



JAHRESMITTEILUNGEN

NATUR  
UND  
MENSCH

2010

## Danksagung

Für Zuschüsse und Unterstützung zur Herstellung der Jahresmitteilungen 2010 sind wir zu Dank verpflichtet:



**Titelbild:** *Flammulina velutipes* – der Gemeine Samtfußrübling – ist ein typischer Winterpilz, der frostige Temperaturen zur Fruchtkörperbildung benötigt; Originalfoto und digitale Bearbeitung von Rainer Reichel.

**Gottfried Hofbauer**

## **Die Zeugenberge um Neumarkt und ihre Bedeutung in der Entwicklung der Schichtstufenlandschaft südlich Nürnberg**

### **1. Einleitung**

Die Landschaft um Neumarkt wird durch mehrere markante Berge geprägt: Buchberg, die Sulzbürger Gruppe mit dem Schlüpfelberg, Staufer Berg, Möninger Berg, Tyrolsberg und Dillberg bilden unterschiedliche große Erhebungen, denen jedoch allen gemeinsam ist, dass sie rundum frei stehen und nicht Sporne oder Rücken bilden, wie man sie im Gegensatz dazu im Osten von Neumarkt findet. Touristisch auch als *Land der Zeugenberge* beworben, sind diese Berge aber nicht nur wegen ihrer landschaftlichen Akzente interessant. Die Häufung von Zeugenbergen ist tatsächlich eine für das Fränkische Schichtstufenland ungewöhnliche Erscheinung, so dass sich die Frage nach ihren Gründen auch in besonderer Weise stellt.

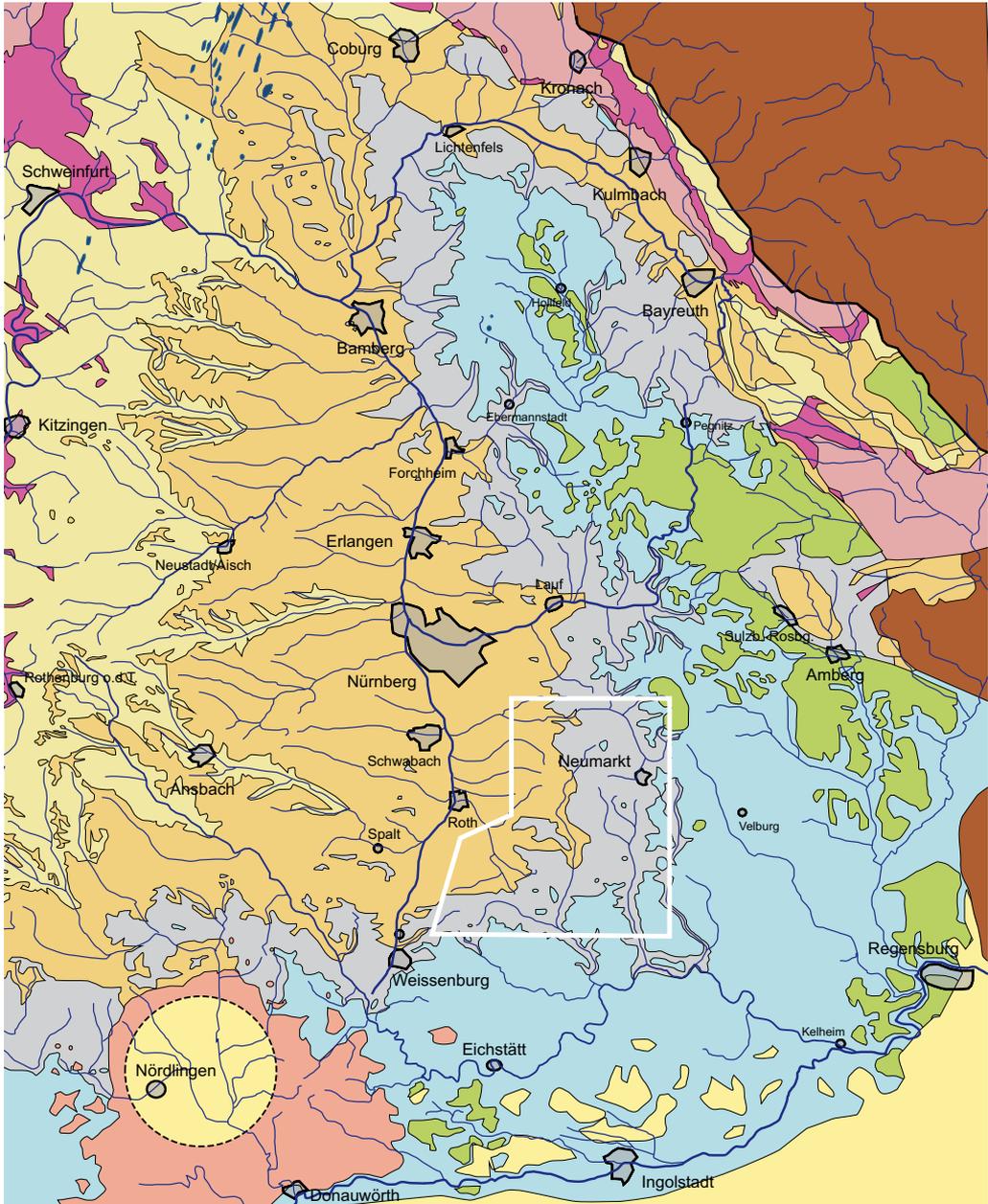
Die Diskussion des Themas führt notwendig zu der Frage, wie Schichtstufenlandschaften sich im Lauf der Zeit entwickeln und von welchen Faktoren dies abhängen kann. Im Raum Neumarkt wird die Situation noch dadurch kompliziert, dass das Tal, das die Zeugenberge von dem im Osten gelegenen Rand der Frankenalb trennt, offensichtlich nicht immer vom gleichen Fluss eingenommen wurde: die Sulz, die ihren Ursprung heute südlich Neumarkt hat und über die Altmühl zur Donau fließt, nahm einst auch den nördlich Neumarkt gelegenen Bereich des Tales ein. Dieser Abschnitt wurde ihr dann aber von der zur Rednitz fließenden Schwarzach weggenommen. Die Formung der nördlichen Zeugenberge erfolgte also

zuerst innerhalb eines nach S orientierten Flussnetzes, später aber in einem nach N laufenden Regime.

Wenn wir von einem der Neumarkter Zeugenberge nach Westen blicken, dann sehen wir dort eine weitgehend flache, wenig akzentuierte Landschaft (Abb. 1). Doch ein genauere Blick entdeckt auch dort Plateaus und Kuppen; allerdings sind diese weniger auffällig. So wie die Neumarkter Zeugenberge uns heute als markante Reste der einst zusammenhängenden Frankenalb-Schichtstufe erscheinen, so sind diese weiter W-lich gelegenen Plateaus und Kuppen wiederum Reste ehemaliger Zeugenberge, die inzwischen aber schon weitgehend abgetragen wurden. Die Neumarkter Zeugenberge repräsentieren



Abb. 1: Blick vom Möninger Berg nach Westen. Die dort im Lias und Keuper liegende Landschaft erscheint von hier aus reliefarm. Dennoch lassen sich auch in dieser Richtung die Reste ehemaliger Schichtstufen und Zeugenberge finden.



- Tertiär (Molasse, Rieskrater, Albüberdeckung)
- Tertiär (Bunte Trümmersmassen, Rieskrater-Auswurf)
- Kreide (Deckschichten und Relikte)
- Oberer/Weißer Jura (Kalkstein und Dolomite)
- Mittlerer/Brauner Jura (Tonstein, Sandsteine)
- Unterer/Schwarzer Jura (Tonsteine, Kalk)
- Sandsteinkeuper (Blasensandstein bis Feuerletten)
- Unterer Keuper – Gipskeuper
- Muschelkalk
- Buntsandstein
- Grundgebirge jenseits der Fränkischen Linie

Abb. 2: Der SE-Teil des Fränkischen Schichtstufenlandes und die Lage der Neumarkter Zeugenberglandschaft und ihrer westlichen Fortsetzung (vereinfacht nach der Geol. Karte von Bayern 1:500000, München 1996). Die Hauptschichtstufen liegen jeweils am Westrand der hier farblich unterschiedenen Bereiche: die Stufe des Sandsteinkeupers, des Unteren Schwarzen Juras und des Weißen Juras. Der Bogen, den der Verlauf der Gesteins-Formationen im SE von Nürnberg nimmt, ist Folge einer scheidelförmigen Hebung (Ansbacher Scheitel) - vgl. Abb. 15.

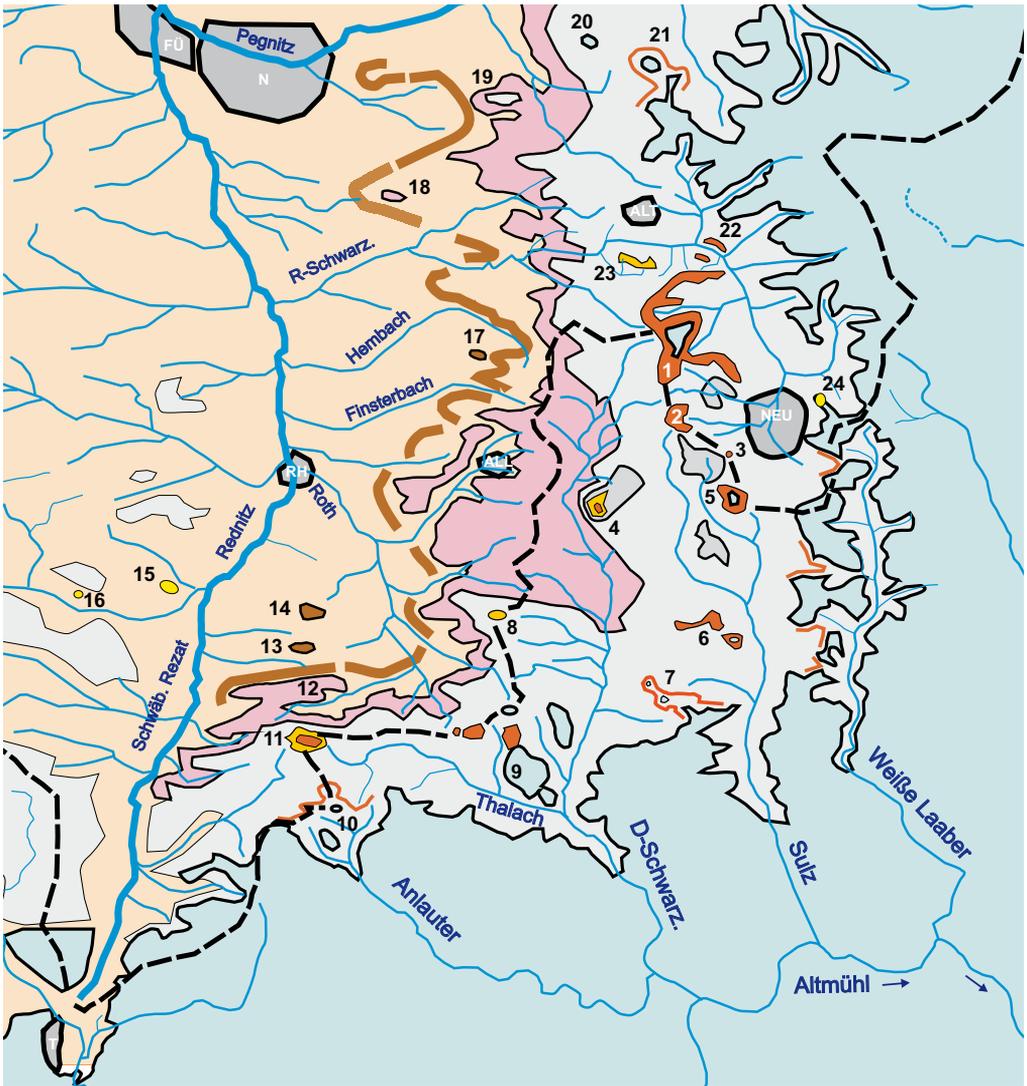


Abb. 3: Geologische Skizze der Region um Neumarkt. FÜ/N Fürth/Nürnberg - ALT Altdorf - NEU Neumarkt - ALL Allersberg - RH Roth - T Treuchtlingen. Die farbigen Flächen markieren von rechts (Osten) nach links (Westen): blau Weißjura-Stufenfläche - rotbraune Bereiche um Zeugenberge: Doggersandstein, gelbe Ränder um Zeugenberge bzw. gelbe Zeugenberge: Unterer Dogger (Opalinuston) - hellgrau Liaslandschaft, darin dunkelgrau: Posidonienschichten-Plateau - rot Feuerlettenplateau um Allersberg - dicke braune Linie: Westrand des Oberen Buntsandsteins - hellbraun Sandsteinkuper. Schwarz gestrichelt: die gegenwärtige Wasserscheide Main/Donau.  
 1 Dillberg (Weißjura) - 2 Tyrolsberg (Doggersandstein) - 3 Stauer Berg (Doggersandstein) - 4 Möninger Berg (Doggersandstein) - 5 Buchberg (Weißjura) - 6 Sulzbürger Gruppe (Doggersandstein) mit Schlüpfelberg im SE (Weißjura) - 7 Jurasporn von Erasbach - 8 Jahrsdorf (Opalinuston) - 9 Weißjura-Rücken am Alb-Eingang von Thalach und Donau-Schwarzach - 10 Weißjura-Rücken am Alb-Eingang der Anlauter - 11 Heidecker Schlossberg (Oberer Dogger) - 12 Liebenstädter Berg (Lias) - 13 Hoher Stein (Ob. Buntsandstein) - 14 Eichig (Ob. Buntsandstein) - 15 Tertiär von Georgensgmünd - 16 tertiärzeitl. Kalkkonglomerat N-lich Spalt - 17 Schellenberg (Ob. Buntsandstein) - 18 Hoher Bühl (Feuerletten) - 19 Brunner Berg (Rhätolias) - 20 Moritzberg (Weißjura) - 21 Nonnenberg-Sporn (Weißjura) - 22 Rascher Berg und Gnadenberger Klosterberg (im N) (Doggersandstein) - 23 Opalinustonplateau N-lich Dörlbach - 24 tertiärzeitl. Aragonit-Höhleinsinter am Wolfstein-Sporn. - Braune Linien markieren Bereiche, in denen der Weißjura-Stufenbildner zwar schon zerschnitten ist, aber im Bereich des Doggersandsteins noch im Zusammenhang steht, so dass der Eindruck einer geschlossenen Schichtstufe noch gewahrt ist (z.B. SE-lich Neumarkt, oder N-lich der Anlauter-Quellbäche).

damit eine geologische Momentaufnahme aus der langsamen Rückversetzung der Frankenalb-Schichtstufe.

