

Bodenkundliche Untersuchungen zum landschaftsökologischen Wandel der Siegaue bei Hennef

Karl Heusch, Johannes Botschek und Armin Skowronek

Synopsis

The geoecological indicator value of alluvial soils is demonstrated in the Sieg river flood plain near Hennef/Northrhine-Westfalia. There soil properties indicate the formation of a late holocene soil chronosequence which is influenced by intense land clearing for mining purposes in the catchment area. Pollen analysis point out human impact on flood plain development by agriculture since Latène Age. At present, erosion provoked by construction of dykes endangers the ecological potential of the alluvial soils.

Auenböden, Pollenanalyse, Schwermetallbelastung, Deichbau, Bodenerosion, Sieg, Nordrhein-Westfalen

Alluvial soils, pollen analysis, heavy metal pollution, dyke, soil erosion, Sieg river, Northrhine-Westfalia

1. Böden in Flußauen

Auenböden entstehen im Überschwemmungsbereich von Flüssen und werden durch wechselnde Grundwasserstände geprägt. Neben den generellen Bodenfunktionen (Lebensraum-, Regelungs-, Nutzungs- und Kulturfunktion nach WBGU 1994) besitzen sie noch eine besondere Eigenschaft: zusammen mit ihrer Vegetation filtern sie Schwebstoffe aus den Hochwässern, stabilisieren feinkörnige Sedimente und dämpfen den Hochwasserabfluß. Außerdem werden Auenböden wegen ihrer meist hohen Fruchtbarkeit oft landwirtschaftlich genutzt.

Auenböden findet man auf unterschiedlich alten holozänen Akkumulationsoberflächen, die dann sog. Bodenzeitreihen (Bodenchronosequenzen) darstellen. Ihre entwicklungs- und kulturbedingten Eigenschaften spiegeln damit auch den landschaftsökologischen Wandel in der Aue wider.

Ein solcher Wandel soll anhand bodenphysikalischer, bodenchemischer und pollenanalytischer Untersuchungen für die Siegaue bei Hennef aufgezeigt werden.

2. Bodenentwicklung und landschaftsökologisches Potential der Siegaue

Die Sieg entspringt im Rothaargebirge bei ca. 600 m NN und mündet nach 144 km Lauflänge nördlich von Bonn in den Rhein. Im windungsreichen, tektonisch vorgezeichneten Ober- und Mittellauf wird sie von schmalen, wenige 100 m breiten Auen begleitet. Erst mit dem Eintritt in die Niederrheinische Bucht bei Hennef kann der Fluß bis zur 12 km entfernten Mündung frei mäandrieren.

Im Untersuchungsraum zwischen Hennef und Siegburg besitzt die 5 km² große Siegaue eine laterale Ausdehnung von 1 bis 1,5 km, deren Grenzen im Norden durch den großen Mäanderbogen vor den Hängen des Bergischen Landes und im Süden durch die deutlich wahrnehmbare Geländekante der letzt-kaltzeitlichen Niederterrasse gebildet werden. Die Hochwässer der Sieg werden durch einen Deich auf durchschnittlich 200 m Breite eingeeengt. Innendeichs werden alle Flächen bis auf ein 3 ha großes Eichenmischwäldchen ackerbaulich genutzt, während im Außendeichbereich Grünlandnutzung vorherrscht.

2.1 Flußgeschichte und Bodenentwicklungsstadien

Auen können mit Hilfe von Rinnensystemen und ihren Ablagerungen in diskrete Sedimentkörper untergliedert werden (SCHIRMER 1983). Im Untersuchungsgebiet ist eine solche Akkumulationssequenz nur südlich des Mäanderbogens erhalten, weil eine Schollenkipfung nach NNE ein stetiges Abdriften der Sieg nach Norden bewirkte (SCHRÖDER 1965). Die Hochflutlehmddecken der verschiedenen Sedimentkörper – nachfolgend als Auenterrassen bezeichnet – tragen charakteristische Böden unterschiedlichen Entwicklungsgrades mit differenzierten ökologischen Eigenschaften (Abb. 1).

