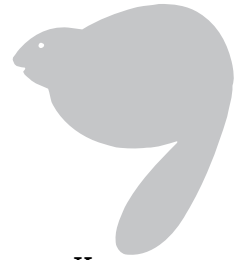


# Auswirkungen des Elbehochwassers 2002 auf ausgewählte Artengruppen – eine Einführung in das Projekt HABEX



MATHIAS SCHOLZ, FRANK DZIOCK, JUDITH GLAESER, FRANCIS FOECKLER, KLAUS FOLLNER, MICHAEL GERISCH, HELMUT GIEBEL, VOLKER HÜSING, FRANZISKA KONJUCHOW, CHRISTIANE ILG, ARNO SCHANOWSKI & KLAUS HENLE

## 1 Einleitung

Die Klimaforschung der letzten Jahre prognostiziert eine weltweite Zunahme sowohl der Intensität als auch der Frequenz extremer Wetterereignisse (IPCC 2007). Die Auswirkungen solcher Extremereignisse auf die Biodiversität sind bisher nur unzureichend bekannt, hauptsächlich begründet durch das seltene Auftreten dieser Phänomene. Gesellschaftliches Interesse besteht vor allem in der Frage, wie Lebensräume und Arten auf Extremereignisse reagieren, vor ihnen geschützt und unter veränderten Umweltbedingungen weiter genutzt werden können. In den letzten Jahren steigen daher die Bemühungen, Effekte solcher Ereignisse auf Arten und Ökosysteme zu quantifizieren und Schutzstrategien zu entwickeln (z. B. JENTSCH et al. 2007).

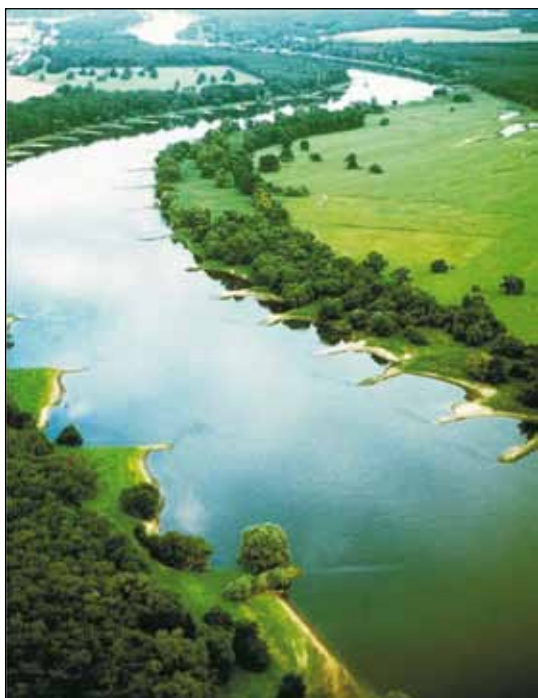
Im Mittelpunkt stehen oft Fragen nach der Widerstandsfähigkeit (Resistenz) und Regenerationsfähigkeit (Resilienz) von Arten oder Artengemeinschaften gegenüber Extremereignissen, wie z. B. Jahrhundertfluten oder langen Trockenheiten. Die außergewöhnlichen Hochwasserereignisse an der Elbe im August 2002 und im Winter 2002/03 sowie die außergewöhnliche Trockenheit im Sommer 2003 haben internationales Interesse geweckt (z. B. MUDELSEE et al. 2003). Die Auswirkungen dieser Extremereignisse und ihre Bedeutung für den Naturhaushalt sind bisher wenig bekannt bzw. nur in wenigen wissenschaftlichen Publikationen diskutiert. In diesem und den folgenden Beiträgen werden aktuelle Untersuchungen dazu vorgestellt.

An der Elbe treten Hochwasser in der Regel im Winter und Frühjahr auf. Demnach war das

Hochwasser der Elbe im Sommer 2002 nicht nur auf Grund seiner Intensität (vgl. MUDELSEE et al. 2003), sondern insbesondere durch das Auftreten zu einem jahreszeitlich atypischen Zeitpunkt außergewöhnlich einschneidend. Tier- und Pflanzenarten der Auen sind dank entsprechender Lebenszyklen, Verhaltensmuster und spezieller Morphologie sehr gut an die zum Teil sehr stark wechselnden Bedingungen in diesem räumlich und zeitlich höchst dynamischen Lebensraum angepasst. Diese Anpassungen sind evolutiv über sehr lange Zeiträume als Konsequenz der Periodizität der Wasserstandsschwankungen entstanden (FITTKAU & REISS 1983). Es wird aber davon ausgegangen, dass auch Artengemeinschaften der Auen stark von diesem atypischen Hochwasser betroffen waren.

Im Rahmen des vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) geförderten Elbe-Ökologie-Forschungsprogramms wurden bereits zahlreiche ökologische Modelle erarbeitet, die die Auswirkungen von Hochwasser auf Fauna und Flora beschreiben und bewerten (z. B. SCHOLZ et al. 2001, 2005, 2009, FUCHS et al. 2003, DZIOCK et al. 2006). Allerdings konnten viele Prognosemodelle bisher nicht anhand konkreter Daten überprüft und auch nicht die Auswirkungen solcher hydrologischen Extreme auf verschiedene Artengruppen abgeschätzt werden (FOLLNER et al. 2009). Zusätzlich zur Sommerflut 2002 war das folgende Jahr 2003 durch eine große sommerliche Trockenheit charakterisiert.

Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt RIVA – Robustes Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen (SCHOLZ et al. 2001, 2009, DZIOCK et al. 2006) stellte eine hervor-



**Abb. 1:** Hauptuntersuchungsgebiet Schöneberger Wiesen bei Steckby. Foto: J. Roth (WWF).

gende Grundlage für Untersuchungen der ökologischen Auswirkungen nach den extremen Hochwasserereignissen im Sommer 2002 und im Winter 2002/2003 sowie der folgenden extremen Trockenheit im Sommer 2003 dar. Für die Artengruppen Laufkäfer, Mollusken und Pflanzen bestand deshalb im Rahmen des hier vorgestellten HABEX-Projektes (AuenHABitate nach EXTremhochwasserereignissen am Beispiel der Mittleren Elbe) die einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen dieses in Zeitpunkt und Intensität ungewöhnlichen Hochwassers auf denselben Probestellen durch einen Zustandsvergleich der Jahre vor der Flut (1998/99) und danach (2003-2006) zu untersuchen (siehe Abb. 2). Das HABEX-Projekt wurde gefördert durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BfG) und durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig (UFZ).

