

17 Zusammenfassung der Ergebnisse, Diskussion und Ausblick

H. Mühle

UFZ Leipzig-Halle GmbH, Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume, Leipzig

In der Einleitung zu diesem Band wurden Fragen und Forschungsthemen formuliert, auf die Antworten gesucht wurden, und die in den einzelnen Kapiteln aus der Sicht der Bearbeiter beantwortet werden. Im vorliegenden Bericht über ein abgeschlossenes Verbundprojekt können die einzelnen Kapitel nur nacheinander abgehandelt werden, und die Autoren diskutieren die fachspezifischen Fragen. An dieser Stelle soll daher vor allem auf die verbindenden Aspekte des Verbundprojektes eingegangen werden.

Wie bereits in der Einleitung hervorgehoben wurde, stand im Vordergrund des Verbundprojektes die Erarbeitung verschiedener Landnutzungsszenarien, die den Landnutzern und den Behörden vorgelegt und mit ihnen diskutiert wurden. Den Ausgangspunkt bilden Veröffentlichungen von HEYDEMANN (1981, 1883, 1997), der für Gesamtdeutschland eine Umwidmung von ca. 15 % Ackerland in naturnähere Strukturen vorschlägt. Dabei wird der tatsächliche Anteil von den örtlichen Gegebenheiten der jeweiligen Region abhängen. Auf marginalen Standorten wird der Anteil vermutlich höher als auf fruchtbaren Standorten ausfallen. Das von den Landnutzern favorisierte Szenario für das Testgebiet auf der Querfurter Platte sieht denn auch die Umwandlung von ca. 7,5 % des Ackerlandes (die Hälfte der von HEYDEMANN vorgeschlagenen naturnäheren Strukturen) vor. Ein anschließender landschaftsplanerischer Entwurf bezog Linienelemente wie Hecken, Baumalleen, Ackerraine oder auch Sichtbeziehungen auf markante Landschaftsbesonderheiten mit ein.

Intensive Diskussionen mit den Landbewirtschaftern ergaben, dass man derartigen Vorschlägen gegenüber offen ist, denn die Landwirte beobachten mit Sorge die fortschreitende Erosion auf ihren Ackerflächen. Man könnte sich z.B. vorstellen, dem o.g. Szenario zu folgen und ca. 7,5 % des Ackerlandes umzuwandeln in Extensivgrünland oder Wäldchen, die ein natürliches Hindernis für Bodenerosion darstellen. Überzeugend für die Landwirte war auch, dass nicht nur der Schutz der biotischen und abiotischen Ressourcen, sondern der ökonomisch nutzbare Ertrag in die Bewertung und Optimierung der Landschaftsfunktionen einbezogen wurde. Auf der Testfläche würde die Kompromissbildung immerhin eine Umwidmung von ca. 300 ha besten Ackerlandes bedeuten. Die Empfehlungen sind in Kap. 2.3 ausführlich dargestellt.

Wenn sich die Gesellschaft an Ausgleichszahlungen beteiligen würde, dann wären die Landbewirtschafter zur Umwandlung dieser Fläche bereit. Will man über die Höhe etwaiger Minderungen des betrieblichen Ergebnisses informiert sein, dann muss nicht nur bekannt sein, welche Ressourcen in welchem Umfang geschützt werden können, es sind auch die Auswirkungen auf das ökonomische Ergebnis des Betriebes sichtbar zu machen. Dafür entwickelte v. BAILLOU (Kap. 3) ein Kalkulationsmodell, mit dessen Hilfe die Veränderungen in Arbeitswirtschaft, Produktionskosten und Erlösen berechnet werden können. Die Berechnungen fußen auf dem „Landschaftsplanerischen Entwurf“ (Kap. 2), ein Beispiel für die integrative Zusammenarbeit im Verbundprojekt.

Der Einkommensrückgang beträgt für das Agrarunternehmen ca. 11 %. Diese resultieren aus

- ⇒ dem Flächenentzug von 282 ha,
- ⇒ einer Erhöhung der Vorgewende und Seitenstreifen durch geänderte Schlaggestaltung,
- ⇒ einer Ertragsdepression von ca. 20 % auf den Vorgewenden,
- ⇒ einer Erhöhung der Arbeitserledigungskosten.

Es ist nicht zu erwarten, dass die Landwirte diesen Einkommensverlust allein tragen, vielmehr ist zu fragen, welche Leistungen die Gesellschaft aufbringen wird, um die eingangs anvisierten Ziele zu erreichen. Die Landbewirtschafter sind bereit, die umzuwidmenden Flächen zur Verfügung zu stellen. Auf der Suche nach Finanzierungsmöglichkeiten wurde von der Verwaltungsgemeinschaft Wein Weida-Land, zu der das Testgebiet gehört, ein Hallenser Planungsbüro beauftragt, einen Projektantrag für die „Landesinitiative Locale“ zu entwickeln. Mit diesem Programm will das Bundesland Sachsen-Anhalt Fördermittel aus der Europäischen Union einwerben, die integrierte Ansätze für Gemeinden oder Landkreise zur Entwicklung des Ländlichen Raumes unterstützt. In den Projektantrag gingen die Ergebnisse des Szenarios "Landschaftsplanerischer Entwurf" ein. Eine Entscheidung steht noch aus.

Von der THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (TLL, 1999) wurde im Auftrag des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle eine Umweltverträglichkeitsbewertung des Agrarunternehmens durchgeführt, um die eigenen Ergebnisse mit denen des KUL-Programmes zu vergleichen (KUL = Kriterien umweltverträglicher Landwirtschaft). Unter den vielen berechneten Kenngrößen für den Betrieb, die zum größten Teil im Toleranzbereich liegen, ermittelten die Bearbeiter drei Kriterien, die als bedenklich einzuordnen sind. Der Stickstoffsaldo (kg N/ha) übersteigt den Toleranzbereich (der zwischen -50...+30 kg N liegt) um 32 kg N/ha, d.h. es wird mehr Stickstoff zugeführt als verbraucht. Außerdem liegt die durchschnittliche Schlaggröße bei 69 ha und damit um 39 ha über dem empfohlenen Medianwert. Nach dem Kriterienschlüssel der TLL sollte der Anteil an ökologisch-landeskultureller Vorrangfläche in Betrieben auf einem

Standort wie der Querfurter Platte mehr als 5,6 % aufweisen. Dieser Anteil wird auch bei der Betrachtung der Gesamtbilanzfläche des Agrarunternehmens von 5.859 ha mit 3,1 % deutlich unterschritten. Keine Aussagen werden zur Erosionsdisposition getroffen, da Angaben zur Topographie (Hanglänge, Hangneigung) für diese Untersuchung nicht vorlagen. Auf die Erosionsdisposition wird jedoch ausführlich in Kap. 2 eingegangen.

Die Ergebnisse der TLL decken sich mit den eigenen Untersuchungen. Nach wie vor stellt eine überhöhte Stickstoffzufuhr im agrarisch dominierten Raum die potenziell größte Belastung für die Umwelt dar. Dazu werden in den Kapiteln 10 und 11 Ergebnisse vorgestellt. Die großen Schläge bieten Angriffsmöglichkeiten vor allem für Wind und Wasser, die Bodenerosionen verursachen. Damit einher geht der geringe Anteil an ökologisch-landeskultureller Vorrangfläche. Die Gefahren, die auch die Untersuchungen der TLL aufdecken, können durch die Verwirklichung des empfohlenen Szenarios „Landschaftsplanerischer Entwurf“ gemindert werden. Das Indikatorensystem „KUL“ der TLL ist praktikabel. Es beruht auf detaillierten Informationen aus dem jeweiligen Betrieb und wird bereits zur Überprüfung vieler Agrarunternehmen in Bezug auf Umweltbelastungen verwendet. Zur Verbesserung des Systemverständnisses (vgl. Kap. 11: CANDY) und zur weiteren Präzisierung dieses Indikatorensystems bedarf es weiterer Forschungsarbeiten. Später wird darauf noch einzugehen sein.

