Mitt. POLLICHIA	90	61–120	23 Abb.		Bad Dürkheim 2003
					ISSN 0341-9665

Karl R.G. STAPF

Paläoböden im Rotliegend am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

Kurzfassung

STAPF, K.R.G. (2003): Paläoböden im Rotliegend am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland).– Mitt. POLLICHIA, **90**: 61 – 120, Bad Dürkheim

Eine Rotfolge des Rotliegend auf dem NW-Flügel der Nahe-Synform (Saar-Nahe-Becken, Rheinland-Pfalz) wurde mikromorphologisch, mineralogisch und röntgenographisch mit dem Ziel untersucht, fossile Bodenhorizonte nachzuweisen. Die Rotfolge, ein feinsandiger Siltstein, reich an Metamorphit-Lithoklasten, liegt diskordant devonischen Schiefern auf und wird überdeckt von mächtigen Konglomeraten, die ungefähr in die untere Glan-Unter-Gruppe gestellt werden (Unteres Rotliegend). Sie enthält als Hauptmerkmale Karbonatknöllchen-Lagen, die als Kalkkrusten-Bodenhorizonte (Caliche) gedeutet werden und graugrüne sowie violette Horizonte und Flecken, die mit einer Mobilisierung von Eisen und Tonsubstanz in Zusammenhang gebracht werden, verursacht durch gley- oder pseudogleyartige Prozesse.

Die genaue makroskopische und mikroskopische Untersuchung erbrachte eine Reihe von Indizien, die ebenfalls in zahlreichen Veröffentlichungen über rezente und fossile Böden vergleichbarer Genese, d. h. vor allem von Caliche-Paläoböden, gefunden wurden. Dazu zählt auch das Mikrogefüge der karbonatischen Konkretionen. Röntgenographische Analysen ergaben als Hauptmineralanteile Quarz, Kaolinit, Muskovit, Illit, Mg-reiche Karbonate, Hämatit (untergeordnet Siderit, Feldspäte). Farbvariation und Diagenese wurden ebenfalls diskutiert.

Insgesamt konnte die Untersuchung die Hypothese stärken, dass es sich bei der o. g. Rotfolge um einen komplexen fossilen Boden handelt, der eine deutliche Sedimentationsunterbrechung und subaerische Verwitterung in einem zeitweise semiariden Klima anzeigt.

Abstract

STAPF, K.R.G. (2003): Paläoböden im Rotliegend am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

[Palaeosols in the Rotliegend at the northwestern margin of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany)].— Mitt. POLLICHIA, **90**: 61 – 120, Bad Duerkheim

A red bed unit of the Rotliegend at the north-western flank of the Nahe Synform (Saar-Nahe Basin, Rhineland-Palatinate) was investigated micromorphologically, mineralogically, and by x-rays to prove fossil soil horizons. The red bed unit, a fine-sandy shale, rich with metamorphic rock lithoclasts lies discordantly over Devonian schists and is covered by mighty conglomerates that could be put in the lower Glan Subgroup (Lower Rotliegend). As main features it contains layers of carbonate nodules which can be interpreted as calcicrust soil horizons (Caliche) and greyish green as well as violet horizons and spots which are connected to a mobilization of iron and clay matter. This is caused by gley or pseudogleylike processes.

The exact macroscopical and microscopical investigation produced a series of indications which were also found in numerous publications about recent and fossil horizons of comparable genesis, that means especially caliche paleosols. The microframework of the carbonatic concretions is also counted to that. X-ray analysis result in quartz, kaolinite, muscovite, illite, magesium rich carbonates, and hematite (subordinate siderite, feldspars) as main mineral parts. Variations of color and diagenesis were also discussed.

Altogether the survey could sustain the hypothesis that the described red bed unit is a fossil soil which displays a clear diastem and subaerial weathering in an occasionally semiarid climate.

Résumé

STAPF, K.R.G. (2003): Paläoböden im Rotliegend am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

[Des paléosols dans le Rotliegend de la bordure Nord-Ouest du bassin sarro-lorrain (Allemagne du Sud-Ouest)].— Mitt. POLLICHIA, **90**: 61 – 120, Bad Durkheim

Des études micromorphologiques, minéralogiques et aux rayons x d'une couche rouge du Rotliegend sur le flanc Nord-Ouest de la synforme de la Nahe (Bassin sarro-lorrain, Rhénanie-Palatinat) ont été effectuées afin de mettre en évidence des horizons pédologiques fossiles. La couche rouge, un siltite finement sableux, riche en lithoclastes métamorphiques repose de façon discordante sur les schistes dévoniens et est recouvert d'une épaisse couche de conglomérats appartenant approximativement au sous-groupe du Glan (Rotliegend inférieur). Cette couche est caractérisée par des boulettes de carbonates ayant été interprétées comme des horizons de cuirasses calcitiques, ainsi que par des horizons tachetés de couleur grisâtre-verdâtre et violette indiquant une mobilisation du fer et de substances argileuses engendrée par des processus aboutissant à la formation de glaises ou de substances comparables.

Les études macroscopiques et microscopiques ont apportées une série d'indices qui ont déjà été mentionnés dans de nombreuses publications sur les sols récents et fossiles de genèse comparable, c'est à dire surtout les paléosols caliche. Un de ces indices est la microstructure des concrétions calcitiques. Les analyses aux rayons x ont permis d'identifier les constituants principaux qui sont le quartz, kaolonite, muscovite, illite, des carbonates riches en magnésium, l'hématite ainsi que dans une moindre mesure la sidérite et feldspath. On a également discuté les variations de couleurs ainsi que la diagenèse.

Les investigations ont etayé l'hypothèse que la couche rouge est un sol fossile complexe montrant une nette interruption de sédimentation et une érosion terrestre aérienne sous un climat partiellement semi-aride.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einleitung ... 062
2 Geologischer Überblick ... 062
3 Stratigraphisch vergleichbare Aufschlüsse am NW-Rand der Nahe-Synform ... 066
4 Petrographisch vergleichbare Aufschlüsse im Unteren Rotliegend (und Karbon) des Saar-Nahe-Beckens (Aufschlüsse mit Bodenhorizont-Merkmalen) ... 069
5 Paläoboden-Untersuchungen in der deutschsprachigen Literatur ... 071
6 Makroskopische Untersuchungen ... 072
6.1 Makroskopische Beschreibung des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal ... 072
6.2 Beschreibung der Gesteine an einzelnen Gesteinsproben ... 082
6.2.1 Untergrundgesteine (metamorphes "Devon") ... 083
6.2.2 Verwitterungsschutt aus metamorphen Gesteinen ... 083
6.2.3 Rotes Basis-Paket (rotes Gesteinspaket im Liegenden der violettbunten Pakete) ... 084
6.2.4 Violettbunte Pakete ... 086
6.2.5 Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete ... 088
6.2.6 Gebleichtes, weißgraues Paket am Top ... 089
6.3 Zusammenfassung der makroskopischen Merkmale ... 090
7 Bodenmorphologische Zuordnungen ... 090
8 Mikroskopische Untersuchungen ... 091
8.1 Granulometrie-Angaben aus den Dünnschliffen ... 092
8.2 Rotes Basis-Paket ... 092
8.3 Violettbunte Pakete ... 094
8.4 Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete ... 098
8.5 Gebleichtes, weißgraues Paket am Top ... 100
9 Röntgendiffraktometrische Analysen ... 101
9.1 Methodik ... 101
9.2 Ergebnisse der röntgendiffraktometrischen Analysen ... 102
10 Diskussion und Schlussfolgerungen ... 103
10.1 Diskussion der Aussagen von FALKE (1954, 1974) und DACHROTH (1982) zum Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal ... 103
10.2 Sedimentologie ... 104
10.3 Farbe ... 105
10.4 Diagenese ... 107
10.5 Böden in Trockengebieten (Einordnung des Gaulsbachtal-Paläobodens) ... 108
10.6 Die Gaulsbachtal-Rotfolge als fossiler Caliche-Boden (paläogeographische und paläoklimatologische Hinweise) ... 108
10.7 Hydromorphe Bodenmerkmale ... 112
10.8 Zeitliche Abfolge der bodengenetischen Prozesse ... 113
11 Literaturverzeichnis ... 113

1 Einleitung

Am Südrand des Hunsrücks (Rheinisches Schiefergebirge) gibt es im Gaulsbachtal nördlich der Ortschaft Langenthal einen in der Rotliegend-Forschung seit Jahrzehnten bekannten Aufschluss, wo bis vor wenigen Jahren die diskordante Auflagerung von Unteren Rotliegend-Sedimenten auf geschieferten, devonischen Metamorphiten (Phylliten) direkt sichtbar war [Aufschluss auf der topographischen Karte 1 : 25000 (TK 25), Blatt 6111 Pferdsfeld, R: 33 97 180, H: 55 23 100].

Eine kurze petrographisch-chemische Untersuchung der vorwiegend rotviolett gefärbten Basis-Folge dieses Rotliegend-Profils, die als feinkörnige, im kleinen Maßstab vielfältige Folge im Liegenden grober, konglomeratischer Breccien auftritt, wurde 1954 von FALKE veröffentlicht. In den letzten Jahren verstärkten sich die Vermutungen, dass die Rotfolge (nach FALKE 1954) eine erhaltene Lage fossiler Bodenbildungen sein könnte (DACHROTH 1982).

Es wird hier versucht, diese Möglichkeit durch eine genaue mineralogisch-mikromorphologische Analyse der Gesteine zu prüfen, wobei die Ergebnisse mit anderen paläopedologischen Arbeiten und Erkenntnissen sowie mit Angaben über rezente Böden analoger genetischer Bedingungen verglichen werden.

Dadurch kann angeregt werden, über diese Untersuchung hinaus andere Gesteinsaufschlüsse bzw. Bohrprofile im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (Abb. 1 u. 2) unter diesen Gesichtspunkten zu testen. Der o. g. Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal enthält u. a. eine kartierbare Basis-Rotfolge, die sich im Streichen der Rotliegend-Schichten an der Grenze Nahe-Synform - Hunsrück-Devon zwischen dem Simmerbachtal und dem Ellerbachtal verfolgen lässt (Abb. 3). Insgesamt sind nur wenige ergiebige Aufschlüsse zu finden.

Für die vorliegende Untersuchung lieferten anstehende Gesteine im Simmerbachtal an der Ruine Brunkenstein (R: 33 92 900, H: 55 20 360) und nördlich von Auen (R: 33 98 940, H: 55 22 680) ergänzendes Material.

Kontaktaufschlüsse (Rotliegend auf Devon) westlich des Simmerbachtals und Basis-Sedimente des Rotliegend am Hunsrück-Südrand bis in den Raum Birkenfeld werden in der Literatur mehrfach erwähnt, aber sie sind mit den Langenthaler Gesteinen petrographisch kaum vergleichbar. Die makroskopischen Beschreibungen berichten von rötlich gefärbten, oftmals grobklastischen Sedimenten. Auf den Höhenrücken zwischen den sich einschneidenden Bachtälern wurden im Grenzbereich Devon/Rotliegend nur rötliche Bodenfarbe und Lesesteine gefunden.

Zur Methodik der Gesteinsuntersuchung vorliegender Untersuchung wurde der Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal möglichst genau aufgenommen und Gesteinspakete sowie Handstücke beschrieben. Die gesammelten Proben wurden zersägt und teilweise als Dünnschliffe präpariert oder zu Pulver zermahlen und röntgenographisch untersucht.

Es muss hier eingeräumt werden, dass die Basis-Rotfolge nicht mit letzter Sicherheit zu den Unteren Rotliegend-Schichten gezählt werden kann, da eine exakte stratigraphische Bestimmung bisher nicht durchführbar war. Auch bei dem Begriff „Vordevon" für die Gesteine der Phyllit- und Grünschiefer-Areale am Hunsrück-Südrand handelt es sich nicht um eine gesicherte stratigraphische Bezeichnung, obwohl er in der älteren Literatur öfter dafür verwendet wurde.

2 Geologischer Überblick

Regionalgeologische, stratigraphische Arbeiten und Kartierungen im Gebiet des NW-Randes der Nahe-Synform über die Sedimente des Unteren Rotliegend und angrenzend

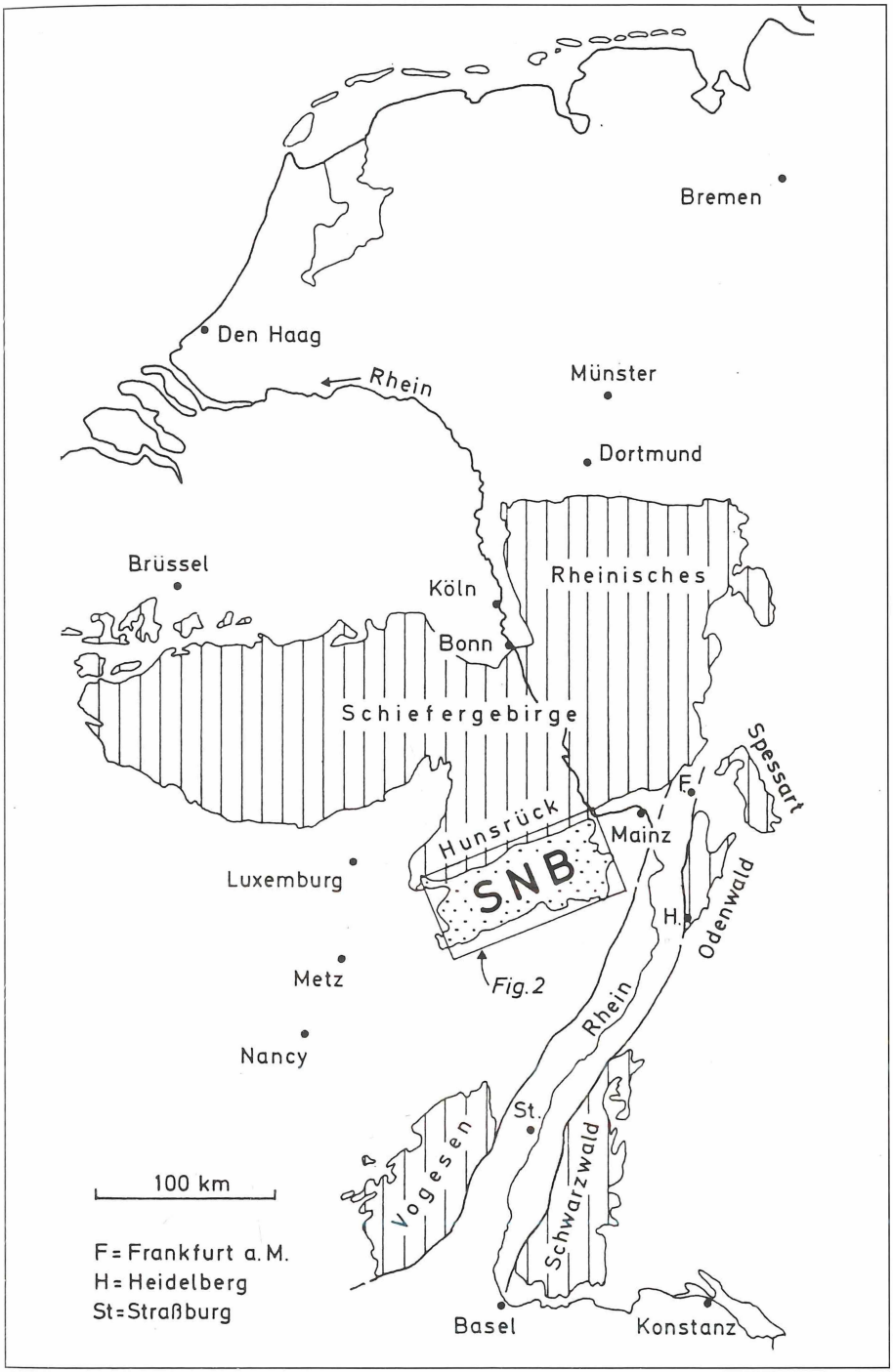


Abb. 1: Die Lage des Saar-Nahe-Beckens (SNB) innerhalb SW-Deutschlands

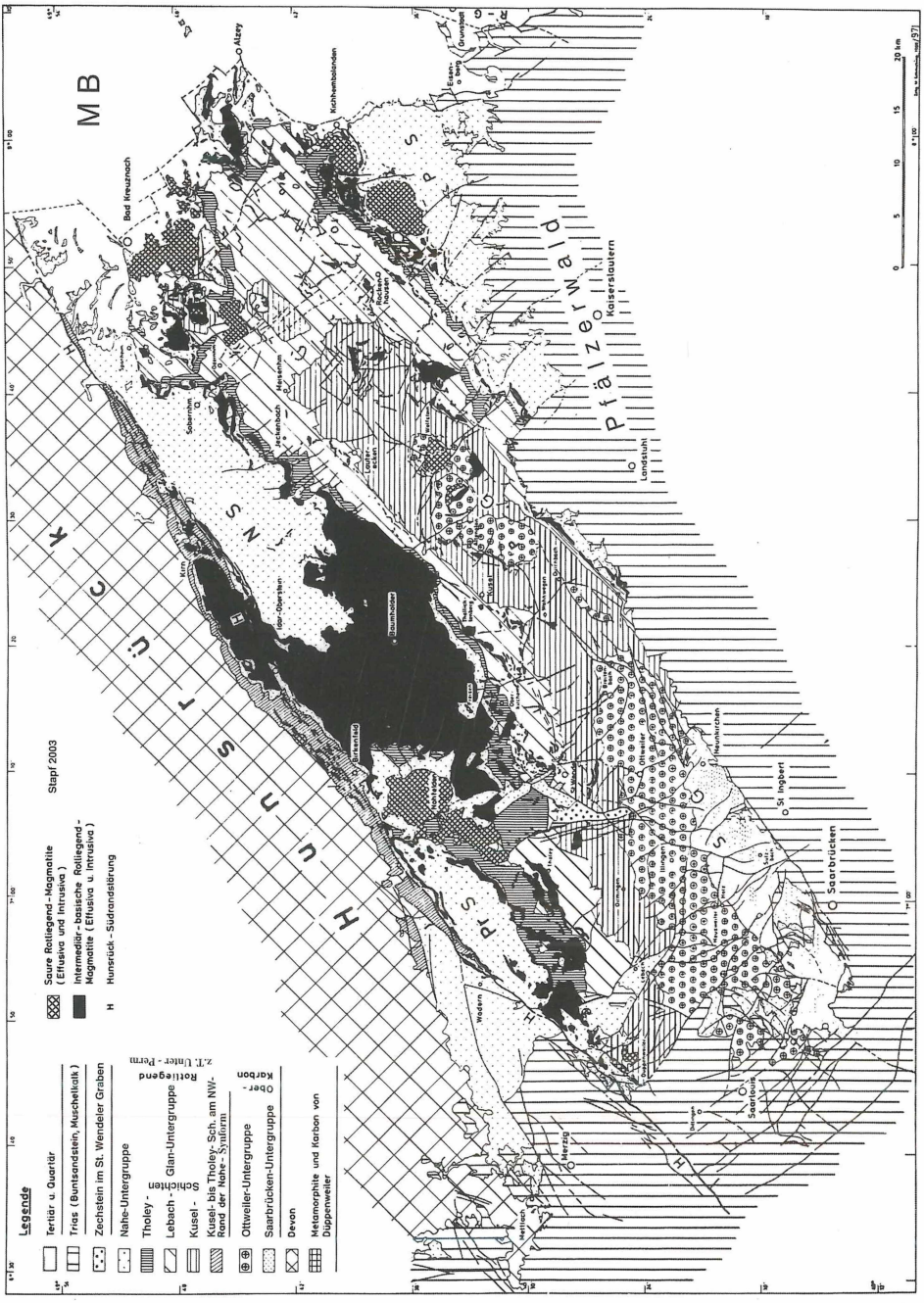


Abb. 2: Geologische Übersichtsskizze des Saar-Nahe-Beckens [nach STAPF (2002), verändert]
PrS = Prims-Synform; NS = Nahe-Synform; SG = Saarbrücker Gewölbe; PG = Pfälzer Gewölbe; PS = Pfälzer Synform; MB = Mainzer Bruchfeld; RG = Rheingraben.
Am Westrand des St. Wendeler Grabens (westl. des eingetragenen Ortsnamens St. Wendel) gibt es drei kleine Buntsandstein-Reliktvorkommen, die nicht eingezeichnet sind.

an die Hunsrück-Südrandstörung, gehören zu den Voraussetzungen für die eigenen Geländeuntersuchungen.

Die Nahe-Synform (STAPF 2002) ist ein spezielles tektonisches Strukturelement des Saar-Nahe-Beckens, eines intermontanen Sedimentationsraumes im variscischen Gebirge. Im Saar-Nahe-Becken wurden terrestrische Sedimente vom Ober-Karbon bis ins Rotliegend hinein abgelagert, während durch unterschiedliche Klimate und tektonische Aktivitäten eine Vielfalt von Sedimenten entstanden (SCHÄFER, A. 1986). Es wurden außerdem mächtige Vulkanitserien gebildet.

In den Gesteinen erkennt man in vielen Fällen die Spuren aquatischer Bildungen von Schwemmfächern, verzweigten und mäandrierenden Flüssen, sowie von Deltas und Seen.

Ursprünglich dehnte sich das Becken von Lothringen bis nach Hessen auf einer Fläche von etwa 400 x 100 km aus und kann daher insgesamt als Lothringen-Saar-Nahe-Hessen-Trog bezeichnet werden.

An der Basis des Rotliegend änderten sich die Sedimentationsbedingungen nicht abrupt. Daher liegen heute die Serien des Ober-Karbon und des Unteren Rotliegend in vielfach ähnlichen Ausbildungen vor. Auch biostratigraphisch ist eine scharfe Trennung kaum möglich.

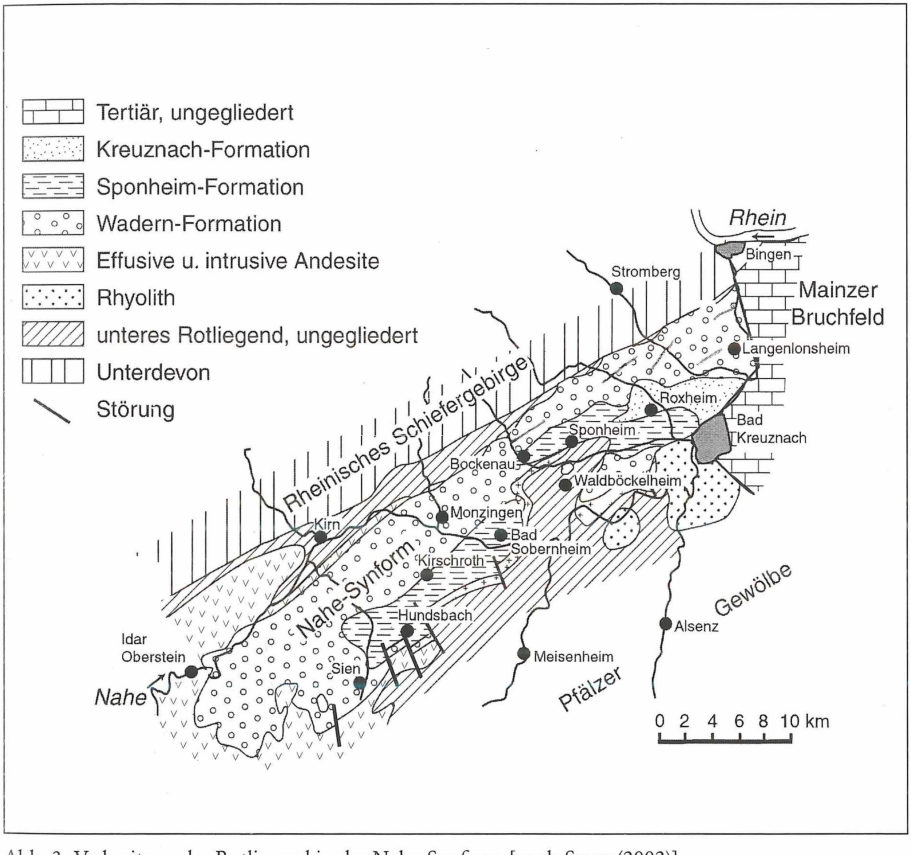


Abb. 3; Verbreitung des Rotliegend in der Nahe-Synform [nach STAPF (2002)]

Aus den Profilen der Kusel- und Lebach-Schichten (Unteres Rotliegend) ergeben sich zyklische Abfolgen von Sedimenten, wobei ein Zyklus mit grobklastischem Material im Liegenden einsetzt, darüber Sandsteine folgen und der Abschnitt im Hangenden mit feinklastischen Gesteinen abschließt.

Ausgehend von den sedimentologischen und paläogeographischen Erkenntnissen kann man die Existenz von Paläoböden erwarten, wenn trocken gefallene Sedimente mit Bodenbildung (z. B. in fluviatilen Überflutungsebenen) erhalten geblieben sind.

Auf der geologischen Karte des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete 1:100 000 (1983) lässt sich erkennen, dass an der NW-Flanke der Nahe-Synform Gesteine des Unteren Rotliegend direkt im SE der Gesteine des Devon bzw. der „Vordevon-Areale" liegen.

Die Grünschiefer- und Chloritserizit-Phyllit-Areale erstrecken sich in einem schmalen Streifen vom Raum Berschweiler (bei Kirn) nordostwärts bis nach Münster-Sarmsheim südlich von Bingen. Daran grenzt im SE, wie erwähnt, das Untere Rotliegend an: von Berschweiler bis Langenthal mit Schichtgrenze (Ausbissgrenze, diskordante Auflagerung), von Langenthal bis Pferdsfeld mit vermuteter Störung, ebenso bis in die Gegend zwischen Winterburg und Argenschwang; von dort nach NE bis nach Windesheim an einer Störung (heutzutage eine Aufschiebung). Vom Gebiet nördlich von Berschweiler (bei Kirn) nach SW den Hunsrück-Südrand entlang grenzt Unteres Rotliegend ohne Störung an Hunsrückschiefer (Unterdevon: Unterems). Die Hunsrück-Südrandstörung selbst liegt auch über größere Strecken innerhalb der Rotliegend-Sedimente.

Im Arbeitsgebiet vorliegender Arbeit s. str., nämlich zwischen Simmerbachtal und Ellerbachtal, bildet ein Paket von meist roten, feinkörnigen Gesteinen mit schwankender Mächtigkeit (mehrere cm bis mehrere m) die älteste Kartiereinheit des Rotliegend im Hangenden von Schiefern. BANK (1953) beschrieb den Verlauf dieser Basis-Rotfolge und vermutete ihre stratigraphische Stellung im Niveau des Feistkonglomerats (Lautereckken-Formation).

Der Hauptaufschluss vorliegender Untersuchung wurde 1933 von REINHEIMER aufgenommen. Er rechnete die Rotfolge zu den oberen Kusel-Schichten ebenso wie FALKE (1954). In den genannten Arbeiten und in neueren Diplom-Kartierungen wurde eine mögliche autochthone Pedogenese in diesen Gesteinen, d. h. eine Rotliegend-zeitliche (evtl. ältere ?) Bodenbildung in den Sedimenten vor der späteren Überdeckung, nicht intensiv geprüft. Allerdings diskutierte FALKE (1954) auch Fragen der Materialherkunft und der Gesteinsfarbe.

3 Stratigraphisch vergleichbare Aufschlüsse am Nordrand der Nahe-Synform

Der von BANK (1953) beschriebene, kartierbare Verlauf der Rotfolge wurde durch die im Folgenden zu nennenden, jüngeren Kartierungen ebenfalls aufgenommen.

So fand HUY (1980) im Raum Pferdsfeld - Daubach (TK 25, Blatt Pferdsfeld) außer Lesesteinen zwei kleine Aufschlüsse südlich von Pferdsfeld, in denen neben einem Konglomerat feinkörnige, violette, braunrote, rostrote Sand-, Silt- und Tonsteine vorkommen und außerdem ein ca. 5 cm mächtiges gelborange-farbiges, sehr hartes, dolomitisch zementiertes Bänkchen. In Ton- und Siltsteinen sollen auch Regentropfeneindrücke vorkommen. Zudem erwähnte er eine zweite Rotfolge, höher im Rotliegendprofil, aber scheinbar ohne Aufschlüsse.

