

Die Landschaftsformen – unter anderen als heutigen Bedingungen entstanden

Manfred Stephan, Lerchenweg 26, 71394 Kernen

Zusammenfassung: Detlef BUSCHE, Jürgen KEMPF und Ingrid STENGEL vertreten in ihrem Buch „Landschaftsformen der Erde“ die These, daß viele Landschaftsformen sehr wahrscheinlich *nicht* unter den heutigen Klimabedingungen entstanden sind. Das steht in Spannung zum Aktualismus-Prinzip. Ausgangspunkt ihrer Hypothese ist die weltweite Verbreitung chemisch zersetzten Gesteins, das oft bis in mehrere hundert Meter Tiefe reicht – soweit es nicht abgetragen wurde. Die Andersartigkeit des heutigen Klimas zeige sich daran, daß „im Laufe des jüngeren Tertiärs ... die Leistungsfähigkeit der chemischen Verwitterung diskontinuierlich abgenommen“ habe (S. 22, 51). Zu dieser enormen Gesteinszersetzung sei wahrscheinlich ein noch exzessiveres Klima als das der heutigen feuchten Tropen nötig. Das zersetzte, weiche Gestein konnte dann leicht flächenhaft abgespült werden. Damit wird besonders die Entstehung der Flächenlandschaften (Rumpfflächen) erklärt, „die ausgedehnteste festländische Reliefform“ der Erde (S. 74). Zwei Fragen stellen sich: Ist dafür allein bzw. primär das Klima verantwortlich? Und: Wie rasch konnten diese Prozesse ablaufen?

Anhand der Entstehung der Felstürme des Elbsandsteingebirges, der Kalkauflösungsprozesse am Donautal, der Bildung des Steilrandes der Schwäbischen Alb und der Herkunft von Sandsteinen in Perm und Trias wird diskutiert, wieweit dieser Erklärungsansatz für ein geologisches Kurzzeitmodell der Erdgeschichte hilfreich sein könnte.

Das heutige Klima – einmalig in der Erdgeschichte.

Was ist das Besondere an dem Geomorphologie-Lehrbuch von BUSCHE, KEMPF und STENDEL? Die Autoren gehen davon aus, daß viele Landschaftsformen der Erde sehr wahrscheinlich *nicht* unter den Bedingungen entstanden sind, die heute auf der Erde herrschen. Das steht in Spannung zum Prinzip des Aktualismus, das im wesentlichen die heutigen Entstehungsverhältnisse auf die geologische Vergangenheit überträgt. Es wird die Position vertreten, das Klima sei der Primäraspekt für die Gestaltung der Erdoberfläche. Dabei nehmen die Autoren an – wie in der Einleitung (S. 11-31) dargelegt wird –, das heutige Klima sei „selbst im Vergleich zu früheren Warmzeiten des Quartärs eine Ausnahme, möglicherweise sogar eine Singularität in der Klimageschichte der Erde“ (S. 15). Dennoch beanspruchen die Verfasser, den Aktualismus zu vertreten – wobei die Problematik dieses *regulativen*

Prinzips der Geowissenschaften auch in seiner Definitionsbreite liegt (vgl. ENGELHARDT & ZIMMERMANN 1983, 350-368).

Die Autoren vertreten den Aktualismus in der Form, daß „zwar die naturwissenschaftlichen Grundgesetzmäßigkeiten im Verlauf der Erd- und Reliefgeschichte gleich geblieben sind, nicht aber deren Vergesellschaftung“ (S. 11). Was damit gemeint ist, wird leider nicht dargelegt; offenbar meinen sie, daß früher ein anderes Beziehungsgefüge, ein abweichendes Zusammenspiel physikalisch-chemischer Prozesse geherrscht habe.

Ein ungewöhnlicher Ansatz eines Geomorphologie-Lehrbuchs

Dies führte nach Ansicht der Autoren fast in der ganzen Erdgeschichte zu einem *exzessiven Tropenklima*. Erst „im Laufe des jüngeren Tertiärs, gegen Ende der tropoiden Alterde“, ließ „die Intensität der chemischen Verwitterung und der damit verbundenen leichten Abtragung“ nach (S. 22). Als Beleg wird angeführt, daß nur *vor* dem ausgehenden Tertiär die großen Ebenen (*Rumpfflächen*) gebildet wurden; sie sind „nicht nur die ausgedehnteste festländische Reliefform, sondern auch nach über einhundert Jahren Forschung immer noch die umstrittenste“ (S. 74).

