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 4

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁	NN-Diff. EX ₁ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁	NN-Diff. EX ₂ - EX ₁
0	0,398	0	0,481	
0	0,797	0	0,963	
0	1,195	0	1,444	

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0	-1,086
0	-0,687
0	-0,289

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. S ₁ - S ₁ /S ₃ - S ₁	NN-Diff. S ₂ - S ₁ /S ₄ - S ₁
0%	-57,9%
0	-0,687
0%	57,9%

Datenblatt A14b: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 1 bis 5 für Sparflamme (Szenarien R₁ bis R₄ und EX₁, EX₂)
 (alle Angaben in Mio. DM)

Modul 5

Variation der Aufbereitungskosten

Min: keine Aufbereitungskosten
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: Verdreifachung des wahrscheinl. Wertes

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 5

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	0,000	0	-4,176
0	-4,176	0	-12,528

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
 (absolute Werte)

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	3,489	0	-0,687
0	-9,039	0	-9,039

Variation der Zeitdifferenz Δt

Min: keine Zeitdifferenz
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: Verdopplung des wahrscheinl. Wertes

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	0,000	0	-4,176
0	-8,352	0	-8,352

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	3,489	0	-0,687
0	-4,863	0	-4,863

Variation der jährlichen Fördermengen

Min: keine Förderung
 wahrscheinlicher Wert in Modul 5
 Max: jährliche Förderung von 20 Mio. m³/a

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	0,000	0	-4,176
0	-7,200	0	-7,200

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	3,489	0	-0,687
0	-7,711	0	-7,711

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
 (Prozentabweichungen)

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	607,5%	0	-0,687
0	1215,0%	0	-0,687

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	607,51%	0	-0,687
0	-607,51%	0	-0,687

NN-Diff.		NN-Diff.	
$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$	$S_1 - S_1/S_3 - S_1$	$S_2 - S_1/S_4 - S_1$
0	607,5%	0	-0,687
0	-439,9%	0	-0,687

Datenblatt A15b: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 1 bis 5 für Gründerzeit (Szenarien G₁ bis G₄)

(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 5

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 5

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	0,000	0	0,000
0	-8,352	0	-8,352
0	-25,056	0	-25,056

Variation der Aufbereitungskosten

Min: keine Aufbereitungskosten
wahrscheinlicher Wert in Modul 5
Max: Verdreifachung des wahrscheinl. Wertes

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	-21,909	-114,356	-110,994
0	-30,261	-114,356	-119,346
0	-46,965	-114,356	-136,050

Variation der Zeitdifferenz Δt

Min: keine Zeitdifferenz
wahrscheinlicher Wert in Modul 5
Max: Verdopplung des wahrscheinl. Wertes

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	0,000	0	0,000
0	-8,352	0	-8,352
0	-16,704	0	-16,704

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	-21,909	-114,356	-110,994
0	-30,261	-114,356	-119,346
0	-38,613	-114,356	-127,698

Variation der jährlichen Fördermengen

Min: jährliche Förderung von 17 Mio. m³/a
wahrscheinlicher Wert in Modul 5
Max: vollständige Auslastung der Kapazitäten

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	-6,120	0	-6,120
0	-8,352	0	-8,352
0	-12,528	0	-12,528

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0	-28,029	-114,356	-117,114
0	-30,261	-114,356	-119,346
0	-34,437	-114,356	-123,522

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0%	27,6%	0,0%	7,0%
0	-30,261	-114,356	-119,346
0%	-55,2%	0,0%	-14,0%

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0%	27,6%	0,0%	-7,0%
0	-30,26	-114,36	-119,35
0%	27,6%	0,0%	7,0%

NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
0%	7,4%	0,0%	-1,9%
0	-30,26	-114,36	-119,35
0%	13,6%	0,0%	3,5%

Datenblatt A16a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 6-12 für Realo (Szenarien R₁-R₄), undiskontierte Ergebnisse
(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 6

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 6

I. Variation Kiespreisentwicklung (zw. 8-15%)

untere Preisentwicklung (-10,5%)
wahrscheinliche Preisentwicklung
obere Preisentwicklung (+10,5%)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-7.818	22.758	21.342
0	-9.371	21.341	21.341
0	-9.371	20.531	20.531

II. Variation des Zeitraums zur Überwindung der Kapazitätskrise
schnelle Anpassung: 6 Jahre (-25%)
wahrscheinlich: 8 Jahre
langsame Anpassung: 10 Jahre (+25%)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.395	21.342	21.342
0	-9.371	21.341	21.341
0	-9.349	21.340	21.340

III. Variation Abschreibungszeitraum
unterer Wert: 14 Jahre (-22%)
wahrscheinlich: 18 Jahre
oberer Wert: 22 Jahre (+22%)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.236	18.546	18.546
0	-9.371	21.341	21.341
0	-9.378	24.170	24.170

IV. Variation der Fixkosten aus Faustformel
unterer Wert (Faustformel -20%)
wahrscheinlicher Wert (Faustformel)
oberer Wert (Faustformel +20%)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.737	15.953	15.953
0	-9.371	21.341	21.341
0	-9.006	26.730	26.730

V. Variation der Fixkostenwerte auf Basis eines möglichen systematischen Fehlers
oberer Wert (Schwankung 20%)
wahrscheinlicher Wert (Faustformel)
unterer Wert (Schwankung 20%)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-14.577	18.647	18.647
0	-9.371	21.341	21.341
0	-4.165	24.036	24.036

VI. Variation der Reservemengen
oberer Wert + 20% Reserve
wahrscheinlicher Wert (RBP-Prognose)
unterer Wert -20%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-7.813	22.900	22.900
0	-9.371	21.341	21.341
0	-10.930	19.783	19.783

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-8.029	20.676	19.969
0	-9.582	19.259	18.572
0	-9.582	18.449	17.761

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.607	19.260	18.573
0	-9.582	19.259	18.572
0	-9.553	19.259	18.571

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.448	16.464	15.777
0	-9.582	19.259	18.572
0	-9.589	22.088	21.400

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9.948	13.871	13.163
0	-9.582	19.259	18.572
0	-9.217	24.648	23.961

