

Schlussbericht zu FKZ 02WT0913

BMBF-Forschungsvorhaben des Projektträgers Karlsruhe, Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE)

Zuwendungsempfänger:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Department Bodenphysik

Forschungsstelle Falkenberg

Vorhabensbezeichnung:

Verbundvorhaben: Nutzungsorientierte Wasserqualität im Einzugsgebiet der Wolga

Teilprojekt „Langfristige Sicherung der Trinkwasserversorgung im Wolga-Einzugsgebiet durch Charakterisierung der Umsatz- und Austragsprozesse von DOC unter besonderer Berücksichtigung der winterlichen Rahmenbedingungen“

Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 31.12.2010

Projektleitung: Prof. Dr. R. Meißner

Projektpersonal: PD Dr. G. Ollesch

Dipl. Geogr. A. Wagner

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WT0913 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Falkenberg 30. Juni 2011

Inhalt

Liste der Abbildungen	3
Liste der Tabellen	4
I Kurzdarstellung	5
I.1 Aufgabenstellung	5
I.2 Vorraussetzungen	6
I.3 Ablauf des Vorhabens	7
I.4 Anknüpfungsstand	9
I.5 Zusammenarbeit mit Anderen	10
II Eingehende Darstellung	11
II.1 Erzielte Ergebnisse	12
<i>II.1.1 Schäfertal</i>	12
<i>II.1.2 Lubazhinka</i>	25
<i>II.1.3 Modellansatz</i>	36
II.2 Zahlenmäßiger Nachweis	39
II.3 Notwendigkeit der geleisteten Arbeit	40
II.4 Nutzen und Verwertbarkeit	41
II.5 Anderweitig bekannt gewordene Ergebnisse	42
II.6 Veröffentlichungen (inkl. geplante)	43
III Erfolgskontrollbericht	45
III. 1 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen	45
III. 2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	45
III. 3 Fortschreibung des Verwertungsplans	46
III. 4 Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben	47
III. 5 Präsentationsmöglichkeiten	47
III. 6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	48
IV Berichtsblatt	49

Liste der Abbildungen

- Abb. 1: Klimadiagramm der meteorologischen Station Harzgerode im östlichen Unterharz in der Nähe des Schäfertal
- Abb. 2: Übersicht über das Einzugsgebiet Schäfertal sowie Lage der Bodenintensivmessfelder MF1 und MF2
- Abb. 3: Gegenüberstellung von Maximalabfluss und maximaler Sedimentkonzentration der Hochwasserereignisse im Schäfertal
- Abb. 4: Abhängigkeit der Phosphorfracht von der Sedimentfracht bei Einzelhochwasserereignissen im Schäfertal
- Abb. 5: Scatterplots der DOC-Konzentration bei Normalabfluss gegenüber Schwebstoff (SSC) Phosphor (TP < 0,2µm) und Nitrat (NO₃-N)
- Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Konzentration von DOC und NO₃-N sowie Stoffkonzentrationen im Grundwasser
- Abb. 7: Zeitliche Variabilität der Schwebstoff- und DOC-Konzentration während eines Hochwasserereignisses im März 2008 im Schäfertal
- Abb. 8: Zeitliche Dynamik der DOC-Konzentration in Porenwässern unterschiedlicher Tiefe der Intensivbodenmessplätze im Schäfertal
- Abb. 9: Gegenüberstellung der Dynamik von DOC und NO₃-N im Porenwasser des Graslandstandortes in 90 cm Tiefe
- Abb. 10: Gegenüberstellung der Dynamik von DOC und NO₃-N im Porenwasser des Ackerstandortes in 25 cm Tiefe
- Abb. 11: Zeitlicher Verlauf der elektr. Leitfähigkeit und des pH-Wertes im Porenwasser des Ackerstandortes in 25 cm Tiefe
- Abb. 12: LC-OCD Diagramme von Porenwässern verschiedener Tiefen des Graslandstandortes im Schäfertal
- Abb. 13: LC-OCD Diagramme von Porenwässern verschiedener Tiefen des Ackerstandortes im Schäfertal
- Abb. 14: Vergleich der LC-OCD Signale der beiden Standorte im Schäfertal mit der LC-OCD Charakterisierung am Gebietsauslass während eines Hochwasserereignisses
- Abb. 15: Vergleich der LC-OCD Signale der beiden Standorte im Schäfertal mit der LC-OCD Charakterisierung am Gebietsauslass während einer Niedrigwasserperiode
- Abb. 16: Klimadiagramm der meteorologischen Station Serpukhov ca. 15 km Nordwestlich des Untersuchungsgebietes
- Abb. 17: Räumliche Verteilung der Böden im Lubazhinkhaeeinzugsgebiet und deren Degradationszustand
- Abb. 18: Übersicht über die Sedimentfrachten der Zuflüsse, am Gebietsauslass sowie die Retentionsleistung des Damm während der Schneeschmelzen von 2003 bis 2010
- Abb. 19: Sedimentauflage, die durch das Überfließen der Schneedecke mit sedimentbelastetem Abfluss gebildet wurde (Foto Volokitin 2010)
- Abb. 20: Konzentrationen an org. Gesamtkohlenstoff in den beiden Zuströmen und nach dem Damm während der Schneeschmelze 2008 im Lubazhinkhaeeinzugsgebiet
- Abb. 21: Niederschlagsmenge und Vergleich der Entwicklung der Bodensaugspannung an einem Weide- und einem Waldstandort für eine Sommerperiode August/September 2010
- Abb. 22: Vergleich der Dynamik der Bodensaugspannung im Oberboden eines Wald- und eines Weidestandortes während der Schneeschmelze 2010
- Abb. 23: Zeitliche Dynamik der org. Kohlenstoffkonzentration im Porenwasser unterschiedlicher Tiefen an einem Waldstandort während der Schneeschmelze und Frühjahr 2009
- Abb. 24: LC-OCD Diagramme von Schneewasser und Porenwasser unterschiedlicher Tiefen des Waldstandortes im Lubazhinkhaeeinzugsgebiet während der Schneeschmelze 2009
- Abb. 25: Diagramm über die Erweiterung der Berechnung der Kohlenstoffumsätze im Modell ANIMO Version 4.0

Abb. 26: Vergleich der simulierten DOC-Konzentrationen mit der ursprünglichen ANIMO Version 3.8 und der verbesserten ANIMO Version 4.0 und gemessenen DOC-Konzentrationen im Sickerwasser eines Graslandlysimeters
Abb. 27: Screen shot der aktuellen IWAN Version, der der Verknüpfung von ANIMO dient

Liste der Tabellen

Tab. 1: Arten und Eigenschaften der Wasser und Bodenproben aus dem Schäfertal
Tab.2: Vergleichende Statistik der DOC-Konzentrationen im Schäfertal bei Hochwasser und Normalabfluss (Grundbeprobung)
Tab. 3: Statistische Kennwerte der DOC-Konzentrationen in Porenwässern der beiden Intensivbodenmessplätze im Schäfertal
Tab.4: Übersicht über die Sediment-, Phosphor- und DOC-Austräge aus dem Lubazhinkhaeinzugsgebiet während der Schneeschmelzen 2003 bis 2010
Tab. 5: Übersicht über die wichtigsten Positionen im zahlenmäßigen Nachweis (alle Angaben in €)

I Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Das Gesamtziel des Verbundprojektes bestand in der Erarbeitung von Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrages von Schadstoffen und der Verbesserung der Wasserqualität im Wolgaeinzugsgebiet. Dazu war vorgesehen, dass die Verbundprojektpartner zum einen die Gewässergüte und Nährstoffumsätze im aquatischen System untersuchen und zum anderen die Funktion der Flusssedimente für den Nährstoffhaushalt erforschen. Aufgabe des Teilprojektes des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ war es, die terrestrischen Quellen der Nährstoffe und relevante Eintragspfade zu erfassen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf den Parameter „gelöster organischer Kohlenstoff“ (DOC) gelegt werden, dessen kritische Konzentrationen bereits aus vorherigen Untersuchungen bekannt waren.

Für das Teilprojekt selbst waren zwei Schwerpunkte definiert. Zum einen sollte durch ein skalenübergreifendes Monitoring Prozesskenntnis über die Quellen- und Senkenfunktion für DOC einzelner Landschaftsausschnitte gewonnen werden. Dazu sollten vorhandene Lysimeterexperimente erweitert und Bodenintensivmessplätze in unterschiedlichen Landnutzungsformen aufgebaut werden. Des Weiteren sollten in einem russischen und einem deutschen Einzugsgebiet die DOC-Austräge *in situ* quantifiziert werden. Zum anderen sollten die erwarteten Ergebnisse des Monitoring und die erweiterten Prozesskenntnisse die Grundlage für eine Modellierung der DOC-Umsätze und –Austräge darstellen. Das Stoffumsatzmodell ANIMO sollte intensiv an das Modellsystem IWAN gekoppelt werden, dass in vorherigen Projektphasen entwickelt und an die besonderen russischen winterlichen Bedingungen angepasst worden war.

I.2 Voraussetzungen

Das Forschungsvorhaben baute auf einer langjährigen Kooperation mit den russischen Kooperationspartnern von der Russischen Akademie der Wissenschaften in Pushchino und der Lomonossov Universität in Moskau auf. Dadurch konnte für die experimentellen Arbeiten in den Forschungseinzugsgebieten auf bestehende Daten und eine infrastrukturelle Grundlage zurückgegriffen werden. Dies war eine wichtige Voraussetzung sowohl für den erfolgreichen Aufbau der Bodenintensivmessplätze in Russland als auch für die Interpretation der damit gewonnenen Daten. Die chemischen Grundanalysen wurden in einem gut ausgestatteten Labor der Russischen Akademie der Wissenschaften in Pushchino durchgeführt. Dadurch war es nicht nur möglich, eine hohe Anzahl an Proben zu analysieren, sondern auch eine hohe Qualität der Ergebnisse zu gewährleisten, die nach einem Transport von Boden- oder Wasserproben von Russland nach Deutschland nicht immer gegeben ist.

Die Zusammenarbeit mit den weiteren Partnern im Verbundvorhaben wurde in Form eines auch vom Zuwendungsgeber geforderten Kooperationsvertrages geregelt. Neben dieser formellen Regelung wurden von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT LC-OCD Analysen von Proben aus Deutschland und Russland durchgeführt. Auch hier gab es erste Untersuchungen und eine Publikation zum Einsatz dieser hochspezifischen Analyseverfahren für Bodenporenwasser und Oberflächenwasser in einer vorherigen Verbundprojektphase, so dass mit hoher Sicherheit von zufrieden stellenden Ergebnissen ausgegangen werden konnte.

I.3 Ablauf des Vorhabens

Im Antrag zum Forschungsvorhaben waren sieben Meilensteine vorgesehen, die im Einzelnen folgenden Positionen umfassten:

- 1) Aufbau der Bodenintensivmessfelder Schäfertal - III.2007
- 2) Aufbau der Bodenintensivmessfelder Lubazhinka - III.2007
- 3) Lysimeterexperimente Falkenberg - IV.2007
- 4) Modellsystemmodifizierung – II.2008
- 5) Modellrechnung Lysimeter und Messfelder - IV.2008
- 6) Modellrechnung Einzugsgebiete - III.2009
- 7) Demonstration - II.2009.

Auf der Grundlage der Zuwendung und der Personaleinstellungen konnten die Arbeiten im Forschungsvorhaben mit einer Verzögerung von ca. sechs Monaten im Vergleich zur oben angegebenen Zeitplanung beginnen. Es gelang, die Bodenintensivmessfelder sowohl im Schäfertal als auch im Lubazhinkhaeinzugsgebiet im Verlauf des Herbstes 2007 zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Insbesondere in Russland war dies nur durch unkonventionellen Transport des Materials als „Fluggepäck“ durch deutsche und russische Kollegen möglich. Geringe technische Probleme ergaben sich während der Laufzeit des Forschungsvorhabens durch eine notwendige Reparatur eines Analysegeräts im russischen Labor. Die Kosten wurden dafür vom Kooperationspartner aufgebracht. Zeitgleich wurden mit Beginn der Sickerwasserbildung im Herbst 2007 entsprechend der Vorhabensbeschreibung bei fünf ausgewählten Lysimeterpaaren mit unterschiedlichen Fruchtarten die Beprobungs- und Analyseintervalle von monatlich auf wöchentlich umgestellt, um die Möglichkeit einer genaueren Charakterisierung der DOC Austragsprozesse und der DOC Formen zu erhalten.

Im Unterschied zur Vorhabensplanung fanden die Modellmodifizierung und darauf aufbauende Modellrechnungen nicht als linearer Prozess statt. Es ergab sich die Notwendigkeit, zu einer schrittweisen Modellanpassung und nachfolgenden Modellrechnungen. Ursächlich ist dies auf die Identifizierung von weitaus komplexeren Umsatz- und Austragsprozessen von DOC als erwartet durch die Interpretation und Modellierung von Lysimeteraltdaten zurückzuführen. Die einzelnen Schritte der Modellmodifikation sind dem Projektträger in den Zwischenberichten mitgeteilt worden. Als Konsequenz aus den so hervorgerufenen Verzögerungen ist es nicht gelungen, das fertige Modellsystem IWAN während der Vorhabenslaufzeit für die beiden Einzugsgebiete anzuwenden. Dies wird jedoch weiterhin angestrebt.

Ein geplanter Workshop zur Demonstration der methodischen Vorgehensweise und der Ergebnisse wurde durch die Integration der Inhalte eines solchen Workshops in eine obligatorische und sich jährlich wiederholende Lehrveranstaltung der Lomonossov Universität ersetzt. Darüber hinaus wurde eine geplante Internationale Tagung im September 2009 mit großem Erfolg in Magdeburg durchgeführt. Der Projektträger wurde darüber und über die Medienberichte, wie z.B. im Deutschlandfunk (DLF), gesondert informiert. Insgesamt kann der Ablauf des Forschungsvorhabens als erfolgreich betrachtet werden.

I.4 Anknüpfungsstand

Die Problematik hoher DOC-Konzentrationen im Oberflächenwasser des Wolgasystems ist durch Untersuchungen in deutsch-russischen Verbundprojekten aufgedeckt worden, die dem Forschungsvorhaben vorangingen. Durch die überproportionale Nutzung von Oberflächenwasser zur Trinkwassererzeugung und die notwendige Chlorierung erlangen diese hohen DOC-Konzentrationen besondere sanitäre Bedeutung. Während dieses technische Problem durch entsprechende Rohwasserbehandlung gelöst werden muss, ist für eine nachhaltige Bewirtschaftung eines Einzugsgebietes das Wissen über Herkunft, Qualität und Eintragssituationen von DOC von großer Bedeutung.