Vor der Eiszeit fast nur Flächenbildung, erst dann endgültig Entstehung der Täler.

Die „im Spätertär abnehmende Intensität der chemischen Verwitterung“ führte „dazu, dass nicht mehr in allen Gesteinen die Hebung weitestgehend durch Abtragung kompensiert werden konnte“ (S. 88). Daher wurde erst jetzt der Prozeß der Flächenbildung *primär* „durch Talbildung ersetzt“ (S. 148). Das heißt, erst im eiszeitlichen Quartär (Pleistozän) bildete sich ein ausgeprägtes Oberflächenrelief auf der Erde – abgesehen von der Episode der permokarbonischen Eiszeit (vgl. SCHEVEN 1991) und früherer Vergletscherungen. Die Vereisung im Karbon und Perm wäre nach Ansicht der Autoren „vielleicht die einzige Zeit der jüngeren Erdgeschichte mit einer ähnlichen Reliefentwicklung wie der des Quartärs gewesen“ (S. 19). Bedeutsam ist allerdings die Einschränkung, daß „keine Spuren sedimentbegrabener, zertalter höherer Gebirge aus jener Zeit bekannt sind“ (S. 21); das scheint auch für die Eiszeit-Hypothese der sog. „Schneeball-Erde“ im Jungpräkambrium zu gelten (vgl. STEPHAN 2004).

Die Autoren erwägen einerseits zwar, daß die Flächenbildung „auch in den heutigen feuchten Tropen nur in bevorzugten Arealen (noch?)“ weitergeht (S. 28; vgl. S. 148). Andererseits äußern sie aber grundsätzliche Zweifel, „ob das heutige feucht-tropische Klima selbst in seinen Extremen für Flächenbildung ausreicht“. Zur Begründung verweisen sie auf „die geradezu extreme Zerschneidung tektonisch junger, teils erst im Pleistozän entstandener Gebirgsbereiche in den feuchten Tropen“. Mit Zerschneidung der sich heraushebenden Gebirge ist die enorme Eintiefung der Täler gemeint; dadurch wurde die Hochgebirgs-Morphologie herauspräpariert. Sie verweisen auch auf die umfangreiche alttertiäre Bauxit-Bildung; demgegenüber wird heute „wohl nirgendwo mehr in großem Umfang Bauxit gebildet“.

Ihre Hypothese impliziert also – wie die Autoren selbst betonen – „die schwer beweisbare Annahme“, daß noch das „tertiäre Flächenbildungsklima Charakteristika hatte, die keinem der heutigen Klimate entsprachen, auch nicht denen der feuchten Tropen“ (S. 28). Der „historisch-genetische Ansatz“ des Buches steht nach eigener Einschätzung „im deutlichen Gegensatz“ besonders zur „angelsächsischen Geomorphologie“, die aus detailliert erforschten heutigen Prozessen auf die Vergangenheit zurückschließt. Die Autoren sind jedoch der Ansicht, „dass die Analyse rezenter [= heute ablaufender] Prozesse oft nicht geeignet ist, den Formenschatz, in dem diese untersucht werden, zu erklären“ (S. 31). So verwundert es nicht, daß der Erstautor – Lehrstuhlinhaber für Geographie an der Universität Würzburg – im Vorwort seine Kollegen bittet, „eventuelle empörte Reaktionen“ an ihn zu richten (S. 9).



Abb. 1: Eindrucksvolle Felsmonumente des Elbsandsteingebirges. Durch tektonische Bewegungen wurde der Quadersandstein (Oberkreide) zunächst mit einem Netz feiner, senkrechter Gesteinsfugen (Klüfte) durchzogen. Nach dem Lehrbuch von BUSCHE und Mitarbeitern griff die tertiäre Intensivzersetzung des Gesteins von oben entlang der Klüfte in die Tiefe und erweiterte sie zu Spalten. Die Herausmodellierung der Felstürme erfolgte primär durch anschließende Auswaschung des zersetzten Gesteins aus den Spalten. Durch Einsturz instabil gewordener Felsnadeln wurden die Felsgruppen dann zusätzlich voneinander separiert.