Im RIVA-Projekt wurden neben methodischen Grundlagen auch Analysestrategien für ökologische Veränderungen für die Artengruppen Lauf-

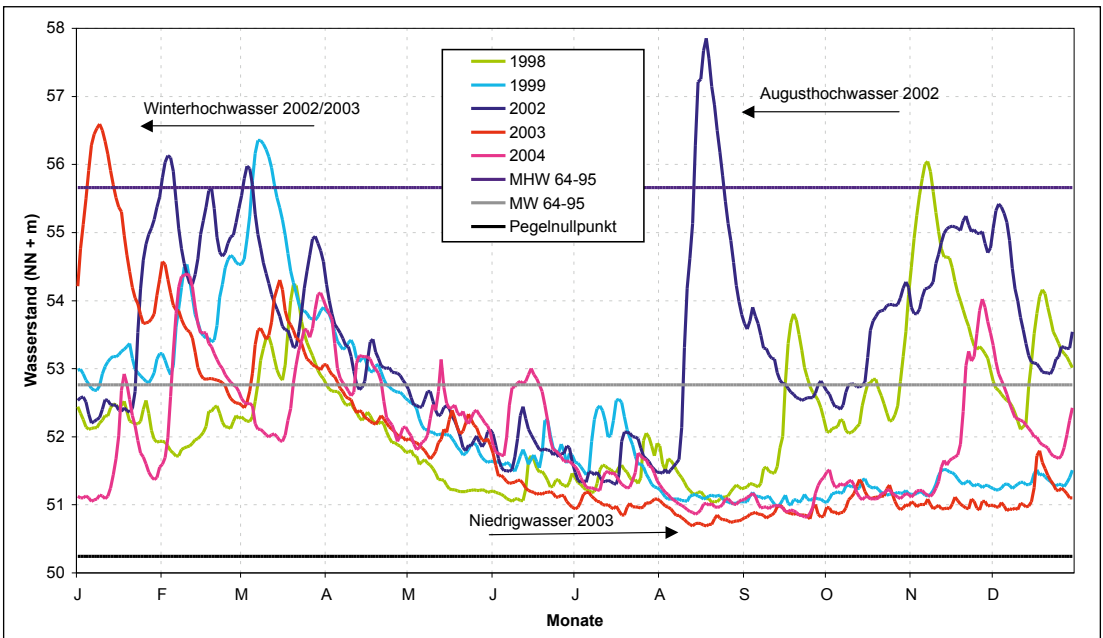
käfer, Mollusken und Pflanzen in drei Auengrönländern an der Mittleren Elbe erarbeitet (GERISCH et al. 2006, FOECKLER et al. 2006, SCHOLZ et al. 2009). Zusätzlich wurde ein Indikationssystem entwickelt, um ökologisch wichtige Faktoren in der Aue, die hohen und langfristigen Messaufwand hydrologischer Standortfaktoren (Überflutungsdauer und Grundwasserflurabstand) erfordern würden, durch schnellere bioindikatorische Methoden zu ergänzen (FOLLNER & HENLE 2006, FOLLNER et al. 2009).

Für die Lebensgemeinschaften der Aue ist das Wasser der am stärksten prägende Faktor (DISTER 1985, RINK 2003). Verschiedene Studien zeigen, dass die Dauer und Höhe der Überflutungen sowie die Grundwasserflurabstände und deren Amplitude die entscheidenden Umweltfaktoren für die Artenzusammensetzungen in Auen darstellen (HÜGIN & HENRICHFREISE 1992, CRAWFORD 1996, LEYER 2002, 2005, HENLE et al. 2006, VAN ECK et al. 2006). Neben der Überflutungs- und Trockenheitstoleranz der Arten ist aber auch die Saisonalität der Hochwasser entscheidend für die Artenzusammensetzung sowohl der Vegetation (JUNK 2005) als auch der Fauna (FITTKAU & REISS 1983) in Auen.

## 2 Witterungsgeschehen und Abfluss

Auf Grund einer ungewöhnlichen Wetterlage (ENGEL 2004) war im August 2002 das größte Hochwasser an der Mittleren Elbe seit mehr als 100 Jahren zu verzeichnen (SCHIERMEIER 2003, PETROW et al. 2007). Mehrfach aufeinander folgende Starkregenereignisse in der ersten Augushälfte im Einzugsgebiet der Elbe verursachten ein rasantes Ansteigen der Abflüsse und führten somit auch zu extremen Überflutungshöhen im Bereich der Mittleren Elbe (BfG 2002, siehe Abb. 2). Während dieses Sommerhochwassers wurden alle 60 Probestellen des RIVA-Projektes für mindestens zwei Wochen in einer Höhe von 1,60 m bis 4,40 m überflutet.

Ein weiteres Hochwasserereignis folgte im Winter 2002/2003, das am Elbe-Pegel Aken nur 1,20 m niedriger war als das Sommerhochwasser, allerdings dem typischen saisonalen Abflussgeschehen der Elbe entsprach und in Senken und Flutrinnen sowie im Grundwasserleiter bis in das Frühjahr wirksam war. Dem schloss sich im Som-



**Abb. 2:** Ausgewählte Wasserganglinien der Jahre 1998, 1999, 2002, 2003 und 2004 am Elbe-Pegel Aken, Elbe-km 274,75; MHW - Mittleres Hochwasser, MW - Mittelwasser der Abflussjahre 1964-1995 (Daten: Wasser und Schifffahrtsverwaltung). Grafik: M. Scholz und S. Rosenzweig.

merhalbjahr 2003, welches durch geringe Niederschläge und hohe Temperaturen charakterisiert war, eine über mehrere Monate andauernde extreme Niedrigwasserphase an, die ungewöhnlich große Grundwasserflurabstände in der gesamten Aue bewirkte. So wies die klimatische Wasserbilanz für das deutsche Elbegebiet folgende Werte auf (DWD in BfG 2006):

- Winterhalbjahr 2002/2003: +125 mm
- Sommerhalbjahr 2003: - 217 mm
- Gesamtjahr 2003: - 92 mm.

