

# **FORSCHEN FÜR DIE UMWELT / 4. AUSGABE**

**DAS BILD DER LANDSCHAFT ÄNDERT SICH**

Dagmar Haase und Matthias Rosenberg

# DAS BILD DER LANDSCHAFT ÄNDERT SICH

Dagmar Haase und Matthias Rosenberg

Zu den Faktoren, welche den Zustand und die Funktionsfähigkeit der Landschaft am nachhaltigsten beeinflussen, zählt die Landnutzung. Vielerorts wurde und wird sie intensiv betrieben und gerät so leider allzu oft in Konflikt mit dem für die Zukunft der Menschheit so immanent wichtigen Schutz der biotischen und abiotischen Ressourcen. Betrachtet man die enormen Landschaftseingriffe durch Braunkohleförderung und die sich anschließende völlige Neugestaltung der betroffenen Gebiete, so ist Mitteldeutschland sicher ein Extremfall. Doch die Frage stellt sich weltweit: Wie weit kann der Mensch gehen, ohne dass natürliche Regulationsmechanismen in der Natur versagen? Landschaftsökologen arbeiten auf internationaler Ebene und mit modernster Technik an deren Beantwortung. Dabei haben sie erkannt, von welcher enormer Bedeutung es ist, auch die Vorgeschichte einer Landschaft in ihre Betrachtungen einzubeziehen ...

## *Autoren:*

*Dagmar Haase, Dr. rer. nat., ist Geografin und wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ.*

*Matthias Rosenberg, Dipl.-Geoök., ist Doktorand in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ.*

## *Koautorin:*

*Dr. rer. nat. Angela Lausch, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ.*



*Bilder 1; 2; 3: Drei Bilder ein und desselben Landschaftsausschnittes. Die Elsteraue am Südrand von Leipzig, nahe des Tagebaus Cospuden. 1880: Auenlandschaft; 1998: die Re-kultivierung des Tagebaus Cospuden ist in vollem Gange; 2002: Das Tagebaurestloch ist zum Badesee und Erholungsgebiet für die Bewohner Leipzigs geworden.*

1880: Ein waldgesäumter Flusslauf windet sich durch die Grundmoränen des Leipziger Landes und überflutet seine wenig eingetieft Talebene. Ackerland und vor allem kleine Dörfer liegen wenige Meter über der Aue am Rande der Grundmoränenplatten. Feuchtwiesen in den waldfreien Auenbereichen formen das Landschaftsbild. Es sind noch viele Kilometer bis zur Stadtgrenze Leipzigs ...

1980: Der Braunkohlebergbau hat sich bis an die Stadtgrenze Leipzigs herangefressen. Schon hat man auch unter der Stadt großflächige Kohlevorkommen gefunden. Weite Auenbereiche und das Ackerland sind verschwunden, genauso wie die dörfli-

chen Siedlungen. Industrie und Bergbau bestimmen das Landschaftsbild bis zum Horizont ...

2002: 4,3 Quadratkilometer Wasserfläche – mit dem Cospudener See hat sich im Süden der Großstadt Leipzig ein erster ehemaliger Tagebau in ein Erholungsgebiet verwandelt, mit Sandstrand und Yachthafen – und alles innerhalb von zehn Jahren. Eine so große Wasserfläche gibt es natürlicherweise im Altmoränenland der Leipziger Tieflandsbucht nicht. Und es sollen noch weitere Seen entstehen, deren Ufer von neuen Wäldern und Stränden begrenzt sein werden.



Bild 4: Faktoren, die den Wandel von Landschaften bestimmen.

## Der Konflikt

Seit es den Menschen gibt, nutzt er bewusst die ihn umgebende Landschaft – die Böden, die Rohstoffe, die Gewässer und biologischen Ressourcen – und verändert sie damit. Auch natürliche, vom Menschen kaum beeinflussbare Prozesse verändern die Landschaft. In Mitteleuropa geschah das zuletzt am gravierendsten mit der Eiszeit vor rund 22.000 Jahren. Als die Eispanzer etwa 10.000 Jahre später das Land freigaben, hatte es keinerlei Ähnlichkeit mit dem vorher da gewesenen. Die Geschichte der Veränderung der Landschaft von Menschenhand begann damit wieder von Null an, jedoch zunehmend häufiger, intensiver sowie in immer kürzeren Zeiträumen. Der Konflikt zwischen Nutzung und Erhalt war irgendwann vorprogrammiert. Doch was heißt Erhalt von Natur und Landschaft aus heutiger Sicht? Im Bundesnaturschutzgesetz steht: dass Natur und Landschaft »...für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, wieder herzustellen ist, dass

1. die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts,
2. die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
3. die Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie

4. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind.« (BNatGes §1, Abs.1, 2002).