## 2. Zeugenberge als Elemente von Schichtstufenlandschaften

Nicht jeder frei stehende Berg der Erde ist ein Zeugenberg. Der Begriff „Zeugenberg“ hat seinen Sinn nur in Schichtstufenlandschaften (SCHMITTHENNER 1954), also Landschaften, die von besonderen geologischen Verhältnissen geprägt werden. Hier zeugen solche Berge davon, dass die Schichtstufe, vor der sie heute als isolierte Einzelformen stehen, einst (mindestens) bis dahin gereicht haben muss.

Die Region Neumarkt ist Teil des Fränkischen Schichtstufenlandes, das sich von Rhön, Spessart im Nordwesten bis zur Frankenalb im Osten/Südosten erstreckt (Abb. 2; die naturräumlich-geografischen Begriffe decken sich nicht mit den politischen, so dass weite Bereiche der „Mittleren Frankenalb“ in der Oberpfalz liegen, vgl. HÜTTEROTH 1974). Das geologische Kartenbild zeigt, dass das Nord-Süd verlaufende Tal von Neumarkt im

Osten nahezu geschlossen vom Weißen Jura eingenommen wird, während es im Westen im Wesentlichen aus Gesteinen des Lias aufgebaut wird. Weißer Jura findet sich hier nur noch in wenigen einzelnen Flecken: dies sind die Zeugenberge (Abb. 2, 3).

Den größten dieser fleckenartigen Weißjura-Reste findet man auf dem Dillberg; nur auf zwei weiteren Bergen, dem Buchberg und dem Schlüpfelberg westlich Mühlhausen, sind ebenfalls noch Weißjura-Reste erhalten. Die anderen Berge – Tyrolsberg, Staufer Berg, Möninger Berg und die Berge um Sulzbürg – sind bereits bis hinunter in den Braunen Jura abgetragen. Alle zusammen zeugen sie jedoch davon, dass die Westseite des Neumarkter Tals einst nicht anders ausgesehen hat als die heutige Ostseite, also von einer zusammenhängenden Landschaft mit Weißjura-Bergen aufgebaut war. Dieser Weißjura-Rücken im Osten des Neumarkter Tals repräsentiert in seinem weitgehend vorliegenden Zusammenhang die Schichtstufenfront der Mittleren Frankenalb. Den Bereich im Westen mit der in Zeugenberge aufgelösten Landschaft kann man bereits als deren Vorland ansehen.

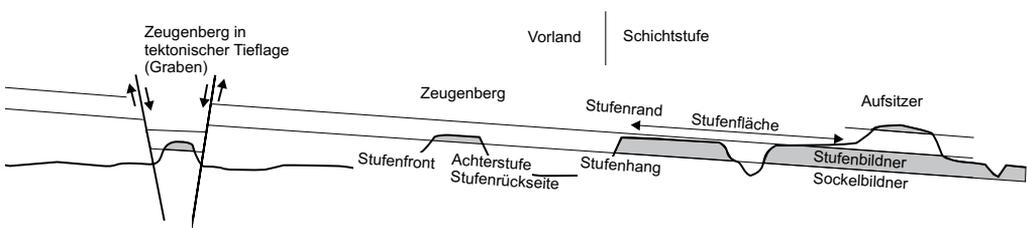


Abb. 4: Die Erhaltungsmöglichkeit von Zeugenbergen nimmt normalerweise mit dem Abstand von der Schichtstufe ab, da der Stufenbildner in dieser Richtung eine zunehmend höhere Lage einnimmt. Bei der Tieferlegung des Flussnetzes wird in diesen strukturellen Hochlagen der abtragungsanfällige Sockelbildner eher erreicht, womit auch die Destabilisierung dieser Berge früher als in der dahinter folgenden Schichtstufe einsetzt. Besondere tektonische Verhältnisse wie muldenartige Einsenkungen oder Grabenbrüche können die Erhaltung lokal begünstigen. Aus dieser Skizze geht weiter hervor, dass die Erhaltung von Zeugenbergen durch eine geringe Neigung der Schichten im allgemeinen begünstigt, steileres Einfallen hingegen die Erhaltung verschlechtern würde. Eine Tieferlegung der Talböden (durch verstärkte Erosion der Flüsse) würde die Aufzehrung der Zeugenberge beschleunigen und möglicherweise hinter dem Stufenrand zur Isolierung eines Rückens führen, der im Laufe der Zeit durch Verwitterung und Abtragung zu Zeugenbergen reduziert werden würde.

Es liegt in der Natur von Schichtstufenlandschaften, dass sich das Erhaltungspotential von Zeugenbergen mit zunehmendem Abstand von der Schichtstufe dramatisch verschlechtert (Abb. 4). Da der Stufenbildner mit Abstand von der Schichtstufe in eine immer höhere Lage gerät, wird er zugleich auch immer anfälliger gegenüber zerstörenden Prozessen. Geht man davon aus, dass die Zerschneidung einer zusammenhängenden Stufenfläche durch die Tiefenerosion von Flüssen von oben nach unten erfolgt, dann wird der unter dem abtragungsresistenten Stufenbildner gelegene, leichter ausräumbare Sockelbildner in strukturell hoch gelegenen Bereichen früher als in Tieflagen erreicht, in welchem sich Bäche vielleicht noch in engen Tälern innerhalb des Stufenbildner-Niveaus bewegen. Die Erhaltung von Zeugenbergen wird wegen dieser strukturellen Bedingungen auch durch eine generell geringe Schichtneigung begünstigt.

Neben der allgemeinen Schichtneigung wird die Erhaltung von Zeugenbergen durch besondere tektonische Situationen unterstützt: so findet man in Franken Fälle, in denen sie entweder in tektonischen Mulden abgesenkt (z.B. Hesselberg) oder in einem tektonischen Graben eingebrochen sind (z.B. Staffelberg). Wenn also oft von einer Erhaltung in „geschützten“ Tieflagen gesprochen wird, dann ist der eigentliche Grund für diesen Schutz, dass die sich einschneidenden Flüsse hier im Vergleich zur Umgebung später den leicht abtragbaren Sockelbildner erreichen (Weiteres unter HOFBAUER 2001).

Schichtstufenlandschaften werden in grafischen Modellen zumeist schematisch mit einer gleichförmigen geologischen Struktur unterlegt: die Schichten erscheinen wie ein Stapel gekippter Dominosteine, deren Mächtigkeit und Substanz in jeweils allen Bereichen gleich ist (so wie etwa auch in der Skizze Abb. 5). In der Natur sind die tat-

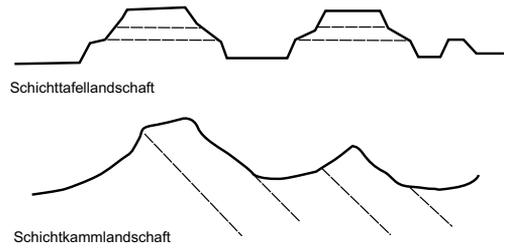


Abb. 5: Schichtstufenlandschaften liegen hinsichtlich der zugrunde liegenden Schichtneigung zwischen Schichttafel- und Schichtkammlandschaften.

sächlichen geologischen Verhältnisse jedoch immer variabler und in ihrem Zusammenwirken oft auch komplexer. So können sich Mächtigkeit und Komposition der Schichten, und damit auch ihre Bedeutung als Stufen- oder Sockelbildner, oft auch relativ kleinräumig verändern. Ein weiterer Unterschied zum „Dominostein-Modell“ besteht darin, dass die Neigung der Schichten in der Regel nicht über weite Bereiche hinweg konstant ist. Die Schichtenfolge, aus der die Landschaft heraus modelliert wurde, kann großräumig wie kleinräumig zu Mulden und Sätteln verbogen oder auch in Gräben und Horste zerbrochen sein.

Aufgrund dieser mehr oder weniger kleinräumigen Abweichungen von der generellen Schichtneigung findet man im Schichtstufenland auch Bereiche mit besonders flach gelagerten Schichten, in denen die Landschaft **Schichttafel**-Charakter annehmen kann (Abb. 5). Bereiche mit besonders starker Neigung würden hingegen im Bereich der Stufenbildner Schichtkämme bilden. Auch wenn die Fränkische Schichtstufenlandschaft generell eine charakteristische Stufenlandschaft ist, so finden wir dennoch auch Bereiche, die eher einer Schichttafellandschaft gleichen. Schichtkammlandschafts-Elemente sind in Franken hingegen nur an wenigen Stellen ansatzweise zu finden; im Raum Neumarkt, der eher durch

eine geringe als steilere Schichtlagerung geprägt ist, fehlen sie vollends.

Aufgrund der oben erörterten strukturellen Bedingungen für die Erhaltung von Zeugenbergen ist klar, dass Bereiche mit geringem Schichtfallen diese Erscheinung begünstigen. Tatsächlich liegen die Neumarkter Zeugenberge in einem solchen von geringem Schichtfallen geprägten Bereich. Hier zeigen einige Teile der Landschaft auch schichttafelartigen Charakter. Dieser wird weniger an den bereits fortgeschritten aufgezeigten Zeugenbergen deutlich, als an den weiten, dazwischen gelegenen Verebnungen. So bilden untergeordnete Stufenbildner, wie die Posidonienschichten des Lias, in drei Bereichen – östlich Mönning, um Berggau und um Forst – weite Plateaus, die in ihrem Bereich wie auch zueinander kaum Niveauunterschiede aufweisen.

An der Höhenlage der Basis der Posidonienschichten kann gut verfolgt werden, dass die Schichten zwischen dem Mönninger Berg und den östlichen Liasinseln über eine Entfernung von vielen Kilometern kaum geneigt sind. Geht man von Forst nach Westen zum Mönninger Berg, dann steigt die Basis der Posidonienschichten auf einer Distanz von knapp 8 km nur um 15 m an. Dies entspricht einem Anstieg von 0,00128 (also 1,28 ‰, bedeutend weniger als 1° Neigung). Neigungswerte, wie sie für Schichtstufenlandschaften charakteristisch sind, liegen hingegen um bis zu einer Größenordnung höher: 0,014 im Bereich der Roth-Quellflüsse, 0,012 bei Burgthann, 0,014 nördlich Haimburg. Würde man diese Neigungswerte auf den Lias in der Neumarkter Zeugenberglandschaft anwenden, dann müssten die Schichten von Forst zum Mönninger Berg hin um 112 m ansteigen (bei einem Anstieg von 0,014 - also 14 m/km - ergäbe das bei 8 km einen Anstieg von 112 m). Weitere Daten vgl. Anhang. Innerhalb dieser von geringer Schichtneigung geprägten Landschaft liegt der Mön-

ninger Berg nochmals besonders tief – laut der Streichlinienkarte (Erläuterungen GK Allersberg, GK Neumarkt) sind die Schichten hier muldenartig um etwa 20 m nach unten eingebogen. Gegenüber den anderen Neumarkter Zeugenbergen ist der Mönninger Berg damit in einer nochmals besonders begünstigten Erhaltungssposition, wodurch auch seine relativ weit im W gelegene Lage verständlich wird.

