

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 49 (2008)

Heft: 1

Artikel: Uferzonen von Fliessgewässern : Grenzen, Funktionen und geoökologische Prozessdynamik

Autor: Koch, Randy

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088292>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Uferzonen von Fließgewässern Grenzen, Funktionen und geoökologische Prozessdynamik

Randy Koch

Zusammenfassung

Uferzonen besitzen vielfältige naturräumliche und gesellschaftliche Funktionen. Sie bestehen aus verschiedenen Teilräumen mit unterschiedlichen Eigenschaften. In einer mehrjährigen Projektarbeit wurden die Uferzonen von Fließgewässern der Region Basel geoökologisch untersucht. Die Prozessdynamik der Wasser- und Stoffflüsse im Uferbereich präsentiert sich kleinräumig heterogen und zeitlich variabel. Die dominanten Fließpfade verlaufen unterirdisch. Andererseits variiert der Feststofftransport auf der Uferzonenoberfläche kleinräumig. In Ufergrasstreifen findet vermehrt Akkumulation statt, währenddessen die Uferböschungen intensiver Erosion ausgesetzt sind.

1 Einleitung

Uferzonen sind wichtige Bindeglieder zwischen landwirtschaftlichen bzw. anderen Nutzflächen und Gewässern. Ihnen kommt eine Schlüsselrolle beim Gewässerschutz zu. Als Uferzonen werden die schmalen Grenzräume entlang der Gewässer bezeichnet, die durch naturnahe Vegetation und einen schwankenden Wasserhaushalt gekennzeichnet sind. Sie besitzen vielseitige gesellschaftliche und ökologische Funktionen.

Ziel dieses Aufsatzes ist es, räumliche, begriffliche sowie funktionale Aspekte von Uferzonen vorzustellen. Des Weiteren wird ein Überblick über die geoökologische Prozessdynamik im Uferbereich gegeben, die das Ergebnis mehrjähriger Feldforschung im Länenbachtal (Basler Tafeljura) und Rüttebachtal (Südschwarzwald) ist.

1.1 Uferzonenforschung in Basel

In den letzten Jahren standen die Uferzonen in Kleineinzugsgebieten der Region Basel im Fokus der geoökologischen Forschungen am Geographischen Institut der Universität Basel. Der Autor untersuchte im Zeitraum 2003 bis 2006 intensiv die Uferzonen von Landwirtschaftsgebieten. Die Dynamik der Wechselwirkungen zwischen den Uferzonen, Fliessgewässern und angrenzenden Flächen im Uferbereich standen im Zentrum. Den Forschungsschwerpunkt stellten geoökologische Prozesse, Nährstoff- und Wasserhaushalt, die Bodendynamik im Uferbereich, aber auch umweltpolitische Aspekte der Uferzonenproblematik dar (Koch 2007).

Parallel zu dieser Arbeit entstanden weitere Dissertationen (z. B. von *R. Weisshaidinger* 2007) im gleichen Einzugsgebiet, dem Länenbachtal im Oberbaselbiet. Es wurden Untersuchungen zur Bodenerosion, zum Wasser- und Phosphorhaushalt sowie zur Gerinnedynamik durchgeführt. Das jährlich am Institut stattfindende *Physiogeographische Regionalpraktikum* wurde 2004, 2005 und 2006 in die Dissertationsprojekte integriert. Dabei wurden spezifische Fragestellungen zu den Fliesspfaden in Uferzonen (vgl. Koch et al. 2005) und zu den Bodeneigenschaften im Uferbereich (vgl. Koch 2006) untersucht. Im Regionalpraktikum 2006 standen zudem Aspekte der Regionalisierung und GIS-gestützten Uferzonenkartierung im Vordergrund (vgl. dazu Koch & Leser 2006 sowie Koch & Amhof 2007). In enger thematischer Anbindung führten *Amhof* und *Schaub* ihre Examensarbeiten durch (siehe deren Beiträge in dieser Ausgabe).

1.2 Stand der Uferzonen-Forschung

Uferzonenpublikationen mit ökologischem Hintergrund erschienen nach 1950 kontinuierlich. Nach Mitte der 1970er Jahre erfolgte ein massiver Anstieg der jährlichen Publikationen zum Thema, der bis heute anhält (dazu *National Research Council* 2002, 24f.). Um den aktuellen Stand geoökologischer Forschungsarbeiten zur Uferzonenthematik wiederzugeben, konzentriert sich die Diskussion der jüngeren Fachbeiträge auf “ganzheitliche Arbeiten” zum Stoffhaushalt und den Prozessen im Uferbereich. Ein holistischer Ansatz bei der landschaftsökologischen Erforschung der Uferzonen wird in den Arbeiten von *E. Niemann* (1962; 1971; 1974; 1984 & 1988) gewählt. Diese frühen geoökologischen Forschungsarbeiten sind für Fragen der “Nährstoffabschöpfung” (durch Entnahme von Pflanzenteilen) und Uferzonenbewirtschaftung immer noch wichtig. – Die Forschungsprojekte von *Mander* aus Tartu (Estland) untersuchen die ganzheitliche Prozess- und Nährstoffdynamik im Geoökosystem (vgl. z. B. *Mander* et al. 1995; 1997a & 1997b sowie *Knauer & Mander* 1989). Dabei wird der Nährstoffabbau in Uferzonen und besonders die *Reduktion* von Stickstoff und Phosphor quantifiziert.

Einen komplexen ökologischen Ansatz bei der Bearbeitung der Uferzonen- und Gehölzfunktionen verfolgen auch *Bölscher* et al. (2005) sowie *Naiman & Decamps* (1997). Neben dieser uferzonenpezifischen Literatur beziehen verschiedene Publikationen zum Gewässerschutz die Uferzonenthematik ein (z. B. *Kummert & Stumm* 1988).

Aufgrund interdisziplinärer Interessen am “Objekt Uferzone” wird der Landschaftsraum von diversen Fachvertretern und mit jeweils unterschiedlichen Zielen untersucht. Einen tiefer gehenden Überblick über den Stand der Uferzonenforschung gibt Koch (2007, 1f.).

2 Forschungsgebiete und Methoden

2.1 Die Erforschung von Uferzonen in der Regio Basiliensis

Die stoffhaushaltlichen Felduntersuchungen zu Uferzonen fanden in zwei Kleineinzugsgebieten im Basler Tafeljura und im Südschwarzwald statt. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand das *Länenbachtal* – ein Seitental im Oberlauf der Ergolz – das bereits seit den 1980er Jahren von den Basler Physiogeographen regelmässig untersucht wurde (z. B. Seiler 1983). Weitere Prozessstudien des Autors fanden am *Rüttebach* (D) im Hotzenwald statt.

Die Uferzonen des *Leimentals* wurden 2007 von Schaub analytisch untersucht und kartiert (vgl. Aufsatz Schaub, in dieser Ausgabe). Daneben gibt es weitere Uferzonen in der Region, die von den Basler Physiogeographen geoökologisch kartiert wurden. Das *Feuerbachtal* (D), das *Mülibachtal* (F, CH), das *Oristal* und das *Hochrheintal bei Rheinfelden*. – In der Abb. 1 ist die naturräumliche Lage aller untersuchten Uferzonen in der Region Basel schematisch dargestellt.

