

Erosion, Transport und Sedimentablagerung – internationaler Workshop

International workshop on “Erosion, Transport and Deposition of Sediments”

Einleitung

Die Internationale Sediment Initiative (ISI) wurde von der UNESCO im Juni 2004 mit dem Ziel gegründet, den internationalen Informationsaustausch über sedimentbezogene Themen zu fördern sowie die Verbindungen zwischen der wissenschaftlichen Gemeinschaft und den politischen Entscheidungsträgern herzustellen. Hierfür werden unter anderem Workshops und Konferenzen durchgeführt oder unterstützt sowie ein Informationssystem eingerichtet. Im Rahmen von ISI hat die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR) gemeinsam mit den UNESCO-Programmen IHP und ISI, der Universität Bern und dem Schweizer Bundesamt für Umwelt im April 2008 in Bern, Schweiz, einen Internationalen Workshop über Erosion, Transport und Ablagerung von Sedimenten ausgerichtet, um Experten im Fachbereich Sedimenttransport zusammenzuführen. Die Kernthemen des Workshops waren Sedimentbewirtschaftung im Rhein-Einzugsgebiet und globaler Erfahrungsaustausch zu Sedimenttransport und Sedimentation. Der Workshop wurde von der Hydrologischen Kommission der Schweiz sowie den nationalen IHP-Sekretariaten der Niederlande, Deutschlands und der Schweiz gefördert.

In diesem Bericht werden die wesentlichen Erkenntnisse und Ergebnisse des Workshops zusammengefasst. Damit soll die Diskussion über die aktuellen Probleme der Sedimentbewirtschaftung angeregt und neue Ideen und Forschungsvorschläge aufgegriffen werden.

Flüsse sind komplexe Systeme, deren Verhalten z.B. eng mit der Geologie des Einzugsgebiets, dem Grundwassersystem und der Meteorologie einer Region verbunden ist. Die Sedimente im Fluss spielen eine zentrale Rolle: Erosion und Ablagerung formen das Flussbett, während die Sedimenteigenschaften und -verteilung z.B. den Wasseraustausch mit dem Grundwasser oder die Habitate der Wasserfauna beeinflussen. Sedimentbewirtschaftung in einem Fluss strebt die beste Lösung an, um eine Vielzahl miteinander in Konflikt stehender Interessensbereiche in Einklang zu bringen. Hierzu gehören wirtschaftliche und ökologische Zwänge, wasserwirtschaftliche und bautechnische Aspekte und schließlich das natürliche Verhalten des Flusses selbst. Die Konflikte äußern sich auf vielen verschiedenen Ebenen. Die zeitlichen Skalen steigen von der politischen Skala (< 10 Jahre) über die öffentliche Wahrnehmung (~ 10 Jahre) und die bautechnische Zeitskala (50-100 Jahre) bis zu den Wiederkehr-Intervallen bedeutender Naturkatastrophen (~ 100 Jahre) und der dynamischen Zeitskala des Flusses (>100 Jahre). Gleichermaßen reichen die räumlichen Betrachtungen von lokalen Vorgängen über Abschnitts- und Teileinzugsgebiete bis zu nationalen Territorien und Gesamteinzugsgebieten großer Flüsse.

Es erscheint wenig wahrscheinlich, dass eine Lösung gefunden wird, die allen sich widersprechenden Anforderungen gerecht wird. So zum Beispiel ist für die Schifffahrt ein tieferer Flussquerschnitt erforderlich als der natürlicherweise vom Fluss angenommene. Infolgedessen müssen kostspielige Maßnahmen zur Bekämpfung der resultierenden Erosions- oder Sedimentationstendenz durchgeführt werden. Darüber hinaus ist ein baulich veränderter Querschnitt vermutlich nicht das geeignete Umfeld für Fische oder Wasservögel, außerdem könnten durch technische Veränderungen auch die Wechselwirkungen von Fluss und Grundwassersystem beeinflusst werden.

