

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 23, 77-89. Hannover 2011

## **Landschaftselemente der Auen pleistozäner Sandlandschaften Nordwestdeutschlands und ihre Wiederherstellung am Beispiel der Unteren Hase**

- Dominique Remy, Osnabrück -

### **Abstract**

10 years after the completion of the constructional work in the frame of the E&E Project "Hasetal" we will show the consequences and sustainability of the measures taken for the restitution and revitalisation of dynamic processes of a pleistocene alluvial pasture landscape. Contrary to projects only creating buffer strips, which mostly should ameliorate the scenery of running waters as well as their water quality by narrow buffer zones the Hase-project is based on a holistic approach, taking advantage of the dynamic processes inherent in an alluvial pasture landscape. Consequently, we tried to optimise or reactivate, in a flood plain of 450 ha, a larger area of a water landscape from one terrace border to the other taking into account its typical landscape structures and habitats and starting a kind of "self-healing process" by using the total potential of the pasture landscape. Since 1999 the realisation of the project has actually led to an increased development of natural or nearly natural, abiotic and biotic structures of different sizes, in the riparian zones as well as all over the alluvial pasture landscape. It is quite remarkable that, in most cases, this development was not initiated by previous constructional measures directly influencing the riparian structures but by the removal of dikes, by restitution of backwaters, by suspending common maintenance measures of riparian zones and starting extensive management. Only in an area of 37 ha of the alluvial pasture landscape structures which had disappeared in the course of previous intensive management were remodelled. These measures initiated the development of flood channels and periodically occurring small waters as well as sand-dune resembling structures which would never or even only very slowly emerge like this under today's climatic and hydrological conditions.

### **1. Einleitung**

Natürliche Talauen sind aufgrund der Dynamik ihrer Fließgewässer Landschaftsräume mit großem Reichtum an Landschaftsstrukturen und hoher Diversität, die einem starken räumlichen und zeitlichen Wandel unterliegen. Die periodische Umlagerung anorganischer Sedimente, aber auch die Ablagerung von Totholz, ist für die Strukturbildung in Auen von großer Bedeutung. Eine weitgehend ungestörte oder eine nur sehr extensiv genutzte Auenlandschaft erhält durch die Kombination und die Anordnung unterschiedlicher Landschaftselemente, geogener wie biogener Art, ihre typische Landschaftsstruktur und damit ihren jeweils typischen Charakter (vgl. FORMAN & GODRON 1986, KÖHLER & PREIß 2000, WALZ 2004). Auf weitgehend natürlichen oder zumindest naturnahen Landschaftsstrukturen basieren auch die aktuellen Typsierungen der Fließgewässer (SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER 2003, KOENZEN 2005), die als Leitbilder für eine Umsetzung der EU-WRRL herangezogen werden können.

Strukturbildende Landschaftselemente können hinsichtlich Größe, Ausgangsmaterial und Komplexität sehr unterschiedlich sein. Je nach Größe, Fläche oder Erstreckung und Lage im

Raum sowie abhängig von ihrem jeweiligen Kontakt zu Oberflächen- oder Grundwasser bzw. in Abhängigkeit von der Überflutungsintensität, bilden sie in den Auen Teillebensräume, die spezifischen Biozöten Lebensraum bieten.

Eine ausgeprägte Auendynamik mit ihren Umlagerungsprozessen führt zwar zu ständigen Veränderungen, dabei ändert sich aber die relative Zusammensetzung der Landschaftselemente kaum. Natürliche oder naturnahe Auenlandschaften werden vielmehr durch hochwasserbedingte zyklisch auftretende Prozesse in einem dynamischen Gleichgewicht gehalten. Wird diese Gewässerdynamik aber unterbunden und fehlen die Umlagerungsprozesse, so entfallen die autotypischen Pionierstandorte sowie die frühen Sukzessionsstadien der Vegetationsentwicklung. Es resultiert eine Verringerung der Strukturdiversität und eine Verarmung der Landschaft.

In Mitteleuropa ist die natürliche Dynamik der Fließgewässer und die damit verbundene kontinuierliche Bildung von Landschaftsstrukturen in den Auen seit dem 19. Jahrhundert, spätestens aber seit Mitte des 20. Jahrhunderts durch wasserbauliche Maßnahmen und Eingriffe in den Gebietswasserhaushalt weitgehend unterbunden worden (vgl. PLACHTER 1996, FINCK et al. 1998, DAHL et al. 2005), so auch im Projektgebiet. Aktuell ist in den meisten Auen Mitteleuropas der biotische und abiotische Strukturreichtum und damit die Funktionsfähigkeit der Auen in Hinsicht auf Retention, auf Grundwasserneubildung und als Stoffsenke, z.B. durch Bindung organischer Substanz in Niedermoorböden, wiederherzustellen und wird durch die EU-WRRL eingefordert (vgl. KONOLD 1998). Es stellt sich aber die Frage, welche Landschaftselemente der Auen auf welche Weise am besten, das bedeutet am einfachsten und am nachhaltigsten, wiederhergestellt werden können.

## **2. Ausgangszustand und Hauptziele der Restitution**

Durch den Ausbau der Hase in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts entstanden die üblichen geometrischen Strukturen des Gewässerbettes, d.h. es wurde begradigt, der Böschungsschulter versteinert, die Ufer mit Regelprofilen ausgestattet und auf die Böschungsschulter ein Flussdeich aufgesetzt. Durch die damit einhergehende Laufverkürzung kam es zu einer Sohlvertiefung und zu „hängenden“ Mündungen der Nebengewässer. Die so entstandenen Strukturen wurden in der Folgezeit durch Uferunterhaltung in ihrem Zustand erhalten. Eine durchaus gewollte Folge dieser Maßnahmen war die Verringerung der Überflutungshäufigkeit und -intensität der Aue und die nunmehr überwiegende Funktion der Hase als Vorfluter, der Grundwasser aus der Aue aufnimmt und kaum noch zur Auffüllung der Grundwasservorräte beiträgt. Diese hydraulische Entkopplung von Fluss und Aue förderte gleichzeitig die intensivere landwirtschaftliche Nutzung der Aue.

Dem damaligen Leitbild entsprechend, sollte ein möglichst ungestörter Flusslauf und gleichzeitig, in der umgebenden Aue, eine „halboffene Weidelandschaft“ entstehen. Bei solch einem extensiv genutzten Offenland handelt es sich um einen besonders gefährdeten und zu schützenden Lebensraumtyp (RIECKEN et al. 1997).

