



Bearbeitungsstand: 28.08.2013, 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](mailto:michael.pirrung@uni-jena.de)

### **5.3. Mittelgebirge und Vorland – Loquitz und mittlere Thüringische Saale**

Das Einzugsgebiet der Loquitz und des Mittellaufs der Thüringischen Saale umfaßt sowohl Anteile an den Mittelgebirgen Thüringisch-Fränkisches Schiefergebirge, Thüringer Wald, Harz, Kyffhäuser als auch das zwischen diesen liegende Thüringer Becken sowie südwestliche Ausläufer der Leipziger Tieflandsbucht. Am Lauf von Loquitz und Thüringer Saale stromab der Saaletalsperren kann beispielhaft untersucht werden, wie sich Vererzungen und ehemaliger Erzbergbau im Schiefergebirge und der Übergang vom Schiefergebirge zum Tafeldeckgebirge auf die magnetische Suszeptibilität fluviatiler Sedimente auswirken. Aufgrund der guten Kenntnis der Schichtenfolge des Tafeldeckgebirges, die in z.T. sehr guten Aufschlüssen im Mittelsaaletal zugänglich ist, können geogene Hintergrundwerte der Liefergesteine bestimmt werden.

#### [5.3.1. Geologie der Gesteine im Liefergebiet](#)

#### [5.3.2. Magnetominerale und magnetische Suszeptibilität im Liefergebiet](#)

#### [5.3.3. Korngrößenverteilung der untersuchten Proben](#)

#### [5.3.4. Magnetische Suszeptibilität von Gesamtgesteinsproben](#)

#### [5.3.5. Magnetische Suszeptibilität von Kornfraktionen](#)

#### [5.3.6. Schwermetallgehalt von Kornfraktionen](#)

#### [5.3.7. Zitierte Literatur](#)

#### 5.3.1. Geologie der Gesteine im Liefergebiet

Das hier betrachtete Gebiet von Loquitz und Mittelsaale liegt zum großen Teil im überwiegend aus mesozoischen Sedimenten bestehenden Thüringer Becken, das eine Mulde bildet zwischen den paläozoischen Horst- oder Halbhorst-Schollen Thüringer Wald, Thüringisch-Fränkisch-vogtländisches Schiefergebirge, Harz und Kyffhäuser. Im Nordosten wird es von der Finne-Störung und im Nordwesten vom Ohmgebirgs-Graben begrenzt (KÄSTNER, H., et al. 1995). Die paläozoischen Strukturen setzen sich unter Ablagerungen des Oberkarbons, des Rotliegenden und des Zechsteins der Thüringer Mulde fort.

Die Thüringische Saale beginnt als Sächsische Saale im Frankenwald in präkambrischen und altpaläozoischen Metabasiten und Metagraniten der Münchberger Gneismasse (BAUBERGER, W., et al. 1981). In ihrem Oberlauf quert sie das Thüringisch-Fränkische Schiefergebirge mit anchi- bis epizonal überprägten ordovizischen bis unterkarbonischen überwiegend siliziklastischen Sedimenten (SEIDEL, G., et al. 2002), (SEIDEL, G. 1995). Hier wird sie in den

Talsperren Bleiloch, Hohenwarte und Eichicht aufgestaut, die seit den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts die Geröll- und Sandfracht und einen großen Teil der Suspensionsfracht zurückhalten. Bei Kaulsdorf, etwa 1 km westlich des Eichichte Staudamms, beginnt mit der Mündung der Loquitz der Mittellauf der Thüringischen Saale.

Die Loquitz entspringt südöstlich von Ludwigsstadt an der Wasserscheide zwischen Fränkischem und Thüringischem Schiefergebirge in unterkarbonischen Siliziklastika, fließt durch ordovizische bis mitteldevonische Ton- und Siltschiefer und oberdevonische z.T. karbonatführende Siliziklastika, und Metabasalte, und wiederum unterkarbonische Siliziklastika (SEIDEL, G., et al. 2002). Bis auf das Fehlen von Gneisen der Münchberger Gneismasse sind die Gesteine im Einzugsgebiet der Loquitz denen im Oberlauf der Saale relativ ähnlich.

Von Kaulsdorf bis Weißenfels durchfließt die mittlere Saale den östlichen Teil der Thüringer Mulde (SEIDEL, G. 1992) mit permischen bis triassischen Siliziklastika und Karbonaten des Tafeldeckgebirges. Übersichten finden sich u.a. bei (SEIDEL, G. 1992), (SEIDEL, G. 1995). Über die bei Rudolstadt-Schwarza mündende Schwarza werden altpaläozoische Siliziklastika des westlichen Thüringischen Schiefergebirges eingetragen (ANDREAS, D. 1996). Die bei Großheringen mündende Ilm entwässert Vulkanite und Siliziklastika des Rotliegenden im östlichen Thüringer Wald und Tafeldeckgebirge der Thüringer Mulde (SEIDEL, G., et al. 2002). Die bei Naumburg zufließende Unstrut entwässert mit dem Zufluß Gera den zentralen Teil des Thüringer Waldes, Tafeldeckgebirge der zentralen und nordöstlichen Thüringer Mulde, sowie über den Solgraben oberkarbonische Siliziklastika des Kyffhäusers und Zechsteinevaporite, außerdem durch die Helme Metasedimente und –magmatite des Kyffhäuser Kristallins und paläozoische schwach metamorphe Siliziklastika des Südharzes (HINZE, C., et al. 1998); (BACHMANN, G.H., et al. 2008).

Beschreibungen einzelner Aufschlüsse im Gebiet des mittleren Saaletals finden sich u.a. in den im Folgenden genannten Quellen: Aufschlüsse bei Saalfeld bei (BLUMENSTENGEL, H., et al. 1997), (WEISE, G. 2012); Aufschlüsse zwischen Pößneck und Jena bei (LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. 1997); Aufschlüsse im Saale-Holzland-Kreis und in Jena bei (SEIDEL, G. 1993), (ELLENBERG, J. 2012), (VOIGT, T. & LINNEMANN, U. 1996); Angaben zu Mächtigkeiten der Trias bei Jena und auf Blatt Camburg zeigen (SEIDEL, G. 2012b; SEIDEL, G. 2012a); Aufschlüsse im Unstrut- und Saaletal finden sich bei (BIEWALD, W., et al. 2012), siehe [www.geogruppehamburg.de/Exkursionen/Exkursion\\_2012\\_Netz\\_01.pdf](http://www.geogruppehamburg.de/Exkursionen/Exkursion_2012_Netz_01.pdf), Aufschlüsse im Geopark Saale-Unstrut-Triasland bei (GÖTZ, A. o.a.), siehe [http://www.geologie.uni-halle.de/igw/histgeo/download/Saale\\_Unstrut\\_Triasland.pdf](http://www.geologie.uni-halle.de/igw/histgeo/download/Saale_Unstrut_Triasland.pdf), (MÜLLER, A. & THOMAE, M. o.a.), (MÜLLER, A. & HENNIGER, M. 2010).

Detaillierte Beschreibungen der Schichtenfolge im mittleren Saaletal geben zum Buntsandstein z.B. (LANGBEIN, R. 1992); zum Muschelkalk (GÖTZ, A. 2002), (SEIDEL, G. & LOECK, P. 1990), (SEIDEL, G. & LOECK, P. 1993). Weiter entfernte Aufschlüsse von Interesse beschreiben z.B. zum Muschelkalk-Keuper Grenzbereich bei Erfurt (FRANZ, M., et al. 2013).

Bei Weißenfels erreicht die Saale den Südwestrand der Leipziger Tieflandsbucht und verläuft von hier im Unterlauf bis zur Mündung in die Elbe bei Barby durch Rhyolithe des Rotliegenden, Sandsteine des Buntsandsteins, Karbonate des Muschelkalks, sowie durch Lockergesteine aus limnischen bis ästuarinen Siliziklastika des Paläogens und pleistozänen glazialen und holozänen fluviatilen Ablagerungen (KNOTH, W. & SPIEB, H. 1992).

In dieser Studie werden stellvertretend für die obere Saale die Einzugsgebiete der Loquitz und der mittleren Saale sowie deren fluviatile Ablagerungen näher betrachtet. Für Loquitz und Mittel- bis Untersaale ergibt sich ein annähernd Nord-gerichteter Verlauf des Gewässers. Im Gegensatz dazu verlaufen die wichtigsten Vorfluter innerhalb der Thüringer Mulde, wie Schwarza, Ilm, Unstrut, mehr in östlicher bis nordöstlicher Richtung. Erst mit der ebenfalls

im Fichtelgebirge entspringenden Weißen Elster kommt südlich Halle wieder ein nordgerichteter Zufluß. Bereits im Loquitz Tal, aber vor allem an der Saale gibt es eine Vielzahl von Wehren. Ab der Mündung der Unstrut ist die Saale schiffbar, was in künstlichen Dämmen resultiert. Dadurch wird die Beprobung fluviatiler Sedimente vom Ufer aus erschwert. Die Sedimente der Loquitz sind bereits wenige hundert Meter unterhalb ihrer gefaßten Quelle in siliziklastischen Gesteinen durch ortsfremdes Wegebaumaterial aus Granit und dann durch die Dachschiefergruben von Lehesten und einen Hartgesteinssteinbruch südöstlich Ludwigstadt beeinflusst. Im Mittelsaaletal ist durch die häufige Nähe zu Straßen und Bahntrassen ein weiterer anthropogener Einfluß gegeben.