Auch der weite Ausstrich des Feuerlettings westlich vor dem Mönninger Berg, auf dem heute die Wasserscheide zwischen Main und Donau verläuft, ist durch nahezu horizontale Lagerung bedingt. Die Lagerungsverhältnisse können aus geologischen Karten – auch der hier gegebenen Skizze – an der Breite der ausstreichenden Schichten abgelesen werden: steil einfallende Schichten werden an der Erdoberfläche nur einen schmalen Ausstrich haben, flach lagernde bilden hingegen Plateaus, die sich so auch im Kartenbild abzeichnen. Die Verschmälerung des Feuerlettenausstrichs, ausgehend von Allersberg nach N und S, zeigt an, dass sich die Schichtneigung in diesen Richtungen verstärkt und der Schichttafelcharakter dort zugunsten charakteristischer Schichtstufenlandverhältnisse verloren geht.

### **3. Die Aufzehrung von Schichtstufen und Zeugenbergen**

Die Zeugenberge als Reste ehemaliger Schichtstufen teilen mit diesen den Aufbau in einen Stufenbildner und einen Sockelbildner (vgl. Abb. 4). Die Höhe der Schichtstufe wie eines Zeugenberges hängt weniger von der Mächtigkeit des Stufenbildners als von der des Sockelbildners ab. Der Stufenbildner schützt den leicht ausräumbaren Sockelbildner vor der Abtragung. Dies ist jedoch nur in relativer Weise möglich, denn seitliche Abtragungen (Hangabspülung, Hanggleitung, Berggrutsche, Quellerosion) untergraben und destabilisieren den Stufenbildner, so dass

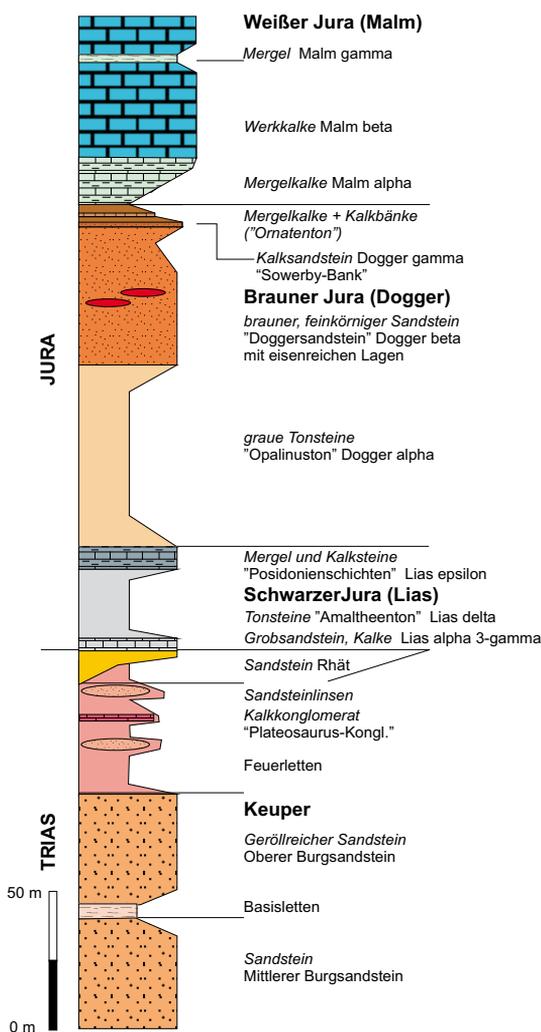


Abb. 6: Schematisches Säulenprofil der Gesteins-Formationen im Raum Neumarkt. Stufenbildner kragen nach rechts über die schmalere eingezzeichneten Sockelbildner hinaus (Nach den GK25 Altdorf und Berching, Geologisches Landesamt München).

einmal zu Zeugenbergen isolierte Bereiche zunehmend weiter reduziert werden.

### 3.1. Stufen- und Sockelbildner - vom Weißen Jura hinunter in den Burgsandstein

Zeugenberge haben im Anfangsstadium in der Regel ein Gipfelplateau. Dieses wird – wie die Stufenfläche der dahinter liegen-

den Schichtstufenlandschaft – von dem hier als Hauptstufenbildner wirkenden Gestein getragen. In unserem Fall sind dies die Weißjura-Karbonate (Abb. 6). Mit zunehmender Verkleinerung des Gipfelplateau-Querschnitts wird ein Punkt erreicht, an dem der Stufenbildner so reduziert ist, dass der Plateaucharakter verloren geht. Während am Dillberg und am Buchberg dieses Plateau noch gut erkennbar ist, erscheint es am Schlüpfelberg (Sulzbürger Gruppe), an dem der Weißjura-Stufenbildner nur noch einen Querschnitt von knapp 500 m erreicht, nur mehr undeutlich. In geologisch nicht allzu ferner Zukunft wird am Schlüpfelberg der Punkt erreicht sein, an dem der Stufenbildner völlig aufgezehrt sein wird. Dies wird durch die bereits genannten seitlichen Abtragungsprozesse wesentlich schneller erreicht als durch „normale“ langsame Verwitterung von oben her.

Nach der Entfernung des Hauptstufenbildners hängt die weitere morphologische Entwicklung des Berges vom spezifischen Aufbau der Sockelbildnerabfolge ab: diese gliedert sich nämlich selbst in mehr oder weniger abtragungsresistente Abschnitte, so dass es auch unterhalb der Weißjura-basis zur zwischenzeitlichen Plateaubildung kommen kann. Im Raum Neumarkt scheint dies durch die Kalksandsteine des Dogger gamma (Sowerby-Bank), unter Umständen auch unter Mitwirkung einiger noch darüber folgender Karbonatbänke, möglich zu sein (Abb.7). Insbesondere in der Sulzbürger Gruppe werden die Dogger-Zeugenberge von solchen Gipfelplateaus eingenommen; im südlichen Dillberg-Massiv kann dieser Effekt am Gitzberg beobachtet werden. Ist auch dieser – maximal nur wenige Meter mächtige – Stufenbildner verschwunden, werden im Doggersandstein kuppenartige Gipfelformen entstehen: Stauer Berg und Möninger Berg, auch der noch massive Tyrolsberg geben uns Anschauung von



Abb. 7: Aufschluss bei Wolfersthal E-lich Pollanten: die dunklen Gesteine des Dogger gamma bilden einen Sims über dem mürben Doggersandstein (hell). Diese Situation wirkt auch im Großen: In der Neumarkter Zeugenberglandschaft bilden die Kalksandsteine des Dogger gamma (mit der Sowerbyi-Bank) auch unterhalb des abgetragenen Weißjuras Plateaus.



Abb. 8: Abgerutschte Doggersandstein-Scholle am S-Hang des Buchberges. Die Verstellung wird auch durch die starke Schichtneigung dokumentiert.

diesem fortgeschrittenen Stadium der Zeugenberg-Vernichtung. Der feinkörnige Doggersandstein hat tendenziell eine schwache Kornbindung und neigt deshalb stark zum *in situ*-Zerfall, so dass kantige Tafelberge, wie sie etwa im sächsischen Elbsandsteingebirge auftreten, bei uns nicht zu finden sind. Zerfall und Abgrusung werden an einigen Zeugenbergen – in der Sulzbürger Gruppe sowie am Südhang des Buchberges – allerdings auch durch Felsrutsche unterstützt (Abb. 8). Diese Rutschungen werden in der Regel durch den darunter liegenden, wasserundurchlässigen Opalinuston begünstigt: am Schichtkontakt staut sich das durch den Sandstein sickernde Wasser, so dass dieser Bereich stark an Standfestigkeit verliert. Dazu ist der Opalinuston selbst auch tiefgreifend von talwärtigen Kriechbewegungen und Rutschungen betroffen. Gelegentlich trifft man auf der Hochfläche des Doggers wandernd auf Hangrutschspalten, die durch das langsame Auseinandergleiten von Doggersandsteinschollen aufgerissen sind (Abb. 9).

Sind die letzten Doggersandstein-Kuppen (vom Typ „Stauf“) aufgezehrt, bleiben nur noch unauffällige, weite Kuppen im Opalinuston. Auch hierfür gibt es westlich Neu-



Abb. 9: Rundlicher Einbruch über einer Hangrutschspalte auf dem Dogger gamma des Buchberges

markt ein gutes Beispiel. N-lich von Jahrsdorf (SE-lich Hilpoltstein) findet man ein bis auf die letzten Meter hinunter denudiertes Opalinuston-Vorkommen – es gehört nicht

mehr zu den Neumarkter Zeugenbergen i.e.S., sondern liegt schon westlich der zur Donau ziehenden Schwarzach (siehe dazu auch den nächsten Abschnitt). Der einst darüber lagernde Doggersandstein ist als zusammenhängender Schichtkörper schon lange aufgelöst, doch in der Umgebung dieser Opalinustonkuppe findet man noch immer zahlreiche, oft auch große Blöcke und Scherben, die durch Eisenoxide und -hydroxide fest zementiert sind und so ein hohes Erhaltungspotential haben (Abb. 10).

Eisenreiche, feste Partien des ansonsten so mürben Doggersandsteins lassen sich am Tyrolsberg gut beobachten. Geht man N-lich des gleichnamigen Ortes den Weg an der Sulzquelle (Hirtenanger-Str.) vorbei nach oben, sieht man im Hohlweg zahlreiche, oft bizarr geformte Eisenhydroxid-Ausfällungen. Bei diesen oft auch als „Limonitschwarzen“ bezeichneten Krusten handelt es sich um sekundäre Bildungen: weiter oben im



Abb. 10: Die breite Kuppe N-lich von Jahrsdorf trägt noch einen wenige Meter mächtigen Rest des Opalinustons (Dogger alpha). Zeugnisse des einst noch darüber gelegenen Doggersandsteins finden sich in Form fest zementierter, eisenreicher Sandsteine am Fuß der Kuppe – siehe den großen Block neben dem Hammer.

Sandstein mobilisiertes Eisen ist im unteren Bereich wieder ausgefällt worden. Weiter oben am Sattel trifft man auf das eisenreiche Hauptflöz; hier könnten die festen Zementierungen bereits aus der Entstehungszeit des Eisensandsteins stammen. Allein solche fest zementierte Partien des Eisensandsteins können den Zerfall des Schichtkörpers überleben. In den SE-lich unterhalb von Tyrolsberg gelegenen Feldern findet man diese Doggersandstein-Relikte angereichert. Hier – im Bereich einer Wasserscheide (zur Donau-Schwarzach) – gibt es keinen Fluss, der diesen alten Hangschutt, der die lange Aufzehrungsgeschichte des Tyrolsberges dokumentiert, wirksam abtransportieren könnte.

Die Denudation des Opalinustons vollzieht sich über den als Stufenbildner wirksamen Posidonienschichten. Von diesem befreit, bilden die Posidonienschichten die weiten Plateaus um Forst, Mönningen und Berggau. Zwischen zwei mächtigen Sockelbildnern – dem Opalinuston im Hangenden, dem Amaltheenton im Liegenden – positioniert, kann diese Formation trotz ihrer geringen Mächtigkeit in der Landschaft markante morphologische Akzente setzen. Doch das



Abb. 11: Während der Geländebegehungen im März 2011 war an der Straßenböschung S-lich Forst der Bereich Arietensandstein (Lias alpha3)- Lias beta/gamma über längere Distanz angeschnitten. Die Kalksandsteine des Lias alpha3 gehen nach oben in quarzreiche Kalke und schließlich in fossilreiche, weitgehend quarzfreie Kalke und Mergel über. Dieses Paket bildet die Liasstufe über dem Feuerletten, ist aber wegen der wechselhaften Ausbildung des Feuerletten oft nur wenig akzentuiert.

Unterlager aus Amaltheenton bewirkt am Ende auch die Destabilisierung der Posidonienschichten. Sind auch diese abgetragen, bilden die ebenfalls nur um 1-2 Meter mächtigen Kalksandsteine und Sandsteine des unteren Lias die nächste strukturelle Denudationsbasis (Abb. 11). Mitunter unterstützt von dem sehr ungleichmäßig vorkommenden Rhätsandstein, bildet dieser Abschnitt der Schichtfolge die untere Lias-Stufe. Jene wiederum wird von einem in dieser Region ebenfalls sehr ungleichmäßig aufgebauten, nicht durchgehend als Sockelbildner wirksamen Feuerletten getragen.

Die lithologische Wechselhaftigkeit des Feuerletten ist durch Einlagerungen von Sandsteinen und Kalkkonglomeratbänken (Plateosauruskonglomerat) bedingt. NW-lich des Möninger Berges sind die Sandsteine offenbar mächtig und auch in weiterer, seitlicher Ausdehnung entwickelt. Entsprechend wenig akzentuiert ist die darüber folgende Liasstufe entwickelt. Weiter im W, besonders deutlich im NW des Rothsees, vermochte der Feuerletten aufgrund dieser denudationsresistenten Lagen der raschen Abtragung zu widerstehen. Das hoch gelegene Plateau wird dort vom Plateosauruskonglomerat gehalten.