Ziel des Projektes an der Hase war die Redynamisierung eines größeren, zusammenhängenden Auenabschnittes und, wo möglich, immer in der gesamten Breite des Tales. Folgt man den Definitionen von ZERBE et al. (2009), so ging es dabei erstens um Rehabilitation, d.h. in diesem Fall um eine Wiederherstellung der Fließgewässerdynamik und des Retentionsraumes, zweitens um Extensivierung der Aue durch Rückführung intensiv genutzter Ackerflächen in Extensivgrünland, drittens um partielle Renaturierung durch Zulassung natürlicher Sukzession auf Teilflächen sowie viertens um Restitution, d.h. um aktive Wiederherstellung eines „ursprünglichen“ Zustandes durch technische Maßnahmen. Letztendlich sollte das Projektgebiet dauerhaft in einen naturnäheren Zustand überführt werden. Die Baumaßnahmen

zur Redynamisierung erfolgten in den Jahren 1999 bis 2001/02. Nach Abschluss der Baumaßnahmen wurden größere Teilflächen einer weitgehend ungestörten Entwicklung überlassen (REMY & ZIMMERMANN 2004, STROH et al. 2005, REMY 2007). Nach nunmehr 10 Jahren kann eine gesicherte Bilanz gezogen werden.

### **3. Das Projektgebiet „Unteres Hasetal“**

Das Projektgebiet hat eine Ausdehnung von rund 450 ha und umfasst ca. 7 km Talaue mit 11 km Fließstrecke der Hase. Es befindet sich zwischen Haselünne und Meppen im Landkreis Emsland (Niedersachsen) und ist Teil des FFH-Gebietes „Untere Haseniederung“. Das Einzugsgebiet, der 168 km langen Hase, umfasst hier rund 3.000 km<sup>2</sup>. Es ist ein typischer Fluss des sandgeprägten norddeutschen Tieflands mit geringem Gefälle von 0,16 - 0,3 m/km und daraus resultierend geringer mittlerer Fließgeschwindigkeit von 0,4 m/s (NEUMANN 1976). Die Hase gehört nach POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER (2004) zum Typ 15 „Sand- und lehmgeprägte Flüsse des norddeutschen Tieflandes“ und ist nach KOENZEN (2005) dem Typ der gefällearmen, sandgeprägten Flussaue des Flachlandes mit Winterhochwasser zuzuordnen.

Für den Unterlauf der Hase waren Laufverlagerungen und die Abschnürung von Altgewässern typisch (REMY & ZIMMERMANN 2004). Die Aue selbst wird noch stellenweise durch Reste von Binnendünen, Flugsanddecken und einzelnen, zwischen den größeren Windungen verbliebenen Talsandinseln geprägt. Es fehlten im Projektgebiet aber vielerorts die typischen Landschaftselemente (vgl. POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER 2004), wie freie Mäander, Flussinseln, Sand- und Schlammbanken, Uferabbrüche, Wälder der Weich- und Hartholzaue, und Flutmulden, womit die wesentlichen Strukturdefizite benannt sind.

Die besondere Bedeutung der unteren Haseaue beruht, vergleichbar der Emsaue (s. POTT & HÜPPE 2001), auf ihrem speziellen Einzugsgebiet, welches weitgehend aus pleistozänen Sanden aufgebaut ist. Hieraus resultieren einerseits extrem variable Abflussmengen und damit verbunden starke Schwankungen der Pegel von Grund- und Oberflächenwasser. Andererseits sind die überwiegend sandigen, eher nährstoffarmen Auensedimente relativ erosionsanfällig. Diese ausgeprägte Erosionsanfälligkeit der Ufer stellte im Zusammenhang mit der Renaturierung ein wichtiges Potential für eine anhaltende eigendynamische Restrukturierung dar. Uferbereiche mit regelmäßiger Umlagerung werden von Dauerpionierstadien oder annuellen Zweizahn-Fluren auf Sand- und Schlammbanken eingenommen, während sich stabilisierte Ufer in Richtung Weichholzaue mit eingestreuten Rohrglanzgrasröhrichten entwickeln und Flutmulden von Flutrasen oder Erlen-Beständen besiedelt werden. Auf nicht bis sehr selten überfluteten Dünenbereichen, potentiellen Standorten eines Betulo-Quercetum, können sich unter Beweidung Trockenrasen ausbilden. Durch ein ausgeprägtes Kleinrelief treten einerseits Landschaftselemente nasser bis sehr feuchter und sehr trockener Standorte andererseits, zu Binnendünen-Flutmulden-Komplexen zusammen. Es ergeben sich auf einer Distanz von wenigen Metern zum Teil sehr steile Feuchtigkeitsgradienten (REMY 2007).

### **4. Landschaftsstrukturen: Dimensionen und Bildungszeiträume**

Es gibt diverse Ansätze zur Typisierung und Erfassung von Landschaftsstrukturen, wie HAINES-YOUNG & CHOPPING (1996) in einem Übersichtsartikel zeigten. Die unterschiedliche und meist recht komplexe Zusammensetzung der Landschaftsstruktur aus einzelnen Landschaftselementen bildet letztendlich die standörtliche oder nutzungsspezifische Diversität der Landschaft ab. Einzelne Landschaftselemente können dabei miteinander in prozessualer Abhängigkeit stehen und typische Landschaftselement-Komplexe bilden, so auch an Flussufern.