Im Folgenden sollen einige Fotos Geländeeindrücke von Liefergesteinen wiedergeben, in der Abfolge zunehmenden Alters.

	<p>Morphologie des <math>\mu\chi</math> und <math>\mu\mu</math>: Die Oberfläche der hier leicht nach Westen zum Zentrum des Thüringer Beckens einfallenden Zone der Schaumkalkbänke wird durch die schichtflächenparallele Topographie nachgezeichnet. Der untere Teil des mittleren Muschelkalkes zeigt zunächst eine etwa 2 m mächtige dolomitische Kalksteinbank, als kleine Geländestufe im Mittelgrund erkennbar, darüber liegen rotbraun verwitternde Mergel, die Kuppe besteht aus gelben dolomitischen Kalksteinen.</p> <p>Lokation: E' Rabensberge bei Jena, Naturschutzgebiet Kernbergplateau.</p>
	<p>Lithostratigraphie: <math>\mu\mu_2</math> bis <math>\mu\mu\chi</math>, untere Schaumkalkbank ist etwa 1 m unterhalb der Kante zu erahnen. Im Bereich ca. 6 bis 0 m unterhalb der Schaumkalkzone zeichnet sich durch eher planare Schichtung, mehrere reine Kalksteinbänke und größere Verwitterungsbeständigkeit gegenüber dem „normalen“ Wellenkalk darunter aus. Eine flexurartige Aufschiebung ist besonders im Bereich der Terebratelbänke im unteren Bildteil zu sehen.</p> <p>Ablagerungsmilieu: Karbonatschelf, am Top Gezeitenkanäle.</p> <p>Lokation: Jena-Göschwitz, ehemaliger Steinbruch am Mönchsberg, Naturschutzgebiet.</p>



Lithostratigraphie:  $\mu\gamma$ : untere, etwa 70-80 cm mächtige, Schaumkalkbank, insgesamt gibt es drei Schaumkalkbänke. Die z.T. schräggeschichtete Bank besteht aus Mikrit, schwach sparitisch, mit Ooiden und Peloiden sowie Muschelschalenabdrücken. Runde Poren zeigen Lösung ehemaliger Ooide und Pelioide an.

Ablagerungsmilieu: Flachwasserbereich, Gezeitenkanäle.

Lokation: Jena-Göschwitz, ehemaliger Steinbruch am Mönchsberg, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie:  $\mu\tau\beta$ , obere Terebratelbank. Die Schillkalke sind sparitisch bis grobkristallin und weisen Schalen von Muscheln und Brachiopoden sowie Trochiten auf. Die Zone der Terebratelbänke bildet einen Felsgürtel und ist der am besten auszuhaltende Leithorizont im unteren Muschelkalk.

Ablagerungsmilieu: oberhalb der Sturmwellenbasis auf dem Karbonatschelf.

Lokation: alter Abbau SE des Falkenhorsts im NW-Teil der Kernberge, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie:  $\mu\tau\alpha$ , untere Terebratelbank. Die weitständige Bankung durch mergelige Zwischenlagen, ehemalige Hartgründe durch Sedimentationsunterbrechung, erzeugt mit 20-50 cm Mächtigkeit die dicksten Blöcke im Hangschutt und ist ein Grund für die früher weit verbreitete Nutzung als Werkstein.

Ablagerungsmilieu: wie  $\mu\tau\beta$ .

Lokation: Falkenhorst unterhalb der Sendemaste im NW-Teil der Kernberge, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie:  $\mu\text{oo}$ , untere Oolithbank. Etwa 50 cm mächtige knauerige, d.h. unregelmäßig linsenförmig strukturierte, Mikritbank über schräg gebanktem mikritischem Kalkstein. Die Zone der beiden Oolithbänke bildet zusammen mit einer liegenden Knauerkalkbank einen Felsgürtel.

Ablagerungsmilieu: Flachschelf, jedoch für die Bildung von Ooiden zu große Wassertiefe. Erst bei Naumburg sind die Oolithbänke oolithisch.

Lokation: Kamm östlich der Sophienhöhe zum Aussichtspunkt mittlere Horizontale, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie: mu00, Basis untere Oolithbank.

Besonderheit: die gelbe tonige, weiche Lage weist im unteren Muschelkalk um Jena die höchste gemessene magnetische Suszeptibilität auf. Im Bild zuvor ist eine solche Lage im selben Niveau nicht erkennbar.

Lokation: Jenzig, Pfad auf dem SW-Grat zum Gipfel.



Lithostratigraphie: mu1, unterer Wellenkalk, wenige Meter unterhalb der Oolithzone. Das Verwitterungsprofil zeigt die unterschiedliche Resistenz von dm-mächtigen reinen Kalksteinbänken, hier z.T. mit Intraklasten, gegenüber dünneren welligen Kalksteinbänken in Wechsellagerung mit Mergellagen.

Ablagerungsmilieu: Karbonatschelf, mit häufiger Umlagerung bereits verfestigter Sedimente.

Lokation: mittlere Horizontale SW des Falkenhorstes, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie: mu1, unterer Wellenkalk.. Erosive Basis einer flachen Rinne, ca. 3 m unterhalb der Zone der beiden Oolithbänke.

Ablagerungsmilieu: Flachschild mit Gezeitenrinnen.

Lokation: mittlere Horizontale SW des Falkenhorstes, Naturschutzgebiet.



Lithostratigraphie: wenige Meter über der Basis des mu1, unterer Wellenkalk oberhalb der gelben Grenzbank. Dieser Teil der Schichtfolge ist um Jena relativ selten aufgeschlossen, z.B. noch am Hausberg bei Ulmers Ruh, und bildet eine Steilstufe zu den liegenden meist von Hangschutt bedeckten Myophorienschichten des oberen Buntsandsteins.

Ablagerungsmilieu: Karbonatschelf.

Lokation: Quellfassung in dem Tal, das von der Sophienhöhe zum Kernbergplateau führt, Naturschutzgebiet.



Morphologie: Plateau auf dem  $\mu\chi$ , Schaumkalk, steiler Mittelhang über  $\mu$ , unterer Muschelkalk, Jena-Formation, sanft geneigte Unterhänge über soM, Myophorienschichten, und soP3, oberer Pelitröt.

Lokation: Blick vom Plateaurand der Kernberge an den Rabensbergen oberhalb der Studentenrutsche auf den Johannisberg bei Jena-Wöllnitz.



Lithostratigraphie: soP3, oberer Pelitröt. Grünliche und rötliche Mergelsteine, meist blättrig.

Ablagerungsmilieu: Brackwasser oder wattähnlicher Schelf, Eintrag von Tonpartikeln durch Deltas, Karbonatfällung bei tropischen Temperaturen.

Lokation: Fuchs- oder Dachsbau am Rand einer Wiese oberhalb Jena-Sophienhöhe bzw. -Wöllnitz, NW-Studentenrutsche.



Lithostratigraphie: soP1, unterer Pelitröt, tenuis-Bank an der Basis der Aufschlußwand, und darüber liegende Siltsteine. Die tenuis-Bank besteht aus sparitischem Kalkstein mit Abdrücken von Muschelschalen. Die grünlichgrauen dünnbankigen Siltsteine führen kaum Fossilien.

Ablagerungsmilieu: Wattähnlicher Schelf.

Lokation: Ehemalige Mergelgrube Jena-Göschwitz, Geotop Aufschlußfeiler, mittlerweile nicht mehr gut zugänglich.



Lithostratigraphie: soY, Salinarröt, weiße Fasergipslagen und wellenförmige, nach oben ausklingende Deformation von Gips- und Mergellagen. Unterhalb des Quellhorizontes Quellsinter auf oberstem smS, Chirotherien-sandstein mit hier verdeckter Rippelschichtung in dünnbankigen Feinsandsteinen.

Ablagerungsmilieu: im soY Lagune eines tropischen Meeres mit starker Evaporation; im smS gezeitenbeeinflusstes Watt.

Lokation: Jena, Flächennaturdenkmal Teufelslöcher an der Wöllnitzer Straße am Ernst-Abbe-Sportfeld.



Lithostratigraphie: soy, Salinarröt.  
 Mineralogie: Fasergips heilt Spalten, die bei Deformationen durch Störungen oder Rutschungen in den mergeligen Gipsen auftreten.  
 Lokation: Jena, Steilhang oberhalb der Wöllnitzer Straße am Ernst-Abbe-Sportfeld.



Lithostratigraphie: soy, Salinarröt.  
 Mineralogie: einzelne große Gipskristalle, die in einer Mergelschicht auftreten, darunter grobkörnige Gipskristalle.  
 Lokation: Jena, Steilhang oberhalb der Wöllnitzer Straße am Ernst-Abbe-Sportfeld.



