

Untersuchung des Sediment- und Nährstoffeintrages in die Talsperre Kelbra

Thilo WEICHEL und Hans NEUMEISTER

10 Abbildungen und 7 Tabellen

ABSTRACT

WEICHEL, T.; NEUMEISTER, H.: Investigations of sediment- and nutrient input in the Kelbra reservoir. - Hercynia N.F. 37 (2004): 5–17.

The study describes the consequences of an over 30-years use of the Kelbra reservoir. Caused by long term land use changes with high intensity, a heavy polluted artificial flat lake can be found. The situation was already forecasted in his conception by TÜMPLING (1959). The major objective of the investigation was the localisation of sources and sinks of eutrophication. Diffuse output of nutrients in the catchment of the Kelbra reservoir is an important emission source of the process. Using a conceptual model for soil erosion forecast, areas with high potential of nutrient output were located. Due to water bound transport processes solids and nutrients were deposited in the reservoir. Changes of the bottom were documented by three time intervals. Despite spatial differentiation of elevation changes, a limitation of flood retention space couldn't be determined. Through geochemical analysis (phosphorous, nitrogen) the effectivity of deposits for eutrophication was evaluated. Both, the highest concentration of nutrients near by the surface and a distinct pattern of their spatial distribution could be estimated.

Keywords: Stausee, Hochwasserschutz, Nutzungskonflikt, Erosion, Sedimentakkumulation, Eutrophierung, Höhengniveauänderung

1 PROBLEMSTELLUNG

Die Landschaft der Goldenen Aue, geologisch am Nordrand des Thüringer Beckens gelegen, wurde durch Auslaugung ehemals mächtiger löslicher Stein- und Kalisalzschiechten des Zechsteinprofils infolge von Subrosionsprozessen und dem Herausheben herzynisch gerichteter Schollen während des Tertiärs gebildet (WAGENBRETH et STEINER 1985, KUGLER, et VILLWOCK 1990, JANKOWSKI 1961). Die sich anschließende Auffüllung der Auslaugungssenke sowie holozäne Ablagerungen durch Überflutungsereignisse formten sie weiter. Wobei die geologisch bedingte sehr geringe Geländeneigung im Abflußprofil dafür verantwortlich ist.

Die Veränderung der ursprünglichen Auenlandschaft durch den zunehmenden anthropogenen Flächenanspruch führte zur Verminderung von Retentionsflächen und erhöhte das Überschwemmungsrisiko für die angrenzende und vor allem flußabwärts (Unstrut) gelegene Infrastruktur. Um den Nutzungsansprüchen weiterhin gerecht zu werden und das Überschwemmungsrisiko sowie volkswirtschaftliche Schäden zu reduzieren, entschied man sich für einen Flußstau der Helme, Talsperre Kelbra (1969), im Bereich der Goldenen Aue. Die Morphometrie des konzipierten Gewässers und seine Lage innerhalb der Kulturlandschaft mit dem Ziel der Hochwassersicherung sollte im Ergebnis ein komplex vernetztes Nutzungsanspruchsproblem zur Folge haben (vgl. TÜMPLING 1959).

Neben dem primärem Ziel des Hochwasserschutzes entwickelten sich die Naherholung und zwischenzeitlich die Binnenfischzucht zu wirtschaftlichen Faktoren. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist die Errichtung eines Flora-Fauna-Habitates (FFH) für große Teile des zusätzlichen Hochwasserschuttraumes mittlerweile von Bedeutung. Zahlreiche diffuse und punktuelle Nähr- und Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft sowie der kommunalen und industriellen Infrastruktur des Einzugsgebietes belasteten das Gewässer zusätzlich (Kapitel 6). Ergebnis der Übernutzung war eine zunehmende Eutrophierung mit Algenmassenwachstum und damit einhergehender hygienischer Verschlechterung des Gewässers.

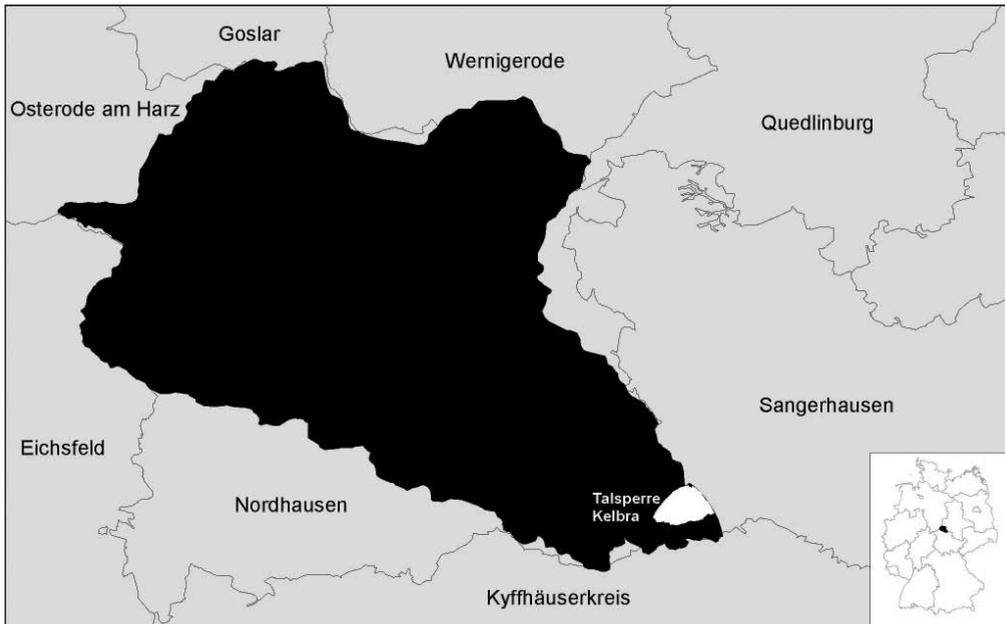


Abb. 1 Lage des Einzugsgebietes der Talsperre Kelbra

2 FOKUS UND MASSSTAB

Innerhalb der Arbeit standen sich zwei kausal eng miteinander verbundene Untersuchungsräume (Abb.1) gegenüber, die allgemein als Quelle, Einzugsgebiet (325 km²) und Senke, Talsperre (6 km²) beschrieben werden können. Infolge einer vorgeschalteten Flächennutzungsanalyse (Abb. 2) des Gesamteinzugsgebietes auf Basis der CORINE Land Cover Daten (CLC) (SBA1994), mit dem Ziel der Ausweisung landwirtschaftlich dominierter Gebiete, wählte der Autor für seine Untersuchungen das Teileinzugsgebiet der Helme aus.

Tab.1 Landnutzungsklassifikation

Nutzung	Fläche [km ²]	Flächenanteil [%]
Ackerland	229	71
übrige lw. Nutzung	26	8
Wald u. Wasserflächen	56	17
Sonstiges	14	4
GESAMT	324	100

Im Fokus der Arbeit stand die Betrachtung potentiell diffuser Stoffausträge großflächiger Agrarstandorte, welche im Einzugsgebiet Helme einen Flächenanteil von ca. 70 % (CLC) haben. Das Einzugsgebiet der Zorge, als Hauptvorflut des Südharzes, ist dagegen zu großen Teilen waldbedeckt und entsprach nicht der Fragestellung. Eine Definition der Landnutzungsklassifikation wird in Tabelle 1 und deren Umsetzung auf den Untersuchungsraum in Abbildung 2 gegeben.