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-14.788	16.565	15.878
0	-9.582	19.259	18.572
0	-4.376	21.954	21.266

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-8.024	20.818	20.131
0	-9.582	19.259	18.572
0	-11.141	17.701	17.014

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	16,2%	7,4%	7,6%
0	-9,582	19,259	18,572
0	0,0%	-4,2%	-4,4%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-0,3%	0,0%	0,0%
0,000	-9,582	19,259	18,572
0	0,3%	0,0%	0,0%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	1,4%	-14,5%	-15,1%
0	-9,582	19,259	18,572
0	-0,1%	14,7%	15,2%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-3,8%	-28,0%	-29,0%
0	-9,582	19,259	18,572
0	9,8%	28,0%	29,0%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-54,3%	-14,0%	-14,5%
0	-9,582	19,259	18,572
0	54,3%	14,0%	14,5%

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	16,3%	8,1%	8,4%
0	-9,582	19,259	18,572
0	-16,3%	-8,1%	-8,4%

Datenblatt A16b: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Realo (Module 7-12) (Szenarien R₁-R₄)
(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 7

VII. Variation der Transportkosten

Min: Zugsatz
wahrscheinlich (Durchschnitt Solo- und Zugsatz)
Max: Solosatz

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 7

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0,000	0,177	-0,877	-0,877
0,000	0,458	-1,014	-1,014
0,000	0,321	-1,570	-1,570

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9,864	19,397	18,709
0	-9,582	19,259	18,572
0	-9,720	18,703	18,016

Modul 8

VIII. pauschale Variation bei den kiesbedingten Verlusten in der Landwirtschaft

Wert -50%
wahrscheinlicher Wert in Modul 8
Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 8

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-0,007	0,003	0,003
0	-0,015	0,005	0,005
0	-0,022	0,008	0,008

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9,575	19,257	18,570
0	-9,582	19,259	18,572
0	-9,590	19,262	18,575

Modul 9

IX. pauschale Variation bei den emissionsbedingten Wohlfahrtsverlusten

Wert -50%
wahrscheinlicher Wert Modul 9
Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 9

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-0,127	-0,225	-0,225
0	-0,254	-0,449	-0,449
0	-0,380	-0,674	-0,674

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9,456	19,484	18,797
0	-9,582	19,259	18,572
0	-9,709	19,035	18,348

Modul 11

X. pauschale Variation der nachnutzungsbedingten Wohlfahrtseffekte

Wert -50%
wahrscheinlicher Wert Modul 11
Wert +50%

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 11

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,143	-0,344	-0,344
0	0,287	-0,688	-0,688
0	0,430	-1,032	-1,032

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9,726	19,603	18,916
0	-9,582	19,259	18,572
0	-9,439	18,916	18,228

Modul 12

XI. Recyclingquote und Investitionskosten in Recyclinganlagen in 2030

Recyclingquote 15%, 1,28 DM/t Investition
Recyclingquote 20%, 1,60 DM/t Investition
Recyclingquote 25%, 1,92 DM/t Investition

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 12

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,000	0,038	0,038
0	0,000	0,064	0,064
0	0,000	0,096	0,096

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-9,582	19,234	18,546
0	-9,582	19,259	18,572
0	-9,582	19,291	18,604

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-2,9%	0,7%	0,7%
0	-9,582	19,259	18,572
0	1,4%	-2,9%	-3,0%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,08%	-0,01%	-0,01%
0	-9,582	19,259	18,572
0	-0,08%	0,01%	0,01%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	1,3%	1,2%	1,2%
0	-9,582	19,259	18,572
0	-1,3%	-1,2%	-1,2%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	-1,5%	1,8%	1,9%
0	-9,582	19,259	18,572
0	1,5%	-1,8%	-1,9%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

NN-Diff. R ₁ - R ₁	NN-Diff. R ₂ - R ₁	NN-Diff. R ₃ - R ₁	NN-Diff. R ₄ - R ₁
0	0,0%	-0,1%	-0,1%
0	-9,582	19,259	18,572
0	0,0%	0,2%	0,2%

Datenblatt A17a: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Module 6-12 für Gründerzeit (Szenarien G₁-G₄), undiskontierte Ergebnisse
(alle Angaben in Mio. DM)

	Bezug : Wirkung auf das Ergebnis in Modul 6 (absolute Werte)				Bezug : Wirkung auf Gesamtsumme aller Module (Prozentabweichungen)			
	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
I. Variation Klemprensentwicklung (zw. 8-15%)								
untere Preiswerte	0	-26,376	-88,217	-88,217	0,000	3,4%	21,2%	20,3%
wahrsch. Preiswerte	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
obere Preiswerte	0	-28,847	-132,553	-132,553	0,000	-4,7%	-17,6%	-16,6%
II. Überwindung Kapazitätskrise mit Preisanpassung an Westniveau								
schnelle Anpassung: 6 Jahre	0	-27,447	-112,445	-112,445	0,000	-0,1%	0,0%	0,0%
wahrscheinlich: 8 Jahre	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
langsame Anpassung: 10 J	0	-27,367	-112,447	-112,447	0,000	0,1%	0,0%	0,0%
III. Variation Abschreibung in der Ermittlung der variablen und fixen Kosten								
unterer Wert 14 Jahre	0	-22,824	-124,712	-124,712	0,000	15,2%	-10,7%	-10,3%
wahrscheinlich: 18 Jahre	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
oberer Wert 22 Jahre	0	-31,259	-103,826	-103,826	0,000	-12,7%	7,5%	7,2%
IV. Variation der Fixkosten aus Faustformel								
unterer Wert (Faustformel -20%)	0	-24,878	-120,025	-120,025	0,000	8,4%	-6,6%	-6,4%
wahrscheinlicher Wert (Faustformel)	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
oberer Wert (Faustformel +20%)	0	-29,944	-104,866	-104,866	0,000	-8,4%	6,6%	6,4%
V. Systematischer Fehler Fixkosten-Faustformel								
oberer Wert (20% Variation)	0	-31,168	-116,236	-116,236	0,000	-12,4%	-3,3%	-3,2%
wahrscheinlicher Wert (Faustformel)	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
unterer Wert (20% Variation)	0	-23,654	-108,656	-108,656	0,000	12,4%	3,3%	3,2%
VI. Variation der Reservemengen								
oberer Wert + 20% Reserve	0	-26,791	-110,354	-110,354	0,000	2,0%	1,8%	1,8%
wahrscheinlicher Wert (RBP-Prognose)	0	-27,411	-112,446	-112,446	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
unterer Wert -20%	0	-28,031	-114,537	-114,537	0,000	-2,0%	-1,8%	-1,8%