In der Einleitung wurde auch die Frage nach einem Leitbild für die Region aufgeworfen. Daher wurde zunächst untersucht, welches Leitbild für den Untersuchungsraum existiert, und ob sich dieser anhand des Leitbildes nachhaltig entwickeln wird. Das (vorläufige) Leitbild für die Querfurter Platte leitet sich ab aus dem Gesetz über den Landesentwicklungsplan des Landes SACHSEN-ANHALT (LEP-LSA, 1999), aus den regionalen Entwicklungsprogrammen für die Regierungsbezirke des Landes SACHSEN-ANHALT (1996) und aus dem Landschaftsprogramm des Landes SACHSEN-ANHALT (1994). Im LEP-LSA (1999) wird vom ländlichen Raum erwartet, dass er als eigenständiger Lebens- und Wirtschaftsraum zusammen mit den Verdichtungsräumen zu einer ausgewogenen Entwicklung des Landes beiträgt. Teile der Querfurter Platte zählen zu den Vorbehaltsgebieten für Landwirtschaft, aus denen seitens der Träger der Regionalplanung die Vorranggebiete für Landwirtschaft kleinräumig festzustellen sind. Diese werden wie folgt charakterisiert: „Vorranggebiete für Landwirtschaft sind aufgrund der Bodenfruchtbarkeit, der Standortcharakteristik oder Tradition und Erfahrungen auf dem Gebiet der Tierzucht und des Ackerbaus sowie wegen der Standortgunst für Sonderkulturen besonders für eine landwirtschaftliche Nutzung geeignet, so dass in ihnen die Landwirtschaft als Wirtschaftsfaktor, Nahrungsproduzent und Erhalter der Kulturlandschaft die prioritäre Raumfunktion und -nutzung darstellt.“

Im Landschaftsprogramm des Landes SACHSEN-ANHALT (1994) wird konkret auf verschiedene Regionen eingegangen. Die Querfurter Platte wird als eine Kulturlandschaft bezeichnet, die vorrangig der ökologisch orientierten intensiven Landwirtschaft dienen soll. Ihre Ackerlandschaften sind Offenlandschaften mit dominierendem Ackerbau. Die Lössböden sollen durch zweckmässige Schlaggestaltung und in die Nutzung integrierte Schutzmaßnahmen, wie möglichst lang andauernde Vegetationsbedeckung des Bodens durch die Kulturen, gegen die Wasser- und Winderosionsanfälligkeit geschützt werden. Es wird weiterhin empfohlen, den überhöhten Hackfruchtanteil einzuschränken. Im Landschaftsprogramm wird auch auf die Erhaltung bzw. Erweiterung von Grünlandstandorten und Gewässerschonstreifen in und an den Bachtälchen, von Flurgehölzen und Obstbaumreihen (letztere mit einer Dichte von 2,5 ha/100ha LN), von Streuobstwiesen und Restwäldern eingegangen. Auch auf eine unbelastete Grundwasserneubildung wird Wert gelegt. Es wird gefordert, dass wegen der geringen und nur sporadischen Grundwasserneubildung in den tiefgründigen Lössböden im Interesse der Trinkwasserversorgung jedweder Nährstoffaustrag aus den landwirtschaftlich genutzten Böden zu vermeiden ist. Im regionalen Entwicklungsprogramm, das im Januar 1996 veröffentlicht wurde (SACHSEN-ANHALT 1996), zählt die Querfurter Platte zu den Vorranggebieten für Landwirtschaft in Sachsen-Anhalt, wobei auf den Schutz und die Erhaltung des Bodens als dem bedeutendsten Produktionsfaktor vor allem in Gebieten mit landwirtschaftlich gut geeigneten Böden hingewiesen wird.

Die Landgesellschaft Sachsen-Anhalt mbH (OTTO et al. 1995) wurde mit der Agrarstrukturellen Vorplanung (AVP) für Teile der Querfurter Platte im Rahmen der Planungen für die neuen Infrastrukturprojekte (ICE, Autobahn) beauftragt. Sie legt diese im Jahre 1995 vor. Die Empfehlungen werden für manche Maßnahmen gemeindscharf erteilt. So wird z.B. der Neubau von Wegen in den Gemarkungen Bad Lauchstädt, Großgräfendorf und Schafstädt empfohlen. In Barnstädt soll eine stark befahrene Bundesstrasse vom landwirtschaftlichen Verkehr entlastet werden, und für Barnstädt und Göhrendorf wird ein Verbindungsweg zur Feldflur nach Langeneichstädt empfohlen. Für die Gemeinden Barnstädt und Nemsdorf/Göhrendorf werden flächenhafte Aufforstungen von ca. 62 ha und die Anlage linienförmiger Gehölzstreifen von insgesamt 37,1 ha vorgeschlagen. Es fehlt jedoch die auf einer Bewertung der potenziellen Gefährdung wichtiger Landschaftsfunktionen beruhende Begründung der empfohlenen Maßnahmen. Gleichwohl stellt die agrarstrukturelle Vorplanung ein wichtiges Instrumentarium für die Einschätzung des gesamten betrachteten Raumes und somit für die Landschaftsanalyse dar.

Diese eher allgemein gehaltenen Leitbilder für die Querfurter Platte bzw. die in der AVP nur unzureichende Begründung der Maßnahmen können auf Grund der in diesem Bericht vorgestellten Ergebnisse lokal spezifiziert werden. Im Szenario „Landschaftsplanerischer Entwurf“ (Tab. 2.7,

Kap. 2) werden dazu konkrete Angaben gemacht, die Ziele aus dem Landesentwicklungsplan des Landes SACHSEN-ANHALT (LEP-LSA, 1999), aus den regionalen Entwicklungsprogrammen für die Regierungsbezirke des Landes SACHSEN-ANHALT (1996), aus dem Landschaftsprogramm des Landes SACHSEN-ANHALT (1994) und der Agrarstrukturellen Vorplanung (OTTO et.al. 1995) werden somit präzisiert. Die Vorschläge für die anzulegenden neuen Flächennutzungen und Strukturen basieren auf einem wissenschaftlich unterlegten Entwurf für den Schutz der abiotischen Ressourcen sowie der Berücksichtigung des Ertrages. Das bedeutet, dass in dieser agrarisch geprägten Landschaft die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der sogenannten Mehrfachfunktion, d.h. die gleichzeitige Erhaltung wichtiger Landschaftsfunktionen in einem Landschaftsraum, und nicht die Nutzung nur einer Funktion auf Kosten anderer Funktionen erfolgen soll.

Die Mehrfach- oder multifunktionale Betrachtung einer Landschaft, in der die Lebensraum-, Nutz-, Kultur- und Regelungsfunktionen berücksichtigt werden, empfehlen auch KIRCHNER-HESSLER et al. (1999). Diese Autoren plädieren für Managementkonzepte, in denen die genannten Funktionen gegeneinander abgewogen werden, und die der Unterstützung der Entscheidungsträger in bezug auf Handlungsempfehlungen für eine umweltschonende Landnutzung dienen. Die Umsetzung vor Ort kann nur als ein immer wieder neuer Aushandlungsprozess zwischen allen Beteiligten stattfinden, daher ist die Formulierung von konkreten Zielen wichtig.

Auch der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung "Globale Umweltveränderungen" (WBGU, 2000) spricht sich für die multifunktionale Landnutzung aus, wobei er damit die Lösung internationaler Probleme unterstützen will. In seinem Jahresgutachten 1999 wird gesagt: „Zukünftige Formen der Landnutzung müssen die Vielfalt der abiotischen und biotischen Faktoren am Standort beachten und auf langfristige Nutzbarkeit ausgerichtet sein. Von der Nutzung selbst dürfen Nachbarsysteme nicht übermäßig belastet werden, d.h. sie müssen umweltschonend sein. Multifunktionalität bedeutet, dass die Naturfunktionen (Lebensraum und Regelung des Stoff- und Energiehaushaltes) und die Kulturfunktionen (Produktion und Sozialleistungen) gleichberechtigt behandelt werden.“ (WBGU 2000: 174).

Über allgemein gefasste Ziele besteht sowohl national als auch international oft Konsens. Schwieriger gestaltet sich die Operationalisierung dieser Ziele, die einer regionalisierten Betrachtung von bestimmten Regionen/Kulturlandschaften bedarf. Diese sind oft geprägt von einer typischen abiotischen und biotischen Ausstattung und von ökonomischen bzw. sozialen Besonderheiten, die sowohl bei der Einschätzung des Ist-Zustandes als auch bei der Ableitung von Maßnahmen berücksichtigt werden müssen. Das trifft auch für das vorgestellte Untersuchungsgebiet zu.

Die Ableitung eines Leitbildes allein reicht jedoch nicht aus, es müssen auch praktikable Instrumentarien entwickelt werden, welche die Umsetzung der Ziele ermöglichen. Hierfür sind Indikatorensysteme zu nutzen, die den regional unterschiedlichen Ursache-Wirkungsmechanismen Rechnung tragen und damit über die bisher verfolgten Ansätze hinausgehen. Erst damit eignen sie sich für die Bewertung einer multifunktionalen Landnutzung (WBGU 2000). In der ökologischen Studie: „Beiträge zur Entwicklung eines ökologischen Leitbildes für Flusslandschaften...“ (FREISTAAT SACHSEN, - STAATSMIN. F. UMWELT U. LANDWIRTSCH. 2000) werden konkrete Maßnahmekomplexe einschließlich des Zeitfaktors, dem Nutzen-Aufwand-Verhältnis sowie der Zusatzkosten dargestellt, eine Vorgehensweise, die in Zukunft parallel zu den eigenen Verfahrensschritten getestet werden könnte.

(Umwelt)-Indikatoren beschreiben ganz allgemein Systemzustände der Umwelt. Sie sollen

- ⇒ Ziele und Grenzen definieren,
- ⇒ Die Umweltbedingungen und ausgeübte Belastungen repräsentativ widerspiegeln und Lösungsansätze bieten,
- ⇒ Einfach und leicht zu interpretieren sein und Tendenzen aufzeigen.

Es gibt eine große Zahl an auch international gut etablierten Indikatorensystemen, genannt seien hier diejenigen der CSD (1998) und der OECD (1994), die „Driving forces / Pressure-State-Response“ (Antriebskraft/Druck-Zustand-Reaktion)-Indikatoren umfassen. Sie eignen sich gut zur Einschätzung einzelner Nachhaltigkeitsdimensionen, wobei die Zielbezüge und die systematischen Verknüpfungen noch verbessert werden müssten. Die räumliche Bezugsebene ist der Staat.