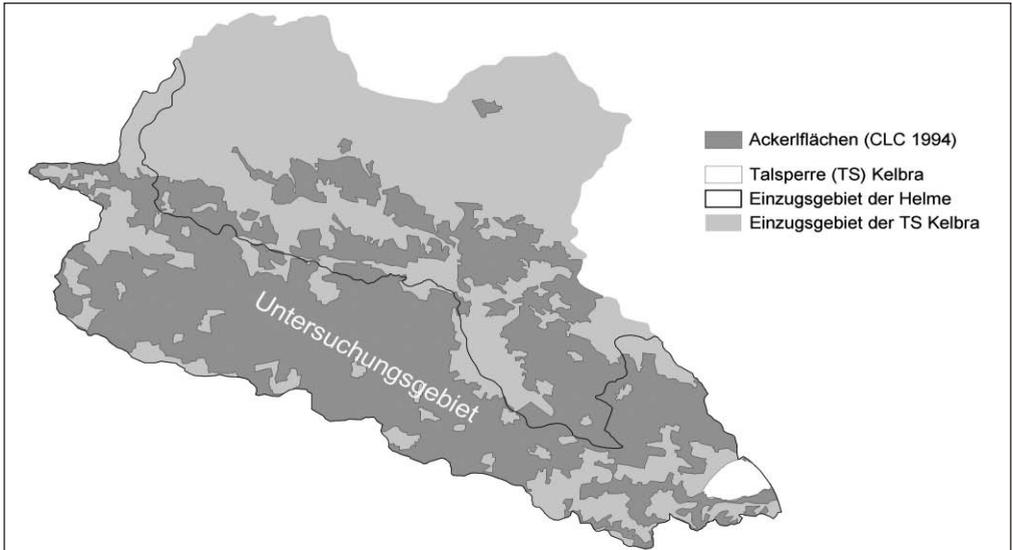


Abb. 2 Definition des Untersuchungsraumes mittels Landnutzungsklassifikation (CLC)

In Anlehnung an die “Theorie der geographischen Dimension” (NEEF 1963) und unter dem Leitsatz “... nicht allein größere Genauigkeit, sondern in erster Linie neue Zusammenhänge, neue Methoden, neue Einsichten...”. orientierte sich die praktische Umsetzung dieser landschaftsökologischen Arbeit an unterschiedlichen Skalen. Zum einen der “Top down”-Ansatz DUTTMANN et al. (2000), bei dem eine problemorientierte Fokussierung angestrebt wird und zum anderen der “Bottom up”-Ansatz (MEYER 1997), upscaling (STEINHARDT et VOLK 1999) (s. Abb. 3).

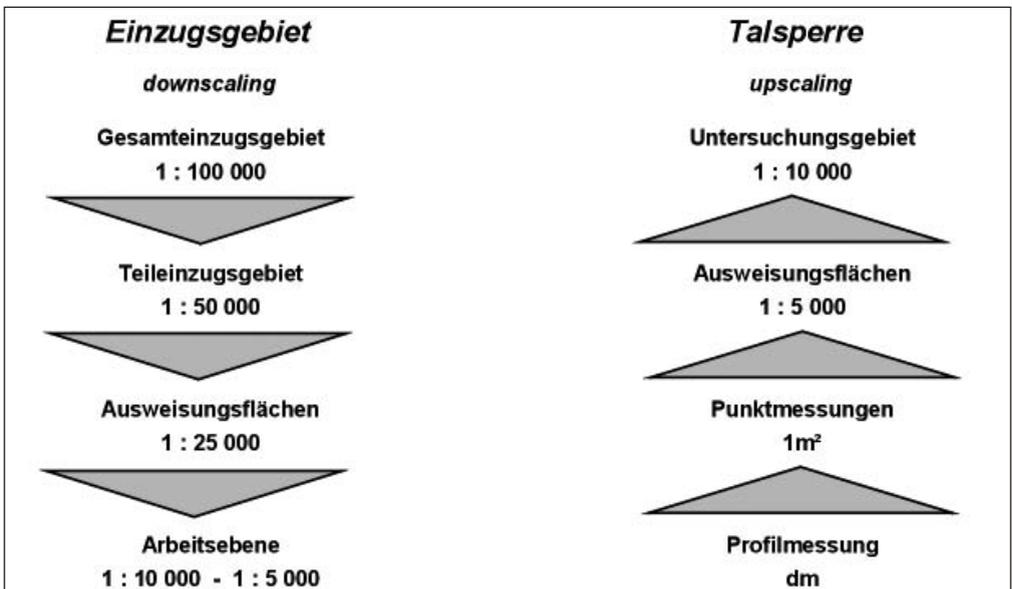


Abb. 3 Maßstabebenen der Untersuchung

3 EROSIONSPROGNOSE FÜR POTENTIELL GEFÄHRDETE ACKERFLÄCHEN

Unter der Verwendung eines selbst erstellten einfachen Modellansatzes zur Abschätzung der wasserbedingten Erosionsgefährdung in einem agrarisch intensiv genutzten Teileinzugsgebiet der Talsperre Kelbra wurden potentielle Standorte diffuser Stoffausträge lokalisiert. Ziel der Ausweisung sollte eine mögliche Berücksichtigung dieser Standorte bezüglich der Reduzierung von Stoffausträgen durch Umstellung der Nutzungsanforderungen nach Art und Intensität sein (FREDE 1998, SLAL 1996, WIECHMANN 1973, RICHTER 1998).

3.1 Methodik

Die Basis der Bearbeitung stellten dabei die zahlreich in der Literatur beschriebenen Grundlagen, Verfahren und Methoden zur wasserbedingten Erosionsprognose dar (AUERSWALD et al. 1994, DRÄYER 1995, DUTTMANN et al. 2000, DVWK 1996, MARKS et al. 1992, SIGLE 1991), welche an die Möglichkeiten der Datenverfügbarkeit für diesen Raum und den Zeitrahmen der Arbeit angepaßt wurden.

Wesentlichster Punkt neben der Berücksichtigung des landwirtschaftlich stark geprägten Teileinzugsgebietes Helme, war die weiterführende Selektion der nur unter diese Nutzung fallenden Flächen. Die Hangneigung als wesentlichste Steuergröße der wasserbedingten Erosion (AUERSWALD et al. 1994, DRÄYER 1995) stellte den Bewertungsschwerpunkt dar. Neben der flächendeckenden Aufnahme (Digitalisierung/ Ableitung) dieses Parameters aus den topographischen Karten 1:25.000 kann die hier vorgenommene Bewertung zum einen als Beschreibung anhand von Hangneigungsstufen, zum anderen als deren Beschreibung unter Hinzunahme von Bodenart und Sommerniederschlag angesehen werden (Tab. 2).