Unterhalb des Feuerletten folgen zunächst keine mächtigen Sockelbildner. Dies führt dazu, dass Aussichten auf die Sandsteinkeuperlandschaft den Eindruck einer Ebene erwecken. Dennoch lassen sich auch hier Stufeneffekte beobachten. Der maximal nur wenige Meter mächtige Basisletten des Oberen Burgsandsteins kann als Sockelbildner einer solchen Kleinstufe wirken. Nach W zu Rednitz und Schwäbischer Rezat hin bildet der Obere Burgsandstein die letzte Stufe, vor der sich – wie in Abschnitt 4 näher ausgeführt wird – aber noch einige, wenngleich wenig auffällige Zeugenberge finden (dazu mehr im Abschnitt 4).

### 3.2. Rückseitenerosion

Ein besonderer Effekt bei der Aufzehrung von Schichtstufen und Zeugenbergen ist die Rückseitenerosion. Aufgrund der Schichtneigung sind Schichtquellen auf der Stufenrückseite häufiger und kräftiger. Möglicherweise wurde dieser Effekt in den Kaltzeiten des Quartärs noch durch Firnnischen und Solifluktion verstärkt (die Bedeutung dieses Effekts wurde insbesondere von ZEESE 1971-1976 im Schwäbischen Schichtstufenland herausgearbeitet). Die unterschiedliche Häufigkeit von Quellen (inklusive der davon ausgehenden Bäche) sorgt – im Kartenbild betrachtet – für eine markante Asymmetrie zwischen den nach W exponierten, relativ wenig zerschnittenen Vorderseiten (bzw. also der Frontstufe) und der nach Osten weisenden, stark zerschnittenen Rückseite.

Am deutlichsten ist dieser Effekt im Raum Neumarkt am Dillberg (Abb. 12) und Tyrolsberg zu beobachten. An der Rückseite des Dillberges ist der Porenraum des Doggersandsteins zu seiner Basis hin so reichlich mit Wasser erfüllt, dass es schon innerhalb des mürben Gesteins zu Erosion und damit zur Anlage einer Quelhöhle kam (GROPP & HILPERT 2009). Auch am kleinen Möninger Berg ist trotz des geringen Einzugsgebietes Rückseitenerosion wirksam, auch wenn an der Rückseite weder Quelle noch Bach existieren (Abb. 13). Eine weite Geländedelle zeugt aber davon, dass hier im Opalinuston – dem Sockelbildner unter der noch verbliebenen Restkuppe aus Doggersandstein – eine wirksame Hangabtragung durch Schwemm- und vermutlich auch Kriechprozesse stattgefunden hat. Begrifflich präzise sollte man in diesem Fall eigentlich von Rückseitendenudation sprechen.

Die Rückseitenerosion ist – mit all ihren einzelnen Effekten – der wirksamste Prozess in der Formungsdynamik der Schichtstufenlandschaft. An den Neumarkter Zeugenbergen

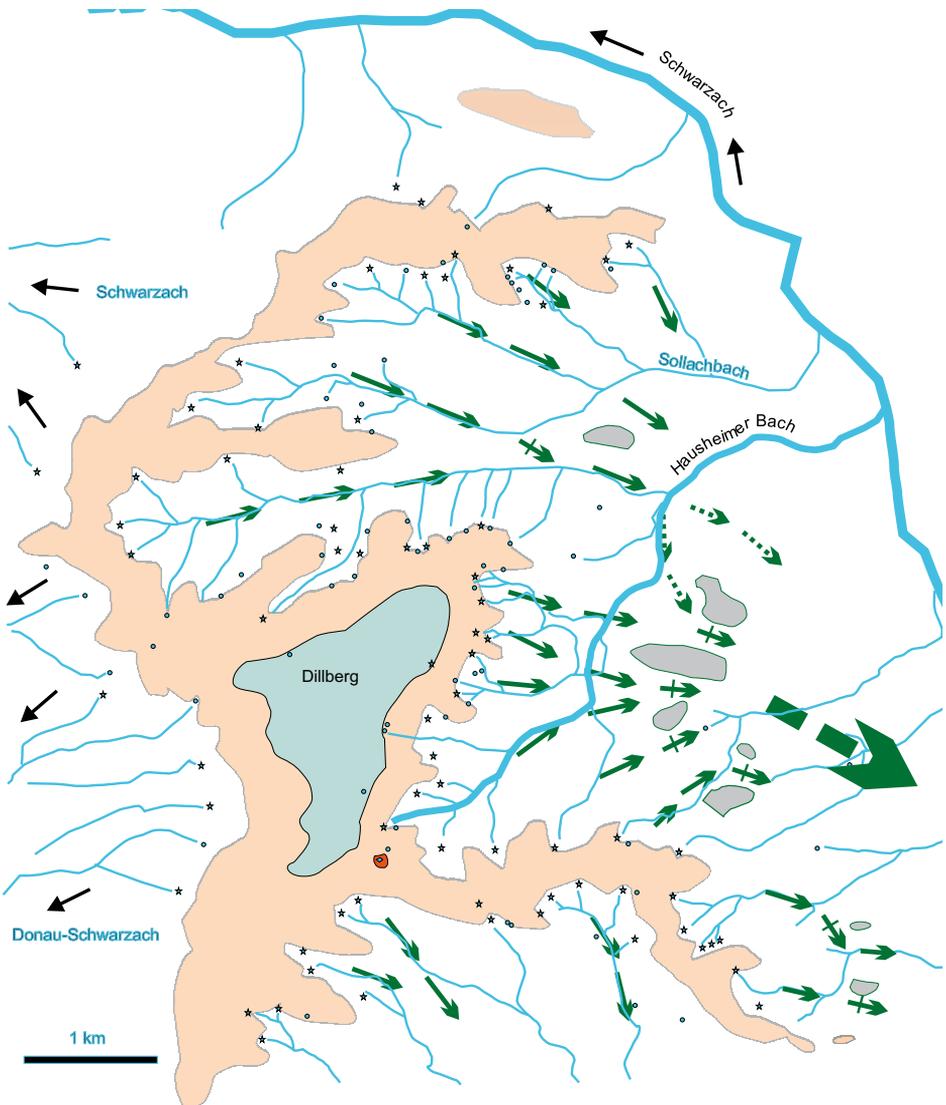
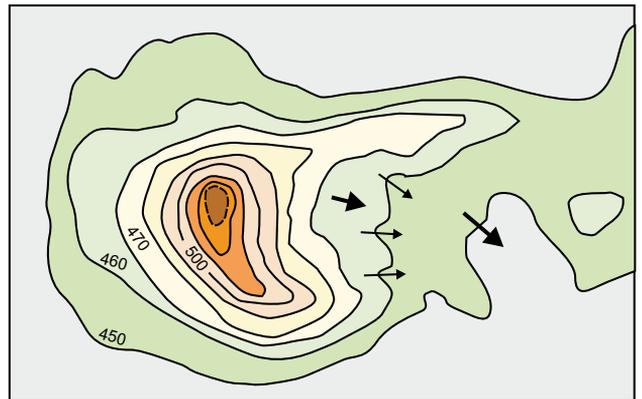


Abb. 12: Geologische Skizze des Dillberges: gezeichnet ist der Doggersandsteinrücken (braun) mit dem Weißjura-Plateau (blau). Quellen und auch unschärfere Wasseraustritte sind markiert. Deutlich ist die wesentlich intensivere Quellbildung und Abflusssituation an der nach Osten gewandten Rückseite zu erkennen. Viele Talanlagen zeugen hier noch von dem einst nach S orientierten Lauf der Bäche (grüne Pfeile; Pfeile mit Querstrich markieren heutige Kleinwasserscheiden, die im Bereich der früheren S-Entwässerung noch Talböden waren; grau: Geländeerücken im Opalinuston). Der Hausheimer Bach kann in der heutigen Form erst mit dem Anschluss an die zur Rezat fließende Schwarzach angelegt worden sein.

Abb. 13: Am Möninger Berg ist die Wirkung der Rückseitenerosion deutlich, auch wenn hier keine Bäche fließen: flächenhafter Abtrag (Denudation) hat zur Anlage einer breiten wie lang gezogenen Geländedelle geführt. (Die farbigen Flächen markieren Höhenlagen)



sind die verschiedenen Aufzehrungsschritte von der gegenwärtigen Schichtstufe hin zu einer Zeugenberglandschaft und schließlich zu einem reliefarmen Stufenvorland mustergültig zu verfolgen. In einer ersten Phase wird der Rücken durch die in das Neumarkter Tal laufenden Nebenbäche in anfangs noch große Segmente zerschnitten. Vor allem durch seitliche Abtragung, insbesondere an der Rückseite der Stufe, wurden die nach der ersten Zerschneidung entstandenen Segmente zunehmend aufgezehrt. Kleine Doggersandsteinreste wie Möninger Berg und Staufer Berg sind die Zeugenberge, die bereits kurz vor ihrem Verschwinden stehen. Die dazwischen gelegenen, weiten Verebnungen ermöglichen bereits eine Vorschau auf den reliefarmen Endzustand, zu dem hin die Landschaft konvergiert, und wie sie heute weiter im Westen allgegenwärtig ist.

#### **4. Alte Zeugenberge im Westen**

Ein wesentlicher Aspekt der Neumarkter Zeugenberge ist noch zu erörtern. Ihre heutige, in gewisser Weise fleckenhafte Verteilung westlich des Neumarkter Tales erschwert es, auf den ersten Blick ihre Anlage in einem N-S-verlaufenden Rücken zu erkennen. Dieser Rücken ist zudem relativ breit, breiter als jener, wie er etwa östlich Neumarkt die Abgrenzung zur Weißen Laaber bildet.

Dieser östlich Neumarkt gelegene Rücken ist, genau betrachtet, auch nicht mehr als geschlossene Stufenfront erhalten. Südöstlich Neumarkt ist er an mehreren Stellen hinunter bis auf den Dogger zerschnitten. Die Zergliederung in Zeugenbergmassive hat also schon eingesetzt, ist aber in ihrer morphologischen Wirkung noch im Anfangsstadium. Die vom Stufenbildner (Weißjura) befreiten Bereiche reichen in keinem Fall tiefer als bis in den Doggersandstein hinab. Die tiefste Scharte zwischen Greißelbach und Deining Bahnhof wird von der Bahn benutzt, doch

auch hier verbleibt man im Sandstein. In dem der eigentliche Sockelbildner unter der Weißjura-Stufe – der Opalinuston – noch nicht erreicht wurde, ist es noch nicht zur auch seitwärts wirksamen Destabilisierung der Stufe gekommen. Der Eindruck einer morphologisch weitgehend geschlossenen Schichtstufe ist deshalb noch immer gegeben.

Konzentriert man den Blick auf die Flüsse, dann ist das Gebiet zwischen Weißer Laaber und Schwäbischer Rezat im Ganzen durch eine regelmäßig nach Süden orientierte Entwässerung gegliedert. Von Osten nach Westen haben Weiße Laaber, Sulz, Schwarzach (wir wollen diesen nach Süden laufenden Fluss zur Unterscheidung von der zur Rednitz fließenden Schwarzach Donau-Schwarzach nennen), Thalach, Anlauter und schließlich die Schwäbische Rezat selbst mehr oder weniger regelmäßig nach Süden ziehende Täler geschaffen (auch wenn die Schwäbische Rezat heute nach N zum Main fließt). Thalach und Anlauter greifen in ihrem Einzugsgebiet allerdings lange nicht so weit nach Norden zurück wie die weiter östlich gelegenen Bäche – hier haben die maintributäre Schwäbische Rezat wie die ihr zulaufende Roth die Wasserscheide zur Donau in weiten Buchten nach Süden verschoben (Abb. 3, Abb. 14).

Die heutige Wasserscheide Main/Donau – das ist hier die zentrale Annahme – hat ihre heutige Position aber erst mit bzw. nach der Umlenkung des Rezat-Regnitzsystems zum Main erreicht. Vor dieser Umlenkung – dies ist einer der wenigen Punkte, bei dem es in der vielfach problematischen Flussgeschichte Frankens einen Konsens gibt – mündete die Rezat bei Treuchtlingen in die Altmühl (WAGNER 1923, RÜCKERT 1933, BADER, K. & SCHMIDT-KALER, H. 1977, TILLMANN 1977, 1980, SCHMIDT-KALER 1994 u.a.).

