

# Gebietswasser- und Stoffhaushalt in der Lössregion des Elbegebietes als Grundlage für die Durchsetzung einer nachhaltigen Landnutzung

Rudolf Krönert, Uwe Franko, Ulrike Haferkorn, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Die am Projekt beteiligten Einrichtungen sind:

- UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH:
  - Sektion Angewandte Landschaftsökologie,
  - Sektion Bodenforschung,
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg:
  - Institut für Acker- und Pflanzenbau,
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie,
  - Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Lysimeterstation Brandis.

## 1 Ziele

Hauptziele sind die Bilanzierung des regional differenzierten, wassergebundenen Stickstoffaustrages aus der Lössregion und die Formulierung von Leitbildern und Umweltqualitätszielen zur Minderung des Stickstoffaustrages aus der Lössregion des Elbegebietes. Der Gebietswasserhaushalt und die die Stoffflüsse prägenden Standortbedingungen sowie die landwirtschaftliche Bodennutzung sind für das Löss-Schwarzerdegebiet, das Löss-Parabraunerdegebiet, das Löss-Pseudogleygebiet und das Sandlössgebiet signifikant voneinander verschieden, so dass regional differenzierte Stickstoffausträge erwartet werden können und entsprechend regional differenzierte Umweltqualitätsziele zu formulieren sind.

Die Hauptprobleme in Bezug auf das Thema werden wie folgt gesehen:

- Der Gebietswasserhaushalt ist in seinen Grundgrößen nicht hinreichend regional differenziert bekannt.
- Die Landnutzung, darunter die landwirtschaftliche Bodennutzung und deren Intensität, hat sich in den letzten 10 Jahren im Elbeeinzugsgebiet bereits stark verändert. Damit haben sich die Stoffeinträge in die Landschaft und der Stoffaustrag über die Gewässer verändert.
- Es gibt (noch nicht bewiesene) Projektionen, nach denen möglicherweise ein bis zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzflächen für die europäische Nahrungsgüterproduktion nicht mehr benötigt werden (GROUNDS FOR CHOISE 1992). Die ökologischen Folgewirkungen wurden bisher nicht untersucht. Die Lössregion wird jedoch aller Voraussicht nach weiterhin intensiv agrarisch genutzt werden.
- Es ist völlig unklar, wie sich der Anbau nachwachsender Rohstoffe entwickeln wird und welche Konsequenzen sich daraus für die Nährstoffausträge aus den Böden ergeben.
- Die Kenntnisse über die Nährstoffeintragspfade in die Fließgewässer sind lückenhaft.

Der Stickstoffaustrag aus dem Elbegebiet in die Nordsee ist insgesamt zu hoch und soll von 6 mg/l Gesamt-Stickstoff auf mindestens 3 mg/l halbiert werden. Die Lössregion außerhalb des Schwarzerdegebietes ist am diffusen Stickstoffaustrag in erheblichem Umfang beteiligt. Für das Mutzscherer Wasser (Löss-Parabraunerdegebiet) liegt der Jahresmittelwert für  $\text{NO}_3\text{-N}$  bei 7,0 mg/l und die Striegis (vorwiegend Löss-Pseudogleygebiet) bei 7,9 mg/l.

Das *methodische Herangehen* ist gekennzeichnet durch:

1. einen hierarchischen (genesteten) Ansatz,
2. die Arbeit mit GIS und Daten der Fernerkundung,
3. den Einsatz von Modellen zur Abbildung von Prozessen und Bilanzen sowie zur Szenarioberechnung,
4. die Ableitung von Leitbildern und Umweltzielen sowie Umweltqualitätszielen für eine nachhaltige Landnutzung.