Die Obere Auenterrasse (OAT) stellt mit 1,5 bis 2,5 m über bordvollem Wasserspiegel das höchstgelegene und flußfernste Niveau der Siegaue dar. In den durchschnittlich 1,2 m mächtigen Hochflutsedimenten ist die Pedogenese bis zur Ausbildung einer Au-

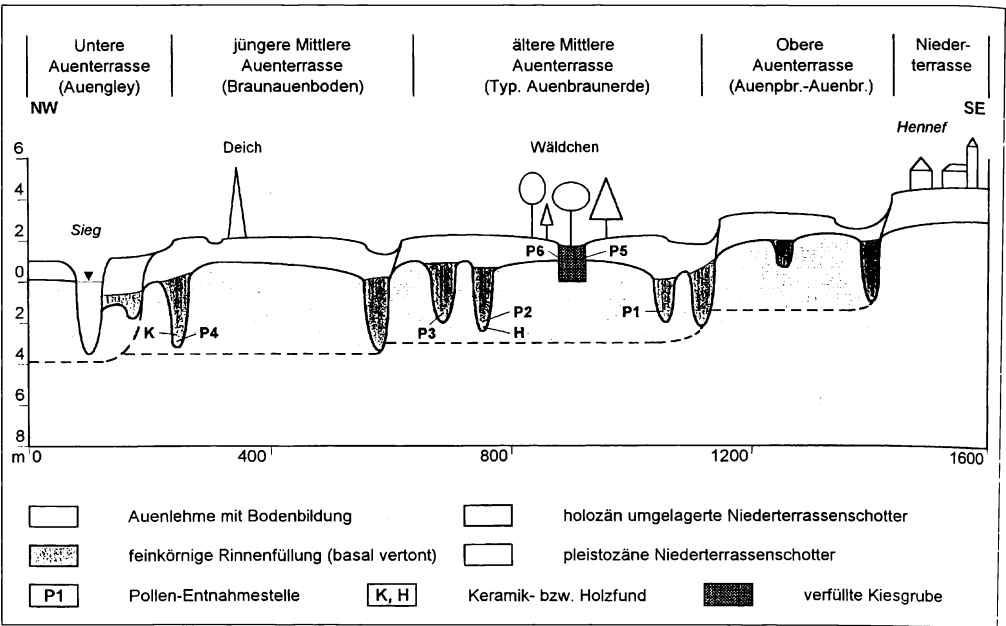


Abb. 1:
Stratigraphisches Modell der Siegaue bei Hennef

enparabraunerde-Auenbraunerde fortgeschritten. Den flächenmäßig größten Teil der Talau nimmt die Mittlere Auenterrasse (MAT) mit einer Höhe von 1 bis 1,5 m über bordvollem Siegabfluß ein. Die durchschnittliche Mächtigkeit der feinklastischen Sedimente schwankt hier zwischen 1 und 2 m. Der flußferne Teil (ältere Mittlere Auenterrasse = äMAT) trägt eine *Typische Auenbraunerde* mit kräftiger rotbrauner Färbung, während auf dem flußnahen Teil (jüngere Mittlere Auenterrasse = jMAT) *Braunauenböden* entwickelt sind. Die Morphologie der Mittleren Auenterrasse wird von zahlreichen Rinnen bestimmt, die sich mit zunehmender Nähe zur Sieg dem aktuellen Verlauf angleichen. Sie folgen somit dem Hochwasserabfluß in E-W-Richtung, wie er vor dem Deichbau existierte. Die flußbegleitende Untere Auenterrasse (UAT) ist stark hochwassergefährdet und den Schwankungen des Siegrundwassers unmittelbar ausgesetzt. Entsprechend haben sich die durchschnittlich 1 m mächtigen Böden nur bis zum *Auengley* bzw. *Auenregosol* entwickelt. Alle untersuchten Auenböden sind über ihr gesamtes Profil mit fein verteilten Holzkohlepartikeln durchsetzt.

