

Bearbeitungsstand: 19.08.2021, V. 2

Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magnetomineralen

Michael Pirrung

Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller Universität Jena,
Burgweg 11, D-07749 Jena, E-Mail: michael.pirrung@uni-jena.de

Übersicht

2. Flusssedimente und Liefergesteine

2.1 Die Rolle der Fließgewässer im Kreislauf der Gesteine

2.2 Flusssedimente und Liefergebiete

2.3 Fließgewässer und anthropogene Faktoren

2.4 Zitierte Literatur

2. Flusssedimente und Liefergesteine

In diesem Beitrag werden einige allgemeine Aspekte zu fluviatilen Ablagerungen dargestellt und mit Geländeaufnahmen veranschaulicht. Damit soll eine Einführung in die Untersuchungen im Rahmen des FluviMag Projektes gegeben werden. Auf magnetische Suszeptibilität und fluviale Magnetominerale wird in weiteren Beiträgen näher eingegangen.

2.1 Die Rolle der Fließgewässer im Kreislauf der Gesteine

Über den Kreislauf der Gesteine informieren geologische Lehrbücher wie beispielsweise (GROTZINGER, et al. 2007). Bei der physikalischen, chemischen und biologischen Verwitterung von Böden und Gesteinen wird das Ausgangsmaterial an oder in der Nähe der Erdoberfläche teilweise gelöst, teilweise werden neue, pedogene Minerale ausgefällt, und zu einem großen Teil wird das Material in kleinere Partikel zersetzt, siehe z.B. (BLUME, et al. 2010).

In Abhängigkeit von Klima, Relief und Landnutzungsaktivitäten des Menschen wird als Folge verschiedener Erosionsprozesse Verwitterungsmaterial im Liefergebiet eines Vorfluters mobilisiert (MIALL 2007). Bei geringem bis mittlerem Relief stammt dieses Material in Zentraleuropa zum großen Teil aus einem Ober- oder Unterbodenhorizont. In tiefen Kerb- und Kerbsohlentälern, wie sie in Mittel- und Hochgebirgsregionen typisch sind, wird auch das wenig verwitterte bis unverwitterte Ausgangsgestein durch Rinnen erodiert, ebenso in Hebungsgebieten mit rückschreitender Erosion. In Gebieten, die während der pleistozänen Eiszeiten vergletschert waren, werden häufig Aufragungen der Festgesteine von Moränenmaterial, Schuttfächern und Solifluktsdecken umgeben. Gelöstes und partikuläres Material wird durch ober- und unterirdisch fließendes Wasser fortgeführt, ein Teil wird auch als Staub ausgeweht.

Der größte Anteil des bewegten Materials wird in Fließgewässern abhängig von der Korngröße in der Fließrinne rollend oder springend oder als Suspension transportiert, temporär auf Naturdämmen entlang der Flussläufe, auf Kies- und Sandbänken, auf Überflutungsebenen oder in Durchfluß-Seen zwischengelagert, und schließlich in einem

terrestrischen Becken, z.B. einem See oder in einem tektonischen Graben, oder im Meer auf dem Kontinentalschelf, abgelagert. Daneben erfolgt Materialtransport auch in gelöster Form.

Auf dem Transportpfad vom Liefergebiet zum Meer nimmt der Anteil verwitterungs-resistenter Minerale zu, die „Reife“ des Sediments steigt, gleichzeitig nimmt der Gehalt weniger stabiler Minerale ab. Dies erfolgt etwa in umgekehrter Reihenfolge der Kristallisation magmatischer Schmelzen nach dem Bowen'schen Reaktionsprinzip: von spät kristallisiert und verwitterungsstabil zu früh kristallisiert und weniger stabil ergibt sich für gesteinsbildende Minerale die Reihung von Quarz, Kalifeldspat, Muskovit, albitreichen Feldspat, über Hornblende, Klinopyroxen zu anorthitreichem Feldspat, Orthopyroxen, Olivin. Quarz ist besonders verwitterungs- und transportstabil da er keine Spaltbarkeit aufweist. Neben Quarz sind auch einige weniger häufig vorkommende Minerale, besonders die Schwerminerale mit einer deutlich höheren Dichte als Quarz, recht stabil, z.B. die eisenfreien Schwerminerale Zirkon, Rutil, potentiell eisenführende Minerale wie Granat, Turmalin, Pyroxen, Hornblende, sowie eisenhaltiger Ilmenit, Magnetit. Durch Wellenschlag am Fluß- oder Meeresufer bilden sich dunkle Seifen aus Schwermineralen, auch in Tälern von Strömungsrippeln können sie sich kurzzeitig oder in Kolken, z.B. vor Hindernissen wie Baumstämmen, auch etwas längerfristig anreichern.

Außerdem nimmt die Rundung der Körner der Kies- und Sandfraktion mit steigender Transportlänge zu, dagegen bleiben Siltpartikel relativ wenig gerundet, da die Aufprallenergie bei Kollision zweier Körner mit sinkendem Korndurchmesser abnimmt. Auch die Kugeligkeit von Gesteinsbruchstücken und Einzelmineralen nimmt generell zur Mündung des Vorfluters hin zu, wobei leicht suspendierbare Glimmerplättchen häufig bis ins Litoral hinein ihre tafelige Gestalt behalten.