Auf der Basis von umfangreichen Literaturrecherchen in wissenschaftlichen Medien, die dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ zur Verfügung stehen, sowie unter Einbeziehung der Fachinformationsdienste des Bundes konnte festgestellt werden, dass sich die überwiegende Anzahl der Arbeiten, die sich mit DOC befassen, auf einen kleinen räumlichen Ausschnitt, z.B. dem Pedon, beschränkt sind und in ihrer Vielzahl meist nur Waldstandorte berücksichtigen. Im Gegensatz dazu befassen sich aquatische Ökosystemstudien mit der Wirkung von DOC in Gewässern ohne auf die zeitliche und räumliche Dynamik des Eintrages in diese Gewässer einzugehen. Der skalenübergreifende experimentelle Ansatz im Projekt in Verbindung mit den Verbundprojektpartnern versucht, diese Lücke zu schließen. Bestehende Modelle zur Simulation des Kohlenstoffumsatzes im Boden sind in der Regel Bilanzierungsmodelle, die langfristige Trends aufzeigen und z.B. in Fragen des Klimawandels oder der Kohlenstoffspeicherung (carbon sequestration) eingesetzt werden. Dementsprechend werden diese Modelle entweder für einen Ackerschlag oder eine homogene Fläche gleicher Landnutzung eingesetzt. Prozesses des Stoffaustrags werden häufig nicht in Abhängigkeit vom Wasserfluss betrachtet. Die Verknüpfung eines modifizierten Stoffhaushaltsmodells ANIMO, das stärker prozessorientiert angelegt ist, mit einem hydrologischen Einzugsgebietsmodell kann demgegenüber für die Projektfragestellung detaillierte Antworten geben.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit mit anderen Stellen bezog sich auf drei Ebenen. Im Vordergrund stand die Zusammenarbeit mit den russischen Kooperationspartnern der Russischen Akademie der Wissenschaften in Pushchino und der Lomonossov Universität in Moskau. Die Abstimmung der Geländearbeiten und Probeanalytik erfolgte dabei in relativ kurzen, aber sehr effizienten Arbeitsbesuchen. Nach Aufbau der experimentellen Einrichtungen im Einzugsgebiet Lubazhinka wurden die Ergebnisse gemeinsam ausgewertet und diskutiert. Neben den Konsultationen vor Ort fand ein reger Austausch per E-Mail statt, in dem z.B. Details der Probenahme geklärt oder der Datenaustausch organisiert wurde.

Innerhalb des Verbundprojektes gab es eine intensive Abstimmung der Arbeiten. Dies bezog sich nicht nur auf organisatorische Arbeiten. Hier sind neben der gemeinsamen Darstellung des Verbundvorhabens in der vom BMBF geförderten Broschüre zu IWRM-Projekten vor allem die gemeinsamen Präsentationen des Verbundes auf den internationalen Tagungen „INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND AND WATER DEGRADATION - PROCESSES AND MANAGEMENT“ in Magdeburg im Jahr 2009 und „IWRM - Integrated Water Resources Management“ in Karlsruhe 2010 zu nennen. Mit dem Partner der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT wurde darüber hinaus die LC-OCD Analytik durchgeführt, die für die wissenschaftlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens von entscheidender Bedeutung sind. Zur Auswertung dieser Resultate fand eine umfangreiche Konsultation statt.

Neben diesen direkten und vorgesehenen projektbezogenen Kooperationen kam eine weitere mit dem Forschungsinstitut ALTErra in Wageningen / Niederlande hinzu. Die Entwickler des Modells ANIMO, das im Projekt eingesetzt und weiterentwickelt wurde, zeigten sehr großes Interesse an den Modifikationen und brachten sich aktiv in die Arbeiten ein. Dies führte zu drei Aufenthalten der Projektmitarbeiterin A. Wagner in Wageningen, die zweimal über eine EU COST „short term scientific mission“ finanziert wurden. Diese Zusammenarbeit war sehr effizient und führte dazu, dass die neue Version des Modells nun auch bei ALTErra eingesetzt wird.

II Eingehende Darstellung

Das Forschungsvorhaben konzentrierte sich in den wissenschaftlichen Arbeiten auf experimentelle Untersuchungen in einem russischen Einzugsgebiet und vergleichende Arbeiten in einem deutschen Gebiet. Zusammen mit bestehenden bzw. modifizierten Lysimeterexperimenten stellten diese Ergebnisse eine wichtige Grundlage für die Modellweiterentwicklung und Modellierung des Umsatzes und Austrags von DOC dar.

Zu den Ergebnissen der Untersuchungen in den Einzugsgebieten sind wissenschaftliche Publikationen erfolgt oder geplant. Die Resultate werden daher nur im Hinblick auf die übergeordnete wissenschaftliche Frage des Forschungsvorhabens beispielhaft dargestellt und erörtert. Darüber hinaus finden die Arbeiten zur Modellentwicklung und Modellierung Eingang in eine Dissertation, die zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung in einem ersten Entwurf vorliegt. Auf eine vorgreifende und eingehende Darstellung der Ergebnisse des Promotionsvorhabens wird daher verzichtet. Die veröffentlichte Version der Dissertation wird dem Zuwendungsgeber nachträglich überreicht werden.

II.1 Erzielte Ergebnisse

II.1.1 Schäfertal

Einzugsgebiet

Das 1,44 km² große Einzugsgebiet Schäfertal liegt im östlichen Unterharz nördlich der Ortschaft Siptenfelde. In diesem Forschungsgebiet werden die Wasser- und Stoffflüsse bzw. -austräge im Rahmen von BMBF geförderten deutsch-russischen Kooperationsvorhaben seit Beginn 2001 erfasst (FZK 02WT0099, 02WT0480). Das Schäfertal diente dabei als Vergleichsgebiet zu russischen Einzugsgebieten, da es sich aufgrund der Lage durch ein kontinental überprägtes Klima auszeichnet. Abbildung 1 verdeutlicht die geringen Monatsdurchschnittstemperaturen von Dezember bis Februar, die von Frösten von Mitte September bis Mitte Mai begleitet werden. So konnten insbesondere korrespondierende Arbeiten zum Einfluss von Schnee und weiteren winterlichen Randbedingungen durchgeführt werden.

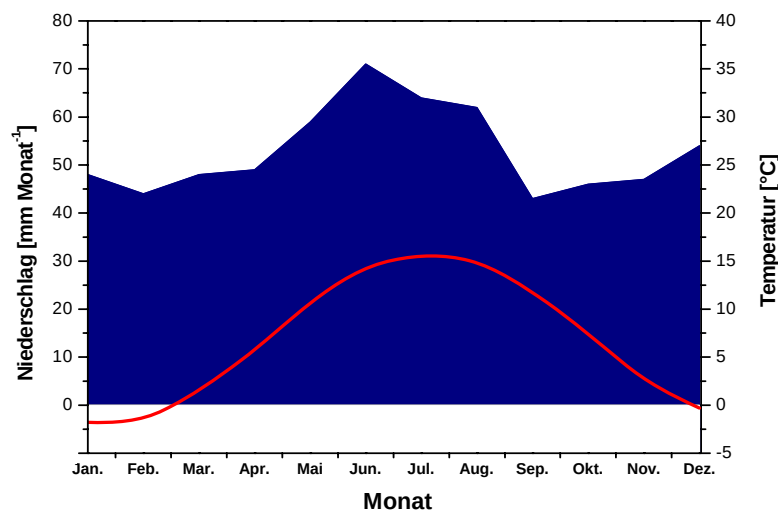


Abb. 1: Klimadiagramm der meteorologischen Station Harzgerode im östlichen Unterharz in der Nähe des Schäfertal

Neben den klimatischen Eigenschaften weisen die Böden und besonders die Landnutzung eine Vergleichbarkeit zu den russischen Verhältnissen auf. Im Schäfertal dominieren Braunerden und Parabraunerden mit allochtoner Pseudovergleyung, die ebenso wie die russischen Grauen Waldböden, einem ebenfalls durch Lessivierung geprägtem Boden, auf Lößlehm entstanden sind. Zusätzlich zu den Ackerflächen des Schäfertals mit 85% Flächenanteil bieten die im Talweg gelegenen Graslandflächen eine wichtige Vergleichsgrundlage zum russischen Einzugsgebiet. Während des Forschungsvorhabens wurden zwei Intensivbodenmessfelder auf diesen Landnutzungsformen aufgebaut und

darüber hinaus weitere Proben am Gebietsauslass sowie nach Möglichkeit vom temporären Oberflächenabfluss bzw. Grundwasserproben entnommen (Abb. 2). Im Rahmen der Weiterentwicklung des Modellansatzes wurden Acker- und Graslandbodenproben umfangreich untersucht. Details zur weiteren physio-geographischen Charakterisierung des Schäfertals sind den Schlussberichten zu den Forschungsvorhaben FZK 02WT0099 und 02WT0480 zu entnehmen.

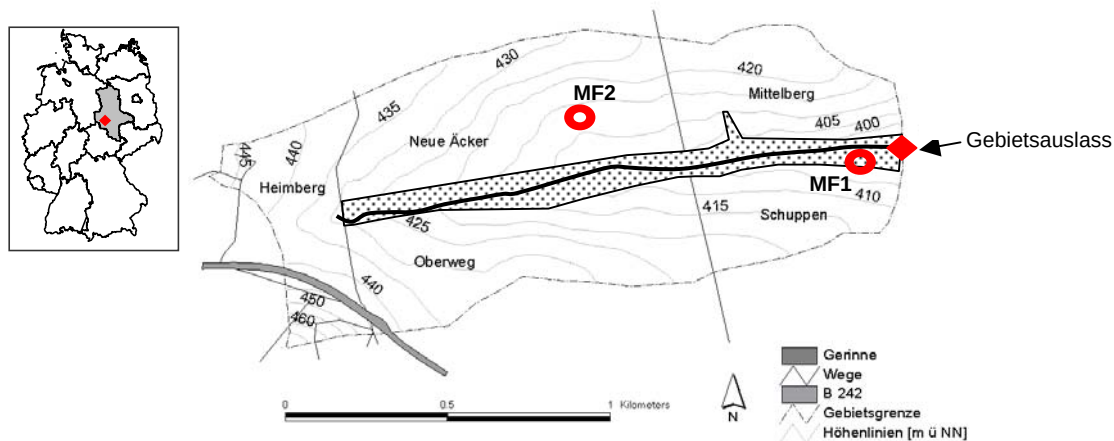


Abb. 2: Übersicht über das Einzugsgebiet Schäfertal sowie Lage der Bodenintensivmessfelder MF1 und MF2

Während des Forschungsvorhabens wurde die langjährige Zeitreihe fortgeführt und um zwei wichtige Aspekte erweitert. Zum einen wurden an zwei Punkten intensive Messungen zur Bodenwasserspannung und zu Inhaltstoffen des Bodenwassers durchgeführt. Zum anderen wurden gemeinsam mit dem Verbundprojektspartner vom Engler-Bunte-Institut des KIT an ausgewählten Proben LC-OCD Analysen durchgeführt.

Datengrundlage und grundsätzliche Ergebnisse

In Hinblick auf die Identifikation der zeitlichen Dynamik und räumlichen Heterogenität des DOC-Eintrags im Schäfertal werden nicht nur die während des Projektes erhobenen Daten interpretiert, sondern darüber hinaus auch noch weiter zum Verständnis notwendige Altdaten herangezogen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Proben und die Dauer der jeweiligen Zeitreihen. Detaillierte Zeitreihen zu meteorologischen Größen, Abfluss oder Bodenwasserhaushalt werden nicht explizit dargestellt, aber bei Bedarf zur Interpretation und zum Verständnis herangezogen. Dies betrifft vor allem die zeitlich hoch aufgelösten Ergebnisse der Bodenwassersaugspannung, die einen Einblick in die Wasserdynamik und Sickerwasserbewegung an einem Probenahmezeitpunkt ermöglichen.

Tab. 1: Arten und Eigenschaften der Wasser- und Bodenproben aus dem Schäfertal

Probenart	Häufigkeit	Zeitraum	Anzahl
Grundbeprobung am Gebietsauslass	zweiwöchig	09.01.2001 bis 31.12.2010	138
Hochwasserbeprobungen	30	02.04.01 bis 20.05. 2010	725
Bodenwasserproben MF1 / MF2	ereignisbezogen	14.02.2008 bis 09.09.2010	96 / 84
Drainagewasser Nr. 3 / 4	regelmäßig	09.09.2001 bis Mai 2004	44 / 51
GW und andere Oberflächenwässer	Stichproben	09.01.2001 bis 31.12.2010	-

Im gesamten Beobachtungszeitraum erreichte die Abflussmenge einen Höchstwert von 449 l s⁻¹ und bei einem Einzelereignisabfluss von 50 mm. Damit gingen Einzelereignissausträge von Sediment einher, die bei über 6000 mg l⁻¹ eine Austragsmenge von 17,22 t erbrachten. Auffällig ist zunächst, dass keine eindeutige Abhängigkeit zwischen dem hydraulischen Parameter „maximaler Abfluss“ und dem Erosionsanzeiger „maximale Sedimentkonzentration“ erkennbar ist (Abb. 3). Für das Einzugsgebiet liegen demnach unterschiedliche Situationen vor, die sowohl erosionslimitiert sein können als auch solche, die transportlimitiert sind. Im Unterschied zu bisherigen Feststellungen, bei denen eine Analyse der Hysteresekurve die Möglichkeit ergab, diese Unterscheidung auf Einzelereignisniveau durchzuführen (vgl. Ollesch et al. 2005), schlug dieser Ansatz bei Betrachtung aller erfassten Hochwassersituationen fehl.

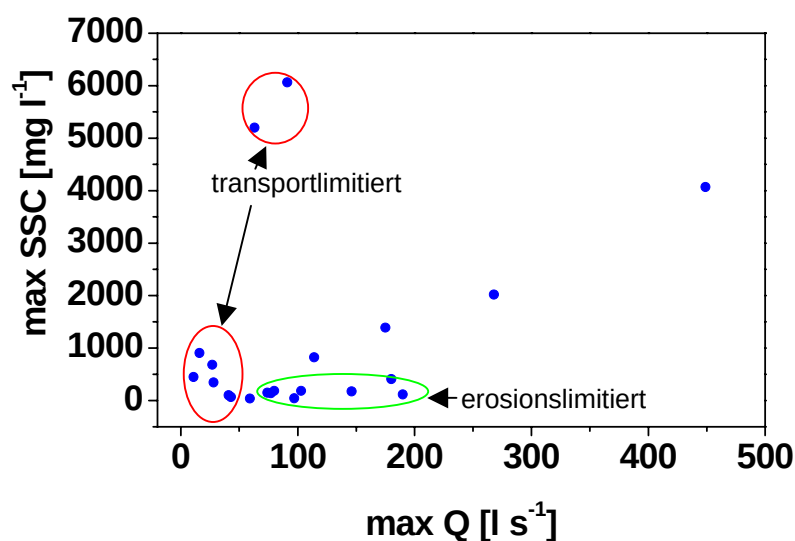


Abb. 3: Gegenüberstellung von Maximalabfluss und maximaler Sedimentkonzentration der Hochwasserereignisse im Schäfertal

Es zeigte sich vielmehr, dass sich für jedes Einzelereignis ein individuelles Bild ergibt. Dies trifft nicht nur für das Verhältnis von Abfluss zu Sediment zu, sondern in ähnlichem Maße auch für den Phosphorausstrag (Abb. 4). Die unterschiedlichen Anreicherungsverhältnisse deuten zumindest zwei Quellen für Phosphor an, die je nach hydrologischer Einzugsgebietssituation aktiviert werden können oder sogar innerhalb eines Einzelereignisses unterschiedliche und zeitlich wechselnde Beiträge zum Gesamtphosphorausstrag beisteuern können.