Lithostratigraphie: smS, Chirotherien-Sandstein der Solling-Folge. In mittelsandigen Quarzsandsteinbänken Andeutung flacher Schrägschichtung. Im Bereich des Hammers grünliche bis rote blättrig zerfallende Siltsteine.  
 Ablagerungsmilieu: fluviatil, Zopfstrom mit feinklastischer Altarmsedimentation.  
 Lokation: Jena, 50 m S' Kreuzung Wöllnitzer Straße mit Jenertal.



Lithostratigraphie: Durch ockerbraune Limonitfällung betonte Grenze zwischen liegender Detfurth-Formation mit rötlichen und grauen mürben Fein- bis Mittelsandsteinen und Schichtmächtigkeiten im dm-Bereich und hangender Hardegsen-Formation, basal mit schräggeschichteten weißen, mürben Mittelsandsteinbänken, meist stärker verwitterungsresistenten, verkieselten, bis über 1 m mächtigen roten Mittelsandsteinbänken und einzelnen Siltsteinlagen.  
 Ablagerungsmilieu: Fastebene mit Deltaschüttungen in flache Seen in der Detfurth-Form. und Zopfstromrinnen in der Hardegsen-Form.

	<p>Lokation: Sandgrube Altendorf bei Schöps.</p> <p>Lithostratigraphie: Ca. 8 m über Top Rothensteiner Geröllhorizont, ca. 14 m über Basis der Detfurth-Formation. Auf einer siltigen Lage mit Oszillationsrippeln eines ausgetrockneten flachen Sees weideten vermutlich Schnecken, links unterhalb der Bildmitte, und anschließend wurden Trockenrisse durch Überlagerung mit Sand verfüllt und dadurch erhalten, oberhalb der Bildmitte.</p> <p>Ablagerungsmilieu: Fastebene mit Deltaschüttungen in flache Seen.</p> <p>Lokation: Sandgrube Altendorf bei Schöps.</p>
	<p>Lithostratigraphie: Avicula-Schichten der Volpriehausen-Formation. Einzelne wenige dm bis 0-5 m mächtige, rötliche Sandsteinbänke sind intern schräggeschichtet, sichtbar am mittleren linken Bildrand, und wechsellagern mit Siltsteinlagen.</p> <p>Ablagerungsmilieu: Fastebene mit flachen Rinnen.</p> <p>Lokation: Steinbruch östlich Ortsrand Kleinpürschütz an der Straße nach Kleinbodnitz.</p>
	<p>Lithostratigraphie: Grenze zwischen liegender Bernburg-Formation mit weniger verwitterungsresistenter Wechsellagerung aus wenige dm mächtigen roten Mittelsandsteinbänken und bis 15 cm mächtigen roten Siltsteinlagen, und hangender Volpriehausen-Formation, Basis-sandstein, mit mehrere dm bis etwa 1 m mächtigen verkieselten weißlich-hellgrauen Mittelsandsteinbänken.</p> <p>Ablagerungsmilieu: Fastebene mit flachen Rinnen in der Bernburg-Form. und größere Fließrinnen in der Volpriehausen-Form.</p> <p>Lokation: Steinbruch nördlich Naschhausen bei Orlamünde.</p>



Lithostratigraphie: ca. 8 m unter Top Bernburg-Formation. Fe-Mn-Oxide wurden vermutlich durch schwankende Grundwasserstände als Zement in rippelgeschichtetem Mittelsandstein, unten mit flaseriger Siltsteinlage, ausgefällt.

Ablagerungsmilieu: Füllung einer flachen Rinne.

Lokation: Hohlweg unmittelbar südlich des Steinbruchs nördlich Naschhausen.

Abb. 5.3-1: Liefergesteine im mittleren Saaletal zwischen Jena und Orlamünde, die hier z.T. noch hervorragend aufgeschlossen sind. Einige der Lokationen sind detaillierter bei (ELLENBERG, J. 2012) beschrieben.

[Zurück zur Übersicht](#)

### 5.3.2 Magnetominerale und magnetische Suszeptibilität im Liefergebiet

Da es im Gegensatz zu Oberfranken und dem nördlichen Harzvorland in Thüringen keine potentiell Trümmererze führende Ablagerungen des mittleren Juras mehr gibt, sind paläozoische Gesteine die wichtigsten Liefergesteine für Magnetominerale im Einzugsgebiet von Loquitz und mittlerer Saale. Dabei stellen die unterordovizischen Magnetitquarzite und mittelordovizischen oolithischen Trümmererzhorizonte (FALK, F. & WIEFEL, H. 1995); (MEINEL, G. & MÄDLER, J. 1995) im Thüringischen Schiefergebirge, siehe Abb. 5.3-2, die bedeutendsten Quellen dar. Diese stratiformen Vererzungen in Ton- und Siltschiefern und Sandsteinen der Frauenbach Gruppe, der Phycoden Gruppe, sowie in der Schmiedefeld Formation mit Hauptquarzit führen als Magnetominerale vor allem Magnetit, Martit, Hämatit, Rutil, Thuringit und Chamosit sowie Ankerit und Siderit. Ehemals fand an zahlreichen Stellen Bergbau auf diese Erze zwischen Saalfeld und Ilmenau statt (REH, H. & SCHRÖDER, N. 1974). Daneben treten Titanit, Pyrrhotin und Ilmenit in basischen bis sauren Magmatiten des Vendiums auf (BANKWITZ, P. & BANKWITZ, E. 1995).

Im Zusammenhang mit oberdevonischem basischem Vulkanismus tritt Leukoxen als stratiforme Vererzung vom Lahn-Dill Lagerstättentyp zusammen mit Magnetit und Thuringit im Thüringischen Schiefergebirge im Bereich Göritz-Gebersreuth auf (BLUMENSTENGEL, H. 1995); (MEINEL, G. & MÄDLER, J. 1995).

Saure, untergeordnet auch basische und intermediäre Vulkanite des Rotliegenden im Thüringer Wald enthalten Hämatit sowie Magnetit und Leukoxen (LÜTZNER, H., et al. 1995).

Im Tafeldeckgebirge der Thüringer Mulde tritt Hämatit in Rotsedimenten des Zechsteins, vor allem des Buntsandsteins sowie in Rotliegend Becken wie dem Ifelder Becken auf, siehe Beiträge in (SEIDEL, G. 1993). Außerdem ist im Keuper Hämatit sowie Limonit vertreten, wie auch im begrenzt auftretenden unteren Jura.