Wissenschaftler von nahezu allen Kontinenten beschäftigen sich seit zirka 30 Jahren intensiv mit diesem Konflikt. Ein wichtiges Forum ist beispielsweise die Internationale Gesellschaft für Landschaftsökologie (International Association of Landscape Ecology, IALE), innerhalb der über 1.000 Landschaftsökologen, Geografen, Biologen und Agrarwissenschaftler in den verschiedensten Projekten zusammen arbeiten. Sie suchen Antworten auf solche Fragen wie: Ist man heute an einer Schwelle angekommen, wo natürliche Retentions- und Regulationsmechanismen der Natur zunehmend versagen und eine Übernutzung der Landschaft nicht mehr aufzuhalten ist? Befinden wir uns vielleicht nur am Ende einer Epoche intensivster landwirtschaftlicher Nutzung, Siedlungsausdehnung und Biotopzerschneidung, welche schon in den nächsten Jahrzehnten abklingen wird? In welchen Zeiträumen und in welcher Intensität geschehen überhaupt gravierende Landschaftsveränderungen?

Auch die Landschaftsökologen des UFZ bringen sich in diese Diskussion ein. Konkretes Forschungsobjekt für sie ist in vielen Fällen der mitteldeutsche Raum, geradezu prädestiniert für Untersuchungen des Landnutzungswandels, der Landschaftsstruktur



beziehungsweise deren Einfluss auf die »Leistungsfähigkeit« des Naturhaushaltes und der Biodiversität. Sie schenken dabei den historischen Landschaftszuständen ebenso Aufmerksamkeit, wie der Analyse der Triebkräfte dieser Entwicklungen in Vergangenheit und Zukunft sowie den Trends der Landschaftsentwicklung in den kommenden Jahrzehnten.

Ausgehend von Trendanalysen zur künftigen Landnutzung, die auf ökonomischen, sozialen und naturwissenschaftlichen Indikatoren beruhen und unter Berücksichtigung der europäischen Förderpolitik sowie der räumlichen Gesamtplanung in Deutschland, werden Szenarien zur Art und Intensität der Veränderungen von Landschaften erarbeitet. So zeigte sich bei den Analysen, dass sich in Mitteleuropa die Landwirtschaft immer mehr auf wenige fruchtbare Gebiete beschränken und viele bisher genutzte Flächen aufgeben wird.

Vorstellungen zum historischen und zukünftigen Landnutzungswandel sind die Grundlage für eine modellbasierte Abschätzung der Nutzungsveränderungen, zum Beispiel auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Auf Basis derer sollen dann, so wie es unter anderem die Europäische Wasserrahmenrichtlinie fordert, Bewirtschaftungspläne erarbeitet werden, die der Sicherung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes der Oberflächengewässer und der Verfügbarkeit an Grundwasser dienen (Bild 4).

Zwei Beispiele sollen die allgemeinen Betrachtungen illustrieren.