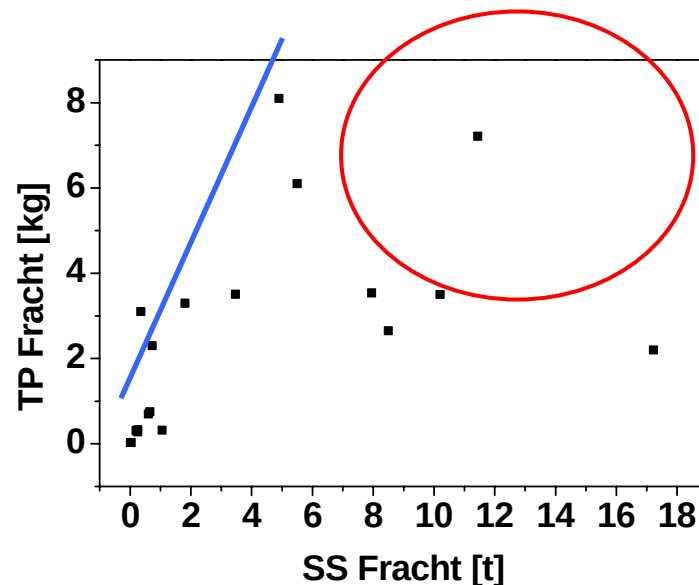


Abb. 4: Abhängigkeit der Phosphorfracht von der Sedimentfracht bei Einzelhochwasserereignissen im Schäferfalter

Insgesamt kann daher auf der Basis der nunmehr zehnjährigen Zeitreihe festgestellt werden, dass Aussagen über die Abflussbildung im Schäferfalter, unter spezieller Berücksichtigung von Schneeschmelzen in Verbindung mit gefrorenen Böden, mit hoher Genauigkeit getroffen werden können. Eine zunehmende Prozesskomplexität, wie sie durch Erosion und Sedimenttransport auftreten kann, führt zur Individualisierung von Ereignissen, die nur unzureichend Gruppen- Clustern zugeordnet werden können. Dementsprechend nimmt die Unsicherheit für eine Generalisierung der Einzugsgebietsreaktion bei Nährstoffen, die sowohl partikulär als auch gelöst ausgetragen werden können weiter zu.

Interpretation der DOC Dynamik am Gebietsauslass

Im Gesamtzeitraum der Untersuchungen wurden 138 Proben im zweiwöchigen Rhythmus und 559 Proben bei Hochwassersituation auf DOC analysiert. Dabei sind die Hochwasserproben überwiegend aus der Projektphase seit Sommer 2007 am Gebietsauslass entnommen worden. Die maximalen DOC-Konzentrationen liegen bei 14,8 bzw. 28,1 mg l⁻¹ (Tab. 2). Der im Vergleich zum Durchschnitt bei beiden Probenotypen

niedrigere Medianwert deutet an, dass geringe Konzentrationen dominieren, die jedoch in ihrer Gesamtheit die kritische Schwelle von 5 mg l^{-1} erreichen.

Tab.2: Vergleichende Statistik der DOC-Konzentrationen im Schäfertal bei Hochwasser und Normalabfluss (Grundbeprobung)

	Min	Max	Durchschn.	Median	Standardabw.	Anzahl
Grundbeprobung	-	14,8	4,3	3,6	2,3	138
Hochwasser	2,2	28,1	6,5	5,9	2,5	559

Sowohl die höhere Spanne der Konzentrationswerte bei Hochwasserproben als auch die höheren Zentralwerte sind die Ursache für einen eindeutigen Signifikanzunterschied in diesen beiden Datensätzen (squared multipel $r = 0,099$; $P = 0,000$). Die Bedeutung einzelner Hochwassersituationen, die sich durch solche hohen DOC-Konzentrationen auszeichnen, ist auffällig.

Für die zweiwöchige Grundbeprobung stellt sich für DOC als gelösten Stoff - wie zu erwarten, keine Abhängigkeit zur ermittelten Sedimentkonzentration dar; für den Parameter Gesamtphosphor hingegen eine leicht positive Beziehung, die jedoch stark von vier individuellen Probenahmesituationen bestimmt wird (Abb. 5). Demgegenüber steht eine eindeutige negative Beziehung in Form von $y=1/x$ des DOC zum Nitrat. Auch bei dieser Beziehung fallen die vier Probenahmen mit der höchsten DOC-Konzentration heraus. Diese negative Abhängigkeit deutet einen fundamentalen Unterschied sowohl in den Quellen als auch den Eintragspfaden für diese beiden Parameter an.

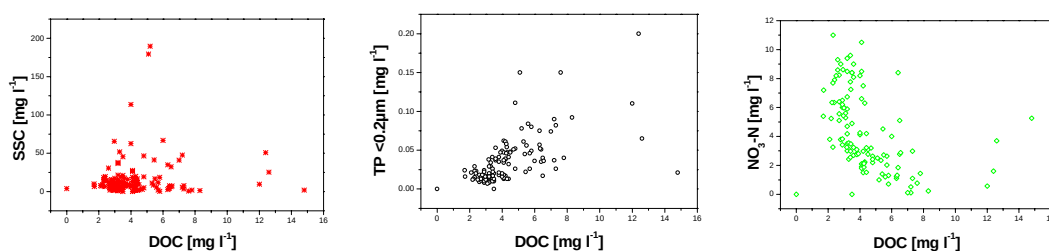


Abb. 5: Scatterplots der DOC-Konzentration bei Normalabfluss gegenüber Schwebstoff (SSC) Phosphor ($TP < 0,2\mu\text{m}$) und Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Die DOC- und die NO_3 -Konzentration unterliegen einer gegenläufigen zeitlichen Entwicklung. Abbildung 6 verdeutlicht hohe NO_3 -Konzentration im Winterhalbjahr, die im Sommer und Frühherbst absinken und DOC-Konzentrationen, die von winterlichen Werten überwiegend unter 5 mg l^{-1} auf höhere Werte im Sommerhalbjahr ansteigen. Obwohl eine gewässerautochtone Produktion von DOC während der Vegetationsperiode mit den vorliegenden Daten nicht ausgeschlossen werden kann, legt der Vergleich mit

Stoffkonzentrationen im Grundwasser den Schuss nahe, dass es sich im Winter um überwiegenden Zustrom aus in diesem Zeitraum oberflächennahen Grundwasser handelt und im Sommer, bei absinkenden Grundwasserflurabständen, dieser Anteil verringert wird. Die Bedeutung von Bodenwasser und Interflowkomponenten nach Niederschlagsereignissen, die sich durch geringe NO_3^- - und erhöhte DOC-Konzentration auszeichnen, nimmt daher im Sommer zu.

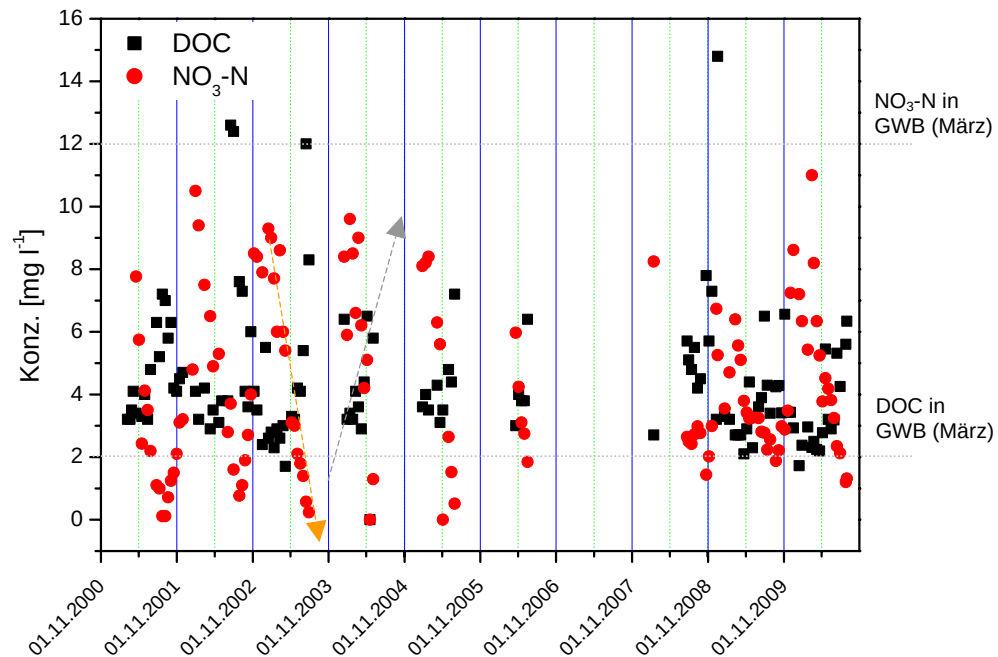


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Konzentration von DOC und $\text{NO}_3\text{-N}$ sowie Stoffkonzentrationen im Grundwasser

Wie auch in Abbildung 5 sind in Abbildung 6 die vier Probenahmentermine mit DOC-Konzentrationen über 12 mg l^{-1} erkennbar, die alle jeweils im Spätsommer bzw. Herbst entnommen wurden. Hierbei handelt es sich um Probenahmesituationen mit minimalem Abfluss von unter 1 l s^{-1} und zeitlicher Nähe zu Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, durch die große Mengen an pflanzlichem Material in das Gewässer selbst gelangen können und dessen Abbau zu einer Erhöhung der DOC-Konzentration führen kann.

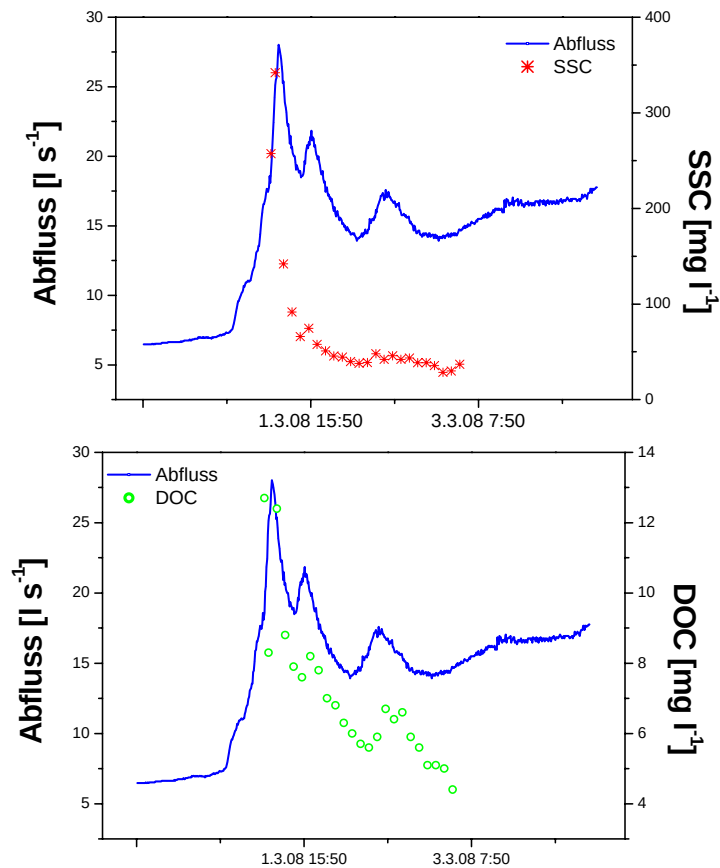


Abb. 7: Zeitliche Variabilität der Schwebstoff- und DOC-Konzentration während eines Hochwasserereignisses im März 2008 im Schäferthal

Im Unterschied zu partikulären oder überwiegend partikulär gebundenen Nährstoffen wie z.B. Phosphor, die im Schäferthal bei Hochwasserereignissen in der Regel ein „first flush“ Verhalten aufzeigen (vgl. dazu Schlussbericht zu FKZ 02WT0099, 02WT0480), ist das zeitliche Verhalten der DOC-Konzentration bei Hochwässern wesentlich dynamischer und folgt dem wechselnden Abflussverlauf stärker. Die Abbildung 7 zeigt ein typisches Schneeschmelzereignis mit drei Abflussspitzen, die jeweils durch einen hohen Anteil an Zwischenabfluss entstehen, der im Schäferthal durch den Schichtenaufbau der Böden mit zunehmender Lagerungsdichte nach unten und damit abnehmende laterale Transmissivität ausgelöst wird. Bei hoher Vorfeuchte und mehr Zwischenabflussbildung werden somit höhere Bodenschichten mit in die Abflussbildung miteinbezogen, die sich durch höheren Humusgehalt und höhere DOC-Konzentrationen im Porenwasser auszeichnen. Dieser kohlenstoffreiche Pool wird beim ausgewählten Ereignis in Abbildung 7 dreimal mobilisiert. Neben der saisonalen Erhöhung der DOC-Konzentration am Gebietsauslass kommt eine ereignisinterne Dynamik hinzu. Beide Prozesse werden durch den einzugsgebietstypischen Bodenwasserhaushalt und die Abflussbildung bestimmt.

Interpretation der DOC und Nährstoffdynamik der Intensivmessfelder

Im Schäfertal wurden an jeweils einer grundwassernahen Stelle auf Grasland und einer grundwasserfernen Hangposition auf einem Acker neben der Bodenwassersaugspannung auch die Dynamik des DOC und weiterer Nährstoffe bzw. Porenwasserqualitätseigenschaften erfasst. Die Entnahme des Porenwassers erfolgte dabei nicht wie üblich als zeitintegrierte Probe durch Unterdrucksteuerung, sondern ereignisbezogenen bei hohen Bodenfeuchten bzw. in Situationen der Perkolation des Bodenwassers. Die Entnahme erfolgte dabei an beiden Standorten durch Borosilikatsinterglasplatten in Tiefen von ca. 25 cm, 50 cm und 80 bis 90 cm unter Flur. Die DOC-Konzentrationen an diesen sechs Stellen bewegen sich zwischen 1,2 und einem Maximum von 62,2 mg l⁻¹ (Tab. 3). Ein Maximalwert von über 100 mg l⁻¹ wurde als Ausreißer behandelt. Eine Varianzanalyse belegt die signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Standorten und ebenso signifikant abnehmende DOC-Konzentrationen im Porenwasser mit der Tiefe an beiden Standorten (vgl. Abb. 7. zu DOC-Austrag bei Hochwasser).

Tab. 3: Statistische Kennwerte der DOC-Konzentrationen in Porenwässern der beiden Intensivbodenmessplätze im Schäfertal

	Min	Max	Durchschn.	Median	Anzahl
Gras -25 cm	4,9	34,0	21,9	22,4	26
Gras -50 cm	4,1	41,7	20,2	17,4	25
Gras -80 cm	1,2	24,8	12,4	10,1	33
Acker -25 cm	7,2	62,2	21,0	12,6	20
Acker -50 cm	4,9	15,5	9,2	8,8	26
Acker -90 cm	2,2	26,5	4,7	3,1	25

Die DOC-Konzentration unterliegt an beiden Standorten einer zeitlichen Dynamik, die im Grasland in etwa der am Gebietsauslass entspricht und höhere Werte im Spätsommer bzw. Herbst aufweist. Eine genaue Charakterisierung ist jedoch aufgrund der bodenfeuchtebedingten geringen Anzahl an Proben zu diesem Zeitraum nicht möglich (Abb. 8). Im Unterschied dazu ist die gemessene DOC-Konzentration auf dem Ackerschlag zum Ende der Messperiode deutlich geringer als zu deren Begin. An wenigen Probenahmen ist die typische Konzentrationsabnahme nach unten aufgehoben und umgekehrt bzw. durch erhöhte Konzentrationen in der mittleren Probenahmetiefe gekennzeichnet. Dies betrifft insbesondere Probenahmen im Spätherbst und zu Schneeschmelzen.