Obwohl das Niedrigwasser 2003 sehr extrem war, sind Ereignisse in dieser Ausprägung auch schon in den letzten 50 Jahren aufgetreten (BfG 2006). Abgesehen von einem „Sedimentationsschleier“ auf der Vegetation im Herbst 2002 konnten in Folge der Flut keine deutlich sichtbaren Bodenerosions- und Bodenakkumulationserscheinungen auf den untersuchten Probeflächen beobachtet werden. Ursachen sind zum einen im Strömungsverhalten während des Hochwasserereignisses zu suchen, zum anderen sind fast alle Standorte

durch dichte Vegetation und bindigen Auenlehm charakterisiert (vgl. RINKLEBE et al. 2009). Allerdings sind fluvial-geomorphologische Prozesse an anderen Auenabschnitten der Mittleren Elbe aufgetreten (HAASE et al. 2004).

### 3 Hypothesen und Fragestellungen

Um die Auswirkungen dieser Extremereignisse auf das Ökosystem Aue untersuchen zu können, wurden als Artengruppen die sehr mobilen Laufkäfer, die weniger mobilen Mollusken sowie die Pflanzen als immobile Gruppe ausgewählt. Für alle Artengruppen bestehen sehr gute bis gute Kenntnisse über Biologie, Ökologie und Habitatansprüche (z.B. GERKEN 1992, ZULKA 1994, BONN et al. 1997, GAC 1999, KÖRNIG 2000, 2001, ELLENBERG et al. 2001, FALKNER et al. 2001, KLOTZ et al. 2002, LEYER 2002, FOECKLER et al. 2006, GERISCH et al. 2006). Außerdem sind alle Artengruppen mit einer hohen Artenzahl sowie Individuendichte in den Auen vorhanden.

Trotz sehr guter Kenntnisse über diese Artengruppen in Auen ist bisher relativ wenig über ihre Reaktion auf Sommerhochwasser bekannt. Für alle Artengruppen waren auf Grund der zeitlichen Unvorhersehbarkeit und der Intensität des Sommerhochwassers 2002 starke Rückgänge von Arten und Individuen zu erwarten. Da Artengemeinschaften nach intensiven Störungen sehr viel länger für ihre Regeneration benötigen als nach geringen Störungen (LAKE 2000), war davon auszugehen, dass die Auswirkungen des Sommerhochwassers 2002 relativ lange in den Strukturen der Artengemeinschaften sichtbar sein werden. Mollusken gelten als sehr langsame Wiederbesiedler ihrer Lebensräume (FOECKLER 1990), weshalb angenommen wurde, dass die Auswirkungen des Sommerhochwassers bei ihnen wesentlich länger sichtbar sind als bei den mobileren Laufkäfern. Außerdem wurde vermutet, dass der anschließende sehr warme und trockene Sommer 2003 den Prozess der Wiederbesiedlung durch Mollusken noch zusätzlich verlangsamen würde, da diese Artengruppe sehr empfindlich auf extreme Trockenheit reagiert. Darüber hinaus sollten sich die Laufkäfer- und Molluskengemeinschaften auf den häufiger überfluteten Standorten (z.B. Flutrinnen) schneller regenerieren als in den selten überschwemmten Bereichen. Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass die biologische Anpassung der Arten gegenüber Störungen mit steigender Habitatdynamik zunimmt und somit eine höhere Resilienz dieser Arten zu erwarten ist (LYTLE & POFF 2004).

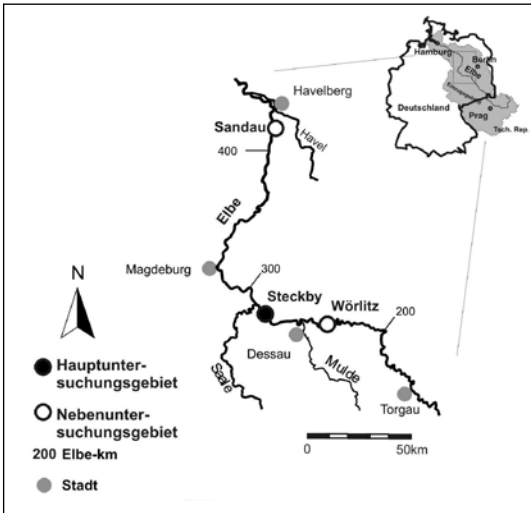
Das Vorkommen von Pflanzen wird in Auen von der Überflutungs- und Trockenheitstoleranz der Arten sowie von der Überflutungsdauer und -häufigkeit bzw. der Dauer ohne Kontakt zum Grundwasser der Standorte bestimmt. Die überflutungstolerantesten Arten kommen in den Flutrinnen vor, während weniger überflutungstolerante Arten, wie z.B. Wiesen-Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*), die sehr selten und nur kurzzeitig überschwemmte Auenflächen besiedeln (YIN 1998, VERVUREN et al. 2003, HERING et al. 2004, VAN ECK et al. 2005, 2006). Zusätzlich zur Überflutungstoleranz der Arten wird die Artenkombination der Pflanzen auch von der Saisonalität der Hochwasser bestimmt. So ist über Auswirkungen von Sommerhochwassern auf Artengemeinschaften von Pflanzen wenig bekannt; die wenigen Kenntnisse beziehen sich meist auf seltener über-

flutete Auengrünlandstandorte (VAN DE STEEG & BLOM 1998, VERVUREN et al. 2003). Bisherige Untersuchungen zeigen, dass Sommerhochwasser zum Verschwinden von wenig überflutungstoleranten Arten führen sowie zur Verschiebung von Wuchsstandorten von Pflanzenarten. Diese Veränderungen sind noch viele Jahre später sichtbar (VERVUREN et al. 2003, VAN ECK et al. 2005), weshalb die Artenzusammensetzung von Pflanzen in Auen stärker von seltenen Sommerhochwassern und weniger von regelmäßig auftretenden Winter- oder Frühjahrshochwassern geprägt sind (KLIMEŠOVÁ 1994, VAN ECK et al. 2004, 2005, 2006). Um ein tieferes Verständnis für die Effekte von Sommerhochwassern auf die Artengemeinschaften der Laufkäfer, Mollusken und Pflanzen zu erhalten, wurden im HABEX-Projekt exakt dieselben Probeflächen wie im RIVA-Projekt untersucht. Das Ziel der Studie war es, die unmittelbaren sowie längerfristigen Effekte des Sommerhochwassers 2002 und der darauffolgenden Trockenheit im Sommer 2003 zu erfassen, wobei folgende Fragestellungen beantwortet werden sollten:

- Welche Effekte hatten die Extremereignisse auf die Strukturen der Artengruppen (z.B. Arten- und Individuenzahlen, Artenzusammensetzung) und wie lange sind diese Effekte in den unterschiedlichen Artengruppen nachweisbar?
- Weisen die untersuchten Artengruppen Unterschiede in ihrer Resilienz oder Resistenz auf? Wie können diese Unterschiede erklärt werden?
- Weisen Artengruppen verschieden hochwasserexponierter Lebensräume Unterschiede in ihrer Resilienz auf?
- Reagieren bestimmte Arten in den jeweiligen Artengruppen besonders stark und wie können diese Reaktionen erklärt werden?