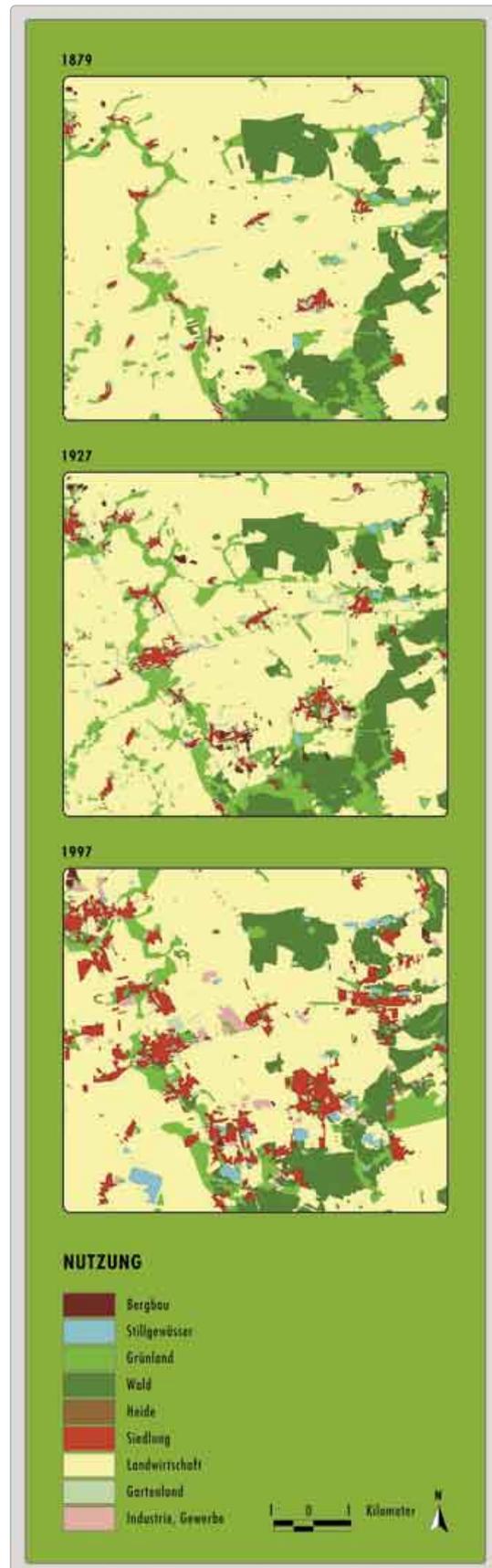
### Städte dehnen sich aus . . .

Prognostiziert wird für den Zeitraum 1997 bis 2010 ein Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland von 530.000 Hektar. Das bedeutet einen täglichen Zuwachs von 112 Hektar – eine Größe von mehr als 100 Fußballfeldern. Doch wie sieht es diesbezüglich in Mitteldeutschland aus?

Wie man das Wachstum von Städten und anderer Landnutzungsänderungen über große Zeiträume und vor allem auch historische Landschaftszustände bestimmen und dabei auch die ökologische Funktionsfähigkeit betrachten kann, erprobten die Wissenschaftler am Beispiel der Region um Taucha, einer Kleinstadt im Nordosten Leipzigs.

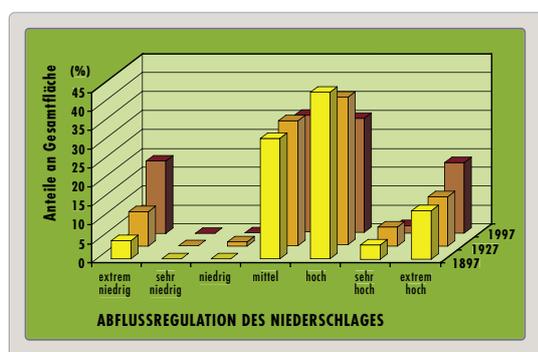
Das historische Kartenmaterial digitalisierten sie mithilfe Geografischer Informationssysteme (GIS). Dabei gehört viel Erfahrung im Umgang mit kartografischen Darstellungen dazu, alte Karten zu »lesen« und zu interpretieren, eine wesentliche, wenn auch nicht alltägliche Aufgabe für Landschaftsökologen. Diese histori-

*Bild 5: Anhand der drei Zeitschnitte ist die zunehmende Zersiedelung der Landschaft um Taucha und vor allem der Auen sehr gut sichtbar. (Inhalt, Kartografie und GIS: D. Thormann; Datenquelle: Landesvermessungsamt Sachsen)*



schen – nun computertauglich aufbereiteten Daten – werden mittels der Koordinaten in einem Geografischen Informationssystem mit aktuellen Karten, Luft- und Satellitenbildern überlagert und verglichen. So sind genaue statistische Analysen von Flächennutzungs- und beispielsweise Versiegelungsentwicklung möglich. Außerdem gestatten die Datenbanken des GIS, den Einfluss von Nutzungsänderungen auf bestimmte Landschaftsfunktionen zu bestimmen, zum Beispiel den Einfluss der Suburbanisierung auf das Abflussverhalten und die Grundwasserneubildung. Beides sind wichtige Faktoren einer intakten Landschaft, was nicht zuletzt die katastrophale Elbe- und Muldeflut im August 2002 gezeigt hat. Das Abflussverhalten kennzeichnet das Vermögen der Landschaft, insbesondere der Böden, in Abhängigkeit von der Art der Nutzung, den Oberflächenabfluss des Niederschlagswassers so aufzunehmen und zu regulieren, dass auch die Gefahr von Überschwemmungen gemindert wird. Die Grundwasserneubildung ist ein Prozess, welcher zur Erneuerung der Wasserressourcen in einer Region beiträgt. Beide Prozesse sind direkt miteinander verbunden – dort, wo der oberflächliche Abfluss hoch ist, findet wenig Grundwasserneubildung statt und umgekehrt.