Interessant ist auch der Syndrom-Ansatz des WBGU/PIK (SCHELLNHUBER 1998; PETSCHHEL-HELD et al. 1999a, PETSCHHEL-HELD 1999b), der globale Umweltprobleme identifiziert und deren Ursachen und Folgen aufdeckt. Dieser Ansatz kann auf die nationale Ebene heruntergebrochen werden, wie es z.B. LÜDECKE & REUSSWIG (1999) in einer Machbarkeitsstudie demonstriert haben. Sie interpretierten für Deutschland das „Dust Bowl Syndrom“, das die Folgen einer industrialisierten Landwirtschaft verdeutlicht.

Die Triebkräfte in diesem Ansatz (auch Trends genannt) bewirken eine Veränderung der biotischen und abiotischen Ressourcen, den zunehmenden Verbrauch von Rohstoffen sowie ein wachsendes Verkehrsaufkommen, die den Treibhauseffekt zunehmen lassen, sie führen aber auch zur Konzentration in der Landwirtschaft und zur Arbeitslosigkeit. Ziel einer nachhaltigen Landbewirtschaftung muss es aber sein, die drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und soziale

Bedürfnisse gleichermaßen zu berücksichtigen, und keine Dimension auf Kosten der anderen zu präferieren.

Die industrialisierte Landwirtschaft ist verbunden mit der Monokultur leistungsfähiger Pflanzenarten, der Massentierhaltung, mit hohen Gaben von Pestiziden, Medikamenten und Düngemitteln. Der Syndrom-Ansatz beantwortet auch die Frage, wodurch diese umwelt- und gesundheitsschädigende Form der Landbewirtschaftung zustande kommt: der Auslöser ist eine produktionsorientierte Agrarpolitik, die

- ⇒ den gehobenen Bedarf der Bevölkerung an Fleisch und anderen Nahrungsmitteln deckt,
- ⇒ die Automatisierung/Mechanisierung und Chemisierung vorantreibt,
- ⇒ die Entwicklung der landwirtschaftlichen Einkommen fördert.

Das Einkommen ist eng mit dem Einfluss der Agrarlobby verknüpft, der zum Zeitpunkt der Machbarkeitsstudie auf eine produktionsorientierte Agrarpolitik zielte, was wiederum zu einer Intensivierung und Produktionssteigerung führte. Damit ist ein Kreislauf aufgedeckt, und man kann nun diejenigen Stellen ermitteln, an denen ein Einwirken besonders wirksam ist. Der Politik wird ein wirksames Instrumentarium zur Umsteuerung dieser Art von Landwirtschaft an die Hand gegeben.

Bereits aus der verbalen Beschreibung ist zu erkennen, was diesen Indikatorenansatz (denn als Indikatoren können die Trends betrachtet werden) von den anderen unterscheidet: Er umfasst alle Nachhaltigkeitsdimensionen und setzt sie zueinander in Beziehung, im konkreten Fall ausgerichtet auf die Landwirtschaft. Weitere Ansätze für Landwirtschaftsbetriebe wurden in einer Studie der EUROPÄISCHEN UNION (1999) vorgestellt. Dort werden mehrere Umweltbewertungsverfahren aus den Ländern Deutschland, Österreich und Frankreich gegenübergestellt und auf Machbarkeit sowie Zweckmäßigkeit untersucht. Alle Verfahren berücksichtigen sowohl die Produktion und den wirtschaftlichen Ertrag als auch den Schutz der Umwelt, wobei die Indikatoren nacheinander aufgeführt werden. Eine Beziehung untereinander ist nicht ohne weiteres zu erkennen. Die Verfahren, zu denen auch das KUL (Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung, ECKERT & BREITSCHUH 1998) der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft gehört, fördern jedoch eine neue Art der Optimierung von Produktionssystemen nicht nur im Hinblick auf die Umwelt, sondern auch auf die Produktionstechnik und das landwirtschaftliche Einkommen. Auf die Erarbeitung von Indikatoren für eine umweltverträgliche Landnutzung, welche die bestehenden Systeme ergänzen können, wird im weiteren eingegangen.

Zunächst steht jedoch die Entwicklungsmöglichkeit der biologischen Vielfalt in der Testregion zur Diskussion; dazu gibt es Aussagen von STADLER & KLOTZ (Kap. 4) sowie von BISCHOFF (Kap. 5).

Zum Bestand und zum Schutz der Vogelarten im Beispielgebiet legte die FG ORNITHOLOGIE in Merseburg einen Bericht vor (Kap. 6). Auch hier ist auf die Nutzung der im Szenario „Landschaftsplanerischer Entwurf“ erzielten Ergebnisse zu verweisen.

Ob das Brachfallen von Ackerflächen zu den gewünschten Ergebnissen führt, hinterfragen die Autoren STADLER & KLOTZ. Sie gehen davon aus, dass die mit dieser Maßnahme einhergehenden Veränderungen im Artengefüge und deren zugrundeliegenden Prozesse bekannt sein müssen, wenn man die Bedeutung der Brachen für den Erhalt bzw. die Erhöhung der biologischen Vielfalt richtig einschätzen will. Sie stellen fest, dass die anfänglich zu beobachtende biologische Vielfalt an Ackerwildkräutern während der Sukzession schnell verschwindet. Die Mehrzahl der nachgewiesenen Arten stellen Ubiquisten dar. Seltene Arten werden dagegen kaum nachgewiesen. Aus Sicht des Schutzes abiotischer Ressourcen muß zumindest eine Schwarzbrache als erosionsfördernd angesehen werden, sie entspricht daher kaum den Zielen einer multifunktionellen Flächennutzung.

BISCHOFF untersuchte die Regeneration von Ackerwildkrautgesellschaften und den Einfluss der Artenausbreitung auf Äckern, die auf Extensivierung umgestellt worden waren. Typische Arten wie Feldrittersporn (*Consolida regalis*), Kleine Wolfsmilch (*Euphorbia exigua*), und Acker-Steinsame (*Lithospermum arvense*) treten auch fünf Jahre nach der Umstellung noch nicht auf; BISCHOFF wies nach, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wildkräutern offenbar die Regeneration artenreicher Wildkrautgesellschaften entscheidend beeinflusst. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass in einem Ausbreitungsversuch mit Acker-Steinsame (*Lithospermum arvense*), Klatschmohn (*Papaver rhoeas*) und Nacht-Lichtnelke (*Silene noctiflora*) ca. 50–90 % aller Keimlinge in einer Entfernung von < 150 cm um die Mutterpflanze herum aufliefen. Das bedeutet, dass nur eine sehr geringe Distanz zu artenreichen Beständen eine große Artenvielfalt sichert. Über die (noch vorhandene) Diasporenbank des Bodens ist ein ausreichendes Regenerationsvermögen anscheinend nicht zu sichern. Das trifft offensichtlich sowohl für Brachen als auch für extensiv genutzte Flächen zu. Die Aussagen dieses Kapitels sind wichtig in bezug auf eine geänderte Landnutzung. Es ist irrig zu glauben, dass die Stilllegung von Flächen oder deren Extensivierung sofort eine reiche Flora nach sich zieht, hierfür bedarf es längerer, über 5 Jahre hinausgehender Zeiträume.

Die Ergebnisse der FG ORNITHOLOGIE Merseburg betreffen die Avifauna im Testgebiet. Vögel tragen mit ihrer Nahrungsaufnahme zur Minderung tierischer Schädlinge bei. Außerdem haben sie einen ästhetischen Wert für die Landschaft. Zur Erhaltung bzw. Erhöhung des Vogelbestandes ist eine Vielfalt einerseits in den Schlaggrößen, andererseits bei den angebauten Ackerkulturen anzustreben. Die Autoren empfehlen außerdem die Anlage gestufter Hecken an ehemaligen

Feldwegen, um den Vogelarten Brutmöglichkeiten zu geben. Hier besteht eine Verbindung zu Kap. 2. Der dort vorgestellte landschaftsplanerische Entwurf sieht auch die Unterteilung der Feldflur vor, um naturnähere Strukturen, darunter Hecken, anzulegen. Der Vorschlag der FG ORNITHOLOGIE sollte in diesem Fall aufgegriffen werden, um sowohl die Bodenerosion bei gleichzeitiger Erhaltung des Ertrages zu mindern, und den typischen Vogelbestand in der Region zu erhöhen. Speziell für den Erhalt der Avifauna spielen auch die Dörfer eine große Rolle. Leider gehen für etliche Vogelarten (z.B. für Rauchschwalbe - *Hirundo rustica* - und Mehlschwalbe - *Delichon urbica* -) aufgrund der Renovierung von Häusern die Nistmöglichkeiten zurück. Die Hausbewohner befürchten die Verschmutzung der Hausfassaden, z.T. werden auch Einfluglöcher in Ställe zugemauert; hier würde das Anbringen von Nisthilfen Abhilfe schaffen.