Nach Ablagerung und zunehmender Verfestigung durch Auflast später abgelagerter Sedimente kommt es zu diagenetischen Veränderungen wie Zementation, Korngrenzenmigration. In geologischen Zeiträumen von Millionen bis Milliarden Jahren kann eine Recyclierung des Materials erfolgen durch Versenkung, Verfestigung, metamorphe Umbildung, Hebung als Folge einer Gebirgsbildung, und erneute Verwitterung und Abtragung können sich anschließen.

Ohne die gleichzeitige Absenkung eines Ablagerungsraumes wird fluviatiles Material nur kurzzeitig zwischengelagert. Fossile fluviatile Sedimente deuten daher immer auf Subsidenz, also Absenkung eines Sedimentbeckens zur Zeit der Ablagerung, hin. In Deutschland sind bedeutende langfristige Senken für fluviatile Fracht z.B. der Bodensee und die Molasse vor der alpinen Front, Grabensysteme wie Oberrheingraben, Neuwieder Becken, Niederrheinische Bucht, die Ästuarie von Ems, Weser, Elbe, Oder und natürlich die küstennahen Schelfareale von Nord- und Ostsee.

[Zurück zur Übersicht](#)

2.2 Flusssedimente und Liefergebiete

Über Flusssedimente gibt es Lehrbücher u.a. von (MIALL 2007), (PETTIJOHN, et al. 1987). Die Ablagerungen von Fließgewässern enthalten Informationen über Erosions- und Transportprozesse, klimatische Variationen und möglicherweise auch die menschliche Entwicklung im Einzugsgebiet. So können aus älteren Flusssedimenten die Gesteinszusammensetzung, mit Einschränkung auch die Bodentypen, und das Paläoklima inzwischen abgetragener Regionen ansatzweise rekonstruiert werden. Gelegentlich lassen Sedimentausbildung und Fossilien Rückschlüsse auf die Lebewelt zu, so z.B. Kohlen und Pollen in feinkörnigen Überflutungssedimenten, Trittsiegel, d.h. Spuren, von Reptilien, Abdrücke oder Marken von Regentropfen, oder Abdrücke von Algen und Gefäßpflanzen im Travertin, siehe z.B. (KAMRADT 2009).

Die Flussläufe in Deutschland und angrenzenden Bereichen Zentraleuropas haben eine große Vielfalt unterschiedlichster Gesteine in ihren jeweiligen Liefergebieten beprobt. Hier seien als Beispiele nur genannt: kristalline Gesteine z.B. im Brockengebiet des Harzes; paläozoische gefaltete siliziklastische Gesteine im Rheinischen Schiefergebirge, im Harz, im Thüringer Schiefergebirge, im Saarland; diese bedeckende permische Sedimente und Vulkanite etwa im Saar-Nahe-Becken oder Thüringer Wald; mesozoische Karbonate und siliziklastische Ablagerungen, überwiegend flach lagernd z.B. in der Thüringer Mulde und steil gestellt etwa am Harznordrand oder im Weser-Wiehen-Gebirge; känozoische Sedimente z.B. in der Niederrheinischen Bucht, der Leipziger Tieflandsbucht und der süddeutschen Molasse; känozoische Vulkanite u.a. in Eifel, Westerwald, Rhön; ausgedehnte Gebiete pleistozäner Lockergesteine in Norddeutschland und im Alpenvorland; holozäne Auesedimente entlang der Mittel- und Unterläufe der Flüsse. Die Ablagerungen im Unterlauf von Rhein, Weser und Elbe repräsentieren aufgrund der Größe der Liefergebiete der Flüsse ein gutes Abbild der Zusammensetzung der Kruste in Mitteleuropa, siehe auch (HENNINGSEN 1981, WALTER & DORN 2007). Ähnliches gilt für die Loire in Frankreich, die im Südteil des Zentralmassifs in variskischen Metamorphiten und Magmatiten entspringt, das Pariser Becken mit mesozoisch-känozoischen Sedimenten passiert und auf wiederum variskisch deformierten kristallinen Gesteinen des Armorikanischen Massifs in die Bucht von Biskaya mündet (Anonymus, 1980b #72).

Durch Löbanwehungen während der quartären Eiszeiten sind häufig insbesondere in quellnahen Bereichen die anstehenden Gesteine Zentraleuropas überdeckt, (Lahner, 2004 #185). Daher finden sich in proximalen Fließgewässern Anteile aus primärem Löß und umgelagertem Lößlehm, Schwemmlöß, Fließlöß, in den Auesedimenten. Diese enthalten i.d.R. holozäne Sedimente und Aueablagerungen, im engeren Sinne für die Ablagerungen aus der Zeit der mittelalterlichen Rodungsphase verwendet. Da Löss im Vorfeld der Gletscher des skandinavischen Eisschildes und der Alpengletscher ausgeweht wurden, enthält Löß Material sowohl aus Fern- als auch aus Nah-Transport. Sofern keine intensive Bodenbildung der Lössen oder ein Eintrag von vulkanischen Aschen erfolgte, sind sie meist durch helle Farbe und Minerale wie Quarz, Feldspat, Muskovit und Karbonatzement charakterisiert.