Die Diversität der Landschaftselemente resultiert also aus der heterogenen Verteilung der Standortfaktoren. Dabei gibt es weitgehend undynamische Standortfaktoren, wie das Ausgangsgestein, die Geomorphologie und die durchschnittliche Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, sowie dynamische Standortfaktoren, wie Störungen durch Überflutung, Erosion, Akkumulation oder Scherkräfte, aber auch Störungen durch Tritt und Fraßeinwirkung. Diese Verteilung der Standortfaktoren bestimmt letztlich auch die Diversität und räumliche Anordnung der Primärproduzenten, also der landschaftstypischen Vegetation. Dabei war die mitteleuropäische Naturlandschaft relativ monoton, da hier unterschiedlich angepasste Waldgesellschaften als Strukturbildner dominierten (vgl. KÜSTER 1995, BORK et al. 1998). In den Auen waren Elemente der Weich- und Hartholzauwe Aspekt bestimmend, in die, abhängig von der Talmorphologie, Bruchwälder eingestreut sein konnten (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Die deutlich vielfältigere Landschaftsstruktur der extensiv genutzten Kulturlandschaft des 18./19. Jahrhunderts, vielfach Leitbild für Restitutionsmaßnahmen, resultiert aus den unterschiedlichen anthropogenen Nutzungsformen. Diese führten zu einer Öffnung der Landschaft, in die gleichzeitig neue Arten eingebracht wurden oder einwandern konnten. In den extensiven Kulturlandschaften Mitteleuropas, zu denen auch der hier beschriebene Untersuchungsraum der Haseauwe zählte, waren die abiotischen Standortfaktoren trotzdem noch bestimmend. In den Auen wurden sie durch einen traditionell offenen Landschaftscharakter mit einem Wechsel aus naturnahen Feuchtgrünländern und Gehölzen geprägt. Es resultierte gegenüber der Naturlandschaft eine deutlich größere, biogene Strukturvielfalt, mit der meist auch eine höhere Biodiversität einher ging (PLACHTER 1991, KÜSTER 1995, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997, MÜLLER 2005). In der heutigen Landschaft weisen extensiv genutzte Feuchtwiesen, Niedermoore, Halbtrockenrasen, Heiden etc. meist eine relativ höhere Artendiversität als die jeweilige Umgebung auf und beheimaten gleichzeitig einen hohen Anteil gefährdeter Arten (JEDICKE 1996, PLACHTER 1991, RIECKEN et al. 1998). In den dynamischen und breiteren Auen der pleistozänen Sandlandschaften können die genannten extensiv genutzten Feuchtwiesen, Niedermoore, Halbtrockenrasen und Heidefragmente oft in kleinräumigem Wechsel auftreten. Auch dadurch gehören intakte Auenlandschaften sicherlich zu den artenreichsten Lebensräumen in Mitteleuropa (vgl. GERKEN 1988, WARD et al. 2002, DIERSCHKE & BRIEMLE 2002).

In den heutigen überwiegend sehr intensiv genutzten Landschaften kehrt sich der Prozess der zunehmenden Diversifizierung um. Die Strukturvielfalt wird jetzt wesentlich durch anthropogene Maßnahmen reduziert bzw. geprägt und die „natürliche“ Biodiversität nimmt ab. Die verstärkte Anwendung und die Verbesserung der Meliorationstechniken in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts führten zu einer besonders starken Degradierung der Auenstrukturen. Auch im Projektgebiet waren entsprechende Strukturdefizite feststellbar, so im Bereich der begräbten und profilierten Ufer oder durch eine nicht standortgerechte Nutzung der Aue durch Ackerbau.

## **5. Landschaft, Landschaftsstruktur, Landschaftselemente**

Eine Landschaft oder ein Landschaftsausschnitt besteht aus unterschiedlichen Strukturen bzw. aus Landschaftselementen, auch „patches“ genannt. Landschaftselemente sind dabei eindeutig von ihrer Umgebung abgrenzbare punktuelle, lineare oder flächenhafte Landschaftsbestandteile unterschiedlicher Größe, deren jeweilige strukturelle Homogenität aus einheitlichen Standort- oder Nutzungsbedingungen resultiert. Ein Landschaftselement bildet die kleinste homogene Einheit, auch als Ökotope oder Landschaftszelle bezeichnet (vgl. LESER 1997, WALZ 2004). FORMAN & GODRON (1986) definieren das Landschaftselement als die kleinste kartierbare, relativ homogene Einheit.

Bei der Planung von Maßnahmen zur Verbesserung der Landschaftsstruktur in einer Aue ist zu berücksichtigen, dass nur Elemente bestimmter landschaftsökologischer Skalenbereiche oder geographischer Dimensionen (s. Tab. 1) überhaupt oder in einem überschaubaren zeitlichen Rahmen veränderbar sind oder sich durch natürliche Dynamik verändern. So sind Landschaftselemente der Makro-Skala und überwiegend auch der Meso-Skala nicht beeinflussbar bzw. verändern sich, abgesehen von katastrophalen Impacts, nur in geologischen Zeiträumen. Neben Elementen der chorischen Dimension, wie ganze Talabschnitte, die auch zur Meso-Skala zu rechnen sind, sind es überwiegend die Elemente der Mikro-Skala, also der topischen

Tab 1: Zuordnung von Raumeinheiten zur landschaftsökologischen Skala bzw. zu den geographischen Dimensionen (nach KUGLER et al. 1988, BRUNOTTE et al. 2001/2) \*Landschaftsstruktur: Raumgefüge aus Ökotoxen, Nano- und Mikrochoren

Landschaftsökologische Skala	Beobachtungsebene / Raumeinheit	Geographische Dimension
Makro-	Kontinent / Zone	geospärisch
Meso-	Region [z.B. Mitteleuropa]	regionisch
	Landschaft / Talabschnitt	chorisch*
Mikro-	Biotop, Geotop, Ökotox	topisch
Nano-	Kleinstrukturen	---
Pico-	Kleinststrukturen [z.B. einzelne Pflanze]	---

Dimension, die Gegenstand von Planungen sind. Daneben bilden häufig landschafts- bzw. naturschutzrelevante „Kleinstrukturen“ und „Kleinststrukturen“ (Nano-/Pico-Skala) charakteristische Elemente der entsprechenden Landschaftsräume (vgl. SPIRIDONOV 1973, WÖBSE 1994). Von „Kleinstrukturen“ wird dann gesprochen, wenn sie auf der Basis von TK 5 nicht oder kaum noch flächenhaft darstellbar, oder auf Luft-/Satellitenbildern nicht mehr eindeutig differenzierbar sind (in Anlehnung an AUWECK 1978, 1979, SCHULTE 1988).

Nach LUTZE et al. (2004) bestimmt die geomorphologisch-naturräumliche Vorprägung bzw. Ausstattung einer Landschaft deren Nutzungs- und Entwicklungspotential. Primäre Strukturen sind demnach die Geomorphologie und die überwiegend abiotische, naturräumliche Ausstattung, also Relief, Boden und Gewässerstruktur. Diese primären Strukturen geben die weiteren Standortbedingungen weitgehend vor, so auch für die sekundären Strukturen, also für die überwiegend biotische Ausstattung mit Ökosystemen, Biotopen und Arten einerseits sowie für geogene Kleinstrukturen andererseits. Abhängig von den Nutzungsmöglichkeiten und dem Entwicklungsstand der Technik wurden und werden diese natürlichen Strukturen durch den Menschen unterschiedlich stark überprägt oder auch vollständig beseitigt, so dass tertiäre, anthropogene Strukturen entstehen (s. Tab. 2).