#### 4 Untersuchungsgebiete

Im sachsen-anhaltischen Teil des UNESCO-Biosphärenreservates Mittelbe wurden als Untersuchungsgebiete drei Grünlandstandorte ausgewählt (Abb. 3). Das Hauptuntersuchungsgebiet, die Schöneberger Wiesen bei Steckby, liegt im Naturschutzgebiet Steckby-Lödderitzer Forst (Elbe-km 283-285, rechtselbisch) und beinhaltet 36 Probeflächen. Nebenuntersuchungsgebiete sind der Schleusenheger bei Wörlitz (Elbe-km 242-243,



**Abb. 3:** Lage der Untersuchungsgebiete „Schöneberger Wiesen“ bei Steckby, „Schleusenheger“ bei Wörlitz und „Dornwerder“ bei Sandau entlang der Mittleren Elbe.

linkselbisch) und der Dornwerder bei Sandau (Elbe-km 417-418, rechtselbisch) mit jeweils 12 Probeflächen.

Alle drei Untersuchungsgebiete unterliegen einer relativ naturnahen Überflutungsdynamik, charakterisiert durch Frühjahrs- und gelegentliche Winterhochwasser. Ein typisches Kleinrelief mit Flutrinnen und erhöht liegenden Plateauflächen, die von mesophilem Auengrünland bedeckt sind, kennzeichnet die Untersuchungsgebiete. Alle drei Untersuchungsgebiete werden extensiv bewirtschaftet (SCHOLZ et al. 2009).

## 5 Probeflächendesign

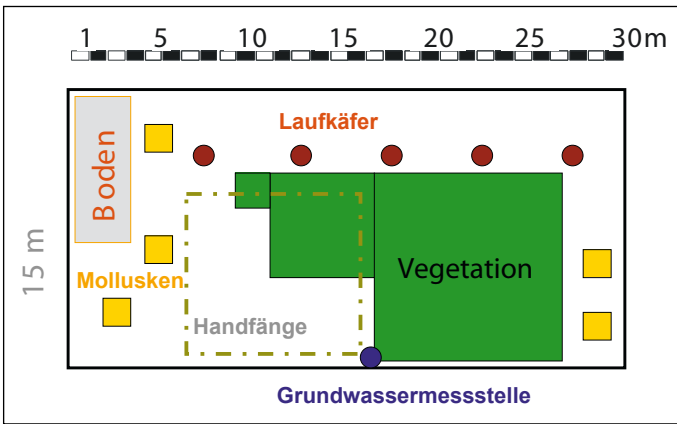
Um die Vergleichbarkeit der gesammelten Daten mit dem Datensatz vor dem Hochwasserereignis 2002 aus dem RIVA-Projekt zu gewährleisten, richteten sich im HABEX-Projekt sowohl die Beprobungszeiten als auch die Beprobungsmethodik streng nach den Vorgaben des RIVA-Projektes (HENLE et al. 2006, SCHOLZ et al. 2009).

Die bereits im RIVA-Projekt untersuchten Probeflächen waren nach einem stratifizierten (geschichteten) Zufallsverfahren festgelegt worden,

um für eine statistische Auswertung möglichst repräsentative Daten zu erhalten. Dadurch konnte gesichert werden, dass Ausprägungen, die relativ wenig Fläche in den Auen einnehmen, mit einer ausreichenden Anzahl an Probeflächen vertreten waren (FOLLNER et al. 2005, HENLE et al. 2006). Um dem fachübergreifenden Anspruch des Projektes gerecht zu werden und zu gewährleisten, dass Biologen, Hydrologen und Bodenkundler auf denselben Probeflächen arbeiten, wurde eine Standardprobefläche festgelegt (Abb. 4). So waren die im Gelände sichtbare Heterogenität innerhalb der Fläche möglichst gering zu halten, alle Messpunkte bzw. Teiluntersuchungsflächen den fachspezifischen Anforderungen entsprechend unterzubringen und gegenseitige Störungen zu minimieren. Sämtliche Messpunkte wurden mit einem hochauflösenden Differenzial-GPS (Global Positioning System, Trimble 5700) lagegenau eingemessen, um ihre zentimetergenaue Wiederfindbarkeit zu garantieren. Für eine zeitlich begrenzte, weit sichtbare Markierung aller Eckpunkte wurden weiße Kunststoffstangen verwendet (RINK et al. 2000, STAB & RINK 2001, HENLE et al. 2009). Durch die exakte Einmessung war die Grundlage für Folgeuntersuchungen gegeben.

Auf den 60 Probeflächen der drei Untersuchungsgebiete wurden im Frühsommer und Herbst von 2003 bis 2006 erneut die Artengruppen Laufkäfer, Mollusken und Pflanzen erhoben. Zusätzlich wurden auf den Schöneberger Wiesen bei Steckby und dem Schleusenheger bei Wörlitz die Artengruppen Laufkäfer und Mollusken im Herbst 2002, also kurz nach dem Sommerhochwasser 2002, erfasst.

Im Rahmen des HABEX-Projektes erfolgte keine zusätzliche Messung von abiotischen Daten im Gelände. Bereits im RIVA-Projekt wurden die hydrologischen Faktoren „Überflutungsdauer pro Jahr“ und „mittlerer Grundwasserflurabstand“ für jede Probefläche der 3 Untersuchungsgebiete in den Jahren 1998 und 1999 gemessen (BÖHNKE 2002). Über Korrelation dieser Feldmessungen mit den entsprechenden amtlichen Elbepegeln und meteorologischen Daten wurden die beiden hydrologischen Parameter für mehrere Jahre, in denen keine Messungen vorlagen, modelliert (BÖHNKE & FOLLNER 2002). Basierend auf diesen Daten und Methoden wurden die Werte für die genannten hydrologischen Faktoren bis 2006 berechnet.