Sehr wichtig: Exzessive Tiefenzersezung der Gesteine. Von zentraler Bedeutung für das Lehrbuch ist die „chemische Intensivverwitterung“ der Gesteine. Diese Zone kann – soweit sie nicht abgetragen wurde – „bis zu mehrere hundert Meter in die Tiefe“ reichen. Unter dem tropischen Rotlehm (Latosol) „von nur wenigen Metern“ Mächtigkeit ist oft das Gestein bis in große Tiefen zersetzt. Der zersetzte Bereich wird als „Dekompositionssphäre“ bezeichnet; das Produkt heißt *Saprolit*, drastisch wörtlich „verfaultes Gestein“ (S. 29). Dieser Prozeß hat nach den Autoren wohl nichts mit Entstehung von Böden zu tun; „der größte Teil der Intensivverwitterung hat ... wahrscheinlich ohne die biogenen Prozesse der Bodenbildung als Saprolitisierung stattgefunden“ (S. 72). Das wird allerdings nicht weiter erklärt. Anders als der tropische Rotlehm behält Saprolit vielfach die Gesteinsstruktur, also das bergfrische Aussehen, und er ist standfest. Dennoch ist er so plastisch-weich, daß z.B. ehemaliges druckumgewandeltes (metamorphes) Gestein im standfesten Zustand einfach durch einen Bagger weggeschoben werden kann (Dominikanische Republik). Oder in zersetzten, nun plastischen „Granit“ mit erhaltener Gesteinsstruktur läßt sich problemlos eine Hammerschneide hineinschlagen (USA) bzw. in ehemaliges metamorphes Gestein aus dem Spessart sogar eine Stecknadel hineindrücken (S. 66/67; vgl. S. 74). Eine etwas andere Form der Gesteinszersezung ist bei Sandsteinen bis in über 400 m Tiefe zu beobachten: Zahllose höhlengroße Räume sind herausgelöst worden, so daß der Sandstein an Schweizer Käse erinnert; das wird als *Sandsteinkarst* bezeichnet (Niger; Sahelzone, Afrika; S. 29, 64/65).

Zerlegung des Elbsandsteingebirges in Felstürme – kurzzeitig?

Die Entstehung der berühmten Türme und Felsmonumente des Elbsandsteingebirges (Sächsische Schweiz; Abb. 1) wird so erklärt: Zunächst hatten tektonische Bewegungen den harten Quadersandstein mit einem dichten Kluftnetz durchzogen, das etwa rechtwinklig verläuft (ROTHE 2005, 114). Dann griff die tertiäre Intensivzersezung entlang der senkrechten Klüfte hunderte Meter in die Tiefe. Später, nachdem der Ur-Elbestrom im Pleistozän den Elbtal-Canyon ausgeräumt hatte (S. 167), wurde der Saprolit, der die zersetzungsbedingt erweiterten Klüfte ausfüllte, durch Regenwasser in die Elbe gespült und so die Felstürme herauspräpariert (S. 73). Letzteres trifft wohl zu, problematisch ist aber ersteres. Denn da „waagerechte Schichtung und senkrechte Klüftung“ bestimmend für den Quadersandstein ist (WAGENBRETH & STEINER 1990, 168), erscheint es seltsam, daß die Saprolitisierung sich „offenbar ... auf die Kluftbereiche beschränkt“ hat (S. 72). Warum drang der chemische Zersetzungsprozeß von den Klüften nicht ebenso aggressiv in die zahl-

losen, waagerechten Schichtfugen ein und saprolitisierte das Sandsteingebirge komplett? Oder verlief die senkrechte Zersetzung entlang der Klüfte zu kurzzeitig, um den Quadersandstein insgesamt zu erfassen?