## 2 Daten

Die Qualität der Daten bestimmt ganz entscheidend die Zuverlässigkeit der zeit- und raumbezogenen Zustands- und Prozessbeschreibungen auf den Hierarchieebenen Standort, Kleinstzugsgebiet, Kleineinzugsgebiet, Einzugsgebiet und Lössregion. Der Datenzusammenstellung und Datenkritik wird deshalb große Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere müssen die Daten in ihrer jeweiligen Aggregation kompatibel sein und den jeweiligen räumlichen Hierarchieebenen der Flussgebiete bzw. Raumeinheiten adäquat sein. Da wir Daten fremder Herkunft, bei insgesamt guter Datenlage, verwenden, sind Kompromisse nicht zu vermeiden. Als außerordentlich aufwändig erweist sich immer wieder der Randabgleich von Polygonen für mehrere Datenschichten, z.B. der Waldgrenzen der topographischen Karten, der Forstlichen Standortkartierung, der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung und der Biotoptypenkartierung, die keine Kongruenz aufweisen. Die bisher verfügbaren digitalen Geländemodelle sind für die Modellierung lateraler wassergebundener Stoffflüsse von unzureichender Qualität. Es gibt bisher keine für die einzelnen Bodenformen standardisierten Daten für die Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität bis 2 m Bodentiefe, so dass diese Werte selbst aus verschiedenen Quellen zusammengestellt werden mussten.

Verwendet werden:

- punktbezogene bzw. auf kleinste Flächen bezogene Messdaten wie Lysimeterdaten, Daten für landwirtschaftliche Versuchspartellen, Daten von Grundwassermessstellen, Pegeldata usw.,
- rasterbezogene Daten wie Niederschlagsdaten, aus der Fernerkundung abgeleitete Landnutzungsdaten, Höhendaten der DGM usw.,
- Daten für Polygone wie Bodendaten, Landnutzungsdaten, Daten zu Meliorationsflächen, Kleineinzugsgebiete,
- Daten für landwirtschaftliche Betriebe,
- Daten für administrative Einheiten wie Gemeinde, Verwaltungsgemeinschaften, Kreis.

## 3 Modellverifizierung

Die Wasser- und Stoffflüsse der Einzugsgebiete werden durch die Modelle REPRO, CANDY, ASGi und PART beschrieben. Der methodische Ansatz sieht die Kopplung der Modelle zur durchgängigen Modellierung des Nitratstroms vom Verursacherbereich Landwirtschaft über die ungesättigte Zone bis zum Aquifer vor. Die Berechnungsergebnisse hängen stark von der Validität der Modelle ab. Für die Modelle REPRO und CANDY erfolgte die Validitätsprüfung nach Daten von landwirtschaftlichen Versuchspartellen und Lysimeterdaten.