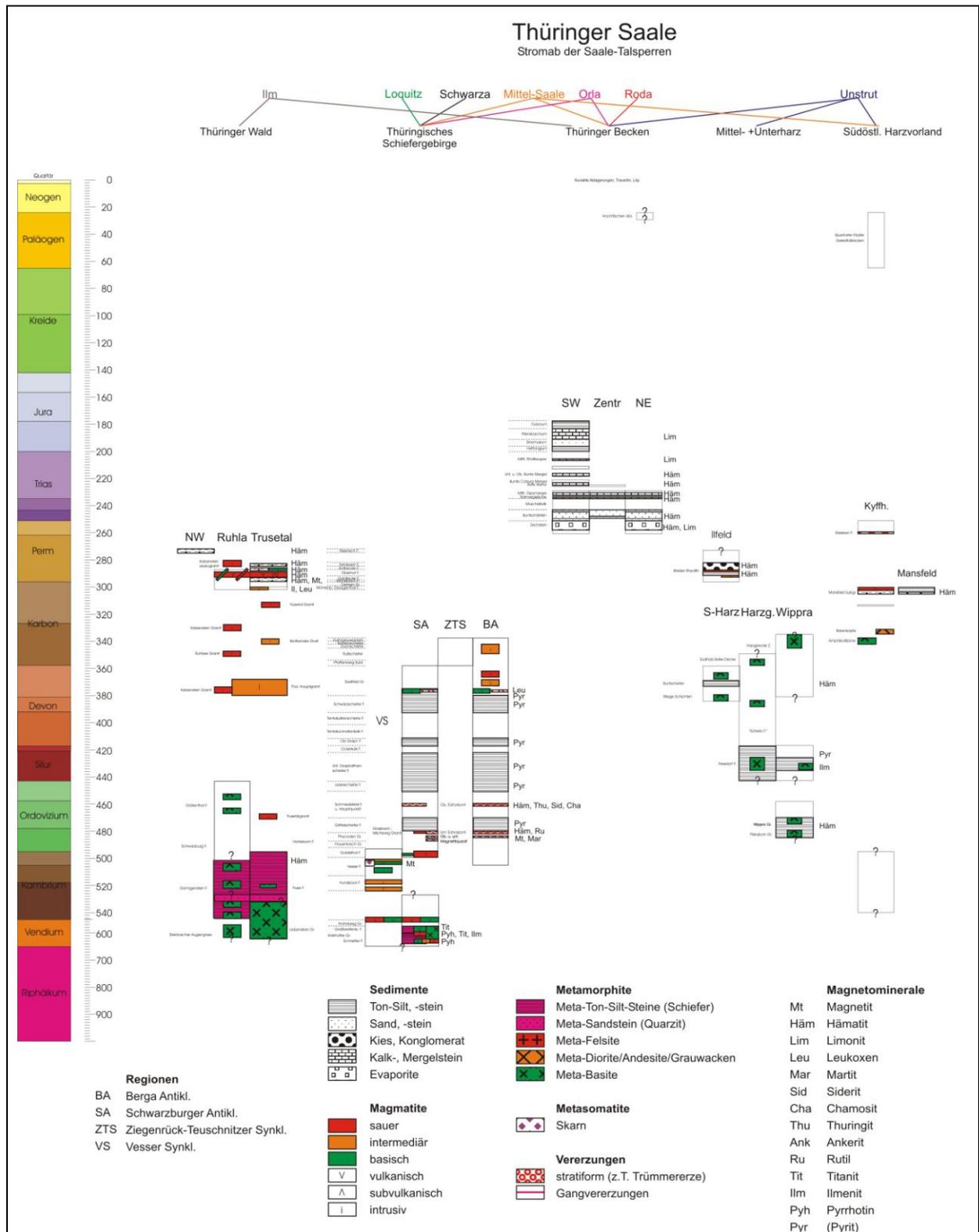


Abb. 5.3-2: Potentielle Herkunft von Magnetomineralen aus Liefergebietsgesteinen der Loquitz und Thüringischen Saale stromab der Saaletalsperren. Zusammengestellt nach Beiträgen von (WUNDERLICH, J. 1995), (BANKWITZ, P. & BANKWITZ, E. 1995), (FALK, F. & WUCHER, K. 1995), (FALK, F. & WIEFEL, H. 1995), (SCHLEGEL, G. 1995), (BLUMENSTENGEL, H. 1995), (PFEIFFER, H., et al. 1995), (MEINEL, G. 1995), (LÜTZNER, H., et al. 1995), (LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. 1995a), (PUFF, P. & LANGBEIN, R. 1995), (LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. 1995b), (DOCKTER, J. & LANGBEIN, R. 1995), (ERNST, W. 1995), (STEINMÜLLER, A. 1995) in (SEIDEL, G. 1995); Beiträgen von (SCHWAB, M. & HÜNEKE, H. 2008), (SCHWAB,

M. & EHLING, B.-C. 2008) in (BACHMANN, G.H., et al. 2008); Altersskala nach (MENNING, M. & HENDRICH, A. 2002).

Im Südharz tritt Hämatit in silurischen Siliziklastika auf sowie im Mansfelder Revier im südöstlichen Harzvorland auch in oberkarbonischen Siliziklastika, siehe Beiträge in (BACHMANN, G.H., et al. 2008). Dunkle Ton- und Siltschiefer in Thüringer Schiefergebirge und Harz enthalten Pyrit. Die stratiformen Vererzungen im Harz liegen vor allem in durch basischen Vulkanismus geprägten mittel- bis oberdevonischen Gesteinen im Ober- und Mittelharz (MOHR, K. 1993) und damit nicht im Einzugsgebiet der mittleren Saale.

Linsenförmige Magnetit-Vererzungen gibt es in Kontakthöfen um Granite im Thüringer Wald bei Schmiedefeld und um den Sparnberger Granit bei Hirschberg im Thüringischen Schiefergebirge (MEINEL, G. & MÄDLER, J. 1995). Quarz-Hämatit-Gänge wurden früher im Thüringer Wald im Ruhlaer Kristallin und im Ilfelder Becken am Rand des Südhazes abgebaut. Bergbau auf gangförmige Siderit- und Ankerit Vererzungen gab es am Rand der Thüringer Mulde im Saalfeld-Kamsdorfer Revier und im Ilmenau-Gehrener Revier (MEINEL, G. & MÄDLER, J. 1995). Im Südharz gibt es einige gangförmige Sideritvererzungen im ehemaligen Auerberger Revier zwischen Stolberg und Wippra (HINZE, C., et al. 1998); (MOHR, K. 1993).

Aufgrund der Halden des ehemaligen Bergbaus auf stratiforme oder gangförmige Lagerstätten können lokal Magnetominerale in Gewässer eingetragen werden.

In Aufschlüssen des mittleren Saaletals wurden möglichst frische Gesteinsproben entnommen, um die magnetische masse-spezifische Suszeptibilität potentieller Liefergesteine zu bestimmen. Teilweise wurden auch bewusst angewitterte Gesteine beprobt. Damit können Werte für geogene Hintergrundwerte abgeschätzt und mit den rezenten fluviatilen Sedimenten verglichen werden. Außerdem können diese Daten mit bohrlochgeophysikalischen logs der magnetischen Suszeptibilität in der Thüringer Mulde verglichen werden. Ein Vorteil der Aufschlußbeprobung gegenüber den logs ist, dass im Gelände Störungen durch den Vergleich mit dem direkten Umfeld, mit weiteren Aufschlüssen und mit Mächtigkeitsangaben aus der Literatur weitgehend erkannt und berücksichtigt werden können. Darüberhinaus könnten diese Messungen helfen aeromagnetische Anomalien besser zu interpretieren, siehe z.B. (BOSUM, W. 1981). Die bisherigen Messungen sind in Abb. 5.3-3 dargestellt.

Für die Schichtfolge des mittleren Buntsandsteins zeichnet sich ab, dass die höchsten Werte der masse-spezifischen magnetischen Suszeptibilität in dunkelrot bis violett rot gefärbten und graugrünlischen Siltsteinen auftreten, während die generell dominierenden Sandsteine unterschiedlicher Färbung meist geringe Werte aufweisen. Die Magnetominerale sind offenbar vor allem an die Feinfraktion pelitischer Gesteine gebunden.

In der Muschelkalk Abfolge sind Mergelsteine etwas stärker magnetisierbar als Kalksteine, ei letzteren zeigen sparitische Kalksteinbänke die geringsten Werte. Gelbkalke, d.h. gelbe bis ockerfarbene mikritische bis sparitische Kalksteinbänke, die mehrfach im Muschelkalk auftreten, siehe z.B. (SCHULZ, M.-G. 1972), sind viel stärker magnetisierbar. Offenbar liefern einerseits Silikate der Ton- und Siltfraktion, andererseits Ankerit oder Siderit in dolomitreicheren Kalksteinen die wichtigsten Beiträge zur Magnetisierbarkeit.

In Bohrprofilen triassischer Gesteine könnte die Magnetisierbarkeit Hinweise auf lithologische Trends in Kleinzyklen liefern, siehe z.B. (GÖTZ, A. 2002). Insgesamt sind die geringen Werte für Sedimente des mittleren Buntsandsteins nicht grundlegend verschieden von denen für Sedimente des Muschelkalks. Für den unteren und oberen Buntsandstein und den Keuper mit jeweils stärkerem Anteil feinkörniger Siliziklastika sind höhere Werte zu erwarten, dies soll durch weiteren Proben näher untersucht werden.