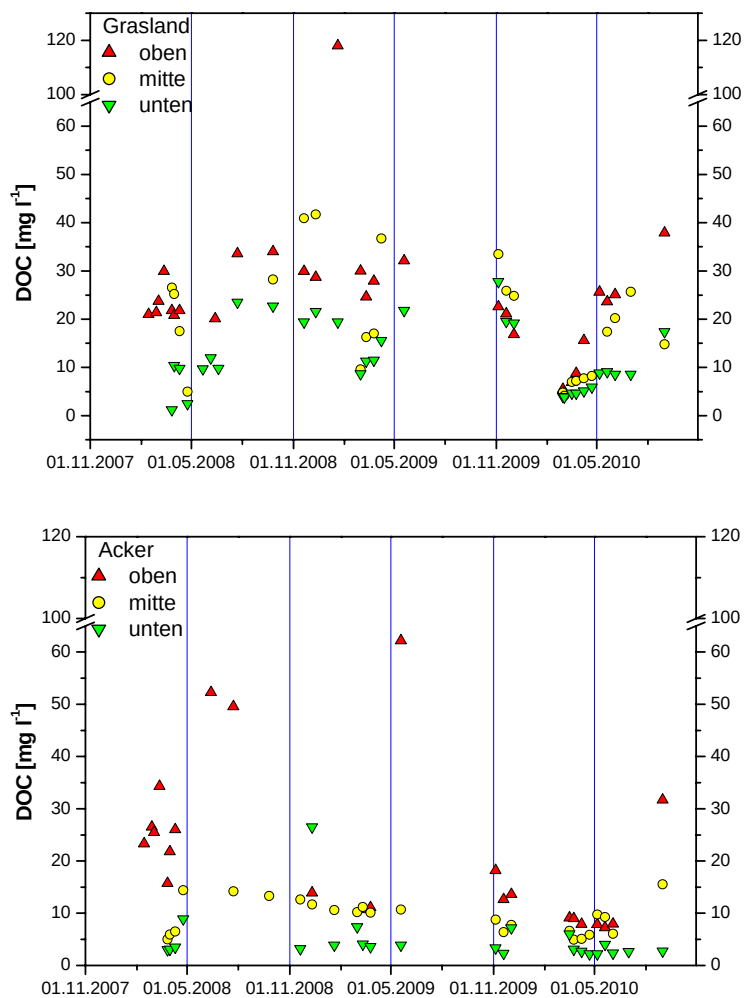


Abb. 8: Zeitliche Dynamik der DOC-Konzentration in Porenwässern unterschiedlicher Tiefe der Intensivbodenmessplätze im Schäferstal

Die Saisonalität der DOC-Konzentrationsschwankungen am Messfeld „Grasland“ sind durch die grundwassernahen Eigenschaften verursacht und die damit verbundenen Einflüsse des DOC-armen aber NO_3 reichen Grundwassers im Winter. Abbildung 9 stellt den gegenläufigen Verlauf der DOC- und der NO_3 -Konzentration für die Proben in 90 cm Tiefe dar. Die hohen Nitratkonzentrationen sind vor allem im feuchten Winter 2009/2010 deutlich. Die Dynamik der DOC-Konzentration an diesem Standort ist daher nur in geringem Maße durch Bodenprozesse gesteuert, sondern wird von der hydrologischen Situation dominiert. Im Unterschied dazu weist der Ackerstandort eine übersaisonale zeitliche Dynamik auf, die im Herbst 2009 ein Absinken der DOC-Konzentration bei gleichzeitigem Anstieg der Nitratwerte aufweist. Zudem ist ein Absinken der pH-Werte bei gleichzeitigem Anstieg der Leitfähigkeit des Porenwassers bemerkbar (Abb. 10 und 11). Die Ursache für dieses Verhalten ist in der Ausbringung von Wirtschaftsdünger im Oktober 2009 zu finden, durch dessen Nitrifizierung der pH-Wert gesenkt wird und Nitrat gebildet wird. Als Konsequenz führt diese Veränderung des Bodenmilieus zu einer verstärkten Sorption bzw. auch zu einer

Verminderung der mikrobiellen DOC-Bildung. Im Unterschied zum grundwassernahen Grünlandstandort hat die DOC-Dynamik auf dem Ackerstandort ihre Ursache nicht in hydrologischen Eigenschaften, sondern in biogeochemischen Prozessen.

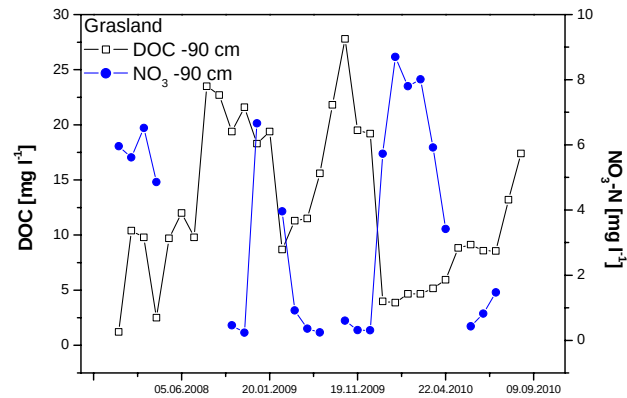


Abb. 9: Gegenüberstellung der Dynamik von DOC und $\text{NO}_3\text{-N}$ im Porenwasser des Grünlandstandortes in 90 cm Tiefe

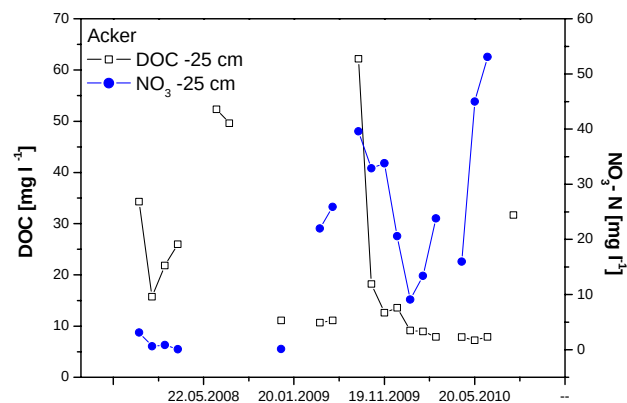


Abb. 10: Gegenüberstellung der Dynamik von DOC und $\text{NO}_3\text{-N}$ im Porenwasser des Ackerstandortes in 25 cm Tiefe

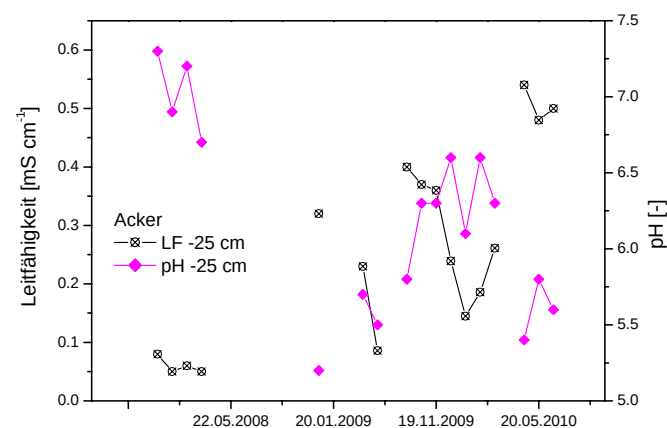


Abb. 11: Zeitlicher Verlauf der elektr. Leitfähigkeit und des pH-Wertes im Porenwasser des Ackerstandortes in 25 cm Tiefe

Die Bedeutung biogeochemischer Prozesse spiegelt sich auch in den chemischen Eigenschaften des DOC wider, die sich ebenso wie die DOC-Konzentration mit der Tiefe am Ackerstandort verändert und deutlich von den DOC-Eigenschaften am Grünlandstandort abhebt. Während auf diesem die LC-OCD Ergebnisse für alle drei Probenahmetiefen eine Dominanz des zentralen Humus/Fulvosäurepeaks bei einem Retentionsvolumen von 40 bis 45 ml aufzeigen, der lediglich ein wenig nach rechts verschoben ist, zeigen die LC-OCD Ergebnisse für den Ackerstandort eine signifikante Abnahme dieser Peaks mit der Tiefe der Probenahme des Porenwassers (Abb. 12 und 13). Die mittlere und noch deutlicher die Porenwasserproben der unteren Probenahmetiefe zeigt eine Verschiebung hin zu Peaks im Bereich der „Building Blocks (BB)“ (V_R 48-50 ml) und der „Low molecular mass acids (LMMA)“ (V_R ca. 55 ml). Diese Konstanz auf dem Grünlandstandort bzw. die Änderungen auf dem Ackerstandort sind durch weitere Probenahmen bestätigt worden.

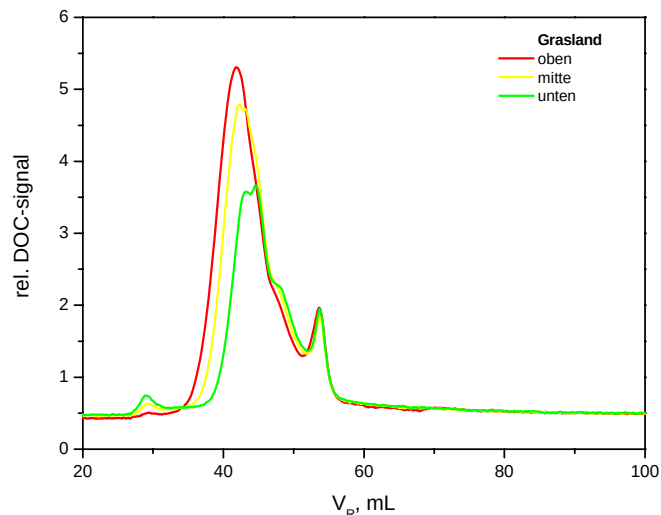


Abb. 12: LC-OCD Diagramme von Porenwässern verschiedener Tiefen des Grünlandstandortes im Schäferfetal

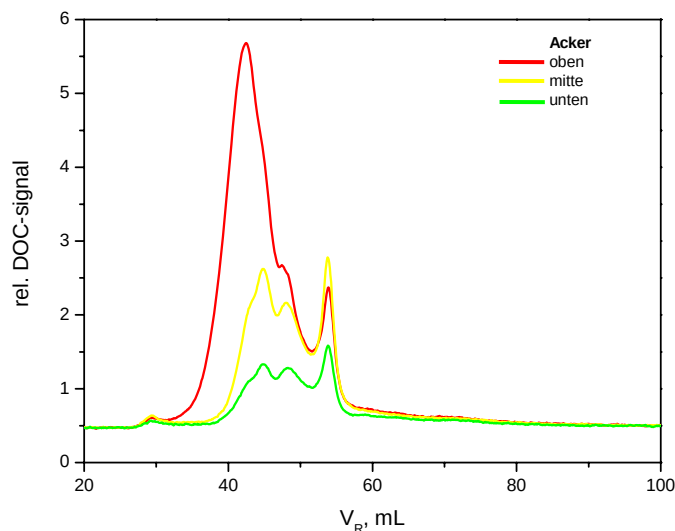


Abb. 13: LC-OCD Diagramme von Porenwässern verschiedener Tiefen des Ackerstandortes im Schäferfetal

Die Änderungen auf dem Ackerstandort werden durch Abbau bzw. Degradation und Sorption der Huminstoffe an Bodenpartikel verursacht, die auf dem grundwassernahen Grünlandstandort verhindert werden. Detaillierte Untersuchungen zu diesen Prozessen werden für eine Publikation vorbereitet.

Auf der Basis einer möglichen Differenzierung standorttypischer DOC-Eigenschaften, können unter Betrachtung des DOC am Gebietsauslass, Aussagen über Herkunftsareale und Eintragspfade des DOC gemacht werden. So zeigt sich für eine Situation im Frühjahr 2008 mit einem Abfluss von 40 l s^{-1} , dass die mit LC-OCD ermittelten DOC-Eigenschaften am Pegel denen des Porenwassers in 90 cm Tiefe auf dem Ackerstandort am ähnlichsten sind. Der dort gebildete Interflow transportiert diesen zum Messpunkt. Im Unterschied dazu deutet die LC-OCD Analyse für den Graslandstandort auf einen nur geringen Beitrag dieser Fläche zum Abflussgeschehen hin und damit auch zum DOC-Gesamtaustrag (Abb. 14).

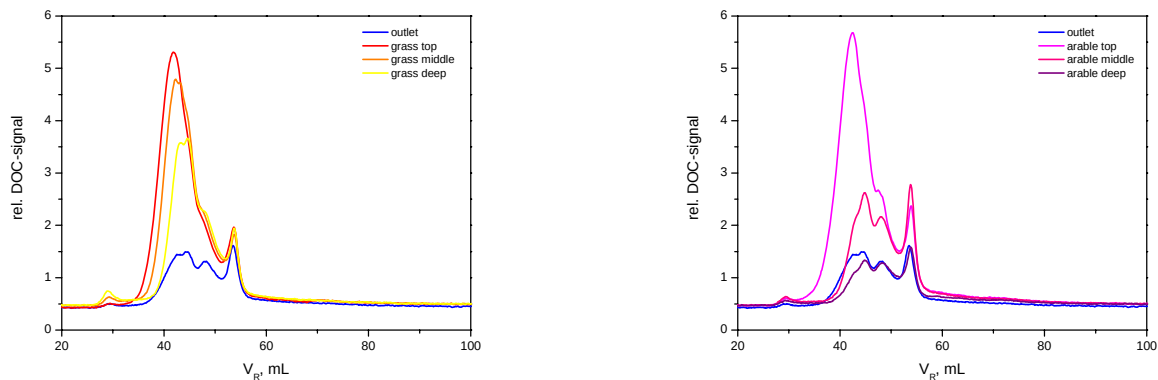


Abb. 14: Vergleich der LC-OCD Signale der beiden Standorte im Schäferstal mit der LC-OCD Charakterisierung am Gebietsauslass während eines Hochwasserereignisses

Demgegenüber entsteht bei Niedrigabflüssen, wie z.B. im Herbst 2008 mit 2 l s^{-1} , am Pegel ein Mischsignal in der LC-OCD Untersuchung, in dem DOC-Eigenschaften, die die beiden Standorte charakterisieren, zu finden sind (Abb. 15).

