

Ist die vulkanische Erklärung des Nördlinger Rieses wirklich gesichert?

Von **Reinhold Seemann**, Stuttgart.

Mit 5 Abbildungen und 1 Tafel.

„Zweck des Krieges ist es, mit allen Mitteln den Gegner unschädlich zu machen. Zweck wissenschaftlicher Angriffe dagegen ist es, mit Hilfe der angegriffenen Ansicht die Wahrheit festzustellen.“

(W. BRANCA, Ein Wort über die Rieshypothesen, 1913.)

R. LÖFFLER setzt sich im letzten Jahresheft in zwei längeren Aufsätzen („Zum Riesproblem“ und „Nachschrift zum Riesproblem“)¹ scharf ablehnend mit meinen Arbeiten auseinander, die versuchen, die Zertrümmerung des Rieses und Vorrieses *v o r w i e g e n d* auf tektonischem Weg, d. h. durch alpinen Druck über die feste Erdkruste weg (also entsprechend der Zusammenfaltung des Schweizer Kettenjura), zu erklären. Da beide Aufsätze meine Ansicht und ihre Begründung nicht nur (begreiflicherweise) unvollständig, sondern leider auch unrichtig (vor allem S. 131 ff.) wiedergeben, und da dem Leser wohl nur der kurze Vortragsbericht (diese Jahreshefte 1937, 93. Jahrg., S. XXXIII ff.) und kaum die ausführliche Arbeit (Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage-Band 81, Abt. B, 1939)² zur Verfügung steht, muß ich zu den Einwänden LÖFFLERS etwas ausführlicher, als es sonst nötig wäre, Stellung nehmen.

Wenn die „Sachlage“ so einfach und eindeutig wäre und meine Kritik so wenig stichhaltig, wie LÖFFLER es in den erwähnten Arbeiten darstellt, dann freilich hätte die Sprenghypothese gewonnenes Spiel. Aber weder das eine noch das andere trifft zu und das Kapitel „Nördlinger Ries“ in der geologischen Geschichte Süddeutschlands ist noch lange nicht abgeschlossen.

Meine Ablehnung ist eine grundsätzliche und begründete. Grundsätzlich insofern, als es mir verfehlt erscheint, die Wirkungen der modernen Sprengtechnik, die uns allerdings recht vertraut geworden sind und auf der Explosion komplizierter chemischer Verbindungen in kleinen künstlichen Räumen beruhen, für gleichartig zu halten mit vulkanischen Sprengungen in verhältnismäßig großen natürlichen Räumen, wo nur einfache, unter Druck stehende magmatische Gase zur Verfügung stehen. Begründet insofern, als tatsächlich bei der Sprenghypothese ein

¹ Im folgenden mit LÖFFLER bezeichnet.

² Im folgenden mit SEEMANN bezeichnet.

auf einer Beobachtungslücke, nämlich dem Übersehen zweifellos tektonischer Erscheinungen beruhender „Konstruktionsfehler“ vorliegt. Ich habe den Beweis dafür anzutreten versucht.

Da nun LÖFFLER meint, ich hätte den Nachweis des vorwiegend tektonischen Charakters der Trümmermassen im Ries und Vorries „nicht erbracht“, ist es seine Aufgabe, den Gegenbeweis zu den von mir aufgestellten Sätzen zu liefern und zur Begründung seiner vulkanischen Erklärung nachzuweisen:

1. daß die Trümmermassen im Vorries vulkanischer Entstehung sind;
2. daß sie aus dem Rieskessel stammen;
3. daß die Übertragung des alpinen Druckes nach Norden bis zum Ries über das Magma in der Tiefe ging;
4. daß die späteren vulkanischen Erscheinungen (Suevitdurchbrüche und Gasexplosionen) selbständig, d. h. von der Tektonik unabhängig sind; und endlich
5. daß die morphologischen Kräfte vor der Riesentstehung im Ries und Vorries von größerer Bedeutung waren als nachher, mit anderen Worten, daß die „präriesische“ Landschaft ungefähr der heutigen entsprach.

1. Die vulkanische Entstehung der Trümmermassen im Vorries.

Wenn die Trümmermassen im Vorries ortsfremder vulkanischer Sprengschutt sind, dann kann sich dies in verschiedenen Erscheinungen zeigen: entweder in einer Vermengung mit eruptiv-magmatischem Material (wie z. B. bei den Basalttuffen der Urach—Kirchheimer Gegend) oder (bei Gasexplosionen) in einer ganz wirren Lagerung und Vermischung der einzelnen Gesteinsfetzen oder endlich in einer durchweg ortsfremden Auflagerung auf wenig gestörtem Untergrund.

a) Was die Vermengung der Trümmermassen mit Eruptivmaterial betrifft, so wurde bis heute noch nirgends eine Spur von Suevit oder eingeschmolzenem Grundgebirge in ihnen gefunden. Es scheint mir dies sehr wichtig zu sein. Man kennt freilich reine Gasexplosionen, aber keine von so ungeheuerem Ausmaß wie sie für die Aussprengung des Rieskessels nötig wäre. Ohne die später erst im Trümmergebiet durchgebrochenen Sueviteruptionen wäre man wahrscheinlich gar nicht auf den Gedanken vulkanischer Entstehung gekommen und hätte hartnäckiger nach anderen Ursachen gesucht.

Die Annahme einer rein vulkanischen Hypothese stellt die Forschung nun vor die schwierige Aufgabe, die Aufeinanderfolge der beiden verschiedenartigen vulkanischen Phasen (der älteren magmafreien Riesexplosion und der späteren Sueviteruptionen) erklären zu müssen. Daß die verschiedenen Erklärungen „etwas künstlich“ sind (vgl. SEEMANN, S. 84f.), muß jeder zugeben. Der Vorwurf der Mißdeutung anderer Forscher, den LÖFFLER mir in diesem Zusammenhang macht (S. 139), ist nicht berechtigt. Er hat meinen Gedankengang mißverstanden. Es stand doch nicht die Reihenfolge der Ereignisse (zuerst Riesertrümme-

rung und dann Sueviteruptionen), sondern das merkwürdige Verhalten des Magmas bei der ersten und zweiten Explosionsphase zur Erörterung! Diese Schwierigkeit, die nicht aus den Tatsachen folgt, sondern künstlich durch die Sprenghypothese erst geschaffen wird, verschwindet von selbst, wenn man die lavafreien, älteren Trümmernmassen tektonisch auffaßt, d. h. durch Bewegungen der Erdkruste (Pressung, Über- und Unterschiebung, Zerrung, Gleitung usw.) entstehen und das Magma erst später (in Gasexplosionen und Sueviteruptionen) in Aktion treten läßt.

b) Nun zu der chaotischen Ausbildung der Trümmernmassen, dem Hauptbeweisstück LÖFFLERS! — Es ist nicht zu bestreiten, daß die Trümmernmassen im Vorries häufig wirr ausgebildet sind und keine gesetzmäßige Lagerung (Schichtenfolge) oder Ausbildung (z. B. Klüftung) zeigen. LÖFFLER erwähnt u. a. Stillnau, Binsenhühl am Eichberger Hof, Lauchheimer Tunnel, Weilheimer Einschnitt. Auch in diesem Fall verbaut sich die Sprenghypothese selbst den Weg zur Lösung des Problems: solange man die Trümmernmassen sämtlich für wurzellos ansieht und aus dem Ries herleitet (was selbst E. FRAAS und W. BRANCA zu weit ging, vgl. SEEMANN S. 76), bleibt nur die Deutung als Sprengschutt übrig. Aber die wirkliche Sachlage zwingt gar nicht dazu! Die Trümmernmassen zeigen nämlich nicht durchweg chaotischen Charakter, sondern offensichtliche Gesetzmäßigkeiten, die man sehen muß, wenn man „unvoreingenommen an das Studium der natürlichen Verhältnisse im Ries“ herangeht. Über diese Dinge, die in meiner Arbeit eingehend behandelt sind, kann ich hier nur einen kurzen Überblick geben.

α) Gesetzmäßigkeiten in der Lagerung der Trümmernmassen werden bewiesen durch Unterlagerung der Weißjuragriese durch ältere, meist ausgequetschte, als Gleithorizont dienende Schichten oder Überlagerung durch jüngere, tertiäre Sedimente (Bohnerze, marine Sande, obermiozäne Süßwasserschichten u. a.). Die Ablehnung dieser Gesetzmäßigkeiten durch LÖFFLER ist um so merkwürdiger, als er selbst früher schon und auch jetzt wieder (S. 130) die „Regel“ der Wasserdurchlässigkeit der Griesunterlage hervorhebt, deren „Ursache die tonigen Bestandteile der Bunten Breccie, Keupertone oder tertiäre Tone oder Juratone“ sind. In diesen Massen, die meiner Ansicht nach als Gleitschichten für die spröden oberen Weißjurakalke dienten, nach Gesetzmäßigkeiten zu suchen, hat natürlich keinen Sinn. Und doch tritt auch hier gelegentlich eine gewisse Ordnung auf: z. B. am Eisenbahneinschnitt bei Fünfstetten (SEEMANN, S. 118), im Nußbühler Einschnitt (SEEMANN, S. 120) und in der Zöschinger Eichgasse (SEEMANN, S. 137). Meist aber ist — das habe ich nie bestritten — die Lagerung dieser Gleitschichten, ihrer tektonischen Rolle entsprechend, wirr, „gepreßt, gequält, gestaucht, gelegentlich in den Gries hineingedrückt“. Das ist aber nicht entscheidend, auf die allgemeine Schichtenfolge kommt es an, d. h. die häufige Unterlagerung der Griese durch ältere Schichten. Nördlich der Klifflinie bilden sie allein den wasserstauenden Horizont, südlich davon kommen die sandig-tonig-mergeligen Tertiärschichten

dazu. — Diese Gesetzmäßigkeit zeigen so ziemlich alle Griesse im Vorlandvorries und die meisten des südlichen Vorrieses. Da LÖFFLER hier im wesentlichen mit mir einig geht, brauche ich die einzelnen Vorkommen nicht aufzuzählen. Wichtig ist, daß innerhalb der zertrümmerten Weißjuramassen sich verhältnismäßig selten noch „Bunte“ Trümmernmassen finden, daß sie also meist „rein“ sind.