Allgemein sprechen die Autoren beim Thema Sandsteinkarst von „noch weitgehend unverstandenen“ Prozessen; sie gehören „noch in die Hochzeit der tropoiden Alterde, im Charakter vermutlich ‚noch‘ tropischer als im Gebiet der südamerikanischen Vorkommen, denn auch von dort sind nur Vorzeitformen beschrieben worden“ (S. 64), d.h. nur Oberflächenformen, die in der geologischen Vorzeit gebildet wurden. Die Autoren geben Beispiele saprolitischer Gesteinszersetzung bis zurück ins Paläozoikum (S. 74), häufig sogar bis ins Präkambrium! (S. 29, 82, 90, 92, 173, 179, 184).

Rasche Abtragung des zersetzten Gesteins. Für die Gesteinsabtragung (Erosion) ist die vorherige Saprolitisierung besonders wichtig. Denn infolge der „Verfaulung“ des Gesteins wurde die „geomorphologische Gesteins Härte“ stark herabgesetzt (S. 18), daher unterliegt der plastisch-weiße Saprolit natürlich der „leichten Abtragung“ (S. 22). Wenn etwa eine darüber abgelagerte, harte Sedimentschicht erodiert ist, kann „die Ausräumung des bereits vorverwitterten Gesteins darunter sehr schnell abgelaufen sein“ (S. 79). Sollte sich bestätigen, daß diese tiefgreifende Gesteinszersetzung selbst in *heutigen* Tropen nicht mehr stattfindet, müßte gefragt werden, ob dieser Prozeß vor dem Quartär tatsächlich klimatisch verursacht wurde oder ob er zusätzlich bzw. vollständig auf andere (chemische) Ursachen zurückgehen könnte; ferner, welche Zeit solche Abläufe beanspruchen. Das wäre sehr bedeutsam, denn *katastrophische* Abtragungsprozesse können heutige Landschaftsformen längst nicht vollständig erklären, wie folgendes Beispiel zeigt.

Kalkauflösung am oberen Donautal. Das obere Donautal ist tief in den Weißjurakalk der südwestlichen Schwäbischen Alb eingeschnitten. Oberhalb dieses Canyons liegt die zumeist aus Quarzgeröllen bestehende dünne Schotterstreu der pliozänen (jungtertiären) Ur-Donau auf den Äckern. Die relikthaften Geröllvorkommen zeichnen den Verlauf des einstigen Donau-Vorläuferstroms nach, etwa parallel zum heutigen Tal (z.B. SCHREINER 1992, 81; VILLINGER 1998, 367, 386/387). Die Schotterstreu bedeckt ein hügelig-kuppiges Relief aus Weißjurakalk mit Höhenunterschieden von mehreren Dutzenden Metern. Entlang des Verlaufs der Schotterstreu-Vorkommen, z.B. im Raum Irndorf – Schloß Werenwag – Schwenningen/Heuberg (RUTTE 1987, 53/54), ist also das einst mehrere km breite, flache Ur-Donautal nicht mehr vorhanden; übrig geblieben ist nur eine kuppige Oberfläche (Abb. 2). Daraus geht hervor: Die Karbonate sind durch

Zum Aufbau des Bildatlas von BUSCHE et al.

In 26 Hauptthemen-Kapiteln werden die Unterabschnitte gewöhnlich auf zwei nebeneinander stehenden Seiten (knapp) behandelt, aber mit vielen Querverweisen auf andere Unterabschnitte (und auf Spezialliteratur; S. 338-345). Damit wird der Inhalt vernetzt und die Information vertieft. Pro Seite dienen 1 bis 3 Farbfotos der Erläuterung. Sie zeigen zumeist gut gewählte geomorphologische Beispiele aus vielen Teilen der Erde. Die Darstellung in diesem Artikel kann davon nur einen ausschnitthaften, wenn auch sehr wichtigen Aspekt, behandeln. Nicht unmittelbar verständliche Foto-Details werden oft durch farbige Skizzen erläutert. Ent-

gegen dem ersten Eindruck ist der Bildatlas als Lehrbuch in spezifischer Fachsprache abgefaßt – deshalb waren die Autoren schon im ersten Satz des Vorworts: „Nein, dies ist *kein* Bildband!“ (S. 8). Ein Lernziel ist, „beim Durcharbeiten der Texte auch ein umfangreiches geomorphologisches Arbeitsvokabular“ zu erwerben (S. 9). Diese Fachbegriffe sind im Text fett gedruckt. Das Buch enthält kein Glossar; der Leser muß mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses (S. 5-7) sowie detaillierter Regional- und Sachregister (S. 346-360) die Bedeutung der Fachausdrücke im Text nachschlagen.

