

Sächsische Landschaften im Wandel: Auswertung historischer Kartenwerke für umweltwissenschaftliche Fragestellungen

Walz, Ulrich; Neubert, Marco; Haase, Dagmar; Rosenberg, Matthias

Veröffentlichungsversion / Published Version

Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Walz, U., Neubert, M., Haase, D., & Rosenberg, M. (2003). Sächsische Landschaften im Wandel: Auswertung historischer Kartenwerke für umweltwissenschaftliche Fragestellungen. *Europa Regional*, 11.2003(3), 126-136. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-48164-8>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Sächsische Landschaften im Wandel – Auswertung historischer Kartenwerke für umweltwissenschaftliche Fragestellungen

ULRICH WALZ, MARCO NEUBERT, DAGMAR HAASE und MATTHIAS ROSENBERG

Landschaften – Spiegelbild der Gesellschaft

Die Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa ist heute, im Unterschied zu früheren Epochen, durch nahezu flächendeckende, überwiegend anthropogen gesteuerte Prozesse gekennzeichnet (vgl. z. B. KONOLD 1996). Viele dieser Prozesse sind über kürzere Zeiträume betrachtet kaum wahrnehmbar und vermitteln die Illusion der Folgenlosigkeit. Über größere Zeiträume hinweg können diese jedoch zu Veränderungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit und Nutzbarkeit des Landschaftshaushaltes führen (vgl. BORK et al. 1998).

Mit dem Wandel der Landschaften, insbesondere der Änderung der Flächennutzung an sich, geht die Veränderung der Landschaftsstruktur und damit auch von Landschaftsfunktionen und -potenzialen einher. Der allgemeine Trend der Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa führt zu weniger vielfältigen, monotoneren Landschaften verbunden mit einer großräumigen Beeinträchtigung von Landschaftsfunktionen. Differenzierte naturräumliche Standortbedingungen werden zunehmend nivelliert, und der Landschaftshaushalt wird nachhaltig verändert. Durch die Intensivierung der Landwirtschaft hat in den letzten Jahrzehnten die durchschnittliche Größe der landwirtschaftlichen Nutzfläche durch Flurbereinigung, Dränung, verbunden mit der Ausräumung von Landschaftselementen, zugenommen (DOSCH u. BECKMANN 1999). Dagegen ist ein Rückgang an landwirtschaftlicher Nutzfläche insgesamt zu verzeichnen (BBR 2002). Die Freiräume unterliegen außerdem infolge der intensiven Verkehrswegeentwicklung einer starken Fragmentierung („Zerschneidung“) der Freiräume (JÄGER 2002).

Im stark anthropogen und siedlungstechnisch überprägten mitteleuropäischen Raum werden Landschaften

neben der Naturraumausstattung vor allem von ihren sich überlagernden Nutzungen (Mehrfachnutzung) und entsprechenden Nutzungskonflikten geprägt. Diese Mehrfachnutzung hat sich über Jahrhunderte entwickelt und ist kein Phänomen des 20. Jahrhunderts. Wohl aber zeichnet sich der Zeitraum nach dem 2. Weltkrieg durch eine Intensivierung der menschlichen Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Bios aus (BASTIAN u. SCHREIBER 1999). Gegenwärtig hält der Trend der Flächenerweiterung bei den Flächennutzungsarten Wald, Wasser, Siedlung und Verkehr an.

Die Untersuchung dieser Prozesse und die Integration der gewonnenen Erkenntnisse in steuerungsrelevante Instrumente werden in den kommenden Jahrzehnten zum Focus der Landschaftsökologie gehören. Die Kenntnis der Entwicklungsgeschichte von Landschaften stellt dabei eine wichtige Grundlage dar.

Ziele der Untersuchungen zum Landschaftswandel

Nach § 2 des novellierten Bundesnaturschutzgesetzes ist „der Naturhaushalt ... in seinen räumlich abgrenzbaren Teilen so zu sichern, dass die den Standort prägenden biologischen Funktionen, Stoff- und Energieflüsse sowie landschaftlichen Strukturen erhalten, entwickelt oder wiederhergestellt werden“ (BNatschG 2002). Vor diesem Hintergrund muss sich die Landschaftsökologie auch mit wichtigen, den Landschaftswandel beeinflussenden Größen (sog. *Triebkräfte*) befassen. Dazu gehören u. a. Gesetze, Richtlinien und Verordnungen, aber auch Förderprogramme, die eine bestimmte Art und Intensität der Nutzung bevorzugen. Dabei spielt heute die Europäische Union bzw. Politik eine zunehmend wichtigere Rolle. Beispiele sind die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die Flora-Fauna-Habitat-

Richtlinie oder die Agrarpolitik sowie die Subventionierung des transeuropäischen Verkehrswegebbaus.

Detaillierte Kenntnisse, wie schnell und wo räumlich explizit Landschaften verändert werden, lassen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von gesellschaftlich-politischen und sozialen Triebkräften im Raum zu. Über die hervorgerufenen Landnutzungsänderungen können Aussagen zu den einhergehenden Landschaftszuständen gemacht werden. Kenntnisse über die Entwicklung der Landschaft in der Vergangenheit sollten daher auch Ausgangspunkt für eine längerfristige in die Zukunft gerichtete Landschaftsbeobachtung (Monitoring) sein (vgl. NEUBERT u. WALZ 2002). Dazu werden von der nationalen bis zur lokalen Ebene Informationen zur Landschaftsentwicklung benötigt. Zur Bewertung der Prozesse muss Wissen über die Nutzung der (Kultur-)Landschaft, deren Landnutzungsstruktur und -intensität, der natürlichen Ausstattung sowie zum Wasser- und Stoffhaushalt zur Verfügung stehen.

Vor diesem Hintergrund stellen sich für die Untersuchung des Landschaftswandels die folgenden Fragen:

- Wie haben sich die Flächennutzung und die Landschaftsstruktur in historischen Zeiträumen verändert?
- Welche Umweltauswirkungen resultieren aus diesen Landnutzungsänderungen, insbesondere in Bezug auf den Wasser- und Stoffhaushalt sowie die biologische Diversität?
- Welche Nutzungsmuster kennzeichnen welche Intensität der Landschaftsnutzung?
- Lassen sich verallgemeinerungsfähige Trends zur zukünftigen Veränderung der Landnutzung und deren Strukturierung in den nächsten Jahrzehnten ableiten?
- Wie sind diese Trends im Sinne einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung zu beurteilen bzw. zu bewerten?

- Welche Bedingungen müssen gewährleistet sein, um die verschiedenen Landschaftsfunktionen auch in Zukunft erfüllen zu können? Welche Instrumente sind dafür notwendig?

Die Ergebnisse der Untersuchung der historischen Landschaftsentwicklung bestehen zunächst aus quantitativ-statistischen Angaben zur Flächenveränderung (quantitative Analyse historischer Zustände), die beispielsweise für ein kontinuierliches Monitoring vergleichbarer Maßzahlen in Zeitreihen genutzt werden können. Aus solchen Zeitreihen können grobe Trends für die zukünftige Entwicklung abgeleitet werden. Durch regionale und lokale Untersuchungen des Landschaftswandels können Trends bzw. Entwicklungen der Landnutzung regional differenziert dargestellt werden und so zu einer Fundierung der Ursachenanalyse führen. Raum-zeitliche Untersuchungen lassen außerdem Rückschlüsse auf Größenordnungen der Veränderlichkeit der Landschaft in historischen Zeiträumen zu. Auftretende Schwankungsbreiten von gemessenen Landschaftsparametern lassen sich damit besser beurteilen. Für ein *Landschaftsmanagement* ist das Wissen über die zeitliche und räumliche Variabilität bzw. die Dynamik von Landnutzungsveränderungen entscheidend, was wiederum der Konkretisierung von Leitbildern und der Planung von Maßnahmen zugrunde gelegt werden kann.

Darüber hinaus kann mit der Untersuchung der Landnutzungsveränderungen anhand historischer Zeitschnitte der Einfluss der Größe „Landnutzung“ auf die Erfüllung von Landschaftsfunktionen (z. B. Grundwasserneubildung) gezeigt werden (qualitative Analyse historischer Zustände). Die Ausprägung der Landschaftsfunktionen beschreibt, wie gut bzw. schlecht eine Landschaft in der Lage ist, menschliche Nutzungen (lang andauernde als auch kurzzeitige Eingriffe) zu neutralisieren bzw. neue Gleichgewichte aufzubauen. Diese – auch als Erfüllungsgrade der Landschaftsfunktionen zu bezeichnende – Werte geben Auskunft über den Zustand bzw. die Funktionsfähigkeit einer Landschaft (BASTIAN u. SCHREIBER 1998).

Zur Untersuchung und richtigen Einschätzung der Landschaftszustän-

de in den jeweiligen historischen Zeiträumen ist umfangreiches Hintergrundwissen notwendig. Die Kenntnis der jeweiligen Nutzungsformen verbunden mit ihren spezifischen Veränderungen der Landschaftsstrukturen und -funktionen, den jeweiligen Bewirtschaftungssystemen und nutzungsbedingten Strukturierung (städtische und dörfliche Siedlungsstrukturen, Wege- und Grabensysteme, Schlaggrößen und -formen) ist hierfür elementar.

Historische Kartengrundlagen und andere Quellen

Topographische Karten und ihre Vorgänger der historischen Landesaufnahme seit dem 18. Jahrhundert stellen geeignete kartographische Grundlagen für historische Landschaftsanalysen dar. Sie besitzen für mittelmaßstäbige Untersuchungen eine genügende geometrische und inhaltliche Auflösung und ermöglichen die Untersuchung der Landschaftsentwicklung der vergangenen 200 Jahre. Noch ältere Kartenwerke verfügen häufig

den als Vorlage genutzten Meilenblättern, allerdings fand eine umfassende Aktualisierung statt. In der Folge sind mit den *Messtischblättern* ab 1900 bis hin zu den neueren *digitalen Daten* der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung sowie den aktuellen Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) der Landesvermessungsverwaltung sowie der Topographischen Karte 1 : 25 000 (TK 25 N) geeignete Informationen zur Landnutzung vorhanden. Die ATKIS-Daten weisen dabei die höhere geometrische Genauigkeit auf und werden zudem in Zukunft fortlaufend aktualisiert. Darüber hinaus können ausgewertete Fernerkundungsdaten zusätzliche Zeitebenen darstellen. Auf Entwicklung und Inhalte historischer Karten in Sachsen geht WITSCHAS (2002) näher ein.

