

Dagmar HAASE, Leipzig

Flussauen in urbanen Räumen – Indikatoren zu ihrer Verbreitung und Funktionsfähigkeit¹

Summary

Floodplains belong to these natural areas in Central Europe which – depending on the formative power of flowing water – possess a high natural potential for the regulation of water and matter flows and holds a high variety of biodiversity. Large floodplains, riparian forests and urban development share a long common history in Central Europe. Numerous, sharply varying historical views exist on how to distinguish European floodplains. Therefore, the objective of this paper is to examine landscape-relevant indicators such as flood-plain loam expansion, groundwater level, topography and land use (change) to get an idea how useful they are for characterising current floodplain functionality in urban areas and to ‘flesh them out’ for a case study.

Flussauen in der Stadt: heute nur noch „Restauen“?

Flussauen gehören zu den Naturräumen Mitteleuropas, welche, immer abhängig von der gestaltenden Kraft des fließenden Wassers (GALLUSER u. SCHENKER 1992), ein hohes natürliches Potenzial zur Regulierung von Wasser- und Stoffflüssen besitzen. Aufgrund ihrer tiefen Lage und häufig filterstarken bzw. bindigen Böden sind Auen in der Lage, Sedimente physikalisch und Schadstoffe chemisch zurückzuhalten und über größere Zeiträume hinweg zu speichern. Zugleich sind Flussauen und insbesondere Auenwälder aufgrund ihres Nährstoffpotenzials und der günstigen hydrologischen Verhältnisse Lebensräume mit hoher Biodiversität. Daher sind sie für den Landschafts- und Naturschutz bedeutsam (BÜTTNER 2000, KONIJNENDIJK 2002).

¹ Für die konstruktive Zusammenarbeit am Thema sei Herrn Lars Büttner, Herrn Randy Koch und Prof. Hans Neumeister (Institut für Geographie der Universität Leipzig) herzlich gedankt sowie auch Herrn Dr. Wilfried Richter (Umweltforschungszentrum Halle, Sektion Hydrogeologie) für anregende Diskussionen.

Flussauen und Stadtentwicklung besitzen eine lange gemeinsame Geschichte in Mitteleuropa, da viele städtische Siedlungen an großen und kleineren Vorflutern entstanden (GALLUSER u. SCHENKER 1992, DEUTSCH et al. 2000). Nach den pleistozänen Gletschern und deren Ablagerungen prägte v.a. der Faktor Mensch die Entwicklung der mitteleuropäischen Flussauen entscheidend in den vergangenen ca. 6000 Jahren: Rodungen in den Einzugsgebieten der Flüsse führten zu großflächiger Bodenerosion sowie zu mehreren Zyklen von Auelehmsedimentation, welche mehrere Meter mächtig werden können (NEUMEISTER 1964, FUHRMANN 1999, MÜLLER u. ZÄUMER 1992).

Holznutzung und Fischfang wurde in den Auen ebenso betrieben wie Flößerei und Viehwirtschaft auf den feuchten Auenwiesen. Mit der Siedlungsentwicklung am Rande der Flüsse und ihrer Auen entwickelten sich wichtige Verkehrswege, wie im Falle von Leipzig die *Via Regia* und *Via Imperii* (Mittelalter). Die fortschreitende Stadtentwicklung führte zu umfassenden wasserbaulichen Maßnahmen (Deichbau, Uferbegradigung), v.a. ab der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, welche einerseits der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (Kläranlagenbau) und andererseits dem Hochwasserschutz dienen sollten (StUFA Leipzig 2002, LAZOWSKI 2001). Im 20. Jahrhundert kamen Industrialisierung und Schadstoffemissionen (saurer Regen, Schwermetalle, Stickoxide) dazu. Diese Entwicklungen veränderten die natürlichen Strukturen und Prozessabläufe in den Auen stark (HAASE 1999). In vielen mitteleuropäischen Auen mit Stadteinfluss kam es zu großflächigen Austrocknungserscheinungen und damit sowohl zu einer Bestandsgefährdung als auch zum Verlust natürlicher Retentionsfunktionalität. Als Folge blieben von den natürlichen Standortverhältnissen der Auen nur noch Rudimente (MÜLLER u. ZÄUMER 1992), welche es im urbanen Raum zu erfassen, zu beschreiben und zu schützen gilt.

In den letzten Jahren gewinnen Flussauen gerade in größeren Städten und Großstädten aufgrund ihres Erholungspotenzials wieder an Bedeutung. Die „Angst“ vor dem unberechenbaren Fluss (DENZIER u. HAASE 2000 und 2001) weicht einem gesteigerten Interesse an naturnahen Wohnsituationen, naturverbundener Erholung sowie einer gesunden Umwelt allgemein, auch *oder gerade* im urbanen Raum. Zugleich sind die verbliebenen Retentionsräume der Flussauen von Schadstoffeintrag, Versiegelungsdruck und der allgemeinen Expansion des (sub)urbanen Raumes bedroht. Mehr denn je?

Problemaufriss

Aus dem bisher Erörterten ergibt sich die Frage nach dem Verbleib der natürlichen Räume und Strukturen im urbanen Raum, welche für Flussauen typisch sind. Welche Bereiche der Flusstäler kann man heute noch im städti-

schen und suburbanen Raum als „Auen“ bezeichnen? Wo und nach welchen Kriterien kann man Auenbereiche im städtischen Raum ausweisen und diese von ihrer Umgebung abgrenzen? Ist das klassisch geowissenschaftliche Ausweisen der Auenbereiche anhand der Auenlehmverbreitung oder der aktuellen Grundwasserflurabstände in Verdichtungsräumen noch sinnvoll?

Diese letzte Frage, welche auch das heutige Management von Flächen, die man als „Auen“ oder „auentypisch“ in der Stadt bzw. trotz der Lage in der Stadt bezeichnet, ist besonders wichtig.

Historische Betrachtungen zur Abgrenzung von Flussauen sind zahlreich und äußerst unterschiedlich (ZEESE 1997, DEUTSCH 1997, MUNZAR 2000). Sie orientieren sich weitestgehend an der Fragestellung und dem jeweiligen Fachgebiet des Betrachters und sind dadurch schwer zu verallgemeinern. Indikatoren wie der Wasserhaushalt (BOCK u. GRAMATTE 2000), die Bodenbedeckung oder die hydrologischen Verhältnisse kennzeichnen ganz entscheidend eine funktionierende Aue (Tab.1). Über die Ausprägung dieser Indikatoren allgemein und insbesondere im urbanen Raum ist bisher wenig bekannt, wie auch eine Auswertung der Materialien des DVWK (1998) in BOCK u. GRAMATTE (2000, 40) zeigen: „... dass der derzeitige Kenntnisstand hinsichtlich des Wasser- und Stoffhaushaltes der Auen (v.a. im urbanen Raum – Anm. d. Autorin) noch große Defizite aufweist“. Gleiches gilt für Auenwälder im urbanen Raum (KONIJNENDIJK 2002).

Ziel des Beitrages ist es daher, Indikatoren zur Verbreitung von Auen und der Charakterisierung ihrer Funktionsfähigkeit im urbanen Raum zu testen und für ein Fallbeispiel zu konkretisieren.