Lösungsprozesse (Karst), die unter den Schottern abliefern, nach und nach weggeführt worden. Dadurch wurde die Weißjura-Oberfläche um Dutzende von Metern tiefer gelegt und, je nach Widerstandskraft der verschiedenen Karbonate (etwa dolomitisierte oder grobkristalline Massenkalk bzw. gebankte Kalk), das heutige kuppige Relief herauspräpariert. Denn enorme Spülprozesse können nicht für den Abtransport des Kalkes angenommen werden: Wasserfluten hätten auch die Gerölle der Ur-Donau von zumeist nur wenigen cm Durchmesser weggeschwemmt; fließendes Wasser war ferner nicht in der Lage, das *unregelmäßige* Kuppenrelief herauszupräparieren.

Hier hilft möglicherweise der Ansatz des Bildatlas von BUSCHE et al. weiter, wonach „noch bis zum Ende des Pliozäns Flächenbildung herrschte“ (S. 25; vgl. S. 29, 71, 115); das bedeutet auch *beson-*



Abb. 2: Blick vom Eichfelsen bei Irndorf ins obere Donautal. Links auf dem Felsen Schloss Werenwag. Viele Areale auf den kuppigen Weißjura-Hochflächen links des tief eingeschnittenen Canyons – ca. 200 m über der Talsohle – sind mit der Schotterstreu der voreiszeitlichen (pliozänen) Ur-Donau bedeckt. Erst während der Eiszeit (Pleistozän) schnitt sich der damals viel mächtigere, noch einen Teil der Westalpen entwässernde Strom in die sich hebende Oberfläche der Schwäbischen Alb ein.

Abb 3: Die Gerölle der Juranagelfluh (Hammer als Größenmaßstab) sind in gelbbraunen Mergel eingebettet. Bei dem Grobsediment handelt es sich um Abtragungsprodukte mächtiger Schichtverbände, die einst den Schwarzwald bedeckt haben (Tengen/Hegau).



ders intensive Gesteinszersetzung bzw. Kalklösung (S. 46, 51, 53, 56-60). Dies könnte eventuell einen Denkansatz darstellen, der bei der Gestaltung dieser Weißjura-Oberfläche im Rahmen eines alternativen geologischen Kurzzeit-Ansatzes zu berücksichtigen ist.

Steilrandbildung der Schwäbisch-Fränkischen Alb erst in der Eiszeit? Ein bekanntes geomorphologisches Beispiel aus Mitteleuropa ist die abtragungsbedingte Rückverlegung von Schichtstufen, insbesondere des Steilrandes (Trauf) der Schwäbisch-Fränkischen Alb (z.B. ROTHE 2005, 116-118; vgl. Abb. 5). Überraschenderweise lehnen die Autoren die Rückverlegung steiler Schichtstufen ab

(S. 24-26, 149, 169). Aber das ist in ihrem Modell stimmig, denn sie gehen ja davon aus, daß noch im Tertiär *flächenhafte* Abtragungsprozesse saprolitisierter Schichtverbände stattgefunden haben. Erst im Jungtertiär ließ die Tiefenzerstörung des Gesteins nach. Durch tektonische Hebung gelangten nun unzersetzte Schichtverbände in Oberflächennähe (s.o.), und der steile Stufenrand (Trauf) wurde aus dem harten Gestein herauspräpariert. Das wird u.a. anhand der Keuperschichtstufe des Steigerwalds (Franken) dargestellt (S. 89-95).