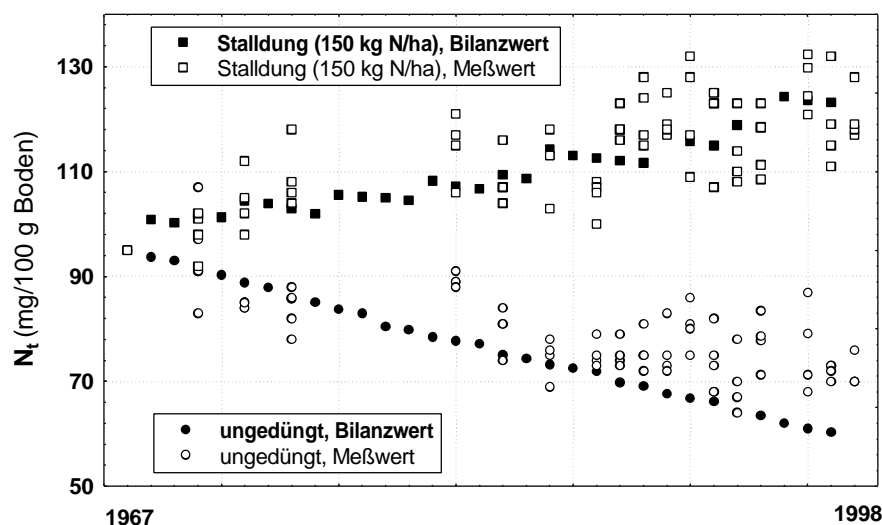
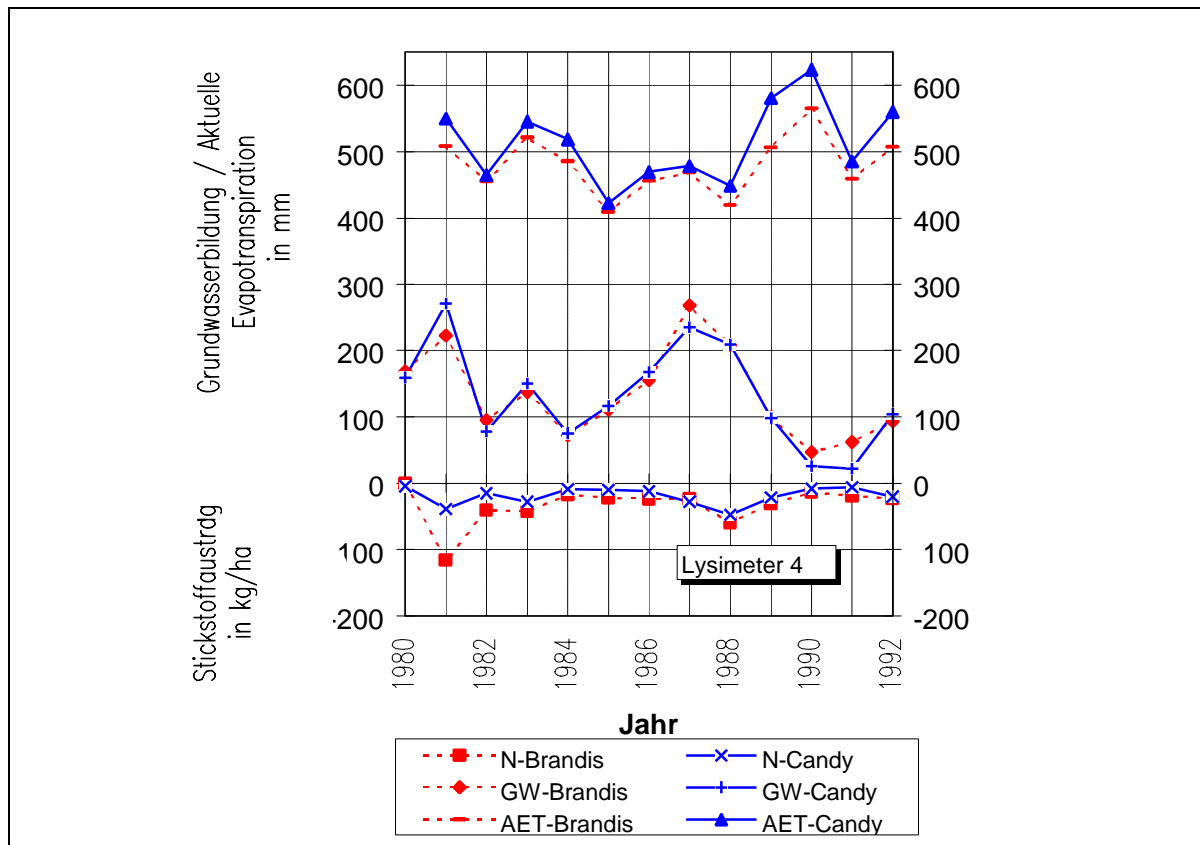


Abb. 1. Entwicklung der N<sub>t</sub>-Gehalte, Düngungs-Kombinationsversuch Seehausen (Messwerte und Bilanzwerte)

Mit dem Modell REPRO wurden detaillierte Nährstoff- und Humusbilanzen für den Dauerversuch Seehausen berechnet und in Beziehung zu den Messwerten gesetzt. Die Bodenform in Seehausen ist Parabraunerde-Pseudogley auf Sandlöss über Geschiebemergel. Beispielhaft wird die Entwicklung der  $N_t$ -Werte dargestellt (Abb. 1).

Ein weiteres Beispiel des Vergleichs von Mess- und Simulationswerten nach CANDY zeigt Abb. 2 für eine Bodenform nach Daten der Lysimeterstation Brandis.



**Abb. 2.** Gegenüberstellung gemessener (Brandis) und berechneter (CANDY) Werte für Grundwasserneubildung (GW), Stickstoff-Austrag (N) und aktuelle Evapotranspiration (AET); Lysimetergruppe 4 (Decksand-lössfahlerde)

Die Modelle REPRO und CANDY bilden die Realität offensichtlich gut ab.