Für die digitale Aufbereitung und vergleichende Auswertung der zur Verfügung stehenden Kartenwerke (vgl. *Tab. 1*) ist zu beachten, dass diese sich entsprechend den jeweiligen zeit-

Karten- bzw. Datengrundlage	Maßstab	Zeitschnitt
Sächsisches Meilenblatt	1:12 000	1780 bis 1809
Äquidistantenkarte	1:25 000	1870 bis 1885
Messtischblatt	1:25 000	1900 bis 1924*
Biotoptypen- und Landnutzungskartierung	1:10 000	1992/93
ATKIS und TK25 N	1:25 000	1993 bis 2001

Tab. 1: Landesweite Kartenwerke für eine historische Landschaftsanalyse in Sachsen

*In unterschiedlichen Zeitabständen existieren weitere topographische Karten bis heute.

Quelle: eigene Bearbeitung

über eine unzureichende Genauigkeit, so dass sie höchstens als Zusatzinformationen verwendet werden können.

In Sachsen wurden ab 1780 die so genannten *Sächsischen Meilenblätter* für das damalige Landesgebiet aufgenommen. Der vergleichsweise groß gewählte Aufnahmemaßstab 1 : 12 000 sollte die Karten für Straßen-, Wasser-, Bergbau sowie Verwaltung dienlich machen, entsprechend detailliert ist der Karteninhalt. Als wenig übersichtlich, da das Kartenbild optisch dominierend, erwiesen sich die enthaltenen Bergschraffen¹. Diese wurden ab 1870 in den *Äquidistantenkarten* durch Höhenlinien ersetzt. Inhaltlich entsprechen die Äquidistanten-

genössischen technischen Möglichkeiten in Aufnahmeverfahren, Genauigkeit und Herstellung unterscheiden. Zudem veränderten sich die Karteninhalte, wobei zu alten Kartenblättern häufig keine Legenden oder Zeichenvorschriften existieren. Mit der Einführung der preußischen Legende in der Neuaufnahme der Messtischblätter liegen erstmals nachvollziehbare Zeichenvorschriften vor, die in weiter-

¹ Schraffen sind Striche in der Falllinie des Geländes. Nach der Regel „je steiler desto dunkler“ sollen sie den Grad der Steilheit des Geländes durch Verdunklung darstellen. In steilem Gelände sind die Schraffen also breiter und dichter als in flacheren Gebieten.

entwickelter Form bis heute gelten. Weitere Schwierigkeiten ergeben sich aus der ungleichen Flächendeckung durch sich verändernde Landesgrenzen. Eine Untersuchung der enthaltenen Flächeninformationen in aktuellen und historischen Karten auf Übereinstimmung bzw. Vergleichbarkeit ist daher Grundlage jeder historischen Landschaftsanalyse und mündet in die Erarbeitung einer einheitlichen Legende für die Auswertung (NEUBERT u. WALZ 2002; WALZ et al. 2001a).

Für Untersuchungen des Landschaftswandels der letzten Jahrhunderte steht eine Reihe weiterer Quellen und Materialien zur Verfügung, welche die Landnutzung dokumentieren und Ursachen für einen Wechsel der Nutzung beschreiben. So können historische Landschaftsbeschreibungen, Ortschroniken, Stadtpläne und Katasterkarten nützliche Zusatzinformationen enthalten. Dazu gehören auch zeitgenössische Landschaftsgemälde und spezielle Kartenausschnitte, die für Rechtsstreitigkeiten aufgenommen wurden (sog. Augenscheinkarten).

Darüber hinaus existiert eine Reihe geomorphologischer bzw. stratigraphisch-pedologischer Untersuchungen (BORK et al. 1998), die zur Analyse und Beschreibung früherer Bodenzustände sowie damit zusammenhängender Strukturen und Prozesse der Landnutzung beitragen können. Solche Bodenuntersuchungen ermöglichen es im Zusammenspiel mit zahlreichen historischen Quellen, natürliche und anthropogene Einflüsse auf die Landschaft zu beschreiben und zu differenzieren.

Ergebnisse ausgewählter Untersuchungen²

Im Folgenden werden anhand von vier Fallstudien aus dem Institut für ökologische Raumentwicklung e. V., Dresden und dem Umweltforschungszentrum GmbH Leipzig-Halle Untersuchungen zum Landschaftswandel in verschiedenen ausgewählten Gebieten (vgl. Abb. 1) vorgestellt. Entsprechend dem in den einführenden Kapiteln aufgespannten Rahmen befassen sie sich im Wesentlichen mit den folgenden Schwerpunkten:

- vergleichende Erfassung und Analyse der historischen und aktuellen Landnutzung bzw. deren Struktur,
- Bewertung des ermittelten Land-



Abb. 1: Untersuchungsgebiete der vorgestellten Sächsischen Fallstudien
Quelle: eigene Bearbeitung

schaftswandels und Auswirkungen auf die Umwelt bzw. auf die ökologischen Funktionen der Landschaft,

- Ableitung von Aussagen über zukünftige Trends der Landnutzung sowie
- Bildung von Indikatoren.

Fallstudie 1: Naturschutzfachlich relevante Flächennutzungsinformationen in ländlichen Regionen

Im Mittelpunkt der Untersuchung, die vom Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. durchgeführt wurde, stand der Informationsgehalt historischer Karten in Bezug auf naturschutzfachlich relevante Flächeninformationen³. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, welche Kartenwerke für eine vergleichende historische Analyse in Sachsen in ein geographisches Informationssystem (GIS) integriert werden können und welche Methoden zur Georeferenzierung und digitalen Auswertung notwendig sind (vgl. BERGER u. WALZ 2003). Aufgrund dieser Anforderungen wurde Wert auf eine maßstabsbedingt überblicksartige Analyse gelegt, wobei sich die zu untersuchenden Landnutzungsarten an deren Erkennbarkeit in historischen Karten orientieren. Weiterhin wurde eine Optimierung des Arbeitsaufwandes angestrebt.

Für zwei Testgebiete – Frauenstein im Osterzgebirge sowie Riesa-Pausitz in der Lommatzcher Pflege (jeweils Blattschnitt einer TK 25, je ca. 130 km², vgl. Abb. 1) – wurden die historischen Karten zunächst gescannt, georeferenziert und mit den Vektordaten der aktuellen Biotop- und Nutzungstypenkartierung überlagert. Ausgehend

davon wurde rückschreitend editiert, das heißt, angesichts des jeweiligen historischen Karteninhaltes wurde der aktuelle Datensatz der historischen Karte angepasst (vgl. KIENAST et al. 1991). Voraussetzung war die Identifikation der relevanten Informationen in der Karte. Hierzu wurde im Vorfeld ein umfangreicher Vergleich der Karteninhalte durchgeführt. Darauf aufbauend erfolgte die Festlegung der zu kartierenden Nutzungselemente.

Erfasst wurden vier Zeitschnitte: 1993 die Biotop- und Nutzungstypenkartierung, 1937 auf der Basis der Messtischblätter, 1872 wurden die Äquidistantenkarten und 1784/1825 die sächsischen Meilenblätter herangezogen. Für diese Zeitschnitte liegen im Ergebnis jeweils Flächen und Linien als digitale Datenebenen vor.

Anhand der entstandenen digitalen Kartenserie wurden Vergleiche über einen Zeitraum von rund 200 Jahren möglich (vgl. Abb. 2, siehe Farbbeilage). Dabei werden die visuelle Interpretation und der Vergleich der Ergebniskarten durch die einheitliche Legende erleichtert. Wesentlich wichtiger ist jedoch, dass durch die digitale, geographisch referenzierte Aufbereitung der Flächennutzungsdaten eine Reihe von Analysen möglich ist, die in analoger Arbeitsweise kaum oder nicht durchführbar wären. Dazu gehören:

- die Erstellung zeitschnittbezogener Statistiken der Flächennutzungsarten und linearen Elemente,
- die Quantifizierung struktureller Veränderungen der Landschaft,
- die flächenkonkrete Ermittlung der Nutzungsänderungen,
- die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Landschaftswandel und Funktionen des Landschaftshaushaltes.

Durch eine statistische Auswertung der Flächen- und Längenanteile konnten z. B. ein deutlicher Rückgang des Wegenetzes (und damit wertvoller

² Eine Übersicht über Untersuchungen zum Landschaftswandel in Sachsen bietet die Internetseite (www.ioer.de/nathist). Neben grundlegenden Informationen zu historischen Kartenwerken sind hier Ansprechpartner für die inzwischen zahlreichen Projekte über den Landschaftswandel in den verschiedensten Regionen Sachsens zu finden.

³ Studie im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden (WALZ et al. 2001) sowie darüber hinausgehende Ergebnisse aus dem IÖR-Forschungsschwerpunkt „Kumulative Umweltwirkungen von Flächennutzungsänderungen“

Wegraine) sowie ein Rückgang linienhafter Kleinstrukturen (Hecken, Baumreihen) belegt werden. Aber auch Flächenumwidmungen wie die Siedlungsausdehnung oder die Ausweitung der Grünlandflächen des Erzgebirges ließen sich quantifizieren. Durch die flächenkonkrete Ermittlung von Nutzungsänderungen konnten Hinweise auf alte und damit aus Sicht des Naturschutzes möglicherweise wertvolle Biotope und Ökosysteme gegeben werden.

Neben der Analyse der Flächennutzungsanteile für die einzelnen Zeitschnitte ist die Berücksichtigung von strukturellen Kenngrößen für die Bewertung des Landnutzungswandels von erheblicher Bedeutung. Jede Landschaft besitzt eine charakteristische räumliche Struktur, die sich aus der Anzahl und Anordnung der Nutzungsklassen und ihrer einzelnen Nutzungseinheiten ergibt. Zwischen dieser Struktur und den Funktionen des Landschaftshaushaltes (z. B. zum Wasser- und Stoffhaushalt) bestehen enge Zusammenhänge. Ebenso wirken Veränderungen der Landschaftsstruktur auf die Habitataignung für bestimmte Tierarten (MATHEY et al. 1999). Die Landschaftsstruktur lässt sich mit mathematischen Indizes analysieren und beschreiben. Solche Indizes können zum einen zu Größe, Form und Lage einzelner Nutzungseinheiten zueinander berechnet werden. Zum anderen können für eine Landschaft oder einen Ausschnitt entsprechende Maße beispielsweise zur Fragmentierung, zur Nutzungsvielfalt oder zum Isolationsgrad einzelner Landschaftselemente ermittelt werden (WALZ 2001). Die Berechnung solcher über den zeitlichen Verlauf vergleichbarer Indizes zur Landnutzungsstruktur kann naturwissenschaftlich wichtige Aussagen zur Bewertung des heutigen Landschaftszustandes erbringen (vgl. NEUBERT u. WALZ 2002; WALZ u. SCHUMACHER 2003).