Ohne allen Einzelheiten zu folgen, dürfte diese Schlußfolgerung auch für den noch eindrucksvolleren Steilrand der Schwäbischen Alb gelten. Für die Südwestalb können dafür zusätzlich die Gerölmassen der Juranagelfluh angeführt werden. Sie wurden im Jungtertiär (Miozän) vom Gebiet des heutigen Schwarzwaldes durch enorme Transportprozesse nach Südosten bis in den Hegau (am Bodensee) verfrachtet (Abb. 3). Ein großer Teil davon ist als mächtiger Gerölmantel auf bestimmten Arealen der Südwestalb liegen geblieben (GEYER et al. 2003, 114). Dieses Szenario kann man sich so vorstellen: Zur Transportzeit muß das *Vorland* der Schwäbischen Alb eine insgesamt ziemlich *flache, leicht geneigte Ebene* gebildet haben, die *Richtung Südosten in die Weißjuratafel* der späteren Alb *übergang* und bis in den Hegau und das Gebiet des (späteren) Bodensees reichte. Bei den enormen Transporten wurden zunächst *von oben her* Erosionsrinnen in die Weißjura-Tafel eingeschnitten. In diesen Rinnen erfolgte anfangs der Transport der Juranagelfluh (vgl. SCHREINER 1992, 74). Nach der Auffüllung (Plombierung) der Rinnen griffen die Grobschüttungen flächenhaft auf die Weißjuratafel über und stapelten dort bis zu 200 m hohe Geröllverbände übereinander (Abb. 4). *Dieses Szenario dürfte stimmiger erklären, warum die Grobschüttungen der Juranagelfluh nicht vor einer damaligen Weißjura-Schichtstufe liegen geblieben sind, sondern auf die Weißjura-Tafel und weiter in den Hegau gelangt sind* (Abb. 5).

Im Modell des Bildatlas von BUSCHE et al. ist die leicht geneigte Ebene das tertiäre Endstadium einer weit ausgedehnten Rumpffläche in Süddeutschland (vgl. S. 20-27, 74-77). Diese Fläche wurde durch Abspülung (Erosion) der chemisch zersetzten Gesteinsverbände ihres Untergrundes zunehmend tiefer gelegt, blieb aber nach Südosten geneigt. Dafür sorgte eine zeitgleiche tektonische Kippbewegung, die das Gebiet des Schwarzwaldes heraushob und das Areal des Hegau absenkte (SCHREINER 1992, 75; vgl. GEYER et al. 2003, 114). Erst mit dem Nachlassen der Saprolitisierung (Tiefenzerstörung) des Gesteins im Jungtertiär nahm die „geomorphologische Gesteins Härte“ in Oberflächennähe zu (vgl. S. 18/19). Nun erst wurde aus dem harten Weißjurakalk der steile Albrauf herauspräpariert (vgl. S. 30, 84, 94). Im Modell des Bildatlas ist die grobkörnige Juranagelfluh-Geröll-

