



Bearbeitungsstand: 19.08.2021, V. 2

Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen

Michael Pirrung

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

Übersicht

4. Materialbezogene Aspekte bei fluvialem Transport

4.1. Fluviatiler Transport verschiedener Komponenten und Korngrößen

4.2. Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen

4.3. Arbeitshypothese und Ergebnisse

4.4. Zitierte Literatur

4. Materialbezogene Aspekte bei fluvialem Transport

Grundsätzlich gelten für Magnetominerale ähnliche Bedingungen bei Verwitterung, Abtragung, Transport und Ablagerung wie für nicht besonders magnetische Minerale. Im Folgenden sollen zunächst einige materialbezogene Überlegungen zu Transport und Ablagerung und darauffolgend spezielle Aspekte von Magneto-Mineralen in fluvialen Systemen dargestellt werden. Dabei werden viele Aussagen nicht durch spezifische Literaturangaben referenziert, da sie entweder auf sedimentologischem Grundlagenwissen basieren, wie es in Lehrbüchern von z.B. (EINSELE 1992), (GALLOWAY & HOBDAV 1996), (READING 1998) vermittelt wird, oder intuitiv aus Beobachtungen ableitbar sind.

4.1. Fluviatiler Transport verschiedener Komponenten und Korngrößen

1. In Deutschland und benachbarten Gebieten, die klimatisch durch feucht-gemäßigte Verhältnisse geprägt sind, transportieren Vorfluter den größten Anteil der aktuellen terrestrischen Sedimentfracht in fester, als Geröllfracht und in Suspension, und gelöster Form. Demgegenüber sind gravitativer Transport, z.B. durch Bergstürze, Hangrutsche, Bodenkriechen, sowie äolischer, d.h. windbedingter, Transport, z.B. auf vegetationsarmen Bereichen und in Küstengebieten, und Massenbewegungen durch den Menschen, z.B. in Braunkohle-Tagebauen, entweder nur von lokaler oder - wenn großflächig wie z.B. die Verbreitung magnetischer Spherulen aus der Verbrennung fossiler Energieträger (BOURLIVA, et al. 2016) - dann massebezogen von vergleichsweise geringerer Bedeutung.

2. Das fluvial transportierte natürliche Material stammt ursprünglich aus Oberboden, der bei Regenereignissen oder Schneeschmelzen abgespült wird. Bevorzugt erfolgt dies von landwirtschaftlich und durch den Weinanbau genutzten Böden, aus angewittertem oder frischem Gestein in steilen Uferbereichen insbesondere im Hochgebirge, aus im Untergrund der Flussrinnen anstehendem älterem Gestein oder älteren Flußablagerungen, z.B. bei Verlagerung der Gerinne im Bereich von Auen. Aufgrund der unterschiedlichen

Flächenanteile dürfte Bodenabtrag die größte Bedeutung haben. Neben natürlichem organischem Material, aus z.B. Laub-Zersatz oder landwirtschaftlichem Gülleauftrag, werden durch Oberflächenabtragung nach Starkregen auch die schon erwähnten Spherulen einen Anteil an der Zusammensetzung von in Flüssen transportiertem Material spielen.

3. Die Sedimente der Oberläufe von Flüssen, in denen Vorfluter geringerer Ordnung im Sinne von (STRAHLER 1952) dominieren, enthalten mehr Informationen zu spezifischen Gesteinen und lokalen Einflüssen als die der Mittel- und Unterläufe. Geogene Elementgehalte lassen sich aus Oberläufen mit einheitlicher Gesteinszusammensetzung ermitteln, sofern anthropogene Faktoren vernachlässigbar sind. Mit zunehmender Größe des Liefergebietes eines Fließgewässers steigt einerseits in der Regel die Gesteinsvielfalt, damit nähert sich die Zusammensetzung derjenigen der kontinentalen Oberkruste, d.h. in etwa granodioritscher Zusammensetzung, zunehmend an.

4. Die Transportdynamik steuert die Korngrößen fluviatiler Ablagerungen. In Hochgebirgen sowie in geringerem Maße in Mittelgebirgen, wird in mehr oder weniger stark gekrümmten Kerbtal-Rinnen und in Zopfströmen, auch als verzweigte oder verflochtene Fließsysteme bezeichnet, das Material verschiedener Korngrößen transportiert: die Grobfraction - Blöcke, Kies, Sand, $\geq 63 \mu\text{m}$ - und die Feinfraction - Silt, Ton, $< 63 \mu\text{m}$. In den Alpen weisen z.T. vergletscherte Liefergebiete die höchsten Transportraten auf wegen des aktuellen Rückzugs der Gletschermassen und daraus resultierenden großen Flächen mit noch nicht oder kaum von Vegetation bedeckten Lockergesteinen, siehe z.B. (HINDERER, et al. 2013).