Landschaftsstrukturen sind nicht statisch, sondern unterliegen einer natürlichen Dynamik. Neben allmählichen Veränderungen in geologischen bis historischen Zeiträumen gibt es auch sehr intensive und rasch ablaufende dynamische Prozesse. Auch können Gleichgewichtsprozesse zu augenscheinlich stabilen Strukturen führen.

### 5.1 Primäre Strukturen und primäre, strukturbildende Prozesse

Stabile „Großstrukturen“ (Makrostrukturen) einer Landschaft, das Grobrelief, wie die Talungen mit ihren Auen, entstehen bzw. entwickeln sich überwiegend in geologischen Zeiträumen, z.B. durch tektonische Aktivitäten oder, wie im Fall des Nordwestdeutschen Tieflandes, als Folge glazialer und postglazialer Prozesse. Allerdings können in sehr dynamischen

Tab. 2: Landschaftsstrukturen und die Art ihrer Bildung

Struktur	Bildung	
primär	geogen	
sekundär	geogen	
	biogen	phytogen
		zoogen
tertiär	anthropogen	

Landschaften oder Landschaftsteilen auch größere Strukturen durch hydrodynamische Prozesse in kürzeren Zeiträumen entstehen bzw. sich verändern. Der Flusslauf selbst ist auch eine primäre Struktur, ebenso wie die Böden, obwohl letztere als Struktur nicht unmittelbar sichtbar sind und ihre Genese auch innerhalb historischer Zeiträume stattfinden kann. Abgesehen von den Böden, sind primäre Strukturen überwiegend geogene Bildungen.

- Relief: Das Relief besteht aus einem Mosaik geomorphologischer Formen. Im Fall der Täler sind es lineare Systeme aus Hohlformen mit zugehörigen Talbegrenzungen, innerhalb derer sich unterschiedliche Terrassen, als Geländestufen sichtbar, ausbildeten. Die Fließgewässer entwickeln in den Tälern ihre gefällespezifischen Laufformen innerhalb der aktiven Aue, z.B. Mäander im Flachland, und formen die Talstruktur durch Seiten- und Tiefenerosion oder auch durch Aufschotterung bzw. Auflandung. Zum Teil verlaufen heute relativ kleine Fließgewässer in breiten, glazial geformten Tälern, die sie nicht selber ausgeformt haben. Die „Großstruktur“ des Tales wird durch viele kleinere Strukturen ergänzt, wie Altgewässer, Flutmulden, Randgräben oder auch Ablagerungen der Flussmarschen und wird in den pleistozänen Sandlandschaften außerdem durch Binnendünen und Flugsanddecken überformt, die sowohl in der Aue als auch auf der Niederterrasse auftreten.

- Böden: Bedingt durch die räumlich und zeitlich stark wechselnde Transportkraft des Wassers sowie abhängig vom Relief, liegt in den sandigen Auen oft ein kleinräumiges Mosaik unterschiedlicher Bodenbildungen vor. Die fluviatilen Sedimente haben eine sehr heterogene Korngrößenzusammensetzung und die aus ihnen hervorgegangenen Böden weisen sehr unterschiedliche Entwicklungsstadien und eine unterschiedliche Mächtigkeit auf. Im sandigen Tiefland sind in der aktiven Aue neben der Rambla als Rohboden, Paternia und Vega zu finden (BLUME et al. 2009). Bei fehlender Auedynamik, z.B. nach Eindeichung entwickeln sich sukzessive Regosol oder Pararendzina und bei hoch anstehendem Grundwasser gibt es Übergänge zu Gleyen. In den sandigen Auen bilden sich zum Teil Podsolgleye, die je nach Grundwasserstand und Überflutungshäufigkeit in feuchte Niedermoorböden oder trockene Podsole übergehen.

## 5.2 Sekundäre, natürliche Kleinstrukturen und Kleinststrukturen

Natürliche „Kleinstrukturen“ und „Kleinststrukturen“ sind solche, die sich unter einem natürlichen Hochwasserregime relativ rasch bilden bzw. verändern können und häufig jahreszeitlich-periodischen bzw. auch episodischen Einflüssen unterliegen. Hierbei sind geogene und biogene Strukturen bzw. Prozesse maßgeblich. Für die Akkumulation von Sedimenten, z.B. für die Bildung temporärer Inseln oder Sedimentbänke, ist eine natürliche, ungestörte Sedimentfracht und eine ausreichende Menge an Totholz Voraussetzung.

Zum Teil können biogene Prozesse, wie Erosion auslösender Tritt oder pflanzlicher Aufwuchs, der eine Sedimentakkumulation fördert, die Bildung geogener Kleinstrukturen auslösen. Die Vegetation selbst ist ebenfalls ein wesentliches Strukturelement und tritt in der Aue zonierte auf. Für die Vegetation ist das prägende Faktorengefüge der mittlere Grundwasserstand einerseits sowie Dauer, Höhe und Intensität (Strömungseinfluss) der Überflutungen andererseits.

### 5.2.1 Geogene Kleinstrukturen

Geogene Kleinstrukturen entstehen in einer Aue des Tieflandes durch Erosion und Akkumulation überwiegend abiotischer Substrate, also durch Umlagerungsprozesse. Es sind dies:

- Flächenhafte, lineare oder nur punktuelle Auflandungen. An Ufern und in der Aue führt Akkumulation zur Bildung von Sandfächern, Rehen und Uferwällen sowie Schlamm-, Sand- und Kiesbänken, besonders an Gleitufeln. Diese Auflandungen bilden Rohbodenstandorte für Pionierfluren.
- Inseln sind an Aufweitungen des Gewässerlaufs gebunden. Ihr Vorhandensein kann als Indikator der hydraulischen und ökologischen Unversehrtheit einer Aue gewertet werden. Inseln gehören zu den ersten Landschaftselementen der Aue, die durch eine Gewässerregulierung beseitigt werden (PETER et al. 1999). Inseln sowie Schlamm- und Sandbänke vergrößern wesentlich die Uferlänge und erhöhen die Wechselwirkung zwischen Land und Wasser. Die ökologisch wichtige Uferlänge eines Flusslaufes kann sich dadurch vervielfachen (vgl. WARD et al. 1999, HOHENSINNER et al. 2005).
- Unterschiedliche Ufer und Uferformen entstehen u.a. durch Erosion. Sie führt zu Uferabbrüchen, Rutschungen oder Unterspülung, besonders an Prallhängen.
- Durch flächige oder punktuelle Erosion entstehen in der begleitenden Aue Flutmulden, Kolke und damit überwiegend temporäre Kleingewässer. Es können sich auch gewundene, perliartige also lineare Strukturen ausbilden, als Folge von abfließendem Hochwasser.
- Äolische Binnendünen sowie Flugsanddecken sind ebenfalls typische Elemente der Auen pleistozäner Sandlandschaften.