Das Fallbeispiel der Leipziger Flussauen und deren Bedeutung

Seit vielen Jahren sind die Leipziger Flussauen Forschungsgegenstand verschiedener Disziplinen der Geowissenschaften (Geologie, Geographie). Die Abgrenzung von Flussauen ist jedoch ein äußerst schwieriges, weil integratives Problem, das in verschiedenen Arbeiten bisher sehr unterschiedlich gelöst wurde. Der anthropogene Einfluss auf Auenökosysteme findet in Mitteleuropa seit über 5000 Jahren statt. Im Bereich der Großstadt Leipzig waren die Flussbaumaßnahmen im 19. und 20. Jahrhundert besonders intensiv. Ziel war es zumeist „den Fluss zu bändigen“ und die Landnutzung in den Auenniederungen zu intensivieren. Darüber hinaus zerstörte der Braunkohlenbergbau im Süden Leipzigs große Teile der Auen (Abb. 2). Die sensiblen Auenökosysteme entfernten sich daher in den letzten 5000 Jahren immer weiter von ihrem natürlichen Milieu. Leipzigs Auenwälder besitzen gegenüber dem Umland ein modifiziertes Klima mit einer bedeutsamen bioklimatischen Regulationsfunktion (Abb. 1). Wirksam ist speziell das Phänomen der städtischen Wärmeinsel. Thermoisoplethendia-

Tab.1: Durch flächenintensiven Tagebau veränderte Landschaftsfunktionen im Südraum von Leipzig (Entwurf: D. HAASE 2001, angelehnt z.T. an eine Darstellung von SCHREIBER 1994)

Landschaftsfunktion	vor Beginn der urbanen Beeinflussung	aktueller Zustand
Basisfunktion für Pflanzenwachstum und Ackerbau (einschließlich Ertragsfunktion)	löbhaltiges, gut gepuffertes Bodensystem aus Auelehmen auf pleistozänen bzw. holozänen Schottern bzw. Sanden in den Talauen	z.T. gestörte Böden durch Lehmabgrabung, Bergbau bzw. Versiegelung und Aufschüttungen; teilweise noch naturnaher Zustand
Filter- und Regulationsfunktion physiko-chemischer Art	funktionale Einheiten von Offenland und Wäldern mit überschwemmungsgeprägten Auen: hohe Interzeptionsleistung der Wälder, bioklimatische Austauschfunktion der Bäume, physiko-chemische Rückhaltefunktion der lehmigen Böden für Nähr- und Schadstoffe, unter Wald geringer Oberflächenabfluss und wenig Bodenerosion	nahezu vollständiges Verschwinden der Auen in Teilen der Stadt durch Überbauung sowie im Südraum Leipzig, Entkoppelung von verbautem Fließgewässersystem und Auen, geringere Interzeptionsleistung durch Dezimierung der Auenwälder im Stadtbereich sowie im Bergbauggebiet
Barrierefunktion landschaftstruktureller Art	noch in Teilen funktionierendes Fließgewässersystem der Auen mit Niedriggeschwindigkeitsstrecken und somit strukturelle Barrierefunktion für Stofftransporte partikulärer und gelöster Form, Waldbestände als weitere strukturelle Komponente für Barriereeffekte und Windschutz	durch die Entwaldung und Verbauung der Vorfluter Weiße Elster, Luppe, Pleiße oder Parthe nahezu gänzliche Vernichtung dieser strukturellen Barrierefunktionen im Landschaftssystem Moränen-Auenlandschaft
Erholungsfunktion	kaum vorhanden, bis 1865 endemische Malaria in den Leipziger Auen	Wander- und Radwege in den Auenlandschaften der Vorfluter, neue Wohnlagen, Bootsfahrtbetrieb, Flächen des Südraumes Leipzig riesiges Reservoir an potenziellen Erholungsflächen, über 70 km ² neue Seefläche wird entstehen, Raum für moderne Freizeitsportarten, Erlebnistourismus zu Industriedenkmalen und Tagebaugeschichte, Schutzgebiete für Wasserflora und -fauna

gramme (RICHTER u. GUTTE 2001, RICHTER et al. 1999) zeigen zwischen innerstädtischen Arealen und dem Umland positive Anomalien bis über 10K, am intensivsten während der Sommermonate unter autochthonen Strahlungswetterlagen. Dies unterstreicht die wichtige bioklimatische Meliorationsfunktion der Auenwälder für die Stadt (Abb. 1, 3). Von natur-



Abb. 1 u. 2: Zwei Aspekte der urbanen Flussauen der Elster und Pleiße in Leipzig - der Bärlauch in den Hartholzwäldern Querco-Carpinetum als auch der neue Cospudener See mitten im ehemaligen Auenbereich der Weißen Elster bzw. der Batschke

schutzfachlicher Bedeutung ist die nördlichste Verbreitungsgrenze für einige Pflanzenarten der Roten Liste Sachsen in den Auen Leipzigs (z.B. *Leucojum vernum*, RICHTER u. GUTTE 2001).

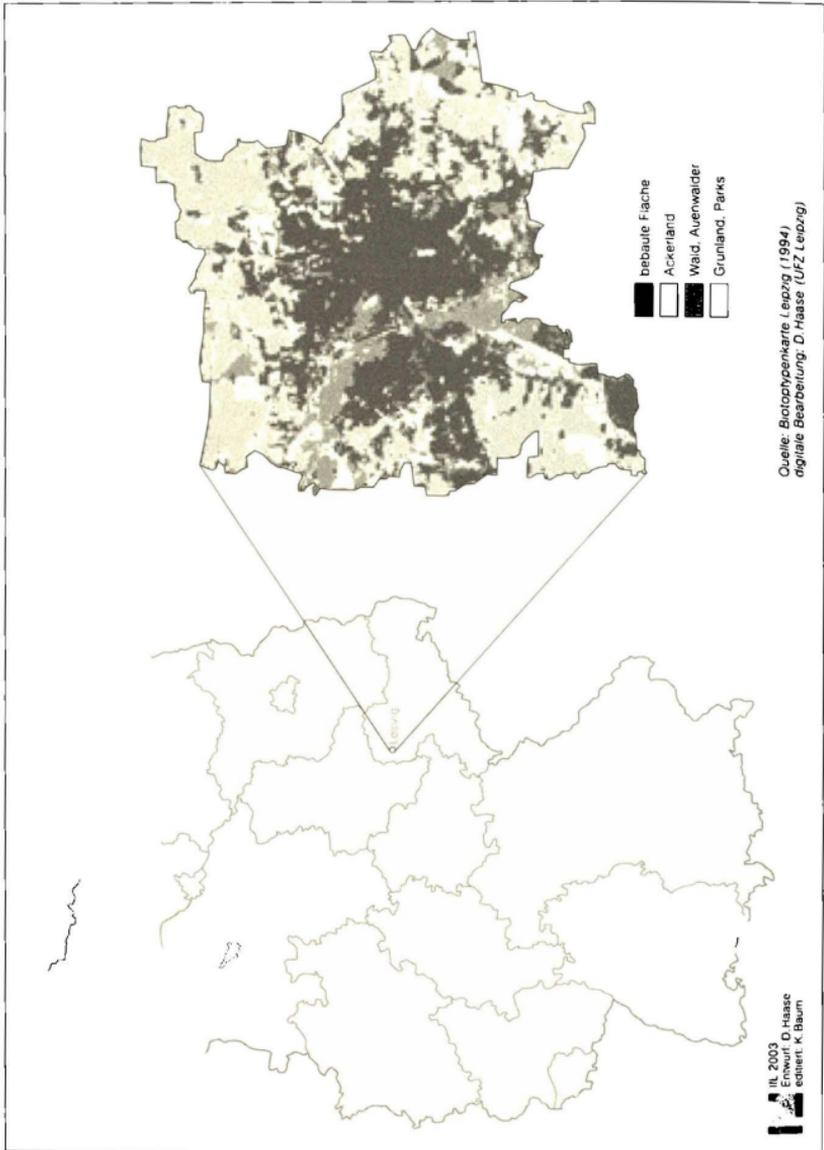


Abb. 3: Die Lage der Leipziger Flussauen, dargestellt anhand der Biotop-
typenkartierung für Leipzig (1994)