Aber auch die Überlagerung der Griesse durch Tertiär ist ziemlich häufig. Abgesehen von den Vorkommen innerhalb der „Schollen- und Schuppenzone“, die ja für unsere Frage nicht beweiskräftig sind, fand ich die Überlagerung bei folgenden Griesen: nordöstlich Zöschingen bei der Kapelle (grüner und rotbrauner Letten, dazu undurchlässige Schichten im Liegenden), etwa 500 m ost-südöstlich Zöschingen (ähnliche bunte Tone und Bohnerzlehm, die sich auffallenderweise auch am Griesberg, nördlich Demmingen, zwischen den Griesen finden), nordöstlich Iggenhausen (Gries mit Bohnerzlehm in merkwürdiger Schuppung), oberhalb der Unterliezheimer Mühle (roter Bohnerzlehm), 2 km südlich Oberliezheim (roter und grüner Ton), westlich vom Leitenhof bei Untermagerbein (roter Bohnerzlehm), auf der Höhe nördlich Bissingen (Bohnerzlehm, im Liegenden wasserstauende Tone), am Südausgang von Bissingen (rotbrauner Bohnerzlehm), etwa 400 m westlich Oppertshofen (roter Bohnerzlehm), nördlich Oppertshofen am Plattenberg (braungrüner fein- bis grobkörniger Sand und Bohnerzlehm), Roter Bruch im Kaibachtal nördlich Donauwörth (roter Bohnerzlehm und darüber grünliche Sande, marin?).

Der Schluß, der aus diesen zahlreichen Vorkommen normaler Lagerung der Griesse gezogen werden muß, ist der, daß für ihre Verlagerung nicht Sprengung (auch nicht örtlicher Art) verantwortlich gemacht werden kann, weil die Schichtenfolge dann mehr gestört, zum mindesten häufiger verdreht sein müßte.

β) Gegen die Deutung der Trümmernmassen als Sprengschutt spricht auch die Art der Zerklüftung der Griesse, nämlich das Auftreten von Kluftsystemen, d. h. „geordneter“ Klüftung. Es kam mir dabei weniger darauf an, „bestimmte Richtungen (über größere Gebiete weg) nachzuweisen, als die Verbreitung geordneter, d. h. tektonischer Klüftung überhaupt. Die Griesse durften, wenn sie ortsfremden Sprengschutt darstellten, nicht nur keine regelmäßige Klüftung, sondern auch keine Wirkungen länger dauernden Druckes (Stylolithen oder Druck-suturen) zeigen, sondern mußten beim Aufprall auf dem Boden ganz regellos zertrümmert worden sein“, insbesondere die richtungslosen Massenkalken. Solche ganz ungeordneten Griesse bilden nach meinen Erfahrungen die Minderzahl (vgl. SEEMANN, S. 143). Von etwa 150 Griesvorkommen im Alvorries waren etwa 20 ganz wirr, 40 teilweise und 90 gut, d. h. mehr oder weniger dünnplattig und prismatisch geklüftet. Es ist ohne weiteres zuzugeben, daß es sehr schwer hält, eindeutige Kluftrosen zu bekommen, auch wenn man beim Anblick einer Grieswand den Eindruck des Vorherrschens bestimmter Kluft-richtungen hat. Dies rührt daher, daß in den größeren Aufschlüssen

meist verschieden gelagerte Schollen vorliegen, die für sich wohl bestimmte herrschende Richtungen aufweisen, aber zusammengebracht eine Klüftung ergeben, die sich wirklich „über die ganze Windrose“ verteilt. Man muß für die Messung der Riesgriese, die auch wegen der Menge der Klüfte sehr mühselig und zeitraubend ist, eine besondere Methode einführen, zu deren Ausarbeitung und Erprobung ich aber bisher nur an wenigen Orten gekommen bin.¹ — Daß tatsächlich geordnete Klüftung auftritt, soll an einigen Beispielen gezeigt werden:

Griesgrube westlich der Guldenmühle (bei Dischingen) auf der Höhe. Zwischen der Mühle und dem Steinbruch kommen am Hang ungestörte marine Sande zutage. Die Griesse sind also „ortsfremd“. Die geordnete Klüftung der Massenkalksteine ist ganz augenscheinlich (siehe Tafel III, Fig. 1). Die Messungen, die an der Nordwand auf 5 m Länge und anstoßend an der Ostwand auf 7 m Länge ausgeführt wurden, bestätigen dies. Von 186 Klüften verliefen 131 (65%) in der Richtung N 25 bis 50° O. Die Gegenrichtung N 70° W ist nur schwach ausgebildet (siehe Abb. 1).

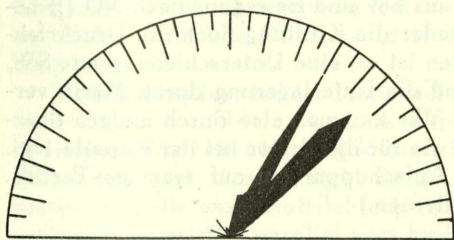


Abb. 1.

Ein ganz entsprechendes Bild zeigt der Griesbruch etwa 800 m nördlich vom Bahnhof Dischingen. Auch hier hat man sofort den Eindruck regelmäßiger, fast bankiger Klüftung der Massenkalksteine. Die Messungen (95 im ganzen, an einem etwa 10 m langen Profil) zeigten deutlich die Vorherrschaft der um N—S pendelnden Richtungen: innerhalb N 20° O und N 15° W fallen 75 (79%) der Klüfte. Die Gegenrichtung (N 70—80° W) ist seltener, aber dafür durch große, steil südlich fallende, mit Rutschharnischen bedeckte Flächen vertreten. Östlich anstoßend, aber etwas höher,

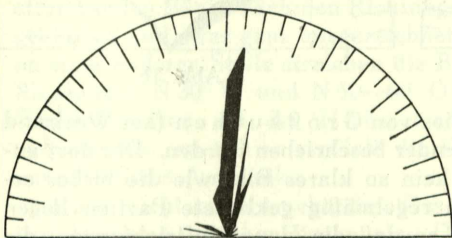


Abb. 2.

beginnt mit einer steil nördlich fallenden, N 70° W streichenden Fläche eine etwas anders gebaute Scholle, aber ebenfalls mit vorherrschender N—S-Klüftung (siehe Abb. 2).

Ein weiteres Beispiel geordneter Klüftung ist die Griesgrube etwa 800 m ost-süd-östlich Zöschingen. Von Zöschingen ab liegen hier am nördlichen tieferen Talhang verschiedene Grieskuppen hinter-

¹ Bei den folgenden Beispielen maß ich längs einer ununterbrochenen Wandstrecke nur die etwa in 1 m Höhe über der Sohle auftretenden, saiger gestellten Klüfte.

einander etwa auf derselben Höhe auf unterlagerndem Marin. Das an 128 Klüften gemessene Profil ist etwa 15 m lang. In der Mitte der Grube wird es durch eine senkrechte, N—S streichende Verwerfung geschnitten, so daß zwei etwas verschieden geklüftete Schollen nebeneinander zu liegen kommen. Die Hauptkluftrichtungen der westlichen Scholle sind N 30—40° W (55,4%) und (als schwächere Gegenrichtung) N 50—60° O, die der östlichen Scholle etwas verschieden davon N 50—60° W (60%) bzw. N 30—40° O, also auch hier beidemal etwa senkrecht aufeinander, aber in keinem Fall parallel dem Talhang. — Von Bedeutung ist, daß sich vor der westlichen Scholle auf der Sohle der Grube Rutschstreifen fanden, die in N 50° O-Richtung (also senkrecht zur Hauptkluftrichtung!) verlaufen und einwandfrei (nach der Orientierung der Rillen) einen Druck aus SW und Bewegung nach NO (!) bezeugen. Mit Sprengschutt ist weder die Klüftung noch die Druckrichtung zu erklären. Am einfachsten ist es, eine Unterschiebung aus SW, wodurch die Druckbewegung und die Unterlagerung durch Marin verständlich werden, anzunehmen. Wir kommen also durch andere Überlegungen zu derselben Deutung, wie für die Griesse bei der Kapelle (vgl. SEEMANN, S. 138), nämlich als Aufschuppungen auf marines Tertiär. (Abb. 3a und 3b zeigen die Klüftrosen.)

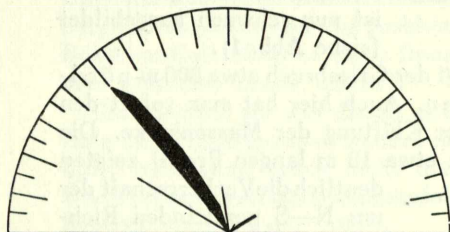


Abb. 3a.

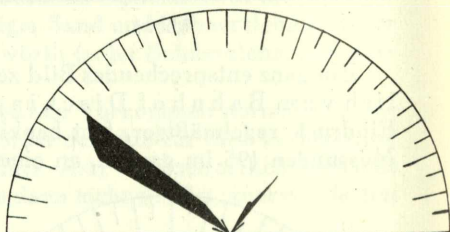


Abb. 3b.