Biogene Strukturen manifestieren sich einerseits in Form der Vegetation, also durch Bildung ausdauernder oder nicht ausdauernder Phytomasse. Andererseits können durch tierische oder pflanzliche Organismen Erosions- bzw. Akkumulationsprozesse ausgelöst werden, die zu eigenständigen Strukturen führen.

### 5.2.2 Phytogene Kleinstrukturen

- Vegetationsstrukturen entstehen überwiegend durch Etablierung standorttypischer Vegetation. In den Auen sind dies einerseits ausdauernde Gehölzstrukturen, wie die lineare Weichholzaue, flächige Wälder der Hartholzaue, Waldregenerationskomplexe von Hudelandschaften oder auch spontane Etablierung von *Pinus sylvestris*-Beständen auf Dünen in sandigen Auen. Daneben treten Vegetationstypen mit niedriger Wuchshöhe auf, wie Fließgewässerröhrichte, annuelle Fluren, feuchte Hochstaudensäume, Nasswiesen, Trockenrasen etc. und deren jeweilige Sukzessionsstadien.
- Die Vegetation fördert Substratakkumulation sowohl in der Fläche als auch im Uferbereich. Dies spielt an Gleithängen eine wichtige Rolle, wo sich zum Teil Dauerpioniergesellschaften etablieren können.
- Totholz bildet zeitlich begrenzte (transitorische) Strukturen und kann durch Wechselwirkung mit der Strömung durch Wirbelbildung weitere abiotische Strukturen auslösen, wie Kolke, Uferabbrüche oder auch Anlandungen.

- Treibselräume sind ebenfalls nur transitorische Strukturen, sie haben aber als Bereiche mit einer Akkumulation von Nährstoffen und Diasporen für die Auenlandschaft eine eigenständige Bedeutung.

### 5.2.3 Zoogene Kleinstrukturen

- Punktuelle Erosion außerhalb des Fließgewässers kann in der Aue durch Wild- und Weidetiere ausgelöst werden. Ansatzpunkte für die Erosion bilden Weidepfade und auch Maulwurfshügel oder Wühlmausgänge. Im Winterhalbjahr kann es auch zu Erosion nach Beweidung durch rastende Gänse kommen, wenn bei vermindertem Pflanzenwachstum, eine tiefgreifende Verletzung der Vegetationsdecke stattfand. Überströmendes Wasser führt in diesen Fällen zu kleinflächigen Auskolkungen.
- Erosionsanfällig sind auch Sandkuhlen von Pferden und Rindern.
- Zu Erosion im Uferbereich kommt es durch Tritt, oft auch unabhängig von Hochwasserereignissen, so im Bereich von Wildwechseln oder im Bereich von Weidepfaden oder Tränken (vgl. JEDICKE et al. 2007). Der Einfluss von Wildtieren ist besonders groß, wenn sich im direkten Umfeld, auch jenseits des Gewässers, Waldstandorte befinden. Der Druck durch das Wild auf die Auenlandschaften ist auch Jahreszeiten abhängig und gerade im Winterhalbjahr besonders ausgeprägt.
- Instabilität von Uferstrukturen wird auch durch Tierbauten oder Fraßschäden hervorgerufen.
- Auengestaltung findet auch durch Biber (*Castor fiber*) statt (vgl. SCHNEIDER 1996), so auch in Nebengewässern der Hase.
- Vegetationsbedeckte, überschwemmungssichere Ameisenhügel (vgl. ZUCCHI et al. 1989) der Gelben Wiesenameise (*Lasius flavus*) bilden in der Aue ebenfalls Kleinstrukturen und lassen, ebenso wie große Maulwurfshügel, allmählich ein unruhiges Relief entstehen.

### 5.3 Tertiäre Strukturen

Anthropogene Strukturen überprägen oder ersetzen in der Kulturlandschaft vielfach natürliche Strukturen. Im Gegensatz zu natürlichen Strukturen, die häufig durch kontinuierliche Übergänge eher unscharfe Grenzen aufweisen, sind anthropogene Strukturen zumeist räumlich gut und scharf abgegrenzt. Die rezente Morphodynamik der Auen wird durch den Nutzungs- und Ausbaugrad der Gewässer wesentlich beeinflusst.

- Naturnahe, genutzte Flächen, je nach Grad der Naturnähe (z.B. auch Grünland mit Weidestrukturen durch großflächige extensive Beweidung).
- Naturferne, intensiv genutzte und/oder versiegelte Flächen.
- Anpflanzungen gebietsuntypischer Gehölze.
- Artificielle Strukturen, wie Deiche/Dämme, Bauwerke aus Stein oder Beton (z.B. Siele, Wehre, Sohlschwellen oder Brücken) oder auch im Zuge von Restitutionsmaßnahmen modellierte Dünen oder Mäander sowie Bodenverdichtung.
- Uferbefestigungen (Trapezprofile, Steinschüttungen), Bühnen (Leitwerke).
- „Nichtstrukturen“, d.h. durch Wasserbau und Gewässerunterhaltung verhinderte Strukturneubildung, wie die Bildung von Altwässern, Erosionsufern oder der Weichholzaue.
- Anthropogen bedingte Sohlerosion und Sohlvertiefung oder die Akkumulation von Geschiebefracht vor Stauanlagen.
- Zu den anthropogenen Strukturen sind auch jene Auenablagerungen zu rechnen, wie Hoch-

flutlehme, die auf menschliche Aktivitäten, wie Rodung oder Versiegelung seit dem Mittelalter zurückgehen (vgl. HILLER et al. 1991, BORK et al. 1998).

## **6. Umsetzung des Projektes Unteres Hasetal**

Die wichtigste Voraussetzung für eine nachhaltige Restrukturierung der Aue unter Einbeziehung eigendynamischer Prozesse wurde allerdings erst durch die Verfügbarkeit größerer, zusammenhängender Flächen gegeben. Die 450 ha große Fläche bildet einen, in weiten Bereichen die ganze fossile Aue umfassenden Entwicklungskorridor.