Methodischer Ansatz und Datengrundlagen

Die hier dargestellte Methodik zur Abgrenzung von Auen orientiert sich an den Definitionen oder typischen Aspekten von „Auen“ als natürlichen Systemen. Üblicherweise werden Auen anhand der Verbreitung des Auenlehms, der Auensande und -schotter ausgewiesen und als ebene Talbereiche, Feuchtgebiete, Auenvegetationsstandorte und Überflutungsbereiche bezeichnet. Die Ausweisung der Auen richtet sich nach ihrer Definition (z.B. nach LESER 1995, SCHENKER 1992). Allgemein werden sie bestimmt als

tiefste und ebene Teile eines Flusstales, welcher bei Hochwässern temporär überflutet wird oder

jene Talsohlen, welche innerhalb des Einflusses von Hochwässern liegen und in welchen (bei Lößvorkommen im Einzugsgebiet) das fluviale Sediment Hochflutlehm bzw. Auelehm verbreitet ist,

typische Weichholz- oder Hartholzaunenwälder und Feuchtwiesen aufweisen und deren Vegetation an periodisch schwankendes Grundwasser angepasst ist sowie

Gebiete mit großen Bereichen ständig hoher Grundwasserspiegel (KOCII et al. 2001).

Nach verschiedenen Kriterien werden räumlich erfassbare Indikatoren für Auen bestimmt und danach die für diese Indikatoren als Auen zu bezeichnende Gebiete ausgewiesen und näher betrachtet. Die digitale Verarbeitung der einzelnen Indikatoren zu „Datenlayern“ mittels Geographischem Informationssystem (Erdas Imagine, Arc-Info, Arc-View) sowie auch die Kopplung der Vektoren an Datenbanken ermöglicht die integrative Darstellung der rezenten Auenbereiche sowie auch einen Vergleich mit aktuellen und zukünftigen Luftbild- und Satellitenbilddaten (Abb. 4).

Analog vorliegende Daten zu Geologie, Grundwasserständen und Sedimentverbreitung als auch digital vorliegende Daten zur Landbedeckung wurden gescannt, georeferenziert, eingelesen und zu gemeinsamen Datenlayern verarbeitet. Die Daten aus den Attributtabelle und Datenbanken wurden parametrisiert, aggregiert sowie klassifiziert. Mit Hilfe von Reliefdaten aus topographischen Karten (TIN-Modelle) und analogen Punktdaten zu Grundwasserständen wurde die Grundwasseroberfläche in den Auenbereichen der Stadt Leipzig für mehrere Zeitschnitte modelliert (Abb. 4).

Ergebnisse

Raumbezogene Darstellungen der Leipziger Auen gibt es sehr verschiedene, so z.B. von NEUMEISTER (1964) oder nach amtlichen digitalen Daten (Abb. 5). NEUMEISTER (1964) weist die Auen Leipzigs anhand der Auenlehmverbreitung aus und stellt zusätzlich die Flächennutzung dar. Viele seiner damals dargestellten Auenbereiche existieren nicht mehr als Freiflächen mit

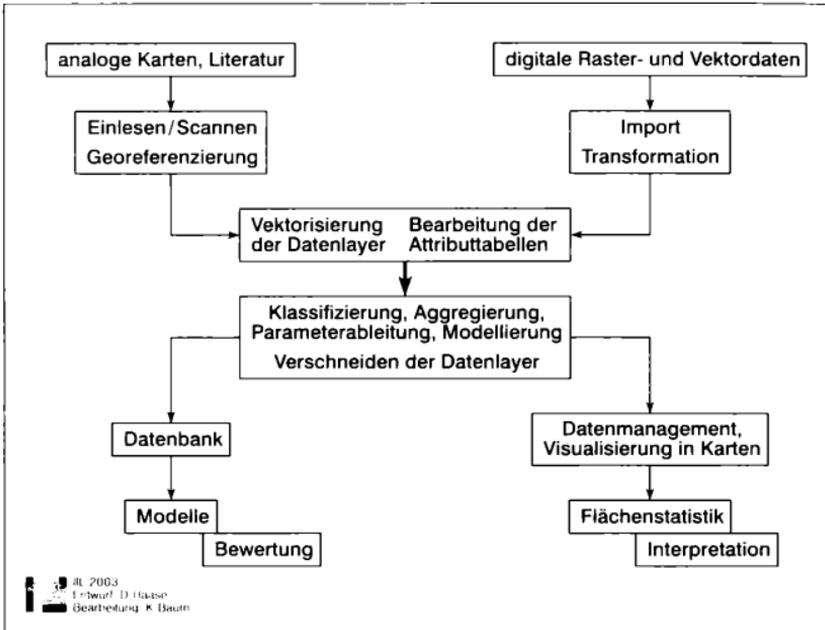


Abb. 4: Methodischer Ansatz der Datenverarbeitung bzw. Erstellung von Differenzkarten zu den Indikatoren der Auenverbreitung

Auencharakter bzw. auch nicht als Retentionsflächen im funktionalen Sinne. Zudem erfordern die bergbaubedingten Veränderungen des letzten Jahrhunderts im Leipziger Süden neue Arbeiten zur Auenproblematik bzw. zur Abgrenzung des als Flussaue noch „wirksamen“ Bereiches der Auen in der Stadt. Auch die digitalen Boden- und Relieffdaten sowie weitere Landnutzungsdaten (STATISTISCHES BUNDESAMT 1992 oder AMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1994) weisen nur sehr grob entweder die sedimentbedingte Auenverbreitung oder die reine Oberflächenbedeckung aus (Abb. 5).

Die **Verbreitung des Auelehmes** als auch der typischen unterlagernden Sedimente Flussschotter und Sand ist der anthropogen-initiierte geologische Indikator der Auen. Der Auelehm kennzeichnet die Maximalausdehnung der Hochwässer und begrenzt den historischen fluvialen Einflussbereich (JÄGER 1962, NEUMEISTER 1964). FUHRMANN (1999) dagegen führt die Entstehung der Hochflutlehme auf klimatische Schwankungen des Holozäns zurück unabhängig von menschlicher Beeinflussung: „Die Asynchronität der Hochflutlehm-Sedimentationsphasen und Phasen der Zunahme agrarischer Landnutzung schließt aus, dass der Auelehm ein kulturbedingtes Sediment ist.“ (DERS., 35). Alle genannten Autoren beziehen sich aber bei der Verbreitung der Auen auf die Ausdehnung der Hochflut- bzw. Auelehme.