An Hand von zwei aus dem Untersuchungsgebiet Frauenstein ausgewählten Mikrogeochoren (HAASE u. MANNSFELD 2002), dem „Reichstädter Kuppengebiet“ und dem „Hennersdorfer Weißeritz-Talrand“, wurden detaillierte Analysen durchgeführt. Für landschaftliche Fragestellungen ist die Verwendung von naturräumlichen Einheiten als Bezugseinheit sinnvoll, denk-

Landschaftsmaße Mit Hilfe von GIS bzw. entsprechender Geostatistik-Software wie z. B. FRAGSTATS (MC GARIGAL u. MARKS 1994) sind zahlreiche Parameter zur Charakterisierung der Landschaftsstruktur ableitbar. Derartige Kennzahlen beziehen sich entweder auf ein einzelnes Flächenobjekt, eine Nutzungsklasse (z. B. Grünland) oder einen ganzen Landschaftsausschnitt. Für landschaftshaushaltliche Fragestellungen ist als Abgrenzung die Verwendung von naturräumlichen Einheiten (z. B. Mikrogeochoren) sinnvoll, denkbar sind aber auch administrative oder planerische Einheiten.

Einzelne Landschaftsmaße sind zum Beispiel:

Form-Index (Shape-Index)

Die *Form* von einzelnen Landschaftselementen kann für bestimmte Fragestellungen sehr bedeutend sein. Im biologischen Bereich ist dabei beispielsweise an Randeffekte wie Schadstoffeinträge zu denken. Generell sind in diesem Fall kompakte Formen aus ökologischer Sicht aufgrund der geringeren Randeffekte besser geeignet Ressourcen zu bewahren. Zerlappte Formen dagegen sind effektiver in der Aufrechterhaltung von Beziehungen zur Umgebung, und netzwerk- oder labyrinthartige Formen übernehmen häufig Transportfunktionen. Der Form-Index ist eine Maßzahl für die Form-Komplexität einer Fläche. Er wird für jedes Landschaftselement berechnet, indem der tatsächliche Umfang eines Objektes ins Verhältnis zum Umfang eines Kreises (als sehr kompakte Form) gleichen Flächeninhaltes gesetzt wird.

Dichte von Randlängen

Eine häufig verwendete Kenngröße ist *Dichte von Randlängen* zwischen unterschiedlichen Nutzungen bezogen auf einen Landschaftsausschnitt. Dabei werden die im GIS einfach ermittelbaren Randlängen der einzelnen Nutzungseinheiten ins Verhältnis zur Fläche des Landschaftsausschnittes gestellt (z. B. Meter/Hektar). Dieses Maß ist einfach zu berechnen, anschaulich und besitzt beispielsweise im biologischen Bereich Bedeutung, weil gerade die Übergänge zwischen verschiedenen Lebensräumen biologisch besonders aktiv sind.

Einstreuungs- und Gleichverteilungsindex

Aufschlussreich sind auch die Werte für den *Einstreuungs- und Gleichverteilungsindex* (Interspersion and Juxtaposition Index IJI; MC GARIGAL u. MARKS 1994), der die Unregelmäßigkeit der Verteilung der einzelnen Nutzungseinheiten in einem Landschaftsausschnitt beschreibt. Der IJI geht gegen Null, wenn die Verteilung zunehmend unregelmäßiger wird, während bei einem (theoretischen) maximalen Wert von 100 alle Nutzungseinheiten eine gleichmäßige Durchmischung und gleiche Flächenanteile an der Gesamtfläche aufweisen würden.

bar sind aber auch administrative oder planerische Einheiten.

Flächennutzungsbilanzen für beide Mikrogeochoren zeigen, dass der Ackerbau anteilmäßig um 1821 sehr viel stärker vertreten war als 1993 (Abb. 3, siehe Farbbeilage). Dagegen erfolgte bis heute eine starke Zunahme des Grünlandes. Während der Waldanteil im „Reichstädter Kuppengebiet“ zurückging, nimmt der „Hennersdorfer Weißeritz-Talrand“ mit einer Waldzunahme eine Sonderstellung ein. Die Ursache dürfte hier im

hohen Anteil steiler Hanglagen liegen, die landwirtschaftlich heute kaum rentabel zu bewirtschaften sind. Außerdem wurden im Zuge des Baues der Talsperre „Lehnmühle“ angrenzende Bereiche aufgeforstet. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass naturräumliche und gesellschaftliche Bedingungen unbedingt bei der statistischen Betrachtung zu berücksichtigen sind.

In beiden Gebieten zeigt sich eine sinkende Strukturvielfalt bei abnehmender Gesamtlänge der Linienele-

mente, zunehmender mittlerer Flächengröße der einzelnen Nutzungseinheiten sowie zunehmendem Einstreuungs- und Gleichverteilungsindex (JI). Aus letzterem ist ablesbar, dass die Nutzungseinheiten heute gleichmäßiger als früher verteilt sind; die Landschaft insgesamt also regelmäßiger Strukturen zeigt. Speziell für das Grünland nehmen im Zeitraum zwischen 1937 und 1993 beispielsweise im „Reichstädter Kuppengebiet“ die mittlere Flächengröße der Nutzungseinheiten von 0,8 ha auf 3,1 ha sowie die größte zusammenhängende als Grünland genutzte Einzelfläche von 17 auf 113 ha zu. Für die Beispielsgebiete kann damit die Tendenz zur Vereinheitlichung von Nutzungsformen und einhergehender Abnahme von räumlicher Vielfalt auf der Landschaftsebene auch statistisch belegt werden.

In der Mikrogeochore „Reichstädter Kuppengebiet“ zeigt der Formindex für den Zeitschnitt 1937 geringe Werte für die Formkomplexität an (Abb. 4). Der Grund sind die sehr regelmäßigen, rechteckigen Nutzungseinheiten überwiegend des Ackerlandes. Nur wenige Flächen, vor allem Wald und Grünlandflächen weisen hohe Werte auf. Der Zeitschnitt 1993 dagegen zeigt auf den ersten Blick eine Zunahme der mittleren und hohen Werte für die Formkomplexität. Dies rührt daher, dass durch die Entfernung der Wegestrukturen und der Zusammenfassung von Nutzungseinheiten neue größere, aber gleichzeitig auch unregelmäßigere Nutzungseinheiten entstanden sind. Dieses Beispiel zeigt auch, dass es nicht genügt, die Landschaft anhand eines Index zu beschreiben, sondern je nach Fragestellung meist mehrere Indizes herangezogen werden müssen. In diesem Falle wären also neben der Form der Nutzungseinheiten auch die Flächengröße und die Dichte von Nutzungsgrenzen (Randlängen) zu berücksichtigen.

Im Ergebnis dieser Fallstudie kann festgestellt werden, dass die Einbeziehung mittelmaßstäbiger sächsischer historischer Kartenwerke in ein Geoinformationssystem möglich und sinnvoll ist. Diese Kartenwerke, insbesondere die Sächsischen Meilenblätter ab 1780 und die Messtischblätter ab der Jahrhundertwende, beinhalten In-

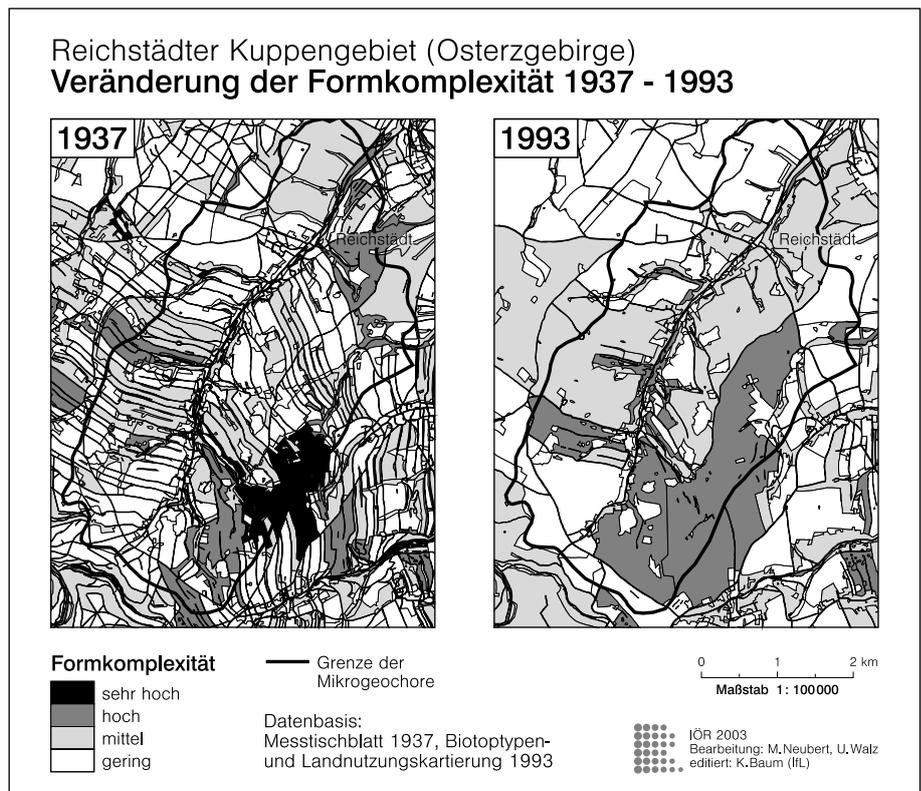


Abb. 4: Die Veränderung der Formenkomplexität in einem Ausschnitt des Untersuchungsgebietes Frauenstein zwischen 1937 und 1993 als Beispiel des Einsatzes von Strukturmaßen zur Landschaftsbewertung
Quelle: Eigene Darstellung

formationen zu naturschutzfachlich und landschaftsökologisch relevanten Nutzungen in genügender Detailschärfe. Die digitale Aufbereitung und Georeferenzierung bildet die Grundlage für eine quantitative Analyse der Landnutzungsentwicklung und die Überlagerung der Daten mit beliebigen georeferenzierten Datenebenen. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass geeignete Strukturparameter der funktionell orientierten Bewertung der Landschaft dienen.