AUERSWALD et al. (1994) weisen aber daraufhin, daß Abweichungen zwischen GIS-Berechnungen und realem, natürlichen Vorkommen der Hangneigung Werteverchiebungen bei prognostizierten Abträgen um den Faktor 10 verursachen können, weshalb hier nur eine Lokalisierung gefährdeter Flächen vorgenommen wurde. Die Umsetzung des Bewertungsverfahrens erfolgte unter Verwendung der GIS-Software ArcView 3.2[®] und deren Komponenten 3D-Analyst[®], Spatial Analyst[®], Geoprocessing[®] sowie Model Builder[®] (ESRI 1996, 2000).

In Anlehnung an das Bewertungsverfahren des Bodenwiderstandes gegen Wassererosion von MARKS et al. (1992) erfolgte der Aufbau des selbstgewählten Modellansatzes. Im Unterschied zu ähnlich aufgebauten Bewertungsverfahren (DRÄYER 1995, DUTTMANN et al. 2000) werden keine Abtragsmengen [t/ha·a], sondern nur Ausweisungen der potentiell gefährdeten Standorte dargestellt.

In Tabelle 2 sind die Eingangsparameter des Modells nach Wertigkeit und Auflösung benannt. Der Einfluß von Bodenart und Niederschlag soll dabei die Abhängigkeit des Prozesses der wasserbedingten Bodenerosion weiter analysieren. Im weiteren Verlauf wurden die Daten in ein Rasterformat (30 x 30 m) überführt und aufgrund räumlicher Deckungsgleichheit miteinander verrechnet.

Tab. 2 Prozeßparameter des selbstgewählten Erosionsmodells

¹ nach Topographischen Karte 1:25.000 (N)

² nach Bodenübersichtskarte 1:1 Mio. (BGR, 1995) und Korrektur nach Humus- und Skelettanteil MARKS et al. (1992)

³ mittlerer Sommerniederschlag Apr. – Sept., (1901–1950)

Parameter	Hangneigung ¹	Bodenart ²	Niederschlag ³
Wertigkeit	50%	25%	25%
Unterklassen	7	5	4
Datengrundlage	TK 25 (N)	BÜK 1000	Atlas der DDR
Maßstab	1 : 25 000	1 : 1 000 000	1 : 1 500 000

Tab. 3 Hangneigungsklassen
¹ Vorfluterabstand = 100m

Hangneigung [°]		1 - 2	3 - 4	5 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 27	> 27	Gesamt
absolut [km ²]	70.0	36.1	43.7	27.3	7.6	1.3	0.4	0.0	186,4
relativ [%]	37.6	19.4	23.4	14.6	4.1	0.7	0.2	0.0	100,0
Vorfluterabstand ¹ [km ²]	20.1	5.0	4.4	3.3	1.1	0.2	0.1	0.0	34,1
Vorfluterabstand ¹ [%]	9.9	2.4	2.1	1.6	0.6	0.1	0.1	0.0	16,8

Tab. 4 Erosionsgefährdung

TK 25 (N)	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Blatt 4428	0.00	3.48	4.26	0.91	0.00
Blatt 4429	3.96	34.17	18.70	1.40	0.03
Blatt 4430	4.66	9.93	8.65	1.26	0.04
Blatt 4529	1.78	4.35	3.42	0.69	0.02
Blatt 4530	12.17	17.57	9.59	1.58	0.05
Blatt 4531	13.36	17.83	7.09	0.74	0.02
Blatt 4532	0.20	0.43	0.15	0.02	0.00
Gesamtfläche	36.14	87.75	51.86	6.61	0.15
prozent. Anteil	19.8	48.1	28.4	3.6	0.1

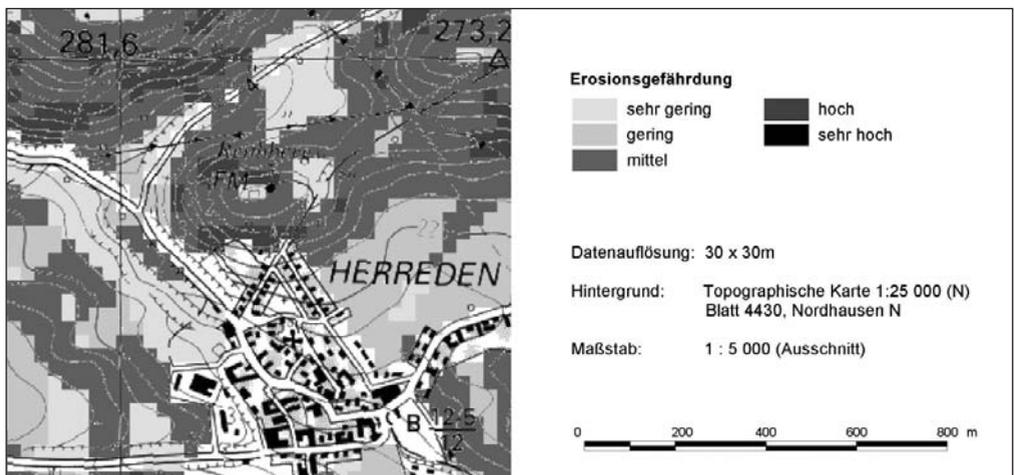


Abb. 4 Erosionsgefährdungsstufen landwirtschaftlicher Flächen
 (Ausschnitt ca. 5 km westlich Nordhausen)

3.2 Ergebnisse

Die im Ergebnis dargestellten Hangneigungsklassen (Tab. 3) und fünf Gefährdungsstufen der Erosionsanfälligkeit (Tab. 4) können damit als eine erste Bewertung für Risikoflächen des Stoffaustrages landwirtschaftlich genutzter Flächen angesehen werden (Abb. 4).

Die als bereits erosionsgefährdet einzustufenden schwachen bis mittleren Hangneigungsbereiche ($3 - 11^\circ$) (AUERSWALD et al. 1994, DRÄYER 1995, KUGLER et VILLWOC 1990) haben einen Anteil von 42,1 % der Gesamtackerflächen (23,8 % der Einzugsgebietsfläche). Dazu bewerten die Ergebnisse der Modellrechnung über 30 % der Ackerflächen mit einem mittleren bis hohen Erosionsgefährdungsindex. Für die entlang der Fließgewässer ausgewiesenen Korridore ($r = 100$ m) wurde ein Anteil potentiell abtragsgefährdeter Ackerstandorte von 17 % der Gesamtackerfläche ermittelt. Die im Zielmaßstab 1:25.000 dargestellten Ergebnisse dienen der Lokalisierung diffuser Stoffausträge, welche neben der morphologischen Struktur des Flachsees als die Hauptursache der daraus resultierenden Eutrophierungserscheinungen des Hochwasserrückhaltebeckens Kelbra angesehen werden können.