In einem Flußlauf müssen nicht alle Fließsysteme ausgebildet sein und bei Änderungen vom Relief, bei rückschreitender Erosion, durch Anzapfen benachbarter Liefergebiete anderer Flußläufe und/oder Klimaänderungen können Fließsysteme sich entlang eines Flußlaufes auch verschieben. Die im Folgenden genannten Korngrößen können abhängig vom Korngrößenspektrum, das im Liefergebiet bereitgestellt wird, auch variieren.

In den [Abb. 2-1](#), [-2](#), [-3](#), [-4](#), [-5](#), [-6](#) sollen einige Bilder den unterschiedlichen Charakter Fließsystemen, die im Rahmen dieses Projektes beprobt wurden, entlang eines potentiellen Transportpfades vom Hochgebirge zum Meer illustrieren. Sämtliche Fotos stammen vom Author, darüberhinaus wurden wenige Luftbilder verwendet von Google Earth, siehe Quellenangaben. Für die Dynamik von Alluvialfächern, Bächen und Flüssen im Hochgebirge und mäandrierenden Flüssen werden Bilder aus dem Schweizer Engadin gezeigt, das über den Inn zur Donau und dem Schwarzen Meer entwässert, ähnlich sieht es aber auch am Oberlauf des Rheins aus. Ästuare werden am Beispiel der Elbe veranschaulicht. Als Küstenregionen werden Bilder von Amrum, Nordsee, und der Ostseeküste bei Boltenhagen gezeigt. Hierbei wurden Aufnahmen aus Gebieten mit vorwiegend geringem anthropogenen Einfluß ausgewählt.

Gerader Lauf

Gerinne mit geradem Lauf in nur einer Rinne sind typisch für Gebirgsregionen. Nahe des Gewässerursprungs in Gebieten starker Hangneigung ist der Lauf geprägt durch den kürzesten Weg ins Tal.




	<p>Episodischer Materialtransport auf geraden Rinnen folgt der Schwerkraft, als Bergsturz oder Mure.</p> <p>Piz Champatsch aus gefalteten mesozoischen Bündner Schiefern, von nahe Motta Naluns bei Scuol, Engadin, aus gesehen; 4.9.2012.</p>
	<p>Badlands an einem Schuttfächer mit geraden Rinnen. Rückschreitende Erosion führt zum Einschneiden der Rinnen in wenig resistente quartäre Lockergesteine am Rand des Fächers, dagegen wirkt die Vegetation auf flacher geneigten Bereichen des Fächers noch stabilisierend.</p> <p>Blick von Plan da Funtanas oberhalb der Clemgia Schlucht bei Scuol nach Westen; 15.7.2011.</p>
	<p>Bei Niedrigwasser zeigt dieser gerade Flusslauf eine geringe Tendenz zu verflochtenem Lauf auf dem schmalen steinigen Talboden des Kerbtals, das zeigt die kleine Rinne rechts der Bildmitte an. Links oben vegetationsfreier Streifen einer Mure, die kurz vor dem Fluß zum Stillstand kam. Hänge bestehen aus quartärem Moränenmaterial und Hangschutt, weiter talwärts auch aus Felssturzmaterial.</p> <p>Tasna Tal oberhalb Pra da Punt, westlich Scuol, Engadin; 3.9.2012.</p>

Abb. 2-1: Gerader Lauf von Fließgewässern.

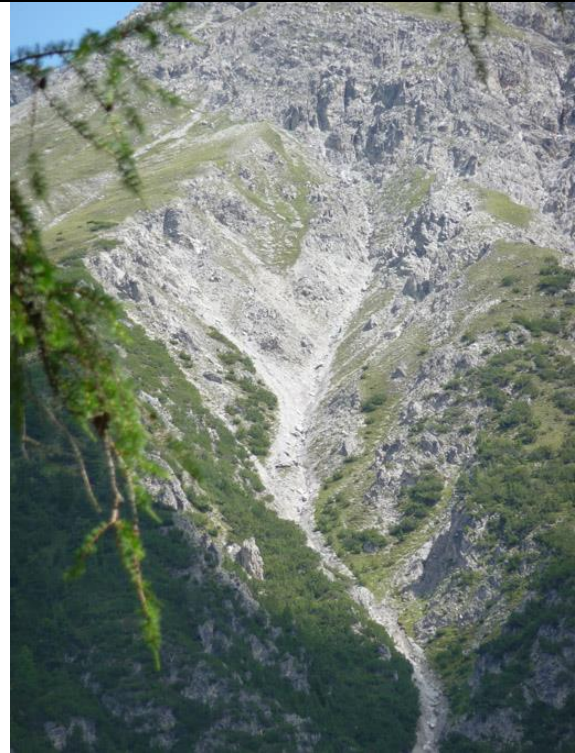
Alluviale Fächer

Auf Alluvialfächern, auch als Schutt-, Schwemmfächer bezeichnet, zeigen die Fließrinnen bei starker Hangneigung den geraden Verlauf, bei geringerer Neigung den verflochtenen Lauf. Die meist nur flachen Rinnen verlagern sich häufig. Größere Bereiche des Fächers werden nur bei episodischen Schichtfluten als Fließsystem fungieren. Alluvialfächer lassen sich meist in einen proximalen Teil nahe der Einmündung des Vorfluters aus einem Kerbtal in das Haupttal und einen distalen, fernerer Teil gliedern.