### **6.1 Hypothesen und Ziele**

Das Projekt ging davon aus, dass eine flächenhafte, eigendynamische Restrukturierung der Auenlandschaft unter den gegebenen Umständen bereits durch wenige, gezielte Baumaßnahmen initiiert werden kann. Nach einer Beseitigung oder Rückverlegung der Flussdeiche und einer Laufverlängerung durch Reaktivierung von Altgewässern, sollten die systemimmanenten, hydraulischen Kräfte zu einer Bildung natürlicher Landschaftsstrukturen führen. Dieses Vorgehen trägt der Erkenntnis Rechnung, dass natürliche Strukturen, besonders bei Flüssen der Größenordnung der Hase, im Detail nicht wirklich planbar sind und nicht maschinell geschaffen werden können. Im Projektgebiet sollte außerdem weitgehend Prozessschutz gewährleistet und auf Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung verzichtet werden, soweit keine Rechte Dritter verletzt werden oder zwingende, hydraulische Notwendigkeiten bestehen.

### **6.2 Maßnahmen und Folgen**

Als Schlüsselfaktor zur Entfesselung dynamischer Prozesse in der Aue erwies sich wie erwartet der Deichrückbau. Es wurden insgesamt 17 km Deiche entfernt und gleichzeitig 7 km neue Deiche als Siedlungshochwasserschutz möglichst flussfern errichtet. Periodische Überschwemmungen, der primäre Standortfaktor der Aue, traten nach der Beseitigung der Deiche deutlich häufiger auf und waren außerdem länger anhaltend. Während die Aue zuvor erst ab Pegelständen von 350 cm überflutet wurde, kommt es nun bereits bei Pegelständen von 290 cm zur Ausuferung. Die Überflutungszeit der Aue im Winter hat sich somit von 2-4 Tagen auf 17-26 Tage erhöht, wodurch die bis dato bestehende Entkoppelung von Fluss und Aue verringert wurde (REMY 2006).

Die Reaktivierung von Altgewässern war ein weiteres Kernstück des Projektes. Aus den Wiederanschlüssen resultierte eine Laufverlängerung der Hase von insgesamt etwa 2300 m. Eine solche Laufverlängerung führt durch Reduktion der Fließgeschwindigkeit zur Unterbindung oder Umkehr der Sohlerosion in diesem Laufabschnitt. Außerdem entstanden im Zuge der Baumaßnahmen eine Reihe permanenter sowie temporärer Stillgewässer; gleichzeitig wurden Querbauwerke zur Verbesserung der Durchgängigkeit in Richtung der Nebengewässer beseitigt. Eine Bildung natürlicher Flussinseln fand nicht statt.

Auf zwei von Mäandern der Hase umschlossenen Flächen erfolgten Restitutionsmaßnahmen (REMY & ZIMMERMANN 2004). Hier wurden Strukturen modelliert, die im Zuge der intensiveren Nutzung der Flächen beseitigt worden waren. So entstanden durch Bodenbewegungen (ca. 67.000 m<sup>3</sup>) auf einer Fläche von 37 ha flutrinnenartige Strukturen, periodische Kleingewässer und dünenähnliche Strukturen. Dabei wurden bewusst nur solche Strukturen geschaffen, die sich in dieser Form unter den heutigen klimatischen und hydrologischen Gegebenheiten nicht mehr oder nur sehr langfristig bilden würden. Hier und in anderen Teilbereichen konnte ein extensives Weideregime etabliert werden, dass die typischen Strukturen offener Weidelandschaften fördert (KRATOCHWIL et al. 2009).

Wo es möglich ist, besteht Prozessschutz, wobei eine sogenannte „beobachtende Unterhaltung“ erfolgt. Dadurch kam es schon unmittelbar nach Projektbeginn an den Ufern der Hase rasch zur Überprägung der vorhandenen Regelprofile durch Unterspülung oder Übersandung, obwohl ein Rückbau der Steinpackungen an den Böschungsfüßen nicht stattfand. Diese Entwicklung wurde durch die sandigen Ufersubstrate und durch zwei überdurchschnittliche Hochwasserereignisse begünstigt. Es kam in diesem Zusammenhang zu einer deutlichen Vergrößerung der Anzahl und Vielfalt an Kleinstrukturen, wie Uferwälle, Uferabbrüche, Ufer-rutschungen, Sand- und Schlamm-bänke sowie Totholzansammlungen. Die Anzahl größerer Rohbodenflächen schwankte zwar von Jahr zu Jahr, hatte sich aber im Untersuchungszeitraum vervierfacht. Mit der Zunahme dieser Strukturen sowie mit dem Aufkommen von Gehölz- und Röhrichtstrukturen im Uferbereich nahm die Varianz der Gewässerbreite und -tiefe zu, besonders in Laufkrümmungen, wo sich die typischen Strukturen der Gleit- und Prallhänge stärker ausprägten. Durch Erosion und Akkumulation entstanden neben Uferwällen auch in der uferferneren Aue partiell neue Strukturen, wie Erosionsrinnen, Kolke, sowie ausgedehnte, bis zu 100 cm mächtige Schwemmsandablagerungen (REMY & ZIMMERMANN 2004).

## 7. Fazit

Im Gegensatz zu reinen Gewässerrandstreifenprogrammen, die kulissenartig die Gewässerstruktur und die Wasserqualität durch eine schmale Pufferzone verbessern sollen, basierte das Projekt an der Hase auf der Idee, einen größeren Ausschnitt einer Gewässerlandschaft, von Terrassenkante zu Terrassenkante in Bezug auf die typischen Landschaftsstrukturen wiederherzustellen und extensiv zu nutzen. Diese flächenhafte Einbeziehung der Aue stellt eine der am weitesten gehenden Möglichkeiten der Revitalisierung eines Ausschnittes einer Fließgewässerlandschaft dar. Die durch die Baumaßnahmen ausgelöste Entfesselung der natürlichen Dynamik und die in weiten Gewässerabschnitten praktizierte beobachtende Unterhaltung führte tatsächlich zu einer vermehrten Bildung naturnaher abiotischer und biotischer Strukturen im Uferbereich und in der Aue. Auf vielen Flächen und Teilflächen befinden sich Sukzessionsstadien unterschiedlicher Vegetationstypen, sowohl trockener als auch feuchter und nasser Standorte.

