Die Entstehung der Aisch und junge Krustenbewegungen im Fränkischen Schichtstufenland

Gottfried Hofbauer, Erlangen,

mit Unterstützung durch Kurse mit der ARGE REGEO Erlangen und der NHG Nürnberg

Zusammenfassung

Umfangreich erhaltene Flussgerölle auf der Wasserscheide zwischen Aisch und Aurach sind ein Indiz dafür, daß der Bereich der Aisch – vor der Entstehung des heutigen Tals – von nach Südosten laufenden Flüssen gequert wurde. Die Oberläufe dieser Flüsse dürften heute durch Steinach und Laimbach repräsentiert werden, dazu kam vermutlich ein drittes, weiter westlich aus dem Bereich der späteren "Bucht von Neustadt/Aisch" kommendes Gewässer.

Die Schotter sind durch einen hohen Anteil an Liassandstein (Angulatensandstein des Unteren Lias) gekennzeichnet, wodurch nicht nur ihr hohes Alter, sondern auch der Aufbau der Landschaft entlang dieser damals zur Donau entwässernden Täler sichtbar wird. Die Angulatensandstein führenden Schotter lassen sich in einer dichten Folge erhaltener Vorkommen entlang der Aurach bis zum Regnitztal nachweisen. Dort liegen sie im Niveau der so genannten "Greuther Terrasse", die mit ihrer aus dem Frankenwald kommenden Geröllführung ebenfalls die Zugehörigkeit zu dem südlichen Abflußsystem unterstreicht.

Die Entstehung der Aisch ist sehr wahrscheinlich nicht durch eine einfache, rückwirkend von der Regnitz ausgehende Anzapfung erfolgt. Besonders der Mittellauf der Aisch, aber auch Bereiche des Ober- wie Unterlaufs, sind durch engräumige tektonische Verstellungen charakterisiert, deren geologisch junges Alter durch ein nahezu perfektes Zusammenfallen von tektonischer Struktur und Oberflächenform zum Ausdruck kommt. Die gleichzeitige Bildung der Aischfurche und südlich davon des Kästeler Sattels ist dabei besonders zuverlässig zu rekonstruieren. Auch die Bedeutung, die diese Tektonik für die Anlage der Aisch quer zu der bis dahin etablierten, nach Süden zur Donau gerichteten Entwässerung hatte, geht aus dieser Situation deutlich hervor.

Aischfurche und Kästeler Sattel können als Teil der bis nach Nordwürttemberg nachweisbaren Fränkischen Furche gesehen werden. Hinweise auf junge Aktivität entlang dieser Zone wurden erst vor kurzem für die Region Kirchheim/Jagst aufgezeigt (SIMON 2005). Weitere Hinweise für Bewegungen lassen sich auch in der Bucht von Neustadt/Aisch finden, insbesondere an ihrem Südrand zur Frankenhöhe. Ihre Beteiligung an der Entstehung der Bucht ist hier ebenfalls wahrscheinlich. Nach NE hin lassen sich die Bewegungen an der Fränkischen Furche bis nahe zum Regnitztal nachweisen, wo der "Röttenbacher Sattel" ebenfalls eine junge Aufwölbung darstellt. Es gibt darüber hinaus Hinweise, dass solche jungen tektonischen Bewegungen auch in anderen Bereichen des Fränkischen Schichtstufenlandes wirksam waren.

Aus den erhaltenen Ablagerungen wie den morphologischen Formen sind die Bedingungen für eine Rekonstruktion der Landschaftsentwicklung eng gezogen. Der durch die tektonischen Umgestaltungen unterstützte Anschluß des Aischgebietes an Main und Rhein führte zur keilförmigen Rückverlegung der Keuperstufe und so zur Entstehung der Bucht von Neustadt/Aisch. Im gleichen Zeitabschnitt wurde der Rand der Liasvorkommen von der Steinach bis nahe zur Regnitz zurückversetzt. Der Beginn dieser Umgestaltungen fällt also mit der Umkehr des Regnitzsystems zusammen – nach jüngeren Arbeiten müsste dies in einem noch nicht näher bestimmten Zeitraum vor 1-2,5 Millionen Jahren gewesen sein.

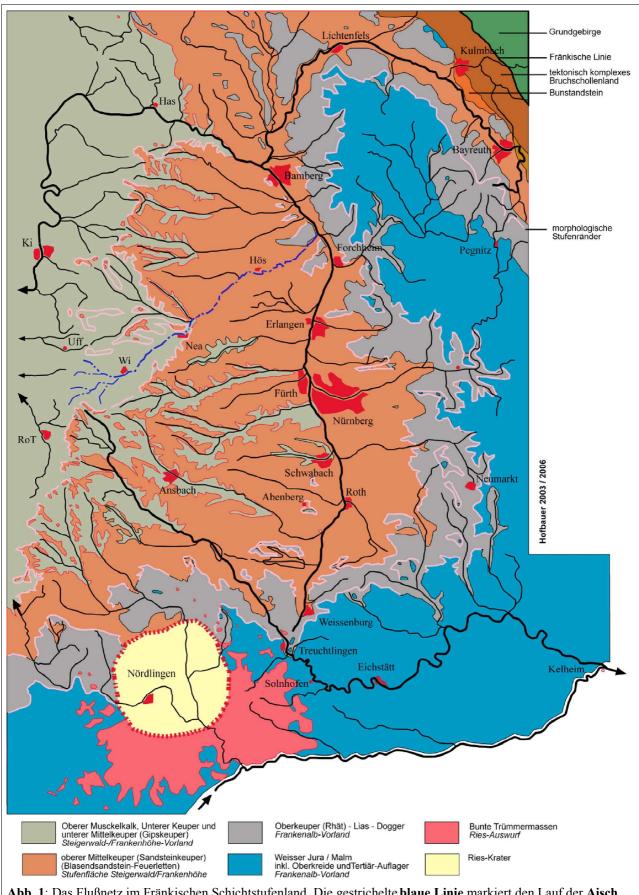


Abb. 1: Das Flußnetz im Fränkischen Schichtstufenland. Die gestrichelte **blaue Linie** markiert den Lauf der **Aisch**. Die **Bucht von Neustadt/Aisch** (NEA) öffnet sich westlich NEA und reicht bis zur Main-Wasserscheide.

1. Die Aisch – ein Querelement im Flußnetz der Region

Frankens Flüsse laufen entweder über Main und Rhein in die Nordsee, oder über die Donau ins Schwarze Meer. Die aus der westlich von Regnitz und Schwäbischer Rezat gelegenen Landschaft kommenden, in die Donau mündenden Flüsse – namentlich Altmühl und Wörnitz – zeigen durchweg einen nach SE gerichteten Verlauf. Die weiter nördlich laufenden Flüsse – und damit der größte Teil der fränkischen Gewässer – sind jedoch zum Rhein orientiert. Die aus der nördlichen Frankenhöhe und dem Steigerwald kommenden Flüsse haben sich der heutigen Abflußrichtung der Regnitz angepasst und sind daher in meisten Fällen nach NE gerichtet. Diese Ausrichtung ist jedoch nur für die untereren, mündungsnahen Laufabschnitte die Regel. Die mittleren Abschnitte und die Oberläufe weisen dagegen meist in SE-Richtung und geben damit zu erkennen, dass auch sie in früherer Zeit Zubringer der Donau gewesen sein könnten.

Dieses Muster wird, zusammen mit anderen Zeugnissen, tatsächlich schon seit langer Zeit als Ausdruck einer ehemals die ganze Region umfassenden, nach Süden zur Donau gerichteten Entwässerung angesehen. Als erster Markstein gilt hier die Arbeit von Krumbeck (1927), der anhand von aus dem Frankenwald stammenden Leitgeröllen, insbesondere den schwarzen Lyditen, die Wege der einst auch das Obermaingebiet betreffende Südentwässerung in ersten grossen Zügen herauszuarbeiten versuchte. Trotz der nun schon langen Forschungsgeschichte ist man aber gegenwärtig noch immer weit davon entfernt, genauere Vorstellungen vom Ablauf dieser Flußumkehr zu haben. Auch wenn kein Zweifel darüber besteht, dass es aus erdgeschichtlicher Sicht ein relativ junges Ereignis sein muss, hat man bisher keine Möglichkeit gefunden, genauere zeitliche Festlegungen zu treffen. In den dazu veröffentlichten Arbeiten werden Modelle präsentiert, die diesen Umkehr in Zeit "Ältest-/Altpleistozän", also in die Zeit wenig älter als 1 Millionen Jahren stellen (Tillmanns 1977, Garleff & Krisl 1997, S. 22ff.). Aber der Forschungsstand ist vielleicht noch nicht so weit, um solche Festlegungen zuverlässig treffen zu können, so dass durchaus auch höheres Alter und möglicherweise sogar Pliozän (> 1,8 Millionen Jahre) nicht ausgeschlossen werden kann. (Die Diskussion über Vorgänge im Quartär wird gegenwärtig auch dadurch erschwert, dass es keine – und nicht einmal für Süddeutschland – einheitlichen Gliederungen gibt, so dass begriffliche Altersangaben, wie z.B. "Altpleistozän", durchaus unterschiedlich gemeint sein können.)

In den Überlegungen zum Ablauf dieser Flußumkehr galt der Aisch schon immer eine besondere Aufmerksamkeit. Die Aisch bildet heute den wesentlichen Abfluss im südlichen Steigerwald und der so genannten **Bucht von Neustadt/Aisch**, deren Rahmen von der dort weit zurückweichenden Schichtstufe des Sandsteinkeupers gebildet wird. Die Aisch weist so nicht nur in ihrem Unterlauf, sondern auch schon in ihrem Mittel- wie auch Oberlauf in NE-Richtung, so dass es schwer fällt, ihre Talanlage schon zu den Zeiten der alten Südentwässerung anzunehmen. Dieser Gedanke wurde massiv von Ferstl (1955, S. 141) vertreten, der damals nähere Untersuchungen zur tektonischen Struktur in dieser Region vornahm und dabei zu dem Ergebnis kam, dass der Talverlauf der Aisch durch die von ihm als **Aischfurche** bezeichnete Einmuldung gesteuert sei. Darüber hinaus wurden auch morphologische Argumente für eine junge Anlage der Aisch angeführt (Hofbauer 2003).

Die Orientierung von Flußtälern durch tektonische Strukturen ist aber eine mehrdeutige Angelegenheit, denn die strukturelle Begünstigung bestimmter Laufrichtungen kann durchaus Festlegungen quer oder auch gegen die generelle regionale Abflussrichtung fördern – man sehe sich nur östlich der Regnitz das innerhalb der Frankenalb gelegene Tal der Wiesent an (Abb. 1), in dem solche tektonischen Strukturen gleich mehrfach zu abrupten Richtungsänderungen führen. Eine möglicherweise tektonische Anlage des Aischtals wäre deshalb eher ein Grund, ihren Verlauf weniger eng mit dem Muster der generellen Abflußrichtung zu verknüpfen.

Geländebegehungen, die im Jahr 2006 mit einer Arbeitsgruppe der Naturhistorischen Gesellschaft (NHG) Nürnberg und der Arbeitsgemeinschaft Regionale Geologie (ARGE REGEO Erlangen)

stattfanden, haben nun zu Befunden geführt, die ein neues Licht auf die Entstehung der Aisch werfen und zugleich die Bedeutung junger Tektonik für die Entwicklung des Flusssystems wie auch der Schichtstufenlandschaft mehr denn zuvor unterstreichen.

Allen, die durch ihre Mitwirken an den Exkursionen und Diskussionen im Frühjahr 2006 zu den hier dargestellten Ergebnissen beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt: Rudolf Biemann, Helmut Dölz, Dagmar Drews-Müller, Hermann Eschenbacher, Christof Gropp, Edda Hanke, Volker Horl, Bernhard Jung, Wolfgang Kitz, Jürgen Klein, Franz Klement, Ulrich Müller, Gabriele Prasser, Erika Scherze, Herbert Schnitger, Hermann Schreiber, Werner Straußberger, Wolfgang Suttrop, Hans Stuhlinger, Barbara Thies, Harald Thormann, Bruno Westhoven, Karl-Heinz Wiehl, Manfred Zimmermann.

2. Alte Schotter zwischen Aisch und Aurach

Die für die hier vorgelegte Neuinterpretation der Landschaftsgeschichte auslösenden Entdeckungen waren Schotter-Funde auf dem Rücken, der südlich der Aisch – zwischen Uehlfeld (SW-lich Höchstadt/Aisch) und Neustadt/Aisch – die Wasserscheide zur im SE laufenden Aurach bildet. Unmittelbar auf der Wasserscheide fand sich auf der **Großen Höhe** (in der Umgebung des Höhenpunktes 382 m ü.NN, ca. 0,8 km NNE Kaltenneuses) eine dichte Streu von Geröllen und gut kantengerundeteten Schottern, unter denen neben den dominierenden Quarzen besonders Komponenten aus dem unteren Lias (vor allem Angulatensandstein, Abb.2, seltener Arietensandstein, Abb. 3) hervorzuheben sind: Sie setzen diese gut 100 m über dem heutigen Tal der Aisch gelegenen Schotter in die Zeit zurück, als im Einzugsgebiet des Flusses (mindestens) noch Schichten des Unteren Lias vorhanden waren. Heute wird das oberste/jüngste Schichtglied im Bereich der Wasserscheide vom Oberen Burgsandstein gebildet.



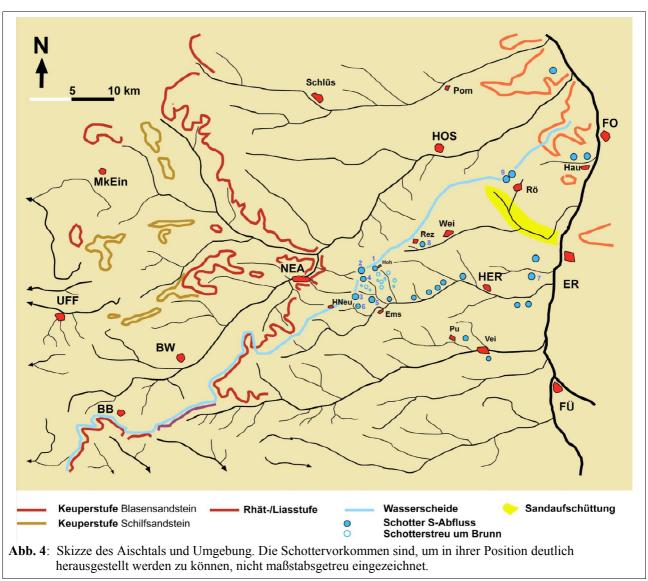
Abb. 2: Sandstein des Unteren Lias ("Angulatensandstein"), Lok. Hohes Feld



Abb. 3: Sandstein des Unteren Lias ("Arietensandstein"), Lok. Hohes Feld

Dieser Fund blieb keineswegs der einzige. Zu den bemerkenswerten Vorkommen gehören weiter die wiederum reichlich Angulatensandstein führenden Schotter am südlichen Ortsrand von **Kaltenneuses**. Während der Fund auf der Großen Höhe ein bis dahin nicht bekanntes Vorkommen darstellt, zeigte sich bei weiter reichendem Literaturstudium, daß einige dieser hochgelegenen Geröllvorkommen bereits von Arnot (1934) in seiner GK100 Windsheim verzeichnet und auch im Hinblick auf ihre Liaskomponenten beschrieben wurden. Indem die diese von Arnot erstellten Befunde in der GK25 Emskirchen (Berger 1975) größtenteils nicht weitergegeben oder nicht hinreichend zur Diskussion gestellt werden, waren sie auf dem Weg, in Vergessenheit zu geraten.

Ähnliche Unzulänglichkeiten der GK25 führten zu einer weiteren Überraschung: Auf einer Kuppe ca. **0,7 km SW Brunn** – schon etwas mehr als 2 km SE-lich der Wasserscheide nahe der Aurach gelegen – entpuppte sich ein als "Restschuttstreu" verzeichnetes Vorkommen als gut erhaltener



Flußschotter, in dem Angulatensandstein-Komponenten erneut einen besonders hohen Anteil einnehmen. Die Umdeutung von Berger (1975, S. 49), die den fluviatilen Charakter der dort von Arndt als "Brunner Schotter" bezeichneten Ablagerungen aufhob, ist ohne jeden Zweifel zu Unrecht erfolgt.

Diese entdeckungsgeschichtlichen Anmerkungen werden deshalb angeführt, weil die Problematik der geologischen Kartierung hier eine beträchtliche Rolle spielt. Schon ein ungünstiger bearbeitungs- oder witterungsbedingter Zustand einer Feldfläche kann es verhindern, dass wichtige landschaftsgeschichtliche Relikte wahrgenommen werden können oder ein anderes Bild entsteht, als vorangehende und nachfolgende Beobachter es gesehen haben. In diesem Fall kommen aber noch weitere Aspekte hinzu:

Arnot hat seinerzeit die entlang des Aurachtals erhaltenen Hochschotter nicht gesehen – das noch in seinem Kartenbereich liegende Vorkommen bei Wilhelmsdorf ist ihm offensichtlich entgangen, und das nächstfolgende bei Borbath lag schon außerhalb seines Gebietes. Eine Fortsetzung seiner "Brunner Schotter" entlang des Aurachtals ist ihm möglicherweise deshalb auch nicht in den Sinn

gekommen. Berger (GK25 Emskirchen, 1975) hingegen hat zwar die Schotter entlang der Aurach kartiert, aber dafür die "Brunner Schotter" Arndts weder als Flußablagerungen noch in ihrer Komposition als "Angulatensandstein-Schotter" wahrgenommen. Auch die von Arndt im unmittelbaren Bereich der Wasserscheide festgestellten Vorkommen wurden von Berger nicht gesehen (sieht von der unkommentiert gebliebenen Verortung der Schotterstreu westlich Hohholz ab). Beide Autoren konnten so aus unterschiedlichen Gründen auch nicht zu dem Schluss kommen, dass die Brunner Schotter das vermittelnde Glied zwischen den unmittelbar auf der Wasserscheide gelegenen Schottern und den hochgelegenen Schotterrelikten des zur Regnitz führenden Aurachtals sein könnten.

Nachdem es uns nun möglich war, die Schottervorkommen zwischen Emskirchen und der Wasserscheide zur Aisch zu re-etablieren, zugleich auch ein weiteres und vor allem unmittelbar auf der Wasserscheide gelegenes Vorkommen zu finden ("Große Höhe"), sind wir nun nicht nur in der glücklichen Situation, eine nahezu kontinuierliche Reihe von Angulatensandstein führenden Schottern von der Wasserscheide bis zum Regnitztal vor uns zu haben – diese Schotter können zudem auch noch mit der im Regnitztal erhaltenen, Frankenwald-Gerölle führenden "Greuther Terrasse" korreliert werden.

3. Nähere Diskussion der Schotter und der Zeugnisse ehemaliger SE-Entwässerung

Nach der Schilderung der entdeckungsgeschichtlichen Aspekte soll hier eine nähere Beschreibung der einzelnen Vorkommen erfolgen.

Unmittelbar auf der Wasserscheide liegen die Vorkommen **Hohholz-W** (Pkt. 1 in **Abb. 4**, ab R 44 06951/ H 54 95742 entlang der Straße W-lich bis zur Abzweigung nach Brunn, im Einklang mit Berger 1977 bis knapp unter die Höhe bei 389 ü. NN), auf der **Großen Höhe** (Pkt. 2, in der Umgebung der Höhe 382 m ü. NN bei R 44 03596 / H 54 95202, ca. 0,8 km NNE Kaltenneuses) und am SE-Randbereich von **Wulkersdorf** (Pkt. 3, knapp über 390 m ü. NN, um R 44 04394 / H 54 92511). Alle drei Vorkommen weisen neben Quarzgeröllen einen hohen Anteil an Angulatensandstein auf. Vereinzelte Eisenschwarten könnten gar aus dem Dogger-Sandstein stammen, ein eindeutiger Nachweis von Doggerrelikten ist allerdings bisher nicht gelungen. Auch Keupersandstein-Gerölle konnten nicht sicher belegt werden werden, was auf Grund der überwiegend schwachen Zementierung aber wenig aussagekräftig ist. Das Vorkommen Wulkersdorf wurde von Arndt neben dem W-lich Hohholz in seiner GK 100 Windsheim verzeichnet und beschrieben (S. 36). Das von uns entdeckte Vorkommen auf der Großen Höhe scheint das am dichtesten erhaltene zu sein, aber dennoch schon fortgeschrittene Verluste an feinkörnigen Komponenten erlitten zu haben.

Von diesen Wasserscheiden-Schottern sind die etwas tiefer liegenden, aber ebenfalls an Angulatensandstein reichen Schotter zu unterscheiden. Hier ist das Vorkommen am südlichen Ortsrand von **Kaltenneuses** (Pkt. **4**, R4405316 / H5494430) besonders hervorzuheben, weil es nur 0,8 km SW-lich des Hohen Felds, aber um etwa 10 m tiefer liegt (um 371 ü. NN). Dieses Vorkommen steht vom Niveau her wie auch kompositionell mit dem Schotterrest **0,7 km SW Brunn** (Pkt. **5**, R 44 06331 / H 54 93146), und vielen, weniger dichten bis schleierartig ausgedünnten Vorkommen auf der Hochfläche im N und NE von Brunn, in Zusammenhang. Arnot (1933, S. 36) hat diese von ihm "Brunner Schotter" genannten Ablagerungen von den Wasserscheiden-Schottern nicht nur wegen der tieferen Lage getrennt, sondern auch wegen der "feineren Sortierung", obwohl er ausdrücklich darauf hinweist, dass hinsichtlich der Komposition keine Unterschiede festzustellen sind.

Eine weitere, allerdings sehr dünne Streu noch S-lich Wulkersdorf konnte am **Hefelsberg** E-lich **Bottendorf** nachgewiesen werden (Pkt. **6**, R 44 04649 / H 54 91626). In diesem, auch in der GK25 Emskirchen (Berger 1975) verzeichneten Vorkommen konnten von uns ebenfalls einige Angulatensandstein-Komponenten nachgewiesen werden.

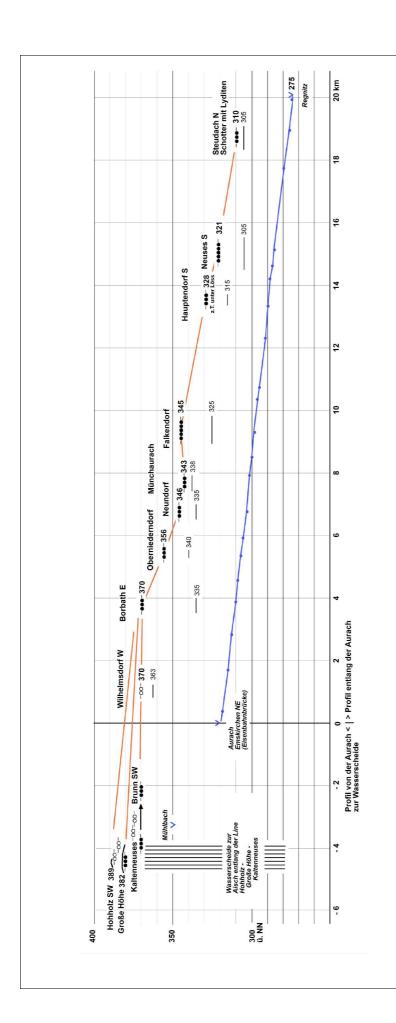


Abb. 5: Profil von den Schotterrelikten auf der Wasserscheide (Hohholz, Große Höhe) zur Aurach, dann weiter entlang der Aurach, deren heutiges Gefälle durch die blaue Line gekennzeichnet wird (Mündung in die Regnitz bei ca. 275 m ü. NN).

Die ganz recht eingezeichneten Schotter von Steudach gehören zur "Greuther Terrasse" des Regnitztales. Da das Vorkommen einige km nördlich der ursprünglichen Aurachmündung liegt, wäre ihre Lage dort sogar noch um 5-10 m höher zu kalkulieren. Die Schotter sind in ihrer max. Höhelage verzeichnet, die darunter gezeichneten horizontale Linie markieren ihre kartierte Basis (nach Berger 1975, HAARLÄNDER 1971).

Der hohe Anteil an Angulatensandstein-Komponenten legt nahe, daß zu jener Zeit im NW der wenig unterhalb der Linie Hohholz-Kaltenneuses verlaufenden **Herrnneuseser Verwerfung** (an der heute der Mittlere Burgsandstein seitlich gegen den Unteren Burgsandstein grenzt), noch Lias-Höhen vorhanden waren. Erstaunlich ist die weite Verbreitung wie gute Erhaltung der Schotter im Bereich der Wasserscheide wie auch südöstlich unterhalb. Der weite Aufschüttungsbereich könnte durch den Zusammenfluß von Laimbach und Steinach geschaffen worden sein, wobei etwas weiter südlich auch noch ein drittes, aus W durch das Herrnneuseser Tal kommendes Gewässer hinzu gekommen sein dürfte.

Ein Problem bleibt das Verhältnis zwischen den "Wasserscheiden-Schottern" und den tiefer liegenden "Brunner Schottern". Die deutlichen Unterschiede im Erscheinungsbild wie in der Höhenlage – besonders markant kommen diese Unterschiede auf kurzer Distanz zwischen dem Hohen Feld und dem Vorkommen am S-Rand von Kaltenneuses zum Ausdruck – sind offenkundig, aber nicht notwendig ein Beleg für unterschiedliche Alter, wie Arndt das gesehen hat (1933, S. 36). Er hat die höheren Schotter in das Altpliozän, die jüngeren, tiefer gelegenen in das Jungpliozän gestellt – hierzu ist aber aus heutiger Sicht anzumerken, dass die Vorstellungen über das Alter solcher Vorkommen damals viel undifferenzierter waren als heute, und Ablagerungen, die aufgrund ihrer Höhenlage nicht unmittelbar mit dem System der kaltzeitlichen Terrassenabfolge verknüpft waren, oft pauschal in die "Zeit vor der Eiszeit", also ins Tertiär gestellt wurden.

Folgende Möglichkeiten sind denkbar:

- a) Das gröberer Korn der Wasserscheiden-Schotter ist durch fortgeschrittene Verluste der feinkörnigen Komponenten entstanden, also durch Abspülung selektiv an gröberen Anteilen angereichert. Die höhere Lage könnte durch nachfolgende Tektonik in Fortsetzung des Kästeler Sattels entstanden sein (für solche tektonische Bewegungen gibt es gute Anhaltspunkte, siehe unten). Aber es bleibt selbst dann fraglich, ob man damit die 10 m Vertikaldifferenz auf 0,8 km Entfernung erklären kann. Zur Verstellung könnten auch einige kleinere Verwerfungen, die bei der Kartierung in dieser sehr einförmig ausgeprägten Schichtenfolge nicht unbedingt wahrzunehmen sind, beigetragen haben. Nicht auszuschließen ist weiterhin, daß die ursprüngliche Mächtigkeit der Aufschüttung mehr als 10 m erreicht hat und die höher gelegenen Schotter Reste der gleichen, aber in der Höhe randlich weiter ausgreifenden und daher später reduzierten Ablagerung sind.
- b) Die beiden Schotterniveaus repräsentieren tatsächlich zwei unterschiedliche Aufschüttungsniveaus und damit zugleich auch eine Einschneidephase im Zuge der alten SE-Entwässerung. Diese Interpretation wird v.a. bei Kaltenneuses nahegelegt, wo hinter dem Vorkommen (bei 371 n ü. NN), nur ca. 100 m NW-lich, noch im Ortsbereich, die Wasserscheide auf 372 m ü. NN herunter reicht. Zwischen Hohholz und Hohem Feld, erscheint es jedoch wiederum eher so, als ob die Schotter kontinuierlich von der Wasserscheide herunterziehen und am Hang unmittelbar unterhalb der Wasserscheide lediglich durch spätere Denudation ausgedünnt wurden. Ab dem Fuß dieses Hangs bei ca. 380 m sind die Schotter in einer unterschiedlich dichter Erhaltung im Prinzip kontinuierlich in Richtung Brunn (371 ü. NN) zu verfolgen.

Für die grundsätzliche Aussage, dass die Schotterreste Zeugnisse einer ehemaligen SE-Entwässerung quer über das erst später entstandene Aischtal sein müssen, ist es allerdings nachrangig, ob es sich um ehemals eine oder um zwei – in Niveau und Bildungszeit unterschiedliche – Ablagerungen handelt.

Die Brunner Schotter – insbesondere das gut erhaltene Vorkommen SW Brunn (Pkt. 5) – verbinden die Vorkommen an oder in der Nähe der Wasserscheide mit den hochgelegenen Aurachtal-Schotter. Die ersten beiden Vorkommen am N-Rand des Aurachtals (Wilhelmsdorf-W; Borbath-E) liegen noch etwa im gleichen Niveau wie die Schotter bei Brunn (Abb. 5). Weiter talabwärts treten dann allerdings kräftige Niveausprünge auf, deren Erklärung vor allem auch deswegen schwierig ist, weil die Schotter gerade hier beginnen, nicht mehr auf den weniger standfesten Lehrbergschichten,

sondern den Blasensandstein bzw. weiter unten dem Coburger Sandstein aufzuliegen. Aber an einigen Vorkommen, wie etwa 1 km W-lich Kriegenbrunn, wird deutlich, dass einzelne Schotterkörper zweifellos auch auf dem Sandstein abgleiten konnten (GK25 Herzogenaurach, Haarländer 1971).



Abb. 6: Oberhalb der Tongrube Oberniederndorf sind die Aurachtalhochschotter angeschnitten. Die Grobkomponenten schwimmen in einer Matrix aus Sand (aus aufgearbeitetem Keupersandstein) und sind selbst reich an Keupersandsteinen. Dennoch ist auch hier auch die Liaskomponente noch immer deutlich. Die Schotter (s) liegen einem stark reduzierten Rest von Blasensandsteim (kBl) auf, darunter die roten Lehrbergschichten (kL) mit den von blauvioletten Bändern gesäumten, karbonatischen Lehrbergbänken (Aufnahme 2006).

Die Komposition der Aurachtal-Hochschotter ist von Vorkommen zu Vorkommen deutlichen Schwankungen unterworfen. Auch wenn intensivere quantitative Untersuchungen erst noch zu machen sind, deuten die bisherigen Beobachtungen auf folgende Tendenzen hin:

Angulatensandstein ist ab dem ersten Vorkommen (Wilhemsdorf-W) im Vergleich zu den "Brunner Schottern" ausgedünnt. Dies könnte (a) auf einen weiteren, an dieser Komponente ärmeren Zufluß aus W zurückgeführt werden, und/oder (b) auf den Umstand, dass nun – mit zunehmender Entfernung von den NE-lich der Herrnneuses Verwerfung vorhanden gewesenen Liasvorkommen – wesentlich mehr lokales Keupermaterial hinzukommt. Dadurch werden v.a. Quarze, in manchen Vorkommen aber auch zahlreiche Keupersandstein-Komponenten zugemischt (gut zu beobachten in Oberniederndorf, siehe Abb. 6).

Die Angulatensandsteinkomponenten nehmen im E (insbesondere bei Falkendorf) wieder zu. Hier sind vereinzelt auch Doggersandsteinkomponenten (eisenreiche Feinsandsteine) festzustellen. Ihre Herkunft dürfte im N liegen, wie in dieser Richtung auftretende Restschuttvorkommen andeuten. Der heutige, das Seebachtal im S begrenzende Rücken aus Mittlerem Burgsandstein dürfte damals noch Lias getragen haben, wobei Dogger nur noch als Restschutt auf der Höhe oder am Fuß verstreut war. Diese Annahme wird auch durch den hohen Liasanteil der Greuther Schotter nördlich der Aurachmündung (Pkt. 7 in Abb. 4, sowie andere Vorkommen der Umgebung) gestützt.

Keinesfalls trifft die von Berger (1975, S. 50) getroffene Bemerkung zu, in den Aurachschottern würden Lyditgerölle vorkommen. Tatsächlich treten entlang des Aurachtal neben dem braunen auch viele, gut gerundete schwarze Kieselhölzer auf. Eine Prüfung von mehr als 120 schwarzen Geröllen im Bereich des Schottervorkommens oberhalb Neundorf ergab zu 100% Kieselhölzer! Das Fehlen von Lyditen in den Aurachhochschottern W-lich Kriegenbrunn hatte bereits Haarländer (1971, S. 36) festgestellt.

Eine weitere bemerkenswerte Differenz zwischen der Auffassung Bergers und Haarländers betrifft die Einstufung der Aurachtalhochschotter. Während Haarländer (GK25 Herzogenaurach, 1971) sie in dem auch von uns vertretenen Sinn zusammen mit den Ablagerungen der entlang des Regnitztals auftretenden "Greuther Terrasse" als "hochgelegene Schotter" einstuft und sie damit zeitlich wie vom Niveau her über die Regnitz-Oberterrasse stellt, werden sie von Berger (GK25 Emskirchen, 1975) – zu Unrecht – eben dieser Oberterrasse zugeordnet.

Die von Haarländer auf der GK25 Herzogenaurach festgestellten Verhältnisse sind für unsere Fragestellung in mehrfacher Hinsicht interessant:

- a) Das Niveau der Aurachtalhochschotter liegt deutlich über dem der (jüngeren) Oberterrasse, wie sie gerade hier am Rand des Regnitztals besonders gut erhalten ist. Zugleich lassen sich die Aurachtalhochschotter mit dem Niveau der Frankenwaldgerölle führenden Regnitz-Hochschotter korrelieren (der "Greuther Terrasse" im Sinne Tillmanns 1977). Der N-lich der Aurachmündung, zwischen Steudach und Büchenbach gelegene Rest der Greuther Terrasse (bis 310 m ü. NN, Pkt. 7 in Abb. 4), ist in dieser Region am besten erhalten und in seiner Höhenlage verlässlich, während das Vorkommen weiter östlich und auch andere wahrscheinlich schon nachträglich verlagerte Relikte repräsentieren. Vielfach, wie unweit E-lich der Aurachtalschotter bei Kriegenbrunn, ist nur noch eine sehr dünne Streu von umgelagerten Frankenwaldgeröllen zu finden. Wie auch immer, die Korrelation der Aurachtalhochschotter mit den Regnitztalhochschottern (Greuther Terrasse) ist höchst plausibel und stützt zudem die Interpretation, dass beide Ablagerungen im Zuge der alten Süd-Entwässerung entstanden sind.
- b) Östlich Herzogenaurach sind die Schotter nicht mehr im N, sondern im S der heutigen Aurach erhalten. Dies ist sicher ein Effekt, der auf die spätere Verschleppung der Aurachmündung nach N in Richtung des heutigen Regnitzabflusses zurückgeführt werden kann.

Die Mündung des alten, noch nach Süden orientierten Abflusses (Laufrichtung 1 in Abb. 7) dürfte nach Süden eingebogen sein, wobei die Aurachtalhochschotter schon auf 1 km an die bei Kriegenbrunn gefundenen Frankenwaldrelikte herangerückt sind. Die Aurachtalhochschotter lagern auf Coburger Sandstein, so daß wahrscheinlich die aus dem nächsthöheren Schichtglied aufgebaute Höhe (Unterer Burgsandstein, bzw. zu jener Zeit möglicherweise auch noch höhere Schichtglieder) im Süden den Mündungsbereich begrenzt haben dürfte.

Die Verschleppung der Aurachmündung nach N ist sicher mehrphasig gewesen. Noch zur Zeit vor der Ablagerung der Oberterrasse wurde eine neue, sehr tiefe Rinne zwischen Frauenaurach und Kriegenbrunn erodiert. Die in Haarländer (1971, Bohrung 33, S. 97) veröffentlichen Bohrdaten belegen eine nachfolgende Verfüllung durch Oberterrassen-Sediment > 25 m! Erosion wie Auffüllung dieser Rinne dürfte schon der nach N gerichteten Entwässerung zugehören (Laufrichtung 2 in Abb. 7). Die Oberterrassen-Sedimente werden gemeinhin als risszeitlich angesehen, wobei aber höheres Alter nicht sicher auszuschliessen ist. Nach der Wiederauffüllung der Rinne konnte sich der Fluss im Mündungsbereich weiter nach N verlagern. Diese Verlagerung erfolgte im Niveau des Blasensandsteins, also unterhalb des Coburger Sandsteins, auf welchem die Aurachtalhochschotter liegen. Der Coburger Sandstein ist im Mündungsbereich der Aurach offenbar nach der Ablagerung der Aurachtalhochschotter weitflächig abgetragen worden. Die letzte Phase der Laufverlagerung wird durch die Laufrichtung 3 markiert. Dieser Weg wurde sicher schon in der letzten Kaltzeit benutzt (Würm).

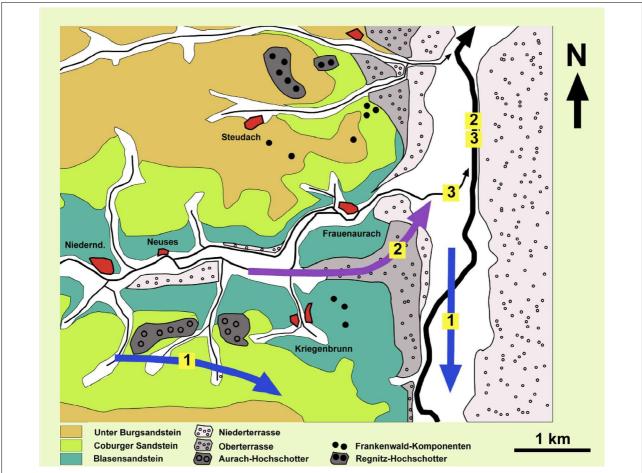


Abb. 7: Geologische Skizze der Laufverlagerungen im Bereich der Aurachmündung (Grundlage: GK25 Herzogenaurach, Haarländer 1971). Die Verhältnisse östlich der Regnitz wurden in der Skizze besonders stark vereinfacht.

Die Laufverlegungen im Mündungsbereich der Aurach stützen die Vorstellung, dass die Aurachtalhochschotter zur Zeit der S-Entwässerung abgelagert wurden. Die Regnitztalhochschotter, mit denen sie korreliert werden können, lassen allerdings trotz ihrer nur reliktischen Erhaltung ein nach N gerichtetes Gefälle erkennen. Besonders deutlich wird dies im Vergleich zur Lage der Greuther Terrasse südlich Nürnberg (mit dem *locus typicus* bei Greuth), wo diese Schotter ca. 20 m höher gefunden werden (Berger 1978). Wenn die Schotter der Greuther Terrasse also dennoch zur Süd-Entwässerung gehören – wie es durch die darin reichlich enthaltenen Frankenwaldkomponenten zum Ausdruck kommt – dann müssten diese in der Folgezeit durch Krustenbewegungen verstellt worden sein.

Von solchen Bewegungen wären dann möglicherweise auch die Aurachtalschotter betroffen worden. Tatsächlich gibt es hier auch Hinweise für nachträgliche Verstellungen. Abgesehen von den merkwürdigen Niveausprüngen der Hochschotter zwischen Falkendorf und Borbath lässt sich feststellen, dass der Abstand zwischen dem heutigen Aurachtal und den Hochschottern talaufwärts deutlich zunimmt (Abb. 5). Dies ist ungewöhnlich, denn Einschneide-Impulse gehen in der Regel von den Unterläufen aus, so daß die Vertikaldifferenz talaufwärts in solchen Fällen eher geringer werden müsste. Für tektonische Bewegungen nach der Ablagerung der Aurachtalhochschotter (und der Greuther Terrasse) werden wir im folgenden Abschnitt weitere starke Indizien anführen.

4. Die Entstehung der Aisch

Die Schottervorkommen auf der Wasserscheide und ihre weitere Ablagerung entlang des Aurachtals lassen im Prinzip nur eine Interpretation zu:

In einer Zeit vor Entstehung der Aisch existierte ein – den heutigen Talbereich in der Höhe querender – und nach SE gerichteter Abfluß. Als Oberläufe dieses Abflusses können ohne Schwierigkeiten die später von der Aisch unterbrochenen und angezapften Steinach und Laimbach gesehen werden. Setzt man ihre erhaltenen Oberläufe über die Aisch hinweg nach SE fort, konvergieren die beiden Flüsse in Richtung der heutigen Wasserscheide. Dazu kam wahrscheinlich noch ein durch das heute geköpfte Tal von Herrneuses laufender Zufluß.

Der SE-Abfluß wurde dann später durch einen von der Regnitz her entlang des heutigen unteren Aischtals rückwärtig eingreifenden Baches unterbrochen und angezapft. Durch die weiter folgende Einschneidung wurde das neu entstandene Aischtal bis auf den heutigen Talgrund eingetieft. Von dieser Eintiefung wurden auch die Oberläufe im Bereich der Bucht von NEA erfasst und damit die Ausräumung dieser weiten Tallandschaft angestoßen. Dieser Oberlaufbereich der Aisch konnte wesentlich stärker als die Landschaft im Bereich des Mittellaufs verbreitert werden, weil im Zuge der Einschneidung der v.a. aus Tonsteinen aufgebaute und daher sehr leicht ausräumbare Gipskeuper erreicht wurde. In den Gesteinen der Bucht von NEA können sich Tallandschaften um Größenordnungen rascher entwickeln als in den Sandsteinlandschaften, wie wie sie Mittellauf säumen.

Dies wäre ein einfaches Modell, wie die Aisch entstanden sein könnte. Aber es gibt Hinweise, dass die Umlenkung der nach S laufenden Flüsse hin zur heutigen Aischmündung massiv durch Krustenbewegungen unterstützt – wenn nicht sogar erst ermöglicht – wurde. Der eingangs bereits erwähnte Umstand, dass die Aisch in einer tektonischen Mulde verläuft, könnte nämlich dann für die Entstehung der Aisch bedeutsam sein, wenn diese Einmuldung tatsächlich zu jener Zeit erfolgte.

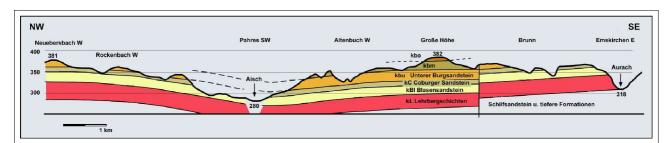


Abb. 8: Profil quer zum Aischtal (mehrfach überhöht). Deutlich ist die enge Einmuldung der Schichten im Talbereich zu erkennen (Aisch bei ca. 280 m ü. NN). Die alte Abflußrichtung verlief von links (NW) nach rechts (SE) und muß, wie Schotterfunde belegen, über die Große Höhe (382 m ü. NN) nach SE gelaufen sein. Das dafür notwendige Gefälle ist allerdings durch die Einmuldung der Aisch und die im SE anschließenden Hebungen in der Fortsetzung des Kästeler Sattels nicht mehr gegeben.

Zugleich könnte die Mitwirkung solcher tektonischer Verstellungen auch einige Schwierigkeiten beseitigen, die mit der Neuanlage eines Flußlaufes quer zu gleich mehren älteren Tälern verbunden sind, denn zwischen den Tälern lagen ja auch mehr oder weniger hohe Rücken. Das Queren dieser Rücken könnte durch die Anlage einer quer verlaufenden Furche deutlich erleichtert worden sein, denn es würden nicht nur die Rücken abgesenkt, sondern in den Senkungsgebieten würde wegen das nachlassenden Gefälles gleichzeitig der Talgrund aufsedimentiert werden können. Damit würde der Höhenunterschied zwischen dem Talgrund und begrenzenden Höhenrücken geringer werden oder möglicherweise sogar aufgehoben werden. Es kann gezeigt werden, daß ein solcher Vorgang wahrscheinlich stattgefunden hat, und darüber hinaus noch eine zweite Unterstützung erfolgte: im SE der Aisch-Furche ist wahrscheinlich sogar noch eine Aufwölbung entstanden, die schließlich nicht mehr überwunden werden konnte und seither die Wasserscheide südlich der Aisch bildet.

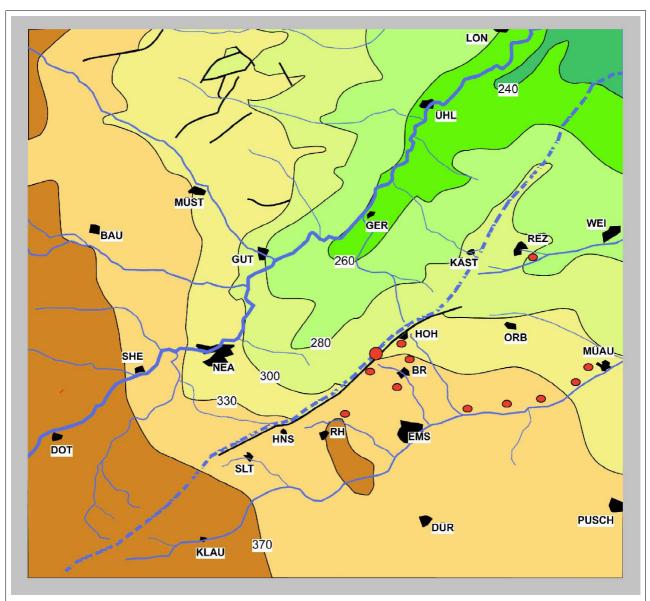


Abb. 9: Vereinfachte Schichtlagerungskarte, zusammengestellt nach Berger 1973, 1975, Emmert 1974 und Haunschild 1973. Die Linien geben die Höhenlage einer im Prinzip beliebigen Schichtgrenze wieder: Wenn nach der Ablagerung aller Schichten eine Schicht verbogen wurde, müssen die darüber und darunter liegenden Schichten analoge Verbiegungen erfahren haben (hier wurde von den Bearbeitern aus praktischen Gründen die Grenzfläche Lehrbergschichten/Blasensandstein heran genommen).

In dem kräftig grünen Bereich rechts oben (NE) liegt die ausgewählte Schichtgrenze an tiefsten, links unter (im SW) im braunen Feld am höchsten. Stellt man sich das Kartenbild räumlich vor, dann sind die Schichten ab NEA nach NE zu der durch grüne Farben markierten, engen Mulde verbogen. Die Achse der Mulde ist ebenfalls nach NE hin zu dem dunkelgrünen Bereich hin geneigt: Diese Struktur wird **Aischfurche** genannt (Ferstl 1955). Die Aisch folgt weitgehend der Achse dieser nach NE abtauchenden Furche/Mulde.

Parallel zur Aischfurche ist wenig SE-lich davon ein von Kästel (KÄST) nach NE vorspringender Fortsatz zu sehen. Hier ist das 280-Niveau dieser Schichtgrenze zu einem nach NE hin zunehmend schmäler werdenden Sporn entwickelt. Da dieser Sporn von tiefer liegenden Bereichen umgeben wird, markiert er eine Aufwölbung, die **Kästeler Sattel** genannt wird. Die unterbrochen gezeichnete blaue Linie markiert die Wasserscheide zwischen Aisch und Aurach bzw. Seebach – sie verläuft exakt auf dem First des Kästeler Sattels. Die Aufwölbung setzt sich aber auch nach SW fort. Ihre Achse wird nun allerdings von einer Verwerfung markiert (durchgezogene schwarze Linie). An dieser **Herrnneuseser Verwerfung** (HNS = Herrnneuses) genannten Struktur wurde die Schichten bereits in früherer Zeit gegeneinander abrupt bruchhaft versetzt, wobei die SE-Seite der relativ nach oben bewegte Scholle entspricht.

Die roten Kreise markieren wichtige Schottervorkommen – vgl. dazu den vorangehenden Abschnitt.

Wie man aus der **Schichtlagerungskarte** (Abb. 9) ersehen kann, folgt das Gelände eng den tektonischen Strukturen: die Aisch fließt im Bereich der Achse (bzw. der Tiefenlinie) der Aischfurche, die Achse des Kästeler Sattels bildet die Wasserscheide im SE der Aisch.

Wie zuverlässig können wir aber nachweisen, daß die vorhandenen Verstellungen zeitgleich mit der Entstehung der Aisch erfolgten? Dies ist die Voraussetzung dafür, daß eine solche tektonische Steuerung bei der Neuorientierung der Abflußverhältnisse auch tatsächlich möglich gewesen sein kann. Für eine solche Zeitgleichheit sprechen mehrere Indizien:

- a) Nimmt man die ursprüngliche S-Entwässerung aufgrund der Schotterfunde auf der Wasserscheide als gegeben, dann ist aufgrund der durch die Verstellungen erzeugten Situation nicht zu sehen, woher diese Flüsse ein Gefälle gehabt hätten, um über diese spätere Wasserscheide (z.B. "Große Höhe" bei 382 m ü. NN, siehe das Profil Abb. 8) fliessen zu können. Die Verstellung muss also jünger als die Südentwässerung sein, denn der die heutige Wasserscheide tragende Rücken hätte- zumindest in diesem Bereich eine unüberwindliche Hürde gebildet.
- b) Das Niveau der im Zuge der S-Entwässerung entlang der Aurach abgelagerten Schotter steigt flußaufwärts in Richtung der Wasserscheide ungewöhnlich stark an (vgl. Abschnitt 3 bzw. Abb. 5). Dies kann als weiteres Indiz für eine entsprechende, nachträgliche Verstellung dieser Ablagerungen genommen werden.
- c) Ein deutliches Zeugnis für die geologische Jugend der tektonischen Strukturen ist das enge Zusammenfallen von Struktur und Gelände: die Furche/Mulde wird von der Aisch und ihrem Tal eingenommen, die Aufwölbung bildet die Wasserscheide. Ältere Strukturen würden hingegen durch die exogenen Kräfte zunehmend ausgeglichen werden. Eine solche ältere Struktur bildet die Herrnneuseser Verwerfung (vgl. Abb. 8): trotz eines bruchtektonischen Versatzes von bereichsweise bis maximal mehr als 30 m gehen die Oberflächenformen wie die Ablagerung der von Kalteneuses bis nach Brunn erhaltenene "Brunner Schotter" gleichmäßig über diese Struktur hinweg. Dieser Fall ist zugleich ein Beleg dafür, daß Bewegungen entlang der Aisch offenbar auch schon in relativ fernerer Vergangenheit stattgefunden haben.

Die hier vorgebrachten Argumente sind unserer Meinung stark genug, um die Verknüpfung der Aisch-Entstehung mit den tektonischen Prozessen als plausible Erklärung akzeptieren zu können.

5. Junge Tektonik im Fränkischen Schichtstufenland

Die Beteiligung junger Tektonik bei der Entstehung der Aisch geht in ihrer Bedeutung weit über diesen besonderen Punkt hinaus. Der Anteil junger, wahrscheinlich erst im Quartär wirkender Tektonik ist bisher im Bereich des Fränkischen Schichtstufenlandes selten so deutlich geworden. Es ist kein Zufall, dass ein weitere Hinweise für junge Tektonik in Nordwürttemberg – genauer bei Kirchheim a. d. Jagst – gefunden wurden (SIMON 2005). Die dort als **Fränkische Furche** bezeichnete Struktur läßt sich nämlich bis hin zur Aisch bzw. der Aischfurche verlängern (Ferstl. 1955, S. 133f.). Die Aischfurche wäre demnach also nur ein kurzes Segment der viel längeren Fränkischen Furche, wobei sich entlang dieser tektonischen Linie aber, darauf deuten dazu parallele, u.a. am Kästeler Sattel nachweisbare Bewegungen hin, auch Aufwölbungen und möglicherweise andere komplexe Bewegungen ereignet haben.

Aus der Verbindung zu einer einzigen, von Nordwürttemberg bis zur Aisch laufenden Großstruktur stellt sich die Frage, ob nicht auch zwischen diesen beiden Punkten, in denen junge Tektonik so deutlich nachweisbar ist, weitere aktive Segmente existieren könnten. Erweitert man den Blick auf den Unterlauf wie den Oberlauf der Aisch, dann trifft man auch in diese beiden Richtungen wieder auf Situationen, die eine durch junge Tektonik mitgestaltete Landschaft erkennen lassen. Der Ausblick auf diese beiden Bereiche ist, besonders was die Verhältnisse in der Bucht von NEA betrifft, vorerst nur eine Skizze – eine gesonderte und ausführlichere Darstellung soll folgen.

5.1. Die Bucht von Neustadt/Aisch (NEA)

Die Bedeutung der im Mittellauf markanten Aischfurche wird auch aus der Perspektive der Bucht von NEA deutlich. Blickt man von einem Aussichtspunkt innerhalb der Bucht nach E in Laufrichtung der Aisch bzw. Richtung Neustadt/Aisch, dann ist das Abtauchen der Schichten – konkret der vom Blasensandstein gebildeten Keuper-Stufenfläche – hin zur Aisch tatsächlich auch in einer solch großräumigen Ansicht zu beobachten (Abb. 10). Der Eintritt der Aisch aus der Bucht von NEA in den dahinter folgenden Mittellauf ist somit durch die Aischfurche und damit der tiefsten Lage des Stufenbildners markiert. Für die Morphogenese ist dies insofern bedeutend, als hier der unter dem Schichtenkomplex Blasensandstein-Lehrbergschichten-Schilfsandstein als Sockelbildner wirkende Gipskeuper unter die Geländeoberfäche taucht, und damit ab diesem Bereich nach E hin alle raschen Denudationsprozesse unterbunden wurden.

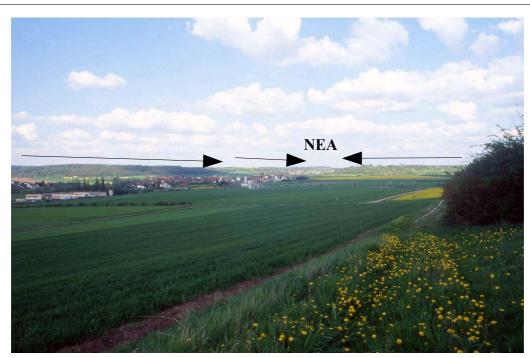


Abb. 10: Blick von dem zwischen Birkenfeld und Dietersheim gelegenen Fuß des Klausbergs nach NE aischabwärts in Richtung Neustadt/Aisch (NEA). Das Einfallen der Blasensandstein-Stufenfläche hin zum bei NEA gelegenen Ausgang der Bucht ist vor allem links (N) gut zu beobachten.

Die Aischfurche verliert nach SW, hinein in die Bucht von NEA, ihren klar gezeichneten tektonischen Charakter. Diese Entwicklung ist bereits in Abb. 8 sichtbar: die Aischfurche wandelt sich nach SW in eine breite und nur noch wenig abgesenkte Mulde. In der Bucht von NEA ist sie in im Bereich des Aischoberlaufs bis nahe Dottenheim, ca.7 km SW-lich NEA gelegen, erkennbar (Emmert, GK25 Neustadt/Aisch). Dann entwickelt sich, weiter nach SW, ein Strukturbild, das durch nur geringe Schichtneigung und wenig markante Verbiegungen gekennzeichnet ist. Etwa auf der Höhe Bad Windsheim beginnt nun aber erneut eine Einmuldung, die zu der W-lich Illesheim gelegenen **Schwebheimer Mulde** zunimmt (tektonische Karte in den Erläutg. GK25 Burgbernheim, Haunschild 1971). Die Achse dieser Mulde verläuft nun aber spitzwinklig (NNE-SSW) zur Aisch , könnte aber dennoch, als strukturelle Tieflage am Fuß der Frankenhöhe, den Oberlauf der Aisch an sich gezogen haben.

Auch in der Bucht von NEA schneidet die Aisch die alte S-Entwässerung ab. Deutlichstes Zeugnis dafür sind hochgelegene, geköpfte Täler am S-Rand der Bucht von NEA – darunter das schon sein Wagner (1923) bekannte, der Uraltmühl zugeschriebene "Hornauer Loch", aber auch das

offene Talende von Fränkischer Rezat und Zenn. Diese Formen sind ein eindeutiger Beleg dafür, dass zu jener Zeit Zuflüsse aus dem Bereich der Bucht von NEA existiert haben müssen, die Bucht selbst aber als Ausräumungsform noch nicht existiert haben kann. Diese erhaltenen Taleingänge deuten durch ihre ähnliche Dimension auf eine Ausräumung durch zueinander gleichrangige, wenig abflußstarke Gewässer. Ihr Ursprung dürfte deshalb kaum jenseits, sondern innerhalb des Bereichs der späteren Bucht gelegen haben (vgl. Abb. 13).



Abb. 11: Blick quer über den geköpften Talgrund der Zenn, Standort zwischen Obernzenn und Breitenau. Links (NW) liegt die Bucht von NEA, rechts (SE) geht es in das Zenntal. Die heutige Wasserscheide liegt rechts knapp außerhalb des Bildes. Ein ebenes "Original-Talstück" des einst von links kommenden Zenn-Oberlaufs ist hier nicht mehr erhalten. Vor allem nach links zur Bucht von NEA hat flächenhaft wirkende Abschwemmung bereits zu einer deutlichen Tieferlegung des ehemaligen Talgrundes und zur Herausarbeitung von Denudationsterrassen an widerständigen Schichtgliedern geführt. Der verlassene Talgrund liegt im Schilfsandstein, die Höhe im Hintergrund wird aus Blasensandstein aufgebaut (Foto: 2006).

Zum Abschneiden der durch die geköpften Täler belegten S-Entwässerung dürften auch hier tektonische Bewegungen beigetragen haben. Neben möglichen Einmuldungsprozessen (v.a. die oben genannte "Schwebheimer Mulde") dürfte aber die markante Aufwölbung des SW-Randes der Bucht von NEA von großer Bedeutung gewesen sein. Hier biegen die Schichten, beginnend mit dem im Bereich des heutigen Stufenrandes liegenden – und zu ihm parallel verlaufenden **Westheimer Sattel** (GK25 Burgbernheim) nach S, also zur die Bucht begrenzenden Frankenhöhe hoch, um schließlich im Scheitel des **Colmberger Schildes** um etwa 100 m über dem Niveau in der Bucht von NEA zu liegen zu kommen (vgl. Profil in Schmidt-Kaler 2003, S. 58). Die ihrer – ohnehin weder langen noch abflußstarken – Oberläufe beraubten Flüsse (Altmühl-Zufluß, Fränkische Rezat, Ur-Zenn) konnten mit der Hebung nicht Schritt halten: Man kann sich durchaus vorstellen, daß selbst ohne eine quer dazu, NW-lich vor der Aufwölbung entstandenen Einmuldung die alten Entwässerungswege abgerissen wären. Der Abfluß der im Bereich der späteren Bucht entstandenen Tieflage wurde hingegen mit der Entwässerung der Aischfurche zum neuen Oberlauf der Aisch verknüpft und – in der Folgezeit – durch die vom Main ausgehenden Erosionsimpulse erfasst.

Die zum Colmberger Schild hin gehobene Frankenhöhe wurde dagegen von dieser den Main-Einzugsbereich erfassenden Erosion nur wenig betroffen: die Altmühl hängt an der Donau, die Fränkische Rezat wurden wahrscheinlich erst später in das Main-System einbezogen, die Zenn könnte allerdings schon damals gleich zum Main gelenkt worden sein. Ihrer Oberläufe beraubt, fehlte zudem das Potential, auf die Hebung durch so kräftige Erosion zu reagieren, wie es in der Bucht von NEA im Zusammenhang mit der vom Main ausgehenden Einschneidung möglich war. Das Colmberger Becken ist vermutlich ebenfalls eine junge Ausräumungsform, im Ausmaß aber von der in der Bucht von NEA geleisteten Umgestaltung entfernt.

Die morphologisch gute Erhaltung der geköpften Täler spricht für ein relativ junge Entstehung. Dies deckt sich mit den vielen Zeugnissen junger Landschaftsformung in der Bucht von NEA. Sie unterscheidet sich von der Gäufläche, als deren Fortsatz sie von einigen Autoren (u.a. Büdel 1957, Emmert 1975) genetisch wie auch hinsichtlich der Bildungszeit angesehen wurde, durch die junge, noch voll im Gange befindliche Denudation des Gipskeupers. Nach dem tiefreichenden Erosionsimpuls, der zur Zerstörung der alten Schichtstufe und ihrer Rückverlegung nach NEA geführt hat, erfolgte die Aufzehrung der Stufenbildnerreste (Blasensandstein, Schilfsandstsein) entlang der einzelnen Täler. Wirkungsvoller Mechanismus ist, neben flächenhafter Abschwemmung im Bereich der undurchlässigen Tonsteinen des Gipskeupers, das Abgleiten der darüber lagernden Stufenbildner. Die meisten Täler werden deshalb von mächtigen Gleitschuttdecken gesäumt (vgl. auch Hofbauer 2003). Dieser Prozess hat in den quartären Kaltzeiten sicher sehr effizient funktioniert und so in relativ kurzer erdgeschichtlicher Zeit zur weitreichenden Umgestaltung der Landschaft geführt. Aufgrund dieser Gleitschuttdecken kann die Lage der ehemalige Schichtstufe vor ihrer jungen Zerstörung relativ genau bestimmt werden (Abb. 13).

Für eine junge Morphogenese der Bucht von NEA spricht auch das Strukturbild in der Bucht selbst. Die tektonischen Karten, die in den Erläuterungen der für den Bereich der Bucht vollständig erschienen GK25einzusehen sind, ergeben eine Vergitterung von drei Strukturlinien:

- a) NE-SW-verlaufende Strukturen, die dem Streichen der Aischmulde bzw. des Kästeler Sattels entsprechen.
- b) NNE-SSW streichende Strukturen, die die Verbindung zwischen dem schwäbischen Teil der Fränkischen Furche darstellen und neben Bereichen in der Bucht von NEA auch den W-Rand der nördlichen Frankenhöhe prägen,
- c) NW-SE (herzynisch) streichende Strukturen, die von ihrem Anteil her nur untergeordnete Bedeutung haben, aber zum Teil ebenfalls Anzeichen junger Entstehung tragen

Auch hier scheint es mindestens zwei Strukturgenerationen zu geben. Strukturen wie die Schwanberg-Mulde oder der NW-SE streichende Graben mit dem Bullenheimer Berg scheinen relativ alt zu sein. Eine große Zahl der Strukturen dürfte aber geologisch jung sein und könnte mit den an der mittleren Aisch und der Jagst festgestellten Verbiegungen zusammenhängen. Diese vermutlich jungen Strukturen treten in allen drei tektonischen Orientierungen auf und sind morphologisch dadurch gekennzeichnet, dass sich in tektonischer Hochlage Zeugenberge oder -Rücken finden (u.a. die Berge S-lich Wüstenfelden, die Gruppe mit Hohem Landsberg, Scheinberg und Iffigheimer Berg, die markante Güterwaldbeule ENE-liche Rüdisbronn). Angesichts der extremen Denudationsanfälligkeit des Sockelbildners (Gipskeuper) ist es kaum vorstellbar, daß in Bereichen, wo dieser besonders exponiert ist, darüber liegende Stufenbildner (Schilfsandstein oder Blasensandstein) sich länger als einen erdgeschichtlichen "Augenblick" halten können.

Die hier skizzierten Erscheinungen sprechen dafür, daß auch im Bereich der Bucht von NEA junge Tektonik eine große Rolle gespielt haben kann. Die Entwicklung, die hier zur Unterbrechung der S-Entwässerung geführt haben, sind im Prinzip analog zu den Verhältnissen im Bereich der mittleren Aisch, auch wenn die strukturelle Situation nicht so eng und einheitlich wie die dort ausgebildete "Furche" angelegt ist. Aber auch im weiteren Bereich der Bucht von NEA gibt es Hinweise auf

junge Strukturen, wobei sich hier allerdings mehrere Richtungen durchkreuzen. Grund für die komplexere Tektonik kann das im Unterlager auftretende Salz des Mittleren Muschelkalks sowie das Umbiegen der Fränkischen Furche in die steilere SSW-NNE-Richtung sein.

5.2. Vom Oberlauf zum Unterlauf der Aisch: morphologische Aspekte

Die Wasserscheide zwischen der Aisch und dem südlichen davon einsetzenden Entwässerungsnetz folgt, von S-Rand der Bucht von NEA bis zum Unterlauf, den tektonischen Aufwölbungen und dürfte auch ganz wesentlich dadurch bedingt sein. Am S-Rand der Bucht von NEA sind die geköpften Täler wegen ihrer unmittelbaren Lage oberhalb der Bucht gut zu sehen, weil hier die starke Zurücklegung des Sockelbildners (Gipskeupers) eine relativ steile Stufenfront geschaffen hat

Nach NE hin rückt die Wasserscheide vom Stufenrand zurück, und es haben sich tief eingeschnittene, zur Aisch hin entwässernde Stirnbäche gebildet. Geköpfte Täler sind nun nicht mehr von der Bucht oder dem Aischtal her, sondern eher von den gekappten, hochgelegenen Taloberläufen her einzusehen. Eine morphologisch besonders markante gekappte Talform dürfte der Abschnitt zwischen Herrnneuses und Rennhofen darstellen – hier ist wahrscheinlich, zu Zeiten der S-Entwässerung, ein Zubringer der Aurach hereingekommen.

Im Bereich der "Großen Höhe" bis Hohholz sind Talformen nicht erhalten. Hier wird die Wasserscheide vom Oberen Burgsandstein gebildet, so daß angenommen werden kann, dass die Talflanken der nach S laufenden Bäche im Niveau des wenig stabilen Feuerletten lagen. Die Denudation des Feuerlettens und der ihm aufsitzenden Lias-Reste kann vermutlich in einem relativ kurzen erdgeschichtlichen Zeitraum erfolgen und so eine Erklärung für das heutige Fehlen einer morphologisch erhaltenen Talform sein. Das Fehlen geköpfter Talformen muss also nicht prinzipiell eine höheres Alter der Wasserscheide bedeuten.

Sobald die ursprüngliche Talform weiter in den Burgsandstein eingeschnitten war und die Talränder ebenfalls im Sandstein lagen, kann man wieder deutlich überlieferte fossile Talformen erwarten. Das ist sehr anschaulich SW-lich Rezelsdorf der Fall, wo der Talgrund des Seebach von der Aisch her gekappt ist. Die Existenz eines ehemaligen Abflusses ist hier außerdem durch einen Angulatensandstein-Komponenten führenden Schotter dokumentiert, der nur etwas mehr als 1 km E-lich der Wasserscheide oberhalb des hier schon nachträglich eingetieften Tals liegt (Hofbauer 2003).

5.3. Am Unterlauf der Aisch: Aischfurche und Röttenbacher Sattel

NE-lich des Kästeler Sattels ist – und dies hat auch Ferst (1955) schon angenommen – der **Röttenbacher Sattel** ebenfalls eine junge Aufwölbung. Sein junges Alter wird dadurch wahrscheinlich, dass der das in diesem Bereich höchste Schichtglied (der Obere Burgsandstein) hier trotz der tektonisch hoch gestellten Position erhalten ist. Der Sattel begrenzt den Unterlauf der Aisch im Süden, die selbst in der hier noch gut ausgeprägten tektonischen Furche verläuft (Abb. 12). Wie im mittleren Laufabschnitt scheint auch hier die Aisch durch die Kombination Mulde + Sattel festgelegt worden zu sein.

Die Furche endet ca. 10 km vor der Mündung der Aisch abrupt und wird, so die Tektonische Karte von Freyberg (1969), durch eine breite Mulde und ein – z.T. in der Verlängerung der Furchenachse angelegtes – Störungssystem abgelöst. Dieser unterste Laufabschnitt ist zugleich das Ende der Aischfurche wie der Fränkischen Furche. Wenngleich dieses Schlußstück komplexer gebaut ist, scheint auch hier der Lauf der Aisch tektonisch unterstützt zu sein. (Abb. 12).

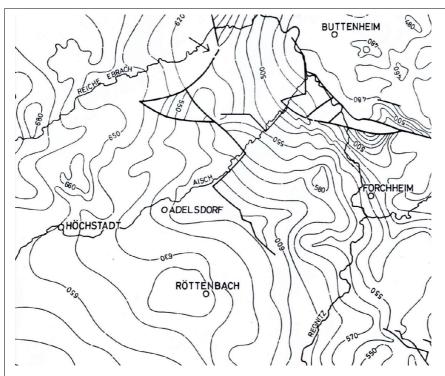


Abb. 12: Auszug aus der Tektonischen Karte von Bruno von Freyberg (1969; die Strukturlinien-Niveaus sind auf die Weißjurabasis hochgerechnet). Auch östlich Höchstadt/Aisch ist die Aischfurche noch deutlich ausgeprägt. Ebenso markant sind Aufbeulungen südlich der Aisch: der Röttenbacher Sattel und westlich Forchheim (580 m-Isolinien-Kreis). Die Aischfurche endet als tektonische enge Mulde östlich Adelsdorf, ca. 10 km vor der Mündung in die Regnitz und wird durch eine komplexere, wesentlich breitere Einmuldung abgelöst. Das Strukturbild deutet aber an, dass der weitere Verlauf der Aisch innerhalb dieser – nun breiten – Mulde durch Verwerfungen festgelegt sein könnte (diese Verwerfungen können wiederum als Fortsetzung der Achse der Aischfurche angesehen werden).

Auch hier im Bereich des Unterlaufs kann man fragen, ob vielleicht Zeugnisse einer alten Südentwässerung oder vielleicht gar geköpfte Täler erhalten sind. Letzteres ist insofern schwer zu beurteilen, weil die Wasserscheiden nur noch von km-breiten Pforten unterbrochen werden, deren Charakter als möglicherweise ehemaliges Flußtal nicht mehr erkennbar ist. Die daran im S anschließenden, breiten Ausräumungsformen scheinen vor allem durch den von mürben Sandsteinen und umfangreichen Ton- und Letteneinschaltungen gekennzeichneten Unteren Burgsandstein bedingt zu sein.

Allerdings verläuft, ausgehend vom SW-Rand des Röttenbacher Sattels, ein breiter Zug von sandigkiesigen Flußablagerungen in SE-Richtung zur Regnitz (Abb. 10). Haarländer (GK25 Röttenbach, 1966, S. 32), der diesen Sandzug auskartiert hat (siehe dazu auch Hofbauer 2004) hat diese merkwürdige Erscheinung schon selbst mit der ehemaligen S-Entwässerung in Zusammen-hang zu rücken versucht. Dabei können aber die Ablagerungen selbst insofern kein unmittelbares Zeugnis einer solchen alten Entwässerung sein, weil sich – zumindest in der Nähe der Regnitz ist das deutlich sichtbar – die Ablagerungen mit der dortigen Nieder- und Oberterrasse verzahnen, also würm- und vermutlich risszeitlichen Charakters sind. Nach oben hin werden diese Zuordnungen allerdings fragwürdig, denn am "Alten Berg" zwischen Klebheim und Dannberg liegen die als Niederterrasse kartierten Sedimente mehr als 13 m über den im S anschließenden Talgrund. Es ist also möglich, dass in den "Niederterrassen"-Sedimenten in Richtung Wasserscheide ältere Ablagerungen stecken.

Wie auch immer, der breite Sandzug selbst wird nur von einem kleinen Bach entwässert, der wegen seiner Integration in die künstliche eingerichtete Teichlandschaft kaum als natürlicher Abfluß wahrzunehmen ist. Die Annahme, zumindest die Talanlage repräsentiere ein wahrscheinlich erst später zugeschwemmtes Relikt der Südentwässerung, wird durch weitere Argumente gestützt:

- a) Am Beginn des Sandzuges knapp S der am Röttenbacher Sattel liegenden Wasserscheide ist kein gegenwärtiger Zufluss erkennbar.
- b) Das lokale Entwässernetz (Seebach, Röttenbach, Lindach, Mohrbach) ist zu dem Sandzug hin orientiert, der deshalb einen einstigen Abflußbereich höherer Ordnung markieren dürfte. Die Seebach, einst diesem Hauptabfluß zugeordnet, ist nun der längste wie abflußstärkste Bach dieses Landschaftsteils, tritt aber erst nahe der Regnitz in dieses alte Tal ein.
- c) Der Sandzug verläuft subsequent/parallel vor dem Oberen Burgsandstein, der hier eine kleine Stufe bildet, aber zur Zeit der Südentwässerung sicher noch Feuerletten und Lias getragen hat. Die Existenz eines Subsequenz-Systems wird durch die massiven Funde von fossilen Hangschutt oder Fanglomeratresten auf dem im Bereich des Röttenbacher Sattels gelegenen Hohenwart-Steinberg-Rücken bestärkt (vgl. Pkt. 9 in Abb. 4). Dieser Rücken markiert heute zugleich die Wasserscheide zwischen der Aisch im N und dem Seebach-Röttenbach-System im S-SW. In Hofbauer (2003) wurden die dort bei > 340 bis > 350 erhaltenen Sedimente auf das kurze, südöstlich davor laufenden Tal des Röttenbachs bezogen, und die Sedimente selbst aus einem NW-lich des Steinberg-Hohenwart-Rücken gelegenen, jetzt aber aisch-nah erodierten Bereich hergeleitet. Es ist aber viel plausibler, diese Ablagerungen auf eine ehemals subsequente Talsituation zu beziehen, wie sie von dem Sandzug markiert wird. Die Herkunft der Schuttmassen wäre dann von der nach NE zurückweichenden Liasstufe herzuleiten. Die Liasstufe, von der die Sedimente stammen müssen, liegt heute ca. 5 km E-lich bei Heroldsbach/Hausen (Abb. 13).

In Hofbauer (2003) wurden an der E-Flanke des Steinberg-Hohenwart-Rücken ein Terrassensystem mit Niveaus um >350, 340, 320 m und einer wenige m über der Talaue (300 m) liegenden Niederterrasse beschrieben und mit einer ähnlichen gestuften Terrassenfolge im E der Regnitz, wie teilweise mit dem Regnitztal selbst, parallelisiert. Wenn man aber die Möglichkeit akzeptiert, dass noch nach der Ablagerung der oberen Niveaus (340 - >350 m), tektonische Bewegungen in der Größenordnung bis zu 20 m erfolgt sein können, dann ist eine solche Parallelisierung natürlich sehr fragwürdig. Allerdings macht es eine spätere Anhebung dieser Vorkommen wahrscheinlicher, daß ihre heutige Lage 40-55 m über Tal – ohne eine spätere Aufwölbung – nur einer 30-40 m Lage entspräche, und diese Ablagerungen deshalb mit noch größerer Wahrscheinlichkeit mit der Greuther Terrasse im Regnitztal korreliert werden können! (Bei Steudach liegt die Greuther Terrasse etwa 40 m über dem Regnitztal).

6. Junge Tektonik und Schichtstufenland-Formung

Die auf der Wasserscheide zwischen Aisch und Aurach erhaltenen Flußschotter sind nicht nur ein Detail zur Fränkischen Flußgeschichte, sondern ein mächtiger Schlüssel zur Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte in einem weiten Bereich des Fränkischen Schichtstufenlandes.

Diese Zeugnisse führen in eindeutiger Weise zurück in die Zeit der Südentwässerung, bevor quer dazu die Aisch angelegt wurde. Die Höhenlage dieser Schotter auf der Wasserscheide ist neben anderen Erwägungen ein wichtiges Argument dafür, daß die Anlage der Aisch und damit die Umgestaltung des Abflußsystems unter erheblicher Mitwirkung junger Tektonik stattfand.

Indem sich die Schotter entlang der Aurach bis ins Regnitztal verfolgen und dort an die Greuther Terrasse anbinden lassen, ist zugleich eine relative zeitliche Einordnung dieser Tektonik möglich. Da die Greuther Terrasse (mit ihren Frankenwaldgeröllen) die jüngste Ablagerung der Südentwässerung markiert (Tillmanns 1977), muss die tektonische Verstellung und die Bildung des

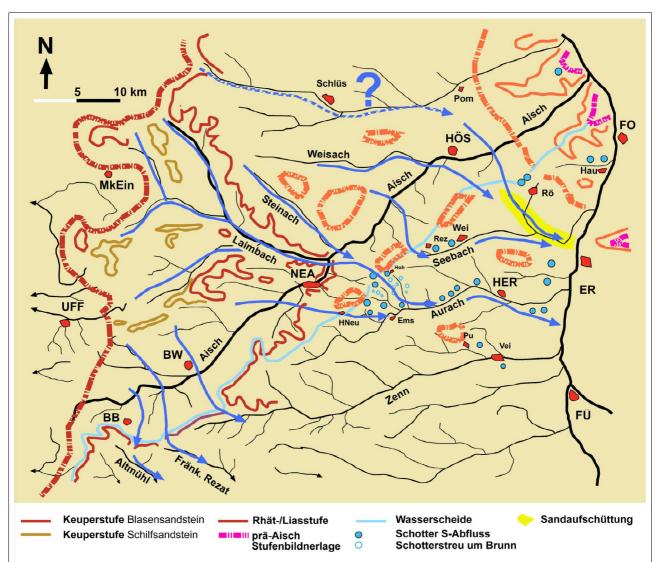


Abb. 13: Skizze zu Schichtstufenlandschaft und Flußsystem vor der Entstehung der Aisch.

Die damalige Keuperstufe dürfte relativ geradlinig zwischen Frankenhöhe im S und Schwanberg im N verlaufen sein, wobei allerdings im Bereich von wahrscheinlich älteren, NW-SE-streichenden Sattelstrukturen schon Einbuchtungen (MkEin = Markt Einersheim; Uff = Uffenheim) existiert haben dürften.

Die Prä-Aisch-Schotter weisen darauf hin, dass Liasberge zu jener Zeit bis E-lich der Steinach existiert haben dürften. In wie weit die Liaslandschaft schon in Restberge aufgelöst war oder eine weitgehend zusammenhängende Schichtstufenfront existiert hat, kann nach dem jetzigen Kenntnisstand nicht gesagt werden – ersteres ist aber wahrscheinlicher und wird in der Grafik auch so dargestellt. Der Lias wurde nach der Entstehung der Aisch im Zuge der vom Main ausgehenden Erosionsimpulse zur heutigen Grenze zurückverlegt. Restschutt-Vorkommen mit hohen Doggersandstein-Anteilen weisen darauf hin, dass auf den regnitznahen Liasbergen zu jener Zeit auch noch Dogger gelegen haben dürfte (rosa-violette prä-Aisch Stufenbildnerlage). Parallel zur Zurückverlegung der Liaslandschaft wurde die Bucht von NEA ausgeräumt und der Keuperstufenrand durch die Formung der Aischmulde bei NEA fixiert.

Die ehemaligen Oberläufe von Altmühl, Fränkischer Rezat und Zenn dürften nur in den südlichen Bereich der (späteren) Bucht von NEA hineingereicht haben, weil der nördliche Bereich vermutlich schon damals durch Vorläufer von Bibert-Laimbach-Ehebach entwässert wurde. Im E dürfte der gelb markierte Sandzug ein Erbe der subsequenten Entwässerung vor einem Liasplateau repräsentieren, wobei wahrscheinlich von NW die Weisach hinzukam. Die Verlängerung dieses Flusses bis in den Raum Schlüsselfeld ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand allerdings rein spekulativ.

Aischtals relativ jünger sein. Zugleich schließt sich der Kreis damit, dass auch das heutige N-Gefälle der Greuther Terrasse ja erst durch eine weiträumige Verstellung möglich geworden sein kann, wobei eine solche Verstellung nun nicht mehr als singuläre Merkwürdigkeit erscheinen muss, sondern möglicherweise mit den Bewegungen, die zur Entstehung der Aisch führten, zeitliche Parallelen hat.

Zugleich wird auch deutlich, daß die Fränkische Furche eine tektonische Großform darstellt, an der sich vom Jagsttal bis an ihr E-Ende am Unterlauf der Aisch junge Bewegungen nachweisen lassen. Im Bereich der Aisch ist vom Oberlauf bis zum Unterlauf festzustellen, das die Fränkische Furche sich genau genommen als "Doppelstruktur" zeigt, an der Einmuldung und Aufwölbungen in enger Nachbarschaft parallel wirksam werden konnten. Die Verstellung der Greuther Terrasse macht deutlich, dass junge Tektonik nicht auf den Bereich der Fränkischen Furche beschränkt gewesen sein dürfte. Im Hinblick auf eine solche räumlich weiter ausgreifende "Fränkische Phase" fallen in der näheren Umgebung Strukturen wie z.B. der südlich der Aurach gelegene Puschendorfer Sattel oder das Nürnberger Becken auf, dessen möglicherweise erst junge Einsenkung schon von Wagner (1929) vermutet wurde.

Die durch die tektonischen Prozesse mitgestalteten Veränderungen des Abflußsystems haben sicher die Anbindung des Aischraums an das Rhein-Main-System unterstützt oder vielleicht sogar erst möglich gemacht. Im Bereich des Aisch-Oberlaufs haben die zur Aischfurche gerichteten tektonischen Verstellungen den Punkt fixiert, bis zu dem der folgende Erosionsimpuls eine Stufenrückverlegung und die Ausräumung der Bucht von NEA voranbringen konnte (Abb. 13). In etwa dem gleichen Zeitraum muss das Zurückweichen der Liasberge hin zum heutigen Stand erfolgt sein. Weite Bereiche der Keuperstufenfläche vor dem heutigen Liasrand, die durch ihr nahezu ebenes Erscheinungsbild manchen Klimamorphologen zu Spekulationen über tertiärzeitliche Flächenbildung angeregt haben, sind daher erst als Folge junger Umgestaltung entstanden, wobei gewöhnliche Erosions- und Denudationsprozesse, unterstützt von Phasen periglazialer Formungsdynamik, die wesentliche Prozesse gewesen sein dürften.

Literatur

- Arnot, H. (1933): Karte und Erläuterungen zu Blatt Windsheim (Nr. XXII) der Geognostischen Karte von Bayern 1: 100 000, Teilblatt Windsheim. München: hg. Bayerisches Oberbergamt, Verlag Piloty & Lohele.
- Berger, K. (1973): Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6330 Uehlfeld. München: Bayer. Geol. Landesamt.
- Bader, K. & Fischer, K. (1987): Das präriesische Relief in den Malmkalken im südöstlichen Riesvorland (Riestrümmermassengebiet). 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.
- Berger, K. (1975): Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6430 Emskirchen. München: Bayerisches Geologisches Landesamt.
- Berger, K. (1978): Erläuterungen zur Geologischen Karte Nürnberg Fürth Erlangen und Umgebung 1: 50 000. München: Bayer. Geol. Landesamt.
- Büdel, J. (1957): Grundzüge der klimamorphologischen Entwicklung Frankens. Würzburger Geogr. Arb. 4/5, 5-46.
- Emmert, U. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt 6429 Neustadt a.d. Aisch. München: Bayer. Geol. Landesamt.
- Emmert, U. (1975): Zur Landschaftsgeschichte der Bucht von Neustadt a. d. Aisch (Mittelfranken). Geologica Bavarica 74, 131-149.

- FERSTL, H. (1955): Tektonische Untersuchungen im mittleren Steigerwald. Geol. Bl. NO-Bayern 5, 133-143.
- Freyberg, B. v. (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. Erlanger geol. Abh. 77, 81 S.
- 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.
- Geyer, G. (2002): Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen (Fränkische Landschaft: Arbeiten zur Geographie von Franken, 2). Gotha: Justus Perthes.
- Haarländer W. (1966): Geologische Karte von Bayern 1: 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6331 Röttenbach. München: Bayerisches Geologisches Landesamt.
- HAARLÄNDER W. (1970): Ein begrabenes Talstück der Regnitz bei Mannhof-Stadeln. Geol. Bl. NO-Bayern 20, 51-60.
- Haarländer W. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt 6431 Herzogenaurach. München: Bayer. Geol. Landesamt.
- Haunschild, H. (1971): Geologische Harte von Bayern 1 25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6527 Burgbernheim. München: Bayerisches Geologisches Landesamt.
- Hofbauer, G. (2001): Die Diskussion um die Entstehung der Süddeutschen Schichtstufenlandschaft: Eine historischmethodologische Skizze mit einem Modell zur fluviatil gesteuerten Schichtstufen-Morphogenese. Natur und Mensch, Jahresmitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V., Jubiläumsausgabe 200 Jahre NHG, 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. (2004): Die Sande zwischen Röttenbach und Dechsendorf (westlich Erlangen/Nordbayern) sind fluviatile Sedimente.. http://www.gdgh.de/Berichte/B04/b4.html
- Hofbauer, G. (2005): Das Fränkische Schichtstufenland (Flyer für das geologische Museum der NHG Nürnberg). Nürnberg: NHG Nürnberg.
- Krumbeck, L. (1927): Zur Kenntnis der alten Schotter des nordbayerischen Deckgebirges: Ein Beitrag zur älteren Flussgeschichte Nordbayerns. Geol. Paläont. Abh., N.F. 15, 181-318.
- REIMANN, M.; Schmidt-Kaler, H. (2002): Der Steigerwald und sein Vorland. München: Pfeil (Wanderungen in die Erdgeschichte, 13).
- Schirmer, W. (1984): Moenodanuvius ein uralter Fluß auf der Frankenalb. Hollfelder Blätter (Jg. 1984). 29-32.
- 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. (1991): Die tertiäre Flinzterrasse auf der Nördlichen Frankenalb. Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 82, 231-243.
- Schmidt-Kaler, H. (1994): Der präriesische Urmain und seine Ablagerungen. Geol. Bl. NO-Bayern 44, 225-240.
- Schmidt-Kaler, H. (2003): Von der Frankenhöhe zum Fränkischen Seenland. München: Pfeil (Wanderungen in die Erdgeschichte, 14).
- 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.
- Spöcker, R. G. (1964): Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund von Nürnberg. Abh. Nat.hist. Ges. Nürnberg 33, 136.
- SPÖCKER, R. G. (1973): Geologie im Mündungsgebiet der Urpegnitz. Geologica Bavarica 67, 253-277.
- TILLMANNS, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 30, 198 S..
- Wagner, G. (1919): Die Landschaftsformen im württembergischen Franken. Öhringen: (Erdgesch. u. Landeskundl. Abh.aus Franken und Schwaben, 1).
- Wagner, G. (1923): Aus der Geschichte der Altmühl. Nürnberg: Lorenz Spindler.
- Wagner, G. (1929): Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbilde Süddeutschlands. Öhringen: (Erdgesch. u. Landeskundl. Abh.aus Franken und Schwaben, 10).