Bei einem Körnungsvergleich der Auenböden wird der Zusammenhang zwischen fluvialer Dynamik und Bodentextur deutlich (Tab 2). In den untersuchten Böden weist jedes Profil eine nach oben feiner werdende Körnung auf. Auch wird in Siegnähe der Anteil der Sandfraktion größer. Damit spiegelt die Korn-

Fig. 1:
Stratigraphic model of Sieg river flood plain near Hennef

größenverteilung eine kontinuierliche Sedimentation auf dem Gleithang wider.

2.2 Auensedimente und Vegetationsentwicklung

Der landschaftsökologische Wandel in einer Talau läßt sich auch anhand der Vegetationsentwicklung dokumentieren. Mit Hilfe der Pollenanalyse ist es möglich, die Zusammensetzung und Sukzession der Vegetation während der Sedimentbildung zu rekonstruieren. Nach ZAKOSEK & al. (1991) enthalten Auenböden jedoch meist keine auswertbaren Gehalte an Pollen, da diese durch Bioturbation zerstört und durch sauerstoffreiche Hochwässer oxidiert sind. Eine gute Pollenerhaltung ist hingegen in tonigen Rinnenfüllungen zu erwarten, wo anaerobe Bedingungen herrschen. Auf der Mittleren Auenterrasse (MAT) sind einige der zahlreichen Rinnen basal mit tonigem und pollenführendem Sediment gefüllt. Aus diesen Ablagerungen, die durch Aufschlüsse einer Trinkwasserleitung angeschnitten waren, konnten an verschiedenen Stellen Pollenproben gewonnen und ausgewertet werden (Abb. 1 u. Tab. 1). Die Aufbereitung erfolgte mittels einer Schweretrennung nach FRENZEL (1964) und URBAN (1978).

Der hohe Prozentsatz an lokalen *Alnus*-Pollen sowie die Anwesenheit von *Cereales*- und *Poaceae*-Pollen in fast allen Proben zeugen davon, daß die Siegaue zur Zeit der Pollensedimentation teilweise unter

Pollenprobe Fundstelle Sedimentalter	P 1 Latènezeit (ca. 2210 v.h.)	P 2 äMAT	P 3	P 4 jMAT 15. Jhd	P 5 Wäldchen 19 75	P 6
	in % der Gesamtpollensumme					
Baumpollen	47	43	40	58	17	19
Nichtbaumpollen	53	57	60	42	83	81
Wald	in % der Baumpollensumme					
<i>Pinus</i>	2	0	3	5	66	72
<i>Picea</i>	0	0	0	0	1	9
Eichenmischwald:						
<i>Querc.</i> , <i>Tilia</i> , <i>Acer</i> , <i>Fraxin.</i> , <i>Ulm.</i>	30	20	30	17	4	0
<i>Fagus</i>	7	11	27	32	0	0
<i>Carpinus</i>	7	8	11	16	0	0
<i>Castanea</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Alnus</i> *	65	121	256	158	8	3
Sonstige Gehölze						
<i>Salix</i> , <i>Betula</i> , <i>Corylus</i>	54	61	29	29	29	19
Wasserpflanzen	in % der Nichtbaumpollensumme					
<i>Potamogeton</i> , <i>Myriophyll.</i> , <i>Typha</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Pediastrum</i>	0	1	0	0	0	1
Feuchtwiesen						
<i>Filipendula</i> , <i>Mentha</i> , <i>Lotus</i>	4	0	1	9	0	1
Gräser						
<i>Poaceae</i>	39	28	46	35	7	31
<i>Cereales</i>	12	5	7	13	15	13
Rudera						
<i>Artemisia</i> , <i>Chenopod.</i> , <i>Polygon.</i>	15	29	15	13	14	7
<i>Brassicaceae</i>	1	3	3	0	53	16
<i>Asteraceae</i>	9	22	11	7	7	24
Sonstige	19	12	16	23	4	7

* *Alnus* geht als lokaler, großer Pollenspender nicht in die Baumpollensumme ein, wird aber auf diese bezogen.