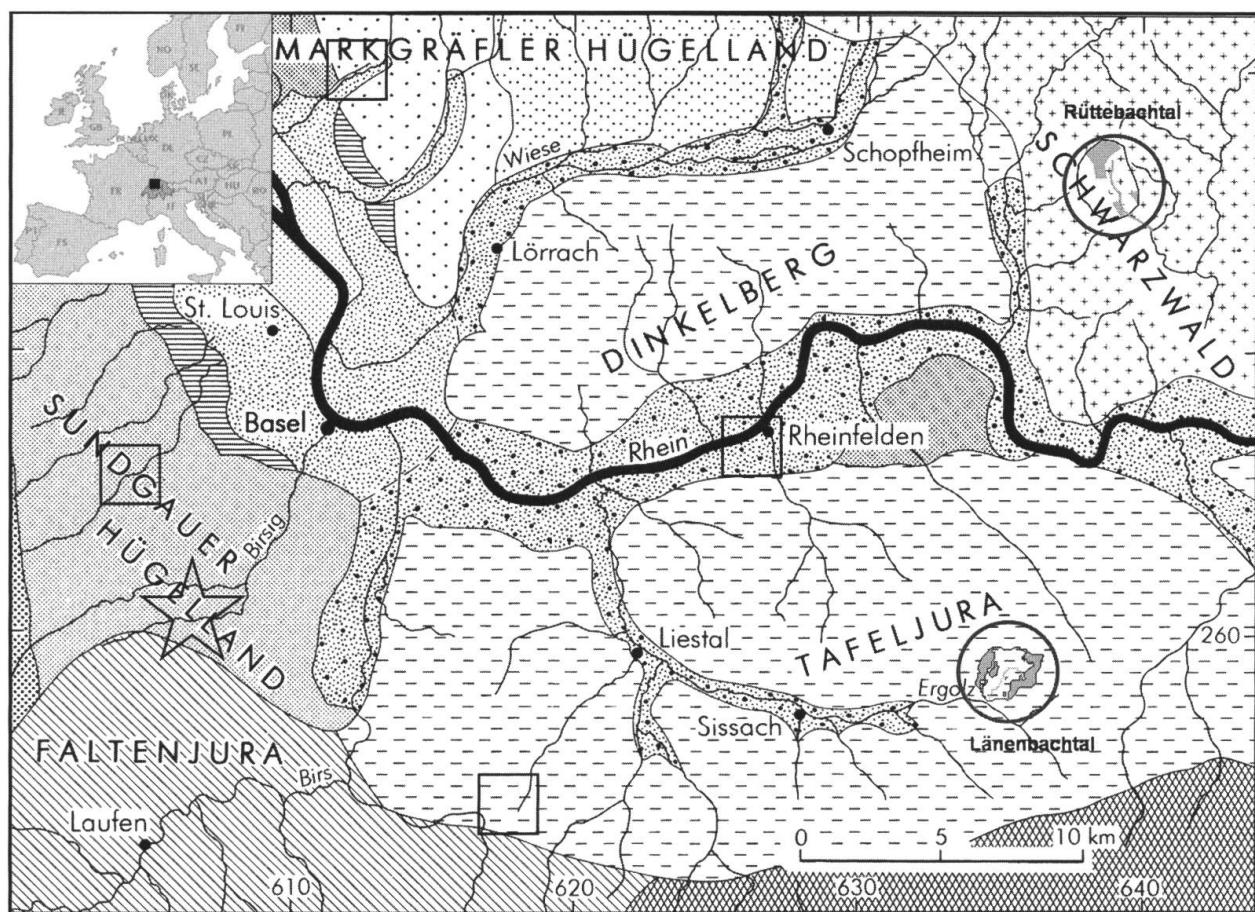


Abb. 1 Naturräumliche Lage der Untersuchungsgebiete in der Region Basel.

In den beiden eingekreisten Einzugsgebieten wurden die Uferzonen besonders intensiv stoffhaushaltlich untersucht. Mit Quadraten wurden die im Physiogeographischen Regionalpraktikum 2006 geoökologisch kartierten Täler markiert, die auch von S. Amhof in seiner Examensarbeit untersucht wurden. J. Schaub führte ihre Uferzonenforschungen im Leimental durch. – Kartengrundlage H. Leser, zuletzt 2005 verändert; durch R. Koch überarbeitet und ergänzt.

2.2 Methoden

Zur Feststellung und Prüfung von Kausalzusammenhängen und geoökologischen Prozessabläufen wurde ein vielfältiges Messkonzept entwickelt, um möglichst viele Prozesse und Prozessregler zu quantifizieren. Die ‘Komplexe Standortanalyse’ (vgl. *Leser* 1997, 354 oder *Mosimann* 1984) ermöglichte, kleinräumige landschaftsökologische Zusammenhänge in den Uferzonen zu erkennen. Dabei wurden die Teilsysteme Atmosphäre, Boden und Gestein, Boden- und Grundwasser, Oberflächenwasser, Relief, Vegetation und anthropogene Einflüsse in den Uferzonen in unterschiedlicher zeitlicher Dimension dokumentiert. Das “Fliessgleichgewicht” (vgl. *Neumeister* 1988, 176) einzelner Komponenten des Geoökosystems sollte möglichst repräsentativ erfasst werden. Ergänzend wurde durch Einzelbeprobungen, Spezialversuche, Objekt- und Ereignisdokumentationen sowie durch geoökologische Kartierungen die Informationsdichte erhöht. Mehrere Untersuchungsstandorte dienten zur lokalen Erfassung der Messgrößen, um den natürlichen Einfluss der ‘Heterogenität in der Landschaft’ (vgl. *Neumeister* 1999) zu minimieren. Die räumliche Heterogenität wurde durch Standortvergleiche erfasst. – Details zu den eingesetzten Feld-, Labor- und Auswertemethoden sind bei *Koch* (2007, 43f.) nachzulesen.

3 Definition der Uferzonen-Strukturen

Zu unterscheiden ist der *Uferbereich* (keine klare Begrenzung, beinhaltet die *Uferzone* und deren Nachbarräume) und die *Uferzone* (scharfe Abgrenzung zur Umgebung, keine Überbauung oder landwirtschaftliche Nutzung). Ausführliche Definitionen und scharfe Raumgrenzen der Uferzonen und ihrer Strukturglieder *Aussenuferzone*, *Uferstreifen*, *Ufergehölzzone* und *Uferböschung* ermöglichen den Vergleich einzelner Landschaftselemente und deren spezifischer Eigenschaften. In Abb. 2 ist ein Transekt durch einen typischen Uferbereich mit den unterschiedlichen Teilräumen zu sehen.

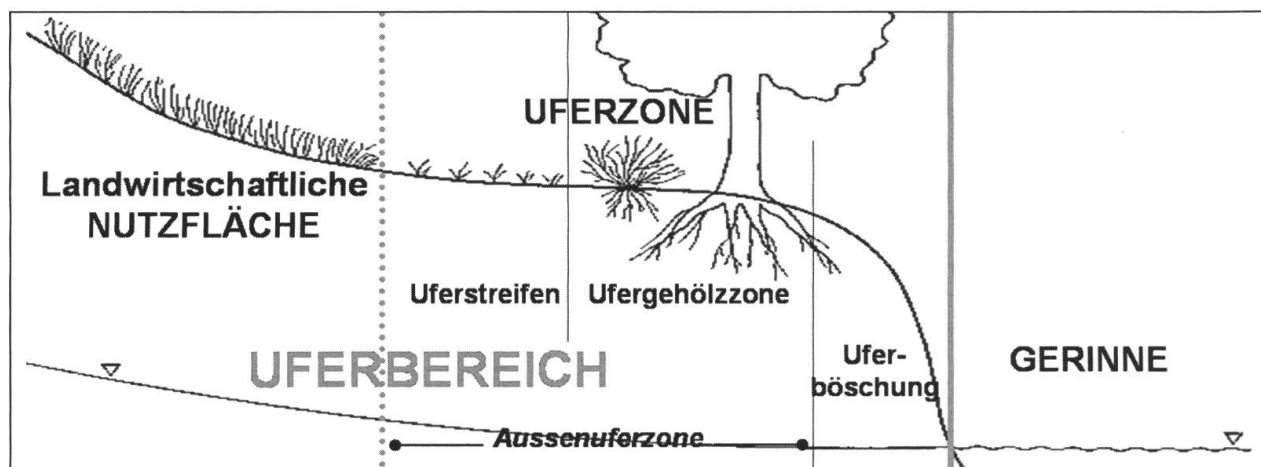


Abb. 2 Transekt durch den Uferbereich eines typischen Kleineinzugsgebietes.