Datenblatt A17b: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für Gründerzeit (Module 7-12) (Szenarien G₁-G₄)

(alle Angaben in Mio. DM)

Modul 7

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 7
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
VII. Variation der Transportkosten	0	0,913	-1,701	-1,701
Min. Zugsatz	0	1,396	-1,967	-1,967
wahrscheinlich (Durchschnitt Solo- und Zugsatz)	0	1,643	-3,046	-3,046
Max. Solosatz	0	0	0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-30,744	-114,090	-119,080
	0	-30,261	-114,356	-119,346
	0	-30,015	-115,435	-120,425

Modul 8

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 8
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
VIII. pauschale Variation bei den kiesbedingten Verlusten in der Landwirtschaft	0	0,000	0,137	0,137
Wert -50%	0	-0,000	0,274	0,274
wahrscheinlicher Wert in Modul 8	0	-0,001	0,411	0,411
Wert +50%	0	0	0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-30,261	-114,483	-119,483
	0	-30,261	-114,356	-119,346
	0	-30,261	-114,219	-119,209

Modul 9

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 9
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
IX. pauschale Variation bei den emissionsbedingten Wohlfahrtsverlusten	0	-0,053	0,110	0,110
Wert -50%	0	-0,105	0,220	0,220
wahrscheinlicher Wert Modul 9	0	-0,158	0,330	0,330
Wert +50%	0	0	0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-30,209	-114,466	-119,456
	0	-30,261	-114,356	-119,346
	0	-30,314	-114,246	-119,236

Modul 11

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 11
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
X. pauschale Variation der nachnutzungsbedingten Wohlfahrtsverluste	0	0,425	-0,464	-0,464
Wert -50%	0	0,850	-0,927	-0,927
wahrscheinlicher Wert Modul 11	0	1,275	-1,391	-1,391
Wert +50%	0	0	0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-30,666	-113,893	-118,883
	0	-30,261	-114,356	-119,346
	0	-29,836	-114,820	-119,810

Modul 12

Bezug: Wirkung auf das Ergebnis in Modul 12
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
XI. Recyclingquote und Investitionskosten in Recyclinganlagen in 2030	0	0,000	0,294	0,294
Recyclingquote 15%, 1,28 DMt Investition	0	0,000	0,490	0,490
Recyclingquote 20%, 1,60 DMt Investition	0	0,000	0,734	0,734
Recyclingquote 25%, 1,92 DMt Investition	0	0	0	0

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(absolute Werte)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-30,261	-114,552	-119,542
	0	-30,261	-114,356	-119,346
	0	-30,261	-114,111	-119,101

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0,000	-1,6%	0,2%	0,2%
	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
	0,000	0,8%	-0,9%	-0,9%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	0,0%	0,1%	0,1%
	0,000	-30,261	-114,36	-119,35
	0	0,0%	-0,1%	-0,1%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	0,2%	0,1%	0,1%
	0,000	-30,261	-114,36	-119,35
	0	0,2%	-0,1%	-0,1%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0	-1,4%	-0,4%	-0,4%
	0,000	-30,261	-114,36	-119,35
	0	-1,4%	0,4%	0,4%

Bezug: Wirkung auf Gesamtsumme aller Module
(Prozentabweichungen)

	NN-Diff. G ₁ - G ₁	NN-Diff. G ₂ - G ₁	NN-Diff. G ₃ - G ₁	NN-Diff. G ₄ - G ₁
	0,000	0,0%	-0,2%	-0,2%
	0,000	-30,261	-114,356	-119,346
	0,000	0,0%	0,2%	0,2%

Literaturverzeichnis

- Adams, R.M., Hurd, B.H., Lenhart, S. und N. Leary (1998): Effects of global change on agriculture: an interpretative review, *Climate Research* 11, 19-30; Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer and M. Livermoore (1999): Climate change and world food security: a new assessment, *Global Environmental Change* 9, S51-S67.
- AG Bodenkunde – Arbeitsgruppe Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover/Stuttgart
- AG KABE – Arbeitsgemeinschaft KABE (2000): Kiesabbau in Auen am Beispiel der Elbe (KABE) – Grundlagen zur Einschätzung großräumiger ökologischer Auswirkungen, BfG/Projektgruppe Elbe-ökologie (Hrsg.), Mitteilung Nr. 7, Berlin
- Andreae, H., Raben, G. (2000): The nitrogen situation of Saxonian Forest Ecosystems – Results of soil condition (Level I) and intensive monitoring (Level II) networks, o. O.
- Appelt, L. (2000): Bisherige und künftige Preisentwicklungen für ausgewählte Agrarprodukte und Betriebsmittel für die Landwirtschaft, Werkvertrag im Auftrag des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH, Leipzig
- ARUM – Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung (1992): Verfahrenskonzeption zur Anwendung der Eingriffsregelung in der Bauleitplanung, Gutachten i.A. des Landkreises Stade, in: LANA 5/1996
- Bastian, O., Schreiber, K.-F. (1994): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft, Stuttgart
- Bauer, N.J. (1993): Renaturierung und Rekultivierung aus der Sicht des Naturschutzes, in: Speetzen, E. (Hrsg.): Rohstoffe und Umwelt, Berlin
- Bauer, N.J., Prautzsch, H.J. (1973): Sekundäre Naturbiotope einer Sandgrube, Berichte der Arnsberger Umweltgespräche
- BauGB (1997): Baugesetzbuch vom 27. August 1997, BGBl. I, S. 2141
- Becker, N., Bruns, S., Mann, S., Schilling, S., Steffen, K. (1998): Naturschutz und Tourismus in Barby, Ideenkonzept für eine naturverträgliche Naherholung, Projektarbeit an der Hochschule Anhalt (FH), unveröffentlicht
- BKS – Bundesverband für Kies und Sand (1998): Geschäftsbericht 1997/98, Duisburg
- BKS, Kiesproduktionsdaten für Deutschland und Sachsen, persönliche Datenmitteilung
- Blab, J. (1984): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 24, Bonn/Bad Godesberg
- Block, J. (1995): Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser aus Waldökosystemen, in: UBA (Hrsg.): Wirkungskomplex Stickstoff und Wald, IMA-Querschnittsseminar 21./22. November 1994, Umweltbundesamt, Berlin
- Blume, H.-P. (Hrsg.) (1992): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung, Landsberg/Lech
- BML – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2000): Agenda 2000, Pflanzlicher Bereich, Agrarumweltmaßnahmen, Bonn
- Brahms, M., Haaren, C. von, Janssen, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotential, Landschaft und Stadt 21, Stuttgart
- Brent, R.J. (1996): Applied Cost-Benefit Analysis, Cheltenham, UK
- Breuste, J., Keidel, T., Meinel, G., Münchow, B., Netzband, M., Schramm, M. (1996): Erfassung und Bewertung des Versiegelungsgrades befestigter Flächen. UFZ-Bericht 12/1996, Leipzig
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (1998): Prognose der mittel- und langfristigen Nachfrage nach mineralischen Baurohstoffen, Forschungsberichte des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Heft 85, bearbeitet durch die REGIOPLAN INGENIEURE GmbH
- Däumler, K.-D. (1998): Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, Verlag Neue Wirtschafts-Briefe, Herne/Berlin
- Dingethal, F.-J., Kaule, G., Weinzierl, W. (Hrsg.) (1998): Kiesgrube und Landschaft – Handbuch über den Abbau von Sand und Kies, über Gestaltung, Rekultivierung und Renaturierung, Verlag Ludwig Auer, Donauwörth
- Drechsler, M. (2001), Verfahren der multikriteriellen Analyse bei Unsicherheit, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 269-292