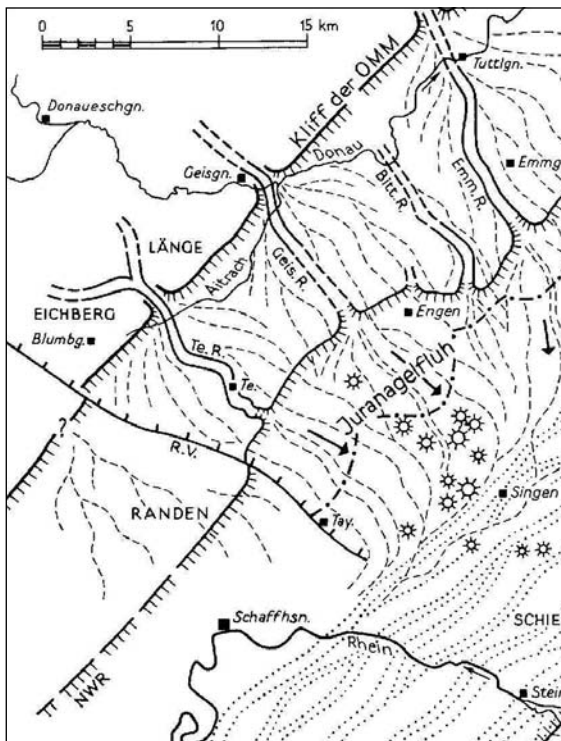


Abb. 4: Vier Rinnen der Juranagelfluh, die in die Weißjurafläche eingeschnitten wurden (Te.R. – Tengener Rinne; Geis.R. – Geisinger Rinne; Bitt.R. – Bittelbronner Rinne; Emm.R. – Emminger Rinne). Zur Orientierung sind die späteren Flüsse (Donau, Rhein) und Städte eingezeichnet. Angedeutet ist, daß die Grobschüttungen der Juranagelfluh sich nach der Verfüllung der Rinnen fächerförmig auf der Weißjurafläche ausbreiteten. Ein Teil der Gerölltransporte passierte noch die Hegau-Vulkane (Sternsymbole) nordwestlich Singen; die feinkörnigeren Anteile wurden weiter verfrachtet und mündeten in den riesigen, nach Südwesten gerichteten Glimmersandstrom. Oben das (Küsten-)Kliff der nach der Juranagelfluh-Bildung entstandenen Oberen Meeresmolasse (= OMM). (Aus SCHREINER 1992, Abdruck mit freundlicher Genehmigung).

fracht der Anteil des abgetragenen Gesteins, das einst den Schwarzwald bedeckte, aber der Sapro-litisierung entgangen war (vgl. S. 66). Wie oben beschrieben, wurden die erodierten Geröllmassen – bevor sich die Schichtstufe des Albtraufs bildete – zusammen mit dem saprolitisierten Feinsedi-ment durch hochenergetische Schwemmprozesse, die enorme Sturzniederschläge voraussetzen, ver-frachtet (RUTTE 1987, 28/29, 35/36; vgl. STEPHAN 1998, 70-72, 76-78). Weiter Richtung Südosten im Hegau konnten die energieärmer werdenden Schichtfluten zunehmend nur noch die feinkörn-igeren Zersetzungsprodukte weitertransportieren. Sie wurden dort bis zu 400 m Mächtigkeit aufge-stapelt (GEYER et al. 2003, 112, 114).

Widersprüche bei der Sandstein-Entstehung. Als letzter Punkt soll kurz die Herkunft der Sandsteine des Perm (Rotliegendes) und der Trias (Buntsandstein) andiskutiert werden. Zur Entstehungszeit beider Systeme wurden immer wieder aride (wüstenartige) Klimate vermutet, was natürlich in starkem Gegensatz zum "supertropischen" feucht-heißen Klima des Bildatlas steht. Doch zu Recht argumentieren die Autoren, dass "riesige Schwemmfächer" wie die roten Sandsteine "auch viel Wasser brauchen, um geschüttet zu werden". Sie führen den Quarzsand des Buntsandsteins auf "intensive chemische Verwitterung" zurück; die rote Farbe spreche für "intensive Bodenbildung und damit gerade *nicht* für Aridität" (S. 19). Diese Ansicht könnte teilweise zutreffen, löst aber nicht die Probleme. Denn wenn "Granit wegen der chemischen Verwitterungsanfälligkeit vor allem seiner Feldspäte zu den leicht verwitterbaren Gesteinen gehört" (S. 18), stellt sich die Frage: Warum enthalten dann sowohl die *roten* Sandsteine des Unterperm als auch die *hellen* (grob und feinkörnigen) Sandsteine der Obertrias (Keuper) *sehr viel unverwitterten Feldspat*, wenn der Sand durch *chemische* Verwitterung u.a. granitischer Gesteine entstanden ist? (vgl. z.B. SCHNEIDER 1991, 45, 49, 86/87; ETZOLD & SCHWEIZER 2005, 218, 225, 231). Umgekehrt kann der Sand dieser Sedimente auch nicht einfach auf (wüstenhafte) *physikalische* Verwitterung zurückgeführt werden. Das steht in Spannung zur rekon-struierten Stromnetz-artigen Ausbildung der Ablagerungsräume dieser Sandsteine, etwa mit Uferdämmen und (Auen-)Feuchtgebieten (vgl. z.B. JUNGHANS et al. 1997, 292-307, 312-315; HORNING & AIGNER 2004, 125-129). Dies setzt große Was-sermassen zum Transport der Sande voraus und ist nur bei ausreichenden, die Stromnetze (nahezu) permanent versorgenden Niederschlägen möglich (GEYER 2002, 314). Gleiches gilt für die weithin feucht-klimatischen Ansprüche der fossilen Floren- und Faunenelemente dieser Sandsteine (z.B. BOY et al. 2005, 101/102, 117-120; GEYER 2002, 276, 300, 310, 312, 314). Ohne an dieser Stelle in Details der Diskussion einsteigen zu können, dürften diese



Beispiele zeigen, dass es auch hier keine vereinfachenden, einlinigen Antworten gibt.