Schließlich soll noch der Gries von Großkuchen (am Westrand der Neresheimer Senke) eingehender beschrieben werden. Die dort angestellten Messungen lieferten kein so klares Bild wie die bisher erwähnten Vorkommen: ziemlich regelmäßig geklüftete Partien liegen zwischen ganz unregelmäßigen, so daß die Hauptkluftrichtungen, die etwa N—S und O—W verlaufen, im Klüftstern (siehe Abb. 4) wenig heraustreten. An einem etwa 10 m langen Profil der Süd- wand wurden 107 Messungen ausgeführt. Sie geben ein wesentlich unklareres Bild, als der Aufschluß selbst. Immerhin findet die Beobachtung Medingers von Beziehungen zwischen Klüftung und Makrotechnik, d. h. einer

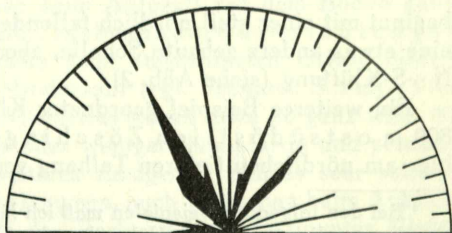


Abb. 4.

Ausprägung der O—W - Klüftung in der Nähe der Großkuchener Verwerfung, auch durch die Klüftung der Griesse eine Bestätigung. Sie sind, wie die anderen Griesse am Rand der Neresheimer Senke, an die hier verlaufenden Störungen gebunden und stammen nicht aus dem Ries, sonst müßten in der Senke selbst auch Griesse liegen (vgl. SEEMANN, S. 109/110). —

Die angeführten Fälle beziehen sich alle auf Massenkalk und können unmöglich durch Fallen der „Wurfschollen in alte, bei der Aussprengung des Rieskessels schon vorhanden gewesene Täler“, wie LÖFFLER (S. 130) von den Griesen im unteren Wörnitztal annimmt, erklärt werden. Woher käme denn dann die charakteristische, etwa rechtwinklige Kreuzung von Kluft und Gegenkluft? Im unteren Wörnitztal stehen Klüftung und Talhang offenbar insofern miteinander in Beziehung, als hier der Verlauf des Tales durch die Klüftung (d. h. Tektonik) bedingt ist und nicht umgekehrt.

Noch eindeutiger ist der tektonische Charakter bei der Klüftung bankiger Weißjurakalke. Auch auf diese Dinge habe ich schon in meiner Arbeit (S. 144) hingewiesen, leider ohne Erfolg. Es kann kein Zufall sein und ist auch nicht durch Aufprall auf dem Boden zu erklären, daß die eine Klufttrichtung parallel dem Streichen, die andere senkrecht dazu, d. h. parallel zum Fallen verläuft. Bei Falten ist diese Regel schon lange bekannt. Man trifft sie nicht nur im südlichen Vorries, wo ich sie bei Aufhausen, Rohrbach und Oppertshofen fand, sondern vor allem auch im Vorlandvorries bei den wurzellosen Schollen. Ein ausgezeichnetes Beispiel bietet der Weißjura- β -Steinbruch an der SW-Ecke des Schnittbühl (nördlich Bopfingen) (siehe Tafel III, Fig. 2). An einer Stelle sind die mit 35° nach N fallenden und N 70° W streichenden Bänke nach den Richtungen N 60 — 70° W und N 20 — 30° O geklüftet, und zwar ganz ausgezeichnet in dünnen parallelen Plättchen; an einer anderen Stelle streichen die Bänke N 30° W und sind nach den Richtungen N 30° W und N 50 — 60° O geklüftet. Von den verlagerten Weißjurakalken auf der Höhe östlich Aufhausen gilt entsprechendes: auch hier verläuft die Klüftung parallel bzw. senkrecht zum Streichen der Bänke.

Diese nicht zu übersehenden Gesetzmäßigkeiten in der Lagerung und Klüftung sprechen gegen eine Deutung der Trümmersmassen als Sprengschutt. Wenn daneben noch chaotische Lagerung und ungeordnete Klüftung vorkommen, so hat dies nichts zu sagen, denn bei tektonischen Bewegungen kann je nach dem Vorgang beides auftreten, Ordnung und Chaos. Außerdem ist es gar nicht nötig, alle Erscheinungen auf eine tektonische Formel zu bringen. In schwierigen Fällen kann immer noch auf vulkanische oder morphologische Möglichkeiten (örtliche Gasexplosionen bzw. spätere Verlagerungen) zurückgegriffen werden.

c) Wir kommen nun zum dritten Beweispunkt für die vulkanische Natur der Trümmersmassen im Vorries, der Auflagerung auf „im großen ganzen ungestörten“ Untergrund. Ist es wirklich nur so, wie LÖFFLER (S. 133) angibt, „daß zwar Störungen im Riesgebiet

beim Schichtenbau der Alb und ihres Vorlandes sich finden und daß diese Störungen mit der Annäherung an den Riesessel sich mehrten, daß aber trotzdem die Einheitlichkeit des Albkörpers gewahrt erscheint“, oder ist dieser nicht doch örtlich (auch im Vorries) stärker gestört?

Allerdings wenn man alle zertrümmerten Schollen im Vorries für ortsfremden Sprengschutt ansieht, bleibt für örtliche Untergrundzertrümmerung nichts mehr übrig. So kann man je nach dem theoretischen Standpunkt die auf Blatt Monheim (im südöstlichen Vorries) festgestellten Schollenzertrümmerungen ganz verschieden ausdeuten. Sobald man aber tektonische Gesetzmäßigkeiten einräumt — und das muß man meines Erachtens nach den oben geschilderten Tatsachen —, dann muß man auch eine stärkere Zertrümmerung des Albkörpers, als bisher angenommen wurde, auch im weiteren Vorries zugeben. Diese ist aber auch unmittelbar durch eindeutige Störungen des Untergrundes und den Zusammenhang dieser Störungen mit den Trümmernmassen zu beweisen. Sie können sich in Vergriesungen der Massenkalk oder Störungen der geschichteten Fazies des oberen Weißjura und des von der Rieszertrümmerung abgelagerten Tertiärs (Marin und Obere Süßwasserschichten) zeigen. Eine Übersicht über die Zertrümmerung des anstehenden Weißjura-Untergrundes habe ich schon in meiner Arbeit (S. 166, Abb. 5) gegeben. Da aber LÖFFLER diese Angaben nicht erwähnt, möchte ich das Wichtigste noch einmal mitteilen.

α) *Autochthone Vergriesung*, d. h. Vergriesung des anstehenden Massenkalkes — die geschichtete Fazies ist seltener vergriest —, ist im südlichen Vorries außerordentlich häufig. Sie wurde sogar von C. DEFFNER auf dem alten geologischen Blatt Bopfingen besonders angegeben, leider später von E. FRAAS mehr aus technischen Gründen wieder ausgemerzt. Ihre Anerkennung hängt allerdings zum Teil vom Standpunkt des Beobachters ab: vertritt man die übliche Ansicht einer starken Zertalung des Rieses und Vorrieses vor der Rieszertrümmerung, dann kann man einen Teil der auf die heutige Talsohle reichenden Griesse als ortsfremd ansehen. Ob sie nur auf der Talsohle aufsitzen (wie LÖFFLER meint, S. 137) oder ob sie unter die Talsohle reichen, ist nicht immer, aber doch in manchen Fällen zu entscheiden. Sicher autochthon sind die Griesse, die neben kompakten Massenkalken oder zwischen wenig gestörter bankiger Fazies auftreten. Beispiele hierfür sind die Griesse östlich Langenau (bei Ulm), im unteren Lonetal bei der Stettener Höhle und bei Burgberg, nördlich Hermingen bei Punkt 498, östlich Großkuchen im Tal, westlich Dorfmerkingen im Tal und im Ort selbst, westlich Kösing am Rotenberg, an vielen Stellen im Kesseltal, unteren Wörnitztal und oberen Ollachtal (östlich Harburg). Die Vergriesungen in diesen Tälern sind schon auf GÜMBELS ausgezeichnete Karte angegeben. Auch den Wellheimer Gries (ganz im O bei Gammersfeld) möchte ich hierher rechnen. Dafür spricht die starke Verbiegung der geschichteten Fazies des Oberen Weißjura in der Umgebung (gegen Einskeim zu). — Daß Gries autochthon in der Umgebung des Steinheimer Beckens vorkommt, habe ich in meiner

Arbeit schon erwähnt. So ist es keine Überraschung gewesen, als ich ihn am Rosenstein bei Gmünd und Teußerberg bei Essingen, also in der Nähe der „Albrandstörung“, auch fand. Da Vergriesung auch anderswo, z. B. im Hauptdolomit der Alpen in großer Verbreitung auftritt, ist an der Möglichkeit autochthoner Entstehung der Griesen nicht mehr zu zweifeln.

Sie wird zu allem Überfluß noch dadurch bewiesen, daß es einige Örtlichkeiten im südlichen Vorries gibt, wo über dem vergriesten Weißjura-Untergrund noch marines Tertiär liegt oder sicher zu erwarten wäre. So am östlichen Brenztalhang von Eselsburg bis Herbrechtingen, bei den Griesgruben nordwestlich und südöstlich Hohenmemmingen, nördlich Zirgesheim und bei Altisheim (die letzten beiden Orte östlich Donauwörth).

Die Ansicht, alle Griesen seien ortsfremd, ist also unhaltbar. Wir sind eher berechtigt (wie wir es in der Arbeit getan haben), zum mindesten die bis ins Tal reichenden Griesen für autochthon, d. h. durch örtliche tektonische Bewegungen entstanden, zu erklären, solange nicht das Gegenteil bewiesen wird. Voraussetzung für diese tektonische Vergriesung ist allerdings, daß die heutige Zertalung des Vorrieses noch nicht da war (siehe unten), die Massenkalken also noch nicht aus ihrer Umgebung herauspräpariert waren. Es muß dann die Neigung der zwischen der bankigen Fazies eingekeilten Massenkalken zur Vergriesung so stark gewesen sein, daß es nur geringfügiger tektonischer Bewegungen bedurfte, um sie herbeizuführen. Das ist für die Erklärung der außergewöhnlichen Erscheinungen im Vorries von großer Bedeutung.