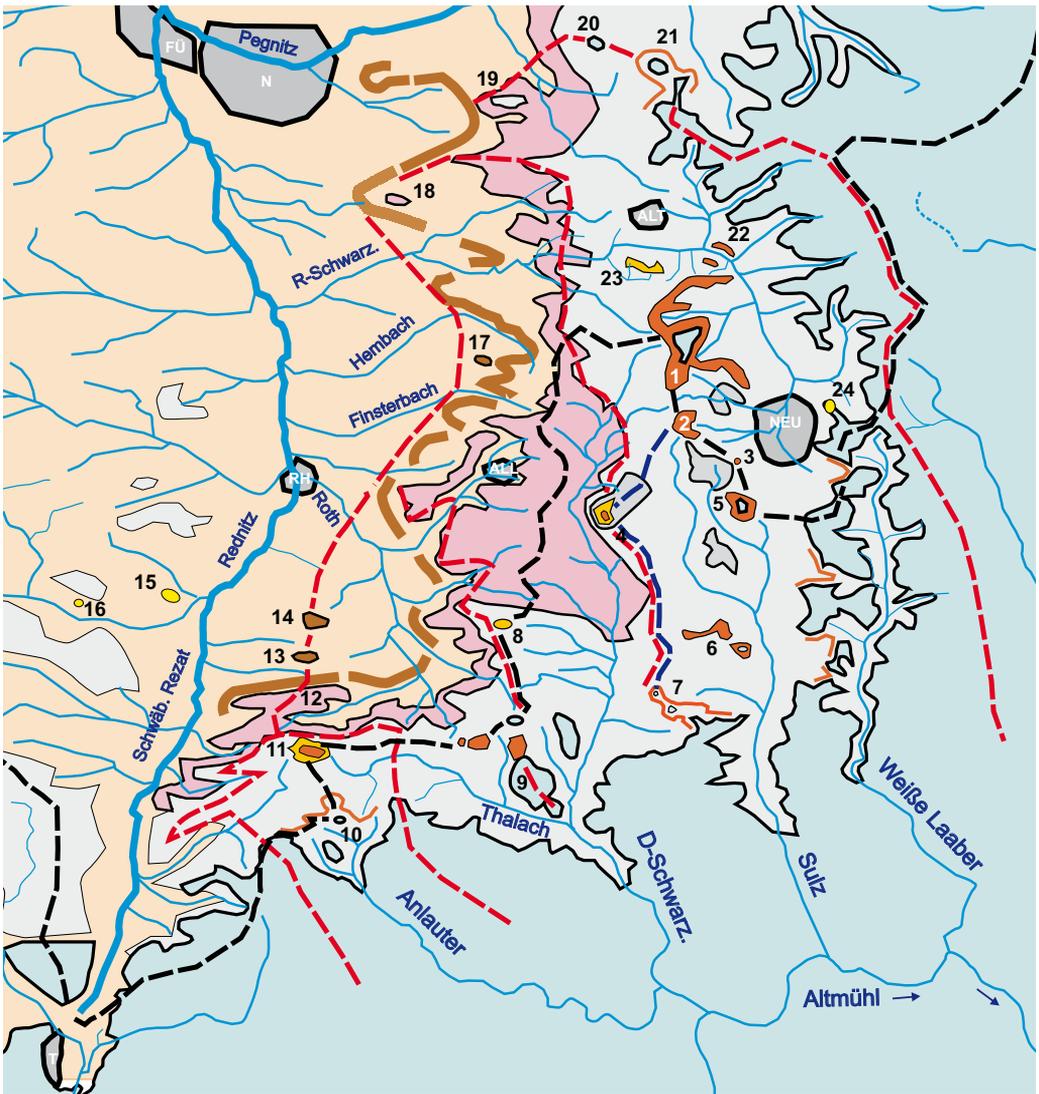


Abb. 14: Geologische Skizze der Neumarkter Region – nun mit den rekonstruierten lokalen Wasserscheiden, wie sie zur Zeit der umfassenden Südentswässerung bestanden haben dürften. Weitere Erläuterungen im Text. Legende vgl. Abb. 3.

Diese Hypothese wird durch die schon lange bekannten wie zahlreichen Funde von aus dem Frankenwald stammenden Geröllen (Lydite) entlang Rednitz und Schwäbischer Rezat begründet. In neuerer Zeit konnte eine unter der heutigen Wasserscheide durchgehende und von den Auswurfmassen des Rieskraters (ca. 15 Ma) verschüttete Rinne nachgewiesen werden (BADER &

SCHMIDT-KALER 1977). In dieser Literatur wird der Fluss zumeist als „Urmain“ bezeichnet. SCHIRMER (1985), der Zeugnisse für einen Transport der Lyditgerölle quer über die Nördliche Frankenalb nachweisen konnte, spricht hingegen von einem „Moenodanubius“, also dem „Main-Donau-Fluss“. In jüngster Zeit konnte G. BERGER (2010) die Urmain-Rinne zwischen Roth und Ellingen

rekonstruieren. Allerdings sind dabei auch Zweifel aufgetaucht, ob die Lyditgerölle nicht bereits vor der Einschneidung dieser Tiefenrinne in die Region gelangt sind und dann nur noch, der weiteren Einschneidung folgend, tiefer verlagert wurden, und dieser „Urmain“ möglicherweise gar keinen Zufluss aus dem Frankenwald (mehr) hatte. Diese Zweifel ändern aber nichts daran, dass Rednitz und die beiden Rezats – über die „Urmain-Rinne“ und schon vor ihrer Eintiefung – nach Süden entwässert haben. Um dem Problem mit der fraglichen Obermain-Anbindung zu entgehen, wird die einst nach Süden laufende Rezat hier vorläufig als Süd-Rezat bezeichnet.

Eine ursprüngliche Südentwässerung kann somit als empirisch gesicherte Ausgangssituation für den gesamten Raum zwischen Laaber und Rezat angenommen werden. Zu dieser Zeit gab es nur Regionalwasserscheiden zwischen den verschiedenen nach S laufenden Gewässern. Während die Süd-Rezat trotz ihres weit nach N reichenden Einzugsgebietes unter den anderen Südflüssen noch als *primus inter pares* angesehen werden kann, ist sie mit der Umlenkung zu einem gefräßigen Gewässer geworden, das die östlich angrenzenden Täler an sich gezogen und damit auch die ehemaligen lokalen Wasserscheiden angegriffen hat. Während im Bereich der heute noch nach Süden laufenden Gewässer die lokalen Wasserscheiden seit ihrer Anlage unter der Südentwässerung keine bedeutenden Veränderungen erfahren haben dürften, sollten jene, die der Main-Rezat näher lagen, mehr oder weniger weit nach S/SE zurück verlegt worden sein.

Am deutlichsten ist das Eingreifen des Main-Regnitz-Systems in die Südentwässerung im Neumarkter Tal zu sehen, wo die Rednitz-Schwarzach den Oberlauf der Sulz an sich gerissen hat - das Anzapfungsknie bei Ober-/Unterölsbach ist lehrbuchhaft deut-

lich. Die Spuren der Südentwässerung sind am Dillberg noch allgegenwärtig: Die zahlreichen kleinen Täler an seiner Rückseite sind überwiegend noch immer nach Süden hin orientiert (Abb. 12). Erst als die Rezat-Schwarzach rückschreitend das Neumarkter Tal erreichte und die Sulz anzapfte, begann die Überprägung der Dillberg-Rückseite zu der nun nach N orientierten Entwässerung. Erst dann kann auch der vom Dillberg nach NE laufende *Hausheimer Bach* entstanden sein. Die alten nach E/SE gerichteten Abflusswege sind E-lich des Hausheimer Baches jedoch noch durch eine Reihe von zerschnittenen Rücken erkennbar. Ihre Erhaltung im denudationsfreudigen Opalinuston spricht dafür, dass die Südentwässerung am Dillberg wohl nur maximal 1-3 Kaltzeiten zurückliegen dürfte. Auch für die Rückschneidung der Rednitz-Schwarzach durch das Liasplateau von Altdorf hinein in das Neumarkter Tal lassen sich aus ihrer Talmorphologie und Schotterresten Belege finden, die die noch junge Umlenkung unterstreichen (Details zur Entwicklung der Rednitz-Schwarzach sollen demnächst in einer gesonderten Arbeit dargestellt werden).

Setzen wir uns in die Zeit der umfassenden Südentwässerung zurück, dann lässt sich für die Landschaftsentwicklung folgendes Grundmuster erkennen: die Landschaft zwischen der noch nach Süden laufenden Schwäbischen Rezat (Süd-Rezat) und Weißen Laaber wurde von einem einheitlich nach S/SE laufenden Flusssystem durchzogen. Die Hauptflüsse - Weiße Laaber, Sulz, Donau-Schwarzach, Thalach (mit einem Oberlauf im Tal der heutigen Roth), Anlauter (mit einem kleinen Einzugsgebiet im Zwickel zwischen Thalach und Süd-Rezat), und schließlich die Süd-Rezat selbst gliederten die Landschaft in im Wesentlichen N-S verlaufende Rücken. Nebenbäche, vor allem jene, die mehr oder weniger der (sehr flachen) Schichtneigung konsequent in E/SE-licher Richtung zu den

Hauptflüssen zogen, zergliederten wiederum die Rücken in Zeugenberg-Komplexe. Diese wiederum wurden durch die oben erläuterten Abtragungsprozesse zu Zeugenbergen reduziert und schließlich in reliefarme Plateaus umgewandelt.

Trotz der nur geringen Schichtneigung hat sich bei dieser Entwicklung die unterschiedliche Höhenlage der Schichten ausgewirkt: geht man von der Weißen Laaber nach Westen, dann ist die in dieser Richtung zunehmend höher liegende Schichtenfolge zunehmend degradiert. Dennoch sind auch W-lich der Neumarkter Zeugenberge noch einige Reste ehemaliger Zeugenberge erkennbar. Anhand dieser Reste und dem Verlauf der schon unter der S-Entwässerung angelegten Rücken kann man versuchen, den ehemaligen Verlauf der Wasserscheiden zu rekonstruieren (Abb. 14).

Als landschaftliche Anhaltspunkte für eine solche Rekonstruktion können neben degradierten Zeugenbergen und Rücken auch Wendepunkte in Laufrichtungen von Flüssen herangezogen werden – dies vor allem dann, wenn es nicht Einzelfälle sind, sondern diese sich in paralleler Weise gleich in mehreren Fällen verfolgen lassen. Die ursprünglichen Positionen der lokalen Wasserscheiden sind nicht mittig zwischen den einzelnen N-S-Tälern anzunehmen, sondern eher am jeweiligen W-Rand des jeweils trennenden Rückens. Die Neigung der Schichten nach E führt nämlich dazu, dass sich in dieser Richtung tendenziell längere (konsequente) Nebenbäche entwickeln als von der E-Seite der Täler herab. Die groß N-S-(subsequent) laufenden Haupttäler verlaufen nahe an der E-Seite, unterhalb der jeweils E-lich folgenden, höheren Stufe. Dieses für subsequente Gewässer in Schichtstufenlandschaften charakteristische Verhalten kann besonders gut an der heutigen Sulz beobachtet werden, die ihre Quelle an der W-Seite des Tyrolsberges

hat und dann in das östlich davon verlaufende Haupttal einschwenkt. Auch die Donau-Schwarzach drängt sich eng am Fuß des auf der nächst höheren Stufe gelegenen Möninger Berges vorbei.

#### **4.1. Das Einzugsgebiet der Ur-Sulz**

Die Sulz hatte ihr früheres Einzugsgebiet nicht nur bis zum Nordende des Neumarkter Tals – diese N-S verlaufende Rinne markiert nur das einstige Haupttal. Nebentäler dürften weiter nach NE und NW ausgegriffen haben. In dem hier entwickelten Modell wird eine Ausdehnung bis in den Bereich des Brunner Berges für wahrscheinlich angenommen (Abb. 14). Der Brunner Berg ist als Rhätolias-Zeugenberg weit vor der heutigen Liasstufe erhalten.

#### **4.2. Die Donau-Schwarzach**

Die lehrbuchhafte subsequente Situation der Schwarzach am Fuß des Möninger Berges wurde soeben schon erwähnt. Der am Möninger Berg erhaltene Doggersandstein erinnert daran, dass hier einst die Weißjurastufe lag. Heute ist die Landschaft in der Umgebung des Berges auf den tieferen Stufenbildner, die Karbonate und Kalksandsteine des untersten Lias, degradiert. Vor dieser Stufe fließt die Donau-Schwarzach in subsequenter Anlage, bis sie in das Liasvorland der südlichen Frankenalb eintritt.

Nördlich des Möninger Berges greift die Schwarzach jedoch in die Liasstufe zurück. Ihre Quellen liegen heute, nördlich des Tyrolsberges sowie oberhalb Postbauer an der Stufenfront des Dillberges, sogar im Niveau des Doggers. Auch südlich des Möninger Berges greifen einige kleine Bäche nach Osten über Thundorf hinaus in die Liasstufe ein. Hier wurde die Stufenfront von den Schwarzach-Nebenbächen erkennbar nach Osten zurückgesetzt und ein schmales, N-S-verlaufendes Liasplateau als lokale Wasserscheide zur Sulz herausgearbeitet.

Diese in die östliche Liasstufe greifenden Zubringer der Donau-Schwarzach gehen auf Kosten der Sulz. Letztere hat durch den Verlust ihres Oberlaufs an die Rezat-Schwarzach massiv Einzugsgebiet und Erosionskraft verloren. Einst weiter als die Donau-Schwarzach nach N ausgreifend, ist sie nach diesem Verlust zum relativ kleineren Gewässer geworden. Das rückwärtige Vordringen der Donau-Schwarzach in das Liasgebiet dürfte also eine Folge der Schwächung der Sulz durch die Rezat-Schwarzach sein.