Fallstudie 2: Entwicklung von Stadtreigionen

Im Rahmen der von der Europäischen Union finanzierten Projekte MURBANDY bzw. MOLAND⁴ wurde in Kooperation mit dem Joint Research Centre, Ispra (Italien), am Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. die Untersuchung der langfristigen Entwicklung von Stadtregionen begonnen. Diese Arbeiten werden derzeit im Rahmen eines Langzeitmonitorings im IÖR weitergeführt, in dem die Flächennutzungs- und Stadtstrukturentwicklung Dresdens zwischen 1780 und 1998 einge-

hend untersucht wird⁵. Das Projekt umfasst die Konzipierung und Durchführung einer langzeitorientierten Erhebung von Flächennutzungsänderungen, deren Analyse und die anschließende Bewertung kumulativer Umweltwirkungen. Basierend auf den erhobenen Flächennutzungsdaten werden Indikatoren abgeleitet, welche die multitemporalen Nutzungs- und Strukturänderungen repräsentieren und vergleichbar machen. Durch ein solches Instrument zur langfristigen Beobachtung von raumstrukturellen Veränderungen soll die Steuerung von raumstrukturverändernden Maßnahmen verbessert werden (NEUMANN 2002).

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Stadt-Umland-Gebiet Dresdens in Form eines Kreises mit 20 km Radius (ca. 1250 km²). Das Vorgehen ist an das der Fallstudie 1 angelehnt, allerdings kamen zusätzlich Fernerkundungsdaten zum Einsatz. Folgende Datengrundlagen wurden für die acht Zeitschnitte herangezogen: 1998 IRS-

⁴ Monitoring Urban Dynamics bzw. Monitoring Land Use Dynamics

⁵ Die Fallstudie entstand im Rahmen einer Diplomarbeit (NEUMANN 2002).

Dresden und Umland Entwicklung der Siedlungsfläche 1780-1998

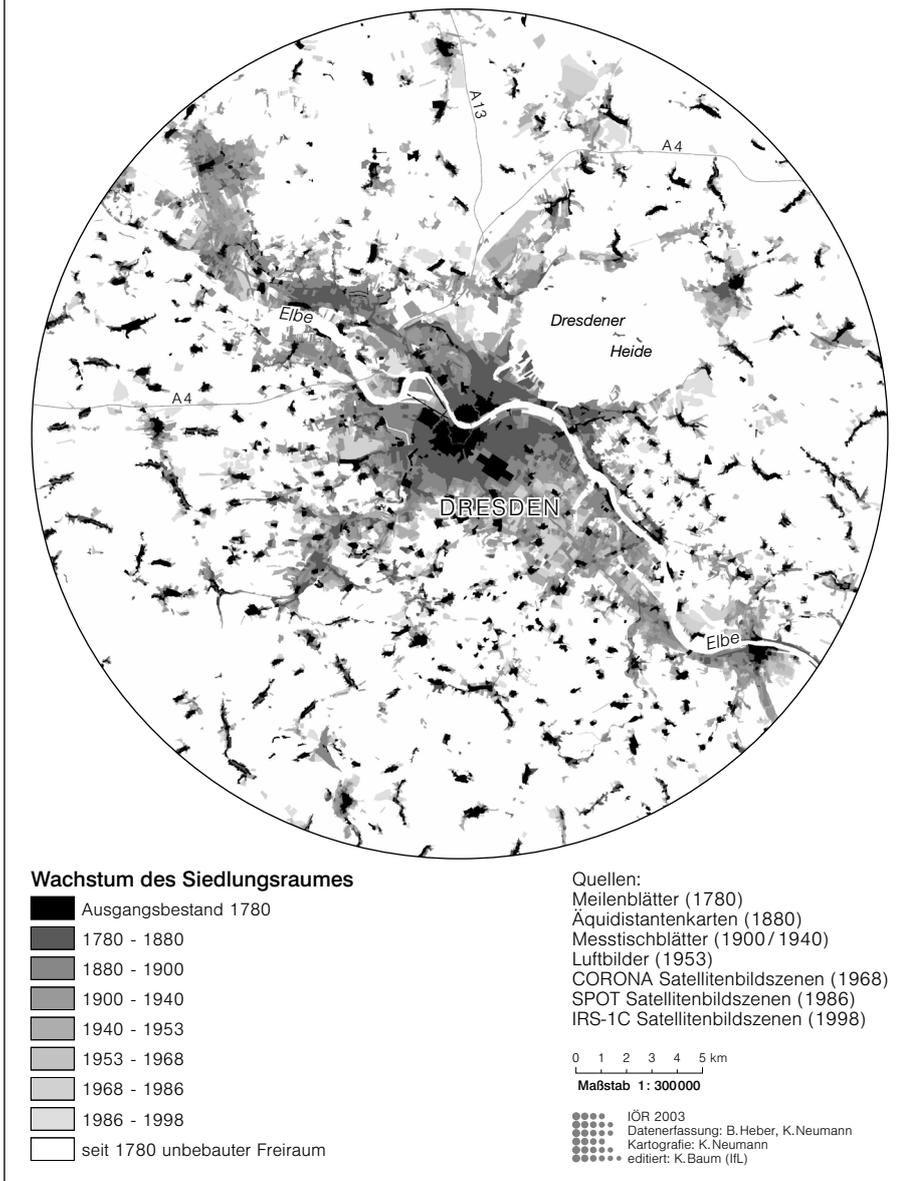


Abb. 5: Die Entwicklung des Siedlungsraumes der Stadt Dresden und Umland von 1780 bis 1998

Quelle: NEUMANN 2002, verändert

1C-Satellitenbilder, 1986 SPOT-PAN-Satellitenbilder, 1968 CORONA-Satellitenbilder, 1953 Luftbilder, 1940 Messtischblatt, 1900 Messtischblatt, 1880 Äquidistantenkarte und 1780 Meilenblatt. Grundlage der digitalen Aufbereitung für den Zeitschnitt 1998 waren Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) des Landesvermessungsamtes, die anhand der Fernerkundungsdaten durch visuelle Überlagerung aktualisiert wurden. Die so entstandene digitale Datenebene wurde rückschreitend an die vorgehenden Zeitschnitte durch Editieren angepasst. Ein spezieller MURBANDY/

MOLAND-Kartierschlüssel (in Anlehnung an CORINE land cover) gewährleistet die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen europäischen Projektergebnissen. Die Mindestgröße der erfassten Objekte liegt maßstabsbedingt bei 1 ha im Stadtgebiet bzw. 3 ha im Freiraum.

Die umfangreichen Ergebnisse zur Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden (MEINEL u. NEUMANN 2003) wurden in Form von Karten und Diagrammen veranschaulicht. Sie verdeutlichen das dynamische Siedlungswachstum der letzten 220 Jahre und stellen die Suburbanisierungsprozesse dar (Abb. 5). Darüber hinaus

wurden raumstrukturelle Indizes zur Kennzeichnung der Siedlungsentwicklung untersucht und ausgewertet. So stieg z. B. der Verstädterungsgrad von 4 % (1780) auf 25 % (1998). Weiterhin wurden der Zerklüftungs- sowie der Kompaktheitsgrad untersucht (vgl. THINH et al. 2002). Der Zerklüftungsgrad beschreibt dabei die äußere Kompaktheit einer zusammenhängenden Siedlungsfläche. Die Berechnung erfolgt gleich dem Shape-Index, jedoch wird dieser Indikator nicht auf Einzelflächen, sondern auf Flächenmuster bezogen. Der Kompaktheitsgrad charakterisiert die Kompaktheit eines Siedlungsraumes in Abhängigkeit des Verhältnisses von Flächengröße und Flächenabstand sowie den daraus resultierenden räumlichen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Siedlungsclustern. Dabei konnte ermittelt werden, dass sich der zunächst kompakte Siedlungsraum infolge dezentraler Entwicklung zunehmend dispers entwickelte. Dies zeigen der stark gesunkene Kompaktheitsgrad und die wachsende Zerklüftung bei zunehmender Gesamtsiedlungsfläche (Abb. 6). Außerdem erfolgte eine Standortstrukturtypisierung neuer Siedlungsflächen, wobei die Integration von Neubaufächen in das bereits existierende Siedlungsgefüge analysiert wurde. Die somit gewonnenen Ergebnisse liefern qualitative Aus-

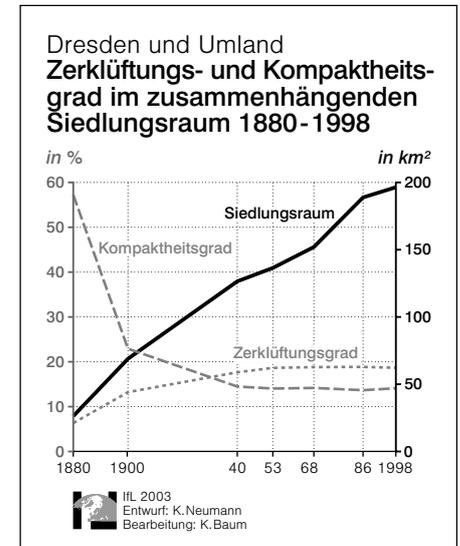


Abb. 6: Entwicklung des Zerklüftungs- und des Kompaktheitsgrades im zusammenhängenden Siedlungsraum der Stadt Dresden und ihres Umlandes zwischen 1880 und 1998

Quelle: NEUMANN 2002, verändert

sagen zur Zersiedelung des Freiraumes durch Siedlungsflächenzuwachs. Weitere Analysen befassten sich mit der Untersuchung der Verkehrswegeentwicklung, der Inanspruchnahme landwirtschaftlich wertvoller Böden durch Siedlungsneubaufflächen und dem Zusammenhang zwischen Siedlungsflächen- und Bevölkerungsentwicklung. Weiterhin sind Entfernungs- und Erreichbarkeitsanalysen sowie die Bestimmung von Versiegelungsgraden oder Dichtemaßen geplant. All diese Untersuchungen sind dank der GIS-gestützten Bearbeitung der vorliegenden digitalen Datenebenen vergleichsweise einfach realisierbar und ermöglichen somit eine historische Entwicklungsanalyse der genannten Sachverhalte.

Fallstudie 3: Landschaftswandel und -funktionalität am Stadtrand von Leipzig – das Beispiel Taucha

In der dritten Fallstudie geht es um die Dynamik von Landnutzungsänderungen im Flusseinzugsgebiet der Saale mit einer Größe von circa 23 000 km². Dabei sollten dynamische und weniger dynamische Regionen herausgefiltert und sich daraus ergebende Konflikt Räume beschrieben werden.⁶ Dazu wurden mehrere Testgebiete – Gemeinde Taucha (im Sandlößgebiet, Stadtrand von Leipzig), Agrargebiet um Querfurt (Querfurter Platte) und Oelsnitz im Vogtland (Abb. 1) – unterschiedlicher naturräumlicher Ausstattung und Nutzungsintensität hinsichtlich ihres Landnutzungswandels betrachtet. Im Ansatz der Autoren der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ Leipzig-Halle geht die Größe „Landnutzung“ in die Modellierung ausgewählter Landschaftsfunktionen ein, die sich auf diese Weise auch für historische Zeiträume beschreiben lassen (Abb. 7).