In Bild 5 sind für die Region Taucha die Veränderungen der Flächennutzung in drei Zeiten – 1879, 1927 und 1997 – dargestellt. Auf deren Basis erfolgten die Modellierungen zur Abflussregulation. Gut erkennbar ist, wie die Siedlungen und somit auch der Anteil bebauter beziehungsweise versiegelter Fläche am nordöstlichen Stadtrand von Leipzig besonders nach der politischen Wende im Jahr 1990 stark zugenommen hat und Auen sowie Freiflächen um die Stadt immer seltener wurden. Das bedeutet insbesondere für die Bewohner der Innenstadt Leipzigs immer weitere Wege ins Grün. Darüber hinaus hat die Parthe ihre Funktion als Retentionsraum für Überschwemmungen verloren, denn das 1879 noch gut erkennbare grüne Band ihrer Auenlandschaft – wichtig als Rückhalte- oder Retentionsraum für Wasser

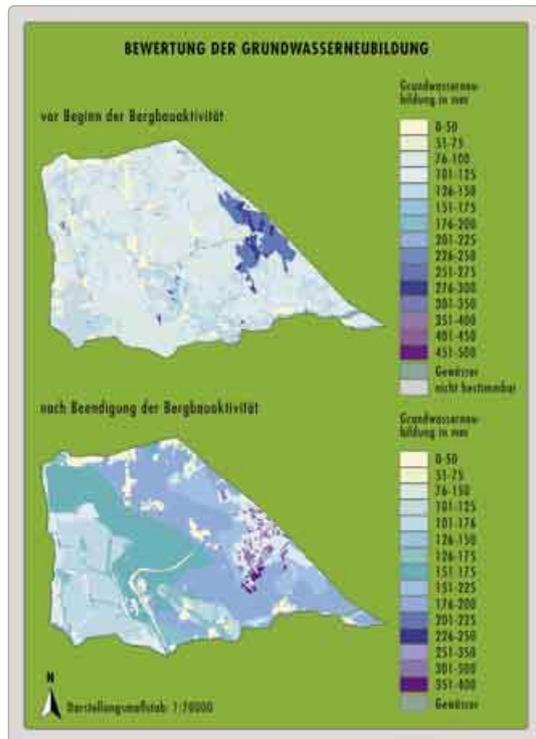


**Bild 6:** Die Versiegelung der Böden vermindert das Abflussregulationspotenzial der Erdoberfläche in dieser Region drastisch, wie die seit 1879 zunehmenden Anteile mit extrem niedrigem Abflussregulationspotenzial zeigen.



**Bilder 7 und 8:** Ganz nah beieinander und doch weit entfernt – Eindrücke aus dem Einzugsgebiet der Parthe heute: relativ naturnahe Flussabschnitte liegen direkt neben neu errichteten Gewerbezentren mit hohen Bodenversiegelungsraten.

und Sedimente aus dem Einzugsgebiet der Parthe – ist 1997 an vielen Stellen durch bebaute Flächen und Ackerflächen unterbrochen, so dass kein zusammenhängender funktionierender Auenraum mehr vorhanden ist. Damit ist auch der Wanderungs- und Verbreitungskorridor für viele Tier- und Pflanzenarten weitgehend verloren gegangen. Wasserschwertlilie (*Iris pseudacorus*) oder Ackergoldstern (*Gagea arvensis*) beispielsweise, früher in dieser Gegend weit verbreitet, kommen hier nicht mehr vor. Es besteht aller Grund zu der Annahme, dass sich der Zersiedlungsprozess in der Landschaft rund um Leipzig weiter fortsetzen wird und Freiflächen in wenigen Jahrzehnten zu einem sehr raren Gut werden: denn legt man die ermittelte Dynamik von 1879 bis 1997 von 1181 Hektar Zunahme an versiegelter Fläche im Umland von Taucha zu Grunde und bezieht in den Trendanalysen aktuelle Bauvorhaben wie das BMW-Gelände in der Partenaue und weitere ausgewiesene Bauerweiterungsflächen für Wohnbebauung ein, muss man zu dem Schluss kommen, dass trotz schrumpfender Bevölkerung in Leipzig und anderen Regionen Mitteldeutschlands die natürlichen Retentions- und Regulationsmechanismen der Natur zunehmend versagen. Die Hochwässer 2002 haben es gezeigt.