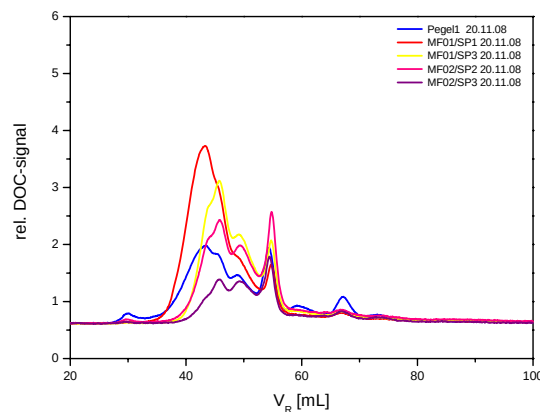


Abb. 15: Vergleich der LC-OCD Signale der beiden Standorte im Schäferstal mit der LC-OCD Charakterisierung am Gebietsauslass während einer Niedrigwasserperiode

Die Untersuchungen im Vergleichsgebiet Schäfertal zeigen, dass DOC-Konzentrationen im Porenwasser standorttypisch sind und Standorteigenschaften die Dynamik der Konzentrationsänderungen beeinflussen. Dabei konnte eine Situation nachgewiesen werden, die durch den Bodenwasserhaushalt bestimmt wird und eine Situation, die durch bodeninterne biogeochemische Prozesse nach Wirtschaftsdüngergabe geprägt wird. Die LC-OCD Analysen ermöglichen es darüber hinaus, DOC im Porenwasser zu spezifizieren und diese Information zu nutzen, um Abflussentwicklung und Transportpfade für DOC bei unterschiedlichen hydrologischen Einzugsgebietsverhältnissen zu charakterisieren.

II.1.2 Lubazhinka

Einzugsgebiet

Das 18,8 km² große Einzugsgebiet „Lubazhinka“ liegt im Bereich der Moskauer Synklinale ungefähr 120 km südlich der russischen Hauptstadt. Die Region stellt mit ihrem gemäßigten kontinentalen Klima den Übergang zwischen südlicher Taiga und Waldsteppe dar. Die langjährige (1924-1970) Jahresmitteltemperatur, gemessen an der Station Serpukhov in ungefähr 20 km Entfernung beträgt 4.4°C; von den durchschnittlichen ca. 560 mm Jahresniederschlägen an dieser Station fallen ca. 1/3 in der Zeit von November bis Anfang April als Schnee (Abb. 16).

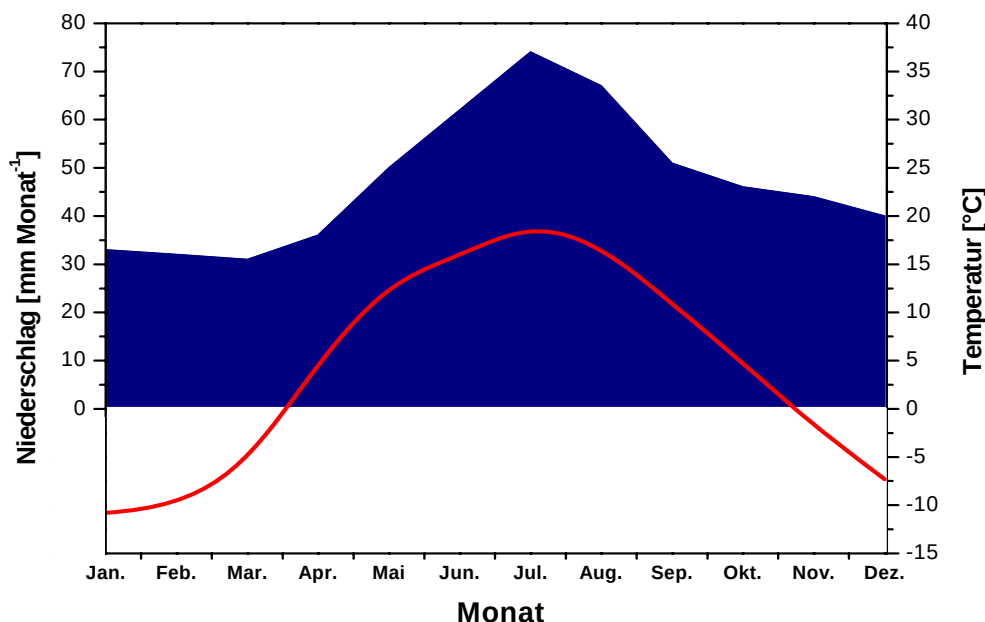


Abb. 16: Klimadiagramm der meteorologischen Station Serpukhov ca. 15 km Nordwestlich des Untersuchungsgebietes

Das Relief zeichnet sich durch stark eingetiefte Täler mit steilen Flanken und nur gering modulierten plateauförmigen Zwischentalbereichen aus. In diesen Bereichen hat sich ein durch paleokryogene Prozesse gebildetes polygonales Mikrorelief ausgebildet. Aus den valday- und dneprzeitlichen Grundmoränen, die mit spätglazialen Löss überdeckt sind, haben sich graue Waldböden entwickelt. Die Textur dieser Böden zeichnet sich durch ein Maximum von 50-60% im Mittelschluffbereich aus, bei einem Gesamtschluffgehalt von über 80%. Die grauen Waldböden sind in steileren Reliefpositionen in unterschiedlichem Ausmaß erosiv gekappt (Abb. 17). In den Tiefenlinien herrschen kolluviale Bodenbildungen und Auenböden aus den angeschnittenen karbonischen und jurassischen Sedimenten vor. Die

Schneeschnelze bestimmt neben seltenen, durch Starkregen ausgelösten Hochwassersituationen im Sommer, die Abflussbildung. Die Faktoren Relief und Klima bestimmen in ganz entscheidendem Maße die Landnutzung im Einzugsgebiet. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen dominieren mit über 50 % die Nutzung des Gebiets, der Wald nimmt nahezu 1/3 der Fläche ein.

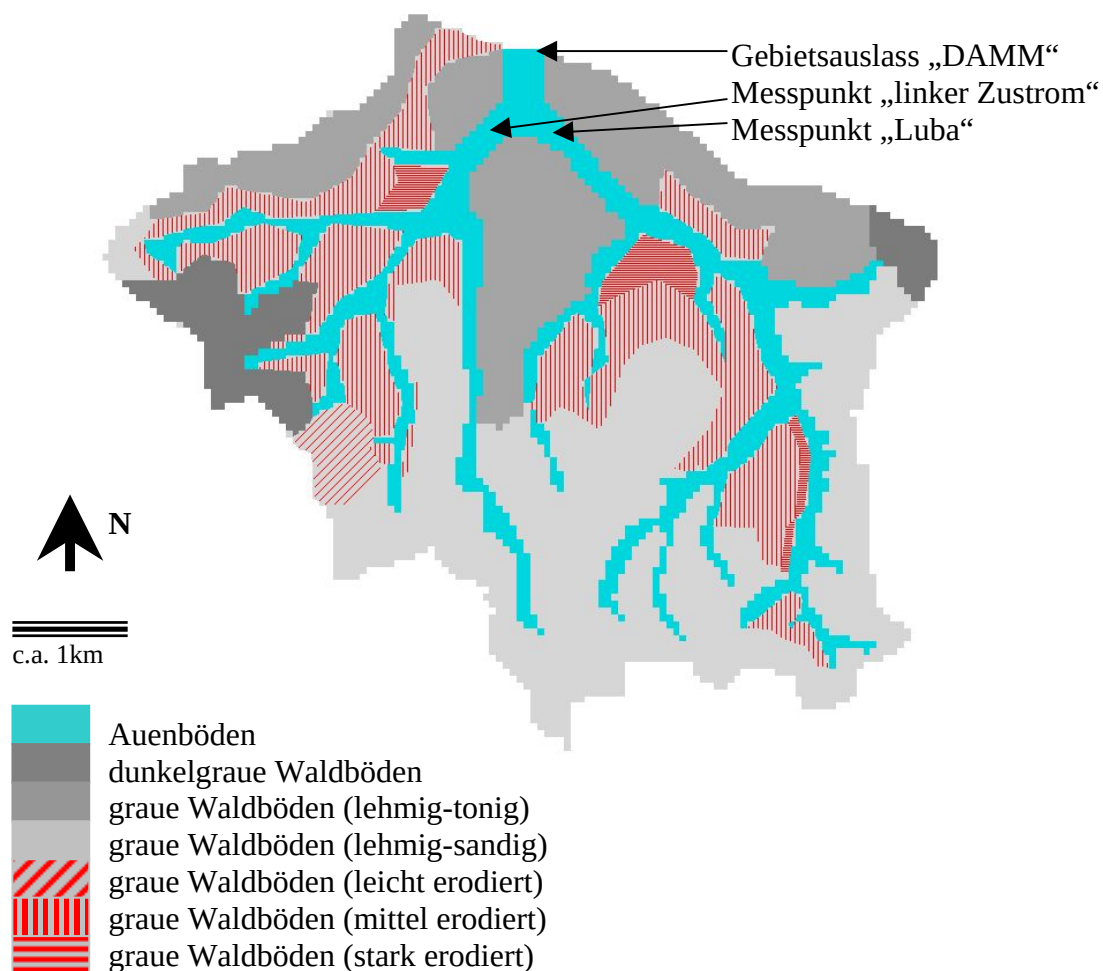


Abb. 17: Räumliche Verteilung der Böden im Lubazhinkhaeinzugsgebiet und deren Degradationszustand

Die in den Vorläuferprojekten bereits etablierten Probenahmestrategien zur Erfassung der Stoffausträge während der Schneeschnelzereignisse wurden fortgesetzt. Diese Untersuchungen wurden durch den Aufbau von Bodenintensivmessplätzen an für das Einzugsgebiet typischen Standorten (Wald, Grünland, Acker) ergänzt und wie auch im deutschen Vergleichseinzugsgebiet eine ereignisbezogenen Probenahme durchgeführt. Details zu bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften dieser Standorte sind bereits in den Zwischenberichten des Berichtszeitraumes 01.01.2008 bis 30.06.2008 sowie 01.07.2008 bis 31.12.2008 dargestellt. Sowohl die Messungen der Bodensaugspannung, aber insbesondere die Bestimmung Porenwasserqualität erwies sich auf dem Ackerstandort

als außerordentlich schwierig. Dies lag vor allem an der hohen Saugspannung während der Vegetationsperiode, die eine Entnahme von Porenwasser unmöglich machte. Auf diese Daten wird daher in der inhaltlichen Auswertung nicht eingegangen. Insgesamt wurden im Projektzeitraum 364 Proben von Oberflächenwasser und Bodenporenwasser gewonnen und auf Nährstoffe sowie wichtige Ionen analysiert.

Stoffausträge am Gebietsauslass

In den nunmehr acht Jahren der Erfassung der Sediment- und Nährstoffausträge lagen die Sedimentfrachten der beiden beprobten Zuflüsse in der Summe zwischen 79 und 685 t für die jeweiligen Schneeschmelzen (Abb. 18). Mit der Ausnahme der Schneeschmelze 2005, bei der es zu einem Böschungsabruch im Dammbereich kam (630 t), liegt die Sedimentfracht am Gebietsauslass hinter dem Damm zwischen 23 und 188 t.

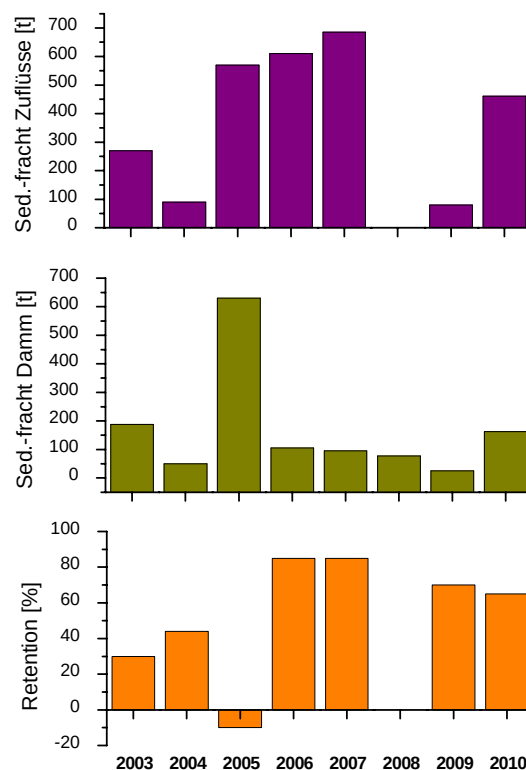


Abb. 18: Übersicht über die Sedimentfrachten der Zuflüsse, am Gebietsauslass sowie die Retentionsleistung des Damm während der Schneeschmelzen von 2003 bis 2010

Die Retention für Sediment schwankt zwischen -10 und 85 % bei einer langjährigen durchschnittlichen „trap efficiency“ von ca. 50 %, die für ein kleines Reservoir typisch ist und generell mit der Zunahme der Einträge durch die beiden Zuflüsse auch effizienter wird. Trotz der generellen Güte der Daten ergeben sich während der Schneeschmelzen Probleme, z.B.

mit der Erreichbarkeit der Messstellen und Probenahmepunkte (2008) oder durch ungewöhnliche Prozesse, die auch durch automatisierte Techniken nicht kompensiert werden können. Abb. 19 verdeutlicht dies am Beispiel einer Sedimentauflage von 5 bis 7 kg m⁻², die sich durch Überströmen einer Schneedecke ausgebildet hat.



Abb. 19: Sedimentauflage, die durch das Überfließen der Schneedecke mit sedimentbelastetem Abfluss gebildet wurde (Foto Volokitin 2010)

Die Schneeschmelzen der Jahre 2004 und 2009 weisen untypisch geringe Mengen an Sedimentfracht in den beiden Zuflüssen auf. Diese beiden Jahre zeichnen sich durch nur gering oder nicht gefrorene Böden aus. Die damit verbundenen Ergebnisse bestätigen die Bedeutung der winterlichen Randbedingungen für den Stoffaustrag, insbesondere der Veränderung des Bodenwasserhaushaltes. In den Vorläuferprojekten FZK 02WT0099 und 02WT0480 wurde diese Fragestellung umfangreich bearbeitet.

Ähnlich wie der Sedimentaustrag, unterliegen auch der Phosphorausstrag sowie der Austrag von DOC einer hohen interannuellen Variabilität (Tab. 4). Auffällig sind die teilweise hohen Gesamtausträge von DOC, die im unteren Bereich der Werte liegen, die als mögliche Bindungskapazität von Kohlenstoff (carbon sequestration) in borealen Waldökosystemen angenommen werden können. Im Vergleich zu DOC nehmen die Gesamtkohlenstoffausträge deutlich höhere Konzentrationen an. Es ist daher davon auszugehen, dass für das Lubazhinkhaeinzugsgebiet insgesamt bei bestehender Landnutzung und trotz des hohen Waldflächenanteils nicht von einer klimarelevanten Kohlenstoffbindung ausgegangen werden kann.

