

## Gottfried Hofbauer und NHG-Arbeitsgruppe Tektonik 2009

### Beobachtungen zur Tektonik der Mittleren und Nördlichen Frankenalb (Wolfsbach b. Theuern - Drügendorf - Ehrenbürg)

**Dank:** Die vorliegende Arbeit ist das Resultat von Geländeaufnahmen mit der **Arbeitsgruppe Tektonik 2009:** Elisabeth Fischer, Gabriele Prasser, Hans Stuhlinger, Norbert Hübner, Norgard Mühldorfer, Peter Blätterlein, Rudolf Biemann, Susanne König, Werner Straußberger. Wir danken den Firmen **Pongratz (Steinbruch Wolfsbach)** und **Reichold (Steinbruch Drügendorf)** für die Genehmigung zur Durchführung der Messungen.

#### Einleitung

Gesteine bilden keine massiv-einheitlichen Körper, sondern werden in der Regel von zahlreichen Trennflächen durchzogen. In Sedimentgesteinen sind Schichtflächen oder Bankungsfugen die auffälligsten Trennflächen – ihre Entstehung ist Folge von Veränderungen der Sedimentationsbedingungen, wobei zum Teil nach der Ablagerung noch diagenetische Effekte (Kompression, Drucklösung) eine Rolle spielen können.

Bankungsfugen sind meist horizontal, geneigte Bankung kann daher in der Regel als Folge späterer tektonischer Verstellung angesehen werden. Dies gilt aber nicht immer – gerade im Weißen Jura Frankens finden sich in den Randzonen von Massenfazies-Komplexen oft stark geneigte Bankungsfugen, die auf ein Relief am damaligen Meeresboden zurückzuführen sind. Das Bild wird rasch komplizierter, wenn dazu weitere, erst nach der Gesteinsbildung entstandene tektonische Flächen hinzu kommen. Das geologisch ungeübte Auge ge-

langt in einem solchen Fall rasch an die Grenze seiner Möglichkeiten, wenn es einen solchen Felsen in seinem natürlichen Aufbau verstehen möchte (Abb. 1).

Tektonische Trennflächen entstehen als Reaktion auf Druck-, Zug- oder Scherspannungen. Trennflächen, an denen keine Versätze nachzuweisen sind, werden als **Klüfte** bezeichnet. Klüfte sind im Gestein geschlossen und wer-



Abb. 1: In der Massenfazies des Weißen Jura sind Bankungsfugen (Schichtflächen) meist nur sehr weitständig entwickelt und zudem meist stärker geneigt als in der dünnbankigen Schichtfazies (vgl. Abb. 9, 11). Die Unterscheidung von Trennflächen in „Schichtung“ und „tektonische Klüftung“ ist daher nicht immer auf den ersten Blick deutlich. In der bei Obertrubach stehenden Felsgruppe werden Schichtfugen durch weiße Linien, Klüfte hingegen durch rote Linien markiert.

den erst an der Oberfläche von der Verwitterung herausgearbeitet und teilweise zu **Spalten** erweitert. Lassen sich Versätze nachweisen, dann handelt es sich hingegen um **Verwerfungen**. Die drei Haupttypen von Verwerfungen sind Abschiebung, Aufschiebung und Seiten- oder Blattverschiebung (Abb. 2).

Klüfte und Verwerfungen sind Reaktionen auf Spannungen der Erdkruste. Die in tektonische Platten differenzierte Lithosphäre ist in ständiger Bewegung, wobei es auch innerhalb der Platten keine Bereiche gibt, in denen keine Spannungen wirken. Im erdgeschichtlichen Verlauf ändern sich die plattentektonischen Konstellationen, so dass auch die Spannungszustände im Inneren der Platten entsprechenden Veränderungen unterliegen. Wenn wir in der Frankenalb in Gesteinen des Oberen Juras tektonische Trennflächen finden, dann sind diese die Folge all der Spannungen, die dieser Krustenabschnitt seit der Bildung des Gesteines erfahren hat. In diesem Fall zeichnen die Trennflächen somit die tektonische Entwicklung von der Kreidezeit bis zur Gegenwart nach. In diesen Abschnitt fallen tektonische Bewegungen an der Fränkischen Linie und sicher auch im Bereich der Frankenalb, sowie auch die Entstehung des Vulkansystems von Oberleinleiter (HOFBAUER 2008).

Die vorliegenden Beobachtungen sind das Resultat einer tektonischen Geländeveranstaltung der NHG. Die Absicht war, das tektonische Gefüge an verschiedenen Orten der Frankenalb aufzunehmen, um eigene Erfahrungen über allgemeine wie besondere lokale Ausprägungen der Tektonik zu gewinnen. Die Ergebnisse zeigen sehr starke lokale Prägung, jedoch mit jeweils bemerkenswerten Details. Die Darstellung der Messergebnisse erfolgt als Projektion einer Halbkugel (untere Kugelhälfte) auf das flächentreue Schmidtsche Netz (Abb. 3). Damit kann die Raumlage von Trennflächen präzise wiedergegeben werden; erst dann sind fundierte Interpretationen hinsichtlich ihrer Bedeutung möglich.

### 1. Blattverschiebungen bei Wolfsbach

Im Steinbruch Pongratz in Wolfsbach (südlich Theuern, Länge 11° 55' 41" / Breite 49° 21' 40") werden Kalksteine des Malm alpha-gamma abgebaut. Das Gestein ist überwiegend in Schichtfazies entwickelt, auch wenn an der E-Wand auch kuppelartige, massivere Karbonatbereiche auftreten und dort die Schwammführung vor allem nach oben hin deutlich zunimmt. Von der Geländeoberkante greifen mit bunten, kretazischen Schutzfels-Schichten erfüllte Karstformen tief in die Jurakarbonate ein.

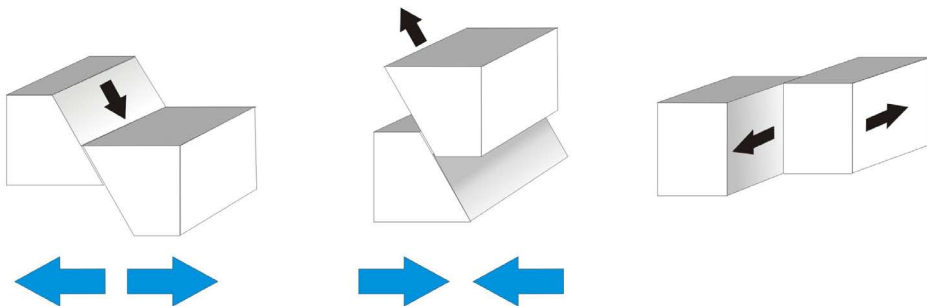


Abb. 2: Die wesentlichen Verwerfungstypen v.l.n.r.: Abschiebung, Aufschiebung und Horizontal- oder Blattverschiebung. Abschiebungen sind in der Regel Reaktionen auf Dehnung bzw. Ausweitung, Aufschiebungen entstehen hingegen in kompressiven Situationen. In beiden Fällen ist die Verwerfungsfläche allgemein senkrecht zur Hauptspannung orientiert. Bei Blattverschiebungen sind die Bewegungsflächen in Richtung oder spitzwinklig zur Hauptspannungsrichtung ausgerichtet.

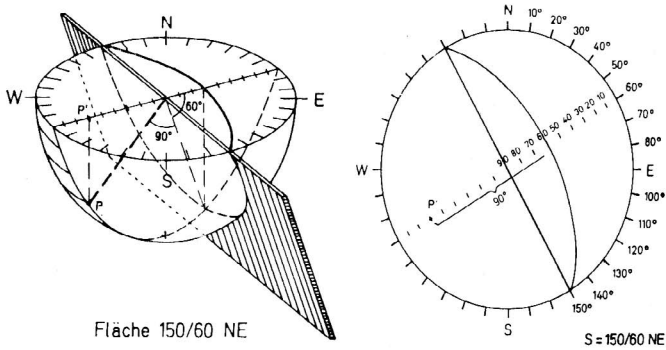


Abb. 3: Das Schmidtsche Netz entspricht der Projektion einer Halbkugel auf eine ebene Fläche. Die Schnittlinie einer tektonische Fläche mit der Kugel lässt sich im Schmidtschen Netz als Flächenspur oder als Projektion (P) ihres Polpunktes (P) darstellen. Links die dreidimensionale Darstellung, rechts die Darstellung im Schmidtschen Netz in der zweidimensionalen Aufsicht (aus ADLER et al. 1961).



Abb. 4: Ausschnitt aus der Südwand des Steinbruchs Pongratz (Wolfsbach). Die Engständigkeit der weitgehend vertikalen Klüfte erzeugt zusammen mit der Schichtung ein stark zerrüttetes Gefügebild. Die freigestellte Fläche unmittelbar hinter der Figur ist die Messfläche 1, deren Lagerung im Diagramm Abb. 5 gesondert eingetragen ist sowie in Detailansicht (Abb. 6.) diskutiert wird.

Die tektonischen Aufnahmen erfolgten an der W-Wand des Bruches, die über ihre ganze Länge von ca. 600 m sehr dicht von steil lagernden Trennflächen durchschlagen wird. Diese Flächen sind sehr engständig angelegt und haben oft Abstände von nur wenigen Dezimetern oder sogar nur Zentimetern. Durch die Vergitterung mit den Bankungsfugen ist das Gestein in weiten Bereichen des Bruches in kleine Quader zerlegt, und das Gefügebild erscheint stark zerrüttet (Abb. 4).

Die statistische Auswertung ergibt zwei ausgeprägte Richtungs-Maxima: eine NW-SE („herzynisch“) verlaufende Klufrichtung und eine weitgehend senkrecht dazu verlaufende NE-SW-Richtung (Abb. 5). Letztere ist jene, die mit ihrer Engständigkeit wesentlich die Zerrüttung des Gefüges verursacht. An zahlreichen Flächen dieser Orientierung sind kleintektonische Elemente ausgebildet, die durchweg eine sinistrale (linkshändige) Blattverschiebung belegen (Abb. 6a, 6b, 7a, 7b).

Die NE-SW-streichenden Trennflächen sind in ihrer Anlage einheitlich. Benutzung präexistenter Strukturen oder mehrphasige Bewegungen mit unterschiedlichem Bewegungssinn waren nicht nachweisbar. Auch wenn Verschiebungsraten nicht direkt ermittelt werden konnten, deuten wir die Blattverschiebungen aufgrund der Dimension des kleintektonischen Inventars als Kleinverwerfungen mit jeweils nur geringem Versatz. Die Vielzahl der parallel auftretenden Trenn- und Bewegungsflächen muss aber in der Summe einen Betrag erreichen, der über die Dimension einer Kleinverwerfung hinausgeht. Eine überschlägige, minimal orientierte Kalkulation führt zu folgender Größenordnung: Bei

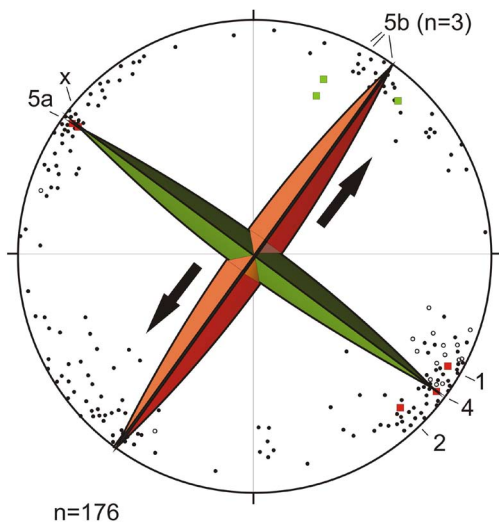


Abb. 5: Statistische Auswertung der Messdaten aus dem Steinbruch Pongratz. Das Gefügebild ergibt zwei senkrecht zueinander verlaufende Haupttrichtungen. Jede der beiden Haupttrichtungen bildet ein Paar sehr steil bzw. subvertikal gelagerter Flächen, die im Prinzip auch zu jeweils einer senkrecht stehenden „Idealfäche“ generalisiert werden können. Die Polpunktprojektionen aller Messdaten sind als schwarze Kreise eingetragen. Farbige Quadrate markieren spezielle Messpunkte, die am Rand des Kreises als 1-5 bzw. x bezeichnet sind. Das rote Flächenpaar, zu einer subvertikal gelagerten Bewegungsfläche zusammengefasst, entspricht vom Bewegungssinn her einer an vielen Flächen konkret nachweisbaren links-händigen Blattverschiebung.



Abb. 6a/6b: Die subvertikale Fläche am Messpkt. 1 ist dicht mit +/- horizontal verlaufenden Gleitstreifen belegt (blau markierte Linien). Gestufte Abrisskanten (rot markiert) zeigen, dass an dieser Fläche eine relative Bewegung nach links (SW) erfolgt sein muss. Der Verschiebungsbetrag ließ sich nicht konkret erfassen, sollte aber mindestens dem durchschnittlichen horizontalen Abstand der Abrisskanten entsprechen.

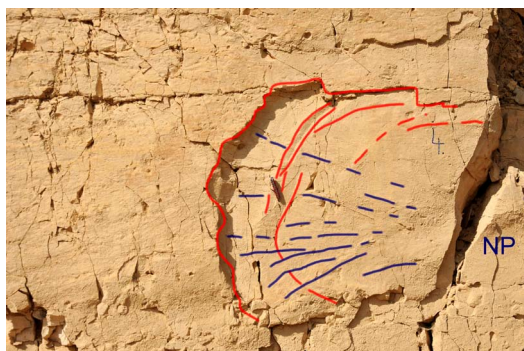


Abb. 7a/7b: Kluftentwicklung am Messpunkt 4 (Maßstab: Taschenmesser in Bildmitte). Die als Besenstrukturen (Eisbacher 1996) bezeichneten Linien auf der Kluftfläche konvergieren nach rechts: dort muss der Ausgangspunkt der Kluftöffnung (Nukleationspunkt) liegen, von dem aus das Aufreißen des Gesteins erfolgte. Grob halbkreisförmig zum Nukleationspunkt sind Kluftstufen (engl. *hackles*) angeordnet. Die äußerste Kluftstufe begrenzt diese Kluft schließlich zu der folgenden, weiter vorne liegenden Trennfläche gleicher Orientierung.

zahlreichen Trennflächen/Meter nehmen wir an, dass pro Meter mindestens eine Blattverschiebung von 10 cm erreicht wird; das ergäbe auf den aufgeschlossenen 600 m eine Summe von 60 m. Die Breite der Horizontalverschiebungs-Zone könnte allerdings noch weit über den im Steinbruch erschlossenen Bereich hinausgehen, was zwar ohne Aufschlüsse nicht feststellbar ist, aber aufgrund entsprechender Talanlagen vermutet werden kann: südlich und nördlich des Steinbruchs sind kleinere Zuflüsse zur Vils in dieser Weise orientiert (Huhnental, Schustental, Wolfen-Tal). Deren Existenz gibt Grund zur Vermutung, dass die

tektonische Zerstückelung noch weit über den im Steinbruch erschlossenen Querschnitt von 600 m hinausgehen könnte.

Die **Horizontalverschiebungs-Zone von Wolfsbach** ist ein bisher nicht beschriebenes tektonisches Element in Nordbayern, das nicht nur wegen seiner Dimension, sondern auch wegen seiner Orientierung bemerkenswert ist. Die NE-SW-Ausrichtung ist im Gefügebild der weiteren Umgebung kaum ausgeprägt – allein einige Laufabschnitte der Naab deuten, neben den soeben erwähnten Tälern in der Nähe des Steinbruchs, auf die Existenz einer solchen tektonischen Anlage (Abb. 8).

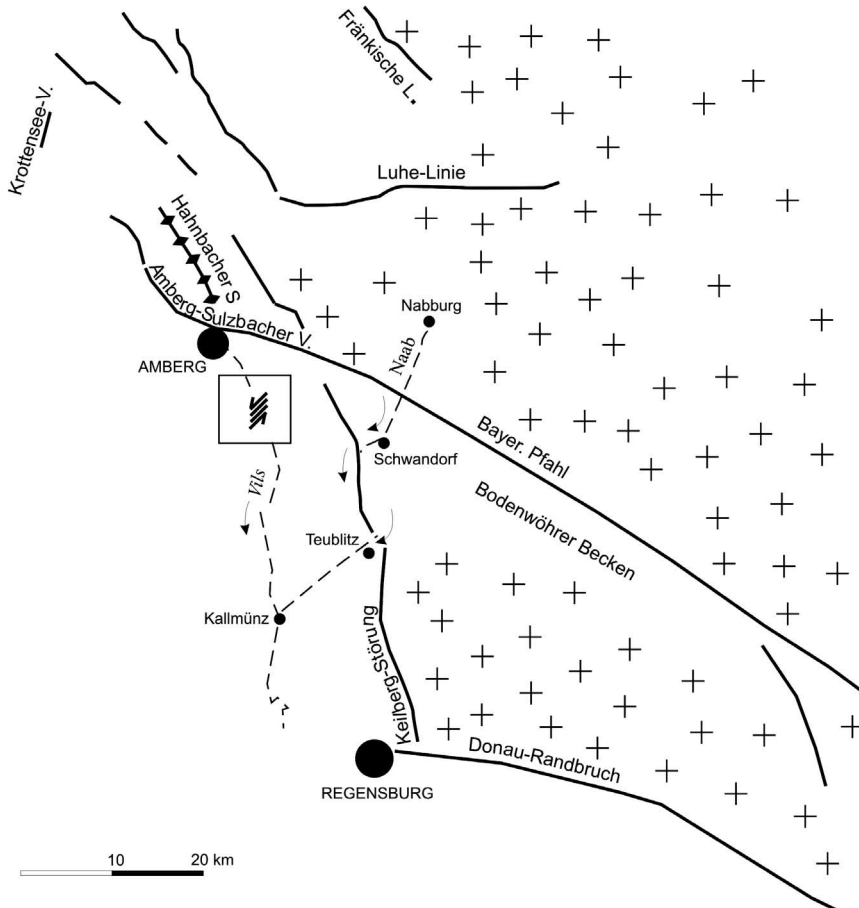


Abb. 8: Skizze der wesentlichen tektonischen Strukturen im weiteren Umfeld des Steinbruchs Pongratz (vereinfacht nach GK200 Regensburg und GK500 Bayern). Alle wesentlichen Gefügeelemente sind mehr oder weniger NW-SE oder E-W orientiert. Die Störungszone von Wolfsbach ist in dem unterhalb von Amberg eingetragenen Quadrat hervorgehoben. Allein einzelne Laufabschnitte der Naab lassen die Anlage einer NW-SE-Richtung wie in Wolfsbach vermuten.

Eine umfassende tektonische Studie von PETEREK et al. (1997) hat in der Umgebung der KTB-Stelle bis hin in die Region südlich Amberg bis zu 6 verschiedene, postjurassische tektonische Situationen rekonstruieren können. Keines der darin skizzierten Spannungsfelder lässt sich ohne Weiteres mit den in Wolfsbach gegebenen tektonischen Verhältnissen korrelieren. Die Einordnung der Horizontalverschiebungszone in die großräumige Gefügentwicklung bleibt somit noch offen.



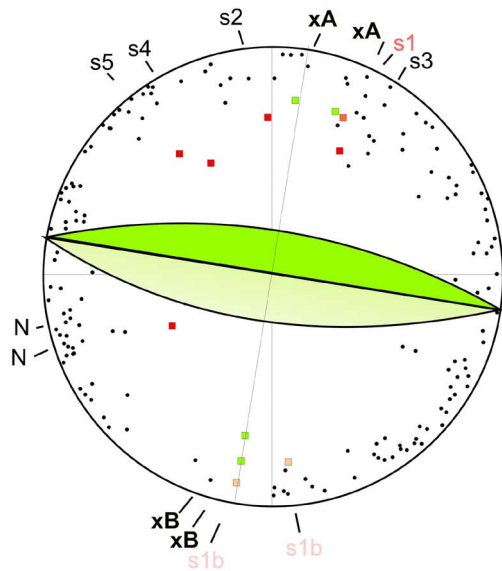
Abb. 9: Klein-Abschiebungen im Steinbruch Drügendorf. Die Wand verläuft von NE (links) nach SW (rechts). Die beiden Abschiebungen fallen mit  $61^{\circ}$ - $64^{\circ}$  (xB, links) und  $63^{\circ}$ - $77^{\circ}$  (xA, rechts) gegensinnig zueinander ein. Zur Raumlage von xA/xB siehe Diagramm Abb. 10.

## 2. Kleinabschiebungs-Bau in Drügendorf

Der oberhalb von Drügendorf gelegene Steinbruch Reichold erschließt die Schichtfazies des höheren Malm  $\alpha$  bis hinauf in den Malm  $\gamma$ , der im Zuge der Ausweitung des Abbaues im Norden zunehmend erfasst wird. In den gut geklüfteten Weißjura-Kalken sind mehrere Kleinverwerfungen zu beobachten. Ihrer Stellung im Trennflächensystem galt unser besonderes Interesse. Die Messungen wurden in einem inzwischen stillgelegten Bereich des Abbaues NW-lich der Straße Drügendorf-Ebermannstadt vorgenommen.

Die Klein-Abschiebungen sind in der Steinbruchwand in auffallender Weise durch ihre – im Vergleich zur subvertikalen Klüftung – geringe Neigung schon von weitem erkennbar (Abb. 9). Die hier abgebildeten Abschiebungen bilden ein gleich verlaufendes, aber gegensinnig aufeinander zu fallendes System, das aus einer senkrecht dazu, also NNE/SSW gerichteten Zugspannung resultieren müsste (Abb. 10).

Wichtigstes Ergebnis dieser wie der nachfolgend dargestellten Messungen ist, dass die Abschiebungen nicht mit den vertikalen Klüften



n=177

Abb. 10: Gefügediagramm Steinbruch Drügendorf. Neben allen Messpunkten sind hier die beiden Kleinabschiebungen xA, xB als Flächenprojektionen und ihre Polpunkte (grün) dargestellt. Die beiden Verwerfungen bilden ein nahezu ideales, symmetrisches Flächenpaar, das in dieser Form als Scherbruchsystem interpretiert werden kann. Deutlich wird weiterhin, dass diese Verwerfungsflächen nicht von den „normalen“ Trennflächen, also den subvertikalen Klüften (schwarze Punkte), hergeleitet werden können.

zusammenfallen bzw. nicht aus ihnen hervorgehen. Die Anlage der meist nur mit  $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$  einfallenden Abschiebungsflächen dürfte somit unmittelbar auf die in einer bestimmten tektonischen Phase ansetzenden Zugspannungen zurückgehen. Die Einmessung weiterer Abschiebungen ergibt allerdings eine beträchtliche Streuung der Lagerungswerte, so dass sich die Orientierung der ursächlichen Spannungsverhältnisse nur in einem weiten Rahmen fassen lässt.

So zeigt eine staffelbrucharartige Folge von sechs Kleinabschiebungen erhebliche Richtungswechsel, obwohl die staffelförmige Anordnung als Indiz für eine gemeinsame Entstehung, also die gleiche tektonische Großsituation, genommen werden kann (Abb. 11, 12, 13). Der Winkel zwischen den am unterschiedlichsten streichenden Flächen s3 und s5 beträgt  $70^{\circ}$ . (Das in Abb. 10 dargestellte Abschiebungspaar liegt ebenfalls in diesem Bereich).

Die Diskrepanz zwischen der vermuteten (!) Entstehung der Abschiebungen unter einer einheitlichen tektonischen Situation und dem weiten Streuen der Flächenlagen zeigt die Bedeutung lokaler Reaktion auf überlokale Spannungsfelder. Mögliche Gründe können sein:

(1) Die Sedimenttafel ist nicht in jeder Richtung gleichförmig aufgebaut. Insbesondere im Fränkischen Jura kann die ungleichmäßige Verteilung von Schicht- und Massenzonierungen wirksam werden.



Abb. 11: Ausschnitt aus einer staffelbrucharartigen Folge von Kleinabschiebungen. Die Wand verläuft von NNW (links) nach SSE (rechts). Die Abschiebungen entsprechen den im Diagramm (Abb. 13) verzeichneten Messpunkten s1 (rechts) bis s4 (links). Zwei weitere Abschiebungen (s5, s6) sind nicht im Bild.



Abb. 12: Detailansicht einer Kleinabschiebung (Messpunkt s6 in Diagramm Abb. 13). Am Versatz der doppelten Mergellage lässt sich der Verschiebungsbetrag (weniger als 10 cm) gut erkennen.

(2) Die tektonische Vorgeschichte unterscheidet sich von Ort zu Ort und kann nachfolgende Anlage von Trennflächen modifizieren.

Die Disposition zur Streuung von Trennflächen wird auch an der Verteilung der Klüfte sichtbar (Punkte in Abb. 10, 13), unter denen sich trotz 177 Messpunkten noch keine deutlichen Maxima abzeichnen. Die Erdkruste um Drügendorf scheint eine besonders vielgestaltige Beanspruchung erfahren zu haben – man vergleiche etwa mit dem viel einheitlicheren

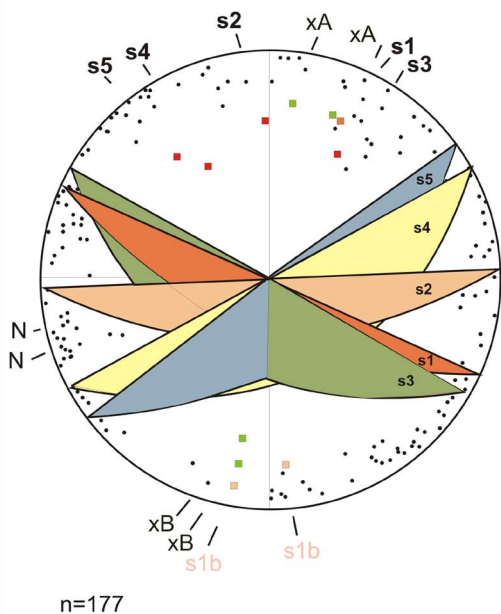


Abb. 13: Gefügediagramm mit Flächen- und Polpunktprojektionen der Abschiebungen 1-6. Die Abschiebungen sind auch hier durch ihre relativ flachen Einfallswerte ausgezeichnet. Obwohl die staffelbruchartige Anordnung die gemeinsame Entstehung in der gleichen tektonischen Situation vermuten lässt, weichen die Richtungen der Flächen bis zu 70° voneinander ab.

Gefügebild in Wolfsbach (Abb. 5). Auch in der von STREIT (1977) veröffentlichten Luftbildanalyse wird die vielfache Orientierung tektonischer Linien in diesem Raum deutlich (Abb. 14). Dabei zeigt sich, dass die von uns im Steinbruch gemessenen Abschiebungen gut mit den von STREIT gerade für diesen Bereich verzeichneten, stark streuenden (also ENE-WSW bis ESE-WNW verlaufenden) E-W-Lineationen korreliert. Dazu kommen die in der Frankenalb allgegenwärtigen herzynisch (NW-SE) verlaufenden Flächen im Rahmen der Frankenalbmulde bzw. des Hollfelder Grabens, und vermutlich – was im Luftbild eher nur an dem Talverlauf W-lich Drügendorf deutlich wird – die „rheinische“ NNE-SSW Richtung, die sich in der Fortsetzung des Vulkansystems von Oberleinleiter auch im Steinbruch Drügendorf bemerkbar macht (die von oben gerade noch in die Kartenskizze

laufende rote Linie markiert das Südende des Vulkansystems).

### 3. Warum ist die Ehrenbürg ein Zeugenberg?

Indem die tektonischen Trennflächen – je nach Gestein unterschiedlich streng, aber stets mit Bedeutung – die Entwässerungslinien vorzeichnen, ist die Frage nach der Abtrennung der Ehrenbürg von der Frankenalb und somit ihre Freistellung als Zeugenberg auch eine Frage nach möglicherweise tektonischen Ursachen.

In den verkarstungsanfälligen Weißjuragesteinen sind tektonisch angelegte Trennflächen noch mehr als in anderen Gesteinen von grundlegender Bedeutung für die Anlage von Karstwegen wie auch der Oberflächenentwässerung. Die Bedeutung der tektonischen Vorzeichnung wird an der Ausrichtung der Höhlen oder oberirdisch etwa am Lauf der Wiesent mit ihrem mehrfachen, abrupten Richtungswechsel deutlich. Aufgrund der durch die Verkarstung bedingten hohen Durchlässigkeit der Weißjuratafel ist die Oberflächenentwässerung nur relativ weitständig entwickelt – man vergleiche mit den Entwässerungslinien in einem gering durchlässigen Tonstein, wie es beispielhaft in der Windsheimer Bucht der Fall ist. Der Tieferlegung des Karstes können nur jene oberflächigen Flüsse folgen, die aufgrund ihrer Wasserführung auch entsprechend erodieren können, was in der Regel nur möglich ist, wenn die Flüsse mit dem Karstwasserspiegel korrelieren bzw. von ihm mit ernährt werden.

Die Freistellung der Ehrenbürg bedurfte der Entfernung des Weißjuras zwischen ihr und dem Albrand. Dieser Bereich wird heute vom Ehrenbach durchflossen, dessen Quelle gar nicht weit von der Ehrenbürg entfernt bei Oberehrenbach liegt. Der Ehrenbach ist somit kein großes, abflussstarkes Gewässer, aber dennoch muss er in der geologischen



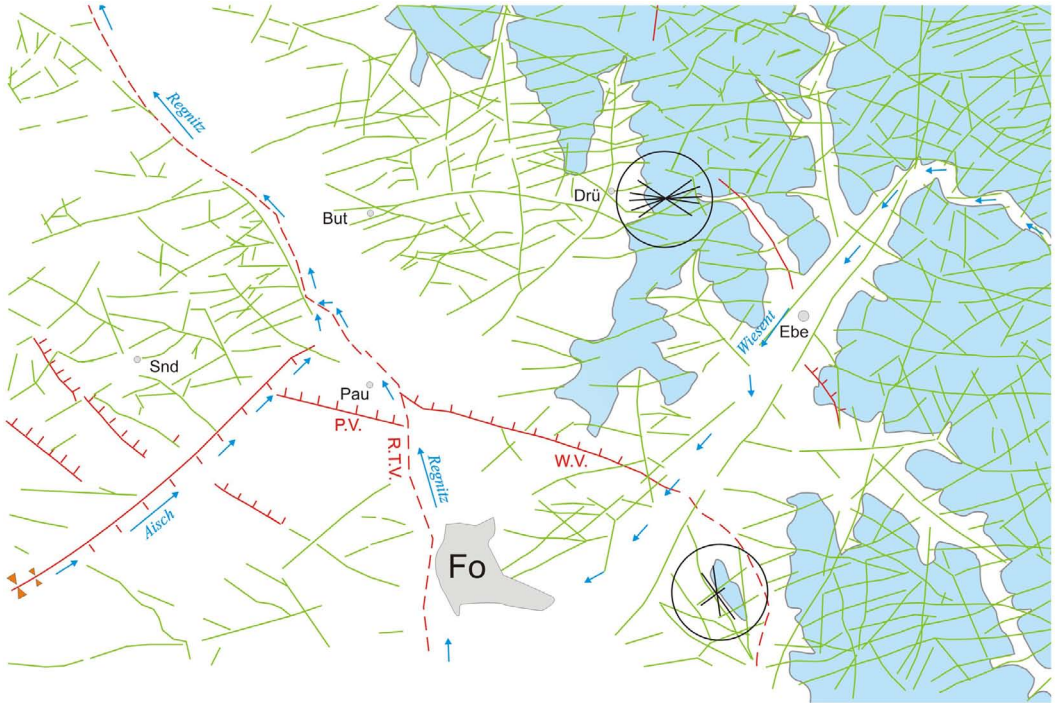


Abb. 14: Tektonische Kartenskizze des Raums um Drügendorf und Ehrenbürg (verändert nach GK200 Bamberg und STREIT 1977). Die Weißjura-Hochfläche der Frankenalb ist blau dargestellt. Rot sind größere Verwerfungen bzw. tektonische Linien (P.V. Pautzfelder Verwerfung, W.V. Weilersbacher Verwerfung, R.T.V. Regnitztal-Verwerfung). Das Aischtal wird im SW von der auslaufenden Aischalmulde vorgezeichnet, die allerdings nach NW zum Unterlauf hin in eine Verwerfung mit geringem Versatz übergeht bzw. ausklingt (Orte: Snd Schnaid, Ebe Ebermannstadt, But Buttenheim, Drü Drügendorf, Pau Pautzfeld, Fo Forchheim). Grün markiert sind die von STREIT aus der Luftbildanalyse entnommenen Fotolineationen. Als Fotolineationen werden alle in Luftbildern erkennbaren linienhaften Elemente verstanden, deren Ursache im natürlichen Gesteinsuntergrund (bzw. den darin angelegten Trennflächen) angenommen wird. In den bei Drügendorf bzw. an der Ehrenbürg eingetragenen Kreisen sind die von uns gewonnenen Messwerte skizziert.

Vorzeit in der Lage gewesen sein, den ganzen Weißjura hinter dem heutigen Zeugenberg auszuräumen. Welche geologischen Bedingungen könnten seine Anlage und sein Werk begünstigt haben?

Folgende Möglichkeiten wären denkbar:

(a) Eine besonders erhöhte tektonische Lage der Schichtenfolge. Bei der Tieferlegung der Landschaft würde in einem solchen Bereich der undurchlässige und damit nachfolgend schnell ausräumbare Sockelbilder früher als in den benachbarten, strukturell tiefer liegenden Regionen erreicht werden. Dieser Mechanis-

mus liegt zum Beispiel der Isolation des Hesselberges (Südliche Frankenalb) zum Zeugenberg zugrunde.

(b) Das Gestein ist in diesem Bereich besonders durchlässig und zieht die Entwässerung im Karst an sich. Spätestens wenn die Eintiefung in der Umgebung den unter dem Karst liegenden Sockelbildner (hier: Brauner und Schwarzer Jura) erreicht hat, wird der Weißjura ausgeräumt. Selbst wenn der Ehrenbach-Vorläufer bis dahin nur ein Höhlenfluss gewesen wäre, würde mit der Eintiefung unter den verkarsteten Weißjura die Standfestigkeit der verbliebenen Höhlenwände, Felstürme

und anderer Felsansammlungen verloren gehen. Den relativ undurchlässigen wie wenig standfesten Tongesteinen aufsitzend, würden Gleitprozesse den kleinen Ehrenbach bei der Zerstörung des Weißjuras massiv unterstützen. Dieser Prozess ist bis heute im Gange, denn Felsstürze und Gleitprozesse sorgen nach wie vor dafür, dass das Tal auf Kosten der Ehrenbürg, wie auch des Albrandes im Osten, zunehmend breiter wird.

Nach allem, was wir sehen können, kann die Möglichkeit (a) nicht zutreffen. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass in dem schmalen Bereich zwischen Walberla und Alb eine strukturelle Hochlage existiert hätte. Hingegen gibt es gleich zwei Argumente für die Möglichkeit (b):

Erstes Argument: Die Ehrenbürg war von Weißjura in dolomitischer Massenfazies umgeben. Diese ist um ein Vielfaches durchlässiger als die geschichteten Kalke, wie wir sie etwa im Steinbruch Drügendorf, aber auch in geringem Umfang auf der Ehrenbürg-Hochfläche selbst sehen können. Eine Kartierung der Ehrenbürg-Hochfläche ergab, dass die heutigen Dolomit-Kuppen auf der Walberla-Hochfläche bis auf eine Ausnahme (eine kleine Kuppel im NE) am Rand der Hochfläche liegen und diese nur noch die Randbereiche der eigentlichen Kuppen darstellen, deren Zentren weiter außerhalb lagen (Abb. 15). Diese Rekonstruktion lässt sich relativ zuverlässig aus der Neigung der Schichtung am Rand der Ehrenbürg-Hochfläche ermitteln: die Schichtung steigt von der Hochfläche nach außen hin zu den heute verschwundenen Zentren der Massenfazies-Komplexe an (HOFBAUER & MITARBEITER 2007).

Der Umstand, dass die dolomitische Massenfazies im Karst der Frankenalb die Entwässerung an sich zieht, ist auch in vielen anderen Situationen zu beobachten und scheint so ein allgemeines Prinzip zu sein. Aufgrund der

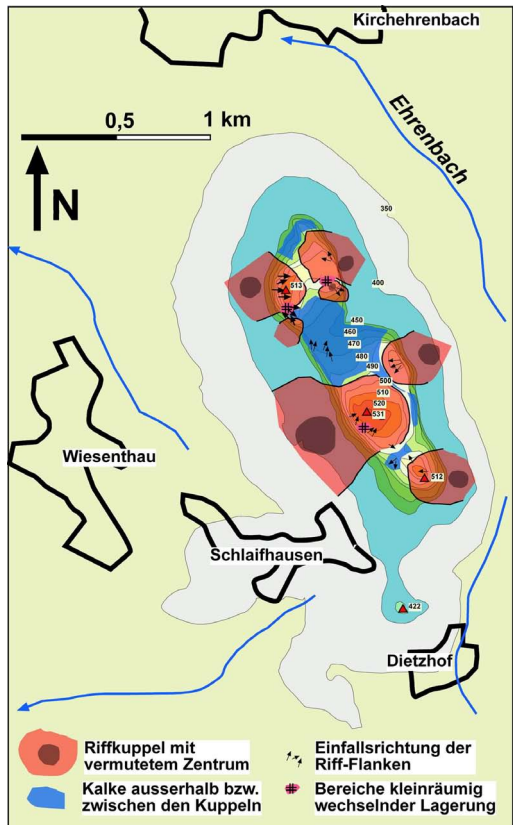


Abb. 15: Geologische Kartenskizze der Ehrenbürg-Hochfläche (nur die dunkelblaue Fläche markiert eine geologische Einheit, nämlich die Weißjura-Schichtfazies im Bereich der Hochfläche; grün, hellblau und hellgrau entsprechen den absteigenden Höhenniveaus). Rot markiert ist die dolomitische Massenfazies. Die Pfeile geben die Neigung der Schichtung wieder – in fast allen Fällen sind diese zur Ehrenbürg hin geneigt. In gegensätzlicher Richtung müssen also die relativ höchsten Bereiche, nämlich die Zentren der Massenfazies-Komplexe, gelegen haben (die vermutete Position dieser Zentren ist innerhalb der roten Flächen dunkel markiert).

Neigung des Dolomittfelsens, nicht nur durch chemische Lösung, sondern auch durch physikalischen Zerfall (Vergrusung) zerstört zu werden (HOFBAUER, KAULICH & GROPP 2005), können verhältnismäßig rasch große Karsthohlräume entstehen. Bei jeder Tieferlegung der Vorflut wird die Verkarstung im Dolomit ungehinderter in die Tiefe greifen können als in der Schichtfazies, da abdichtende

mergelige Zwischenlagen in der Massenfazies weitgehend fehlen.

Zweites Argument: Die dolomitische Massenfazies zwischen Ehrenbürg und Albrand war in besonderer Weise tektonisch zerklüftet. Diese Behauptung ist natürlich in gewissem Grad hypothetisch, denn man versucht eine Aussage über etwas, das nicht mehr da ist. Dennoch bewegt man sich nicht im Gebiet reiner Spekulation. Das Walberla selbst ist von dieser besonderen tektonischen Zerklüftung erfasst, und noch immer wird die seitliche Verkleinerung des Zeugenberges maßgeblich von diesen tektonischen Strukturen gesteuert: besonders die nahezu vertikalen Felswände sind nichts anderes als solche Trennflächen, an denen Felsschollen abgerissen sind.

Eine Aufnahme der tektonischen Trennflächen ist besonders gut auf der W-Seite der Ehrenbürg möglich. Beschränkter Einblick in das tektonische Muster kann auch auf dem Weg vom Walberla-Sattel zum Rodenstein gewonnen werden, wo die zwischen den dolomitischen Massenfazies-Kuppeln erhaltene Kalkfazies die Strukturen präzise abbildet (Abb. 16).

An der W-Seite unterhalb des Rodensteins wird die Bedeutung der Trennflächen für die Konturierung der Ehrenbürg-Flanke besonders anschaulich (Abb. 17). Der Dolomitmfels wird durch die Klüftung in dickplattige Pakete zerlegt, die zukünftige Abrissflächen und damit Bergrutsche oder Felsstürze vorzeichnen. An den Rändern der Felsgruppen können durch die NE-SW querende Klüftung Pfeilerartige Strukturen mit nahezu rechtwinkligem Grundriss herausgearbeitet sein (Abb. 18).

Die statistische Übersicht (Abb. 19) zeigt klar ein Trennflächen-Maximum in NW-Richtung, wobei die steil nach NE fallenden Flächen (rot) gegenüber den steil nach SW geneigten (orange) zu dominieren scheinen.



Abb. 16: Entlang des Weges vom Walberla zum Rodenstein sind die zwischen den Massenfazies-Kuppeln erhaltenen Kalksteine angeschnitten. In ihnen zeichnet sich die engständige Klüftung in der Aufsicht deutlich ab. Die beiden Hauptrichtungen 170/80 WSW (parallel zur Längskante des Blocks) und 130/+90 (parallel zum Zollstock) – dies entspricht auch den statistischen Maxima wie dem Verlauf der Flanken des Berges, die durch Felsabstürze an diesen Klüften zurück versetzt wurden und weiter auch werden. Weitere, dazu parallele Trennflächen sind mit weißen Linien markiert.

Diese subvertikal einfallenden Flächen können sich spitzwinklig kreuzen (vgl. Abb. 17). Auffallend ist eine zweite, etwas steilere NW-Richtung mit ca. 160° (gelb). Diese Richtung zeigt eine deutliche Präferenz zum (steilen) Einfallen nach SW. Auch diese kreuzen die in Abb. 19 rot hervorgehobenen Trennflächen. Die Trennflächen-Maxima stimmen gut mit den von STREIT beschriebenen Fotolineationen überein (Abb. 14). Die starke Zerklüftung ist allerdings nur unmittelbar im Gelände festzustellen. Sie kann – muss aber nicht – eine

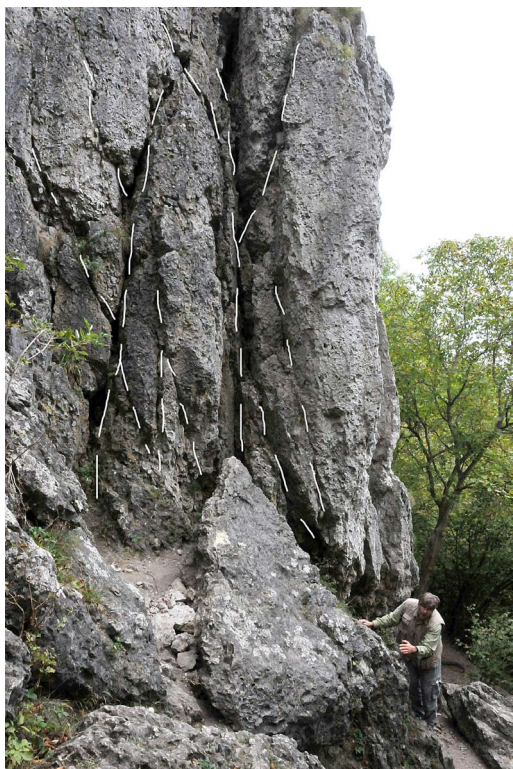


Abb. 17: Unterhalb des Rodensteins zeichnen Klüfte die nächsten Felsstürze an der W-Flanke der Ehrenbürg vor. Aufgrund der engen Kluftabstände ist der Dolomit in ein Gefüge vertikal lagernder, dickplattiger Felschollen zerlegt. Bei genauer Betrachtung zeigt sich, dass oft zwei sich spitzwinklig kreuzende Kluftrichtungen auftreten (weiß markiert).

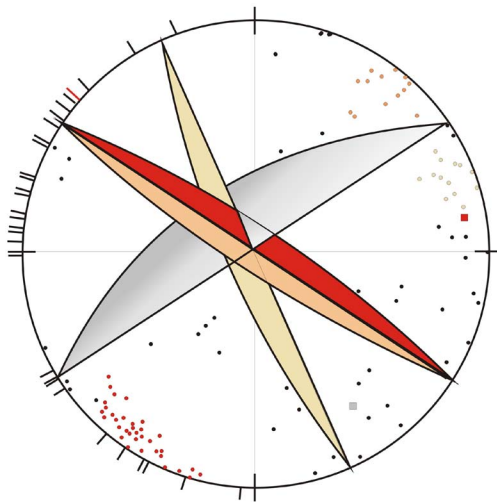


Abb. 18: Ebenfalls unterhalb des Rodensteins: Am Rand der in Platten aufgelösten Flanke hat die quer dazu verlaufende NE-SW-Kluft Richtung zur Absonderung pfeilerartiger Felsen mit weitgehend rechtwinkligem Querschnitt geführt.

Folge verstärkter Beanspruchung in südlicher Fortsetzung der Weilersbacher Verwerfung sein, die hier nicht mehr eindeutig nachzuweisen ist (und in viele GK wie auch bei STREIT 1977 als vermutet eingezeichnet ist).

**Fazit:** Die Abtrennung der Ehrenbürg von der Alb und damit ihre Freistellung als Weißjura-Zeugenberg ist mit hoher Wahrscheinlichkeit durch verstärkte Durchlässigkeit und tektonische Zerrüttung begünstigt worden. Die tektonische Zerrüttung verstärkt die von der dolomitischen Massenfazies ohnehin begünstigte Durchlässigkeit und ermöglicht damit

eine noch effizientere Verkarstung. Zugleich schränken die Trennflächen die Standfestigkeit der Dolomittfelsen ein: dies kann bereits im Karststadium eine besondere Destabilisierung von Hohlräumen verursacht haben, aber spätestens mit der Eintiefung unter die Weißjura-Basis werden Felsstürze und Berg-rutsche dadurch begünstigt. Diese an die Trennflächen gebundenen Prozesse sind noch immer aktiv und zugleich der Grund dafür, dass die Kontur der Ehrenbürg in weiten Bereichen direkt von diesen Trennflächen bestimmt wird.



n=106 + 30 Streichwerte

Abb. 19: Das Diagramm zeigt die Hauptkluftrichtungen im Bereich der Ehrenbürg. Am klarsten ist das NW-SE verlaufende Maximum mit steilem Einfallen nach NE zu fassen (rote Fläche). Weniger scharf und quantitativ schwächer entwickelt erscheinen die in die gegenteilige Richtung einfallenden Flächen (orange). Diese streuen zudem weiter bis in die NNW-SSE-Richtung (gelb), wo sich ein Nebenmaximum abzeichnet. Die NE-SW-verlaufende Fläche gibt lediglich eine gemittelte Richtung von Flächen mit tatsächlich großer Streuung wieder. Die Striche am linken Rand des Kreises sind gemessene Streichwerte – in diesen Fällen konnte aus messtechnischen Gründen der Einfallswinkel nicht ermittelt werden. (Diese Werte wurden nicht in die statistische Auswertung aufgenommen). Vgl. die gute Übereinstimmung mit den von STREIT beschriebenen Fotolineationen (Abb. 14).

### Literatur:

ADLER, R.; FENCHEL, W.; PILGER, A. (1961): Statistische Methoden in der Tektonik II: Das Schmidtsche Netz und seine Anwendung im Bereich des makroskopischen Gefüges. - Clausthal-Zellerfeld: (Clausthaler Tektonische Hefte, 4).

EISBACHER, G. H. (1996): Einführung in die Tektonik (2. neu bearb. u. erweit. Aufl.). - Stuttgart: Enke.

FREYBERG, B. v. (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. - Erlanger geol. Abh. 77, 81 S.

HOFBAUER, G.; KAULICH, B.; GROPP, C. (2005): Sind die Dolomithöhlen der Nördlichen und Mittleren Frankenalb tatsächlich das Ergebnis der Karbonatlösung? - [www.gdgh.de/Berichte/ 7](http://www.gdgh.de/Berichte/7).

HOFBAUER, G. & MITARBEITER (2007): Die Ehrenbürg (das „Walberla“): Aspekte zur Entstehung eines Zeugenbergs vor der Nördlichen Frankenalb (Fränkisches Schichtstufenland). - [www.gdgh.de/Berichte/B12](http://www.gdgh.de/Berichte/B12) (11. Februar 2007).

HOFBAUER, G. (2008): Der „Vulkan von Oberleinleiter“ - Spuren eines Maarkraters auf der Nördlichen Frankenalb. - Natur und Mensch, Jahresmitteilungen 2007 der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V., 69-88.

PETEREK, A.; RAUCHE, H.; SCHRÖDER, B.; FRANZKE, H.-J.; BANKWITZ, P.; BANKWITZ, E. (1997): The late- and post-Variscan tectonic evolution of the Western Border fault zone of the Bohemian massif. - Geol. Rundsch. 86, 191-202.

STREIT, R. (1977): Das Bruchschollenland der Nördlichen Frankenalb und ihrer Umgebung und des Gebietes zwischen den Haßbergen und der Rhön (Ergebnisse einer Luftbildauswertung). - Geol. Jb. A 37, 3-32.

Als Unterlagen dienten ferner die GK200 von Mitteleuropa, Blatt Bamberg, Blatt Regensburg (hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR), sowie die vom Bayerischen Geologischen Landesamt (nun Landesamt für Umwelt, LfU) herausgegebenen GK25 Rieden, Schwandorf, Adelsdorf, Buttenheim, Forchheim.

Anschrift des Verfassers:

**Dr. Gottfried Hofbauer**

Anzengruberweg 2, 91056 Erlangen

URL: [www.gdgh.de](http://www.gdgh.de)

E-Mail: [geolodoku@gdgh.de](mailto:geolodoku@gdgh.de)