- DVWK (1990): Stoffeintrag und Stoffaustrag in bewaldeten Einzugsgebieten, Schriftenreihe des DVWK, Heft 91, Hamburg, Berlin
- DVWK (1997): Erfassung der depositionsbedingten Schadstoffbelastung des Sickerwassers von Waldstandorten – Einfluß auf die Grundwasserbeschaffenheit. DVWK Merkblatt 243
- DWI – Drinking Water Inspectorate (Hrsg.) (1995): A Study of the Economics of Restrictions on the Use of Pesticides: Final Report to the Department of the Environment, Transport and the Regions, Medmenham, Marlow/UK
- Eichhorn, J. (1995): Stickstoffsättigung und ihre Auswirkungen auf das Buchenwaldökosystem des Fallstudie Zierenberg, Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Göttingen, Reihe A, Bd. 124
- Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Stuttgart
- Ende, H. P., Jochheim, H., Lüttschwager, D. (1995): Nitratausträge unter Wald, in: Bork, H.-R. et al.: Agrarlandschaftswandel in Nordostdeutschland unter veränderten Rahmenbedingungen, Berlin, S. 68-70
- Erhard, M. (1999): Wachstum von Kiefern-Ökosystemen in Abhängigkeit von Klima und Stoffeintrag – Eine regionale Fallstudie auf Landschaftsebene. Diss. Univ. Potsdam (im Druck)
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau (1982): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag), Köln
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau (1993): Hinweise für Maßnahmen an bestehenden Straßen in Wasserschutzgebieten, Köln
- Fleckenstein, K. (1998): Prognose der mittel- und langfristigen Nachfrage nach mineralischen Baustoffen, Forschungsbericht des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Heft 85, Bonn
- Foltan, W. (1996): 50 Jahre Fernwasserversorgung für den mitteldeutschen Raum, Wasserwirtschaft Wassertechnik, 6/1996, S. 18-24.
- Franko, U. (1996): Simulation der Kohlenstoff-Stickstoff-Dynamik in Agrarlandschaften. Landbauforschung Völkenrode 3/1996, S. 114-120
- Franko, U., Oelschlägel, B., Schenk, S. (1995): Simulation of Temperature-, Water- and Nitrogen dynamics using the Model CANDY. Ecological Modelling 81, S. 213-222
- Franko, U., Schmidt, T., Volk, M. (2001): Modellierung des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser, in: Horsch, et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 165-186
- Frey, E. (1994): Möglichkeiten und Ziele der Ufergestaltung, in: DVWK – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (Hrsg.): Wasserwirtschaftliche und ökologische Belange bei Abgrabungen im Grundwasser, DVWK Seminar (Manuskript), Magdeburg
- Glugla, G., Fürtig, G. (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin
- Gundersen, P. (1995): Nitrogen deposition and leaching in European forests – Preliminary results from a data compilation; Water, Air and Soil Pollution 85, S. 1179-1184
- GVG – Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (1971): GVG in der Fassung vom 28.01.1988, zuletzt geändert am 09.09.1998, BGBI. I, S. 2858.
- Haase, G. (1978): Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen, Petermanns Geographische Mitteilungen, Gotha/Leipzig 122
- Hermanowski, R., Krug, A. (1997): Wasserschutz durch ökologischen Landbau, Leitfaden für die Wasserwirtschaft, Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau, Bund Umwelt und Naturschutz Deutschland
- Herzog, F., Kunze, J. (1999): Erfassung von Parametern des Landschaftswasserhaushaltes, in: Horsch, H., Ring, I. (Hrsg.): Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung, Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet. UFZ-Bericht 16/1999, S. 89-108
- HGN NL Torgau, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH Freiberg, IBGW Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig (1996): Grundwasserangebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig 1996, Abschlussbericht im Auftrag des LfUG, Torgau
- Horsch, H. (2001): Verursachergerechte Ressourcenpreise: eine Voraussetzung zur Förderung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 323-346
- Horsch, H., Ring, I. (2001): Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung: Nutzungskonflikte und Lösungskonzepte, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 13-30