4 ANALYSE DER HÖHENÄNDERUNGEN INNERHLAB DER TALSPERRE KELBRA

Vor dem Hintergrund der Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Hochwasserrückhaltebeckens wurde eine Untersuchung bezüglich des zur Verfügung stehenden Einstauvolumens durchgeführt. Aufgrund der Senkenfunktion der Talsperre ist davon auszugehen, daß die eingetragenen Feststoffe größtenteils zurückgehalten werden und nur geringe Anteile durch den Grundablaß die Talsperre verlassen. Auch die im Winter 2000/2001 veranlaßten Aushubarbeiten (mdl. Mitteilung Hr. Ing. Heise, Talsperrenmeister, STAU) des Flußbettes der Helme innerhalb der Talsperre, weisen auf Ablagerungen und Sohlbetherhöhungen hin. Darüber hinaus befindet sich der südwestliche Teil der Talsperre in einem geologisch "aktiven" Bereich (KUGLER et VILLWOCK 1990), der von Auslaugungsprozessen der anstehenden Zechsteinschichten mit rezenten Karsterscheinungen (Erdfall April 2001, \varnothing ca. 8m, eig. Erhebung) geprägt ist. Ebenfalls in diesen Bereichen auftretende Störungssysteme zu den Stollen des Sangerhäuser Kupferschieferbergbaus sind durch Wasserverluste bzw. Wassereinbrüche in die ehemaligen Schachtanlagen bekannt (VÖLKER 1991, mdl. Mitteilung Hr. Ing. Heise, Talsperrenmeister, STAU).

4.1 Methodik

Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit bildete daher die flächenbezogene Erfassung und Analyse bestehender Vermessungsaufnahmen, welche von der Beckensohle in drei Zeitschnitten (1952, 1994, 2001) durch das beauftragte Ingenieurbüro VÖLKER zur Verfügung gestellt wurden. Besondere Berücksichtigung stellte dabei die methodische Analyse, Bewertung und Fehlerabschätzung der einzelnen miteinander zu verschneidenden Aufnahmen bezüglich der Evaluierung der Datensicherheit dar. Insbesondere die Fehler-toleranzen der Höhengenaugigkeiten (vgl. VÖLKER et VÖLKER 1994, TOPOSYS GMBH) weisen dabei zwischen möglichem Fehler und analysierten mittleren Werten kaum Differenzen auf, was die Aussagefähigkeit der Ergebnisse stark einschränkt (Tab. 5).

Die drei Zeitschnitte (1952/1994/2001) wurden zu Höhendifferenzkarten verrechnet (Ingenieurbüro VÖLKER, eigene Arbeit), auf deren Basis die Flächenausweisung anhand eines 10×10 m Rasters mit den in Tabelle 6 festgelegten vertikalen Differenzierungen stattfand.

4.2 Ergebnisse

Die erwartete Situation einer Stauvolumenverminderung durch Akkumulationsprozesse innerhalb der Talsperre konnten nicht flächendeckend nachgewiesen werden (Abb. 5 u. 6). Im Gegenteil, aus den Daten der Vermessung gehen großflächige Bereiche hervor, die auf eine Erniedrigung des Höhenniveaus schließen lassen. Neben den bereits beschriebenen Fehlertoleranzen der einzelnen Feldaufnahmen, scheint

Tab. 5 Vermessungsverfahren
¹ 0,25m - 2,5m Digitalisierungsfehler (Digitizer, Scannen)
² Streckenlänge < 100m

Jahr	Aufnahmetechnologie	Datenaufnahme	Projektion	Höhe	Genauigkeit	
					Lage	Höhe
1952	Unbekannt	Liniendigitalisierung	GK Zone 4, Bessel	NN	keine A. ¹	keine A. ¹
1994	Elektron. Tachymeter	Punktmessung	GK Zone 4, Bessel	HN	0,004m ²	0,001m ²
2001	Laserscanner	Abtastprinzip	GK Zone 4, Bessel	HN	1m	0,15m

Tab. 6 Klassen der Höhenniveaudifferenz

Klasse	Höhendifferenz	Erläuterung
1	< -10cm	bedeutende negative Niveaudifferenzen
2	10cm bis -10cm	keine bedeutenden Niveaudifferenzen
3	> 10cm	bedeutende positive Niveaudifferenzen

möglicherweise ein komplexes Prozeßgefüge die Topographie seit dem Ersteinstau verändert zu haben (Abb. 7). Historisch akkumulierte Auenböden müßten demzufolge erodiert und ausgeräumt worden sein. Aus der visuellen Betrachtung abgelagerter Sedimente sowie aus den Ergebnissen der geochemischen Untersuchung ist dies nicht abzuleiten (Abb. 8). Die abgelagerten Sedimentmengen allein aus den Ergebnissen der Vermessungen zu bewerten, ist deshalb nicht möglich. Eine flächenhafte Mächtigkeitsanalyse (Bohrstockvermessung) der abgelagerten Sedimente gekoppelt mit einem anschließenden Vergleich der Vermessungsdaten könnte zu einer konkreteren Beschreibung des eingelagerten Akkumulations- bzw. möglichem Einstauvolumens führen.