Bedeutung von Skalen und Systemverhalten

Bei der Fluss- und Sedimentbewirtschaftung muss jede Problemlösung eine Vielzahl von räumlichen Skalen berücksichtigen. Lokale Störungen können nicht nur unmittelbar stromauf- oder -abwärts des fraglichen Bereichs gelegene Abschnitte beeinflussen. Vielmehr ist das gesamte Einzugsgebiet, vom Quellgebiet bis zur Mündung, ein verbundenes System. Ein Eingriff in einem Teil kann zu unerwarteten Folgen in anderen Teilen führen, möglicherweise erst nach einer beträchtlichen zeitlichen Verzögerung. Es gibt viele Erkenntnisse über das Verhalten von Teileinzugsgebieten oder Flussabschnitten. Jedoch fehlt oft die Information über deren Verbindung und Wechselwirkungen.

Die Extrapolation stellt ein weiteres Problem im Hinblick auf die Skalierung dar. Infolge der erwähnten unzureichenden Datenlage, insbesondere bei Hochwässern, müssen oft Modelle unter Bedingungen und in Abschnitten eingesetzt werden, für die sie weder entwickelt noch erprobt wurden. Kleine Gebiete können sich anders verhalten als große – ein Beispiel hierfür ist der Geschiebetransport in Flüssen mit starkem Gefälle, wo physikalische Effekte, die bei größeren Einzugsgebieten vernachlässigt werden können, einen großen Einfluss haben können.

Box 1

Skalenproblematik

- Die natürliche Entwicklung des Flusses verläuft auf einer anderen Zeitskala als die, die für die Techniker maßgeblich ist
- Kleine Gebiete verhalten sich anders als große
- Verbindung zwischen Verhalten stromaufwärts und stromabwärts
- Betrachtungsweise eines Einzugsgebiets als ganzes, in sich verbundenes System
- Ist eine Extrapolation zulässig?

Ursprung und Transport von Sedimenten

Durch Eingriffe des Menschen wie Holzeinschlag, Landwirtschaft und andere Landnutzungen sind die Bodenerosionsraten in vielen Gebieten innerhalb der vergangenen Jahrzehnte angestiegen, insbesondere in Entwicklungsländern. Obwohl viele Schutzmaßnahmen entwickelt und in den erosionsgefährdeten Gebieten angewandt worden sind, gibt es nur wenige Studien, die Auskunft über deren Effizienz und darüber geben, welche Methoden erfolgreich in einem Einzugsgebiet mit vorgegebenen geologischen, meteorologischen und pedologischen Eigenschaften angewandt werden können. Folglich gibt es keine universelle Methodologie bei einem Landnutzungswandel und keine allgemeinen Richtlinien für die Bewirtschaftung des Einzugsgebiets.

Durch das Gewässernetz wird erodiertes Sediment ins Meer transportiert. Aufgrund seiner großen physikalischen Komplexität ist es schwierig, den Sedimenttransport direkt zu modellieren. Obwohl es in der Literatur viele halb-empirische Modelle gibt, von denen jedes in bestimmten Situationen gut funktioniert, ist keines von ihnen als allgemein gültig akzeptiert. Daher ist eines der Probleme bei der Berechnung des Sedimenttransportes die Auswahl eines geeigneten Modells für die jeweilige Situation. Es gibt zu wenige und meist ungenaue Daten, um Modelle unter einer Vielzahl von Bedingungen zu erproben und ihre Leistungen zu unterscheiden. Zur Entwicklung von Entscheidungskriterien für die Modellauswahl und zur Bestimmung und Verbesserung aussichtsreicher Ansätze sind zuverlässigere Daten erforderlich. Die exakte Messung des Sedimenttransports vor Ort ist

jedoch schwierig, kostspielig und zeitaufwändig. Dies gilt insbesondere für kleine Einzugsgebiete im Oberlauf eines Gewässers.