- Horsch, H., Ring, I., Herzog, F. (Hrsg.) (2001): Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung – Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und –umsetzung, Marburg
- Hydro Agri Dülmen GmbH (Hrsg.) (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Münster-Hiltrup
- Ingenieurbüro Galinsky & Partner (1997): Obligatorischer Rahmenbetriebsplan für das Planfeststellungsverfahren zum Vorhaben Kiestagebau Arzberg mit den Feldern Arzberg-Blumberg, Arzberg-Kötten, unveröffentlicht
- Institut für Landschaftspflege und Naturschutz der Universität Hannover (1994-1996): Methodik der Eingriffsregelung. Teil I – III. Gutachten im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)
- Isermeyer, F., Kleinhanß, W., Manegold, D., Mehl, P., Nieberg, H., Offermann, F., Osterburg, B., Schrader, H., Seifert, K. (1999): Auswirkungen der Beschlüsse zur Agenda 2000 auf die deutsche Land- und Forstwirtschaft. Antworten auf den Fragenkatalog anlässlich der öffentlichen Anhörung des Ernährungsausschusses des Deutschen Bundestages am 16. 06. 1999. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig
- Jedicke, E. (Hrsg.) (1997): Die Roten Listen, Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern, Stuttgart
- Jürging, P., Kaule, G. (1977): Entwicklung von Kiesbaggerungen zu biologischen Ausgleichsflächen, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 8; Bonn-Bad Godesberg
- Kapfer, A., Claasen, A. (1993): Kiesgruben und Steinbrüche – Paradiese, Oasen oder Wüsten? Kornwestheim: Eine Bewertung aus Sicht des Naturschutzbund Deutschland (NABU), Landesverband Baden-Württemberg e.V.
- Kaule, G. (1991): Arten- und Biotopschutz, 2. Aufl., Stuttgart
- Kindler, A., Müller, E., Wätzold, F. (2001): Geographische und sozioökonomische Charakteristik des „Torgauer Raumes“, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 31-50
- Klauer, B. (2001): Modellierung ökonomischer Effekte von Landnutzungsänderungen mittels Input-Output-Analyse. In: Horsch, H. et al. (Hrsg.): S. 199-224
- Klauer, B., Messner, F., Drechsler, M., Horsch, H. 2001: Das Konzept des integrierten Bewertungsverfahrens, in: Horsch, H. et al., a.a.O., S. 75-98
- Klauer, B., Messner, F., Herzog, F., Geyler, S. (2001): Die Ableitung von Bewertungskriterien, in: Horsch, H. et al., a.a.O., S. 131-146
- Kölling, C.; Neustifter, H. (1997): Stickstoffeintrag in Wälder und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, AFZ/Der Wald, 20/1997, S. 1107-1110
- Korneck, D., Sukopp, H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz, Schriftenreihe für Vegetationskunde 19, Bonn-Bad Godesberg
- Kundler, P. (1989): Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Berlin
- Kunze, J. (1998): Landnutzung und Trinkwasserneubildung im Torgauer Raum, Diplomarbeit Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät und Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Angewandte Landschaftsökologie, unveröffentlicht
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1999): Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, Darmstadt
- LA Torgau – Landratsamt Torgau (1995): Landschaftsrahmenplan des Landkreises Torgau-Oschatz für das Gebiet des ehemaligen Landkreises Torgau, Torgau.
- LA TORGAU – Landratsamt Torgau-Oschatz (1998): Information zum Abbau oberflächennaher Rohstoffe mit Stand vom 30.10.1998
- Labudda, V. (1995): Entwicklung regionaler naturraumbezogener Leitbilder für eine Erstaufforstungskonzeption. TU Dresden
- LAU – Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (1998): Bericht über die öffentliche Wasserversorgung im Land Sachsen-Anhalt für das Jahr 1998, unveröffentlichtes Arbeitsmaterial des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (Saale)
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1998): Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, Berlin
- LAWA (1995): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit Nitrat, Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart

- LfUG – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (1996): CIR-Biotop- und Landnutzungskartierung Sachsen, 1:10.000, Dresden
- Magoulas, G., Leist H.-J., Grote U. (1996): Ökologisch orientierter Grund- und Trinkwasserschutz unter besonderer Berücksichtigung der Folgekosten landwirtschaftlicher Aktivitäten, München, Wien.
- Manegold, D. (2000): Aspekte gemeinsamer Agrarpolitik 1999. *Agrarwirtschaft* 49/1, S. 2 – 14
- Maute, H. A. (1980): Wirtschaftliche Aspekte der Beeinflussbarkeit des Kiesabbaus in Baden-Württemberg, in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Probleme der Raumordnung in Kiesabbaugebieten am Oberrhein, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Band 35, Hannover, S. 86-90
- Menge, M., Wallbaum, C. (1999): Ergebnisse zur Wirksamkeit des Programms "Umweltgerechte Landwirtschaft in Sachsen", Infodienst 10/99, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Möckern
- Mercado, S.V. (1995): Ökonomische Substitutionspotentiale für natürliche Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe – dargestellt am Beispiel der Entwicklung regionaler Konzepte zum Bauschuttrecycling, Frankfurt/M.
- Messner, F., Drechsler, M., Horsch, H., Geyley, S., Klauer, B. (2001): Die multikriterielle Entscheidungsanalyse in Anwendung auf den Torgauer Raum: Ergebnisse und Interpretation, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 291-320
- Messner, F., Geyley, S. (2001): Die Nutzen-Kosten-Analyse von Landnutzungsänderungen im Torgauer Raum, in: Horsch, H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 235-268
- Messner, F., Klauer, B., Horsch, H., Geyley, S., Volk, M., Herzog, F. (2001): Ableitung von Szenarien für Entscheidungsanalysen: Methodik und beispielhafte Anwendung, in: Horsch, H. et al., a.a.O., S. 99-130
- MRLU – Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (1996): Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg
- Mückenhausen, E. (1985): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen, 3. Erg. Aufl., Frankfurt/Main
- Neubert, M. (2000): Einfluss der Landbewirtschaftung auf die Sickerwasserqualität im Torgauer Raum, Diplomarbeit TU Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften und Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Angewandte Landschaftsökologie, unveröffentlicht
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (1994): Naturschutzfachliche Hinweise zur Anwendung der Eingriffsregelung in der Bauleitplanung, Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/94, Hannover
- O.V. (2001): Kapazitätsabbau hat nichts an Aktualität verloren, in: Steinbruch und Sandgrube, Heft 1/2001, S. 14-16
- O.V. (1999a): Politik gefährdet konjunkturelle Erholung, in: Steinbruch und Sandgrube, Heft 2/1999, S. 56
- O.V. (1999b): Düstere Aussichten für die Bauwirtschaft, in: Steinbruch und Sandgrube, Heft 4/1999, S. 42-43
- Olschewski, R. (1997): Nutzen-Kosten-Analyse des Wasserschutzes durch eine Aufforstung, Frankfurt/Main
- Pahl, G. (1998): Voraussichtliche Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen bis zum Jahre 2040 – Einschätzung aus der Sicht der Kies- und Sandindustrie, in: Steinbruch und Sandgrube, Heft 1/1998, S. 10-17
- Petry, D., Herzog, F., Volk, M., Steinhardt, U., Erfurth, S. (2000): Auswirkungen unterschiedlicher Datengrundlagen auf mesoskalige Wasserhaushaltsmodellierungen: Beispiele aus dem mitteleuropäischen Raum. *Z. Kulturtechnik und Landentwicklung* 1/2000: S. 19-26
- Plachter, H. (1983): Die Lebensgemeinschaften aufgelassener Abbaustellen. Ökologie und Naturschutzaspekte von Trockenbaggerungen mit Feuchtbiotopen, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz 56, München
- Plachter, H. (1991): Naturschutz, Stuttgart
- Planungsbüro L. Reichhoff (1993): Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP) für Kiesaufschluß Großtreben-Dautzchen, unveröffentlicht

