© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch | Jahresmitteilungen 2011 Nürnberg 2013 | Seite 121-151 | Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Marientorgraben 8, 90402 Nürnberg

Gottfried Hofbauer

Zur Laufumkehr des Regnitztales

1. Einleitung

Die Regnitz ist nicht nur wegen der vielen Namen für ihre einzelnen Laufabschnitte und Zuflüsse ein komplizierter Fluss (Abb. 1). Einer ihrer heutigen Quellbäche, die bei Weißenburg/Graben entspringende Schwäbische Rezat, war einst ihr mächtiger, nach Süden gerichteter Unterlauf, bevor sie vom Untermain her bei Bamberg erfasst und in ihrer Laufrichtung umgedreht wurde. Die Vorstellung, dass die Regnitz einst nach Süden floss, ist alt und gründet auf zahlreichen Beobachtungen.

Trotz einer langen Forschungsgeschichte ist es aber bisher nicht möglich, die Entwicklung detailliert nachzuzeichnen. In den letzten Jahren sind allerdings einige neue Aspekte bekannt geworden, die Anlass dafür sind, hier eine allgemein verständliche Zusammenfassung des aktuellen Wissensstandes zu versuchen. Darin fließen auch eigene Beobachtungen und Interpretationen ein, die auf zahlreichen Geländebegehungen der letzten Jahre gründen und zumeist zusammen mit den Teilnehmern der Kurse „Geologie der Region" unternommen wurden. Ihnen sei an dieser Stelle für die anhaltende Unterstützung gedankt.

Um das Jonglieren mit den vielen Namen für die Laufabschnitte der Regnitz zu minimieren, wird im Folgenden die Nord-Süd-Linie des Tales - also von der Schwäbischen Rezat über die Rednitz zur Regnitz - als Regnitz-Tal bezeichnet. Als Süd-Regnitz wird das einstige nach Süden verlaufende System, als Nord-Regnitz der heutige, zum Main hin orientierte Fluss bezeichnet.

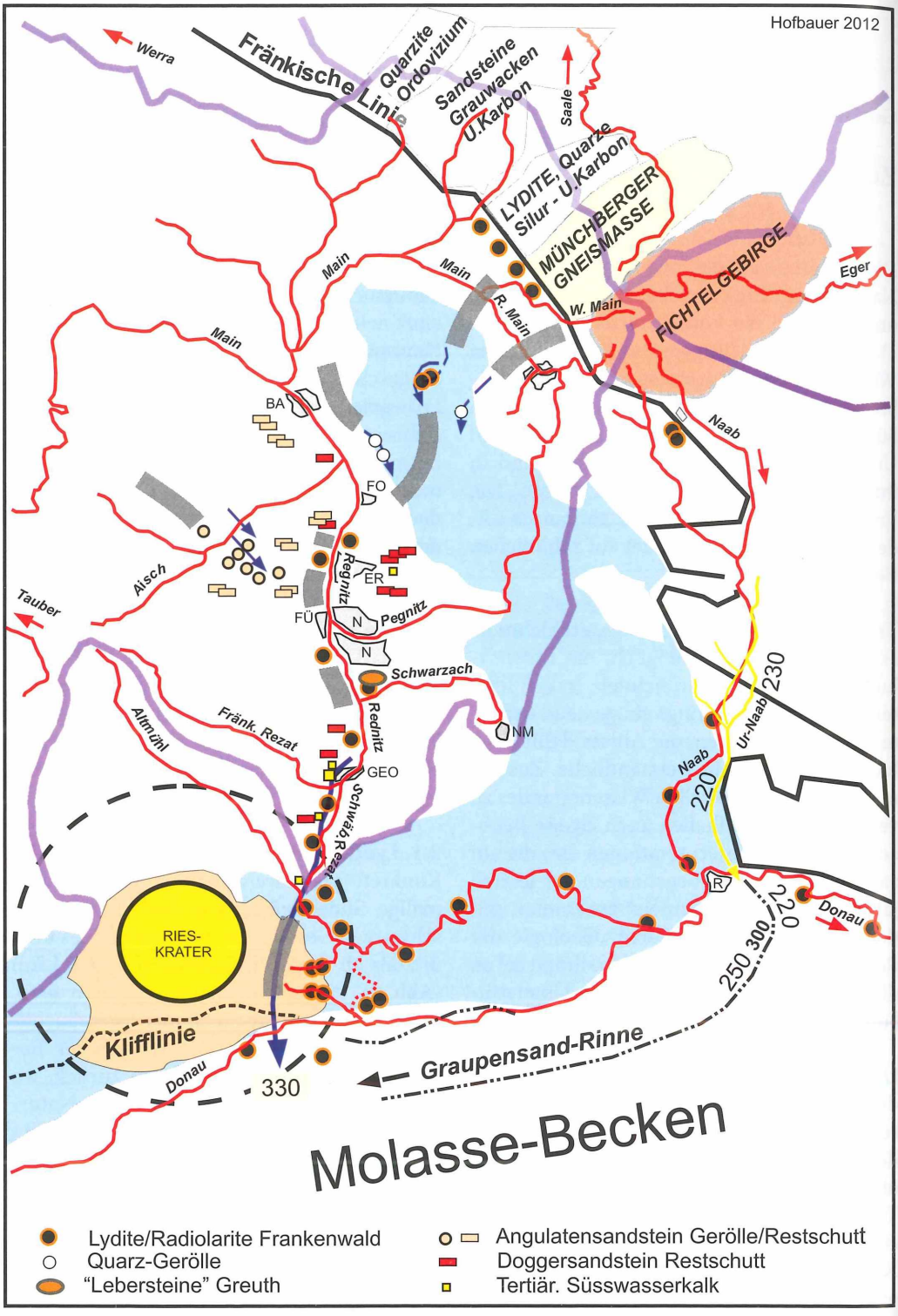
2. Zeugnisse der ehemaligen Südentwässerung

Die erste Vermutung, dass das Regnitzsystem einst nach Süden orientiert war, stammt von Neumayr (1885). Grundlage dafür waren erdgeschichtliche Überlegungen, dass das Entwässerungsnetz am Ende der Jurazeit der sich nach Süden - in den heutigen Alpenraum - zurückziehenden Küste gefolgt sein muss. Die auch im heutigen Flussnetz noch deutlich erkennbare Ausrichtung vor allem der westlichen Nebenflüsse der Regnitz, aber auch der von N her nach Bamberg zulaufenden Baunach, Itz und Obermain, kann als Ausdruck dieser Anlage verstanden werden. Ein markanter Ausreißer in diesem Bild ist allerdings die Aisch, deren Entstehung jedoch auf eine besondere Einmuldung der Kruste in ihrem mittleren und unteren Laufabschnitt zurückzugehen scheint (Hofbauer 2007).

2.1. Lydite und Radiolarite als Leitgeröll

Konkrete greifbare Zeugnisse für eine ehemalige Südentwässerung sind die zumeist schwarzen Gerölle, die man entlang des Regnitztals ab Erlangen-Baiersdorf finden kann (Abb. 2). Vielfach werden sie mit dem alten, heute international nicht mehr gebräuchlichen Namen *Lydit* bezeichnet. Dieser Begriff geht auf das antike Lydien zurück, wo - wie Plinius der Ältere in seiner Naturgeschichte berichtet - der schwarze Stein als Probierstein verwendet wurde: an der Farbe des durch Abrieb am Stein entstandenen Strichs konnte man auf den Gold- oder Silbergehalt einer Legierung schließen (Lüschen 1968).

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at



© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

◂ Abb. 1: Übersicht über die Zeugnisse der ehemaligen Süd-Entwässerung. Die kräftigen grauen Striche bezeichnen die Hauptlinien des Systems.
Das Herkunftsgebiet der aus dem Frankenwald kommenden Schotter konzentriert sich auf den Bereich zwischen Fichtelgebirge und der Teuschnitzer Unterkarbonmulde, aus der der heutige Obermain große Mengen quarzitischer Sandsteine und Grauwacken aufnimmt. Diese Gerölle lassen sich zusammen mit den mehr aus dem Südosten stammenden Lyditen den gesamten Obermain entlang und auch von Bamberg weiter mainabwärts verfolgen - in der Karte sind diese jungen, pleistozänen Schotter-Ablagerungen **nicht** eingetragen! Verzeichnet sind lediglich Vorkommen, die aufgrund ihrer Höhenlage wie des Geröllspektrums (frei von Kalken, Verarmung an Sandsteinen/Grauwacken) als Zeugnisse älterer Abfluss-Systeme gelten können. Die Eintragungen sind aus maßstäblichen Gründen schematisiert.

Geologische Skizze auf der Grundlage der GK500 Bayern (Bayer. Geol. Landesamt 1996). *Blau*: Albhochfläche/ Weißer Jura - *braune Fläche* um den Rieskrater: heutige Verbreitung noch erhaltener Auswurfmassen - *gestrichelter Ring* um den Rieskrater: vermutete ursprüngliche Mindestausbreitung der Auswurfmassen - *violette Linien*: heutige Wasserscheiden. Das Wellheimer Ur-Donau-Tal (östlich des Rieskraters) ist gestrichelt markiert. Links/westlich davon liegen die kurzen Täler der Gailach (oben) und der Ussel (unten), deren Lyditschotter mit jeweils einer doppelten Signatur vermerkt wurden.

Alte Schotter auf der Nördlichen Frankenalb nach Schirmer (1995, 2007). Angulatensandstein-Schotter und Restschutt zwischen Bamberg und Nürnberg nach eigenen Aufnahmen, Rekonstruktion des SE-Abflusses vor der Entstehung der Aisch nach Hofbauer (2007). Dogger-Restschutt nach eigenen Aufnahmen und der Verwendung von Hinweisen aus den jeweiligen GK25. Die Eintragungen entlang des Regnitztals stammen aus zahlreichen Quellen - die Vorkommen von Frankenwaldschottern und Süßwasserkalken sind schon seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bekannt. Das Zentrum der „Leberstein"-Zeugnisse bei Greuth nach eigenen Aufnahmen. Die Daten zum Mündungsverlauf der Urnaabrinne und der Süd-Regnitz, sowie der Verlauf der Graupensandrinne nach Bader, Meyer & Brunold (2000).

Abb. 2: Hermann Schreiber präsentiert einen Lyditfund (NHG-Exkursion März 2008). Im Hintergrund der Bühl südlich Baiersdorf, eine flache Kuppe im Feuerletten. Die einstigen Schotter-Ablagerungen sind im Zuge der eiszeitlichen Abtragung der Kuppe in weitem Umkreis verstreut. Von hier stammen die bisher nördlichsten Lyditfunde im Regnitztal.

Die in Franken als *Lydite* bezeichneten Gesteine sind Meeresablagerungen aus dem Erdaltertum (überwiegend aus dem Silur). Das Gestein ist anstehend im Frankenwald zu finden, insbesondere auch in der Umrahmung der Münchberger Gneismasse, wobei es sich eher um eine Reihe kleinräumig auftretender Vorkommen handelt. Die Entstehung des Gesteins kann man sich in landfernen Meeresräumen vorstellen, die von der von den Kontinenten eingetragenen Sedimentlast nur noch randlich erreicht wurden:

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 3: Charakteristischer Frankenwald-Lydit (vermutlich Silur), Fundort Greuth (Sammlung H. Schreiber, Länge ca. 14 cm). Die bei frischeren Stücken weißen Quarzadern sind durch spätere Imprägnation bräunlich geworden. Der Quarz stammt aus der Gesteinsumgebung selbst, wo er bei tektonischer Beanspruchung durch Drucklösung mobilisiert wurde. Die Drucklösungszonen sind durch filigran gebuchtete Suturen gekennzeichnet (siehe Markierung).

kein Geröll oder grober Sand, sondern nur feinstkörniger Tonschlamm bestimmte die Ablagerungen am Meeresboden.

Im oberen Bereich des Meeres lebte allerdings - wie auch heute - pflanzliches und tierisches Plankton. Zu Letzterem gehörten die Radiolarien (deutsch auch: Strahlentierchen), welche Körpergerüste aus Opal - also amorphem, wasserreichem Siliziumdioxid - aufweisen. Aus dem Opal der zum Boden gesunkenen toten Radiolarien konnte in unterschiedlichem Umfang Kieselsäure in Lösung gehen und die umgebenden Sedimente imprägnieren. Solche derart verfestigten Tonsteine werden in Deutschland auch *Kieselschiefer* genannt. Dominieren im Gestein die Skelette der Radiolarien, oder gibt es überzeugende Gründe, dass die Kieselsäure von Radiolarien stammt, dann kann man auch von einem *Radiolarit* sprechen. Je nach dem Verhältnis von Tonschlamm/Radiolarien wird man also Gesteine antreffen, die zwischen einem verkieselten Tonstein auf der einen und einem relativ reinen Radiolarit auf der anderen Seite einzuordnen sind. Beimengungen von Kohlenstoff - aus nicht verwestem organischen Material - können das Gestein dunkel bis schwarz färben, Eisenverbindungen verursachen in der Regel rote oder grüne Farbtöne. Natürlich können in das Gestein auch die Reste anderer Meerestiere eingebettet sein - im Paläozoikum des Frankenwaldes findet man insbesondere die ebenfalls planktonisch lebenden, später aber ausgestorbenen Graptolithen.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Je höher das Verhältnis Kieselsäure/Tonschlamm, desto widerständiger wird das Gestein gegenüber mechanischer wie auch chemischer Verwitterung sein. In den Geröllen entlang des Regnitztals sind daher die kieselsäurereichsten, festesten Gesteine angereichert. Der bekannteste, da am leichtesten erkennbare Radiolarit ist der schwarze, von zahlreichen hellen Quarzadern durchzogene Typ (Abb. 3). Die Quarzadern stammen von gelöster und in Klüften wieder ausgefällter Kieselsäure, ein Prozess, der auftritt, wenn die Gesteine unter mechanische Spannung geraten (so wie die Gesteine des Frankenwaldes bei der variskischen Gebirgsbildung, in der auch beträchtliche Verstellungen erfolgten). Nur der schwarze Radiolarit entspricht dem eigentlichen, ursprünglichen Begriff des Lydits. Es gibt aber auch andere, hellere, oft fein laminierte Radiolarite - in diesen sind die im Laufe der Erdgeschichte zu groben Quarznestern rekristallisierten Reste der Skelette oft besonders gut zu sehen (Abb. 4). Dieser Typus zeichnet sich zudem durch eine von dem Kluftmuster des Gesteins bestimmte rhombenförmige Kontur aus, die trotz des Transportes im Flussbett oft noch gut erhalten ist.