Box 2

Erosionsschutz

- Wenige Studien über die Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen
- Keine allgemein gültigen Richtlinien für die Bewirtschaftung von Einzugsgebieten
- Keine generell übertragbare Methode

Sedimenttransport

- Schwierig zu modellieren
- Keine bewährte Methode, die unter allen Bedingungen funktioniert
- Wenige und ungenaue Daten

Bedeutung von Unsicherheit und Variabilität

Die Risikoanalyse von Naturgefahren ist sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht mit großen Unsicherheiten verbunden, die auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sind. Zu den wichtigsten gehören die natürliche Variabilität der Systemeigenschaften oder der Eingabefaktoren, die Qualität der Daten, die Genauigkeit der auf den vorhandenen Daten basierenden Statistik und die Präzision der eingesetzten Modelle. Auf diese Unsicherheitsquellen wird in den folgenden Abschnitten genauer eingegangen.

Natürliche Systeme weisen eine große immanente Variabilität in zeitlicher und räumlicher Hinsicht auf, beispielsweise bei Niederschlagsmustern, Bodeneigenschaften und Vegetation. Seltene episodische Ereignisse können die Dynamik von Flusseinzugsgebieten dominieren. Diese Variabilität wird in den Modellen oft gar nicht oder nur teilweise evaluiert. Bei Systemen, in denen Schwellenwerte eine wichtige Rolle spielen, wie zum Beispiel bei vielen geomorphologischen Prozessen, kann die Einbeziehung der Variabilität zu einer beachtlichen Schwankungsbreite der Modellprognosen führen.

Eine gute Statistik beruht auf langfristigen und genauen Datenreihen, die für Abfluss und Schwebesedimentfracht nur selten und für Geschiebetransport fast nie vorliegen. Bei meteorologischen Daten sieht die Lage etwas besser aus; jedoch erfolgen bodengestützte Beobachtungen üblicherweise von einem Punkt aus und können die große räumliche Variabilität von atmosphärischen Prozessen nicht abbilden. Hingegen können durch Fernerkundung gewonnene Daten oftmals gute Informationen über die räumliche Variabilität von Ereignissen liefern, jedoch sollten lokale Werte sehr vorsichtig verwendet werden. Schutzmaßnahmen vor Naturgefahren beruhen häufig auf 100-jährigen-Ereignissen, deren Amplitude üblicherweise auf der Grundlage von Niederschlags- oder Abflussdatenreihen geschätzt wird, die nur wenige Jahrzehnte oder sogar nur wenige Jahre umfassen. Die Extrapolation solcher kurzen Beobachtungsreihen auf längere Zeitskalen kann zu großen Unsicherheiten führen. So kann beispielsweise die Einbeziehung oder Ausschließung eines seltenen Ereignisses bei der Berechnung von Größe und Häufigkeit zu einer signifikanten Veränderung der Statistik führen und folglich die Prognose des Ausmaßes eines 100-jährigen Ereignisses stark beeinflussen.

Hydrologie und Sedimenttransport eines Einzugsgebiets sind komplizierte physikalische Prozesse. Daher überrascht es nicht, dass die Modelle auf unterschiedlich starke Vereinfachungen zurückgreifen. Da die Modelle unter eingeschränkten Bedingungen erprobt worden sind – üblicherweise sind nicht genügend Daten vorhanden, um eine vollständige Parameter-Studie durchzuführen – stellt die Anwendung auf eine neue Situation eine

Extrapolation dar und die Gültigkeit der Modellannahmen ist nicht immer klar. Die Anwendung eines bestimmten Modells bringt daher einen bestimmten Unsicherheitsgrad mit sich, dessen Umfang schwer zu beurteilen ist.

Box 3

Unsicherheiten

- Natürliche Variabilität (kann diese in Modellen berücksichtigt werden?)
- Episodische Ereignisse können die Reaktion von Einzugsgebieten dominieren
- Vertrauenswürdigkeit und Risikoanalyse (kann sie automatisiert werden?)
- Quellen von Unsicherheiten (natürliche Variabilität, Genauigkeit von Daten und Statistiken, Präzision von Modellen)
- Messmethoden