Im Süden, schon im Bereich des Lias der Südlichen Frankenalb, hat die Schwarzach die für einen subsequenteren Fluss charakteristisch langen westlichen Nebenbäche. Deren Ursprung geht dort bis in die Nähe der heutigen Liasschichtstufe, wo nördlich Jahrsdorf – gerade noch – ein Rest Braunjura erhalten ist (siehe oben). Dieser kaum noch wahrnehmbare Zeugenberg markiert dennoch eine ehemalige Position der Juraschichtstufe bzw. einen später hier lange verbliebenen Weißjura-Zeugenberg.

Folgt man der Wasserscheide vom Jahrsdorfer Zeugenberg nach Norden, dann gelangt man in den Feuerletten von Allersberg, dessen Plateau sie anfangs nahezu mittig quert. Weiter im Norden (oberhalb Allersberg) gerät sie aber trotz unveränderter Ausrichtung an den Westrand des hier schmaler gewordenen Feuerlettenplateaus. Diese Rückverlegung des Feuerletten ist eine Folge der Erosion durch Finsterbach und Hembach, die beide zur Rednitz laufen. Die Oberläufe dieser Bäche lassen sich – bei gleichbleibender NW-SE-Laufrichtung – hypothetisch über die heutige Wasserscheide zu den Nebenbächen der Donau-Schwarzach verlängern. Als Startpunkt dieser hypothetischen Verlängerung können die Umbiegungen dienen, die diese beiden Bäche in zueinander paralleler Weise aus der SW- in die SE-Richtung zeigen. Diese Umbiegestellen könnten daher die

Lage der früheren Wasserscheide zur Süd-Rezat markieren. Mit der Umkehrung zum Main könnten diese Rednitz-Nebenbäche die ehemaligen Donau-Schwarzach-Zuflüsse angezapft, den Feuerletten ausgeräumt und mit ihm die Wasserscheide um einige Kilometer nach Osten zurückgedrängt haben.

Die genannten Umbiegestellen lassen sich, und dies unterstützt das hier entwickelte Modell, mit der heutigen W-Grenze des Oberen Burgsandsteins in Beziehung setzen. Nach der Entfernung der verschiedenen Gesteine des Feuerletten konnte die alte Laufrichtung in diesem Rahmen gut konserviert werden. Zugleich bildet der Obere Burgsandstein eine eigene kleine Stufe unterhalb der Feuerlettenstufenbildner, wobei unweit vor dieser Stufe mit dem WSW-lich Oberhembach im Dürrenhembacher Wald gelegenen Schellenberg (Pkt. 17 in Abb. 3 bzw. 14) auch ein Burgsandstein-Zeugenbergrest erhalten ist.

Weiter im Norden findet man im Areal des dort weit nach NW ausgedehnten Oberen Burgsandsteins den Hohen Bühl (südlich Moorenbrunn, Pkt. 18). Dieser Feuerletten-Zeugenberg ist der Rest einer einst vom Allersberger Feuerletten-Plateau sich geschlossen nach N fortsetzenden, zum Donau-Schwarzach-Einzugsgebiet gehörenden Feuerletten-Stufenfläche, die aber der Erosion des zum Main umgelenkten Regnitzsystems zum Opfer gefallen ist. Die Erhaltung des Feuerletten um Allersberg war hingegen möglich, weil die dort angreifenden Nebenflüsse des Regnitzsystems nicht diese Erosionskraft entwickeln konnten, indem sie erst über einen Umweg – die nach SW ausgerichtete Kleine Roth und den zum Gänsbach vereinigten Horn- und Leitengraben – in die Roth und schließlich erst dann in die Rednitz gelangen.

#### **4.3. Thalach und Roth**

Ein Fluss, der wie heute die Roth eine beträchtliche Strecke nach N läuft, ist in einem

noch von der Donau-Rezat bestimmten System zwar nicht unmöglich, aber unwahrscheinlich. Die NW-SE-Richtung des Tales setzt sich in auffälliger Weise mit der südlich der Wasserscheide zur Donau laufenden Thalach fort, so dass die Interpretation der Roth als einem von der Main-Rednitz angezapften Thalach-Oberlauf wohl als plausible Hypothese angesehen werden kann.

Die Wasserscheide zwischen Roth und Rezat geht (heute) vom Liebenstädter Berg (mit Unterem Lias) über die Zeugenberge aus Oberem Burgsandstein, Hoher Stein und Eichig, nach N. Verlängert man die durch diese Berge markierte Linie weiter nach N, dann lässt sich diese, quer über die heutige Roth, zwanglos an den Rand des Oberen Burgsandsteins westlich Allersberg anbinden. Diese Linie könnte somit die einstige Wasserscheide zwischen Thalach und Donau-Rezat markieren.

Kleine Roth und Gänsbach dürften in ihrem heutigen Unterlauf zur Thalach entwässert haben, so dass die lokale Wasserscheide zur Donau-Schwarzach hier schon während der Südentwässerung in Form kleinerer Buchten zurückgedrängt gewesen sein könnte. Aber erst mit der Anzapfung durch die Main-Rezat dürfte die Kleine Roth sich in der heute sichtbaren Weise rückwärtig auf Allersberg zu eingeschnitten haben.

#### **4.4. Die Süd-Rezat**

Geht man von der hier rekonstruierten Lage der ehemaligen Wasserscheiden aus, dann bleibt der einstigen Süd-Rezat entlang ihrer östlichen Flanke nur ein schmales Einzugsgebiet. Die hauptsächliche Zufuhr bestand durch ein weit nach W ausgreifendes System weitgehend der Schichtneigung folgender (konsequenter) Zuflüsse, deren Oberläufe jedoch ihrerseits an den jungen Main verloren gingen. Von Nürnberg bis zum Eintritt in die Südliche Frankenalb zeigen Rednitz

und Schwäbische Rezat eine sehr deutliche stufenparallele (subsequente) Anlage. Diese Anlage wird heute durch den W-Rand des Oberen Burgsandsteins markiert - zur Zeit der frühen Süd-Rezat/Rednitz könnte dieser Bereich noch von der Weißjura-Stufe eingenommen gewesen sein (dazu mehr im folgenden Abschnitt).

So weit wie hier rekonstruiert, zeigt die Anlage der Landschaft S-lich und SE-lich Nürnberg von ihrer Frühzeit an das Muster einer für Schichtstufenlandschaften charakteristischen Kombination aus konsequenter und subsequenter Entwässerung. Die Rekonstruktion zeigt diese Anlage sogar deutlicher, als sie bei der Betrachtung des heutigen Kartenbildes auf den ersten Blick erscheint, da durch die spätere Umlenkung des Rezat-Regnitz-Systems die hydrografische Situation - insbesondere die Lage der lokalen Wasserscheiden - doch in mancher Hinsicht verändert wurde. Die Rekonstruktion der ehemaligen Wasserscheiden für die Zeit der Südentwässerung führt somit zu einer lehrbuchhaft idealen Schichtstufenlandschaft. Es gibt keine Hinweise dafür, dass die folgende Formung der Landschaft - insbesondere die Rückwanderung der Schichtstufen durch sukzessive Aufzehrung - irgendwann nicht durch die Prozesse erfolgt wäre, wie man sie heute beobachten oder für die zurückliegenden quartären Kaltzeiten mit großer Zuverlässigkeit rekonstruieren kann.

### **5. Die Suche nach einem Zeitmaßstab**

#### **5.1. Die Anlage der Großstruktur des Ansbacher Scheitels**

Der „Beginn“ der Landschaftsformung, wie er im vorangegangenen Abschnitt rekonstruiert wurde, darf nicht als ein statischer Urzustand oder ruhender Anfangspunkt verstanden werden. Auch hierbei handelt es sich nur um eine Momentaufnahme aus der Erd- und Landschaftsgeschichte. Ein Versuch, den Zeitpunkt dieser Momentaufnahme

me wie die nachfolgenden Entwicklungen zeitlich genauer zu bestimmen, kann sich leider nur auf wenig verlässliche Daten stützen. Manche Aspekte lassen sich überhaupt nur in ihrer relativen zeitlichen Abfolge erfassen.

Im großen Überblick (Abb. 2) fällt die Lage der Neumarkter Zeugenberge im Bereich einer weiträumigen Schichtaufwölbung auf. Diese Aufwölbung ist um die als **Ansbacher Scheitel** bezeichnete Achse orientiert. Die Lagerung der Schichten läuft gleichsam um diesen Scheitel herum: von ihm ausgehend, ist die Neigung der Schichten im N nach NE, in der Achse des Scheitels nach SE, unterhalb nach SSE orientiert. Im Bereich des Scheitels sind die Gesteine des Schichtstufenlandes am tiefsten abgetragen, und die jeweiligen Schichtstufen weichen deshalb am weitesten nach E zurück.

Dieser Scheitel ist durch die Aufwölbung des unter den Schichtgesteinen liegenden Grundgebirgssockels verursacht. Das Deckgebirge (wie die Schichtgesteinsabfolge auch genannt wird) ist hier nur einige hundert Meter mächtig und liegt damit nur wie eine dünne Haut über diesem Sockel. Dieser als Grundgebirge bezeichnete Sockel ist im Unterkarbon im Zuge der varistischen Gebirgsbildung aus dem Zusammenschluss mehrerer Lithosphären-Platten entstanden, dabei tektonisch deformiert und nachfolgend von überwiegend granitoiden Intrusivgesteinen durchsetzt worden. Aber auch nach der varistischen Deformation kam dieser Sockel nicht zur Ruhe: die Erhaltung von mächtigen Gesteinsvorkommen aus dem Perm in tektonischen Gräben belegt Bruchvorgänge mit teilweise erheblichen vertikalen Versätzen (Abb. 15). Am Ende des Perm war die Landschaft weitgehend eingeebnet, und in der folgenden Trias begann die Ablagerung des Deckgebirges, aus dem dann später, nach dem Rückzug des Meeres am Ende der Jura-

zeit, die Schichtstufenlandschaft herausmodelliert wurde.

Der Ansbacher Scheitel geht im Wesentlichen auf Aktivitäten nach der Ablagerung des Deckgebirges zurück, ist also erst nach der Jurazeit entstanden. Die intensivste tektonische Aktivität ist in der SE-lichen Fortsetzung des Ansbacher Scheitels, der Niederbayerischen Grundgebirgsantiklinale (auch: Landshut-Neuöttinger Hoch) dokumentiert und lässt sich dort in die Oberkreide datieren (BADER & BRAM 2001; Erläut. GK500 Bayern 1996; auch dort erscheint das von der Molasse bedeckte Grundgebirge nicht an der Erdoberfläche). Aus Analogiegründen könnte man annehmen, dass zu dieser Zeit auch die wesentliche Hebung des Sockels unter dem späteren Ansbacher Scheitel stattfand.

Dieser Scheitel lässt sich in der Struktur des Schichtstufenlandes im Großen wiederfinden. Die geringe Neigung der Schichten, die Schichttafellandschaft-Elemente, und damit die über eine breitere Fläche gegebene Erhaltung von Zeugenbergen, sind wahrscheinlich von dieser breiten Aufwölbung unterstützt, auch wenn sich diese Erscheinung nicht unmittelbar über deren zentralen Bereich, sondern etwas nach N verschieben zeigt. Die im Deckgebirge ausgeprägten Strukturen lassen sich also nicht im Detail mit den geophysikalisch ermittelten Verstellungen des Grundgebirgssockels korrelieren. So wird die Aufwölbung von einer zweiten Sattelzone begleitet, die von Schwabach bis unmittelbar S-lich Neumarkt zu verfolgen ist (FREYBERG 1969). Genau in diesem Bereich liegt heute die Wasserscheide zwischen Sulz und Rednitz-Schwarzach.