Eigene Nachforschungen ergaben Am Römerstich bei Auen (R: 33 98 940, H: 55 22 680) ein auf 10 m Breite angeschnittenes, rotes Sedimentgestein, das oberirdisch schräg am Hang hochzieht. Die tektonische Lage entspricht jener der Unteren Rotliegend-Gesteine in der Umgebung (Einfallen nach SE), allerdings bildet diese Rotfolge nicht wie

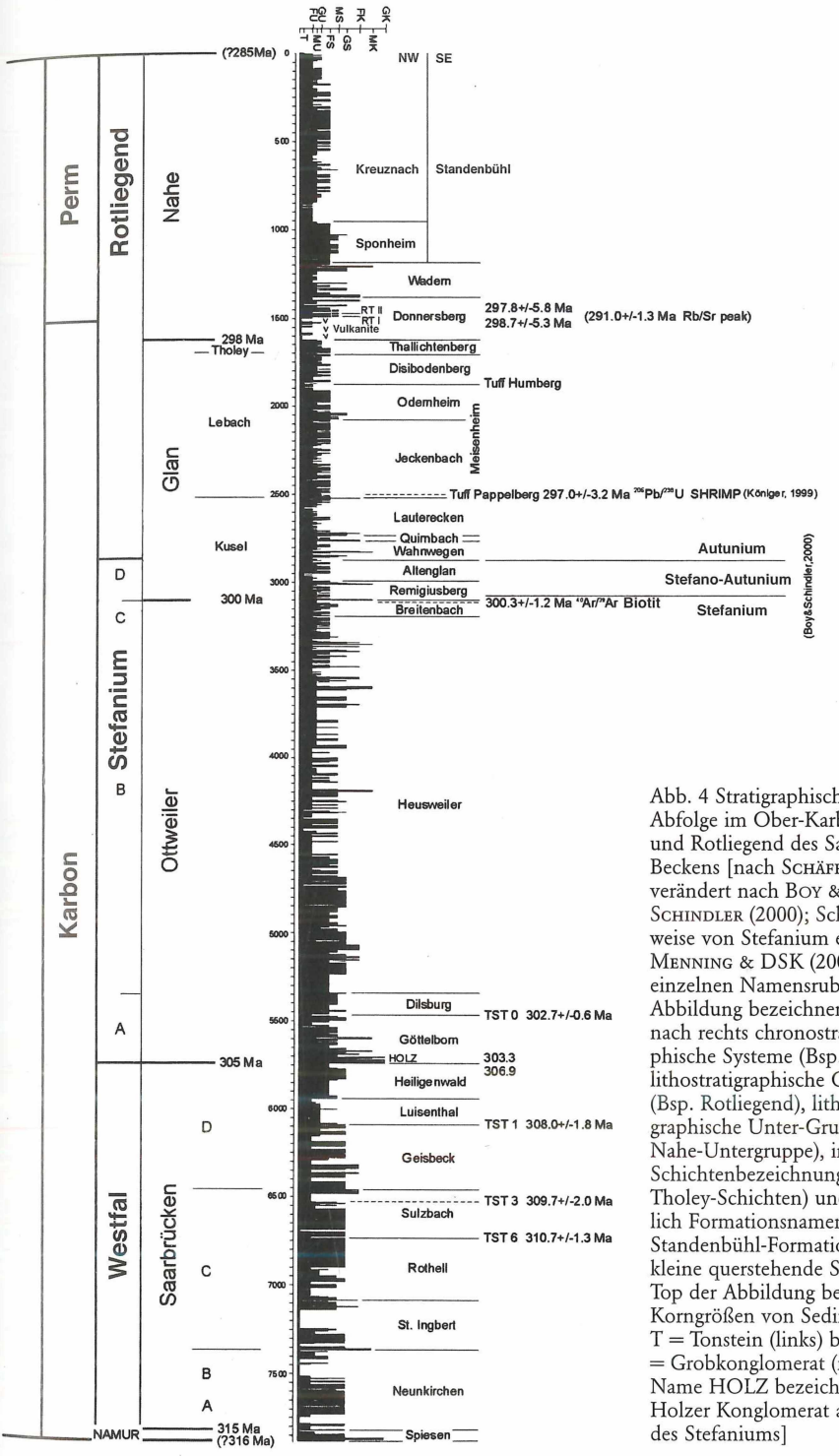


Abb. 4 Stratigraphische Abfolge im Ober-Karbon und Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens [nach SCHÄFER, A. (2001), verändert nach BOY & SCHINDLER (2000); Schreibweise von Stefanium etc. nach MENNING & DSK (2002). Die einzelnen Namensrubriken der Abbildung bezeichnen von links nach rechts chronostratigraphische Systeme (Bsp. Perm), lithostratigraphische Gruppen (Bsp. Rotliegend), lithostratigraphische Unter-Gruppen (Bsp. Nahe-Untergruppe), informale Schichtenbezeichnungen (Bsp. Tholey-Schichten) und schließlich Formationsnamen (Bsp. Standenbühl-Formation). Die kleine querstehende Skala am Top der Abbildung bezeichnet die Korngrößen von Sedimenten von T = Tonstein (links) bis GK = Grobkonglomerat (rechts). Der Name HOLZ bezeichnet das Holzer Konglomerat an der Basis des Stefaniums]

im Gaulsbachtal die Rotliegend-Basis. Lagen von roten, gelbbraunen und grünlichen Konglomeraten enthalten fast nur devonische Schiefer- und Quarzgerölle. Gelbbraune Konkretionen kommen vor und eingeschaltet sind violettbräunliche Feinsandsteine. Außer ocker-schwarzen Tonsteingeoden sind zwei Gesteinsarten interessant: ein grauroter, mittel- bis grobkörniger Sandstein mit teilweise hohem Silt/Tonanteil und ein polyedrisch-eckig brechender, roter Siltstein, teilweise auch mit plattiger Absonderung. Ein zweiter Aufschluss, 50 m höher am Hang im Wald, zeigt rotgelbe Gesteinsfarben. Vom Hangenden zum Liegenden lassen sich eine Phyllit-Breccie, ein violettroter, 70 cm mächtiger Sandstein, eine Phyllit-Breccie und rötliche Sandsteine unterscheiden. Die Breccien werden von vertikalen und horizontalen, roten Farbstreifen durchzogen.
Gesteinsansprache mit der Lupe:
Unterer Aufschluss bei Auen
Hier wurden verschiedenartige Handstücke gefunden:

a) Roter Feinsandstein mit hellen und roten, schüppchenförmigen Komponenten; mm-feine Calcit-gefüllte Risse; undeutlich gelbbraune Flecken.
b) Rotbrauner, sandiger Siltstein; Komponenten sind von rotbrauner Matrix umhüllt.
c) Feinkonglomeratischer, roter Sandstein; schlierenartige Korngrößenunterschiede im mm-Maßstab; gelbbraune Imprägnation; viele längliche bzw. blättchenförmige Körner (Tonschiefer, Phyllit) und Quarze in roter Matrix.
d) Grauer Sandstein aus Quarz und Karbonat, mit eingeregelten roten Tonschiefer-Schüppchen; mit mm-dünnen Calcit-Äderchen; Grünschiefer-Geröll.
e) Unregelmäßiger, plattiger Sand/Siltstein mit Karbonatimprägnation, vielen Calcit-Äderchen und 1 cm großer, länglicher, gelber Karbonatknolle.
f) Schwach karbonatischer, roter Siltstein mit polyedrischen Kluftflächen.
g) Ungleichkörniger Sandstein von blaßrötlicher Farbe mit Kalkbindemittel und -äderchen; Quarzkörner mit gelblichen Rinden; rote und hellgrüne Gesteinsblättchen sind in mm-breiten Streifen gröber angereichert und wie in Wühlgefüge angeordnet.
h) Hartes, siltig-toniges Gestein, rot und gelbbraun gefleckt; zahlreiche Calcit-Äderchen (bis 1 mm breit, bis 1 cm lang) ungefähr parallel; rundliche karbonatische Bereiche (1 cm); polyedrische Bruchstücke, keine Schichtungstexturen.

Insgesamt handelt es sich um relativ feinklastische Sedimente aus Quarzen und Gesteinsbruchstücken (Liefergebiet u. a. Metamorphite), mit undeutlicher Schichtung, starkem Karbonatgehalt (Matrix und Rissfüllungen) und schlechter Sortierung.

Man kann hierbei durchaus an Vorgänge denken, die die Sedimente im Sinne einer Bodenbildung (oder Frühdiagenese) verändert haben.
Oberer Aufschluss bei Auen:

a) Graurote Feinsandsteine; hoher Silt/Tonanteil; bricht unregelmäßig blättrig (bis 1 cm dick); zahlreiche Phyllit- und Schieferschüppchen (bis 1 mm), grünlich.
b) Feinkonglomeratische Grobsandsteine mit derselben Zusammensetzung.

Auf der Ostseite des Ellerbachtales ist eine rote Breccie aufgeschlossen, die diskordant auf devonischen Phylliten auflagert (HAMM 1980). Sie enthält Kalkbruchstücke, eine rote, feinsandig-siltige Matrix und keilt nach NE aus. Auf der Westseite des Ellerbachtales bestehen die ältesten Rotliegend-Schichten aus grauvioletten und roten, z. T. stark verfestigten, roten Feinsand- oder Siltsteinen, ähnlich den Gesteinen im Gaulsbachtal (HAMM 1980). Rote, sandige Silt-Tonsteine in höheren Profilabschnitten der kartierten Schichten werden in die Glan-Unter-Gruppe eingestuft. Während einer Geländebegehung 1987 waren die nach HAMM (1980) mit dem Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal vergleichbaren Gesteine nicht aufgeschlossen. Im Teichgraben bei Winterburg stehen nur rotgefärbte Phyllit-Breccien und -Konglomerate an. Auch auf einem Acker am Westhang des Ellerbachtales waren im rotgefärbten Boden nicht die typischen violetten Lesesteine zu finden.

Weiter nach NE, im Raum Waldböckelheim - Sponheim hat KLAASSEN (1982) in Sedimenten der mittleren Lebach-Schichten zwei Rotfolgen mit rötlich-violetten Siltsteinen und einem rötlichen Sandstein kartiert. Die betreffenden Aufschlüsse liegen allerdings auf der SE-Flanke der Nahe-Synform und stehen damit nicht in direktem Zusammenhang mit den Gaulsbachtal-Gesteinen nördlich Langenthal.

In südwestliche Richtung vom Gaulsbachtal aus wird ein Aufschluss in der Basis-Rotfolge aus dem Simmerbachtal beschrieben (HOFMANN 1980). Hier folgt über Breccien aus überwiegend phyllitischem Material ein dunkelroter, feingeschichteter Sand-Siltstein, in den Tonfetzen eingelagert sind. Von einem Aufschluss unterhalb der Ruine Brunkenstein (südöstlich von Schloss Dhaun) werden rote bzw. rotviolette Sand-Siltsteine mit einzelnen größeren Geröllen (Quarz, Quarzit) erwähnt. Über einem Konglomerat weiter im Hangenden steht ein feingeschichteter, rotbraun verwitterter Sandstein an. Über ihm sind zwischen geringmächtigen Konglomeratlagen noch zwei Schichten aus rotbraunem Sandstein eingeschaltet.

Im Hahnenbachtal bei Kirn liegen auf devonischen Phylliten Konglomerate, die den oberen Kusel-Schichten entsprechen sollen (BANK & KUTSCHER 1963). STAEGEMEIR (1979) erwähnte eine Bohrung im Bereich des ehemaligen Kupferbergwerks bei Fischbach, die im Unteren Rotliegend rote, sandige Tonsteinlagen erbracht hat. Die diskordante Auflagerung von Rotliegend-Sedimenten auf devonischen Gesteinen ist noch einmal am Friedhof von Niederwörresbach, ebenfalls im Fischbachtal aufgeschlossen (KRIMMEL 1979), aber wiederum mit Konglomeraten (eigene Geländebegehung 1987).

Zwischen dem Schwollbach und dem Idarbach (REIMANN 1969) bildet eine nur schlecht aufgeschlossene Phyllit-Breccie die Rotliegend-Basis und nur an einer Stelle wurden in der Breccie auch geringmächtige, rote Feinsandsteine gefunden.

Bei mehrfachen Geländebegehungen auf der Suche nach Rotsedimenten, die in den gen. Arbeiten erwähnt wurden, konnten nur im Simmerbachtal am Brunkenstein und Am Römerstich bei Auen mit dem Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal vergleichbare Gesteine anstehend gefunden werden. Ansonsten handelt es sich in den erwähnten Arbeiten wohl um die Kartierung rotbrauner, lehmiger Bodenverfärbungen auf flach geneigten Hängen, die allerdings auf brachliegenden Ackerflächen deutlich gegen braune Bodenfarben abstechen und somit von Bedeutung sein müssen.

Hier sollen die Untersuchungen von MÜCKENHAUSEN (1953) erwähnt werden, aus denen hervorgeht, dass im Rheinischen Schiefergebirge rotgefärbte, tertiäre Bodenrelikte vorkommen. Es sind Rotlehme als Reste einer mächtigen Verwitterungsdecke auf devonischen Gesteinen bei ehemals tropischem-subtropischem Klima. Von diesem Material sind Reste in internen Senken des Rheinischen Schiefergebirges erhalten geblieben.

Die Angaben von HOFMANN (1980) vom Aufschluss am Brunkenstein konnten bestätigt werden. Dort ist eine dreifache Wechselfolge von Feinkonglomeraten und Sandsteinen angeschnitten, wobei die Sandsteine vertikal von siltigen bis zu geröllführenden Partien variieren (Gerölle 3 - 5 cm im Durchmesser) und selten gelbbraune Farbstreifchen enthalten.

4 Petrographisch vergleichbare Aufschlüsse im Unteren Rotliegend (und Karbon) des Saar-Nahe-Beckens (Aufschlüsse mit Bodenhorizont-Merkmalen)

Aus den Kusel-Schichten werden komplexe Rothorizonte (mit möglichen Bodenhorizont-Merkmalen) beschrieben. Sie liegen im Profil zwischen grauen und braunen Sedimenten, außerdem kommen Süßwasserkalkschichten in der Abfolge vor.

Die Erläuterungen zu den bisher erschienenen geologischen Karten 1:25000 von Rheinland-Pfalz enthalten ausführliche Schicht- und Aufschlussbeschreibungen:

Auf Blatt 6411 Wolfstein (ATZBACH 1986) z. B. waren Gesteine der Remigiusberg-Formation in einem Pipeline-Graben aufgeschlossen, deren verschiedenkörnige Lagen durch rote, violette, grüngraue Farben und mindestens einen Kalkknauern-Horizont gekennzeichnet sind. Ähnliche Gesteine bauen die Wahnwegen-Formation auf (z. B. rote Sandsteine mit violetten Flecken). In der Quirnbach- und der Lauterecken-Formation sind noch tonige bis sandige Rothorizonte mit höherem Kaolinit-Anteil in der Matrix und Kalkbänkchen eingelagert.

Auf Blatt 6211 Bad Sobernheim (ATZBACH 1980) liegt die Lokation der Tiefbohrung Monzingen 1 (Beschreibung bei HABICHT 1966). Sie durchteufte u. a. die als Wahnwegen-Formation identifizierte Rotfolge mit Konglomeraten und Kalkknollen-Horizonten.

Auf Blatt 6112 Waldböckelheim (GEIB 1973) lässt sich eine Rotliegend-Randfazies am NW-Rand der Nahe-Synform von einer Beckenfazies in Mächtigkeit und Petrographie unterscheiden. Im Blattbereich stehen aber nur rote Konglomerate an der Basis der Kusel-Schichten an.

Vom Blatt 6212 Meisenheim (ATZBACH 1983) werden Aufschlüsse in der Remigiusberg-Formation beschrieben: Im Bahneinschnitt am Gasthaus Herrmannshöhle und an der Straße Oberhausen – Hallgarten am Osthang des Buchwaldes. Es kommen rötliche, grüne und graugrüne Sand-, Silt- und Tonsteine vor, die oft von Kalkknauern durchsetzt sind.

Auf Blatt 6410 Kusel (ATZBACH & SCHWAB 1971) wurde im Gelände beobachtet, wie im Unteren Rotliegend kompakte Kalkbänke im Streichen vielfach in Kalkknollenlagen übergehen. Ein nicht mehr zugängliches Profil am Friedhof Rammelsbach enthielt rote und grüne Sand- und Tonsteine mit Kalkknollen. In die Wahnwegen-Formation wurden u. a. graue, sandige Mergel und Schichten mit verkieselten Kalkknollen eingestuft und Kalksandsteinbänke und Schichten mit bunten Farben als Quirnbach-Formation. Die kartierenden Geologen unterscheiden die Kalkknollenbildungen durchaus von sedimentären Kalkbänken. SCHÄFER, A. (1986) sowie MÖHRING & SCHÄFER, A. (1990) erwähnten Caliche-Konkretionen in Sedimenten schlammiger Überflutungsebenen, also im fluviatilen Milieu (Heusweiler-Formation, Stefan) des Saar-Nahe-Beckens. Die Kalk-Knollen können sich, wie oben erwähnt, zu Kalkbänken verdichten.

Bei ATZBACH et al. (1974) finden sich Angaben über zwei Aufschlüsse mit möglichen Caliche- (Kalkkrusten)-Horizonten:

Profil entlang der B 270 auf dem Gelände der Fa. K.O. Braun nördlich von Wolfstein (Blatt 6411 Wolfstein). Zwischen Wechselfolgen von Konglomeraten, Arkosen und Sandsteinen (Heusweiler-Formation) liegen knollige Kalksteinbänke in roten-grünen Siltsteinen; u. a.

- intensiv rote Ton- und Siltsteine mit gelbbraun angewitterten, unverwittert rötlichen Dolomitknöllchen, einzelnen Feinsandsteinlagen und mehreren 0,1 – 0,2 m mächtigen, knolligen Kalkstein(Dolomit)bänken;
- wechselnd graugrün-rotviolette Ton- und Siltsteine;
- graugrüne Ton- und Siltsteine, besonders in höheren Partien Kalk(Dolomit)knöllchen führend.

Steinbruch Remigiusberg bei Theisbergstegen (Bl. 6410 Kusel) mit Gesteinen der Remigiusberg-Formation, u. a.

- 3,20 m Silt- und Tonsteine, z. T. sandig, grüngrau, mit Kalklinsen und -knollen;
- 0,8 m violett und grüngrau geflammter Aufarbeitungshorizont (Sand- und Tonsteine) mit Kalkknollen.

Aus der Heusweiler-Formation (Stefan) wurden von HABICHT (1966) in der Bohrung Meisenheim 1 rotbraune, dolomitische Kalkknollenmergel und Kalkknollenbänke genannt; aus der oberen Wahnwegen-Formation der Bohrung Odernheim 1 weiße Kalk-

knollen; aus der Heusweiler-Formation im Standard-Profil für die Nahe-Synform rote, dolomitische Kalkknollenmergel.

Jedenfalls weisen die kurzen Beschreibungen auf Rotliegend- und Ober-Karbon-Gesteine hin, die mit der Gaulsbachtal-Rotfolge große Ähnlichkeit haben. Trocken gefallene Sedimente mit Kalkkrusten-Bodenbildung haben auch in anderen geologischen Systemen und rezenten Vorkommen eine räumlich ausgedehnte Verbreitung.

Aufgrund des Profils der Bohrung Monzingen 1, die nur wenige km südlich von Langenthal stand und aufgrund des Standard-Profils der Nahe-Synform kommen rote Sedimente bis in die mittlere Glan-Unter-Gruppe hinauf vor. Die Basis-Rotfolge am Hunsrück-Südrand kann vielleicht in die Wahnwegen-Formation gestellt werden. Bei DREYER et al. (1983) wurde das Untere Rotliegend am NW-Rand der Nahe-Synform nicht untergliedert.

Über diese Arbeit hinausgehende Untersuchungen können die Gemeinsamkeiten der typischen Kalkkrusten- und Rothorizontvorkommen, soweit sie gleichzeitig zugänglich sind, noch vermehren. Vorerst kann man daher vermuten, dass Paläoböden im Unteren Rotliegend auf terrestrischen Ablagerungen erhalten geblieben sind.

Hier muss noch einmal betont werden, dass die Rotfolgen des Unteren Rotliegend nicht voreilig als Paläoböden angesprochen werden können. Allerdings sollte man innerhalb dieser Lagen nach eindeutigen fossilen Bodenhorizonten suchen (Kalkknollen, Bodengefüge, Wurzelreste etc.). Identifizierungen von Paläoböden wurden von ORTLAM (1967), MADER (1983, 1985) und DACHROTH (1985) im deutschen Buntsandstein, von WOPFNER (1981) im südalpinen Perm und von ORTLAM & ZIMMERLE (1982) im Mitteldevon des Rheinischen Schiefergebirges durchgeführt. Ihre Beobachtungen decken sich vielfach mit denjenigen der vorliegenden Untersuchung.

5 Paläoboden-Untersuchungen in der deutschsprachigen Literatur

Deutschsprachige Publikationen, die sich mit fossilen Böden bzw. Bodenrelikten befassen, sind aus den letzten vier Jahrzehnten vorhanden. So werden von ORTLAM (1967, 1971, 1974, 1980), STÖHR et al. (1972), DACHROTH (1985) und MADER (1983, 1985) Beispiele aus dem Buntsandstein und anderen stratigraphischen Einheiten der Regionen Saarland, Pfalz, Lothringen, Odenwald und Schwarzwald beschrieben.

ORTLAM (l. c.) arbeitete über die sog. Violetten Horizonte, die als Paläoböden aus humid-subtropischem bis semiaridem Klima gelten, er listete Erkennungsmerkmale auf und legte die Verwendung der Böden für die Stratigraphie dar.

Horizonte von 1 – 4 m Mächtigkeit besitzen eine Reihe von mikroskopischen Eigenschaften, die mit denen des Untersuchungsaufschlusses dieser Arbeit übereinstimmen. Die mittel- bis feinkörnigen Sedimente sind rot und rotviolett gefärbt und entschichtet. Sie enthalten gelbe, karbonatische (Mg-Calcit) Sandkonkretionen von cm-Größe. Auch fanden sich darin authigene Quarze bis 6 mm Größe. Weiterhin treten sog. Dolomit-Breccien auf und aufgearbeitete Sand-Calcit-Krusten. Schließlich kann ein Aufspalten der violetten Horizonte mit der Einschaltung von rotbraunen Sandsteinzwischenlagen beobachtet werden. Die Karbonatkonkretionen können ausgelaugt und durch schwarzen Fe-Mn-Mulm ausgefüllt sein. Lichtgrüne und weißgraue Ton-, Silt-, Sandsteine begleiten teilweise die rotvioletten Gesteine. ORTLAM (l. c.) brachte aufgrund älterer klimageomorphologischer Arbeiten das Auftreten von Mg-Calcit-Konkretionen in direkte Verbindung mit einer ehemaligen Durchwurzelung und erkannte in den Violetten Horizonten mehrfach Wurzelröhren-Relikte. Damit musste er aber für die Entstehung der Paläoböden eher ein subtropisches als ein semiarides Klima voraussetzen, welches erstere auch für die Verwitterung von Feldspäten und Quarz verantwortlich ist. Möglicherweise berücksichtigte ORTLAM (l. c.) nicht, dass verschiedenartige, zeitlich

nacheinander folgende Faktoren (Klima, Feuchtigkeit) die Bodenbildungen verursacht haben können.

Die Profile sind wegen verschiedener Sedimentations- und Pedogenese-Phasen komplex aufgebaut. Die Durchwurzelung, die Farbveränderungen (Eisengehalte), die Tonverlagerung und die Krustenbildungen müssen nicht die Relikte einer einheitlichen Bodenbildung sein. Man sollte vielleicht nur die Einzelmerkmale jeweils einem Milieu zuordnen.

DACHROTH (1985) kam beim Oberen Buntsandstein in der Pfalz und im Saarland zu vergleichbaren Ergebnissen über Violette Horizonte: Farbe, Entschichtung, Wurzelröhren-Relikte, Karbonatknollen und Polyederklüftung. In einer zusammenfassenden Arbeit über den Buntsandstein in Europa wurde mit Bestätigung mehrerer Autoren die Verbreitung von Paläoböden auf zahlreiche europäische Regionen ausgedehnt (MADER 1985). Dabei handelt es sich stets um die Violetten Horizonte, die Bröckelbänke; d. h. allgemein um Caliche-Bodenbildungen in verschiedenen Entwicklungsstadien, auch in erodierten und resedimentierten Vorkommen.

In den Zwischenschichten im Oberen Buntsandstein Luxemburgs kommen ebenfalls Gesteinsmerkmale vor (MADER 1984), die gut mit den Beobachtungen im Unteren Rotliegend übereinstimmen. MADER (l. c.) erwähnte blauviolette Verfärbungen mit grüngrauen Bleichungslinsen, vielfältige Karbonatkonkretionen (z. T. umgeben von grüngrauen und blauvioletten Höfen) in rot-grün-violetter Matrix.

WOPFNER (1981) berichtete von Bodenbildungen im Perm der Südalpen, die durch Karbonatverkrustungen, violette Farben und eine polygonal-prismatische Textur charakterisiert sind. Im mikroskopischen Bild erkannte er die Matrix durchsetzende feine Calcit-Äderchen und zertrümmerte Quarze. Außerdem fand er in violett-grau-roten Siltsteinen Kalkknollen mit schlieriger Anreicherung von Hämatit und Limonit.

Die Kerne der Bohrung Schwarzbachtal 1 (ORTLAM & ZIMMERLE 1982) enthalten in den mitteldevonischen Lenneschiefern Horizonte mit entschichtetem und marmoriertem Sediment (Schiefer)material. Die als fossile Böden angesprochenen Lagen besitzen Karbonatkonkretionen und Wurzelröhren. Letztere sind von hellgrün-graugrünen Reduktionsflecken umgeben und können selber die Kalkkrusten durchdringen. Im mikroskopischen Bild sind gleichmäßige Hämatit-Pigmentierungen, eckige Quarzkörner, Phyllit-Fragmente und Muskovite in einer karbonatisch-tonigen Matrix; außerdem längliche, dunkelrotbraune Tonsteinfetzen zu finden. Die röntgendiffraktometrischen Analysen ergaben Quarz, Illit/Muskovit, Hämatit und Kaolinit; daneben aber auch Siderit, Chlorit sowie Dolomit. Farbunterschiede entsprechen Unterschieden in der Korngröße.

6 Makroskopische Untersuchungen

6.1 Makroskopische Beschreibung des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal

Der Felsanschnitt in einer Breite von 12 - 15 m und einer Höhe von etwa 10 m liegt direkt am rechten Ufer des Gaulsbaches, dessen Tal sich von dort an bachabwärts erweitert, gleich oberhalb sich aber im metamorphen, geschieferten Gestein verengt. Im Winter 1986/87 bzw. im Frühjahr 1987 war der linke (südliche) Bereich des Aufschlusses durch große Felsbrocken verschüttet, die aus den Breccien des oberen Felshanges heruntergebrochen waren. Der Bach wurde in einem kleinen Bogen vom Hangfuß weggeleitet, damit er das Naturdenkmal bei Hochwasser nicht weiter untergräbt. Der größere rechte (nördliche) Teil der interessanten Gesteinspartie, halbiert durch einen Schuttkegel, ist aber immer noch gut zu sehen. Er offenbart auch die differenzierte Aufspaltung des roten Basis-Pakets auf den Schiefern in unregelmäßige Horizonte.