Tab. 1:
Pollenanalyse der
Mittleren Auen-
terrasse (MAT)

Tab. 1:
Pollen analysis of
Middle Flood Plain
Terrace (MAT)

tur stand. In den Proben P1 bis P3, die den älteren Rinnen der Mittleren Auenterrasse (Bereich der *Typischen Auenbraunerde*) entnommen sind, überwiegen die Nichtbaumpollen mit jedoch z.T. hohen prozentualen Anteilen von *Alnus*, *Carpinus* und *Quercus* unter den Baumpollen. Das Pollenspektrum deutet auf eine vorwiegend offene Vegetation mit Erlen-Bruchwald-Beständen an den Wasserläufen und vereinzelt Eichenmischhainen inmitten von Kulturfleichen. Ein datierter Holzfund aus demselben basalen Rinnensediment, aus der die Pollenprobe P2 stammt, besitzt ein ¹⁴C-Alter von 2210 ± 70 Jahre vor heute (HAM 3307). Die Vegetation und das ¹⁴C-Alter weisen somit auf eine stark entwaldete Aue während der Latènezeit hin.

In der Probe P4 aus einer jüngeren Rinne der Mittleren Auenterrasse (Bereich des *Braunauenbodens*) überwiegen hingegen die Baumpollen mit leicht erhöhten Werten an nicht lokaler, durch Fernflug transportierter *Pinus* sowie hohen prozentualen Anteilen von *Fagus* und *Carpinus*. Erstmals tritt hier auch die

mit den Römern eingewanderte *Castanea* auf. In unmittelbarer Nähe des Pollenfundes P4 wurde eine Keramikscherbe aus dem 15. Jahrhundert entdeckt. Dieser Fund und das Pollenspektrum deuten auf die im Spätmittelalter verbreiteten Flurwüstungen mit regeneriertem Auenwaldbestand hin. Historische Karten zeigen, daß noch vor 150 Jahren große Bereiche dieses flußnahen Teils der Mittleren Auenterrasse unter Wald lagen, während die übrige Aue landwirtschaftlich genutzt wurde.

Die Pollenproben P5 und P6 sind aus der Füllung einer etwa 20 Jahre alten Kiesgrube im Eichenmischwäldchen gezogen worden. In ihnen herrschen die Nichtbaumpollen deutlich vor, aber mit sehr hohen Anteilen von *Pinus* unter den Baumpollen. Erlen und Feuchtwiesenanzeiger sind fast vollständig aus dem Pollenspektrum verschwunden. Die hohen Werte der *Poaceae*, *Cereales* und *Brassicaceae* kennzeichnen eine z.Zt. praktizierte Ackerfruchtfolge. *Pinus* hat sich als starker Pollenspender in dem Eichenmischwäldchen heute fest etabliert.

2.3 Bodenökologische Eigenschaften

Aus den pedogenen Merkmalen der Auenböden können ökologische Eigenschaften abgeleitet werden. In den Tabellen 2 und 3 sind die für eine Bewertung des landschaftsökologischen Potentials der Siegaue wichtigsten physikalisch-chemischen Bodenparameter dargestellt.

Die durch fluviale Sedimentation geprägte Textur der Auenböden reicht von schwach tonigem Lehm bis zu schluffig lehmigem Sand (Tab. 2). Die Körnung beeinflusst andere bodenphysikalische Kenngrößen wie die Porengrößenverteilung und das Porenvolumen. Das an ungestörten Bodenproben in Stechzylindern ermittelte Gesamtporenvolumen (GPV) schwankt zwischen 43 und 53%. Anhand der Porung kann die Wasserspeicherkapazität der Böden und Sedimente berechnet werden. Bei einer durchschnittlichen Bodenmächtigkeit von 1,25 m besitzt die 5 km² große Aue ein Bodenvolumen von 6,25 Mio. m³. Die für die schnelle Wasseraufnahme und -abgabe entscheidenden Grob- und Mittelporen (GP u. MP) machen dabei 33 % aus. Das ergibt eine Speicherleistung von 2,1 Mio. m³, die bei Überschwemmungen zusätzlich zur Wasserretention beitragen könnten.