β) Und nun zu den Störungen des übrigen Deckgebirges! Daß solche vorhanden sind, das bestätigen die geologischen Untersuchungen von MEDINGER im Neresheimer und von DEHM im Fünfstetten—Monheimer Gebiet. Die Zertrümmerung schafft entweder große, ziemlich unversehrte Schollen oder bis ins kleinste gehende Zerstückelung. Beide tektonischen Typen können nebeneinander liegen. Das gleiche würde eine genauere Kartierung des übrigen südlichen Vorrieses aufdecken, sicher kein ungestörtes Gebiet. Anzeichen hierfür kann man allorts entdecken.

So fand ich (vgl. SEEMANN, S. 166, Abb. 5) auffallende Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des bankigen Weißjura zwischen Mergelstetten und Heidenheim, östlich Oggenhausen, nördlich vom Schratenhof, nordwestlich Hohenmemmingen, westlich Landhausen bei Altenberg, am Götterberg zwischen Fleinheim und Dischingen, 1 km südlich vom Stettenhof (bei Demmingen), 1 km westlich vom Eichberger Hof (bei Lutzingen), 2 km nördlich davon oberhalb der Unterliezheimer Mühle (an den beiden letzten Orten entsprechen sich die Schollenverkipnungen vollständig, was nur bei tektonischer Einwirkung auf eine größere Scholle des anstoßenden Untergrundes verständlich ist) und bei Punkt 437 nördlich Graisbach.

Sicherlich sind dies nur die harmlosesten Störungen des Untergrundes, die als verhältnismäßig normal in dem großen Wirrwarr auffallen. Die wesentlicheren, tiefergreifenden und oft bis ins kleinste

gehenden Zertrümmerungen, die von den Griesen und bunten Trümmern begleitet werden, sind nur schwer und sicher erst bei ganz genauer Kartierung zu erfassen. In vielen Fällen hat man den Eindruck größerer Schuppungen, die sich in einem Wechsel von Griesen und ausgequetschten Gleitschichten (Keupertonen, Braunjura- α -Tonen und β -Sanden, tertiären Tonen und Sanden) andeuten. So z. B. südöstlich Altenberg, nördlich und östlich Zöschingen (siehe oben), nordwestlich Ballmertshofen, südlich Dischingen, nördlich Trugenhofen, östlich Iggenhausen (südlich Neresheim), südlich Katzenstein, im Tieftal westlich Fluertshäuserhof, zwischen Oberringingen und Hochdorf, nördlich Demmingen, zwischen Unter- und Obermagerbein (große Braunjura- β -Scholle), Nordhang des Spitzbergs bei Untermagerbein, bei Harburg, bei Wörnitzstein (Brunnen im Dorf), Punkt 464 westlich Donauwörth, am Schellenberg nördlich Donauwörth, am Wichtelesberg, nördlich Zirgesheim und nördlich Marxheim (östlich Donauwörth).

Auch wenn man die zuletzt angegebenen Schuppungen nicht gelten läßt, kann man von einer Ungestörtheit des Albkörpers kaum sprechen. Ebensovienig von einer „Unversehrtheit“ der Klifflinie und ungestörten Lagerung des marinen Tertiärs. Dann müßten doch zwischen Dischingen und Burgmagerbein (auf einer Strecke von 15 km Länge) an irgendeiner Stelle längs der „Klifflinie“ unter den „wurzellosten“ Griesen marine Sande oder Spuren des Kliffs zu finden sein! Ist es nicht auffallend, daß gerade längs der sicher tektonisch angelegten Klifflinie die bis zur Talsohle reichenden Griesen sich häufen? Die Griesen sind eben nicht wurzellos, sondern Zeugen des zertrümmerten Untergrundes. Auch die marinen Sande liegen längs ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze nicht ungestört, sondern immer gestört. So z. B. am Michelsberg bei Dischingen, nördlich Trugenhofen, nordöstlich Demmingen am Westhang des Vögelberges, nördlich Unterfinningen, nördlich Unterliezheim, südwestlich Oberliezheim, nördlich Oppertshofen am Plattenberg und nördlich Zirgesheim (östlich Donauwörth). Daß sie südlich von diesen Punkten großenteils normal liegen, ist nicht auffallend, im Zusammenhang mit der Abnahme der Störungen nach S (nicht SO!) sogar verständlich, und beweist nichts gegen die tektonische Hypothese.

γ) Zusammenhänge zwischen Untergrundszertrümmerung und ortsfremden Trümmern sind nach LÖFFLER (S. 133) „nicht einwandfrei nachgewiesen“. Diese Feststellung überrascht einigermaßen, nachdem doch lange Zeit die Zertrümmerung des Untergrundes am Sigart (nördlich Bopfingen) als Folge des Aufpralls des aus dem Ries geschleuderten Sprengschuttes angesehen worden war. Größere Störungen werden zwar längs der „Schollen- und Schuppenzone“ am Riesrand zugegeben. Im Vorries aber, in der „Zone der wurzellosen Schollen“, wo, wie wir gesehen haben, dieselben seitlichen Druckwirkungen auftreten, soll der Untergrund nicht stärker gestört sein. Die geologischen Karten täuschen freilich einen wenig gestörten Untergrund vor, der aber bei näherem Zusehen meist gar nicht vorhanden ist (vgl. SEEMANN, S. 96 ff.). Zum mindesten ist dieser in der

Nähe der Trümmermassen gestört. So im Voralbvorries: nördlich Bopfingen (an verschiedenen Stellen, auch bei Hohenbaldern¹), im W bei Wössingen und östlich Zipplingen, im NW nördlich Geislingen und südlich Raustetten, im N nordwestlich Schopflohe und westlich bzw. nördlich Hausen, im NO am Stichelberg und Hüssinger Berg, vermutlich auch (nähere Untersuchungen liegen hier nicht vor) bei den noch weiter nördlich liegenden Griesen bei Dornstadt, Aufhausen, Hohentrüdingen und anderen Orten. Dasselbe gilt für das Albvorries, also für die Trümmermassen am Lauchheimer Tunnel, südlich Bopfingen (Buchbergscholle), in der Umgebung der Neresheimer Senke, längs der tektonisch angelegten Klifflinie und für die östlichen Trümmergebiete von Fünfstetten, Weilheim, Wolferstadt und Döckingen, die deutlich herzynische, d. h. SO—NW streichende Tektonik (entsprechend dem Bau der Fränkischen Alb) zeigen.

Die meisten dieser im Voralb- und Alb-Vorries auftretenden „ortsfremden“ Trümmermassen kann man ohne weiteres tektonisch erklären (vgl. SEEMANN, S. 102), und zwar so, „daß infolge einer starken Zusammenpressung des Untergrundes das Deckgebirge übereinandergeschuppt“ wurde, wobei nicht nur die tonig-sandig-mergeligen jurassischen Schichten ausgequetscht wurden (wie bei Hohenbaldern und am Buchberg), sondern auch noch Fetzen von Braunjura, Keuper und Grundgebirge nach oben gepreßt wurden. Die Sprunghöhe der Störungen braucht nicht besonders groß zu sein (Blattverschiebungen). In schwierigeren Fällen (Lauchheimer Tunnel, Eichberger Hof, Stillnau) mögen zu diesen rein tektonischen Vorgängen später noch vulkanische (Sueviteruptionen oder Gasexplosionen) und morphologische (Verrutschungen, Verschwemmungen) gekommen sein, die das ursprüngliche Bild überdeckten und seine Entwirrung und Deutung heute so schwierig machen. Trotzdem ist es auch im Vorries heute noch möglich, an vielen Punkten Zusammenhänge zwischen „ortsfremden“ Trümmermassen und gestörtem Untergrund zu finden, die beim Ausbau einer Arbeitshypothese nicht einfach beiseite gelassen werden dürfen. Meines Erachtens genügen die vorgebrachten Tatsachen: Fehlen vulkanischen Materials in den Trümmermassen, Auftreten von tektonischen Gesetzmäßigkeiten in Klüftung und Lagerung, Störungen des Untergrundes und deren Zusammenhänge mit den auflagernden Trümmermassen, durchaus, um deren vorwiegend tektonischen Charakter sicherzustellen, selbst wenn man von den zweifelhaften Fällen absieht.