Die Beiträge der Sektion Bodenforschung (Kap. 7 bis 9 und Kap. 11) fußen zum großen Teil auf den in Bad Lauchstädt befindlichen, fast 100-jährigen Dauerfeldversuchen. Es wird darauf verwiesen, dass diese zur Lösung vieler Aufgaben unumgänglich sind. So bildeten ca. 20 Dauerfeldversuche, in die auch Bad Lauchstädt einbezogen war, die Basis für die Humusbilanzmethode und für die Richtwerte für den Gehalt an organischer Substanz im Boden (vgl. Kap. 7). Letztlich erwiesen sich der heißwasserlösliche Kohlenstoff und Stickstoff als geeignete Kriterien für die Bestimmung der umsetzbaren organischen Bodensubstanz, aus denen die optimalen Aufwandmengen an organischem Dünger in Verbindung von mineralischer Düngung (bzw. ohne mineralische Düngung) abgeleitet werden können. Die Ergebnisse sind in Tab. 7.3, Kap. 7 zu sehen; sie stellen die Erarbeitung eines wichtigen Indikators mit gleichzeitiger Definition eines Umweltqualitätsstandards als Grenz- bzw. Richtwert für typische Ackerstandstandorte dar und zeigen, wie aufwendig die Erarbeitung vor allem von Richt- bzw. Grenzwerten ist, anhand derer die konkreten Werte von Indikatoren auf Umweltrelevanz eingeschätzt werden können. Im vorliegenden Fall kommt KÖRSCHENS zu dem Schluss, dass die optimale Spanne für die Verabreichung von Stalldung zwischen 5 und 15 t/ha*a beträgt. Mit diesen Werten für die verschiedensten Ackerböden werden Hinweise für das Erreichen hoher Erträge bei gleichzeitiger Vermeidung von Umweltbelastungen gegeben, ein ganz wesentlicher Beitrag für die Erreichung des Zieles der Nachhaltigkeit.

Kap. 8 lehnt sich eng an die Arbeiten von 7 an. Darin weist KLIMANEK nach, dass auch mikrobielle Zustandsgrößen des Bodens nur langfristig zu beeinflussen sind. Aus den Ergebnissen geht deutlich die positive Wirkung der organischen Bodensubstanz auf die mikrobiellen Aktivitäten hervor, die sich bei einer zusätzlichen mineralischen Düngung (im Rahmen der in Kap. 7 diskutierten Werte) indirekt über die Steigerung von Ernte- und Wurzelrückständen noch erhöhen.

Ebenfalls auf dem Dauerfeldversuch von Bad Lauchstädt sowie am Standort Etzdorf wurden die Stickstoffeinträge ermittelt (Kap. 9). Für den Zeitraum von 1994–1999 wurden jährliche Gesamteinträge von Stickstoff von ca. 60 kg/ha*a nachgewiesen. Die Werte konnten durch N-Bilanzen, gemessen auf dem Statischen Dauerfeldversuch in Bad Lauchstädt (Kap. 7), bestätigt werden. Diese relativ hohen zusätzlichen N-Mengen aus der Atmosphäre müssen bei der jährlichen Düngungsbemessung unbedingt berücksichtigt werden. Die Autoren des Kapitels diskutieren über mögliche Auswirkungen derartig hoher atmosphärischer Stickstoffgaben auf Kultur- und Wildpflanzen. Während Kulturpflanzen hohe zusätzliche N-Gaben in der Regel vertragen, sind Wildpflanzen durch eine derartige „Gratisdüngung“ stark gefährdet, da sie im Verlauf der Evolution eine hohe Stickstoffökonomie bei sehr geringen, zur Verfügung stehenden N-Mengen entwickelten. Möglicherweise liegen in dieser Gratisdüngung die Ursachen für das zögerliche Aufkommen von Wildkräutern auf Brachen und extensivierten Flächen, wie in Kap. 4 und 5 beschrieben. Die Folgen dieser Gratisdüngung sowohl auf die Entwicklung der Flora auf Trockenrasen als auch auf mögliche Landnutzungsänderungen werden in einem Folgeprojekt untersucht. Interessant sind auch die Befunde zur N-Emission auf der Querfurter Platte. Hier stellten die Autoren eine höhere N₂O-Emission fest, wenn hohe organische Düngergaben im Vergleich zu hoher mineralischer Düngung verabreicht wurden. Sowohl für die N-Immission als auch für die –Emission sind weiterführende Messreihen erforderlich, wenn man den Stickstoffein- und -austrag modellieren will.

Die hohen Stickstoffimmissionen müssen bei der Abschätzung des N- Austrages aus dem System unbedingt berücksichtigt werden. Das trifft sowohl für die Tracerversuche von SEEGER & MEISSNER (Kap. 10) als auch für FRANKO & SCHENK (Kap. 11) zu. SEEGER & MEISSNER gehen auf die Stoffdynamik in der ungesättigten Bodenzone ein. Sie verwendeten Tracer wie Chlorid und Bromid zur Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeit von Nitrat und zur Bestimmung des Stickstoffaustrages aus der ungesättigten Bodenzone. Wichtig ist vor allem der Befund, dass auch unter den relativ trockenen Wetterbedingungen der Querfurter Platte ein N-Austrag aus der ungesättigten Zone möglich ist, wenn die Böden nicht ordnungsgemäß bewirtschaftet werden. Diese Ermittlungen sind für die Modellierung des Stickstoff- und Wasserhaushaltes des Bodens von Interesse, können sie doch der Validierung derartiger Modelle dienen. Um das zu prüfen, sind jedoch Paralleluntersuchungen einerseits mit Hilfe von Tracertests, andererseits eines geeigneten Bodenmodells, wie es z.B. CANDY darstellt, zu empfehlen. An dieser Stelle soll nur auf die prinzipielle Möglichkeit derartiger Untersuchungen hingewiesen werden.

Mit dem Modell des Bodenhaushaltes CANDY wurde im Rahmen von Szenariosimulationen die Dynamik der Stickstoff- und Kohlenstoffversorgung im Testgebiet geprüft (Kap. 11). Wenn, wie

mit Hilfe des Modells simuliert, die Kohlenstoffvorräte im Boden bei einem künftig wahrscheinlichen Szenario ansteigen, dann steigen auch die Stickstoffausträge in die Umwelt an. Das kann einerseits den Austrag aus der ungesättigten Bodenzone in das Grundwasser, andererseits auch den Austrag in die Atmosphäre bedeuten; beide Möglichkeiten sind gleichermaßen als bedenklich einzustufen. Einen höheren N-Austrag in die Atmosphäre bei hoher organischer Düngung hatten bereits RUSLOW et al. (Kap. 9) experimentell festgestellt. FRANKO & SCHENK plädieren für eine geringere Zufuhr an organischer Substanz in den Boden, wobei sie einen geringeren Viehbesatz je ha Ackerfläche bzw. die Abfuhr von Ernterückständen vom Feld vorschlagen.

Für die Modellierung der Stickstoff- und Kohlenstoffflüsse im Testgebiet erweisen sich Fernerkundungsdaten, mit deren Hilfe die aktuelle Landnutzung klassifiziert wird, als hilfreich, sie könnten bei genügend großer Genauigkeit die Erfassung des Fruchtartenspektrums durch Geländebegehungen ersetzen. Diese Möglichkeit eines Landnutzungsmonitoring der Querfurter Platte mit Fernerkundungsdaten wurde anhand von Satellitendaten (Landsat 5 TM und IRS-1C LISS) aus den Jahren 1992, 1994 und 1997 für das intensiv landwirtschaftlich genutzte Gebiet der Querfurter Platte untersucht. In Kap. 12 wird ein innovativer Ansatz zur multitemporalen Klassifikation ohne Referenzdaten unter Einbeziehung abgeleiteter Spektralmerkmale (NDVI) diskutiert. Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen dieses Verfahrens werden im Detail diskutiert. Im Ergebnis werden schlaggenaue Informationen zu Ackerkulturen für die drei genannten Jahre bereitgestellt. Die für die Anwendung des Modells „CANDY“ erhobenen Landnutzungsdaten bildeten die Grundlage für eine Klassifikation der Satellitenszenen. Darauf aufbauend können die Fernerkundungsszenarien nicht nur für das Kerngebiet, sondern für die Modellierung des Stoffhaushaltes der gesamten Querfurter Platte genutzt werden.

Die Klassifikationsgenauigkeit ist in manchen Fällen (Kap. 12) zufriedenstellend; in anderen, von STEINHARDT bereits genannten Fällen wie bei der Klassifikation von Grünland, oder auch bei den Getreidekulturen, sind weiterführende Arbeiten auf dem Gebiet der Interpretation von Fernerkundungsdaten zur Objektivierung und verbesserten Güte der Klassifikation erforderlich. STEINHARDT verweist auf kontext- oder objektorientierte Verfahren, die Nachbarschaften und Umgebungsparameter einbeziehen, als eine Möglichkeit der Integration in die Analyse der raumzeitlichen Dynamik der Landschaftsstruktur (vgl. Kap 16). Bisher liegt der Schwerpunkt der Auswertung von Fernerkundungsdaten bei strukturellen Parametern. In Zukunft werden möglicherweise auch Aussagen zu Prozessgrößen und zum Prozessgeschehen in der Landschaft abgeleitet. Die zukünftige Nutzung solcher Daten wird von BACKHAUS & WEIERS (2000) in der Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren gesehen. Diese Autoren vermissen bei den zur Zeit

diskutierten und angewendeten Indikatorensystemen die Einbeziehung räumlicher und zeitlicher Landnutzungs- und Landschaftsmuster. Da mit hochaggregierten Indikatoren keine räumliche Optimierung möglich ist, plädieren sie für die Entwicklung regional disaggregierter, räumlich expliziter Indikatoren. Eine nationale „top down“-Strategie sollte komplementiert werden durch themenorientierte “bottom up”-Aktivitäten auf regionaler und lokaler Ebene; die räumlich explizite Landschaftsbewertung und die Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten und Geographischen Informationssystemen sind eine geeignete Voraussetzung für die Entwicklung derartiger Indikatoren, die dann gemeinsam mit medienorientierten Indikatoren (vgl. Kap. 7) zu neuen, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Indikatorensystemen führen könnten.

Mit der Nutzung von Fernerkundungsdaten und den dazugehörigen Landnutzungsinformationen im Testgebiet befassen sich auch LAUSCH & MEYER (Kap. 16). Die Autoren stellen eine ganze Reihe von möglichen Strukturmaßen vor, die in Zukunft in Indikatorensysteme eingehen können. Um die wichtigsten Strukturmaße zu ermitteln und anwendbar zu machen, ist die Fortsetzung der Arbeiten notwendig. So muss z.B. der Zusammenhang zwischen Habitatstrukturen und Artvorkommen noch nachgewiesen werden. Von den Autoren wird eine Kombination von flächenkonkreten Detailuntersuchungen und dem flächenhaften Ansatz der Bewertung großer Räume empfohlen. Auch die inhaltlichen und datentechnischen Voraussetzungen für die Nutzung von Landschaftsstrukturmaßen müssen in Zukunft noch sehr differenziert weiterentwickelt werden. So sollten Normierungen für die zur Quantifizierung verwendeten Datengrundlagen erarbeitet werden, um für Berechnungen mit Landschaftsstrukturmaßen eine Vergleichbarkeit erreichen zu können. Da das Gebiet noch neu ist und neben diesen Empfehlungen von den Autoren in Kap. 16 viele weitere Vorschläge zur Anwendbarkeit der Strukturmaße gemacht werden, wurde das Kapitel unter die Teilprojekte mit Grundlagencharakter aufgenommen, obwohl es sich auf die Szenarien aus Kap. 2 bezieht. Eine Fortführung der Arbeit wird als aussichtsreich angesehen.

Die Kapitel 13 bis 16 des Berichtes umfassen die Teilprojekte mit Grundlagencharakter, die entweder Ergebnisse aus Gefäßversuchen erzielten (Kap. 15), die zwar Informationen aus dem Testgebiet einbeziehen, deren Ergebnisse zur Zeit jedoch noch nicht abschließend diskutiert sind (Kap. 16), oder die Informationen aus anderen Regionen liefern, die jedoch für die in der Einleitung genannten Zielsetzungen relevant sind (Kap. 13 und 14). Auf Kap. 16 wurde im vorhergehenden Absatz bereits eingegangen. Die anderen Kapitel werden im folgenden diskutiert.

Auch an Kap. 13 von KLAUER et al. erweist sich die Unzulänglichkeit der Ergebnisdarstellung in einem Bericht, denn dieses Kapitel zeigt die Möglichkeiten der Verknüpfung zweier Ansätze auf und steht daher mit Kap. 2 in engem Zusammenhang. Allerdings werden unterschiedliche Regionen

betrachtet, daher werden die Ergebnisse aus Kap. 13 als theoretische Möglichkeit unter den grundlagenorientierten Arbeiten behandelt, die in weiteren Arbeiten an konkreten Regionen zu testen sind. Das in Kap. 2 vorgestellte Verfahren ist geeignet, die flächenkonkrete Ausgestaltung von planerischen Rahmenvorgaben im Hinblick auf mehrere Kriterien zu optimieren. Das wurde gezeigt, und die praktischen Konsequenzen werden diskutiert. Das in Kap. 13 vorgestellte Verfahren ist hingegen dafür konzipiert, die Auswahl zwischen politischen Handlungsalternativen zu erleichtern; die Konsequenzen der Alternativen werden im Hinblick auf verschiedene Kriterien gegeneinander abgewogen und übersichtlich dargestellt. Der Beitrag zeigt auch die mögliche Kombination beider Verfahren. Damit können die politische Handlungsebene und die flächenkonkrete Ausgestaltung von Maßnahmen sinnvoll miteinander verknüpft werden.

Die Arbeiten von H. SCHULZ (Kap. 14) wurden ebenfalls nicht im Testgebiet durchgeführt, sie sind jedoch für weiterführende Projekte äußerst interessant. Durch Bestimmung der natürlichen Isotopenverhältnisse (δ -Werte) von NH_3 , NH_4^+ , NO_2 , und NO_3^- kann die N-Quelle identifiziert werden. Zu diesem Zweck der Quellenidentifizierung und für Fragestellungen zur N-Aufnahme in Pflanzen wurden daher die δ -Werte der o.g. N-Formen in den Matrices Umgebungsluft, Unterkrone Niederschlag und Baumborken von Kiefernforstökosystemen bestimmt. Das bedeutet sowohl die Quantifizierung von N-Immissionen als auch die Bestimmung von deren Herkunft in naturnahen Ökosystemen.

Die organische Bodensubstanz, von der in den Kap. 7 bis 9 und 11 bereits die Rede war, spielt auch bei der Gefährdung des Systems Boden und Pflanze aus Bodenkontaminationen eine Rolle. Die in Kap 15 beschriebenen Ergebnisse stellen zumeist Modellversuche (Gefäßversuche) dar, die allerdings Hinweise auf die Wirkung von Pestiziden im genannten System geben. In Gefäßen mit Mais, denen die Organochlorpestizide Lindan und Methoxychlor verabreicht worden waren, wurde zwischen dem Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden und dem Pestizidgehalt im Mais eine negative Korrelation ($r=-0,91$, $r^2=0,82$) ermittelt. Auch die Bioverfügbarkeit organischer Fremdstoffe für die pflanzliche Aufnahme hängt von der leicht umsetzbaren Fraktion der organischen Bodensubstanz ($C_{\text{-hwe}}$) ab. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt des Bodens verringerte sich der Pestizidgehalt in $C_{\text{-hwe}}$ und damit auch die Verfügbarkeit für eine Pflanzenaufnahme. Für die Beziehung zwischen Pestizidaufnahme durch Mais und dem Pestizidanteil in $C_{\text{-hwe}}$ betrug der Regressionskoeffizient $r^2=0,99$. Das bedeutet eine umso stärkere Pestizidaufnahme durch die Pflanzen, je höher der Pestizidanteil in der heißwasserlöslichen Bodenfraktion ist.

Die Autoren gehen weiterhin auf den Einfluss von Pestiziden auf Rückstände in Boden und Pflanzen sowie auf den Stoffhaushalt von Pflanzen ein. Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass

auch grundlagenorientierte Arbeiten wesentlich zur Erläuterung von Nachhaltigkeit dienen können, wenn sie geeignet geplant wurden. Es ist notwendig, die potentielle Gefährdung von biotischen und abiotischen Medien durch Rückstände von Pestiziden im Rahmen von Modellversuchen zu verdeutlichen, um rechtzeitig Maßnahmen für eine Verhinderung von Schäden zu sorgen.

Für ein Fazit aus dem Verbundprojekt wird an die in der Einleitung gestellten Fragen erinnert, die ausführlich in den Kapiteln behandelt und die hier zusammengefaßt beantwortet werden:

- ⇒ Es werden Vorschläge zu einer nachhaltigen Gestaltung der Landschaft unterbreitet, wobei die ökonomischen Auswirkungen und die möglichen (monetären) Folgen für die Gesellschaft dargestellt werden.
- ⇒ Es existieren Leitbilder für die untersuchte Region, die in den Szenarien berücksichtigt wurden, und die mit Hilfe der vorgestellten Ergebnisse präzisiert werden können.
- ⇒ Das Neue an den Vorschlägen zur Nutzungsänderung und multifunktionalen Gestaltung der Region liegt darin begründet, daß die Schaffung neuer struktureller Landschaftselemente eine höhere biologische Diversität hervorruft, gleichzeitig die abiotischen Medien geschützt werden und der Einkommensverlust der Landwirte gering ist. Sowohl das Brachfallen als auch die Extensivierung von Ackerland sind Methoden zur Erhöhung der Biodiversität, die einen längeren als den hier betrachteten Untersuchungszeitraum benötigen, um eine größere biologische Vielfalt in der Landschaft zu etablieren.
- ⇒ Zur Schaffung von Indikatoren werden ebenfalls Vorschläge gemacht, indem Optimalwerte für den umsetzbaren C und N abgeleitet werden. Der heißwasserlösliche Kohlenstoff wird als Kriterium für die Berechnung des umsetzbaren C und damit für die N-Freisetzung verwendet. Gleichzeitig werden Umweltqualitätsstandards formuliert, die eine Einschätzung des Indikators ermöglichen. Ein derartiger Indikator ist zur Vervollständigung bereits bestehender Indikatorensysteme, wie z.B. die „Kriterien der umweltverträglichen Landwirtschaft“ der TLL (1999) geeignet. Es wird außerdem ein Ausblick auf die Möglichkeiten der Erarbeitung neuer raumbezogener Indikatoren mit Hilfe der Fernerkundung und des GIS gegeben, mit denen eine Erfassung des Untersuchungsraumes möglich ist.
- ⇒ Als nach wie vor wichtige Faktoren für den Landschaftshaushalt werden der Stickstoff und der Kohlenstoff und deren Verhältnis im Boden angesehen. Ein wesentliches Ergebnis der auf dem Modell CANDY beruhenden Untersuchungen ist der Befund, dass mit dem Anstieg der Kohlenstoffversorgung auch die Stickstoffausträge in die Umwelt anwachsen. Diesem

Befund zugrunde liegt die begründete Annahme, dass auch in Zukunft wie in den Jahren von 1992-1996 gewirtschaftet wird.

Summary of the findings, discussion and outlook

H. Mühle, UFZ Leipzig-Halle GmbH, Department of Conservation Biology and Natural Resources; Leipzig

In the introduction to this book, questions and topics of research were formulated to which answers were sought, and which were then tackled in the individual chapters from the viewpoint of the various scientists involved. Since the chapters could only be dealt with one after the other in this report on the completed integrated project, not to mention the fact that the researchers discussed highly specialist issues, here an attempt will be made to examine the aspects they have in common. As emphasized in the introduction, the primary aim of the integrated project was to develop various land-use scenarios which could then be presented to land-users and local authorities for discussion. The starting-point for our work was publications by HEYDEMANN (1981, 1883, 1997), who proposed converting about 15% of farmland throughout Germany into natural structures. This figure should not be regarded as hard and fast throughout the country, but should be varied from region to region, with less land being switched from farming to natural structures in fertile areas than in marginal ones. For example, the scenarios preferred by land-users for the Querfurter Platte test district provide for 7.% of its farming land to be converted, a figure which is only half of HEYDEMANN's recommendation. Subsequent landscape planning included linear elements such as hedgerows, rows of trees, field margins and even lines of sight.

Intensive discussion with local farmers revealed them to be receptive to such proposals in view of the increasing erosion they witness on their farmland. They could for instance imagine adopting the above-mentioned scenario and turning about 7.5% of their farming land into green areas, extensive meadows or even copses and small woodlands, which would then act as natural barriers to soil erosion. Another factor which proved convincing to the farmers was that the assessment and optimization of landscape planning took account of not only protecting biotic and abiotic resources but also ensuring economic yields. Nevertheless, conversion on the test area would result in about 300 hectares of the best arable land being withdrawn from farming. The recommendations are fully described in Chapter 2.3.

Local farmers would be willing to participate in the conversion of their farmland as long as they receive financial compensation. Calculating the level of compensation naturally entails assessing not only the extent of protection afforded to certain resources, but also what this affect will have on a farm's economic performance. For this purpose, BAILLOU calculated a model in Chapter 3 to work out the exact changes to the annual work programme, the production costs and revenues. These calculations are based on the "Draft Landscape Plan" (Chapter 2), which is an example of integrative cooperation in the integrated project.

The drop in income for the farms would amount to some 11%.

This decrease of income arises from

- *changing 282 ha arable land into grassland, copses and woods,*
- *increasing the headland and field edges,*
- *nearly 20 % depression of yields on the headlands,*
- *increasing the costs of work completion.*

Since farmers cannot be expected to bear this reduced income alone, we must ask what society as a whole needs to do if the goals envisaged are to be reached. As the farmers are willing to give up

part of their farmland, a planning firm based in the city of Halle was commissioned by Wein Weida administrative district council (part of Querfurter Platte) to develop a project application for the "Local Land Initiative". The state of Saxony-Anhalt (to which Querfurter Platte in turn belongs) intends to use this programme to apply for economic aid from the European Union which will then be used to support integrated schemes for local authorities to help develop rural areas. The applications included the results of the scenario in the Draft Landscape Plan. A decision has yet to be taken.

The Thuringian Department of Agriculture (TLL/THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT; 1999) carried out an environmental impact assessment of farming on behalf of the UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle in order to compare our own findings with those of the KUL Programme (KUL = criteria for environmentally sustainable agriculture). Of the many parameters calculated for farming, most of which are within the range of tolerance, three proved to be alarming. The nitrogen balance ($\text{kg N} \times \text{ha}^{-1}$) was found to exceed the range of tolerance (between -50 and $+30 \text{ kg N}$) by about $32 \text{ kg N} \times \text{ha}^{-1}$, i.e. more nitrogen is added than is consumed. Moreover, the average cultivated plot size is around 69 ha, about 39 ha larger than the recommended average. And according to the scale applied by the TLL, the share of ecological cultural priority areas in farms in an area like Querfurter Platte ought to be at least 5.6% – much more than the current figure of 3.1% (even when taking the overall total size of the farms of 5,859 ha into account). No information about susceptibility to erosion was given as no information was available on the topography (slope lengths, slope gradient). Nevertheless, susceptibility to erosion is thoroughly examined in Chapter 2.

The TLL's findings coincide with our own. Excessive nitrogen input remains the most serious potential threat to the environment in agriculturally dominated areas (see the findings contained in Chapters 5.4 and 6). The largest cultivated plots are especially exposed to soil erosion caused by wind and water, partly accounting for the low proportion of ecological cultural priority land. The hazards also exposed by the TLL's investigations could be ameliorated by implementing the recommended Draft Landscape Plan.

To improve the understanding of the whole system (chapter 6: CANDY) and to make the systems of indicators more precisely further research is necessary. However because of the practicability of KUL a lot of farms are tested with this method in relation to environmental strains.

The introduction also raised the question of developing a target concept for the region. Work began by examining what target concepts already exist for the area concerned, and whether they would permit its sustainable development. The (provisional) target concept for Querfurter Platte is derived from the development plan of the state of SAXONY-ANHALT (LEP-LSA, 1999), the regional development programmes for the various administrative districts in SAXONY-ANHALT (1996), and SAXONY-ANHALT's landscape programme (1994). LEP-LSA (1999) expects rural areas to function as independent residential and economic areas which along with conurbations contribute to the balanced development of the state of Saxony-Anhalt. Parts of Querfurter Platte are among the areas reserved for agriculture, from which the exact local priority areas are to be decided by those responsible for regional planning. They are characterized as follows: "Priority areas for agriculture are especially suitable for agricultural usage owing to their soil fertility, location characteristics or tradition and experience of livestock breeding and arable farming, as well as owing to their suitability for special cultures such that agriculture there represents the priority function and usage as an economic factor, food producer and preserver of the cultural landscape."

SAXONY-ANHALT's landscape programme (1994) examines various specific regions. Querfurter Platte is defined as a cultural landscape which should primarily serve ecologically orientated intensive agriculture. Its farmland often comprises open landscapes dominated by arable farming. The loessy soils are to be protected from susceptibility to wind and water erosion by means of appropriate cultivated plot formation and protection measures integrated into usage, such as

covering the soil with cultivated vegetation for as long as possible. It is also recommended that the excessive proportion of root crops cultivated be limited. The landscape programme also tackled the preservation and expansion of meadows and water protection areas in and around streams, as well as of spinneys and rows of fruit trees (the latter with a density of 2.5 ha/100 ha LN), orchards and residual woodlands. Importance is also attached to the formation of new, unpolluted groundwater. Owing to the low, sporadic groundwater recharge in the deep loessy soils, the programme calls for nutrient discharge from agricultural soils to be eliminated in order to safeguard the supply of drinking water. In the regional development programme published in January 1996 (SACHSEN-ANHALT 1996), Querfurter Platte is defined as one of the priority areas for agriculture in Saxony-Anhalt. Attention is drawn to the protection and preservation of the soil as the most important production factor, especially in areas with soils suitable for agriculture.

The regional development company LANDGESELLSCHAFT SACHSEN-ANHALT mbH was commissioned to carry out preliminary agricultural planning (AVP) for parts of Querfurter Platte as part of the planning for the new infrastructure projects (InterCity railway line, motorway), and submitted its findings in 1995 (OTTO et al. 1995). The recommendations are geographically very specific. For example, new routes were recommended in the areas of Bad Lauchstädt, Großgräfendorf and Schafstädt. Other recommendations included relieving the busy main road of agricultural transport, and building a link road in Barnstädt and Göhrendorf to farmland in Langeneichstädt. Moreover, the reafforestation of 62 ha and linear copses over an area of 37.1 ha are proposed. However, the recommended measures are not underpinned by an assessment of the potential threat to important landscape functions. Nevertheless, the preliminary agricultural structure planning represents an important instrument for assessing the whole area concerned and hence for landscape analysis.

These rather general target concepts for Querfurter Platte and the insufficient reasons put forward in preliminary planning can be locally specified on the basis of the findings contained in this report. The Draft Landscape Plan (Table 7, Chapter 2) contains concrete details of how the aims in SAXONY-ANHALT's landscape development programme (LEP-LSA, 1999), the regional development programmes for the administrative districts in the state of SAXONY-ANHALT (1996), the landscape programme in the state of SAXONY-ANHALT (1994) and the preliminary agricultural planning (AVP; 1995) can be specified. Furthermore, the proposals for the areas with altered land use and structures to be laid out are based on a scientifically underpinned concept for the protection of abiotic resources taking yield into account. This means that in this agricultural landscape priority should be devoted to preserving and re-establishing the 'multiple' functions, i.e. the simultaneous preservation of important landscape functions in a landscape area, rather than exploiting just one function at the cost of others.

The multiple or multifunctional consideration of a landscape with attention being paid to the habitat, usage, cultural and regulatory functions is also recommended by KIRCHNER-HESSLER et al. (1999). They argue for management concepts in which these functions are weighed up and which help decision-makers by recommending ways of ecofriendly land-use. A local implementation can only ever take place following negotiation among all those involved in each case, formulating concrete aims is important.

WBGU (2000) also calls for multifunctional land use as a way to help solve international problems. Its 1999 annual report states: "Future forms of land use must take account of the variety of abiotic and biotic factors at each location and be geared towards long-term usability. Adjacent systems must not be detrimentally affected by this usage, i.e. these forms of use must be ecofriendly. Multifunctionality means that equal attention must be paid to the natural functions (habitat and regulation of the matter and energy balance) and the cultural functions (production and social benefits)." (WBGU 2000, p. 174).

Both national and even international consensus surrounds generally formulated goals; the operationalization of these aims, which requires the regionalized consideration of certain regions/cultural landscapes, is more problematic. They are often dominated by typical abiotic and biotic features as well as economic and social peculiarities, which must be considered not only when assessing the current state but also when concluding what action needs to be taken. This also goes for the study area.

However, merely concluding a target concept is not enough by itself; in addition, practicable instruments need to be developed in order to enable its implementation. This entails employing indicator systems which take account of the regionally different cause–effect mechanisms and hence extend beyond previous approaches. Only then can they be suitable for evaluation a multifunctional land usage (WBGU 2000). The ecological study entitled “Contributions to the development of an ecological target concept for river landscapes ...” (Free State of Saxony, State Ministry of the Environment and Agriculture) describes specific complexes of measures, including the time factors, the cost–benefit ratio, and the additional costs – an approach which could be tested parallel to the various steps of our own method.

Generally speaking, (environmental) indicators describe the states of systems in the environment. They are designed to:

- Define aims and limits;*
- Representatively reflect environmental conditions and pollution, and offer possible solutions;*
- Be simple to interpret and highlight tendencies.*

There are many (internationally) well established systems of indicators such as those of CSD (1998) and the OECD (1994), which include “Driving forces/Pressure-State-Response” indicators. They are suitable for assessing individual sustainability dimensions, although the goals and systematic links need further improvement. The spatial reference level is the state.

Another such system is the syndrome approach by the WBGU/PIK (SCHELLNHUBER, H.-J. 1998; PETSCHEL-HELD et al. 1999), which identifies global problems and reveals their causes and consequences. This approach can be broken down to a national level, as demonstrated for example in a feasibility study by LÜDECKE & REUSSWIG (1999). They interpreted for Germany the “dust bowl syndrome”, which explains the consequences of an industrialized landscape.

The driving forces (also known as trends) affect the biotic and abiotic resources, and prompt the increased consumption of raw materials and greater volumes of transport, hence exacerbating the greenhouse effect. Moreover, they lead to concentration in agriculture and to unemployment.

The aim of a sustainable agriculture must be however taking into account the three dimensions “ecology”, “economy” and “social aspects” without the preference of one of them at the expense of the other.

The industrial agriculture (like in the dust bowl syndrom) doesn't consider aspects of sustainability. It is related to short rotations, mass livestock farming, to high usage of pesticides, medicaments and fertilizers. This intensification results from a production- oriented agricultural policy, which satisfies

- the high requirements of people for meat and other foodstuffs*
- and causes*
- the growing availability of automation/mechanization and the increased use of chemicals,*
 - the growth of agricultural incomes.*

Income is closed related to the influence of the agricultural lobby, which at the time of the feasibility study was geared towards a production-based policy, which in turn leads to intensification and increased production. This reveals a cyclic process, and all that can be done is to identify those points at which intervention is especially effective.

It can be seen from this verbal description how this indicator approach (for the trends can be considered indicators) differs from the others: it encompasses all dimensions of sustainability and places them in relation to each other – in this particular case with respect to agriculture. Other approaches for farms were presented in a study by the EUROPÄISCHE UNION; GENERALDIREKTION FÜR UMWELT (1999). The study compares a number of environmental appraisal techniques from Germany, Austria and France in terms of their feasibility and suitability. All these methods take into account not only production and annual yield but also environmental protection, with the indicators being listed one after the other. Establishing an interrelationship is not easy. However, the methods, which also include the KUL Programme (KUL = criteria for environmentally sustainable agriculture; ECKERT & BREITSCHUH 1998) by the Thuringian Department of Agriculture, promote a new way of optimizing production systems with respect to not merely the environment but also production equipment and agricultural income. Attention is paid later on to the development of indicators for environmentally sustainable land use which could augment existing systems.

First of all, however, the development possibility of biodiversity in the test region is discussed, with views put forward by STADLER and KLOTZ (Chapter 4.1) as well as BISCHOFF (Chapter 4.2). A report is included by the Merseburg Study Group for Ornithology and the Protection of Birds in the test area (Chapter 4.3). Here, too, mention should be made of usage in the Draft Landscape Plan scenario.

STADLER and KLOTZ query whether setting aside farmland really does lead to the intended results. They assume that the changes to the structure of species accompanying this measure and their underlying processes must be known if the significance of set-aside areas for preserving and boosting biodiversity are to be accurately assessed. They conclude that the diversity of weed communities initially observed quickly declines again during succession. The majority of the species observed are ubiquitous; hardly any rare species were noted.

From the angle of protecting abiotic resources, set-aside must at least be regarded as encouraging erosion – and can therefore hardly correspond to the aims of multifunctional land usage.

*BISCHOFF studied the regeneration of weed communities and influence of species dispersal on fields converted to extensification. Typical species such as *Consolida regalis*, *Euphorbia exigua* and *Lithospermum arvense* did not even occur or occur only sporadically (*Papaver rhoeas* and *Silene noctiflora*) five years after conversion. BISCHOFF showed that the limited dispersal speed of weeds decisively hinders the regeneration of species-rich weed communities. In dispersal experiments most of the seedlings were found within 1.5 m around the mother. Residual populations often have a distance of several km from each other, therefore the probability of an entry of seeds is very small. It is erroneous to think that setting land aside or extensification will immediately result in a wealth of flora; instead, this process requires a longer period of time exceeding 5 years.*

*The findings of the Merseburg Study Group for Ornithology and the Protection of Birds concern the avifauna in the test district. Birds' food intake helps reduce animal pests. Moreover, they are of aesthetic value for the landscape. To maintain and increase the stock of birds, diversity must be increased in terms of both plot size and crops. Furthermore, the authors recommend planting hedgerows on former lanes, which would offer hatcheries and the protection of many birds. There are links with Chapter 2, in which the Draft Landscape Plan also makes provision for the subdivision of land (for example by planting hedgerows) to create more natural structures. The proposal by the Merseburg Study Group for Ornithology and the Protection of Birds should be applied in order to reduce soil erosion while maintaining yields in order to increase the stock of characteristic birds. Villages also play an important role in the preservation of avifauna. Sadly, nesting possibilities for swallow species such as *Delichon urbica* and *Hirundo rustica* are declining as building facades are renovated. Since building-owners are keen to keep their facades clean, they*

often brick up the entrance holes in animal housing. The resulting problems could be ameliorated by installing other nesting opportunities.

The articles from the Department of Soil Research (Chapters 5.1–5.3 and 6) are largely based on the long-term field trials in Bad Lauchstädt, which have been continued now for nearly a century. It is underlined that field trials are indispensable for solving many tasks. For example, about 20 field trials (including Bad Lauchstädt) formed the basis for the humus balance method and for the recommended values for the levels of organic substance in the soil (see Chapter 5.1). Nitrogen and carbon soluble in hot water proved to be suitable criteria for determining the degradable organic soil substance from which the optimum amounts of organic fertilizer, possibly to be used in connection with mineral fertilizer, can be concluded. The findings are listed in Table 3 of Chapter 5.1; they represent the construction of an important indicator with the simultaneous definition of an environmental quality standard as a limit or recommended value for typical agricultural locations. They also illustrate how complicated it is to develop above all limits and recommended values which can be used to estimate the specific values of indicators and environmental relevance. In the case in point, KÖRSCHENS concludes that the optimum range for the application of animal manure is $5\text{--}15 \text{ t x ha}^{-1} \text{ x a}^{-1}$. These values for diverse types of agricultural soil highlight ways of boosting yields while avoiding environmental pollution – a major contribution to achieving the aim of sustainability.

Chapter 5.2 follows on closely from Chapter 5.1. In it, KLIMANEK demonstrates that even microbial parameters can only be influenced in the long term. The findings underline the positive impact of the organic soil substance on microbial activities, which can be indirectly raised even farther by additional mineral fertilization (based on the values in Chapter 5.1) leading to an increase in harvest and root remnants.

Nitrogen inputs were measured at the long-term trials in Bad Lauchstädt and in Etzdorf (RUSSOW et al., Chapter 5.3). Annual total inputs of about $60 \text{ kg x ha}^{-1} \text{ x a}^{-1}$ were calculated over the period 1994–99. These figures were confirmed by N balances measured at the Bad Lauchstädt Static Fertilization Experiment (Chapter 5.1). These relatively high additional N amounts from the atmosphere must at all costs be taken into account when deciding annual fertilization rates. The authors of this chapter discuss the possible effects of such high atmospheric nitrogen inputs on crops and weeds. Whereas crops can generally tolerate high addition N inputs, wild plants suffer greatly from this ‘free fertilization’ since during their evolution they developed a high nitrogen economy in the face of the low amounts of N available. This additional ‘free fertilization’ may be the reason for the slow development of wild plants on set-aside and extensified land described in Chapters 4.1 and 4.2. The consequences of this free fertilization on both the development of flora on dry grass and on possible land use changes are to be studied in a follow-up project.