Quell- und Liefergebiets-nah erfolgt der Transport verschiedener Kornfraktionen aufgrund des in der Regel starken Gefälles gemeinsam als Boden- oder Suspensionsfracht. Die Transportkraft eines Flusses ist bei Hochwasser um ein Mehrfaches höher als unter „normalen“ Bedingungen. Bei nachlassendem Hochwasser bleiben Blöcke und Kiese auf Kiesbänken liegen, während die Sandfraktion z.T. in Suspension verbleibt und sich erst bei weiter sinkendem Wasserstand zwischen Blöcken oder in kleinen Buchten, hinter Hindernissen wie z.B. Baumstämmen, ablagert, und dabei Sandbänke und Uferdämme, sogenannte levees, bildet, dabei oft kiesige Ablagerungen als geringmächtige Schicht überlagert. Die Feinfraction wird hier allenfalls kurzzeitig zwischengelagert, erst in größerer Entfernung vom Gerinne wird sie bei abnehmender Transportkapazität des Gewässers längerfristig zwischengelagert und kann zum guten Ertrag bei landwirtschaftlicher Nutzung beitragen, so z.B. die Goldene Aue an der Mündung der Ahr in den Rhein bei Sinzig. Bei kurzem Transportweg wird die Zusammensetzung der Feinfraction derjenigen der Grobfraction weitgehend entsprechen und erstere wird am gesamten Transportvolumen nur einen eher geringen Anteil haben. Ausnahmen können in Liefergebieten mit glazigenen Ablagerungen, also Moränen und Sandern, vorliegen, da die starke mechanische Beanspruchung der Gesteinsoberfläche unter dem Gletschereis zum Gesteinszerreiben und damit zur Trübung der Vorfluter, der sogenannten „Gletschermilch“, führt.

In mäandrierenden Fließsystemen wird die Sandfraktion bei „normaler“ Wasserführung überwiegend rollend und springend am Gewässerboden transportiert, während die Kiesfraktion in Rinnenmitte rollend oder zeitweilig gar nicht transportiert wird (MIALL 2007). Bei Hochwasser wird auch die Kiesfraktion am Rinnenboden bewegt und die Sandfraktion zusammen mit der Feinfraction in Suspension transportiert. Ufernah wird der größte Anteil des Sandes auf dem levee abgelagert, da aufgrund der hier geringeren Fließgeschwindigkeit - verbreiteter Fließquerschnitt, geringere Wassertiefe, Strömungsverlangsamung durch Hindernisse wie Baumstämme, Büsche, Gräser - das Transportvermögen für diese Kornfraktion mit zunehmender Entfernung von der Hauptrinne rasch abnimmt. Ein geringerer Anteil des Sandes, meist Feinsand, wird in der Überflutungsebene hinter dem levee abgelagert zusammen mit dem Hauptanteil der Feinfraction, in der Regel aufgrund geringer Wassertiefe

unter oxischen Bedingungen. Bei Hochwasser stellen weite Teile der Überflutungsebene aufgrund der die Strömung mindernden Hindernisse, z.B. Aueebäume, nahezu stehende Gewässer dar, sodass sich dort die Feinfraktion absetzen kann. In Altarmen, die nach einem Verkürzen der Hauptrinne von der aktiven Rinne durch einen levee abgetrennt sind, wird Feinfraktion abgelagert, die aufgrund des Laubfalls der Ufervegetation und durch Planktonblüten aufgrund erhöhter Nährstoffgehalte stärker organisch geprägt ist und häufig unter reduzierenden Bedingungen abgelagert wird. Bei Verlanden der Altarme können lokal Nieder- und später ggfs. sogar Hochmoore entstehen.

5. Mit zunehmender Fließlänge des Flusses wird sich die Zusammensetzung von Fein- und Grobfraktion stärker unterscheiden: die Feinfraktion wird vorrangig Material mit größerer Transportlänge neben neu gebildeten Tonmineralen beinhalten, die Grobfraktion wird lokal von Zuläufen eingetragenes Material neben weiter transportierten Komponenten enthalten. Dabei kommt in gemäßigttem Klima der Stabilität der Klasten, d.h. der Gesteinsbruchstücke, gegen mechanische Beanspruchung, zum Beispiel bei Partikel-Kollisionen, und chemische Lösung, z.B. bei Evaporiten, die größte Bedeutung zu. Mit zunehmender Transportlänge reichern sich stabile diamagnetische Minerale, wie z.B. Quarz, aber auch paramagnetische und ferrimagnetische Schwerminerale an. Allerdings zerfallen auch viele Minerale mit guter Spaltbarkeit, wie z.B. Hornblende, Pyroxen, allmählich in kleinere Partikel bis hin zur Tonkorngröße. Gesteine ohne oder mit nur geringer Einregelung der Körner, wie z.B. die i.d.R. gleichkörnigen plutonischen Gesteine, d.h. Tiefengesteine Granit, Diorit, Gabbro, neigen etwas stärker zur Verwitterung aufgrund temperaturbedingter Ausdehnung und Kontraktion der Körner im täglichen und saisonalen Rhythmus. Dagegen tendieren feinkörnigere Subvulkanite mit Einsprenglingskristallen in einer feinkörnigeren Grundmasse, die in flachen Krustenniveaus erstarrt sind, wie z.B. Basaltgänge, und blasenfreie bis –arme Vulkanite, die sogenannten „Ergußgesteine“ mit Einsprenglingen in feinkörniger bis glasiger Grundmasse, zu erhöhter Verwitterungsresistenz. Randbereiche basaltischer Laven können schon durch den Fließvorgang zerbrochen werden, und unverschweißte vulkanische Lockergesteine sind in der Regel nur gering widerstandsfähig gegenüber erosiven Prozessen. Dagegen sind stark zementierte Sedimente, wie z.B. kieselige Sandsteine und Riffkarbonate, sowie einige metamorphe Gesteine, wie z.B. Quarzite und Marmore, vergleichsweise verwitterungsresistent. Außerdem zeigen Gesteine mit erhöhter Porosität schnelleren Zerfall entlang von Schichtflächen, u.a. durch Frosteinwirkung. Ähnliches gilt für Gesteine mit einer Einregelung stengeliger oder tafeliger Minerale infolge von Fließbewegungen, z.B. höher viskose Laven, bzw. von Sedimentationsprozessen, z.B. Ton- und Siltsteine, oder Gesteine mit aus gerichtetem Druck resultierender Einregelung plattiger oder tafeliger Minerale bei der Metamorphose, z.B. Ton- oder Glimmerschiefer. Einige häufigere Metamagmatite oder – sedimentite, wie z.B. Gneise, liegen von der Resistenz her zwischen den beiden genannten Gruppen. Sobald Klasten bzw. Gesteinsbruchstücke in einzelne Körner zerfallen, erhält die mechanische Stabilität der einzelnen Minerale zunehmende Bedeutung.