Die Lydite und Radiolarite sind vorzügliche **Leitgerölle**, da ihr Herkunftsgebiet zweifelsfrei bestimmt werden kann. Die begleitenden, ebenfalls häufigen **Quarzgerölle** sind hingegen ein wenig geeignetes Leitgeröll, weil sie zum einen aus der Region selbst (den Keupersandsteinen) oder aus nahezu allen Bereichen des Grundgebirges kommen können, auch wenn das Fichtelgebirge mit seinen Graniten ein besonders produktives Liefergebiet gewesen sein könnte.

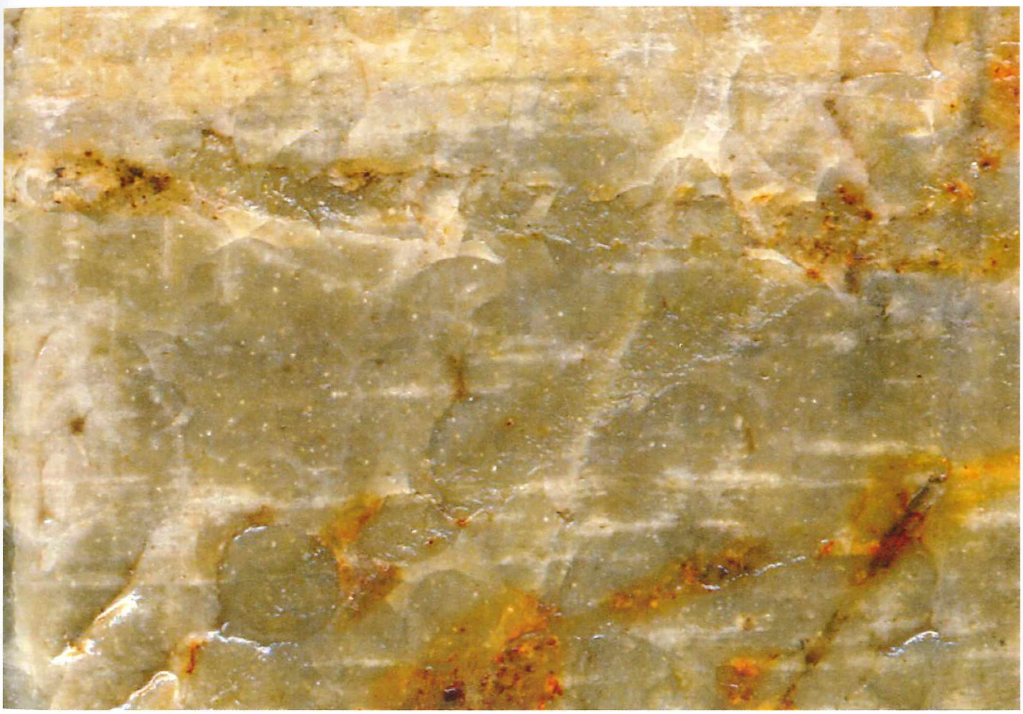


Abb. 4: Heller Radiolarit mit bereichsweise erkennbarer Feinschichtung, Fundort Steudach (Hofbauer). Die kleinen hellen Pünktchen sind ehemalige Radiolarien-Skelette, deren ursprüngliche Opal-Skelette später zu Quarz rekristallisierten.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 5: Eklogit aus der Münchberger Gneismasse, Fundort Büchenbach bei Roth (Sammlung Strickstrock, nun NHG). Deutlich erkennbar sind die bis 0,5 cm großen, roten Granate.

Natürlich wurden die in das Regnitztal umgelagerten Lydite/Radiolarite ursprünglich auch von anderen Gesteinen des Frankenwaldes begleitet. Diese sind aber zum Teil schon während des Transportes, zum anderen aber infolge der Verwitterung nach ihrer Ablagerung weitgehend zerstört worden. In den jungen Schotterablagerungen des Obermains wird der Anteil der Lydite von dem quarzitischer Sandsteine und Grauwacken übertroffen (deren Hauptverbreitungsgebiet liegt in der von Unterkarbongesteinen bestimmten Teuschnitzer Mulde). Diese Komponenten, die am Obermain auch noch in eiszeitlich älteren Ablagerungen über die Lydite dominieren (Schirmer, mündl. Mitteilung Exkursion 17. 4. 2010), sind im Regnitztal nahezu völlig verschwunden (vgl. auch die Geröllstatistiken in Tillmanns 1977). Deren Anteil könnte allerdings schon von Beginn an geringer gewesen sein, wenn das Einzugsgebiet seinen Schwerpunkt im Bereich der Münchberger Gneismasse gehabt hätte oder die Teuschnitzer Unterkarbon-Mulde gar nicht zum Einzugsgebiet gehört hätte. Zweifelsfrei von der Münchberger Gneismasse stammen seltene metamorphe Kristallinkomponenten wie ein Eklogit (Abb. 5). In der Sammlung Prachar (Unterasbach) ist ein in den umgebenden Feldern gefundener Granatamphibolit aufbewahrt, und Löwengart (1924, S. 76) berichtet von einem von Fickenscher (Nürnberg) gefundenen „Hornblendeschiefer".

Eine gute Einführung in die ältere Forschungsgeschichte ist bei Rückert (1933) zu finden. Demnach war das Vorkommen von Lyditen im Bereich des Regnitztales spätestens seit Thürach (1889) bekannt, aber erst Wagner hat in seiner *Geschichte der Altmühl* (1923, S. 49) klar ausgesprochen, dass die Lydite nicht aus dem Keuper der näheren Umgebung, sondern nur aus dem

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Frankenwald kommen können. Er fügt zudem die Beobachtung an, dass die Durchmesser der Schotterkomponenten tendenziell von Nürnberg aus nach S abnehmen. Spätestens mit der umfassenden Arbeit von KRUMBECK über die *Alten Schotter des Nordbayerischen Deckgebirges* (1927b) kann diese Ansicht als etabliert gelten. Eine erste umfangreiche Bearbeitung der alten Schotter des Regnitztales hat im folgenden RÜCKERT (1933) unternommen.

2.2 Frankenwaldgerölle auf der Hochfläche der Nördlichen Frankenalb

Der Transportweg der Frankenwaldgerölle ist nicht unbedingt aus der Struktur des heutigen Flussnetzes verständlich. Bemerkenswert ist, dass trotz jahrzehntelanger Suche zwischen Bamberg und Forchheim bisher keine aus dem Frankenwald stammenden Zeugnisse gefunden wurden. Hingegen sind Lyditfunde auf der Hochfläche der Nördlichen Frankenalb aus dem Raum Neuhaus/Aufseß seit KRUMBECK (1927b, S. 20) bekannt. In neuerer Zeit ist SCHIRMER (1985, 2007a, 2007b) diesen Vorkommen nachgegangen und hat sie mit auch heute bereichsweise noch gut erkennbaren Talformen verbinden können. Daneben ist es ihm gelungen, auf der Hochfläche der Langen Meile - zwischen Drügendorf und Eschlipp - ein volumenreiches Vorkommen von Quarzschottern zu finden. Ein weiteres, offenbar schon von KRUMBECK (1927b:19) erwähntes Vorkommen bei Plankenfels konnte von ihm ebenfalls bestätigt werden. Auch wenn sich in den beiden letztgenannten Vorkommen keine Lydite nachweisen ließen, so werden doch alle diese Zeugnisse als Reste eines alten, nach S orientierten Flusssystems gedeutet, das von SCHIRMER unter dem Namen ***Moenodanuvius*** (Main-Donau-Fluss) zusammengefasst wird.

Die soeben erwähnten Schotter bei Eschlipp können als die bisher ältesten Zeugnisse der Flussgeschichte des Regnitzraumes gelten. Auch wenn eine genauere Datierung nicht möglich ist, so belegt ihr Vorkommen auf der Hochfläche eines heute isolierten Spornes der Frankenalb, dass es zu jener Zeit daneben noch kein tiefer eingeschnittenes Regnitztal gegeben haben kann. Dieses Zeugnis muss deshalb noch älter sein als die in den folgenden Kapiteln erläuterten Zeugnisse einer tief eingeschnittenen Süd-Regnitz.

2.3. Der von den Riesauswurfmassen verschüttete Urmain

Der vor ca. 15 Ma entstandene Rieskrater ist ein Glücksfall für die Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte, denn unter seinen Auswurfmassen sind die unmittelbar davor vorhandenen Landschaftsformen konserviert. Im Zuge der Kartierarbeiten des (damaligen) Bayerischen Geologischen Landesamtes wurde unter den Auswurfmassen ein schon von BIRZER (1969) vermutetes Tal entdeckt (BADER & SCHMIDT-KALER 1977). Das Tal konnte unter Zuhilfenahme geophysikalischer Methoden vom Bereich der heutigen Wasserscheide bei Treuchtlingen/Graben entlang des östlichen Riesrandes nach S verfolgt werden. Die tief eingeschnittene, canyon-artige Rinne wird dem Fluss zugeschrieben, der auch die bekannten Frankenwaldschotter bis hinunter zum Ries verschleppt hat und von den Autoren - in Anlehnung an KRUMBECK (1927b:56) - **Urmain** genannt wurde.

Inzwischen ist - im Bereich der Hochfläche der Südlichen Frankenalb - auch die ehemalige Landschaft östlich des Urmain-Tales detailliert bekannt (BADER & SCHMIDT-KALER 1990). Die Rinne des Canyons selbst ist nach Bohrergebnissen vollständig mit Riesauswurfmassen plombiert, Schotterablagerungen mit Frankenwaldgeröllen sind dabei nicht angetroffen worden. Lydite sind aber am Rande des Canyons in einer hochgelegenen Ablagerung im Schotterwerk Dietfurt

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

sowie am S-Ende des Canyons (bei Altisheim am SE-Rand des Ries-Kraters) gefunden worden, wenngleich es sich lediglich um geringe Anteile mit relativ kleinen Korndurchmessern handelt (< 3 cm in Dietfurt). Aufgrund des unmittelbar präriesischen Alters ist es aber in jedem Fall plausibel, diese Rinne mit ihren weiter im N bekannt gewordenen Resten zwischen Roth und Treuchtlingen (siehe folgenden Abschnitt) zu verbinden - auch wenn nicht sicher ist, ob dieser Fluss zu jener Zeit noch Verbindung mit dem Lydit-Liefergebiet im Frankenwald hatte (weshalb BADER & FISCHER 1987, S. 126, vorsichtshalber nur von einer **„präriesischen Erosionsrinne"** sprechen).

2.4. Das Urmain-Tal zwischen Roth und Treuchtlingen

Die Rinnenbasis des Urmains liegt im Bereich der heutigen Altmühl/Rezat-Wasserscheide bei Treuchtlingen/Graben in einem Niveau von ca. 380 m, also noch 30-35 m unter dem heutigen Talboden.

Der Gedanke, dass zwischen Treuchtlingen und Erlangen/Nürnberg nicht nur Frankenwaldschotter, sondern auch eine begrabene Talform von der ehemaligen S-Entwässerung existieren könnte, hatte durch die von K. BERGER (1973) bearbeiteten Bohrungen in den tertiärzeitlichen Süsswasserkalken des Regnitztales Nahrung erhalten.

Entlang Schwäbischer Rezat und Rednitz finden sich nicht nur Frankenwald-Gerölle, sondern auch eine Reihe kleinräumiger Süßwasserkalk-Vorkommen, die aufgrund ihrer Fossilführung in das Jungtertiär (Miozän) gestellt werden können. Die Alterseinstufung war bis dahin nicht so scharf, dass man die Kalke in Bezug auf die Rieskrater-Entstehung als älter oder jünger festlegen konnte, doch wurde mit BIRZER (1969) angenommen, dass es sich um Ablagerung in einem durch die Riesauswurfmassen aufgestauten Süßwassersee handelt („Rezat-Altmühl-See"). Die Bohrungen ergaben nun aber, dass die Ablagerungen nicht nur aus Kalken bestehen, sondern überwiegend aus Sanden und Tonen. Die Mächtigkeit dieser tertiärzeitlichen Sedimente ist so bedeutend, dass sie bei Pleinfeld und Georgensgmünd nahezu bis zum Talboden der heutigen Rezat reichen. Damit war klar, dass diese Sedimente eine tiefe Erosionsform aufgefüllt haben müssen und dass es sich dabei um die Urmain-Rinne handeln muss (K. BERGER 1973, Abb. 1).

Vor wenigen Jahren gelang es G. BERGER, den Verlauf dieser Rinne zwischen Roth und Treuchtlingen relativ detailliert auszukartieren (G. BERGER 2010, siehe auch Abb. 6). Die Rinne ist mit Sanden, roten Tonen und wiederholt auch mehr oder weniger umfangreich mit Süßwasserkalken verfüllt. Eine paläontologische Bearbeitung der Fauna des fossilreichen Kalkvorkommens von Georgensgmünd (Hauslacher Bühl) ergab jedoch starke Hinweise für ein **präriesisches Alter der Kalke**, und damit auch der Verfüllung, nämlich Säugetierzone MN5. Dies würde nach dem herkömmlichen stratigrafischen System ein Alter von etwa 16-15,5 Ma bedeuten, also eine Verfüllung noch vor dem bei etwa 14,7 Ma datierten Einschlag des Riesmeteoriten.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zur Deutung der Karbonate als Ablagerung in einem durch die Riesauswurfmassen verursachten „Rezat-Altmühl-See", wie sie nach BIRZER (1969) auch in den landschaftsgeschichtlichen Modellen von HÜTTNER & SCHMIDT-KALER (2003, *Wanderungen in die Erdgeschichte*) weite Popularität erhielt. Selbst wenn BERGERS Datierung als „präriesisch" nicht zuträfe, so sind im Fossilspektrum kaum Organismen aus einem See, sondern nahezu ausnahmslos Landtiere und -pflanzen enthalten. Zudem ist die Verfüllung nur in der bis ca. 200 m breiten, jedoch tief eingeschnittenen Rinne erhalten und

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

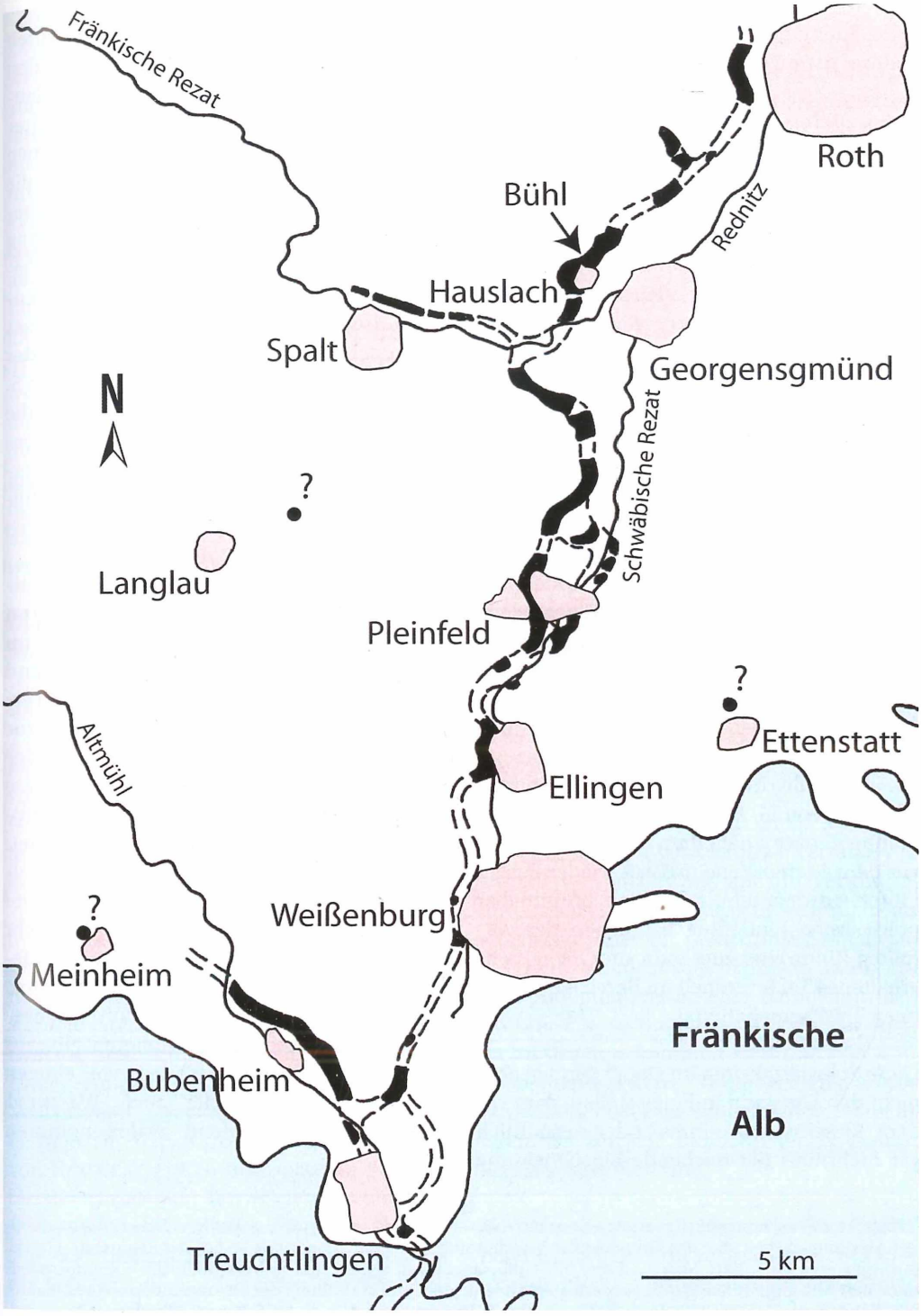


Abb. 6: Skizze der von G. Berger kartierten Urmain-Abschnitte (aus Berger 2010).

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

keine Spur einer weiteren, flächendeckenden Sedimentation zu finden.[1]

Ein weiterer Widerspruch scheint zu den oben schon erwähnten Bohrergebnissen von BADER & SCHMIDT-KALER (1977), BADER & FISCHER (1987: 132; Bohrung Binsberg) und nochmals SCHMIDT-KALER (1994) zu bestehen. Alle diese Sondierungen trafen in der verschütteten Rinne ausnahmslos Riesauswurfmassen und nicht eine präriesische Sediment-Verfüllung an. Andererseits plädieren BADER & FISCHER (1987) für einen mehrfachen Wechsel von Eintiefung und Aufschüttung schon vor dem Rieseinschlag, der durch Schwankungen der Vorflutbasis im südlich angrenzenden Molassebecken verursacht worden sein könnte. Durch diesen wiederholten Wechsel der Vorflutbasis konnte es auf der umgebenden Albhochfläche auch nicht zu einer ebenen, gleichförmig in die Tiefe wirksamen Abtragung (im Sinne einer Flächenbildung) kommen, sondern zur Entwicklung eines bewegten Reliefs. Tiefe Einschneidephasen führten zur Entstehung von Karstspalten, in denen Wirbeltierreste aus dem Oligozän und Miozän zu finden sind. Die von G. BERGER beschriebene Verfüllung könnte - näher am Ries - also bereits vor dem Meteoriteneinschlag wieder ausgeräumt worden sein, oder eine unmittelbar präriesische Eintiefung hat neben der verfüllten Rinne ein neues, nun aber nicht mehr erhaltenes Tal (eventuell im Bereich des heutigen Tals?) geschaffen.

Diese Schwierigkeiten im Detail können aber nicht den Umstand in Frage stellen, dass vor dem Rieseinschlag einmal oder vermutlich gar mehrmals tief reichende Einschneidung stattfand, und dass es begrabene Talformen gibt, die von der Region um Roth bis an den S-Rand des Rieskraters einen nach S laufenden Fluss dokumentieren. Zweifelhafter ist allerdings, ob dieser Fluss noch seinen Ursprung im Frankenwald nahm; denn die Schotterablagerungen, die seinen Lauf begleiten, sind schon vor der von G. BERGER beschriebenen Rinnenbildung (und Wiederverfüllung) erfolgt. Anhand einiger guter Aufschlüsse konnte er nachweisen, dass die in der Rinne befindlichen Lydite aus der Umgebung seitlich eingeglitten sind (2010, S. 27ff, 159 ff., sowie Abb. 21), und damit die relative Altersbeziehung zwischen den begleitenden Schottervorkommen und den tertiärzeitlichen Sedimenten (der Rinnenverfüllung) klar bestimmen.

Damit scheint nun auch eine Diskussion entschieden zu sein, die am Beginn der flussgeschichtlichen Forschung im „Urmaintal" zwischen Nürnberg und Treuchtlingen heftig diskutiert wurde: Sind die Frankenwaldschotter schon vor den Süßwasserkalken da gewesen oder erst danach herangeführt worden? Diese Frage wurde früh schon von mehreren Autoren im späteren Sinne BERGERS beantwortet: LÖWENGART (1924, S. 75f.) betont nachhaltig, dass man aus dem Umstand, dass Lydite auch auf den Süßwasserkalken liegen, nicht notwendig auf ein jüngeres Alter der Anlieferung aus dem Frankenwald schließen könne, denn es handle sich lediglich um Umlagerungen aus benachbarten, höheren Niveaus (ebd., 78). Er beklagt, dass dies von einigen Bearbeitern, „und leider auch WAGNER" (1929), nicht zutreffend wahrgenommen wurde.

[1]Mögliche Zweifel an dieser Datierung wären nicht BERGER anzulasten, sondern gehen von bisher nicht aufgelösten Unstimmigkeiten über den Zeitpunkt der Verschüttung der Graupensandrinne W-lich des Rieskraters aus, vgl. BUCHNER et al. 1996, 2003. Man kann aber nicht unbedingt voraussetzen, dass die Verschüttung von Graupensandrinne und S-Regnitz-Rinne gleichzeitig erfolgte. Außerdem könnte die Füllung der Graupensandrinne sedimentologisch wie auch in ihren Bildungabschnitten mehrgliedriger sein, so dass die im S-Rezat-Tal gewonnenen, in sich schlüssigen paläontologischen Daten deshalb nicht in Frage gestellt werden sollten.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Die Etablierung der unzutreffenden Sichtweise dürfte letztlich auf RÜCKERT (1933) zurückgehen, der selbst mit WAGNER umfangreiche Geländebegehungen unternommen hat und später gegen C. DORN (1939) nochmals das höhere Alter der Süßwasserkalke verteidigt (RÜCKERT 1941). Auf dieser Grundlage hat RÜCKERT (1933) schließlich auch begonnen, die Frankenwaldschotter führenden Ablagerungen in Terrassen zu gliedern - ein Forschungskonzept, das bis TILLMANNS (1977, 1980) vorangetrieben wurde. TILLMANNS (1977, 71f.) hat selbst darauf aufmerksam gemacht, dass es sich bei den Resten der Frankenwaldschotter nicht um Terrassen im scharfen Sinne des Begriffs handle, sondern dass eine weite Streuung dazu geführt hat, dass eigentlich nur von wenig scharf voneinander abzugrenzenden *Schottergruppen* gesprochen werden kann. Dennoch hielt er an dem Terrassen-Konzept fest und betont einige niveau-spezifische, sedimentologische Charakteristika, die eine solche Unterscheidung bestätigen würden.

FAZIT: Frankenwaldschotter sind schon vor der später mit miozänen Sedimenten verfüllten Anlage der Urmain-Tiefenrinne in das Regnitztal gelangt. Hingegen gibt es keine sicheren Hinweise, ob das auch noch zur Zeit der Verfüllung der Fall war. Ihre heutige Verbreitung kann auf keinen Fall als sicherer Beleg für eine jeweilige Neuanlieferung aus dem Frankenwald interpretiert werden: stattdessen muss in erheblichem Umfang mit (möglicherweise mehrfachen) Umlagerungen aus älteren, höher gelegenen Vorkommen gerechnet werden (siehe auch G. BERGER 2010, S. 164). Ob es sich bei den von RÜCKERT (1933) und späteren Bearbeitern beschriebenen Terrassen tatsächlich um Reste von ursprünglichen Flussaufschüttungen oder lediglich um Ansammlungen auf für Schichtstufenlandschaften charakteristischen Strukturflächen handelt, bedarf erst noch einer kritischen Untersuchung. Die hier vorgebrachte Skepsis gegenüber der Terrassengliederung, vor allem wenn diese auch noch als Ausdruck von frisch angeliefertem Frankenwaldmaterial angesehen wird, soll ein Blick auf die Greuther Terrasse am *locus typicus* bei Katzwang unterstreichen.

3. Die Greuther Terrasse

TILLMANNS (1977) stellt die in Anlehnung an RÜCKERT (1933) erstellte Terrassengruppen-Abfolge in das Ältestpleistozän, worunter damals die Zeit von ca. 2,6-1,1 Ma verstanden wurde. Dass dies nicht das Alter der **ersten** Lyditanlieferung aus dem Frankenwald sein kann, wurde im vorangehenden Abschnitt erläutert. Die Greuther Terrasse, die nach dieser Gliederung die jüngste Aufschüttung wäre, enthält nach TILLMANNS die höchsten Lyditgehalte aller Grobschotter-Terrassen (bis zu 9%). Ihr Vorkommen reicht zugleich am weitesten nach Norden. Bei Greuth fehlen höhere Schotter-Niveaus - es sind allerdings in Talnähe auch kaum höher gelegene Flächen vorhanden, die die Erhaltung höherer Schotterreste hätten unterstützen können.

In diesem Abschnitt sollen einige Merkmale der Grobschotter der Greuther Terrasse vorgestellt werden. Damit soll die Vermutung untermauert werden, dass es sich nicht um eine junge, oder gar pleistozäne Anlieferung aus dem Frankenwald handeln kann. Die Komponenten weisen eher darauf hin, dass sie schon vor sehr langer Zeit in der Region zu liegen gekommen sind und hier einige bemerkenswerte Veränderungen erfahren haben, bevor sie schließlich auf dem als Greuther Terrasse bezeichneten Niveau zu liegen gekommen sind.

Vor allem dann, wenn Regen die Gesteine benetzt hat, wird schon auf den ersten Blick der uneinheitliche Charakter der Grobschotter deutlich (Abb. 7, 8): Das Spektrum wird von zwei unterschiedlich farbigen Gesteinen be-

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 7: Lesesteinhaufen mit Grobschottern aus dem Niveau der Greuther Terrasse, Greuth südl. Katzwang.

Abb. 8: Nahaufnahme aus dem Lesesteinhaufen Abb. 7. Die braunen Gerölle sind überwiegend sekundär mit Quarz zementierte Sandsteine aus dem nahen Wendelsteiner Höhenzug.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 9: Nahansicht einiger ocker-imprägnierter Radiolarite aus Greuth.

Abb. 10: Besonders stark imprägnierter Radiolarit, Fundort Greuth (Hofbauer). Etwa in der Mitte des Bildes ist inmitten eines ockergelben Bandes wieder eine Drucklösungssutur zu erkennen.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 11: Großer Leberstein, Fundort Greuth (Sammlung H. Schreiber).

Abb. 12: Großer Leberstein, Fundort Greuth (Sammlung B. Westhoven).

stimmt. Zum einen handelt es sich um kräftig ockerfarbene Gesteine, zum anderen um mittel- bis dunkelbraune Komponenten. Die braunen Gesteine stammen im Wesentlichen aus dem umgebenden Keuper, wobei quarzzementierte Sandsteine („Quarzite") aus dem nahen Worzeldorfer Bereich dominieren. Die ockergelbe Fraktion hingegen wird im Wesentlichen von drei Typen zusammengesetzt, nämlich (a) mehr oder weniger stark imprägnierten Frankenwaldschottern (Abb. 9, 10), (b) teilweise sehr unregelmäßig geformten, dichten Quarziten, die nicht selten erhebliche Dimensionen erreichen (Abb. 11, 12, 14), sowie (c) imprägnierten Jurahornsteinen inkl. verkieselter Schwämme (Abb. 15).

Klar ist, dass die beiden Fraktionen ihre jeweilige Farbimprägnation nicht zusammen am gleichen Ort erhalten haben können. Die braunen Gesteine entsprechen im Farbton den in der Sandsteinkeuper-Umgebung üblichen Nuancen, während die gelben Farben nicht in der jetzigen Umgebung entstanden sein können.

Die ockergelben, sehr feinkörnigen Quarzite haben eine sehr glatte Oberfläche; häufig sind auch nachträglich zu Windkantern verschliffene Objekte zu finden (Abb. 13). In diesen Fällen ist besonders gut zu sehen, dass die Gesteine oft eine fleckige oder gar schlierige Textur haben; einige Objekte zeigen auch eine echte Brekzierung und sprechen so für eine mehrphasige Bildung (Abb. 14, 18). Die glatten braunen Steine wurden im Volksmund auch als **„Lebersteine"** bezeichnet, ein Begriff, der sich von *Leibstein* oder *Laibstein* ableitet und auf die Zeiten verweist, in denen im heimatlichen Herd erwärmte Steine als Wärmespender auf den Schulweg oder ins kalte Bett mitgenommen wurden.

Ockergelbe, mitunter auch rötliche Imprägnationen sind nun keine Seltenheit und an

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download unter www.biologiezentrum.at

Lyditen auch im Liefergebiet zu beobachten (Exkursion SCHIRMER, 17. April 2010). Dennoch gibt es gute Gründe für die Annahme, dass diese kräftige Imprägnation erst im Ablagerungsraum der Grobschotter erfolgt ist, der aber - wie soeben festgestellt - nicht der heutigen Umgebung der Greuther Terrasse entsprechen kann. Eine Imprägnation der Lydite schon im Liefergebiet ist deshalb unwahrscheinlich, weil die begleitenden, besonders tief imprägnierten „Lebersteine", wie auch die Jurahornsteine und Jura-Fossilien, nicht aus dem Grundgebirge stammen. KRUMBECK, der die Quarzite als „glasig" bezeichnete (1927b, S. 77 bzw. 257), vermochte dazu aber keine Herkunftsbestimmung zu geben. Das ist erstaunlich, denn auf der Albhochfläche westlich Nürnberg finden sich genügend quarzitische, kräftig imprägnierte Sandsteine, wo sie offenbar vor allem an das Vorkommen von Relikten des oberkretazischen Knollensandes gebunden zu sein scheinen. Auch wenn die Knollensand-Quarzite in ihrer fein-kristallinen Textur den Lebersteinen sehr ähnlich sein können, ist es bisher nicht gelungen, genau den gleichen „glasigen" Typ, und das zudem in solchen Größen und Formen zu finden (v.a. im Bereich der GK25 Alfeld und Lauterhofen).

Nach umfangreichen Begehungen der Albhochfläche bleibt das Fazit, dass es dort zwar eine Menge Gesteine gibt, die den Lebersteinen in der Art der Imprägnation sehr ähnlich sind. Auch findet man umfangreiche mehr oder weniger quarzitische Sandsteine, v.a. in Bereichen, die vermutlich von Relikten des Knollensandes herzuleiten sind und auch als Ausgangsgesteine für die „Lebersteine" denkbar wären - aber es gibt offenbar keine wirklichen Äquivalente. Dieses negative Ergebnis spricht dafür, dass sich die Bildung der „Lebersteine" offenbar nicht in weiten Bereichen der Albhochfläche vollzog, sondern in einem kleinräumigeren Gebiet mit spezifischen sedimentären Bedingungen.

Abb. 13: Großer Leberstein mit Windschliff (Sammlung Hofbauer/NHG). Deutlich ist das pseudobrekziöse, schlierige Gefüge zu erkennen, kräftiger braune Bereiche schwimmen in blasseren.

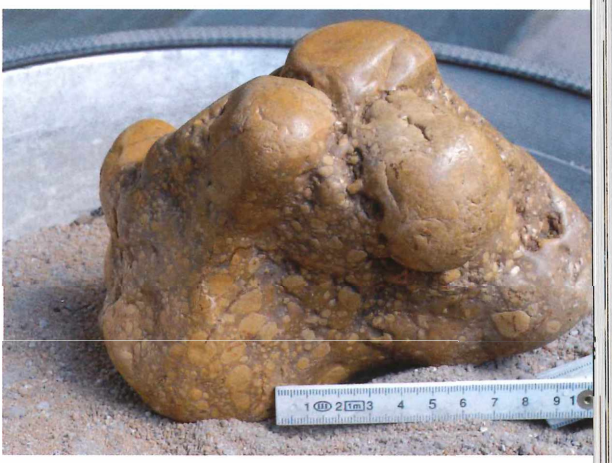


Abb. 14: Knolliger Leberstein mit weiteren kleinen Knollenformen. Hier dürfte ein echtes brekziöses Gefüge vorliegen. Die Knollenbildung umfasst diese brekziöse Fazies. Fundort Greuth (Sammlung Strickstrock, nun NHG).

Abb. 15: Imprägnierter Schwamm (Jura). Fundort Rednitzhembach-West (Sammlung Klement). Solche Funde sind auch mehrfach aus Greuth bekannt.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Eine Hypothese wäre demnach, dass es in der landschaftsgeschichtlichen Entwicklung der Region ein kleines Becken oder einen Talraum gab, in dem die Komponenten Quarzsand (kreidezeitlich und womöglich auch aus dem Frankenwald), großer Quarz (ein Teil aus der kreidezeitlichen Überdeckung der Alb, ein anderer - und vermutlich der größere - aus dem Grundgebirge jenseits der Fränkischen Linie), Sandstein und Quarzit (aus der kreidezeitlichen Albüberdeckung), Jurahornstein und (möglicherweise auch schon zuvor verkieselte) Schwamm-Mumien, dazu Lydit und Radiolarit aus dem Frankenwald, sowie letztlich ein besonders intensiv färbendes Sediment (wiederum aus der kreidezeitliche Albüberdeckung) zusammen gekommen sind. Intensiv gefärbte Sedimente - wie sie als Neukirchner Ocker früher auch gewonnen wurden - sind in der Kreideüberdeckung der Albhochfläche östlich Nürnberg auch heute noch erhalten.

Abb. 16: Stark imprägnierter und angelöster Lydit. Fundort Greuth (Sammlung Ziehr).

Abb. 17: Detailansicht aus Abb. 16. Während die links in den Lydit hineinlaufende Imprägnations-Ader die von den Quarzklüften gekennzeichnete Struktur des Gesteins erhalten hat, wird diese von der massiven braunen quarzitischen Masse geschnitten. Der äußerst unregelmäßige Kontakt zwischen ihr und dem Lydit deutet auf Anlösung des Gesteins. In der Matrix der gelben Masse schwimmen Quarzkörner.

In diesem Talraum kam es nicht nur zu Farbimprägnation der Komponenten, sondern auch zu lokalen Verkieselungen. Die knolligen Formen, wie man sie in Greuth - schon mehr oder weniger verschliffen - häufig findet, sind denen anderer tertiärzeitlicher Quarzite und Verkieselungen sehr ähnlich (Abb. 20).
In diesem Reaktionsmilieu kam es auch zur Anlösung und teilweise auch Auflösung von kieseligem Ausgangsmaterial (Abb. 16, 17), bzw. auch zu umfassender Rekristallisation, was besonders für die feinkristallinen „Lebersteine“ gelten dürfte.

FAZIT: Die hier vorgeschlagene Neuinterpretation der Greuther Terrasse zielt auf eine Deutung als Relikt alter Akkumulations-, Verkieselungs- und Imprägnationseffekte. Die knollenförmigen „Lebersteine“ sind Neubildungen, die in einem Ablagerungsraum entstanden, in dem auch Lydite und Jura-Komponenten (Hornsteine, Schwamm-Mumien) in einem farblich intensiven Substrat (Farberden der Kreide) vereint waren. Die teilweise mehrere dm großen Lebersteine wie ihre teilweise noch immer knollige Erscheinungsform sprechen dafür, dass dieser Ablagerungsraum nicht weit entfernt vom

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

heutigen Fundort war. Er wird allerdings in einem höheren Niveau als die heutige Greuther Terrasse gelegen haben, entweder unmittelbar auf der Albhochfläche, oder - was wahrscheinlicher ist - in einer ihr nahen, aber bereits darunter angelegten Talform. In der Folgezeit wurden kleinere Komponenten im Zuge der Südentwässerung weiter nach S verfrachtet - so finden sich die ockergelben glasigen Quarzite auch in der präriesischen Füllung der S-Regnitz-Tiefenrinne (vgl. Berger 2010, bzw. Abb. 21). Durchmesser und Formenreichtum der Lebersteine nehmen nach S rasch ab - die Ablagerungen um Greuth können somit als der Bereich gelten, der dem ursprünglichen Liefergebiet von allen erhaltenen Vorkommen vermutlich am nächsten liegt.

Das Vorkommen von Brekzien und mehrphasigen Verkieselungen, möglicherweise auch der Wechsel von Bleichung und Imprägnation, sprechen dafür, dass dieser Bereich über längere Zeit bestand. Als möglicher Zeitraum für die Entstehung der Lebersteine wie der Ocker-Imprägnation gibt es keine verlässlichen Hinweise. Das Miteinander von Jura- und Kreidematerial (dem vermuteten sandigen Ausgangsmaterial der Lebersteine) spricht aber dafür, dass es zu einer Zeit war, als die Kreide-Bedeckung auf der Alb in der Umgebung Nürnbergs schon so weit entblößt war, dass auch die zahlreichen Jura-Komponenten ebenfalls mobilisiert werden konnten. Damit wäre der Zeitraum +/- Eozän gut vorstellbar. Damit wäre zugleich auch ein Anhaltspunkt für die Anlieferung der Lydite gegeben, die - wie ihr Erscheinungsbild bei Greuth dokumentiert - in erheblichem Umfang an diesen Prozessen Anteil genommen haben müssen.

Der nahezu unverwüstliche Charakter der Lydite sorgt dafür, dass wir auch heute noch große Mengen dieser Gerölle vorfinden. Dies wäre wohl nicht möglich, wenn diese frühe

Abb. 18: Brekzie mit Lyditkomponenten, Länge ca. 18 cm. Fundort Greuth (Hofbauer/NHG). Dominierende Komponenten der Brekzie sind Quarzstücke, Lydite und Jurahornsteine. In der Matrix schwimmen zahlreiche Quarz-Sandkörner (siehe Abb. 19).

Abb. 19: Detail aus Abb. 18: Inmitten der Quarzkomponenten schwimmen drei Jura-Hornstein-Stücke. Die Ocker-Imprägnation ist hier merkwürdigerweise im Inneren der Stücke - möglicherweise wurden sie sekundär wieder gebleicht, bevor sie erneut in eine ockerbraune Verkieselung eingebaut wurden. Der Sandkornanteil der Matrix ist gut zu sehen, die Quarze sind ebenfalls unterschiedlich stark imprägniert.

Anlieferungsphase nicht auch sehr umfangreich gewesen wäre. Umgekehrt erschwert diese Verwitterungsresistenz natürlich die flussgeschichtliche Rekonstruktion, weil die Möglichkeit, dass ein großes, vermutlich vor langer Zeit akkumuliertes Reservoir von Frankenwald-Komponenten anhaltend als sekundäres Liefergebiet funktioniert hat, die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass wir es in vielen Fällen nur mit sekundär umgelagertem Material zu tun haben. Lyditfunde - wie sie von der Frankenalb bei Hollfeld beschrieben wurden, oder jene, wie sie östlich des

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 20: Knollige Quarzite aus dem die Schreibkreide überlagernden Eozän südlich Dieppe (Normandie, Strand von Vasterival). Die Länge des vorne liegenden Objektes dürfte etwa 1 m entsprechen. Der helle Block ganz vorne besteht aus Schreibkreide. Ein bekannter Fundort für Knollenquarzite sind auch die Braunkohlengruben in der Umgebung von Helmstedt (Niedersachsen).

Rieskraters entlang der Täler von Gailach, Ussel und dem Wellheimer Urdonautal vorkommen (Abb. 1), sind nicht notwendig ein Beleg für eine zur Zeit der Ablagerung oder Talbildung noch funktionierende Verbindung zum Liefergebiet in Frankenwald.

4. Eckpunkte der erdgeschichtlichen Entwicklung

Bevor die Diskussion der Laufumkehr weiter geführt wird, ist ein Blick auf die erdgeschichtlichen Eckpunkte in der Entwicklung des nordbayerischen Flussnetzes sinnvoll. Ausgangspunkt ist der Rückzug des Meeres am Ende der Jurazeit. Unterstützt von einer nach Süden geneigten Verstellung der Kruste, werden die Flüsse der in dieser Richtung zurückweichenden Küste bis in den späteren, damals aber noch vom Meer eingenommenen Alpenraum gefolgt sein.

Auch wenn es für diese erste Phase der S-Entwässerung keine unmittelbaren Zeugnisse gibt, kann es kaum anders gewesen sein. Denn als schließlich viele Millionen Jahre später am Beginn der Oberkreide das Meer wieder nach N vorrückte, wurden zuerst nur die südlichen, tiefer liegenden Gebiete (ausgehend vom Raum der heutigen Südlichen Frankenalb) überflutet, bevor das Meer in späteren Vorstößen auch bis in den Bereich der Nördlichen Frankenalb oder gar darüber hinaus gelangte.

Die ersten greifbaren Zeugnisse für eine Südentwässerung scheinen die von G. Berger (2010) beschriebenen, kleinstückigen Lydite aus einer küstennahen Meeresablagerung dieser oberkretazischen Transgression (Cenoman) zu sein. Dieser Fund ist bis jetzt aber so isoliert, dass es kaum möglich ist, auf dieser Grundlage eine genauere Vorstellung über die Anlage des vorausgehenden, unterkretazischen Entwässerungssystems zu entwickeln.

Am Ende der Kreidetransgression - noch innerhalb der Obersten Kreide - wiederholte sich der Rückzug der Küste nach Süden. Bis in das Eozän mussten die Flüsse beträchtlich weiter nach S fließen, um die Küste des Meeres zu erreichen. Mit dem im Eozän in großen Schritten erfolgten tektonischen Vorschub der Alpen wurde jedoch die Küste wieder nach Norden verlagert. Grund dafür war, dass die Erdkruste unter - und vor - den nach Norden vorrückenden Alpen nach unten gedrückt wurde. Der damit vor den Alpen entstandene Sedimentationsraum wird auch als **Molassebecken** bezeichnet (der Begriff Molasse kommt aus der Schweiz und wurde für die Bezeichnung wenig fester, „weicher" Gesteine in die Geologie übertragen) - siehe Abb. 22.

Während sich das Gebirge an der Alpenfront zu einem Tausende Meter mächtigen Schollenstapel aufschob, beschränkten sich die vertikalen Krustenbewegungen am N-Rand des Molassebeckens vermutlich nur auf eine Dimension von maximal einige 10er Meter.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 21: Gut gerundete „Lebersteine“ in der Rinnenfüllung des Urmains/Süd-Regnitz. Aufschluss auf dem Anwesen Merkenschlager (Hauslach, November 2009) - Dank an Günther Berger für den Hinweis auf diesen Aufschluss! Gut erkennbar ein Geröll links vom Hammer, ein zweites darunter links. Auf dem Foto nicht erkennbar sind ebenfalls eingelagerte Lydite.

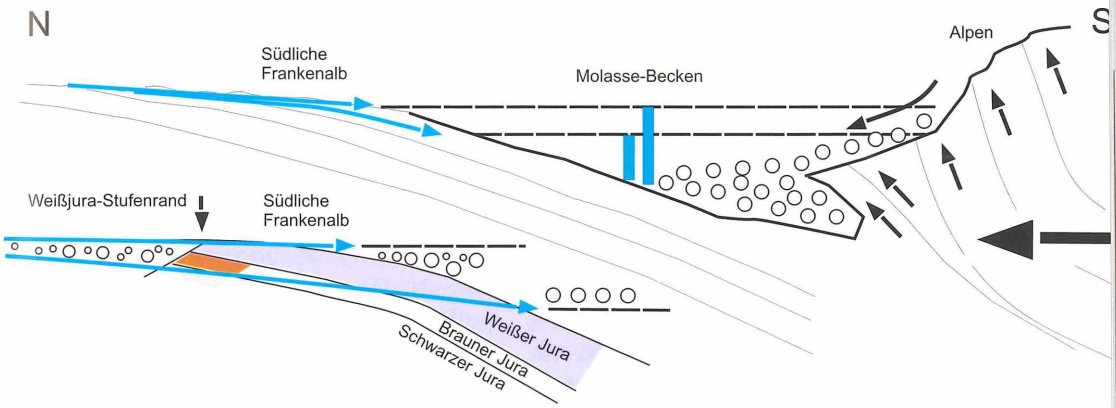


Abb. 22: Modell zur tektonischen Situation, wie sie durch den Vorschub der Alpen im Eozän entstanden ist. Indem die Alpen nach Norden vorrückten, wurde die Lithosphäre des Vorlandes nach unten gedrückt und der Raum für das Molassebecken geschaffen. Je nach Niveau der im Molassebecken eingestellten Vorflut (Meeresküste oder Schwemmebene) mussten sich von Norden kommende Flüsse wie der „Urmain“ stets aufs Neue diesen Schwankungen anpassen. In Phasen mit tief liegender Vorflut schnitt sich der Fluss in die Weißjuragesteine der Südlichen Alb ein - in einer solchen Phase entstand auch die unter den Riesauswurfmassen und zwischen Roth und Treuchtlingen nachweisbare Tiefenrinne. In solche Einschneidephasen, insbesondere wenn dabei der Opalinuston des Unteren Braunjuras oder gar der Schwarze Jura erreicht wurde, erfolgte nördlich der Weißjura-Tafel auch eine besonders aktive Herausgestaltung der Schichtstufenlandschaft. Bei hoher Vorflut im Molassebecken musste der Urmain hingegen aufschütten, um im Extremfall gar wieder über die Albhochfläche fließen zu können. Ein solcher Zustand hat sich auch nach der Entstehung des Rieskraters vor ca. 15 Ma eingestellt - beendet wurde er mit der erst vor einigen Millionen Jahren beginnenden Heraushebung der Südlichen Frankenalb.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Wesentlich bedeutender für das Verhalten der Flüsse dürfte die Situation im Molassebecken selbst gewesen sein: Konnte die Auffüllung mit der Absenkung mithalten? War es ein abgeschnürtes Schwemmland oder ein Meeresraum, der in Verbindung mit den damals im Osten oder Süden vorhandenen Meeren war? All diese Wechselfälle in der Entwicklung des Molassebeckens hatten Einfluss auf das Verhalten der Flüsse, die von Norden her kommend in das Becken mündeten, worunter in Nordbayern der „Urmain" und die „Urnaab" die wichtigsten waren.

Bei all diesen Überlegungen über die Entwicklung der damaligen Landschaft ist zu bedenken, dass die Hochfläche der Südlichen Frankenalb seit der am Ende der Jurazeit erfolgten, nach S geneigten Krustenverstellung ein Tiefland war. Das Vorkommen von Frankenwaldschottern auf der Albhochfläche E-lich des Rieskraters ist ein sicherer Beleg, dass die S-Regnitz zumindest phasenweise über die Alb fließen konnte.

Eine Donau im heutigen Sinn gab es im Oligozän und Miozän noch nicht. Die von N kommenden Zuflüsse erreichten das Molassebecken über weitgehend scharf nach S orientierte Täler. Im Molassebecken selbst war der Abfluss im letzten Entwicklungsabschnitt - dem vor etwa 17 Ma Gestalt annehmenden Schwemmland der Oberen Süßwassermolasse (OSM) - vorzugsweise nach SW in Richtung der Burgundischen Pforte orientiert. Erst am Ende des Miozäns (vor etwa 6-5 Ma) beginnt ein kleiner Fluss, dessen Mündung zuvor östlich der Wachau zum Wiener Becken, dann etwa in der Nähe des Neusiedler Sees in Pannonische Becken ging, rückgreifend nach hinten immer mehr der bis dahin nach Süden laufenden Zuflüsse an sich zu binden, bis er schließlich die vom Schwarzwald kommenden Bäche erfasst. Diese Ausweitung der Donau wurde sehr wahrscheinlich von den im Schwarzwald und der westlichen Alb schon wirksamen Hebungen unterstützt (zur Flussgeschichte in SW-Deutschland siehe VILLINGER 1998, 2003, STRASSER 2011; die Mündung der Donau verlagerte sich im Verlauf der Zeit mit dem Rückzug der östlich der Alpen gelegenen Meeresräume bis hin zum Schwarzen Meer; eine gute Übersicht über diese paläogeografische Entwicklung der als „Paratethys" bezeichneten Meeresbereiche in Osteuropa geben POPOV et al. 2004).

Während die Donau schon den in Hebung befindlichen Schwarzwald erreicht hatte, befand sich die Südliche Frankenalb noch immer in einer relativen Tieflandssituation: die Donau - mit dem Lech - von Südwesten kommend, vermochte ohne Weiteres über die Hochfläche der Südalb zu fließen, auf der sie erst auf der Höhe von Dollnstein nach E umbog und von da aus das heute nur noch von der Altmühl eingenommene Tal anlegte. Erst nach dieser Anlage begann auch die Hebung der Südlichen Frankenalb, in deren Folge sich Donau und Altmühl bis auf das heutige Niveau einschnitten.

Um ein einigermaßen präzises Bild von diesen erst in der jüngeren Erdgeschichte erfolgten Verstellungen zu bekommen, braucht man so etwas wie natürliche „Wasserwaagen", also Zeugnisse für eine ehemalige Normal-Null-Linie. Eine zweite, etwas weniger genaue, aber immer noch gute Orientierung geben ehemalige Flussbetten, indem sie - zumindest für die Talräume - in eingegrenzter Weise eine in Abflussrichtung existierende Geländeneigung markieren. Dies ist Thema der folgenden beiden Abschnitte, die - leicht verändert und gekürzt - aus HOFBAUER (2012) übernommen wurden.

5. Die W-O-Verstellung der Alb

Eine W-O-Verstellung der Südlichen Frankenalb und der Schwäbischen Alb ist unumstritten und relativ präzise zu bestimmen.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Dies ist aufgrund einer idealen Wasserwaage möglich: in dem als Obere Meeresmolasse (OMM) zusammengefassten Entwicklungsabschnitt des Molassebeckens (c. 22-17 Ma) wurde vor ca. 18 Ma bei einem Meeresspiegelhochstand ein Kliff angelegt, in dem stellenweise sogar noch die Brandungshohlkehle erhalten ist. Diese **Klifflinie** markiert mit nur geringen Unschärfen das damalige NN-Niveau. Nachfolgende Verstellungen haben dazu geführt, dass die Klifflinie heute vom S-lichen Riesrand bei Burgmagerbein (hier: ca. 440 ü. NN) bis hin nach Blumberg im SW der Schwäbischen Alb auf 810 m ü. NN ansteigt, damit also einen – relativen! – Hebungsunterschied von ca. 370 m dokumentiert.

Leider ist die Klifflinie der OMM als Wasserwaage östlich des Rieskraters nicht mehr zu verfolgen, wo sie vermutlich unter jüngeren Sedimenten der Molasse verschüttet liegt. Um die Hebung zwischen dem Rieskrater-Bereich und dem SE-Rand der Frankenalb bei Regensburg zu kalkulieren, gibt es aber noch eine andere „Wasserwaage", nämlich die **Graupensandrinne**. Dabei handelt es sich um eine Erosionsrinne, die von E nach SW bis in den Klettgau (W-lich des Bodensees) nachgewiesen werden kann. Die Graupensandrinne entstand vermutlich in der präriesischen Erosionsphase, in deren Folge ihre Zuflüsse – die S-Regnitz wie auch weiter im E die Ur-Naab – zur tiefen Einschneidung veranlasst wurden.

Zwischen dem Nördlinger Ries und dem E-Rand der Alb bei Regensburg ist die Graupensandrinne allerdings an der Oberfläche schwer zu verfolgen, da auch sie später von Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) überdeckt wurde. Erst BADER ET AL. (2000) konnten ihren Verlauf auf der Grundlage von Bohrungen und geophysikalischen Untersuchungen bestimmen. Dabei stellte sich heraus, dass die Graupensandrinne der E-W-Verstellung, wie sie durch die ältere – und höher gelegene – Klifflinie dokumentiert ist, in ihrer Neigung folgt. Das bedeutet, Klifflinie und Graupensandrinne wurden zusammen im gleichen erdgeschichtlichen Zeitraum verstellt.

Die Urmainrinne mündet heute(!) bei ca. 330 m ü. NN in die Graupensandrinne (siehe auch Abb. 1). Weiter im E mündet mit dem **Urnaab-Tal** ein zweiter größerer Fluss in die Graupensandrinne, dies allerdings bei ca. 220 m ü. NN. Dieser Wert ist eine Maximalhöhe, denn den geophysikalischen Sondierungen zufolge hat das Urnaab-Tal in seinem unteren Laufabschnitt (ab Maxhütte) kein erkennbares Gefälle, was vermutlich durch eine spätere Anhebung des Mündungsgebietes verursacht wurde. Tatsächlich haben die oben genannten Autoren im Verlauf der verkippten Graupensandrinne S-lich Regensburg (zwischen Köfering und Eggmühl) eine nachträgliche Anhebung der Graupensandrinne nachgewiesen. Das ursprüngliche Niveau der Urnaabmündung könnte deshalb gut 30-40 m tiefer (also bei ca. 180 m ü. NN) gelegen haben. Wenn in dem folgenden Modell dennoch der tatsächliche Wert von 220 m ü. NN genommen wird, **dann gilt es also zu bedenken, dass der daraus kalkulierte Verstellungsbetrag zur S-Regnitz wahrscheinlich nur ein Mindestwert ist.**

Um die nachträgliche Verstellung zwischen der Mündung von S-Regnitz (Urmain) und Urnaab – also der beiden einst in die Graupensandrinne mündenden Flüsse – zu kalkulieren, gilt es zu bedenken, dass das Gefälle der Graupensandrinne nach W gerichtet war. **Die Mündung des Urmains kann deshalb ursprünglich nicht höher als die der Urnaab gelegen haben (so wie es heute aber der Fall ist):**

Die Urnaabmündung liegt heute bei 220 m ü. NN, die der S-Regnitz bei ca. 330 m. Bei einem kalkulierten - leichten! - Gefälle von

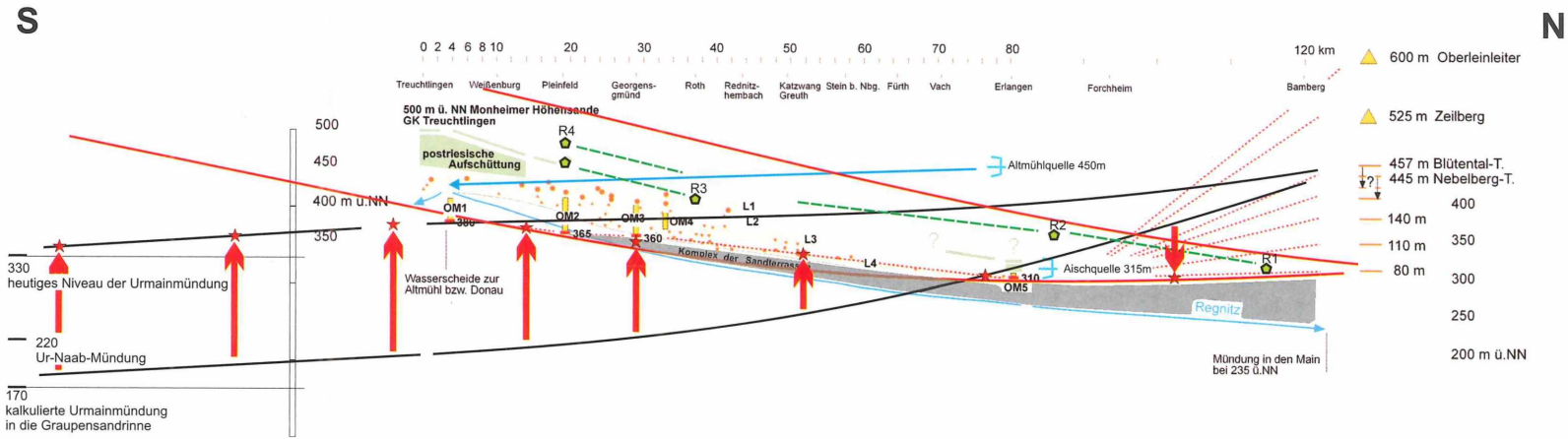


Abb. 23: Modell zur tektonischen N-S-Verstellung des Regnitztals. Die **schwarze Schere** modelliert die Situation vor der Verstellung. Die **untere Linie** beschreibt den Verlauf der S-Regnitz-Tiefenrinne, wie sie in einer Erosionsphase auf die Graupensandrinne zuläuft. Das Niveau ist auf die Höhe **vor** der W-E-Verstellung von Südalb und Schwäbischer Alb eingestellt, als die S-Regnitz-Mündung tiefer als die Ur-Naab-Mündung gelegen haben muss. Die **obere Linie** bezeichnet den Verlauf, den die S-Regnitz in einer Aufschüttungsphase nehmen musste, um über die Dachfläche der S-lichen Frankenalb zum Molassebecken zu gelangen.

Die kleinen **roten Sterne** markieren das heutige Niveau der S-Regnitz-Tiefenrinne. S-lich der heutigen Wasserscheide bei Treuchtlingen/Graben liegen diese Punkte - zufällig - im Bereich der oberen Linie der schwarzen Schere und zeigen eine Neigung nach Süden. Die Höhendaten wurden aus Bader & Schmidt-Kaler (1977), Bader & Fischer (1987) sowie Bader, Meyer & Brunold (2000) entnommen. Die Punkte N-lich der Wasserscheide, OM1-OM4, markieren die Basis der obermiozänen Süßwasserkalke zwischen Roth und Treuchtlingen, wie sie durch Bohrungen bestimmt wurden (K. Berger 1973). Diese Punkte zeigen eine Neigung nach Süden. Hinsichtlich der zeitlichen Einordnung weniger sicher ist das durch OM 5 bestimmte Niveau (Süßwasserkalk von Kalchreuth/Röckenhof). Legt man jedoch die Kurve (rot gepunktete Linie) durch OM1-OM4, dann lässt sie sich zwanglos bis OM5 verlängern.

Die kräftigen **roten Pfeile** zeigen die Niveau-Unterschiede zwischen der Tiefenrinne, wie sie für die Zeit vor der W-E-Verstellung von Schwäbischer Alb und Südlicher Frankenalb kalkuliert wurde (siehe Text, Abschnitt 5), und der heutigen Lage der Tiefenrinne. Die Hebungsbeträge sind im Bereich der Südalb relativ ähnlich, nehmen dann aber jenseits der Wasserscheide nach N hin rasch ab, wo etwa ab Erlangen schließlich sogar Absenkungen kalkuliert werden können. **Diese von S nach N abnehmende Heraushebung erzeugt den Effekt einer nach N geneigten Verkippung**.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

ca. 0,5 m/1000 m wären das bei einer Distanz von Urnaab-Mündung und Urmain-Mündung (Regensburg-Süd - Donauwörth-Süd) von ca. 100 km vertikal 50 m. Daraus ergibt sich für die S-Regnitzmündung ein kalkuliertes ehemaliges Niveau von ca. 170 m ü. NN. **Die S-Regnitz muss also** - relativ zum heutigen Niveau der Urnaab - von etwa 170 m auf 330 m und damit **mindestens um 160 m angehoben worden sein** (vgl. Abb. 23).

Kalibriert man die Urnaab-Mündung aufgrund der vermuteten lokalen Anhebung auf ca. 180 m, dann könnte die ursprüngliche S-Regnitz-Mündung sogar bei 130 m gelegen haben und damit später um etwa **200 m** gehoben worden sein.

6. Die N-S-Verstellung des Regnitztales

Während sich anhand der Graupensandrinne die relative E-W-Verstellung im Bereich der Alb gut eingrenzen lässt, ist damit über die Verstellung in N-S-Richtung erst mal nur bestimmt, dass sich der S-lichste Talabschnitt der S-Regnitz nachfolgend um etwa 160-200 m gehoben hat. Aber wie weit hat diese Hebung nach N gewirkt? Kam es zu einer gleichförmigen Verstellung bis in den Raum Nürnberg, Erlangen oder gar Bamberg, oder eher zu einer Verkippung, bei der die N-lichen Bereiche deutlich weniger als die S-lichen gehoben wurden?

Offenbar war Georg Wagner der Erste, der eine Verstellung des Regnitztales angenommen hat (1923, S. 46f). Diese Vorstellung war in seinem Fall auf die kleinräumigen Vorkommen der tertiärzeitlichen Süßwasserkalke gestützt, wie sie entlang des Regnitztales zwischen Rittersbach und Treuchtlingen aufgereiht sind. Da Wagner die Tiefenerstreckung dieser Rinnenfüllung nicht kennen konnte, hat er einfach die heutigen Höhenlagen der Kalke hergenommen und festgestellt, dass diese von S nach N - entgegen der durch die Frankenwaldschotter angezeigten S-Entwässerung - abnehmen.

Diese Verkippung wird durch eine entsprechende Verschiebung der schwarzen Schere in die Position der **roten Schere** deutlich (wobei die tiefe Linie der roten Schere in die heutige Lage der S-Rezat-Tiefenrinne eingerastet ist). S-lich der Wasserscheide läuft die rote untere Linie allerdings nach oben ansteigend aus - während sie in Form des verschütteten Urmain-Tales real nach S geneigt ist (und durch die roten Sterne markiert wird). **Dies ist jedoch nur scheinbar ein Auseinanderkippen an der heutigen Wasserscheide - tatsächlich ist dieser Effekt Ausdruck der N-lich der Wasserscheide nachlassenden Heraushebung! Zugleich wird dadurch deutlich, dass die Lage der Wasserscheide - und damit die Reichweite der Umkehr der Regnitz zum Rhein-Main-System - durch diese unterschiedliche Hebung gesteuert ist: der stärker gehobene S-Bereich der ehemaligen S-Regnitz, und mit ihm heute noch die Altmühl, konnten sich in der „erhabenen" Position ihre Zugehörigkeit zur Donau bewahren.**

In der gekippten roten Schere sind weiterhin die durch den **Restschutt** angezeigten Verschüttungshöhen markiert: **grüne Punkte R1-R4.** Die grüne Linie, die diese Marken verbindet, verläuft insbesondere im S deutlich unter der oberen roten Linie. Die Schere ist jedoch großzügig geöffnet, so dass auch unterhalb der roten Linie noch ein Abfluss über die Dachfläche der Südlichen Alb möglich gewesen sein kann.

Der **grau markierte Bereich** entspräche der jüngsten Ausräumung, die unter der nach N zum Main umgedrehten Regnitz erfolgt wäre. Hier bestehen aber nach N hin Unsicherheiten, die davon abhängen, wo und wie steil man die beiden Linien der Schere zusammenlaufen lässt. Dies wird in jedem Fall N-lich Bamberg gewesen sein, womit die in diesem Modell skizzierte Tiefenerosion der N-Regnitz geringer ausfallen würde. Weitere Angaben betreffen die Niveaus der Terrassen am Obermain, sowie die Höhenlage einiger Geländepunkte an den Oberläufen der ehemaligen S-Regnitz. In diesem Zusammenhang lassen sich noch zusätzliche Argumente für dieses Modell entwickeln, die hier aber nicht unbedingt erläutert werden müssen (vgl. dazu Hofbauer 2012).

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Aber auch die maximalen Höhenniveaus der begleitenden Vorkommen von Frankenwaldschottern nehmen von S nach N ab. Die Folgerung war: Kalke und die hochgelegenen Schotter - beides Zeugnisse der Süd-Regnitz - mussten im Nachhinein verstellt worden sein.

Durch die von K. BERGER (1973) bearbeiteten Bohrungen kann man dieses Modell präziser fassen, denn man kennt nun auch die Basis der Tertiärvorkommen, die weitgehend identisch mit der Lage der tief eingeschnittenen S-Regnitz-Rinne ist. Diese Daten bestätigen die von WAGNER diagnostizierte, heute nach N gerichtete Neigung, und damit den Gegensatz zu dem bei ihrer tertiärzeitlichen Anlage sicher noch in die Gegenrichtung orientierten Gefälle.[2]

Nun wäre es auch noch gut, wenn man eine obere Tallinie hätte, die eine Situation für eine Aufschüttungsphase repräsentieren würde. Die letzte Verschüttung ist nach dem Rieseinschlag dokumentiert - wir erinnern uns, dass die auf die Südalb-Hochfläche übergreifende Donau die dortige Tiefland-Situation belegt.

Eine Verschüttung der Täler, die es - vermutlich über nahezu 10 Ma - ermöglichte, dass die Flüsse über die heutige Albhochfläche nach S abfließen konnten, sollte ihre Spuren auch in der Landschaft nördlich der Frankenalb hinterlassen haben.

Tatsächlich gibt es entlang des Regnitztalzuges, mehr oder weniger weit in die Nebentäler reichend, eine besondere Form von Relikten, die als Zeugnisse einer lang anhaltenden Talverschüttung interpretiert werden können. Verwitterungsresistente Blöcke vor allem des Doggersandsteins und des Angulatensandsteins (Lias) sind die bei weitem dominierenden Komponenten in Blockschutt-Ablagerungen, die stellenweise noch in Mächtigkeiten von mehreren Metern erhalten sind. In allen Fällen liegen diese Vorkommen in Niveaus noch oberhalb der jeweils höchsten erhaltenen, fluviatilen Terrassen-Reste, so dass sie dort jeweils die relativ ältesten landschaftsgeschichtlichen Ablagerungen darstellen.

Seit KRUMBECK (1931) werden diese Vorkommen als **Restschutt** bezeichnet, einzelne größere Objekte nannte er „Kantenblökke". Aus KRUMBECKS Sicht repräsentiert der Restschutt einen fossilen Hangschutt, der im Laufe der Zeit von seinem Herkunftsgebiet so isoliert wurde, dass ein „bodengestaltlicher Zusammenhang", also eine Gefällstrekke, nicht mehr gegeben ist. Heute findet man diese fossilen Hangschuttreste oft - in Reliefumkehr - auf vielen, die Tallandschaften begleitenden Kuppen.