- Planungsbüro L. Reichhoff (1994): Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP), Quantitative Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung, unveröffentlicht
- Planungsbüro Ökoplan, L. Reichhoff (1992): Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) im Rahmen des Raumordnungsverfahrens: Aufschluß einer Kieslagerstätte im Raum Großtreben-Dautzschen, Landkreis Torgau, unveröffentlicht
- Pott, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, 2. Aufl., Stuttgart
- Rachimov, C. (1996): Algorithmus zum BAGROV-GLUGLA-Verfahren für die Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushaltes (Abflussmodell ABIMO, Version 2.1), Programmbeschreibung, pro data consulting Claus Rachimov, Rangsdorf
- Regierungspräsidium Leipzig (1997): Raumordnerische Stellungnahme zum Planfeststellungsverfahren für den Kiestagebau Arzberg mit den Feldern Arzberg-Blumberg und Arzberg-Köthen, Landkreis Torgau-Oschatz, Leipzig
- Regionaler Planungsverband Westsachsen (1998): Regionalplan Westsachsen, Entwurf, Leipzig
- Ringler, A., Huis, G., Schwab, U. (Alpeninstitut Bremen GmbH) (1995): Lebensraumtyp Kies-, Sand- und Tongruben, in: StMLU – bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, ANL – Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.18, München
- RSU – Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1998): Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz, Sondergutachten, Stuttgart
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (1999): Datensammlung – Deckungsbeiträge für die Pflanzen- und Tierproduktion im Freistaat Sachsen, Stand 09/99
- Sächsisches Oberbergamt Freiberg (1998): Bescheid über die Zulassung des vorzeitigen Beginns für das Kiestaugebauvorhaben „Arzberg“ Bewilligungsfeld Arzberg-Blumberg, Az. Nr. 4741.2821, Gemeinde Arzberg, Landkreis Torgau-Oschatz, 3. August 1998, Freiberg.
- Sächsisches Oberbergamt Freiberg (1999): Planfeststellungsbeschluss zum Vorhaben „Betreiben des Kiessandtagebaus Dautzschen, Gemeinde Großtreben-Zwethau, Landkreis Torgau-Oschatz“, 1. Juni 1999, Freiberg
- SächsWG – Sächsisches Wassergesetz (1998): Sächsisches Wassergesetz vom 23. Februar 1993 in der Fassung vom 21. Juli 1998, SächsGVBl., S. 393
- Sandner, E. (1991): Biotisches Ertragspotential, in: Reichhoff, L., Böhnert, W. (Hrsg.): Landschaftsrahmenplan für das Landschaftsschutzgebiet und den Nationalpark Sächsische Schweiz, Dessau, unveröffentlicht
- Scheffer, F., Schachtschabel, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, 13. Auflage, Stuttgart
- Schintke, J. (1973): Modell der doppelten Proportionalität zur Schätzung von nichtnegativen Matrizen, insbesondere Input-Output-Tabellen, in: Angewandte Informatik 4, S. 153-156
- Schulz-Terfloth, G. (1998): Grundwassergefährdung durch vorherrschende Nutzungen und unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse in Norddeutschland, in: DVWK (Hrsg.): Zukunftsfähige Schutzstrategien der Wasserwirtschaft, Schriften 122, Bonn.
- SLAF – Sächsisches Landesamt für Forsten (1999): Verfahrensbeschreibung für forstliche Fachplanungen zur Waldmehrung vom 22.01.1999, Graupa
- SML – Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (1993) Richtlinie zu den Bestandeszieltypen im Staatswald, Dresden
- SML (1993): Förderprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen (UL)“, Dresden
- SMU – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung (1994): Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung über Schutzbestimmungen und Ausgleichsleistungen für erhöhte Aufwendungen der Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten vom 30. Juni 1994 (SächsSchAVO), in: SächsGVBl., Nr. 39 vom 14. Juli 1994, S. 1178-1199
- SMU, LfUG (1997): Grundsatzplan öffentliche Wasserversorgung Freistaat Sachsen, Entwurf, Dresden
- SMU (1993): Sächsisches Wassergesetz vom 12. März 1993, in: Sächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt, Nr. 13/1993, S. 201-228
- SMUL – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (1999): Förderprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen (UL)“, Dresden
- SMUL (1999): Konzept Ökologischer Landbau im Freistaat Sachsen, Dresden