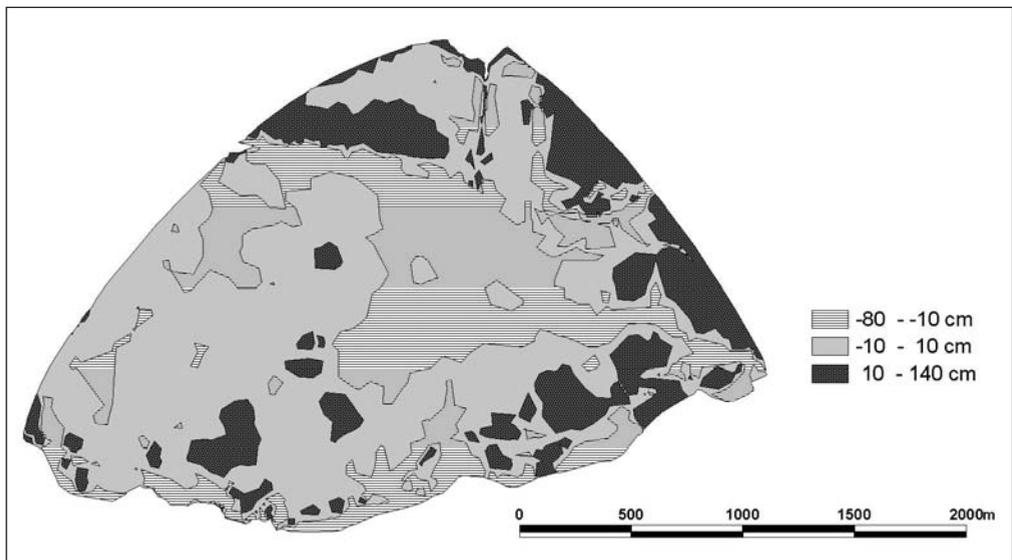


Abb. 5 Höhenniveaudifferenz 1952–1994

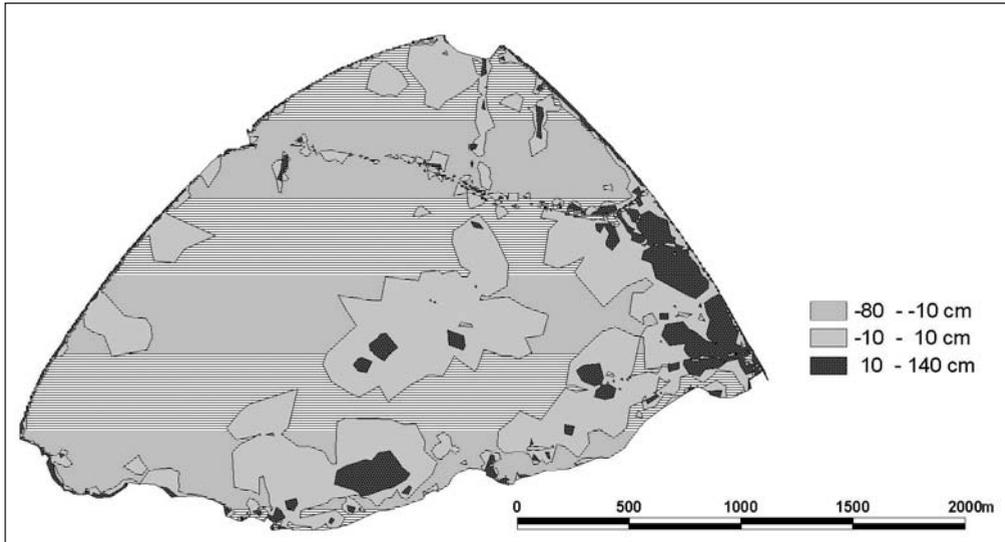


Abb. 6 Höheniveauänderung 1994–2001

Es ist festzuhalten, daß meßbare gleichgerichtete Akkumulationen nur für geringe Teile im südöstlichen Bereich entlang des Hauptdamms südlich der Helme zu verzeichnen sind. Außerhalb dieser Flächen, ist mit Ausnahme kleinräumiger Geländeauschnitte, in wenigstens einer der Analysen eine negative Höhenniveaudifferenz ausgewiesen worden, womit die Wirtschaftlichkeit nach diesen Aufnahmen bestätigt werden kann. Offene Fragen stellen sich, falls auch zukünftige Vermessungen eine flächenhafte negative Höhenniveaudifferenz erkennen lassen. Inwieweit oder ob überhaupt Zusammenhänge mit den Schachtanlagen des Sangerhäuser Kupferschieferbergbaus bestehen, kann hiermit nicht gesagt werden.

5 GEOCHEMISCHE ANALYSEN DER ABLAGERUNGEN DES TALSPERRENGRUNDES

Seit Inbetriebnahme der Talsperre Kelbra im Jahre 1969 gelangten Sedimente und Nährstoffe in das Hochwasserrückhaltebecken. Zumeist begradigte Vorfluter führen vor allem während der Schneeschmelze und nach Starkniederschlagsereignissen erodiertes Oberbodenmaterial direkt dem Rückhaltebecken zu. Die mitgeführten Nährstoffeinträge im partikulär gebundenem Zustand sind hier bezüglich deren Eutrophierungswirksamkeit untersucht worden. In einem Gutachten des STAU (1994) ist die Belastungssituation der Talsperre beschrieben worden (Tab. 7). Das Ergebnis spiegelt die Notwendigkeit der Untersuchung, bezugnehmend auf den diffusen Flächenaustrag von Nährstoffen wider. Änderungen der Eintragungsmengen in den letzten zehn Jahren, bedingt durch Kläranlagenbau, Reduzierung der Großvieheinheiten (GVE) und Einstellung der Intensivfischhaltung (Karpfenmast) wurden nicht weiter untersucht.

5.1 Wasserbeschaffenheit der Talsperre Kelbra

Der hohe Eutrophierungsgrad des Gewässers, bei dem neben den Grenzwerten bestimmter chemischer Parameter vor allem das ganzjährige Auftreten von Algenmassenentwicklungen, hier Blaualgen (*Aphanizomenon flos-aquae*), charakteristisch ist, führte gemäß der Richtlinie 76/160/EWG 1999 zur Abmeldung als EU-Badegewässer (STAU 1999). Durch die geringe Tiefe (\varnothing -2m) weist der Stausee keine Schichtung auf und begünstigt unter ausgeprägten sommerlichen Wetterlagen mit Temperaturen von 21–24°C sowie

Tab. 7 Belastungssituation der TS Kelbra STAU (1994)
¹Hydrogeologie Nordhausen GmbH (1993)

Einträge [%]	HGN ¹		STAU Halle/S.	
	kg N _{ges} /d	kg P _{ges} /d	kg N _{ges} /d	kg P _{ges} /d
Pflanzenproduktion				
- Flächeneintrag (ca. 223km²)	54.2	9.9	45.4	8.3
Tierproduktion				
- Güllewirtschaft (7458 GVE)	24.2	33.1	20.2	27.6
- Trockenhaltung (128 GVE)	0.2	0.1	0.1	0.1
kommunal/ industriell	19.0	48.9	15.9	40.8
Intensivfischhaltung 300t/a	2.4	8.0	2.0	6.7
SUMME	100	100	100	100

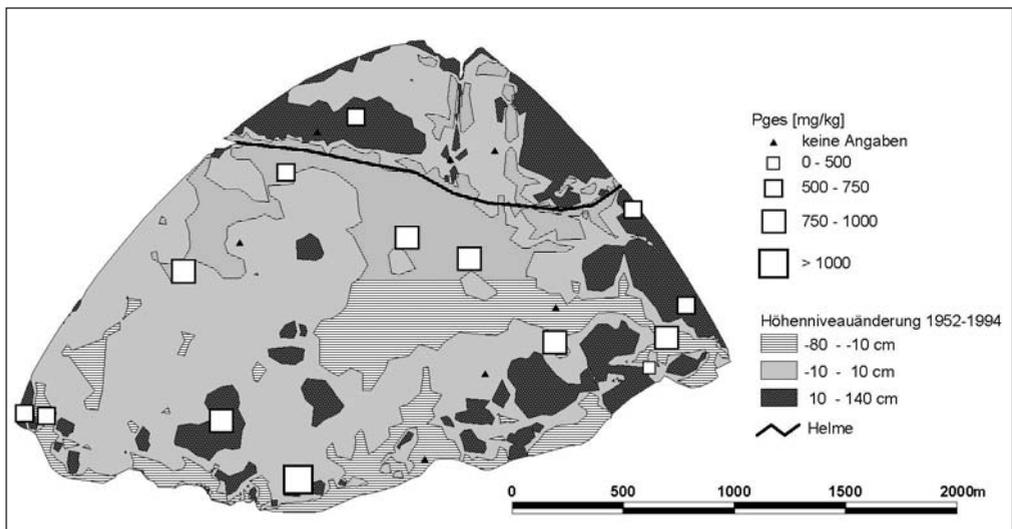


Abb. 7 Räumliche Verteilung Phosphor (gesamt)

einer ausgeglichenen Sauerstoffversorgung das Algenwachstum mit besonders hohen Raten. Die mittleren Jahreswerte für das Chlorophyll-a, als indirektes Maß für die Biomasse der Algen liegt meist über den Werten eutropher Gewässer von 8–25 µg/l (STAU 1999, KLAPPER 1992). Dagegen weist die Helme als Hauptvorfluter oberhalb der Talsperre Kelbra (Meßstelle Aumühle) seit 1995 die Güteklasse II auf und entspricht damit dem bundesweit angestrebtem Güteziel (STAU 1999).