## 4 Zwischenergebnisse

### 4.1 Stickstoffaustrag aus der ungesättigten Zone

Die Stickstoffausträge aus der ungesättigten Bodenzone sind neben dem Witterungsverlauf sehr stark von den Standortbedingungen, der Düngung und dem Bodenvorrat an Stickstoff abhängig (vgl. Tab. 1).

**Tab. 1.** Mess- und Simulationswerte zum Nitrataustragspotenzial verschiedener Düngungsvarianten (Seehausen)

Variante, Stallung-N/Mineral-N ( $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ )	0/0	0/150	100/100	150/0	150/150
<b>N-Saldo</b> ( $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), Bilanzwert	4,5	52,7	64,6	47,4	120,8
<b>Nitrat-Vorrat</b> ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Messwert <sup>1</sup>	62,9	142,3	144,2	108,0	284,1
<b>Nitrataustrag</b> ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ), Simulationswert <sup>2</sup>	35,6	519,0	107,9	80,7	450,4
<b>Nitratgehalt</b> ( $\text{mg l}^{-1}$ ), Simulationswert <sup>3</sup>	1,2	31,5	24,5	21,7	102,8

<sup>1</sup> Messungen 1993 und 1994; Schicht 1 – 7,5 m,    <sup>2</sup> Kumulativer Nitrataustrag im Versuchszeitraum

<sup>3</sup> Mittlerer Nitratgehalt im Zeitraum 1988-1998 (nach Einschwingen des Modells)

Für einen Referenzbetrieb innerhalb des Parthegebietes errechnete sich nach REPRO ein Stickstoffbilanzüberschuss von 58,8 kg/ha für den Durchschnitt der Jahre 1995-1997. Der schlagbezogene Stickstoffaustrag, berechnet nach CANDY, schwankte allerdings mit 1,3 bis 50,2 kg/ha in weiten Grenzen, ebenso der NO<sub>3</sub>-Gehalt im Sickerwasser, der Werte bis 125 mg/l bei Dominanz der Gruppe 25 – 50 mg/l erreichte. Für das Parthegebiet erfolgte differenziert nach Bodenformen für die Landwirtschaftsflächen eine Szenariorechnung mittels CANDY für den Zeitraum 1980-1989 und 1990-1997 und die Aggregation für das gesamte Flussgebiet (vgl. Tab. 2).

**Tab 2.** Simulationsergebnisse nach CANDY, Landwirtschaftsflächen im Parthegebiet

Merkmal	Szenario 1980-89	Szenario 1990-97
Grundwasserzufuhr (mm)	110	100
N-Auswaschung (kg/ha)	50	70
gasf. N-Verluste (kg/ha)	50	50
N <sub>min</sub> 0-90 cm (kg/ha)	260	200
N-Mineralisierung (kg/ha)	110	70
umsetzbarer Kohlenstoff (kg/ha)	30000	29000

Trotz Rückgang der Stickstoffdüngung, des Stickstoffbilanzüberschusses und des N<sub>min</sub>-Gehaltes ist die Stickstoffauswaschung als Folge der Überdüngung in den Achtzigerjahren in den Neunzigerjahren noch gestiegen. Eine mehrjährige Umstellung der Lysimeter in Brandis mit Böden aus dem Parthegebiet auf ökologischen Landbau führte mit zeitlicher Verzögerung zur deutlichen Abnahme der Stickstoffausträge über das Sickerwasser. Ob die Rücknahme der Düngungsintensität im konventionellen Landbau allerdings anzustrebende Grenzwerte im Sickerwasser und Oberflächenwasser erwarten lässt, kann noch nicht eindeutig beantwortet, muss aber eher bezweifelt werden.