2. Die Herkunft der Trümmermassen aus dem Rieskessel.

Wie steht es nun mit der Begründung der Herkunft der Trümmermassen aus dem Rieskessel? LÖFFLER gibt dafür sechs Gründe an (S. 127f. und S. 137): die rundliche Form des Rieskessels, die Häufung der vulkanischen Punkte am Außenrand, die Entsprechung der Gesteine im Rieskessel und im Vorries, die Schuppung am Riesrand bzw. deren

¹ Die nach A. BENTZ hier im W vorbeiziehende Störung wurde auf Abb. 3a (SEEMANN, S. 101) versehentlich weggelassen.

nahezu vollständiges Fehlen im Vorries, die radiale Richtung der um das Ries herum auf Scheuerflächen auftretenden Schrammung und die Verbreitung der Trümmermassen.

a) Was die Form des Rieskessels betrifft, so ist zwar die Umrandung eine unregelmäßig runde, über den tieferen Untergrund aber wissen wir nicht viel. Schon die den Kesselboden bedeckenden Tertiärschichten und noch mehr die nur örtlich (am NW-, S- und O-Rand) hochkommenden größeren Grundgebirgsschollen zeigen Unregelmäßigkeiten an. Es ist deshalb noch lange nicht sicher, daß der äußeren Umrandung eine rundliche Form des tieferen Kessels (des „eigentlichen“ Sprengtrichters) entspricht. „Wahrscheinlich ist auch der ältere Untergrund hier unregelmäßig gebaut und das durch die Schweremessungen nachgewiesene Defizit könnte auch durch eine besonders tiefe Versenkung des älteren Deckgebirges verursacht sein.“ (Vgl. SEEMANN, S. 94.) Das wäre gerade das Gegenteil von Evakuierung. Bei dieser Unsicherheit beweist die Berechnung der Trichtergröße und der Masse des Sprengschuttes gar nichts. Die von jungtertiären Ablagerungen aufgefüllte Hohlform kann auf verschiedene Weise entstanden sein, auch morphologische Kräfte können (besonders bei der Ausgestaltung des Außenrandes) in Betracht gezogen werden. Die rundliche Form des Riesrandes ist mir nur insofern „nebensächlich“, als ich es ablehne, von ihr aus auf eine entsprechende Form des tieferen Untergrundes zu schließen.

b) Auf die Häufung der vulkanischen Tuffpunkte am Außenrand des Rieses komme ich später zu sprechen. Es ist aber jetzt schon zu betonen, daß Kesselbildung und Tufferuptionen zeitlich auseinanderfallen (siehe oben), also genetisch nicht gleichartig und auch nicht direkt zusammenhängend zu sein brauchen (vgl. SEEMANN, S. 133), und daß gerade, wenn man ihnen gleichartigen, d. h. vulkanischen Charakter gibt, die verschiedenartige Ausprägung und zeitliche Trennung der beiden Erscheinungen ein unlösbares Rätsel bleibt. Die zweifellos „kräftige Gasabgabe“ der Suevite bei ihrer Eruption kann nicht ohne weiteres als Ursache der früher schon erfolgten Rieszertrümmerung herbeigezogen werden. Auch die Besetzung des Kesselinnern mit Sprudel- und Sinterkalken, also Bildungen des ausklingenden Vulkanismus, beweist nichts für den Zusammenhang der Kesselbildung mit dem Vulkanismus der Tufferuptionen (vgl. LÖFFLER, S. 133 und S. 141).

c) Und nun zu dem Vorkommen gleichartiger Grundgebirgsgesteine im Rieskessel und beiden Trümmermassen im Vorries! Schon 1912 glaubte LÖFFLER im Vorries radiale Verbreitungsbezirke einzelner aus dem Ries stammender Gesteinstypen (z. B. Lierheimer Granit auf der N—S-Linie Schaffhausen, Rohrbach, Stillnau, Unterbissingen) feststellen zu können, gibt aber neuerdings selbst gerade von Stillnau an, daß „neben Granit die verschiedenartigsten Grundgebirgsgesteine“ sich finden (S. 128/129). Dies dürfte für die meisten Grundgebirgsvorkommen in den Vorries-Trümmer-

massen zutreffen, so daß ein Schluß auf die Herkunft aus dem Rieskessel mit Sicherheit nicht gezogen werden kann. Im übrigen zieht die Sprenghypothese gar nicht die Folgerungen aus ihrer Ansicht. „Wenn vor der Riesenexplosion der Albtrauf quer durch das Ries ging, der Sprengherd also in der Nähe des Albtraufs lag, dann mußten doch in jenem Gebiet (im Vorland-Vorries) wegen des Fehlens einer geschlossenen Weißjuradecke sehr viel mehr ältere Schichten ausgesprengt worden sein, also mehr Grundgebirge und Keuper auf Braunem und Schwarzem Jura liegen als Weißer Jura“ (SEEMANN, S. 86). Das ist aber nicht der Fall. Auch dort liegt meist Weißer Jura, manchmal auch Brauner Jura auf reduzierter Unterlage. Diese Tatsache fügt sich schwer in die Sprenghypothese, ebenso wie das Vorkommen von Solnhofener Schiefen im Gries bei Gammersfeld (siehe oben). Kann man unter diesen Umständen das Beweisstück radialer Verbreitungsbezirke der Ries- und Vorriesgesteine noch gelten lassen?

d) Zum Auftreten der Schuppen am Riesrand und im Vorries sagt LÖFFLER (S. 127), „daß in der unmittelbaren Umgebung des Rieskessels die dislozierten Gesteinsmassen häufig ihren Zusammenhang bewahrt haben und Schuppen bilden, die gegen das Ries zu einfallen. Draußen in der weiteren Umgebung des Kessels fehlt diese Schuppung nahezu ganz“. Tatsache ist, daß die dislozierten Gesteinsmassen nicht nur am Riesrand ihren Zusammenhang bewahrt haben, sondern mindestens ebenso häufig weit draußen im Vorries. Man braucht sich nur dort die Griesaufschlüsse mit gebankter Fazies ansehen (z. B. nördlich Altenberg, nordwestlich Stillnau, nördlich Oppertshofen und anderen Orten). Auch alle Massenkalkgriese mit geordneter Klüftung gehören hierher. Das ist ja gerade das Merkwürdige, daß bei der Sprengung riesige geschlossene Weißjuraschollen kilometerweit durch die Luft flogen und beim Aufprall ihren Zusammenhalt bewahrten! — Und was das Einfallen der Schuppen gegen das Ries anbetrifft, so kann man ebenso viele mit entgegengesetztem Fallen (also vom Ries weg) finden. GÜMPEL gibt dies sogar als die Regel an (vgl. SEEMANN, S. 73). Nach meinen Beobachtungen fallen die Schuppen an folgenden Orten nach außen: am Straßeneinschnitt SW Minderoffingen (nach NO), am Hohlweg südlich Groß-Sorheim (vorwiegend nach S), nördlich Wemding bis zur Linie Hagau—Wolferstadt (nach O bis NO, LÖFFLER ist anderer Ansicht), östlich und nordöstlich Amerbach (ebenfalls östliches bis nordöstliches Fallen), vor allem die Braunjura-Scholle bei Döckingen (nach NO fallend) und endlich im N bei Mögesheim (zum Teil nach NO fallend).

Die Schuppen des Riesrandes fallen also nach außen und innen ein, haben also für die Sprenghypothese keine Beweiskraft, ebenso wenig wie ihre Anordnung in radial vom Ries ausstrahlenden Zonen (die auch tektonisch verständlich ist; siehe unten) und die gar nicht begründete Annahme, daß sie draußen im Vorries fast ganz fehlen. Auch von diesem abgesehen, müßte die Sprengung eine ungeheuerere seitliche Druckwirkung ausgeübt haben. Dies erscheint mir aber deshalb unwahrschein-

lich, weil der seitliche Widerstand gegenüber einem schlagartig einsetzenden Druck viel zu groß war und dieser sich viel leichter nach oben Platz schaffen konnte.

e) Die Richtung der Rutschstreifen. An der Beobachtungstatsache, daß die Schrammung am Lauchheimer Tunnel, am Buchberg bei Bopfingen und im Rohrbachtal unterhalb Härtsfeldhausen (also am W- und SW-Rand) von W nach O, bei Harburg (am SO-Rand) von NW nach SO oder umgekehrt, bei Wemding und Weilheim (am O-Rand) von O nach W verläuft, habe ich nie „gerüttelt“. Ich habe nur darauf hingewiesen, daß auch noch andere Richtungen auftreten, daß den Rutschstreifen deshalb keine allzu große Bedeutung beizumessen sei und sie auch tektonisch gedeutet werden könnten: zum Teil als „radiale(!) Ausweichbewegungen“ an der breiten Stirn des nordwärts bewegten Keiles oder durch Unterschiebung entstanden (z. B. bei Harburg). Warum hier ein von S kommender Schub „völlig ausgeschlossen“ sein soll, verstehe ich nicht. Eine Unterschiebung von S her und eine Überschiebung von N her (die LÖFFLER annimmt) müssen doch auf der liegenden Scholle dieselbe Schrammung hervorrufen, ebenso wie bei der hangenden Scholle dieselben Stauchungen an der Stirn. Die Stauchungen müßten bei einer Unterschiebung im Gegenteil noch viel stärker sein! Wie will LÖFFLER entscheiden, welche Bewegung sich in Wirklichkeit abgespielt hat?

Sowohl die Schuppungen wie die Schrammungen sind bei einer horizontalen Nordbewegung eines aus Grund- und Deckgebirge bestehenden Keils gegen ein höher liegendes Vorland durchaus verständlich. Den ganz zutreffenden Vergleich mit einem Eisgang, bei dem die Schollen „verkantet, gekippt und übereinandergeschoben“ werden (LÖFFLER, S. 141), nehme ich gerne an. Die Bewegung des ausweichenden Deckgebirges ging im westlichen Vorries vorwiegend nach W, in geringerem Maße vielleicht auch nach N (z. B. bei der Neresheimer Scholle). Ich habe diese Westbewegung nie bestritten (vgl. SEEMANN, S. 102, 107 f., 111 f., 115, 122). Nur am O-Rand nahm ich mehr nördliche und nordöstliche Druck- und Bewegungsrichtungen an (S. 126), räume aber jetzt ohne weiteres mehr östliche Richtungen ein, nachdem die genauere Nachmessung der Rutschstreifen am Mittelweger Hof¹ (nordwestlich Fünfstetten) die Richtung N 85° W ergeben hat. LÖFFLER erwartet bei einer tektonischen Sachlage ganz allgemein nördliche Bewegungsrichtung (S. 135/136), „ausgeprägte Schublinien“ und „in der Richtung West-Ost sich erstreckende Schubwälle“ (S. 131), „große in Süd-Nordrichtung verlaufende Störungslinien“, und eine „Anordnung der Klippen in Ost-Westrichtung“ (S. 132). Ich habe dagegen immer wieder betont, daß die Bewegung der Schollen des an der Spitze und den Flanken, später auch am südlichen Riesrand und längs der Klifflinie zerbrochenen Keils sich nach allen möglichen Richtungen (bei Unterschiebungen sogar entgegen der Druckrichtung!) vollziehen kann, und daß die vertikale

¹ Nicht Mittelberger Hof, vgl. SEEMANN, Seite 164 und 165.