Die Digitalisierung der Landnutzung erfolgte auf der Basis georeferenzierter topographischer Karten (Äquidistantenkarte 1879, Messtischblatt 1927 und TK25 N 1997). Nach der Festlegung von Hauptnutzungsklassen erfolgten die räumlich-statistische Analyse des Landnutzungswandels (Abb. 8) als auch die Modellierung der Landschaftsfunktion der Grundwasserneubildung mit dem Modell ABIMO (GLUGLA u. FÜRTIG 1997; RÖDER 1992, 1999) sowie der Ermitt-



Abb. 7: Zusammenhang zwischen Landnutzung, Nutzungswandel und landschaftlichen Regulationsfunktionen sowie Modellansätzen zur Bestimmung dieser Zusammenhänge*

* Das Abflussbildungsmodell ABIMO ist ein deterministisches Modell, welches mit der BAGROV-Beziehung für die Berechnung der realen Evapotranspiration in Abhängigkeit von Bodenart, Landnutzung, Versiegelungs- und Kanalisationsgrad. Quelle: eigene Bearbeitung nach THORMANN 2002

lung der Abflussregulation und des Widerstandes gegenüber Wassererosion mit empirischen Schätzverfahren nach MARKS et al. (1992) (Abb. 7).

Die Ergebnisse werden im Folgenden am Untersuchungsgebiet Taucha gezeigt, welches durch seine Nähe zur Großstadt Leipzig, Wohn- und Gewerbesuburbanisierung seit 1990 einerseits und eine intensive agrarische Nutzung andererseits geprägt ist. Die Zunahme von Siedlungs- und Gewerbestandorten bedingt eine extrem geringe Abflussregulationsfähigkeit der Bodenoberfläche (Abb. 8, siehe Farbbeilage). Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und geringer Infiltration entsteht auf diesen Flächen ein hoher Oberflächenabfluss (A_0). In den Gartenlandbereichen der Siedlungen liegt die Abflussregulationsfähigkeit bei mittleren Werten, da dort prozentual weniger Flächen versiegelt sind (HAASE et al. 2003; HAASE u. VOLK 2002).

Die Abflussregulation im Offenland unterscheidet sich stark nach dem Bedeckungsgrad der Flächen: unter Wald kann sie als sehr hoch, auf den Grünlandstandorten als weniger

gut erfüllt beschrieben werden. In den Offenlandbereichen zeichnen sich bei der Abflusststehung Boden- und Reliefeigenschaften ab, da auf lehmigen Standorten wie z. B. in der Partheaue mit Grundwasserflurabständen unter 2 m die Abflussregulationsfähigkeit im mittleren Bereich liegt und außerhalb der Aue sowie rund um die Satzendoränenkuppen bei sandigen Böden und Grundwasserflurabständen über 2 eine deutlich höhere, bessere Versickerungsleistung und somit bessere Abflussregulierung des Niederschlags erfolgt (THORMANN 2002).

Die für die Zeitschnitte seit 1879 berechnete Abflussregulationsfähigkeit lässt erkennen, dass diese sich auf den neu versiegelten Flächen (Siedlungserweiterung) stark verringert hat. Das betrifft von 1879 bis 1997 14 % der Gesamtfläche, vornehmlich Ackerflächen. Mittlere bis hohe Abnahmen der Regulationsfähigkeit des Oberflä-

⁶ Vgl. Verbundprojekt 2.1 des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle „Integriertes Flussgebietsmanagement am Beispiel der Saale“ – <http://www.hdg.ufz.de/saale/>.

chenabflusses zeigen sich auf Flächen mit einer Umwidmung von Landwirtschaft zu Gewerbe bzw. Industrie als auch von Wald zu Grünland bzw. anderer landwirtschaftlicher Nutzung. Bei der Neuversiegelung von Flächen hoher Abflussregulation kann die Infiltrationskapazität und damit die Abflussregulation der umliegenden Flächen abnehmen, sobald der Sättigungsgrad der Böden überschritten ist. (HAASE et al. 2003; MANNSFELD u. RICHTER 1995). Eine mittlere bis hohe Zunahme der Abflussregulationsfähigkeit sind auf durch Bergbau entstandenen Flächen (z. T. Gewässer) und in Aufforstungsbereichen nachweisbar, allerdings erreichen sie den Anteil der durch Abnahme charakterisierten Flächen nicht. Daher kann für das Untersuchungsgebiet Taucha von einer rückgängigen Abflussregulationsfähigkeit seit 1879 bis 1997 gesprochen werden (THORMANN 2002) (Abb. 8).

Im Zusammenhang damit ist auch die Bildung neuer Grundwasserressourcen zu sehen. Der Anteil von Flächen mit sehr hohen Sickerwasser-raten nimmt im Zeitraum 1879 bis 1997 dagegen zu Gunsten gering bewerteter Flächen ab. So erfolgt auf den meist agrarisch genutzten Standorten im Westen des Untersuchungsgebietes Taucha eine hohe bis sehr hohe Grundwasserneubildung, denn die schluff- und sandreichen Böden mit fast auszuschließendem Reliefeinfluss (Hangneigung bis 2°) bieten gute Voraussetzungen für die Sickerung. PETRY (2001) sowie VOLK und BANNHOLZER (1999) stellten für Ackerstandorte im Regierungsbezirk Dessau im Vergleich zu Wald- oder Auenstandorten ein ähnliches Verhältnis mit allgemein höheren Grundwasserneubildungsraten fest.

Durch Versiegelung und damit erhöhten Oberflächenabfluss wird, ähnlich wie bei der Abflussregulationsfähigkeit, die Menge der Sickerwasser-rate und somit der Grundwasserneubildung herabgesetzt (Siedlungsflächen: 1 - 75 mm/a Sickerung). Die berechnete Zunahme der versiegelten Flächen im Untersuchungsgebiet bedeutet eine Erhöhung des Flächenanteils mit geringeren Grundwasserneubildungsraten (Tab. 2). Setzt sich die Zunahme von Oberflächenversiegelung in der Zukunft fort, kann von

Jahr	Grundwasserneubildung (mm)						
	1 - 25	26 - 50	51 - 75	76 - 100	101 - 150	151 - 200	201 - 250
1879	9	8	18	17	35	13	0
1927	9	9	19	17	31	14	1
1997	10	12	23	21	24	8	0

Tab. 2: Bewertung der Grundwasserneubildungsfunktion für das Untersuchungsgebiet Taucha für die Zeitschnitte 1879, 1927 und 1997
Quelle: THORMANN 2002

einer Abnahme der Erfüllung der Grundwasserneubildungsfunktion ausgegangen werden (DOSCH u. BECKMANN 1999, S. 302).

Fallstudie 4: Multifunktionale Räume: Welchen Beitrag leisten Untersuchungen des Landschaftswandels zur Konfliktlösung?

Aufgrund von Funktionsüberlagerungen (multifunktionale Räume) in der Landschaft können zwischen den einzelnen Landschaftsfunktionen Konflikte in Bezug auf die optimale Erfüllung dieser Funktionen entstehen. Sie sind nicht das Ergebnis aktueller Prozesse und Konstellationen, sondern haben sich in den letzten 100 Jahren verschärft, so die These dieser Argumentation.

Die folgende Diskussion bezieht sich nur auf die Landschaftsfunktionen der Abflussregulation (A), Grundwasserneubildung (G), Erosionswiderstand (E) und Puffervermögen (P) der Böden (HAASE u. VOLK 2002; HALKE 2002). Überlagerungen mit anderen Funktionen wie beispielsweise weiteren pedologischen und hydrologischen Teilfunktionen werden nicht berücksichtigt. Es werden die gegenwärtigen gesellschaftlichen Vorstellungen und deren Gewichtung auf die Produktions- und Erholungsfunktion in die Überlegungen einbezogen. Anhand von aggregierten Landnutzungstypen, die eine bestmögliche Funktionsfähigkeit der jeweiligen Landschaftsfunktion gewährleisten, können einige Konflikte zwischen den Landschaftsregulationsfunktionen aufgezeigt werden (Tab. 2).

Am Beispiel des Testgebietes Oelsnitz im Vogtland (Mittelgebirge, Abb. 1) wird die Multifunktionalität von Räumen als weiterer Aspekt der Untersuchungen zum historischen Landnutzungswandel gezeigt. Im Folgenden wird unter Multifunktionalität die Überlagerung und Konkurrenz

unterschiedlicher Landschaftsfunktionen (z. B. Produktion, Regulation) verstanden. Je nach gesellschaftlicher Relevanz (z. B. Leitbild) wird den Funktionen ein unterschiedliches Gewicht beigemessen.

Die Aufbereitung der Datensätze zur historischen und aktuellen Landnutzung als auch die Modellierung der Landschaftsfunktionen erfolgte analog zum Testgebiet Taucha der Fallstudie 3. Die Grundwasserneubildung wurde nach DÖRHÖFER und JOSOPAIT 1980 modelliert. Als Zeitschnitte dienen Daten von 1890, 1943, 1988 und 1996.

Das Ergebnis der durchgeführten Interferenzanalyse für den Zeitschnitt der aktuellen Landnutzung und die statistische Auswertung der Funktionsüberlagerungen ergaben insgesamt zehn unterschiedliche Überlagerungen von zwei bis vier Landschaftsfunktionen (HALKE 2002) (Abb. 9, siehe Farbbeilage). Dabei wurden die Erfüllung und Wechselwirkungen einzelner Funktionen berücksichtigt.

Flächenüberlagerungen der Abflussregulationsfunktion mit der Widerstandsfunktion gegenüber Wassererosion traten mit fast 3 %, Überlagerungen der Abflussregulationsfunktion und der Pufferfunktion ebenso mit 3 % der Fläche auf (Tab. 3).

Flächenüberlagerungen der Grundwasserneubildungsfunktion und der Abflussregulationsfunktion machen mit 604 ha (ca. 5 % der Gesamtfläche) den größten Anteil an der Gesamtfläche aus. Von vergleichbarer Bedeutung sind Interferenzen der Grundwasserfunktion mit der Pufferfunktion.