Zu sehen sind die räumlichen Grenzen im Uferbereich. Im skizzierten Fall besteht die Uferzone aus den drei Strukturgliedern Uferstreifen, Ufergehölzzone und Uferböschung. Sie grenzt landseitig an die Landwirtschaftsfläche und auf der Wasserseite an das Gerinne. Die Aussenuferzone hat eine begriffliche Sonderstellung, denn sie ist vordergründig bei der raumplanerischen Umsetzung des Uferzonenschutzes von Bedeutung. – Aus *Koch* 2007, 18.

Obwohl die in Abb. 2 vorgeschlagenen Raumtypen und Grenzen im Uferbereich letztlich nur ein Modell der Realität sein können, ermöglicht die scharfe Abgrenzung der Teilläume beispielsweise das Erstellen von kleinräumigen Nährstoffbilanzen und andere geoökologische Detailvergleiche (vgl. Koch 2007, 106ff.). Nicht nur die Erforschung, sondern auch der alltägliche Umgang mit den Uferstrukturen wird begrifflich vereinfacht.

4 Resultate der geoökologischen Prozessforschung in Uferbereichen

4.1 Meteorologie, Abfluss und dominante Wasserfliesspfade

Die Untersuchungen der Standortniederschläge und -abflüsse am Länenbach ergaben, dass die *Interzeption des Ufergehölzes* sehr wichtig für die Retention (den Rückhalt) direkter, niederschlagsgebundener Wassereinträge in die Uferzonenböden ist. Unter den Ufergehölzen erreichte im Jahr 2004 – verglichen mit dem Freilandniederschlag – durchschnittlich 19 % weniger Niederschlagswasser die Bodenoberfläche (Koch 2007, 85).

Im Tafeljura sind *vertikale Bodeninfiltration*, *lateraler Grundwasserabfluss* und *Drainageabfluss* die dominanten Fliesspfade. Aufgrund der damit verbundenen unterirdischen Wasserbewegung – nämlich unter den Uferzonen hindurch – wird die effektive Retentionsfunktion der Uferzonenvegetation abgeschwächt. In Abb. 3 sind die empirisch ermittelten, dominanten Wasserfliesspfade (bezogen auf die Wassermenge) schematisch dargestellt.

Die jahreszeitlichen Maxima der Stoffkonzentrationen im Länenbach-Wasser wurden im Herbst/Winter nachgewiesen. Das ist die Zeit, in der die Uferzonenvegetation stagniert und deshalb sehr wenig Wasser und Nährstoffe aufnimmt. Das Retentionsvermögen ist folglich in dieser Zeit geringer und es findet sogar verstärkt Nährstoff-Freisetzung durch Laubfall und Umlagerung organischer Substanz statt. Anhand dieser Beobachtungen wird der jahreszeitliche Einfluss der Uferzonen auf die Wasserqualität sehr deutlich.

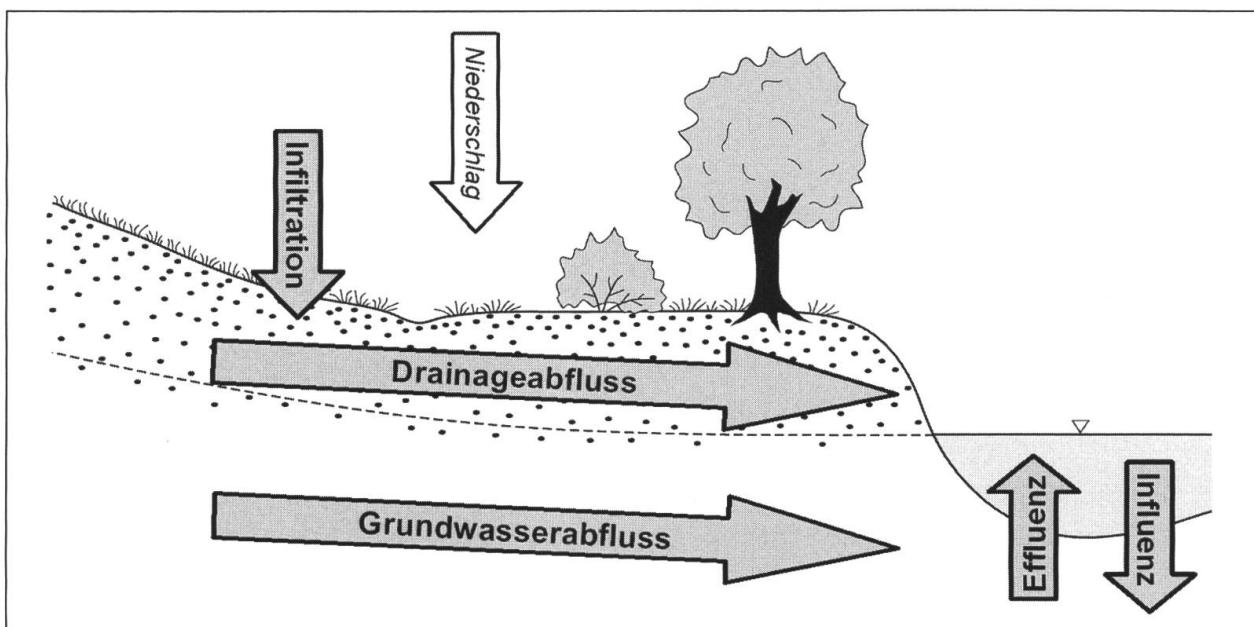


Abb. 3 Dominante Wasserfliesspfade im Uferbereich.

Der Niederschlag infiltriert überwiegend schnell in den Boden. Im Anschluss erfolgt der laterale Stofftransport über Drainagen und als Grundwasserabfluss zum Vorfluter. – Aus Koch 2007, 105.

Die Grösse und Ausdehnung der Uferzonen-Strukturglieder beeinflussen die Nährstoffkonzentrationen im Länenbach nachweislich. Allerdings ist dieser Einfluss weniger stark als der Einfluss der Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung auf den angrenzenden Parzellen. Beispielsweise nimmt der Nitrat-Gehalt im Länenbach-Wasser zusammen mit der Landnutzungsintensität bachabwärts kontinuierlich zu, währenddessen sich die Uferzonenstrukturen nur unmerklich ändern. Diese Erkenntnis hebt die stoffhaushaltliche Bedeutung unterirdischer Eintragspfade hervor. Die Vertikalkomponente des Stofftransports ist in den Untersuchungsgebieten stärker ausgeprägt als laterale Transportprozesse (siehe Abb. 3).

4.2 Oberflächenprozesse im Uferbereich

Der Transport von Wasser, Bodensediment und Nährstoffen findet allgemein hangabwärts in Richtung Vorfluter statt. Die Prozessdynamik auf der nährstoffreichen Bodenoberfläche des Uferbereichs ist für den Stoffhaushalt von grosser Bedeutung. Aus Gründen des Gewässerschutzes besteht deshalb ein prioritäres Interesse, diesen Prozesspfad möglichst zu minimieren.