- SMUL (1999): Richtlinie zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft im Freistaat Sachsen, RL-Nr. 73/99
- SMUL (2000): Verordnung des SMUL über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Sächsische Anlagenverordnung) (SächsVAwS), SächsGVBl. 7/2000, S. 223-231
- SMUL (1994): Verordnung über Schutzbestimmungen und Ausgleichsleistungen für erhöhte Aufwendungen der Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten vom 30. Juni 1994 (SächsSchAVO), in: SächsGVBl., Nr. 39 vom 14. Juli 1994, S. 1178-1199
- SMUL, LfUG (1998): Grundsatzplan öffentliche Wasserversorgung Freistaat Sachsen, Dresden
- Sommer, U. (2000): Der Markt für Zucker. *Agrarwirtschaft* 49/1, S. 30-35
- StaBa – Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.) (1983 – 99a): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden.
- StaBa (1999b): Zur Interpretation und Verknüpfung von Indikatoren, Wiesbaden
- StaBA (1999): Input-Output-Tabellen 1995, Fachserie 18, Reihe 2, Stuttgart
- Stäglin, R. (1972): MODOP – Ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen, Anwendung statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme, *Arbeiten zur angewandten Statistik* 15, S. 69-81
- Stäglin, R. (1973): Methodische und rechnerische Grundlagen der Input-Output-Analyse, in: Krenzel, R. (Hrsg.): *Aufstellung und Analyse von Input-Output-Tabellen*, Göttingen
- StaLa Sachsen – Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (1999): *Statistisches Jahrbuch Sachsen 1999*, Kamenz
- StaLa Sachsen (1999): Daten zum Bruttoinlandsprodukt Sachsens aus der Internet-Datenbank des Statistischen Landesamtes mit Stand vom 19.10.1999, <http://www.statistik.sachsen.de/42zeitr/ref-35/bip.htr>
- StUFA – Staatliches Umweltfachamt Leipzig (1995): Übersichtskarten Trinkwasserschutzzonen und Trinkwasservorbehaltsgebiete im Regierungsbezirk Leipzig, Leipzig
- Szymczak, P. (1997): Hydrogeologische Berechnung Kies Arzberg, Kiestagebau Arzberg-Blumberg und Kiestagebau Arzberg-Kötten, unveröffentlicht
- Thomasius, H. (1995) *Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen*, Dresden, Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten
- Trettin, R., Geyler, S., Häfner, K. (2001): Die Trinkwasserressourcen in der Torgauer Elbaue – wichtige Grundlagen der Fernwasserversorgung im mitteldeutschen Raum, in: Horsch, H. et al., a.a.O., S. 51-74
- UBA – Umweltbundesamt (1995): Wirkungskomplex Stickstoff und Wald, IMA-Querschnittsseminar 21./22. November 1994, Berlin
- UBA (2000): 10 Jahre Waldschadensforschung ausgewertet, Pressemitteilung Nr. 29/97, <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/pressemitteilungen/p-2997-d.htm>, 11.02.2000
- Uhlmann, F. (2000): Die Märkte für Getreide, Ölsaaten und Kartoffeln. *Agrarwirtschaft* 49/1, S. 14-30
- Verordnung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (1991): *Organic Agriculture*, Verordnung 2092/1991, Brüssel
- Volk, M., Bannholzer, M. (1999): Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt: Anwendungsmöglichkeiten des Modells „ABIMO“ für regionale Szenarien, *Geoökodynamik* 20, 3: 193-210.
- Volk, M., Herzog, F., Schmidt, T., Geyler, S. (2001): Der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung, in: Horsch H. et al. (Hrsg.), a.a.O., S. 147-164
- Volk, M., Horsch, H. (Hrsg.), Härtel, D. (2000): *Erstaufforstung im Torgauer Raum: Flächenauswahl und ökonomische Bewertung*, UFZ-Bericht 21/2000
- Walther, W. (1985): Ergebnisse langjähriger Lysimeter-, Drän- und Saugkerzenversuche zur Stickstoffauswaschung bei landbaulich genutzten Böden und Bedeutung für die Belastung des Grundwassers, Institut für Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig
- Wendland, F. (1992): Die Nitratbelastung in den Grundwasserlandschaften der alten Bundesländer (BRD), *Berichte aus der Ökologischen Forschung* 8/1992, Jülich
- Wendland, F., Albert, H., Bach, M., Schmidt, R. (Hrsg.) (1993): *Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland*, Berlin u.a.O.

- Wendland, F., Kunkel, R. (1997): Gebietsumfassende Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassergüte zur naturräumlichen Klassifizierung und Leitbildentwicklung im Elbeinzugsgebiet. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
- Werner, W., Wodsak, H.-P. (1994): Stickstoff- und Phosphoreintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR, Agrarspectrum Bd. 22, Frankfurt/Main
- WHG – Wasserhaushaltsgesetz (1996): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes vom 12. November 1996, BGBl. I, S. 1695
- Winje, D., Homann, H., Lühr, H.-P., Bütow, E. (1991): Der Einfluss der Gewässerverschmutzung auf die Kosten der Trink- und Brauchwasserversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, UBA-Berichte 2/91, Berlin.
- Zimmermann, H.-J. (1987): Fuzzy sets, decision making, and expert systems, Boston.
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (2000): Agrarmärkte in Zahlen: Europäische Union 2000, Bonn
- Zwintz, R. (1986): Zur monetären Bewertung volkswirtschaftlicher Kosten durch die Grundwasserverschmutzung. In: Umweltbundesamt (Hrsg.) (1986): Kosten der Umweltverschmutzung: Tagungsband zum Symposium im Bundesministerium des Innern am 12. und 13. September 1985, Berlin.

Die Autorinnen und Autoren¹

Silke Bruns, cand.-Ing., geb. 1975. Studium der Landespflege an der Hochschule Anhalt (FH), Abt. Bernburg. Zurzeit Diplomandin am Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume des UFZ. Arbeitsschwerpunkte: Kiesabbau, Naturschutz, Landschaftsplanung, Eingriffsregelung.