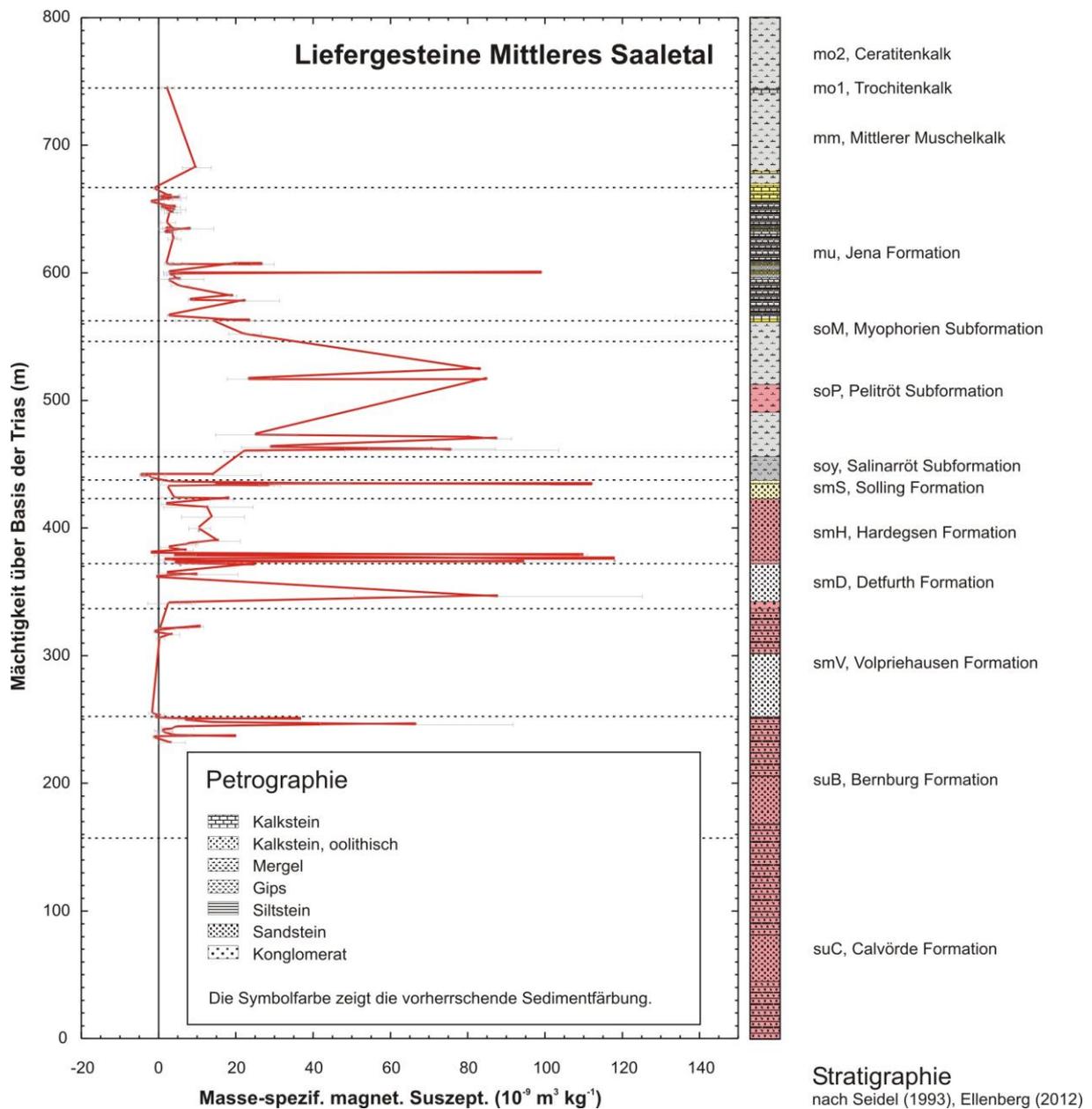


Abb. 5.3-3: Masse-spezifische magnetische Suszeptibilität von Gesteinsproben im Liefergebiet von mittlerer Saale für Gesteine des Buntsandsteins und Muschelkalks, aufgetragen gegen die Mächtigkeit über der Basis der Trias. Die Standardabweichungen der einzelnen Proben sind angegeben. Die stärksten Werte im Muschelkalk zeichnen Gelbkalke nach, im Buntsandstein pelitische Lagen. Weitere Proben sollen ergänzt werden.

Offenbar sind die Werte der masse-spezifischen Suszeptibilität im Tafeldeckgebirge aus vorwiegend triassischen Gesteinen meist deutlich geringer als diejenigen für permische Vulkanite oder paläozoische Siliziklastika.

{Sub-} Formation	Petrographie	Mittelwert	Std.abw.	Anzahl
Quartär, Holozän	Travertin	-4		1
Quartär, Pleistozän	Löß	128	6	3
Quartär, Pleistozän	Travertin	1	3	4
Muschelkalk, oberer, mo1	Sparitischer Kalkstein	2	2	1
Muschelkalk, mittlerer	Dol. Kalkst.	10	4	1
Muschelkalk, unterer, mu <sub>2</sub>	Sparit. / mikrit. Kalkstein, dol.	2	2	8
Muschelkalk, unterer, mu <sub>3</sub>	Wellenkalk	3	2	9
Muschelkalk, unterer, mu <sub>4</sub>	Sparit. / mikrit. Kalkstein, dol.	3	3	4
Muschelkalk, unterer, mu <sub>2</sub>	Wellenkalk	4	1	3
Muschelkalk, unterer, mu <sub>00</sub>	Mikrit. Kalkstein	8	1	8
Muschelkalk, unterer, mu <sub>1</sub>	Wellenkalk	16	3	14
Buntsandstein, oberer, soM	Mergelige Kalkst.	22	4	1
Buntsandstein, oberer, soP <sub>3</sub>	Mergelstein	64	6	3
Buntsandstein, oberer, soP <sub>2</sub>	Mergelstein			
Buntsandstein, oberer, soP <sub>1</sub>	Mergelst., Siltst., z.T. Kalkst.	56	10	7
Buntsandstein, oberer, soy	Gipse, Mergelstein	0	3	6
Buntsandstein, mittlerer, smS	Sandstein, z.T. Siltstein	36	7	8
Buntsandstein, mittlerer, smH	Sandstein, z.T. Siltstein	27	5	20
Buntsandstein, mittlerer, smD	Sandstein, z.T. Siltstein	19	12	7
Buntsandstein, mittlerer, smV	Sandstein, z.T. Siltstein	2	1	9
Buntsandstein, unterer, suB	Sandstein und Siltstein	12	5	9
Rotliegendes	Rhyolith	273	224	13
Dinant, Kulm Fazies	Siltstein, z.T. Sandstein	127	14	28
Dinant, Lehesten Formation	Dachschiefer	92	29	10

Tab. 5.3-1: Masse-spezifische magnetische Suszeptibilität von Liefergesteinen im Einzugsgebiet der oberen und mittleren Saale in  $10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Mit Std.abw. ist der Mittelwert der Standardabweichungen der Proben gemeint. Die Anzahl meint Probenanzahl, eine Probe besteht jeweils aus in der Regel mindestens 3 Unterproben.

[Zurück zur Übersicht](#)

### 5.3.3. Korngrößenverteilung der untersuchten Proben

In zwei Bachelorarbeiten, (BEYER, D. 2008) und (MÖLLER, S. 2009), wurden die Kornfraktionen der Saalesedimente untersucht, einige Proben wurden ergänzt.

Ablagerungsmilieu	Mean { $\mu\text{m}$ }	Median { $\mu\text{m}$ }	Sortierung nach Trask	Anzahl
Rinnenboden unter Wasser	299	175	2,0	14
Rinnenboden trocken	278	284	1,4	1
Ufersaum	246	248	1,3	5
Uferhang	247	249	1,3	2
Levee	221	220	1,3	3
Überflutungsebene	96	95	1,7	1
Gesamte Proben	276	244	1,7	26

Tab. 5.3-2: Gemittelte Korngrößenparameter der Proben von der mittleren Saale bei Jena.

Für die meisten Proben liegt die häufigste Korngröße in der Mittelsandfraktion, wie auch für die meisten in Ufernähe gesammelten Proben der mittleren Saale. Der Trend abnehmender Mittelwerte von Rinnenmitte zu Überflutungsebene wird deutlich.

[Zurück zur Übersicht](#)

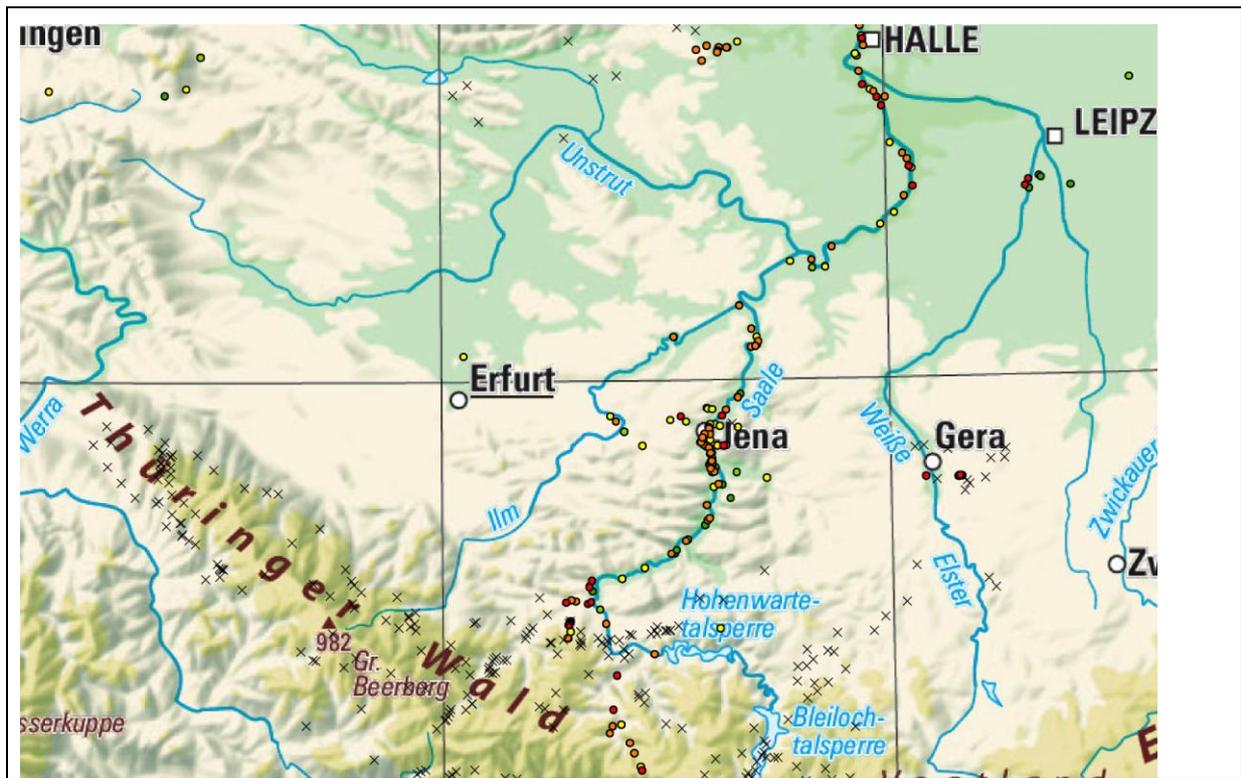
#### 5.3.4. Magnetische Suszeptibilität von Gesamtgesteinsproben

Die masse-spezifische magnetische Suszeptibilität entlang von Loquitz und mittlerer Saale sowie deren Zuflüssen entnommener Proben sandiger bzw. pelitischer Sedimente sind in den Abb. 5.3-4 und 5.3-5 dargestellt. An Lokationen, bei denen sowohl die sandige als auch die pelitische Fraktion durch Siebung bzw. Atterberg-Zylinder Trennung vorliegen, sind die Werte der pelitischen Fraktion deutlich höher als die der sandigen Proben, das zeigt auch der Vergleich pelitischer und sandiger Proben in der folgenden Abbildung. Im Vergleich mit anderen Flüssen in Deutschland liegen die Werte der Proben von Loquitz und mittlerer Saale recht hoch. Deutlich wird, dass die paläozoischen, meist relativ feinkörnigen Gesteine des Thüringisch-Fränkischen Schiefergebirges die wichtigste Quelle für Magnetominerale in rezenten fluviatilen Sedimenten der Saale darstellen.