Die stoffhaushaltlichen Untersuchungen in der Region Basel machten deutlich, dass in den äusseren Uferzonen (bei naturnaher Anlage) eine starke Retentionsleistung gegenüber den aus Landwirtschaftsflächen eingetragenen Stoffen auftritt. Der Oberflächenabfluss wird als Folge der dichten Bodenvegetationsbedeckung stark reduziert und es kommt vermehrt zur Akkumulation von Kolluvium auf der Bodenoberfläche. In den inneren Uferzonen und insbesondere im Bereich der Uferböschungen dominiert hingegen eine (Re-)Mobilisierung von Bodensedimenten. Aufgrund der fluvial initiierten Ufererosion erfolgt dieser stoffhaushaltliche Eingriff – aus Sicht der Uferzonen – vornehmlich exogen, nämlich vom Bach aus. Die uferzoneninternen Steuerungsmöglichkeiten und Handlungsspielräume zur Minimierung der Feststoffausträge sind deshalb begrenzt (vgl. Abb. 4).

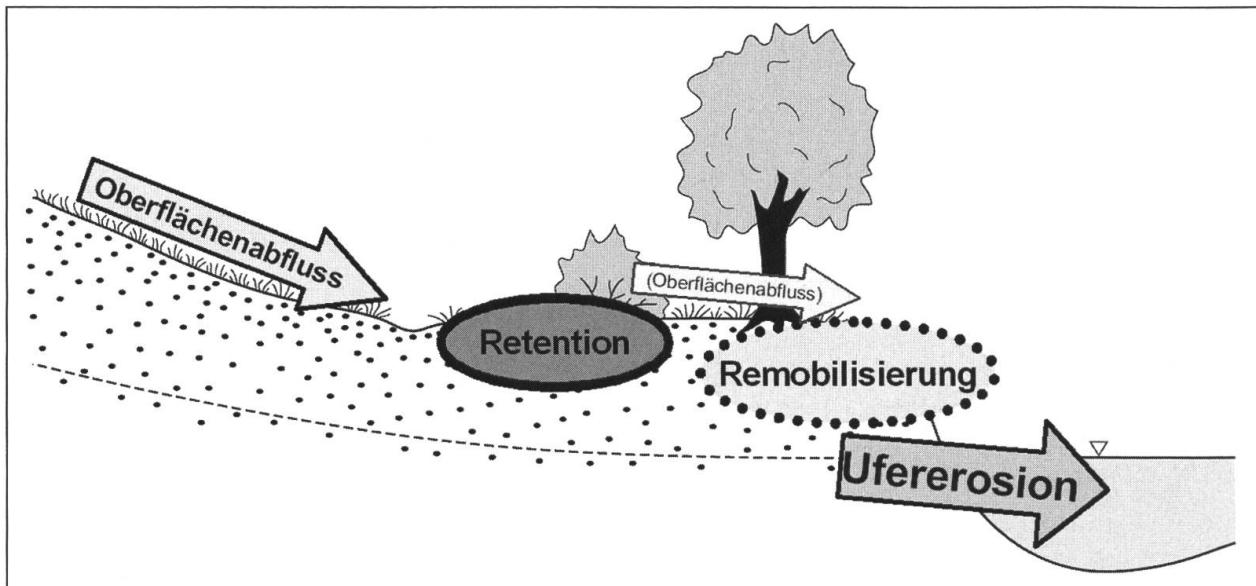


Abb. 4 Die Intensität von Oberflächenprozessen in Uferzonen.

In den äusseren Uferzonen kann bei üppigem Bodenbewuchs eine intensive Retention von Wasser, Bodensediment und Nährstoffen beobachtet werden. Oberflächenabfluss wird in bewachsenen Uferzonen stark abgeschwächt. Die Remobilisierung des Materials erfolgt in den inneren Uferzonen durch Ufererosion. Sie stellt den Haupteintragspfad für Bodensedimente und Phosphor in das Gerinne dar. – Aus Koch 2007, 150.

Für eine Verminderung der oberflächengebundenen Stoffausträge ins Gerinne können ein dichter Bodenbewuchs und naturnahe Uferböschungen wichtige Beiträge leisten. Dennoch zeigt sich, dass wasserbauliche Eingriffe in das Abflussverhalten und die Gerinnegestalt der Fliessgewässer primär für die Intensität der Ufererosion und damit für den Hauptanteil der Bodenphosphor- und Feststoffeinträge verantwortlich sind (vgl. Koch 2007).

4.3 Böden im Uferbereich

Ein wichtiges Resultat der *bodenphysikalischen Untersuchungen* ist, dass die naturnah gestalteten Uferzonenabschnitte eine höhere Wasseraufnahmekapazität, respektive ein besseres “vertikales Retentionsvermögen” besitzen, als verdichtete Böden und solche mit geringem Grundwasserflurabstand. Eine standortabhängig varierende Retentionskapazität für Wasser ist die Folge.

Die *chemischen Analysen* von Bodenproben aus Vertikalprofilen zeigten, dass die Stoffkonzentrationen in der Regel mit zunehmender Tiefe abnehmen. Die Nährstoffgehalte sind in Uferzonenböden für Gesamtphosphor, bioverfügbarem Phosphor und Stickstoff häufig niedriger als in den Böden der benachbarten Nutzflächen. Hohe Stickstoff-Konzentrationen häufen sich andererseits im Oberboden grasbewachsener Standorte, wie beispielsweise verkrauteten Uferzonenabschnitten. Die Stickstoff-Heterogenität im Boden wird primär durch Bodenvegetations- und Landnutzungsunterschiede hervorgerufen. Andererseits können die kleinräumigen Phosphor-Variationen vor allem durch geomorphologische Standorteigenschaften erklärt werden, denn in Tiefenlinien und an den Unterhängen akkumuliert vermehrt Bodensediment mit erhöhten Phosphorgehalten.

Um die kleinräumige Heterogenität der Oberbodeneigenschaften und ihren Zusammenhang mit den Uferzonenstrukturen aufzuzeigen, fanden *hochauflösende bodenchemische Untersuchungen* auf einer ca. 30x30 m grossen Uferfläche am Länenbach-Unterlauf statt. Es traten dabei in erster Linie Nährstoffanomalien und ausgeprägte Standortheterogenitäten in Erscheinung. Vor allem die Phosphor-Maximalgehalte wurden stark von kleinräumigen Sonderflächen (Brandflächen, kleine Grashaufen u. a.) beeinflusst, die teilweise sogar einen Trend zur Stoffanreicherung in diesen Uferzonen-Oberböden zeigten. Stickstoff wurde hingegen – in Relation zum benachbarten Landwirtschaftsboden – im Uferzonenboden reduziert, allerdings auf tiefem Niveau. Tendenziell kommt es in den Uferzonen-Oberböden zur Phosphor-Anreicherung in den flacheren Geländeabschnitten der landseitigen Uferzonen, was möglicherweise als Folgeerscheinung der Retentionsfunktion von Ufergrasstreifen interpretiert werden kann.

Die Retentionsfunktion der Uferzonen für Oberflächentransporte (vgl. z. B. Zillgens 2001) führt nachweislich zunächst zu einer Nährstoffanreicherung im Uferzonen-Oberboden. Nur die Stoffaufnahme durch die Uferzonenvegetation steht diesem Effekt konträr gegenüber. Die Uferzonenböden in Nachbarschaft von Landwirtschaftsflächen benötigen deshalb einen Kompensationseffekt, um – trotz lateraler *Stoffeinträge* und *Retention* – in der Bilanz einen Nährstoffabbau zu generieren. Die zyklische Pflege der Ufervegetation (Grasmahd, Gehölzschnitt u. a.) bei gleichzeitiger “Entnahme von Pflanzenteilen” (Beernten im weiteren Sinne) könnte beispielsweise erheblich dazu beitragen, einen Abbau der durch Retention angereicherten Bodennährstoffe (*Reduktion* im Sinne von Koch 2007) herbeizuführen (siehe Ablaufschema, Abb. 5).