Wiederholte Muren reißen eine vegetationsfreie Schneise auf dem bewaldeten alluvialen Fächer.

Laviner Ruvnad, am steilen Nordwesthang des Piz Mezdi {2727 m ü. M.}, Plavna Tal zwischen Alp Laisch und Resgia Plavna, südwestlich Scuol; 11.7.2011.



„Nährgebiet“ von Felsstürzen und sich daraus entwickelnden Muren des nach unten folgenden Alluvialfächers sind hier triassischer Dolomite.

Detail aus dem vorigen Bereich; Rinnenanfang bei etwa 2000, Rinnenmündung in die Plavna bei etwa 1520 m ü. M., in 930 m hor. Distanz.

Abb. 2-2: Alluvialer Fächer mit starkem Gefälle.

Zopfstrom

Im verflochtenen Lauf oder Zopfstrom reicht die Transportenergie nur bei Hochwasser dazu aus, Material auf dem gesamten Talboden zu bewegen, während ansonsten einzelne, rasch die Position wechselnde flache Rinnen zwischen longitudinalen, d.h. in Richtung des Talbodens gestreckten Kies- und Sandbänken liegen. Zopfströme haben meist etwas stärkeres Gefälle als mäandrierende Ströme. In den Eiszeiten des Quartärs waren in Mitteleuropa Zopfströme die vorherrschende Fließgewässerform, da die enormen Schuttmassen, die durch Frostsprengung und Bodenfließen talwärts bewegt wurden, von den Schmelzwässern nur episodisch weitertransportiert werden konnten.



Bei Niedrigwasser mäandriert der Fluß, der hier nur geringes Gefälle hat. Die Rinne im Vordergrund rechts und oberhalb der Bildmitte links zeigen aber, dass bei stärkerer Wasserführung ein verflochtener Lauf entsteht, der bei Hochwasser zu einem geraden Lauf werden dürfte. Liefergesteine sind Gneise und mesozoische Karbonate.

Unterhalb Plan da Funtanas, unmittelbar oberhalb des Beginns der Clemgia Schlucht in Serpentiniten bei Scuol; 15.7.2011.



Breiter Talboden mit mäandrierendem Flusslauf, die Hauptrinne ist als rote Linie dargestellt. Ursache für das geringe Gefälle und die Breite des Talbodens ist ein Schuttfächer etwa 850 m stromab, der das Tal verschüttet, nahe am oberen Bildrand. Liefergesteine sind vor allem gefaltete triassische Karbonate.

Plavna bei Pradatsch, 2-3 km südlich Alp Laisch bei Scuol; der Schuttfächer liegt im Val dals Plattuns. © des Luftbildes: Google Earth, <http://www.google.de/earth/index.html>, Aufnahme datum 4.10.2009. Flußlauf nachgezeichnet vom Autor.



Die unterschiedliche Vegetation des Talbodens, fehlend im Bereich entlang der aktiven mäandrierenden Rinne, gering im Bereich links davon, und insbesondere das Fehlen von Baumbestand weist auf zurückliegende Hochwasserphasen mit Flutung der gesamten Talbreite hin. Dabei muß sich zeitweilig ein verflochtener Flusslauf gebildet haben, wie aus den zahlreichen Rinnen links der Hauptrinne zu erkennen ist.

Detail aus obigem Bild, lichte Bereiche kontrastverstärkt; © des Luftbildes: Google Earth.



3D-Ansicht des Bereiches wie oben, einfache Höhenverstärkung. Im Hintergrund der von links einmündende Tal-versperrende Schuttfächer. Unterhalb der Bildmitte zeigt der nach links ausweichende Flusslauf die aktive Materialzufuhr des von rechts kommenden Schuttfächers an; © des Luftbildes: Google Earth.



Für diese Sandsteine wird u.a. aufgrund der trogförmigen Schrägschichtung die Ablagerung in einem Zopfstrom in einer wüstenhaften Umgebung angenommen. Die Neigung der schrägen Schichten weist flussabwärts. An der Basis einer Schüttungseinheit schmiegen sich die schrägen Schichten dem Untergrund an, am Top wurden die ehemaligen Rippelkämme durch später abgelagerte Schüttungseinheiten gekappt.

Hardeggen Sandstein, Thüringer Chirotherien Sandstein, Mittlerer Buntsandstein; nahe der Rabenschüssel bei Maua südlich Jena; Mai 2009.

Abb. 2-3: Zopfstrom.