Tab.4: Übersicht über die Sediment-, Phosphor- und DOC-Austräge aus dem Lubzhinkhaeinzugsgebiet während der Schneeschmelzen 2003 bis 2010

2003						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	267.8	648.6	9.83	0.14	0.34	5.23
Austrag Damm	188.5	583.3	9.76	0.10	0.313	5.193
Differenz	79.3	65.3	0.07			
Retention %	29.6	10.1	0.7			
2004						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	89.4	61.4	5.95	0.05	0.03	3.16
Austrag Damm	49.8	64.4	5.04	0.03	0.03	2.68
Differenz	39.6	-3	0.91			
Retention %	44.3	-4.9	15.3			
2005						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	570.1			0.30		
Austrag Damm	629.3	90.5	5.07	0.33	0.05	2.67
Differenz	-59.2					
Retention %	-10.4					
2006						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	610.9	144		0.32	0.08	
Austrag Damm	104.4	55.5		0.055	0.03	
Differenz	506.5	88.5				
Retention %	83	62				
2007						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	684.9	53.2		0.36	0.03	
Austrag Damm	92.9	55		0.05	0.03	
Differenz	592	1.8				
Retention %	86	-3.4				

2008						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse				0	0	
Austrag Damm	77			0.04	0	
Differenz						
Retention %						
2009						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	79.3	115.5	13.7	0.04	0.06	7.29
Austrag Damm	23.3	57.7	6.2	0.01	0.03	3.30
Differenz	56	57.8	7.5			
Retention %	70	50	55			
2010						
	Sediment [t]	Gesamtphosphor [kg]	DOC [t]	Sediment [t/ha]	Gesamtphosphor [kg/ha]	DOC [kg/ha]
Summe Zuflüsse	461.5	141.5		0.25	0.07	
Austrag Damm	163.5	74.6		0.09	0.04	
Differenz	298	66.9				
Retention %	65	47				

Charakterisierung der DOC-Quellen

Die übergeordnete Bedeutung der Kohlenstoffausträge wird bei Betrachtung der Konzentrationen für den Gesamtaustrag an organischem Kohlenstoff nochmals deutlich, da diese deutlich über den DOC-Konzentrationen liegen. Abbildung 20 zeigt Konzentrationswerte für die Schneeschmelze im Frühjahr 2008. Die drei Abflussspitzen entstanden jeweils durch Warmlufteinbrüche und charakterisieren eine typische Abflussentwicklung bei gefrorenen Böden im Einzugsgebiet. Die Gesamtkonzentrationen des

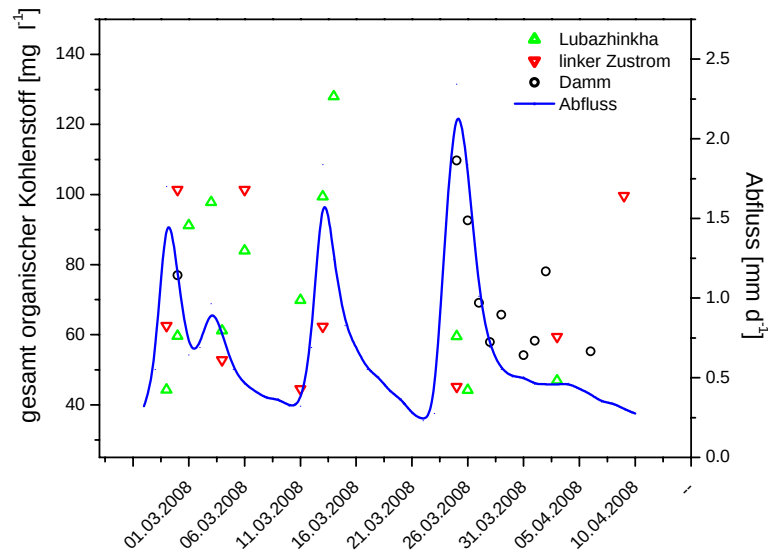


Abb. 20: Konzentrationen an org. Gesamtkohlenstoff in den beiden Zuströmen und nach dem Damm während der Schneeschmelze 2008 im Lubazhinkhaeinzugsgebiet

organischen Kohlenstoff erreichen Werte von über 100 mg l^{-1} . Auffallend sind die zunächst hohen Konzentrationen am Probenahmepunkt „linker Zustrom“, der den ackerbaulich dominierten Teil des Einzugsgebietes entwässert. Erst im Fortschreiten der Abflussentwicklung erhöhen sich die Konzentrationen an organischem Kohlenstoff, auch im stärker bewaldeten Teileinzugsgebiet. Dies trifft insbesondere für den Zeitraum der zweiten Abflussspitze zu. Sowohl die Frachten und Konzentrationen mit Maximalwerten von bis zu 25 mg l^{-1} sind geringer, aber besonders die Differenzierung der Teileinzugsgebiete fehlt bei der nicht durch Bodenfrost geprägten Schneeschmelze 2009. Diese Ergebnisse zum Kohlenstoffaustrag bestätigen damit die Interpretationen, die dazu in den vorherigen Projektphasen getroffen wurden. Durch die zusätzlich nun vorliegenden Daten und Analyseergebnisse kann diese Interpretation prozessbasiert belegt werden. Eine vergleichende Analyse des Bodenwasserhaushaltes des Waldstandortes und des Grünlandstandortes verdeutlicht die standorttypischen Unterschiede, aber auch ein grundsätzlich anderes Verhalten des Bodenwasserflusses im Sommer und Winter. Abbildung 21 zeigt die Reaktion der Bodensaugspannung auf Niederschlagsereignisse im Zeitraum von Anfang August bis Ende September 2010. Der Grünlandstandort wird durch die Abfolge und Höhe der Niederschläge auch in den Sommermonaten mit grundsätzlich negativer Wasserbilanz von einer sehr trockenen Ausgangssituation mit einer Saugspannung von 140 cbar bis zu einer Tiefe von mehr als 0,5 m unter Flur befeuchtet. Tiefere Bereiche des Bodens am Standort folgen weiterhin dem generellen Trend zur Austrocknung im Sommerhalbjahr, wie es der Verlauf der Saugspannungsmessungen in 0,95 m Tiefe anzeigt. Auch am Waldstandort ist zunächst ein Niederschlag am 28.8. 2010 mit einer Höhe von über

30 mm und maximalen Intensitäten von $0,6 \text{ mm min}^{-1}$ notwendig, um eine Verringerung der Saugspannung bis in den Sättigungsbereich hin zu erzielen, bei dem Bodenwasser mobil und Perkolation möglich ist. Im Unterschied zum Grünlandstandort verringert sich aber unter Wald während der Befeuchtungsphasen des Oberbodens auch die Saugspannung in den darunter liegenden Horizonten. Das dies nicht mit derselben Dynamik stattfindet ist darauf zurückzuführen, dass der Unterboden mit einem Tongehalt von 49% andere bodenphysikalische Eigenschaften aufweist als der Oberboden mit 37%. Es liegt auf der Hand, dass an diesem Standort und vergleichbaren Substratwechseln im oberflächennahen Untergrund - von der schluffdominierten Lößlehmauflage zur tonbestimmten Grundmoräne - bevorzugt eine Sättigung des Oberbodens und laterale Wasserflüsse entstehen können.

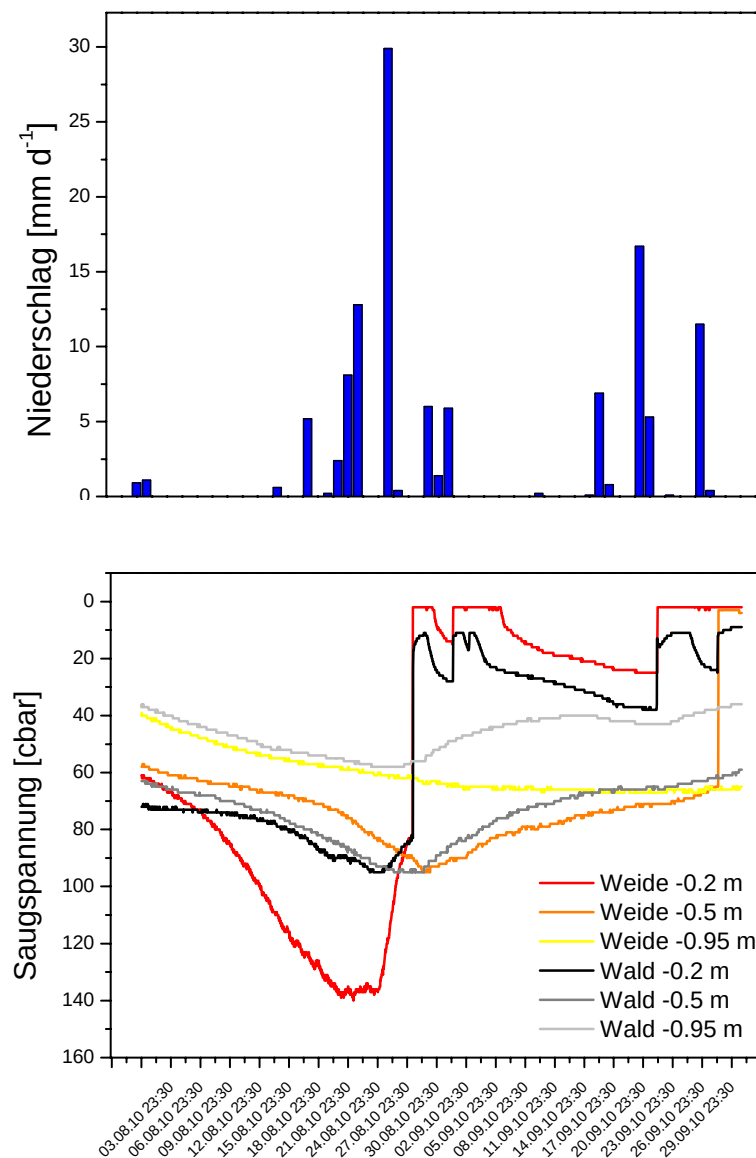


Abb. 21: Niederschlagsmenge und Vergleich der Entwicklung der Bodensaugspannung an einem Weide- und einem Waldstandort für eine Sommerperiode August/September 2010

Während die Reaktion der Bodenwassersaugspannung auf entsprechende Niederschläge zeitnah und an beiden Standorten gleichzeitig erfolgt, ist ein solches Verhalten im Winter nicht zu beobachten (Abb. 22). Der Bodenwasserhaushalt ist vielmehr durch die Prozesse der Schneeschmelze und des Auftauens des während des Winters gefrorenen Bodens bestimmt. Daher kommt es nicht zu einer schnellen Änderung der Saugspannungswerte, sondern einer langsamen Abnahme in der Phase in der der Boden teilweise gefroren ist. Auf dem Grünlandstandort führt ein Kaltlufteinbruch Ende März 2010 zu einer Verzögerung des Auftauens im Oberboden. Im Unterschied dazu sind das spätere Auftauen und die damit verbundene Bodenwasserhaushaltsdynamik des Bodens am Waldstandort deutlich erkennbar. Auf dieses Phänomen wurde zwar bereits im Vorläuferprojekt hingewiesen, aber erst durch die Ausweitung der Messungen im Berichtsprojekt konnte der direkte Nachweis geführt werden.

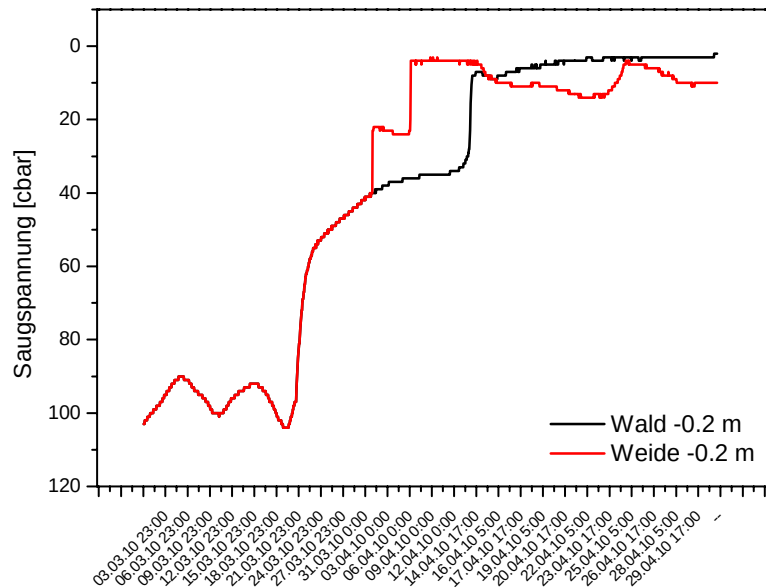


Abb. 22: Vergleich der Dynamik der Bodensaugspannung im Oberboden eines Wald- und eines Weidestandortes während der Schneeschmelze 2010

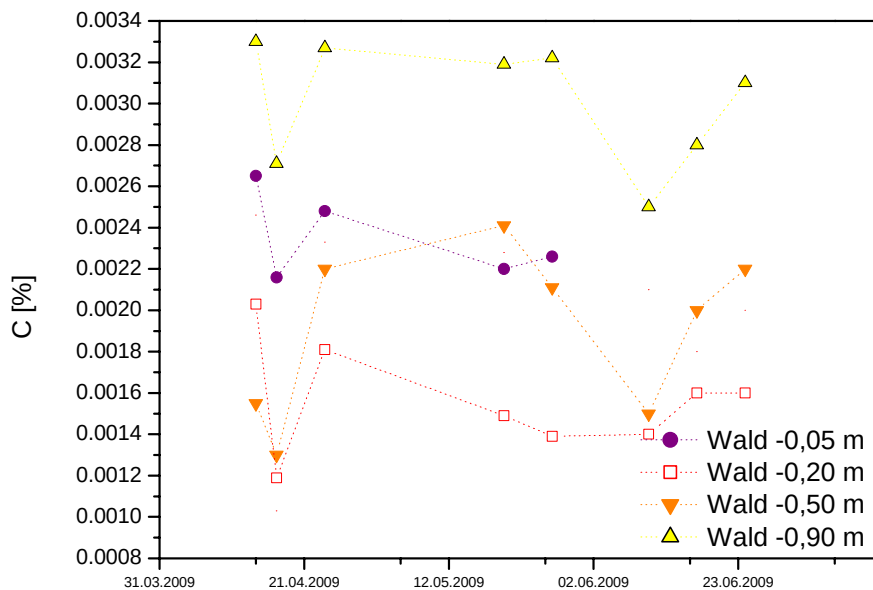


Abb. 23: Zeitliche Dynamik der org. Kohlenstoffkonzentration im Porenwasser unterschiedlicher Tiefen an einem Waldstandort während der Schneeschmelze und Frühjahr 2009

Diese Mobilisierung von Bodenwasser im Zuge der Schneeschmelze führt zu einer Stoffdynamik, die sich durch eine Verminderung der jeweiligen Konzentrationen in der Bodenlösung ausdrückt. Für Stickstoff und Phosphor lässt sich am Waldstandort eine Halbierung der Konzentration oder mehr feststellen. Auch die Kohlenstoffkonzentration in der

Bodenlösung verringert sich im Zuge der Schneeschmelze signifikant, wie Abbildung 23 für den Waldstandort während der Schneeschmelze im Jahr 2009 nachweist. Analog dem Schäfertal ist eine Abnahme der Porenwasserkonzentration mit zunehmender Tiefe zu erwarten, die auch für den Oberboden (Probenahmetiefe 0,05 und 0,2 m) zutrifft. Der zuvor bereits erwähnte Substratwechsel führt jedoch zu einer relativ hohen Kohlenstoffkonzentration, auch in größeren Bodentiefen. In Verbindung mit dem Bodenwasserfluss kann hier demnach eine weitere Quelle für DOC identifiziert werden, die während der Schneeschmelzen neben dem bereits bekannten Oberflächenabfluss zu erhöhten DOC-Austrägen aus dem Lubazhinkhaeinzugsgebiet beitragen kann.