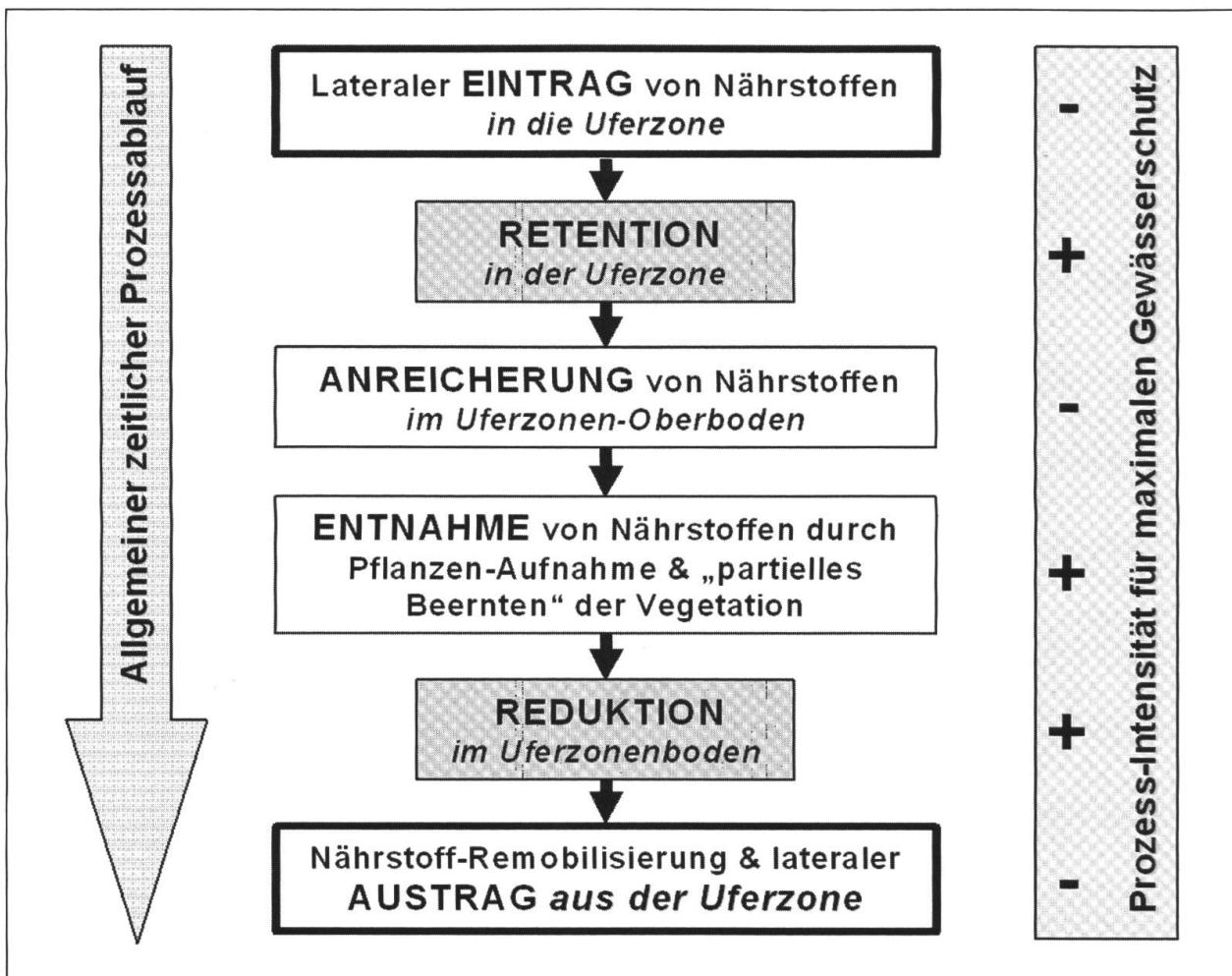


Abb. 5 Der Bodennährstoffpfad von der Nutzfläche durch die Uferzone zum Vorfluter.
 In der Uferzone soll eine maximale Retention von Nährstoffen stattfinden, was aber eine Nährstoffanreicherung im Uferzonen-Oberboden mit sich bringt. Die Entnahme von Bodennährstoffen durch die Ufervegetation und der endgültige Nährstoffentzug durch "zyklisches Beernten" des Bewuchses ist das anthropogene Steuerglied in der Uferzone. Nur wenn der Nährstoffverbrauch bzw. die Entnahme grösser ist als die Nährstoffanreicherung als Folge der Retention, kommt es zur Reduktion von Bodennährstoffen in der Uferzone. – Aus Koch 2007, 135.

4.4 Resultierende geoökologische Prozessdynamik

Das Modell in Abb. 6 stellt eine graphische und räumliche Zusammenfassung der Prozessdynamik in Uferbereichen dar. Es wird in erster Linie die Transportintensität von Wasser und Feststoff dargestellt. Bei den Wasserfliesspfaden sind demnach *Niederschlag, Evapotranspiration, Bodeninfiltration, Grundwasserabfluss, Effluenz und der fluviale Abfluss* die quantitativ bedeutenden Prozesse im Uferbereich. Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Hangwasseraustritte spielen stoffhaushaltlich eine eher untergeordnete Rolle. Beim Feststofftransport dominieren *Oberflächenprozesse und Ufererosion*. Abschwemmung, Verlagerung und fluviale Tiefenerosion sind quantitativ weniger von Bedeutung (siehe Abb. 6).