Verschiebung des Deckgebirges gerade bei einer horizontalen Bewegung des Keils nicht sonderlich groß zu sein braucht. Meist waren es wohl nur Blatt- (d. h. Horizontal-) Verschiebungen größerer im Verband gebliebener, vorzugsweise längs alten Tälern (Buchberggerölle!) zerbrochener Schollen, an deren Rand die Ausquetschungen, Aufpressungen und Überschiebungen sich abspielten. Und es wirkt nicht „überraschend, wenn man inmitten eines bunten Mosaiks von Trümmernmassen auf normale anstehende Gesteine des Untergrundes stößt“ (vgl. LÖFFLER, S. 131) und man „kilometerweit oberen Weißjura mit normaler toniger Albüberdeckung“ verfolgen kann. „Anstehende“ Schichten, d. h. tektonisch wenig beanspruchte Schollen können unmittelbar neben stark gestörten und zertrümmerten liegen und die Unterlage für die Trümmernmassen bilden. Daß keine Faltungen auftreten, ist bei der Starrheit des oberen Weißjura verständlich. Es liegt eben ausgeprägte Schollentektonik vor. — Die Richtungen der Klüfte und Rutschflächen der Griesse im südlichen Vorries (vorwiegend O—W und N—S) fügen sich gut in den großen Rahmen. Wo ist das Zentrum für diese „radialen“ Richtungen? Will man auch sie durch Aufprall des aus dem Ries kommenden Sprengschutts erklären?

f) Endlich führt LÖFFLER (S. 137) noch die Verbreitung der Trümmernmassen für ihre Herkunft aus dem Ries ins Feld: einerseits die Anhäufung „in den ins Ries mündenden Tälern“, andererseits „ihr allmähliches Ausklingen in den verschiedenen Himmelsrichtungen mit Ausnahme vom Süden, wo die Donau die Trümmernmassen abschneidet“

Darnach ist die Verbreitung eine ziemlich einseitige, d. h. nach S viel weiter ausgedehnt als nach N. Das ist aber doch gerade das Gegenteil von dem, was wir bei der Lage des Sprengherdes unter dem Alptrauf erwarten. Es müßte doch wegen der geringeren Dicke des Deckgebirges im N die Explosion in dieser Richtung vor allem sich Luft geschaffen haben! Diese schwer verständliche Einseitigkeit besteht auch ohne die bis in die Augsburger Gegend reichende „Zone der Reuterschen Blöcke“ allein für die „Zone der wurzellosen Schollen“. Die Verbreitung der Reuterschen Blöcke, gegen deren Herkunft aus dem Ries allerhand angeführt werden kann (siehe SEEMANN, S. 199), verzerrt das Bild noch mehr nach S zu.

Abgesehen von der allgemeinen Verbreitung kann auch die Anhäufung der Trümmernmassen in den ins Ries mündenden Tälern tektonisch gedeutet werden (siehe unten S. 86): die Zertrümmerungen werden von den Tälern aufgeschlossen und erscheinen deshalb in einem tief zertalten und bis in große Tiefe zertrümmerten Gebiet (um das Ries herum) besonders mächtig. Und die Tatsache, daß die Trümmernmassen nach den verschiedenen Himmelsrichtungen, abgesehen vom Süden, abnehmen, paßt besonders gut in unsere tektonische Vorstellung (Untergrundzertrümmerung, Herkunft des Druckes aus dem S (!), Abnahme der Druckwirkung nach W, N und O), während die Sprenghypothese diese Ausdehnung des Trümmergebietes nach S nur schwer erklären kann.

Also selbst wenn der Nachweis des vorwiegend tektonischen Charakters der Trümmernmassen nicht gelungen wäre, so zwingen auch die Form des Rieses, die Gesteinsbeschaffenheit der Trümmernmassen, die Schuppung am Riesrand, die Richtung der Schrammen und die Verbreitung der Trümmernmassen nicht zu der Annahme, daß die „Fremdmassen aus dem Rieskessel stammen“, d.h. durch vulkanische Kräfte ausgesprengt wurden. Die Ursache der Zertrümmerungen und Dislokationen im Ries und Vorries muß also außerhalb des Rieses gesucht werden, trotz LÖFFLERS „Widerlegung“ und der Autorität der Geologen, „die sich eingehender mit dem Ries beschäftigt“ haben.

3. Die Übertragung des alpinen Druckes über das Magma in der Tiefe.

Die vulkanische und tektonische Erklärung stimmen darin überein, daß „die Zeit- und Raumverhältnisse eine direkte Übertragung des alpinen Druckes auf Vorries und Ries erlauben“. Der Unterschied besteht nur darin, daß die tektonische Ansicht die Nordbewegung eines starren Erdkrustenteils, die vulkanische dagegen eine „Tiefenbewegung des latent-plastischen Untergrunds“, seine Vorpressung nach N und Hochpressung unter dem Ries annimmt (vgl. LÖFFLER, S. 133 und 142). LÖFFLER hält nämlich „das Tiefenmagma eher für befähigt, auf alpinen Druck zu reagieren, als das starre Gefüge des darüber befindlichen Grund- und Deckgebirges“ (S. 139). Aber darauf kommt es ja gar nicht an! Wichtig ist die Weiterleitung des Druckes, dem ein plastischer Körper doch eher ausweichen kann als ein starrer. LÖFFLER muß allerdings auf seinem Standpunkt bleiben, weil er damit allein die Einschmelzung des Grundgebirges erklären zu können meint. Folgerichtigerweise müßte er aber dann die Nordbewegung des Magmas für das ganze Vorland der Alpen fordern. Wo bleiben aber dort die Riesexplosionen, die der eigentlichen vulkanischen Tätigkeit vorausgehen müßten? Nirgends findet man etwas Derartiges. Im Schweizer Jura z. B. wurde durch den alpinen Druck auch die feste Erdkruste zusammengestaucht und das plastische Deckgebirge in Falten gelegt, ohne daß das Magma in der Tiefe dabei nach N bewegt wurde und dort in Aktion trat. Außerdem müßte eine Hochpressung des Magmas unter dem Ries doch eine Aufwölbung verursacht haben. Dabei wären aber wieder Spalten entstanden, durch die die Einschmelzungsgase hätten entweichen können!

Die vollständige Entsprechung der tektonischen Erscheinungen zwischen östlichem und westlichem Alpenvorland wird noch durch die Verhältnisse am Massiv von Serre bewiesen (siehe Abb. 5). Wie das Ries zwischen Schwarzwald und Bayerischem Wald, bildet das Massiv eine Kulmination zwischen Vogesen und Französischem Zentralplateau. Sie hat die Jurafaltung zwar abgebremst, aber durch den alpinen Druck wurde das Deckgebirge des Doubsgebietes unter das Grundgebirge geschoben. Dabei wurden die Ränder des Deckgebirges aufgebogen und

das Grundgebirge in die Höhe gepreßt, genau wie es beim Ries angenommen wird (vgl. SEEMANN, S. 166f.). Es ist gar nicht ausgeschlossen, daß hier die „Riesbarre“ (ein nördlicher Ausläufer des vindelizischen Höhenrückens) den „Prellbock“ bildete. Er wurde, wie bei Serre, gerade deshalb in die Höhe gepreßt, weil er vom Druck nicht überwunden wurde. Wir hätten damit auch das Rätsel gelöst, warum die Zertrümmerung „gerade im Ries zur Auswirkung kam“ (vgl. LÖFFLER, S. 142).

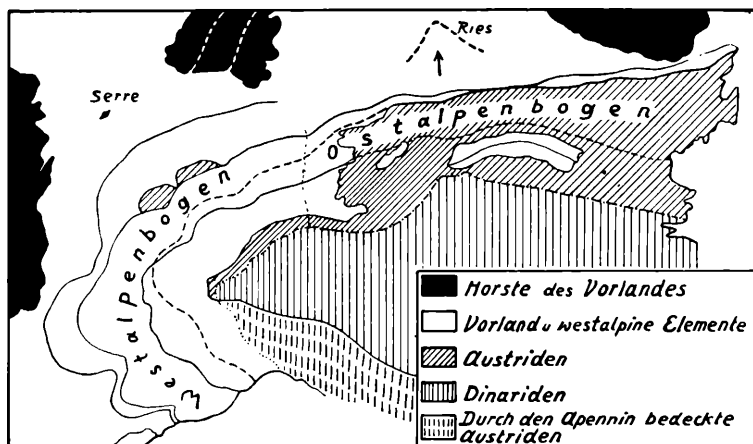


Abb. 5. Der Deckenbau der Alpen; nach R. STAUB.

Die tektonische Ansicht kann sich also auf eine in demselben tektonischen Rahmen abspielende Parallele stützen, während die vulkanische einen außergewöhnlichen, im Alpenvorland einzig dastehenden Sonderfall erklären muß. Auf keinen Fall zwingen die Einschmelzungen dazu, im Ries ein aufdringendes Magma anzunehmen. Es würde ja auch nirgends, weder in den Trümmernmassen noch in den Sueviten eine Spur davon gefunden. Heiße Gase und Dämpfe unter hohem Druck genügten vollständig zur Einschmelzung des Grundgebirges (vgl. SEEMANN, S. 82). Hoher Druck spielte dabei die Hauptrolle. Einen Anspruch auf Neuheit hat diese Ansicht nicht gemacht. Warum sie in ein tektonisches Bild besser paßt als in ein lakkolithisches, habe ich an derselben Stelle begründet: „Durch den seitlichen Druck, dem das Grundgebirge schwer ausweichen konnte, wurde es zum Teil in die Tiefe gepreßt, kam dadurch in Gebiete erhöhten Druckes und gesteigerter Temperatur und wurde zum Teil eingeschmolzen.“ Es besteht aber noch eine Möglichkeit: vielleicht sank das zusammengestauchte, überlastete Trümmergebiete, das mit seiner Umgebung nicht mehr im isostatischen Gleichgewicht stand, beim Nachlassen des seitlichen Druckes ein, so daß der Grundgebirgssockel in tiefere Regionen mit erhöhter Temperatur und gesteigertem Druck geriet. Welche von den beiden Annahmen zutrifft, ist vorerst nicht zu entscheiden.