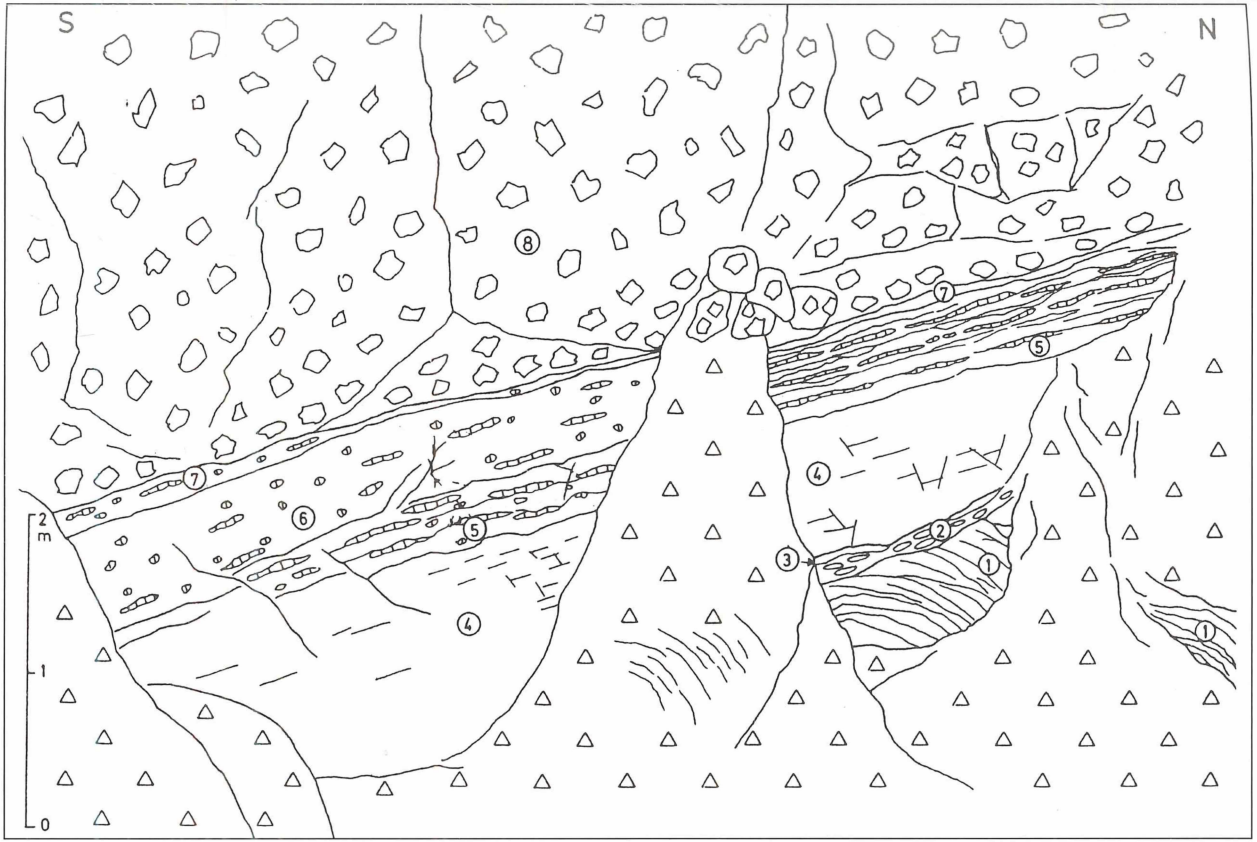


Abb. 5: Schematische Gesamt-Skizze des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal.
Aufschluss-Untersuchung im Mai 1988: 1 = devonische Grünschiefer und Phyllite; 2 = Metamorphit-Breccie; 3 = gelbe, tonigweiche gebleichte Lage mit Phyllit-Resten; 4 = unregelmäßig plattig und eckig zerklüfteter, roter Silt-Sandstein mit einzelnen Bleichflecken und gelben Konkretionen; 5 = violettgraues Gesteinspaket mit Fleckung, Karbonatkrusten und -knauern sowie roten, schlierigen Zwischenlagen (Caliche-Paläoboden); 6 = rotes, geflecktes, Karbonatknauern-haltiges Paket (Caliche-Paläoboden und mögliche Pseudogley-ähnliche Bleichung); 7 = graugrünliches, gebleichtes Paket mit Karbonatknauern; 8 = konglomeratische Breccie

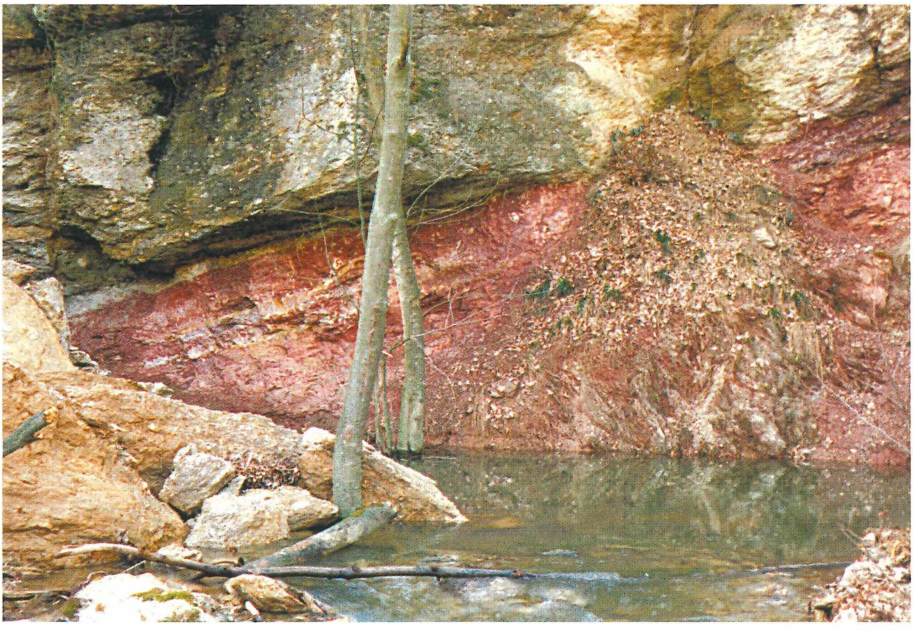


Abb. 6: Foto des südlichen Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal. Zustand Frühjahr 1987

In der Gesamtansicht reicht der keilförmige Anschnitt der devonischen Metamorphite vom rechten Bildrand (Abb. 6) bis zu den im Gaulsbach stehenden Bäumen. Darüber lagert das rot-violette Material mit wachsender Mächtigkeit von 1,80 - 3 m zum scheinbaren Einfallen hin. Links des Schuttkegels kann man 4 Abschnitte unterscheiden: unten rot, dann violett, rot und oben hellgrau. Im linken Bildteil fallen große Gesteinsbrocken gelblicher Farbe im Schutt auf. Im oberen Bildteil ragen die grauen konglomeratischen Breccien hervor.

Schon von ferne betrachtet, sieht man deutliche Farbgrenzen in der Rotfolge, die wie ein Keil zwischen den Grünschiefern und Phylliten im Liegenden und den meter-dicken Bänken einer graubraunen Breccie innerhalb der konglomeratischen Breccien im Hangenden liegt. Ihre Unterlage, d. h. die erodierte alte Schieferoberfläche fällt im Aufschluss nach links, d. h. bachabwärts ein. Tektonische Messwerte ergeben ein wahres Einfallen von ungefähr 30° nach Süden, allerdings kann dieser Wert nur auf einer kleinen Stelle der allgemein unregelmäßigen Fläche gemessen werden. Für eine Messung des Einfallens der Rotfolge stehen keine brauchbaren Flächen zur Verfügung. Die Unterseite der hangenden konglomeratischen Breccien, die durch ihre größere Härte über das rotbunte Paket hinausragen, liefert folgende Werte: ca. 160/ca. 12 - 15° SW. Auch damit ergibt sich keine genaue Lagerung der Rotfolge, wie auch FALKE (1974) von der Grenze zwischen ihr und den hangenden konglomeratischen Breccien als einer Erosionsdiskordanzfläche sprach. Die bunten Horizonte schmiegen sich dem Untergrund, d. h. den Schiefern im Liegenden an. In der linken Aufschlusshälfte hat die Rotfolge eine Mächtigkeit von fast 3 m und zwar dort, wo die Metamorphite gerade noch oberirdisch sichtbar sind. Ganz links ist nur noch ein Ausschnitt aus dem höheren Profil aufgeschlossen. In der rechten Aufschlusshälfte höher am Hang beträgt die Mächtigkeit noch 1,80 m, die Unterseite der konglomeratischen Breccien befindet sich dort etwa in der Hälfte der Gesamtaufschlusshöhe. Das Gestein lässt sich über die aufgeschlossene Breite in drei bzw. vier ver-

schiedenen Einzelprofilen darstellen (vor der Verschüttung des linken Aufschlussteils):

Links (Süden) Rechts (Norden)

Abtauchen d. Einheit Profil I kleiner Schuttfächer unterhalb d. FelsspalteProfil II

unter Schutt

Großer Schuttfächer Profil III rechte Schuttbegrenzung (s. Abb. 5)

Im großen Maßstab treten in der Rotfolge vier Gesteinspakete auf: vom Liegenden zum Hangenden Rot-Violett-Rot-Weißgrau gefärbt.

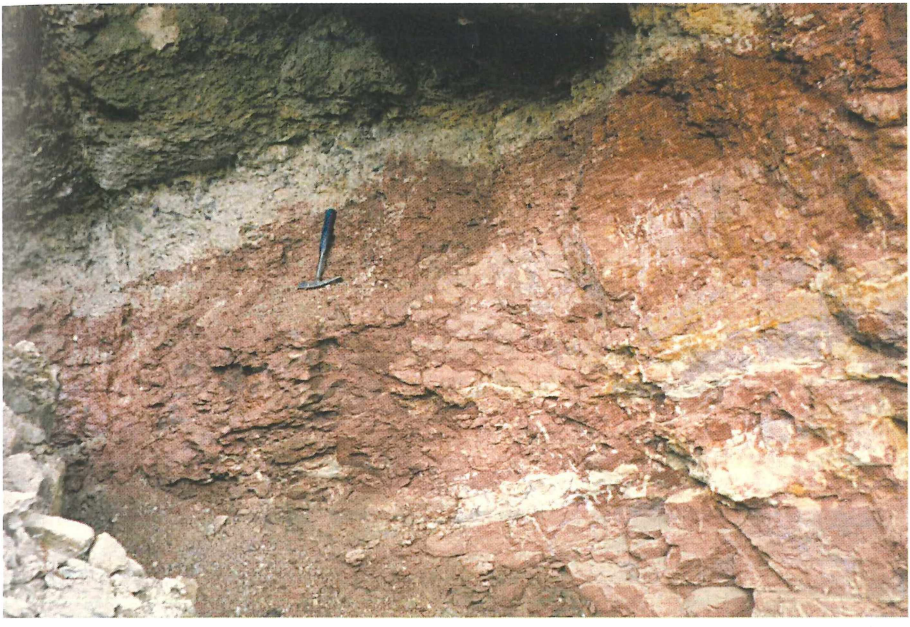


Abb. 7: Südlicher Teil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal.
Früher noch weiter südlich (links im Bild) sichtbare Profilteile sind durch die herabgefallenen Felsbrocken z. Z. nicht aufgeschlossen. Sie werden als Profil I im Text beschrieben. Unterhalb des Hammers befindet sich ein Paket aus vorwiegend rot gefärbtem Sedimentmaterial mit knolligen Konkretionen. In der rechten (nördlichen) Bildhälfte ist eine kleine Störung zu sehen. An ihr wird das Profil II mit seinen deutlich unterscheidbaren vier Großhorizonten abgeschnitten. Über dem Hammerstiel zieht das gebleichte, weißgraue Paket am Top entlang.

Profil I:

Auf der linken (südlichen) Seite des Aufschlusses beginnt das Profil im Liegenden mit einem violettgefärbten Bereich. Er enthält sandige, graue oder gelbbraune, lagig angeordnete Knauern bis zu einer Größe von 20 cm. Nach rechts hin wird der Bereich wesentlich unruhiger. Hellgrüne und weiterhin rote Partien und Flecken häufen sich. Die Handstücke bestehen aus einem violetten Feinsandstein (Siltstein) mit sehr schwach karbonatischem Zement, hellgrüngrauen Flecken (einige cm groß) und kleineren sichelförmigen Flecken (bis 1 cm Länge). Unter der Lupe erkennt man zwischen den verschiedenfarbigen Partien keinen Materialunterschied. Gelbbraune, karbonatische Konkretionen stecken im Gestein, haben teilweise eine Zäpfchenform (mm- bis cm-groß) und reagieren mit verdünnter HCl schwach. Gehalte an verschiedenen Karbonaten, wie z. B. Calcit und Dolomit lassen sich im Gelände nur ungenau bestimmen.



Abb. 8: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal. Ausschnittsvergrößerung des südlichen Aufschlussteils.
Unter den mächtigen konglomeratischen Breccien liegt das sich verschmälernde Band des gebleichten, weißgrauen Pakets am Top, darunter liegen das rotbunte Paket mit der gelben Schräglage, das violettbunte Paket und das rote Basis-Paket.



Abb. 9: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Starke Zerklüftung des roten Basis-Pakets (unterhalb des Hammers).

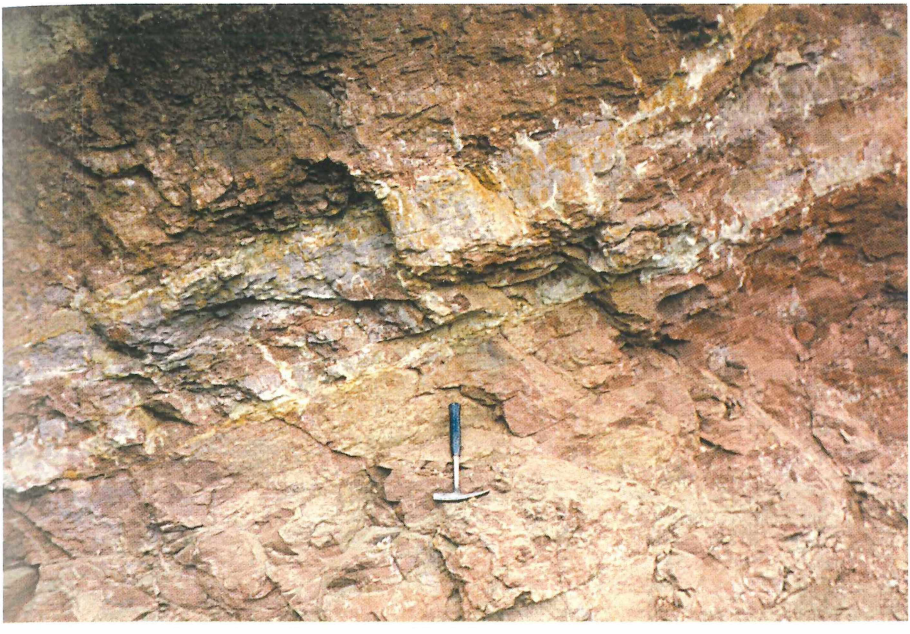


Abb. 10: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Das violettbunte Paket erscheint deutlicher über dem roten Gestein, in dem Hauptklüfte ungefähr senkrecht zur Lagerung verlaufen. Diese stimmen in der Richtung mit der oben erwähnten Störung überein.



Abb. 11: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Violettbuntes Paket aus der Nähe (Kamera-Objektivdeckel als Maßstab)



Abb. 12: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Die obere Bildhälfte zeigt den Bereich der violetten Farbhorizonte, die im Foto bläulich erscheinen. Aus dieser Entfernung betrachtet, überwiegt die unregelmäßige und fleckenhafte Färbung von violett, dunkelrot und hell, aber die lagerungskonkordante Horizontierung lässt sich noch erahnen. Das violette Gestein ist durch die karbonatischen Konkretionen am stärksten verhärtet, weshalb im Aufschluss die knolligen Bänke heraustreten. Die untere Bildhälfte zeigt das Paket rotgefärbten Gesteins; mit dem Übergang von eckig-polyedrischer Klüftung unten zu flaserig-blättriger Klüftung und geringer Farbzonierung nach oben. Die Aufschlusshöhe im Bildausschnitt beträgt ca. 1,50 m.



Abb. 13: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Nördlicher Anschluss an die Abb. 12. Hier erkennt man im violettbunten Paket durchziehende Bänke von roter Färbung und einen gelben Bereich in der Bildmitte aus gelbbraunem, erdig verwittertem Material.



Abb. 14: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Das rote Basis-Paket unterhalb der violettbunten Pakete, das insgesamt ziemlich homogen zusammengesetzt ist und sich senkrecht zur Schicht nur hinsichtlich der Klüftung verändert.



Abb. 15: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Nördlicher Profilabschnitt im violettbunten Paket zeigt unregelmäßig lagig, rotes Material und helle Flecken oder Flasern. Hier grenzt das violette Gestein mit dem schmalen, gebleichten, weißgrauen, karbonatisch verhärteten Paket am Top an die hangenden konglomeratischen Breccienbänke.

Darüber folgt ein roter Bereich von ca. 14 cm Mächtigkeit mit hellgrünen Flecken und gelbbraunen Knauern. Dieser Bereich wird von einem horizontparallelen Riss durchzogen, der mit einem weißen, nicht calcitischen Material gefüllt ist. Weiter rechts, in einem unruhig zonierten Bereich, gibt es 1 mm breite, unregelmäßige Risse mit kalkigen Inhalten; auch die Knauern umgeben manchmal deutlich kalkige Umhüllungen. Dieses Material scheint später entstanden zu sein, als aus den Karbonatkonkretionen wieder Calcit mobilisiert wurde.

Über dem rotbunten Paket folgt ganz links ein Bereich von hellgrün-gelblichen Farben. Man erkennt drei unregelmäßige, plattige, quarzitische Sandsteinlagen (3 - 4 cm dick) von weißgrauer Färbung und mittlerer bis grober Sandkorngröße, verbunden mit einem creme-weißen, pelitischen Material und gefleckt mit gelbbraunen Körnchen (mm). Bei HCl-Zugabe lässt sich ein Karbonatgehalt im Sandstein erkennen. An einem anderen Handstück sieht man Teile einer braunen Kruste (mehrere cm dick), eng (zapfen- und lobenförmig) verwachsen mit einem weißgrauen, siltigen Feinsandstein. Die Farbgrenze erscheint hier unter der Lupe diffus. Insgesamt gibt es zwischen dem weißgrauen Gestein und den gelbbraunen Konkretionen starke Durchdringungen und Verwachsungen. An einem Handstück sind auf einer Kluftfläche 1 cm lange und 1,5 mm breite, vernetzte, gelbe Karbonatleistchen herausgewittert. Der Sandstein enthält viele Hellglimmer (< 1 mm Größe), aber kaum kalkigen Zement zwischen den Körnern in der rein weißgrauen Substanz. Die gelbbraunen Konkretionen bestehen möglicherweise aus Dolomit (schwache HCl-Reaktion, Röntgenanalyse) und haben ihre Farbe von einem Eisenoxid/-hydroxid-Anteil. Das helle, auch leicht grünlich erscheinende Paket hat eine Mächtigkeit von 21 cm. Es hat eine unebene Grenze zur hangenden konglomeratischen Breccie, die hier in einer kleinen Rinne zu liegen scheint. Nach rechts am Aufschluss wölbt sich die gesamte Rotfolge auf. Das knauernhaltige, gebleichte, weißgraue Paket am Top und die rotgefärbte Partie machen die Aufwölbung jeweils mit. FALKE (1954) wies ebenfalls darauf hin, dass an der Stelle, an der die konglomeratische Breccie tiefer in die Unterlage eingreift, auch die rote Farbe unter dem gebleichten, weißgrauen Paket am Top ins Liegende zurückweicht.

Bis zu einem kleinen Schuttkegel ergibt der Aufschluss folgendes Profil:

Im Liegenden stehen 55 cm des violett-grünroten Horizontes an; in oberen Partien überwiegt mehr das Violette, unten mehr eine rot-weiße Fleckung mit violetten Farbtönen, z. T. auch mit gelben Knauern. Darüber folgen 34 cm rote, homogene Siltsteine mit einzelnen gelben Knauern; darin liegt eine flache Linse von weißgrünlicher Farbe (35 x 9 cm). Sie enthält ihrerseits rote und gelbe Flecken bzw. Knollen. Man erkennt auch einige nebulöse, ungefähr vertikal verlaufende, violette Streifen in der Lage.

Im Hangenden befindet sich ein 50 cm mächtiger Horizont, rot und weiß gefleckt, mit gelben Knauern (cm-Größe).

In der Aufwölbung an dieser Stelle steckt eine flache Konglomeratlinse von 20 x 35 cm Größe, ansonsten ist diese Partie sehr bunt, rot dominiert; im oberen Bereich liegen eine Menge von hellen, krümeligen Einschlüssen (mm-Größe) mit feinem weißem Rand in rotem Material. Die Bruchflächen des Gesteins sind in der Regel rundlich gebogen, nur dort, wo die roten Partien homogener sind, werden die Bruchstücke polyedrisch-eckig. Beim Durchgang durch einen rotweiß-fleckigen Bereich wechseln mm-feine Kluftbeläge auch die Farbe. Violette, rote und weiße Flecken liegen unregelmäßig nebeneinander (zwischen violett und rot kann auch ein grünlicher Saum sein).

Das Höchste in diesem Profil bildet wieder ein 24 cm dicker, weißgrün-gelbbrauner Bereich. Die gelbbraunen Knauern unterscheiden sich vom weißgrauen Sandstein der Zwischenräume. Direkt unter den konglomeratischen Breccien im Hangenden ist eine 5 cm dicke Lage einer flaserigen Phyllit-Breccie eingelagert.

Der mittel- bis feinkörnige Sandstein darunter führt außer den grusigen Konkretionen einzelne Gerölle (Quarz) von ca. 2 mm Größe. Die Knauern besitzen grusig-mürbe oder auch sandige Materialeigenschaften. Auch hier, wie im Profil weiter links, enthält der weiß-graue Sandstein viele Hellglimmer und kein oder kaum karbonatischen Zement, der mit HCl nachzuweisen wäre. Die braunen Konkretionen zeigen wiederum eine schwache Reaktion.

Rechts neben der Aufwölbung taucht zum ersten Mal an der Basis intensiv rotgefärbtes, siltig-feinsandiges Gestein auf. Darauf lagert die rotweiße und violette Einheit: in den unteren 40 cm überwiegt mehr das Rote, in den oberen 30 cm mehr das Violette. Rote Schlieren dringen in violette Farbbereiche ein. Im darauffolgenden 40 cm mächtigen, roten Paket findet man an der Basis noch einzelne violette Flecken, sonst auch zahlreiche gelbbraune Knauern (cm-Größe). Die Grenze zum darüber liegenden gelbgrauweißen Material (54 cm mächtig) erscheint aus der Entfernung einigermaßen eben, aber von nahem erkennt man, dass rote Flecken auf einigen cm Länge ins Weiße vordringen oder umgekehrt. Die helle Partie enthält hier ein weiches, siltig-flaseriges Material und harte dunkelbraune und sogar schwarzbraune Knauern. Im Handstück, einem weißgrauen Feinsandstein, stecken (in mm- bis cm-Größe) braune Konkretionen und dunkelbraune, mm-große Körnchen, die ebenso wie die weiße Substanz nicht mit HCl reagieren. Angeschliffene Knauern reagieren im Inneren mit HCl.

Im bisher besprochenen linken (südlichen) Teil des Aufschlusses hat man es also mit den vier schon genannten Paketen zu tun (rot-violett-rot-weißgrau), die im kleinen Maßstab ein vielfältiges Mosaik von Strukturen und Flecken bilden. Allerdings kann man nicht mit Bestimmtheit davon sprechen, dass ein Horizont in einen darunter oder darüber gelegenen Horizont übergeht, wie dies einheitliche, rezente Bodenprofile in Teilen kennzeichnet. Die Einteilung in abgegrenzte Pakete ist in der Rotfolge bestimmend, nur an den Grenzen verzahnen sie sich im cm-Maßstab miteinander, von nahem betrachtet verschwimmt die Farbgrenze. Auch in rezenten Bodenprofilen kann man bei vielen Bodentypen ohne weiteres Grenzlinien ziehen, zumal in komplexen Böden mit eingeschalteten Sedimentlagen, und wenn man eine Kompaktion der Rotliegend-Gesteine durch die Diagenese annimmt, kann man die deutlichen Horizontgrenzen erklären.

Profil II:

Die Phyllite und Grünschiefer werden überlagert von einer 25 cm mächtigen Phyllit-Breccie mit einer ca. 7 cm dicken Bleichlage darüber aus tonigem, weichem Material von heller Farbe. FALKE (1954) sah in der Breccie den Rest einer Verwitterungsdecke auf den Metamorphiten. Im Hangenden beginnt das bunte Paket mit einer 50 cm dicken, roten Lage aus Siltstein mit gelbbraunen Konkretionen, die über ein 30 cm mächtiges, rotes, plattig geklüftetes Gestein in eine 70 - 80 cm mächtige Bank aus eckig-brechendem Siltstein übergeht (plattige Lage aus feinsandigem Siltstein). Darüber liegt eine rote Bank (30 cm) von ebenfalls eckig, polyedrisch geklüftetem Silt-Feinsandstein. Ihre Hangendgrenze erscheint von weitem ziemlich scharf, nur im cm-Maßstab ist sie weißfleckig unregelmäßig. Selten sind kleine, gelbe Knollen eingelagert (wenige cm groß).

Im Hangenden steht ein erster violetter Horizont an (9 cm), der sich intensiv mit rotem und weißem Material verzahnt. Seine Untergrenze ist trotz der Fleckung in der ganzen Profilbreite deutlich. Das Gestein in den violetten und roten Bereichen oberhalb bricht wegen der Konkretionen oft rundlich-krümelig. Schichtung ist nicht vorhanden, nur die Karbonatplatten aus gehäuften Knollen sind lagig angeordnet und das rote Gestein besitzt stellenweise eine dünnplattige Klüftung (wenige cm dick). Eine rote Zwischenlage (12 - 17 cm), die aber unterbrochen nur etwa 1,50 m breit deutlich erkennbar ist, trennt den ersten Violetthorizont vom zweiten (9 - 18 cm); dieser hält auch in der Breite des Aufschlusses nicht durch.

Darüber liegt eine gelbliche Lage (6 cm), deren Substanz stark mit violett und weißgrau verzahnt erscheint. Darüber folgt ein 60 cm mächtiger, roter Abschnitt mit einer gelben Schräglage. Dies ist eine karbonatisch verhärtete Bank aus rundlichen Knauern, die nach rechts verschwindet. Dieses Paket enthält viele gelbe Knauern und weiße oder violette Flecken. Man erkennt auch zwei unregelmäßige, senkrechte, gelbe Strukturen. Das Profil wird abgeschlossen von einer weißgelben Lage (9 - 23 cm).

Profil III:

Rechts eines Schuttkegels befindet sich etwas höher am Hang ein Profil von geringerer Gesamtmächtigkeit, aber mit sehr differenzierter Horizontierung. Es enthält nämlich drei unterscheidbare, violettgraue Horizonte. Die Basis bilden wieder die Metamorphite mit der auflagernden Breccie aus Phyllit und Quarz und einem Bleichhorizont aus weichem, gelbem, tonigem Material mit Phyllit-Schutt. Darüber steht ein 1,10 m mächtiger, roter, eckig brechender, sandiger Siltstein an, der im unteren und zentralen Teil fleckenartig gebleicht ist. Der Feinsandanteil nimmt nach oben zu. Darüber liegt eine unregelmäßige weißgelbe Lage (4 cm; enthält Glimmer und Phyllit-Stückchen), die nach rechts im Profil ansteigt und von einer schräg verlaufenden, gelben Karbonatbank abgelöst wird, die steiler als die Horizonte einfällt. Nach oben folgt eine rote, blättrige Schicht aus Siltstein (7 cm) und weiter ein gelbgrünes Band (siltig-feinsandig, 1 - 2 cm), das nach rechts flaserig wird. Das erste violette Paket (17 cm) hat an der Basis Kalkkrusten und -knauern. Zum Hangenden folgen:

3 cm	rote, unebene Zwischenlage mit weißen Flecken;
12 cm	violette Lage mit großen Kalkplatten-Bruchstücken (rechts liegt eine rote Lage im Violetten scheinbar steiler als die Horizonte)
5 cm	rote Lage (vereinzelt grünfleckig)
12 cm	Violettlage mit Kalkkrusten-Bruchstücken
6 - 8 cm	rote Lage
2 - 3 cm	hellgrüne-weiße Lage, z. T. violett (weiter rechts liegt direkt unter den konglomeratischen Breccien eine harte braune Bank (5 cm) und eine flaserige Phyllit-Breccie)
	konglomeratische Breccien.

Die aufgezählten Horizonte sind sehr unregelmäßig. Im cm-Maßstab muss man nicht von Zonierung, sondern von Fleckung sprechen, aber die Flecken, z. B. Bleichungen, sind in der Regel länglich entlang der Gesamtschichtung. Im violetten Bereich wurden die gelben Karbonatknöllchen und -platten durch ihre Härte im Aufschluss herauspräpariert. Rote Knöllchen im Violetten sehen aus wie kleine, bis 1 cm große Gerölle. Senkrechte Strukturen sind kaum zu finden. Die verfestigten Platten ziehen über die ganze Breite dieses Aufschlussteils durch. Die hangenden konglomeratischen Breccien enthalten folgende Geröllkomponenten: kantengerundete oder runde, graue oder braune Quarzite, Meta-Diabase, Phyllite, Milchquarze, Sandsteine und graue oder bräunliche Kalksteine. Zwischen den Geröllen besteht das Gestein aus sand- oder siltkorngroßem Phyllit und Quarz.

6.2 Beschreibung der Gesteine an einzelnen Gesteinsproben

Die folgende Beschreibung soll entsprechend der Haupthorizonte des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal gegliedert sein, deren Gesteine sich deutlich voneinander unterscheiden lassen. Die im Profilbild farblich differenzierten feinen Horizonte (z. B. rote Zwischenlage im violettbunten Paket) liefern wegen der starken Material-Vermengung kaum separate Handstücke (oft sind einzelne Handstücke rot, violettgrau und grünlich gefleckt).

6.2.1 Untergrundgesteine (metamorphes „Devon": Schiefer und Phyllite)

Die Paläo-Landoberfläche, auf der die Rotliegend-Sedimente zur Ablagerung kamen, besteht aus Schiefern und Phylliten, die früher in der Literatur als „Vordevon"-Zone bezeichnet wurden. Ihre Petrologie und Mineralzusammensetzung wird in den Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 25000 (GK 25), Blatt 6112 Waldböckelheim (GEIB 1973) ausführlich beschrieben. Danach wird deren Alter nach Fossilfunden als unter- bis oberdevonisch angegeben.

Im Liegenden der Gaulsbachtal-Rotfolge nördlich Langenthal besitzen die Metamorphite eine Schieferung (Flaserschieferung und 2. Faltung), die steil gegen den Gaulsbach einfällt (gemessene Schieferflächen mit ca. 320/75°, Clar-Wert). Es handelt sich um Phyllite und Grünschiefer, die mit Quarzgängen durchsetzt sind. Vorhandene Quarzbänder sind auch mit gefaltet und die phyllitischen Flasern umfließen die Quarze. Die ursprüngliche Farbe ist ein silbriges Grün, aber es kommen auch purpur-rötliche Färbungen darin vor, die mit einer Verschmutzung der Metamorphite durch die überlagernden Rotsedimente nichts zu tun haben, wohl aber Verwitterungserscheinungen sein können.