Mäandrierender Strom

Der mäandrierende Lauf zeigt infolge der Corioliskraft eine kurvig gebogene Fließrinne, mit Zwischenlagerung in Form longitudinaler Kies- und Sandbänke auf dem flacher geneigten Gleithang und Abtrag auf dem steileren Prallhang. Die Mäander wandern langsam in Strömungsrichtung. Die Bodenfracht wird auf dem Gewässerboden rollend transportiert und besteht aus Kies und Steinen. Der Naturdamm, levee, entsteht als longitudinale Sandbank entlang der Hauptrinne bei episodischen Hochwässern durch die Ablagerung der Sandfracht mit nachlassender Strömungsgeschwindigkeit, z.B. zwischen Baumstämmen von Auewäldern. Dagegen wird die feinere Fraktion als Suspensionsfracht hinter dem levee auf der Überflutungsebene über einen längeren Zeitraum abgesetzt und trägt zur Fruchtbarkeit der meist organik-reichen Aueböden bei. Bricht bei Hochwasser der Naturdamm, so lagern sich Sande auch hinter dem levee als Fächer in der Überflutungsebene ab. Mäandrierende Flüsse können auch in Festgesteinen verlaufen, z.B. wenn die heutigen Täler im Bereich ehemaliger flacher Spülmuldentäler liegen und sich durch Tiefenerosion weiter eingeschnitten haben. Dies ist z.B. im Gebiet der Eifel an dem Fluß Lieser bei Manderscheid zu beobachten.



Prallhang, bei dem bei Hochwasser durch Erosion am Ufer immer wieder kristalline Schiefer vom steilen Rand der Rinne abbrechen, erkennbar an der fehlenden Vegetation. Daher kommen im Flussbett Gerölle unterschiedlicher Transportweite, Korngröße und verschiedenen Rundungsgrades nebeneinander vor. Hier ist die hohe Suspensionsfracht bei Hochwasser an der Wassertrübung gut sichtbar.

Inn bei Scuol, Blick von der Gurlaina Brücke; 14.7.2011.



	<p>Rippeltäler von Strömungsrippeln können wie hier durch Holz- und Blattreste, andernorts durch Schwerminerale, eine dunklere Färbung haben. Der gegenüberliegende Prallhang wird durch Wurzeln stabilisiert. Die Mittelsandkorngröße stimmt noch recht gut mit der Korngröße der Sandsteine des mittleren Buntsandsteins überein. Die helle Farbe des Sandes weist aber darauf hin, dass ursprünglich rot färbender Hämatit durch rollenden Transport bereits gelöst oder in Suspension gegangen ist.</p> <p>Roda bei Jena Lobeda; Mai 2009.</p>
	<p>Würde der Mensch nicht eingreifen, wären die Flüsse Mitteleuropas von dichten Auwäldern umgeben. Die Bäume mindern die Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser so stark, dass sich sandige Sedimente auf dem Naturdamm, dem levee, absetzen.</p> <p>Saale bei Jena Wöllnitz; 1.5.2007.</p>

Abb. 2-4: Mäandrierender Strom.

Delta

Das Delta besteht aus verzweigten Rinnen und dazwischen liegender Deltaebene mit organikreichen Ablagerungen, oft mit Seen und Sümpfen. Nach dem Wechselspiel aus Gezeiten, fluvialer Sedimentzufuhr und küstenparallelem Transport entstehen unterschiedliche Geometrien wie z.B. das Vogelfußdelta. Häufig baut sich das Delta fächerförmig in das angrenzende Becken vor, das sogenannte Gilbert Delta. In den Niederlanden ist die Rheinmündung als Delta ausgebildet, das allerdings durch Deichbau stark verändert worden ist.

Ästuar

Das Ästuar, auch als Trichtermündung bezeichnet, besteht aus einer unverzweigten Haupttrinne als Folge einer zuvor tiefer eingeschnittenen Rinne mit einer ursprünglich weiter entfernten Mündung, die nach Meeresspiegelanstieg zurückverlagert wurde. In Deutschland sind Elbe-, Weser- und Emsmündung als Ästuar ausgebildet. Im Fall der Elbe spielt für die Rinnengeometrie die Anlage als glaziales Tal zwischen Moränenzügen, z.B. bei Hamburg Blankenese prominent sichtbar, eine große Rolle.



Durch das geringe Gefälle in einem Ästuar mit Aufstau bei Flut bleibt quarzreicher Sand in Form von ausgedehnten Sandbänken hinter einer Insel liegen.

Elbe Ästuar, Fähre zwischen Wischhafen und Glückstadt; August 2010.

Abb. 2-5: Ästuar.

Anastomosierender Flußlauf

Der anastomosierende Flusstyp hat Ähnlichkeit mit mäandrierenden Flüssen, verlagert jedoch aufgrund in der Regel geringen Gefälles seine Hauptrinne selten. Die die Hauptrinne umgebenden Naturdämme können von Galeriewald bestandenen sein. Als Hintergrund für die geringe Neigung zu seitlicher Verlagerung der Rinne kann ein Meeresspiegelanstieg, der einen mäandrierenden Fluß verändert hat, angenommen werden. Beispiele in Deutschland sind nach Kenntnis des Autors nicht bekannt.

Litorale Ablagerungen

Als litorale Ablagerungsräume, die nicht mehr zu fluvialen Ablagerungsbereichen zählen, deren Material aber wesentlich aus Flußeintrag stammt und die daher im Projekt FluviMag ebenfalls beprobt wurden, werden Bilder von Amrum, Nordfriesland, Nordsee, gezeigt.