**Bild 9:** Das Gebiet des ehemaligen Tagebaus Espenhain vor Beginn der Bergbauaktivitäten und heute kurz vor dem Beginn der Restseeflutung: durch Bergbau und Siedlungserweiterung erfolgte eine starke Veränderung der räumlichen Verbreitung der Grundwasserneubildungsrate. (Inhaltliche und kartografische Bearbeitung: Yvonne Voigtmann)

Die Landschaftsökologen des UFZ sind der Auffassung, dass eine Übernutzung der Landschaft trotz der flächenintensiven Landschaftsveränderungen nach 1990 aufzuhalten ist. Um die bestehenden politischen und rechtlichen Instrumente zu schärfen und zu untermauern, werden solche Landschaftsanalysen für viele Regionen Europas unerlässlich ...

*Die mitteldeutsche Tagebauregion entwickelt sich zu einer Seenplatte ...*

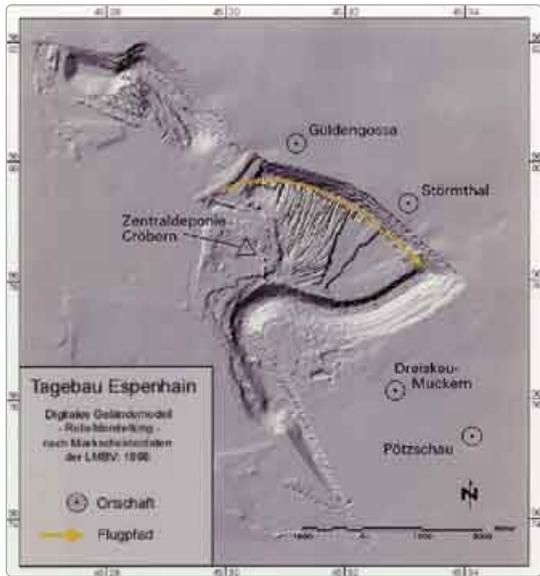
Nach Jahrzehnten der Vernichtung von Ackerland, Wäldern, Siedlungen und Auen sowie der Verlegung von Flussläufen wird sich der Südraum Leipzig etwa im Jahre 2050 zu einer Landschaft mit einer Seenfläche von 70 Quadratkilometern verändert haben, die eine Vielzahl von Nutzungs- und Entwicklungsmöglichkeiten bietet. Heute, wo weniger Bedarf an landwirtschaftlichen Produktionsflächen besteht, werden die Flächen der Bergbaufolgelandschaft zum Teil als Freizeitareale sowie unter ökologischen Gesichtspunkten umgestaltet. Dies kann einerseits die Belassung der Kippenflächen in einem möglichst unsanierten Zustand bedeuten –

so fordert es der Naturschutz – oder es bedeutet Aufforstung, wie beispielsweise zu großen Teilen im recht waldarmen Südraum von Leipzig. Hier förderte der Tagebau Espenhain von 1937 bis 1994 über 570 Millionen Tonnen Braunkohle. Er vernichtete solche Gebiete wie die Göselau, die einen wichtigen Regulationsraum für den Wasser- und Stoffkreislauf im Leipziger Land darstellte. Bis zum Jahr 2020 wird ein Seen-System aus Störmthaler See (6,9 Quadratkilometer) und Markkleeberger See (2,5 Quadratkilometer) große Teile der zwischenzeitlich zum Tagebau gewordenen ehemaligen Göselau und der sie umgebenden Flächen einnehmen.