Stellenwert der Kommunikation

Viele Fachbereiche beschäftigen sich mit Problemen der Beschreibung und Bewirtschaftung von Fließgewässern wie z.B. Wasserbauingenieure, Geomorphologen, Hydrologen und Geographen. Sie setzen sich mit unterschiedlichen Themen auseinander und haben oft sehr verschiedene Blickpunkte auf ähnliche Probleme oder verwenden unterschiedliche Werkzeuge. Dies stellt gleichzeitig eine Chance und eine Herausforderung dar. Eine Herausforderung deshalb, weil verschiedene Fachbereiche eine unterschiedliche Denkweise pflegen, sich auf unterschiedliche Probleme konzentrieren und eine andere Sprache sprechen. Außerdem können Experten, da sie sich auf ihr eigenes Fachgebiet konzentrieren, für fachübergreifende Lösungen oft blind oder desinteressiert sein. Die Chance liegt andererseits darin, dass sich eine Gelegenheit bietet, Werkzeuge und Erfahrungen auszutauschen und gemeinsam zu nutzen. Es kann sein, dass ein Fachbereich ein Problem, mit dem der andere noch ringt, bereits gelöst hat oder zumindest die richtigen Instrumente hat, um eine Lösung herbeizuführen. Das Wissen über das natürliche Verhalten eines Flusses, wie es in der physischen Geographie und Geomorphologie gelehrt wird, kann für den Ingenieur bei der Planung von Bauwerken von Nutzen sein und umgekehrt kann die Erfahrung des Ingenieurs mit der Reaktion eines Flusses auf einen bestimmten Eingriff helfen, das natürliche Fließverhalten zu verstehen. Da neue Ergebnisse für Experten mehrerer Fachbereiche und Regionen von Interesse sein können, ist es unerlässlich, diese so zu kommunizieren, dass sie für alle von Nutzen sind. Insbesondere müssen die Annahmen, auf denen ein Ansatz beruht sowie seine Anwendbarkeit, Grenzen und Terminologie eindeutig definiert sein.

Vielerorts gibt es häufig ähnliche Probleme bei der Sedimentbewirtschaftung. Auch hier besteht Bedarf, Erfahrungen innerhalb der Fachbereiche auszutauschen. Problemlösungen ebenso wie gescheiterte Versuche und neue Ideen sollten jedem in Forschung und Praxis Tätigem zugänglich sein. Die Grundlage hierfür wäre eine allgemein bekannte und häufig genutzte Plattform für den Wissensaustausch sowie eine Datenbank mit uneingeschränktem Zugang für Experten. In diese könnten auch Metadaten integriert werden, also Informationen darüber, wo, wie und unter welchen Bedingungen weitere Daten zugänglich sind.

Ein weiteres Problem ist die Vergleichbarkeit von Daten. Bei allen wissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten stellen sich unter anderem zwei zentrale Fragen: Was ist gemessen worden und wie zuverlässig sind diese Daten? Verschiedene Fachbereiche und regionale Bearbeiter können unterschiedliche Methoden zur Messung des gleichen Parameters verwenden sowie unterschiedliche Richtlinien zu ihrer Beschreibung. Darüber hinaus kann der gleiche Begriff anders definiert sein oder anders verwendet werden. Dies kann natürlich Verwirrung stiften und zur Fehlanwendung von Daten führen. Es zeigt sich auch hier wieder

deutlich, wie wichtig regelmäßiger Informationsaustausch und eine enge, über die Grenzen von Fachbereichen und Regionen hinausgehende Vernetzung ist.

Die Bewirtschaftung eines Flusses betrifft nicht nur die Fachbereiche, die direkt an der Überwachung und Bewirtschaftung des Gewässers beteiligt sind, sondern auch die Öffentlichkeit. Daher spielen nicht nur wissenschaftliche Motive eine Rolle, sondern auch sozioökonomische und politische Aspekte. Dies zieht nach sich, dass Repräsentanten aus Politik und Verwaltung, die nicht in allen wichtigen Bereichen über fundierte Sachkenntnis verfügen, am Prozess der Entscheidungsfindung beteiligt werden. Daher ist die Information der interessierten Öffentlichkeit und die klare Erläuterung der wissenschaftlichen Grundlagen von Empfehlungen an Entscheidungsträger maßgeblich. Risikoaspekte und Unsicherheiten sind besonders sorgfältig zu vermitteln.