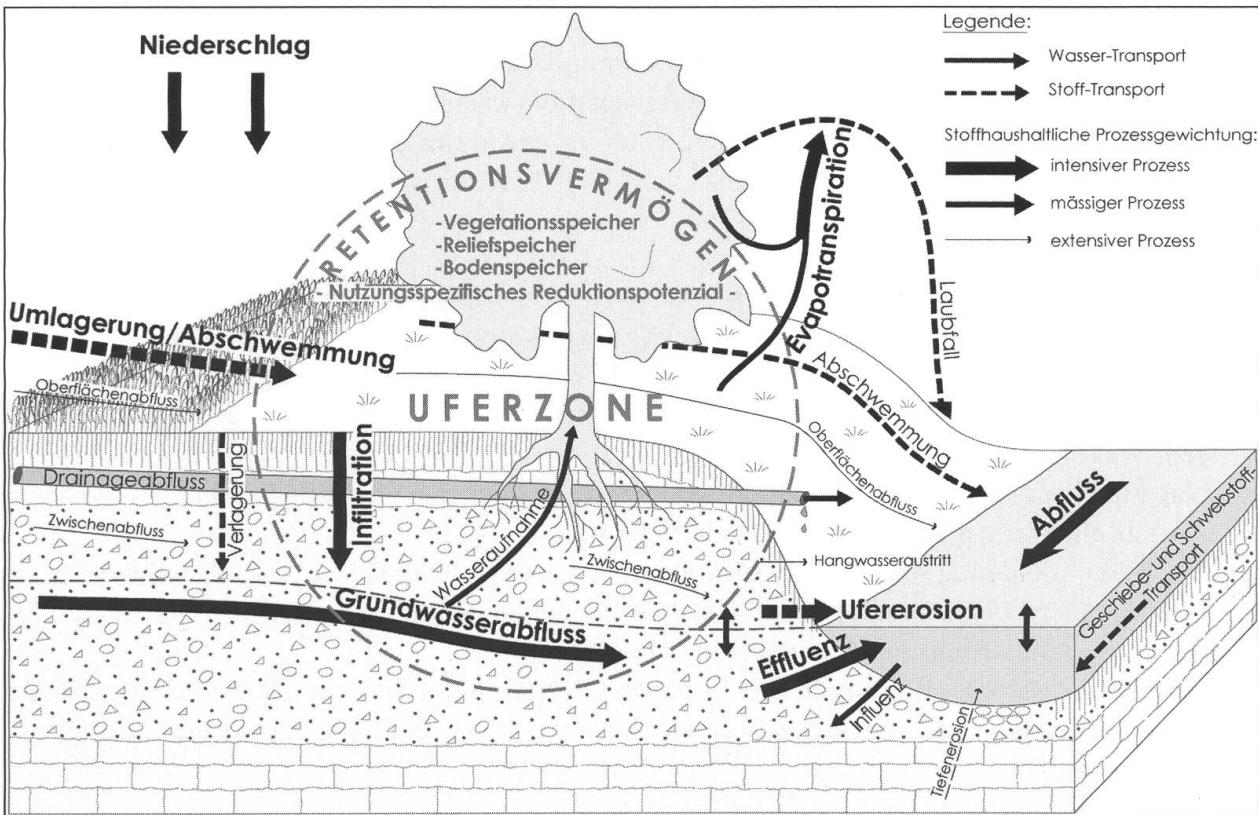


Abb. 6 Stoffhaushaltliche Gewichtung der Prozesse im Uferbereich als Synthese der Detailstudien. Das Modell der Prozessintensitäten beruht auf quantitativen Messdaten in den Untersuchungsgebieten. Der Uferzoneneintrag erfolgt demnach vor allem über Niederschlag, Grundwasserabfluss und Umlagerungsprozesse. Die prioritären Austragspfade sind Evapotranspiration, Effluenz und Ufererosion. – Aus Koch 2007, 208.

5 Diskussion

5.1 Gewässerschutz durch Retention und Nährstoffreduktion in Uferzonen

Es bestehen Kausalzusammenhänge zwischen *Retention* (Stoffrückhalt), *Reduktion* (Verminderung der Nährstoffgehalte), *Remobilisierung* und den Einträgen in die Fließgewässer (vgl. Abb. 3, 4 & 5). Niemann (1988, 61f.) und Wegener (1981) propagieren, dass die *anthropogene Nährstoffabschöpfung* eine Schlüsselrolle beim nachhaltigen Nährstoffentzug in der Uferzone spielt.

Das Thema Nährstoffreduktion in den Uferzonen bzw. die Nährstoffabschöpfung ist besonders wichtig, wenn es um den Schutz der Fließgewässer vor Stoffeinträgen geht. Um die Reduktionsleistung zu maximieren, werden optimale Rahmenbedingungen benötigt. Als Quintessenz können folgende Idealvorstellungen für eine Maximierung der Reduktionsleistungen festgehalten werden, wie sie in ähnlicher Weise auch von Niemann (1988) empfohlen wurden:

- Die Stoffeinträge in Uferzonen dürfen ein Normalmass nicht überschreiten. Es ist förderlich, den Düngerverbotsstreifen auch auf den Uferbereich ausserhalb der eigentlichen Uferzone zu erweitern, um bereits auf den Landwirtschaftsflächen mit der Nährstoffabschöpfung zu beginnen.
- Die Retentionszeit sollte lang sein, denn dem Zeitfaktor kommt eine besonders grosse Bedeutung bei natürlichen Regulationsvorgängen und anthropogenen Steuerungsmassnahmen zu.

- Die Uferzonenstrukturen sollten breit und vielfältig sein, um einen grossen “Reaktionsraum” für Retention (Rückhalt) und Reduktion (Verminderung) zu schaffen.
- Die Bewirtschaftung und Pflege der Uferzonen muss nachhaltig geplant werden, um eine regelmässige bzw. zyklische Nährstoffentnahme zu gewährleisten.
- Ein Ufergrasstreifen sollte in Nachbarschaft aller Landwirtschaftsflächen angelegt werden. Dieser ungedüngte, hochproduktive Bereich neigt zu intensiver Retention und muss deshalb regelmässig gemäht und gepflegt werden.
- Gehölzzeilen dürfen in den mitteleuropäischen Uferzonen nicht fehlen. Sie spielen bei der Wasseraufnahme und Nährstoffabschöpfung in grösserer Tiefe eine bedeutende Rolle. Ufergehölze sollten regelmässig gepflegt (Rückschnitt, Totholz-Entnahme, Verjüngung etc.) und extensiv genutzt werden, denn ihre Effizienz hängt von den Wachstumsraten und der Biomasseproduktion ab.
- Nährstoffbedürftige Pflanzenarten gilt es zu fördern bzw. gezielt anzupflanzen, um die Nährstoffabschöpfung aus dem Boden zu maximieren.
- Die Remobilisierung sollte minimiert werden, wozu ein dichter Bodenbewuchs notwendig ist. Ein besonderes Augenmerk gilt den Uferböschungen, die möglichst flach, niedrig und mit üppigem Bodenbewuchs ausgestattet sein sollten.
- Für eine Wasserrückführung in die Atmosphäre sind hohe Evapotranspirationsraten förderlich. Eine ausgeprägte Ufervegetation mit Gehölzen wirkt begünstigend auf die “biologische Entwässerung”.

5.2 Funktionen von Uferzonen

Niemann (1974) publizierte erste Überlegungen zur landschaftsökologischen Funktion von Fliessgewässern und Uferzonen in Mitteleuropa. Auch *Haupt* et al. (1982) beschäftigten sich mit den ökologischen Funktionen von Uferzonen. Einige Jahre später kann eine thematische Differenzierung der wissenschaftlichen Uferzonenfunktionen beobachtet werden. *Karthaus* (1990), *Böttger* (1990) und *Cornelsen* et al. (1993) setzten sich mit den bioökologischen Funktionen der Uferzonen auseinander. Mit der Filter-, Distanz- und Abschirmfunktion von Uferstreifen für die Gewässer beschäftigten sich z. B. *Fabis* et al. (1995).

In Anlehnung an die “Bodenfunktionen” (vgl. z. B. *Opp* 1998, 33f.) können folgende allgemeine Uferzonenfunktionen abgeleitet werden: die *Regelungsfunktion* (Stoff- und Energieumsätze, Ein- und Austräge); *Lebensraumfunktion* (Pflanze, Tier, Mensch); *Produktionsfunktion* (Biomasse, Grundwasser); *Transportfunktion* (Wasser, partikuläre und gelöste Stoffe); *Informationsfunktion* (Landschaftsarchiv, Sedimentationsräume, Aufschlüsse); *Standort- und Trägerfunktion* (Gebäude, Infrastruktur, Vegetation) sowie die *Schutzfunktion* (Hochwasser, Erosion, Gewässerschutz, Mikroklima). Diese “Funktionstypen” sind einzeln betrachtet sehr unterschiedlich.

Die *Regelungsfunktion* der Uferzonen wurde primär in der Dissertation von *Koch* (2007), allerdings auch von anderen Wissenschaftlern (z. B. *Mander* et al. 1995) intensiv geoökologisch erforscht, da Uferzonen aufgrund ihrer Lage eine grosse Bedeutung für den Boden- und Gewässerschutz haben. Für die Regelungsfunktion sind folgende Prozessabläufe von Bedeutung: *Retention* (Rückhalt von Wasser und Stoffen in verschiedenen Speichern der Uferzonen) und *Anreicherung* oder *Reduktion* (Verarmung bzw. Verminderung durch Entnahme von Nährstoffen aus der Uferzone nach *Koch* 2007).