Die pH-Werte sowie die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) sinken vom ältesten bis zum jüngsten Auenboden leicht ab (Tab. 3). So liegen die Werte in der *Auenparabraunerde-Auenbraunerde* zwi-

schen pH 6,1 und 6,6 bzw. 85 und 95 mmol_c/kg und fallen in dem *Braunauenboden* unter pH 5,5 bzw. 54 mmol_c/kg. Die wiederum etwas erhöhten Werte des *Auengleys* sind auf die leicht alkalischen Grundwasserströme der Sieg zurückzuführen, die einer natürlichen Versauerungstendenz entgegenwirken. Insgesamt spiegeln die pH-Werte der untersuchten Böden den Einfluß der heutigen Nutzung (Ackerbau, Grünland) wider.

Die am Feinboden (Ø < 2 mm) im Königswasseraufschluß ermittelten Gesamtgehalte an Blei, Kobalt, Kupfer und Zink übersteigen in fast allen Horizonten der untersuchten Auenböden den von KLOKE (1985) angegebenen jeweiligen Schwankungsbereich der Schwermetallgehalte von unbelasteten Böden und Sedimenten (Tab. 3). Im Oberboden des periodisch überfluteten *Auengleys* überschreiten die Gehalte sogar deutlich die Grenzwerte der Klärschlammverordnung (ABFKLÄRV 1992). Eine Mobilisierung dieser Schwermetalle ist in geringem Maße nur für den *Braunauenboden* zu erwarten, da nach BLUME & BRÜMMER (1991) oberhalb pH 5,5 Kobalt, Nickel, Blei und Zink stark durch Huminstoffe, Sesquioxide und Tonminerale gebunden werden.

3. Anthropogene Eingriffe und landschaftsökologischer Wandel

Die pedologischen und vegetationsgeschichtlichen Merkmale lassen vermuten, daß der Mensch wesent-

Tab. 2:
Textur und Porung der untersuchten Auenböden

Bodentyp	Horizont	Tiefe	Sand	Schluff	Ton	FP	MP	GP	GPV
		cm				%	< 0,2 µm	0,2-10 µm	
Auenparabraun. - Auenbraunerde (OAT)	Ap	0-33	17	65	18	15	16	16	47
	AlBv	33-45	15	65	20	21	7	17	45
	Btv	45-65	18	58	24	23	6	18	47
	IIbV	65-75	34	44	22	19	8	16	43
	IIIbV	75-95	42	38	20	14	13	16	43
Typ. Auenbraun. (äMAT)	Ap	0-34	23	61	16	14	16	15	45
	Bv	34-60	25	56	19	14	15	17	46
	aM	60-75	39	45	16	11	15	17	43
Braunauenboden (jMAT)	Ap	0-32	37	51	12	10	18	19	47
	aMBv	32-65	35	54	11	10	14	23	47
	aM	65-89	43	47	10	8	12	25	45
Auengley (UAT)	Ah	0-15	28	52	20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	aMAh	15-25	42	44	14	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	aM	25-50	62	29	9	6	10	37	53
	aMGo	50-80	70	23	7	6	11	36	53

Tab. 2:
Texture and porosity of investigated alluvial soils

lich zum landschaftsökologischen Wandel der Siegaue beigetragen hat. Zur Aufhellung dieses Zusammenhangs müssen aber auch Prozesse im weiteren Einzugsgebiet berücksichtigt werden.

3.1 Bergbau und Bodenbelastung

In der Zeit zwischen 1000 und 400 v. Chr. führte die starke Bevölkerungszunahme und die zunehmende Verwendung von Eisenmetallen zur Erschließung des Siegerlandes. Nach MARSHALL & al. (1954) boten Erzgänge aus Siderit und Brauneisenstein ideale Voraussetzungen für den eisenzeitlichen Bergbau. Zur Verhüttung bedurfte es dabei umfangreicher Waldrodungen (Holzkohlegewinnung). Die Folge davon war, daß über Abtragungsvorgänge metallhaltiges und pedogenes Material in die Sieg gelangte. Die korrelierten Sedimente sind z.B. an der kräftigen Färbung der *Typischen Auenbraunerde* auf der älteren Mittleren Auenterrasse (äMAT) wiederzuerkennen. Zudem belegen die im gesamten Hochflutsediment verteilten Holzkohlereste den bergbaulichen Eingriff.