Box 4

Kommunikation

- Vernetzung (über Fachgrenzen und Regionen hinaus)
- Information der interessierten Öffentlichkeit (öffentliche Wahrnehmung ist unzureichend)
- Weiterbildung von Wissenschaftlern und Praktikern (Grenzbereiche von Ergebnissen)
- Wissenschaftlern mangelt es oft an guter Kommunikationsfähigkeit (insbesondere im Umgang mit Nicht-Wissenschaftlern)
- Austausch von Wissen
- Zugang zu Datenbanken und Information
- Austausch von Erfahrungen und Problemlösungen in spezifischen Bereichen
- Großer Informationsbedarf
- Vergleichbarkeit von Daten
- Gemeinsame Sprache

Implikationen

Obwohl Modelle und Rechnerkapazitäten sich rasch weiter entwickeln, bleiben die Abläufe in einem Flusseinzugsgebiet kompliziert und sehr heterogen. Es scheint sicher zu sein, dass es in vorhersehbarer Zukunft nicht möglich sein wird, Einzugsgebietsprozesse vollständig abzubilden oder Prognosen zu erstellen, ohne auf vereinfachte Modelle zurückzugreifen. Vielmehr empfiehlt sich die Konzentration auf die Bewertung der Genauigkeit und die Grenzen der Prognosen sowie die Quantifizierung der Fehler und Unsicherheiten von Modellergebnissen. Daher besteht eine wesentliche Herausforderung darin, innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinde die Auseinandersetzung mit den Unsicherheiten wissenschaftlicher Ergebnisse allgemein zu etablieren und die interessierte Öffentlichkeit sowie Entscheidungsträger zu befähigen, mit diesen Unsicherheiten umzugehen.

Dies hat direkte Folgen für das Risikomanagement. Wenn man akzeptiert, dass die Genauigkeit vorhandener Prognosen begrenzt ist, wird es augenfällig, dass Schäden durch Hochwasser und Sedimenttransport in einigen Fällen nicht verhindert werden können. Es ist vielmehr erforderlich, bestimmte Schäden an Eigentum in Kauf zu nehmen und Risikomanagement und Intervention so auszurichten, dass bei Gefahr keine Personen zu Schaden kommen.

In der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden Sediment-Themen nicht explizit angesprochen. Daher fehlt gegenwärtig ein international einheitlicher rechtlicher Rahmen zum Umgang mit den besprochenen Problemen. Die Teilnehmer des Workshops empfehlen die Einarbeitung der Thematik Nachhaltige Sedimentbewirtschaftung in die

WRRL mit dem Ziel der Herstellung oder Aufrechterhaltung eines guten ökologischen Zustands bei gleichzeitig minimaler Störung der wirtschaftlichen Belange.

Box 5

Implikationen

- Prognose: Realisierung, dass nicht alles modellierbar ist
- Risikomanagement: Schäden akzeptieren, Todesopfer vermeiden, Unsicherheit von Prognosen und verbleibendes Risiko kommunizieren
- Politische Ebene: Sediment-Themen sind in der EU WRRL nicht enthalten

Forschung

Für das wissenschaftliche Verständnis der Funktion von Sedimenten im System eines Einzugsgebietes sowie der Transportabläufe werden immer genauere Daten benötigt. Dies trifft insbesondere auf den Oberlauf eines Einzugsgebiets in Gebirgsregionen und auf den Geschiebetransport zu. In der nahen Zukunft sollten sich die Forschungsinvestitionen darauf konzentrieren, genauere Beobachtungsverfahren zu entwickeln und die Messnetze auszubauen. Wissenschaftler und operationelle Dienste sollten sich nicht scheuen, Zeit und Geld in langfristige Projekte zu investieren, da lange und exakte Datenreihen zur Evaluierung und Verbesserung von Modellen in Forschung und Praxis benötigt werden.

Box 6

Forschung

- Allgemein mehr Daten erforderlich
- Entwicklung von präzisen Messverfahren
- Langfristige Projekte
- Qualitative Aspekte des Sedimenttransports (vor allem in dicht bevölkerten Regionen wichtig)

J. Turowski et al., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Schweiz