Durch die lang anhaltende Dauer der Schneedecke im Lubazhinkhaeinzugsgebiet kann es zur Deposition von Stäuben und Nährstoffen kommen, so dass im Vergleich zum Schäfertal hohe DOC-Konzentrationen von bis zu 5 mg l^{-1} im Schnee gemessen werden konnten. Die Spezifikation mit Hilfe von LC-OCD verdeutlicht durch einen Peak bei V_R 55 im Bereich der LMMAs, dass es sich hierbei nicht um bodentypische Huminstoffe handelt (Abb. 24). Mit zunehmender Tiefe verstärkt sich das Signal, das durch die Huminstoffe hervorgerufen wird und belegt somit nicht nur die Infiltration des Schneewassers in den Boden sondern auch den Verdünnungseffekt, der mit der Schmelze in den Konzentrationsverläufen zu beobachten ist (vgl. Abb. 23).

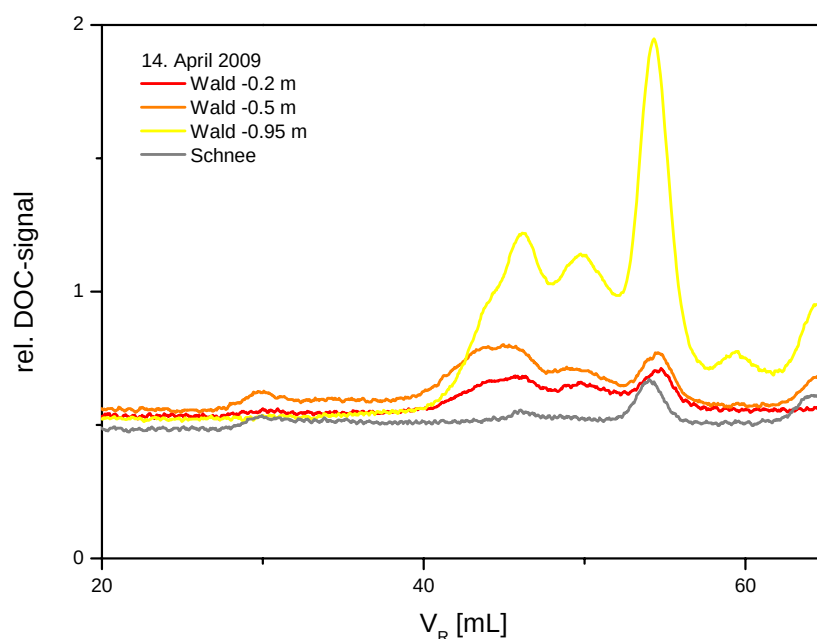


Abb. 24: LC-OCD Diagramme von Schneewasser und Porenwasser unterschiedlicher Tiefen des Waldstandortes im Lubazhinkhaeinzugsgebiet während der Schneeschmelze 2009

Neben den Konzentrationsverläufen zeigen sowohl das Porenwasser in 0,95 m Tiefe als auch am Gebietsauslass (nicht in der Abbildung gezeigt) ein ähnliches Signal für das Jahr 2009, das durch nur gering oder teilgefrorene Böden gekennzeichnet ist. Die LC-OCD Signale der Grünlandproben und ebenso der Ackerproben unterscheiden sich hingegen durch einen geringer ausgeprägten Peak der LMMAs. Auch damit wird am Beispiel des DOC nochmals bestätigt, dass sich die Unterschiede der winterlichen Witterungsbedingungen, im wesentlichen gefrorenen bzw. teilgefrorene Böden, nicht nur auf die Abflussbildung und den Sedimentaustrag sondern auch auf den Umfang und die Quellen für gelösten Stoffaustrag auswirkt.

II.1.3 Modellansatz

Die Modellierung des Umsatzes und Austrags von DOC sowie der besondere Einfluss von Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen werden in einer Promotionsarbeit vertiefend betrachtet, die in einer Entwurfsfassung vorliegt und nach Fertigstellungstermin des Schlussberichts voraussichtlich beendet sein wird. In diesem Schlussbericht wird daher nur auf einige Punkte und Ergebnisse der Promotionsarbeit eingegangen.

Basierend auf der Auswahl des Modells ANIMO in der Version 3.8 wurden im Wesentlichen fünf Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Interpretation eines Lysimeterdatensatzes zur Identifizierung von nutzungsbedingten Unterschieden im DOC-Austrag (vgl. Zwischenbericht Berichtszeitraum 01.05.2007 bis 31.12.2007),
2. Manipulation der Nutzung ausgewählter Lysimeter, um die Dynamik des DOC-Umsatzes bzw. –Austrages bei Nutzungsänderung, z.B. Grünlandumbruch, experimentell zu erfassen,
3. Anpassung des Modells ANIMO 3.8 an den Lysimeterdatensatz und Sensitivitätsanalyse,
4. Schwachstellenanalyse und Modellweiterentwicklung zur Version 4.0 und
5. Übertragung und Modellanwendung für einen Datensatz aus dem Schäfertal.

Die Modellweiterentwicklung zur Version 4.0 beruht zunächst auf einer verbesserten Modellierung der Dynamik der oberirdischen Biomasse, die für Entzüge aus dem Boden verantwortlich ist und nach simuliertem Absterben am Ende der Vegetationsperiode eine Kohlenstoffquelle darstellt. Abbildung 25 zeigt die Änderungen und Erweiterungen im Kohlenstoffkreislauf auf, die aus hinzugefügten Kohlenstoffpools und zusätzlichen Umsatzprozessen sowie Umsatzwegen bestehen. Zentral ist hierbei die Aufteilung der organischen Substanz im Boden in zwei Gruppen, Humus/Biomasse und SDO (stable dissolved organic matter), mit unterschiedlicher „Stabilität“. Dadurch ist es möglich, weitere Umsätze, die sowohl in der Schwachstellenanalyse erkannt wurden, als auch solche aus der Literatur, in das Modell aufzunehmen. So können in der modifizierten Modellversion Wurzelexudate nun in den Pool des gelösten organischen Kohlenstoffs überführt werden und in einem weiteren Schritt in stabile gelöste organische Substanz. Durch die Verknüpfung dieses neuen Pools mit dem Humus/Biomasse-Pool können ein Grundumsatz und Basiskonzentrationen an DOC in der Bodenlösung modelliert werden. Dieser Pool wurde experimentell sowohl im Lysimeterdatensatz als auch im Gelände nachgewiesen.

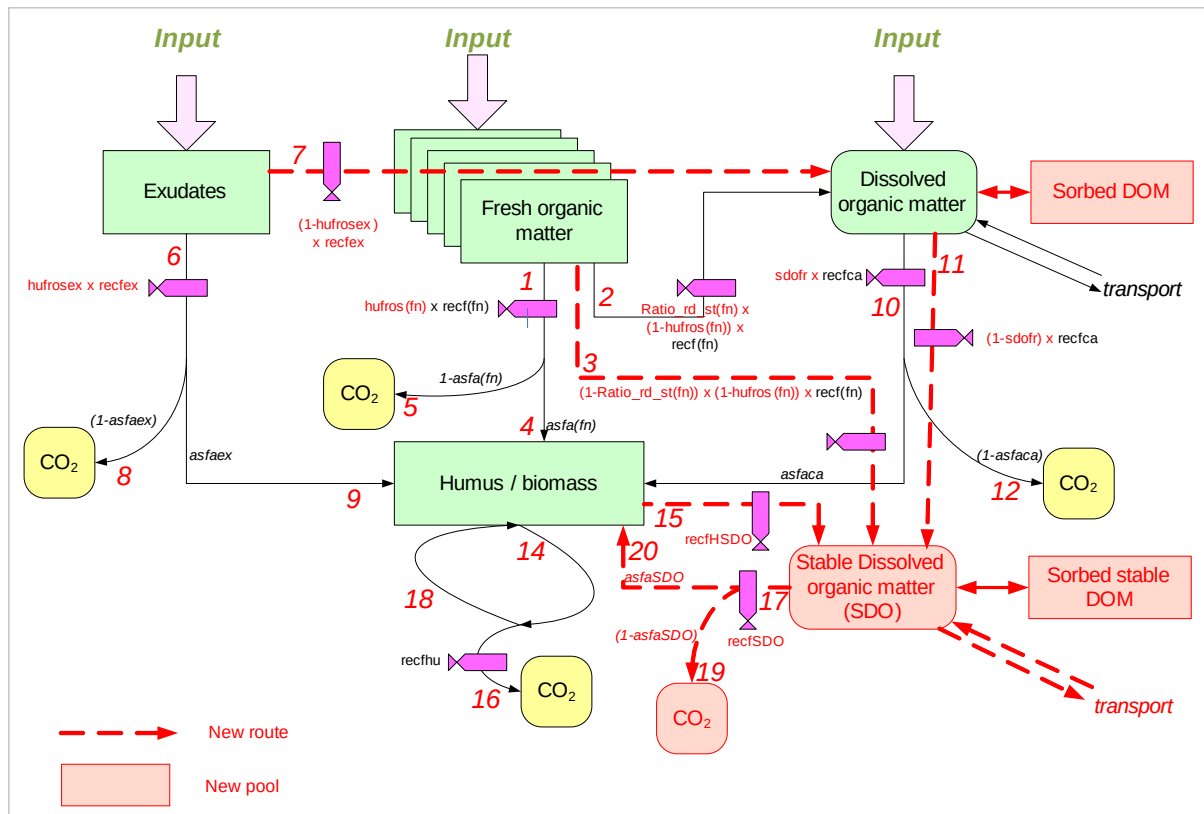


Abb. 25: Diagramm über die Erweiterung der Berechnung der Kohlenstoffumsätze im Modell ANIMO Version 4.0

Im Vergleich zur Modellversion 3.8 wird die saisonale Dynamik des DOC-Austrages mit der Version 4.0 wesentlich ausgeglichener simuliert (Abb. 26). Die mittleren DOC-Gehalte (13,6 mg/l) und die saisonale Dynamik des DOC-Austrages der beispielhaft dargestellten Nutzungsform Grasland werden mit der neuen Modellversion angemessen simuliert. Die Simulationsgüte gemäß RMSE beträgt 57,5. Längerfristige Perioden mit ausgeprägt positiver oder negativer klimatischer Wasserbilanz führen jedoch zu einer deutlichen Unter- bzw. Überschätzung des DOC-Konzentrationen im Sickerwasser durch das Modell. Auch die Defizite der simulierten Kohlenstoffverlagerung in der Trockenperiode 1995 bis 1997 resultieren in der nachträglichen Überschätzung des DOC-Austrages im Jahr 1998. Das Modell unterschätzt folglich die Verlagerung des DOC während trockener Perioden, es kommt zur Akkumulation und schließlich zur übermäßigen Simulation von DOC-Austrägen in der nachfolgenden Feuchtperiode. Trotzdem können für diese und auch die anderen untersuchten Nutzungsformen die Modellergebnisse als zufriedenstellend eingestuft werden. Dies trifft auch für die Dynamik zu, die durch gezielte Landnutzungsänderungen in den Lysimeteruntersuchungen hervorgerufen wurde. Die Übertragung des Modells und die Modellierung der Daten der Bodenintensivmessplätze war ebenso erfolgreich.

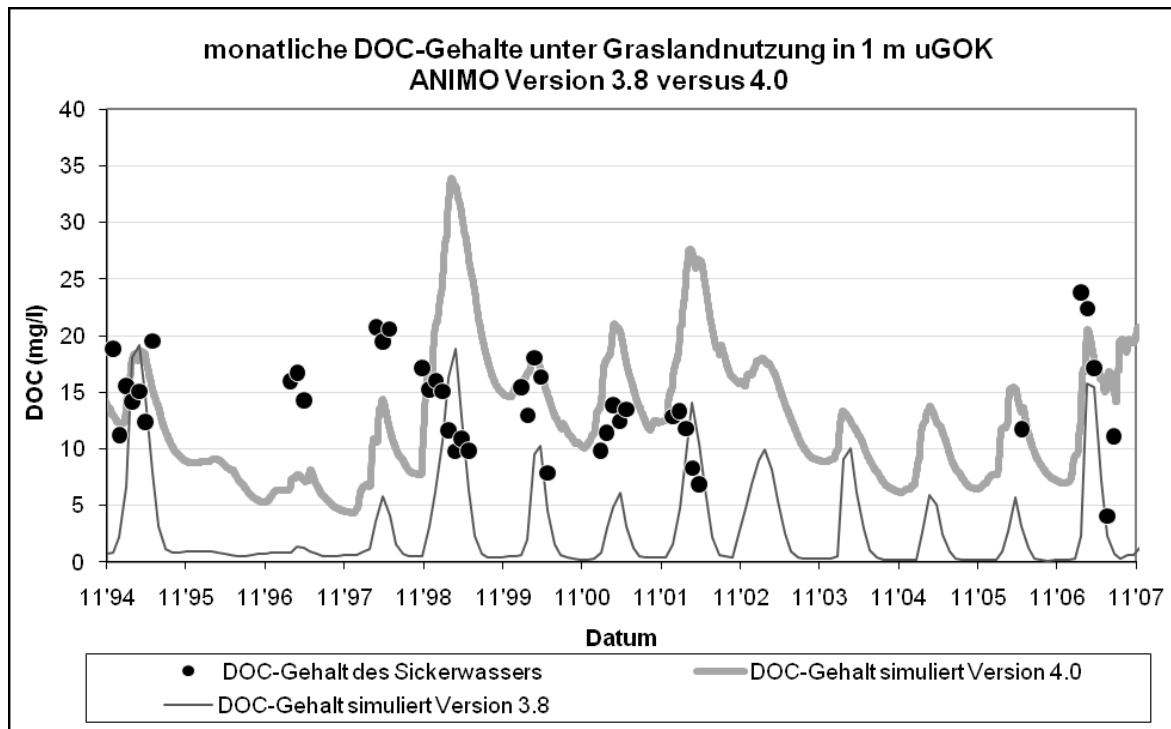


Abb. 26: Vergleich der simulierten DOC-Konzentrationen mit der ursprünglichen ANIMO Version 3.8 und der verbesserten ANIMO Version 4.0 und gemessenen DOC-Konzentrationen im Sickerwasser eines Graslandlysimeters

Das Modell ANIMO wurde in das Modellsystem IWAN eingebunden und über dessen interaktive Oberfläche angesteuert. Dabei waren umfangreiche Arbeiten notwendig, da die modifizierten Versionen neue Parameter enthielten und veränderte Input-Files aufwiesen. Abbildung 27 zeigt einen Ausschnitt der aktuellen IWAN Version, der der Verknüpfung von ANIMO dient (vgl. Schlussbericht zu Forschungsvorhaben FZK 02WT0099 und 02WT0480 zum Modellsystem IWAN).