#### 4.2 Stickstoffbilanz Sachsen-Anhalt (1986-1989) und (1995)

Für das Land Sachsen-Anhalt liegen erste Vergleiche zur Stickstoffbilanz zwischen den Achtziger und Neunzigerjahren vor. Auf den Lössstandorten betrug die Stickstoffbilanz in den Achtzigerjahren im Durchschnitt 90 kg/ha, wobei großflächig auch 100 kg/ha überschritten wurden. Für 1995 lässt sich dagegen feststellen:

- Übereinstimmend mit der Situation vor 1989 treten im Schwarzerdegebiet entsprechend dem standörtlichen Ertragspotenzial die höchsten N-Entzüge auf. Es überrascht jedoch, dass die Entzüge trotz der Ertragssteigerungen bei einzelnen Fruchtarten (Getreide, Zuckerrüben) allgemein gesunken sind. Dies korrespondiert mit den ebenfalls verminderten Trockenmasseerträgen.
- Für das Gesamtgebiet ist ein signifikanter Rückgang der N-Überschüsse gegenüber der Ausgangssituation zu verzeichnen. Nur für acht Verwaltungsgemeinschaften werden über 80 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ausgewiesen, die zuvor erhebliche Flächenanteile umfassende Kategorie über 100 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist nicht mehr belegt. Daraus ist theoretisch ein Rückgang der (langfristigen) N-Verluste abzuleiten.

Für den Zeitraum 1981 – 1996 wurde auf der Querfurter Platte (Lössschwarzerdegebiet) bei einer durchschnittlichen jährlichen Sickerwassermenge von 44 mm eine durchschnittliche jährliche Stickstoffauswaschung aus der ungesättigten Zone von 4,8 kg/ha nach CANDY berechnet. Die NO<sub>3</sub>-Konzentration des Sickerwassers kann dabei durchaus hoch sein. An der Belastung der Oberflächengewässer mit Stickstoff ist das Lössschwarzerdegebiet jedoch insgesamt wenig beteiligt. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, ist der Austrag von Stickstoff aus der ungesättigten Zone pro Hektar im Parthegebiet (Sandlössgebiet) um mehr als zehnfach höher als im Schwarzerdegebiet.

#### 4.3 Gefährdungsflächen für lateralen Stoffaustrag

Der wassergebundene Stoffaustrag ist in Abhängigkeit von Niederschlag und Niederschlagsverteilung, Relief, Boden, Landnutzung und Wassermelioration in den Teilräumen der Lössregion sehr unterschiedlich. Es gehört zu den Aufgaben des Projektes, die Gefährdungsflächen explizit auszuweisen. Im Parthegebiet wurden die potenziellen Gefährdungsflächen für laterale Stoffausträge aus der Landschaft identifiziert. Parallel dazu wurde das potenzielle Retentionsvermögen der Gewässerrandstreifen der Parthe ermittelt. Die Verknüpfung beider Aussagen ergab, dass nur ca. 10 – 15 % der Uferrandstreifen durch direkten Eintrag gefährdet sind. Es ist zu erwarten, dass in den Lösshügellän-

dem des Löss-Parabraunerdegebietes und des Löss-Pseudogleygebietes dieser Anteil der gefährdeten Uferrandstreifen deutlich höher liegt.

## 5 Ausblick

Neben der Fortsetzung der Arbeiten in den unterschiedlichen Maßstabsebenen, insbesondere der Arbeiten im Einzugsgebiet der mittleren Mulde, gebührt der Berechnung von realistischen Szenarien zum Austrags von Nährstoffen besondere Aufmerksamkeit, um daraus Leitbilder und Umweltqualitätsziele für die Landnutzung abzuleiten.