Doch wurden nicht nur eisenhaltige Sedimente in der Siegaue abgelagert. Der Abbau von anderen Buntmetallen im Siegerland erlebte nach RÖHRIG (1992) mit der Schürfung von Bleiglanz, Kobaltblüte, Kupferkies und Zinkblende vor hundert Jahren einen Höhepunkt, so daß entsprechende Schwermetalle die Auen zusätzlich belasteten (Tab. 3). Die letzte Grube

wurde erst 1966 stillgelegt. Die heute noch zahlreich anzutreffenden vegetationsfreien Abraumhalden am Mittel- und Oberlauf führen zu einer kontinuierlichen Schwermetallbelastung der Sieg und des außen-deichs gelegenen *Auengleys* auf der Unteren Auenterrasse (UAT).

3.2 Deichbau und Auenhydrologie

Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts blieb die Siegniederung als Überschwemmungsgebiet praktisch frei von Siedlungen und wasserbaulichen Eingriffen. Nach KRAFT (1989) wurden nahezu alle Dörfer unmittelbar am Rande des Hochflutbettes auf der Niederterrasse angelegt und waren somit vor Hochwässern geschützt. Obwohl bereits örtliche Deichverbände kleinere Deiche bei Hennef aufgeschüttet hatten, erreichten außergewöhnliche Hochwässer noch bis 1890 die Niederterrassenkante (HEUSCH & al. 1993). Im Jahre 1910 war die Hälfte der Siegaue bereits eingedeicht, wobei 146 ha Polderland nutzbar wurden. Ende der 30iger Jahre schließlich waren die Arbeiten zur Erstellung des heutigen Deiches abgeschlossen.

Die fortschreitende Befestigung der Siegufer bewirkte eine verstärkte Tiefenerosion des Flusses um ca. 1 m auf aktuelles Niveau. Aufgrund der Flußregulierungen werden heute nur noch 26% der Siegaue bei Hennef periodisch überschwemmt. Dies bedeutet ei-

Tab. 3:
Acidität, Austauschverhältnisse und Schwermetallbelastung der untersuchten Auenböden

Tab. 3:
Acidity, exchange properties and heavy metal pollution of investigated alluvial soils

Bodentyp	Horizont	Tiefe cm	pH (CaCl2)	KACeff	Ca	Mg	K	Na	Pb	Co	Cu	Zn
									ppm			
Auenparabraun.- Auenbraunerde (OAT)	Ap	0-33	6.6	95	85	6	4	0	66	17	24	129
	AIBv	33-45	6.4	85	77	6	3	0	50	16	23	108
	Btv	45-65	6.1	91	84	6	1	0	39	19	25	110
	IIBv	65-75	6.3	89	82	6	1	0	35	18	23	104
	IIIBv	75-95	6.3	85	78	6	1	0	35	18	23	99
Typ. Auenbraun. (äMAT)	Ap	0-34	6.0	75	67	5	2	1	46	14	20	96
	Bv	34-60	5.7	67	60	6	1	1	30	16	19	81
	aM	60-75	5.9	60	54	5	1	0	24	16	19	73
Braunauenboden (jMAT)	Ap	0-32	5.2	54	47	5	2	0	61	13	29	113
	aMBv	32-65	5.4	44	39	4	1	0	39	12	20	87
	aM	65-89	5.3	42	38	3	1	0	46	12	17	81
Auengley (UAT)	Ah	0-15	5.5	103	79	22	2	1	520	24	138	1253
	aMAh	15-25	5.5	73	56	15	1	1	488	22	108	1308
	aM	25-50	5.6	41	31	9	1	1	88	14	29	252
	aMGo	50-80	5.6	31	23	7	0	1	36	13	18	127
Gehalte in unbelasteten Böden und Sedimenten (n. KLOKE 1985)									0,1-20	1-10	1-20	3-50
Grenzwerte der Klärschlammverordnung (ABFKLÄRV 1992)									100		100	300