Die Färbung der sandigen Ablagerungen verändert sich von grau bei Saalfeld zu gelblich-beige bei Kahla und weist dadurch auf den raschen Zerfall von Schieferklasten und den zunehmenden Anteil triassischer Quarzkörner hin. Magnetominerale der Schiefer werden sich mit zunehmender Transportlänge in der Pelit-Fraktion wiederfinden. Die Beiträge der Gesteine des Tafeldeckgebirges zur Magnetisierbarkeit sind im untersuchten Gebiet deutlich geringer als die paläozoischer Gesteine.

Bei der Betrachtung sandiger Gesamtgesteinsproben ergibt sich eine starke Streuung durch die starke Korngrößenabhängigkeit der magnetischen Suszeptibilität innerhalb der Sandfraktionen, siehe Abb. 5.3-5.

Interessanterweise liegen die Werte für die masse-spezif. magnet. Suszept. fluviatiler Proben stromab des Eichicht Damms in der Sandfraktion etwas und in der Tonfraktion sogar deutlich über den Werten für einige paläozoische und triassische Liefergesteine. Das bedeutet, dass hier offenbar ein Signal aus bisher nicht beprobten Liefergesteinen wie den ordovizischen Magnetit-Quarziten oder aus Bergbauaktivitäten über weite Transportstrecken die magnetischen Eigenschaften dominiert.



**Legende**

Mass-spezif. MS ( $10^9 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

- <math>< 50</math>
- <math>< 100</math>
- <math>< 250</math>
- <math>< 500</math>
- <math>< 1000</math>
- x Erzbergwerk, stillgelegt

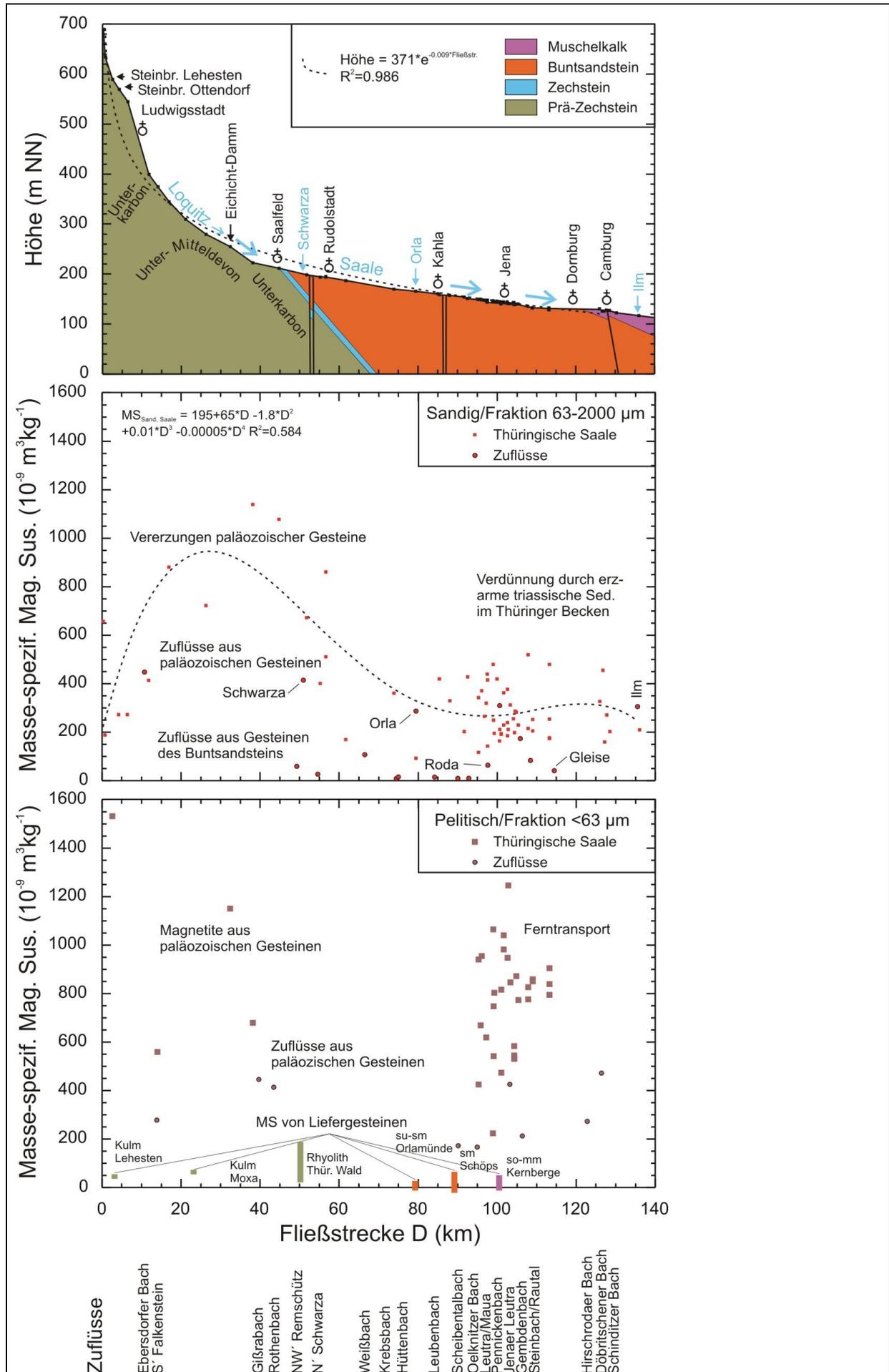


Abb. 5.3-4, vorvorige Seite: Oben masse-spezifische magnetische Suszeptibilität von sandigen Gesamtgesteinsproben bzw. der Fraktion 63-2000  $\mu\text{m}$  im Einzugsgebiet von Loquitz und mittlerer Saale, um Erzbergwerke ergänzt nach (REH, H. & SCHRÖDER, N. 1974); unten von siltig-tonigen Proben bzw. der Fraktion  $<63 \mu\text{m}$ , Stand Juli 2013. Stromab des Eichicht Damms unterhalb der Hohenwarte Talsperre finden sich kaum pelitische Ablagerungen. © der Kartengrundlage: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, <http://www.bkg.bund.de>.

Abb. 5.3-5, vorige Seite: Magnetische masse-spezifische Suszeptibilität von sandigen Gesamtgesteinsproben entlang der Loquitz und mittleren Saale bis zur Mündung der Ilm bei Großheringen, mit stark vereinfachtem geologischem Profil nach (SEIDEL, G., et al. 2002) und (BAUBERGER, W., et al. 1981). Die x-Achse entspricht der Fließstrecke in Flußkilometern, die mit Google Earth bestimmt wurde.

[Zurück zur Übersicht](#)

### 5.3.5. Magnetische Suszeptibilität von Kornfraktionen

Bei den Werten der masse-spezif. magnetischen Suszeptibilität von Kornfraktionen fällt auf, dass die höchsten Werte in der Fraktion  $<63 \mu\text{m}$ , also Ton und Silt, und 500 bis 2000  $\mu\text{m}$ , also im wesentlichen Grobsand, auftreten, während im Bereich 125-500  $\mu\text{m}$ , also etwa Fein- bis Mittelsand, die Werte viel geringer sind. Die Feinfraktion stammt vermutlich aus paläozoischen Siliziklastika des Schiefergebirges mit längerem Transportweg. Bei der Fein- bis Mittelsandfraktion stammt ein bedeutender Anteil vermutlich aus weniger weit transportierten Gesteinen des Buntsandsteins mit hohem Quarz- und Feldspat-Anteil. In der Grobsandfraktion bleibt die Zuordnung etwas unklar, und in der Feinkiesfraktion treten insgesamt die höchsten Werte auf. Möglicherweise gibt es hier Einflüsse durch stärker magnetisches Material, das für Uferbefestigungen verwendet und nicht sehr weit transportiert wurde. Die Ufer der mittleren Saale sind vielerorts durch Verkippung von Hartgesteinen, z.T. auch von Bauschutt befestigt. Eine andere Möglichkeit wären Schwermineralanreicherungen im Abstrom von Wehren. Zwischen den einzelnen Ablagerungsbereichen gibt es keine bedeutenden Unterschiede für identische Kornfraktionen.