Uferzonen verfügen über eine *Lebensraumfunktion*, da sowohl Pflanzen und Tiere, als auch Menschen diese Biotope nutzen. Die Aspekte der Arealverknüpfung (Korridorräume) und des Wasserhaushalts spielen für die Lebensraumfunktion eine wichtige Rolle. Innerhalb der

Uferzonen wechseln Bodenfeuchte-Bedingungen und Vegetation kleinräumig, was die Biodiversität allgemein fördert (vgl. z. B. *Karthaus* 1990 oder *Schlüter* 1990). Für Tiere sind Uferzonen zur Verbindung gröserer Biotope (Korridore) notwendig, da der Vegetationsbestand Wanderungen begünstigt. Vor allem für Kleintiere und Vögel, aber auch für feuchteliebende Arten (z. B. Kriechtiere), sind Uferzonen ideale Lebensräume. Erwähnt werden sollen auch die aquatischen Arten, die den Gewässerrand beleben (vgl. *Karthaus* 1990). Der Mensch siedelt historisch entlang der Wasserläufe. Dennoch sind die Uferzonen kein kontinuierlicher Lebensraum für den Menschen, da – nach Definition – eine Überbauung die Zugehörigkeit zur Uferzone ausschliesst. Eine diffuse extensive Nutzung durch den Menschen ist gleichwohl gegeben. So finden z. B. Gehölzpfllege und Holzentnahme statt (vgl. *Niemann* 1988).

In Uferzonen, die definitionsgemäss nur extensiv genutzt werden, hat die *Produktionsfunktion* vornehmlich einen natürlichen und standortgerechten Charakter. Vor allem in den gehölzbestandenen Teilen findet ein hoher Umsatz an Biomasse statt (*Niemann* 1988). Hohe Umsatzraten und Streuauflagen des Oberbodens sind häufig anzutreffen. Neben diesen biotischen Aspekten ist die Produktionsfunktion auch für das Grundwasser (Prozesse der Uferfiltration) bedeutend. Die flussnahen Bereiche sind Grundwasserbildungsräume, da neben dem erhöhten Wasserangebot auch Schotterkörper und andere durchlässige Sedimente im Untergrund anstehen.

Die *Transportfunktion* der Uferbereiche schliesst Wasser- und Stofftransporte mit ein. Das vorherrschende Transportmedium Wasser enthält gelöste und partikuläre Stoffe. Beim allgemeinen Transport in Richtung Fliessgewässer kann zwischen Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Grundwasserabfluss unterschieden werden. Der Oberflächenabfluss während Regenereignissen und dessen Retention wird von der Breite und dem Bewuchs der Uferzonen beeinflusst (vgl. z. B. *Zillgens* 2001).

Uferzonen haben auch eine *Informationsfunktion*. Sie enthalten einerseits Informationen über rezente Erscheinungen, andererseits aber auch über die kleinräumige Landschaftsentwicklung. Häufig sind die Uferbereiche an konkaven Unterhängen oder in Auen gelegen, wo verstärkt Akkumulation stattfindet. Vom Oberhang hierher transportiertes bzw. bei Überschwemmungen abgelagertes Material wird in den Uferzonen zum Teil langfristig archiviert. Die Auenböden sind deshalb in Mitteleuropa bei der Rekonstruktion der holozänen Landschaftsgenese von zentraler Bedeutung (vgl. z. B. *Bork* et al. 1998).

Aus anthropogener Sicht ist die *Standort- und Trägerfunktion* der Uferbereiche nicht unerheblich. Als Folge des Wachstums wird in den letzten Jahren häufiger auch am unmittelbaren Gewässerrand gebaut. Offenkundige Standortnachteile, wie z. B. Hochwasserschäden, spielen bei gegebener Flächenknappheit nur eine untergeordnete Rolle. Obwohl eine solide Umweltbildung in Mitteleuropa (und damit verbunden auch der Uferschutzgedanke) vorhanden ist, nimmt tendenziell der Bebauungsdruck auf die Uferbereiche zu. Die anthropogene Nutzung der eigentlichen Uferzonen ist vor allem punktuell nachzuweisen. Es werden Deponien angelegt sowie Brücken und Straßen durch Uferzonen gebaut.

Bezüglich der *Schutzfunktion* von Uferzonen ist vor allem der Hochwasserschutz nahe liegend. Bewachsene Uferzonen verringern die Fliessgeschwindigkeit in den überschwemmten Bereichen und tragen damit flussabwärts zur Verminderung der Abflussspitzen bei. Das Wurzelgeflecht im Bereich der Uferböschungen schränkt die fluoriale Seiten- bzw. Ufererosion ein (vgl. *Niemann* 1988). Auch der Schutz der Gewässer gegenüber dem Eintrag von Stoffen aus benachbarten Flächen wird durch üppige Ufervegetation verstärkt. Unabhängig davon sind die Uferzonen für das Mikroklima wichtig. Der Luftaustausch wird vor allem in dichter besiedelten Gebieten begünstigt.

In Abb. 7 sind zwei Beispiele vielseitig funktionaler Uferzonenabschnitte im Länenbachtal bei Rothenfluh (Sägi) veranschaulicht. Es handelt sich um ausreichend breite Uferzonen mit vielfältigen Strukturen.



Abb. 7 Funktionale Uferzonenstrukturen und -nutzungen im Oberbaselbiet.

Auf dem *linken Bild* sind die vielfältig bestockten Uferzonenstrukturen in einem extensiv landwirtschaftlich genutzten Uferbereich zu sehen. Die Ufergehölzzone ist üppig bewachsen und ein 2 m breiter verkrauter Bereich mit dichtem Bodenbewuchs schliesst sich an. – In intensiv landwirtschaftlich genutzten Arealen empfiehlt sich die Förderung einer vielfältigen Uferzonenstruktur, wie sie auf dem *rechten Bild* sichtbar ist. An die Gehölzzone grenzt zunächst ein 2 m breiter verkrauteter Abschnitt an. Aussen schliesst zusätzlich ein 3 m breiter Ufergrasstreifen an, der aufgrund der zyklischen Beerntung eine optimale Nährstoffabschöpfung ermöglicht.

Fotos: R. Koch

6 Fazit und Ausblick

Es wurde deutlich, dass die Uferzonen von Fliessgewässern in der Region Basel aus verschiedenen Teilräumen bestehen, die mitunter sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Die Prozessdynamik in Uferbereichen ist vielseitig und dabei zeitlich variabel sowie kleinräumig heterogen. Bodeninfiltration, Drainage- und Grundwasserabfluss sind die dominanten Fliesspfade. Beim Gewässereintrag von Feststoffen spielt hingegen die Ufererosion eine wichtige Rolle.

Die Uferzonen sind bezüglich ihrer ökologischen Funktionen vielfältiger als von der Öffentlichkeit üblicherweise wahrgenommen. Zwischen Anspruch und Wirklichkeit klafft eine Lücke, denn die Rolle der Uferzonen wird teilweise über- und teilweise unterschätzt. Das “Überschätzen der Rolle von Ufer-Pufferstreifen beim Gewässerschutz” kann eine Folge methodisch einseitiger Studien oder individueller Wahrnehmung sein. Vor diesen Gefahren warnen beispielsweise auch Schaub & Rehm (1996, 212).

Es besteht auch künftig ein grosser Forschungsbedarf, weil die Uferzonen – als Bindeglied zwischen Festland und Wasser – für komplexe Fragen des Landschafts-, Boden-, Biotopt- und Gewässerschutzes von Bedeutung sind.