ne Verminderung des Boden-Retentionsraumes von 2,1 Mio. m³ auf 600.000 m³ (s.o. u. Tab. 2). Die Schutzdeiche schränken zwar die Überschwemmungen ein, reduzieren bzw. verhindern aber auch die Sedimentation von Feinmaterial. Gleichzeitig häufen sich nach HANDEL & VERWORN (1982) mittlere Hochwasserstände mit erhöhten Scheitelabflüssen, was bei Vorflutern mit geringer »Leistungsfähigkeit« die Häufigkeit der Überstau- und Ausuferungsereignisse erhöhen kann.

3.3 Ackerbau und Bodenerosion

Die früh einsetzende landwirtschaftliche Nutzung der Siegaue hat die Vegetation stark verändert (Tab.1). Zur einer drastischen Reduzierung der Artenvielfalt kam es dann mit der systematischen Umwandlung der Auenflächen in Polderland. Dies hatte zur Folge, daß die Bremsung und Filterung des Überschwemmungswassers durch die natürliche Auenvegetation weitgehend entfielen. Damit ist auch eine wesentliche Voraussetzung der Auenbodenbildung, nämlich die Akkumulation von Feinmaterial, nicht mehr gegeben. Ackerbau in Talauen verursacht sogar lokale Abtragung (MENSCHING 1957), nach BUND NATURSCHUTZ IN BAYERN (1987) gehen im Überflutungsbereich der Täler bis zu 50 t Boden pro Hektar und Jahr durch Erosion verloren.

Eigenen Beobachtungen zufolge ist auch die Siegaue durch Bodenerosion betroffen. So erzeugte im Dezember 1991 ein mittleres Hochwasser ausgeprägte Tiefenerosions- und Akkumulationsformen, die sich fast ausschließlich auf einer ackerbaulich genutzten Fläche im Außendeichbereich bildeten (HEUSCH & al. 1993). Bei diesem Ereignis fand eine Feststoffumlagerung von etwa 1.300 t statt. Die hohe kinetische Energie der Überflutung formte neue Hochwasserabflußrinnen und vernichtete im Erosionsbereich ökologisch wichtige Bodenfunktionen (Speicher, Filter, Puffer, Retentions- u. Lebensraum). Im Sedimentationsbereich führte die Ablagerung von Grobmaterial zur Überdeckung von Auenböden und damit zu einer einschneidenden Veränderung ihres Standortpotentials. Dieser – auenuntypische – Materialumsatz kann offenbar auf Dauer das Gerinnesystem destabilisieren und die Funktionen von Auenböden weiterhin gefährden: so wurde eine partielle Sanierung der geschädigten Flächen durch ein erneutes Hochwasser im Januar 1993 wieder zunichte gemacht.

4. Ausblick

Im Rahmen des Gewässerauenprogramms von Nordrhein-Westfalen (MURL 1990) werden z.Zt. unter Federführung der Staatlichen Umweltämter (StUA) mehrere Flußauenprogramme – auch für die Sieg – erstellt. Ziel ist die Entwicklung möglichst naturnaher Auen nach landschaftsökologischen Leitbildern (z.B. LOSKE & al. 1993). In dieser Konzeption werden Auenböden und ihre Eigenschaften nicht berücksichtigt. Der vorliegende Beitrag hat aber gezeigt, daß sich der landschaftsökologische Wandel einer Flußaue auch in pedologischen Merkmalen manifestiert. Landschaftsplanungen sollten daher Böden und ihre Eigenschaften (Funktionen) stärker integrieren, weil diese die Entwicklung von Ökosystemen beeinflussen (STEPHAN 1983).