Über die Bedeutung dieser Relikte in der Morphogenese der Schichtstufenlandschaft gab es mehrfach Kontroversen. In einer aus-

[2]Drei relativ zuverlässige Punkte sind durch ihre Lage unter der Wasserscheide (Obermiozäne Talbasis, OM 1, ca. 380 m ü. NN), der Tertiärbasis in der Rinne bei Pleinfeld (OM 2, 365 m ü. NN bei 46 m Tertiärmächtigkeit) und am Hauslacher Bühl bei Georgensgmünd (OM 3, 360 m ü. NN bei 43 m Tertiärmächtigkeit) bestimmt (BERGER 1973; OM 4 wurde ebenfalls eingetragen, aber hier wurde die Tertiärbasis nicht erreicht). Bei diesen Daten ist zu bedenken, dass es sich um Mindesttieflagen handelt, da nicht angenommen werden kann, den tatsächlich tiefsten Punkt der Rinne erbohrt zu haben - der Fehler kann aber nur in der Größenordung von einigen Metern liegen. So kann zwar das Gefälle zwischen OM 2 und OM 3 nicht als eindeutig gelesen werden , aber zwischen OM2/OM3 und OM1 ergibt sich für die heutigen Verhältnisse ein klares N-Gefälle der obermiozänen S-Regnitzrinne. Damit ist auch die ungleichmäßige Heraushebung bzw. Verkippung in S-Richtung bestimmt (Abb. 23).
Möglicherweise kann auch das von KRUMBECK (1927a) in das „Obermiozän" gestellte Süßwasservorkommen von Kalchreuth/Röckenhof in diese Reihe gestellt werden. Es handelt sich hier um eine Nebentalbildung (345 m ü. NN, Schwabachtal), die auf das Niveau des Haupttals kalkuliert einer S-Regnitzrinne mit einer Mindesttiefe von etwa 310-320 m entspräche (OM4, HOFBAUER 2003). Die durch OM1 und OM2/3 klar bestimmte Tiefenlinie würde zwanglos dazu passen. Weiter N-lich stehen dann keine Daten mehr für die Rinnenbasis der S-Regnitz zur Verfügung.

Abb. 24: Restschutt aus limonitisch zementierten Doggersandstein-Komponenten. Heroldsberg, Kuppe mit Sender W-lich des Ortes (49° 32' 29" N, 11° 80' 46" E).

führlicheren Diskussion dieser Vorkommen (Hofbauer 2003) wird für eine Genese vorzugsweise als Gleitschutt plädiert. Fehlende Sortierung, fehlende Zurundung (von einer mit der Zeit im Boden entstandenen Kantenrundung abgesehen) schließen bei den „reinen" Restschuttvorkommen die Beteiligung fluviatilen Transportes aus (Abb. 24, 25). In dem hier entwickelten Zusammenhang ist jedoch entscheidend, dass es sich um Akkumulationen handelt, die offenbar über längere Zeit entstanden sind, was eine in Phasen der Talverschüttung zu erwartende Situation ist.[3]

Die intensive – braune, nicht ockergelbe! – Limonitisierung, die in den meisten Restschuttvorkommen zu beobachten ist, hat die Verwitterungsresistenz dieser Komponenten deutlich verstärkt. Diese Erscheinung spricht zugleich für den längeren Aufenthalt im Bereich grundwassernaher Talböden, in denen Eisen in wassergesättigten, reduzierenden Milieus gut mobilisierbar ist.

Als Referenz für die Höhe der jungmiozänen Landschaftsverschüttung können letztendlich nur primäre Restschuttakkumulationen herangezogen werden:

Raum Bamberg: mehrere Flächen mit dicht gepacktem Restschutt, nahezu reiner Angulatensandstein (inkl. Keuperquarze). Die Vorkommen wurden auch von Garleff & Krisl (1997) beschrieben und als hochgelegene Schotter interpretiert. In **Abb. 4** wird das Restschutt-Niveau S-lich Bamberg bei 300-315 m durch **R1** markiert.

[3]Die Interpretation als Gleitschutt stützt sich beim Restschutt neben der fehlenden fluviatilen Prägung auch auf das Vorkommen von Komponenten, die bei einem längeren Transport in einem Fluss zerstört worden wären. Das beste Beispiel hierfür ist das bereits von Scherzer (1921) beschriebene Vorkommen am Erlberg, einige km S-lich Schwabach. Große Teile dieses Vorkommens sind bereits auf tiefere Niveaus umgelagert, aber der Umstand, dass sich in beträchtlichem Umfang auch vollständige Fossilien aus Tonsteinen des Lias (und Doggers?) finden lassen, belegt deren Verlagerung innerhalb umfangreicherer Gesteinsschollen. Bei der Umlagerung freigelegte Einzelstücke hätten einen fluviatilen Transport keinesfalls unbeschadet überstehen können (eine nähere Schilderung des Erlbergvorkommens und eine Abbildung der Fossilien aus der Sammlung Werner Straussberger findet man in Hofbauer 2005).

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

- 1 km N-lich Vorra (49° 50' 09" N, 10° 50' 37" E), 304 m ü. NN;

- zwischen Oberharnsbach und Birkach, S-lich der B22 (49° 50' 02" N, 10° 48' 41" E), 302 m ü. NN;

- SW-lich Hartlanden, W-lich des Schwedenkreuzes (49° 51' 20" N, 10° 48' 48" E), 315 m ü. NN.

NW-lich Forchheim: reiner Dogger-Restschutt aus Zergleitung eines W-lich der Regnitz gelegenen Zeugenberges:

- etwa auf halber Strecke an der Straße zwischen Trailsdorf und Rothensand (49° 51' 20" N, 10° 48' 48" E), 331 ü. NN.

Zwischen Forchheim und Erlangen, großes Areal W-lich Hemhofen-Röttenbach: überwiegend Angulatensandstein, mit schwankenden Beimengungen von Doggersandstein, Reste von Phosphoritknollen aus Liastonsteinen, in einem max. Niveau um 360 m ü. NN (**R2**):

- Hohenwart (49° 40' 56" N, 10° 55' 02" E), 359 m ü. NN;

- Steinberg (49° 40' 027' N, 10° 54' 35" E), 341 m ü. NN.

NW-lich Hetzles in Richtung Honings bis zur Höhe 362 ü. NN (49° 38' 09" N, 11° 06' 48" E); Doggersandstein, dazu weitere Reste im gleichen Niveau weiter N-lich auf der Pinzberger Platte.

E-lich Erlangen. Oberhalb des von Erlangen nach E verlaufenden Schwabachtales gibt es besonders umfangreiche Restschuttvorkommen. Diese sind allerdings auf dem Feuerletten schon weitestgehend talwärts verlagert und in höhere Schwabach-Terrassen aufgenommen. Die ursprüngliche Höhe dürfte um 350-360 m ü. NN gelegen haben. Zu den Ablagerungen im Schwabachtal siehe Hofbauer (2003).

Heroldsberg, Kuppe mit Sender W-lich des Ortes (49° 32' 29" N, 11° 80' 46" E), massiver, mehrere m mächtiger, allein aus Doggerkomponenten zusammengesetzter Restschutt. Die relativ hohe Lage (391 m ü NN) dürfte von einer Akkumulation am Kopf eines kleineren Nebentals herrühren.

S-lich Nürnberg erreichen die Vorkommen ein Niveau von etwa 400-410 m ü. NN (**R3**):

- das Vorkommen am Erlberg, Dogger-Sandstein, Arietensandstein, Liasfauna (49° 17' 45" N, 11° 01' 07" E), auf der Hochfläche 395 m ü. NN, schon stark abgetragen und weit verstreut;

- E-Ausgang Kleinabenberg (49° 14' 52" N, 10° 59' 19" E), 400 m ü. NN; unter den höher gelegenen Ort reichend. Teilweise mit fluviatilen Umlagerungserscheinungen, Doggerkomponenten (dominierend).

Weitere, ausgedünnte und bereits umgelagerte Vorkommen dieser Region werden in Hofbauer (2005) beschrieben. Die Restschuttvorkommen, auch wenn es nur zerstreute Relikte sind, finden sich stets in der Nachbarschaft von mehr oder weniger degradierten Zeugenbergen. Dies ist ein weiterer Umstand, der für die Genese als Gleitschutt spricht und die Bedeutung dieses Prozesses bei der Aufzehrung der Stufenlandschaft unterstreicht.

Weiter nach S sind uns bisher vergleichbar massive Restschuttvorkommen nicht bekannt. Der **Angulatensandstein**, der weiter im N neben dem Doggersandstein die zweite wesentliche Quelle von Restschuttakkumulationen darstellt, keilt zusammen mit dem Rhät im Bereich Spalt aus, ist aber schon wei-

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Abb. 25: Block aus kantigem Angulatensandstein im Bereich des Restschutt-Vorkommens am Steinberg bei Röttenbach.

ter im N nicht mehr massiv genug, um bedeutende Anteile zu liefern. Als Restschutt-Komponente sind daher im S des Regnitztales nur noch limonitisch zementierte Gesteine aus dem Doggersandstein vorhanden. Zugleich ist aber damit zu rechnen, dass der Doggersandstein W-lich der S-Rezat schon – wie auch zwischen Erlangen und Bamberg – bereits bis auf wenige Vorkommen abgetragen gewesen sein könnte. Eher verstreute Funde von Relikten, die überwiegend aus dem Doggersandstein kommen dürften, beschreibt BERGER (1971) in den Erl. zur GK25 Spalt im Niveau um 450 m ü. NN (dieses Niveau wird durch den unteren Punkt **R4** markiert). Das höchst gelegene Vorkommen, das allerdings unter Wald nicht ohne Weiteres in seiner genaueren Charakteristik zu erfassen ist, erreicht zwischen Pleinfeld und Ramsberg ein deutlich höheres Niveau von 475 m ü. NN (**R4**, oberer Punkt).

Abb. 26: Angulatensandstein aus der Geröllstreu auf der Wasserscheide zwischen Aisch und Aurach. Trotz der Umlagerung im Fluss bleibt der plattige Charakter des Sandsteins meist gut erhalten. Höhe 382 m zwischen Dettendorf und Kaltenneuses.

FAZIT: Die Restschuttvorkommen scheinen sich relativ gut als Hilfe zur Rekonstruktion der Höhe der jungmiozänen Landschaftsverschüttung zu eignen (Abb. 23). Alle auf-

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

gezählten Vorkommen fügen sich in das Scherenmodell ein, wobei **R2** und **R4** (oberer Wert) besonders nahe an der hypothetischen Linie der maximalen Verschüttung liegen. Sollte **R4** (oberer Wert) tatsächlich ein noch höhentreues Relikt der maximalen Verschüttung sein, dann könnte die Schere durchaus noch etwas enger geschlossen werden, ohne damit gleich die Abflussmöglichkeit über die Alb in Frage zu stellen. **R3** ist am tiefsten unter der Linie der maximalen Verschüttung positioniert. Entweder war die Heraushebung hier im Vergleich zu dem Bereich um **R4** deutlich geringer, oder diese Vorkommen sind entgegen dem Augenschein doch bereits sekundär tiefer verfrachtet.

Auf der Grundlage dieses Modells ist das Regnitztal in N-S-Richtung ungleichmäßig gehoben worden, was dem Effekt einer N-wärtigen Verkippung gleichkommt. Die Hebungsbeträge sind von Süden her im Bereich der Alb relativ ähnlich, beginnen aber - etwa ab Pleinfeld - nach N hin rasch abzunehmen. N-lich Erlangen könnte es demnach sogar zu Senkungen gekommen sein.

7. Die Umkehr der Regnitz - Ausblick

Die Umkehr der Regnitz zum Main ist sicher durch die S-N-Verkippung der Kruste wesentlich unterstützt worden. Sie war sicher kein punktuelles Ereignis, sondern ein längerer Prozess, der etwa an der Wende Miozän/Pliozän (also vor ca. 5-6 Ma) begonnen und sich über mehr als 1-2 Milllionen Jahre hingezogen haben könnte. Die Verkippung des Regnitztales scheint für die Umkehr von wichtiger Bedeutung gewesen zu sein, denn letztendlich endet die Umlenkung zum Rhein-Main dort, wo die Hebungsbeträge hin zur Südlichen Frankenalb deutlich zunehmen (Abb. 23).

Die jüngsten Folgen dieser Umkehr sind vermutlich südöstlich Nürnberg an der Schwarzach zu beobachten, wo sich dieser Rednitz-Nebenfluss erst vor erdgeschichtlich sehr kurzer Zeit (vor ein oder zwei Glazialen, also 100-200 ka) bis Neumarkt in das Gebiet der donautributären Sulz zurückgearbeitet hat. Solche Fälle sprechen dafür, dass die Wasserscheide nach der Umlenkung der Regnitz bei Bamberg wohl nur Stück für Stück zur Donau hin zurückversetzt wurde, bis sie schließlich vor der Altmühl Halt machte. Südliche Abschnitte der Regnitz können noch länger nach S geflossen sein, während der N schon zum Main umgelenkt war.

Als sicheres Zeichen für den Zeitpunkt der Umlenkung kann die Ankunft von Frankenwald-Lyditen im Raum Aschaffenburg gelten, was (nach SCHIRMER 2007b) vor etwa 2-2,5 Ma der Fall war. Dies ist aber gleichsam das **jüngste mögliche Datum,** denn es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der nunmehrige Obermain die Lydit-Liefergebiete im Frankenwald erst wieder an sich reißen musste. Denn umgekehrt gibt es keinen sicheren Hinweis, dass vor dieser Umlenkung schon Lydite über den Obermain in die Regnitz transportiert wurden. Nicht nur das Fehlen von Lyditen zwischen Bamberg und Forchheim, auch das Fehlen eindeutig „junger" Schotterkomponenten im Bereich der von TILLMANNS (1977, 1980) beschriebenen Lyditterrassen nähren erhebliche Zweifel daran. Eine derart junge Zufuhr ließe in entsprechenden Frankenwaldschottern im Vergleich zu den alten, mindestens miozän - vermutlich aber sogar alttertiär - angelieferten Vorkommen einen signifikant höheren Anteil an paläozoischen Sandsteinen und Grauwacken erwarten. Dies kann aber an keiner Stelle des Regnitztales beobachtet werden.