5.2 Erfasste Parameter

Neben den Makronährelementen Phosphor und Stickstoff wurden die Parameter Kohlenstoff und Schwefel sowie der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit untersucht. Vor allem Orthophosphat [o-PO₄], das zu

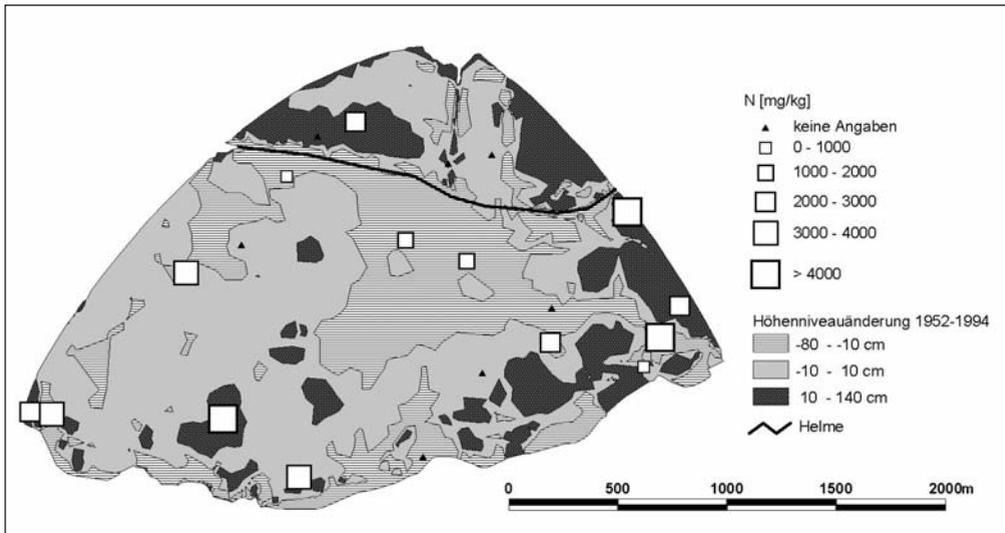


Abb. 8 Räumliche Verteilung Stickstoff

100% pflanzenverfügbar ist, wird in seinem raumzeitlichen Verhalten durch ein Maximum zu Beginn der Vegetationsperiode gekennzeichnet (VOLLENWEIDER 1968). Daneben ist der Stickstoff, in seinem Kreislauf zur Atmosphäre hin offen und über mikrobielle Bindung assimilierbar, ebenfalls als limitierender Faktor im eu- und polytrophen Bereich der Biomasseproduktion wirksam. Der Kohlenstoff ist Träger des Stoff- und Energiewechsels und der Schwefel wirkt in reduzierter Form als "Katalysator" im limnischen Stoffkreislauf (KLAPPER 1992), durch die Freisetzung von Phosphor bei der sulfidischen Festlegung von Eisen aus Ferriphosphat.

5.3 Methodik

Die Erstellung eines Meßnetzes erfolgte vor dem Hintergrund der Berücksichtigung der verfügbaren Daten der Höheniveauänderung des Talsperrengrundes von 1952 und 1994, um etwaige meßbare Korrelationen abbilden zu können. Die Probenahme fand flächendeckend durch die Aufnahme von oberflächennahen (5–10 cm) Proben (Mischproben), sowie an ausgewählten Standorten als Profilaufnahme statt. Die Untersuchung dieser Grenzschicht zwischen fester und flüssiger Phase (active layer), mit dem Nachweis entsprechender Gradienten und Remobilisierungspotentiale sollte damit beschrieben werden. Zusätzlich wird diese durch flächendeckende Trockenrisse in polygonalen Netzstrukturen (Abb. 9), mit mittleren Tiefen von 5–10 cm, vergrößert. Die Analyse der Parameter erfolgte für P als P_{gesamt} in Anlehnung an die DIN 38414-S12 (Königswasseraufschluß) und für N, C und S mit Hilfe eines Multifunktionsanalytens (vario EL).

5.4 Ergebnisse

Die Analysen oberflächennaher Beprobungen zeigen bezüglich ihrer räumlichen Differenzierung innerhalb der Talsperre ein relativ einheitliches Muster. So finden sich die höchsten Stoffkonzentrationen (P_{gesamt} : 1040[mg/kg], N_{gesamt} : 4640 [mg/kg]) in den am tiefsten gelegenen, fast ganzjährig wasserbedeckten und gleichzeitig nur schwach am Wasseraustausch beteiligten süd- und südöstlichen Bereichen (Abb. 7, 8 u. 10). Für die vertikale Differenzierung innerhalb der Profile sind ebenfalls gleichgerichtete Tendenzen einer Stoffkonzentrationsabnahme mit zunehmender Tiefe erkennbar und bestätigen damit das "Gradient-Ökosystem" (STEINBERG et al. 1996). Dagegen haben sich Korrelationen zwischen den vermessungstechnisch ausgewiesenen Akkumulationsflächen und erhöhten Stoffkonzentrationen im Ergebnis hier nicht gezeigt.



Abb. 9 Rückschreitende Erosion mit Schrumpfungsrissen in der Talsperre Kelbra
(Foto: T. Weichel)

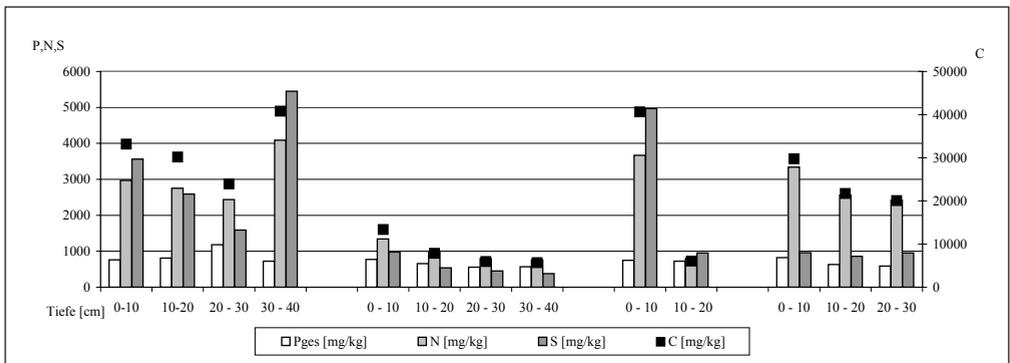


Abb. 10 Vertikale Verteilung der Stoffgehalte ausgewählter Profile

6 SCHLUSSFOLGERUNG

Neben der Lokalisierung potentieller Stoffaustragsflächen im Einzugsgebiet der Talsperre Kelbra, auf welchen erosions- und damit eutrophierungsmindernde Methoden der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung umgesetzt werden müßten, gibt es auch für den Talsperrenkörper an sich Verbesserungsvorschläge