NEUMEISTER (1964)



Bodenübersichtskarte 1:200 000
(dunkelgrauer Bereich)



200 x 200 m-Geländemodell
(hellgrauer Bereich)

Abb. 5: Darstellung der Auen Leipzigs nach verschiedenen Quellen

Die Verbreitung des Auelehms ist unter natürlichen Bedingungen die beste Möglichkeit, eine nördlich eines Lößgebietes liegende holozäne Flussaue abzugrenzen sowie ihre Funktionalität zu charakterisieren. Das fluvial akkumulierte Sediment beschreibt die maximale Ausdehnung des Flusses

bei Hochwasser und begrenzt somit auch den Raum unter fluvialem Einfluss, die rezente Aue. Die Auelehmbildung fand in Mitteleuropa v.a. im Atlantikum (älterer Auelehm) und Subatlantikum (Mittelalter; jüngerer Auelehm) statt und dokumentiert die Auenausdehnung zu dieser Zeit (HÄNDEL 1966).



Abb. 6: Abgrenzung der auenlehmbedeckten Bereiche (geologischer Indikator) im Stadtgebiet Leipzigs (KOCH et al. 2001)

Dieser in den Geowissenschaften etablierte geologisch-sedimentologische Ansatz kann jedoch in städtischen Agglomerationen bzw. urban-suburbanen Räumen nur schwer nachvollzogen werden. Diese wiederum bestimmen mehr und mehr wichtige Auenbereiche größerer Flüsse in Mitteleuropa, u.a. in Mitteldeutschland (Elbe bei Dresden oder Magdeburg, Weiße Elster bei Leipzig, Oder bei Frankfurt). Insbesondere verhindern anthropogene Flussverbauung und Eindichtung weitere Überflutungen und damit die Sedimentation neuer Auelehme.

Die Auelehmverbreitung in Leipzigs Flussauen wurden mit Hilfe der Geologischen Karte 1:50.000 vektorisiert (Abb. 6). Auenlehm ist in großen Teilen Leipzigs vorzufinden, auch in Gebieten, die heute besiedelt und versiegelt sind, wie z.B. die historische Innenstadt, als auch die Zuflüsse der Elster-Luppe-Aue selbst. Stadtteile wie Schleussig oder auch Leutzsch sind fast vollständig auf Auelehm entstanden. Hier sind aufgrund der hohen Versiegelungsraten die ökologischen Funktionen der Auen, Retention und Stoffsenke, vollständig aufgehoben. Niederschläge fließen oberflächlich ab und tragen Schadstoffe in die Vorfluter. Auffällig ist, dass im Bereich der kleinen Vorfluter Auenlehm vorkommt, was bedeutet, dass hier im Holozän auch flächige Überflutungen stattfanden. Der Auelehm sowie die daraus gebildeten Auenböden (Vega, Vega-Gley, Gley-Vega) sind folglich ein Indikator für die anthropogen beeinflusste rezente, wenngleich auch für die natürliche und „historische“ Aue in der Stadt.

Als morphologischer Indikator wurde das Relief gewählt. Es wurden die natürlich **ebenen Bereiche** und die **„5 Meter über Flußniveau“-Isohypse** vektorisiert, da diese Gebiete unter natürlichen Bedingungen konform zum Auenlehmverbreitungsgebiet verlaufen (Abb. 7). Die Verbreitung des auentypischen Reliefs im Stadtgebiet weicht kaum von der Auenlehmverbreitung ab. Der menschliche Eingriff hat das Mesorelief im Auenrandbereich stark verändert. Gerade die Siedlungsentwicklung vollzog sich lange Zeit auf den Grundmoränenflächen am Rande der Aue und beließ natürliche Reliefenergien (bis auf Lehmgruben). Innerhalb der Auen wurde das Relief seit Beginn der Industrialisierung jedoch intensiv überprägt. Hauptsächlich entstanden Deponien und Hochwasserschutzdämme. Altarme wurden zugeschüttet. Eine Kartierung der unzähligen Böschungen und Dämme im Auengebiet war aus Zeitgründen nicht realisierbar und wurde nicht in die digitale Reliefkarte einbezogen.

Die südlichen Leipziger Auen bzw. die des Südraumes Leipzig sind durch den Braunkohlenbergbau in den vergangenen 50 Jahren erheblich dezimiert bzw. völlig zerstört und hydrologisch abgekoppelt wurden (Abb. 7). Während ältere Darstellungen bereits großräumige Abgrabungen im Auenbereich zeigen, wird in Abb.6 und 7 die Unterbrechung des Landschaftszusammenhanges „Aue“ aufgrund der Expansion der Tagebaue ganz deutlich.



Abb. 7: Abgrenzung der tiefliegenden Talbereiche (morphologischer Indikator) im Vergleich mit auenlehmbedeckten Bereichen (geologischer Indikator) im Stadtgebiet Leipzigs (KOCH et al. 2001)

Der Grundwasserflurabstand ist ein ideales Parameter, um das Hydroregime von Flussniederungen zu beschreiben. Für den innerstadtnahen Bereich der Leipziger Elster-Luppe-Aue hat BÜTTNER (2000) den Grundwasserflurabstand von 1991 und 1995 modelliert. KOCH et al. (2001) konn-

ten empirisch den Grenzwert für das Auenmilieu mit < 2 m ermitteln: Der Wasserhaushalt besitzt in Auenlandschaften eine besondere Bedeutung, da die Auenwälder als auch Böden und Fauna eng an diesen gekoppelt sind. Die natürlichen Flussauen sind durch einen geringen Grundwasserflurabstand gekennzeichnet mit einem ausgeprägten Jahresgang. Während der Flurabstand in den Sommermonaten, besonders in der Hartholzau, relativ niedrig ist (> 1 m) steigt das Wasser im Frühjahr z.T. über die Geländeoberfläche an, Depressionen in den Auen werden mit Druckwasser überstaut (KOCH et al. 2001). Während dieser frühjährlichen Flutungsphase finden vertikale und laterale Stoffaustausch- und Verdünnungsprozesse in den Böden und Sedimenten der Auen statt, welche bei einem Trockenerwerden der Auen wegfallen. Drainagen und Abkopplung kleinerer Gewässer vom aktiven Fließgewässer beraubt die Auen ihrer natürlichen Filter- und Speicherfunktion (SCHREIBER 1994).

Stadtentwicklung und umfassende wasserbauliche Maßnahmen seit 1850 sowie von 1940 bis 1995 der Braunkohlenbergbau veränderten die natürlichen hydrologischen Bedingungen der Leipziger Flussauen (StUFA 2002) z.B. in Form von flächigen Grundwasserabsenkungen.

Daher soll im folgenden die Veränderung des Grundwasserflurabstandes von 1984 bis 1995 mittels Modellierung für das Auengebiet Leipzig gezeigt werden. Besonderes Augenmerk wird einerseits auf die Datenverarbeitung im GIS, andererseits auf die sichtbaren Grundwasseranstiege nur fünf Jahre nach der Wende 1990 und drei Jahre nach Schließung des Tagebaus Cosspuden (1992) gelegt. Auf der Grundlage von Hydro-Isohypsenplänen (StUFA Leipzig) wurde die Grundwasseroberfläche unter NN digital für verschiedene Zeitschnitte dargestellt. Darüber hinaus wurde das Relief der Auenlandschaft aus der Topographischen Karte 1:10.000 im GIS erfasst. Aus den Grundwasserisolinien wurde ein Punktraster (100 m Abstand) erstellt sowie ein TIN-Modell (als Coverage). Aus den Daten dieses TIN-Modells wurde eine Oberfläche generiert, welche die im TIN gespeicherten Lagebeziehungen enthält (lineare Interpolation, 500 Punkte). Aus diesem LATTICE-Modell wurde ein Coverage erstellt, welches die Intervalle von 0,25 Meter unterscheidet und somit Ausgangsklassen für die Grundwasserflurabstände darstellt. Diese Daten wurden mit den aus den topographischen Informationen generierten Reliefdaten (Höhenmodell) verschnitten zu einer Karte des Grundwasserflurabstandes im Auenbereich der Stadt (Abb. 8).

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse der Flurabstandsmodellierung für die Zeitschnitte 1991 und 1995. Vor allem die bergbaubedingten Grundwasserabsenkungen im Süden Leipzigs und die ebenfalls erhöhten Werte im dicht besiedelten innenstadtnahen Bereich werden deutlich. Die Weiße-Elster-Aue ist durch den Tagebau im Süden der Stadt völlig ihrer natürlichen Funktionsfähigkeit beraubt (blauer Kreis), auch im zentralen Teil der Stadt (Mitt-

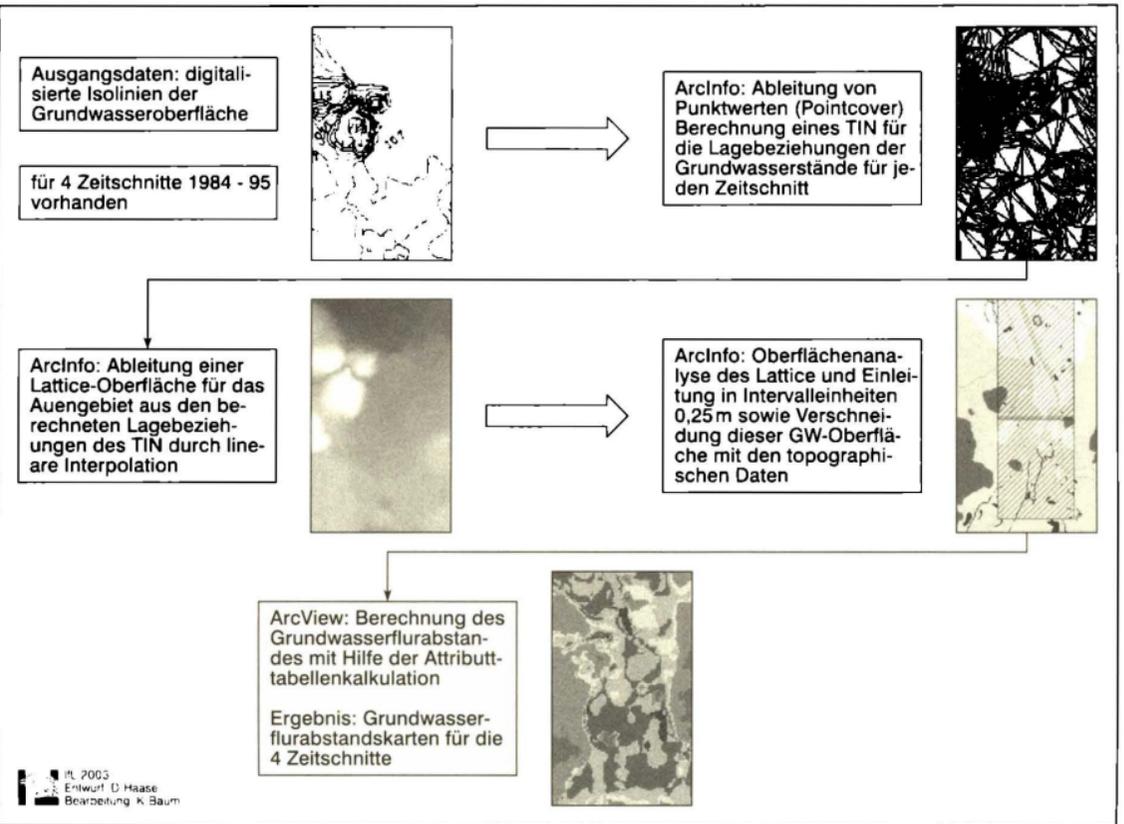


Abb. 8: Vorgehen bei der Modellierung des Grundwasserflurabstandes für verschiedene Zeitschnitte im Stadtbereich der Leipziger Flussaue (BÜTTNER et al. 2001)

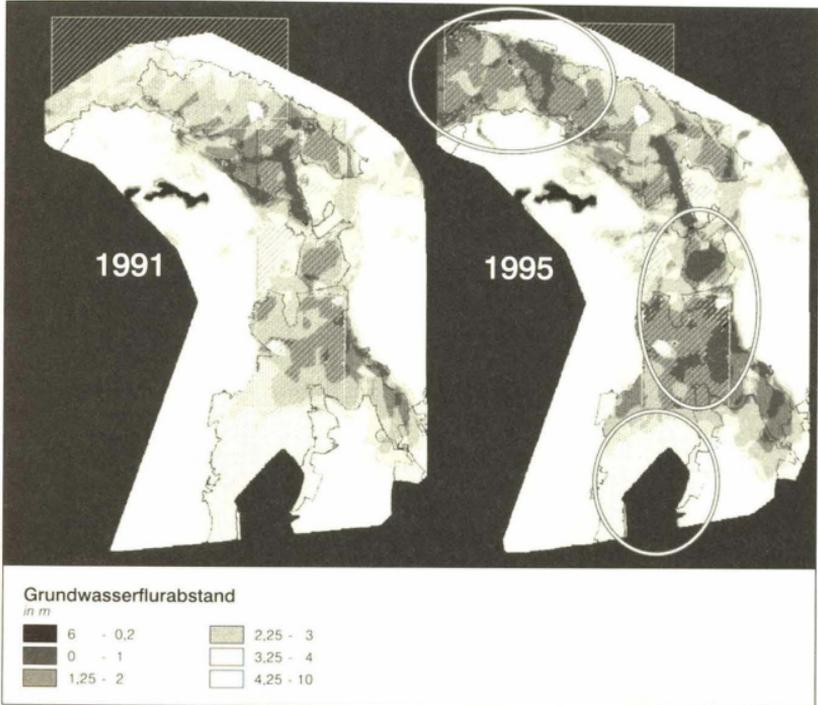


Abb. 9: Ergebnisse der Modellierung des Grundwasserflurabstandes für zwei Zeitschnitte im Stadtbereich der Leipziger Flussauen sowie Ausweisung von sich stark verändernden Gebieten (BÜTTNER et al. 2001)

lere Leipziger Aue, roter Kreis) sind nur noch wenige Bereiche grundwassernah mit einem Flurabstand von < 2 Meter. In den nord-westlichen Auen der Elster und Luppe (roter Kreis) dagegen ist das Feuchtere regime in großen Teilen erhalten geblieben.

In der Abbildung 10 wurde das Datenlayer „**Landnutzung**“ (Biooptypen 1994, topographischer Karte 1:10.000 sowie Satellitenbild des Sensor IRS-1C panchromatischer Kanal 1998) mit dem der Auenlehmverbreitung verschnitten. Die Landnutzung wurden in 5 Einheiten klassifiziert, welche a priori als „auentypisch“ bis „untypisch“ bewertet wurden (Tab. 2).

Die „typische Vegetation“ der Auen ist der Auenwald, auch wenn dieser im Falle von Leipzig und anderer urbaner Auwälder keine natürliche Waldform mehr darstellt, sondern anthropogen veränderte Forsten. Feuchtwiesen stellen daneben eine weitere naturnahe Nutzungsform in Auen dar. Im zersiedelten Stadtgebiet wurden zusätzlich Grünanlagen, Parks, Friedhöfe und Sportplätze in die Kategorie relativ auentypischer Vegetation aufge-

nommen, da es sich häufig um historische Anlagen handelt, welche im Auenbereich angelegt wurden und noch über Relikte des alten Auenwaldbestandes verfügen. Dagegen wurden stark überdüngte Kleingärten trotz ihrer Lage im Auenbereich und Äcker und Bebauung wurden als auenuntypische Bedeckung definiert.

Tab.2: Klassifizierung der in der Biotoptypenkarte dargestellten Landnutzung nach dem Kriterium „auenuntypisch“

Bewertungsstufe	Klassen der Biotoptypenkartierung Leipzig
Auentypisch	Auenwald, Feuchtwiesen
relativ auentypisch	Städtische Grünanlagen, Parks, Sportplätze, Friedhöfe
relativ auenuntypisch	Kleingärten, Ackerfläche, Ödland, sonstige Ruderal- und Sukzessionsflächen
Auenuntypisch	Bebaute Fläche (Wohnbebauung, Verkehrsflächen, Industrie und Gewerbe)

Im Kernstadtbereich Leipzigs reichen die städtisch geprägten Flächen weit in die Auen hinein (Abb. 10). Die mittlere Leipziger Aue kann über ihre Bodenbedeckung und Vegetation bzw. den Freiflächenanteil nicht mehr ausgemacht werden, zu groß ist der Anteil total versiegelter bzw. teilversiegelter Flächen. Die nordwestlichen Auen werden schon eher „naturnah“ genutzt, im Süden dominiert dagegen der Braunkohlenbergbau.

Die „**integrative**“ **Darstellung** der Leipziger Flussauen setzt sich aus den vier Einzelindikatoren zusammen. Es wurden alle dargestellten Themen digital miteinander verschnitten. Die Auenlehmverbreitung bildet dabei die Grundlage der Berechnungen. Relief, Grundwasserflurabstand und Vegetation wurden jeweils mit dem geologischen Indikator verschnitten. Die Verbreitung des Indikators „Relief“ ähnelt kartographisch im Leipziger Raum den Auenlehmverbreitungsgebieten. Lediglich Aufschüttungen mit mehr als 5 m Höhe und einige Randbereiche der Auen erschienen nach der Bearbeitung nicht mehr in der Karte (Abb. 11).

Beim Indikator „Vegetation“ im Auenlehmverbreitungsgebiet, in der thematischen Karte in Abb. 10 in 5 Klassen (Tab. 2) dargestellt, wurden die Klassen der auentypischen Nutzungen in die Berechnungen einbezogen. Wälder, Wiesen und städtische Grünanlagen (aufgrund der Vielfalt im Kernstadtbereich) konnten als rezent auentypisch berücksichtigt werden. Der Grundwasserflurabstand wurde von BÜTTNER (2000) nur im unmittelbaren Stadtgebiet berechnet (hellgraue Markierung). Deshalb wurde nur dieser Bereich in die Auswertung mit einbezogen. Die nordwestlichen Randbereiche der Berechnungen sind fast durchgängig mit Werten kleiner 2 m ausgestattet. Anschließende (nicht berechnete) Gebiete sind deshalb zurecht als

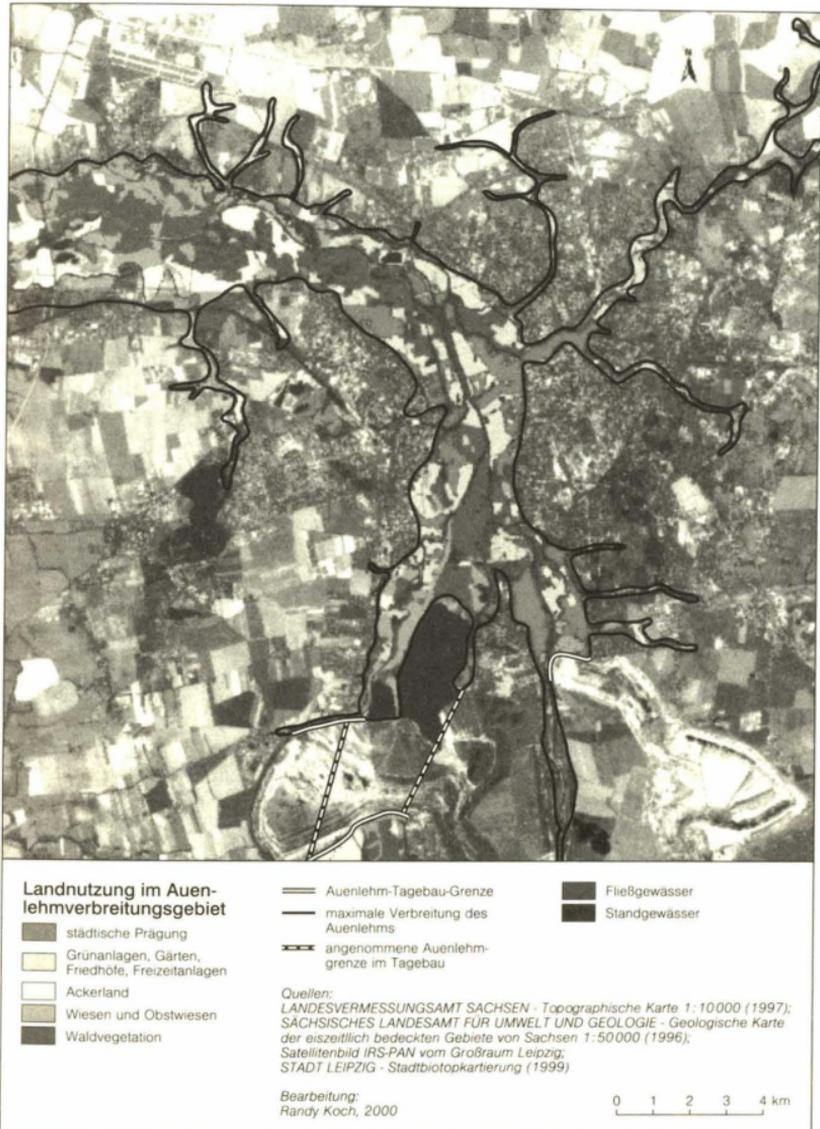


Abb. 10: Verbreitung verschiedener Landnutzungen im Bereich der Leipziger Flussauen, klassifiziert nach Hauptnutzungsarten (KOCH et al. 2001)



Abb. 11: Restbestände typischer Auenflächen als Ergebnis einer Differenzanalyse der gewählten vier Indikatoren (KOCH et al. 2001)

„auentypisch“ dargestellt. Lediglich im Süden im Bereich des Zwenkauer Eichholzes ist ein geringer Grundwasserflurabstand aufgrund der tagebaubedingten Absenkung anzuzweifeln (Abb. 9).

Diskussion: ... noch existiert die Restaue in der Stadt!

Wie in der Differenzkarte aus der Überlagerung der 4 Indikatorkarten in Abb. 11 erkennbar wird, schränkt die aktuelle Landnutzung bzw. Landbedeckung die geoökologische Funktionalität der geologisch und reliefbedingt als Auen zu klassifizierenden Flächen erheblich ein. Wichtige regulierende Prozesse (Filterung, Verzögerung des Oberflächenabflusses, Wasserspeicherung etc.) können auf den versiegelten Auenflächen nicht mehr stattfinden.

Aufgrund der Wasserbaumaßnahmen beschränken sich Überflutungen im Frühjahr auf die Innendammbereiche und die Rückhaltebecken. Besonders im Innenstadtbereich sowie im Braunkohleabbaugebiet im Süden der Stadt (Zwenkau-Knauthain) sind die Flussauen mit ihren Wäldern und offenen Feuchtgebieten nicht mehr erkennbar und es stellt sich in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse folgende Frage: *Kann man Flussniederungen, die nur einige Male im letzten Jahrhundert überflutet wurden, noch als Auen bezeichnen?*

Die temporäre Überflutung der Auen ist ein genetisches Kriterium. Die zahlreichen Hochwasserschutzmaßnahmen beschränken diesen natürlichen Prozess auf kleine eingedeichte Bereiche unweit der Fließrinne, so dass rezent nur extreme Hochwässer größere Teile der Auen überfluten könnten. Die fehlenden Überflutungen reduzieren die heutigen aktiven Auengebiete aus dieser Sicht auf ein Minimum. Es ist deshalb nicht sinnvoll, dieses Kriterium in die Flächenverschneidungen zu integrieren, aber unbedingt notwendig, diese Problematik in die Diskussion über die Auen mit einzubeziehen. Darüber hinaus geben reliktsche Auen-Bodenmerkmale und Auehlmverbreitung frühere Grundwasserstände an, welche bei der Formulierung von Entwicklungs- oder Renaturierungszielen in urbanen Auen als Orientierungswerte für anzustrebende Grundwasserstände bzw. Wasserstände in den Gewässern dienen könnten (BOCK u. GRAMATTE 2000).

Die Leipziger Flussauen nehmen anhand der Kriterien Auenlehm, Relief, Vegetation und Grundwasserflurabstand im Leipziger Raum beachtlich große Flächen ein. Vor allem der Nordwesten Leipzigs ist hier als relativ naturmah zu bezeichnen. Im Kernstadtbereich sind die Auengebiete stark dezimiert: sie sind hinsichtlich ihrer geologisch-pedologischen Verbreitung noch vorhanden, aber durch Versiegelung und Überbauung fast gänzlich funktional überprägt. Die städtischen Grünanlagen sind in diesen „Auen“-bereichen von besonderer Bedeutung, weil sie die natürliche Vegetation ergänzen und z.T. ersetzen und zusätzlich als Freiflächen und „Restaunen“ fungieren. Schwierig gestaltet sich die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen der Aueböden, welche durch Aufschüttungen, Abgrabungen und Versiegelung keinen „funktionalen“ Ersatz finden. Die südlichen Auengebiete sind vom Braunkohlentagebau in vielen Bereichen zerstört worden. Die Täler der kleineren Vorfluter Parthe und Zschampert sind fast durch-

gänglich nicht mehr als autotypische Ökosysteme zu bezeichnen. In den laufenden Arbeiten zur Auenfunktionsfähigkeit in der Stadt werden z.Z. gerade Bodenfunktionsverluste durch Versiegelung und Verkippung für den Raum Leipzig berechnet.

Die Integration der hier vorgestellten vier Indikatoren zur Auenverbreitung und -funktionalität zeigt zusammenfassend, dass trotz der Expansion urbaner Flächen noch „Restauen“ in Kern- und Randzone Leipzigs vorhanden sind, diese aber aufgrund von Versiegelung, Verbauung und Unterbrechung von kontinuierlichen Auenräumen keinen einheitlichen Funktionsraum im ökologischen Sinne darstellen. Darüber hinaus muss angenommen werden, dass auch zukünftige Urbanisierungs- bzw. Suburbanisierungsprozesse zu Lasten von Freiräumen, also auch den Auen, gehen werden.

Ausblick

Die Auen und Auenwälder sollten selbstverständlich der Erholung städtischer Bewohner dienen sowie auch der Umweltbildung über Relikte von Flora, Fauna und Morphologie der natürlichen Flusslandschaften Mitteleuropas bzw. im Beispiel von Leipzig Mitteleuropas.

Auen und Auenwälder im urbanen Raum sind im Laufe der Jahrhunderte menschlicher Beeinflussung zu einem raren Gut geworden. Ihre natürliche Funktionsfähigkeit als Retentionsraum und Stoffsenke ist teilweise völlig verloren gegangen. Bei Veränderung geochemischer Milieubedingungen und sinkender Bindungs- bzw. Pufferkapazität der Böden können Auen auch schnell zur Schadstoffquelle werden (HAASE 1999). Andererseits sind Auen und Auenrestwälder zu wichtigen Erholungsgebieten für viele europäische Großstädte geworden.

Die Erholungsfunktion hat auch in den beispielgebenden Leipziger Elster-Pleiß-Parthe-Auen die Produktionsfunktion der Auen und Auenwälder abgelöst. „Der Auwald durchzieht die Großstadt Leipzig und den angrenzenden Landkreis als ein grünes Band. Viele Generationen haben sein Antlitz geprägt und aus ursprünglicher Wald- und Sumpflandschaft einen heute vielbesuchten Grüngürtel entstehen lassen“ (MÜLLER u. ZÄUMER 1992, 55).

Doch die hier vorgestellte Analyse zeigt, dass die grünen Bänder oder grünen und feuchten Lungen in Städten nicht ausreichend vor Versiegelung, Verbau oder Kontamination geschützt sind. Gerade der Nutzungsdruck innerstädtischer Flächen und die Suburbanisierung im Stadtrandbereich lässt immer wieder die Diskussion um Freiflächen aufkommen (HAASE 2001). Ein *Circulus vitiosus* für die urbanen „Restauen“?

Literatur

- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ der Stadt Leipzig 1994: Stadtbiotopkartierung. Leipzig.
- BERKEMEIER, A. und LOOSE, H. 1997: In der Elster-Luppe-Aue. Beucha.
- BOCK, A. und M. GRAMATTE 2000: Über den Wasserhaushalt und die Entwicklungsziele in Bach- und Flussauen. In: Wasser & Boden Jg. 52, H. 2 (2 Bdd.), S. 40-43.
- BÜTTNER, L. 2000: Die Modellierung des Grundwasserflurabstandes in den Leipziger Auen. Praktikumsbericht am UFZ-Leipzig-Halle (Manuskript).
- BÜTTNER, L., HAASE, D., RICHTER, W. und H.D. KASPERIDUS 2001: Flurabstandskarten der Grundwasseroberrfläche in den Flußauen von Leipzig: TIN-Modellierung und Darstellung. Poster zum 53. Deutschen Geographentag 2001, Leipzig.
- DENZER, V. und D. HAASE 2000: Die Leipziger Flussauen zwischen Ursprünglichkeit und Überprägung. Erste Ergebnisse eines geographischen Studienprojektes zur Erfassung und Bewertung von Nutzungsveränderungen am Beispiel der Weiße-Elster-Pleiß-Auen bei Leipzig. In: BEHRKUHNLIN, C., BREUSTE, J., DOLLINGER, F., LENZ, R., POTSCHEIN, M., STEINHARDT, U. und R.-U. SYRBE 2000: Zukunft mitteleuropäischer Kulturlandschaften. Tagungsband Jahrestagung IALE-D. Nürtingen, S. 58-59.
- DENZER, V. und D. HAASE 2001: Die Leipziger Flussauen zwischen Ursprünglichkeit und Überprägung. Konzeption und erste Ergebnisse eines Studienprojektes zu Nutzungspotentialen und -konflikten am Beispiel der Weiße-Elster-Pleiß-Auen bei Leipzig. In: Koblenzer Geographisches Kolloquium, 1, S. 191-199.
- DEUTSCH, M. 1997: Einige Bemerkungen zu historischen Hochwassermarken – eine Bestandsaufnahme an der Unstrut in Thüringen und Sachsen-Anhalt. In: Archäologie in Sachsen-Anhalt, 7, S. 25-31.
- DEUTSCH, M., PÖRTGE, K.-H. und H. TELTSCHER (Hrsg.) 2000: Beiträge zum Hochwasserschutz in Vergangenheit und Gegenwart. Erfurt (= Erfurter Geographische Studien, H. 9).
- FUHRMANN, R. 1999: Klimaschwankungen im Holozän nach Befunden aus Talsedimenten Mitteldeutschlands. Altenburg (= Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen, H. 11).
- GALLUSER, W.A. und A. SCHENKER 1992: Die Auen am Oberrhein – Les zones alluviales du Rhin supérieur. Basel, Boston, Berlin.
- HAASE, D. 1999: Beiträge zur Geoökosystemanalyse in Auenlandschaften – Säurestatus und Pufferfunktion der Waldböden in den Leipziger Flußauen. Dissertation, Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig. Leipzig (= UFZ-Bericht Nr. 19/1999).
- HAASE, D. 2001: Freiraum, Freiflächen und Natur in der Stadt des 21. Jahrhunderts – Notwendigkeit oder Luxus? In: Berichte zur deutschen Landeskunde, H. 2/3, S. 271-282.
- HAASE, D. und B. SCHNEIDER 2001: Untersuchungen von Einträgen und deren Auswirkungen auf urban beeinflusste Auenwaldböden. In: Freiburger Forstliche Forschung 33, S. 109-122.
- HAASE, D. und H. NEUMEISTER 2001: Anthropogenic impact on fluvisols in German Floodplains. Ecological processes in soils and methods of investigation. In: International Agrophysics, Vol.15, 1, S. 19-26.
- HÄNDEL, D. 1966: Das Holozän der nordwestsächsischen Flussauen. Dissertation am Institut für Geographic, Martin-Luther-Universität Halle. Halle.
- JÄGER, K.-D. 1962: Über Alter und Ursachen der Auelehmlagerungen thüringischer Flüsse. In: Prähistorische Zeitschrift 40, S. 1-59.
- KOCH, R. 2000: Die Ausdehnung der Leipziger Flußauen. Praktikumsbericht am UFZ-Leipzig-Halle (Manuskript).
- KOCH, R., HAASE, D. und RICHTER, W. 2001: Zur Erfassung der Realverbreitung und Nutzung von Flußauen mittels GIS am Beispiel Leipzig. Poster zum 53. Deutschen Geographentag 2001, Leipzig.

- KONJUNDEK, C. 2002: The Urban Face of Forestry. In: European Forest Institute News (EFI News) 10, S. 3-6.
- LAZOWSKI, W. 2001: Landschaftsentwicklung und ökologische Restaurierung der Donauauen im Raum Wien. Vortrag zum 53. Deutschen Geographentag 2001. Leipzig.
- LESER, H. 1995: Diercke Wörterbuch der Allgemeinen Geographie. München.
- LICHTENBERGER, E. 1993: Stadtökologie und Sozialgeographie. In: H. SUKOPP und R. WITTIG (Hrsg.): Stadtökologie. Stuttgart, Jena, S. 10-45.
- MÜLLER, G. K. und ZÄUMER, U. 1992: Der Leipziger Auwald – ein verkanntes Juwel der Natur. Leipzig.
- MUNZAR, J. 2000: Floods in Central Europe after the exceedingly severe winter season 1829/30. In: Moravian Geographical Reports, 8, S. 45-57.
- NEUMEISTER, H. 1964: Beiträge zur Auenproblematik. Leipzig.
- RICHTER, W., BAUER, B., MÜLLER, U. und E. ZIMMER 1999: Climatic conditions of the floodplain forest ecosystem at Leipzig (Central Germany). In: Ekológia 18, S. 185-196.
- RICHTER, W. und P. GUTTE 2001: Florenverbreitung in den Leipziger Auen. Poster zum 53. Deutschen Geographentag 2001. Leipzig.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1994: Biotoptypenkartierung des Freistaates Sachsen. Freiberg.
- SCHENKER, A. 1992: Auenbildung und Auendynamik. In: GALLUSER, W.A. und A. SCHENKER (Hrsg.): Die Auen am Oberrhein – Les zones alluviales du Rhin supérieur, Basel, Boston, Berlin.
- SCHREIBER, K.-F. 1994: Auenrevitalisierung in Mitteleuropa aus landschaftsökologischer Sicht. In: BERNHARDT, K.-G. (Hrsg.): Revitalisierung einer Flusslandschaft. Osnabrück, S. 6-39. (Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Initiativen zum Umweltschutz, 1).
- STATISTISCHES BUNDESAMT 1992: CORINE land cover. Wiesbaden.
- StUFA – Staatliches Umweltfachamt Leipzig (Hrsg.) 2002: Die Weiße Elster zwischen Zeitz und der Mündung in die Saale – Schutz und Bewirtschaftung eines intensiv genutzten Flusses. Tagungsband zur Präsentation des Gutachtens zur Bewirtschaftung der Weißen Elster am 19. April 2002. Leipzig.
- ZIESE, R. 1997: Hochwasser in historischen Karten – das Beispiel der Elbe bei Dresden. In: IMMENDORF, R. (Hrsg.): Hochwasser – Natur im Überfluss? Heidelberg, S. 183-190.