Eine besondere, für die Gestaltung der Schichtstufenlandschaft relevante Bedeutung scheinen die mit Perm gefüllten, tektonisch in das Grundgebirge eingebrochenen Senken zu haben (Abb. 15). Außerhalb des

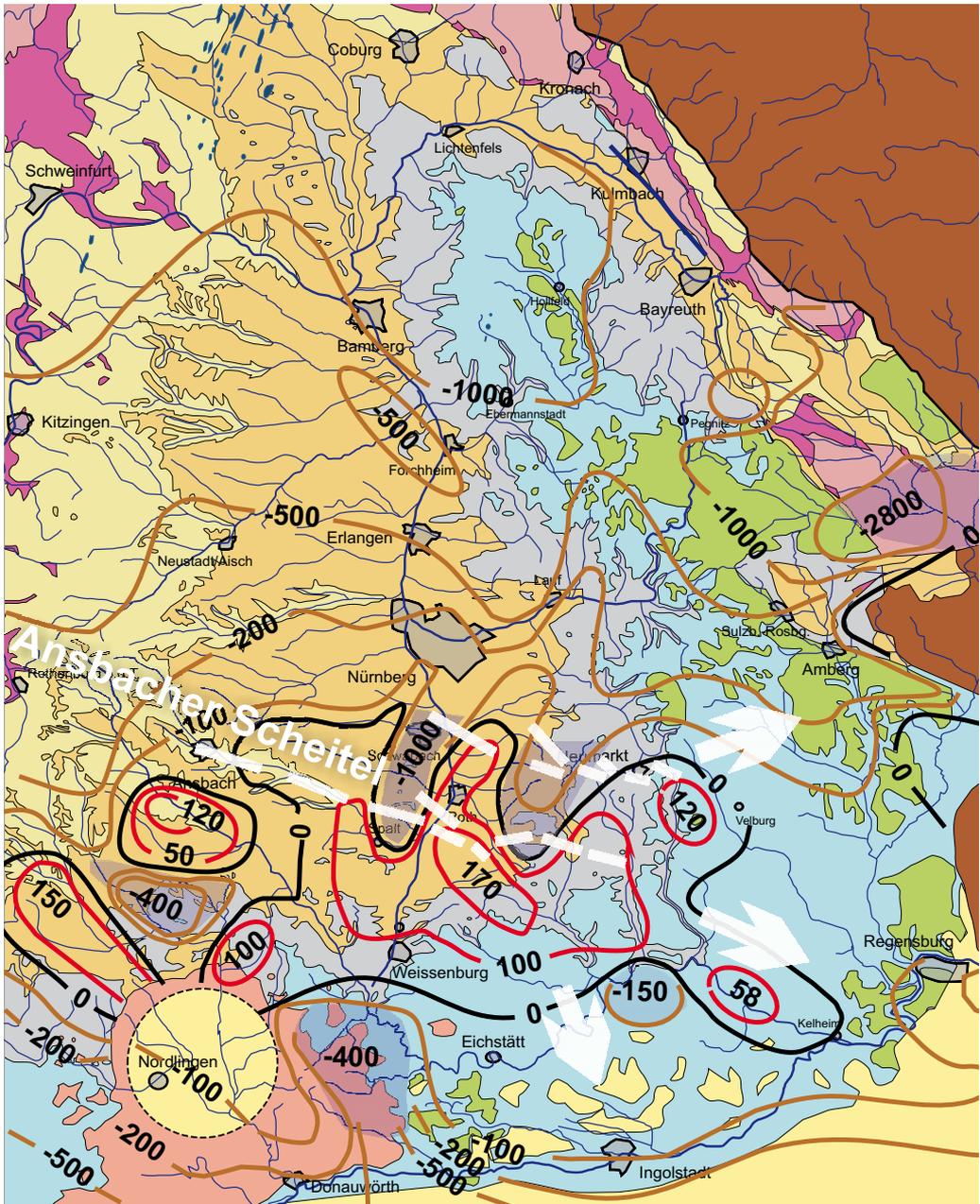


Abb. 15: Das Fränkische Schichtstufenland mit seinem tieferen Untergrund. Das Deckgebirge aus Schichtgesteinen der Trias und des Jura bildet nur eine wenige 100 m mächtige „Haut“ über dem sogenannten Grundgebirge. Letzteres ist bei der im Unterkarbon zum Ende gekommenen varistischen Gebirgsbildung geformt worden, in der Folgezeit aber mehrfach durch vertikale Bewegungen verstellt worden. Die hier eingetragenen Isolinen geben die Lage der Grundgebirgs-Oberfläche in Höhe/Tiefe relativ zu NN an (nach BADER & BRAM 2001). Deutlich zu sehen ist die Orientierung des Ansbacher Scheitels an diesem Grundgebirgshoch. Die weißen Linien geben Aufsattelungen wieder, wie sie anhand der Schichtgrenzniveaus im Deckgebirge/Schichtstufenland selbst festzustellen sind (nach der tektonischen Karte von FREYBERG 1969). Die Pfeile geben das Umschwenken der Einfallsrichtung (Schichtneigung) um den Scheitel herum an. Schattierte Bereiche über besonders markanten Tieflagen der Grundgebirgsoberfläche geben Bereiche an, in denen Gesteine aus dem Perm (Vulkanite und Sedimente) eingebrochen sind und erhalten wurden; vgl. die Diskussion in Abschnitt 5.

hier betrachteten Gebietes liegt der Hesselberg in einer über einem solchen Permvorkommen positionierten Senke (siehe den mit -400 markierten Bereich im N des Rieskraters). Ähnliche Tieflagen sind bei Treuchtlingen und Beilngries zu finden, wo Absenkungen des Deckgebirges den Zusammenlauf von Altmühl und Süd-Regat bzw. den Zusammenfluss von Weißer Laaber, Sulz und Donau-Schwarzach mit der Altmühl an sich gezogen haben könnten. Der mit 1000 m mächtigem Perm gefüllte Trog bei Schwabach wiederum ließe sich mit dem einst Wlich der heutigen Rednitz laufenden Urmain in Beziehung bringen.

Die nach S laufenden Entwässerungswege queren den Scheitel scheinbar ohne deutliche Ablenkungen. Erst bei genauerem Blick ist ein leicht bogenförmiger Verlauf von Sulz (wenn man den heute von der Rednitz-Schwarzach eingenommenen Teil mit hinzu zieht) und der Donau-Schwarzach zu erkennen. Die Rednitz lenkt bei Roth ebenfalls nach E aus, wobei ihr Lauf gegenüber dem nach S laufenden Urmain/Donau-Regat-Verlauf generell um ca. 1-2 km nach E verlagert wurde (Abb. 14).

Um die Anlage des Flussnetzes und des Ansbacher Scheitels in eine relative zeitlich-genetische Beziehung zu setzen, sind prinzipiell drei Möglichkeiten denkbar:

a) Das Flussnetz war in der wesentlichen heutigen Gestalt (die auch die Zeit der S-Entwässerung mit beinhaltet) bereits angelegt. Die im wesentlichen N-S verlaufenden Täler wären in diesem Fall antezedent, also bereits vor den tektonischen Bewegungen, vorhanden. In diesem Fall würden die Flüsse die entstehende Struktur einfach durchschneiden. Aufgrund der für Schichtstufenlandschaften eigenen Dynamik würden die Flüsse aber - der Neigung der Schichten im Bereich der Achse folgend - allerdings etwas nach E ausgelenkt werden.

b) Das Flussnetz hat sich mit der Heraushebung entwickelt - dieser Fall wäre von dem folgenden nicht zu unterscheiden.

c) Das Flussnetz hat sich nach der Heraushebung entwickelt. Eine solche Situation wäre überhaupt nur dann möglich, wenn nach einem Meeresrückzug schon gleich ein Relief freigesetzt wird, die Ausbildung eines Entwässerungssystems also nicht in einer ebenen Landschaft beginnt. Ein Rücken würde sich zuerst zu einer regionalen oder mindestens lokalen Wasserscheide entwickeln - je nach Position innerhalb der regionalen Schichtenfolge könnte in einer Einschnidephase aber auch eine Reliefumkehr erfolgen: die Ausräumung der Sattelzone überholt die Erniedrigung der tiefer liegenden Bereiche (so wie es im Hahnbacher Sattel E-lich Sulzbach-Rosenberg geschah, vgl. Abb. 2 bzw. 15).

Eine Anpassung des Entwässerungssystems an den Ansbacher Scheitel ist aber nicht festzustellen. Stattdessen queren die Flüsse diese Großstruktur gerade in ihrem Kernbereich relativ unbeeindruckt, sieht man von leichten Auslenkungen von Regnitz-Rednitz S-lich Schwabach ab (die ältere, von BERGER 2010 rekonstruierte Urmain-Rinne liegt nochmals 1-2 km weiter E-lich). Dieses Auspendeln kann darauf zurückgeführt werden, dass der Fluss bei der seitlichen Ausräumung stets bevorzugt in Richtung der Schichtneigung erodieren wird. Ein der Rednitz-Regat ähnlich bogenförmig ausgelenkter Verlauf ist auch bei der Sulz zu beobachten, wenn man ihren an die Rednitz-Schwarzach verlorenen Lauf im N bis etwa in den Raum Altdorf hinzunimmt. Diese Auslenkungen sind jedoch auch bei einer antezedenten Talanlage (Fall a) unvermeidlich.

Die hier skizzierten Überlegungen führen somit zu dem Schluss, dass das Flusssystem eine sehr alte, der Hebung des Ansbacher Scheitels vorausgehende Anlage haben dürf-

te. Im Moment haben wir aber keine Daten, die uns verlässlich sagen, ob diese Heraushebung tatsächlich schon in der Oberkreide oder erst im Tertiär erfolgte. Die in der Hebungachse verstärkte Abtragung der Stufenbildner – und damit die dieser Achse folgende Rückverlegung der Schichtstufen – führte zu dem heutigen, in den geologischen Übersichtskarten so prägnanten Bild, in dem die Kontur der Alb wie ein Bumerang verläuft. Die zu dem heutigen Bild führende Formung wurde allerdings nicht dadurch vollzogen, dass sich das Entwässerungsnetz in besonderer Weise der Scheitelstruktur anpasste, sondern indem die Denudation der Stufen und Zeugenberge dem einfachen Prinzip folgte, dass stärker herausgehobene Bereiche bei der Einschneidung des Gewässernetzes eher erfasst und damit, in einem beliebigen Zeitschnitt in der langen Formungsgeschichte, im Vergleich zur Umgebung stets schon stärker abgetragen erscheinen (das in Abb. 4 skizzierte Schema liegt also auch hier zugrunde).

### 5.2. Die Rückverlegung der Schichtstufen

Die subsequente Position der Süd-Rezat zwischen Nürnberg und Treuchtlingen kann als Startpunkt für die Rückverlegung der Schichtstufen bis in den Osten des Neumarkter Tales genommen werden. Zeugnisse, dass zur Zeit der Süd-Rezat die Weißjurastufe unmittelbar E-lich gelegen haben könnte, sind in direkter Form allerdings nicht vorhanden. Ein einziger Hinweis für Weißjuravorkommen im Umfeld dieses Flusses stammt aus dem Bereich N-lich Spalt, wo am Anstieg zum Massendorfer Berg ein Süßwasserkalk mit reichlich Geröllen des Braun- und auch Weißjura zu finden ist (RÜCKERT 1933, K. BERGER 1971, HOFBAUER 2005). Das Alter dieses Konglomerats ist nicht direkt bestimmt, dürfte aber sehr wahrscheinlich dem der Süßwasserkalke von Georgensgmünd ähnlich sein. Eine neue Bearbeitung der Fauna durch G. BERGER (2010) ergab für

diese Kalke ein Alter von ca. 17 Ma (höheres Untermiozän).

Zu dieser Zeit sind Urmain/Süd-Rezat schon sicher länger etabliert gewesen, denn die Georgensgmünder Süßwasserkalke entstanden relativ später bei der Verschüttung dieser präexistenten, nach S laufenden Rinne. Die Rinne selbst ist in ein Tal eingetieft, in dem bereits Frankenwaldschotter dokumentiert sind. Die Annahme, dass zu dieser Zeit nahe östlich der Süd-Rezat die Weißjura-Schichtstufe gelegen haben könnte, wird außerdem durch einen Vergleich mit zwei weiteren Situationen gestützt:

- In Baden-Württemberg sind in einem Vulkankrater des Uracher Vulkanfeldes 20 km vor der heutigen Schichtstufe (bei Scharnhausen) Weißjura-Gesteine erhalten. Die mutmaßliche Juraschichtstufe an der Donau-Rezat wäre ca. 26 km vom Alb- und E-lich Neumarkt entfernt. Das Alter der Uracher Vulkangruppe wurde bisher auf ca. 17 Ma geschätzt, doch neuere Altersbestimmungen deuten eher auf jüngere Entstehung um 13 Ma (KRÖCHERT ET AL. 2009). Vom Scharnhäuser Vulkan selbst gibt es leider keine neuere Altersbestimmung, aber die genannten Autoren argumentieren für eine zeitlich eng umgrenzte Aktivität im Uracher Vulkanfeld.
- In den Haßbergen wurden ebenfalls in einem vulkanischen Schlot (Ueschersdorf) Weißjura-Reste gefunden (SCHRÖDER 1974). Auch hierfür gibt es leider keine neuere radiometrische Datierung – in Analogie zu benachbarten Schloten kann aber miozänes Alter angenommen werden, womit wir ebenfalls von der Größenordnung her in den für uns fraglichen Zeitraum von mindestens 17 Ma kommen. Der Schlot ist heute bis auf den Burgsandstein hinunter abgetragen; der nächste Weißjura-Rest liegt heute in 30 km Abstand am Staffelberg.

Diese Vergleiche zeigen, dass die Annahme einer Juraschichtstufe bei der Anlage der subsequenten Donau-Rezat vom zeitlichen Maßstab her plausibel ist: Der noch Dogger aufweisende Möninger Berg ist nur 14 km, der Albrand E-lich Neumarkt knapp 30 km von der vermuteten Schichtstufe an der Süd-Rezat entfernt. Wie in dem oben erwähnten Ueschersdorf wäre die zwischenzeitliche Denudation auch hier bis in den Bursandstein hinunter gegangen.