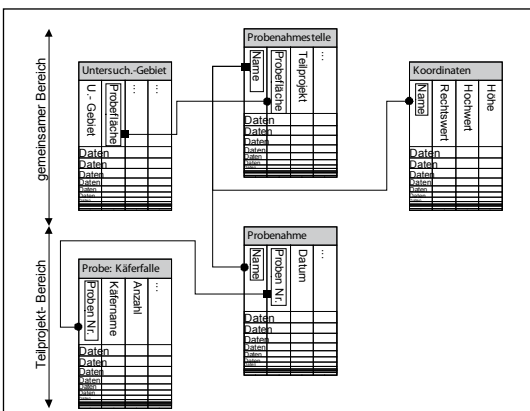


**Abb. 4:** Lage der Fallenstandorte (Laufkäfer), Probestellen (Mollusken) und Vegetationsaufnahmen in der Standardprobestelle. Abweichend davon wurde in Flutrinnen aufgrund der Topographie die Anordnung innerhalb einer Fläche von 50 x 10 Metern vorgenommen (Henle et al. 2006).

## 6 Verwaltung der Daten

Da im Rahmen einer solchen interdisziplinären Untersuchung sehr viele Daten anfallen, ist es notwendig, sämtliche Daten in einer entsprechenden Datenbank aufzubereiten. Aus diesem Grund wurden im HABEX-Projekt sämtliche Geländeinformationen in der im RIVA-Projekt entwickelten Datenbankstruktur mit dem Programm MS Access 97<sup>®</sup> verwaltet. Wesentliche Grundla-

**Abb. 5:** Vereinfachte Struktur der RIVA-Datenbank. Grafik: K. Follner u. W. Peter.



gen dieser Datenbankstruktur sind die erforderlichen Schlüsselfelder, die eine lage- und zeitgenaue Zuordnung der Felddaten ermöglichen (siehe Abb. 5). Im RIVA- und HABEX-Projekt wurde mit der Verwendung von "Lagenummern", die jeweils der teilprojektübergreifenden Kennnummer jeder einzelnen Probestelle entspricht, eine solche Zuordnung sichergestellt. Dies ermöglichte den einzelnen Fachdisziplinen, abiotische und biotische Parameter zu verknüpfen und sie für entsprechende Auswertungen abfragen zu können (HÜSING & STAB 2001, FOLLNER et al. 2005).

## 7 Ergebnisse

Die Auswertung der Reaktionen der Laufkäfer, Mollusken und Pflanzen auf das extreme Sommerhochwasser 2002 ergab sehr unterschiedliche Muster. Die Laufkäfer erlitten drastische Verluste in der Arten- und Individuenzahl, wodurch sich die Artenzusammensetzung im Herbst des Jahres 2002 sehr deutlich von den Vorjahren unterschied. Insbesondere in den Flutrinnen konnten im Herbst 2002 bis zu 90 % der Individuen und mehr als 84 % der Arten nicht mehr nachgewiesen werden. Während die Arten- und Individuenzahlen innerhalb von zwei Jahren wieder das Niveau von vor dem Sommerhochwasser 2002 erreicht haben, ist die Struktur der Artengemeinschaften auch mehrere Jahre nach dem Hochwasserereignis noch stark durch das Sommerhochwasser gekennzeichnet (siehe auch GERISCH & SCHANOWSKI in diesem Heft, S. 68 ff). Das lag weniger am Verschwinden bzw. an der Einwanderung von Arten, als vielmehr an starken Abundanzschwankungen einzelner Arten, so z.B. *Trechus quadristriatus* oder *Poecilus versicolor*. Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass feuchtigkeitsliebende und überflutungstolerante Arten widerstandsfähiger gegenüber der Extremflut waren. Die Abundanzen einiger typischer Feuchtgebietsarten verharrten bis zum Untersuchungsende auf sehr niedrigen Niveaus. Im Gegensatz dazu konnten mehrere anspruchslose, häufige Arten enorme Zuwachsraten in ihren

Abundanzen verzeichnen. Vermutlich haben diese Arten eine höhere Wiederbesiedlungskapazität, da sie in unmittelbarer Nähe der überschwemmten Flächen überdauern und bei sinkendem Wasserstand die Flächen schnell kolonisieren können (ebd.).

Bei den Mollusken stieg die Anzahl sowohl an Taxa als auch an Individuen direkt nach dem Sommerhochwasser im Herbst 2002 an (siehe FOECKLER et al. 2005, in diesem Heft, IG et al. 2008, 2009). Sowohl die hohen Taxa- als auch die Individuenzahlen blieben bis zum Frühjahr 2004 bestehen; erst ab Herbst nahmen sowohl die Arten- als auch die Individuenzahlen wieder vergleichbare Werte wie in den Jahren zuvor an. Der hohe Anstieg der Anzahl der Taxa direkt nach dem Sommerhochwasser 2002 ist im Wesentlichen auf Wassermolluskenarten zurückzuführen. Unter diesen erreichten die Mollusken der dauerhaften Gewässer die größte Zunahme in der Anzahl der Taxa nach dem Sommerhochwasser im Vergleich zu den Mollusken der Fließgewässer und der wechsellässigen Standorte. Mit den beiden Fließgewässer-Arten *Corbicula fluminea* und *Potamopyrgus antipodarum* wurden nach dem Sommerhochwasser 2002 zwei Neozoen für diese Grünlandstandorte nachgewiesen. Damit kann die große Ausbreitungsfähigkeit von Mollusken unter entsprechenden, für sie günstigen Umweltbedingungen belegt werden, wobei die Ausbreitung wahrscheinlich eher durch passiven Transport (Wasservogel, Schiffe etc.) sowie durch Verdriftung (Hochwasser) erfolgte als durch ein aktives „Wandern“ (FOECKLER et al. in diesem Heft).