Welche generellen Trends der magnetischen Suszeptibilität fluviatiler Ablagerungen sind entlang eines Flußsystems mit einer Vielfalt unterschiedlicher Gesteine im Liefergebiet zu erwarten? Bei der Sandfraktion sollte die magnetische Suszeptibilität generell flußabwärts abnehmen durch Anreicherung stabiler diamagnetischer Minerale, bei der Tonfraktion dagegen zunehmen durch Kornverkleinerung der Magnetominerale. Für Küstenablagerungen, die zu einem großen Teil aus sandigem Material, das durch die Fließgewässer eingetragene wird, und zum Teil aus vom nassen Strand bei Ebbe ausgewehem Material bestehen, ist ebenfalls eine niedrige Suszeptibilität zu erwarten.

6. Entlang des Fließweges der Vorfluter steigt die Inanspruchnahme der Gewässer und die Beeinflussung der Gewässerablagerungen durch den Menschen. Dabei kann für kein Fließgewässer in Deutschland ein anthropogener Einfluß ganz ausgeschlossen werden, da

einerseits Ablagerungen von Bauschutt und Schrott in Depressionen am Rand von Fließgerinnen oder sogar in Quellgebieten nicht immer ersichtlich sind, andererseits Staubemissionen von Stahlhütten, Stahl-verarbeitender Industrie, Kraftwerken mit Verbrennung fossiler Energieträger und Glashütten nahezu ubiquitäre Verbreitung haben.

Einwirkungen durch aktiven und historischen Erzbergbau ebenso wie durch metallverarbeitende Industrie verändern die Sedimentzusammensetzung. Aufgrund ihrer Kristallstrukturen liegen die Gehalte an Schwermetallen in gesteinsbildenden Schwermineralen, wie z.B. paramagnetischem Amphibol oder Pyroxen, höher als in den meisten gesteinsbildenden Mineralen niedrigerer Dichte, wie z.B. diamagnetischem Quarz oder Feldspat. Minerale, die häufig in sulfidischen Vererzungen auftreten, wie z.B. Pyrit, Markasit, Bleiglanz, und deren oxidische bzw. hydroxidische Verwitterungsbildungen, wie z.B. Goethit, Limonit, Hämatit, Magnetit, haben ebenfalls eine hohe Dichte, gleiches gilt für metallische Fragmente aus Eisenschrott und Schlacken aus der Erzverhüttung.

7. Vor dem Hintergrund aktueller klimatischer Veränderungen ist zu erwarten, dass sich Niedrig- und Hochwasserphasen fluviatiler Systeme intensivieren und häufen werden. Damit wird die Sedimentation noch stärker als bisher zu einem Ereignis-getriebenen Prozess. Die Charakterisierung der fluviatilen Ablagerungen und der ihnen zugrunde liegenden Sedimentdynamik erhält damit eine zunehmende gesellschaftliche Relevanz.

[Zurück zur Übersicht](#)

4.2 Fluviatiler Transport von Magnetomineralen

Während es zahlreiche Publikationen zur magnetischen Suszeptibilität bzw. zu umweltmagnetischen Untersuchungen an marinen und lakustrinen Sedimenten im Hinblick auf Paläoumwelt und Paläoklima gibt, finden sich deutlich weniger Bearbeitungen dieser Thematik an fluviatilen Ablagerungen. Ein Grund dafür dürfte sein, dass fluviatile Sedimente zwar sehr hohe Sedimentationsraten aufweisen können, dafür aber häufig diskontinuierlich und über einen meist kürzeren Zeitraum abgelagert worden sind und daher nur bedingt für paläoklimatische Untersuchungen von Bedeutung sind.

In Südwest-England wurde von (THOMPSON & OLDFIELD 1986) anhand umweltmagnetischer Parameter festgestellt, dass Bodenabtrag den größten Beitrag zum fluviatil transportieren Material eines Einzugsgebietes mit permischen Siliziklastika beisteuert. Dies dürfte insbesondere bei Starkregenereignissen in landwirtschaftlichen Gebieten nach der Ernte auch in anderen Gesteinen eine große Rolle spielen.