zur Verminderung der Eutrophierung. Dabei treffen die Nutzungsansprüche, primärer Hochwasserschutz und sekundäre wirtschaftliche Nutzung des Objektes aufeinander. Der vollständige Abfluß während des Winterhalbjahres ist zur Erhöhung des Stauvolumens im Hochwasserfall notwendig. Gleichzeitig führt dies zur Ausbildung von großflächigen polygonalen Schrumpfungsrissen, die die Reaktionsfähigkeit der nährstoffreichsten oberen Ablagerungsschichten vor allem zu Vegetationsbeginn erhöhen. Des Weiteren werden durch den Abfluß Abflußbahnen initiiert, denen eine rückschreitende Erosion folgt, einhergehend mit der Freilegung der stofflich am stärksten belasteten Schichten, welche sich bei Niederschlags- und Abflußprozessen während des Leerstandes intensivieren. Die Eutrophierungstendenz des Gewässers wird dadurch auch zukünftig die sekundären Nutzungsanforderungen, insbesondere die Wasserqualität auf hohem Niveau beeinträchtigen. Durch die Ausbildung einer ausdauernden submersen Flora in wesentlichen Teilen des Seebeckens könnten diese Prozesse bei einem nicht vollständigen Ablassen der Talsperre möglicherweise reduziert werden.

Bezüglich der jüngsten Hochwasserereignisse in Mitteleuropa gilt dem Hochwasserschutz die Priorität. Über die Notwendigkeit, das Verständnis und die Akzeptanz sich bei der Hochwassersicherung nicht allein auf solche Rückhaltebecken zu verlassen und diese damit in ihren weiteren attraktiven Nutzungen zu beschränken, muß Gegenstand gesellschaftlicher Diskussion und aktueller landschaftsökologischer Forschung sein.

7 ZUSAMMENFASSUNG

WEICHEL, T.; NEUMEISTER, H.: Untersuchung des Sediment- und Nährstoffeintrages in die Talsperre Kelbra. - *Hercynia N.F.* **37** (2004): 5–17.

Eine in drei thematische Schwerpunkte gegliederte Untersuchung beschreibt die Folgen der über 30-jährigen Nutzung der Talsperre Kelbra. Infolge sich fortwährend ändernder Nutzungsansprüche an das Hochwasserrückhaltebecken, findet man heute einen bereits in seiner Konzeption (TÜMLING 1959) prognostizierten stark eutrophen Flachsee vor. Diffuse Nährstoffausträge, als bedeutende Quelle der Eutrophierung, wurden im Einzugsgebiet flächendeckend mit einem einfachen Modellansatz zur Erosionsprognose potentiell gefährdeter Ackerstandorte lokalisiert. Ausgehend von Stofftransportprozessen werden diese als Sedimente in der Talsperre abgelagert. Die quantitative Bestimmung des Stoffeintrages wurde mit Hilfe von Vermessungsdaten dreier Zeitschnitte dokumentiert. Neben der räumlichen Differenzierung von Veränderungen der Höhe der Beckensohle, konnten keine die Hochwassersicherung beeinträchtigenden Mengen ermittelt werden. Danach erfolgte die qualitative Bestimmung der Eutrophierungswirksamkeit der abgelagerten Sedimente mittels geochemischer Analysen der Parameter Phosphor und Stickstoff. Neben den höchsten Stoffkonzentrationen in den oberflächennahen Schichten, konnte ein ausgeprägtes Muster deren räumlicher Verteilung ermittelt werden. Sowohl die quantitative als auch qualitative Lokalisierung der Quellen und Senken des Nährstoffaus- und -eintrages wurde über verschiedene Skalen hinweg in ihrer Kausalität problembezogen analysiert.

8 LITERATUR

- AUERSWALD, K. et al. (1994): Eignung der mit DGM/GIS geschätzten Hangneigungen für die Erosionsprognose. - *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.* **74**: 75–76.
- BAGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hrg.) (1995): *Bodenübersichtskarte der BRD 1:1.000.000.* - Hannover.
- DRÄYER, D. (1995): Bestimmung der Bodenerosionsgefährdung unter Verwendung amtlicher GIS-Daten. - *Petermanns Geograph. Mitt.* **34**: 201–214.
- DUTTMANN, R.; BIERBAUM, J.; MOSMANN, T.; VOGES, J. (2000): Dimensionsübergreifende Modellierung des Wasser- und Stofftransportes am Beispiel eines GIS -basierten „downscaling“. - *Forsch. zur deutschen Landeskunde* **246**: 39–68.

- DVWK (1996): Bodenerosion durch Wasser. - Merkblätter zur Wasserwirtschaft, H.239.
- ESRI (1996): ArcView Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data. Redlands.
- ESRI (2000): ArcView Using Model Builder. For ArcView Spatial Analyst. Redlands.
- FREDE, H.-G. (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. 2.Aufl. - Landsberg.
- FRIEDRICH, K. (1993): Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung Digitaler Höhenmodelle für ein Bodeninformationssystem in Hessen. - Geolog. Jb. Hessen H.121: 151 - 168.
- JANKOWSKI, G. (1961): Quartäre Ablagerungen im Ried des mittleren Helme und Unstrutlaufes. - Geologie **10**: 50–66.
- KLAPPER, H. (1992): Eutrophierung und Gewässerschutz. - Jena.
- KUGLER, H.; VILLWOCK, G. (1990): Einflüsse von Gestein und Tektonik auf die Reliefgestaltung des südlichen Harzvorlandes. - Peterm. Geographische Mitt. **134**: 257 – 266.
- MARKS, R.; MÜLLER, M. J.; LESER, H.; KLINK, H.-J. (1992): Anleitung zur Bewertung des Landschaftshaushaltes (BALVL). 2.Auflage. - Trier.
- MEYER, B. (1997): Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in Intensivagrarlandschaften im Raum Leipzig-Halle. - UFZ-Bericht, Nr. 24/1997, Diss..
- NEEF, E. (1963): Dimensionen geographischer Betrachtungen. - Forsch. U. Fortschr. **37**: 361–363.
- RICHTER, G. (1998): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. - Darmstadt.
- SLAL (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Hrsg.) (1996): Erosion 2D/3D. Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. - Dresden.
- SIGLE, M. (1991): Die Erstellung von Bodenerosionsgefährdungskarten auf der Basis eines digitalen Geländemodells. - Geo-Informationssysteme (GIS) H.4: 2–7.
- SBA (Statistisches Bundesamt, Hrsg.) (1994): Corine Land Cover. - Wiesbaden.
- STAU HALLE (1994): Belastungssituation der Talsperre Kelbra, Halle, unveröff.
- STAU HALLE (1999): Wasserqualität der TS Kelbra, Halle, unveröff.
- STEINHARDT, U.; VOLK, M. (1999): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. - Stuttgart.
- STEINBERG, C.; CALMANO, W.; KLAPPER, H.; WILKEN, R.-D. (1995): Handbuch Angewandte Limnologie. - Landsberg.
- TOPOSYS GMBH: Informationsmaterialien Laserscanner Technologie. - Ravensburg.
- TÜMLING, W. VON (1959): Hydrologisch - Wasserwirtschaftliches Gutachten für einen Flußstau der Helme bei Kelbra, Erfurt. - Unveröff.
- VOLLENWEIDER, R. (1968): Scientific fundaments of eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor of eutrophication. - OECD, Techn. Report DA 5/SCI/68.27 Paris.
- VÖLKER, E.; VÖLKER, T. (1994): Bestimmung des Volumenverlustes einer Talsperre infolge Sedimentation und Auflandung. - Dipl.arb. TU Dresden.
- VÖLKER, R. (1991): Der historische Kupferschieferbergbau und seine Beziehungen zur Höhlen- und Karstforschung in Deutschland. - Karst und Höhle, München 1989/1990, 127–130.
- WAGENBRETH, O. et STEINER, W. (1985): Geologische Streifzüge. - Leipzig.
- WIECHMANN, H. (1973): Beeinflussung der Gewässereutrophierung durch erodiertes Bodenmaterial. - Landwirt. Forsch. **26**: 37–46.