Handstücke mit rauen Schieferflächen und annähernd plattigem Bruch vertreten die Grünschiefer gegenüber den Phylliten mit den glatten, gebogenen, oft abgerissenen Schieferflasern. Auch unter der Lupe sehen die Grünschiefer grobkörnig aus und sie sind mit braunen, körnigen Verwitterungsresten gesprenkelt (auch entlang mm-dicker Quarzadern). Ihre Farbe ist ein helles, grünliches Silbergrau. Die Phyllite enthalten die violett-rötlichen Lamellen oder Flecken. In der grünlich-weißen Grundmasse häufen sich schwarze, dendritische Mineralabscheidungen. DACHROTH (1982) beschrieb eine Rotfärbung in offenen Klüften der Metamorphite. Seiner Ansicht nach ist darin ein tieferes Stockwerk einer ehemaligen lateritischen Bodenbildung erhalten geblieben, während das ehemals autochthone Bodensolum erodiert und später rotes allochthones, lateritisches Bodenmaterial darauf sedimentiert wurde. Allerdings sollte auch die Möglichkeit einer nachträglichen Verschlämmung von roter Tonsubstanz nicht ausgeschlossen werden.

6.2.2 Verwitterungsschutt aus metamorphem Gestein

Über den massiven Schiefern lagert eine Phyllit-Breccie (wegen der häufigen kantengerundeten Quarze z. T. ein Konglomerat). Die Handstücke, die aus den Schiefer-Bruchstücken zusammengesetzt sind, muss man aber als fein- und mittelklastische Breccie bezeichnen. Aus diesem Material finden sich ebenfalls kantenrunde Gerölle. Die blättrigen Bestandteile liegen ungeregelt in einer Matrix. Ergänzt wird die Palette durch geröllführende Schiefer-Grobsandsteine (Gerölle bis 6 cm Durchmesser). Die Komponenten sind in der Matrix fest gebunden.

Die Breccie wird überdeckt von einer Substanz aus lehmig-weichen, rot und ocker gefärbten Bröckchen. Es handelt sich um einen tonigen Silt mit Quarzkörnchen in der feineren Matrix. Daneben kommen 1 - 2 cm große Schiefer-Bruchstücke und bis 5 cm große, flache, kantenrunde Quarzgerölle vor. Sie sind im Handstück eng verbunden mit dem rotweißen Feinmaterial, das auch Phyllit-Schüppchen enthält. Es kann eine Feinschichtung und eine gewisse Einregelung der Blättchen auftreten. Die Handstücke brechen z. T. plattig mit rauen Ober- und Unterseiten. Die Bruchflächen sind gespickt mit Geröllen bzw. Schüppchen von 1 - 8 mm Größe.

Von der vorherigen Verwitterungsmasse lässt sich eine dünne Lage im Hangenden (wenige cm dick) unterscheiden, die aus sehr mürben, oft porösen Bröckchen aus weißgelbem, rotgeflecktem, tonigem Silt besteht. Auch mürbe Stücke der Phyllit-Breccie bzw. weißer, stark zersetzter Phyllit liegen vor. Gerölle sind keine mehr erkennbar, höchstens

sandkorngroße Quarzkörnchen. Am Bruch des Materials zeigt sich noch die ehemalige Phyllit-Textur. Beim Anfeuchten verschmieren die Bröckchen lehmig. Gegenüber der Substanz im Liegenden fallen die überwiegend geringeren Korngrößen, die starke Zersetzung der phyllitischen bzw. pelitischen Matrix und die Porosität der Bröckchen auf. Innerhalb der geringmächtigen Basis-Decke auf den metamorphen Gesteinen, die aus transportierten Geröllen und Schutt besteht und mit der die Sedimentation erneut einsetzt, nimmt die Intensität der Verwitterung von unten nach oben zu. Die Schiefer-Breccie wurde abgelagert und anschließend zersetzt, womöglich vor der Auflagerung der roten Siltsteine, die im Hangenden anstehen. Dabei kann eine Staunässe, verursacht durch die kompakten Schiefer im Untergrund mit Verdichtung der Klüfte durch Lehm, eine Rolle gespielt haben.

6.2.3 Rotes Basis-Paket (rotes Gesteinspaket im Liegenden der violettbunten Pakete)

Probe II c:
Rot und gelbgefärbter Siltstein mit subpolyedrischem Bruch und einzelnen hellgrünen Flecken. Helle Phyllit-Blättchen (< 1 mm) und viele Hellglimmer kommen vor. Das Sedimentmaterial erscheint am Anschnitt gleichkörnig. Im roten Gestein liegen 1 cm dicke, lagige, gelbbraune Krusten (keine HCl-Reaktion), in denen gröbere Körnchen (Feinsand) angereichert sind. Sie sind auch poröser als die Umgebung und sind z. T. von einer dunklen Rinde umgeben und innen rundlich strukturiert.

Probe II d:
Siltstein mit rundlich plattiger Absonderung und grünen Flecken. Die Farbgrenzen sind sehr scharf (auch unter der Lupe), aber im Material sieht man selbst mit der Lupe keinen Unterschied. Die Handstücke enthalten heller rot gefärbte Bereiche im Maßstab von 1 - 2 cm. Beim Sägen der Handstücke entstehen immer unregelmäßige Risse und kleinbröckelige Bruchstücke.

Probe II e:
Massiger, eckig bzw. polyedrisch geklüfteter Siltstein (wie die übrigen Proben mit einem Feinsand- und Tonanteil). Die Kluftflächen sind ziemlich eben. An Handstücken kommt dünnschalige Absplitterung vor. In der ziemlich reinen, roten Matrix erahnt man dunklere und hellere (sehr undeutliche) Flecken.

Probe II f:
Dunkelroter Siltstein ohne wesentlichen Karbonat-Zement, der stellenweise in unebene, 1 cm dicke Platten, ansonsten in vollkommen unregelmäßige Stücke (subpolyedrisch) zerbricht. Auf manchen Lagerkluftflächen glänzen winzige Hellglimmer. Gelegentlich sind in die Siltstein-Matrix dunkler rote, schwach glänzende Tonschiefer- oder verwitterte rote Phyllit-Blättchen (einige mm groß mit feinster Striemung) eingelagert. Helle, grünliche Phyllit-Schüppchen erkennt man ebenfalls (< 1 mm) und wenige mm-große, gelbe, karbonatische, verwitterte Körnchen oder Rissfüllungen.

Probe III c (Profil III - Basis):
Plattiger, 1 - 2 cm dicker, homogener, gleichkörniger, roter Siltstein. Risse beweisen einen weiteren Zerfall in blättrige Teile.

Probe III c (gebleichte Partien innerhalb des roten Basis-Pakets):
Hellgrau-grünlicher Silt- und Feinsandstein enthält winzige rote Körnchen und ist sehr fein gelb imprägniert; dunkelrote Bereiche darin haben unregelmäßige, scharfe Grenzen. Das Gestein zerbricht plattig (0,5 cm). Graue Bereiche grenzen an rote Bereiche dunkler und heller Tönung. Auch hier erkennt man makroskopisch in den Farbfeldern keinen Materialunterschied. Gelbbraune, karbonatisch-konkretionäre Körper kommen

vor. Die Verteilung der roten und grauen Farben ist auf den Plattenober- und unterseiten ebenso unregelmäßig wie im vertikalen Schnitt. Das rote Material ist lagenweise tonig, ebenso wie das weißgraue und auf den Plattenflächen liegen wiederum sehr dünne Tonflasern im deutlich körnigen Silt. Eine Entfärbung erfolgte in diesem Gestein mit erhaltenen Sedimenttexturen unabhängig von diesen und von der Korngröße.

Weiterhin wurden 0,5 cm dicke, gelbe (ziemlich weiche), karbonatische Lagen und ein einzelnes Phyllit-Geröll von 3 mm Länge gefunden.

Die gelbbraunen Konkretionen haben generell eine größere Härte als das Sediment, das sie umgibt. Eine isolierte flache, rundliche Knauer (5 x 3 cm) mit einer weißlichgelben Füllung in einem ovalen Kern, der eine dunkelbraune Rinde (1 mm dick) hat, wurde gefunden. Im Anschnitt sieht man in der Knauer kleine rundliche Rindenbögen aus gelbem und grauem Material, auch mit schwarzen Mn-Oxid-Büscheln (von mm-Größe) (Abb. 16).

Probe III c (Profil III - Top):

Roter Siltstein mit plattigem Bruch; darin eingelagert, auf Lagerkluftflächen sichtbare, rote, gestriemte, tonige (phyllitische?) Flasern bis 1 cm^2 Fläche.

Probe III e (rotes Basis-Paket direkt unterhalb der violettbunten Pakete):

Flaserige, dünne Platten (weniger als 1 cm) aus Siltstein, auf deren Oberflächen Ton(schiefer)flasern liegen. Hierzu gehört auch ein Handstück von Sandstein mit hellen, grünlichen und dunkelroten, länglich ovalen Körnchen (< 1 mm) und imprägniert mit gelbem Karbonat; und ein Handstück mit einer rundlichen, braunen Kalkknauer.

Das bisher beschriebene Gesteinspaket zeichnet sich schon durch eine interne Vielfältigkeit aus, aber in viel geringerem Maße als die hangenden Horizonte. Das Sediment besitzt noch Schichtungsmerkmale, aber auch Anzeichen einer postsedimentären Veränderung.



Abb. 16: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Rotes Basis-Paket: Einzelne Karbonatknauer (5 x 3 cm) mit einer weißgelben Füllung in einem ovalen Kern

6.2.4 Violettbunte Pakete

Probe II a:

Violetter feinsandiger Siltstein, worin helle, grünliche und gelbbraune Partien (ca. 1 cm groß) eingelagert sind, die schwach mit HCl reagieren. Das violette Gestein enthält violette, weiße und dunkelrote, längliche und schwarze Körnchen (Mn-Oxid-Dendriten?). Ein eckiges, rotes Feld (1 cm), umgeben von einem mm-breiten hellen Saum, wurde angeschnitten. Im Roten erkennt man längliche, helle Körnchen, die auch eingeregelt sein können. In seinem Zentrum gibt es dunkel- und hellrote Flecken. Im Violetten wird das Korn unregelmäßig gröber, z. T. ist es von gelbbraunen, kaum erkennbaren Färbungen (feine Imprägnation) durchsetzt, die Karbonatreaktion zeigen (alles im Maßstab von einigen mm bis cm).

Probe II g:

Violette Lage, verzahnt mit Rot und Weiß. Bereiche verschiedener Farbe sind unscharf aneinander gelagert, im Roten und Violetten sieht man viele weiße und rote, längliche Gesteinsbruchstücke in Sandkorngröße (auch 2 mm große, schmale Phyllit-Gerölle).

Die Begrenzung einer 0,5 cm dicken, gelbbraunen Kruste ist ebenso unscharf. Wo im Violetten die länglichen größeren Schüppchen sichtbar sind, erscheinen sie an einer Stelle ringförmig eingeregelt (Durchmesser ca. 1 cm); desgleichen liegen im Roten in bogenförmiger Anordnung rote Tonschiefer-und weiße Phyllit-Blättchen (im Anschnitt erscheinen sie als Stäbchen). Eine gelbe, dichte Konkretion (Feinsubstanz verschleiert die Skelettkörnchen) grenzt mit einem schwarzen Saum unscharf ans Violette. In ihrem braunen, porösen Kern (verwittert?) sieht man winzige Quarzkörner. An einem Handstück wurde eine 3 cm lange, 0,5 cm dicke Lage senkrecht zur Horizontierung, mit horizontal und spreitenartig eingeregelten Schüppchen angeschnitten. Es handelt sich vermutlich um Wühlgefüge (Abb. 17). Teilweise trennt ein weißer, 3 mm breiter Saum rote und violette Bereiche.

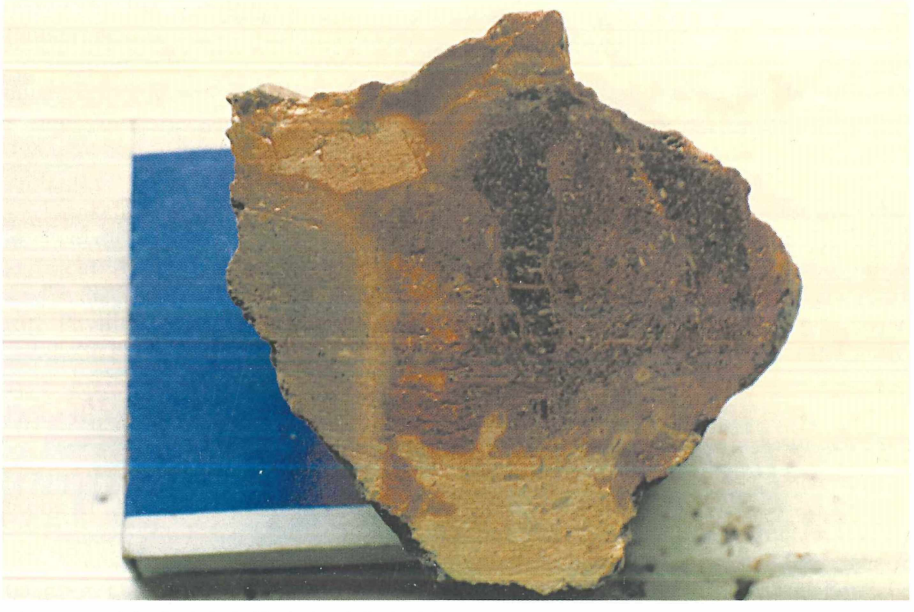


Abb. 17: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Violettbunte Pakete: Gefleckte Gestein mit vermutlichem Wühlgefüge.

Probe II h:

Rote Zwischenlage im Violetten. Unregelmäßige, länglich-bröckelige Konkretionen, heller gefleckte rote Partien (innerhalb weniger cm) und Ungleichkörnigkeit prägen das Gestein. Gröbere längliche Körnchen bzw. Blättchen sind wieder bogenförmig eingeregelt. Rundliche (mm- bis cm-große) Knöllchen setzen sich zu einer gelben Konkretion zusammen. In den Zwickeln ist das Korn gröber, d. h. jeweils, dass die detritischen Partikel in die Feinsand-Korngröße, vereinzelt auch in die Mittelsand-Korngröße einzuordnen sind. Innerhalb der Knöllchen sieht man mit der Lupe kaum noch Körner (Abb. 18).

Probe II i:

Violettgraues Gestein mit cm-großen Bleichflecken, kleineren Rotflecken und Mn-Oxid-Dendriten entlang von Rissen. Bunte Gesteinsbruchstücke in Sandkorngröße fallen wieder in der siltigen Matrix auf. Gelbe, dichte oder poröse Kalkkonkretionen oder feine, braune Imprägnationen durchsetzen den Siltstein. Im Innern einer braunen Verfärbung wurde ein heller eckiger Kern, der auch karbonatisch ist, angeschnitten. Die Schüppchen von roten Tonschiefern und Metamorphiten sind turbulent angeordnet.

Probe III g:

Plattige (2,5 cm dicke), gelbbraune Konkretionen, umgeben von rotem und hellem Material; aber auch in unscharfem Kontakt zum Violetten. Dagegen ist die Grenze zwischen Violett und Weißgrau sehr scharf. Dunkle, längliche Körnchen sind kreisförmig verteilt und die Verwitterung hat die Kalkkrusten entlang von unregelmäßigen Rissen angegriffen. Hier wurde auch Mn-Oxid abgeschieden.

Probe III h:

Rotes Zwischenmaterial im Violetten im Profil III. Weißliche, zylinderförmige Einschlüsse (2 mm bis 1 cm) stecken im roten Gestein, das insgesamt Karbonat enthält. Im mm-Maßstab erkennt man eine schlierenartige Vermengung gröberen und feineren Materials (Sand, Silt und Ton). Es lassen sich nur kleine Bröckchen als Handstücke gewinnen.



Abb. 18: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Violettbunte Pakete: Gestein mit konkretionärem Gefüge.

Probe III i:

Violettgrauer Siltstein mit 0,5 cm dicken, braunen Krusten, die ziemlich scharf begrenzte, helle, eckige Bereiche enthalten. Das violette Gestein ist hier sehr homogen, aber nicht besonders hart gegenüber den Kalkkrusten.

Proben III i, 1:

Sehr feinkörniges violettes Gestein besitzt härtere Platten bis zu 2,5 cm Dicke, die allerdings nur schwach braun getönt sind. Rote und weiße Flecken liegen in den braunen Farbzonen, die sich ihrerseits schlierenartig ins Violette ziehen.

6.2.5 Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete

Probe II k:

Dünne, gelbe Lage; stark durchmengt und verzahnt mit Violett; am Top weißgraues Material angereichert.

Probe II 1:

Rote Lage mit vielen gelben Knauern und schwach violett gefleckt; wenig weißfleckig (gelbe Schräglage aus rundlichen Knauern).

Die Bruchstücke zerbröckeln sehr unregelmäßig von cm-Größe bis mm-Krümel. Nur aus knauernartigen Verhärtungen kann man faustgroße Brocken gewinnen, auch mit sehr rauen Bruchflächen. Das weiche, rote und grauweiße Gestein ist sogar mit dem Fingernagel ritzbar. An kleineren Knauern (ca. 3 cm) sieht man im Anschnitt die gelben Partien in zusammengeballten rundlichen Formen. Stellenweise scheint es so, dass auch das rote Material in rundlichen Formen angeschnitten wurde, die von weißen Rändern begrenzt sind. Die Konkretionen scheinen an freiliegenden Bruchflächen gelberdig zu verwittern. Auf Schnittflächen ergibt sich immer eine deutliche Karbonatreaktion. Die Knauern, längliche oder rundliche Körner von ein paar cm Länge, sind an Handstücken z. T. reliefartig herauspräpariert. Das gesamte Gestein erscheint unter der Lupe ziemlich grobkörnig (sandig). Tonschiefer- und Metamorphit-Detritus ist manchmal rings um eine Konkretion eingeregelt. Die Heterogenität scheint in diesem Horizont noch ausgeprägter zu sein als im violettbunten Paket; dies gilt mehr für das Sedimentmaterial als für die Farben. Dunkel- und hellrote Schlieren und Flecken überwiegen. An Handstücken wurde eine dünnschalige (1 mm) Absonderung beobachtet. Gelbe Konkretionen haben innen manchmal eine grünliche Farbe; in ihnen fallen nur mit der Lupe erkennbare rote Tonschiefer-Körnchen auf. Die fein- bis mittelsandkorngroßen Gesteinsbruchstücke sieht man auch außen auf den Bruchflächen der Handstücke. Die Verhärtungen bilden z. T. knollige Platten von 2 - 3 cm Dicke. Auch hierin wurden mehrfach kreis- und bogenförmig eingeregelte Körnchen gefunden. Einzelne Knauern können von grobkristallinen Karbonathüllen umgeben sein. Die Farbgrenze zwischen Rot und Gelbbraun ist im allgemeinen undeutlich. Der Kalkgehalt im Gestein nimmt zu den Konzentrationsbereichen hin allmählich zu. Dünne Krustenteile weisen intern bogenförmige Strukturen auf, scheinbar bestehen sie aus mehrfach umhüllten kugeligen Formen. Entlang eines Risses in gelbbrauner Partie läuft ein 2 mm breiter, roter Saum (mehrmals beobachtet). In einem homogen-feinkörnigen Handstück stecken Quarzkörner, die kleine gelbliche Rinden tragen. Mit bloßem Auge betrachtet, fallen Unterschiede im roten Farbton auf. Das Gestein ist ganz unabhängig von den Karbonatanreicherungen ungleichkörnig zusammengesetzt. An einem 9 cm dicken Handstück sieht man eine 0,5 cm breite und 3,5 cm lange, senkrechte, gebogene Form, die sich in Farbe und Material von der Umgebung unterscheidet.

Die weniger häufigen, gebleichten Horizonte haben wieder eine scharfe Begrenzung zum Roten hin. In den Handstücken, die keine Konkretionen enthalten, sind in

Bereichen von nur 5 x 5 cm die Färbungen und die Kornverteilung und -größe oft sehr intensiv vermischt. Es ergibt sich sogar der Eindruck, dass die ungeordnete Verteilung von hell- und dunkelroten und grünlichgrauen Farben auch durch mechanische Vermengung von rotem und grüngrauem (vielleicht überwiegend von Phylliten stammenden) Ton- und Siltstein entstanden sein kann. Ein 4 cm dickes Knauernhandstück wird von einem lobenförmigen Riss lagenparallel zweigeteilt. Die Farbe wechselt zwischen braun und ockergelb. Die bogenförmig geschwungenen Strukturen in Krustenbruchstücken wurden mehrfach beobachtet. In seltener vorkommenden violetten Partien findet man fast immer eine Kornvergröberung. Mn-Oxid-Dendriten sind in Rissen angereichert.

6.2.6 Gebleichtes, weißgraues Paket am Top [im Hangenden der Rotfolge (direkt unterhalb der konglomeratischen Breccien)]

Probe 11 c:

Das Material aus dem gebleichten, weißgrauen Paket zerbricht krümelig, nur konkretionär-verfestigte Teile liefern größere Handstücke; z. T. sind diese von 2 mm dicken, unregelmäßigen, karbonatischen Schalen umgeben, die sich leicht ablösen. Das Gestein besteht hauptsächlich aus einem weißgrauen, teilweise feinsandigem Siltstein, der intensiv von harten, (dunkel)braunen Kalkkonkretionen (knollig und plattig) durchsetzt ist. Die helle Gesteinssubstanz hat keine große Härte, verwittert leicht und bedeckt die freiliegenden Brocken oft als tonige Masse. In anderen Teilen kann sie auch gelb gefärbt (mit braunen Zentren) und schwach verhärtet sein, in einer Vorstufe zu Knauern. Im hellgrauen Siltstein findet man auch verbreitet eine Imprägnation mit schwarzen, büschelförmigen Partikeln (Mn-Oxid ?). Sie dringen von Kluftflächen aus bis zu 0,5 cm weit ins weiße Gestein vor. In einem unregelmäßig plattigen Bruchstück steckt eine rundliche Knolle, deren Saum dunkelbraun und deren Inneres heller braun nebulös gefleckt ist.

Auf der Fläche von wenigen cm^2 (im Anschnitt) kann sich die Korngröße ändern. Auch in braunen Lagen sind gröbere (fein - mittelsandige), mattweiße, längliche Körnchen (Phyllit-Schüppchen) enthalten. Sie werden von der braunen Masse direkt umhüllt. Die roten Tonschiefer-Blättchen, die im roten und violetten Gestein im Liegenden als häufiger Bestandteil auftreten, fehlen im gebleichten Paket. In den inneren, hellbraunen Bereichen einer 3 cm dicken Kalkkruste gibt es mm-feine Schlieren, ganz ohne braunes Pigment, in denen ein weiß-metallisches Erz (in mm-großen Körnchen) steckt. Auch ein geringmächtiger, weißgrauer, mittelkörniger Sandstein steckt im Horizont, bildet aber keine erkennbare differenzierte Lage.

Auf einer Kluftfläche liegen 1 cm lange, 0,5 mm dicke, gelbe Leistchen (herauspräparierte kalkige Kleinkluftfüllungen) in netzartiger Anordnung. Der weißgraue Siltstein enthält zahlreiche Hellglimmer.

Probe 12 d (Zusatzbeobachtungen):

In braunen Konkretionen fallen die hellen Einsprenglinge der Phyllit-Blättchen auf. Außer an Kluftflächen kommen die Mn-Oxid-Dendriten auch in feinen Rissen vor. Ein weißgrauer, mittel-feinkörniger Sandstein (wohl ohne Karbonat-Zement) mit einzelnen Geröllen bis 2 mm Größe ist eng mit grusigen, braunen Konkretionen verwachsen. Quarzneubildungen (z. B. ein 2 mm langer Quarz-Kristall mit idiomorphen Kristallflächen) kommen selten vor. Hellglimmer treten wieder zahlreich auf.

Probe 13 e:

Rundliche und längliche Knauern (3 bis 6 cm Länge), die sich einzeln aus dem Gestein lösen lassen, sind außen weiß oder gelb, innen aber dunkelbraun gefärbt, ohne Zonierung oder Rinde. In der braunen „Matrix" „schwimmen" einzelne winzige (weniger

als 1 mm große), längliche, helle Körnchen. Auch zu dieser Probe gehören kleine Bruchstücke eines weißgrauen Feinsandsteins. Braune Konkretionen (mm bis cm groß), die manchmal aus dem hellen Gestein herausragen, reagieren nicht mit HCl. Hier scheint eher ein eisenhaltiger Zement vorzuliegen. Auf Schnittflächen reagiert die braune Substanz schwach mit HCl, das helle Material aber nicht.

Probe II m:

Braune Körnchen bis 1 mm Größe stecken in weißem, weichem Siltstein. Hier ist die Karbonatreaktion auch ziemlich schwach.

Probe III n:

Eine, einige cm mächtige, harte Bank von mittelkörnigem Litharenit bzw. Grauwacke. Das graue Gestein enthält viele Phyllit-Schüppchen, Quarz und rote Schiefer-Blättchen, die z. T. im Anschnitt ringförmig oder turbulent angeordnet sind. Auch braune Konkretionen - selten mit konzentrischen Strukturen - enthalten die winzigen Gesteinsfragmente; außerdem werden sie von dunkelbraunen und hellen Rissen durchzogen. Vielleicht muss man die harte Schicht auch dem violettbunten Paket zuordnen, den sie im äußersten rechten Profilteil des Aufschlusses im Hangenden abschließt.

6.3 Zusammenfassung der makroskopischen Merkmale

(1) Sedimentologie:

Roter Siltstein mit deutlichen Ton- und Feinsandanteilen; unregelmäßige, schwach ausgeprägte Korngrößenunterschiede im Profil (Kornvergröberung oft in lithoklastenreichen Partien);

Sedimentkomponenten: Gesteinsbruchstücke (Phyllite, rote Tonschiefer), Quarz, Hellglimmer, Tonsubstanz. Textur: In unteren Profilteilen plattige, flaserige Klüftung; (Schichtung). Tonflasern im Siltstein.

(2) Bodenbildungsmerkmale bzw. Merkmale postsedimentärer Veränderung:

Makrogefüge im roten Basis-Paket polyedrisch, plattig, in bunten Horizonten subpolyedrisch, knollig, lagig, (Krusten) Konkretionen und Bleichung schon spärlich im Basis-Paket (Sediment).

Mikrogefüge: starke Bioturbation und Karbonat-Imprägnation (Hüllengefüge). Beide Merkmale durchdringen sich in oberen Horizonten.

Konkretionen: Formenspektrum von Imprägnation über Knollen bis Krusten. Knauern verschiedener Größe, teilweise intern strukturiert (Rinden), „Bleichungsflecken" im roten Gestein immer mit scharfen Umrissen. Kleine zylindrische Einschlüsse bzw. Calcit-gefüllte, mm-dünne Kanälchen (mögliche Spuren einer Durchwurzelung?).

Trotz vielfältiger Eigenheiten besteht ein Zusammenhang zwischen allen Horizonten in Materialzusammensetzung und Umwandlungserscheinungen. Nachträglich entstandene Verwitterungserscheinungen in den umgewandelten Bereichen auf Gesteinsaußenflächen und in Rissen.

7 Bodenmorphologische Zuordnungen

Manche der beobachteten Gesteinsmerkmale und -bestandteile lassen sich gut nach den bodenmorphologischen Beschreibungen und Definitionen von BREWER (1964) und RETALLACK (1990) ansprechen. Vor allem Bodenröhrchen (engl. pedotubules); mm-große, unregelmäßige, knollige und konkretionäre Aggregate (engl. glaebules) und Boden-Aggregate, die als cm-große, unregelmäßige Klumpen (engl. soil peds) vorkommen, sind makroskopisch sichtbar. Damit sind durch Organismen (Tiere, Pflanzen) entstandene, röhrenförmige Gebilde; Materialanreicherungen (Knollen, Konkretionen) und die durch Schwächezonen begrenzten Gefüge-Aggregate gemeint. Unter der Lupe kann man auch

Kristallplättchen (engl. crystallaria) und subcutane Merkmale (engl. subcutanic features), d. h. Kristallfüllungen von Porenräumen und diffuse Materialanreicherungen um Poren oder um Skelettkörner herum erkennen. Die Gesteine des Unteren Rotliegend als fossile Böden unterscheiden sich am meisten von rezenten Böden darin, dass sie nicht mehr die Vielzahl der Bodenporen enthalten. Die Hohlräume des ehemaligen Lockersediments und Bodensubstrats wurden durch die pedogenen Vorgänge (Karbonatanreicherung) und während der Diagenese gefüllt und zementiert. Die größeren Sekundärporen blieben deshalb als Drusen sicher von einer Zerstörung durch Kompaktion verschont. Mehrfach wurde die bogen- und kreisförmige Einregelung von Gesteinsbruchstücken und länglich gebogene Formen von dunklerer Farbe als die umgebenden Bereiche beobachtet. Hier handelt es sich um bioturbate Bodenröhrchen, vor allem um sog. meniskusähnliche Röhrchen (engl. striotubules), die intern ellipsenförmige, konzentrische Strukturen besitzen. Die länglichen Lithoklasten haben sich danach eingeregelt. Eine Separation der Matrix wurde nicht gefunden. Die dunkler rote Farbe entsteht weniger durch eine Kornverfeinerung; augenscheinlich liegen in den Röhren mehr Skelettkörner vor. An den angeschnittenen Flächen der Handstücke sieht man deutlich begrenzte Röhren, aber auch diffus in der Matrix liegende „Turbulenzbereiche". In der mineralogischen Zusammensetzung unterscheiden sich die Grabgänge nicht von der Umgebung. Man kann sie daher als Orthoröhrchen (engl. orthotubules) bezeichnen. FRANCIS, in WRIGHT (1986) nannte ebensolche Wühlstrukturen in oberjurassischen, kalkigen Paläoböden Wirbelstrukturen (engl. swirl textures).