In Böden der gemäßigten Breiten ist Goethit als Magnetomineral häufiger als Hämatit oder Magnetit, in stärker vernässten Böden kann Lepidokrokot auftreten (THOMPSON & OLDFIELD 1986). Bei Waldbränden z.B. als Folge von Brandrodung oder Blitzeinschlag entstehen durch die hohen Temperaturen im Oberboden aus Fe-Oxi-Hydroxiden Maghemit und Magnetit, die beide die Suszeptibilität erheblich erhöhen und bei nachfolgenden Regenereignissen in die Vorfluter gespült werden (THOMPSON & OLDFIELD 1986). Bei intensiver Bodenbildung können Maghemit und Magnetit ebenfalls durch Redoxprozesse entstehen. In Böden liegen pedogene Magnetitkörner in der Regel als superparamagnetische, SP, Teilchen vor (DEARING, et al. 1996), teilweise auch als möglicherweise bakteriell gebildete Single Domain, SD, Teilchen. In England wurden im Ofen erhitzte Tonsteinklasten aufgrund ihrer hohen magnetischen Suszeptibilität als Tracer in fluviatilen Systemen eingesetzt (THOMPSON & OLDFIELD 1986). Auch Backsteinbruchstücke mit zum Teil stark erhöhter Suszeptibilität könnten als Indikator des Eintrags aus Siedlungen genutzt werden.

In Deutschland wurde die magnetische Suszeptibilität fluviatiler Sedimente in Bohrkernen jungpleistozäner bis holozäner Ablagerungen der Ohm und Wetter NW' und W' des

Vogelsberges untersucht (ANDRES, et al. 2001, HOUBEN 2007). An einem Bohrkern pleistozäner bis holozäner Ablagerungen im Oberrheingraben stellten (ROLF, et al. 2008) die magnetische Suszeptibilität dem Schwermineralspektrum gegenüber. Einen Bohrkern spätpleistozäner bis holozäner Stauseeablagerungen im Alfbachtal im Vulkanfeld der Westeifel untersuchten (PIRRUNG, et al. 2007), siehe [Abb. 4-1](#). Vorrangiges Ziel mehrerer dieser Untersuchungen war es Hinweise auf Hochwasserereignisse und/oder klimatische Veränderungen zu finden, siehe z.B. (EICHHORN, et al. 2017). Da Maarkrater aufgrund der dort besseren Wegsamkeit für Fluide und Magmen häufig in Tälern liegen (BÜCHEL 1984), (BÜCHEL 1993), (LANGE, et al. 2019), sind sie bei einem durchfließenden Bach prädestiniert dafür zahlreiche Proxies für die Rekonstruktion von Hochwasserereignissen und weiteren Paläoumweltbedingungen aufzuzeichnen, siehe z.B. (NEGENDANK, et al. 1990), (SCHABER & SIROCKO 2005).