Eine durch küstenparallele Strömung abgelagerte Sandbank wird von einer mäandrierenden Rinne durchschnitten, die bei Ebbe eine kleine Lagune entwässert. Die steile Kante des Prallhangs wird nach der nächsten Flut stark überprägt werden. Die Sanddünen im Hintergrund bestehen aus Sand, der bei Ebbe landwärts aus dem Vorstrand ausgeweht wurde. Quarz ist Hauptkomponente, der Karbonatgehalt besteht vorwiegend aus Schalenbruch.

Amrum, Seeseite am Badestrand von Norddorf; 3.9.2010.

	<p>Nachdem durch landwärtige Winde Dünen von der seewärtigen Seite zur Landseite der Insel gewandert sind, wird auf der Rückseite Sand, der ursprünglich auf der Seeseite ausgeweht wurde, nach Erosion des Dünenfußes durch Hochwasserereignisse von Gezeitenströmungen weiter umgelagert. Die Rippeln mit rundlichen Kämmen sind Oszillationsrippeln, entstanden durch windbewegte Wellen im Flachwasser.</p> <p>Amrum, Nordspitze nördlich Norddorf; 4.9.2010.</p>
	<p>Im Rückseitenwatt können sich aufgrund der wind- und wellengeschützten Lage ausgedehnte Algenmatten bilden, die das Sediment stabilisieren. Durch hohen Gehalt an Organik ist das sandige Sediment bereits in wenigen Zentimetern Tiefe anoxisch. Am Ufer werden Kiesel durch Wellenschlag angereichert, sie stammen aus einem Moränenaufschluß wenige hundert Meter weiter nördlich. Die Küste ist auf der Inselrückseite nicht durch Deiche gesichert.</p> <p>Amrum, Steenodde, nördlich des Restaurants Liekedeeler; 31.8.2010.</p>
	<p>Anders als an den meisten Stränden der Nordsee wird in vielen Bereichen der deutschen Ostseeküste Moränenmaterial an Kliffs erodiert. Durch die Mischung skandinavischer Geschiebe mit lokal anstehenden mesozoischen und tertiären Gesteinen entsteht ein litorales Sediment sehr unterschiedlicher Komponenten.</p> <p>Westlich Boltenhagen; 3.8.2007.</p>

Abb. 2-6: Litoral.

[Zurück zur Übersicht](#)

2.3 Fließgewässer und anthropogene Faktoren

In vielen Gebieten Deutschlands ist es aufgrund der dichten Besiedlung sehr wahrscheinlich, dass Aktivitäten des Menschen auf die Ablagerungen von Fließgewässern einwirken. Während das Auftreten solcher Einflüsse häufig gut erkennbar ist, etwa durch Backstein-, Glas-, Kunststoff-, Keramik-, Metallbruchstücke usw., ist dagegen das Fehlen solcher Merkmale kein sicheres Indiz für ein unbeeinflusstes Gewässer. Häufig werden Vertiefungen an Rinnen durch Abfall und Bauschutt teilweise verfüllt, sowohl in ländlichen wie städtischen Bereichen. Da Verkehrswege oft in der Nähe von Bächen und Flüssen liegen sind durch den Wegebau häufig Fremdgesteine in die direkte Umgebung von Gewässern gelangt, außerdem

sind vielfach Ufer mit Fremdgesteinen, Backsteinen, Hochofenschlacken oder Betonbruch befestigt. Diese anthropogenen Einflüsse können unter Umständen mit umweltmagnetischen oder mikroskopischen Methoden nachgewiesen werden, auf jeden Fall erschweren sie das Bestimmen geogener Hintergrundwerte fluviatiler Sedimente. Dazu kommt der Einfluß aus dem anthropogenen Eintrag gelöster Inhaltsstoffe, der sich erst durch geochemische Analysen nachweisen lässt. [Abb. 2-8](#) zeigt offensichtliche aber auch weniger gut erkennbare Einflüsse des Menschen auf fluviale Systeme.

Neben solchen punktuellen Quellen führt auch der Luftpfad zu Kontaminationen in Fließgewässern. Seit längerem ist bekannt, dass neben vulkanischem Aschen oder Impakt ereignissen, sogenannten Tektiten, auch die Verbrennung fossiler Brennstoffe in der Bildung magnetischer Kügelchen von 80 bis 650 µm Durchmesser resultiert, siehe z.B. (MARVIN & EINAUDI 1967). In Flugaschen von Stein- und Braunkohlekraftwerken bestehen diese Kügelchen vorwiegend aus ferrimagnetischem Magnetit, Magnesioferrit, Hämatit und Maghemit (MAGIERA, et al. 2011). Diese Partikel konnten auch in weit von bewohnten Gebieten entfernten Regionen wie den Eiskappen Grönlands und der Antarktis beobachtet und in zahlreichen bodenkundlichen Studien nachgewiesen werden. Die Erosion von rezenten Oberböden muß daher zu Einträgen solcher ubiquitärer Partikel in Fließgewässer führen, siehe u.a. (LI, et al. 2011).