Manuskript angenommen: 1. Oktober 2003

Anschrift der Autoren:
Dipl. Geograph Thilo Weichel
Institut für Wasserwirtschaft und Ökotechnologie
im FB Wasserwirtschaft
Hochschule Magdeburg-Stendal (FH)
Breitscheidstr. 51
D-39114 Magdeburg
Email: thilo_weichel@iwo.hs-magdeburg.de

Prof. Dr. Hans Neumeister
Universität Leipzig
Institut für Geographie
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
Email: neumeist@rz.uni-leipzig.de

HOLTMEIER, F.-K.: Tiere in der Landschaft. Einfluss und ökologische Bedeutung. - Verlag Eugen Ulmer Stuttgart 2002, UTB 8230. - 2., erw. Auflage, 367 S., 99 Abb., 72 sw-Fotos, 14 Tabellen. - ISBN 3-8252-8230-9. Preis: 39.90 Euro.

Während Tiere in landschaftsökologischen Untersuchungen lange Zeit lediglich als Inventar der Landschaft betrachtet wurden, rückte in den letzten beiden Jahrzehnten verstärkt der Einfluß der Tierwelt (bzw. bestimmter Tierarten) auf die Landschaft und deren Entwicklung in den Mittelpunkt des Interesses der Landschaftsökologie. Zu nennen wären hier u.a. Studien über die Beeinflussung von Ökosystemen durch Einschleppung von Parasiten und/oder Ansiedlung fremder Arten (incl. Haustiere), aber auch Arbeiten über die vermutliche Wirkung großer Pflanzenfresser auf die pleistozäne und nacheiszeitliche Vegetationsentwicklung in Mitteleuropa sowie über die potentielle Eignung der Herbivoren als Instrument der Landschaftspflege (für Deutschland z.B. GERKEN & GÖRNER 1999). Mit der Zeit stieg die Zahl der Studien, eine zusammenfassende Darstellung zumal in deutscher Sprache dagegen war nur schwer zugänglich (HOLTMEIER 1999).

Es ist daher sehr zu begrüßen, daß mit dem vorliegenden Band, einer erweiterten Auflage der Erstausgabe von 1999, die Thematik in Übersichtsform einem breiten deutschsprachigen Publikum zugänglich gemacht wird. Daß dabei aber kein Lehrbuch im klassischen Sinne, sondern vielmehr eine umfangreiche Sammlung von Beispielen vorgelegt wurde, macht den Wert des Buches aus.

Das Grundanliegen besteht in der Darstellung der Wirkungen wildlebender bzw. verwilderter Säugetiere, v.a. Pflanzenfresser, aber auch Vögel und Insekten auf ihren Lebensraum. An zahlreichen ausgewählten Beispielen demonstriert der Autor aus der Sicht des Landschaftsökologen, zum Teil sehr detailliert, Beziehungen zwischen Tier- und Pflanzenwelt in verschiedenen Regionen der Erde.

Im ersten und thematisch wichtigsten Abschnitt beleuchtet der Autor die Funktion und Wirkungen von Tieren in der Landschaft aus der Sicht der Landschaftsökologie. Hierbei geht er auf den Einfluß von Beweidung auf die Vegetation und den Lebensraum in verschiedenen Ökosystemen der Erde ein. Daneben wird aber auch gezeigt, welche Auswirkungen zyklischer Massenvermehrungen (v.a. von Insekten) auf die Vegetation haben können und wie bestimmte Verhaltensweisen von Tieren (z.B. Wühlen, Graben) wesentliche Standortfaktoren, wie Böden und Relief beeinflussen und verändern können. Abschließend wird die Bedeutung von drei Arten(-gruppen) als Schlüsselarten der jeweiligen Lebensräume dargestellt. Unter dem Begriff Schlüsselarten versteht der Autor solche Arten, die wesentlich die Stabilität des Ökosystems, in dem sie leben, bestimmen (Känguruhratten [*Dipodomys spec.*] im Süden der USA) bzw. sogar selber „schaffen“ (z.B. Biber [*Castor spec.*] in der Paläarktis und auf Feuerland).

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Ansiedlungen und Wiederansiedlungen verschiedener Tierarten auf die neuen Ökosysteme. Hier wird an bekannten Beispielen exemplarisch die Auswirkung von Neozoen auf Ökosysteme in verschiedenen Teilen der Welt dargestellt, z.B. Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) und Agakröte (*Bufo marinus*) in Australien, Bisam (*Ondatra zibethicus*) und Nutria (*Myocastor coypus*) in Mitteleuropa. Zum Teil sehr kritisch behandelt der Autor die (geförderte und selbständige) Wiederansiedlung verschiedener Arten, wie z.B. dem Biber, aber auch der großen Beutegreifer („Raubtiere“) Luchs (*Lynx lynx*), Wolf (*Canis lupus*) und Braunbär (*Ursus arctos*).

Den dritten Teil des Bandes bilden kurze Ausführungen zum Wildtiermanagement und der Bedeutung großer Pflanzenfresser in Landschaftspflege und Naturschutz.

Das Literaturverzeichnis umfaßt 57 Seiten. Dies ist ein Indiz für die umfangreichen Recherchen des Autors bei der Auswahl der vorgestellten Beispiele. Den Abschluß bildet eine Liste der Tiernamen, die taxonomisch interessierten Zoologen einige nomenklatorische Überraschungen bietet.

Es seien jedoch bei allem Fleiß und dem großen Umfang der Arbeit auch einige kritische Anmerkungen erlaubt. Generell ist festzustellen, daß der überwiegende Teil der in diesem Buch angeführten Beispiele und der zitierten Literatur aus Nordamerika stammt. Dies ist nicht unbedingt dem Interesse des Autors für diese Region geschuldet, sondern dokumentiert sicher auch den unterschiedlichen Stand der Forschungen in den USA und Kanada auf der einen Seite und z.B. Deutschland auf der anderen Seite.