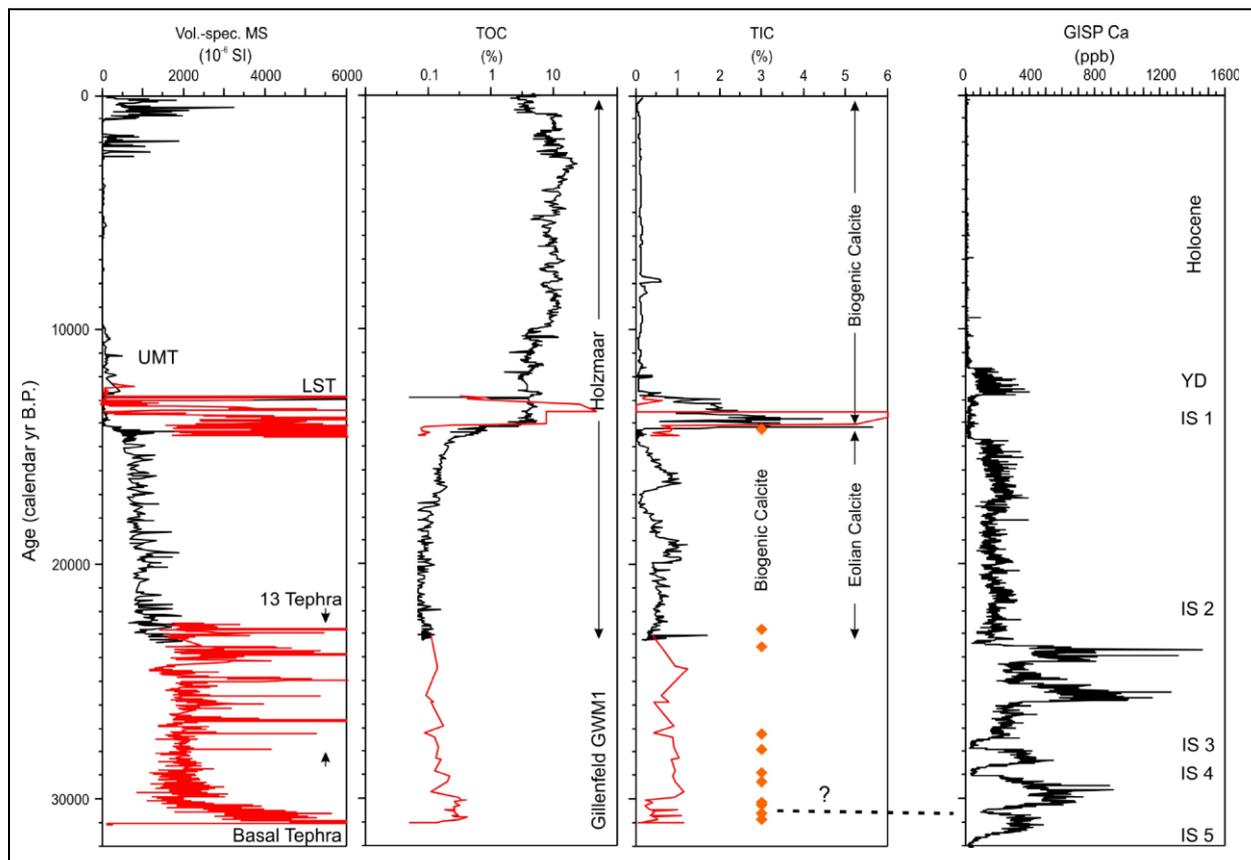


Abb. 4-1: Vergleich magnetischer Suszeptibilität im Alfbachtal mit Parametern, die in Sedimenten des Holzmaares (ZOLITSCHKA, et al. 2000) und im grönländischen GISP2 Eiskern (Mayewski, 1997 #258) gemessen wurden, letztere Daten sind mit schwarzen Kurven dargestellt. Mit YD ist die Kaltphase der Jüngeren Dryas am Übergang Weichsel-Eiszeit zum Holozän und mit IS sind Interstadiale der Weichseleiszeit gekennzeichnet. Gesamtkohlenstoff, TOC, ist ein Proxy für Exportproduktion durch Algenblüten. Anorganischer Kohlestoff, TIC, ist ein Proxy für den Ca-Gehalt im Gewässer, in ähnlicher Weise der Ca-Gehalt im Eiskern für den Staubeintrag. In rot bzw. orange dargestellt sind Daten aus fluvialen Sedimenten des durch einen Lavastrom versperrten Alfbach-Stausees, siehe (PIRRUNG, et al. 2007), (EICHHORN, et al. 2017). Mit „basal tephra“ ist die Fallablagerung des Wartgesberg-Vulkans gemeint, mit LST die Laacher See Tephra und mit UMT die Ulmener Maar Tephra. Die magnetische Suszeptibilität zeigt vor allem Aschelagen von Vulkaneruptionen im quartären Vulkanfeld der Westeifel; nach etwa 3000 Jahren vor heute bis jetzt setzte vermehrte Bodenerosion durch landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet ein.

Darüberhinaus kann die magnetische Suszeptibilität als Indikator für Schadstoffeinträge herangezogen werden. Schwermetalle in fluviatilen Systemen liegen je nach Stabilität entweder als partikuläres Material oder an Partikel absorbiertes Material vor (THOMPSON & OLDFIELD 1986). Eine positive Korrelation von magnetischer Suszeptibilität mit dem Schwermetallgehalt wurde mehrfach nachgewiesen. Mit Proben der Oberflächensedimente entlang der Flussläufe, z.T. auch mit vergleichenden Messungen an Böden und Liefergesteinen, meist in Kombination mit weiteren umweltmagnetischen, geochemischen oder radiologischen Untersuchungen wurden z.B. untersucht: Moldau, Tchechien (KNAB, et al. 2006); Donau, Bulgarien (JORDANOVA, et al. 2004, KNAB, et al. 2006); Arc, Frankreich (DESENFANT, et al. 2004).

[Zurück zur Übersicht](#)

4.3 Arbeitshypothesen und Ergebnisse

Nachfolgend werden basierend auf den unter 4.1 dargestellten Aspekten der sediment-dynamischen Prozesse fluviatiler Magnetominerale Arbeitshypothesen formuliert,

- die durch Beprobungen und Messen fluviatiler und litoraler Sedimente im Rahmen des FluviMag Projektes dokumentiert und überprüft werden können. Hierbei wird ggfs. auf vorliegende Berichte und Publikationen im Rahmen des Projektes verwiesen, so dass in dem Literaturverzeichnis am Ende dieses Berichtes überproportional viele Zitate des Autors zu finden sind, dies ist als Anknüpfung der verschiedenen Teilberichte zu verstehen.

1. Vorfluter sind die wichtigsten natürlichen Transportregime in Zentraleuropa. Im Wesentlichen bestimmt der Gehalt an Magnetit die magnetische Suszeptibilität χ eines fluviatilen Sediments.

- Hierzu werden verschiedene Regionen im Rahmen des FluviMag Projektes betrachtet.
- Mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie wurden Gehalte an Magnetit bestimmt und der magnetischen Suszeptibilität gegenübergestellt. Frankreich, Sedimente von Loire, Garonne, Gironde: (PIRRUNG, et al. 2017b).

2. Die Zusammensetzung der Magnetominerale einer fluviatilen Gesteinsprobe hängt von der Zusammensetzung der Böden bzw. von Ausgangsgesteinen ab, aus denen sie durch Verwitterungsprozesse freigesetzt und im fluvialen Regime transportiert und abgelagert worden sind.

- Hierzu können fluviatile Proben aus den Ablagerungen der Oberläufe und des Litorals mit in der Nähe beprobten Liefergesteinen im Hinblick auf die magnetische Suszeptibilität verglichen werden. Ein detaillierter Abgleich der FluviMag Proben hierzu fehlt bisher.

3. Fluviatile Sedimente in den Oberläufen enthalten Informationen zu geogenen Hintergrundwerten spezifischer Liefergesteine, während Sedimente am Unterlauf eher krustale Mittelwerte und menschliche Einflüsse abbilden.

- Um geogene Hintergrundwerte der magnetischen Suszeptibilität fluviatiler Ablagerungen zu ermitteln, können frische und verwitterte Gesteinsproben bzw. Bodenproben unbelasteter Standorte herangezogen werden. Dieser Ansatz wurde z.B. an der Vitava, ein Zufluß der Moldau in Tchechien, verfolgt, siehe <http://www.geophysics.uni-tuebingen.de/index.php?id=53>. Für ausgewählte Bereiche liegen geogene Hintergrundwerte der magnetischen Suszeptibilität von Liefergesteinen vor. In Deutschland, Siebengebirge: (PIRRUNG 2018), Saarland: (PIRRUNG

& ENGELHARDT 2021a), Fränkische Saale: (PIRRUNG & ENGELHARDT 2020), Thüringer Saale: (PIRRUNG 2018), in Frankreich: Bretagne (PIRRUNG, et al. 2017a).

- Für Einzugsgebiete, in denen eine relativ einheitliche Zusammensetzung der Liefergesteine und kein erkennbarer anthropogener Einfluß vorliegt, können Werte der masse-spezif. magnetischen Suszeptibilität sandiger fluviatiler Proben bzw. der Sandfraktion als geogene Hintergrundwerte angesehen werden, auch wenn mit geringen Gehalten magnetischer Partikel über Schadstoffeinträge aus Emissionen immer gerechnet werden muß. Gebiete mit vermutlich geringem anthropogenen Einfluß sind z.B. die quellnahen Bereiche eines Einzugsgebietes, stromauf von Ortschaften, idealerweise in bewaldeten Gebieten. Solche Proben sind dokumentiert, FluviMag Daten hierzu müssen noch zusammenfassend ausgewertet werden.

4. Die Korngröße der Magnetominerale wird vor allem von der Entfernung zum Liefergebiet bestimmt.

- Die magnetische Suszeptibilität von überwiegend sandigen Gesamtgesteinsproben bzw. der abgesiebten Sandfraktion einerseits und überwiegend pelitischen Gesamtgesteinsproben bzw. die abgetrennte Ton-/Siltfraktion andererseits werden getrennt dargestellt. Dies ist in allen FluviMag Berichten mit Regionalbezug der Fall.
- Das Auftragen der magnetischen Suszeptibilität sandiger und pelitischer Proben erfolgt gegen die Fließstrecke der größeren Vorfluter, z.B. für die Saar (PIRRUNG & ENGELHARDT 2021a), S. 43, die Thüringische Saale (PIRRUNG 2018), S. 16. Für Elbe, Rhein und Weser sind weitere Beprobungen erforderlich.
- An ausgewählten Proben wird die magnetische Suszeptibilität von Kornfraktionen nach DIN4022 untersucht. Dabei werden die Fraktionen > 63 und < 2000 μm durch Siebung separiert. Der Siebdurchgang bei 63 μm wird bei geringem Anteil insgesamt betrachtet oder bei höherem Feinanteil durch Sedimentation im Atterberg Zylinder in die Fraktionen $<$ und > 2 μm aufgetrennt. Thüringer Saale: (PIRRUNG 2018).
- Durch Beprobung sandiger und pelitischer Sedimente möglichst nah beieinander können Korngrößeneffekte dokumentiert werden. Dies ist noch nicht zusammenfassend betrachtet worden für die FluviMag Proben.
- Engräumige Beprobung von fein- bis grobsandigen Sedimenten und wiederholte Beprobung an denselben Lokationen bei gleichen Umgebungsfaktoren kann die Streubreite aufzeigen. Thüringer Saale: (PIRRUNG 2018), die zeitliche Variabilität ist dabei noch nicht näher betrachtet worden.
- Die Frequenzabhängigkeit der magnetischen Suszeptibilität χ_{fd} ist ein Anzeiger für den Anteil ultrafeiner Magnetominerale und damit Indikator für den Gehalt an Tonfraktion. Für pelitische Proben ist im Mittel eine deutlich höhere χ_{fd} zu erwarten als für sandige Proben. Sandige und pelitische Proben werden im Hinblick auf χ_{fd} miteinander verglichen. In Deutschland, Fränkische Saale: (PIRRUNG & ENGELHARDT 2020), in Frankreich: große Sedimentbecken (PIRRUNG, et al. 2017b).

5. Je weiter Material eines Liefergesteins in Fließgewässern transportiert oder durch Brandung aufgearbeitet wird, umso reifer wird es, d.h. umso höher ist der Anteil stabiler Minerale und Magnetominerale.

- Durch Schwermineralbetrachtungen kann die Zusammensetzung näher untersucht werden. Insel Usedom: (PIRRUNG, et al. 2019), (PIRRUNG, et al. 2020).

6. Die magnetische Suszeptibilität kann eingesetzt werden um anthropogene Kontaminationen fluviatiler und litoraler Sedimente nachzuweisen.

- Bei der Probenahme werden Beobachtungen zu Fremdstoffen festgehalten, z.B. ortsfremdes Wegebbaumaterial, Metallreste, Glas, Schlacken, Backsteinbruch, Keramikbruch, Kunststoffreste mit den magnetischen Suszeptibilitäten verglichen. Eine zusammenfassende Auswertung dazu steht noch aus.
- Eine Option ist, in einem Bach stromauf und stromab einer Ortschaft die magnetische Suszeptibilität von Proben zu untersuchen. Dies wurde zwar an verschiedenen Lokationen so gehandhabt aber bisher noch nicht systematisch betrachtet.
- Sind in Liefergebieten Karbonatgesteine mit niedrigen geogenen Hintergrundwerten der magnetischen Suszeptibilität verbreitet, dann sollten sich Anomalien als Folge von Kontaminationen durch Fremdmaterial gut feststellen lassen. Zumindest aus makroskopischen Beobachtungen von beispielsweise Backsteinbruch lassen sich hier deutliche anthropogene Einflüsse erkennen. Aus verschiedenen Gesteinstypen zusammengesetzte Liefergebiete lassen dagegen eine größere Variabilität der magnetischen Suszeptibilität erwarten, was das Erkennen von Kontaminationen erschwert. Dies gilt umso mehr, wenn hochmagnetisierbare Vulkanite auftreten wie z.B. im Saar-Nahe-Becken (PIRRUNG & ENGELHARDT 2021a) und Siebengebirge (PIRRUNG & ENGELHARDT 2018).
- Die Betrachtung fluviatiler, litoraler und äolischer Ablagerungsräume berücksichtigt unterschiedliche Transportprozesse. In Frankreich: Becken von Paris, Aquitanien, Provence (PIRRUNG, et al. 2017b).
- Haldenbrände führen zur Frittung, d.h. oxidativer Rotfärbung, von Kohle-Begleitgesteinen und zur Bildung von Magnetomineralen, und damit zu erhöhter magnetischer Suszeptibilität. Bergehalden im Saarländischen Steinkohlerevier: (Pirrung & Engelhardt 2021a).
- Positive Korrelationen zwischen einzelnen Schwermetallen mit magnetischer Suszeptibilität zeigen die grundsätzliche Eignung der Suszeptibilität als Indikator für Schwermetall-Kontaminationen. Zn: Thüringische Saale (PIRRUNG 2018), Pb: Bachsedimente im Einzugsgebiet der Saar (PIRRUNG & ENGELHARDT 2021a).

7. Die mineralogische und chemische Zusammensetzung fluviatiler Sedimente ist wichtig für Empfehlungen zur Bewirtschaftung gewässernaher Standorte.

- Zur Bestimmung fluviatiler Magnetominerale steht am Institut für Geowissenschaften in der Arbeitsgruppe Angewandte Geologie ein BARTINGTON Susceptibility-Temperature Measurement System für die Bestimmung der Curie-Temperatur zur Verfügung.
- Curie-Temperatur-Daten an litoralen Sedimenten von Usedom (PIRRUNG, et al. 2020).
- Geplant ist ein Bericht zu thermomagnetischen Messungen an Mineralen und Gesteinen im Rahmen dieses Projektes.

[Zurück zur Übersicht](#)

4.4. Zitierte Literatur

ANDRES, W., BOS, J.A.A., HOUBEN, P., KALIS, A.J., NOLTE, S., RITTWEGER, H. & WUNDERLICH, J. (2001): Environmental change and fluvial activity during the Younger Dryas in central Germany. – Quaternary Int., **79**: 89-100; Amsterdam.
[https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(00\)00125-7](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(00)00125-7)

- BOURLIVA, A., PAPADOPOULOU, L. & AIDONA, E. (2016): Study of road dust magnetic phases as the main carrier of potentially harmful trace elements. – *Sci. total Environm.*, **553**: 380-391; Amsterdam. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.149
- BÜCHEL, G. (1993): Maars of the Westeifel. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, **49**: 447-465;
- BÜCHEL, G. (1984): Vulkanologische Karte West- und Hocheifel 1 : 50 000. – Büchel, G., Institut für Geowissenschaften, Universität Mainz; Mainz.
- DEARING, J.A., DANN, R.J.L., HAY, K., LEES, J.A., LOVELAND, P.J., MAHER, B.A. & O'GRADY, K. (1996): Frequency-dependant susceptibility measurements of environmental materials. – *Geophys. J. Int.*, **124**: 228-240; Oxford.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1996.tb06366.x>
- DESENFANT, F., PETROVSKÝ, E. & ROCHETTE, P. (2004): Magnetic Signature of Industrial Pollution of Stream Sediments and Correlation with Heavy Metals: Case Study from South France – *Water Air Soil Poll.*, **152 (1-4)**: 297-312; Berlin. DOI: 10.1023/B:WATE.0000015356.88243.f0
- EICHHORN, L., PIRRUNG, M., ZOLITSCHKA, B. & BÜCHEL, G. (2017): Pleniglacial sedimentation process reconstruction on laminated lacustrine sediments from lava-dammed Paleolake Alf, West Eifel Volcanic Field (Germany). – *Quat. Sci. Rev.*, **172**: 83-95; Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.07.009>
- EINSELE, G. (1992): Sedimentary basins - evolution, facies and sediment budget. – 1-628 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- GALLOWAY, W.E. & HOBDAK, D.K. (1996): Terrigenous clastic depositional systems - applications to fossil fuel and groundwater resources rocks. – 1-489 S.; Berlin (Springer).
- HINDERER, M., KASTOWSKI, M., KAMELGER, A., BARTOLINI, C. & SCHLUNEGGER, F. (2013): River loads and modern denudation of the Alps — A review. – *Earth-Sci. Rev.*, **118**: 11-44; Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.01.001>
- HOUBEN, P. (2007): Geomorphological facies reconstruction of Late Quaternary alluvia by the application of fluvial architecture concepts. – *Geomorphology*, **86**: 94-114; Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.08.008>
- JORDANOVA, D., HOFFMANN, V. & FEHR, K.T. (2004): Mineral magnetic characterization of anthropogenic magnetic phases in the Danube river sediments (Bulgarian part). – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **221**: 71-89; Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(04\)00074-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(04)00074-3)
- KNAB, M., HOFFMANN, V., PETROVSKÝ, E., KAPIČKA, A., JORDANOVA, N. & APPEL, E. (2006): Surveying the anthropogenic impact of the Moldau river sediments and nearby soils using magnetic susceptibility – *Environm. Geol.*, **49**: 527-535; Berlin.
<https://doi.org/10.1007/s00254-005-0080-5>
- LANGE, T., LORENZ, V., KÖPPEN, K.-H. & BÜCHEL, G. (2019): Neue Aspekte zum Vulkanismus der Westeifel (Exkursion K am 26. April 2019). – *Jahresber. Mitt. Oberrheinischen Geol. Ver. N.F.*, **101**: 227-250; Stuttgart.
- MAYEWSKI, P.A., MEEKER, L.D., TWICKLER, M.S., WHITLOW, S.I., YANG, Q., LYONS, W.B. & PRENTICE, M. (1997): Major features and forcing of high-latitude northern hemisphere atmospheric circulation using a 110,000-year-long glaciochemical series. – *J. Geophys. Res.*, **102**: 26345-26366; Washington, D.C.
<https://doi.org/10.1029/96JC03365>
- MIALL, A.D. (2007): The geology of fluvial deposits - Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. – 1-598 S.; Berlin (Springer).
- NEGENDANK, J.F.W., BRAUER, A. & ZOLITSCHKA, B. (1990): Die Eifelmaare als erdgeschichtliche Fallen und Quellen zur Rekonstruktion des Paleoenvironments. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **19**: 235-262; Mainz.