Bei Hochwasser wird Müll vom überfluteten Ufer mitgerissen, der dort entsorgt wurde. Leider finden sich in vielen Tälern alte, z.T. bis heute genutzte illegale Abfalllager, da sie im Unterholz vor dem Blick eines Wanderers weitgehend unsichtbar sind. Tatsächlich sind die unsichtbaren Kontaminationen durch u.a. Schwermetalle und organische Schadstoffe für die Organismen in Fließgewässern viel bedeutsamer.

Keine Nennung des Ortes, da nur stellvertretend für viele andere Lokationen.



Zur Stabilisierung der Flüsse wurden mindestens ab dem Mittelalter Dämme, hier entlang des befestigten Weges zu erahnen, angelegt. Auf dem Acker ist durch die dunkleren, stärker durchfeuchteten Bereiche zu sehen, dass der heute mäandrierende Flusslauf ursprünglich ein verflochtener Strom, oder Zopfstrom, war. Deutlicher als in dieser Aufnahme wird dies beim Betrachten von Luftbildern in Google Earth.

Saale zwischen Bad Kösen und Naumburg; 27.6.2007.



Bei Hochwasser werden die Talauen überflutet und viele abgestorbene Pflanzenteile werden weggespült. Durch den Aufstau an Hindernissen wie z.B. Brückenbauwerken kommt es vor und hinter den Brückenpfeilern zur verstärkten Ablagerung der Sandfraktion, so beispielsweise in Rothenstein an der Thüringischen Saale.

Saale an der Camsdorfer Brücke in Jena; Hochwasser am 16.1.2011.



Die vom letzten Hochwasser abgelagerten Sande des levees sind am Ufer unter dem Brückenbogen erkennbar.

Saale an der Camsdorfer Brücke in Jena; 11.5.2011.



Die longitudinale Sandbank der Bildmitte aus gut sortiertem Mittelsand fällt auf der rinnenabgewandten Seite ab und dahinter lagerten sich bei zurückgehendem Wasserstand feinkörnigere Sande und Silte ab, da die Bäume die Fließgeschwindigkeit verringerten und rollendes und suspendiertes Material liegen blieb. Baumbestandene Auen sind ein guter Schutz gegen Hochwasserkämme und halten viel Schlamm zurück. Sie sind daher besonders schützenswert.

Detail aus dem vorhergehenden Foto.



Unter Brücken werden Hochwasserablagerungen vor Erosion durch oberflächlichen Abfluß und vor stärkerem Bewuchs geschützt, sodass viele Proben dieses Projektes unter Brücken entnommen wurden. Dabei wurde der oberste Zentimeter entfernt, um Kontaminationen über den Luftfad bzw. eventuelle Sandstrahlarbeiten zu vermeiden.

Ähnlicher Standort wie voriges Bild.



Durch Wehre, ursprünglich meist für einen Abzweig eines Kanals zu einer Mühle angelegt, wird rollende und suspendierte Fracht zwischenlagert bis zum nächsten Hochwasser. Gelegentlich wird hier sichtbar, welche Mengen an Holzresten bei Hochwasser in einem Fluß transportiert werden. Erst nach Tagen kann eine automatische Reinigungsschaufel diese Massen weiterbefördern.

Saale, Wehr am Bahnhof Jena Paradies; 1.5.2007.



Durch Verwirbelung führt ein Wehr zur sauerstoffanreicherung des darüberfließenden Wassers. Vor einem Stauwehr kann es allerdings in nährstoffbelasteten Flüssen aufgrund der langsamen Fließgeschwindigkeit und der Zersetzung organischen Materials aus z.B. kommunalen Abwässern zur Sauerstoffzehrung kommen, die hier offenbar durch eine Belüftungsanlage verringert werden soll.

Alzette in der Stadt Luxemburg; 13.9.2007.



Weiden entlang von Bächen bilden wertvolle kleine Biotope, die allerdings wie hier oft nur wenige Meter breit sind. Talboden mit Mergeln des Pelitröt, Oberer Buntsandstein, unterhalb des Steilhanges aus Kalksteinen des unteren Muschelkalks. Im Hintergrund zu erahnen der begrünte Damm eines Hochwasserrückhaltebeckens.

Ammerbach stromauf Ammerbach bei Jena; 1.5.2008.



In Flüssen, die als Wasserweg ausgebaut wurden, dienen Bauwerke mit Blöcken aus Schlacken oder verwitterungsresistenten Gesteinen, wie z.B. Basalt, der Verringerung der Ufererosion. Bei Hochwasser erfolgt zumindest ein geringer Abrieb dieser Gesteine. Hinter Buhnen lagert sich sandiges Sediment ab, sodass auch hier Proben genommen werden konnten.

Rhein bei Königswinter; 12.8.2010.



Die Saarschleife kann als Paradebeispiel für einen Mäander in Deutschland gelten. In einer engen Mäanderschlinge könnte im Laufe der geologischen Entwicklung nach Durchbruch eines verkürzenden Fließweges und Bildung eines Altarms ein isolierter Zeugenberg entstehen. Der Wasserstand wird durch eine Staumauer mit Schleuse bei Mettlach, etwa 1.5 km stromab links im Hintergrund verdeckt, reguliert.