Die wissenschaftliche Analyse der Landschaftsfunktionalität im Südraum von Leipzig führten Wissenschaftler verschiedener Institutionen im Rahmen eines Testlaufs für ein so genanntes überregionales Landschaftsmonitoring-Programm durch. Solch ein Monitoring versucht, alle Komponenten der Landschaft, beispielsweise Boden, Relief, Klima, Wasserhaushalt, Flora und Fauna sowie die Nutzung gleichermaßen und die Landschaftsveränderungen flächenhaft und ökologisch ganzheitlich in der Zeit zu betrachten. Das im speziellen Fall verwendete und getestete Landschaftsmonitoringkonzept soll gültige Methoden und Parameter für größere Räume herausarbeiten. So wird eine ökologische Analyse und Bewertung verschiedenster Naturräume in Sachsen bzw. darauf aufbauend in ganz Deutschland möglich. Da Bergbau- und Bergbaufolgelandschaften zu den dynamischsten Räumen Mitteleuropas hinsichtlich des Landschaftswandels zählen, können auf den Nutzungswandel zurückzuführende Veränderungen des Wasser- und Stoffhaushaltes hier beispielhaft modelliert und eindrucksvoll visualisiert werden (Bild 9). Die Veränderungen, die zwischen 1944 und 1996 in der Ackerbauregion der Göselau erfolgt sind, lassen sich wie folgt charakterisieren:

- großflächige Veränderung des Reliefs und Entstehung von Voll- und Hohlformen (Restlöcher, Kippen, Halden);
- Veränderung der Substratlagerungsverhältnisse, großflächige Durchmischung und Neuschichtung der Böden und Sedimente;
- Zerstörung natürlicher Böden, insbesondere der für den Landschaftshaushalt wichtigen Göselau und Entstehung heterogener Kippböden, welche erst in Jahrzehnten wieder eine initiale Bodenentwicklung zeigen werden und schließlich
- Begradigung und Kanalisierung des Vorfluters Gösel, bis zur völligen Vernichtung seiner natürlichen Retentionsflächen sowie Feuchtbiotopen in der Aue.

Im Rahmen der Planung zur Gestaltung des Tagebaus Espenhain entwickelten UFZ-Wissenschaftler in Zusammenarbeit mit der LMBV (Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsge-

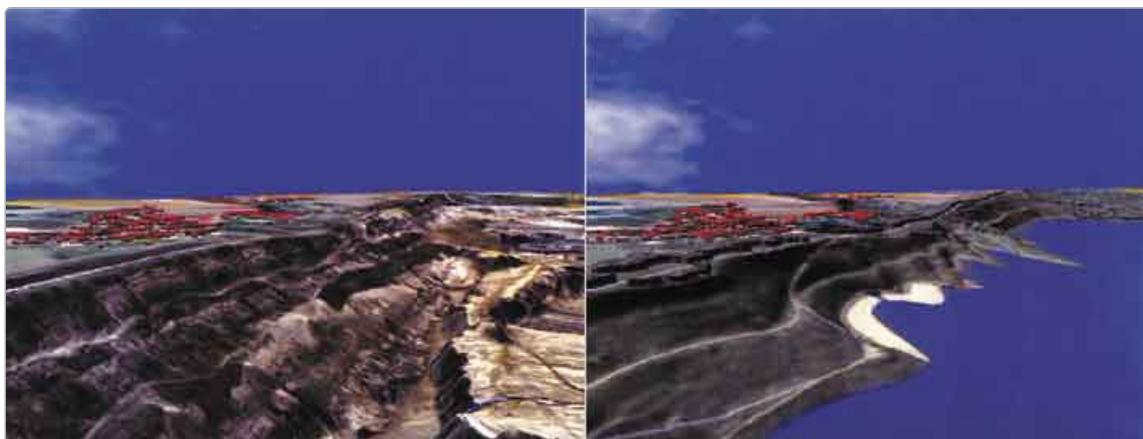
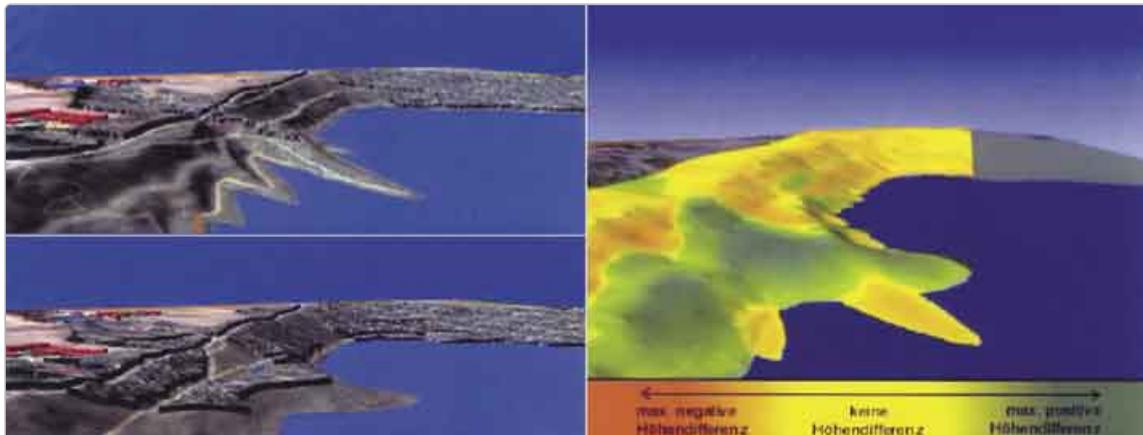