Das Tal zwischen Bamberg und Forchheim führt außerdem durch ein Gebiet, in dem der **Angulatensandstein** (Lias) massive Restschuttvorkommen bildet und diese Komponenten natürlich auch in beträchtli-

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

chem Maß an die Flüsse übergibt. Der Angulatensandstein müsste robust genug sein, um in den Schottern im S in signifikanten Anteilen nachgewiesen werden zu können: In alten Schottern der Aisch (Abb. 26, HOFBAUER 2007) ist er gut erhalten, und im benachbarten Baden-Württemberg bildet er in den vermutlich oligozänen/miozänen Ochsenberg-Schottern der Urbrenz ebenfalls deutliche Anteile (REIFF & SIMON 1990). Das Fehlen des Angulatensandsteins in den Frankenwaldschottern des Regnitztales wird jedoch verständlich, wenn deren Weg nicht durch den Talabschnitt Bamberg-Forchheim gegangen ist, und von dort auch hin in Richtung Nürnberg in alter Zeit keine bedeutende Zufuhr erfolgte. Während der postriesischen Verschüttungsphase dürfte der Transport von Grobschottern weitgehend geruht haben, so dass auch in dieser Zeit keine signifikante Verlagerung nach S erfolgen konnte. Die Wiederbelebung der Tiefenerosion ging dann aber vermutlich schon von der zum Rhein-Main umgelenkten Regnitz aus, so dass der Angulatensandstein endgültig von einer Vermischung mit den im Süden lagernden Frankenwaldschottern abgeschnitten wurde.

Die markanten Lydite und Radiolarite aus dem Frankenwald werden gegenwärtig von Obermain und Saale abtransportiert. Dabei hat die Saale gegenwärtig den größeren Anteil; zudem hat sie vor allem den Bereich der Münchberger Gneismasse erfasst. Auch wenn es bisher empirisch nicht gesichert ist (ZÖLLER, STINGL & KLEBER 2007), kann in der Vergangenheit mit der Naab ein dritter Fluss Lydite aus dem Frankenwald verteilt haben. Die Last liegt und lag also nicht allein beim Obermain, und so kann der Abtransport von Lyditen, wenn er für bestimmte Phasen der Erdgeschichte im Regnitz-System nicht nachgewiesen werden kann, auch durch diese anderen Flüsse geleistet worden sein.

8. Literatur

BADER, K. & FISCHER, K. (1987): Das präriesische Relief in den Malmkalken im südöstlichen Riesvorland (Rieströmmermassengebiet). - Geol. Bl. NO-Bayern 37, 123-142.

BADER, K. & SCHMIDT-KALER, H. (1977): Der Verlauf einer präriesischen Erosionsrinne im östlichen Riesvorland zwischen Treuchtlingen und Donauwörth. - Geologica Bavarica 75, 401-410.

BADER, K. & SCHMIDT-KALER, H. (1990): Talausbildung vor und nach dem Impakt im Trümmermassengebiet des östlichen Riesvorlandes. - Mitt. Geogr. Ges. München 75, 31-36.

BADER, K.; MEYER, R.K.F.; BRUNOLD, H. (2000): Graupensandrinne - Urnaabrinne, ihre Verbindung und tektonische Verstellung zwischen Donauwörth und Regensburg. - Geologica Bavarica 105, 243-250.

BERGER, G. (2010): Die miozäne Flora und Fauna (MN 5) der historischen Fossil-Lagerstätte Georgensgmünd (Mfr.) unter Berücksichtigung der Ablagerungen des Urmaintals zwischen Roth und Treuchtlingen. - Abh. Nat.hist. Ges. Nürnberg 46/2010, 191 S.

BERGER, G. (2011): Lydite aus dem Mörnsheimer Bryozoen-Sandstein (Cenoman) und ihre Bedeutung für die Flussgeschichte. - Natur und Mensch, Jahresmitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V. 2010, 85-90.

BERGER, K. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6831 Spalt. - München: Bayer. Geol. Landesamt.

BERGER, K. (1973): Obermiozäne Sedimente mit Süßwasserkalken im Rezat-Rednitz-Gebiet von Pleinfeld-Spalt und Georgensgmünd/Mfr.. - Geologica Bavarica 67, 238-248.

BIRZER, F. (1969): Molasse und Ries-Schutt im westlichen Teil der Südlichen Frankenalb. - Geol. Bl. NO-Bayern 19, 1-28.

BRUNNACKER, K. (1967): Einige Schotteranalysen aus dem Urmaintal zwischen Schwabach und Treuchtlingen. - Geol. Bl. NO-Bayern 17, 92-99.

BUCHNER, E.; SEYFRIED, H.; HISCHE, R. (1996): Die Graupensande der süddeutschen Brackwassermolasse: ein Incised Valley-Fill infolge des Ries-Impaktes.- Z. dt. geol. Ges. 147, 169-181, Stuttgart.

BUCHNER, E.; SEYFRIED, H; BOGAARD, P.V.D. (2003):

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

40Ar/39Ar laser probe age determination confirms the Ries impact crater as the source of the glass particles in Graupensand sediments (Grimmelfingen Formation, North Alpine Foreland Basin). - Geol. Rundsch. 92, 1-6.

Dorn, C. (1939): Die Ablagerungen der obermiozänen Süsswasserkalke bei Pleinfeld und Georgensgmünd in Mittelfranken. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 28, 67-98.

Garleff, K. & Krisl, P. (1997): Beiträge zur fränkischen Reliefgeschichte: Auswertung kurzlebiger Großaufschlüsse im Rahmen von DFG-Projekten. - Bamberger geographische Schriften, Sonderfolge 5, 256 S. und Kartenbeilage.

Hofbauer, G. (2003): Schichtstufenlandentwicklung und Flußumkehr an Regnitz und Aisch (Exkursion H am 25. April 2003). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 85, 241-293.

Hofbauer, G. (2004a): Die Erdgeschichte der Region - Grundzüge aus aktueller Perspektive. - Natur und Mensch, Jahresmitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V. 2003, 101-144.

Hofbauer, G. (2004b): Über heterogene Vorkommen von Restschutt bzw. Restschottern: die Verbindung von Hangschutt mit Flußschottern und ihre nachfolgende morphologische Exposition. - http://www.gdgh.de/berichte/b03/b03.html

Hofbauer, G. (2004c): Die Sande zwischen Röttenbach und Dechsendorf (westlich Erlangen/Nordbayern) sind fluviatile Sedimente. - http://www.gdgh.de/berichte/b04/b04.html

Hofbauer, G. (Hrsg., Arbeitsgruppe NHG) (2005): Alte Flußschotter und Restschutt westlich Nürnberg. - http://www.gdgh.de/berichte/b05/b05.html

Hofbauer, G. (2007): Die Entstehung der Aisch und junge Krustenbewegungen im Fränkischen Schichtstufenland. - http://www.gdgh.de/berichte/b11/b11.html

Hofbauer, G. (2011): Die Zeugenberge um Neumarkt und ihre Bedeutung in der Entwicklung der Schichtstufenlandschaft südlich Nürnberg. - Jahresmitteilungen der NHG Nürnberg 2010, 93-123. - http://www.georegion-franken.de/download/download.htm

Hofbauer, G. (2012): Jungtertiäre Talverschüttung und tektonische Verstellung entlang des Regnitz-Rezat-Tals. - http://www.gdgh.de/berichte/b15/b15.html

Hüttner, R.; Schmidt-Kaler, H. (2003): Meteoritenkrater Nördlinger Ries. - 160 S., München: Pfeil (Wanderungen in die Erdgeschichte 10)

Krumbeck, L. (1927a): Über weitere neue Obermiocän-Vorkommen in Nordbayern. - Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie Abt. B, 1927, 508-525.

Krumbeck, L. (1927b): Zur Kenntnis der alten Schotter des nordbayerischen Deckgebirges: Ein Beitrag zur älteren Flussgeschichte Nordbayerns. - Geol. Paläont. Abh., N.F. 15, 181-318.

Krumbeck, L. (1931): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Erlangen-Nord, Nr. 161. - München: Bayerisches Oberbergamt.

Krumbeck, L. (1948): Das Quartär bei Forchheim. - N. Jb. Mineralogie etc., Bd. 89, Abt. B, 258-314.

Kuhlemann, J.; Kempf, O. (2002): Post-Eocene evolution of the North Alpine Foreland Basin and its response to Alpine tectonics. - Sedimentary Geology 152, 45-78.

Kuhlemann, J.; Borg, K.v.d.; Bons, P.D.; Danišík, M.; Frisch, W. (2007): Erosion rates in subalpine paleosurfaces in the western Mediterranean by in-situ 10Be concentrations in granites: implication for surface processes and long-term landscape evolution in Corsica (France). - Int. J. Earth Sciences 97, 549-564.

Löwengart, S. (1924): Beiträge zur Tektonik, Morphologie und Talgeschichte des oberen Pegnitzgebietes unter Berücksichtigung des benachbarten Rednitz-Regnitztals. - 114 S. (Inaugural-Dissertation Eduard-Karls-Universität Tübingen).

Lüschen, H. (1968): Die Namen der Steine: Das Mineralreich im Spiegel der Steine. - 383 S., Thun und München: Ott.

Meyer, H.v. (1834): Die fossilen Zähne und Knochen und ihre Ablagerungen in der Gegend von Georgensgmünd in Bayern. - 1-122 S., 14 Taf. Frankfurt/Main.

Meyer, R.K.F: & Mielke, H.. (1993): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt 6639 Wackersdorf. - München (Bayer. Geol. Landesamt).

Neumayr, M. (1885): Die geographische Verbreitung der Juraformation. - Denkschr. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien, math.-nat. Kl., 50 S.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Peterek, A.; Schröder, B. (2010): Geomorphologic evolution of the cuesta landscapes around the Northern Franconian Alb – review and synthesis.- Zeitschrift für Geomorphologie Vol. 54,3, 305–345.

Popov, S.V.; Rögl, F.; Rozanov, A.Y.; Steininger, F.F.; Shcherba, I.G.; Kovac, M. (eds) (2004): Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys: 10 Maps Late Eocene to Pliocene. - Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 250, 1-46.

Reiff, W.; Simon, T. (1990): Die Flußgeschichte der Urbrenz und ihrer Hauptquellflüsse (Exkursion L am 21. April 1990). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 72, 209-225.

Rückert, L. (1933): Zur Flußgeschichte und Morphologie des Rednitzgebietes. - Sitz.-Ber. Phys.-med. Soz. Erlangen 63/64, 371-453.

Rückert, L. (1941): Über Obermiocän und alte Schotter in Franken. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 30, 120-125.

Scherzer, H. (1921): Geologisch-botanische Heimatkunde von Nürnberg und Umgebung. - Nürnberg: Ernst Frommann.

Schirmer, W. (1985): Malm und postjurassische Landschafts- und Flußgeschichte auf der Obermain-und Wiesentalb (Exkursion F am 13. April 1985). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 67, 91-106.

Schirmer, W. (2007a): Terrestrische Geschichte der Nördlichen Frankenalb. – Bayreuther geogr. Arb. 28, 168–178; Bayreuth

Schirmer, W. (2007b): Geschichte und Bau des Maintals am Beispiel des Obermains. – Bayreuther geogr. Arb. 28, 102–119; Bayreuth

Schmidt-Kaler, H. (1974): Nachweis der Überlagerung von Bunter Breccie durch Monheimer Höhensande. - Geol. Bl. NO-Bayern 24, 101-105.

Schmidt-Kaler, H. (1994): Der präriesische Urmain und seine Ablagerungen. - Geol. Bl. NO-Bayern 44, 225-240.

Schmidt-Kaler, H. (1997): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt 7131 Monheim. - München (Bayer. Geol. Landesamt)

Schröder, B. (1996): Zur känozoischen Morphotektonik des Stufenlandes auf der Süddeutschen Großscholle. - Z. geol. Wiss. 24, 55-64.

Strasser, M. (2011): Höhlen der Schwäbischen Alb als Pegelschreiber für Flussgeschichte und Tektonik in Südwestdeutschland seit dem Miozän. - Diss. Univ. Stuttgart.

Tillmanns, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 30,198 S.

Tillmanns, W. (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordbayern. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 62, 199-205.

Thürach, H. (1889): Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleiche zu den benachbarten Gegenden [Teil 2]. - Geogn. Jh. 2, 1-90.

Villinger, E. (1998): Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 80, 361-398.

Villinger, E. (2003): Zur Paläogeographie von Alpenrhein und oberer Donau. - Z. dt. geol. Ges. 154, 193-253.

Wagner, G. (1923): Aus der Geschichte der Altmühl. - Nürnberg: Lorenz Spindler.

Wagner, G. (1926): Zur Frage der Buchberggerölle und zur Geschichte der Eger. - Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie Abt. B, 1926, 340-349.

Wagner, G. (1929): Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbilde Süddeutschlands. - Öhringen: (Erdgesch. u. Landeskundl. Abh. aus Franken und Schwaben, 10).

Zöller, L.; Stingl, H.; Kleber, A. (2007): Das Trebgasttal - Tal- und Landschaftsentwicklung nahe der Europäischen Hauptwasserscheide im Raum Bayreuth. - Bayreuther geogr. Arb. 28, 79-101.

Anschrift des Verfassers	**Dr. Gottfried Hofbauer** Anzengruberweg 2 91056 Erlangen geoldoku@gdgh.de

Beitrag eingegangen am 5.4.2012

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 2011

Autor(en)/Author(s): Hofbauer Gottfried

Artikel/Article: Zur Laufumkehr des Regnitztales 121-151