Bei der Darstellung meines Standpunktes findet LÖFFLER (S. 138) einen Widerspruch zwischen einer früher geäußerten Ansicht, daß die Nordbewegung (des ostalpinen Faltenwulstes) das Magma in der Tiefe kaum nach N, womöglich bis ins Ries, gepreßt haben könne, und der später vertretenen Meinung, daß die alpine Faltung in ziemliche Tiefe (nach unten!) griff und auch das Magma bewegte. Das widerspricht sich doch nicht: zwischen Nordbewegung des Magmas und allgemeiner Mitbewegung in der Tiefe ist doch ein Unterschied! Ganz klar wird mein Standpunkt durch die nächsten Sätze: „Vor allem aber wurde die Erdkruste bewegt und diese nahm das Magma mit. Im Ries und Vorries wurde das Magma deshalb nicht in die Höhe gepreßt, sondern in die Tiefe (Unterschiebungen!).“ —

Hätten wir die Parallele zum Westen nicht, so wäre, trotz aller Überlegungen, eine sichere Entscheidung in der Frage der Übertragung des alpinen Druckes schwer zu treffen. Da aber einerseits für die tiefenmagmatische Übertragung nichts eindeutig spricht (auch die Einschmelzungen nicht), dagegen für die tektonische Übertragung eine Menge tektonischer Erscheinungen im Vorries und Ries und dazu noch die vollständige Entsprechung mit dem Westen ins Feld geführt werden können, müssen wir uns für den Weg über die feste Erdkruste entscheiden.

4. Die Selbständigkeit der vulkanischen Erscheinungen.

Von dem Beweis, daß die „vulkanischen Erscheinungen (Einschmelzungen, Gasexplosionen und Suevitdurchbrüche) von den tektonischen abhängig sind und nicht umgekehrt“ ist LÖFFLER am wenigsten überzeugt. Das ist verständlich, denn die Beweisführung ist im wesentlichen eine indirekte. Mit dem Nachweis, daß die Trümmersmassen im Vorries größtenteils nicht vulkanischer Natur sind, daß sie nicht aus dem Ries zu stammen brauchen und die Übertragung des alpinen Druckes höchstwahrscheinlich tektonisch war, ist der Wirkungsbereich vulkanischer Kräfte außerordentlich eingeschränkt. Lehnt man diese Nachweise ab und hält man an der vulkanischen Natur des Rieskessels und der ihn umgebenden Schwächezonen und Trümmersmassen fest, dann hat man natürlich keinen Grund, für die später einsetzenden, zweifellos vulkanischen Erscheinungen nach tektonischen Vorbedingungen zu suchen. LÖFFLER führt aber außerdem (wenn wir von der „kryptovulkanischen“ Explosionsphase absehen) für die Selbständigkeit des späteren Vulkanismus im wesentlichen zwei Gründe an (S. 138/139): die randliche Anordnung der Tuffpunkte um den Rieskessel bzw. die bogenförmige Anordnung im südlichen Vorries, und das Fehlen vulkanischer Tuffe im Südalvorries, besonders an den Grenzen der „Keilscholle“.

a) Ich habe nie bestritten, daß die vulkanischen Tuffpunkte um den Rieskessel „randlich“ angeordnet sind, wobei allerdings der Begriff Ries r a n d etwas weiter gefaßt ist als gewöhnlich. Die Durchbrüche sind aber, das zeigt die Übersichtskarte von SCHNELL (Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, Neue Folge, Band XIV, 1925, Tafel IV), nicht gleichmäßig verteilt. Sie sind am

nordwestlichen Riesrand („am westlichen und nördlichen“ war — das gebe ich zu — etwas zu weit gegriffen) verhältnismäßig selten. Hier sind aber auch im Vergleich zu anderen randlichen Gebieten die tektonischen Störungen geringfügig, und die Folgerung ist wohl richtig, daß „mit dem Abklingen der tektonischen Störungen auch die vulkanischen Durchbrüche seltener werden“. Es ist deshalb auch nicht richtig, daß der Vulkanismus bei Abhängigkeit von der Tektonik weiter nach Norden reichen müßte. Andererseits ist das Zusammentreffen von Suevit- und Gaseruptionen mit hochkommendem Grundgebirge, d. h. mit besonders tief reichender Zerrüttung des Untergrundes, augenscheinlich (vgl. SEEMANN, S. 190 f.). — Die auffallende Häufigkeit in der Nähe der Klifflinie ist sicher mit der dort auftretenden, besonders starken Deckgebirgszertrümmerung, der „Zone der verwurzelten Gries“, in Verbindung zu bringen (vgl. SEEMANN, S. 189).

b) Daß sich keine Tuffe im Südalbgebiet finden, hängt wohl damit zusammen, daß die vertikalen Schollenverschiebungen hier im allgemeinen geringer sind als im Ries, d. h. an der Spitze des Keils. Die häufigen Vorkommen kleiner Grundgebirgsfetzen in den Trümmernmassen können übrigens ohne weiteres mit örtlichen Gasexplosionen erklärt werden, wenn die tektonische Deutung versagt.

Von einem Fehlen der vulkanischen Tuffe an den Grenzen der Keilscholle kann auch keine Rede sein, denn diese fallen ja an der Spitze mit dem W-, N- und O-Rand des Rieses zusammen. Daß sie weiter im SW und SO durch Gasexplosionen vertreten werden, ist nach dem oben Gesagten gut möglich. Im übrigen hängt die Durchbruchsmöglichkeit für die vulkanischen Gase ganz von den örtlichen Verhältnissen ab, die je nach den Wirkungen des seitlichen Druckes und der späteren Zerrung an tektonisch ähnlichen Stellen ganz verschieden sein können.

Alles in allem besteht sicher eine Abhängigkeit der Tufferuptionen von der Tektonik, vorausgesetzt, daß man diese anerkennt. Die tektonisch (nicht vulkanisch) entstandenen Schwächezonen ermöglichten dem Schmelzfluß und seinen Gasen den Durchbruch. Allerdings erst beim Nachlassen des tektonischen Druckes, als der in der Tiefe gebildete alpine Faltenwulst unter Zerrung des Vorlandes aufzusteigen begann. Die nun freiwerdenden Gase brachen durch und rissen die eingeschmolzenen Massen mit.

5. Die Landschaftsgestaltung vor der Rieszertrümmerung.

Die Vorstellung der Auflagerung wurzelloser Massen auf wenig gestörtem Untergrund führt die vulkanischen Erklärungen zu der Annahme einer alten „präriesischen“ Landoberfläche, die etwa der heutigen entsprach und verhältnismäßig leicht durch Abdecken der „Schleierdecke“ rekonstruiert werden kann. Die geringe Veränderung der Landoberfläche seit der Rieszertrümmerung wird damit erklärt, daß das fließende Wasser genug zu tun hatte, bis die Trümmernmassen weggeräumt waren. Für diese Ansicht wurden verschiedene Gründe angeführt: „die Lage der Trümmernmassen auf alten Flußterrassen und

Scheuerflächen, die geringen Weißjurareste im Vorlandvorries und das Hinabreichen der Griese bis auf die heutige Talsohle im südlichen Vorries. Dazu ist aber einiges zu bemerken.

a) Die Lage von Trümmern auf alten Terrassen ist nicht zu bestreiten: Lauchheimer Tunnel, Sigart, Buchberg, Rohrbachtal unterhalb Härtsfeldhausen und Wörnitztal unterhalb Harburg sind solche Punkte. Aber immer handelt es sich hier um ganz kurze, meist hochgelegene Talstücke, die heute keine Fortsetzung mehr haben, am allerwenigsten im Unterlauf der heutigen Flüsse. Dies gilt für das untere Rohrbachtal, das mittlere und untere Kesseltal und das unterste Wörnitztal. „Außerdem ist die Höhenlage der Schotter infolge der (späteren) tektonischen und morphologischen Verlagerung nirgends mehr die ursprüngliche“ (SEEMANN, S. 186). Wir können mit ihnen unmöglich „Urtäler“ rekonstruieren. Unter diesen Umständen ist es auch gewagt, von einer „Anhäufung der Trümmern in den ins Ries mündenden Tälern“ zu sprechen (LÖFFLER, S. 137). Die Täler schließen die Trümmern am Hang nur besser auf. Auf der Höhe sind sie viel schwerer zu erkennen. Die „Scheuerflächen“ ohne Hinweis auf eine alte Talung (Wemding, Weilheim) sind für die Festlegung alter Landschaftsformen noch weniger zu gebrauchen, denn sie können auch tektonisch entstanden sein.