**Bild 10:** Eine wesentliche Datenquelle für Untersuchungen zum Landschaftswandel sind feinaufgelöste digitale Geländemodelle, hier eines vom Tagebau Espernhain 1998 (nach Markscheiderdaten der LMBV)

sellschaft mbH) eine Methode, die es erlaubt, reale Landschaften und deren Veränderungen unter Anwendung der visuellen GIS-gestützten 3D-Simulation abzubilden. Dieses Verfahren ermöglicht Landschaftsplanern einen räumlichen Eindruck der Landschaftsveränderungen. Des Weiteren stellt es ein wichtiges Hilfsmittel zur visuellen Kommunikation und Entscheidungsfindung im Planungsprozess und zur Entwicklung von Planungsalternativen – auch mit der betroffenen Bevölkerung – dar.

Für den zukünftigen Störmtaler See wurden vier visuelle dynamische Simulationen entwickelt (Bilder 11 und 12). Sie entstanden durch die Überlagerungen von Flächennutzungsdaten (Planungsunterlagen, Luft- und Satellitenbilddaten) und einem aus Vermessungsdaten gewonnenen digitalen Höhenmodell (Bild 10).

**Bild 11:** »Tagebaugebiet Störmtaler See« – Die 3D-Visualisierung von zwei unterschiedlichen Planungsvarianten (links). Sie unterscheiden sich vor allem im Bereich der Böschungshöhen (rechts).



**Bild 12:** »Tagebaugebiet Störmtaler See« – 3D-Visualisierung der Ausgangssituation 1998 als Tagebaurestloch (links) sowie einer Planungsvariante zur zukünftigen Gestaltung (rechts).



## *Fazit*

Die wissenschaftlichen Arbeiten zum Wandel von Nutzung und zur Struktur einer Landschaft sowie deren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes stellen eine wichtige Grundlage für die Landschafts- und Regionalplanung dar und dienen als Instrumente der Entscheidungsfindung für regionale und lokale Fachbehörden. Im Falle des UFZ sind das unter anderem das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, die Staatlichen Umweltfachämter Leipzig und Chemnitz und die Regierungspräsidien der Regierungsbezirke im Saale-Flussgebiet. Ebenso sind sie für einen breiten Interessentenkreis vom Bürger vor Ort bis hin zu Wissenschaftlern vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, welche sich mit langfristigen Trends der Raumentwicklung in Deutschland beschäftigen, von großer Bedeutung, zeigen sie doch, wie sich die umgebende Landschaft verändert und wie das, was sich Planer für die Zukunft vorstellen, in der Landschaft später aussehen wird.

Wie weit kann nun der Mensch gehen, ohne dass natürliche Regulationsmechanismen in der Natur versagen? Die bisherigen Untersuchungen der UFZ-Landschaftsökologen untermauern wissenschaftlich, dass eine Reihe natürlicher Regulationsmechanismen der Landschaft, wie zum Beispiel der Abfluss- und Hochwasserrückhalt, aufgrund fortwährender Verbauung von Auen und Freiflächen, nur noch eingeschränkt funktionieren und örtlich tatsächlich versagen.

Die Wissenschaftler werden in Zukunft weitere spezifische Untersuchungen zu den Trends der Flächennutzungsentwicklung und deren Einfluss auf natürliche Landschaftsfunktionen durchführen – ein Baustein, um ein wirklich nachhaltiges »Miteinander« von Mensch und Natur in der multifunktionalen mitteleuropäischen Kulturlandschaft durchzusetzen.