Die in Abbildung 9 dargestellten Überlagerungsbereiche beruhen auf Analysen der Landschaftsfunktionen (vgl. Abb. 7). Im Folgenden werden für diese Überlagerungen Empfehlungen für Landnutzungsänderungen diskutiert. Bei geringer Funktionserfüllung

Funktionsüberlagerung	Fläche (ha)	Anteile an der Gesamtfläche (%)
A - E	378	2,9
A - E - P	7	0,1
A - P	377	2,9
G - A	604	4,6
G - A - E	19	0,1
G - A - E - P	10	0,1
G - A - P	308	2,3
G - E - P	2	-
G - P	505	3,8
E - P	46	0,4
Gesamtfläche	2.256	17,2

Tab. 3: Flächenanteile der Funktionsüberlagerungen und Anteile an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes Oelsnitz für den Zeitschnitt 1996

A = Abflussregulation

E = Erosionswiderstand

P = Puffervermögen gegenüber Säuren

G = Sickerung bzw. Neubildung von Grundwasser

Quelle: Eigene Bearbeitung

lung der Abflussregulation in Mittelgebirgsbereichen wie Oelsnitz sollte die Verbesserung der Regulation von Abflussspitzen oberste Priorität besitzen. Dies zeigen nicht zuletzt die Hochwasser an Zschopau, Striegis, Weißeritz und Müglitz im August 2002. Zusätzlich ist eine erhöhte Erosionsanfälligkeit wahrscheinlich, so dass bei diesem Konflikt die Funktionssteigerung der Abflussregulation (Erhöhung des Sickerwasseranteils) eindeutige Priorität besitzt.

Auch bei der Überlagerung von Gebieten mit hoher Bodenerosionsgefährdung und geringem Puffervermögen entstehen Konflikte. Die im Südosten des Untersuchungsgebietes liegenden Flächen sind meist bereits seit 100 Jahren mit Wald bestockt. Zum Teil weisen diese Bereiche eine Hangneigung über 7,5° auf, so dass keine andere Landnutzungsart geeignet ist. Da aus einer Landnutzungsänderung eine Verringerung des Erosionswiderstandes resultieren würde, ist in diesem Konflikt der Widerstandsfunktion gegenüber Wassererosion mehr Bedeutung beizumessen, da der Verlust von Boden praktisch irreversibel ist. Für die Erfüllung der Pufferfunktion kann eine Verbesserung durch Waldumbau erfolgen (HALKE 2002).

Bei Überlagerungen von Flächen geringen Puffervermögens mit Flächen hoher Grundwasserneubildungsfunktion besteht die Gefahr, eine mindere Grundwasserqualität durch Säure- und Schwermetalleinträge zu erhalten. Allein die Versauerung führt im Untersuchungsgebiet bereits zu minderer Trinkwasserqualität. Auch hier könnten Maßnahmen wie Aufkalkung und Waldumbau mit Laubbaumarten zur Erhöhung des Puffervermögens führen. Wichtiger sind allerdings Maßnahmen zur Verminderung/Vermeidung von Schadstoffemissionen im größeren räumlichen Zusammenhang, um so die Ursache der Stoffeinträge zu eliminieren.

Auf Flächen geringer Abflussregulations- und Erosionswiderstandsfunktion sollten Nutzungsarten wie Grünland oder Wald bevorzugt werden. Derartige Landnutzungsänderungen könnten positiv auf Abflussereignisse wie im August 2002 wirken. Bereits 1997 beschrieb MEYER ein derartiges Szenario ausgehend von einer erhöhten Niederschlagsintensität im Frühjahr. Ist der Boden aufgrund des Anbaus von Mais, Sonnenblumen oder Rüben noch nicht vollständig vegetationsbedeckt, führen diese Ereignisse zu erhöhtem Bodenabtrag und Oberflächenabfluss. Ähnliche Ursachen hatte das „Jahrhunderthochwasser“ im August 2002. Durch Siedlungserweiterung und Gewässerausbau in den Quellgebieten der Flüsse seit 1880 (HALKE 2002) sind natürliche Überschwemmungsflächen versiegelt worden, so dass immer weniger Flächen mit hohem Abflussregulationsvermögen in den Mittelgebirgslagen verfügbar sind. Gerade in Mittelgebirgsregionen sind die Täler aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten bevorzugter Siedlungsraum, Versiegelung und Kanalisation der Fließgewässer sind besonders hoch. Daher bestehen hier Chancen für den Hochwasserschutz: ehemalige Retentionsflächen sollten nicht überbaut werden, sondern bestehendes Ackerland sollte wieder in Überflutungswiesen bzw. Grünland umgewandelt werden.

Weitere Beanspruchung durch Neuausweisung von Bebauungsflächen in möglichen Retentionsräumen bedarf einer kritischen Überprüfung, auch und besonders aus der Sicht des Wasserhaushaltes (WOHLRAB et al. 1999).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorgestellten Fallstudien zeigen die Entwicklung der Landnutzung und die Veränderung der Nutzungsstruktur in unterschiedlichen Landschaftstypen. Mittels der entwickelten Methoden wurde jeweils eine umfangreiche Datenbasis geschaffen, die es erlaubt zu analysieren, in welcher Weise sich Nutzungen verändert haben und wie diese Änderungen auf ausgewählte Strukturen, Funktionen und Potenziale der Landschaft wirken. Zur methodischen Vorgehensweise bei der historischen Landschaftsanalyse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Georeferenzierung und Einbindung der historischen Kartengrundlagen, beginnend mit den Sächsischen Meilenblättern, in ein Geographisches Informationssystem ist mit hinreichender Genauigkeit möglich. Damit gelingt es, die Entwicklung der Landnutzung quantitativ über einen Zeitraum von mehr als 200 Jahren darzustellen. Es können Statistiken zur Entwicklung von Längen- und Flächenanteilen bestimmter Nutzungsarten abgeleitet und damit Interpretationen der Landschaftsentwicklung quantitativ belegt werden.
- Die strukturelle Veränderung zwischen der historischen und der heutigen Landschaft kann mittels Indizes quantifiziert werden. Damit kann zu einer funktional orientierten Bewertung der Landschaftsentwicklung beigetragen werden. Reine Auswertungen zu Flächenanteilen dagegen sagen nichts über die möglichen funktionalen Beziehungen im abiotischen und biotischen Landschaftshaushalt aus.
- Die Berücksichtigung von Landschaftsfunktionen bei der Bewertung macht deutlich, wie wichtig es ist, nicht nur den „Verlust“ an Fläche, sondern auch an Ressourcen und ökologischer Funktionalität zu betrachten.

Aktuelle Prozesse des Landschaftswandels mit erheblichen Umweltauswirkungen sind insbesondere die Zersiedelung durch Urbanisierungsprozesse, die Zerschneidung von Landschaften durch Infrastrukturausbau und die Änderungen der Struktur von Agrarlandschaften. So wird als Folge der weiteren Liberalisierung des Ag-

rarhandels ein Rückzug der Landwirtschaft aus Gebieten geringer Anbaueignung (bedingt durch Relief-, Boden- und klimatische Verhältnisse sowie Betriebsgrößen u. a.) sein. Andererseits wird sich auf Flächen mit höherer Anbaueignung die Intensität der Nutzung erhöhen. Im Bereich der Siedlungsflächenentwicklung stehen regionale Schrumpfungsprozesse durch sinkende Bevölkerungszahlen und daraus resultierende Siedlungs- und Gewerbebrachen starken Wachstumsprozessen in anderen Regionen gegenüber. Diese Prozesse werden europaweit einen starken Wandel der Kulturlandschaft zur Folge haben. Es ergibt sich bei anhaltendem Nutzungsdruck auf der einen Seite eine Reihe von Entwicklungsmöglichkeiten für die Umnutzung aufgegebener Flächen auf der anderen Seite. Nicht mehr genutzte Flächen können beispielsweise brach fallen und der Sukzession überlassen werden, aufgeforstet werden oder dem Natur- und Landschaftsschutz zur Verfügung stehen. Trotz dieser Prozesse werden auch in Zukunft die Versiegelung von Freiflächen und Zersiedlungstendenzen nicht nur in den Agglomerationsräumen weiter voranschreiten. Im Hinblick auf die Entwicklung von Kulturlandschaften ist darauf zu achten, dass die Funktionalität von Landschaften nachhaltig gesichert wird.