Ablagerungsmilieu	$<2 \mu\text{m}$	2-63 $\mu\text{m}$	$<63 \mu\text{m}$	63-125 $\mu\text{m}$	125-250 $\mu\text{m}$	250-500 $\mu\text{m}$	500-1000 $\mu\text{m}$	1000-2000 $\mu\text{m}$
Rinnenboden unter Wasser {14}	466 {11}	498 {12}	818 {14}	511	185	174	542	762
Rinnenboden trocken {1}			810	562	128	106	933	570
Ufersaum {5}			829	822	172	117	581	382
Uferhang {2}			914	684	180	159	900	430
Levee {3}			828	641	221	138	685	468
Überflutungsebene {1}			777	430	218	296	619	214
Gesamte Proben {26}			827	589	186	161	613	619

Tab. 5.3-3: Mittelwerte der masse-spezif. magnetischen Suszeptibilität von Kornfraktionen an der mittleren Saale bei Jena in  $10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ; die Anzahl der Proben ist in {} angegeben. Für 8 Proben verschiedener Milieus mit Ausnahme der wassererfüllten Rinne wurde an der Fraktion 2-3 mm ein Mittelwert von  $2600 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  bestimmt.

### 5.3.6 Schwermetallgehalt von Kornfraktionen

Um zu testen, ob zwischen masse-spezif. magnetischer Suszeptibilität und Schwermetallgehalten ein signifikanter Zusammenhang besteht, wurde in Abb. 5.3-6 für drei Proben aus rezenten Saaleablagerungen in Jena der Elementgehalt der Kornfraktionen mittels Totalaufschluß und ICP-OES bzw. –MS bestimmt, siehe (BEYER, D. 2008) und (MÖLLER, S. 2009). Tatsächlich zeigte sich z.B. für Fe, dass es eine positive Übereinstimmung von masse-spezif. magnetischer Suszeptibilität mit dem Fe-Gehalt einer Fraktion gibt. Allerdings weisen die Ton- und Siltfractionen bei insgesamt hohen Werten keine besonders gute Korrelation zwischen beiden Parametern auf, da die Tonfraktion die höchsten Fe-Gehalte, die Siltfraction die höchsten Suszeptibilitäten aufweist. Dagegen findet sich für den Mittelsand eine gute Übereinstimmung von den niedrigsten Suszeptibilitäten mit den niedrigsten Fe-Gehalten. Ähnlich sieht es für andere Schwermetalle aus.

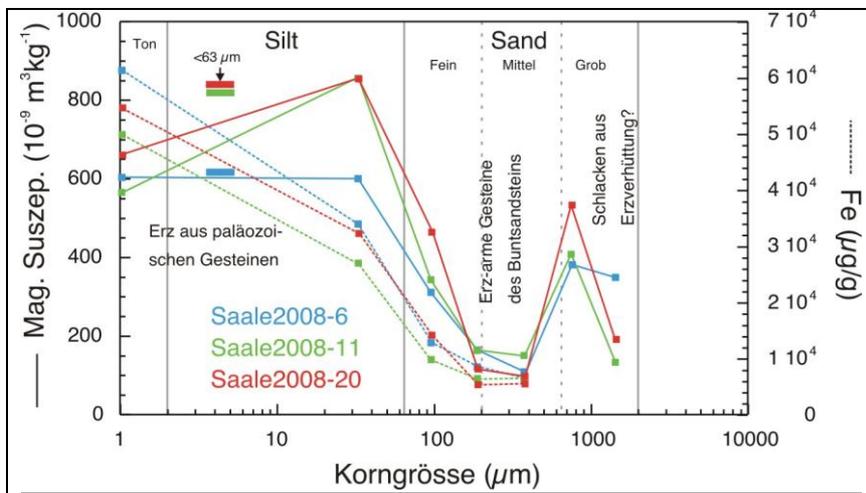


Abb. 5.3-6: Fe-Gehalte und masse-spezif. magnetische Suszeptibilität verschiedener Kornfraktionen von drei Proben rezenter Sedimente aus der Rinne der Saale in Jena aus (BEYER, D. 2008) und (MÖLLER, S. 2009).

Betrachtet man nur die Fraktion mit den höchsten Schwermetallgehalten, die Tonfraktion, so ergibt sich eine einigermaßen gute positive Korrelation von masse-spezif. magnetischer Suszeptibilität mit dem Zn-Gehalt, für andere Schwermetalle sind die Korrelationskoeffizienten etwas niedriger positiv.

In Abb. 5.3-7 sind Zn-Gehalte und masse-spezifische Suszeptibilitäten der Fraktion  $< 2 \mu\text{m}$  von Proben der mittleren Saale bei Jena dargestellt, dazu Vergleichswerte von deutschen Überflutungsebenensedimenten und Flußsedimenten, die mit Röntgenfluoreszenzanalyse bestimmt wurden (SALMINEN, R. 2005). Auch wenn in der hier vorliegenden Studie nicht die gleichen Fraktionen untersucht wurden, zeigen die Ergebnisse am Beispiel Zn, dass die Schwermetallgehalte der Saalesedimente offenbar deutlich erhöht sind.

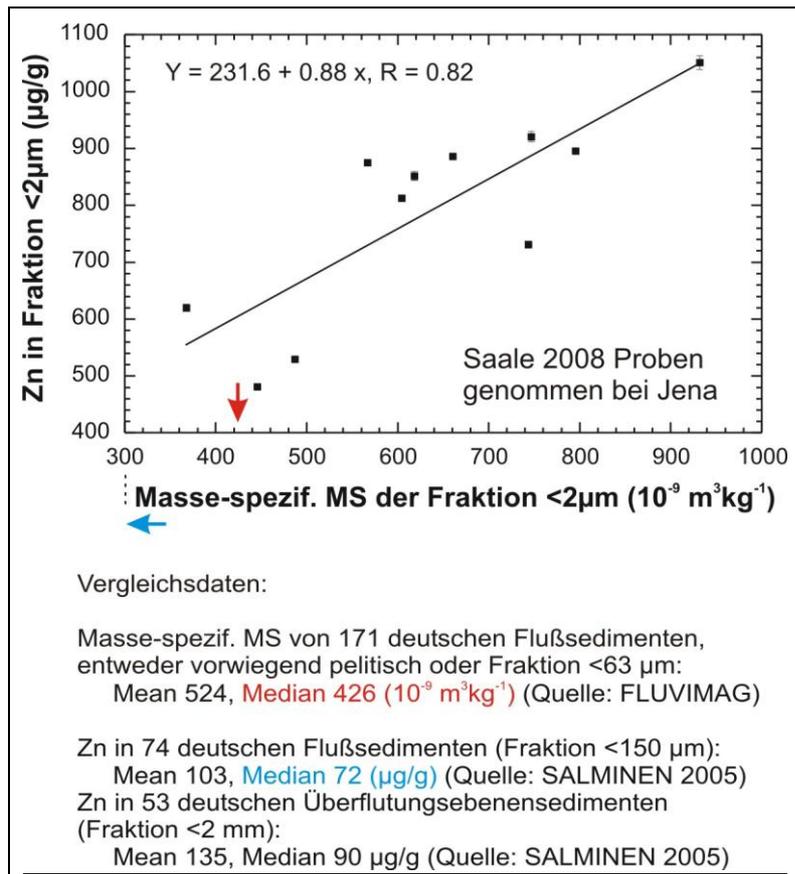


Abb. 5.3-7: Masse-spezif. magnetische Suszeptibilität gegenüber Zn-Gehalten der Tonfraktion in 2008 entnommener Proben rezenter Sedimente aus der Rinne der Saale in Jena aus (BEYER, D. 2008) und (MÖLLER, S. 2009).

Bei Betrachtung nur einer bestimmten Kornfraktion könnte man offenbar über die magnetische Suszeptibilität Quellen für erhöhte Schwermetallkonzentrationen kartieren. Bei Betrachtung der masse-spezifischen magnetischen Suszeptibilität der Gesamtfraktion spielen dagegen Korngrößeneffekte eine zu große Rolle um Anomalien zuverlässig interpretieren zu können.

[Zurück zur Übersicht](#)

### 5.3.7. Zitierte Literatur

- ANDREAS, D. (1996): Geologische Karte Thüringer Wald 1 : 100 000. 1. ed.; Thür. L.A. Geologie, Weimar.
- BACHMANN, G.H., EHLING, B.-C., EICHNER, R. & SCHWAB, M. (2008; ed.): Geologie von Sachsen-Anhalt. 1. ed.; 1-689; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- BANKWITZ, P. & BANKWITZ, E. (1995): 4.2 Proterozoikum/Schwarzburger Antiklinorium. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 46-77; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- BAUBERGER, W., BERGER, K., DOBEN, K., EMMERT, U., GANSS, O., GROTTENTHALER, W., HÄUBLER, H., HAUNSCHILD, H., VON HORSTIG, G., JERZ, H., MEYER, R., MIELKE, H., OTT, W.-D., SCHMIDT-KALER, H., SCHWARZMEIER, J., SCHWERD, K., STETTNER, G., STREIT, R., UNGER, H.J., WEINELT, W., HÜTTNER, R., WOLNICZAK, K. & MÄRTEL, A.