Martin Drechsler, Dr. rer. nat., geb. 1966. Studium der Physik an den Universitäten Braunschweig und Göttingen. Anschließend Forschungstätigkeit am UFZ und an der University of Melbourne. Arbeitsschwerpunkte: Stochastische Populationsmodellierung, ökologisch-ökonomische Modellierung, Entscheidungsanalyse und multikriterielle Analyse. Zurzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Sektion Ökosystemanalyse des UFZ.²

Stefan Geyley, Dipl.-Biol., geb. 1970. Studium der Biologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Aufbaustudium in Environmental Economics and Environmental Management an der Universität York/Großbritannien. Seit 1997 am UFZ, Doktorand in der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht. Forschungsschwerpunkte: Nutzen-Kosten-Analyse, Ökologisch-ökonomische Bewertung.²

David Härtel, Diplomforstwirt, geb. 1976, Studium der Forstwissenschaften an der TU Dresden, Institut für Forstpolitik, Forstökonomie und Forsteinrichtung. Diplomarbeit über das Thema „Erstaufforstung im Altkreis Torgau. Flächenauswahl und ökonomische Bewertung“, TU Dresden und UFZ Leipzig-Halle.

Felix Herzog, Dr. sc. techn., geb. 1960. Studium an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich Landwirtschaft (Abschluss 1986). Nach einer Tätigkeit im Bereich der Umweltstatistik Promotion über „non-timber forest products“ in West-Afrika. Bis 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ. Arbeitsschwerpunkte: Fragen der Landnutzung und des Landschaftswasser- und -stoffhaushaltes. Seit 2000 verantwortlich für die Wirkungskontrolle des schweizerischen Agrarumweltprogramms in Bezug auf Biodiversität und Nährstoffe in Gewässern an der FAL in Zürich. *Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich, Tel. ++41(1)377-7111*

Helga Horsch, Prof. Dr. habil., Dipl.-Ing.oec., geb. 1940. Studium der Ingenieurökonomie an der TU Dresden, 1968 Promotion zum Dr. rer. oec., 1984/91 Hochschullehrerin an der Sektion Betriebswirtschaft der TU Dresden. 1992/93 Fachdozentin für UVP an einer privaten Bildungseinrichtung (GgvL e.V. Dresden). 1993/94 Controlling von Umweltprojekten i.A. des Aufbauwerkes des Freistaates Sachsen. Seit 1994 am UFZ, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht. Einjährige Forschungsaufenthalte an der Lomonossow-Universität Moskau (1968/69) und an der School of Public and Environmental Affairs in Indiana/USA (1991). Arbeitsschwerpunkte: Arbeitsumwelt, Nutzen-Kosten-Analyse, ökonomische Ressourcenbewertung.²

Bernd Klauer, Dr. rer. pol., geb. 1965. Studium der Mathematik, Physik und Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg und der University of Kentucky, Lexington, KY. Von 1993 bis 1997 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Alfred Weber-Institut für Sozial- und Staatswissenschaften der Universität Heidelberg, Promotion über das Thema „Nachhaltigkeit und Naturbewertung“. Seit 1997 am UFZ, Post-Doc in der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht. Forschungsschwerpunkte sind Verfahren zur Entscheidungsunterstützung und Input-Output-Analyse.²

Frank Messner, Dr. rer. pol., geb. 1964. Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Universität Bremen und der New School for Social Research in New York. 1993 bis 1997 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Vergleich ökonomischer Systeme der Universität Bremen. Promotion über das Thema „Nachhaltiges Wirtschaften mit nicht-erneuerbaren Ressourcen“. Seit 1998 am UFZ, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht. Forschungsschwerpunkte: Ressourcenökonomie, monetäre Bewertung von Landnutzungskonflikten, integriertes Flusseinzugsgebietsmanagement, Analyse ressourcenintensiver Wirtschaftssektoren.²

Marco Neubert, Dipl.-Geogr., Cand. rer. nat., geb. 1974, Studium der Geographie an der Technischen Universität Dresden, Studienaufenthalt an der Simon Fraser University, Vancouver, Kanada (1998/99), Diplomarbeit am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ), Sektion Angewandte Landschaftsökologie (1999/2000). Seit 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter/Doktorand am Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR), Dresden, Abteilung Zentrale Aufgaben und Geoinformation,. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Geographische Informationssysteme (GIS), Fernerkundung, Bildverarbeitung, landschaftsökologische Modellierung, historische Kartenwerke. *Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden, Weberplatz 1, D-01217 Dresden, Tel.: ++49 (0) 351 - 4679 274, eMail: m.neubert@ioer.de*

Thomas Schmidt, Dipl.-Ing., geb. 1966. Studium der Internationalen Agrarentwicklung und Ökologischen Umweltsicherung an der Universität Gesamthochschule Kassel. 1993/94 Forschungsaufenthalt in Meknes (Marokko). 1996 bis 1999 Ingenieur im Bereich Siedlungswasserwirtschaft. Zurzeit Doktorand in der Sektion Bodenforschung am UFZ.³

Mathias Scholz, Dipl. Ing., geb. 1964. Studium der Landschaftsplanung an der Universität Hannover. Landschaftsplanerische Tätigkeit im Rahmen von Naturschutzfachplanungen, Tourismus und Landwirtschaft sowie wissenschaftliche Tätigkeit in Verbundprojekten des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie (1995/98 Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung). Forschungsschwerpunkte: Bioindikation in Auen, Schutzgebietsmanagement, landschaftsökologische Auswirkungen von Kiesabbau in Auen, Projektkoordination. Zurzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume am UFZ.²

Martin Volk, Dr. rer. nat., Dipl.-Geogr., geb. 1964. Studium der Geographie an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Studienaufenthalte an der University of Calgary, Kanada (1988) und an der ETH Zürich, Schweiz (1989). Teilnahme als wissenschaftlicher Mitarbeiter an Projekten zur Geosystemforschung in den Schweizer Alpen (1989 bis 1992), auf Spitzbergen (1990 und 1991) und in Südost-China (1993). Mitarbeiter in einem geotechnischen Ingenieurbüro (1993 bis 1995). Seit 1995 am UFZ in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Forschungsschwerpunkte im Bereich Landschaftshaushalt und Landschaftsentwicklung (Landschaftsmodelle), Systemforschung und mesoskalige Modellierung (international).²

¹ *Stand: Januar 2001*

² *UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Permoserstr. 15, D-04318 Leipzig, Tel.: ++49(341)235-0*

³ *UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Am Weinberg/Heideallee, D-06120 Halle, Tel.: ++49(345)5585-0*