Bei den Pflanzen war nur im mesophilen Auengrünland die Gesamtartenanzahl im Jahr 2003 niedriger als in den Vorjahren. Bezüglich der Artenzusammensetzungen konnten aber in den Flutrinnen und im mesophilen Auengrünland signifikante Unterschiede vor und nach dem Hochwasserereignis 2002 aufgezeigt werden. Die Unterschiede im mesophilen Auengrünland sind zum einen auf einen deutlichen Rückgang der mittleren Deckung von drei sommerflutempfindlichen Arten und zum anderen auf eine deutliche Zunahme der mittleren Deckung von acht überschwemmungstoleranteren Arten zurückzuführen. In den Flutrinnen zeigten feuchtigkeitsliebende Arten eine deutlich geringere mittlere Deckung in den Jahren 2003 bis 2006 im Ver-

gleich zu den Erfassungen vor dem Sommerhochwasserereignis, was vermutlich auf die extreme Trockenheit des Jahres 2003 zurückzuführen ist (siehe GLÄSER et al. in diesem Heft, S. 86 ff).

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die mobilen Artengruppen (Laufkäfer, Mollusken) stärker auf außergewöhnliche Extremereignisse reagieren als weniger mobile Artengruppen, wie Pflanzen, wobei Laufkäfer und Mollusken eine hohe Resilienz zeigen. Diese ist vor allem mit ihrer ausgeprägten Fähigkeit der aktiven und passiven Ausbreitung und Wiederbesiedlung zu begründen, wodurch sie an die autotypischen, sehr veränderlichen Lebensbedingungen angepasst sind.

In den folgenden Beiträgen dieses Heftes wird auf die Ergebnisse des im Rahmen des HABEX-Projektes untersuchten Artengruppen: Laufkäfer (GERISCH et al.), Mollusken (FOECKLER et al.) und Pflanzen (GLÄSER et al.) vertiefend eingegangen.

## Danksagung

Die hier dargestellten Ergebnisse wurden durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Koblenz und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) gefördert. Großer Dank gilt den Mitarbeitern der Biosphärenreservatsverwaltung Mittelelbe, dem Landesamt für Umweltschutz und den Naturschutzbehörden im Land Sachsen-Anhalt für ihre Unterstützung bei Geländearbeiten und Genehmigungen sowie der Publikation dieser Beiträge. Des Weiteren möchten wir uns bei den Bewirtschaftern der Untersuchungsgebiete für die konstruktive Zusammenarbeit bedanken. Ein weiterer Dank gilt zahlreichen Personen, die im Rahmen von Praktika, universitären Belegarbeiten oder kollegialer und freundschaftlicher Unterstützung die Forschungsarbeiten bei der Probenname als auch der Analyse durch ihr Engagement unterstützt haben.

## Zusammenfassung

Das Elbe-Sommerhochwasser des Jahres 2002 und die Trockenheit im Sommer 2003 sind zwei Extremereignisse, deren Auswirkungen auf Flora und Fauna sowie deren Bedeutung für den Naturhaushalt noch nicht abschließend einge-



schätzt werden können. Auf der Grundlage von Kartierungsergebnissen zu Flora und Fauna aus den Jahren 1998 und 1999 bestand die einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen dieses in Zeitpunkt und Intensität ungewöhnlichen Sommerhochwassers 2002 und der anschließenden Trockenheit im Sommer 2003 auf exakt denselben Probestellen zu untersuchen. Auf insgesamt 60 Probestellen auf drei Auengrünlandstandorten entlang der Mittleren Elbe wurden von 2002 bis 2006 Laufkäfer, Mollusken und Pflanzen kartiert. Durch den damit möglichen Vorher-Nachher-Vergleich der Artengemeinschaften waren im Rahmen des Projektes HABEX (Auenhabitate nach Extremhochwasserereignissen am Beispiel der Mittleren Elbe - ein gemeinsames Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Gewässerkunde und dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung) insbesondere folgende Fragestellungen zu untersuchen:

Welche Auswirkungen haben Extremereignisse auf die untersuchten Artengruppen? Wie lange sind diese Folgen in den Artengemeinschaften sichtbar? Reagieren die Artengruppen in ähnlicher Weise oder sind Unterschiede feststellbar? Der Beitrag gibt eine Einführung in dieses interdisziplinäre Forschungsvorhaben und stellt zusammenfassend das gemeinsame Vorgehen für die drei untersuchten Artengruppen vor.

## Literatur

BfG - BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (Hrsg.) (2002): Das Augusthochwasser im Elbegebiet. - Koblenz. <http://elise.bafg.de/?3967>.

BfG - BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (Hrsg.) (2006): Niedrigwasserperiode 2003 in Deutschland. Ursachen - Wirkungen - Folgen. - Koblenz. - BfG-Mitteilungen 27.

BÖHNKE, R. & K. FOLLNER (2002): Wasserstände in Auen - Möglichkeit der Rückrechnung aus Flusspegel- und Wetterdaten. - In: GELLER, W., PUNCOHAR, P., GUHR, H., VON TÜMPLING, W., MEDEK, J., SMRT'AK, J., FELDMANN, H. & O. UHLMANN (Hrsg.): Die Elbe - neue Horizonte des Flussgebietsmanagements. - Stuttgart, Leipzig (Teubner): 267-268.

BÖHNKE, R. (2002): Hydrodynamik und Stofftransport in Auensedimenten der Mittleren Elbe unter Berücksichtigung eines ökosystemaren Bewertungskonzeptes. - Dissertation. - UFZ-Berichte 2002(19).

BONN, A., HAGEN, K. & B. HELLING (1997): Einfluß des Überschwemmungsregimes auf die Laufkäfer- und Spinnengemeinschaften in Uferbereichen der Mittleren Elbe und Weser. - Münster. - Arbeitsber. Landschaftsökologie 18: 177-191.

CRAWFORD, R. M. M. (1996): Whole plant adaptations to fluctuating water tables. - *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 31: 7-24.

DISTER, E. (1985): Auenlebensräume und Retentionsfunktion. - *Laufener Seminarbeitr.* 3: 74-90.

DZIOCK, F., FOECKLER, F., SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.) (2006): Bioindication and functional response in flood plain systems - based on the results of the project RIVA. - *Int. Rev. Hydrobiol.* 91: 269-388.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & W. WERNER (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (3. Aufl.). - Göttingen (Goltze). - *Scripta Geobotanica* 18.

ENGEL, H. (2004): The flood event 2002 in the Elbe river basin causes of the flood, its course, statistical assessment and flood damages. - *Houille Blanche - Revue Internationale de l'Eau*: 33-36.