**Tab. 3.** Beschreibung möglicher Szenariorechnungen im Lössgebiet

Szenario	Vorgaben	Bemerkungen
„Ordnungsgemäße Landwirtschaft“	Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen, insbesondere der Düngeverordnung	Die Vorgaben der Düngeverordnung (z.B. zum Einsatz organischer Dünger) werden in ihrer Wirkung auf den Nitrataustrag in Modell-Fruchtfolgen unter Berücksichtigung verschiedener Standortbedingungen bewertet.
Förderprogramm „Umweltverträgliche Landwirtschaft“ (UL)	1. keine Teilnahme 2. Förderstufe 1 3. Förderstufe 2 4. Förderstufe 3	Im Freistaat Sachsen und damit in wesentlichen Teilen des Untersuchungsgebietes wird das Förderprogramm „UL“ durchgeführt, das in der 1. Stufe die Anwendung des Nmin-Verfahrens, in der 2. Stufe eine Reduzierung der N-Düngung um 20 % und in der 3. Stufe zusätzliche Mulchsaaten honoriert.
Umstellung auf ökologischen Landbau (ÖL)	1. Stufe: 10 % ÖL an der LF 2. Stufe: 25 % ÖL an der LF 3. Stufe: 50 % ÖL an der LF 4. Stufe: 100 % ÖL an der LF	Derzeit nimmt der ökologische Landbau etwa 1 bis 2 % der LF ein. Regional treten in Deutschland Flächenanteile bis zu 10 % auf. Die Zuwachsraten sind schwer zu prognostizieren. Mit dem ökologischen Landbau werden zahlreiche positive Umweltwirkungen verbunden, auch im Hinblick auf die Minderung der Nitratausträge.
Begrenzung der Mineral-N-Düngung	Festlegung standort- und fruchtartenbezogener Obergrenzen oder pauschale Begrenzung je ha LF	Eine Reduzierung des Mineral-N-Einsatzes ist auf verschiedenen Wegen möglich – z.B. durch Besteuerung oder durch feste Obergrenzen. Die Konsequenzen sind vielfältig und durch Standorteinflüsse überprägt. Sie betreffen die Wirtschaftlichkeit (Ertragsniveau) ebenso wie das Nitrataustragspotenzial.
Begrenzung der N-Überschüsse	1. Stufe: < 100 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> 2. Stufe: < 75 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> 3. Stufe: < 50 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> 4. Stufe: < 25 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Ausgehend von Modellbetrieben und -regionen mit hohen N-Überschüssen werden verschiedene Anpassungsmaßnahmen ergriffen, um die N-Salden schrittweise zu vermindern. Die Effizienz dieser Maßnahmen wird u.a. anhand simulierter Nitratausträge beurteilt. Hierbei wird unterstellt, dass die Betriebe ganz unterschiedliche Strategien (Freiräume) zur N-Minderung haben.
Begrenzung der Nitratkonzentration im Sickerwasser	1. Stufe: < 50 mg l <sup>-1</sup> 2. Stufe: < 25 mg l <sup>-1</sup>	Ausgehend von Ackerschlägen mit überhöhten Nitratausträgen werden verschiedene Minderungsstrategien simuliert und hinsichtlich ihrer Effizienz eingeschätzt. Es werden Aussagen getroffen, ob und unter welchen Voraussetzungen die Nitratkonzentrationen in bestimmten Regionen (z.B. dem Schwarzerdegebiet) bei ackerbaulicher Nutzung einzuhalten sind.

Beim Ansatz für die Szenarien sind zwei Strategien zu verfolgen:

– *Flächenhafte Minderung der Inputs und der Outputs aus der Landschaft*

In der Lössregion ist mit großflächigen Änderungen der Hauptnutzungsarten wie Aufforstungen oder Umwandlung von Ackerland in Grünland nicht zu rechnen. Damit gewinnen Szenarien besondere Bedeutung, die sich auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen beziehen (vgl. Tab. 3).

- *Minderung der Outputs durch Erhöhung des Retentionsvermögens der Landschaft (in Kombination mit der Minderung der Inputs) besonders gefährdeter Teilräume*

Hier sind Überlegungen und Berechnungen anzustellen z.B. zur Wirkung der Anlage von Uferrandstreifen bzw. deren Verbreiterung an gefährdeten Eintragsabschnitten, Aufforstung von Talanfängen und Steilhängen, Rückbau von Dränagesystemen.

## **Literatur**

GROUND FOR CHOISES (1992) Four perspectives for the rural areas in the European Community. Netherlands Scientific Council for Government Policy. Reports to the Government, Nr. 42

Krönert, R., Franko, U., Haferkorn, U., Hülsbergen, K.-J., Abraham, J., Biermann, S., Hirt, U., Mellentin, U., Ramsbeck-Ullmann, M., Steinhardt, U. (1999) Gebietswasserhaushalt und Stoffhaushalt in der Lössregion des Elbegebietes als Grundlage für die Durchsetzung einer nachhaltigen Landnutzung, Statusbericht, Leipzig, Halle, Dresden 30.04.1999 (BMBF FKZ 0339586)