Die Beobachtungen an der tief eingeschnittenen Urmain-/Donau-Rezat-Rinne sind für das Bild der Schichtstufenlandschaftsentwicklung noch in weiterer Hinsicht von Bedeutung. Die Basis dieser Rinne liegt um Georgensgmünd in einem Niveau von ca. 360-365 ü. NN (K. BERGER 1973, G. BERGER 2010), also nur wenig oberhalb des heutigen Talgrundes der Rednitz. Diese vor mehr als 17 Ma erfolgte Eintiefungsphase dürfte auch

im Raum Neumarkt nicht ohne Folgen gewesen sein – eine erste, wenngleich nicht notwendig tiefgehende Zerschneidung des Weißjura-Rückens im W des Neumarkter Tales könnte damit bereits damals erfolgt sein. Die Landschaft zwischen Rezat und Weißer Laaber wäre demnach schon lange – in möglicherweise einem nur einzigen – Akt fluviatiler Tieferlegung in Segmente zerlegt worden. Ihre Aufzehrung bis hin zum heutigen Bild hätte dann im Wesentlichen unter oszillierenden Verhältnissen stattgefunden, in denen Aufschüttungs- und Eintiefungsphasen mehrfach wechselten. Die Reduktion der Zeugenberge wird damit mal intensiver, mal langsamer erfolgt, aber nie zum Stillstand gekommen sein.

Trotz der Erosionsimpulse, die das Landschaftsbild um Neumarkt einerseits durch das rückwärtige Eindringen des Regnitz-Main-Systems, andererseits in den sicher abtragungsinintensiven Kaltzeiten des Quartärs in jüngerer Zeit erlebt hat, dürfte die Zeugenberglandschaft in dieser Zeit nicht mehr bedeutend verändert worden sein. Um ein Gegenzenario zu skizzieren: Wäre die Formung der Zeugenberglandschaft im Wesentlichen erst im Quartär vor sich gegangen, dann würden wir mehrfach Reste von Weißjura-Gleitschollen und weithin mit Kalkschutt überdeckte Hänge und Talgründe erwarten. Dies ist aber nicht der Fall – solche Zeugnisse hat es an den Neumarkter Zeugenbergen sicher einst gegeben, sie sind aber alle schon der Verwitterung und Abtragung zum Opfer gefallen.

## 6. Dank

Die hier vorgestellte Rekonstruktion der Schichtstufenlandentwicklung wurde in wesentlichen Zügen in dem im Frühjahr 2011 in der NHG veranstalteten Kurs „Die Zeugenberge um Neumarkt“ erarbeitet (Abb. 16).

Ich danke allen Teilnehmern für ihre Unterstützung, insbesondere Herrn Max Schmidt für eine kundige Führung am Buchberg.



Abb. 16: Die Teilnehmer des Kurses „Zeugenberge um Neumarkt“ vor dem Stauer Berg (links) und dem Buchberg (rechts). Dahinter ist der Albrand im E des Neumarkter Tals zu erkennen V.l.n.r. Klement, Westhoven, Blätterlein, Eschenbacher, Biemann, Goertz, Gärtner, Schmidt, Fr. Dimpfl, Straußberger, Hübner, Friedrich, Hr. Dimpfl.

## 7. Anhang

Anstatt einer für Nicht-Geologen nicht einfach zu lesenden Streichkurvenkarte sollen hier einige Neigungswerte aus dem Neumarkter Raum zusammengefasst werden. Alle Werte sind den vom Bayer. Geol. Landesamt

(heute Landesamt für Umwelt) veröffentlichten GK25 entnommen (Kartenblätter Neumarkt, Altdorf, Feucht, Berching, Allersberg, Hilpoltstein); der Wert von der Haßbergstufe aus GK25 Haßfurt, Erlanger Geol. Abh. 74, Erlangen 1969.

Dillberg - Albrand (Malmbasis)	565 > 540 = 25 m auf 6822 m	= 0,003644 = 3,644 ‰
Möninger Berg - Tyrolsberg (Doggersandsteinbasis)	500 > 480 = 20 m auf 7771 m	= 0,002573
Möninger Berg - Buchberg (Doggersandsteinbasis)	500 > 480 = 20 m auf 7391 m	= 0,002706
Jahrsdorf- Sulzbürger Berge (Opalinuston-Basis)	450 > 445 = 5 m auf 8635 m	= 0,000579
Schlüpfelberg - Albrand (Malmbasis)	560 > 530 = 30 m auf 5115 m	= 0,005870
W unterhalb Möninger Berg (Lias eps.-Basis)		
- SE Forst	450 > 435 = 15 m auf 7978 m	= 0,001880
- W Berggau	450 > 430 = 20 m auf 6293 m	= 0,003178
- E-lich Pölling	450 > 430 = 20 m auf 10989 m	= 0,001820
Vergleichswerte aus benachbarten Bereichen		
SE-lich Rothquelle (aus Streichkurvenkarte)	= 50 m auf 3588 m	= 0,01390 = 1,39 ‰
N von Burgthann - Unterferrieden (aus Streichkurvenkarte)	= 30 m auf 2500 m	= 0,01200
N Haimburg (gegenüber Dillberg)	550 > 505 = 45 m auf 3507 m	= 0,01280
Haßberg-Stufe (Ufr.) Hohe Wann-Keuperstufe	345 > 305 = 40 m auf 1142 m	= 0,03500
		0,0175 $\triangleq$ 1°
		0,0349 $\triangleq$ 2°

## Zusammenfassung

Die Zeugenberge westlich Neumarkt markieren den aktuellen Status der Rücksetzung der Weißjura-Schichtstufe. Deren ehemalige Position unmittelbar östlich von Schwäbischer Rezat und Rednitz lässt sich anhand von stark degenerierten Zeugenbergen rekonstruieren.

Diese landschaftsgeschichtliche Situation ist nicht präzise zu datieren, bestand aber mit großer Wahrscheinlichkeit vor mindestens 17 Ma (Mittel- oder Untermiozän).

Die Erhaltung der Zeugenberge wird durch eine besonders geringe Schichtneigung im Bereich des Ansbacher Scheitels begünstigt. Diese NW-SE verlaufende Aufwölbung wird von den ursprünglich nach S laufenden Flüssen allerdings nahezu geradlinig gequert: Dies spricht dafür, dass die Aufsattelung erst nach der Anlage des damals ausnahmslos nach S gerichteten Flusssystemes erfolgte. Im Bereich des Scheitels war das Flussnetz in lehrbuchhaft-idealer Weise als System kon-

sequenter und subsequenter Flüsse entwickelt. Die Rücksetzung der Schichtstufen erfolgte durch allgegenwärtige Erosions- und Denudationsmechanismen, wobei in den quartären Kaltzeiten periglaziale Prozesse kräftige Beiträge leisteten.

Mit der Umkehr des Rezat-Regnitzsystems zum Main wurde die Main/Donau-Wasserscheide bis in den Neumarkter Raum zurückgedrängt. Die Rückseitenerosion am Dillberg wurde dabei aus einem S-orientierten in ein N-orientiertes System gestellt. Die gute Erhaltung von unter der S-Entwässerung angelegten Formen spricht dafür, dass diese Umlenkung geologisch sehr jung und vermutlich nicht älter als drei Kaltzeiten ist.

### Summary

#### **The outliers around Neumarkt and their significance in the morphogenesis of the scarplands south of Nuremberg (Northern Bavaria)**

The outliers west of Neumarkt display the present status in the retreat of the scarp of the Middle Franconian Alb (Upper Jurassic carbonate rocks). A former position of the scarp can be reconstructed by using the positions of older and more degenerated outliers, situated immediately E of the river Schwäbische Rezat/Rednitz. A precise age of this situation is not available, but 17 Ma (Middle/Lower Miocene) is a probable assumption as a minimum.

The preservation of the outliers is supported by structural causes, especially by a rather low inclination of the strata. This is due to the „Ansbach anticline“, a broad rise of the basement. This rise with its NW-SE-axis is crossed by rivers, all originally heading toward S. The straight course of the rivers indicate an establishment of the hydrological system before the rising of the „Ansbach anticline“. While crossing the anticline, a nearly ideal system of consequent (dip flow)

and subsequent (strike flow) rivers forms the base of denudation. The retreat of the scarp was performed under this fluvial system by the denudation processes also working in the present, strong effects in the glacial periods included.

Successive capture of the Danubian system by the Rhine tributaries turned the Regnitz/Rezat-system to the N. As a consequence, the Rhine/Danubia watershed was pushed back to the south of Neumarkt. The Dillberg outlier was mostly formed under the domain of the Danubian system, but the latest morphological changes were clearly related to the Rhine regime, joined by the Rezat-Schwarzach. The preservation of morphological features of the earlier period indicates that the turn of the fluvial system is rather young, probably not older than three glacial periods.

### Literatur

- BADER, K. & BRAM, K. (Hrsg.) (2001): Der mittelfränkische Grundgebirgstrücken südlich Nürnberg. - Geol. Jb., Reihe E (Geophysik) 58, Hannover.
- BADER, K. & SCHMIDT-KALER, H. (1977): Der Verlauf einer präriesischen Erosionsrinne im östlichen Riesvorland zwischen Treuchtlingen und Donauwörth. - *Geologica Bavarica* 75, 401-410.
- 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. - *Abhandlungen der NHG Nürnberg* 46.
- 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.
- FREYBERG, B. V. (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. - *Erlanger geol. Abh.* 77, 81 S.
- GROPP, C. & HILPERT, B. (2009): Die Quelhöhle

- „Kalter Bach“ (K 51) am Dillberg - eine kleine Natursehenswürdigkeit im Neumarkter Land. - Natur und Mensch, Jahresmitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V. 2008, 125-130.
- HOFBAUER, G. (2001): Die Diskussion um die Entstehung der Süddeutschen Schichtstufenlandschaft: Eine historisch-methodologische Skizze mit einem Modell zur fluviatil gesteuerten Schichtstufen-Morphogenese. - Natur und Mensch, Jubiläumsausgabe 200 Jahre Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. 1801-2001, 85-108.
- 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. (2005): Wieder entdeckt: Ein wichtiges landschaftsgeschichtliches Zeugnis aus dem Raum Spalt (Mittelfranken/Bayern). [www.gdgh.de/Berichte/](http://www.gdgh.de/Berichte/) 6.
- HÜTTEROTH, W. (1974): Naturräumliche Gliederung des Regnitzgebietes. - In: Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Regnitz, Bd. I, München 1974, S. 115-118, sowie Tafel 4.
- KRÖCHERT, J.; SCHMIEDER, M.; THEYE, T.; BUCHNER, E. (2009): Considerations on the age of the Urach volcanic field (Southwest Germany). - Z. dt. Ges. Geowiss. 160, 325-331.
- PETEREK, A.; SCHRÖDER, B. (2010): Geomorphologic evolution of the cuesta landscapes around the Northern Franconian Alb - review and synthesis. - Zeitschrift für Geomorphologie 160, 325-331.
- RÜCKERT, L. (1933): Zur Flußgeschichte und Morphologie des Rednitzgebietes.. - Sitz.-Ber. Phys.-med. Soz. Erlangen 63/64, 371-453.
- 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.
- SCHMIDT-KALER, H. (1994): Der präriesische Urmain und seine Ablagerungen. - Geol. Bl. NO-Bayern 44, 225-240.
- SCHMITTHENNER, H. (1954): Die Regeln der morphologischen Gestaltung im Schichtstufenland. - Petermanns Geogr. Mitt. 98, 3-10.
- SCHRÖDER, B. (1974): Malm-Einschlüsse in einem Schlot der Heldburger Gangschar. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1974, 54-64.
- SIMON, T. (1987): Zur Entstehung der Schichtstufenlandschaft im nördlichen Baden-Württemberg. - Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg 29, 145-167.
- SIMON, T. (2005): Fluss- und Landschaftsgeschichte im Taubertal und Osthohenlohe (Exkursion G am 1. April 2005). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 87, 199-215.
- TILLMANN, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 30, 198 S..
- TILLMANN, W. (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordbayern. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. 62, 199-205.
- WAGNER, G. (1923): Aus der Geschichte der Altmühl. - Nürnberg: Lorenz Spindler.
- ZEESE, R. (1971): Die Stufenrückwanderung im Keuperbergland Nordost-Württembergs.- Tübinger Geogr. Studien 46, 53-57.
- ZEESE, R. (1972): Die Talentwicklung von Kocher und Jagst im Keuperbergland: Flußgeschichte als Beitrag zur Deutung der Schichtstufenmorphogenese. - Tübinger Geogr. Studien 49, 1-121.
- ZEESE, R. (1976): Die Reliefentwicklung zwischen Alb und Gäulandschaften in Ostwürttemberg. - Z. Geomorph., N.F., Suppl. 24, 48-55.

Anschrift des Verfassers	<b>Dr. Gottfried Hofbauer</b> Anzengruberweg 2 91056 Erlangen geoldoku@gdgh.de
--------------------------	---