FITTKAU, E. J. & F. REISS (1983): Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihrer Auen. - *Arch. Hydrobiol.* 97(1): 1-6.

FALKNER, G., OBRDLIK, P., CASTELLA, E. & M. C. D. SPEIGHT (2001): Shelled Gastropoda of Western Europe. - *München (Friedrich Held Gesellschaft)*: 267 S.

FOECKLER, F. (1990): Charakterisierung und Bewertung von Augewässern des Donauraums Straubing durch Wassermolluskengesellschaften. - *Laufen/Salzach*. - *Berichte der ANL*, Beiheft 7: 154 S.

FOECKLER, F., DEICHNER, O., SCHMIDT, H., SCHOLZ, M., HETRICH, A., FUCHS, E. & K. HENLE (2005): Auswirkungen von extremen Hoch- und Niedrigwasserereignissen auf Mollusken in Flussauen am Beispiel der Mittleren Elbe. - Berlin (Weißensee Verlag). - *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Tagungsbericht 2004 (Potsdam)*: 319-324.

FOECKLER, F., DEICHNER, O., SCHMIDT, H. & E. CASTELLA (2006): Suitability of Molluscs as Bioindicators for Meadow- and Flood-Channels of the Elbe-Floodplains. - In: DZIOCK, F., FOECKLER, F., SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.): Bioindication and functional response in flood plain systems - based on the results of the project RIVA. - *International Review of Hydrobiology* 91: 314-325.

FOLLNER, K., BAUFELD, R., BÖHMER, H. J., HENLE, K., HÜSSING, V., KLEINWÄCHTER, M., RICKFELDER, T., SCHOLTEN, M., STAB, S., VOGEL, C. & H. ZIMMERMANN-TIMM (2005): Ausgewählte methodische Ansätze. - In: SCHOLZ, M., STAB, S., DZIOCK, F. & K. HENLE (Hrsg.): Lebensräume der Elbe und ihrer Auen. - Berlin (Weißensee Verlag). - *Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft. Band 4*: 67-102.

FOLLNER, K. & K. HENLE (2006): The Performance of Plants, Molluscs and Carabid Beetles as Indicators of Hydrological Conditions in Floodplain Grasslands. - In: DZIOCK, F., FOECKLER, F., SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.): Bioindication and functional response in flood plain systems - based on the results



- of the project RIVA. - *International Review of Hydrobiology* 91: 364-379.
- FOLLNER, K., HOFACKER, A., GLÄSER, J., DZIOCK, F., GERISCH, M., FOCKLER, F., ILG, C., SCHANOWSKI, A., SCHOLZ, M. & K. HENLE (2009): Accurate environmental bioindication in floodplains in spite of an extreme flood event. - *River Research and Application*. DOI:10.1002/rra.1300.
- FUCHS, E., GIEBEL, H., HETTRICH, A., HÜSING, V., ROSENZWEIG, S. & H.-J. THEIS (2003): Einsatz von ökologischen Modellen in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. - Das integrierte Flussauenmodell INFORM. - Koblenz (Bundesanstalt für Gewässerkunde). - *BfG-Mitteilungen* 25: 212 S.
- GAC - GESELLSCHAFT FÜR CARABIDOLOGIE (Hrsg.) (1999): Laufkäfer in Auen. - *Angewandte Carabidologie Supplement* 1: 1-144.
- GERISCH, M., SCHANOWSKI, A., FIGURA, W., GERKEN, B., DZIOCK, F. & K. HENLE (2006): Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of hydrological site conditions in floodplain grasslands. - In: DZIOCK, F., FOCKLER, F., SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.): Bioindication and functional response in flood plain systems - based on the results of the project RIVA. - *Int. Rev. Hydrobiol.* 91: 326-340.
- GERKEN, B. (1992): Fluß- und Stromauen als Ökosysteme - Standortcharakteristika, Lebensgemeinschaften und Sicherungserfordernisse. - *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt* 5: 2-11.
- HAASE, D., WEICHEL, T., BÜTTNER, L., VOLK, M., GLÄSER, C., BIRGER, J., ZOBEL, D., REINARTZ, P., HEEGE, T., MÜLLER, R., HEBLINSKI, J. & M. SCHRÖDER (2004): Flächenhafte Erfassung der Hochwassergebiete mittels Fernerkundungsdaten. - In: GELLER, W., OCKENFELD, K., BÖHME, M. & A. KNÖCHEL, (Hrsg.): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. - Nürnberg (Kompetenzzentrum Digitaldruck): 37-69.
- HENLE, K., DZIOCK, F., FOCKLER, F., FOLLNER, K., HÜSING, V., HETTRICH, A., RINK, M., STAB, S. & M. SCHOLZ (2006): Study Design for Assessing Species Environment Relationships and Developing Indicator Systems for Ecological Changes in Floodplains - The Approach of the RIVA Project. - *International Review of Hydrobiology* 91: 292-313.
- HENLE, K., DZIOCK, F., RINK, M., FOCKLER, F., FOLLNER, K., FUCHS, F., RINK, A., KLOTZ, S., ROSENZWEIG, S., SCHANOWSKI, S., SCHOLZ, M. & S. STAB (2009): Versuchsplanung und statistische Auswertungen im RIVA-Projekt. - In: SCHOLZ, M., HENLE, K., DZIOCK, F., STAB, S. & FOCKLER, F. (Hrsg.): Entwicklung von Indikationssystemen am Beispiel der Elbaue. - Stuttgart (Ulmer Verlag): 85-100.
- HERING, D., GERHARD, M., MANDERBACH, R. & M. REICH (2004): Impact of a 100-year flood on vegetation, benthic invertebrates, riparian fauna and large woody debris standing stock in an alpine floodplain. - *River Research and Applications* 20: 445-457.
- HÜGIN, G. & A. HENRICHFREISE (1992): Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. - Bonn-Bad Godesberg (Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie).
- HÜSING, V. & S. STAB (2001): Einsatzmöglichkeiten von Datenbanken für freilandökologische Arbeiten. - In: SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.): Indikation in Auen. Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. - *UFZ-Berichte* 2001(8): 20-23.
- ILG, C., DZIOCK, F., FOCKLER, F., FOLLNER, K., GERISCH, M., GLAESER, J., RINK, A., SCHANOWSKI, A., SCHOLZ, M., DEICHNER, O. & K. HENLE (2008): Differential reactions of taxonomic groups to extreme events: Long-term effects of an extreme flood on biodiversity of floodplain grasslands. - *Ecology* 89(9): 2392-2398.
- ILG, C., FOCKLER, F., DEICHNER, O. & K. HENLE (2009): Extreme flood events favour floodplain mollusc diversity. - *Hydrobiologia* 621: 63-73.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. - Cambridge (University Press).
- JENTSCH, A., KREYLING, J. & C. BEIERKUHNLIN (2007): A new generation of climate-change experiments: events, not trends. - *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 365-374.
- JUNK, W. J. (2005): Flood pulsing and linkages between terrestrial, aquatic, and wetland systems. - *Verhandlung der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 29: 11-38.
- KLIMEŠOVÁ, J. (1994): The effects of timing and duration of floods on growth of young plants of *Phalaris arundinacea* L. and *Urtica dioica* L.: an experimental study. - *Aquatic Botany* 48: 21-29.
- KLOTZ, S., KÜHN, I. & W. DURKA (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. - *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38: 1-334.
- KÖRNIG, G. (2000): Die Gastropodenfauna mitteleuropäischer Auenwälder. - *Hercynia* 33: 257-279.
- KÖRNIG, G. (2001): Weichtiere (Mollusca). - In: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (Hrsg.): *Arten- und Biotopschutzprogramm Sachsen-Anhalt. Landschaftsraum Elbe*. - *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Sonderheft 3, Teil 2*: 288-300 und *Teil 3*: 743-745.
- LAKE, P. S. (2000): Disturbance, patchiness, and diversity in streams. - *Journal of the North American Benthological Society* 19: 573-592.
- LEYER, I. (2002): *Auengrünland an der Mittelbe-Niederung*. - Stuttgart (Cramer Verlag).
- LEYER, I. (2005): Predicting plant species responses to river regulation: the role of water level fluctuations. - *Journal of Applied Ecology* 42: 239-250.
- LYTLE, D. A. & N. L. POFF (2004): Adaptation to natural flow regimes. - *Trends in Ecology and Evolution*. 19(2): 94-100.
- MUDELSEE, M., BORNGEN, M., TETZLAFF, G. & U. GRUNEWALD (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. - *Nature* 425: 166-169.
- PETROW, T., MERZ, B., LINDENSCHMIDT, K. E. & A. H. THIEKEN (2007): Aspects of seasonality and flood generating circulation patterns in a mountainous catchment in south-eastern Germany. - *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1455-1468.