Literatur

- BASTIAN, O. u. K.-F. SCHREIBER (Hrsg.) (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2., neubearb. Aufl., Heidelberg.
- BBR (2002): Veränderung der Flächennutzung 1997 - 2001, <http://www.urban1.de/raumordnung/siedlung/veraenderung.htm>
- BORK, H.-R., H. BORK, C. DALCHOW, B. FAUST, H.-P. PIORR u. T. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa, Gotha, Stuttgart.
- BNatSchG (2002): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) vom 25. März 2002. BGBl. I Nr. 22 vom 3.4.2002, S. 1193.
- DOSCH, F. u. G. BECKMANN (1999): Trends der Landschaftsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. Vom Landschaftsverbrauch zur Produktion von Landschaften? In: Informationen zur Raumentwicklung. H. 5/6, S. 291 - 310.
- DÖRHÖFER, G. u. V. JOSOPAIT (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. Geologisches Jahrbuch C27. Hannover, S. 45 - 65.
- GLUGLA, G. u. G. FÜRTIG (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin.
- HAASE, D. u. M. VOLK (2002): Erfassung und Bewertung von Bodenversauerung im Rahmen von mesoskaligen Untersuchungen von Flusseinzugsgebieten. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 98, S. 41 - 42.
- HAASE, D., D. THORMANN, M. ROSENBERG u. M. VOLK (2003): GIS-gestützte Erfassung und Bewertung des Landnutzungswandels unter Berücksichtigung ausgewählter Landschaftsfunktionen - dargestellt am Beispiel der Messtischblätter Taucha, Oelsnitz (Sachsen) und Querfurt (Sachsen-Anhalt). In: WOLLKOPF, H.-F. u. R. DIEMANN (Hrsg.): Historische Landnutzung im thüringisch-sächsisch-anhaltischen Raum. Frankfurt, Berlin, Wien.
- HAASE, G. u. K. MANNSFELD (Hrsg.) (2002): Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 250, Deutsche Akademie für Landeskunde, Flensburg.
- HALKE, E. (2002): Historischer Landnutzungswandel und dessen Einfluss auf ausgewählte Landschaftsfunktionen, am Beispielblatt Oelsnitz (1 : 25 000). Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, Institut für Geographie (unveröff.).
- JÄGER, J. A. G. (2002): Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. Stuttgart.
- KIENAST, F., C. FRANK u. R. LEU (1991): Analyse raum-zeitlicher Daten mit einem Geographischen Informationssystem. In: Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 328.
- KONOLD, W. (Hrsg.) (1996): Naturlandschaft - Kulturlandschaft. Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen. Landsberg.
- MANNSFELD, K. u. H. RICHTER (Hrsg.) (1995): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 238.
- MARKS, R., M. J. MÜLLER, H. LESER u. H.-J. KLINK (Hrsg.) (1992): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes. Forschungen zur deutschen Landeskunde, 229. Trier.
- MATHEY, J., K. SEICHE u. U. SCHUMACHER (1999): Einfluß von Flächennutzungsänderungen auf die Habitatqualität im Außenbereich von Mittelstädten - das Fallbeispiel Riesa und Umland. In: STEINHARDT, U. u. M. VOLK (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie - Forschung, Planung, Praxis. Stuttgart; Leipzig, S. 345 - 348.
- MCGARIGAL, K. u. B. J. MARKS (1994): FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0. Corvallis.
- MEINEL, G. u. K. NEUMANN (2003): Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden seit 1790 - Methodik und Ergebnisse eines Langzeit-Monitorings. In: PFG 5/2003, S. 409 - 422.
- MEYER, B. (1997): Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in der Intensivagrarlandschaften im Raum Leipzig-Halle. Regionalisierte Umweltqualitätsziele - Funktionsbewertungen - multikriterielle Landschaftsoptimierung unter Verwendung von GIS. UFZ-Bericht 24/1997.
- NEUBERT, M. u. U. WALZ (2002): Auswertung historischer Kartenwerke für ein Landschaftsmonitoring. In: STROBL, J., T. BLASCHKE u. G. GRIESEBNER (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2002. Heidelberg, S. 396 - 402.
- NEUMANN, K. (2002): GIS-basierte Aufnahme und Analyse der Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden von 1880 bis 1998. TU Dresden, Diplomarbeit (unveröff.).
- PETRY, D. (2001): Landschaftsfunktionen und planerische Umweltvorsorge auf regionaler Ebene. UFZ Bericht 10/2001, Dissertation, Leipzig.
- RÖDER, M. (1992): Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate für Planungen im Maßstab 1 : 50 000. Naturschutz und Landschaftsplanung 2, S. 54 - 57.
- RÖDER, M. (1999): Grundwasser. In: BASTIAN, O. u. K.-F. SCHREIBER (Hrsg.): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Auflage. Berlin, S. 121 - 126 u. 269 - 277.
- THINH, N. X., G. ARLT, B. HEBER, J. HENNERSDORF, J. u. I. LEHMANN (2002): GIS-basierte Ableitung von funktionsräumlichen Kenngrößen für kreisfreie Städte in Deutschland. Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus: Aktuelle Reihe 7/2000, S. 61 - 72.
- THORMANN, D. (2002): Untersuchungen zum Landnutzungswandel und Auswirkungen auf ausgewählte Landschaftsfunktionen - dargestellt am Beispiel der Untersuchungsgebiete Querfurt und Taucha. Diplomarbeit, MLU Halle-Wittenberg (unveröff.).
- VOLK, M. u. M. BANNHOLZER (1999): Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt: Anwendungsmöglichkeiten des Modells „ABIMO“ für regionale Szenarien. In: Geoökodynamik, Bd. 20, Heft 3. Stuttgart, S. 193 - 210.
- WALZ, U. (2001): Charakterisierung der Landschaftsstruktur mit Methoden der Satelliten-Fernerkundung und der Geoinformatik. Dissertation. Berlin.
- WALZ, U. u. A. BERGER (2003): Georefe-

- renzierung und Mosaikerstellung historischer Kartenwerke – Grundlage für digitale Zeitreihen zur Landschaftsanalyse. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation 3/2003. Stuttgart, S. 213 - 219.
- WALZ, U. u. U. SCHUMACHER (2003): Flächennutzungsinformationen aus historischen Kartenwerken für die Freiraumentwicklung in Sachsen. In: WOLLKOPF, H.-F. u. R. DIEMANN (Hrsg.): Historische Landnutzung im thüringisch-sächsisch-anhaltischen Raum. Vorträge der Tagung vom 19. - 21.03.2002 in Halle. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien.
- WALZ, U., M. NEUBERT, U. SCHUMACHER, S. WITSCHAS u. A. LANGE (2001a): Endbericht zur F&E-Studie „Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken“. Auftraggeber: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie. Dresden (unveröff.).
- WALZ, U., M. NEUBERT, U. SCHUMACHER u. S. WITSCHAS (2001b): Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken. In: BEIERKUHNLEIN et al.: Landschaften als Lebensraum. Analyse – Bewertung – Planung – Management. Tagungsband mit Kurzfassungen der Beiträge zur 2. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland. Oldenburg, S. 103f.
- WITSCHAS, S. (2002): Erinnerung an die Zukunft – sächsische historische Kartenwerke zeigen den Landschaftswandel. In: Kartographische Nachrichten, 52 (3), S. 111 - 117.
- WOHLRAB, B., A. MEUSER u. V. SOKOLLEK (1999): Landschaftswasserhaushalt – ein

zentrales Thema der Landschaftsökologie. In: SCHNEIDER-SLIWA, R., D. SCHAUB u. G. GEROLD (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie: Grundlagen und Methoden. Berlin.

Dr. ULRICH WALZ
MARCO NEUBERT
Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung e.V.
Weberplatz 1
D-01217 Dresden

Dr. DAGMAR HAASE
MATTHIAS ROSENBERG
Umweltforschungszentrum Leipzig-
Halle GmbH
Permoserstr. 15
D-04318 Leipzig

Frauenstein (Osterzgebirge) – Landschaftsentwicklung 1821 - 1993

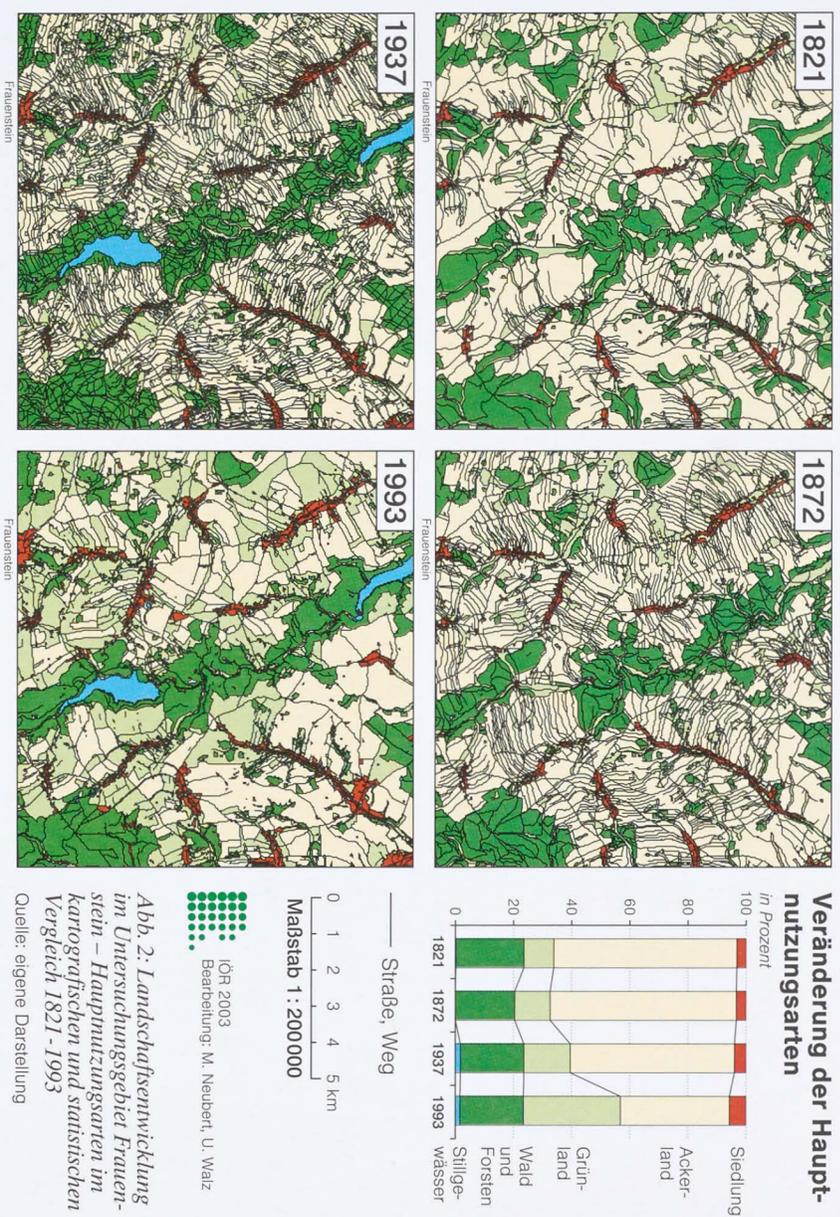


Abb. 2: Landschaftsentwicklung im Untersuchungsgebiet Frauenstein – Hauptnutzungsarten in kartografischen und statistischen Vergleich 1821 - 1993
Quelle: eigene Darstellung

Osterzgebirge – Flächennutzung und Maße der Landschaftsstruktur zweier Mikrogeochoren 1937 und 1993