b) Die geringen Weißjurareste im heutigen Vorlandvorries befürworten noch lange nicht die Sprenghypothese, denn früher waren es sicher viel mehr. Das kann man aus dem Vorwiegen der Weißjuratrümmer über die anderen ortsfremden Gesteine (siehe oben) und den heute noch weit verbreiteten, stellenweise den nördlichen Riesrand bildenden jungtertiären Seekalkablagerungen schließen. Die spätere Abtragung hat hier nicht weniger gearbeitet als im westlichen Nachbargebiet. Was LÖFFLER an Tatsachen für stärkere Erosion vor der Rieszertrümmerung, für das Vorhandensein einer breiten, vom Hahnenkamm bis zur Eger reichenden „Urwörnitzbucht“ anführt (S. 137), beweist wenig: aus den mit Verwitterungslehm erfüllten Schlotten im Weißjura γ bei Wössingen schließt er „auf die damalige, mit dem untersten Weißjura γ endigende Landoberfläche“. „In der Bucht selbst war der Weißjura in einzelne Rücken und Vorberge aufgelöst und zum größten Teil bis auf den Weißjura β abgetragen.“ Damit ist aber doch noch keine Riesbucht bewiesen; die heutige Erosionstiefe geht doch wesentlich tiefer (im unteren Egertal bis auf Braunjura α !).

c) Und nun zu dem letzten Argument, den fast bis zur Talsohle reichenden Griesen im südlichen Vorries! Was davon zu halten ist, habe ich oben schon (S. 74) dargelegt. Es handelt sich bei ihnen sicher nur um tektonische Griese mit „durchgreifender“ Lagerung, soweit sie nicht später am Gehänge verrutscht oder verlagert wurden. Außer dieser tektonischen Natur der Griese spricht noch ein anderer Grund gegen das präriesische Alter der Täler im südlichen Vorries. An verschiedenen Stellen, z. B. Oggenhausen, Dischingen und anderen

Orten, liegen unter den Trümmernmassen noch obermiozäne Süßwasserschichten, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach in einem größeren Seebecken abgelagert wurden, das im Norden stellenweise sicher über die Klifflinie hinausgriff. Zum mindesten stand der Grundwasserspiegel und damit die Erosionsbasis kurz vor der Rieszertrümmerung gerade im südlichen Vorries ziemlich hoch und die Tertiärdecke war sicher kaum verletzt. Da aber nach der Sprenghypothese der Sprengschutt über eine tiefzertalte Landoberfläche fiel und deren Hohlformen ausfüllte, müssen diese vorher (also in einer unwahrscheinlich kurzen Zeit) eingetieft worden sein. Ich halte dies wegen der Tiefe der Täler und wegen ihrer jugendlichen Formen für ganz unmöglich; dagegen ist auf Grund der Verbreitung des Süßwassertertiärs auch in den Trümmerschichten sehr wahrscheinlich, daß „die tektonischen Bewegungen sich größtenteils unter Wasser abspielten“. Damit und mit späterer Verlagerung und Verschwemmung¹ könnte man die „wirre“ Tektonik der Rieszertrümmerung am besten erklären.

So zwingt uns eigentlich keine einzige Tatsache, anzunehmen, daß der Albtrauf vor der Rieszertrümmerung quer durch das Ries ging, und für die Lage der ortsfremden Weißjuramassen (der „Klippen“) konnten wir oben schon (S. 77) einen tektonischen Grund angeben. Ebenso ist die Annahme wohl berechtigt, daß im südlichen Albvorries die heutigen Täler (Brenz-, Egau-, Kessel- und unteres Würnitztal) verhältnismäßig jung (sicher nicht älter als pliozän) sind. Die Landschaftsgestaltung im Ries und Vorries war also zur Zeit der Rieszertrümmerung eine ganz andere als die heutige. Lehnt man diese durch nichts widerlegte Folgerung ab, dann gerät man in unlösbare Schwierigkeiten.

Zusammenfassung und Folgerungen.

Man kann wohl, ohne anmaßend zu sein, sagen, daß die vulkanische Erklärung des Nördlinger Rieses noch lange nicht gesichert ist und die Sprenghypothese, wie LÖFFLER sie vertritt, die eingangs verlangten Nachweise nicht zu liefern vermocht hat. Ihre „vulkanische Bedingtheit“ ist also gar nicht da. Man ist deshalb, ob man will oder nicht, gezwungen, nach einer anderen Erklärung zu suchen.

Daß diese vorwiegend tektonisch sein muß, folgt aus den zahllosen tektonischen Erscheinungen, denen wir im Ries und Vorries auf Schritt und Tritt begegnen, sobald wir sie sehen gelernt haben. Welch unbegrenzte Möglichkeiten bei tektonischen Zertrümmerungen und Überschiebungen gegeben sind, haben uns die neueren Arbeiten O. AMPFERERS in den Lechtaler Alpen gezeigt. Da unser Gebiet in dem Machtbereich alpiner Tektonik liegt, vielleicht sogar im Vorlandsbereich eines selbst-

¹ Nach der Unterwasserssetzung im jüngsten Obermiozän wurde im Pliozän das Trümmergebiet gehoben und trockengelegt. Dabei konnten tiefe Auswaschungsfurchen in die lockeren Massen eingegraben werden, die sich durch seitliches Zusammengleiten immer wieder auffüllten. Diese vollständig chaotische Lagerung konnte (allerdings nur unter Tage) im Grubengebiet bei Amberg (Oberpfalz) immer wieder beobachtet werden.

ständigen Ostalpenbogens (vgl. M. RICHTER), und die Druckkräfte durch die verhältnismäßig starre Masse des vindelizischen Widerlagers nach Norden übertragen werden konnten, dürfen wir mit bedeutender Tektonik rechnen. Dazu kommt, daß das Ries die Stelle ist, die durch entgegengesetzt gerichtete synorogenetische Bewegungen der schwäbischen und fränkischen Jurascholle in der Kreide und im Tertiär schon stark zerbrochen war (vgl. SEEMANN, diese Jahreshefte, 82. Jahrgang, 1926, S. XXXVII).

Wir nehmen also an, daß bei der Alpenfaltung das nördliche Vorland mehr oder weniger nach Norden gepreßt wurde, besonders stark innerhalb eines keilförmigen Raumes in der Mitte zwischen Schwarzwald und Bayerischem Wald. Die fast rechtwinklige Spitze dieser „Keilscholle“ liegt am Nordrand des Rieses. Sie ist zwischen Ulm und Neuburg a. D. gegen 90 km breit und verbreitert sich vermutlich gegen Süden unter dem jungen Deckgebirge verhüllt bis zum Alpennordrand immer mehr. Man kann also nicht gut von einer „schmalen Zone“ reden. Daß dieser stärker als seine Nachbargebiete nach Norden gepreßte Keil sein Vorland beeinflußt hat, geht aus der nach G. WAGNER und P. DORN zusammengestellten Streichlinienkarte hervor (vgl. SEEMANN, S. 168, Abb. 6). Eine harmlose „Einsenkung“ sieht anders aus: vor der Spitze im Norden liegt ein bogenförmiger Aufpressungs- und Senkungsstreifen, nach Süden folgt die „Riessenke“, die erste Anlage des späteren Rieses. Die Fränkische Alb ist in herzynisch streichende Sättel und Mulden verbogen, während die Schwäbische Alb lediglich stark in die Tiefe gepreßt wurde.

Durch besondere Umstände, den vertikalen Wechsel von nachgiebigen und starren Schichten („Stockwerkstektonik“) und die durchgreifende Einlagerung spröder Massenkalkstotzen im Deckgebirge („Stotzen-tektonik“, verwandt mit Magmatektonik), entstand bei der Nordpressung eine besondere Art tektonischer Zertrümmerung, die oft schwer zu deuten ist. Dazu kamen, was nicht außer acht gelassen werden darf, später noch vulkanische und morphologische Ereignisse, so daß schließlich Lagerungsverhältnisse entstanden, die von „Chaos“ nicht weit entfernt sind. Einseitig tektonisch habe ich diese Dinge nie angesehen. Mir daraus den Vorwurf „viel zu allgemeiner“, „vager“ und „sich widersprechender“ Vorstellungen zu machen, ist leicht. Für die Sprenghypothese gibt es bei den Trümmern natürlich keine Probleme. Sie sieht überall „Sprengschutt“. Es ist nur die Frage, ob sie dabei nicht das eigentliche Problem übersieht, das erst mit der Entdeckung von Gesetzmäßigkeiten im Chaos aus den Erscheinungen heraustritt. Ich bin überzeugt, daß man durch den sinngemäßen Einsatz der in Frage kommenden Kräfte allmählich den Wirrwarr in gesetzmäßig ablaufende Geschichte auflösen kann. Den Anfang dazu habe ich mit meinem „Versuch“ gemacht.

Er wollte und will sich nicht in einer Kritik der Sprenghypothese erschöpfen. Deren größte Schwäche ist, daß sie die tektonische Bedingtheit und Prägung des Trümmergebietes zwischen Fränkischer

und Schwäbischer Alb übersieht, so daß sie schließlich gestehen muß, vorerst nicht erklären zu können, warum es im Ries zu der auf der ganzen Welt einzigartigen Riesenexplosion kam. Warum denn soll der Vulkanismus gerade im Schwabenland anormal sein? Lohnt es sich wirklich nicht, den erst angefangenen Weg weiter zu gehen? Hier scheint sich die seltene Möglichkeit zu bieten, in den großen Fragen des Verhältnisses von Vulkanismus und Tektonik ein Stück weiter zu kommen. Im Ries liegt gut faßbar eine scharfe zeitliche Trennung tektonischer und vulkanischer Ereignisse vor, die den Ablauf und die Wirkungsweise beider oft ineinander gehender und sich überdeckender Kräftegruppen hell beleuchtet.



Fig. 2. Ortsfremde Weißjura - β - Scholle am Schnittbühl
(nördlich Bopfingen).



Fig. 1. Ortsfremder Massenkalk-Gries mit geordneter Klüftung westlich der Guldesmühle (südlich Dischingen).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1940

Band/Volume: [96](#)

Autor(en)/Author(s): Seemann Reinhold

Artikel/Article: [Ist die vulkanische Erklärung des Nördlinger Rieses wirklich gesichert? 67-89](#)