- RINK, E., HENLE, K. & S. STAB (2000): Zur Erstellung einer fachlich-statistisch abgestimmten Datenerhebungsstrategie am Beispiel eines synökologisch orientierten Forschungsprojektes in den Elbauen. - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 44(4): 184-190.
- RINK, M. (2003): Ordinationsverfahren zur Strukturanalyse ökosystemarer Feldinformationen und Lebensraumeignungsmodelle für ausgewählte Arten der Elbauen. - Dissertation. - UFZ-Berichte 2003(8).
- RINKLEBE, J., FRANKE, C. & H.-U. NEUE (2009): Verbreitung, Eigenschaften und Klassifikation von Auenböden - Auenbodenformen als Indikatoren für Nähr- und Schadstoffkonzentrationen. Kapitel 5.2. - In: SCHOLZ, M., HENLE, K., DZIOCK, F., STAB, S. & F. FOECKLER (Hrsg.): Entwicklung von Indikationssystemen am Beispiel der Elbaue. - Stuttgart (Ulmer Verlag): 130-153.
- SCHIERMEIER, Q. (2003): Analysis pours cold water on flood theory. - Nature 425: 111.
- SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.) (2001): Indikation in Auen. Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. - UFZ-Berichte 2001(8).
- SCHOLZ, M., STAB, S., DZIOCK, F. & K. HENLE (Hrsg.) (2005): Lebensräume der Elbe und ihrer Auen. - Berlin (Weißensee Verlag). - Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft. Band 4: 380 S.
- SCHOLZ, M., HENLE, K., DZIOCK, F., STAB, S. & F. FOECKLER (Hrsg.) (2009): Entwicklung von Indikationssystemen am Beispiel der Elbaue. - Stuttgart (Ulmer Verlag): 480 S.
- STAB, S. & M. RINK (2001): Planung und Durchführung von Felduntersuchungen zur Entwicklung von Indikationssystemen in Auen. - In: SCHOLZ, M., STAB, S. & K. HENLE (Hrsg.): Indikation in Auen. Präsentation der Ergebnisse aus dem RIVA-Projekt. - UFZ-Berichte 2001(8): 19-23.
- VAN DE STEEG, H. M. & C. W. P. M. BLOM (1998). Impact of hydrology on floodplain vegetation in the lower Rhine system: implications for nature conservation and nature development. - In: NIENHUIS, P. H., LEUVEN, R. S. E. W. & A. M. J. RAGAS (Hrsg.): New concepts for sustainable management of river basins. - Backhuys, Leiden: 131-144.
- VAN ECK, W. H. J. M., VAN DE STEEG, H. M., BLOM, C. W. P. M. & H. DE KROON (2004): Is tolerance to summer flooding correlated with distribution patterns in river floodplains? A comparative study of 20 terrestrial grassland species. - OIKOS 107: 393-405.
- VAN ECK, W. H. J. M., VAN DE STEEG, H. M., BLOM, C. W. P. M. & H. DE KROON (2005): Recruitment limitation along disturbance gradients in river floodplains. - Journal of Vegetation Science 16: 103-110.
- VAN ECK, W. H. J. M., LENSSEN, J. P. M., VAN DE STEEG, H. M., BLOM, C. W. P. M. & H. DE KROON (2006): Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: a comparative study of 10 terrestrial grassland species. - Hydrobiologia 565: 59-69.
- VERVUREN, P. J. A., BLOM, C. W. P. M. & H. DE KROON (2003): Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species. - Journal of Ecology 91: 135-146.
- YIN, Y. (1998): Flooding and forest succession in a modified stretch along the Upper Mississippi River. - Regulated Rivers-Research and Management 14: 217-225.
- ZULKA, K. P. (1994): Carabids central European floodplains: species distribution and survival during inundations. - In: DESENDER, K., DUFRENE, M., LOREAU, M., LUFF, M. L. & J.-P. MAELFAIT (Hrsg.): Carabid beetles: ecology and evolution. - Dordrecht (Kluwer): 339-405.