Saarschleife oberhalb von Mettlach; 11.9.2007.



Blockhalden an Prallhängen zeugen von einem harten Gestein, hier dem unterdevonischen Taunusquarzit. Durch den Ausbau als Wasserweg mit Uferbefestigung und befahrbarem Weg wurden Bewegungen auf den Halden durch das Fehlen von Flusserosion am Fuß deutlich verringert, so dass die Vegetation sich auf diesen Bereichen intensivieren wird.

Detail aus dem vorhergehenden Bildbereich.



In Marschen neben einem Ästuar schützt die Vegetation den Prallhang vor Erosion, hier allerdings auch ein niedriges Dammbauwerk, links im Bild.

Zufluß der Geeste, Radwegbrücke zwischen Schiffdorf und Bremerhaven; 24.6.2006.



Die Hamme fließt südwestlich von Worpswede, nordwestlich von Bremen, mit geringem Gefälle durch ausgedehnte Sümpfe. Obwohl der Eindruck eines naturnahen Lebensraumes entsteht: Das Ufer wird durch Holzplanken vor Wellenschlag gesichert, wenige Meter vom Ufer entfernt erstrecken sich Ackerflächen auf trockengelegten Flächen und vor der Mündung in die Weser liegen zwei Schleusenbauwerke. Trotzdem: sehenswert!

Torfkahn südlich Bootsanleger Neu Helgoland; August 2010.




	<p>Entlang von schiffbaren Ästuaren gibt es zahlreiche Industriebetriebe, die über den Luftpfad und Abwasser zur Schadstoffbelastung der ästuarinen Sedimente und des angrenzenden Schelfes beitragen, wobei in Deutschland strenge Emissions-Grenzwerte die Umweltbelastung minimieren sollen. Links der Flussmündung vorgesezte Spundwand, rechts auf Pfähle gesetzte Backsteinmauer. Backsteinbruch findet sich auf dem Strand des Strandbades rechts des Leuchtturmes.</p> <p>Bremerhaven, Geestemündung; 13.3.2008.</p>
	<p>In einem Flusswatt lagern sich in geschützten Bereichen siltig-tonige, organikreiche Sedimente ab, die im Intertidal von Algenmatten bedeckt sind. Das Wasser in Ästuaren ist stark getrübt durch die Sedimentmobilisierung starker Gezeitenströmungen. Die Ausbaggerung der Fahrrinne führt zu erhöhter Fließgeschwindigkeit und sandigeren ufernahen Ablagerungen.</p> <p>Weser bei Nordenham, Blick auf die Stromkaje Bremerhaven; 7.10.2007.</p>
	<p>Hafenbecken neigen durch Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit und Ausflocken von Tonmineralen bei Kontakt von Salz- mit Süßwasser zum Verschlammen. Stahlspundwände tragen aufgrund der Korrosion zur Kontamination der Sedimente mit Rostpartikeln bei. Hier zeigen sich außerdem Setzungsphänomene des Schlicks unterhalb der schräg gestellten Spundwand.</p> <p>Bremerhaven, ehemaliges Langes Dock, gesehen von der Konrad-Adenauer Brücke über die Geeste, wenige hundert Meter vor der Mündung in die Weser; 13.3.2008.</p>

Abb. 2-8: Anthropogener Einfluß auf Gewässer.

[Zurück zur Übersicht](#)

2.4 Zitierte Literatur

- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B.-M. (2010): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. – 1-570 S.; Wiesbaden (Springer Spektrum).
- GROTZINGER, J., JORDAN, T.H., PRESS, F. & SIEVER, R. (2007): Press/Siever Allgemeine Geologie. – 1-760 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Spektrum).
- HENNINGSSEN, D. (1981): Einführung in die Geologie der Bundesrepublik Deutschland. – 1-123, 20 Tafeln S.; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).

- KAMRADT, I. (2009): Die thüringischen Travertine - Verbreitung und Genese am Beispiel ausgewählter Vorkommen (Dissertation Friedrich-Schiller Universität Jena). – 1-210 S.; Aachen (Shaker).
- LI, F., LI, G. & JI, J. (2011): Increasing magnetic susceptibility of the suspended particles in Yangtze River and possible contribution of fly ash. – CATENA, **87**: 141-146; Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.019>
- MAGIERA, T., JABLONSKA, M., STRZYSZCZ, Z. & RACHWAL, M. (2011): Morphological and mineralogical forms of technogenic magnetic particles in industrial dusts. – Atmospheric Environm., **45**: 4281-4290; Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.04.076>
- MARVIN, U.B. & EINAUDI, M.T. (1967): Black, magnetic spherules from Pleistocene and recent beach sands. – Geochim. Cosmochim. Acta, **31**: 1871-1884; Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(67\)90128-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(67)90128-7)
- MIALL, A.D. (2007): The geology of fluvial deposits - Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. – 1-598 S.; Berlin (Springer).
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. & SIEVER, R. (1987): Sand and sandstone. – 1-572 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- WALTER, R. & DORN, P. (2007): Geologie von Mitteleuropa. – 1-511 S.; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).