- PIRRUNG, M. (2018): Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magnetomineralen. 5.3. Mittelgebirge und Vorland - Loquitz und mittlere Thüringische Saale. V. 3. - 23 S.;
- PIRRUNG, M., BÖHM, M., MERTEN, D. & KUNZ-PIRRUNG, M. (2019): Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen - 5.12. Litoral – Usedom -1-48 S.; Jena.
- PIRRUNG, M., BÖHM, M., MERTEN, D. & KUNZ-PIRRUNG, M. (2020): Zur Petrographie und magnetischen Suszeptibilität rezenter litoraler Ablagerungen auf der Insel Usedom – Brandenburg. Geowiss. Beitr., **2020**: Potsdam.
- PIRRUNG, M., BÜCHEL, G. & KÖPPEN, K.-H. (2007): Hochauflösende fluviolakustrine Sedimente des jüngeren Pleistozän aus dem Alfbachtal bei Gillenfeld (Westeifel) - erste Ergebnisse. – Mainzer geowiss. Mitt., **35**: 51-80; Mainz.
- PIRRUNG, M. & ENGELHARD, J. (2018): Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen - 5.6. Tertiäre Vulkanite im Siebengebirge am Rhein, V. 5. - 1-55 S.; Jena.
- PIRRUNG, M. & ENGELHARDT, J. (2021a): Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen - 5.4. Bergbau an der Saar, V. 7. - 1-56 S.; Jena.
- PIRRUNG, M. & ENGELHARDT, J. (2020): Forschungsprojekt FluviMag: Fluviatiler Transport von Magneto-Mineralen - 5.9. Trias-Landschaft - Fränkische Saale, V. 2. - 1-24 S.; Jena.
- PIRRUNG, M., KUNZ-PIRRUNG, M. & ENGELHARD, J. (2017b): Projet scientifique FluviMag: transport fluviate des minéraux magnétiques- 5.10. France – Grands bassins sédimentaires et régions volcaniques -1-47 S.; Jena.
- PIRRUNG, M., KUNZ-PIRRUNG, M. & ENGELHARD, J. (2017a): Projet scientifique FluviMag: transport fluviate des minéraux magnétiques - 5.11. France – Massif Armoricaïn. V. 2 -1-23 S.; Jena.
- READING, H.G. (1998): Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy. – 688 S.; Oxford, U.K. (Blackwell Science).
- ROLF, C., HAMBACH, U. & WEIDENFELLER, M. (2008): Rock and palaeomagnetic evidence for the Plio-Pleistocene palaeoclimatic change recorded in Upper Rhine Graben sediments (Core Ludwigshafen-Parkinsel). – Netherlands J. Geosci. - Geol. Mijnbouw, **87**: 41 - 50; Utrecht. <https://doi.org/10.1017/S0016774600024033>
- SCHABER, K. & SIROCKO, F. (2005): Lithologie und Stratigraphie der spätpleistozänen Trockenmaare der Eifel. – Mainzer geowiss. Mitt., **33**: 295-340; Mainz.
- STRAHLER, A.N. (1952): Dynamic basis of geomorphology. – Geol. Soc. America Bull., **63**: 923–938; Boulder, CO.
- THOMPSON, R. & OLDFIELD, F. (1986): Environmental magnetism. – 1-227 S.; London (Allen & Unwin).
- ZOLITSCHKA, B., BRAUER, A., NEGENDANK, J.F.W., STOCKHAUSEN, H. & LANG, A. (2000): Annually dated late Weichselian continental paleoclimate record from the Eifel, Germany. – Geology, **28**: 783-786; Washington, D.C. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)2<783:ADLWCP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)2<783:ADLWCP>2.0.CO;2)