- (1981): Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000. 3. ed.; Erläuterungen: 1-168, 6 Taf.; Bayerisches geol. Landes-A., München.
- BEYER, D. (2008): Analyse von Korngrößenvariationen in Saalesedimenten im Raum Jena. Forschungspraktikum am Institut für Geowissenschaften der Universität Jena, 1-76.
- BIEWALD, W., BRANIEK, G. & LINZ, W. (2012): Geologische Exkursion der Geologischen Gruppe des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg vom 15. bis 22. Juni 2012 in das untere Unstruttal und das mittlere Saaletal zwischen Freyburg und Saalfeld sowie das Thüringer Schiefergebirge zwischen Bad Blankenburg und Steinheid sowie zur Nordrandstörung des Thüringer Waldes bei Ilmenau. 1. ed.; 1-60; Naturwissenschaftliche Verein, Hamburg.
- BLUMENSTENGEL, H. (1995): 4.3.4 Devon. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 121-146; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- BLUMENSTENGEL, H., WEYER, D. & BARTZSCH, K. (1997): Zechstein, Buntsandstein und Muschelkalk im östlichen Thüringer Becken. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 3: 83-99.
- BOSUM, W. (1981): Anlage und Interpretation aeromagnetischer Vermessungen im Rahmen der Erzprospektion. Geologisches Jahrbuch E, 20: 1-63.
- DOCKTER, J. & LANGBEIN, R. (1995): 4.5.1.3 Keuper. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 332-362; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- ELLENBERG, J. (2012): Geologie erleben - Saale-Holzland und Jena. 1. ed.; 1-132; Jenzigverlag, Jena.
- ERNST, W. (1995): 4.5.2 Jura. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 362-369; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- FALK, F. & WIEFEL, H. (1995): 4.3.2 Ordovizium. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 91-110; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- FALK, F. & WUCHER, K. (1995): 4.3.1 Kambrium. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 77-90; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- FRANZ, M., HENNIGER, M. & BARNASCH, J. (2013): The strong diachronous Muschelkalk/Keuper facies shift in the Central European Basin: implications from the type-section of the Erfurt Formation (Lower Keuper, Triassic) and basin-wide correlations. International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 102: 761-780.
- GÖTZ, A. (o.a.): Buntsandstein und Muschelkalk im östlichen Thüringer Becken (Saale-Unstrut-Triasland, Sachsen-Anhalt). ed.; 1-13; Institut für geologische Wissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle, Halle.
- GÖTZ, A. (2002): Hochauflösende Stratigraphie im Unteren Muschelkalk (Mitteltrias, Anis) des Germanischen Beckens. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 15: 101-107.
- HINZE, C., JORDAN, H., KNOTH, W., KRIEBEL, U. & MARTIKLOS, G. (1998): Geologische Karte Harz 1 : 100 000. 1. ed.; Geol. L.A. Sachsen-Anhalt, Nieders. L.A. Bodenforschg., Halle/Saale, Hannover.
- KÄSTNER, H., SEIDEL, G. & WIEFEL, H. (1995): 3. Regionalgeologische Stellung und Gliederung. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 13-21; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- KNOTH, W. & SPIEB, H. (1992): Geologische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt 1 : 400 000. 1. ed.; Geol. L.A. Sachsen-Anhalt, Ges. f. Straßenkartogr., Halle/Saale.

- LANGBEIN, R. (1992): Fluvial to marine-marginal sediments in the surroundings of Jena. In: FALK, F. (ed.): 13th IAS regional meeting of sedimentology; 215-228; ed., International Association of Sedimentologists, Jena.
- LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. (1995a): 4.4.2 Zechstein. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 277-302; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. (1995b): 4.5.1.2 Muschelkalk. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 317-331; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- LANGBEIN, R. & SEIDEL, G. (1997): Zechstein, Buntsandstein und Muschelkalk im östlichen Thüringer Becken. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 3: 101-114.
- LÜTZNER, H., ANDREAS, D., MÄDLER, J., MICHAEL, J., VOIGT, H., WERNEBURG, R., JUDERSLEBEN, G. & JUNGWIRTH, J. (1995): 4.4.1 Siles und Rotliegend. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 188-277; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- MEINEL, G. (1995): 4.3.7 Magmatismus und Metamorphose. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 180-187; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- MEINEL, G. & MÄDLER, J. (1995): 5.1 Erze. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 423-433; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- MENNING, M. & HENDRICH, A. (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland. 1. ed.; Deutsche Stratigraphische Kommission; GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam.
- MOHR, K. (1993): Geologie und Minerallagerstätten des Harzes. 2. ed.; 1-496; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- MÖLLER, S. (2009): Schwermetallgehalt in fluvialen Sedimenten im Stadtgebiet Jena. B.Sc. Arbeit im Studiengang Biogeowissenschaften an der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät der Universität Jena, 1-109 +18 Anh.
- MÜLLER, A. & HENNIGER, M. (2010): Geologische Streifzüge im Unstruttal zwischen Roßleben und Naumburg/Saale. 1. ed.; 1-29; Burgenlandkreis, Geopark Triasland, Nebra.
- MÜLLER, A. & THOMAE, M. (o.a.): Das Saale-Unstrut-Triasland - eine geologische Schatzkammer in der Mitte Deutschlands. 1. ed.; 1-28; Naturpark "Saale-Unstrut-Triasland" e.V., Nebra.
- PFEIFFER, H., BLUMENSTENGEL, H. & WIEFEL, H. (1995): 4.3.5 Dinant. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 147-166; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- PUFF, P. & LANGBEIN, R. (1995): 4.5.1.1 Buntsandstein. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 302-317; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- REH, H. & SCHRÖDER, N. (1974): 6.1 Erze. In: HOPPE, W. & SEIDEL, W. (ed.): Geologie von Thüringen; 867-897; ed., Haack, Gotha/Leipzig.
- SALMINEN, R. (2005): Geochemical Atlas of Europe - Part 1: Background information, methodology and maps. ed.; Association of the Geological Surveys of The European Union (EuroGeoSurveys)/ the Geological Survey of Finland, Helsinki.
- SCHLEGEL, G. (1995): 4.3.3 Silur. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 111-121; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- SCHULZ, M.-G. (1972): Feinstratigraphie und Zyklengliederung des Unteren Muschelkalks in N-Hessen. Mitteilungen Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Hamburg, 41: 133-170.

- SCHWAB, M. & EHLING, B.-C. (2008): 4.7 Karbon. In: BACHMANN, G.H., EHLING, B.-C., EICHNER, R. & SCHWAB, M. (ed.): Geologie von Sachsen-Anhalt; 110-140; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- SCHWAB, M. & HÜNEKE, H. (2008): 4.6 Devon. In: BACHMANN, G.H., EHLING, B.-C., EICHNER, R. & SCHWAB, M. (ed.): Geologie von Sachsen-Anhalt; 87-109; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- SEIDEL, G. (1993): Geologie von Jena. 1. ed.; 1-68; Thüringischer Geologischer Verein, Jena.
- SEIDEL, G. (1995; ed.): Geologie von Thüringen. 1. ed.; 1-556; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- SEIDEL, G. (2012b): Mächtigkeitsänderungen im Muschelkalk Thüringens. Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge, 19: 41-62.
- SEIDEL, G. (2012a): Stratigraphischer Vergleich der Trias von Thüringen mit der Trias angrenzender Gebiete. Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge, 19: 19-40.
- SEIDEL, G. (1992): Thüringer Becken. 1. ed.; 1-204; Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- SEIDEL, G., KÄSTNER, H., WIEFEL, H., HEUSE, T., HUCKRIEDE, H., KATZSCHMANN, L., WUCHER, K., SCHRÖDER, A., KÜMPEL, P., GÜNTHER, M. & HAGEMEISTER, H. (2002): Geologische Übersichtskarte von Thüringen 1 : 200 000. 1. ed.; Thür. L.A. Umwelt Geologie, Jena.
- SEIDEL, G. & LOECK, P. (1993): Zur Geochemie der Wellenkalk-Folge von Bad Kösen und Jena. Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, 1: 49-58.
- SEIDEL, G. & LOECK, P. (1990): Zur Gliederung der Wellenkalk-Folge (Muschelkalk) zwischen Jena und Freyburg. Zeitschrift für geologische Wissenschaften, 18: 825-835.
- STEINMÜLLER, A. (1995): 4.6.1 Tertiär. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 378-392; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.
- VOIGT, T. & LINNEMANN, U. (1996): Resedimentation im Unteren Muschelkalk – das Profil am Jenzig bei Jena. Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge, 3: 153–167.
- WEISE, G. (2012): Naturwerksteine des Landkreises Saalfeld-Rudolstadt (Teil 3). Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge, 19: 149-178.
- WUNDERLICH, J. (1995): 4.1 Mitteldeutsche Kristallinzone. In: SEIDEL, G. (ed.): Geologie von Thüringen; 22-46; 1. ed., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart.