



Miozäne Extensionsbecken im Albvorsprung südlich und südöstlich der Donau – Regensburg-Süd bis Bad Abbach (Baugrund-Untersuchungen)

Erich Stückl¹



Geologische Blätter, 2023, 71, 2

STÜCKL, E. 2023: Miozäne Extensionsbecken im Albvorsprung südlich und südöstlich der Donau - Regensburg-Süd bis Bad Abbach (Baugrund-Untersuchungen).- Geologische Blätter für Nordostbayern, 71, 21-39, 4 Abb.; Erlangen; doi:10.23689/fidgeo-5716

Manuscript submitted: 10.06.2021, manuscript accepted: 07.02.2023

Copyright: © 2023 by the author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



¹Dr. E. Stückl, Boessnerstraße 6a, 93049 Regensburg

Zusammenfassung. Im Albvorsprung südlich Regensburg liegen zwischen Störungen der mesozoischen Schichttafel schmale Becken. Während deren Bildung setzte sich ein klastischer Sedimentkomplex in den expandierenden Becken ab, der in das obere Untermiozän-untere Mittelmiozän gestellt wird und in konkav aufgebogener Lagerungsform vorliegt. Die Diskordanz an der Basis der überlagernden Sand- und Geröllschichten wird dem Mittelmiozän zugerechnet und zeigt den Abschluß der tektonischen Beckenbildung. Es wird angenommen, dass die Verbiegung des nach 150° tauchenden, älteren Hemauer Sattels ein Spannungsfeld verursachte und damit senkrecht zu dessen Achse orientierte Dehnungsbrüche und ein konjugiertes Scherklufsystem erzeugte. Dadurch kam es vermutlich zu den extensionalen Beckenbildungen, deren Längsachsen an den Maxima der Klufrichtungen und Bruchflächen orientiert waren. Dieses System wurde von der in Mitteleuropa heute ~140° streichenden horizontalen Schubspannung (PRINZ & STRAUSS 2018) überlagert. Darüber hinaus können beide von PETEREK et al. (1997) über Paläostress-Analysen für den Zeitraum des (beginnenden) Neogens dargestellten Extensionsregimes zur Erklärung der tektonischen Beckenbildungen im hier untersuchten Gebiet beitragen. Die Ergebnisse stellen Grundlagen für Baugrunduntersuchungen im Bereich Regensburg-Süd und Bad Abbach dar.

▪ **Schlagerwörter:** Miozäne Dehnungsbecken, Tertiär, Regensburg-Süd, Bad Abbach.

Abstract. In the promontory of the Franconian Alb south of Regensburg narrow fault-bounded basins occur in the Mesozoic sedimentary platform. During their formation a clastic sedimentary complex was deposited in the extending basins, which is assigned to the upper Lower Miocene-lower Middle Miocene interval with a present bent concave layering. The unconformity at the base of the overlying sand and gravel layers is assigned to the Middle Miocene and shows the cessation of the tectonic basin formation. It is assumed that the bending of the 150° plunging older Hemauer Sattel caused a stress field that produced extension fractures perpendicular to its axis and a conjugate shear joint system. It is assumed

that the extensional basins were generated by this process with their long axes oriented at the maxima of the joint directions and fracture planes. This system was superposed by the present ~140° striking horizontal shear stress in Central Europe (PRINZ & STRAUSS 2018: 126). Furthermore, both extensional regimes for the (early) Neogene, reported by PETEREK et al. (1997) based on their paleo-stress analysis, can contribute to the explanation of the tectonic basin formation in the area studied here. The results represent basic data for foundation testing in the Regensburg-South to Bad Abbach area.

▪ **Keywords:** *Miocene extending basins, Regensburg, Bad Abbach.*

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschreibt Lage, Form und Inhalt miozäner Extensionsbecken, um zu einer Aussage über deren Entstehung zu kommen. Das Untersuchungsgebiet liegt auf dem östlichen Kelheimer Albvorsprung südlich von Regensburg und erstreckt sich bis Bad Abbach. Es wird von Bruchtektonik durchsetzt, die Becken enthält, denen Braunkohlentertiär eingelagert ist. Die Äußerungen verschiedener Autoren zu den Becken werden in der Diskussion angeführt und erörtert. Insgesamt wird eine Absenkung der Oberkreideschichten in E und SE Richtung beobachtet, die auch bereits in den Profilen von OSCHMANN (1958: 164) zum Ausdruck kommt.

Es wurden Kluftflächen vermessen, sowie Bohrungen und zahlreiche Aufschlüsse, besonders von Tiefbaumaßnahmen, ausgewertet. Ebenso werden Bohrungen im Zeitraum von 1875 bis 2021, die von staatlichen

Danubische Kreide	Stufen der Oberen Kreide
Weilloher Mergel	Tiefes Coniac
Großberger Sandstein	Ober Turon
Pulverturmkalk	Mittel Turon
Glauconitschicht (Mergel)	Mittel Turon
Eisbuckelkalk	Mittel Turon
Hornsandstein	Unter Turon
Knollensandstein	Unter Turon
Reinhausener Kieselkalk	Unter Turon
Eibrunner Mergel	Unterstes Turon
Grünsandstein	Ober Cenoman
Schutzfelsschichten	Unterkreide
Oberjura	Malm Epsilon bis Zeta

Tabelle 1: Stratigraphischer Aufbau des Schichtenkomplexes im Albvorsprung südlich von Regensburg.



Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet zwischen Regensburg-Süd und Bad Abbach. Die meisten Lokationen, die im Text genannt werden, sind zur Orientierung eingetragen (Quelle: Google-Maps 2021).

und kommunalen Behörden sowie von Unternehmen, teils unter Vorbehalt, zur Einsicht gegeben wurden (s.u., berücksichtigt). Nachgelassene Manuskripte von W. Klüpfel, ebenso Bohrungen um 1920 im Raum Regensburg, werden unveröffentlicht im städt. Liegenschaftsamt Regensburg aufbewahrt. Unterlagen zu Bohrungen um 1870 liegen im Staatsarchiv Amberg ebenfalls unveröffentlicht.

Zur Einordnung der lokalen Ergebnisse in ein regionales Scherkluffflächensystem wurde eine größere Anzahl Kluffflächen im Malm der Region eingemessen. Diese Untersuchung sollte auch zur Bewertung des schwierigen Baugrundes des Albvorsprungs südlich von Regensburg beitragen.

2. Schichtstörungen und Becken

Zwischen den zahlreichen Schichtstörungen, die den Albvorsprung im Untersuchungsgebiet zwischen Regensburg-Süd und Bad Abbach (Abb. 1) durchziehen, können unterschieden werden:

Einfache Störungen mit Verwerfungen im Schichtstreichen der Oberkreide, z. B. am Laglberg nordöstlich Großberg.

Parallel bis subparallel streichende Störungen der Oberkreide, zwischen denen Sedimente des Untermiozän in schmalen Becken enthalten blieben, wie bei Karthaus.

Solche schmalen Becken können mit ausgedehnteren Becken zusammenhängen, wie bei Königswiesen-Kumpfmühl.

2.1. Tertiärbecken um die Ziegetsdorfer Höhe

Um die Ziegetsdorfer Höhe südlich Regensburg liegen auf dem nach Süden und Osten abbiegenden Albvorsprung vergitterte Störungen, die auch Becken begrenzen (Abb. 2). Eine kleine Hochfläche der Oberkreide liegt zwischen Großberg und der Ziegetsdorfer Höhe. Nördlich wird sie von Pulverturmkalken (bis +442 m), südlich von Eisbuckelkalken (bis +437 m) gebildet. Dazwischen ist Großberger Sandstein an Störungen eingesenkt.

Im Bereich der hochgelegenen Fläche liegen 40 m Tertiär, davon etwa 20 m der Braunkohlenfazies des Untermiozän ab +400 m aufwärts in einem Becken der Pulverturmkalke, die dort ihre höchste Position in

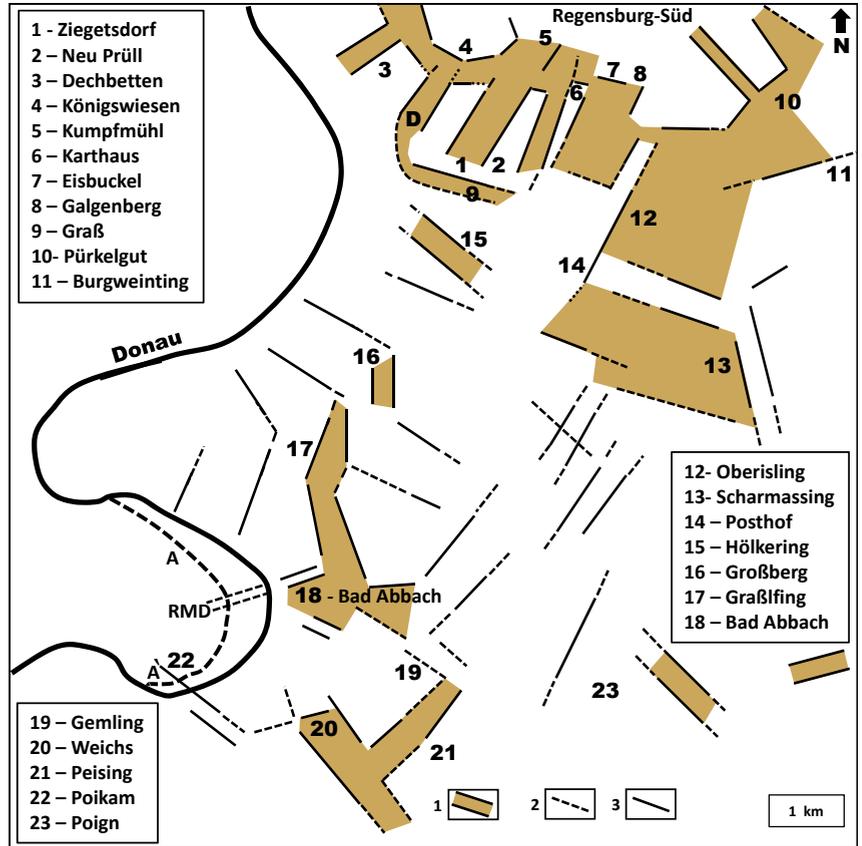


Abb. 2: Beckenbildungen auf dem Albvorsprung zwischen Regensburg Süd und Bad Abbach (vergl. Abb. 1). Legende: RMD - Rhein-Main-Donau-Kanal. 1 - Becken; 2 - Störung vermutet; 3- Störung, gesichert; D - Degelshof-Becken (s. Abb. 3). A A' - Profillinie s. Abb. 4.

diesem Raum erreichen. Wie ein Bericht von der damaligen »Josephs Zeche« (s. Ziegetsdorf) von 1879 zeigt, ist das Braunkohlentertiär in dieser Hochlage gestört: »...dass ein Kalksteinrücken, welcher genannte Grubenfelder durchzieht, das Braunkohlenflöz in der Zeche Joseph gänzlich, in den Zechen Bavaria und Germania (südwestlich anschliessend) im nordöstlichen Teil, zur Unbauwürdigkeit zerdrückt«. Im Fundschacht war in einer Teufe von 36 m ein Flöz von 2,66 m Mächtigkeit gefunden worden (1858). In der Zeche Bavaria wurde »ein NW-SE streichender Steinrücken gefunden«. Im Fundschacht lag in einer Teufe von 25,3 m ein Flöz von 5,3 m Mächtigkeit (1859; nach Urkunden und Berichten im Staatsarchiv Amberg).

Nachfolgend werden die verschiedenen Sedimentbecken beschrieben. Zum besseren Vergleich mit deren Position (Abb. 2) sind die dokumentierten Nummern der Becken im laufenden Text in Klammern nochmals angegeben.

An der Oberfläche sind keine Kluftscharen aufgeschlossen. In Abb. 2 sind die Umrissse der Becken eingetragen, die ohne Aufschlüsse nur an schmalen Mulden, Ausbissen der Störungen bzw. Abschiebungen und aus den Ergebnissen von Bohrungen zu ermitteln sind.

2.1.1. Südlich der Ziegetsdorfer Höhe auf dem Plateau der Pulverturmkalke

Das Becken von Graß (9) ist ein schmales Becken, das sich zur B16 hinaufzieht und nach SE einfällt. Seine Braunkohle-Fazies ist von einer Störung betroffen.

Becken von Hölkering (15)

Parallel der unweit südlich am Laglberg gelegenen Störung streicht es NW-SE. Es ist 400 m lang und 200 m breit in den Pulverturmkalken ausgebildet. Der NE Hang des Beckens steigt steiler an, der SW Hang des NW streichenden Beckens fällt flacher ein. Die untere Flözgruppe der Braunkohlenfazies ist erhalten. Im SE Teil wird das Becken von einer NE-SE streichenden Störung durchzogen. An der Laglbergstörung brechen die Pulverturmkalke nach SSE gegen den Großberger Sandstein ab. An dieser Störung endet das Plateau der Pulverturmkalke.

2.1.2. Nördlich der Ziegetsdorfer Höhe

Von dieser Höhe aus sinken die Kreideschichten nach NE und SE mit schmalen Depressionen dazwischen in den Regensburger Senkungsraum ab: Das Dechbettner-Becken (3) und das Degelhof-Becken (D), die in das Königswiesener-Becken (4) hinabreichen, das Ziegetsdorfer-Becken

(1) und das Karthäuser-Becken (6), die in das Kumpfmühler-Becken (5) hinabziehen und mit ihm im Zusammenhang stehen.

Das Degelhof-Becken (D; Abb. 3) soll als Beispiel für derartige Becken unter Verwendung nachgelassener Aufzeichnungen von KLÜPFEL (1920) erläutert werden. Es treten Abschiebungszonen von 20 m Breite auf (ggf. mehr), die am Beckenrand mit engständigen Kluftscharen beginnen, und gegen das Beckeninnere in offene Klüfte übergehen; ihnen folgen Kataklasite.

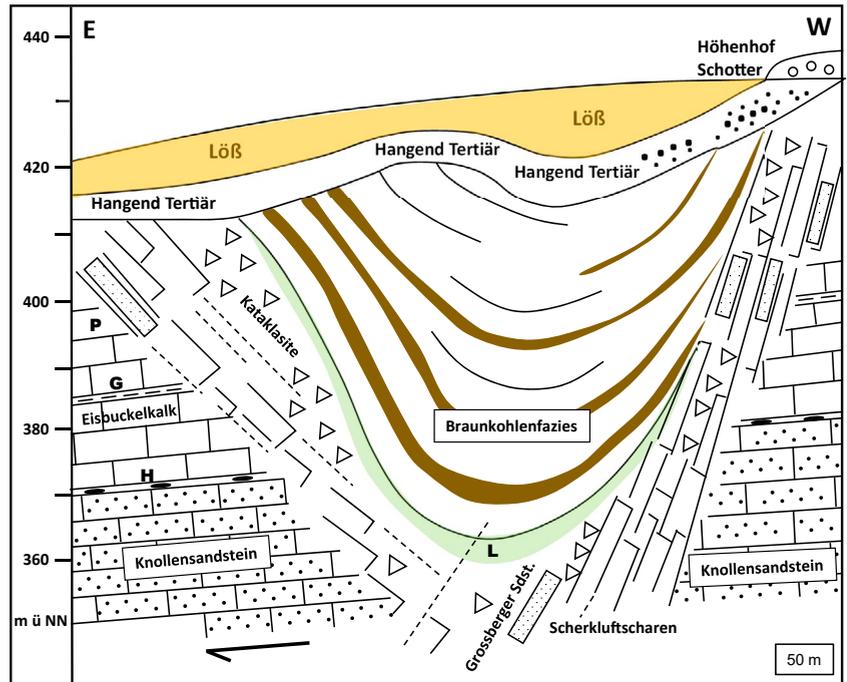


Abb. 3: Profil durch das Degelhof-Becken nach Klüpfel (1920), ergänzt durch eigene Aufschlussuntersuchungen (Zur Lokation s. Abb. 2). L - Liegend Tertiär, H - Hornsandstein, G - Glaukonitschicht (Mergel), P - Pulverturmkalk.

In diesem Becken ging 1920 in der Hedwigszeche Bergbau auf Braunkohle um, von dem Schichtverzeichnisse erhalten sind. Das Becken ist mit konkav gebogenen untermiozänen Schichten ab einer Höhenlage zwischen +425 m und +405 m in die Pulverturmschichten eingesenkt und erreicht den Knollensandstein in einer Tiefe von +364 m. Die Länge des Beckens beträgt ca. 1500 m, sein höher gelegener Teil ist 500 m breit, sein tiefer gelegener 200 m. Seine Beckenachse weist im Verlauf des Beckens eine Neigung von 3,5° - 17° und im tiefen gelegenen Teil eine geringere von nur 1° auf. Die Neigung der unteren Beckenhänge liegt bei 29-35%, die der oberen bis 1.6% abnehmend. Der Westhang

ist ca. 20 m höher als der östliche und fällt steiler ab als dieser, was zur Asymmetrie des Beckens im Scherluftsystem führt.

In den das Becken einschliessenden Kreideschichten, Pulverturmkalke bis Knollensandstein, sind Schichtfragmente des bereits im Hangenden abgetragenen Großberger Sandsteins in Gleitklüften hinunter bis zum Knollensandstein enthalten. Anschliessend liegen weitere Kataklastite einer Zerrüttungszone. Es folgen, bis zu 4 m, grünweiße Süßwasser-Kalkmergel mit Conchylien. Darüber folgt 1,5 m mächtiger olivgrüner Ton des Liegendtertiärs im Liegenden der Braunkohlen-Ton Fazies. Diese umfasst 5 Flöze unterschiedlicher Dicke zwischen Tonmitteln. Die aufgeboenen Schichten sind nach oben deutlich in ihrer Mächtigkeit reduziert. Dem Relief des Beckens folgen die Flöze. Sie hängen in der Beckenachse konkav aufgeboen bis zu 30 Meter durch. Das Beckentiefste wird von Dehnungsspalten durchsetzt, welche Fragmente der Hangendschichten enthalten.

Die aushebenden Flöze sind von bis zu 20 m mächtigem Hangendtertiär erosiv gekappt. Ihre leichte Krümmung im Ausgehenden zeigt den früheren Zusammenhang mit dem Ziegetsdorfer-Becken. Die steil nach N und dann nach NE einfallende Beckenachse stellt die Verbindung des Beckens mit dem tiefen Königswiesen-Kumpfmühler-Becken her.

Die schmalen Becken von Dechbetten (3), Ziegetsdorf (1) und Karthaus (6) zeigen den gleichen Beckentyp. Sie sind nicht geradlinig begrenzt, werden nach NE schmaler, weniger das Ziegetsdorfer, und sie sind mit ihren untermiozänen und hangenden Schichtfolgen, wie Hangendtertiär und Höhenhof Schotter, mit den Becken von Königswiesen (4) und Kumpfmühl (5) verbunden.

Das Becken von Karthaus (6) wird parallel zur Beckenachse von einer Verwerfung durchsetzt, deren Sprunghöhe im Glaukonitmergel zwischen West- und Ostrand des Beckens 27 m beträgt. Auch die anderen Becken sind von solchen Störungen betroffen. Im Basisbereich des Dechbettener-Beckens (3) wurde die Braunkohlenfazies in Klüften und Spalten des Malm eingeschlossen gefunden.

2.2. Ausgedehnte Beckenreihe im Süden Regensburgs

Das Becken von Königswiesen (4) wird im Nordosten und im Südwesten von steil abfallenden Hängen der Eisbuckelkalke und des Knollensandsteins eingeschlossen, die sich nach Osten fortsetzen. Sie werden von NW/NE vergitterten Kluftscharen durchsetzt, die an Störungen in Abschiebungen übergehen. Die Störungen setzen nördlich des ehemaligen Gutshofes mit gedehnten Klüften ein, deren Spalten 2-150 cm breit und mit Großberger Sandsteinplatten und weiteren Kataklastiten der Kreide besetzt sind. Die Sandsteinplatten zwischen Gleitklüften wurden

70 m tief abgeschoben. An den NW und den NE streichenden Klüften kommt es am Südost- und Nordosthang über Gleitbrüchen von 15-25° und nach SE zu Abschiebungen von 40-55° nach SW. An ihnen folgen hangabwärts Süßwasserkalk und Ton des Liegendtertiär mit Kataklasten durchsetzt. Diese werden von der südwestlich und der südöstlich fallenden Braunkohlenfazies bedeckt, der Sande des Hangendtertiärs, darüber Schotter, aufliegen. Die Eisbuckelschichten darunter gehen unter Schichtungsverlust in undeutliche Stufen über, wie die Hornsandsteinbank zeigt. 60 m südlich des ehemaligen Hauptgebäudes liegt das Untermiozän bereits 32 m tiefer, während es nahe der ehemaligen Brennerei nach steilem Abfall bei +300 m der Kreide aufliegt. Es ist bisher die grösste Tiefe des Beckes, die durch Bohrungen erreicht wurde. Am Gegenhang des Beckens fällt das Braunkohlentertiär 45° nordöstlich, was der Muldenform des Beckens entspricht. Die Form der Königswiesener Anhöhe ergibt sich aus ihrer Begrenzung durch Störungen. Westlich der Unterführung Ziegetsdorferstraße/A3 senkt sich das Degelhof Tertiär zum Königswiesener-Becken, und dessen Sohle hebt sich auf +316 m, +324 m, +335 m heraus, um dann lokal auf +272 m abzusinken. Eine Schwelle der Beckensohle von 43 m Höhe liegt zwischen dem Königswiesener- und dem östlichen Kumpfmühler-Becken, das östlich liegt. Unter den Becken und zwischen ihnen erstreckt sich ein Relief. Nach Osten zeigt die Beckensohle ein Gefälle von +332 m (B72) über +308 m (B56) nach +302 m (B55) (B-Bohrung, Liegenschaftsamt Regensburg). Zwischen den beiden Becken liegt eine Störung an der Klenzestrasse, zu der die Becken jeweils abrechen, steiler das östliche. Im Osten grenzt das westliche Kumpfmühler-Becken an die Bischof-Wittmann-Strasse. Weiter östlich ist das Karthaus-Becken mit dem nördlich gelegenen Kumpfmühler-Becken verbunden, das sich am Mühlbach nach Norden erstreckt.

2.3. Tertiärbecken im östlichen Senkungsraum

Nördlich Karthaus setzt sich das Kumpfmühler-Becken mit seinem Muldentiefsten von +302 m (B56) wenige Meter westlich der Augsburger Strasse nach Osten fort. Dort steht es mit einem weiten Becken im Zusammenhang, das von der in mehreren Stufen nach Nordosten abgesenkten Ziegetsdorfer Höhe bis zum Eisbuckel und dem Galgenberg (8) im Norden reicht und das Universitätsgelände einschliesst. Die Beckensenkung zeigt sich östlich der Universitätsstrasse an der Abschiebung der Pulverturmkalke unter aufliegendem Untermiozän. Am Galgenberg (8) streicht eine Störung NW-SE mit steil zum Becken einfallendem Untermiozän. Auch am südlichen Eisbuckel streicht eine NW-SE Störung mit zum Becken geneigtem Untermiozän. Nach vorliegenden Bohrungen ist

der Beckengrund auch hier nicht gleichförmig konkav gewölbt, sondern von Erhebungen der Kreide unter geringmächtigem Untermiozän durchsetzt. Während im Norden Untermiozän bereits unter der quartären Auflage von 1,5-2 m ansteht, ist es südlich, an der A3, unter Löss und Lehm Böden (bis 6 m) zunehmend von Sand (6 m bis mindestens 20 m) und Feinsandton (6 m bis 9 m) des Hangendtertiär bedeckt.

Das Untermiozän dieser Depression zeigt in drei Bohrungen westlich der Galgenbergstrasse (Ostbayerische Technische Hochschule) folgendes Profil: Unter der Oberkante +364 m: - 0.6 m Sand, - 5 m schluffiger Ton bis toniger Schluff, - 10 m Braunkohle und Braunkohlentone, - 12 m Tone und Schluffe, - 13 m Braunkohle und Braunkohlentone (Endteufe nicht erreicht). Das Becken hat hier eine Mindesttiefe bei +334,6 m. 200 m südlich liegt das Becken mit der Oberkante +373,8 m unter 22,5 m Hangendtertiär, dem fluviale Schichten der Oberen Süßwassermolasse unbekannter Mächtigkeit im Liegenden folgen. Dieses Becken wird wahrscheinlich westlich des Napoleonsteins durch die nach NE fortgesetzte Leoprechting - Oberislinger Störung unterbrochen. An ihr fällt die Braunkohlenfazies mit dem Hangendtertiär nach Osten ein. Ein weiteres tiefes Becken östlich der ehemaligen Zuckerfabrik springt nach NW zur Straubinger Strasse vor. Am Ostrand dieser Fabrik sinkt das Untermiozän steil 72 m tief nach Osten ab, ohne die Kreide zu erreichen (BRUNHUBER 1921: 69). Becken mit tiefer Braunkohlenfazies erstrecken sich über Pürklgut nordwestlich der A 3. Dort markiert ein steiler Abfall des Großberger Sandsteins die Grenze des tief liegenden Untermiozän zu den geringmächtigen fluvialen Schichten der Oberen Süßwassermolasse, die sich nach Burgweinting und Obertraubling erstrecken. Sie werden nach Nordosten gegen Barbing abgesenkt und nehmen dabei an Mächtigkeit zu (60 m, Unterkante +278,5 m).

Die von Störungen begrenzten Becken verlaufen nicht geradlinig. Ihre Ränder können vorspringen und zurückweichen. Sie können von Schichtstörungen durchzogen sein.

Weitere Becken mit Untermiozän unter 20 bis 30 Meter mächtigem Hangendtertiär folgen ab der Leoprechting-Oberislinger Störung nach Osten. Zunächst das Becken von Obererisling (12), in dem das Braunkohlentertiär bereits unter dem Quartär bei +335 m zutage tritt. Sein tiefes Untermiozän erstreckt sich nach Osten, wo es westlich der Kreisstraße Scharmassing-Regensburg (13) bis zur 1,1 km entfernten Deponie Posthof (14) ein Becken bildet, das nördlich der Kreisstraße von gestörten Kreideschichten begrenzt wird. Die angezeigte Störung verläuft bis zum Rothmoos. In diesem weit gespannten Becken erreicht das Untermiozän bei einer Mindesttiefe von 80 m den Malm bei +291 m (B 6, Deponiebohrungen bei Scharmassing des Landkreises Regensburg). Das Becken fällt asymmetrisch gegen die steil abfallende Kreide im Osten ein. Die

Hangenden Schichten der Oberen Süßwassermolasse werden diskordant von bis zu 10 m mächtigen, auch Geröll führenden Feldspatsanden überlagert.

2.4. Becken im Bad Abbacher Senkungsraum

Die südlich der aufgeführten Becken eingetragenen Störungen des Bad Abbacher Senkungsraumes (Abb. 4) schliessen ebenfalls untermiozäne Sedimente ein. Bei ihrer Untersuchung zeigten sie die gleichen Merkmale, wie sie bei den Becken des Regensburger Senkungsraumes gefunden wurden. Der Bad Abbacher Senkungsraum erstreckt sich zwischen der Kalchberg-Störung und der Störung am Löwendenkmal nach SW. Mit ihm stehen das kleine Becken von Großberg, die Becken von Graßlfing (17), Gemling-Goldthai (19), Weichs-Kuchenloch (20) und Peising-Frauenbründl (21) im Zusammenhang. Steil gegen SW abfallende, tektonisch gegliederte Hanglagen der Becken liegen am Weinberg, am Kühberg und am Hängenberg. Sie setzen sich in den Becken unter Tage fort. Schichtstörungen mit überwiegendem NNW-NNE und E-W-Streichen vermitteln zwischen den Becken, auch wenn örtlich die Braunkohlenfazies zwischen ihnen abgetragen ist.

Im Bad Abbacher Senkungsraum liegt ein Becken zwischen dem Kalkofen und dem Schlossberg, das asymmetrisch steil gegen letzteren einfällt. Sein Störungssystem setzt sich unter dem Donau-niveau nach Westen fort. Es war in den Baugruben des Rhein-Main-Donau-Kanals von Gundelshausen bis Poikam einzusehen. Sie gaben Einblick in ein Profil im basalen Becken westlich der Donau gegenüber Bad Abbach. Die tek-

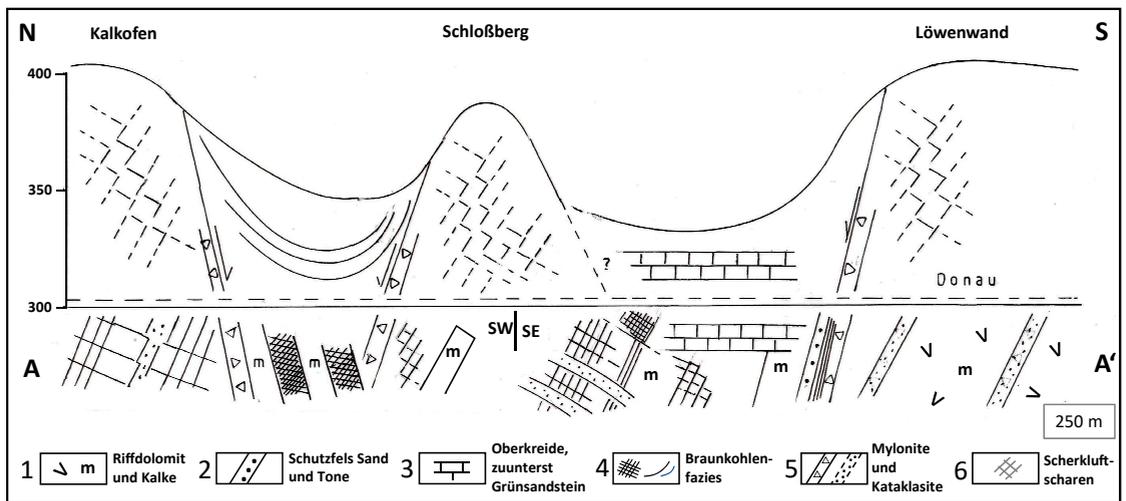


Abb. 4: Der Senkungsraum Bad Abbach in einer Profil-Übersicht (Zur Lokation s. Abb. 2). (AA' Unter dem Donau-niveau, ohne Höhenmaßstab).

tonischen Vorzeichnungen des Bad Abbach-Beckens (18), wie abgesenkte Kluffkörper, Streich- und Fallrichtungen der Abschiebungen, setzen sich in diesen Aufschlüssen fort (Abb.4).

Gegenüber den Kalkofenstörungen (40°/SE), Bad Abbach und der Löwenwand, durchqueren abschnittsweise konjugierte Scherkluffscharen den Riffkalk, der von 20-30°/20° engständigen (20-60 mm) Scherklüften zerlegt und entfestigt wird. Ebenso von 120-130°/60° weitständigen (600 mm) konvex gebogenen Scharen. Ihre Kluffkörper werden örtlich im Abstand von 6-10 cm ihrer Schichtfugen stufenförmig nach SW an ungleichscharigen Scherkluffpaaren abgesenkt. Die Kluffräume beider Kluffscharen können von wenigen Zentimetern nach dem Bad Abbacher Senkungsraum hin bis zu Meter breiten Dehnungspalten erweitert sein, wie sie auch weiterhin im Profil auftreten.

Wie in der NW streichenden Kluffschar, sind hier ebenfalls Malmkalk, Grünsandstein, Schutzfels-Kiese und Tone teils mylonitisiert, teils kataklastisch, eingeschoben. Sämtliche Kluffräume sind verfüllt. Besonders die Braunkohlenfazies nimmt breite Spalten im Riffkalk ein, von denen die Kluffscharen unterbrochen werden. Dabei entweicht H₂S den ausfließenden Gewässern, die mit dem Flussbett der Donau in hydraulischer Verbindung stehen. Westlich anschließend sind zwischen aufeinanderfolgenden Kalkrücken Tertiärtone und Kataklastite des Grünsandsteins eingeschlossen. Es folgen Schutzfels-Sande und -Tone, die eine Störung bezeichnen, von der aus sich eine Grünsandstein Scholle nach Norden erstreckt. Sie liegt in der nordöstlichen Verlängerung der Störungen am Löwendenkmal, an denen Mylonite und Kataklastite, Malm mit Plattenkalken und Papierschiefern steil 12°/NE abbrechen.

Der Kluffbereich setzt sich 20 bis 30 m in die Tiefe mit abnehmenden Myloniten in den Kluffräumen fort. Er kann später durch Karstwässer erweitert worden sein, aber seine Anlage ist tektonisch.

Das Becken von Poikam (22) mit NW-SE Streichen (STÜCKL 2004: 93) grenzt an das langgestreckte Becken, das zwischen Wolkering-Gebelkofen ENE-WSW verläuft. Seine Asymmetrie zeigt sich im Anstieg des Beckenhangs nach NE, die Mindesttiefe beträgt 70 Meter. Die hangenden Süßwasserschichten des Beckens über der Braunkohlenfazies gehören der Oberen Süßwassermolasse an (Weitere Becken s. STÜCKL 2004: 93). Weiter südlich, zwischen Ober- und Untermassing, kam es vermutlich ebenfalls zu einer Beckenbildung.

3. Ergebnisse

Hoch gelegene untermiozäne Ablagerungen werden zwischen Störungen in schmalen Becken abgesenkt angetroffen. Die Längsachsen der

Becken streichen vorwiegend NW-SE und NE-SW ausgerichtet. Auch die NNW-SSE bis NNE-SSW Richtung ist vertreten. Die Beckenreihe Königswiesen bis Pürklgut entspricht bruchtektonisch der nördlich parallel verlaufenden Regensburg-Deuerlinger Störung (BAUBERGER et al. 1969:232).

Auf der Anhöhe von Ziegetsdorf im Süden Regensburgs stehen die Pulverturmkalke der Oberkreide in Plateaulage (+442 m) an. In ihnen ist die Braunkohlenfazies des Untermiozän in einem Becken eingeschlossen. Die Sedimentfolge des Untermiozän ist, von einigen Modifikationen abgesehen, in sämtlichen Becken enthalten. Die Anhöhe ist ESE geneigt. Von ihr aus (+ 395-400 m) erstrecken sich hangabwärts schmale Becken zwischen NE-SW streichenden Störungen zu der in W-E Richtung abgesenkten, langgestreckten Beckenreihe von Königswiesen bis Pürklgut. Südlich der höchsten Erhebung liegen Becken zwischen vorwiegend NW-SE streichenden Störungen, weitere liegen zwischen NNW-SSE und NNE-SSW streichenden Störungen bis in den Senkungsraum von Bad Abbach. Die Höhendifferenz von der Basis dieser Hochlage der Braunkohlenfazies bis zu ihrem Beckentiefsten bei Königswiesen (+ 302 m) beträgt 100 m, in der Bohrung an der früheren Zuckerfabrik in Liegtes mindestens bei +270 m.

Die Becken liegen in einem vergitterten Störungssystem. Verbindungen zwischen den Störungen können in einzelnen Fällen aufgefunden werden. In Abb.2 wurde die Orientierung aller genannten Becken dargestellt. Die Umrisse ausgedehnter Becken sind nicht leicht zu ermitteln, sodass die Orientierung ihrer Achsen nicht definitiv, sondern nur angenähert, angegeben werden kann.

Zahlreiche eingemessene Kluftflächen in Aufschlüssen der Region ergaben Maxima des Streichens von 20-30° und 120-130°. Sie stellen konjugierte Scherkluftscharen in annähernd orthogonaler Stellung dar. Die Maxima ihrer Streichrichtungen zeigen Übereinstimmung mit dem Streichen der Längsachsen der schmalen Becken.

Scherbrüche in konjugierten Kluftscharen erweiterten sich in Abschiebungen zu Spalten mit zunehmender Breite. Der dadurch entstehende Raum in den Becken nahm syntektonisch einen untermiozänen Sedimentkomplex auf. Dessen Lagerungsform entspricht der Geometrie dieser Kluft Räume. Kretazische Kataklastite der Beckenränder wurden zwischen Gleitflächen tief hinabreichend abgeschoben, wie es exemplarisch Platten des Großberger Sandsteins zeigen. Der untere Beckenbereich geht in Dehnungs-Klüfte und Spalten über, in die Anteile des Untermiozän abgeschoben sind. Grabenschollen sind in den konvergierenden Becken nicht ausgebildet.

Südlich der Anhöhe von Ziegetsdorf treten Becken u. a. im Senkungsraum von Bad Abbach auf. Auch hier sind untermiozäne, kretazische und

jurassische Schichtfragmente in tief unter dem Donauniveau liegenden Klufräumen und Spalten eingeschlossen. Bauaufschlüsse des Rhein-Main-Donau-Kanal Kanals gaben Einblick in den Basisbereich extensionaler Becken, wie er sich auch im Dechbettener-Becken durch geeignete Aufschlüsse zeigte. Im südlichen Gebiet wie im Becken von Scharmassing-Posthof, Poikam und im Bad Abbacher Senkungsraum, kommt es in den Becken zur Überlagerung der Braunkohlenfazies mit fluvialer Oberer Süßwassermolasse, sowie zu deren Interferenz mit Feldspatsanden aus dem Böhmischem Massiv.

Insgesamt kann die Entwicklung des Sedimentkomplexes wie folgt zusammengefasst werden: Süßwasser-Kalkmergel in flachen Mulden wurde von eingeschwemmtem Sandton aus dem Umland bedeckt. Der Vertiefung und Erweiterung der Becken folgten wechsellagernde Tone und Braunkohleflöze. Letztere in Stillstandsphasen der Senkung, sind zum Hangenden schwächer ausgebildet. Sand und Geröllschüttungen der regionalen Sarmat-Stufe des Miozän, die über die Beckenränder ausgriffen, erodierte den Zusammenhang mit den jetzt in Relikten seitlich der Beckenränder liegenden Schichtfolgen untermiozäner Sedimente. Dabei wurden verschiedene aufgebogene Schichten gekappt. Hier zeigt sich die Diskordanz zwischen den Stufen des Oberbaden/Untersarmat im Miozän.

4. Diskussion

4.1. Bisherige Hypothesen

Nachfolgend wird eine Zusammenstellung bisheriger Darstellungen zur Thematik der Becken untermiozäner Braunkohlevorkommen des Untersuchungsgebietes gegeben.

GÜMBEL (1868: 787) gibt an: »In der Nähe von Regensburg gewinnen diese Braunkohlen Ablagerungen große Verbreitung und ihre Lignite bauwürdige Mächtigkeit. Ihre Schichten erfüllen nicht nur einzelne Mulden vor den Thoren Regensburgs bis nach Abbach, sondern sie reichen hier auch in einzelnen Punkten auf die Berge hinauf, wo sie einzelne Vertiefungen im Jura oder in den Procänschichten erfüllen«.

Auch bei AMMON (1911: 37) wird die Frage nach der Entstehung der Becken nicht gestellt, aber er schreibt: »...die Tertiärschichten füllen vielmehr zahlreiche schmale Mulden und enge Eintiefungen zwischen dem Gestein der das Bodenfundament bildenden Kreideformation aus und legen sich, wenn sie auch das Plateau erreichen, nur mit dünner Decke demselben auf.«

BRUNHUBER (1921: 59) ist ebenfalls die verschiedene Höhenlage der Braunkohlevorkommen bekannt: »Da meiner Ansicht nach die noch

nicht geklärte zeitliche Entstehung der tertiären Ablagerungen, die aufs innigste mit der Frage der Talbildung zusammenhängt, nur durch genaue Berücksichtigung der einzelnen Aufschlüsse, die aber sehr vergänglicher Natur sind, aufgehellt werden kann...«. Die Tieflage des Tertiärs neben der Oberkreide an der Zuckerfabrik (s.o.), sieht er als tektonisch verursacht an.

Erst KLÜPFEL (1923: 38) stellt die Frage nach der Entstehung der Becken und beantwortet sie so: »Im Altoligozän wären nach einer Hebung »Urtäler« durch reissende Flüsse prämiozänen Alters entstanden. Ihr starkes Gefälle liess keine Sedimente zurück. Im Obermiozän ging ihr Gefälle, tektonisch bedingt, fast verloren und Braunkohlenlager bildeten sich in diesen Tälern. Auf ihnen und um sie lag eine Aufschüttungsebene deren Kohlentertiär die Unebenheiten der Landschaft ausglich.« Aber KLÜPFEL (1923: 43) erwähnt auch: »In vielen Fällen, nicht überall, liess sich eine tektonische Vorbildung der Täler nachweisen« und »dass Richtung und Verlauf der Urtäler ... zum grössten Teil durch Verwerfungen ... bedingt ist«. Bis jetzt war es einzig Klüpfel möglich, Einblick in Beckenprofile und Beckenverlauf zu erhalten. Bisher angegebene Profile wurden nach Schichtenverzeichnissen dargestellt.

WAPPENSCHMITT (1936: 10, 27) führt »fluviatile Erosion als Ursache für die Entstehung der Hohlformen an«. »Sie stellen das verzweigte Talssystem eines großen Flusses dar«. Die Lagerungsform der Schichten wäre durch Setzung der Braunkohleflöze entstanden.

TILLMANN & KIRSCHHOCK (1954: 23,27) neigen zunächst zur Auffassung »die Mulden des Braunkohlentertiärs hätten sich zugleich mit ihrer Füllung als tektonische Kleinmulden entwickelt«, und führen Argumente gegen die »Setzung« des Braunkohlentertiärs an, wie sie von Wappenschmitt angenommen wurde.

TILLMANN (1956: 112) setzt nun als bewiesen voraus, dass die Braunkohlenmulden nicht tektonisch entstanden sind, sondern sie sind als Erosionsrinnen zu bewerten. »In diesen (*Randbereich der jungtertiären Süsswasserablagerungen, Anm. d. Verf.*) mündete von Norden her ein tief eingeschnittenes, verzweigtes Talsystem »Urnaab-Urregen«, welches kurz vorher durch eine Schollenbewegung entstanden war und südwärts bis Regensburg verfolgbar ist«.

Nach OSCHMANN (1958: 43, 44) »fand eine unteroligozäne oder paläogene Hebung nicht statt und somit auch keine Urtalbildung.« Eine Beobachtung saiger stehender Platten des Großberger Sandsteins im damaligen Funkschacht (Deglhof-Becken) durch Brunhuber deutet er tektonisch (Oschmann 1958: 161). Er stellt die Entstehung der Braunkohlevorkommen in einen Zusammenhang mit der auf Blatt Abbach festgestellten Bruchtektonik obermiozänen Alters, den er aus der tektonischen Umrahmung der Vorkommen folgert. Er leitet eine syntektonische

Herausbildung der Mulden und ihrer Sedimentfolgen ab. Den Übergang von unteren zu oberen Braunkohlenflözen mit dazwischen liegenden Tonschichten begründet er mit dem Wechsel raschen Einsinkens und tektonischer Ruhe.

BAUBERGER & CRAMER (1961: 138, 139) widersprechen der Auffassung Oschmanns mit der Behauptung, »dass nämlich ein derartiger Typ der Tertiärverbreitung... durch Auffüllung eines alten Talsystems zustande gekommen ist«. Und: »Der regellose, so ungleichmässigen Umrissen der Tertiärvorkommen entsprechende Verlauf der Störungen würde auch in keinen Zusammenhang mit dem Streichen der Hauptstörungen des Blattgebietes stehen« (in der Folge der Urtalhypothese von Klüpfel, d. Verf.). Sie sehen auch keine Hinweise auf weitere tektonische Kriterien, die auf eine syntektonische Sedimentation des Braunkohlentertiärs verweisen würden. In der Torton-Stufe des Miozäns bestand ein Relief, in dessen Mulden sich Liegend- und Braunkohlentertiär abgesetzt hätten, wobei seine Mulden auf ein altes Flusssystem zurückgegangen wären.

BAUBERGER, CRAMER & TILLMANN (1969: 243) schreiben über das Alter der jüngeren tektonischen Bewegungen: »Unbestritten ist auch deren präobermiozänes Alter, denn das Jungtertiär ist von diesen Vorgängen unberührt geblieben....«.

V. FREYBERG (1969: 11) enthält sich einer Bewertung der Genese der Becken, »Solange aber nicht die Profile und Unterlagen bekannt sind...«. »Es kann auch nicht entschieden werden, ob nur Verbiegungen oder auch Brüche vorliegen«.

MEYER (1996: 131) stellt mit einigen Braunkohlevorkommen auch südlich von Regensburg bis Bad Abbach nach der Vorstellung der »Urnaab«-Hypothese fossile Flüsse in einen Zusammenhang.

Die Einwände von BAUBERGER & CRAMER (1961) gegen die Hypothese von OSCHMANN (1958) werden nachfolgend erörtert:

OSCHMANN (1958) waren keine instruktiven Aufschlüsse im Braunkohlentertiär bekannt, die auch die Beckenstruktur gezeigt hätten. Er zog aus dem tektonischen Rahmen der Braunkohlevorkommen des Blattgebietes Bad Abbach Rückschlüsse auf die Entstehung der Senkungsfelder und Becken. Die Ablehnung der Vorstellungen Oschmanns durch BAUBERGER & CRAMER (1961) beruht auf Annahmen, die diese Autoren vom Blatt Regenstauf in allgemeiner Form analog auf Blatt Bad Abbach übertragen, wobei ein womöglich tektonischer Einfluss auf die Beckenentstehung nicht in Erwägung gezogen worden war (s.o.). Wie vom Verfasser hier angeführt, sind die Becken und die entsprechenden Störungen nicht regellos angeordnet, was von diesen Autoren behauptet wird, sondern an den vorherrschenden Kluftrichtungen des Scherkluftsystems ausgerichtet und somit tektonischen Ursprungs, was die Hypothese von OSCHMANN (1958) stützt. Inzwischen läßt sich herleiten, dass die tektonisch

entstandene Lagerungsform der Sedimentkomplexe in den Becken auf Versteilung ihrer Hänge während der Subsidenz zurückgeht, wobei sich gleitfähiger Ton gravitativ bis schierend abwärts bewegte, was Kompaktion und Faltenbildung zur Folge hatte (STÜCKL 2006: 78-80).

5. Alter und tektonische Interpretation der Beckenbildung

Es wird hier angenommen, dass sich die expandierenden Becken syn-sedimentär während der Extension gefüllt haben. Erwiesen durch ihre Flora, sind die Becken im Karpat–Unter Baden (oberes Untermiozän–unteres Mittelmiozän) entstanden. Sand- und Geröllschüttungen überlagerten diskordant die verbogenen Beckensedimente sowie die Beckenränder. Die Diskordanz wird in das Intervall Ober Baden–Unter Sarmat (Mittelmiozän) gestellt und markiert den Abschluß der tektonischen Beckenbildung.

Nachdem sich bei der Beurteilung der Aufschlüsse und Bohrungen die tektonische Bildung der Becken ergeben hatte, wird hier versucht, ihre Entstehung zu erklären. Dazu wurde das Ergebnis der Vermessung von 145 Kluffflächen im regionalen Malm ausgewertet. Dabei ergab sich ein konjugiertes, annähernd orthogonales Scherklufsystem mit Streichrichtungen der Flächen zwischen 20° und 30° sowie zwischen 120° und 130° , bei $\pm 10^\circ$ Abweichung. In den daraus folgenden Scherspannungsebenen entstanden Scherbrüche. Ein Großteil der Beckenachsen und Störungen des Untersuchungsgebietes liegt in diesen Ebenen. Es ergab sich eine Übereinstimmung mit den hier eingemessenen Störungen, die am häufigsten NNE-SSW und NW-SE streichen. Es ist hervorzuheben, dass Kluffkörper aus Verschiebungsbrüchen schräg abwärts durch Dehnung der expandierenden Becken Platz fanden.

Der Albvorsprung war dem Schub aus Südosten und dessen gerichteter Schubspannung sowie der Biegespannung bei seiner Absenkung zum Molassebecken ausgesetzt. Dadurch dürfte ein kompliziertes Spannungsfeld entstanden sein, wofür die Streuung der Scherkluffmaxima und die Häufung der Störungen in der Region sprechen. Biegespannungen waren bereits als Ursache für die Entstehung von regionalen Dehnungsstrukturen angenommen worden (STÜCKL 2011: 161-170).

Der Hemauer Sattel stellt eine 150° streichende Wölbung des südöstlichen Jura dar, die sich in den Albvorsprung nach Südosten fortsetzt und unter dessen vergitterten Störungen abtaucht. Der Hemauer Sattel wird von den miozänen Störungen der Becken durchquert und ist somit älter als die Beckenbildungen. Die Sattelachse, die sich auf die Grenzfläche Dogger/Malm bezieht (v. Freyberg 1969: T7), taucht mit $1,1^\circ$ von Hemau bis Bad Abbach und zum Bruchrand des Molassebeckens bei Schierling

ab. Die bei der Verbiegung der Sattelachse entstandene Biegespannung baute im Schichtkomplex ein Spannungsfeld auf, das von dem heutigen mitteleuropäischen Spannungsfeld überlagert wurde (s. unten).

Die Dehnungsklüfte streichen senkrecht zur Biegespannung. Dehnung und Scherung überlagern sich und führen zur Ausweitung der entstehenden Becken. Nach EISBACHER (1996) lassen sich Kluftscharen »durch Messen von Einzelklüften verfolgen und spiegeln die regionale Ausrichtung von σ_3 zur Zeit der Entstehung und der Ausbreitung der Klüfte wieder«. »Die Ausbreitung tektonischer Klüfte wird gefördert durch regional einheitlich orientierte Differentialspannungen $SH - Sh$ « [bzw. $\sigma_1 - \sigma_3$, d. Verf.] (EISBACHER 1996: 46). Nach der Hypothese der Scherbruchgräben (PRINZ 1988a: 181; 2001: 45) konnten sich hier Scherbrüche ausbilden, in deren Längsrichtung zunächst gestreckte, flache Mulden entstanden, die später zu Muldengräben vertieft wurden. Bei entsprechend expandierenden Mulden, die auf Scherung und Dehnung zurückgehen können, gibt diese Hypothese einen Hinweis auf die Entstehung der schmalen Becken.

Das Scherkluftsystem stimmt im Streichen und Einfallen der Flächen mit den hier gefundenen Störungen überein, dies mit Abweichungen von $\pm 10^\circ$. Es erstreckt sich über die gesamte Region und ist nicht nur auf den Hemauer Sattel beschränkt. Auch die Beckenachsen folgen diesen Richtungen. Die häufige Asymmetrie der schmalen Sedimentbecken resultierte wahrscheinlich aus ungleichschariger Scherung.

Im gegenwärtigen, horizontalen mitteleuropäischen Spannungsfeld streicht die Richtung der Hauptspannung σ_1 $140^\circ \pm 26^\circ$ (PRINZ & STRAUSS 2018: 126) oder 150° (Prinz 1988b: 57), mit Scherbruchzonen theoretisch bei 5° und 83° . Das Spannungsfeld kann auf die Hauptnormalachsen $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ bezogen werden. Es führte vermutlich zunächst zur Bildung von gleichscharigen, konjugierten Scherstörungspaaren. Durch Überlagerung und möglicher Reaktivierung der Strukturen der älteren, miozänen Biegespannung konnten auch ungleichscharige entstehen, wodurch die Richtung der Scherspannungen mit derjenigen der Hauptnormalspannungen nicht zusammenfällt. Daraus ergibt sich ein kompliziertes Bild der resultierenden Scherbruch-Flächen unterschiedlichen Alters.

Zur komplexen zeitlichen und wechselnden Abfolge des Paläostress-Systems kann festgestellt werden, dass nach Untersuchungen von PETEREK et al. (1997: 199) im Nordwesten des hier behandelten Gebietes die Störungstektonik im ausgehenden Paläogen und im beginnenden Neogen zu NNE-SSW Extension auch bei der Deformation der mesozoischen Scholle geführt hat. Dies wurde gefolgt von einem NE-SW bis ENE-WSW Extensionsregime im Neogen (PETEREK et al. 1997). Beide von diesen Autoren für den Zeitraum des (beginnenden) Neogens gefundenen Extensionsregimes könnten auch anteilig die miozänen Beckenbil-

dungen im untersuchten Gebiet erklären. Dabei ist aber einzuschränken, dass die hier NNE-SSW streichenden Becken auf WNW-ESE Extension deuten und damit auf eine kompliziertere Paläostress-Entwicklung weisen.

6. Dank:

Herrn apl. Prof. Dr. W. v. Gosen sei für umfangreiche Korrekturen und Einfügungen zu strukturgeologischen Fragen und Frau Prof. Dr. H. de Wall (Erlangen) für die kritische Durchsicht des ursprünglichen Manuskriptes gedankt. Die Abbildungen wurden von den Herausgebern der Geologischen Blätter optimiert. Der Verfasser dankt der Ostbayerischen Technischen Hochschule für überlassene Schichtenverzeichnisse.

7. Literatur

- AMMON, L. v. (1911): Bayerische Braunkohlen und ihre Verwendung. – 83 S., 2 Karten, München (Wolf & Sohn), 1911.
- BAUBERGER, W. & CRAMER, P. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1: 25 000, Blatt Nr.6838, Regenstauf. – S.5-213, GLA München 1961.
- BAUBERGER, W., CRAMER, P., TILLMANN, H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1: 25 000, Blatt Nr.6938 Regensburg, S. 7-414, München, 1969.
- BRUNHUBER, A. (1921): Die geologischen Verhältnisse von Regensburg und Umgebung, 2. verb. Aufl. – 112 S., 19 Abb., Selbstverl. des Naturwiss. Vereins Regensburg 1921.
- FREYBERG, B. v. (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. – Erlanger Geologische Abhandlungen, 77, 81 S., Erlangen, 1964.
- EISBACHER, G. H. (1996): Einführung in die Tektonik. – 2. Aufl., 367 S., Enke Verl. Stuttgart, 1996.
- GÜMBEL, C. W. v. (1868): Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges. – 968 S, Gotha (Perthes) 1868.
- KLÜPFEL, W. (1919-1920): Nachgelassene Manuskripte - Städtisches Liegenschaftsamt Regensburg.
- KLÜPFEL, W. (1923): Zur geologischen und paläontologischen Geschichte der Oberpfalz. – Abhandlungen Giessener Hochschulgesellschaft, 39, Giessen (S. A. Töpelmann) 1923, 90 S.
- MEYER, R. K. F. (1996): Geologische Karte von Bayern 1: 500 000, 329 S. GLA, München 1996.
- OSCHMANN, F. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1: 25 000, Blatt Nr. 7038 Bad Abbach, 13 Abb., 3-183, GLA, München 1958.
- PETEREK, A., RAUCHE, H., SCHRÖDER, B., FRANZKE, H., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E. (1997): The late and post-variscan tectonic evolution off he Western Border faultzone oft he Bohemian massif (WBZ), Geologische Rundschau, 86, S.191-202, Springer197.
- PRINZ, H. (1988a): Ist das Verformungsverhalten von tektonischen Störungszonen heute noch ein unbeherrschbarer Risikofaktor? Münchner Geologische Hefte, 7, S. 54-64. München.
-

- PRINZ, H. (1988b): Ein Beitrag zur Kinematik der saxonischen Tektonik anhand der Tunnelaufschlüsse an der DB-Neubaustrecke in Ost - und Nordhessen. – Geol. Jb. Hessen, 116, S. 169-187, 9 Abb., Wiesbaden 1988.
- PRINZ, H. (2001): Tektonisches Modell als Ursache für ungewöhnliches Gebirgsverhalten. – Mitteilungen für Ingenieurgeologie und Geomechanik, 4, Festkolloquium 140 Jahre Geologie an der TU Wien, S. 43-56, Wien 2001.
- PRINZ, H. & STRAUSS, R. (2018): Ingenieurgeologie, 6. Auflage, 880 S., Springer Spektrum, 2018.
- STÜCKL, E. (2004): Zur Kenntnis der Vorlandmolasse zwischen der unteren Isar und der Großen Laaber nördlich Langquaid. – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 54, 87-100, Erlangen.
- STÜCKL, E. (2006): Sekundäre Tektonik und Sedimentüberlieferung am südwestlichen Grundgebirgsrand Ostbayerns. – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 56, S. 73-88, Erlangen 2006.
- STÜCKL, E. (2011): Dehnungsstrukturen in der Altfläche über der unteren Naab. – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 61, S. 161-170, Erlangen 2011.
- TILLMANN, H. (1956): Zur Geologie des Oberpfälzer Tertiärs und seiner Lagerstätten. – Festschrift »50 Jahre Bayerische Braunkohlenindustrie AG Schwandorf« S. 109-127, Schwandorf 1956.
- TILLMANN, H. & KIRSCHHOCK, E. (1954): Neuere Untersuchungen im Braunkohlentertiär der Oberpfalz. – Geologica Bavarica, 21, S. 5-29, GLA, München 1954.
- WAPPENSCHMITT, I. (1936): Zur Geologie der Oberpfälzer Braunkohlen. – Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt, 25, S. 5-58, München 1936.
-