Knollige und konkretionäre Aggregate im Gestein haben viele Formen. Meist sind sie intern nicht konzentrisch differenziert. Teilweise bilden mehrere Knöllchen zusammengeballt größere Knauern oder plattige Verhärtungen. Außer den vorherrschenden Karbonatknöllchen (engl. carbonate glaebules) findet man kleinere, körnchenartige Konkretionen (im gebleichten Paket), bei denen es sich sehr wahrscheinlich um Sesqui-Oxid-Knöllchen handelt. MOLENAAR (1984) beschrieb in den von ihm untersuchten Paläoböden bis 1 mm große kalkige und eisenhaltige Knöllchen. Die Kalkknauern sind im unverwitterten Gestein ziemlich fest mit der Matrix verbunden. Auf angeschnittenen Handstückflächen sieht man den diffusen Übergang von Knöllchen (starke Kalkanreicherung) zu schwächer karbonatisch imprägnierten Partien. Das spricht für ihre Bildung in situ. Für die verschiedenen konkreten Farbflecken im Gestein lässt sich der Begriff Subcutane (engl. subcutans) verwenden. Hier liegen Bereiche vor, in denen z. T. durch Diffusion lokal eine Matrixdifferenzierung stattfand (z. B. Fe-Oxid-Konzentration). Mehrfach sind die Flecken auch von einem andersfarbigen „Hof" umgeben. Den Ausdruck Klumpen (engl. soil peds) kann man für die von Rissen umgrenzten Gesteinsaggregate verwenden. Die Grenzen sind in den Knauern-Horizonten sehr unregelmäßig. Hauptrisse öffnen sich leicht, sehr viele sind aber mit Karbonat gefüllt. DACHROTH (1982) und der Autor haben im Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal vereinzelt Reste von Wurzeln gefunden. Wurzelspuren und -reste gelten als sichere Hinweise auf fossile Böden.

8 Mikroskopische Untersuchungen

Die Anfertigung der Dünnschliffe erwies sich teilweise als problematisch, weil der Kornzusammenhalt trotz der Imprägnierung mit Kunstharz in den sandigen Gesteinsbereichen ohne karbonatische Verhärtung nur schwach war. In mehreren Schliffen ging der geschlossene Kornverband verloren und z. B. das violettgraue Material blieb unvollständig erhalten. Die Identifizierung der Karbonatminerale durch Anfärben, als Ergänzung der Röntgenanalyse, brachte keine klaren Ergebnisse, weil das Gestein eine intensive Eigenfarbe besitzt und die Karbonate oft mikroskopisch von brauner, eisenhaltiger,

kryptokristalliner Substanz verschleiert werden. Allerdings zeigte sich bei Färbetests (Behandlung mit Alizarin Rot S-Lösung nach Anätzen), dass die typische Rotfärbung von Calcit nur selten entstand. Auch die röntgenographischen Untersuchungen ergaben eine beschränkte Anwesenheit dieses Minerals (nur in Einzelproben dominierend).

8.1 Granulometrie-Angaben aus den Dünnschliffen

Die Korngröße kann am Handstück leicht überschätzt werden, weil durch die Eisen- und Karbonat-Imprägnation Feinerde z. T. aggregiert. Beim gesamten Probenmaterial (ohne sekundäre Komponenten) handelt es sich um einen feinsandigen Siltstein mit deutlichem Tonanteil und Einzelkörnern von Mittelsandgröße (Quarze, Lithoklasten). Die einzelnen Dünnschliffe enthalten jeweils eine typische Korngrößenzusammensetzung, die aber nicht aussagekräftig für einen Horizont ist, weil eine Bioturbation und andere pedogene Vorgänge für eine Zerstörung der Schichtung und der Sortierung sorgten (meist wirre Orientierung der länglichen Körner). So ergeben sich Bereiche mit angehäuften Gesteinsbruchstücken von Feinsandgröße. Die zahlreichen Quarze besitzen eine schlechte Rundung; direkt eckige und kantengerundete Körner überwiegen. Im Sandkorngrößenbereich finden sich einige rundliche Quarze. Detritische Partikel von Siltkorngröße werden beim Transport kaum gerundet und nach der Ablagerung kam es zu Verdrängungen des Quarzes durch Karbonat. Die Schieferbruchstücke sind durchweg von ovaler Form. Falls man den Sandanteil des Gesteins stärker bewertet, kämen die Begriffe Litharenit bzw. Grauwacke in Frage, jedenfalls ist das Sediment unreif gewesen. Hier wird der große Karbonatanteil, der sehr häufig die Matrix bildet, außer Acht gelassen. Das gesamte Material der Rotfolge außer den geringmächtigen Basis-und Top-Breccien fällt unter den bodenkundlichen Begriff Feinerde. Trotzdem wird in den mikromorphologischen Beschreibungen unterschieden zwischen Matrix und Skelettkörnern, aber im Sinne BREWERS (1964), der dadurch das Bodenmaterial in kolloidale, durch Pedogenese bewegliche und in relativ stabile Mineral-Gesteinspartikel einteilte.

Bei der Probenbeschreibung wurden manchmal nur die wesentlichen Bestandteile erwähnt. Man kann aber davon ausgehen, dass nichtkarbonatische Skelettkörner und Matrix trotz Karbonatvorherrschaft mehr oder weniger immer enthalten sind.

8.2 Rotes Basis-Paket

Schon unter dem Binokular-Stereomikroskop erkennt man am künstlich zerkleinerten Material, dass die Körner und Kornaggregate intensiv rot umkrustet sind.

Horizont II e (Probe 37):

Ein schichtsilikatreicher, toniger Siltstein ist stark von rotbrauner mikro- bis kryptokristalliner Substanz verschleiert und umkrustet (bei sehr heller Durchleuchtung rubinrote Farben). Selten sind größere, rundliche Quarzkörner (Sand), Schieferbruchstücke bis 400 µm Länge) eingestreut. Die vielen Schichtsilikat- und Schiefer-Blättchen liegen ohne Orientierung verstreut, größere sind teilweise verbogen. Sie besitzen oft weißgelbliche Interferenzfarben (angewitterte Muskovite, Phyllit-Relikte). Als Farbträger erkennt man außer dem hämatitischen Zement Schiefer-Bruchstücke mit dunkelrotem, schiefrigem Mikrogefüge. Die vorkommenden größeren Aggregate (300 x 100 µm) bestehen aus Schichtsilikatpartikeln und rotem Hämatit. Feinste Blättchen (bis 40 µm Länge) sind bereichsweise in netzartiger Struktur (auch mit roter Imprägnation) um die Quarze herum angeordnet. BREWER (1964) nannte dieses Gefüge Netzwerkanordnung kleiner, länglicher Partikel (engl. lattisepic). Außerdem kommen polykristalline Quarze vor.

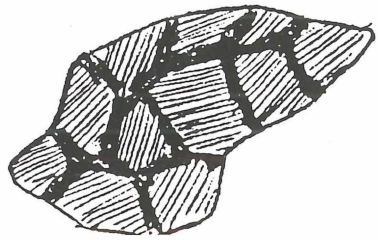


Abb. 19: Netzwerkanordnung aus Schichtsilikatpartikeln und umgebendem rotem Hämatit (engl. lattisepic fabric) im roten Basis-Paket

Horizont III c Basis (Probe 40):

Analoge Zusammensetzung wie Probe 37. Hier ist der Feinsand- und Glimmeranteil größer. Schichtungskonkordante Haupt- und Nebenrisse durchziehen das Gestein. Längliche Partikel liegen aber im Dünnschliff nicht gut eingeregelt. Entlang 80 - 100 µm breiter Risse scheint die rote Matrix angereichert zu sein. An Schwermineralen kommen Epidot und Turmalin vor. Das Pigment im Inneren von schiefrigen Lithoklasten ist noch dunkler rot als die kornumhüllende Substanz. Helle, leicht grünliche Phyllit-Bruchstücke unterscheiden sich von Glimmerschiefer-Blättchen, bei denen man Quarze in schiefriger Matrix erkennt. Die Sortierung ist schlecht. Ein wurmförmiges Mineral von 200 µm Länge und gelblichen Interferenzfarben könnte ein Kaolinit-Teilchen sein.

Horizont III e (Probe 41):

Der Dünnschliff zeigt einen Ausschnitt aus dem erwähnten gröberen Gestein (s. Kap. 6.2 Makroskopische Beschreibung). Als Skelettkörner treten auf: sandkorngroße Quarze (mit vielen Flüssigkeitseinschlüssen, häufig polykristallin, gedehnte Quarze), Lithoklasten (rote Schiefer, Phyllite). Die Quarze und Glimmer tragen Reste einer roten Umkrustung, aber die Pigmentmasse hat sich z. T. verändert: Es ist nicht mehr die sehr feinkörnige, rote Substanz, sondern ein mehr agglomeratisches, gelbbraunes Material, möglicherweise eine Mischung aus Sesqui-Oxiden und Tonmineralen. Solche Toneisenknöllchen (800 µm) sind eng mit mikritischem Karbonat verbunden. Ein Quarzkorn umschließt einige Karbonatpartikel. Wenige mm-große Bereiche im Gestein setzen sich aus einem Mosaik aus bräunlichen Gesteinsbruchstücken zusammen in wirbeliger Anordnung mit deutlichen Krusten, rotbraun imprägnierter Tonmasse (Sediment-Relikte) und Karbonat-Mikrosparit, der braune Pigmentmasse an die Skelettkörner herandrängt. Die Mikrosparit-Kristalle sind im Innern ziemlich rein, zu den Rändern hin werden sie gelb und gehen unscharf in die braunen, eisenreichen Massen über (Abb. 20).

Die rote Farbe des Basis-Pakets (und weiter im Hangenden folgender Rotlagen im Aufschluss) stammt von einer sehr feinen, hämatitischen Substanz, die innig mit der Matrix (Ton) und den Skelettkörnern verbunden ist. Sie kann in hellgeflecktem Gestein ganz fehlen, das aber ansonsten dem roten Grundmaterial gleicht. Polykristalline Quarze und die vielen Metamorphit-Reste sprechen für ein Liefergebiet im anschließenden nordwestlichen Raum des Schiefergebirges. Eine Karbonatimprägnation ist im Basis-Paket erst in einzelnen Knollen (Knöllchen im Mikro- und Makrobereich) erfolgt. Damit wird eine Veränderung des Eisenpigments bewirkt. Man findet überwiegend gelbbraunes, agglomeratisches Material, das bei größerem Karbonatkristallwachstum von diesem verdrängt wird. Schiefer-Bruchstücke haben ein rotes Farbpigment auf internen Schieferflächen aus dem Herkunftsgebiet mitgebracht. Das beschriebene „lattisepic"-Gefüge soll nach BREWER (1964) durch Druck und Spannungen entstehen, die in einem Bodenmaterial aufgrund wechselnder Befeuchtung und Trocknung herrschen (s. auch GOLDBERY 1982). Rotbraune Eisenoxide und Tonsubstanz wurden in Rissen abgelagert, bevor diese mit Sparit gefüllt wurden.

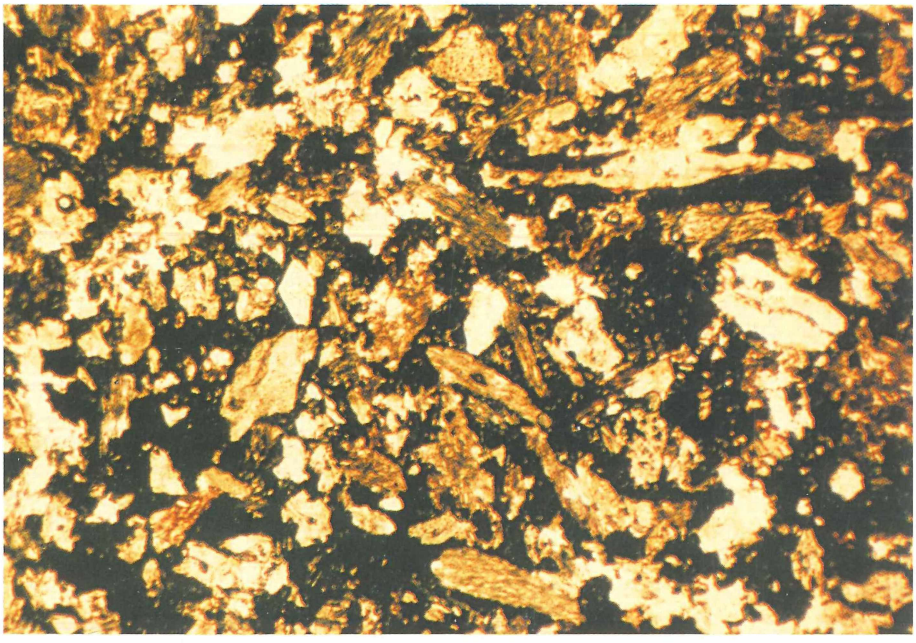


Abb. 20: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Rotes Basis-Paket, Horizont III e (Dünnschliff 41): Dominierende Skelettkörner, vor allem Lithoklaste, deren interne Schieferung zu erahnen ist. Sie liegen ungeregelt und unsortiert in der Matrix, die bei dieser Vergrößerung (Objektiv 2,5x; Okular 12,5x; parallele Nicols) durch die Fe-Minerale fast schwarz aussieht (trotzdem Hämatit-Pigment).

8.3 Violettbunte Pakete

Horizont II g – i (Probe 5):

Eine 1 - 2 cm dicke, rundlich abgeflachte, braune Knolle enthält Teile von rötlichem und violettgrauem Gestein. Am Rand des Schliffes, d. h. am unteren Rand der Knauer hat sich eine Mikrozonierung erhalten. Dunkelbraune Streifen durchziehen ein relativ grobkörniges (sandiges) Material (karbonatreich). Das bedeutet, dass die Knauern von konzentrischen Schalen umgeben sein können und damit gelten sie nach BREWER (1964) als Konkretionen. In der Mitte des Schliffes sind die Streifen unterbrochen durch einen rötlichen Bereich, in dem ein chaotisch orientiertes Gefüge mit starker Karbonatanreicherung als Sparit und Zurücktreten des Pigments besteht. Farbträger sind die braunen Rinden von Lithoklasten und Sediment-Relikte bzw. Knöllchen (bis 50 µm) mit rubinrotem Pigment. Im erkennbare Kristalle (typischerweise Calcite oder Gipse) enthaltenden Boden-Plasma (engl. crystic plasmic fabric, s. WRIGHT 1986) „schwimmende" Quarze besitzen keine Kruste. In einer hellen Partie (wenige mm) um das rötliche Feld herum beschränkt sich das Pigment auf sporadische dunkle Körnchen. Viele Sparit-gefüllte Risse durchziehen den Schliff, außerdem sieht man rundliche Kristallplättchen und braune Knöllchen (Anhäufung wolkiger Aggregate), beide mit dunklen Rinden. Karbonate und braune kryptokristalline Massen sind diffus vermengt. Am Rand der Knauer befindet sich violettes Material. Es besteht aus schlecht gerundeten Quarzen, Lithoklasten mit gelblichen Interferenzfarben und Schichtsilikaten in einer sehr feinen Matrix. Dazwischen stecken einzelne Karbonatkristalle. An den Skelett-Körnern hängt nur noch wenig rotes Pigment in ganz feinen Körnchen von wenigen µm Größe. Braune

Aggregate haben Größen von mehreren Zehnern von µm; bei zunehmender Karbonat-Kristallgröße, bis Sparit, füllen sie die Intergranularräume aus.

Probe 7:

Das braun imprägnierte, violettgraue Gestein ist ein mäßig gut sortierter Silt - Feinsandstein mit starker Karbonatanreicherung und Pigmentierung in knöllchenförmigen Aggregaten bis 50 µm Größe, die in Knöllchen und als relativ dicke Krusten um gelbe Mikrite und in mm-langen Schlieren konzentriert sind. Außerdem verschleiern sie die Partikel; nur eckige Quarze lassen scharfe, aber unregelmäßige Kornränder erkennen. Ovale Sparit-Kristallplättchen haben braune Rinden. Zu den Skelett-Körnern zählen noch Glimmer und wenig größere Lithoklasten.

Probe 8:

Violettes Gestein enthält verschieden stark braun und karbonatisch imprägnierte Partien. Die Sortierung ist sehr schlecht. Braune Pigmente färben Flecken, Schlieren und Knöllchen, in denen nur unregelmäßige von Karbonat und Lithoklasten zu sehen sind. Sparit füllt ungerade Risse aus. Ein Riss enthält eine braune Füllung mit internem Sparitkanal. Am Schliffrand liegt ein violetter Bereich mit der ursprünglichen Zusammensetzung aus Quarz (z. T. polykristallin), Lithoklasten, Schichtsilikaten und Relikten des rubinroten Pigments, aber auch schon zerstreute Kalkkörner bis 50 µm Größe. Man erkennt ein „lattisepic"-Gefüge. Die Quarze haben oft ein splittriges Aussehen und grenzen sehr unregelmäßig an umgebende Karbonate. Manche Lithoklasten tragen eine braune Rinde.

Horizont III i (Probe 18):

An einem verhärteten Bruchstück aus violettem Gestein lassen sich drei Bereiche beschreiben:

a) kristalline, ungleichkörnige Karbonat-Matrix, die schmutzig gelbbraun umkrustet und verschleiert erscheint, umfasst wenige Lithoklasten (auch polykristalline Quarze) mit z. T. wirbelartiger Anordnung;
b) in einer hellen, schwach gelblichen Karbonatlage (Mikrosparit, Sparit) sind scharf umgrenzte Pigment-Körnchen nur noch einzeln verstreut;
c) eine violette Lage besteht aus einem fast karbonatfreien Material mit „lattisepic"-Gefüge und Resten hämatitroten Pigments. Sparitdrusen (2 mm) und Rissfüllungen kommen vor. Braune Lithoklasten-Rinden haben Dicken von 10 µm. Außerdem wurden Glimmer und wenige Turmalin-Bruchstücke gefunden.

Horizont III g (Probe 23):

Violett: Netzwerkanordnung der länglichen Skelett-Körner, wenig rötliche Pigmente.

Rötlicher Bereich: rotbraun umkrustete Körner und Matrix (Relikt).

Gelbbraun: kristalline Matrix von Kalk, eng mit braunem Pigment verbunden bzw. Karbonatkörner (Mikrosparit) mit brauner unscharfer Substanz im Zwischenkornraum. Gesteinsbruchstücke sind stellenweise ohne Orientierung angereichert, tragen braune Rinden oder grobkristalline Karbonatrinden mit äußerer brauner Hülle. Sparitdrusen (2 - 5 mm) sind frei von Pigment, aber z. T. mit braunem Saum (Abb. 21). Risse können mit brauner Substanz angereichert sein. Eine 4 x 2 mm große ovale Druse im violetten Material hat einen länglichen Kern von Mikrosparit und einen äußeren Bereich von Sparit. Sie enthält auch detritische Körner. In Schieferbruchstücken kann die Mikroschieferung verbogen sein.

Horizont II g (Probe 29):

Skelett-Körner: eckige Quarze, ovale Schiefer-Bruchstücke, Glimmer, rote Schiefer-Klasten,

Matrix: Schichtsilikate, Phyllit-Reste und Tonsubstanz,

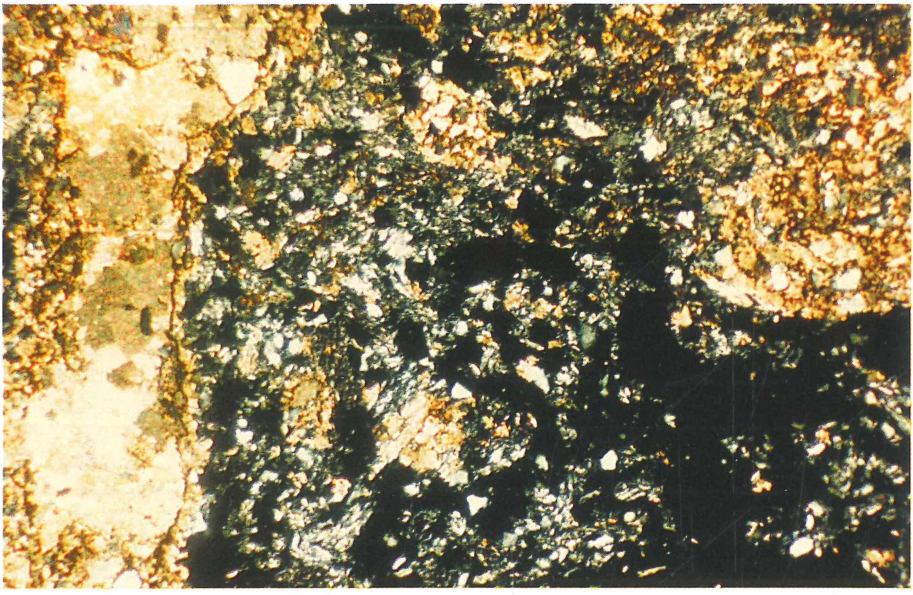


Abb. 21: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Violettbunte Pakete, Horizont III g (Dünnschliff 23): Am rechten Bildrand ist eine sparitgefüllte Druse zu erkennen, die einen feinen, braunen Saum hat. Auch die graue S-Matrix (makroskopisch violett) ist von Karbonat durchsetzt (Objektiv 2,5x; Okular 12,5x; gekreuzte Nicols).

Imprägnation: Karbonat-Mikrosparit und braune Eisenmineral-Tonsubstanz, gelbbraune, diffuse Knöllchen, Reste rotbrauner, feinstkristalliner (2 µm) Hämatit-Pigmente.

Probe 30:

Eine ungleichmäßig braun imprägnierte, karbonatreiche Matrix umschließt Quarze, Schiefer-Bruchstücke (hell und rot, partienweise angereichert) und Glimmer (wellenförmig verbogen). Karbonate liegen als Mikrosparit, Sparit und als Drusensparit vor. Als Farbträger fungieren Reste rotbraunen Pigments.

Horizont I 1 a (Probe 34):

Bruchstück aus violettem Gestein mit rotem Kern. Gemisch aus der ursprünglichen Sedimentmasse mit roten Farbkomponenten und Karbonaten. Skelett-Körner sind sehr unregelmäßig verteilt. Riss- und Porenfüllungen aus Sparit liegen in der S-Matrix (Bodenmaterial ohne pedologische Sonderformen wie z. B. Knöllchen, Kristallplättchen etc.). Farbträger sind Lithoklasten, schmutzig braune Verfärbungen der Karbonate und rotbraune Kornrinden. Im Zentrum der Probe trägt die nichtkarbonatische S-Matrix das rote Pigment. Das Zentrum wird umgeben von einem hellen, grünlichen Saum (weniger als 1 mm breit), in dem dieses Pigment fehlt und außenherum sich violettes Material mit geringen Resten von Hämatitpartikeln befindet.

Probe 36:

„Crystic plasmic"-Gefüge der Karbonate beherrscht die S-Matrix. Bereichsweise findet man Relikte der Sedimentmasse ohne Hämatitanteile und Karbonatknöllchen von 600 µm Durchmesser, die im Gegensatz zu Sparitdrusen noch detritische Körner enthalten. Leere und sparitgefüllte Risse durchziehen das Gestein. In einer randlichen roten Partie färbt Hämatit die Partikel als Rinden und interne Schieferflächenbeläge. Im übrigen ist ein bräunliches Pigment punktartig verteilt. Es kommen 50 µm große, schwarz-opake Mn-Oxid-Minerale vor.

Horizont III h (Probe 26):

Rotbraune, unregelmäßige Knauer aus einem roten Zwischenhorizont in den violettbunten Paketen.

Einerseits dominiert wieder die kristalline Karbonat-Matrix (Mikrosparit, Sparit), die wie auch in den anderen Proben durchaus die nichtkarbonatischen Anteile quasi in verdünnter Form enthält (Quarze, Lithoklasten, Glimmer etc. „schwimmen" in der Matrix) und andererseits finden sich Relikte rotimprägnierter S-Matrix, die dem Gestein insgesamt eine rötlichbraune Farbe verleiht. Sonst tragen braune Pigmentschlieren an Karbonaten, braungelber Mikrit und braune Lithoklastenrinden zur Farbe bei. Sparit-Kristallplättchen sind dagegen farblos (Sparitäderchen überschneiden sich). An manchen Stellen werden zusammengeballte Karbonatkristalle von braunen Hüllen umgeben. Es entsteht bei gekreuzten Nicols ein Bild wie ein Kirchenfenster. Detritische Körner (vor allem eckige Quarze) sind schlierenartig angehäuft.

Probe 27:

Insgesamt stellt man eine schlechte Sortierung in dem roten, ockergelb gefleckten Gestein fest. Es ist stark karbonatisch durchsetzt und im Dünnschliff schleierartig gelbbraun gefärbt. Das diffuse Pigment hängt eng mit dem körnigen Karbonat zusammen. Runde Kristallplättchen bis 500 µm Durchmesser bestehen aus Sparit. Flache Kristallplättchen sind von braunen Subcutanen (diffuse Anreicherungen) umgeben. Quarzkörner, Lithoklasten und Matrix, z. T. mit Resten roten Hämatits liegen in der S-Matrix. Teilbereiche des Gesteins werden von gelbem, gleichkörnigem Mikrit aufgebaut. Es handelt sich dabei wohl teilweise um Siderit. Karbonat hat Quarze über eine braune Rinde hinweg nach innen verdrängt oder ist in Risse eingedrungen.

Bei einem roten Schiefer-Bruchstück sieht es so aus, als ob die Lamellen durch Karbonat aufgeweitet worden sind. Kirchenfenster-Drusen sind vorhanden: Sparit in Porenhohlräumen von braunen Säumen mosaikartig getrennt. Ein Sparitkranz umgibt ein Schiefer-Bruchstück (Kristalle stehen mit ihrer Längsachse ungefähr senkrecht zur Kornfläche). Im gelben Mikrit „schwimmen" die braun umrindeten Skelett-Körner, anderenorts liegen sie in ziemlich dichter Packung mit wenig Matrix in den Zwischenräumen. Risse wurden mit braunem Material gefüllt (interner Sparitkanal). Für die häufig beschriebenen braunen Rinden und Rissfüllungen kann man den Begriff eisenhaltige Ton-Häutchen [nach BREWER (1964) ferriargillans] benutzen. In einer Druse umschließt brauner Mikrit einen Sparitkern.

Die neu auftretende violette Farbe (violettgrau) wird erzeugt aus einer Mischung von Resten roten Hämatit-Pigments, rotbraunen Lithoklasten, beginnender Braunfärbung im Zusammenhang mit Karbonaten sowie den hellgrünlichen Mineralen und Phyllit-Bruchstücken. Spuren von schwarzen Mn-Mineralen kommen dazu. Das rubinrote Hämatit-Pigment ist schon in kleinen Mengen deutlich färbend. Braune Farbe entsteht im wesentlichen aus den angehäuften, gelbbraunen, wolkigen Aggregaten (Sesqui-Oxid-Ton-Substanz), die eng mit Karbonaten verschmolzen sind. Bioturbation hat in größerem Maß stattgefunden. Auch diese Texturen sind von Karbonat gleichmäßig zementiert, eisenhaltige Pigmente können dort angereichert sein (bis zu Eisen-Knöllchen, mit geringem Karbonatanteil). Für eine Mobilisierung der Eisenminerale sprechen die häufigen Farbunterschiede. In roter S-Matrix wurde das Pigment entfernt, auf Relikte und einzelne Körnchen eingeschränkt und es kann sich mit einer Tonsubstanz, die im Boden angereichert werden konnte, vermengt haben. Es fällt auf, dass rote Flecken oft von einem bleichen Saum umgeben sind, der nach außen in braunes-violettes Gestein übergeht. Das bedeutet, im Kern blieb rotes Pigment erhalten, im Saum fehlt es fast ganz und außen findet man es noch in Resten. In sekundären Poren (rundlich, oval, länglich, flach, Risse) kristallisierten große Sparit-Individuen aus. Da solche pedologischen Formen oft von einem braunen Saum umkleidet werden, muss man eine vorausgehende Cutan-Bildung

annehmen (Mobilisierung und Ablagerung hauchdünner, wandparalleler kolloidaler Teilchen, WRIGHT 1986, HINTERMAIER-ERHARD & ZECH 1997). Die Mosaikdrusen entstehen vielleicht in mit Ton-Eisenmasse gefüllten Poren durch Verdrängung (Sparit mit braunen Korngrenzen). Das gleichkörnige mikrosparitische Karbonat kann durch Sammelkristallisation aus Mikrit entstanden sein. In rezenten Kalkkrusten spielt Mikrit eine große Rolle (REEVES 1976). Als Rindenkörner (z. B. braune Rindenkörner etc.) findet man nur Lithoklasten, kaum Quarze.