## Zusammenfassung

10 Jahre nach Abschluss der baulichen Umsetzung des E+E Projektes „Hasetal“ wird über die Auswirkungen und die Nachhaltigkeit der Maßnahmen zur Restrukturierung und Redynamisierung einer pleistozänen Auenlandschaft berichtet. Anders als bei Programmen zur Schaffung von Gewässerrandstreifen, die überwiegend kulissenartig Gewässerstruktur und Wasserqualität durch schmale Pufferzonen verbessern sollen, basierte das Projekt an der Hase auf einem ganzheitlichen Ansatz, der die systemimmanente Eigendynamik der Aue als gestaltende Kraft mit einbezieht. Es wurde versucht, auf 450 ha Talau, einen größeren Ausschnitt einer Gewässerlandschaft, von Terrassenkante zu Terrassenkante in Bezug auf die typischen Landschaftsstrukturen und damit Lebensräume zu optimieren bzw. reaktivieren und dabei eine Art „Selbsteheilungsprozess“ in Gang zu setzen, der letztendlich das Potential der Aue ausschöpft. Die Umsetzung des Projektes führte ab 1999 tatsächlich zu einer vermehrten Bildung natürlicher bzw. naturnaher, abiotischer und biotischer Strukturen sehr unterschiedlicher Größe, sowohl im unmittelbaren Uferbereich als auch in der Aue. Es ist bemerkenswert, dass dies weitgehend ohne Baumaßnahmen geschah, die unmittelbar auf die Uferstruktur zielten, sondern im Wesentlichen durch Deichrückbau und Reaktivierung von Altgewässern sowie durch Unterlassung von Uferunterhaltung und durch eine Extensivierung der Nutzung. Nur in einem 37 ha großen Teilbereich der Aue wurden Strukturen modelliert, die im Zuge der intensiveren Nut-

zung der Flächen beseitigt worden waren. So entstanden Flutrinnen, periodische Kleingewässer und dünenähnliche Strukturen, die sich in dieser Form unter den heutigen klimatischen und hydrologischen Gegebenheiten nicht mehr oder nur sehr langfristig bilden würden.

## Literatur

- AUWECK, F.A. (1978): Kartierung von Kleinstrukturen in der Kulturlandschaft. - *Natur & Landschaft* **53** (3): 84-89. Stuttgart.
- AUWECK, F.A. (1979): Kartierung von Kleinstrukturen in der Kulturlandschaft. Erfahrungsbericht, weitere Entwicklung und Anwendbarkeit im Vergleich mit anderen Methoden. - *Natur & Landschaft* **54** (11): 382-387. Stuttgart.
- BORK, H.-R., H. BORK, C. DALCHOW, B. FAUST, H.-P. PIORR & T. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. 328 S. - Klett-Perthes, Gotha.
- BLUME, H.-P., G.W. BRÜMMER, R. HORN, E. KANDELER, I. KÖGEL-KNABNER, R. KRETZSCHMAR, K. STAHR & B.-M. WILKE (2009): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Aufl., 570 S. - Spektrum, Heidelberg.
- BRUNOTTE, E., H. GEBHARDT, M. MEURER, P. MEUSBURGER & J. NIPPER (eds) 2001/2002: Lexikon der Geographie. 4 Bände. - Spektrum, Heidelberg.
- DAHL, H.-J., P. JÜRGING & H. PATT (2005): Fließgewässerentwicklung - Historie, Ziele. In: JÜRGING, P. & H. PATT (eds.): Fließgewässer- und Auenentwicklung, S. 123-151. - Springer, Berlin.
- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2002): Kulturgrasland - Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. 239 S. - Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. & C. LEUSCHNER (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl., 1334 S. - Ulmer, Stuttgart.
- FINCK, P., M. KLEIN, U. RIEKEN & E. SCHRÖDER (Bearb.) (1998): Schutz und Förderung dynamischer Prozesse in der Landschaft. - *Schr. R. f. Landschaftspf. u. Natursch.* **56**, 425 S. Bonn.
- FORMAN, R.T.T. & M. GORDON (1986): *Landscape Ecology*. 620 S. - J. Wiley & Sons, New York.
- GERKEN, B. (1988): Auen - verborgene Lebensadern der Natur. 127 S. - Rombach, Freiburg.
- HAINES-YOUNG, R. H. & CHOPPING, M. (1996): Quantifying landscape structure: a review of landscape indices. - *Progress in Physical Geography* **20**: 418-445. London.
- HILLER, A., T. LITT & L. EISSMANN (1991): Zur Entwicklung der jungquartären Tieflandstäler im Saale-Elbe-Raum unter besonderer Berücksichtigung von 14C-Daten. - *Eiszeitalter u. Gegenwart* **41**: 26-46. Hannover.
- HOHENSINNER, S., H. HABERSACK, M. JUNGWIRTH & G. ZAUNER (2005): Natürliche Charakteristik der Donau-Auen im Marchland und hydromorphologische Veränderungen durch menschliche Eingriffe (1812 -1991). - *Wiss. Mitt. Niederöstr. Landesmus.* **17**: 275-308. St. Pölten.
- JEDICKE, E. (1996): Die Roten Listen: Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern. 2. Aufl., 310 S. - Ulmer, Stuttgart.
- JEDICKE, E., M. METZGER & W. FREMUTH (2007): Management der Revitalisierung von Fließgewässern – Bilanz eines länderübergreifenden Projekts im Biosphärenreservat Rhön. - *Naturschutz Landschaftsplanung* **39** (11): 329-336. Stuttgart.
- KOENZEN, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland – Typologie und Leitbilder. - *Angewandte Landschaftsökologie* **65**: 1-327. Münster.
- KÖHLER, B. & A. PREIß (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes. - Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 1/2000, 72 S. Hannover.
- KONOLD, W. (1998): Landnutzung und Naturschutz in Auen - Gegensatz oder sinnvolle Kombination. - *Wasser & Boden* **50** (4): 50-54. Hamburg.
- KRATOCHWIL, A., M. STROH, S. DITTRICH & D. REMY (2009): Binnendünen-Restitution im Auengebiet der Hase (Niedersachsen) - eine Bilanz nach 7 Jahren. - *BFN-Schriftenreihe Naturschutz und Biologische Vielfalt* **73**: 93-107. Bonn.
- KUGLER, H., M. SCHWAB & K. BILLWITZ (1988): *Allgemeine Geologie, Geomorphologie und Bodengeographie. Studienbücher Geographie*. 3. Aufl., Band 4, 223 S. Gotha.
- KÜSTER, H. (1995): *Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa - Von der Eiszeit bis zur Gegenwart*. 424 S. - C.H. Beck, München.
- LESER, H. (1997): *Landschaftsökologie*. 4. Aufl., 644 S. - Ulmer, Stuttgart.