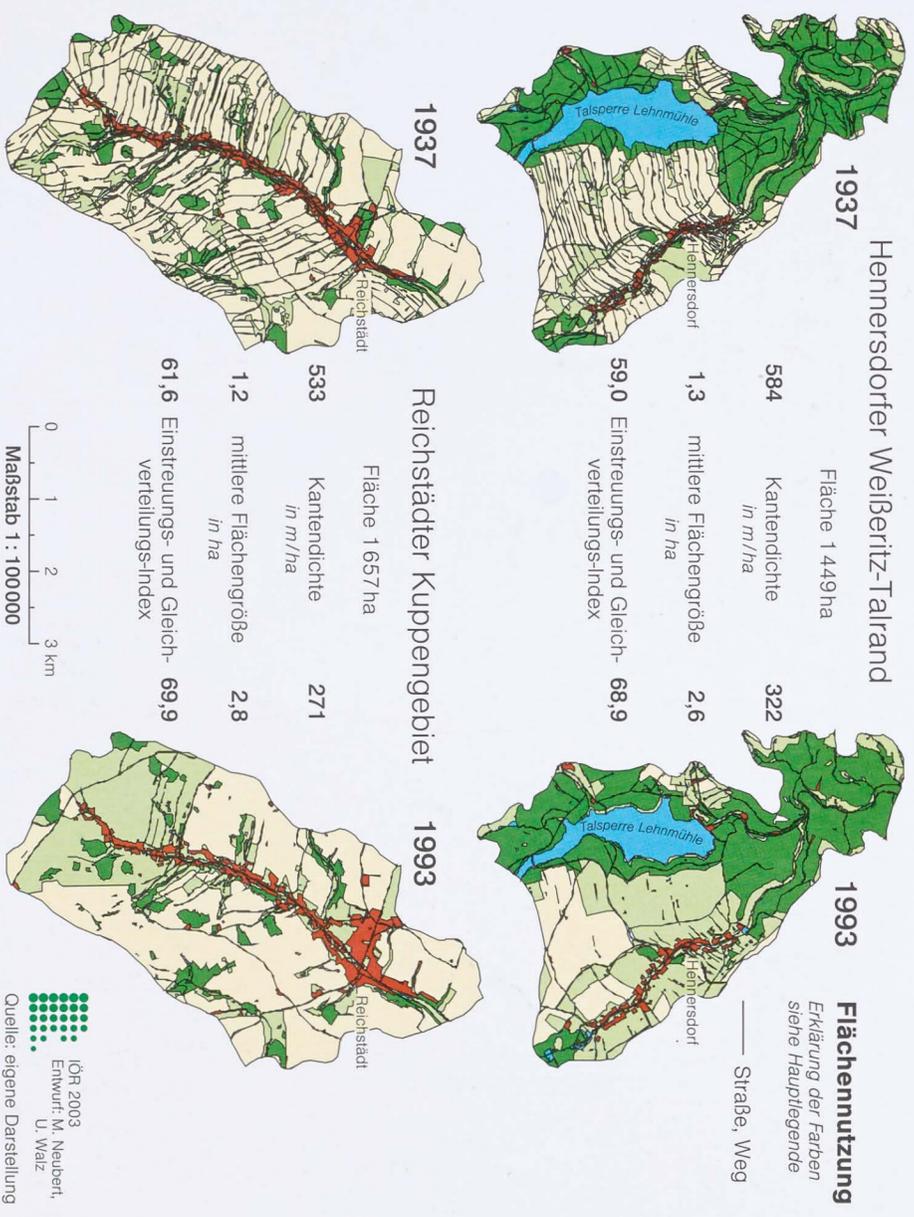


Abb. 3: Quantifizierung struktureller Veränderungen der Landschaft – Ausgewählte Maße zur Landschaftsstruktur zweier Mikrogeochoren im Osterzgebirge

Taucha bei Leipzig – Hauptnutzungsarten 1879, 1927 und 1997

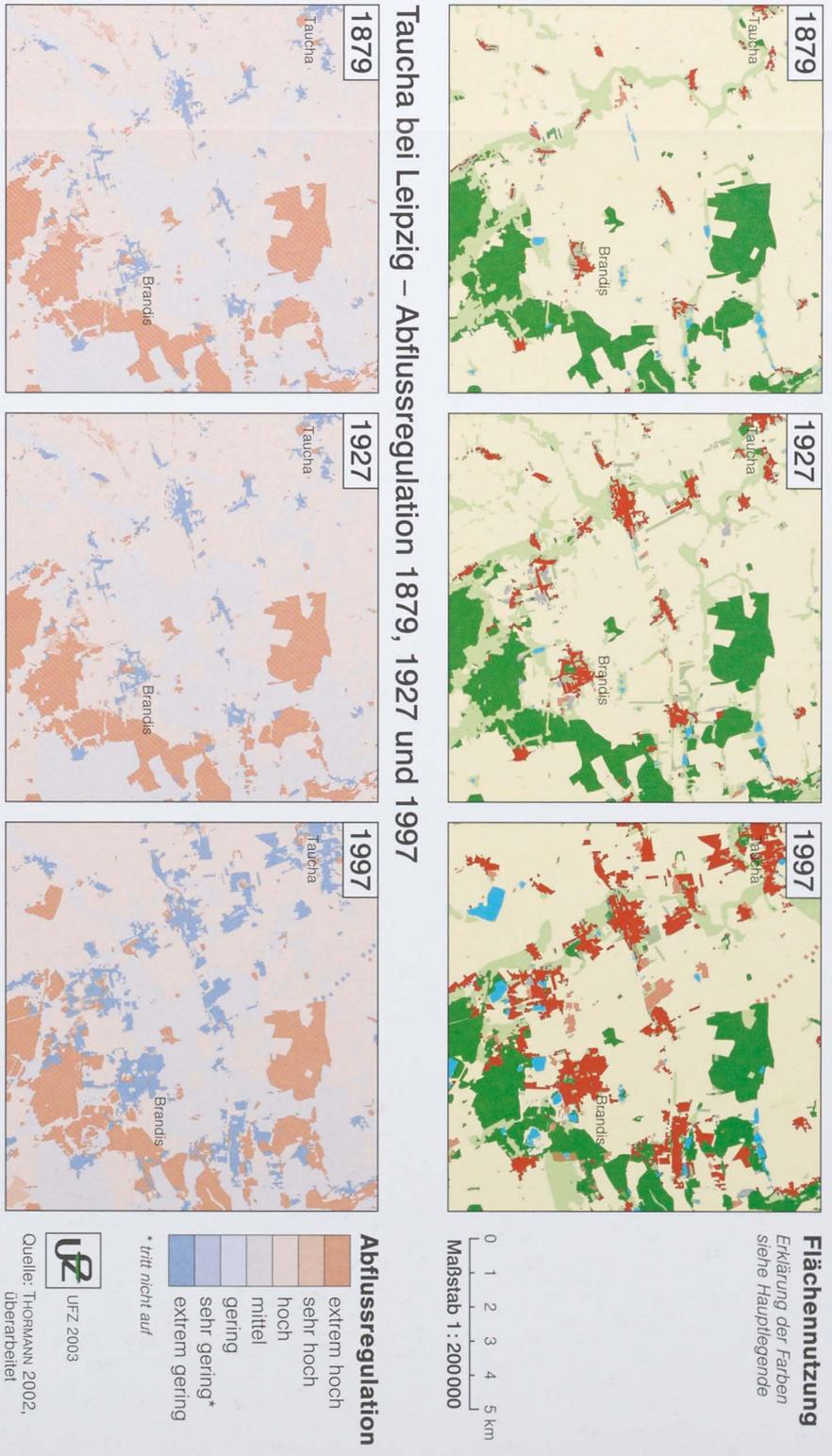


Abb. 8: Landschaftsentwicklung im Untersuchungsgebiet Taucha – Hauptnutzungsarten und daraus berechnete Abflussregulation 1879, 1927 und 1997

Oelsnitz (Vogtland) – Hauptnutzungsarten und Landschaftsfunktionen 1996

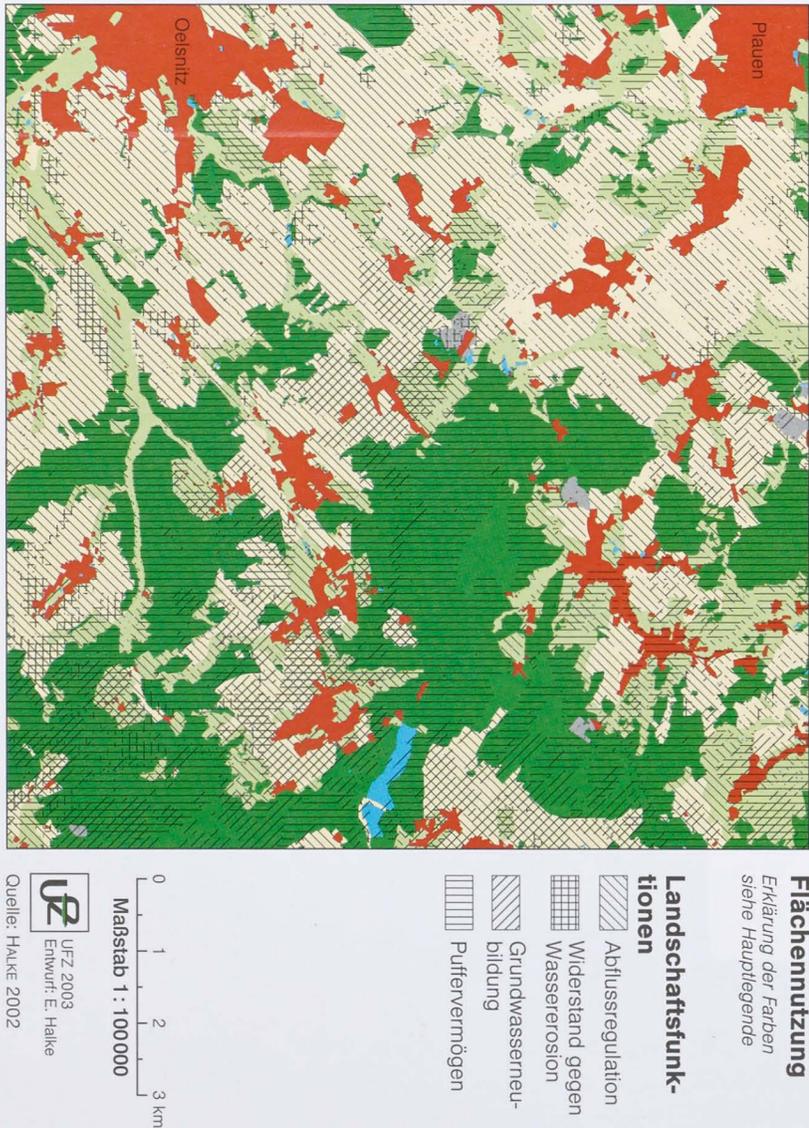


Abb. 9: Spezifikation der Flächen im Untersuchungsgebiet Oelsnitz, auf denen sich die ausgewählten Regulationsfunktionen gegenläufig verhalten

Erklärung für alle Karten: Flächennutzung

- Siedlung
 - Industrie, Gewerbe, Siedlung*
 - Bergbau
 - Ackerland
 - Grünland
 - Gartenland*
 - Wald und Forsten
 - Stillgewässer
- * nur in Abbildung 8

Datenbasis:
Abbildung 2
Sachs. Meilenblatt - Freiburger Ausgabe 1821, Aquidistanzplan 1872, Messischblatt 1937, Biotypen- und Landnutzungsplan 1993
Abbildung 3
Messischblatt 1937, Biotypen- und Landnutzungsplan 1993
Abbildung 8
Aquidistanzplan 1879, Messischblatt 1927, Topographische Karte 1:25000 1997
Abbildung 9
Aquidistanzplan 1889-92, Messischblatt 1943, Topographische Karte 1:25000 1991, Topographische Karte 1:25000 1996