Literatur

- BUSCHE D, KEMPF J & STENGEL I (2005) Landschaftsformen der Erde. Bildatlas der Geomorphologie. Darmstadt.
- BOY J et al. (2005) Geologie von Rheinland-Pfalz. Hg: Landesamt Geologie und Bergbau v. Rheinland-Pfalz. Stuttgart.
- ENGELHARDT Wv & ZIMMERMANN J (1983): Theorie der Geowissenschaft. Paderborn.
- ETZOLD A & SCHWEIZER V (2005) Der Keuper in Baden-Württemberg. In: BEUTLER G (Koord.) Stratigraphie von Deutschland IV (Hg: Deutsche stratigraphische Kommission). Cour. Forsch.-Inst. Senck. 253, 214-258.
- GEYER G (2002) Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. Fränkische Landschaft, Arb. z. Geographie von Franken 2. Gotha-Stuttgart.
- GEYER OF, SCHÖBER T & GEYER M (2003) Die Hochrhein-Regionen zwischen Bodensee und Basel. Sammlg. Geol. Führer 94. Berlin-Stuttgart.
- HORNING J & AIGNER T (2004) Sedimentäre Architektur und Poroperm-Analyse fluviatiler Sandsteine: Fallbeispiel Coburger Sandstein, Franken. Hallesches Jb. Geowiss. B, Beih. 18, 121-138.
- JUNGHANS W-D, AIGNER T & RICKEN W (1997) Fluviale Architektur des Mittleren Stubensandsteins am südwestlichen Schönbuch (Trias, Baden-Württemberg). N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 204, 285-320.
- ROTHER P (2005) Die Geologie Deutschlands. Darmstadt.
- RUTTE E (1987) Rhein • Main • Donau. Wie – wann – warum sie wurden. Eine geologische Geschichte. Sigmaringen.
- SCHEVEN J (1991) Gletscher in Gondwanaland – die Eiszeit ohnegleichen. Leben 2, 6-8.
- SCHNEIDER H (1991) Saarland. Sammlg. geol. Führer 84. Berlin-Stuttgart.
- SCHREINER A (1992) Geol. Karte 1:50.000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt Hegau und westl. Bodensee. Stuttgart-Freiburg/Br.
- STEPHAN M (1998) Meteoriteneinschlag und Sedimentbildung. Stud. Int. J. 5, 69-83.
- STEPHAN M (2004) Eine katastrophische Hypothese: Die „Schneeball-Vereisung“ der Erde. Stud. Int. J. 11, 93-97.
- VILLINGER E (1998) Zur Flussgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. Jber. Mitt. oberrhein. Geol. Ver., N.F. 80, 361-398.
- WAGENBRETH O & STEINER W (1990) Geologische Streifzüge. Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg. 4. Aufl. Leipzig.

Abb. 5: Blick nach Osten auf Eichberg (links) und Buchberg (rechts). Sie bilden als vorgelagerte Einzelberge (Zeugenberge) hier praktisch den Steilrand (Trauf) der südwestlichen Schwäbischen Alb, die noch weiter nach Südwesten (rechts) in den Randen übergeht. Diese Steilstufe wurde erst während der Eiszeit (Pleistozän) herauspräpariert. Zwischen den beiden Bergen das ebenfalls erst in der Eiszeit tief eingeschnittene Ur-Donautal. Zuvor, im Jungtertiär, wurden die Grobschotter der Juranagelfluh in Blickrichtung transportiert und auf der Weißjuratafel im Hintergrund bis zu 200 m mächtig abgelagert.