Im alkalischen Milieu wachsen Karbonate auf Kosten der Quarze. Solche Verdrängungen (engl. replacements) fanden an Kornrändern statt. Mechanische Verdrängung der ehemaligen S-Matrix-Komponenten (engl. displacements; durch schnelle Ausscheidung aus übersättigten Lösungen; WATTS 1980) hatte eine größere Bedeutung. Karbonate können auch Schiefer-Bruchstücke und Glimmer aufspalten (WATTS 1976). Bogenförmig ausgezackte Ränder von Quarzen und ein Vorspringen von Karbonatkristallen in Quarze hinein, außerdem ein Mosaik von gleichkörnigem Karbonat, durchsetzt von Äderchen und Flecken aus gröberem Sparit nannte CHAPMANN (1974) Merkmale der von ihm untersuchten Caliche-Bildungen in Saudi-Arabien. Außerdem vermutete er Rekristallisationsprozesse im Karbonat.

8.4 Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete

Horizont II i (Probe 9):

Kalkknauer; intern rundliche und ockergelbe, braune Komplexe. Die Mikrosparit-Matrix (ca. 8 µm große Kristalle) ist selber gelb gefärbt und diffus braunfleckig. Grobsilt-Feinsand, Quarze und viele Lithoklasten „schwimmen" unsortiert darin. Gelbbrauner Mikrit häuft sich stellenweise, wo Skelett-Körner fehlen (Bereiche 250 µm groß). Die Karbonate erscheinen heller, wenn körnige Mikrosparite nicht mehr undeutlich verschleiert werden, sondern mit braunen Intergranularfüllungen ein Mosaik bilden. Lithoklasten tragen die braune Rinde.

Probe 10:

Rotviolettes Bruchstück mit kleinen Bleichschlieren. Größere detritische Partikel treten selten auf. Die S-Matrix bildet ein Gemisch aus feinen geschieferten Schüppchen, Quarzen und vielen Schichtsilikaten (Glimmer, ?Tonminerale). Der Karbonatanteil ist nicht hoch. Die violette Lage ist leicht gröberkörnig. Das Hämatit-Pigment der roten Partie fehlt in den Bleichschlieren. Als Matrixteile sieht man Schichtsilikate mit gelblichgrauen Interferenzfarben, die im Anschnitt wie ganz feine Drahtbündel aussehen. Rote Matrix wurde in der Umgebung von Rissen scheinbar angereichert. Stellenweise liegt „lattisepic"-Gefüge vor.

Horizont II k, 1 (Probe 13):

Dunkelrotbraunes Gestein mit gelbbraunen Schlieren. Zur makroskopischen Rotfärbung tragen schmutzig rotbrauner Sparit-Mikrosparit und rotimprägnierte, karbonatfreie S-Matrix bei. Wolkig-braune Mikrit-Mikrosparit-Bereiche kommen vor. Als Skelett-Körner sieht man eckige, z. T. polykristalline Quarze (240 µm), Glimmer (140 µm lang, S-förmig verbogen) und Gesteinsfragmente. Sparit-Kristallplättchen (rund, oval, 200 - 700 µm) und Rissfüllungen (50 - 200 µm Breite) werden umrahmt von einer dünnen, braunen Linie.

Probe 15:

Hellockergelbe Knauer und Kruste.

In einer gelben, körnigen Karbonat-Matrix liegen unsortiert braun umrindete Lithoklasten. Risse sind von brauner Substanz erfüllt und in ihrer Umgebung befinden sich braunschwarze, bis 100 µm große Knöllchen. Ein Riss mit braunem Inhalt (spartitischer

Zentralkanal) durchkreuzt einen Sparitriss. Langgezogene, rundliche Hohlräume enthalten Sparitkristall-Aggregate.

Probe 16:

Rotes, ockerfarben geflecktes Gestein.

Hell- und dunkelbraune, agglomeratische Matrix ist optisch nicht von der Karbonat-Matrix zu trennen, kann aber auch allein dicht gepackte Skelett-Körner umschließen. Schon mit bloßem Auge sieht man einen länglichen, ovalen Bereich mit gebogenen konzentrischen Rinden, die von einem Riss randlich begrenzt wird. Skelett-Körner: angewitterte Muskovite, undulöse Quarze, Quarz-Tonmineral-Aggregate (16 - 30 µm), dunkelrote Schieferreste, mehrfache Buchstapel-Struktur von ?Kaolinit. Kristallplättchen: Porenfüllung (0,5 mm) aus braun umrahmten, idiomorphen Sparitkristallen. Sparit-Risse (20 µm breit) und rotbraune Cutan-Tonhäutchen entlang eines Risses (Abb. 22). In Abschnitten taucht noch eine karbonatarme und rotimprägnierte S-Matrix auf.

Probe 17:

Wie Probe 16, nur starker gelb gefärbt.

Die das Karbonat verschleiernde, braune Substanz sieht hier bei Vergrößerung zuckerkörnig aus. Braune Rissauskleidung und Kristallplättchen mit braunen Kristallhüllen kommen vor. In den sekundären Bildungen (Karbonate und Toneisenaggregate) unterscheidet sich das rotbunte Paket nicht von den violettbunten Paketen. Die Rotfärbung ist auf einen höheren Anteil an rotumkrusteten Skelett-Körnern und Matrix (sozusagen das ursprüngliche Sedimentmaterial) zurückzuführen. Der höhere Hämatit-Gehalt zeigt sich auch in den Röntgenanalysen.

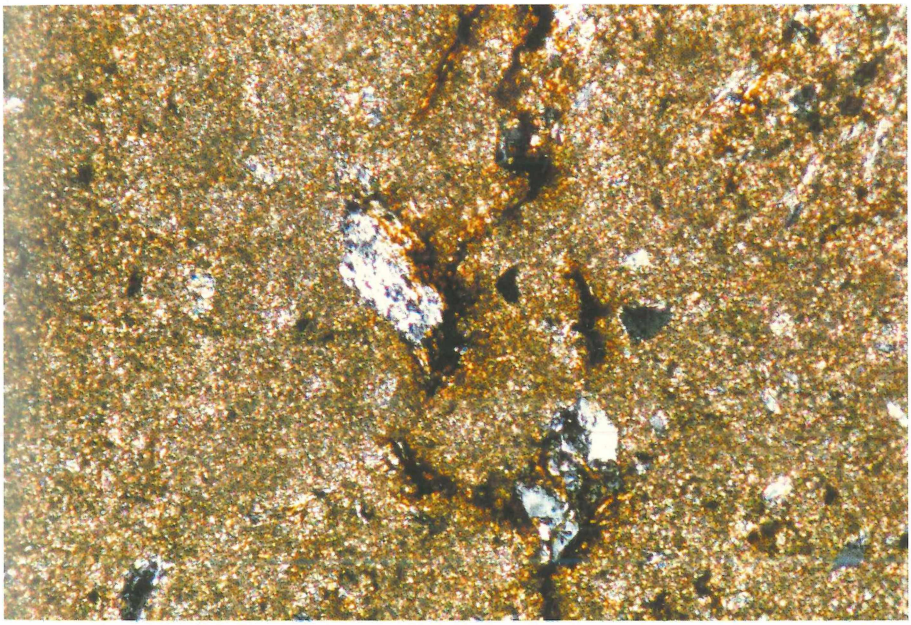


Abb. 22: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete, Horizont II k, l (Dünnschliff 15): Einzelne Skelett-Körner in einer Mikrit-Matrix, die zudem von unregelmäßigen Rissen und Hohlräumen durchsetzt ist und in deren Umgebung diffuse Rotbraunfärbung vorliegt (Objektiv 2,5x; Okular 12,5x; gekreuzte Nicols).

8.5 Gebleichtes, weißgraues Paket am Top

Horizont III n (Probe 19):

Der Litharenit enthält in der braun gefleckten Karbonat-Matrix viele ovale Gesteinsbruchstücke (0,2 - 0,7 mm lang) mit Rinde und eckige, ungleichkörnige Fein-Mittelsand-Quarze. Mikritpartien haben eine hellere Färbung und weniger Skelett-Körner. Sparit und Eisenmineralkonzentrate begleiten unregelmäßige Risse. Im Mikrosparit haben sich die Kristalle scheinbar vergrößert und haben die braune Matrix an ihre Ränder gedrängt. Karbonatkriställchen von 10 µm Länge ragen in ein Quarzkorn hinein. Ein Teil der Lithoklasten ist kreisförmig eingeregelt.

Horizont I 1 c (Probe 20):

Schlecht sortierter Mittelsandstein, feingeschichtet durch wechselnde Korngrößen. Der Anteil an kantenrunden und eckigen Quarzen, auch in der Feinsandfraktion, ist sehr hoch (viele polykristalline, gedehnte Quarze). Die Lithoklasten und Glimmer sind fast alle einheitlich orientiert. Karbonataggregate durchsetzen das Gestein, verdrängen auch den Quarz randlich. Schichtsilikate und andere blättrige Partikel der Matrix sind in netz- und zopfartigem Gefüge angeordnet.

Probe 22:

Braungeflecktes, weiß-graues Gestein mit Mn-Dendriten. Das Material ist feinkörniger als dasjenige der Probe 20, aber aus denselben Komponenten aufgebaut. Mit der hellen und dunklen Färbung geht teilweise eine Ungleichkörnigkeit zusammen (heller Bereich feinkörnig und nur punktförmig braun imprägniert). In dunklen Partien liegen detritische Körner und Karbonatkristalle dicht in einer gelbbraunen Matrix. Braune Streifen, z. T. Risse verlaufen subhorizontal (Abb. 23).

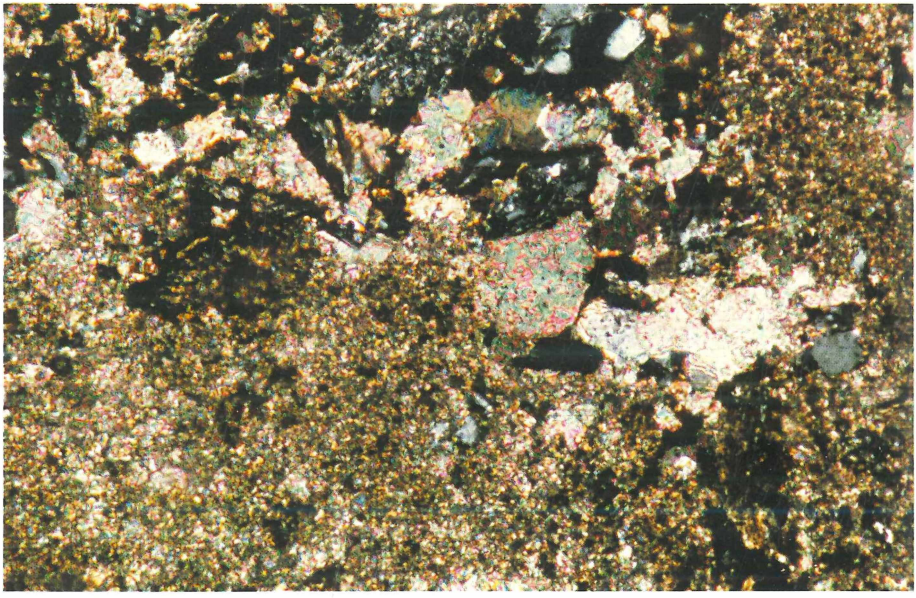


Abb. 23: Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal.
Gebleichtes, weißgraues Paket am Top, Horizont I 1, c (Dünnschliff 22): Mehr oder weniger stark braun imprägnierte Karbonat-Matrix (Mikrit - Mikrosparit) und sparitische Kristalle lassen nur noch wenig Raum für die übrigen (grauweißen) Bestandteile (Objektiv 10x, Okular 12,5x; gekreuzte Nicols).

Horizont I 2 d (Probe 25):

Dunkelbraune Knauer mit hellgrauen Gesteinsteilen. Körniges Kristallgefüge aus Karbonat (20 - 60 µm) enthält braune Pigmente (10 - 30 µm, scharf umrissen). Die Menge an größeren Skelett-Körnern ist nicht groß. Sediment-Matrix liegt zwischen die Karbonate eingestreut. 400 - 800 µm große Sparit-Kristallplättchen und 800 - 1000 µm große, fast opake Eisenknöllchen treten auf, außerdem viele Risse.

Horizont I 3 e (Probe 28):

Braungrau gefleckte Knauer.

Deutliche Bereiche von karbonatfreier S-Matrix mit einer Sesqui-Oxid-Imprägnation, die fast bis zu Eisenknöllchen führt, liegen neben Mikrosparit-Sparit-Bereichen, denen Pigment weitgehend fehlt. Man kann hier von einer Trennung der Karbonat- und der Toneisenkonzentration sprechen. Bei starkem Durchlicht haben die braunen Massen einen rötlichen Ton. Ein brauner Riss in einem Kristallplättchen zeigt eine Mobilisierung von brauner Substanz nach der Sparitkristallisation an, aber braune Cutane in Rissen, z. T. mit internem Sparitkanal, und die Porenkristalle umgrenzend, deuten eher auf das Gegenteil. Lithoklasten-Rindenkörner sind häufig.

Horizont II m (Probe 31):

Hellbraun getöntes, graues Gestein.

Das braune Pigment liegt als siltkorngroße, ziemlich scharf begrenzte Partikel verstreut in der S-Matrix. Die Karbonatkorngröße wechselt von Mikrosparit bis Sparit (Kristallplättchen mit reinem Sparit). Die nicht karbonatischen Komponenten sind ungleichmäßig in Zwischenräumen verteilt. Einzelne Sesqui-Oxid-Knöllchen wurden gefunden.

Probe 33:

Dunkelbraun durchsetztes, graues Material. Braun imprägniertes Karbonatkristall-Mosaik von Mikrosparit bis Sparit herrscht vor. Je größer die Karbonatindividuen, desto mehr tritt die Färbung zurück. Sparit-Kristallplättchen haben einen braunen Rand. Die nichtkarbonatische Substanz kann ein „lattisepic"-Gefüge besitzen. Feine braune Risse kommen vor. Die nichtkarbonatische Matrix ist dieselbe wie in den liegenden Horizonten. Das rote Pigment fehlt gänzlich. Das braune Pigment (?Toneisensubstanz) liegt meist in klaren Körnchen kondensiert vor und hat nicht mehr die enge Verbindung zum Karbonat, kann auch fast ohne Karbonat Knöllchen bilden. Die braunen Rinden, welche Kristallplättchen umgeben, sind ziemlich dünn. Daher stellen sie eher Cutane dar als Subcutan-Formen. Als Cutane müssen sie aber vor der Ausfüllung mit Karbonat die Porenwand ausgekleidet haben. Eine nachträgliche Diffusionskonzentration um die Kristallaggregate herum (subcutan) scheint weniger wahrscheinlich zu sein. Die Rinden der Lithoklasten findet man erst in braun gefärbten, karbonatischen Teilen des Profils; im roten Basismaterial fehlen sie. Die Bildung der Rinden hängt also mit der Sedimentumwandlung in situ zusammen. In Quarzen fehlen sie fast immer. Vielleicht hängt ihre Existenz mit der Mineralogie der Körner zusammen (Verwitterungsrinden? oder Cutane ?).

9 Röntgendiffraktometrische Analysen

9.1 Methodik

Aus dem Profil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal wurden 21 Gesteinsproben zu Pulvern mit höchstens siltkorngroßen Partikeln zermahlen. Sie sind aus folgenden Horizonten entnommen worden:

Gebleichtes Paket am Top:

Horizont I 1c, I 2d, II m (5 Proben)

Rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete:
Horizont II i, II k, II l (3 Proben)
Violettbunte Pakete:
Horizont II a, II g, II i, III g, III h, III i (9 Proben)
Rotes Basis-Paket:
Horizont II c, II e, III c, III e (4 Proben)

Eine zusätzliche Probe stammt aus den Metamorphiten im Liegenden der Rotfolge (ca. 40 cm unterhalb der Diskordanzgrenze). Die Proben wurden im trockenen Zustand untersucht, die zählrohrdiffraktometrische Messung umfasste den Winkel (2 Theta) von 2 - 50°. Die Pulverproben wurden gezielt aus den bodenmorphologischen Teilbereichen (z. B. Karbonatknauern oder Detritus-Matrix) entnommen. Jede Analyse informiert über die Mineralzusammensetzung des speziellen Materials, nicht über diejenige eines ganzen Horizonts, aus dem sie entnommen wurde. Die Gesteinspulver wurden ergänzend als Streupräparate unter dem Polarisationsmikroskop und Phasenkontrastmikroskop untersucht. Als Einbettungsmittel diente Anisöl.

9.2 Ergebnisse der röntgendiffraktometrischen Analysen

Quarz herrscht in den meisten Proben vor. Sein Mengenanteil liegt dann jeweils bei mindestens 60 %. Er kann nur von Karbonat (Dolomit) verdrängt werden (in Kalkkonkretionen). In allen Proben ist der Muskovit mit deutlichem Anteil enthalten. Der typische Hauptreflex davon erscheint in allen Diagrammen mit ausgeprägter Spitze, allerdings teilweise schwach asymmetrisch, was auf eine geringfügige Aufweitung bzw. Illitisierung der Kristalle schließen lässt. Die Reflexform wird auch von der Korngröße der betreffenden Minerale bestimmt. Der Muskovit lässt sich übrigens häufig im Dünnschliff und am Handstück erkennen. Sein Anteil in den Proben verändert sich nicht wesentlich, nur bei starker Karbonatdominanz geht er zurück. In der Metamorphit-Probe ist wesentlich mehr Muskovit als in den Sedimentproben enthalten. Zum Muskovit kommt ein gut geordneter Kaolinit dazu, der mengenmäßig den ersteren übertrifft (Anteil Kaolinit bis 10%). Der Kaolinit-Anteil bleibt auch bei allen Proben mehr oder weniger gleich. Somit werden auch im Profil keine großen Differenzen erkennbar. Auch die getesteten Metamorphite enthalten ähnliche Mengen Kaolinit wie die Sedimente. Sichere Hinweise auf andere Tonminerale fehlen in den Diagrammen. Die Proben aus den vier Haupthorizonten enthalten Feldspäte, oft jedoch nur in kleinen Mengen (wenige %); anteilsmäßig treten sie hinter den Muskovit zurück. Teilweise lassen sich zwei getrennte Hauptreflexe dem Plagioklas und dem Kalifeldspat zuordnen. In der Metamorphit-Probe überwiegt ein Plagioklas. Nach dem Quarz stellen die Karbonate den zweithäufigsten Anteil in vielen Proben. In Konkretionen ist es umgekehrt. Dort steigt der Karbonatanteil über 50 %. In der Matrix liegt er z. T. bei 20 % oder er verschwindet, z. B. im roten Basis-Paket, fast ganz. Es lassen sich drei Karbonatminerale unterscheiden. In vielen Proben überwiegt unter den Karbonaten Dolomit. Sein Hauptreflex liegt nicht genau bei 2 Theta = 31°, sondern bei etwa 30,8°. Vielleicht liegt hier kein reiner Dolomit vor. Gegen eine allzu starke Unordnung im Kristallgitter spricht die Größe der Peaks und ihre Schärfe. Dazu kommt ein kleiner Anteil an Mg-armem Calcit (Ca : Mg = 90 : 10 nach GOLDSMITH et al., in BRINDLEY & BROWN 1980) und als dritte geringe Komponente Siderit.

Die Proben aus den Horizonten II k,l und II i (rotbuntes Paket im Hangenden der violettbunten Pakete) enthalten größere Mengen von Calcit und geringe Zusätze von Siderit und Dolomit. Die Proben aus dem roten Basis-Paket enthalten nur kleine Mengen Karbonate, die noch hinter die Schichtsilikatanteile zurücktreten und zwar wurden Mg-armer Calcit und Siderit identifiziert. Als Eisenmineral und wesentliches Farbpigment

tritt Hämatit auf, vor allem in den rotbraunen und violetten Gesteinen, aber auch in den braunen Knauern im gebleichten, weißgrauen Paket am Top. Die roten und violetten Gesteine lassen sich jedoch nicht nach ihrem Hamatit-Anteil unterscheiden.

10 Diskussion und Schlussfolgerungen

10.1 Diskussion der Aussagen von FALKE (1954, 1974) und DACHROTH (1982) zum Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal

Während REINHEIMER (1933) bei dem feinkörnigen Gestein im Aufschluss einfach von Sedimenten sprach und ihr Gefüge sowie ihre Kornzusammensetzung aus sedimentologischen Prozessen ableitete, brachte FALKE (1954) in seiner Arbeit über die Rotfolgen pedogenetische Aspekte und Bildungsmerkmale bei Rotliegend-Sedimenten in die Diskussion ein. Er bezeichnete die Rotsedimente als mögliche Abschwemmprodukte aus einem Liefergebiet mit Rotverwitterung (Roterdebildung), die in einem wechselfeuchten Klima mit längeren Trockenzeiten bei höheren Temperaturen im Becken abgelagert wurden. Auch die Kalkkrustenbildung im Arbeitsprofil passt in das Bild einer kontinentalen, semiariden Fazies im Unteren Rotliegend.

FALKE (1954) gab schon mehrere Rotfolgen in den Kusel-Schichten an, die sich aus roten Siltsteinen oder Arkosen zusammensetzen, oft verbunden mit Kalkbänkchen oder Kalkknollen. Es heißt, dass insgesamt die Rotfärbung nicht faziesgebunden ist, aber der Farbton mit der Kornverfeinerung intensiver wird. Im Zusammenhang mit dem Farbproblem stellte FALKE (l. c.) eine chemische Analyse des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal vor, aus deren Ergebnis hervorgeht, dass sowohl Eisen, als auch Kalkgehalt im Profil stark schwanken können und dass beide Elemente vorwiegend an die knolligen Konkretionen gebunden sind. Dies wird durch die röntgendiffraktometrischen Tests der vorliegenden Arbeit bestätigt. Außerdem wird deutlich, dass der äußere Farbeindruck direkt nichts über den Gehalt an färbendem Hämatit (als schwarze Konkretionen in feiner Verteilung als Film auf Quarzkörnern) aussagen kann. Eine röntgenographische Untersuchung ergab in der Feinsilt- und Tonkorngröße als dominierendes Tonmineral den Illit. Untergeordnet wurden Kaolinit und Chlorit nachgewiesen (FALKE 1954). In der gen. Publikation kam FALKE zu dem Schluss, dass die Rotfolgen ihre Farbe bereits aus dem Liefergebiet mitbrachten und dass sie je nach den Verhältnissen im Ablagerungsraum die Rotfärbung beibehielten oder gebleicht wurden.

LEEDER (1975) vermutete, dass niedrige Flutbecken-Wasserstände während einer Ablagerung eine Rotfärbung durch in situ-Oxidation bedingen könnten. 1974 erwähnte FALKE gebleichte Risse im rotbunten Paket des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal, die an manchen Stellen Kohlenstoffreste enthalten sollen,und äußerte die Vermutung, „daß es sich bei dem obersten Abschnitt dieses Profils um einen durch das Konglomerat gekappten Paläosol handelt". Die Ergebnisse der Tonmineral-Analysen von FALKE (1954) können in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden (s. Kap. 9 Röntgendiffraktometrische Analysen). Kohlenstoffreste wurden im Gestein des Aufschlusses nicht gefunden.

DACHROTH (1982) stellte nach seinen Beschreibungen die Hypothese auf, dass auf den Schiefern im Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal ein lateritischer Boden in situ gebildet worden war, der später erodiert wurde und von dem nur die rotgefärbten Kluftflächen im anstehenden, metamorphen Gestein übrigblieben. Auf letzteres soll dann verfrachtetes lateritisches Bodenmaterial (Kolluvium) abgelagert worden sein, das im oberen Teil wieder in situ pedogen umgewandelt wurde (Violettfärbung). Die Violett-Lage verglich DACHROTH (1982) mit den „Violetten Horizonten" im Buntsandstein und im Keuper. Er zählte die Kennzeichen einer solchen Bodenbildung auf. Hierzu werden einige kritische Anmerkungen gemacht.

a) Polyederklüftung und Zerstörung von Sedimenttexturen

Polyederklüftung beschränkt sich auf das Gestein des roten Basis-Pakets und dort auf die siltig-tonigen Partien. Es sind durchaus nicht alle Sedimenttexturen verschwunden. Im roten Basis-Paket tritt der Feinsand-Siltstein an verschiedenen Stellen, vor allem ober- und unterhalb einer massigen Bank, in blättriger Lagerklüftung auf.

b) Dolomitkrusten und -knollen

Nach DACHROTH (1982) kommt Dolomit auch als Ausfüllung von Wurzeln und Klüften vor. Zur Zeit der Aufschluss-Untersuchung des Autors waren keine Wurzelgänge aufgeschlossen. Makroskopisch findet man insgesamt kaum Strukturen vertikal oder schräg zur Horizontierung und dann höchstens als Farbstreifen.

c) Farbflecken, Violettfärbung und Reduktionsflecken

In diesem Zusammenhang bemerkte DACHROTH (1982), dass zwischen den roten Paketen ober- und unterhalb der violettbunten Pakete kein wesentlicher Unterschied besteht. Aus den vom Autor gelieferten Beschreibungen geht hervor, dass dies nicht zutrifft.

Das gebleichte, weißgraue Paket am Top sei (nach DACHROTH 1982) durch humussaure und kohlensaure Sickerwässer entfärbt worden, d. h. durch Reduktion und Wegführung der Eisenminerale.

Nun besteht beim Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal das Problem, dass drei übergeordnete Bodenkennzeichen vorliegen, die nach DACHROTH (1982) kaum miteinander zu vereinbaren sind: die Karbonatkonkretionen, die Farbunterschiede (Flecken, Bleichung) und eine Bodendurchmengung infolge einer intensiven Durchwurzelung. Nach Ansicht des Autors trugen zum letzteren Vorgang hauptsächlich grabende Bodentiere bei, was man auch aus verbreiteten Bioturbationsgefügen ersieht (Spreitengefüge länglicher Körnchen).

Diese Hauptmerkmale passen nicht zu einem einheitlichen Bodentyp. Im heute vorliegenden Gesteinspaket müssen die Relikte von mehreren bodengenetischen Prozessen unterschiedlicher Faktoren der Bodenentwicklung zusammengefasst sein. Die starke Materialdurchmischung und die Farbflecken (Redox-Reaktionen) sprechen von einer Bodengenese unter deutlichem Einfluss von Bodenlebewesen bzw. Vegetation und Bodenwasser. Die Kalkkrustenbildung findet man hauptsächlich in semiariden Regionen, wo Vegetation und Grundwasser nur eine geringe Rolle spielen. Da der Zeitfaktor in diesem Paläoboden des Rotliegend nicht bestimmt werden kann und da Paläoböden genau wie rezente Böden dynamische Systeme darstellen und oft komplex sein können, ist die Komplexität auch des Langenthaler Paläobodens als sicher anzunehmen.

Die Untersuchungsergebnisse offenbaren eine Reihe von Merkmalen, welche nahelegen, wie schon mehrfach angedeutet, die Rotfolge im Gaulsbachtal als einen komplexen Paläoboden zu bezeichnen. Zwar fehlt der direkte Nachweis von Wurzelresten und -bahnen, aber die besonderen Färbungen im Profil belegen vielleicht indirekt solche organischen Vorkommen (DACHROTH 1985). Auch in mehreren der zitierten Arbeiten über Paläoböden fehlen diese direkten Funde. BLODGETT (1985) bezeichnete verästelte, purpurne und grüne Flecken in rotbraunem Ausgangsmaterial als „Wurzelspurenfossilien". In der folgenden Diskussion sollen aus der neueren Literatur Indizien für vergleichbare Paläoböden den Nachweis dieser Arbeit unterstützen [KUNTZE-ROESCHMANN-SCHWERDTFEGER (1994), SCHEFFER/SCHACHTSCHNABEL (2002)].

10.2 Sedimentologie

Die in Diskussion stehende Rotfolge, ursprünglich ein feinsandiger (toniger) Siltstein mit teilweiser flaseriger, plattiger Schichtung ist wie die übrigen Rotfolgen im Rotliegend-Profil des Saar-Nahe-Beckens Teil einer zyklischen Ablagerungsfolge, in der die Schichten

eines Zyklus nach oben im allgemeinen feinkörniger werden (FALKE 1954). Die alluvialen und fluviatilen Milieus im kontinentalen Bereich bieten beste Voraussetzungen für eine Bodenbildung, weil in großen Arealen zyklische Sedimente für längere Zeit trocken fallen können (z. B. durch Rinnenverlagerung) und sie durch die geringe Geländeneigung vielfach vor Erosion geschützt sind. Nachfolgende Sedimentation kann die Horizonte konservieren. Vor allem die ruhigen Flutebenen kommen in Frage. Im Schwemmfächer-Milieu liegen unreife, hydromorphe Böden im flachen, distalen Bereich, reife Caliche-Böden dagegen im proximalen, erhöhten Bereich ohne Wasserstau (ATKINSON, in WRIGHT 1986). Paläoböden werden oft aus kontinentalen, zyklischen Serien beschrieben (DACHROTH 1972, MCBRIDE 1974, GOLDBERY 1982, MCPHERSON 1979). Im Unteren Rotliegend-Profil wurden die feinkörnigen Gesteine von Schuttstrom-Massen überdeckt (Schwemmfächer-Milieu, SCHÄFER, A. 1986). Dabei kann es zur Erosion von Teilen höherer Bodenhorizonte gekommen sein, die weniger verhärtet waren als die karbonatimprägnierten Lagen; vorausgesetzt, die Kalkknauern und -krusten wurden als Bodenhorizonte gebildet. Das Material der Rotfolge wurde im Randbereich des Rheinischen Schiefergebirges aus Wassertransport (eher Kolluvium als Alluvium: Herkunft aus schmalem Bereich) abgelagert und war für längere Zeit in einer tektonisch-geomorphologisch ruhigen Position. In semiariden Gebieten häufen sich Karbonatkrusten oft an schwach geneigten Hangflächen (GANSSEN 1972, GILE 1970).