- LUTZE, G., A. SCHULTZ & J. KIESEL (2004): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – ein systemanalytischer Ansatz. In: WALZ, U., G. LUTZE, A. SCHULTZ & R.-U. SYRBE (eds.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. - IÖR-Schriftenreihe **43**: 1-12. Dresden.
- MÜHLENBERG, M. & J. SLOWIK (1997): Kulturlandschaft als Lebensraum. 312 S. - Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- MÜLLER, J. (2005): Landschaftselemente aus Menschenhand: Biotope und Strukturen als Ergebnis extensiver Nutzung. 276 S. - Spektrum, Heidelberg.
- NEUMANN, H. (1976): Gewässerkundliche Daten über die Hase und ihr Einzugsgebiet. - Osnabrücker Naturwiss. Mitt. **4**: 9-26. Osnabrück.
- PETER, A., K. TOCKNER & U. BUNDI (1999): Die Revitalisierung von Fließgewässern - ein neuer Fokus der EAWAG. - Ewag Jahresbericht 1999: 11-17. Dübendorf.
- PLACHTER, H. (1991): Naturschutz. 463 S. - Fischer, Stuttgart.
- PLACHTER, H. (1996): Bedeutung und Schutz ökologischer Prozesse. - Verhandlungen der GfÖ **26**: 287-303. Dresden.
- POTT, R. & J. HÜPPE (2001): Flussauen- und Vegetationsentwicklung an der mittleren Ems. Zur Geschichte eines Flusses in Nordwestdeutschland. - Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum Naturkunde **63** (2): 119 S. - Münster.
- POTTGIEBER, T. & M. SOMMERHÄUSER (2004): Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: STEINBERG, C., CALMANO, W., KLAPPER, H. & WILKEN, W.D. (eds.): Handbuch Angewandte Limnologie, 19. Ergänzungslieferung. - ecomed-Verlag, Landsberg.
- REMY, D. & K. ZIMMERMANN (2004): Restitution einer extensiven Weidelandschaft im Emsland: Untersuchungsgebiete im BMBF Projekt „Sandökosysteme im Binnenland“. - NNA Berichte **17**: 27-38. Schneverdingen.
- REMY, D. (2006): Das Haseauenprojekt im Landkreis Emsland - Maßnahmenumsetzung und Begleituntersuchungen zur Erfolgskontrolle. - Inform. d. Naturschutz Niedersachs. **26**: 110-119. Hannover.
- REMY, D. (2007): Auenentwicklung an der Hase - Beispiel für einen guten ökologischen Zustand? - NNA-Berichte **20/1**: 57-64. - Schneverdingen.
- RIECKEN, U., P. FINK, M. KLEIN & E. SCHRÖDER (1997): Situation und Perspektiven des extensiven Grünlandes in Deutschland und Überlegungen zu alternativen Konzepten des Naturschutzes am Beispiel der Etablierung „halboffener Weidelandschaften“. In: KLEIN, M., U. RIECKEN & E. SCHRÖDER (Hrsg.): Alternative Konzepte des Naturschutzes für extensiv genutzte Kulturlandschaften. - Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz **54**: 7-23. Bonn.
- RIECKEN, U., P. FINK, M. KLEIN & E. SCHRÖDER (1998): Überlegungen zu alternativen Konzepten des Naturschutzes für den Erhalt und die Entwicklung von Offenlandbiotopen. - Natur und Landschaft **73**: 261-270. Stuttgart.
- SCHNEIDER, J. (1996): Auswirkungen des Bibers auf die Auenlandschaft. - Natur- und Kulturlandschaft **1**: 175-179. Höxter.
- SCHULTE, W. (1988): Naturschutzrelevante Kleinstrukturen - eine bundesweit wünschenswerte Bestandsaufnahme. Beispiel: Raum Bad-Godesberg mit besonderer Berücksichtigung der Mauervegetation. - Natur & Landschaft **63**: 379-385. Stuttgart.
- SOMMERHÄUSER, M. & H. SCHUHMACHER (2003): Handbuch der Fließgewässer Norddeutschlands - Typologie, Bewertung, Management. - Atlas für die limnologische Praxis, 218 S. - ecomed, Landsberg.
- SPIRIDONOV, A. I. (1973): Physiognomic landscape features as indicators of origin and development of the landscape. In: CHIKISHEV, A. G. (Hrsg.), Landscape indicators: New Techniques in Geology and Geography: 79-91. - Plenum Publishing Co., New York.
- STROH, M., A. KRATOCHWIL, D. REMY, K. ZIMMERMANN & A. SCHWABE (2005): Rehabilitation of alluvial landscapes along the River Hase (Ems river basin, Germany). - Arch. Hydrobiol. Suppl. **155/1**: 243-260. Stuttgart.
- WALZ, U. (2004): Landschaftsstrukturmaße – Indizes, Begriffe, Methoden. In: WALZ, U., LUTZE, G., SCHULTZ, A. & SYRBE, R.-U. (eds.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. - IÖR-Schriftenreihe **43**: 15-27. Dresden.
- WARD, J.V., K. TOCKNER, P.J. EDWARDS, J. KOLLMANN, G. BRETSCHKO, A.M. GURNELL, G.E.

- PETTS & B. ROSSARO (1999): A reference river system for the Alps: the Fiume Tagliamento. - *Regulated Rivers: Research & Management* **15**: 63-75. Wiley, London.
- WARD, J. V., K. TOCKNER, D.B. ARSCOTT & C. CLARET (2002): Riverine landscape diversity. - *Freshwater Biology* **47**: 517-539. - Blackwell, Oxford.
- WÖBSE, H. H. (1994): Die Erhaltung historischer Kulturlandschaften und ihrer Elemente. - In: Deutscher Heimatbund (Hrsg.): Plädoyer für Umwelt und Kulturlandschaft: 37-43. -Bonn.
- ZERBE, S., G. WIEGLEB & G. ROSENTHAL (2009): Einführung in die Renaturierungsökologie. In: ZERBE, S. & G. WIEGLEB (eds.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. - S. 1-21. - Spektrum, Heidelberg.
- ZUCCHI, H., H.-H. BERGMANN, K. HINRICHS & M. STOCK (1989): Watt. Lebensraum zwischen Land und Meer. 128 S. - Ravensburger, Ravensburg.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Dominique Remy, Ökologie, Fachbereich Biologie/Chemie, Universität Osnabrück, Barbarastraße 13, D-49069 Osnabrück

e-mail: [dremy@uos.de](mailto:dremy@uos.de)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Remy Dominique

Artikel/Article: [Landschaftselemente der Auen pleistozäner Sandlandschaften Nordwestdeutschlands und ihre Wiederherstellung am Beispiel der Unteren Hase 77-89](#)