Literatur

- Amhof S. 2008. *Geoökologische Bewertung von Uferzonenstrukturen und -breiten mit einem empirischen Modell und GIS. Methodenentwicklung und Evaluation anhand der Ergebnisse des Regionalpraktikums 2006 sowie des Modul-Stufen-Konzepts (BAFU)*. Masterarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel.
- Bölscher J., Ergenzinger P. & Obenauf P. 2005. Hydraulic, Sedimentological and Ecological Problems of Multifunctional Riparian Forest Management (RIPFOR). The Scientific Report. *Berliner Geographische Abhandlungen* 65: 1–145.
- Bork H.-R., Bork H., Dalchow C., Faust B., Piorr H.-P. & Schatz T. 1998. *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa*. Gotha, Stuttgart, 1–328.
- Böttger K. 1990. Ufergehölze – Funktionen für den Bach und Konsequenzen ihrer Beseitigung – Ziele des Fließgewässerschutzes. *Natur und Landschaft* 65 (2): 57–62.
- Cornelsen R., Irmel R., Paustian D., Rieger A. & Welsch H. 1993. Effizienz von Uferrandstreifen als Elemente des Biotopverbundes. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25 (6): 205–211.
- Fabis J., Bach M., Frede H.-G. & Herzog I. 1995. Filter-, Distanz- und Abschirmfunktion von Uferstreifen für Gewässer. *Mitt. d. Deutschen Bodenkundl. Ges.* 76: 1313–1316.
- Haupt R., Hiekel W. & Görner M. 1982. Aufbau und Pflege von Zielbestockungen an Fliessgewässerufern zur Erfüllung wichtiger landeskultureller Funktionen. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 19 (2): 29–51.
- Karthaus G. 1990. Zur ornithoökologischen Funktion von Bachufergehölzen in der Kulturlandschaft. *Natur und Landschaft* 65 (2): 51–57.
- Knauer N. & Mander Ü. 1989. Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. 1. Mitteilung: Filtrierung von Stickstoff und Phosphor. *Z.f. Kulturtechnik und Landentwicklung* 30: 265–276.
- Koch R. 2006. *Zur kleinräumigen Heterogenität von Nährstoffen im Oberboden und deren Zusammenhang mit der Landnutzung im Uferbereich eines Kleineinzugsgebietes im Baselbieter Tafeljura*. – Vortrag anlässlich der gemeinsamen Jahrestagung der “Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz” (BGS) & “Schweizerischen Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie” (SGHL) in Zürich (Schweiz) im März 2006.
- Koch R. 2007. *Uferzonen von Fließgewässern in Kleineinzugsgebieten der Region Basel. Geoökologische Prozesse, Nährstoff- und Wasserhaushalt, Bodendynamik, Kartierung, Funktionen und Zielbreitennermittlung*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie Bd. 39, Basel, 1–299.
- Koch R. & Amhof S. 2007. Geoökologische Kartierung von Uferbereichen an Fließgewässern – Kartiersystematik und Talvergleich in der Region Basel. *Mitt. d. Naturforschenden Ges. beider Basel* 10: 57–80.
- Koch R. & Leser H. 2006 (Hrsg.). *Vergleichende geoökologische Kartierung der Uferzonen von Kleineinzugsgebieten in der Region Basel*. Abschließender Forschungsbericht zum Regionalpraktikum 2006. Forschungsarbeit, Universität Basel [Als Manuskript vervielfältigt], 1–83.
- Koch R., Ritter M., Spichtig B., Meier R., Degen M. & Cham S.H. 2005. The influence of spatial heterogeneity and different land use on soil water infiltration on the Swiss Jura Plateau – Results from dye tracer and infiltration experiments. *Die Erde* 136 (4): 449–468.
- Kummert R. & Stumm W. 1988. *Gewässer als Ökosysteme: Grundlagen des Gewässerschutzes*. Zürich, 1–242.
- Leser H. 1997. *Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung*. 4. Auflage (= UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher 521). Stuttgart, 1–644.
- Mander Ü., Kuusemets V. & Ivask M. 1995. Nutrient dynamics of riparian ecotones: a case study from the Poriogi River catchment, Estonia. *Landscape and Urban Planning* 31 (1): 333–348.
- Mander Ü., Kuusemets V., Löhmus K. & Mauring T. 1997a. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering* 8: 299–324.
- Mander Ü., Löhmus K., Kuusemets V. & Ivask M. 1997b. *The potential role of wet meadows and grey alder forests as buffer zones*. In: Haycock N., Burt T., Goulding K. & Pinay G. (Eds.). Buffer zones: Their processes and potential in water protection. The proceedings of the international conference on buffer zones in September 1996. Harpenden, Hertfordshire, 147–154.
- Mosimann T. 1984. *Landschaftsökologische Komplexanalyse*. Wiesbaden, 1–116.
- Naiman R. J. & Decamps H. 1997. The Ecology of Interfaces: Riparian Zones. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28: 621–658.
- National Research Council 2002 (Ed.). *Riparian Areas. Functions and Strategies for Management*. Washington D.C., 1–428.
- Neumeister H. 1988. *Geoökologie. Geowissenschaftliche Aspekte der Ökologie*. Jena, 1–234.
- Neumeister H. 1999. Heterogenität – Grundeigenschaft der räumlichen Differenzierung in der Landschaft. *Petermanns Geogr. Mitt., Ergänzungsheft* 294: 89–106.

- Niemann E. 1962. *Vergleichende Untersuchungen zur Vegetationsdifferenzierung in Mittelgebirgstälern*. Dissertation Technische Universität Dresden, 1–160.
- Niemann E. 1971. Zieltypen und Behandlungsformen der Ufervegetation von Fließgewässern im Mittelgebirgs- und Hügellandraum der DDR. *Wasserwirtschaft – Wassertechnik* 21 (9): 310–316 & 386–392.
- Niemann E. 1974. Landschaftspflege an Gewässern auf ökologischer Grundlage. *Wasserwirtschaft – Wassertechnik* 24 (5): 152–157 u. 244–246.
- Niemann E. 1984. *Ufergehölze als polyfunktionales Landschaftselement*. Ökologie und Anwendung. Mitt. Techn. Univ. Dresden, Sekt. Forstw. Tharandt, 1–127.
- Niemann E. 1988. *Ökologische Lösungswege landeskultureller Probleme*. Schriftenreihe des Österreichischen Instituts für Raumplanung, Reihe A, Bd. 1: 1–220.
- Opp Chr. 1998. *Geographische Beiträge zur Analyse von Bodendegradationen und ihrer Diagnose in der Landschaft (Bodenkundlich-geoökologische und geographisch-landschaftsökologische Beiträge zur Umweltforschung)*. Habilitationsschrift Universität Leipzig. Leipziger Geowissenschaften 8: 1–187.
- Schaub J. 2008. *Beurteilung von Uferzonen von Fließgewässern im mittleren Leimental – Uferzonen-Kartierung und Beprobung von Stickstoff und Phosphor*. Masterarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1–216.
- Schaub D. & Rehm F. 1996. Die Wirkung von Uferstreifen zur Verminderung diffuser Stoffeinträge. *Regio Basiliensis* 37 (3): 205–213.
- Schlüter U. 1990. Die Bedeutung von Gewässerrandstreifen für den Naturschutz. *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung* 31: 224–230.
- Seiler W. 1983. *Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt unter Einfluss der rezenten Bodenerosion am Beispiel zweier Einzugsgebiete im Basler Tafeljura bei Rothenfluh und Anwil*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Geographie Bd. 5, Basel, 1–510.
- Wegener U. 1981. *Abschöpfung von Stickstoffeintrag in Ufersäumen von Standgewässern (1500 km Uferstrecke)*. Potsdam [Als Manuscript vervielfältigt], 1–15.
- Weisshaidinger R. 2007. *Schwebstoff- und Phosphordynamik in agrarisch genutzten Landschaftsökosystemen. Oberflächen- und oberflächennahe Transportprozesse in Kleineinzugsgebieten des Basler Tafeljura (Schweiz)*. –= Dissertation Geographisches Institut Universität Basel, Basel 2007: 1–134 [Erscheint als Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie].
- Zillgens B. 2001. Simulation der Abflussverminderung und des Nährstoffrückhaltes in Uferstreifen. *Boden und Landschaft* 34: 1–123.