Für einen äolischen Sedimenttransport fehlen die Kennzeichen. Die detritischen Partikel in der Rotfolge (Schiefer- und Phyllit-Lithoklasten, Muskovit) stammen aus den unterlagernden Metamorphiten.

10.3 Farbe

Das ursprüngliche Sediment von roter Farbe (rotes Basis-Paket) wurde von DACHROTH (1982) als Ablagerung aus einem älteren Bodenmaterial angesehen. Ein Teil des Hämatit-Pigments kann durchaus mit dem Detritus über kürzere Distanz transportiert worden sein (rote Schiefer-Bruchstücke). Aus Ägypten und dem Mittelmeerraum wurden rote Silte (aufgearbeiteter roter Boden) beschrieben, die in Senken zur Ablagerung kamen. Man interpretierte sie als Kolluvien von terra rossa-Böden (GOUDIE, in GOUDIE & PYE 1983). GOLDBERY (1982) arbeitete über Paläoböden in Unterjura-Sedimenten Israels. Das detritische Material stammt dort fast vollständig aus einem Lateritgebiet (fossil), (Laterit-Fragmente, hämatitreicher Tonstein, Kaolinit). Eisenkonkretionen und Karbonatimprägnation (Dolomikrit) kommen in den braun, gelb, rot und grün gefleckten Horizonten vor. Bleichflecken in oberen Profilteilen wurden auf Pseudogley-artige Prozesse zurückgeführt, weil die unteren Anreicherungshorizonte (mit Ton, Karbonat, Eisen, Sulfat) eine Drainage verhindern konnten. Das Laterit-Sediment steht im Liegenden der Bodenhorizonte an. Auch im Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal sind die Gesteine kaolinit- und hämatitreich. Im Mikrobereich sieht man die Zusammenballung und Verdichtung eisenhaltiger Partikel und kann schon von Eisenknöllchen (engl. ferritic glaebules) sprechen. Allerdings erreicht die Eisenkonzentration kein so großes Ausmaß wie in GOLDBERYS Material, dafür ist die Kalkanreicherung größer als dort. GOLDBERY (1982) bezeichnete seine fossilen Böden als „rotbraune Erden" (semiarides bis subhumides Klima). Ein weiterer Teil des Hämatit-Pigments kann in situ durch Alterungsprozesse (Umwandlung von Eisenhydroxiden, Zerfall von Eisensilikaten) noch dazukommen (READING 1986, WATTS 1980). Solche Prozesse finden oft in semiariden Regionen mit wechselnd feucht-trockenem Klima über lange Zeiträume hinweg statt. Die Rotfärbung von Sedimenten am Ablagerungsort vollzieht sich am besten in Regionen, wo kein direkter Bodenwassereinfluss vorhanden ist, weder durch Oberflächen- noch durch Grundwasser. Diese Verhältnisse begünstigen auch die Kalkkrusten.

Der hohe Kaolinitgehalt im Rotliegend-Gestein unterstützt andererseits die Hypothese vom umgelagerten Bodenmaterial. Dieses Material entsteht in Böden vorwiegend bei starker chemischer Verwitterung (Entbasung, Kieselsäureabfuhr) unter feuchttropischen Klima-Umständen und passt deshalb nicht zu den Entstehungsbedingungen der Karbonatkrusten am Ort. Es kann primärer Bestandteil eines Bodenkolluviums sein (GANSSEN 1972). Dabei denkt man an ferralitische Böden, die wiederum reich an Hämatit sind, der zusammen mit Kaolinit Aggregate bilden kann. In Paläoböden, die bei starker Auslaugung unter Pflanzenwuchs entstanden, wird eine Kaolinitkonzentration von einer Titananreicherung begleitet (READING 1986). Dies könnte eine Bestätigung vermuteter Anatas-Reflexe in den Röntgenproben vom Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal sein. Die Kristallisation bestimmter Eisenminerale hängt vom Eisenangebot, von der organischen Substanz im Boden, von der Bodentemperatur und -feuchtigkeit und dem pH-Wert ab (KÄMPF & SCHWERTMANN 1982). Hämatit entsteht vor allem bei höheren Temperaturen und geringer Feuchtigkeit (aber noch humid). In eisenreichen, kaolinitischen Böden Brasiliens fanden KÄMPF & SCHWERTMANN (1983) auch Anteile von Anatas.

Als Träger der roten Farbe im Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal wurden Hämatit-Pigmente erkannt. Die Entstehung der violettgrauen Farben lässt sich noch nicht ganz sicher erklären. DACHROTH (1985) sah sie im Zusammenhang mit ehemaligen Wurzelkanälen und einer Neubildung von Hämatit und Tonmineralen. FELS (1982) sprach vertikale, mit Quarz verfüllte Äderchen in grauroten, gelbgrün gefleckten Schichten des permischen Grödener Sandsteins als Wurzelstrukturen an, deren unmittelbare Nachbarschaft violett gefärbt ist. Für den Nachweis von Paläoböden gab er außerdem das Vorkommen von Dolomitknollen, Entschichtung, braungelb gefleckten Karbonaten und verflochtenen Karbonatäderchen an. ORTLAM (1967) und FALKE (1954) machten eine Mischung aus zwei- und dreiwertigem Eisen und einen größeren Pelitanteil für violette Farben verantwortlich (ebenso BOWN & KRAUS 1981). MCBRIDE (1974) wies auf das häufige Zusammentreffen von violetten Schichten und Flecken mit roten und hellgrünen Lagen hin (typische Wurzelfleckenzonen). Er nannte als Einflüsse für die Entstehung violetter Farben die Hämatit-Menge im Gestein, eine Mischung von grünen Silikaten mit Hämatit, eine Mischung von drei- und zweiwertigem Eisen, Eisen- und Manganoxiden, und die Korngröße von Hämatit.

In lateritischen Böden Sri Lankas treten violette Partien auf, die eine mäßig hohe Konzentration an Eisen-Mikroaggregaten und speziell nicht zusammengeschlossene Hämatit-Mikroaggregate neben noch nicht abgeführten Tonmineral-Abbauprodukten enthalten (SCHMIDT-LORENZ, in JONGERIUS 1964; JONGERIUS & RUTHERFORD 1979).

Aus den eigenen Beobachtungen geht nun folgendes hervor:

Im violetten Material ist der Anteil an rotem Hämatit-Pigment wesentlich kleiner als im roten Gestein (die Partikel sind aber nicht größer). Dadurch können grüne Farbtöne deutlicher werden (Eisen-Illit, Lithoklasten), aber rotes und grünes Pigment ergeben eigentlich kein violettgrau, eher noch eine Beimengung von Mn-Oxid. Neu hinzu kommen braune, diffuse Substanzen in der Matrix und Karbonate, die die S-Matrix auseinander drängen und dadurch sicher die Farbe verändern. Violettes Gestein besitzt als gemahlenes Pulver eine ockerbraune Farbe. Es ist meist arm an sandkorngroßen Lithoklasten.

Braune Farben in Knauern entstehen durch die diffusen Anreicherungen von brauner Substanz (Eisenmineral-Ton-Mischung möglich) und die Braunfärbung der Karbonate. COURTY & FEDOROFF (1985) haben eine unregelmäßige Sesqui-Oxid-Imprägnation in Karbonatknollen durch elektronenmikroskopische Anschauung als Mikroknollen in der calcitischen Matrix und als Hüllen auf Glimmern identifiziert. Goethit kann allerdings im Profil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal kaum nachgewiesen werden. Jedoch muss irgendeine Verwandlung des Hämatits und eine Verlagerung von Ton und Eisen in der S-Matrix geschehen sein.

Hellgraue, leicht grünliche Partien enthalten Pigment höchstens noch als sporadische Körnchen und hier machen sich die Metamorphit-Skelettkörner bemerkbar. Solche gebleichten Sedimente bilden sich durch Wegfuhr von Eisen in löslicher Form in reduzierendem Milieu. Die vielen Bleichflecken im roten und violetten Gestein im Liegenden des gebleichten, weißgrauen Pakets am Top und die Verzahnungen verknüpfen es mit seiner Unterlage, so dass seine Entstehung als primär helle Sedimentlage ausgeschlossen werden kann. Letztendlich kann die Farbe eines Gesteins auch während der Diagenese verändert werden.

Die Untersuchungen an Rotliegend- und Buntsandstein-Gesteinen haben gezeigt, dass rotviolette Sedimentfarben sich aus den verschiedenen Farben der Kornfraktionen zusammensetzen können und dass die Farbträger unterschiedlich gut durch Säuren aufgelöst werden. Der Gehalt an Hämatit als dem Hauptfarbträger hängt mit der Intensität, nicht jedoch mit dem Ton der Farbe zusammen. Dagegen kann die Aggregatform und -größe des Pigments für die Farbtönung (ob violett oder rotbraun) verantwortlich sein, was mikroskopische Beobachtungen ergaben. Bei Tuffen der Nahe-Unter-Gruppe führte man andererseits eine Entfärbung des Sediments (von rot zu graugrün) auf den Zersatz von eingeschwemmtem Pflanzen-Material zurück (HEIM 1970).

10.4 Diagenese

Je älter Paläoböden sind, umso stärker können sie von diagenetischen Prozessen verändert worden sein. Bodenbildung und Diagenese lassen sich in den Relikten nicht mehr leicht trennen. Für den Nachweis eines fossilen Bodens sollen mehrere deutliche Merkmale, die aus den verschiedenen bodengenetischen Prozessen erhalten geblieben sind, in Horizonten zusammen gefunden werden. Dann ist man berechtigt, von einer Bodenbildung zu sprechen, die über die Sedimentationsunterbrechung und das Trockenfallen hinausgeht. Eine Initialgrenze für einen fossilen Boden wurde bisher noch nicht festgelegt.

Zum Thema Diagenese lassen sich folgende Bemerkungen machen: Tonminerale, aber auch flache Skelett-Körner können durch Sedimentauflast eingeregelt werden. Die gute Erhaltung vollkommen unorientierter (pedoturbater) Gefügebereiche kann man damit erklären, dass die Karbonatanreicherung vor einer möglichen Kompaktion stattfand und die S-Matrix stabilisierte. Der Glimmer in der Rotfolge kann primär detritisch aus den metamorphen Muttergesteinen abgeleitet werden. Der Kaolinit ist sicher z. T. aus Feldspäten entstanden, weil das ursprüngliche Sediment diese Minerale oder schon deren Zersetzungsprodukte auch von den Phylliten und Glimmerschiefern übernommen haben kann. Die Phyllite enthalten in den obersten Partien auch Kaolinit, der dort sekundär sein muss. Quarzneubildung wurde nur in einer Probe gefunden. Die Karbonate können in der Diagenese eine Sammelkristallisation erfahren haben, da der Mikritanteil in den Knauern gegenüber dem des Mikrosparits gering ist. Allerdings wirkt dabei ein Tongehalt hemmend. Im ganzen hat das Karbonat eine gleichkörnige Verbreitung und große, ungleichkörnige, idiomorphe Kristalle wurden außer im Porensparit nicht gefunden. Die mineralogische Zusammensetzung der Karbonate erscheint bemerkenswert. In den meisten Caliche-Horizonten (rezente und auch paläozoische Gesteine) liegt Mg-armer Calcit vor, wenngleich auch Mg-reicher Calcit und Dolomit selten darin gefunden wurden (WATTS 1980).

Erstaunlicherweise enthalten die feinkörnigen Gesteine keinen Chlorit in der Tonsubstanz. Man erwartet dieses Silikat, weil Metamorphit-Gesteinsbruchstücke (vor allem Phyllite) neben Quarz die meisten Skelett-Körner stellen. Diese Lithoklasten sind offensichtlich wie die anstehenden Schiefer (in oberen Bereichen) umgewandelt (fossil verwittert?).

Metamorphe Gesteine des den südöstlichen Hunsrück begrenzenden Devon-Streifens, die im Bereich der GK 25, Blatt 6112 Waldböckelheim untersucht wurden, enthielten typische Mineralparagenesen (GEIB 1973). Die wichtigsten Anteile stellten Albit, Quarz, Serizit und Chlorit. Neben zahlreichen Schwermineralen waren auch deutliche Mengen von Calcit und Goethit/Hämatit vorhanden.

Mg-verarmte Dolomite kommen häufig in Gesteinen vor, die zusätzlich Calcit enthalten (LIPPMANN 1973). Auch in den Sideritkristallen kann Ca und Mg eingebaut sein, was eine Verschiebung des Hauptreflexes zu kleineren 2-Theta-Werten hin bewirkt. Die Horizonte der Rotfolge sind gegenüber dem Metamorphit-Material der Röntgenprobe (entnommen einige dm unterhalb der Diskordanz) an Muskovit und Plagioklas verarmt, aber an Karbonaten und Hämatit bereichsweise angereichert.

Die Messkurven der Röntgen-Analysen machen auch deutlich, dass die Rotfolge-Horizonte in den wesentlichen Zügen übereinstimmen und sicher in analoger Weise gebildet wurden.

10.5 Böden in Trockengebieten (Einordnungsmöglichkeit des Gaulsbachtal-Paläobodens)

Aufgrund der hohen Kalkanreicherung ergibt sich für den angenommenen fossilen Boden in den Horizonten der Gaulsbachtal-Rotfolge eine Einordnungsmöglichkeit.

Für diesen speziellen Prozess der Caliche-Bildung muss die Verdunstungsrate des Bodens (Evapotranspiration) größer sein als die Niederschlagsmenge, damit das Karbonat vor der Auswaschung bewahrt wird.

In den Trockengebieten, wo das der Fall ist, besitzen die Böden ganz bestimmte Eigenschaften.

Die biologische Aktivität, die sich nach den schlechtesten Bedingungen richtet und damit die Masse an organischer Substanz ist gering. Bioturbation kann unter feuchteren Bedingungen in den Rotliegend-Sedimenten am aktivsten gewesen sein.

Die Bodenreaktion ist alkalisch (Quarz wird instabil). Es entwickelt sich oft ein schwach differenziertes Profil, nur ein Karbonathorizont; und die Erosion bzw. der Windtransport haben wegen spärlicher Pflanzendecke große Bedeutung. Die Niederschläge sind im Jahresablauf stark schwankend, im Gegensatz zu den relativ stabilen Temperaturen.

Auch in Trockenböden kann Ton in einem Horizont angereichert werden, aber dieser Vorgang läuft wegen der geringen Wassermengen während langer Zeitspannen und wegen der Gefügestabilisierung durch Karbonat und Eisenminerale sehr langsam ab. Tonilluviation lässt sich im Profil des Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal nicht eindeutig erkennen, weil das Sediment schon tonreich war und Pedoturbation und Kalkimprägnation maskierend und verdrängend wirkten. Poren- und Rissauskleidungen mit braunem Material und die braunen, diffusen Massen in enger Verbindung mit dem Karbonat, vor allem in den rotbunten und violetten Horizonten, können ein Indiz für Tonanhäufung sein (HAY & REEDER 1978, GILE 1970). Im oxidierenden Milieu trockener Böden erhält sich auch der Hämatit gut. Häufigstes Tonmineral ist der Illit (DREGNE 1976).

Nach der nordamerikanischen Klassifikation fällt der Gaulsbachtal-Paläoboden den Ordnungen Aridisols (Trockenböden), Inceptisols oder Entisols (schwach entwickelte Böden) zu; nach der Einteilung der Weltbodenkarte den Einheiten Fluvisols (Auenböden mit geringer Profildifferenzierung) und Xerosols (Halbwüstenböden).

10.6 Die Gaulsbachtal-Rotfolge als fossiler Caliche-Boden (paläogeographische und paläoklimatologische Hinweise)

Karbonatanreicherungshorizonte sind häufig gut erhalten in Paläoböden innerhalb von Rotfolgen zu finden. Die Mehrzahl der zitierten Veröffentlichungen hat solche Profilteile

zum Thema (subrezent bis devonisch). Übereinstimmend werden sie mit rezenten Caliche-Böden semiariden Klimas verglichen, die in allen Kontinenten eine beachtliche Verbreitung haben und eine große Zahl von Regionalnamen tragen (GOUDIE 1973, REEVES 1976).

Caliche-Vorkommen sind typisch für warme Gebiete mit beschränkter Niederschlagsmenge. Man findet sie verbreitet auf ebenen oder schwach geneigten morphologischen Flächen.

Definition nach GOUDIE, in GOUDIE & PYE (1983):

Caliche: Ein Begriff für terrestrisches Material, das hauptsächlich aus Calciumkarbonat zusammengesetzt ist und das in pulverigem und knolligem bis zu stark verhärtetem Zustand vorkommt. Es ist das Produkt von verdrängender und/oder mineralogisch ersetzender Zufuhr von vadosen Karbonaten in größere oder kleinere Mengen von Boden, Gestein oder Sediment in einem Verwitterungsprofil.

Die Klassifizierungsbemühungen dauern seit Jahrzehnten an. Überblicke gaben REEVES (1976) sowie WRIGHT & TUCKER (1991).

Häufige Einteilung der Caliche erfolgt nach dem Härtegrad oder nach dem Mengenanteil von Kalk im siliziklastischen Substrat. Diese Kriterien darf man aber nicht ohne weiteres mit Alter und Reife gleichsetzen. Von den verschiedenen Caliche-Typen findet man im Gaulsbachtal-Aufschluss nördlich Langenthal die knollige Form, weitgehend ohne innere Strukturen (Knöllchen), die sog. Bienenwaben-Form aus zusammengeballten Knollen mit umgebenden Rinden (mm-dicke Karbonatschalen wurden gefunden). Eine dritte Form, die vorkommt, ist die verhärtete Kalkkrustenbank (engl. plugged horizon). Es ist aber kein einfaches Normalprofil erhalten, sondern im großen drei Horizonte mit knolligen und lagigen Karbonatverhärtungen, vielleicht als Relikte einer komplexen Profilserie (SCHÄFER, St. 1988).

Viele der gegenwärtig erforschten, gut entwickelten Caliche-Horizonte in den Oberflächengesteinen reichen mit ihrem Bildungsbeginn ins Pleistozän und Pliozän zurück. Die Einflüsse, die die Bildungsrate in dieser Zeitspanne gesteuert haben (z. B. Niederschlag und Verdunstung) sind selten oder kaum konstant geblieben (GOUDIE 1973).

Die hiermit vorgelegten, petrographischen Untersuchungen konnten häufig Rissfüllungen in den Knollen aus Sparit (ehem. Trockenrisse) nachweisen, die zusammen mit braunen, eisenreichen Knollen auch in den meisten zitierten Arbeiten zu dem Thema erwähnt werden. Außerdem offenbart das mikroskopische Bild in S-Matrix und Knollen ein Gefüge von klastischen Körnern, die meist ohne Kontakt in der karbonatischen Matrix „schwimmen" (floating grains nach GARDNER 1972). Schnelle Kristallisation (im Bereich von Wurzeln und organischer Substanz) bringt viele gleichkörnige, kleine Kristalle hervor (WIEDER & YAALON 1982). Lokal kann in Caliche der Mg-Gehalt bis 40 % hoch gehen (Dolocrete) (GOUDIE 1973).

Mit Caliche häufig vergesellschaftete Tonminerale sind Palygorskit (WATTS 1976) und Sepiolith, die syngenetisch gebildet werden können. Übrigens können auch alle anderen wichtigen Tonminerale vorhanden sein, nur von Kaolinit ist kaum die Rede. In der Mormon Mesa-Caliche, die GARDNER (1972) beschrieb, dominiert auch der Attapulgit (Palygorskit), während das rote Muttergestein (Sediment) Smektit, Kaolinit und Illit enthält. Der Palygorskit bildet sich in situ bei reichlichem Mg-Angebot (z. B. aus Metamorphiten und Vulkaniten; HAY & WIGGINS 1980). In den vorliegenden Röntgenanalysen lassen sich wenige, ganz kleine Reflexe kaum als Palygorskit-Anzeiger deuten (?), aber der Großteil von freigesetztem Mg wird in die Karbonate eingebaut worden sein. HAY & REEDER (1978) fanden in Caliche in pliozänen bis holozänen Tuffen N-Tansanias Neubildung von Dolomit und von Halloysit und Kaolinit aus Illit sowie von Montmorillonit gleichlaufend mit der Verdrängung von Ton durch Mikrit.

Für das Caliche-Karbonat sind eine ganze Anzahl von Quellen denkbar: Gestein, vulkanische Emissionen, atmosphärischer Staub, Regen, Grundwasser, Bodenmikroorganismen, Pflanzenabfall. Im Boden kann das Karbonat nach einem Abwärtstransport (hauptsächlich !) oder nach einem Aufwärtstransport mit den jeweiligen Wasserbewegungen schließlich ausgefällt werden, wenn die Bodenfaktoren eine Umwandlung von der löslichen in die unlösliche Form bewirken (per descensum- und per ascensum-Modelle; GOUDIE 1973). Für das Rotliegend-Profil könnte man Karbonat aus mittel- und oberdevonischen Schichten (Kalke) des Hunsrücks ableiten; aber das rote Sediment (mit Kaolinit und Hämatit) müsste als Roterde-Kolluvium frei von Karbonat gewesen sein.

So wird es wahrscheinlich auch in diesem Fall von oben her eine Zufuhr gegeben haben.

Gegen die Deutung des Unteren Rotliegend-Karbonathorizonts als Kalksediment spricht die starke Unreinheit der Kalke (Quarz-, Lithoklasten-, Glimmerdetritus in Silt- und Sandkorngröße) und die knollenförmige Verteilung mit diffusen Grenzen zum nichtkarbonatischen Material. Letztere Tatsache schließt auch eine fluviatile Ablagerung von Karbonat und Siliziklasten aus, weil dort die Karbonate gleichmäßiger verteilt oder in Sedimenttexturen angeordnet wären. Durch C-Isotopen-Untersuchungen kann man zwischen marinem und pedogenem Karbonat unterscheiden (RABENHORST et al. 1984, MCPHERSON 1979). Vielleicht wäre das auch für limnischen und pedogenen Kalk möglich.

Ein vollständiges einfaches Caliche-Profil baut sich aus verschiedenen typischen Horizonten auf (GILE et al. 1965). Ein laminarer, verhärteter Horizont, der zu 90 % und mehr mit einem sog. K-Gefüge (GILE et al. 1965) ausgestattet ist (Skelett-Körner in einer authigenen Mikrit-Matrix), liegt zwischen Übergangshorizonten, die 50 und mehr K-Gefügeteile enthalten.

Caliche-Reife und -mächtigkeit hängen von den Faktoren ab, die allgemein die Bodengenese beeinflussen: Niederschlag, Bodenwasser, Temperatur, Karbonatanlieferung, Morphologie, Tektonik, Sedimentationsrate bzw. Erosion, Substrateigenschaften, Zeit. Textur und primärer Kalkgehalt des Substrats bestimmen außerdem die Formen der Kalkkonzentration. In grobkörnigen, korngestützten Texturen wachsen Sparitkristalle in den Intergranular-Poren und rekristallisieren später. In feinkörniger, karbonatfreier Textur (Rotfolge) beginnt die Entwicklung mit einer Ausfällung von Sparit in Sekundärporen. Es folgt eine fortschreitende Anhäufung und Rekristallisation zu Mikrosparit. In kalkigem, mitteltexturiertem Material bilden sich die Knollen aus immer dichter werdendem Mikrit. Karbonatabscheidung um aktive Wurzeln herum erfolgt auch in grobkörnigem Substrat als Mikrit (WIEDER & YAALON 1982). In den Knollen ist die Kalkkonzentration im Zentrum am größten, an den Rändern nehmen Eisenminerale zu (Ton wird aus Knollen herausgedrängt).

Zur Entstehung eines Caliche-Profils genügen bei günstigen Umweltbedingungen wenige tausend Jahre; andere Altersschätzungen gehen bis 100 000 Jahre und sogar bis mehrere Millionen Jahre (MACHETTE, in WEIDE 1985).

Die semiariden Klimazonen erleben einen ausgeprägten Wechsel der Niederschläge im Jahr: 1 - 6 humide Monate, 6 - 11 aride Monate. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge liegt zwischen 150 und 500 mm. Die Landschaft in den trockenen Subtropen (winterfeucht) und den semiariden Tropen (wintertrocken) wird von Kurzgras-, Dornbusch- und Sukkulentensteppe besiedelt (WILHELMY 1974, in BENDER 1981).

Die am besten entwickelten Caliches der Welt kommen vor
in den High plains der USA;
in den Pampas und intermontanen Becken Argentiniens;

im semiariden Küstenflachland Venezuelas;
in der Kalahari SW-Afrikas, in Ebenen Ostafrikas, in den Hamadas N-Afrikas;
in Teilen Ostspaniens und Südfrankreichs;
im Bekaa Libanons und Zyperns;
in den Wüsten der südlichen GUS;
in bestimmten Gebieten Indiens und Australiens (GOUDIE 1973).

Im Paläophytikum lassen sich schon Beziehungen zwischen Pflanzen, Standort und Klima wie in der heutigen Bodenkunde nachweisen. Es ergeben sich Gliederungen nach dem Standort mit Makro- und Mikroklima und Wasserhaushalt, denen die verschiedenen Pflanzengesellschaften zugeordnet werden. Die Geomorphologie wurde in Europa vom Karbon zum Perm kleinräumiger und dies schränkte die großen hydro- und hygrophilen Biotope ein und zwang die Pflanzen, mesophile und xerophile, d. h. zunehmend trockene Biotope zu besiedeln (REMY 1977). Neben zahlreichen Übereinstimmungen muss man aber auch mit Unterschieden im Verhältnis Boden, Klima, Pflanze zwischen Paläophytikum und der Gegenwart rechnen. Wasserkreislauf, Humusdecke, Eisenzyklus im Boden sind nicht direkt vergleichbar. Pflanzengesellschaften der Vorzeiten hatten andere Eigenschaften und Wirkungen auf den Boden als die heutigen [FRANCIS, in WRIGHT (1986)].

Aus Gesteinen, die im Alter vergleichbar sind mit dem Rotliegend, wurden Paläoböden mit Caliche beschrieben von STEEL (1974) aus Karbon bis Jura des New Red Sandstone, W-Schottland; von ALLEN, in WRIGHT (1986) aus Silur und Devon des Old Red-Sandsteins, S-England; von MCPHERSON (1979) aus dem Ober-Devon der Antarktis; von MOLENAAR (1984) aus dem Givet Belgiens; von WRIGHT (1982) aus dem Unter-Karbon von S-Wales; von BLODGETT (1985) aus der Trias von SW-Colorado; sowie von HUBERT (1978) aus Trias und Jura von Connecticut.

Die darin übereinstimmenden Beobachtungen und Feststellungen sollen als weitere Bekräftigung dafür dienen, das Profil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal in diese Gruppe zu stellen. Caliche kommt in alluvialen Überflutungsebenen-Sedimenten vor und in Schwemmfächer-Sedimenten, die alle meist ganz schlecht sortiert sind (Ton bis Sand; häufig Rot-Sedimente).

Mikritische, mehr oder weniger scharf begrenzte Karbonat(Calcit)knollen und sparitische Kristallaggregate liegen in roten Sedimenten mit blauen, lila und grünen Flecken und Anzeichen von Bioturbation. MOLENAAR (1985) fand meniskusähnliche Röhrchen (engl. striotubules) in seinen Paläoböden.

Der Hämatit gilt häufig als Bestandteil der Schichten. Eine Fleckung des karbonatischen „crystic plasmic"-Gefüges wird durch eine Variation der Tonsubstanz verursacht. Skelett-Körner (auch viele Lithoklasten) sind von gröber kristallinem Calcit umgeben. Quarze wurden vom Karbonat korrodiert. Viele Risse sollen primär durch die Quellung und Schrumpfung im Boden entstanden sein. Je nach Art der Tonminerale entwickelt sich ein spezielles Makrogefüge: Quellbare Smektite erzeugen ein deutliches Aggregatgefüge (Vertisol).

Der Gehalt an Kaolinit und Illit im Profil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal wird solche Gefüge weniger begünstigen. Ein „lattisepic"-Gefüge (netzartige Anordnung kleiner, länglicher Partikel) wurde von MCPHERSON (1979) beschrieben. Er hielt auch den Hämatit für ein in situ entstandenes Mineral. Es kommen weiterhin Karbonat-Eisen-Knauern vor. Zerbrochene, plattige Knauern bilden durchgehende Kalkhorizonte.