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 350 »Wechselwirkungen kontinentaler Stoffsysteme und ihre Modellierung«. Ebenso danken wir Frau Dr. U. Leßmann-Schoch, Institut für Bodenkunde der Universität Bonn, für die Hilfestellung bei der Pollenanalyse.

Literaturverzeichnis

- ABFKLÄRV, 1992: Klärschlammverordnung vom 15. April 1992. – Bundesgesetzblatt, Teil I, Bonn: 912–934.
- BLUME, H.-P. & BRÜMMER, G., 1991: Prediction of heavy metal behaviour in soil by means of simple field tests. – *Ecotoxicology and Environmental Safety* 22: 164–174.
- BUND NATURSCHUTZ IN BAYERN, 1987: Katastrophale Erosionsschäden nach Hochwasser. – *Natur und Landschaft* 62: 174.
- FRENZEL, B., 1964: Zur Pollenanalyse von Lössen. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* 15: 5–39.
- HANDEL, P. & VERWORN, H.R., 1982: Anthropogene Einflüsse auf das Hochwassergeschehen. – *DVWK-Schriften* 53: 198 S.
- HEUSCH, K., BOTSCHEK, J. & SKOWRONEK, A., 1993: Fluviale Erosion und Sedimentation auf landwirtschaftlich genutzten Auenböden der Unteren Sieg. – *Berliner Geogr. Arb.* 78: 175–192.
- KLOKE, A., 1985: Richt- und Grenzwerte zum Schutz des Bodens vor Überlastungen mit Schwermetallen. – *Forschungen zur Raumentwicklung* 14: 13–24.

- KRAFT, B., 1989: Die Siegniederung bei Sankt Augustin – eine Flußlandschaft im Wandel der Zeit. – Heimatbl. d. Rhein-Sieg-Kreises 57: 157–169.
- LOSKE, K.-H., CONZE, K.-J. & CORDES, U., 1993: Das landschaftsökologische Leitbild für die Lippeaue zwischen Lippstadt und Lippborg. – LÖLF-Mitt. 1993 (4): 10–19.
- MARSHALL, A., NARR, K.J. & USLAR, R., 1954: Die vor- und frühgeschichtliche Besiedlung des Bergischen Landes. – Zeitschr. d. Berg. Geschichtsvereins 73: 322 S.
- MENSCHING, H., 1957: Bodenerosion und Auelehmbildung in Deutschland. – Deut. Gewäss. Mitt. 1: 110–114.
- MURL – MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, 1990: Gewässerauenprogramm. – Düsseldorf: 43 S.
- RÖHRIG, H., 1992: Der kurze Goldrausch. Auf den Spuren des Bergbaus an der Sieg. – Rhein-Sieg-Anzeiger, Sonderdruck, Köln: 11 S.
- SCHIRMER, W., 1983: Die Talentwicklung an Main und Regnitz seit dem Hochwürm. – Geol. Jb. A 71: 11–43.
- SCHRÖDER, E., 1965: Zur Talgeschichte der Unteren Sieg. – Decheniana 118: 41–45.
- STEPHAN, S., 1983: Der Boden in der Entwicklung der Ökosysteme. – Verh. Ges. Ökol. 10: 229–236.
- URBAN, B., 1978: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Gliederung des Altquartärs der Niederrheinischen Bucht. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 34: 165 S.
- WBGU – WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN, 1994: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994. – Economica, Bonn: 263 S.
- ZAKOSEK, H., KAHRER, R. & LESSMANN-SCHOCH, U., 1991: Möglichkeiten und Grenzen der Pollenanalyse in Böden. Mit einer Stellungnahme zu den »borealen Steppenböden« Rheinhessens. – Mainzer geowiss. Mitt. 20: 143–158.

Adressen

Dipl.-Ing. Agr. K. Heusch
Dr. J. Botschek
Prof. Dr. A. Skowronek
Institut für Bodenkunde der Universität
Nußallee 13
D-53115 Bonn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Skowronek Armin, Heusch Karl, Botschek Johannes

Artikel/Article: [Bodenkundliche Untersuchungen zum landschaftsökologischen Wandel der Siegaue bei Hennef 549-555](#)