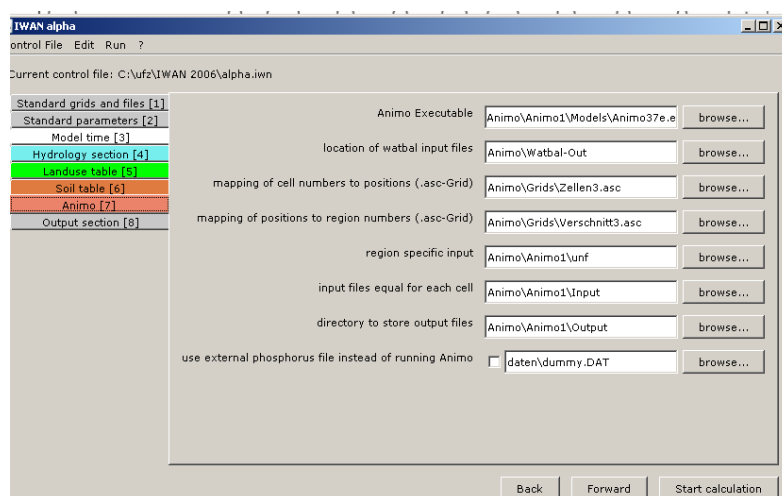


Abb. 27: Screen shot der aktuellen IWAN Version, der der Verknüpfung von ANIMO dient

II.2 Zahlenmäßiger Nachweis

Eine detaillierte Abrechnung des Vorhabens wird von der Finanzabteilung des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ vorgenommen und an den Zuwendungsgeber fristgemäß übergeben. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die wichtigen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.

Tab. 5: Übersicht über die wichtigsten Positionen im zahlenmäßigen Nachweis (alle Angaben in €)

Position	Art	Bewilligung	Umwidmung	Ausgaben	Differenz
0831	Material	11 478,26		10 051,84	1 426,42
0823	FE-Leistungen	31 050,00		32 285,00	-1 235,00
0837	Personalkosten	252 185,00	279 474,20	279 300,75	173,45
0838	Reisekosten	38 200,00	10 096,96	10 136,63	- 39,67
0847	Abschreibung Vorh. spez	15 700		15 601,81	98,19
0850	Sonst. Vorhabenkosten	27 635,00	22 991,00	22 227,54	763,46
	Summe	370 790,42		369 603,57	1 186,85
	Material GMK 15%	1 721,74		1 428,31	293,43
	Personal GMK 20%	55 894,84		55 860,15	34,69
	Verwaltungs GMK 14%	59 977		59 764,89	
0884	Zuwendung	488 384		486 656,92	1 727,08

Das Forschungsvorhaben wurde mit einem Habensaldo von 1 727,08 € abgeschlossen. In Absprache mit dem Zuwendungsgeber wurden Mittel aus den Positionen 0838 und 0850 in Personalmittel umgewandelt, um so die Verlängerung der Vorhabenslaufzeit zu ermöglichen. Einsparungen in nennenswerter Höhe bei den Reisekosten ergaben sich durch Zugriff auf andere Finanzierungsmöglichkeiten (DFG und EU-COST) sowie durch verminderte Aufenthaltszeiten der russischen Partner in Deutschland.

II.3 Notwendigkeit der geleisteten Arbeit

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens haben die Möglichkeit aufgezeigt, Quellen und Eintragspfade für DOC in komplex strukturierten Einzugsgebieten zu erfassen. Damit ist eine Grundvoraussetzung für ein wirkungsvolles Management gelegt. Der entwickelte Modellansatz ermöglicht die Quantifizierung unterschiedlicher Managementmaßnahmen. Durch die Publikationen ist nicht nur die wissenschaftliche Gemeinschaft eingebunden, sondern durch die intensive Kooperation mit den russischen Partnern und studentischer Arbeiten fand eine Sensibilisierung für das Thema des DOC-Austrags statt. Die experimentelle Fokussierung auf ein russisches Einzugsgebiet schafft eine hohe Akzeptanz und Vergleichbarkeit der Resultate, insbesondere für die Wolgaregion. Zusammen mit den anderen Partnern konnte somit ein wichtiger Betrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Oberflächengewässer sowie der sie speisenden Einzugsgebiete in Russland und Deutschland geleistet werden.

II.4 Nutzen und Verwertbarkeit

Das Forschungsvorhaben hat in beiden Schwerpunkten, experimentelle Untersuchungen zu DOC-Flüssen und Modellierung, wesentliche wissenschaftliche Fortschritte mit hohem Neuheitswert erbracht. Es wird erwartet, dass diese Ergebnisse durch die russischen Kollegen in individuelle Beiträge zum Gewässermanagement umgesetzt werden. Die Erfahrungen aus den experimentellen Ansätzen sind erfolgreich in anderen Forschungsvorhaben weiterentwickelt worden. Unter anderem wird die Konzeption der Bodenintensivmessplätze in abgewandelter Form in Norddeutschland („Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland unter sich ändernden ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen“ mit dem Teilprojekt „Entwicklung hydrologischer Anpassungsstrategien infolge des globalen Wandels für das Norddeutsche Tiefland durch Modellanwendung – Wasser- und Stoffflüsse“ (FZK 033L029J)) und China („Entwicklung und Implementierung eines wissenschaftlich fundierten Managementsystems zur Reduktion von diffusen Stoffeinträgen in das Miyun-Trinkwasserreservoir bei Peking“ (FZK 02WM1047)) eingesetzt. Das modifizierte Modell ANIMO wurde in der Version 4.0 nicht nur innerhalb des Forschungsvorhabens eingesetzt, sondern auch durch die ursprünglichen Entwickler am Forschungszentrum ALTERRA / Wageningen. Die Version 4.0 wird als Standardversion angesehen und mit Hinweis auf den Beitrag des Forschungsvorhabens weitergegeben. Obwohl das Modellsystem IWAN nicht wie vorgesehen auf Einzugsgebietsebene eingesetzt werden konnte (vgl. Kap. I.3 und III.4), stellen die erfolgten Weiterentwicklungen eine wichtige Grundlage für Modellanwendungen in anderen Forschungsvorhaben dar (vgl. Ausführungen oben). Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das Modellsystem IWAN bei kontinuierlicher Anpassung an die jeweiligen Fragestellungen zu einem hilfreichen Instrument in der Planung von Maßnahmen zur Reduktion von diffusen Stoffeinträgen in Oberflächengewässer entwickelt. Die Anwendung ist jedoch auf Einzugsgebiete unter 100 km² beschränkt.

Die Forschungsergebnisse sind darüber hinaus teilweise in eine Habilitationsarbeit eingeflossen, die während der Laufzeit angefertigt wurde (vgl. Kap. II.6). Details der experimentellen Arbeiten und die Modellmodifikation sind die Basis für ein Promotionsvorhaben, das voraussichtlich im Wintersemester 2011 an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg abgeschlossen wird.

II.5 Anderweitig bekannt gewordene Ergebnisse

Die wissenschaftliche Erforschung der Bedeutung von DOC für Ökosysteme hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Die damit verbundene Publikationstätigkeit wurde beobachtet und ausgewertet. Dabei konnten hilfreiche Informationen für die Interpretation der im Forschungsvorhaben erhobenen Daten gewonnen werden. Vergleichbare Untersuchungen zur Identifizierung von DOC-Quellen und Eintragspfaden sind jedoch weder für Deutschland noch für Russland oder ähnliche Naturräume bekannt geworden. Die wachsende Bedeutung der DOC-Problematik in der Literatur spiegelt sich auch in der Weiterentwicklung des „Daisy“ Modells wieder. Hierbei handelt es sich um die Erweiterung eines Modells zur Modellierung der organischen Bodensubstanz; es ist daher auf einer Zeitskala von Dekaden und mehr ausgerichtet. Es kann zur Beantwortung der im Forschungsvorhaben aufgeworfenen Fragestellung bezüglich der Erarbeitung eines prozessbasierten Modellansatzes nicht erfüllen.

II.6 Veröffentlichungen (inkl. geplante)

- OLLESCH, G., WAGNER A., DEMIDOV, V. and MEISSNER, R. (in Vorbereitung) Die Bedeutung von Umsatzprozessen im Boden für den DOC Austrag während Schneeschmelzeereignissen in Russland
- OLLESCH, G., WAGNER A., DEMIDOV, V. and MEISSNER, R. (in Vorbereitung) Umsatz- und Austragsprozesse von DOC aus einem landwirtschaftliche genutzten Einzugsbiet im Unterharz
- OLLESCH, G., WAGNER A., DEMIDOV, V. and MEISSNER, R. (in Vorbereitung) Schaefertal revisited – ten years of catchment monitoring and new results
- OLLESCH, G., WAGNER A., DEMIDOV, V. and MEISSNER, R. (eingereicht) Influence of land use change on runoff and sediment yield - a scenario study from a Southern Taiga catchment in Russia. Geomorphology

JOURNALBEITRÄGE

- MEISSNER, R., RUPP, H., SEEGER, J., OLLESCH, G. and GEE, G. (2010) A comparison of water flux measurements: Passive wick samplers versus drainage lysimeters. European Journal of Soil Science 61: 609-621
- BOEHRER, B., KASTNER, S. and OLLESCH, G. (2010). High accuracy measurements of water storage change in Mining Lake 111, Germany. Limnologica 40: 156-160
- OLLESCH, G., JOHN, H., MEISSNER, R. and REINSTORF, F. (2010). Anthropogenic alteration of the runoff generation in a small low mountain catchment – a case study to exemplify multiple impacts. Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins (Proceedings of the Workshop held at Goslar-Hahnenklee, Germany, 30 March–2 April 2009). IAHS Publ. 336: 65-70
- REINSTORF, F., TIEDGE, J., BAUSPIESS, J., JOHN, H. and OLLESCH, G. (2010 accepted). Time series modelling in the Schaefertal catchment in the Lower Harz Mountains/Central Germany. Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins (Proceedings of the Workshop held at Goslar-Hahnenklee, Germany, 30 March–2 April 2009). IAHS Publ. 336:249-253
- OLLESCH, G. (2009). Erfassung und Modellierung der Schneeschmelzerosion am Beispiel der Kleineinzugsgebiete Schäfertal (Deutschland) und Lubazhinka (Russland). Habilitationsschrift TU BA Freiberg. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:105-qucosa-37912>
- OLLESCH, G., DEMIDOV, V., VOLOKITIN, M., VOSKAMP, M., ABBT-BRAUN, G., and MEISSNER, R. (2008). Sediment and nutrient dynamics during snowmelt runoff generation in a southern Taiga catchment of Russia. Agriculture Ecosystems and Environment 126: 229-242

TAGUNGSBEITRÄGE UND POSTER

- OLLESCH G., DEMIDOV V. VOLOKITIN M. WAGNER A. and R. MEISSNER (2010). Evaluation of land use management alternatives with model application -a case study from a southern taiga catchment in Russia. IWRM - Integrated Water Resources Management Karlsruhe 2010, 24-25.10. 2010. (*Best poster price*)
- OLLESCH, G., MEISSNER, R., WAGNER A. and DEMIDOV, V. (2010). Sediment export processes – results from long-term monitoring in two different catchments. Biennial Conference of the Southern African Association of Geomorphologists, Grahamstown, South Africa, 3-5 September 2010

- TITTEL, J., OLLESCH, G., FREIER, K., SUDBRACK, R. und Heiser, A. (2010). Das Alter des organischen und anorganischen Kohlenstoffs in der Talsperre Muldenberg, Sachsen. DGL Jahrestagung 2010, Bayreuth, 27.09.-1.10.2010
- WAGNER, A., OLLESCH, G., SEEGER, J., RODE, M und MEISSNER, R. (2010). Lysimeteruntersuchungen zum Einfluss von Klima und Bewirtschaftung auf den DOC-Austrag aus der ungesättigten Bodenzone. Tag der Hydrologie 2010, 25.-26.3.2010, Braunschweig
- WAGNER, A., OLLESCH, G., and MEISSNER, R. (2009). Modelling Phosphorous exports from small catchments. International Conference on Land and Water Degradation - Processes and Management. 7 – 9.9.2009 Magdeburg, Germany
- DEMIDOV, V., OLLESCH, G., KERZHENTSEV, A., VOLOKITIN, M., SON, B. and MUSHAEVA, T. (2009). Influence of erosion processes on quality of river waters. International Conference on Land and Water Degradation - Processes and Management. 7 – 9.9.2009 Magdeburg, Germany
- OLLESCH, G. (2009). Modellierung Stoffhaushalt/p-Austrag in Kleineinzugsgebieten. Stoffhaushalt von Einzugsgebieten im Fokus aktueller und zukünftiger Bewirtschaftungsplanung. Workshop „Stoffbilanzierungen“ 26. - 27. Februar 2009, Dresden
- WAGNER, A., OLLESCH, G., SEEGER, J., MEISSNER, R. und RODE, M. (2009). Prognose des Einflusses von Landnutzungsänderungen anhand von Lysimeterdaten und des Bodenwasserhaushaltsmodells SWAP. Tag der Hydrologie 2009 "Hydrologische Systeme im Wandel" 26.-27. März 2009, Kiel
- OLLESCH, G., JOHN, H., MEISSNER, R. and REINSTORF, F. (2009). Anthropogenic alteration of the runoff generation in a small low mountain catchment – a case study to exemplify multiple impacts. International Workshop on Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins. On the occasion of 60 years of hydrological measurements in the Bramke research basins in the Upper Harz Mountains, Germany Goslar-Hahnenklee, Federal Republic of Germany 30 March-2 April 2009
- REINSTORF, F., BAUSPIß, J., TIEDGE, J., JOHN, H., OLLESCH, G. and LÜDERITZ, V. (2009). The hydrological research catchments Schäferfetal and Waldbach in the Harz Mountains / Central Germany – current state of the observation programme and results of the recent runoff analysis. International Workshop on Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins On the occasion of 60 years of hydrological measurements in the Bramke research basins in the Upper Harz Mountains, Germany Goslar-Hahnenklee, Federal Republic of Germany 30 March-2 April 2009
- OLLESCH, G., MISCHKE, U. and MEISSNER, R. (2008). Spatial and temporal variations in TP-phytoplankton relation of German rivers and its consequences for the implementation of the WFD. N/P limitation and interactions between N and P in surface water, Meeting of COST 869 Working Group 2, 17–19 September 2008, Athens-Anavyssos, Greece
- OLLESCH, G., DEMIDOV, V., VOLOKITIN, M. and MEISSNER, R. (2008). Evaluation of land use management alternatives with model application -a case study from a southern taiga catchment in Russia, Final COST 634 international Conference "On- and Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion", Aveiro, Portugal, 30th June to 4th July 2008
- OLLESCH, G., WAGNER, A., DEMIDOV, V., VOLOKITIN, M. and MEISSNER, R. (2008). Bewertung von Landnutzungsalternativen durch Modellanwendung in einem Einzugsgebiet in der südlichen Taiga, „Wasser und Stoffflüsse in der Landschaft – Messung und Modellierung zum Schutz von Boden und Wasser“, Workshop der AG Bodenerosion und Kommissionen I, VI und VIII der DBG, 29. und 30. Mai Kiel