Alluvionen-Kalkkrusten aus jüngster geologischer Zeit (bis Pliozän zurückreichend), denen die angeführten Paläoböden in vielen Zügen ähnlich sind, wurden von folgenden

Autoren untersucht: Watts (1980) aus der Kalahari; Courty & Fedoroff (1985) aus NW-Indien; Gile (1970) aus New Mexiko; sowie von Gardner (1972) aus Nevada.

Vor allem Watts (1980) erläuterte die Zusammensetzung und Kristallisationsbedingungen der Karbonate (Mg-arm/Mg-reich) und die Neubildung von Tonmineralen (Palygorskit).

10.7 Hydromorphe Bodenmerkmale

Im Profil des Gaulsbachtal-Aufschlusses nördlich Langenthal besitzen die Horizonte außer der Kalkanreicherung deutliche Merkmale von hydromorphen Vorgängen, d. h. das Material veränderte sich bei höherer Bodenfeuchtigkeit.

Am meisten fallen die grünlichen, hellgrauen Flecken und Farben auf, aber auch im mikroskopischen Bild sieht man Anzeichen einer Stoffmobilisierung. Ursache dieser Farberscheinungen ist die unregelmäßige Um- und Neuverteilung der Eisenminerale.

Die hellen und grünen Schichten und Flecken sind auch in vielen anderen Paläobodenkomplexen in Schwemmfächer-Milieus und Rot-Sedimenten zusammen mit Bioturbation vorhanden (Wright 1980; McPherson 1979; Burman 1975, 1980; Atkinson, in Wright 1986; Molenaar 1984). Bown & Kraus (1981) untersuchten im Unter-Eozän von NW-Wyoming komplexe alluviale Paläoböden, die sie z. T. als Pseudogley- und Gleyböden ansprachen und „trockeneren" Böden mit Kalkknollen gegenüberstellten. Die meisten Horizonte mit deutlicher Eigenfarbe (rot, violett) sind vielfach gefleckt (grau, gelb, rot). Die Färbung wird weitgehend vom Eisen- und Mangangehalt bestimmt. Die fahlen Bereiche enthalten kaum Pigmente. Auch hier hinterlässt der Wechsel von Nässe und Trockenheit die markantesten Spuren. Eisen wird zum zweiwertigen Ion reduziert, gelöst, transportiert und wieder in der dreiwertigen Form ausgefällt/oxidiert. Zur Reduktion kommt es in wassergesättigtem Milieu oder in Anwesenheit organischer Substanz. McPherson (1979) verknüpfte sie mit überlagernden Rinnen-Sandsteinen (Analogie zu den konglomeratischen Breccien im Hangenden der Gaulsbachtal-Rotfolge?). Schwankungen des oberflächennahen Grundwasserspiegels (im alluvialen Gebiet ein häufiger Vorgang) erzeugen das typische Gley-Bodenprofil, während Stauhorizonte eine Pseudovergleyung bewirken. Für eine Eisenanreicherung in Kalkknollen kann auch eine zeitweilige Wassersättigung verantwortlich sein (Sehgal & Stoops 1972, Courty & Fedoroff 1985).

Eine Bleichung entlang von Wurzelkanälen hielt Molenaar (1984) für wahrscheinlich. Dachroth (1982) und Ortlam & Zimmerle (1982) sahen ebenfalls diesen Zusammenhang zwischen Eisenreduktion und Wurzelresten. Jedenfalls geht die Bleichung in der Regel von Hohlräumen und Rissen aus. In schwach reduzierendem Grundwasser im gesättigten Boden, in Anwesenheit von Wurzel- und Pflanzenfragmenten, kristallisieren Sideritknollen (Reading 1986, Gardner 1982).

Im Gaulsbachtal-Profil können zwei Horizonte stauend wirken; zum ersten die im Liegenden anstehenden Phyllite. Tonige Verwitterungsmasse kann Schieferklüfte verstopft haben. Die gebleichten Schuttlagen an der Basis der Rotfolge und bleiche Flecken im roten Basis-Paket deuten auf eine Art von Nassbleichung hin. Zum zweiten können die Karbonatplatten-Horizonte eine Pseudogley-Fleckung oberhalb verursacht haben.

Das gebleichte, weißgraue Paket am Top wurde wahrscheinlich vollständig entfärbt. Bleichungslagen sind auch in Paläoböden gefunden worden. Man bezeichnet sie nach Bown & Kraus (1981) als Horizonte mit illuvialer Anreicherung freier Sesqui-Oxide und organischer Substanz (engl. spodic horizons) oder als an Ton und pedogenen Fe-Oxiden verarmte, mineralische Boden-Horizonte (engl. albic horizons) (s. auch Hintermaier-Erhard & Zech 1997) und meint damit Eluvialhorizonte im Rahmen von podsoligen Prozessen, die sich auch in flachen, subtropisch-tropischen Klimaten abspielen (rotgelbe,

tropische Podsole). Mit der Erosion von Oberböden, die organische Substanz enthalten, muss man immer rechnen, vor allem bei Paläoböden.

GARDNER (1982) fand einen fossilen, podsoligen Boden in einem fluviatilen Sandstein im Liegenden von Kohlelagern. PERCIVAL (1983) entdeckte im Ober-Karbon N-Englands einen Auslaugungshorizont (lobenförmige Verzahnung mit dem Unterboden) in einem Paläoboden auf Delta-Fluss-Ablagerungen. Von einem Eluvialhorizont werden die mobilen Stoffe in tiefere Bodenstockwerke transportiert und dort angereichert. Mit der Eisenverlagerung geht eine Verlagerung von Tonsubstanz zusammen.

Die beiden oberen Horizonte der Gaulsbachtal-Rotfolge könnten, abgesehen von den Kalkknauern, schon zu Podsolprozessen passen. Im gebleichten, weißgrauen Paket am Top der Gaulsbachtal-Rotfolge befinden sich unregelmäßige Sandlinsen und -flasern, die vielleicht mit dem Eisen einen Tonanteil verloren haben (?).

10.8 Zeitliche Abfolge der bodengenetischen Prozesse

Als letztes Problem stellt sich die zeitliche Einordnung der Paläoboden-Merkmale, die nicht gut gleichzeitig entstanden sein können.

Nach der Ablagerung des Sediments (teilweise oder mit bodengenetischen Prozessen langsam gleichlaufend) kam es im wassergesättigten Zustand schon zu Reduktionsvorgängen (gleyartig oder in einer Stauzone über den Phylliten). Mit dem Trockenfallen begann die Besiedlung des Substrats mit Mikroorganismen, Kleinlebewesen und vielleicht Pflanzen; sie wird zur Zeit der Caliche-Bildung eingeschränkt gewesen sein.

Zum Teil muss die Mobilisierung von Eisen und Ton vor der Karbonat-Imprägnation in poröserem Sediment erfolgt sein. Die braune Pigmentmasse in den violettbunten und rotbunten Paketen kann aus einer Mischung roter Eisenminerale und Ton bestehen. In Konkretionen haben mikrosparitische Karbonatkristalle bei ihrem Wachstum diese Tonsubstanz auseinander gedrängt. Die braunen Säume in den Sekundärporen (Risse, runde Poren) kann man als Spuren einer Illuviation ansehen; in einer späteren Phase kristallisierte darin Sparit aus. Den Ton-Eisentransportvorgängen hätte das Karbonat wahrscheinlich auch nicht vollkommen standgehalten. Es würde mindestens im gebleichten, weißgrauen Paket am Top fehlen, wenn es als fossiler Eluvialhorizont nach der Karbonatisierung entstanden wäre. Wenn also überhaupt, so wurde es vor der Caliche-Bildung ausgelaugt. Dann hätte es aber nichts mit den hangenden konglomeratischen Breccien zu tun. Gley- und Pseudogley-Merkmale sind nicht direkt an bestimmte Klimazonen gebunden, weil sie vorwiegend von der Morphologie, dem Grund-Bodenwasser und dem Bodengefüge abhängen. Mit fortschreitender Kalkimprägnation bildeten sich im roten Basis-Paket einzelne Knollen, in den violettbunten Paketen plattige Knauernlagen oder sogar zerbrochene Kalkbänke und im rotbunten Paket sowie im gebleichten, weißgrauen Paket am Top z. T. dicht gepackte Knauern. Mit dem Kalk mögen auch kleine Mengen Ton im Bodenprofil abwärts gewandert sein. Da in unmittelbarer Nähe keine Karbonatquelle (z. B. Kalkmuttergesteine) anzunehmen ist, war für eine solche, ziemlich reife Caliche-Bildung sicher ein längerer Zeitraum erforderlich. In dieser Zeit lag der Grundwasserspiegel tief und nur Regen- oder Stauwasser spielten eine Rolle.

Mit der Überschüttung groben Sediments muss das Material der Rotfolge wieder eine größere Zufuhr von Oberflächenwasser erhalten haben, wobei eine Wassersättigung wieder reduzierendes Milieu erzeugen konnte, in dem Eisenminerale gelöst und transportiert werden konnten.

10 Danksagung

Für die Überarbeitung der Abb. 2 und 4 möchte ich Frau Petra Koppenhöfer (Sippersfeld) herzlich danken.

11 Literaturverzeichnis

ATZBACH, O. (1980): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000. Erläuterungen Blatt 6211 Sobernheim. – 82 S., 5 Abb., 15 Tab., 1 geol. Kt., Mainz

ATZBACH, O. (1983): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000. Erläuterungen Blatt 6212 Meisenheim mit 1 geologischen Karte. – 101 S., 1 Abb., 10 Tab., Mainz

ATZBACH, O. (1986): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000. Erläuterungen Blatt 6411 Wolfstein mit 1 geologischen Karte.– 88 S., 2 Abb., 5 Tab., Mainz

ATZBACH, O. & SCHWAB, K. (1971): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000. Erläuterungen Blatt 6410 Kusel mit 1 geologischen Karte. – 96 S., 8 Abb., 16 Tab., Mainz

ATZBACH, O.; DREYER, G. & STAPF, K.R.G. (1974): Exkursion in das Pfälzer Sattelgewölbe und seine Umrandung am 19. April 1974.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **56:** 47 - 78, 15 Abb., Stuttgart

BANK, H. (1953): Tektonisch-stratigraphische Untersuchungen auf dem Nordflügel der Nahemulde. – Diss., Johannes Gutenberg-Univ., 101 S., 47 Abb., 1 z. T. farbige Kt.-Beil., Mainz

BANK, H. & KUTSCHER, F. (1963): Geologische Exkursion ins Hahnenbachtal am 13. Juni 1962. – Decheniana, **115** (2): 256 - 260, Bonn

BENDER, F. (Ed., 1981): Angewandte Geowissenschaften. Band 1: Geologische Geländeaufnahme, Strukturgeologie, Gefügekunde, Bodenkunde, Mineralogie, Petrographie, Geochemie, Paläontologie, Meeresgeologie, Fernerkundung, Wirtschaftsgeologie. – 628 S., 241 Abb., Stuttgart: Enke

BLODGETT, R.H. (1985): Calcareous paleosols in the Triassic Dolores Formation, SW-Colorado. – Geol. Soc. Amer., Abstr. with Progr., **17** (7): 525, Boulder/Colo.

BOY, J.A. & SCHINDLER, Th. (2000): Ökostratigraphische Bioevents im Grenzbereich Stephanium/Autunium (höchstes Karbon) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland) und benachbarter Gebiete.– N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **216** (1): 89 - 152, 8 Abb., Stuttgart

BOWN, T.M. & KRAUS, M.J. (1981): Lower Eocene alluvial paleosols (Willwood Formation, NW-Wyoming, USA) and their significance for paleoecology, paleoclimatology and basin analysis. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **14:** 1 - 30, Amsterdam

BREWER, R. (1964): Fabric and Mineral Analysis of Soils. – 470 S., New York: Wiley

BRINDLEY, G.W. & BROWN, G. (Eds., 1980): Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. – Mineralogical Soc., Monograph, No. 5, 495 S., London

BUURMAN, N.P. (1975): Possibilities of paleopedology. – Sedimentology, **22:** 289 - 298, Oxford

BUURMAN, N.P. (1980): Paleosols in the Reading beds (Paleocene) of Alum Bay, Isle of Wight, U. K. – Sedimentology, **27:** 593 - 606, Oxford

CHAPMAN, R.W. (1974): Calcareous duricrusts in Al-Hasa, Saudi Arabia. – Bull. geol. Soc. Amer., **85:** 119 - 130, Boulder/Colo.

COURTY, M.A. & FEDOROFF, N. (1985): Micromorphology of recent and buried soils in a semiarid region of NW-India. – Geoderma, **35:** 287 - 332, Amsterdam

DACHROTH, W. (1982): Hangsedimente aus dem Unterrotliegenden am Südrand des Hunsrücks. – Aufschluss, **33:** 69 - 80, Heidelberg

DACHROTH, W. (1985): Fluvial sedimentary styles and associated depositional environments in the Buntsandstein West of River Rhine in the Saar area and Pfalz (F. R. Germany) and Vosges (France). – In: MADER, D. (Ed.): Aspects of Fluvial Sedimentation in the Lower Triassic Buntsandstein of Europe. – Lecture Notes in Earth Sci., No. 4: 197 - 248, Berlin

DREGNE, H.E. (1976): Vadose pisolith and caliche. – Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., **60:** 2048 - 2057, Tulsa/Okla.

DREYER, G.†; FRANKE, W.R. & STAPF, K.R.G. (1983): Geologische Karte des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete 1 : 100 000.– Mainz

FALKE, H. (1954): Leithorizonte, Leitfolgen und Leitgruppen im pfälzischen Unterrotliegenden.– N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **99:** 298 - 354, 2 Abb., 2 Tab., 1 Profilbeil.; nebst einem Beitrag von H.E. VON STEINWEHR: Über das Pigment roter Gesteine: 355 - 360, Stuttgart

FALKE, H. (1974): Exkursion durch die Nahemulde von Bad Münster am Stein bis nach Idar-Oberstein am 18. April 1974. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **56:** 27 - 34, 1 Abb., Stuttgart

FELS, H. (1982): Die sedimentologische Entwicklung der Permabfolge im westlichen Südtirol (N-Italien). – Geol. Inst. Univ. Köln, Sonderveröff., Nr. 42, 145 S., 44 Abb., Köln

GANSSEN, R. (1972): Bodengeographie mit besonderer Berücksichtigung der Böden Mitteleuropas. – 2. völlig umgearb. u. erw. Aufl., 325 S., Stuttgart: Köhler

GARDNER, L.R. (1972): Origin of the Mormon Mesa caliche, Clark County, Nevada. – Bull. geol. Soc. Amer., **83:** 143 - 156, Boulder/Colo.

GARDNER, Th.W. (1982): Pedogenesis and diagenesis beneath Pennsylvanian coals in the Pocahontas Basin, Kentucky. – Geol. Soc. Amer., Abstr. with Progr., **14** (7): 494, Boulder/Colo.

GEIB, K.W. (1973): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000. Erläuterungen Blatt 6112 Waldböckelheim mit 1 geologischen Karte.– 146 S., 5 Abb., 18 Tab., Mainz

GILE, L.H. (1970): Soils of the Rio Grande valley border in S-New Mexico.– Soil Sci. Soc. Amer., Proc., **34:** 465 - 472, Madison/Wis.

GILE, L.H.; PETERSON, F.F. & GROSSMAN, R.B. (1965): The K-horizon: A master soil horizon of carbonate accumulation. – Soil Sci., **99:** 74 - 82, Philadelphia/Pa.

GOLDBERY, R. (1982): Paleosols of the Lower Jurassic Mishhor and Ardon Formations (Laterite derivative facies), Makhtesh Ramon, Israel. – Sedimentology, **29** (5): 669 - 690, Oxford

GOUDIE, A. (1973): Duricrust in Tropical and Subtropical Landscapes.– 173 S., Oxford: Clarendon Press

GUDIE, A.S. (1983): Calcrete. – In: GOUDIE, A.S. & PYE, K. (Eds.): Chemical Sediments and Geomorphology: 93 - 131, London

HABICHT, H. (1966): Die permokarbonischen Aufschlußbohrungen der Nahe-Senke, des Mainzer Beckens und der Zweibrücker Mulde. – Z. deutsch. geol. Ges., **115** f. 1963: 631 - 649, Taf. 15, Hannover

HAMM, N. (1980): Zur Geologie im Raum Winterburg - Bockenau (Nahe-Mulde).– Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 60 S., 30 Abb., 1 geol. Kt., 1 tekton. Deckblatt, 1 geol. Schnitt 1:10 000, Mainz

HAY, R.L. & REEDER, R.J. (1978): Calcretes of Olduvai gorge and the Ndolanya beds of N-Tanzania. – Sedimentology, **25:** 649 - 673, Oxford

HAY, R.L. & WIGGINS, B. (1980): Pellets, ooids, sepiolite and silica in 3 calcretes of the SW-United States. – Sedimentology, **27:** 559 - 576, Oxford

HEIM, D. (1970): Über die Farben der Buntsedimente im saarpfälzischen Rotliegenden und im Buntsandstein. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **56:** 117 - 128, Wiesbaden

HINTERMAIER-ERHARD, G. & ZECH, W. (1997): Wörterbuch der Bodenkunde. Systematik, Genese, Eigenschaften, Ökologie und Verbreitung von Böden. – 338 S., 273 Abb., 43 Tab., 8 Farbtaf., Stuttgart: Enke

HOFMANN, G. (1980): Zur Geologie im Raum Hochstetten-Dhaun - Simmertal (Nahe-Mulde).– Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 50 S., 17 Abb., 1 Taf., 1 geol. Kt., 1 tekton. Deckblatt, 1 geol. Schnitt 1:10 000, Mainz

HUBERT, J.F. (1978): Paleosol caliche in the New Haven Arkose, Newark Group, Connecticut. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **24:** 151 - 168, Amsterdam

HUY, D. (1980): Zur Geologie im Raum Pferdsfeld - Daubach - Monzingen (Nahe-Mulde).– Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 60 S., 23 Abb., 1 Taf., 1 geol. Kt., 1 tekton. Deckblatt, 1 geol. Schnitt 1:10 000, Mainz

JONGERIUS, A. (Ed., 1964): Soil Micromorphology. – XIV u. 540 S., Amsterdam: Elsevier

JONGERIUS , A. & RUTHERFORD, G.K. (Eds., 1979): Glossary of Soil Micromorphology. – 138 S., Wageningen: Pudoc

KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. (1982): Quantitative determination of goethite and hematite in kaolinitic soils by x-ray diffraction. – Clay Minerals, **17:** 359 - 303, London

KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. (1983): Goethite and hematite in a climo-sequence in S-Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. – Geoderma, **29:** 27 - 39, Amsterdam

KLAASSEN, Antje (1982): Zur Geologie im Raum Waldböckelheim - Sponheim (Nahe-Mulde). – Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 43 S., 16 Abb., 2 Taf., 1 geol. Kt., 1 tekton. Deckblatt, 1 geol. Schnitt 1 : 10 000, Mainz

KÖNIGER, St. (1999): Distal Ash Tuffs in the Lowermost Permian of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany): Distribution, Sedimentology, Volcanology, Petrography, Geochemistry and Zircon Ages.– Diss., Bayer. Julius Maximilians-Univ., 269 S., Würzburg

KRIMMEL, M. (1979): Zur Geologie im Raum Kirn/Idar-Oberstein südlich von Niederwörresbach. – Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 21 S., Mainz

KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde. – 5. neubearb. u. erw. Aufl., 424 S., 178 Abb., 4 Farbtaf., 188 Tab., Stuttgart: Ulmer

LEEDER, M.R. (1975): Pedogenic carbonates and flood sediment accretion rates: a quantitative model for alluvial arid zone lithofacies. – Geol. Mag., **112:** 257 - 270, Cambridge/UK

LIPPMANN, F. (1973): Sedimentary Carbonate Minerals. – 228 S., Heidelberg: Springer

MADER, D. (1983): Evolution of fluvial sedimentation in the Buntsandstein of the Eifel. – Sediment. Geol., **37:** 1 - 84, Amsterdam

MADER, D. (1984): Sedimentation im Wechsel mit Pedogenese in der Marginalfazies der Zwischenschichten im Oberen Buntsandstein von Luxemburg. – Oberrhein. geol. Abh., **33:** 15 - 65, Karlsruhe

MADER, D. (Ed., 1985): Aspects of Fluvial Sedimentation in the Lower Triassic Buntsandstein of Europe. – Lecture Notes in Earth Sci., Nr. 4, 626 S., Berlin: Springer

MCBRIDE, E.F. (1974): Significances of colour in red, green, purple, olive, brown and grey beds of Difunta Group, NE-Mexico. – J. sediment. Petrol., **44:** 760 - 773, Tulsa/Okla.

MCPHERSON, J.G. (1979): Calcrete(caliche) paleosols in fluvial red beds of the Aztec Siltstone (Upper Devonian), Southern Victoria Land, Antarctica. – Sediment. Geol., **22:** 267 - 285, 9 Abb., Amsterdam

MENNING, M. & Deutsche Stratigraphische Kommission (2002): Eine geologische Zeitskala 2002.– In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002, Potsdam

MÖHRING, G. & SCHÄFER, A. (1990): Caliche im Stefan des Saar-Nahe-Beckens. – Mainzer geowiss. Mitt., **19:** 63 - 80, 12 Abb., Mainz

MOLENAAR, N. (1984): Paleopedogenic features and their paleoclimatological significances for the Nevremont Formation (Lower Givet) in the northern Ardennes, Belgium. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **46** (4): 325 - 344, Amsterdam

MÜCKENHAUSEN, E. (1953): Fossile Böden in der nördlichen Eifel.– Geol. Rundsch., **41:** 253 - 268, 2 Abb., Stuttgart

ORTLAM, D. (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – Geol. Jb., **84:** 485 - 590, Hannover

ORTLAM, D. (1971a): Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **53:** 171 - 181, 5 Abb., Stuttgart

ORTLAM, D. (1971b): Paleosols and their significance in stratigraphy and applied geology in the Permian and Triassic of southern Germany. – In: YAALON, D.H. (Ed.): Paleopedology - Origin, Nature and Dating of Paleosols: 321 - 327, 3 Abb., Jerusalem

ORTLAM, D. (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – Geol. Rundsch., **63** (3): 850 - 884, 29 Abb., 3 Tab., Stuttgart

ORTLAM, D. (1980): Identification of paleosols in unconsolidated and consolidated rocks. – Geol. Rundsch., **69** (2): 581 - 593, Stuttgart

ORTLAM, D. & ZIMMERLE, W. (1982): Paläopedologische Ergebnisse der Bohrung Schwarzbachtal 1 (Givetium, Rheinisches Schiefergebirge). – Senckenbergiana leth., **63** (1/4): 293 - 313, 1 Abb., 6 Taf., Frankfurt a. M.

PERCIVAL, C.J. (1983): The Firestone sill ganister, Namurian, northern England: The A2-horizon of a Podzol or podzolic paleosol. – Sediment. Geol., **36:** 41 - 49, Amsterdam

RABENHORST, M.C. et al. (1984): Identification of pedogenic carbonates using stable carbon isotope and microfabric analysis. – Soil Sci. Soc. Amer. J., **48:** 125 - 132, Madison/Wis.

READING, H.G. (Ed., 1986): Sedimentary Environments and Facies. – 2. Aufl., 615 S., zahlr. Abb., Oxford: Blackwell

REEVES, C.C. Jr. (1976): Caliche. Origin, Classification, Morphology and Use. – 233 S., Lubbock/Tex.: Estacado Books

REIMANN, K.-U. (1969): Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden auf dem NW-Flügel der Nahe-Mulde zwischen Schwollbach- und Idarbachtal. – Diplom-Arbeit, Johannes Gutenberg-Univ., V u. 129 S., 15 Abb., 18 Taf., 1 geol. Kt. 1 : 10 000, Mainz

REINHEIMER, H. (1933): Stratigraphie und lithogenetische Untersuchungen in Gebieten der Blätter Pferdsfeld und Sobernheim im Nahebergland. – Abh. preuß. geol. Landes-Anst., N.F., **149:** 1 - 56, Berlin

REMY, W. & REMY, Renate (1977): Die Floren des Erdaltertums. Einführung in Morphologie, Anatomie, Geobotanik und Biostratigraphie der Pflanzen des Paläophytikums. – 468 S., 248 Abb., Essen: Glückauf

RETALLACK, G.J. (1990): Soils of the Past. An Introduction to Paleopedology. – 520 S., 176 Abb., 24 Tab., Boston: Unwin Hyman

SCHÄFER, A. (1986): Die Sedimente des Oberkarbons und Unterrotliegenden im Saar-Nahe-Becken. – Mainzer geowiss. Mitt., **15:** 239 - 365, 63 Abb., 1 Tab., Mainz

SCHÄFER, A. (2001): Stratigraphical constraints on Molasse depositional systems in the Permo-Carboniferous Saar-Nahe Basin, Germany. – Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Sci. nat., Monogr., N. 25: 213 - 219, 3 Abb., Brescia

SCHÄFER, St. (1988): Paläoboden-Merkmale (Caliche) in einer Rotfolge (in permo-karbonischen Sedimentgesteinen) am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens, Rheinland-Pfalz, BRD). – Diplom-Arbeit, Johannes Gutenberg-Univ., 140 S., 49 Abb., Mainz

SCHEFFER, F./SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. – 15. Aufl., neu bearb. u. erweitert von H.-P. BLUME, G.W. BRÜMMER, U. SCHWERTMANN, R. HORN, Ingrid KÖGEL-KRABNER, K. STAHR, K. AUERSWALD, L. BEYER, A. HARTMANN, N. LITZ, A. SCHEINOST, H. STANJEK, G. WELP & B.-M. WILKE, 593 S., zahlr. Abb. u. Tab., Heidelberg·Berlin: Spektrum Akad. Verlag

STAEGEMEIER, Birgitta (1979): Zur Geologie des Gebietes nordwestlich von Fischbach (Hunsrücksüdrand). – Diplom-Kartierung, Johannes Gutenberg-Univ., 29 S., Mainz

STAPF, K.R.G. (2002): Zur Geologie der Nahe-Synform (Rotliegend, Saar-Nahe-Becken, SW-Deutschland) (E 2). – Schriftenreihe deutsch. geol. Ges., H. 18: 23 - 36, 5 Abb. (HÜSSNER, H.; HINDERER, M.; GÖTZ, Annette E. & PETSCHIK, R. (Eds.): SEDIMENT 2002, 17. Sedimentologen-Treffen Frankfurt am Main - Darmstadt, 29. - 31.05.2002, Exkursionen und Kompaktkurse), Hannover

STEEL, R.J. (1974): Cornstone - Its origin,statigraphic and sedimentological importance in the New Red Sandstone, W-Scotland.– J. Geol., **82:** 351 - 369, Chicago/Ill.

STÖHR, W.Th.; AGSTEN, K. & BRÜNING, H. (1972) mit Beitr. von H.J. KONRAD, H. LOTHHAMMER, N. MAQSUD & E.M. MÜLLER: Paläoböden in Rheinland-Pfalz und im Saarland. – Geol. Jb., **F 14:** 129 - 163, Hannover

WATTS, N.L. (1976): Paleopedogenic palygorskite from the basal Permotriassic of NW-Scotland. - Amer. Mineralogist, **61:** 299 - 302, Washington/D.C.

WATTS, N.L. (1980): Quaternary pedogenic calcretes from the Kalahari (S-Africa): mineralogy, genesis and diagenesis. – Sedimentology, **27:** 661 - 686, Oxford

WEIDE, D.L. (Ed., 1985): Soils and Quaternary Geology of the Southwestern United States. – Geol. Soc. Amer., Spec. Paper, No. 203, 150 S., Boulder/Colo.

WIEDER, M. & YAALON, D.H. (1982): Micromorphological fabrics and development stages of carbonate nodular forms related to soil characteristics. – Geoderma, **28:** 203 - 220, Amsterdam

WOPFNER, H. (1981): Fossile Boden- und Verwitterungsprofile im Perm der Südalpen.– Geol. Inst. Univ. Köln, Sonderveröff., Nr. 41, 291 S., Köln

WRIGHT, V.P. (1980): Climatic fluctuations in the Lower Carboniferous. – Naturwissenschaften, **67** (5): 252 - 253, Berlin

WRIGHT, V.P. (1982): Calcrete paleosols from the Lower Carboniferous Llanelly Formation S-Wales.– Sediment. Geol., **33** (1): 1 - 33, Amsterdam

WRIGHT, V.P. (Ed., 1986): Paleosols: Their Recognition and Interpretation.– 315 S., zahlr. Abb., Oxford: Blackwell

WRIGHT, V.P. & TUCKER, M.E. (Eds., 1991): Calcretes. – Reprint Ser., **2**, Int. Assoc. Sedimentologists, 352 S., zahlr. Abb., Oxford

(Skript fertiggestellt im Dezember 2003)

Anschrift des Autors:
Privat-Dozent Dr. rer. nat. habil. Karl Stapf
Diplom-Geologe
Kleine Hohl 37
D-55263 Wackernheim
E-Mail: karl.stapf@web.de