The findings concerning N emissions at Querfurter Platte are also interesting. The authors detected higher N_2O emissions following high organic fertilization compared to higher mineralization. Continuing measuring series are required for N emissions and immissions if nitrogen input and output are to be modelled.

The high nitrogen immissions must definitely be taken into account when estimating the discharge of N from the system. This goes for both the tracer experiments by SEEGER and MEISSNER (Chapter 5.4) and also for the model “CANDY” (FRANKO and SCHENK Chapter 6). SEEGER and MEISSNER investigate the substance dynamics in the unsaturated soil zone. They used tracers such as chloride and bromide to calculate the migration speed of nitrate and to determine the nitrogen discharge from the unsaturated soil zone. Especially important is the finding that even in the relatively dry weather conditions in Querfurter Platte, N discharge from the soil is possible if the soil is not properly cultivated. These findings are of interest for modelling the nitrogen and water balance in the soil, since they can be used to validate such models. In order to test this, however,

parallel studies are recommended, using tracer tests as well as suitable soil models (e.g. CANDY). At this point, attention is merely drawn to the possibility of such investigations.

The CANDY soil balance model was used during scenario simulations to examine the dynamics of the nitrogen and carbon supply (Chapter 6). If, as simulated using the model, the carbon stocks in the soil will increase in a future probable scenario, the nitrogen discharge into the environment will also rise. This could mean both discharge from the unsaturated soil zone into the groundwater, and discharge into the atmosphere – both alarming prospects. Higher N discharge into the atmosphere following high organic fertilization has already been determined in experiments by RUSSOW et al. (Chapter 5.3). FRANKO and SCHENK call for the reduced introduction of organic substance into the soil, one way being to reduce the number of animals kept per hectare of land or the removal of harvest remnants from the field.

Although remote-sensing data used to classify current land use proved to be useful for modelling nitrogen and carbon flux data, if sufficiently accurate they could be used to record the crop spectrum and hence avoid the need to carry out manual field inspections. The possibility of land use monitoring at Querfurter Platte using remote-data sensing was examined using satellite data (Landsat 5 TM and IRS-1C LISS) from 1992, 1994 and 1997 for Querfurter Platte, currently used for intensive agriculture. Chapter 7 discusses an innovative approach to multitemporal classification, which does without terrestrial data but integrates secondary spectral features (NDVI). The possibilities and limitations of this technique are discussed in detail. As a result, information on crops was obtained down to the level of cultivated plot size for the three years specified. The land-use data, determined for using the model “CANDY” served as a basis to classify the satellite data. These data could be used not only for the test region but also for modelling the metabolic processes of the whole area “Querfurter Platte”. The classification accuracy is sometimes satisfactory (Table 4, Chapter 7); in other cases already mentioned by STEINHARDT as well as regarding the classification of pasture or even grain cultures more work is required on the interpretation of remote-sensing data for objectification and the improved quality of classification. STEINHARDT mentions context- and object-orientated techniques including neighbourhoods and parameters of the surroundings as one way of integrating the spatiotemporal dynamics of the landscape structure into analysis (see also Chapter 8.4). Whereas the assessment of remote-sensing data previously focused on structural parameters, in future it may also be possible to draw conclusions on process parameters and the processes themselves taking place in the landscape. According to BACKHAUS & WEIERS (2000), such data will be especially useful for developing sustainability indicators. These authors feel that the indicator systems currently discussed and used lack spatial and temporal land-use and landscape patterns. As aggregated data do not allow any spatial optimization, they call for the development of regionally disaggregated, spatially explicit indicators. A national ‘top down’ strategy needs to be complemented by topic-based ‘bottom up’ activities at a regional and local level; spatially explicit landscape assessment and the availability of remote-sensing data and geographic information systems are a suitable condition for the development of such indicators, which can then be combined with media-orientated indicators (see Chapter 5.1) to produce new indicator systems geared toward sustainability.

LAUSCH & MEYER (Chapter 8.4) also deal with the usage of remote-sensing data and the related land use information in the test area. The authors present a whole range of possible metrics which could in the future be used in indicator systems. In order to determine the most important metrics and to make them usable, work must be continued. For example, the link between habitat structures and numbers of species still needs to be established. The authors recommend a combination of detailed investigations for specific areas and the extensive assessment of large areas. Moreover, the requirements in terms of content and data for using landscape metrics must in future be carefully developed. For example, standardizations should be developed for data bases used for quantification in order to achieve comparability for calculations with landscape metrics. As this

field is still new and many other proposals for the usability of landscape metrics will be made in addition to these recommendations by the authors in Chapter 8.4, this chapter was included along with other subprojects still at the basic stage even though it refers to scenarios in Chapter 2. The continuation of this work appears promising.

Chapter 8 of the report deals with the subprojects with a basic character which achieved findings in pot experiments (Chapter 8.3), which include information from the test area without conclusively discussing the findings (Chapter 8.4), or which deliver information from other regions which is however relevant to the aims listed in the introduction (Chapters 8.1 and 8.2). Chapter 8.4 was mentioned above; the other chapters are dealt with below.

Chapter 8.1 by KLAUER et al. also reveals the shortcomings of presenting the findings in a single report, since it highlights ways of combining two approaches and is therefore closely related to Chapter 2. However, different regions are considered, and so the findings in Chapter 8.1 are dealt with as a theoretical possibility among the articles devoted to basic research and which needs to be tested in specific regions. The method described in Chapter 2 is suitable for optimizing the area-specific formulation of planning goals with respect to a number of different criteria. This was shown and the practical consequences are discussed. By contrast, the method presented in Chapter 8.1 is designed to simplify the selection of alternative political actions; the consequences of the various alternatives are weighed up with regard to different criteria and a clear overview is provided. This article also shows a way of combining the two methods, so that the concrete formulation of measures can be directly linked to the level of political action.

Even though the work by H. SCHULZ (Chapter 8.2) was not carried out in the test area either, it is still extremely interesting for further projects. Determining the natural isotope ratios (δ -values) of NH_3 , NH_4^+ , NO_2 , and NO_3^- enables the N-source to be identified. For this purpose, as well as to answer questions about N-uptake in plants, the δ -values of the above-mentioned N-forms were determined in the following matrices: ambient air, lower crown precipitation and tree bark of pine-forest ecosystems. This means both quantifying N-immissions and also determining their origin in natural ecosystems.

The organic soil substance mentioned in Chapters 5.1–5.3 and 6 is also involved in the hazard to the soil–plant system stemming from soil contamination. The findings described in Chapter 8.3 are mostly taken from pot experiments, which also provide indications about the effects of pesticides in this systems. Pots containing maize to which lindane and methoxychlor had been added revealed a strong negative correlation between the organic carbon content (TOC) and the level of pesticide the maize ($r = -0.91$, $r^2 = 0.82$). The bioavailability of organic xenobiotics for plant uptake depends on the fraction of organic soil substance extractable in hot water $C_{(HWE)}$. The higher the carbon level in the soil, the lower the pesticide content in the $C_{(HWE)}$ and hence also the lower the availability for plant uptake. A regression coefficient of $r^2 = 0.99$ was determined for the relationship between pesticide uptake by maize and the fraction of pesticide in $C_{(HWE)}$. This means the higher the fraction of pesticide in $C_{(HWE)}$, the higher the pesticide uptake by plants.

The authors also discuss the influence of pesticides on remnants in soils and plants as well as plants' metabolic processes. It emerges from these results that even work geared towards basic research can be very helpful for understanding sustainability if planned appropriately. The potential hazard to biotic and abiotic remnants by pesticides needs to be explained in model experiments so that measures can be taken to prevent damage in good time.

Finally, to sum up the integrated project, attention is drawn to the questions raised in the introduction, which are discussed in detail in the individual chapters and answered as outlined below:

- Proposals are put forward for the sustainable arrangement of the landscape, with both the economic effects and the possible (monetary) consequences for society being presented.

- *There are target concepts for the region studied which have been taken into account in the scenarios, and which can be formulated more precisely using the findings presented.*
- *What is new about the proposals for usage change and the multifunctional restructuring of the region is that they are underpinned by the findings that creating new structural landscape elements will prompt an increase in biodiversity, protect the abiotic media, and minimize farmers' economic losses. Both setting aside and extensifying farmland are ways of boosting biodiversity which require a longer period of investigation than previously thought in order to establish greater biological diversity in the landscape.*
- *Proposals are also made for creating indicators by concluding optimum values for degradable C and N. $C_{(nve)}$ is used as a criterion for calculating the degradable C and hence for N liberation. In addition, environmental quality standards are formulated which enable the indicator to be assessed. Such an indicator is suitable for completing other indicator systems already in existence, such as the TLL's criteria for environmentally sustainable agriculture (1999). Moreover, the prospect is raised of developing new, spatially related indicators with the help of remote-sensing data and geographic information systems, which could then be used to scan the investigation area.*
- *Nitrogen and carbon and the ratio between them continue to be regarded as important factors for the landscape balance. One important result of the studies based on the CANDY model is that nitrogen discharge into the environment rises as the carbon supply increases. This finding is based on the assumption that cultivation in the future will remain the same as in 1992–96.*

UFZ-Bericht

**Einfluß der Landnutzung auf Landschaftshaushalt
und Biodiversität in agrarisch dominierten Räumen**

Heidrun Mühle (Hrsg.)

UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH