Stratigraphie und Lithologie

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **74 (1950-1951)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

II. STRATIGRAPHIE UND LITHOLOGIE

Sämtliche Molasseschichten des untersuchten Gebietes liegen über der Obern Marinen Molasse. Sie gehören zur «Obern Süßwassermolasse» (OSM) und damit zum Miozän.

Im Gegensatz zum NW-Bodensee oder zur Obern Marinen Molasse treten in meinem Untersuchungsgebiet bestimmte petrographische Ausbildungsarten nicht als leitende, typische stratigraphische Komplexe auf. Die Faziesverhältnisse der südlichen OSM der Ostschweiz waren fast stets mehr oder weniger dieselben. Die weitere Besprechung wird jedoch zeigen, daß in der scheinbaren Eintönigkeit sich doch gewisse Unterschiede bemerkbar machen, die sogar eine Parallelisation mit den viel besser gegliederten äquivalenten Molasseschichten am NW-Bodensee gestatten.

A. DIE FAZIESTYPEN DER OBERN SÜSSWASSERMOLASSE DER OSTSCHWEIZ

1. Die Schüttungsfazies

Die alpinen Geröllschüttungen erreichten im untersuchten Gebiet als **Nagelfluhhorizonte** verbreitete Bedeutung, besonders im W, d. h. gegen den zentralen Teil des Hörnlischuttfächers, doch reichen vereinzelte Geröllschüttungen auch weit nach E, bis fast an den Bodensee. Während in Gebieten starker Schüttung, besonders an der Thur südlich Wil und an der Glatt, die Nagelfluhen durchwegs als typische Stromrinnen auftreten, bilden sie im N und E viel durchgehendere Schichten, die sich teilweise über viele Kilometer verfolgen lassen und auf weit ruhigere Sedimentationsverhältnisse deuten.

Die Bedeutung der Konglomeratschüttungen im Rahmen des Ablaufs des geologischen Geschehens wird weiter unten besprochen werden.

Die wichtigsten Sandsteinschichten meines Gebietes gehören zum Typus der **Knauersandsteine,** die Mächtigkeiten bis zu 10 m erreichen können. Die Knauersandsteine gehen stets direkt aus Nagelfluh hervor und entsprechen jenen Teilen einer Nagelfluhschüttung, die im Schüttungsschatten oder in schüttungsferneren Gebieten liegen. Dementsprechend treten sie auch in Regionen starker

Schüttung nur selten auf. Im weitern Nollengebiet (W Bischofszell) besitzen sie die größte Verbreitung. Im Itobel, S Mettlen, z. B. läßt sich sehr schön der Übergang von Nagelfluh in Knauersandstein beobachten, und im nördlichen Teil des Nollenhügellandes ersetzt er in immer stärkerem Maße die Nagelfluh, tritt jedoch auch im Osten auf, wo die Nagelfluhen spärlicher werden.

Der typische Knauersandstein ist ein grauer, relativ grobkörniger und ziemlich weicher Kalksandstein. Für sedimentpetrographische Daten verweise ich auf E. Geiger (Lit. 27, 29). Im E, gegen den Bodensee hin, ist der Knauersandstein oft mergeliger und eher gelblich ausgebildet. Aber auch hier wie am Nollen treten stets vereinzelte Geröllschnüre auf, die seine Entwicklung aus Nagelfluh verraten.

Im gesamten Schichtaufbau verhält sich der Knauersandstein wie Nagelfluh: häufiges Auftreten als Ausfüllung von Rinnen, scharfe Abgrenzung gegen die liegenden und hangenden Mergelschichten.

Zusammenfassend möchte ich die Bedeutung des Knauersandsteins als Nagelfluhäquivalent betonen. Er gehört wie die Konglomeratlagen zur Schüttungsfazies.

2. Die Mergelfazies

Die eintönigen, vorwiegend gelben und gelb-grau gefleckten Mergelkomplexe mit Sandsteinlagen beherrschen das Bild der OSM, an deren Aufbau sie besonders im nagelfluharmen östlichen Teil vorherrschend beteiligt sind. Sie bilden die Schichtglieder zwischen den Perioden starker Schüttung und entsprechen Zeiten ruhiger Sedimentation, während welcher die alpinen Flüsse nur feines Material transportierten. Dies geschah im schüttungsnahen Teil des Ablagerungsraumes seltener, während in den entfernteren Gebieten die Transportkraft der Flüsse nur in Zeiten stärkerer Hebung in den werdenden Alpen, bzw. stärkerer Senkung im Vorland, ausreichte, Geröllschübe bis dorthin gelangen zu lassen.

Im allgemeinen darf man für die Sedimentation der gelben Mergel-Sandstein-Fazies keine großen Wasserflächen annehmen. Es muß vielmehr ein ständig wechselndes Bild einer Überschwemmungslandschaft angenommen werden, wo die Sedimentation in fluviatil-terrestrischer Art erfolgte. Diese wichtige Folgerung ergibt sich aus dem ganzen Aufbau der Mergelserien:

Den Hauptanteil daran besitzen die typischen gelben und gelbgrau gefleckten Mergel, in die gelbe und graue Mergel- und Kalksandsteine von meist geringer Mächtigkeit eingelagert sind. Diese Sandsteine, die nie auf große Distanz durchziehen, zeigen auf der Unterseite recht häufig die Ausfüllung von Trockenrissen auf der liegenden Mergeloberfläche, auf die sie sedimentiert wurden.

Überall treten untergeordnet grüne und violette, seltener auch rote Mergel auf, die keinerlei Leitwert besitzen. K. Habicht (Lit. 37) hat die Rotfärbung von Nagelfluh und Mergeln in der subalpinen Molasse mit verschwemmten Roterdebildungen in Zusammenhang gebracht. Diese Ansicht kann ohne weiteres auch für die OSM übernommen werden, besonders auch deshalb, weil die Fazies der mittelländischen nichtmarinen Tertiärablagerungen offenbar weitgehend mit jenen der subalpinen Zone übereinstimmt. Gleiche Beobachtung hat auch U. Büchi (Lit. 6) im Aquitan und in der westlichen, fluvioterrestrischen Fortsetzung der Obern Marinen Molasse gemacht. In meinem Gebiet zeigen die Nagelfluhbänke kaum je Rotfärbung, dagegen deutet ein Vorkommen roter Mergel im Tiefenbachtobel, etwa K. 650 (W Engelburg bei St.Gallen) auf autochthone Roterdebildung: es findet sich dort eine etwa 0,5 m mächtige rote Mergelschicht, die nach unten keine scharfe Grenze hat, sondern langsam fleckig in gelbe Mergel übergeht, während der intensiv rote obere Teil mit einer scharfen Grenzlinie gegen hangende gelbe Mergel abgeschnitten ist.

An Fossilien findet man innerhalb dieser Mergelserien fluvioterrestrischer Entstehung nichts anderes als vereinzelt auftretende, meist schlecht erhaltene Steinkerne verschwemmter Heliziden (also typischer Landschnecken). Die eigentlichen Fossilfundstellen liegen in Einlagerungen, die speziellen lokalen Bedingungen entsprechen, innerhalb der gelben Mergelkomplexe und sollen deshalb gesondert besprochen werden.

Die gelben Mergel-Sandstein-Serien zeigen nie Feinschichtung, wie sie bei einem reinen Absinken in einem stehenden Gewässer anzunehmen wäre. Das ganze Bild ist stets wechselnd.

Die grauen Sandsteine dieser Schichten enthalten stellenweise steinpiperartige Gebilde ähnlich jenen der Marinen Molasse. Solche konnten vor allem an der Sitter, so bei der Ruine Ramschwag, gefunden werden.

3. Faziestypen, die untergeordnet als Einlagerungen in Schüttungs- und Mergelfazies auftreten

a) Kalke

Süßwasserkalke:

Solche treten in meinem Gebiet nur im Zusammenhang mit Molassekohlen auf, und zwar nur an einer Stelle, in der aufgelassenen, alten Kohlengrube «Löchli» an der Glatt E Niederuzwil (siehe auch E. LETSCH, Lit. 50). Sie enthalten dort viele und teils guterhaltene Unioniden, Planorben und Melanien nebst Pflanzenresten und sind leicht bis stark bituminös. Sie entsprechen einer Seekreidebildung in einem stehenden Sumpfgewässer, worin sich auch Kohle bildete. Es handelt sich also in diesem Falle auf Grund des Fossilinhaltes um eine wirkliche limnische Bildung, und ich möchte auch nur Kalke solcher Entstehung als eigentliche Süßwasserkalke bezeichnen.

«Wetterkalke»:

Die Bezeichnung «Wetterkalk» wurde schon von A. GUTZWILLER (Lit. 35) für dichte bis körnige, harte, oft rötlich-weiß geflammte, seltener graue Kalke verwendet, die teils ein marmorartiges Aussehen haben, teils an Jurakalke erinnern. Sie treten in meinem Gebiet nur westlich des Meridians von Bischofszell auf und fehlen auch auf der Nordabdachung des Nollen-Heid-Gebietes, d. h. sie sind auf die Zonen stärkerer Nagelfluhschüttung beschränkt.

Im Mutwiler Tobel S Niederbüren, 4 bis 5 km SW Bischofszell, finden sich im Liegenden einer Nagelfluhbank prachtvoll rot-weiß gefleckte Kalke in einer Mächtigkeit von mehreren Metern. Sie sind durch einen Wasserfall W Mutwil sehr schön aufgeschlossen. Die horizontale Ausdehnung nach N beträgt etwa 400 m.

Ungefähr 1 km S dieses Vorkommens treten im unmittelbaren Hangenden der untersten Nagelfluh des Rätenbergtobels (linkes Seitentobel des Mutwiler Tobels) hier meist eher knollige, in rote Mergel gelagerte, marmorartige, rötlich-orange-weiß geflammte Wetterkalke auf, die die Nagelfluh direkt überlagern und im untern Teil auch Gerölle enthalten. Diese Wetterkalkschicht besitzt höchstens 1 m Mächtigkeit und nur geringe horizontale Ausdehnung.

Nebst diesen beiden schönsten Vorkommen findet man Wetterkalke in typischer Ausbildung auch innerhalb der großen Felswand an der Thur bei Jonschwil in Verbindung mit Nagelfluh und als Einzelhorizonte, ebenso im Tobel von Niederglatt E Flawil an der Glatt selbst, in den Tobeln SE Oberbüren und an der Thur wenig unterhalb Bischofszell.

Graue bis weißliche Kalke finden sich in wenig mächtigen Lagen in den kleinen Seitentobeln der linken Thurseite W Bischofszell, im Tobel von Heidelberg bei Hohentannen (N Bischofszell) und in den Tobeln der Nollensüdseite SE Hosenruck.

Im Dünnschliff bemerkt man lediglich eine meist feinkristalline, strukturlose Kalzitmasse, die jeden Gedanken an eine organische Entstehung ausschließt. Das häufige Auftreten im Zusammenhang mit Nagelfluh läßt uns für die Wetterkalke eine Entstehung aus gelöstem und rein chemisch wieder ausgeschiedenem Kalk annehmen, der als Zerreibungsprodukt der Nagelfluh-Kalkgerölle geliefert wurde. Dies konnte in toten Flußrinnen vor oder nach einer Schüttung geschehen, trat aber nur in den Gebieten starker Schüttungsaktivität auf. Möglicherweise handelt es sich auch um reine Kalkschlammabsätze, die diagenetisch verfestigt wurden und rekristallisierten. Diese Beobachtungen decken sich mit jenen von U. Büchi im südlich anschließenden aufgerichteten Molassegebiet, wo sich vorwiegend knollige Kalke finden, die Übergänge zu den Wetterkalken zeigen. Die typischen Wetterkalke treten jedoch südlich meines Gebietes nicht mehr auf.

Mergelkalke treten als wenig ausgedehnte, bedeutungslose Horizonte besonders im E, im Gebiet der Sitter, meist im Zusammenhang mit Nagelfluhschüttungen auf.

b) Fossilhorizonte

Im Miozän des untersuchten Gebietes finden sich sowohl limnische wie terrestrische Fossilhorizonte. In diesem Zusammenhang möchte ich betonen, daß limnische und terrestrische Fazies streng auseinandergehalten werden müssen und daß ein Schichtkomplex auf Grund von Landschneckenfunden nicht als «Süßwasserbildung» bezeichnet werden darf, wie dies in bezug auf die Molasse oft geschehen ist. Wirkliche Süßwasserfossilien finden sich im Miozän des behandelten Gebietes sehr selten.

Es können die folgenden Typen von Fossilfundstellen unterschieden werden:

Limnische Molluskenfundstellen:

An der Sitter, etwa 100 m südlich der Ruine Ramschwag (8 km NW St.Gallen), kommen im Knauersandstein der Basisregion des dortigen mächtigen Nagelfluhkomplexes schöne Schalenexemplare von Unio vor, nebst undeutlichen Schneckenresten. Die Fossilien liegen in schwärzlichen Sandmergeln, die als lokale, höchstens 1 m mächtige Einlagerung innerhalb der Schüttung auftreten und einer Altwasserrinne zu deren Beginn entsprechen dürften.

Ein weiteres Vorkommen von Unio und Charafrüchtchen findet sich am Nollen, im Tobel SSE Hosenruck (Röhrlibadwald), etwa auf K. 640 m, in der Basiszone der Nagelfluh, die in diesem Tobel den obersten Wasserfall bildet, ebenfalls in schwärzlichen Sandmergeln.

Diese beiden Fossilhorizonte gehören also der Schüttungsfazies an.

Im Tobel von St.Pelagiberg, etwa 4 km E Bischofszell und etwa 1 km S der Sitter, treten in einer scharf begrenzten, grauen Tonmergeleinlagerung innerhalb der gelben Mergelschichten nebst eingeschwemmten Heliziden, Knochen- und Schildkrötenpanzerfragmenten Unioniden und Melanien auf. In diesem selben Komplex liegen auch zwei rinnenartig gelagerte Bänke von limnischen Kalkalgen (siehe weiter unten). Auch diese Bildung ist als Ausfüllung einer ruhig fließenden Wasserrinne, hier aber in der festländischen damaligen Oberfläche der gelben Mergel- und Sandsteinablagerungen, zu betrachten. Sie spricht ebenfalls für die fluvioterrestrische Fazies der letzteren als rein terrestrische Phase der Sedimentationsruhe, während der sich einzelne Wasserläufe erhalten konnten.

Endlich gehören die limnischen, bereits erwähnten Süßwasserkalke des Kohlenlagers an der Glatt E Niederuzwil in diesen Zusammenhang, die ebenfalls einer terrestrischen Phase entsprechen, in deren Verlauf es zu Moor- und Teichbildungen kam.

Das einzige weitere Vorkommen autochthoner Kohle in meinem Gebiet liegt im Tobel des Tinkelmoosholzes, S Toos (SW Mettlen, 10 km WNW Bischofszell) etwa auf K. 620 m. Es ist bedeutend kleiner als jenes an der Glatt, führt nur wenig Kohle und keine Süßwasserkalke und ist zwischen Knauersandstein im Hangenden und Nagelfluh im Liegenden gelagert. In den begleitenden sandigen Mergeln finden sich einzelne Planorben.

Limnische Kalkalgen:

In seichtem, langsam fließendem Süßwasser finden sich rezent knollige, meist kugelige oder Molluskenschalen inkrustierende Kalkalgen *(Rivularia)*. Diese «Schnegglisande» genannten, Bänke bildenden Algen kommen heute z. B. im Untersee (Stein am Rhein) vor (JAAG, Lit. 46). Solche Kalkalgenknollen fand ich nun auch in der Molasse meines Gebietes, und zwar sowohl als einzelne Einlagerungen während Schüttungsphasen in Knauersandstein wie auch als ganze, auf den ersten Blick nagelfluhartige Agglomerate rinnenartig in den Mergelkomplexen. Die Algenknollen erreichen oft Faustgröße und darüber, sind stets konzentrisch struiert und bestehen im allgemeinen aus bräunlichem, hartem Kalk. Auf Grund der mikroskopischen Untersuchung und der Art des Auftretens konnten diese merkwürdigen Einlagerungen von Herrn Prof. JAAG eindeutig als «Schnegglisande» bestimmt werden.

In Verbindung mit der Knauersandstein-Fazies gediehen diese limnischen Algen in den fernen, nur noch Sand führenden Flußarmen der Schüttungsdeltas, während sie sich in schüttungsfreien, klaren Wasserläufen sedimentationsfreier Perioden noch üppiger entwickeln konnten. Sie bildeten oft ganze Bänke, um aber bald wieder von Schlamm und Sand einer neuen Überschwemmungsphase einsedimentiert zu werden.

Im Knauersandstein fand ich Kalkalgenknollen nur an zwei Stellen: sie liegen beide Male im Schüttungshorizont in Knauersandstein-Fazies, der der Nagelfluhschüttung von Bernhardzell-Ramschwag-Waldkirch entspricht. Das erste Vorkommen zeigt größere, längliche Algenknollen in einer mergelig-sandigen Schicht innerhalb des Knauersandsteins, am Hang NW oberhalb der Brücke Erlenholz an der Sitter, NW St.Gallen, etwa auf K. 600 m; beim zweiten Vorkommen treten sie vorwiegend als Inkrustationen von Melanien und als einzelne kleinere Algenknollen in der Basiszone des Sandsteins auf, im Rötistobel, K. 585 m (1 km S Wannenbrücke an der Sitter und etwa 1,5 km SE Bernhardzell).

Als selbständige Agglomerate finden sich Kalkalgen:

Im Tobel von Unterstädeli, W Erlenholz, Koord. 744300/257750/610 (mit Sandstein versackte Blöcke).

Im Leittobel, S Tierlehub, 1,5 km SW Bernhardzell, als kompaktes Agglomerat kugeliger Knollen, bis 1 m mächtig (Koord. 741750/259125/670).

Im Tobel W Pelagiberg (unterster Lauftenbach, Koord. 739700/261450/515) als rinnenartige Agglomerate innerhalb der bereits erwähnten limnischen Fossilfundstelle.

An der Thur, auf der rechten Flußseite, 1 km NW Jonschwil, Koord. 723525/254500/550, als Algenagglomerat mit besonders schönen inkrustierten Melanien in großer Häufigkeit.

Ganz vereinzelt findet man Kalkalgenknollen auch in der schon von FALKNER und LUDWIG (Lit. 52) beschriebenen Fossilfundstelle am Tannenberg, unter P. 817 im Bernhardzeller Wald (Koord. 742875/257950/810). Es handelt sich dort um eine feinkonglomeratisch-sandige Zusammenschwemmung mit Pflanzenresten, schlecht erhaltenen Clausilien und Heliziden und nicht selten auch Rhinozeros-Knochenfragmenten in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 1 m. Das blaugraue Gestein liegt innerhalb des höchsten miozänen Schichtkomplexes meines Untersuchungsgebietes. Auf seinen Gehalt an Flyschforaminiferen wird später noch einzutreten sein.

Auch im Steinachtobel, auf der rechten Seite, SW der Ruine Steinerburg bei Obersteinach, Koord. 749750/261150/455, fanden sich Fragmente von Rivularien in einem ebenfalls rinnenartig in den gelben Mergeln eingelagerten Komplex, der aus oolithartigen Kalkknöllchen in sandiger Grundmasse besteht und vereinzelt auch Knochenfragmente führt. Auch hier treten vereinzelt Flyschforaminiferen auf. Die Kalkknöllchen dürften anorganischer Entstehung sein (auch an andern Stellen wurden zum Teil ziemlich große Kalkknollen gefunden, die jedoch nirgends eine organische Struktur aufweisen, andrerseits aber auch nicht den knolligen Wetterkalken entsprechen).

Weitere limnische Fossilfundstellen, d. h. Schichten wirklicher, durch organisches Leben belegter Süßwasserfazies, konnte ich nirgends sonst finden. Ihre Verbreitung ist also in einem Gebiet von über 300 km² eine recht spärliche. Zudem liegen sie alle, wie gesagt, als besondere Fazieseinlagerungen innerhalb der beschriebenen Hauptfaziestypen der Nagelfluhen und Mergel. Diese Tatsachen können nicht genug betont werden.

Fundstellen terrestrischer Fossilien:

Zeugen terrestrischer Fazies sind viel häufiger als solche von Süßwasserbildungen. Sie treten fast in jedem größern Mergelprofil auf.

Sehr oft findet man in den gelben Mergelserien mürbe, kohlige, schwärzliche und braune Mergelschichten, selten über 0,5 m mächtig, mit zum Teil noch erkennbaren Pflanzenresten und in der Regel auch schlecht erhaltenen Helizidenschalen. Auch diese Schichten erstrecken sich nie über größere Distanz. Ich möchte sie als Zonen kurzfristiger terrestrischer Vegetation deuten. Typisch dabei ist, daß die Untergrenze nicht scharf ist. Diese dunklen Mergelbänder gehen vielmehr allmählich aus den unterlagernden, normalen gelben Mergeln hervor, als Zeichen einer langsamen Besiedlung. Die Obergrenze ist in der Regel scharf. Erneute Überschwemmungen lagerten wieder feines Mergelmaterial darüber.

Diese dunklen Mergel sind im Osten, im Gebiet von Tannenberg, Sitter, Steinach und Goldach, häufiger als im Westen. Relativ gut erhaltene Heliziden führen sie z. B. im Tiefenbachtobel W Engelburg (etwa K. 650 m) und unterhalb der «Gelben Wand» (1 km S Erlenholz) am linken Sitterufer.

Kompaktere braune Mergel führen neben Heliziden oft auch Clausilien und Reste von Kleinsäugern. Die bekannte Fossilfundstelle Katzenstrebel am Rosenberg (am Steilhang östlich der Weggabelung Strebel-Gatter/Strebel-Bruggwald, siehe auch FALKNER/LUDWIG, Lit. 52) liefert besonders schöne Heliziden und Clausilien, dazu häufig Säugetierzähnchen.

Häufig liegen in den gelben Mergelkomplexen auch lokale Schichten grauer, auch grünlicher Mergel, die meist Heliziden und oft auch Säugetierreste enthalten. Sie finden sich weit eher im schüttungsreicheren Westgebiet, im allgemeinen selten mehr als 0,5 m mächtig. Besonders im Nollengebiet sind sie recht zahlreich. Es handelt sich dabei wohl um Zusammenschwemmungen von Schlamm und tierischen Resten in Tümpeln und Rinnen der jeweiligen Landoberfläche, als erstes Anzeichen einer nachfolgenden stärkeren Schüttung, oder nach deren Abklingen. Demzufolge begleiten sie oft das Liegende oder Hangende von Nagelfluhbänken, oft auch von Sandsteinbänken, und fehlen in der vorwiegenden Mergelfazies des Bodenseegebietes fast gänzlich.

Man findet derartige Vorkommen in allen stratigraphischen Niveaus häufig in den Tobeln des Nollengebietes im weiteren Sinne: Leubergtobel, Röhrlibadwald, Itobel, Hartenauer Tobel, an der Heid, E Bettwiesen und auch an der Thur in den guten Aufschlüssen der Prallhänge von Felsegg und Glattburg, aber auch

weiter flußaufwärts NW Jonschwil. Besonders fossilreiche, Säugetierreste führende graue Tonmergel fand ich am Ausgang des Tobels S Sorntal bei Hauptwil unter der untersten Nagelfluhbank.

In diesem Zusammenhang ist auch die schon erwähnte Fossilfundstelle im Pelagibergtobel zu nennen, die ebenfalls Heliziden nebst größeren Knochenfragmenten gleichfalls in grauen Mergeln enthält, wobei es aber offenbar zur Ausbildung einer typischen, längere Zeit existierenden Wasserrinne mit Entwicklung von Unioniden und Kalkalgen mit hineingeschwemmten Landfossilien kam. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei P. 817 im Bernhardzeller Wald, allerdings mit stärker fließendem Wasser und eher feinkonglomeratischem, schlammfreiem Milieu.

Weiter östlich fand ich graue Helizidenmergel nur noch im Tobel NE Bernhardzell, unter der Nagelfluh, die dort einen großen Wasserfall bildet. Sie führen dort ebenfalls Säugerreste.

An einigen Stellen liegen die Heliziden in einem weißlichen, tonig-sandig-kalkigen Gestein, so am Hartenauer Bach, etwa 300 m oberhalb der Strafanstalt Tobel, Koord. 720525/263700, und an der Einmündung des Täschentobels in die Thur, etwa 400 m oberhalb der Brücke von Halden (NW Bischofszell). Gegen S geht hier die etwa 0,5 m mächtige Helizidenbank aus einem weichen, mehr mergelig-sandigen Gestein in einen harten, weißlichen Kalk über, in welchem die Heliziden in relativ guter Erhaltung auftreten.

B. ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG DER FAZIES DER «OBERN SÜSSWASSERMOLASSE»

Bis anhin wurden die miozänen, über der marinen Molasse liegenden Schichtreihen allgemein als «Obere Süßwassermolasse» bezeichnet. Auf Grund des bisher Gesagten erscheint mir dies als nicht richtig, da es ja nirgends zur Ausbildung eines größern, längere Zeit existierenden Süßwassersees kam. Es handelt sich vielmehr weitaus überwiegend um eine festländische Überschwemmungsfazies, im Osten mit selteneren, im Westen mit häufigen starken Geröllschüttungen, die weite Gebiete mit Kies überdeckten, während dazwischen die Landoberfläche periodisch mit feinem Schlamm und Sand überschwemmt wurde. In jenen Regionen, die einige Zeit nicht überschwemmt wurden, konnten sich Vegetation und terrestrisches tierisches Leben entwickeln, während in Alt-

wasserrinnen und Tümpeln da und dort limnische Floren und Faunen ihr Milieu fanden, das jedoch nie längere Zeit anhielt. Das Einsinken des Molassetroges hielt mit der Sedimentation Schritt, so daß unser miozänes Landschaftsbild als ein typisches, ausgedehntes Deltagebiet erscheint, in dem man sich auf Grund dieser spärlichen Funde auch kein allzu üppiges Pflanzenleben vorstellen darf, das ja bei den periodischen Überschwemmungen auch nie recht aufkommen konnte. Die Fazies, die zur Bildung der gelben Mergel-Sandstein-Komplexe führte, war ein lebensfeindliches Milieu. Daher rührt auch die trostlose Sterilität dieser Schichten.

Der Begriff «Obere Süßwassermolasse» ist daher im genannten Sinne zu verstehen. Dieses fluvioterrestrische Miozän umfaßt alle jene Schichten, die über der Obern Marinen Molasse liegen.

Die genannten Beobachtungen über die Faziesverhältnisse decken sich im übrigen durchaus mit jenen von R. Rutsch (Lit. 78) aus der Berner Molasse. Seine Ansicht, daß die in der fluvioterrestrischen Molasse vorkommenden Landfossilien nicht aus dem südlichen Hinterland eingeschwemmt wurden, sondern von Organismen stammen, die an Ort und Stelle auf der jeweiligen Festlandoberfläche gelebt haben, wird durch die Art und Weise des Auftretens der Fundstellen in der Ostschweiz bestätigt. Wie Rutsch dargelegt hat, sind für die festländischen Perioden auch Verwitterungserscheinungen anzunehmen, die wohl auch an der Bildung bunter Mergel einen Anteil hatten. Darauf hin deutet auch die erwähnte, offenbar an Ort und Stelle erfolgte Roterdebildung im Tiefenbachtobel. Die gelben Mergel dürften auch durch Einwirkung von Oxydation und Reduktion ihres Eisengehaltes verändert worden sein, welche Erscheinungen aber noch näher zu untersuchen wären.

C. VULKANISMUS UND VERKIESELUNGSERSCHEINUNGEN

1. Vulkanismus

Die von mir bereits 1945 entdeckten Spuren vulkanischer Tätigkeit im östlichen Tannenberggebiet wurden in einer gemeinsamen Publikation mit meinem Studienkollegen U. Büchi in Lit. 9 erstmals beschrieben. Die dort in einem einzigen Niveau unter einer Nagelfluhschicht auftretenden Auswürflinge von vorwiegend Kal-

ken vom Gepräge des süddeutschen Malms aus dem Untergrund konnten in der Folge an keinen weitern Stellen mehr gefunden werden. Dies ist im Gebiet der nördlichen Sitter nicht, wie wir damals vermuteten, auf Ausräumung durch nachfolgende stärkere Nagelfluhschüttungen zurückzuführen, sondern darauf, daß dieser Horizont durch Verwerfungen tiefer versetzt wurde und in seinem ganzen Ausbreitungsgebiet nicht mehr an die Oberfläche gelangt. Im Steinachtobel konnte er ebenfalls nicht mehr aufgefunden werden, da die Blockstreuung wohl gar nicht bis dorthin reichte.

Das von uns erwähnte Vorkommen an der Basis des «Appenzeller Granites» an der Neutoggenburg muß revidiert werden. Die genaue Untersuchung hat ergeben, daß es sich dort um malmähnliche Konkretionen handelt, die oft nur schwer von wirklichen Malmkalken unterschieden werden können, besonders bei kleinen Exemplaren. Außerdem liegt die Neutoggenburg so weit weg von den übrigen Fundstellen, daß ein Auftreten des Blockhorizontes dort an sich nicht wahrscheinlich ist. Überdies konnte ich feststellen, daß der Blockhorizont im Tannenberggebiet mehr als hundert Meter über dem Niveau des Appenzeller Granits liegt.

An den drei Fundstellen (Sitter zwischen Rabenstein und Bernhardzell, Erlenholz und Tiefenbachtobel) konnte kein neuartiges Material gefunden werden, besonders auch kein solches eindeutiger vulkanischer Provenienz. Lediglich einige Molasseauswürflinge sind erwähnenswert, die den tiefern Molasseschichten entstammen dürften. Hingegen fand ich seither stets wieder sehr große Malmkalkblöcke.

Daß dieser merkwürdige Horizont auf vulkanische Ausbrüche zurückgeführt werden muß, ist heute um so mehr gesichert, als es mir gelang, in der Gegend von Bischofszell eine Lage **vulkanischen Tuffs** aufzufinden, dessen Ablagerung wohl in engstem Zusammenhang mit der Entstehung des Blockhorizontes steht.

Das Tuffvorkommen liegt am linken Steilhang der Thur bei Rengishalden, 2,5 km WSW Bischofszell. Es ist aufgeschlossen im kleinen Tobel unmittelbar südlich der Häuser von Rengishalden, beginnend bei P. 552 der Straße nach Niederhelfenschwil, und im Tobel von Rengishalden selbst. Die Tuffschicht liegt auf K. 520 m und besitzt eine horizontale Ausdehnung von 400 m längs des Thurhanges, bei einer maximalen Mächtigkeit von 2,5 m. Im Norden und Süden wird das Vorkommen von Nagelfluhstrom-

rinnen begrenzt, zwischen denen es, vor Erosion geschützt, zur Ablagerung gelangte. Profil durch das Vorkommen siehe Fig. 1.

Weder thuraufwärts noch -abwärts konnte sonst noch vulkanischer Tuff gefunden werden.

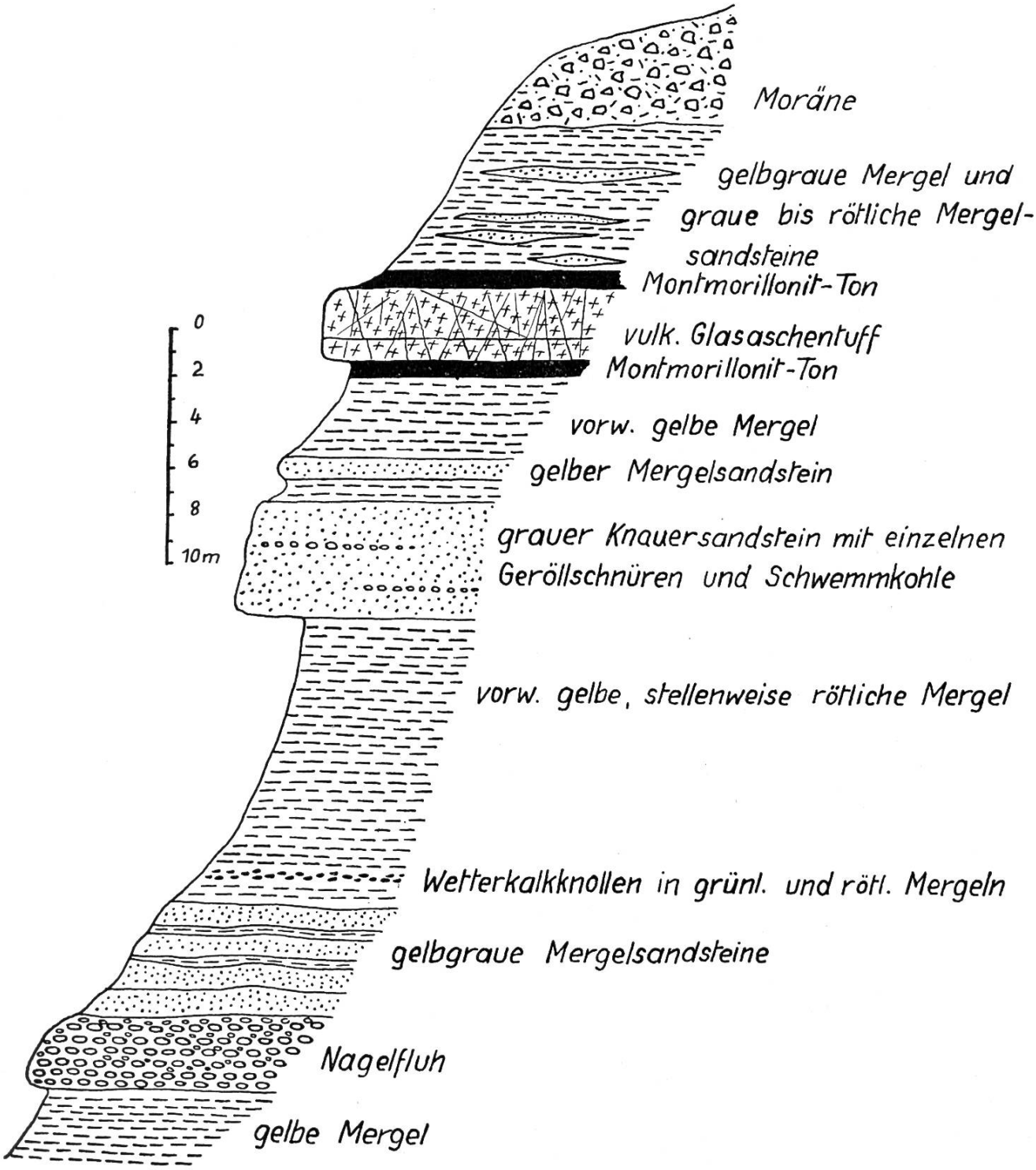

Fig. 1
Profil durch das Vorkommen von vulkanischem Tuff am linken Thursteilhang, in der Rengishalden, 2,5 km WSW Bischofszell

In seiner petrographischen Ausbildung weicht dieses Tuffvorkommen sehr stark von jenen des Hegaus ab. Es handelt sich um feine, teils bimssteinartige, reine Tuffgesteine, teils um solche, die mit Molassematerial vermischtes und verschwemmtes Material enthalten. Die Tuffe enthalten keinerlei Auswürflinge tieferer Schichten, auch keine Lapilli. Sie sind das Resultat von Aschenregen, die nur feines vulkanisches Material förderten.

Die Tuffschicht wird über- und unterlagert von bis 60 cm mächtigen Lagen von reinem **Montmorillonit** als Zersetzungsprodukt der glasigen Asche. Dieser Montmorillonit wurde in verdankenswerter Weise von Herrn Prof. Dr. E. BRANDENBERGER, Zürich, durch röntgenographische Untersuchung als solcher erkannt. Eine eingehende mineralogisch-petrographische Untersuchung des Montmorillonits wird gemeinsam mit meinen Studienkollegen E. GEIGER und W. SCHWARZACHER (Mineralogisch-Petrographisches Institut ETH Zürich) ausgeführt (Lit. 44).

Die petrographische Untersuchung der Tuffe ergab folgendes Resultat:

Die festen, bimssteinartigen, grünlichen bis weißen Tuffe sind ziemlich weiche Gesteine. Im Dünnschliff zeigen sie folgendes Bild:

Die überwiegende Hauptmasse ist aus feinen vulkanischen Glassplittern (mit Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen) zusammengesetzt, die vollkommen isotrop sind. Das Bindemittel dieser Glasasche ist montmorillonitisches Zersetzungsprodukt (röntgenographische Bestimmung durch Herrn Prof. Dr. E. Brandenberger).

In dieser überwiegenden Grundmasse sind vereinzelte Mineralkörner eingestreut, die sich sowohl im Schliff wie besonders auch im nichtfraktionierten Körnerpräparat bestimmen lassen als:

Sanidin: frisch, nicht selten, zum Teil Mikroklin. Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse.

Plagioklas: frisch, häufig. Oligoklas-Andesin. Bei zu beobachtender Zonarstruktur Kern Andesin, Rand Oligoklas. Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse.

Biotit: idiomorphe sechseckige Plättchen, sehr häufig. Pleochroismus grünbraun/schwarz.

Hornblende: grün, selten.

Zirkon: selten.

Daneben fand ich äußerst selten idiomorphe Quarze mit Resorptionserscheinungen.

Eingeschwemmtes Molassematerial (Quarzsand- und Kalkkörner, Muskowit) ist in den Tuffen nur in eingelagerten sandigen Partien häufiger. Sie deuten auf lokale Verschwemmungen, da ja die Aschen zwischen Flußarmen zur Ablagerung gelangten.

Beim Schlämmen des Montmorillonits bleibt ebenfalls ein geringer Rückstand von Mineralkörnern, die mit jenen der festen Aschentuffe identisch sind.

Schweremineralfraktionen der Körner zeigen folgende Zusammensetzung:

Zirkon: häufig; prachtvoll idiomorph langprismatisch.
Hornblende: grün, selten.
Augit: Hypersten, selten.
Turmalin: selten.
Biotit.
Granat.

Diese Mineralien dürften zum Teil (Zirkon, Turmalin, Granat) aus Molassematerial eingeschwemmt sein.

Auf Klüften des festen Montmorillonit-Tons finden sich stellenweise 1 mm dicke Chloriteinlagerungen.

Die liegende Montmorillonitschicht lagert mit scharfer Grenze auf Molassemergeln und wird ihrerseits wieder mit scharfer Grenze von den festen Glasaschentuffen überlagert. Diese Tatsache kann erklärt werden, wenn man zwei Eruptionsphasen annimmt. Die von einer ersten Eruption geförderten Aschen wurden unter dem Einfluß subtropischer, festländischer Verwitterung rasch zersetzt und in Montmorillonit-Ton umgewandelt. Sie wurden von einer etwas stärkeren, zweiten Eruption mit frischer Asche zugedeckt, die ihrerseits von oben her erneut angewittert wurde, was zur Bildung der hangenden Montmorillonitschicht führte. Das Ganze wurde nachher von Mergeln einsedimentiert. Die obere Tonschicht ist gegen die Mergel nicht mehr so scharf abgegrenzt und mit Kalk infiziert, während der Tuff selbst und die liegende Tonschicht sehr kalkarm sind.

Die Annahme zweier kurzfristig aufeinanderfolgender Eruptionsphasen stimmt mit Hegau und Schienerberg gut überein.

Welchem Magma die Tuffe von Bischofszell entsprechen, kann nicht genau gesagt werden. Die in ihnen enthaltenen Mineralien erlauben aber den Schluß auf eine relativ saure Zusammensetzung von andesitisch-dazitischem Typus. Auch die Montmorillonit-Tone lassen diesen Schluß zu, indem diese bei andern bekannten Vorkommen (Wyoming, Ponza) aus ähnlichen Gesteinen hervorgegangen sind.

Das Auftreten der genannten vulkanischen Erscheinungen im Zusammenhang mit der Sedimentation des Miozäns des Bodenseegebietes wird im folgenden näher untersucht werden.

2. Verkieselungserscheinungen

Von großem Interesse ist die Tatsache, daß auch in den miozänen Schichten meines Untersuchungsgebietes Verkieselungserscheinungen auftreten, wenn auch nicht in der Häufigkeit wie jene im Burdigalien von St.Gallen, die in einer gemeinsamen Publikation mit meinem Kollegen U. Büchi (Lit. 7) beschrieben wurden. Ich möchte auch für die Verkieselungen in der Obern Süßwassermolasse am ehesten eine thermale Entstehung annehmen, da sie hier in genau derselben Art auftreten und zudem, wie im nächsten Kapitel noch genauer zu untersuchen sein wird, stratigraphisch in einem ziemlich beschränkten Niveau zur Zeit des Vulkanismus auftreten.

a) Kohlig-kieselige Gesteine

Im Kohlenlager an der Glatt bei Löchli (E Niederuzwil) finden sich in der Pechkohlenschicht vereinzelte unregelmäßige Einlagerungen kohlig-kieseligen Gesteins, das im Dünnschliff die genau gleichen Strukturen aufweist wie die Gesteine des Burdigalien (Lit.7) und ebenfalls ausschließlich aus Quarz und kohliger Substanz besteht. Demzufolge kann dafür auch nur eine gleiche Entstehung angenommen werden.

b) Verkieselte Hölzer

Bisher konnte ich nur an zwei Stellen verkieselte Hölzer finden:

In der Knauersandstein-Basiszone der mächtigen Nagelfluhbank unter der Ruine Ramschwag fand ich ein etwas plattgedrücktes Stämmchen von etwa 10 cm Durchmesser, dessen Rindenpartie wie bei den Funden im Burdigalien aus nichtverkieselter Kohle besteht, während der ganze eigentliche Stammteil aus feinsten, losen, zweispitzigen Quarzkriställchen (etwa 0,1 mm) und bräunlichem, kohligem Material aufgebaut ist und einen eindeutig monokotylen Bau erkennen läßt. Es dürfte sich bei diesem Fund um eine Palme handeln. Eine genaue Bestimmung ist nicht möglich. Auch hier ist eine Verkieselung von innen nach außen anzunehmen.

Der zweite Fund stammt aus einer Knauersandsteinbank, die im Brandentobel, etwa 600 m WNW Neukirch an der Thur, auf der linken Tobelseite ansteht (Koord. 729980/264050). Es handelt sich hier um ein lockeres, nur innen verkieseltes Schwemmkohlenstück,

wobei die schwache Verkieselung auch hier nur zur Ausbildung idiomorpher, zweispitziger Quarzkriställchen führte, die bis 0,5 mm Länge erreichen und eine sandige Masse bilden. Es läßt sich ebenfalls eine, wenn auch nicht so deutliche, monokotyle Struktur feststellen.

Im weitern habe ich auch außerhalb meines Gebietes in der Obern Süßwassermolasse kieselige Gesteine vom Typus Löchli-Uzwil festgestellt: in den Kohlengruben Riedhof und Käpfnach (Kanton Zürich). Das Kieselgestein tritt dort ebenfalls nur sehr spärlich als Einlagerung in der Kohle auf.

D. DER ABLAUF DES GEOLOGISCHEN GESCHEHENS ZUR ZEIT DER ABLAGERUNG DES POSTMARINEN MIOZÄNS IM BODENSEEGEBIET

1. Der schichtmäßige Aufbau des Untersuchungsgebietes

Ich behandle hier zunächst nur den rein lithologischen Aufbau, doch muß stellenweise zum besseren Verständnis bereits auf tektonische Erscheinungen hingewiesen werden.

a) Das Tannenberg-Sitter-Bodensee-Gebiet

In dieser östlichen Zone beherrscht die Fazies der gelben Mergel das Bild der Obern Süßwassermolasse. Nagelfluhhorizonte sind seltener und fehlen im E ganz, zeigen aber dort, wo sie auftreten, eine große Durchgängigkeit.

In der Gegend von St.Gallen treten die tiefsten Schichtkomplexe meines Gebietes auf, die, auf der Obern Marinen Molasse auflagernd, mit dem Niveau des «Appenzeller Granits» ihren obern Abschluß finden und der NW-fallenden, aufgerichteten mittelländischen Molasse angehören. Der «Appenzeller Granit» keilt bekanntlich östlich Abtwil aus und erreicht das Tiefenbachtobel nicht mehr. Dieser merkwürdige und einmalige Horizont wurde in seiner ganzen Ausdehnung bis zum Zürichsee neuerdings von meinen Kollegen U. Büchi und G. Welti näher untersucht (Lit. 11), weshalb ich nicht weiter darauf eingehen möchte. Er tritt in meinem Gebiet nur noch in seinem östlichsten Ende auf und gelangt weiter nördlich nirgends zu einem erneuten Ausbiß. Er liegt nicht, wie von uns in Lit. 9 angenommen, im ungefähren Niveau des vulkanischen

Blockhorizontes, sondern etwa 130 m tiefer. Zwischen seiner niveaumäßigen östlichen Fortsetzung und dem Blockhorizont liegt eine Nagelfluhbank, die nördlich St.Josefen (NW St.Gallen) nach dem Tiefenbachtobel zieht und von dort über Ebnat weiter nach NE zur Sitter, die sie bei Joosrüti (N St.Gallen) quert; sie findet ihr östlichstes Ende in einem Konglomerathorizont SW Holz, P. 737,3 am Rosenberg. Das Niveau des «Appenzeller Granits» ist in den gelben Mergeln unter der genannten Nagelfluh anzunehmen (etwa 40 m tiefer). Nach Konstruktion würde es bei Au die Sitter queren, zum Waldgut hinauf und über Rotmonten nach Heiligkreuz ziehen, weiter über Espen und in den wenig geneigten Schichten des Galgentobels S Obertobel unter das Niveau der Steinach tauchen. Die Schichten des Goldachtobels und jene am Höchster Wald liegen ganz innerhalb des tiefsten Komplexes unter dem «Appenzeller Granit» und bauen auch den ganzen westlichen Rosenberg auf.

Etwa 40 m unter dem Niveau des «Appenzeller Granits» liegt die Nagelfluhbank, die über St.Josefen das Tiefenbachtobel erreicht, dann über P. 640,3 im nördlichen Steilhang der Sitter langsam zum Fluß hinunterzieht und diesen knapp 1 km unterhalb des Hätternsteges quert. Sie ist nicht weiter nach E verfolgbar.

Im Südhang des westlichen Rosenberggebietes zieht sich eine weitere Nagelfluhbank durch, die sehr wahrscheinlich in den Knauersandsteinen der Laimatstraße ihr östliches Äquivalent findet.

Eine einzige Geröllschüttung erreicht das Goldachgebiet in Form von Geröllhorizonten bis 50 cm Mächtigkeit, eingelagert in Knauersandstein auf K. 580 E Schönau an der Oberkante des linken Tobelhanges (1 ½ km SE Mörschwil). Im Steinachtobel findet sich nirgends mehr Nagelfluh.

Alle übrigen Nagelfluhvorkommnisse dieser tiefsten Zone reichen kaum über die Sitter nach Osten und erlangen erst im W, im Untersuchungsgebiet von U. Büchi (Lit. 6), bedeutendere Entwicklung. Im übrigen verweise ich auf Kartenbeilagen und Profile.

Über dem Niveau des «Appenzeller Granites» liegen in diesem östlichen Gebiet nur noch zwei Nagelfluhbänke von Bedeutung (abgesehen von der erwähnten Bank von Joosrüti). Es sind dies die Nagelfluhbank unmittelbar über dem vulkanischen Blockhorizont und eine Konglomeratschüttung, die etwa 70 m über dem Block-

horizont liegt. Die erstgenannte Nagelfluhbank zieht von der Blockfundstelle Tiefenbachtobel, wie bereits in Lit. 9 erwähnt, über Teller/Strick zur Sitter, die sie bei Säge/Erlenholz quert. Sie zieht am Rosenberg, teilweise unter Schutt bedeckt, zum Katzenstrebel (N St.Gallen-Rotmonten) hinauf, erreicht aber die Steinach nicht mehr. Nachdem sie im Erlenholz mit 8° NW-Fallen unter das Sitterniveau getaucht ist, erscheint sie zwischen Bernhardzell und Rabenstein wieder, wird aber weiter nördlich mit dem sie unterlagernden Blockniveau endgültig unter das Sitter-Flußbett versetzt (siehe Kapitel Tektonik).

Der zweitgenannte Nagelfluhhorizont begleitet diese erste Schüttung, tritt aber wegen der stratigraphisch um rund 60 bis 70 m höhern Lage an viel mehr Stellen an die Oberfläche. Im Tiefenbachtobel nur als Geröllschnur in Knauersandstein vorhanden, tritt er erst wieder in den beiden Tobeln westlich Erlenholz in geringer Mächtigkeit auf. Er zeigt im östlichen Sittergebiet zum Teil ausschließlich Knauersandsteincharakter und ist als solcher mit vereinzelten Geröllen etwa auf K. 580 m in einer Mächtigkeit von rund 5 m vom Hang W Erlenholz an auf dem linken Sitterufer aufgeschlossen. Im Rötistobel (E Enge) erhält er lokal wieder Nagelfluhcharakter, fällt aber dann wieder als Knauersandstein in einer leichten Verbiegung zur Waldburg an der Sitter hinunter. E der Sitter findet sich der Horizont als dünne Konglomeratbank, begleitet von Knauersandstein, am Hang W Oberlöhren, K. 570 m, weiter nördlich, östlich der Wannenbrücke, wieder als leicht NW-fallender Knauersandstein. Am Rosenberg entspricht die 3 m mächtige Nagelfluhbank unter P. 728,9 im Bruggwald unserm Niveau, das SE davon, auf K. 790 m, nur noch als 0,5 m mächtige Geröllbank erscheint und von P. 728,9 noch etwa 600 m rasch abklingend nach E verfolgbar ist.

Im nördlichen Sitter-Tannenberg-Gebiet treten tektonische Störungen auf, in Form von Brüchen und Verbiegungen, auf die erst im Kapitel Tektonik näher eingegangen wird. Da unter dem Nagelfluhniveau im Gebiete von Bernhardzell-Ramschwag-Waldkirch nirgends der vulkanische Blockhorizont gefunden werden konnte, andrerseits aber sich Brüche direkt beobachten lassen, kann es sich nur um die höhere Konglomeratbank handeln. Sie stellt sich zwischen Bernhardzell und Rabenstein auch prompt über der dort wieder auftauchenden Nagelfluh von Erlenholz (über dem vul-

kanischen Niveau liegend) ein, und zwar als typische Nagelfluh, die, versetzt, in jener unter der Ruine Ramschwag (8 km NW St.Gallen) ihre Fortsetzung findet und dort eine Mächtigkeit von gegen 30 m erreicht. Auf Grund ihrer dort mächtigsten Entwicklung bezeichne ich diese Schüttung in der Folge als «Ramschwag-Nagelfluh». Auch die mächtige Nagelfluhschichtplatte, die den Nordfuß des Tannenberges östlich und westlich von Waldkirch bildet, ist identisch mit jener der Ramschwag, ebenso die nur wenig mit Diluvium überdeckte horizontal gelagerte Nagelfluhplatte, die nördlich und westlich Waldkirch oft unmittelbar unter dem Rasen ansteht und die die Fortsetzung der Waldkircher Schichtplatte bildet. Die Mächtigkeit beträgt in dieser Gegend selten über 5 m.

Am Südabhang des Tannenberges, westlich des Tiefenbachtobels, ist die Fortsetzung der Ramschwag-Nagelfluh in den Konglomeraten S Sonnenberg K. 750 m zu suchen (5 m mächtig), während die mächtige Doppelbank hinter dem Scheibenstand Abtwil, stratigraphisch etwa 70 m tiefer, derjenigen von Erlenholz gleichzusetzen ist.

Mächtige Moränenmassen bedecken den SW-Tannenberg, doch glaube ich, die Nagelfluhkomplexe am Kellenbach und bei Sankt Margrethen (S Andwil) als Fortsetzung der Ramschwag-Nagelfluh deuten zu müssen. Bei St.Margrethen liegen drei Bänke zu einem Komplex von gegen 20 m vereinigt (K. 670–690 m).

Das einzige Verbindungsglied zur Schichtplatte von Waldkirch, die N Oberarnegg den westlichsten Aufschluß zeigt, bildet auf der Westseite des Tannenberggebietes ein Nagelfluhvorkommen E Geretschwil auf K. 670 m (1 km S Arnegg).

Im Abhang gegen die Bodensee-Ebene von Arbon tritt Molasse in den Tobeln zwischen Roggwil und Obersteinach wieder auf. Es findet sich dort eine leicht gegen den See fallende, gelblichgraue Knauersandsteinschicht von etwa 5 m Mächtigkeit, die besonders im Tobel SW Roggwil mit konglomeratischen Zwischenlagen und mit Einlagerungen zinnober- und karminroter Mergel aufgeschlossen ist (K. 470–480 m) und die auch N Baumühle (SE Roggwil, K. 460 m) und im Bach östlich davon wieder auftritt. Sie dürfte im Tobel Berg-Landquart (SSW Arbon) in konglomeratischen Knauersandsteinhorizonten auf K. 460 m (linke Seite) und K. 440 m (rechtes Seitenbächlein) ihre Fortsetzung finden. Diesen Sandsteinhorizont glaube ich als die östlichste Fortsetzung der Ramschwag-

Nagelfluh betrachten zu dürfen, da einerseits an der Basis nirgends Andeutungen eines Blockhorizontes zu finden sind, andrerseits dieser wegen des zu beobachtenden Fallens tiefer liegen muß und nur noch die Ramschwag-Schüttung im Tannenberg-Bodensee-Gebiet eine Bedeutung erreicht.

Damit haben wir in dieser Ramschwag-Nagelfluhzone eine Schüttungsphase ausgedehnter, im ganzen östlichen Untersuchungsgebiet einmaliger Reichweite festgestellt, deren Wichtigkeit wir erst nach der Behandlung der Verhältnisse am Nollen erkennen werden. Über den nähern Verlauf dieser Geröllschüttung kann gesagt werden, daß sie ihre Hauptrichtung in der Linie Goßau-Ramschwag besitzt, wo wir zufolge der dort sprunghaft anschwellenden Mächtigkeit die Hauptflußrichtung annehmen müssen, während SW davon nur noch kleinere Nebenrinnen vereinzelt Geröll lieferten (Engelburg-Rosenberg) und im E vorwiegend Sand zur Ablagerung kam.

Die großen gelben Mergel-Sandstein-Komplexe über dem Niveau des «Appenzeller Granits» unterscheiden sich nicht von jenen der darunter liegenden Schichten. In der Mergelgrube der Ziegelei Bruggwald (NE St.Gallen) ist, noch unter dem Blockhorizont liegend, ein stromrinnenartig gelagerter Sandstein besonderer Ausbildung erschlossen. Es handelt sich um teils massige, teils feingeplattete, weißliche und sehr harte Sandsteine, in denen in feinen Lagen Schweremineralien, zur Hauptsache Granat und Magnetit, angereichert sind. Im Dünnschliff finden sich darin auch nicht selten Foraminiferen, vorwiegend Globigerinen, die ebenso wie der in vielen Sandsteinen des fluvioterrestrischen Miozäns (und auch der übrigen Molasse) auftretende Glaukonit natürlich eingeschwemmt sind.

Über der Ramschwag-Nagelfluh finden sich einzig am eigentlichen Tannenberg noch Molasseschichten von größerer Mächtigkeit, während in der Molassestufe von Roggwil-Obersteinach nur noch wenige Meter davon erhalten sind. Nördlich des Tannenberges sind sie gänzlich erodiert. Am Tannenberg selbst aber bilden sie, gewissermaßen als Insel von der Erosion wenig berührt, einen Komplex von höchstens 300 m Mächtigkeit, überlagert von den bekannten Deckenschottern von Hohentannen/Grimm, Tannerwald und Etschberg. Darin liegt eine einzelne Nagelfluhschicht sehr lokaler Ausdehnung bei Beuzenhaus N St.Josefen. Vereinzelt finden

sich wenig mächtige Bänke grauer, feinkonglomeratischer Sandsteine, besonders im obersten Rötistobel (östlicher Tannenberg). Gelbe weiche Mergelsandsteine erreichen stellenweise bedeutendere Mächtigkeit, so z. B. über der Ramschwag-Nagelfluh W Engelburg und im östlichen Bernhardzeller Wald. Ferner liegen in diesem Komplex die bereits erwähnten Fossilfundstellen P. 817 im Bernhardzeller Wald, im Leittobel (Kalkalgen) und bei Unterstädeli (Kalkalgen). Die Schnegglisande des Rötistobels und W Erlenholz liegen innerhalb des Ramschwag-Knauersandsteins, jene im Pelagibergtobel wenig unter diesem Niveau, während die Fossilfundstelle Katzenstrebel wenige Meter über der Erlenholznagelfluh liegt. Allgemein gesagt, liegen also alle diese Fossilhorizonte am Tannenberg nicht in bestimmten stratigraphischen Niveaus.

b) Das Nollen-Heid-Gebiet

Zu diesem zusammenhängenden Molassegebiet mit größeren zugänglichen Mächtigkeiten und verfolgbaren Horizonten rechne ich das ganze reichgegliederte und aussichtsreiche Hügelland, das sich in markanter Weise innerhalb der Ortschaften Wil, Zuzwil, Zuckenriet, Neukirch an der Thur, Mettlen, Märwil, Tobel und Bettwiesen ausdehnt und dessen Haupterhebungen Gabris, Nollen, Heid und Braunauer Berg darstellen. Nach S wird es durch einen auffallenden, geradlinig verlaufenden Steilabsturz gegen das Plateau von Lenggenwil-Niederhelfenschwil begrenzt, in Form einer bedeutenden tektonischen Verwerfungslinie, während es nach N langsam gegen das weite thurgauische Thurtal absinkt. Zahlreiche größere und kleinere Tobel geben einen Einblick in den Aufbau dieser Landschaft.

Die besten und vollständigsten Profile vermitteln die Tobel auf der Südseite des eigentlichen Nollen, während im N wegen des tektonischen Abfallens der Schichten nur noch die höhern Partien zum Ausbiß gelangen. Von der Südseite des Nollen ausgehend, können wir versuchen, die Zusammenhänge mit den übrigen Teilen zu erfahren.

Durch das Tobel von Röhrlibad-Leimatholz (zwischen Zuzwil und Zuckenriet) zum Nollen aufsteigend, durchqueren wir folgendes Profil, das für dieses Gebiet als Normalprofil gelten kann:

Es beginnt etwa auf K. 580 m mit einer Knauersandsteinbank, die auf 2 m Mächtigkeit aufgeschlossen ist.

Darüber folgen 7 m gelb-grau gefleckte, normale Mergel mit grauen Sandsteinlagen, gefolgt von 2 m grauen, helizidenführenden Mergeln und 6 m vorwiegend gelben Mergeln, die eingelagert graugrüne Mergel und graue Mergelsandsteine enthalten.

Über diesen Mergelkomplex lagert sich eine Schüttungsbank von 8 m Mächtigkeit, wobei die untern 2 m aus Nagelfluh, die obern 6 m aus Knauersandstein mit einzelnen Geröllschnüren bestehen.

Es folgen 6 m gelbe, seltener grüne Mergel mit Sandsteinlagen, dann 1 m grauer, feinsandiger Helizidenmergel, darüber zirka 20 m gelbgraue Mergel mit Mergelsandsteinbänken. Im obern Teil schaltet sich erneut eine dünne, graue Helizidenmergelschicht ein.

Darüber liegt eine gegen 10 m mächtige Zone von Knauersandstein mit Nagelfluhlagen. Bei dieser Bank fällt sofort die grünliche Färbung auf, während sonst die Knauersandsteine des Nollen dunkelgrau sind. Auch die Nagelfluhpartien zeigen absonderliches Verhalten: sie enthalten einen hohen Prozentsatz von vorwiegend grünen Diabasgeröllen, seltener von Gabbros und andern Grüngesteinen in typischer Plattaausbildung. Dieser Horizont und seine Bedeutung sollen weiter unten eingehend besprochen werden. Er liegt hier etwa auf K. 620 m.

Nach oben folgt eine 5 bis 10 m mächtige gelb-grau gefleckte Mergel- und Mergelsandsteinzone.

Darüber schließt auf K. 630 bis 650 m eine mächtige Nagelfluhschüttung mit einem Wasserfall das Tobel ab. Sie weist Knauersandsteinpartien auf und führt wenig Schwemmholz.

Von der Oberkante dieser Nagelfluhbank an (K. 650 m) bildet das Terrain eine flache Stufe, die nicht aufgeschlossen ist, aber wohl einer Mergelzone entsprechen dürfte. Unter P. 691,3 m (Schauben) folgt aber bereits von K. 665 m an Nagelfluh, und der ganze obere Aufbau des Nollen besteht von hier weg aus einer mächtigen Zone von übereinanderliegenden Konglomeratbänken, die in verschiedenen Aufschlüssen sichtbar sicher bis in eine Höhe von 720 m gehen. Die erwähnte, unterlagernde Mergelzone besitzt nur lokale Ausdehnung. Am Leuberg und Gabris ist sie durch Nagelfluh ersetzt, ebenso auf der Nordseite des Nollen. Die Mergellagen erreichen hier nur noch unbedeutende Mächtigkeit, so daß wir die Zone der auffälligen Geröllschüttung mit der Nagelfluh auf K. 630 m beginnen lassen können.

Damit ergibt sich für den Nollen eine untere Zone mit bedeutendem Mergelanteil und einigen Geröllschüttungen, die aber nie durchziehen, sondern Rinnencharakter haben und meist schon wesentliche Knauersandsteinausbildung zeigen, was auf eine relativ geringe Schüttungsintensität hinweist. Die auf K. 630 m darüberliegende obere Stufe ist eine Schichtfolge mächtiger Konglomeratschüttungen, die nur unten und lokal noch einzelne Mergelkomplexe enthält. Sie liegt fast deckenschotterartig über dem mergelreichen Sockel und zeigt als auffälliges Merkmal eine schlechte, stellenweise gänzlich fehlende Verkittung der Gerölle (Gabris),

wohl als Folge einer nachträglich nicht mehr starken Überlagerung durch höhere Molasseschichten. Ihre Mächtigkeit beträgt hier an die 100 m.

Die erwähnte grüne Knauersandsteinschicht mit diabasreichen Nagelfluhzonen ist auch im Tobel zwischen Röhrlibad und Gruben in gleicher Ausbildung aufgeschlossen; weiter östlich am Gabris fehlen jedoch Aufschlüsse. Im Tobel W Röhrlibad (Röhrlibadwald) besitzt die entsprechende Schicht bereits wieder reinen Nagelfluhcharakter, doch fallen auch hier die grünen Diabasgerölle auf, wobei stärkere Schüttung aber auch viel anderes Material lieferte. Es ist vermutlich sogar anzunehmen, daß diese stärkere Schüttung hier bereits einer zweiten Phase entspricht, die zu teilweiser Erosion der vorausgehenden Ablagerung ophiolithischen Materials geführt hatte. Die typische, auffallend grüne Ausbildung ist denn auch weiter im W nirgends mehr zu sehen.

Dagegen findet sich im Itobel (S Mettlen), besonders gut auf einer Strecke von etwa 300 m vom kleinen Brücklein an aufwärts aufgeschlossen, über das der Weg von Schönholzerswilen nach Rohren führt, ein Komplex von etwa 8 m Mächtigkeit, in dem rund 1 m mächtige, grüne Sandsteinbänke mit rötlichen, kalkigen Mergeln wechsellagern. Gerölle fehlen hier gänzlich.

Diese grünen Sandsteine des Itobels sind petrographisch vollkommen identisch mit den grünen Knauersandsteinen am Südhang des Nollen, die lediglich eine etwas gröbere Ausbildung haben. Im Itobel befinden wir uns bereits im nordauskeilenden Teil dieser Schüttung, und es besteht kein Zweifel, daß wir es mit ein und derselben Schicht zu tun haben.

Im Dünnschliff zeigen diese grünen Sandsteine folgendes Bild:

Quarzkörner sind häufig, aber nicht vorherrschend.

Als auffallenden, häufigen Gemengteil finden sich schmutzig-gelbgrüne Körner von Serpentin, in denen man oft noch stark zersetzte Olivine erkennt.

Selten bemerkt man ziemlich frischen Orthoklas, spärlicher noch Plagioklas (Andesin/Labrador).

Daneben findet man sehr vereinzelt Hornblende und Augit (gerade auslöschend).

Bräunliche und grünliche Varietäten von Biotit treten ebenfalls auf.

In die Schweremineralfraktion gingen Erz, seltene Hornblende und etwas häufiger Augit in Pigeonitausbildung.

Eine Geröllzählung in der Basiszone der ophiolithischen Nagelfluh im Tobel von Röhrlibad ergab folgendes Bild:

		Anzahl	%	
Roter Granit		4	2	
Grüner Granit		1	+	
Quarzporphyr		2	1	
Diabas	Basische Effusiva	36	18	25 %
Gabbro	Basische Effusiva	10	5	25 %
Ophikalzit	Basische Effusiva	4	2	25 %
Sandkalke		4	2	
Gelbe Flyschkalke und Sandkalke		6	3	
Kieselkalke		2	1	
Kalke, hell		10	5	
Kalke, dunkel		24	12	
Kalke im allgemeinen		30	15	
Dolomit		50	25	
Verrucano und Buntsandstein		8	4	
Radiolarit		2	1	
Quarze und Quarzite		6	3	
Molassesandstein		1	+	
	Summe total	200	100	

Der hohe Gehalt von 25 % basischen Effusiva ist einmalig. In den gewöhnlichen höhern miozänen Konglomeraten erreichen sie nie mehr als 3 % (siehe GEIGER, Lit. 29), aber doch mehr als in den Nagelfluhen der tiefern Molassekomplexe (LUDWIG, Lit. 64).

Die in der Nagelfluh enthaltenen Gabbros sind stark zersetzte Diallag-Gabbros vom Marmorera-Typus.

Die grünen Sandsteine stehen ohne Zweifel mit der ophiolithführenden Nagelfluh in engstem Zusammenhang. Ihre direkte Verknüpfung damit läßt den Gedanken, daß ihr Material basischen vulkanischen Eruptionen entstammen könnte, als unwahrscheinlich erscheinen, trotzdem diese Schicht wenig postvulkanisch entstand. Auch die sehr starke Serpentinisierung der Olivine spricht dagegen.

Daß die Sandsteine offenbar vorwiegend Serpentinmaterial enthalten, während die Nagelfluh Diabase und Gabbros führt, ist davon herzuleiten, daß im Herkunftsgebiet Diabase, Gabbros und Serpentine vorkommen, die Serpentine jedoch als Gerölle viel weniger transportresistent sind und zerfielen, während die Gabbros, vor allem aber die relativ harten Diabase, in Geröllform transportiert wurden.

Die ophiolithischen Sandsteine treten in diesem Knauersandsteinhorizont auf der Südseite des Nollen speziell in den untern

Partien auf, während sie nach oben in gewöhnlichen Knauersandstein übergehen. Ebenso entsprechen die obern Geröllschnüre eher gewöhnlicher Nagelfluh.

Diese einmalige ophiolithische Schüttung entspricht tektonischen Bewegungen in den Alpen, die zu einer plötzlichen starken Erosion von Gesteinen der Plattadecke führten. Man kann diesen auffälligen Horizont in seiner Einmaligkeit mit dem «Appenzeller Granit» vergleichen. Die Tatsache, daß diese ophiolithische Schüttung wenig über dem vulkanischen Niveau liegt (siehe weiter unten), läßt vermuten, daß sie wohl mit tektonischen Bewegungen im Zusammenhang stehen dürfte, die während und nach den vulkanischen Eruptionen besonders stark waren und diese auch verursachten.

Ausgedehnte geröllstatistische Untersuchungen im ganzen behandelten Gebiet waren aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Sie mögen spätern Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ich konnte die ophiolithischen Sandsteine noch an folgenden Stellen finden:

Im Brandentobel W Neukirch an der Thur findet sich ein 3 m mächtiger Komplex grüner Ophiolithsandsteine mit roten Mergeln wechsellagernd wie im Itobel. Er läßt sich besonders auf der linken Tobelseite verfolgen und liegt etwa 3 m unter der Nagelfluhbank, die den Bach auf K. 585 m quert.

Er tritt ebenfalls im Tobel von Wieden auf, das parallel zum Brandentobel etwa 300 m NW von diesem verläuft. Er quert das Tobel hier auf K. 555 m, während höhere Schichten nicht mehr aufgeschlossen sind.

Diese auf größere Distanz durchziehende, einmalige und leicht erkennbare Schicht stellt natürlich einen stratigraphischen und tektonischen Leithorizont ersten Ranges dar. Ich möchte hier nochmals festhalten, daß er stratigraphisch etwa 10 m tiefer liegt als der Beginn der großen Konglomeratstufe am Nollen, die hier mit K. 630 m an seiner Südseite beginnt.

Die obern, mächtigsten Nagelfluhbänke der großen Konglomeratstufe sind nur noch in den höchsten Partien des Nollen und Gabris, im W an der Heid, am Braunauer Berg, Nieselberg (E Wil) und Wiler Hofberg (N Wil) erhalten.

Betrachten wir zunächst das gegen N abfallende Gelände nordöstlich des Nollen, auf dem die Dörfer Heiligkreuz, Neukirch und

Schönholzerswilen liegen. In diesem Gebiet zeigt sich ein allgemeines, nach N gerichtetes, schwaches Schichtfallen. Es ist gegenüber dem Nollen und der Heid schief nach N abgekippt und zudem im E durch eine Verwerfungslinie gegen das Plateau von Entetswil-Schweizersholz (NW Bischofszell) abgetrennt (Näheres siehe Kapitel Tektonik).

Im östlichen und nördlichen Teil dieses Gebietes schalten sich zwischen die über dem Ophiolithhorizont liegenden Konglomeratbänke vermehrt Mergelhorizonte ein. Die Nagelfluhschichten selbst gehen gegen N teilweise in reine Knauersandsteinhorizonte über, dies vor allem in nordöstlicher Richtung. Die zweite, über dem Ophiolithhorizont liegende, im Itobel auf eine Distanz von 2 km verfolgbare Schüttung ist vorwiegend als Knauersandstein ausgebildet. Dieser Sandstein quert den Bach zwischen Nollenberg und Vorreuti und führt stellenweise große Schwemmkohlenstücke. Unter dem Ophiolithhorizont finden sich nur noch Knauersandsteinbänke, aufgeschlossen im Brandentobel (mit verkieseltem Holz) und im Tobel von Forhaaden.

Südlich Mettlen ist die unterste Nagelfluh der Konglomeratstufe lokal ausgekeilt. Dort findet sich ein größerer Mergelkomplex, der gegenwärtig südlich der Straßenkurve P. 513 (Mettlen-Hagenwil) ausgebeutet wird. Die Nagelfluh erscheint jedoch im westlichen Einzugsgebiet des Walderbaches wieder, während der Knauersandsteinhorizont des Itobels hier der Nagelfluh des Burgstockes entspricht.

Im E, in den Tobeln zwischen Heiligkreuz und Neukirch, ist der Beginn der Konglomeratstufe in der untersten, dort vorhandenen Nagelfluh zu suchen.

Die Verhältnisse westlich und nordwestlich des Nollen sind wegen des Fehlens eines typischen Leithorizontes schwieriger zu deuten.

Bis zu einer nördlichen Linie Bronschhofen-Braunau-Toos läßt sich auf Grund verfolgbarer Nagelfluhschichten horizontale Schichtlagerung feststellen. Der Beginn der Konglomeratstufe ist also hier wie am Nollen auf etwa K. 630 m zu suchen. Auf dieser Höhe zieht sich auf der Südseite des langen Hügelzuges der Heid eine Nagelfluhbank durch, die z. B. nördlich Wuppenau in einer Kiesgrube erschlossen ist. Sie bildet nördlich des Hasenlooweihers eine horizontale Schichtplatte und tritt auch auf der Westseite der Heid, im Tälchen S Ürental, wieder in Kiesgruben auf. Am Ost-

ende des Heidzuges tritt bereits leicht nördlich gerichtetes Fallen auf. Die Fortsetzung unseres Horizontes wäre hier in der Nagelfluhbank zu suchen, die über Letten-Habisreuti zieht.

Am Wiler Hofberg und am Nieselberg fehlen Aufschlüsse in der kritischen Zone. Diese beiden Höhenrücken wurden durch den sich hier stauenden Thurgletscher sehr stark mit Moränen bedeckt, so daß gute Aufschlüsse selten sind.

Über dem angenommenen Beginn der Konglomeratstufe liegen an der Heid und am Wiler Hofberg und Nieselberg starke Geröllschüttungen. Durchgehende Profile fehlen vollkommen, doch läßt sich immerhin feststellen, daß sich im untern Teil Mergelkomplexe einschalten, die besonders auf der Nordseite stellenweise mächtiger werden. Nagelfluh herrscht aber vor und ist von 700 m an ausschließliches Schichtglied. An der Heid reicht sie bis auf 774 m hinauf, während der Deckenschotter der Heid (Lit. 118) auf etwa 745 bzw. 770 der offenbar vorher erodierten Molasse aufliegt. Hier wie am Nollen beobachtet man also innerhalb der mächtigen Konglomeratstufe im untern Teil vereinzelte Mergelzonen, während der obere Teil rein konglomeratisch ist. An der Heid war die Schüttungsintensität bereits geringer.

Unter der Konglomeratstufe sind die Nagelfluhbänke hier häufiger, wenn auch Aufschlüsse nur im Tobel von Bronschhofen (Maugwiler Bach) und östlich des Hasenlooweihers auftreten, wo sie aber ebenfalls sehr dürftig sind.

Die Gesamtmächtigkeit der Konglomeratstufe beträgt an der Heid um die 140 m. In ihrer Basiszone ist das bereits erwähnte kleine Kohlenlager im Tinkelmoosholz eingelagert.

Es bleibt uns noch das Gebiet jenseits der Linie Bronschhofen-Braunau-Toos, wo ein nordwestlich gerichtetes Schichtfallen festgestellt werden kann. Die genannte Linie stellt eine tektonische Störung dar. Dieses Gebiet, gegenüber der Heid leicht abgesunken, zeigt auch rein morphologisch ein Absinken gegen die Lauche. Die höchsten Teile der Konglomeratstufe treten als intensive Schüttungen nur noch am Braunauer Berg und NW des Homberges (Bühl-Hohrüti) auf und zeigen auch hier wie an der Heid eine schlechte, stellenweise ganz fehlende Verkittung.

Wir konnten die unterste Nagelfluhbank der Konglomeratstufe NE des Homberges bis Habisreuti verfolgen. Sie zieht von dort über Lauterswil, tritt im Tobel E Nägelishub als Knauersandstein und

im Gassergalenholz wieder als Nagelfluh auf und ist im Hartenauer Tobel am Hungerbühl, P. 576,6, E Tobel, zu suchen. Sie zieht dem Hartenauer Tobelhang entlang nach E und quert den Bach auf etwa K. 580 m, 2 km oberhalb Tobel. In der Gegend von Bettwiesen entspricht sie der Nagelfluhbank, die im Wüeritobel (E Tägerschen) aufgeschlossen ist, ebenso im Fuchsloch. E Bettwiesen zieht diese Schicht auf K. 580 m durch und endet weiter südlich bei Eggwil auf K. 600 m an der genannten Braunauer Verwerfung.

Die Festlegung dieser Nagelfluhzone ist nicht sehr einfach. Sie ist nur möglich unter gleichzeitiger Verfolgung der übrigen Nagelfluhhorizonte, die hier die einzigen, auf große Distanz durchziehenden Schichtglieder darstellen, und unter Berücksichtigung der allgemeinen Mächtigkeitsverhältnisse. Das leichte Schichtfallen erschwert die Horizontfestlegung, und oft müssen konstruktive Methoden zu Hilfe gezogen werden.

Über dieser Schüttung liegen, teilweise lokal auskeilend, weitere Konglomeratbänke, die stellenweise (E Bettwiesen-Schloß, Burgholz-Hartenauer Tobel) Knauersandsteincharakter erhalten. Die Mergelzwischenlagen sind allgemein wenig mächtig und ersetzen vorwiegend die lokal auskeilenden Nagelfluhbänke. In den Mergeln sind gute Aufschlüsse selten. Im Hartenauertobel (W Tobel) verhindern zahlreiche Talsperren die Beobachtung. Unter der Konglomeratstufe liegt bei Tobel ein Knauersandstein, auf dem die Kirche Tobel steht und der auch den Rundhöcker P. 548,3 bildet. Er läßt sich nach E verfolgen und dürfte unter Berücksichtigung des Schichtfallens über Rüti und S Oberlangnau nach Stehrenberg und in die Nagelfluh von Toos ziehen. Von Tobel nach Süden ist diese Schicht nicht verfolgbar.

Darunter liegt eine Nagelfluhbank, die den Hartenauer Bach oberhalb der Strafanstalt Tobel in einer Mächtigkeit von etwa 10 m quert. Die untersten 2 m sind Knauersandstein, führen harte Schwemmkohle und zeigen an der Basis linsenförmige Lagen schwarzer, kohliger Mergel. Diese Nagelfluhbank ist gegen Süden zu bis N Bronschhofen zu beobachten und springt in drei Spornen (Schinenbühl, Roggenbühl und P. 565,8) über die darin eingeschnittene Bahnlinie der Mittelthurgaubahn nach W vor. NE Tobel tritt sie nochmals in der Kiesgrube von Ebnat, S der Bahnlinie zutage. Im Gebiet S und E Märwil sind noch zwei Nagelfluhbänke zu beobachten. Für alle Details verweise ich auf Karte und Profile.

c) Das Plateau von Lenggenwil-Niederhelfenschwil und seine östliche Fortsetzung

Zwischen dem steilen Südabsturz des Nollen und Gabris und der Thur dehnt sich ein ausgedehntes Plateau, vom Thurtal erneut durch eine Steilrampe getrennt. Es klingt W Zuzwil aus, findet aber im NE seine Fortsetzung im Plateau von Hohentannen, N Bischofszell, das vom westlichen Teil durch den Thurdurchbruch getrennt ist. Östlich des Nollengebietes reicht es weiter nach N, bis in die Gegend von Schönenberg an der Thur.

Aufschlüsse finden sich fast ausschließlich nur am Steilhang der Thur und in deren Durchbruch nach N, innerhalb des Plateaus nur S Zuckenriet. Es ist in diesem Gebiet von zahlreichen Drumlins bedeckt.

In diesem Schichtkomplex liegt 2,5 km WSW Bischofszell auf K. 520 m das vulkanische Tuffvorkommen von Rengishalden. Längs der Thur oberhalb Bischofszell zeigen die Schichten horizontale Lage, so daß dieses wichtige stratigraphische Niveau auf K. 520 m nach W auf der ganzen Länge durchgezogen werden kann und als Leithorizont dient.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß von den zwei S Zuckenriet aufgeschlossenen Nagelfluhbänken die untere in der eingegrabenen Bachrinne E Bildstock stellenweise reichlich Diabasgerölle in gleicher Ausbildung wie am Nollen führt. Wir haben es hier wohl ohne Zweifel mit dem gleichen Horizont zu tun. Er liegt hier rund 40 m über dem vulkanischen Horizont. Einerseits haben wir damit die Ophiolithschüttung festgestellt und stratigraphisch gegenüber dem vulkanischen Tuff festgelegt, andrerseits läßt sich damit die Absenkung gegenüber dem Nollen direkt nachweisen. Der Beginn der Konglomeratstufe liegt somit hier etwa 60 m über dem Tuffniveau. Wir werden später feststellen können, daß dies sehr genau mit den Verhältnissen am Tannenberg übereinstimmt, wodurch die genannten Feststellungen erneut gesichert werden.

Sämtliche Schichten des westlichen Plateaus, mit Ausnahme der höchsten Nagelfluhbank von Zuckenriet (K. 565 m) liegen also unter der Konglomeratstufe, die ich am Nollen nachweisen konnte. Sie enthalten mehrere Nagelfluhbänke, die teils über größere Distanz durchziehen, teils aber nur als Stromrinnen auftreten. Dies ist besonders gut im Thurbogen der Felsegg zu beobachten. Auf weitere Strecke zieht die Schüttung durch, die auf K. 530 m liegend

aus der Gegend von Brübach zum Tobel von Sonnental zieht. Dort setzt darüber noch eine zweite Bank ein, und als mächtige Doppelbank, auf der auch das Kloster Glattburg steht, ist sie bis E Ebersoll zu beobachten. An der Basis des Thurhanges zieht sich, unter dem Kloster Glattburg lokal aussetzend, eine weitere Bank über Billwil bis zur Rengishalde.

An der Felsegg fließt die Thur in prächtigen, karrenartigen Auskolkungen über eine mächtige Nagelfluhbank, die aber wenig westlich schon auszukeilen scheint. An der linksseitigen Felswand zwischen Brübach/Felsegg und der Hauptstraßenbrücke St.Gallen–Wil treten, wie an der Glattburg, nur noch oben Nagelfluhbänke auf, was an beiden Orten zu einer Flußkurve nach links Anlaß gegeben haben mag.

Unmittelbar südlich des Tuffvorkommens von Rengishalden, bei P. 544,1, zeigt sich ein Schüttungsmaximum. Hier sind vier Nagelfluhbänke übereinandergelagert. Diese starke Nagelfluhschüttung findet sich auch rechts der Thur wieder. Auch hier setzen die Bänke jedoch nach N rasch aus.

Daß die mächtigen Schüttungen der Konglomeratstufe in diesem Gebiet fehlen, ist nicht verwunderlich, da sie in der hier gegenüber dem Nollengebiet tiefern Lage bei der beobachteten schlechten Verkittung der diluvialen und vordiluvialen Erosion rascher zum Opfer fielen.

N des Tuffvorkommens klingen die Nagelfluhbänke rasch ab. Thurabwärts finden sich gute Aufschlüsse nur noch bei Halden, wo sich ein nördlich gerichtetes, schwaches Schichtfallen bemerkbar macht. Das Tuffniveau müßte konstruktionsgemäß im Täschentobel etwa auf K. 480 m liegen und 500 m weiter nördlich von Halden bereits zum Thurniveau abgesunken sein. Nagelfluh findet sich nur noch im Täschentobel auf K. 540 m, also etwa 60 m über dem Tuffniveau, womit dieselbe als Beginn der Konglomeratstufe betrachtet werden muß. Darunter findet sich ein Knauersandsteinniveau, aufgeschlossen bei P. 527 auf K. 510 m und W der kleinen Brücke P. 480 m etwa auf K. 490 m. An der Einmündung des Täschentobels in die Thur findet sich eine 1 m mächtige Bank von Knauersandstein, unterlagert von weißlichem, knolligem Wetterkalk und überlagert von den bereits erwähnten, weißen, teils sandigen Helizidenkalken. Das schwache Schichtfallen läßt sich hier gut beobachten.

Etwas oberhalb P. 463 an der Thur, auf der rechten Seite, ist eine 2 m mächtige Knauersandsteinbank aufgeschlossen, hier von gegen 3 m weißrotem Wetterkalk überlagert, der auf etwa 200 m Distanz verfolgbar ist und ebenfalls leicht thurabwärts fällt.

Jenseits des Thurdurchbruches zieht sich am Südhang des Plateaus von Hohentannen ein Knauersandsteinhorizont von 10 m Mächtigkeit durch, in dem unter P. 551 ein Keller angelegt ist. W Sommerau führt dieser Horizont Gerölle. Nach W geht er mehr in Mergelsandstein über. Im E (Sommerau) liegt er auf K. 520 m, im W (Heidelberg) auf etwa 500 m. Er ist im Tobel von Heidelberg nicht mehr sicher nachweisbar. Dort beobachtet man im untern Teil graue, wenig mächtige Lagen von Wetterkalk. Oberhalb des Brückleins W Heidelberg liegen auf einer hier vom Bach durchschnittenen kleinen Geländestufe innerhalb diluvialer, lehmiger Kiese und Sande vier 5 bis 20 cm mächtige Lagen von Schieferkohle mit Schnecken. Erst weiter oben steht nochmals Molasse an.

Im Engelisbach N Sitterdorf sind Mergel und Mergelsandsteine aufgeschlossen. Gelbe Mergel treten auch am Straßeneinschnitt unterhalb Sommerau zutage.

Über dem Molassekomplex von Hohentannen liegt der isolierte Deckenschotter von Hohlenstein.

d) Die Gegend von Bischofszell

Die Molasseaufschlüsse sind im Gebiet des Zusammenflusses von Sitter und Thur sehr selten. Es sind vor allem Nagelfluhvorkommnisse, die da und dort zutage treten.

Innerhalb der großen Flußschlinge der Thur liegt bei Katzensteig-Muggensturm eine mächtige Nagelfluhbank von gegen 20 m Mächtigkeit, die im W und N die Thur umlenkt. Unter Muggensturm sind darin auch alte Bierkeller angelegt. Die Bank bricht gegen W plötzlich ab. Südlich Stich finden sich nur Mergel. An der Thur nördlich gegenüber (Mittlere Tellen) tritt W P. 469,1 etwas Nagelfluh im Fluß zutage, und flußaufwärts, gegenüber P. 462, sieht man eine wenig mächtige Nagelfluhbank langsam nach E unter gelbe Mergelsandsteine und Mergel einsinken.

Südlich der genannten Nagelfluh von Muggensturm, wo die Thur wieder nach NE umbiegt, beobachtet man im Flußniveau Nagelfluh, ebenso ruht die jahrhundertealte, malerische Brücke

oberhalb der Papierfabrik auf Nagelfluh, die hier und 100 m weiter unten im Flußbett ansteht. Der krummlinige Verlauf der Brücke rührt daher, daß ihre Pfeiler dort aufgestützt wurden, wo im Fluß Nagelfluh an die Oberfläche kommt. Endlich fließt die Sitter unter der Holzbrücke N Bischofszell über eine Nagelfluhbank.

S Stegwies/Bischofszell steht Nagelfluh auf kurze Distanz noch auf der rechten Seite des Kanals der Papierfabrik an.

Bei Oberghögg WSW Bischofszell liegt eine Nagelfluhbank auf K. 500 m. Sie zieht nach W durch, nicht aber nach E, wo in den kleinen Tobeln S der Thur nur noch Moräne ansteht. Ebenso liegt Bischofszell ganz auf diluvialen Ablagerungen.

Diese Verhältnisse sind sehr unklar. Es hält schwer, sie in irgendeinen Zusammenhang zu bringen. Inwiefern hier tektonische Vorgänge mitspielten, soll im entsprechenden Abschnitt untersucht werden.

An der Sitter sind die Molasseaufschlüsse E Sitterdorf etwas häufiger. Wir gelangen hier bereits in die lithologischen Verhältnisse des N-Tannenberggebietes, dies allerdings nicht in direktem Zusammenhang mit der Gegend E Sitterdorf, da es durch eine Zone von dieser getrennt ist, wo das Diluvium in einem tektonisch zu deutenden Graben bis unter das Flußniveau reicht. Man beobachtet, auf der W-Seite der großen Moränenwand am Sitterknie unter P. 545,1 bei Oberegg (Koord. 739000/263500), plötzlich beginnend, eine Nagelfluhbank, die sich auf K. 490 m dem Hang entlang bis S Singenberg verfolgen läßt. Mit größter Wahrscheinlichkeit handelt es sich um die Ramschwag-Nagelfluh. Am Sitterknie von Sitterdorf beobachtet man auf der rechten Sitterseite oberhalb der Eisenbahnbrücke nur noch gelblichen Knauersandstein, leicht N-fallend. Es handelt sich vermutlich um die Fortsetzung der Nagelfluh, doch ist die Übergangszone nicht aufgeschlossen. Auf der linken Flußseite findet man bei Eberswil auf K. 490 m ebenfalls Nagelfluh. Tiefer steht Nagelfluh an folgenden Stellen an: bei Leutswil unter dem nördlichen Brückenkopf im Flußniveau und etwas höher gegenüber geröllführender Knauersandstein, unterlagert von gelben Mergeln und Sandstein; auf der linken Flußseite am Sitterknie von Eberswil (unter der dortigen höhern Nagelfluh); ebenso auf der linken Seite der Sitter an der Rechtsbiegung oberhalb der Eisenbahnbrücke Sitterdorf, im Flußniveau, anscheinend leicht N-fallend.

e) Das Gebiet zwischen Tannenberg und Glatt

In den Tobeln westlich des Tannenberges tritt Nagelfluh häufiger auf als am Tannenberg selbst. Man beobachtet ein schwaches, aber auf größere Distanz gut feststellbares Schichtfallen gegen N. Um dieses Gebiet mit dem Tannenberg verbinden zu können, besitzen wir nur die Möglichkeit, eine Fortsetzung der mächtigen Ramschwag-Nagelfluhschüttung nach W zu suchen.

Die ganze Landschaft zwischen Tannenberg und Glatt erscheint als ein Hochplateau, das, schwach geneigt, gegen die Thur absinkt und das rein morphologisch die Fortsetzung desjenigen N Waldkirch darstellt. Die ausgedehnte dortige Schichtplatte der Ramschwag-Nagelfluh wird von der Bahnlinie N Arnegg in einem Einschnitt bloßgelegt (K. 610 m). Auch bei Kopprüti an der Straße SE Mutwil steht Nagelfluh an (K. 605 m) und weiterhin zwischen Leeholz und Erlen (W Arnegg) auf K. 600 m. Daß es sich hier bei der überall zu beobachtenden schwachen Schichtneigung um ein und denselben Horizont handelt, ist einleuchtend.

NE davon, am NW-Hang des Tannenberges, in der Gegend von Waldkirch, fällt die Ramschwag-Nagelfluh mit rund 5° gegen NW und steht bei Geretschwil, wie bereits erwähnt, auf K. 660 m an, während wir an der Sitter, E dieses Waldkircher Fallens, wie auch hier im W, horizontale Schichtlage beobachten. Dies deutet auf tektonische Erscheinungen am Tannenberg und erklärt, daß W Arnegg die Ramschwag-Nagelfluh tiefer liegt als an der Westseite des Tannenberges.

Gehen wir weiter nach W, so beobachten wir SW der Henessenmühle wieder Nagelfluh auf K. 610 m, ebenso an der Oberkante des Ratenberger Tobels 50 m über der nächsthöhern Nagelfluhbank, auf K. 590 m. Bei Niederwil (SW an der Hauptstraße Goßau–Wil und zwischen Himmelreich und Weiher) ist auf K. 610 m liegend eine Nagelfluhplatte aufgeschlossen, und nördlich davon, zwischen Bürerwald und Schoos, zieht auf K. 600 ebenfalls eine Konglomeratbank durch. Sie liegt hier etwa 40 m über der nächsttiefern Schüttung.

Unter Berücksichtigung des im Anfang nördlichen Schichtfallens lassen sich alle diese Vorkommnisse in ein und denselben Horizont einreihen und nach Osten in die Ramschwag-Nagelfluhzone überführen, um so mehr, als darunter ein Mergelkomplex von bis zu 50 m Mächtigkeit liegt, worin keine Nagelfluhschüttungen vorkommen,

die auf größere Erstreckung durchziehen. Er bietet an sich schon einen stratigraphischen Anhaltspunkt. Im S gehören die Nagelfluhbänke E Gebhardswil bereits in und über diesen Horizont.

Unter der Ramschwagschüttung liegen die Schichten der Glatt, des Ratenberger und Mutwiler Tobels und der dazwischen im Thurtalhang eingeschnittenen Bachläufe. Nagelfluhbänke sind unter dem erwähnten Mergelkomplex häufig und ziemlich durchziehend, doch ist der Stromrinnencharakter an vielen Stellen ausgeprägt. In diesem Gebiet stärkerer Schüttung sind Wetterkalkhorizonte (siehe unter II, A 3) ziemlich häufig.

Das Kohlenlager an der Glatt liegt, unter Berücksichtigung des Schichtfallens und der Mächtigkeitsverhältnisse an der Sitter, knapp über dem vulkanischen Niveau am Tannenberg, das an der Glatt und im Mutwiler Tobel auf K. 500 bis 510 m liegen müßte und somit in die tiefsten hier aufgeschlossenen Schichten zu liegen käme.

f) Das Gebiet westlich der Glatt

Im soeben besprochenen Gebiet zwischen Tannenberg und Glatt, wo wir ein leichtes Schichtfallen nachweisen konnten, kommt das Niveau der Ramschwag-Nagelfluh in die Zone, wo das normale Schichtfallen der aufgerichteten Molasse in flache Lagerung übergeht (d. h. auf der Höhe von Goßau parallel dem allgemeinen Molassestreichen) etwa auf K. 640 m zu liegen. Westlich der Glatt kann man überall horizontale Lagerung feststellen. Ein Abkippen nach N hat hier nicht stattgefunden, so daß man hier das Niveau der Ramschwag-Nagelfluh ungefähr auf K. 640 ± horizontal annehmen kann. Darüberliegende Schichten sind am Uzwiler Vogelsberg und weiter südlich, besonders auf der Nordseite des Tales von Oberrindal, in Form mächtiger Nagelfluhschüttungen erschlossen.

In die tiefer gelegenen Schichten erhalten wir an der Thur guten Einblick, besonders an den Prallhängen des Flusses. Man beobachtet zahlreiche, ausgesprochen rinnenartige Nagelfluhbänke, die meist nicht auf große Strecken anhalten. Oft gelangen Mergelkomplexe zu bedeutender Mächtigkeit. Gegenüber Tiefenau (2 km NW Jonschwil) stehen am dortigen Erosionshang überhaupt nur Mergel und Sandsteine an, während an der Flußkrümmung wenig nördlich Tiefenau gleich vier Nagelfluhschotterrinnen übereinander liegen. Wetterkalke sind an der Thur ziemlich häufig. Be-

sonders schöne Varietäten findet man in der hohen Felswand unter Regenburg-Jonschwil, wo 1 bis 2 m starke Bänke unter und über der obersten Nagelfluh, weiter unten auch als isolierte Schichten in den Mergeln, vorhanden sind.

NW Jonschwil liegt zwischen zwei Nagelfluhstromrinnen das erwähnte, rinnenartige Kalkalgenvorkommen, das dort als eigentliches Algengestein mit schönen inkrustierten Melanien auftritt.

An der Thur treten tiefere Molasseschichten zutage als an der Glatt und im Mutwiler Tobel, wo wegen des Absinkens die der Beobachtung zugängliche Schichtserie relativ gering ist. Da wir das Niveau der Ramschwag-Schüttung auf 640 m angenommen haben, müßte jenes des vulkanischen Blockhorizontes maximal etwa 70 m tiefer liegen, also ungefähr auf K. 570 m. Die Molasseschichten an der Thur reichen bei Rickenbach bis auf 520 m hinunter, so daß hier ein Komplex von höchstens 50 m Mächtigkeit dem Niveau unter dem vulkanischen Blockhorizont zuzuordnen ist. Von vulkanischen Erscheinungen fehlt hier allerdings jede Spur.

2. Stratigraphische Korrelation der verschiedenen behandelten Gebiete

Nachdem wir den Aufbau der verschiedenen Teilgebiete betrachtet haben, können wir versuchen, sie in einen Zusammenhang zu bringen. Wir haben bereits bestimmte Schichten und Erscheinungen über größere Distanzen nachweisen können.

Mit Hilfe der Verfolgung des Niveaus der Ramschwag-Nagelfluhschüttung ist es uns gelungen, das Gebiet am Bodensee, jenes an der Sitter, den Tannenberg und die Gebiete südlich der Thur bis zur Glatt und darüber hinaus in stratigraphischen Einklang zu bringen.

Auffallend ist hier die starke Geröllschüttung der Nagelfluh, die, etwa 70 m über dem Niveau des vulkanischen Blockhorizontes liegend, bis in die Gegend des Bodensees reicht und als lückenlose Platte bis zur Glatt verfolgbar ist. Keine einzige Schüttung des östlichen Gebietes erreicht diese Intensität, und auch im W liegen unter diesem durchziehenden Horizont nur stromrinnenartige Nagelfluhzonen. Am Uzwiler Vogelberg und südlich davon beginnt mit dem Niveau der Ramschwag-Schüttung eine mächtige Nagelfluhzone, die auch weiter südlich zur Geltung kommt.

Im N konnten wir mit Hilfe der Diabasnagelfluh als Leithorizont das Nollen-Heid-Gebiet mit dem abgesunkenen Plateau von Lenggenwil-Niederhelfenschwil parallelisieren. Zugleich tritt dort der vulkanische Tuff auf. Das Niveau des vulkanischen Tuffes liegt ohne Zweifel stratigraphisch auf gleicher Höhe mit jenem des vulkanischen Blockhorizontes; dies ist um so sicherer, als der Vulkanismus in meinem Gebiet schwach und auch am Schienerberg und im Hegau nur sehr kurzfristig war.

Am Nollen und Gabris liegt der Beginn der mächtigen Konglomeratstufe nur wenig über dem ophiolithischen Horizont und dieser im Plateau von Niederhelfenschwil rund 40 m über dem vulkanischen Tuff. Setzen wir für die ophiolithische Zone 10 m ein, so liegt der Beginn der Konglomeratstufe rund 60 m über dem vulkanischen Tuff. Dies entspricht aber ziemlich genau der Mächtigkeitsdifferenz zwischen vulkanischem Blockhorizont und Ramschwag-Nagelfluh an der Sitter, wo die Differenz 70 m beträgt. Da wir in diesem nördlichen Gebiet am Nollen eine kleine Mächtigkeitsabnahme gegenüber dem südlicheren Tannenberg annehmen können, sehen wir eine eindeutige Übereinstimmung.

Die Ramschwag-Nagelfluhschüttung ist identisch mit der Konglomeratstufe am Nollen und an der Heid.

Die weit nach E reichende Schüttung der Ramschwag-Nagelfluh erklärt sich also als Resultat einer mächtigen, postvulkanischen Schüttungsphase, die anfänglich gegen NE bis ins Bodenseegebiet reichte, nachher aber ihre Hauptrichtung gegen N verlagerte und am Nollen länger anhielt. Die Nagelfluh unmittelbar über dem Blockhorizont entspricht aus Gründen ihrer stratigraphischen Lage noch nicht dem Beginn der Konglomeratstufe, obwohl sie im E bis an die Sitter verfolgbar ist. Sie ist aber ein erstes Anzeichen dafür.

Die identische Mächtigkeit zwischen Tuff und Konglomeratstufe am Nollen und Blockhorizont und Ramschwag-Schüttung an der Sitter ist zugleich ein Beweis der Gleichzeitigkeit der Entstehung von Tuff und Blockhorizont und damit auch der Kurzfristigkeit des Vulkanismus.

Das Niveau des miozänen Vulkanismus tritt an der Südseite des Nollen noch etwa auf K. 580 m zutage und am Thurhang des vorgelagerten Plateaus auf K. 520 m.

3. Stratigraphische Vergleiche mit dem NW-Bodenseegebiet

Die Autoren des NW-Bodensees konnten in den dortigen miozänen Schichtreihen eine weitgehende, wenn nicht paläontologische, so doch lithologische, Gliederung feststellen. Vor allem verdanken wir W. SCHMIDLE (Lit. 89–102) und R. SEEMANN (Lit. 106) umfassende Untersuchungen der dortigen Molasseprobleme, während verschiedene weitere Autoren Teilgebiete bearbeiteten. Die dort auftretenden vulkanischen Phänomene hatten von jeher das Interesse auf sich gezogen und einer intensiven geologischen Bearbeitung gerufen.

Im Gebiete des NW-Bodensees (Überlingen, Schienerberg, Seerücken) lassen sich folgende Stufen unterscheiden:

Über der Obern Marinen Molasse liegt zunächst ein Schichtkomplex von höchstens gegen 120 m Mächtigkeit und vorwiegend mergeliger Ausbildung: *Haldenhofmergel, Mio 1* der deutschen Autoren.

Darüber folgt eine vorwiegend sandige Zone, die typischen, schwach verkitteten und auffallend muskowitreichen, hellgrauen Glimmersandsteine, am Schienerberg und Seerücken über 100 m mächtig: *Steinbalmensande, Mio 2.*

Den folgenden Schichtkomplex bilden die *Öhninger Schichten, Mio 3.* An der Basis der Öhninger Schichten beginnt am Schienerberg und im Hegau der Vulkanismus. Am Schienerberg wie im Hegau lagern die Tuffe unmittelbar auf den Steinbalmensanden. Am Schienerberg lagert sich über den Tuffen eine Mergelzone (untere Öhninger Mergel, Mio 3a), die dort die berühmten Öhninger Süßwasserkalke enthält und auch am Seerücken auftritt. Darüber folgen starke Geröllschüttungen in Form alpiner Konglomeratbänke, am Schienerberg seltener und teils durch Sandfazies ersetzt («sandige Zwischenschichten»), am Seerücken in typischer Nagelfluhfazies (Konglomeratstufe, Mio 3b). Über der Konglomeratstufe liegen die obern Öhninger Mergel, Mio 3 c.

H. STAUBER (Lit. 111) nimmt am Schienerberg nur eine Eruptionsphase an, an der Obergrenze der Steinbalmensande, und erklärt die verschiedene Lage der Tuffe und Süßwasserkalke durch Brüche.

Über den Öhninger Schichten folgen die *Heiligenbergsande, Mio 4,* am Seerücken gegen 50 m mächtig (BÖHNDEL, Lit. 4), im Gebiete von Überlingen 60 bis 70 m.

Die höchsten Molasseschichten gelangen besonders im Gebiete des Gehrenberges NW Friedrichshafen zu einer bedeutenden Mächtigkeit von 200 m: *Gehrenbergschichten, Mio 5.* An ihrer Basis liegen die Herdwanger Mergel, am Seerücken in einer Mächtigkeit von etwa 20 m auftretend (BÖHNDEL, Lit. 4). Besonders in den obern Partien des Gehrenberges finden sich häufig eingeschwemmte Flyschforaminiferen und Glaukonit. Die eigentlichen Gehrenbergschichten (Mergel mit harten und glaukonitischen Sandsteinlagen) fehlen am Schienerberg und Seerücken.

Es ist naheliegend, für eine erste Parallelisation mit meinem Gebiet das Auftreten des Vulkanismus heranzuziehen. Am Schienerberg liegen die Ascheneruptionen an der Basis der Öhninger Schichten, überlagert von den untern Öhninger Mergeln. Darüber setzt postvulkanisch am Untersee die weit nach N reichende Konglomeratstufe ein. Dies stimmt aber genau mit den Verhältnissen in meinem Gebiet überein, wo, etwa 60 bis 70 m über dem vulkanischen Niveau, die starke Geröllschüttung der Ramschwag-Nagelfluh, bzw. der Konglomeratstufe am Nollen einsetzt. Die Konglomeratstufe am NW-Bodensee entspricht somit derjenigen in meinem Gebiet überraschend gut. Sie sind also das Äquivalent von Mio 3b. Die Schichten zwischen Konglomeratstufe und Tuffniveau am Nollen, bzw. zwischen Ramschwag-Nagelfluh und Blockhorizont an der Sitter, sind also den Untern Öhninger Mergeln, Mio 3a, gleichzusetzen. Die Konglomeratstufe Mio 3b ist am Nollen und an der Heid mit gegen 150 m am mächtigsten entwickelt, während sie im E an der Ramschwag mit 30 m ihr Maximum erreicht. Ich führe dies auf eine durch Senkung in nördlicher Richtung verlagerte Hauptschüttung zurück, wo bedeutend mächtigere Geröllmassen abgelagert wurden, die auch den Schienerberg noch erreichten. Am Seerücken erreicht die Konglomeratstufe noch 30 m Mächtigkeit. Sie hat also ihre Hauptentwicklung im Nollen-Heid-Gebiet und klingt nach Osten rascher ab als gegen Norden. Am Tannenberg über der Ramschwag-Schüttung liegende Mergel noch als zur Konglomeratstufe gehörend zu betrachten, erachte ich als verfehlt. Deren Hauptentwicklung richtet sich ja in auffälliger Weise gegen das Hauptvulkangebiet des Hegaus. Ohne Zweifel steht sie mit dem Vulkanismus in ursächlichem Zusammenhang. Sie ist das Ergebnis einer stärkeren Senkung des westlichen Bodenseegebietes.

Unter den vulkanischen Schichten liegen am NW-Bodensee die Steinbalmensande (Mio 2). Sie lassen sich in meinem Gebiet nirgends nachweisen, sondern treten in ihrer typischen petrographischen Ausbildung erst am Südhang des Seerückens auf. Jedoch müssen die Schichten unter Blockhorizont- und Tuffniveau zum Teil den Steinbalmensanden entsprechen. Diese verdanken ihre Entstehung einer Senkungsphase, die wohl im Unterseegebiet unmittelbar vorvulkanisch stärker war als im südlichen Gebiet, wo keine derartigen, durchziehenden Sandkomplexe abgelagert wur-

den. Die Mächtigkeit von Mio 2 wäre daher im N eher größer anzunehmen. Sie stimmt überein mit der Mächtigkeit der Schichten zwischen «Appenzeller Granit» und Blockhorizont. Ich habe daher in meinem Gebiet diesen Komplex als Äquivalent der Steinbalmensande betrachtet. Die Entstehung des «Appenzeller Granites» steht ohne Zweifel im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen, und ihn mit der Basis der Steinbalmensandstufe – d. h. mit dem Beginn der diese bedingenden Senkungen – zusammenfallen zu lassen, ist deshalb durchaus nicht unlogisch. Gewisse Anklänge an die Glimmersandsteine zeigen die harten, hellen Sandsteine in der Mergelgrube Bruggwald (NE St.Gallen), die wie die Glimmersandsteine schwereminerallreich sind und auch dem angenommenen Niveau Mio 2 angehören.

Unter dem «Appenzeller Granit» liegen die Schichten des Rosenberges und der Goldach mit einer Mächtigkeit von 600 m. Sie wären den Haldenhofmergeln, Mio 1, gleichzustellen.

Die Schichten über der Konglomeratstufe zu gliedern, fällt bedeutend schwerer.

Am Nollen fehlen sie ganz. Dagegen liegen am Tannenberg über der Ramschwag-Nagelfluh noch rund 300 m vorwiegend Mergel und Mergelsandsteine.

Über der Konglomeratstufe am Untersee liegen die obern Öhninger Mergel von Mio 3c etwa 40 m mächtig. Da nach dem mächtigen Geröllvorstoß von Mio 3b wieder eher eine Ruhepause in der Senkung des westlichen Bodenseegebietes eintrat, kamen wieder vorwiegend mergelige Schichten bis nach N zur Ablagerung. Es besteht kein Grund zur Annahme, daß am Tannenberg die obern Öhninger-Mergel mächtiger entwickelt seien als am Untersee. Ich habe daher am Tannenberg höchstens 60 m obere Öhninger Mergel angenommen. (Die Geröllschüttung Mio 3b ist dort meist nicht mehr als 10 m mächtig; wo sie auf 30 m anschwillt, würde dies auf Kosten der liegenden und hangenden Mergel gehen.) Mio 4 (Heiligenbergsande) erreicht am Seerücken rund 50 m Mächtigkeit. Die dortige Sandfazies deutet auf Senkung im N Bodenseegebiet. Die Mächtigkeit dürfte am Tannenberg nicht über 60 m erreichen, um so mehr, als gegen das Ende des Miozäns und damit der Molasseablagerung überhaupt die Molassetrogsenkungen sich mehr und mehr gegen Norden und ins eigentliche Bodenseegebiet verlagerten.

Die höchsten noch verbleibenden Schichten am Tannenberg müßten somit der erwähnten Gehrenbergmolasse (Mio 5) gleichzusetzen sein. In den Sandsteinen der Gehrenbergmolasse fand SCHMIDLE sehr zahlreiche Mikrofossilien, vor allem Foraminiferen, und Glaukonit. Auf Grund dessen glaubte er, diese Schichten als marine Ablagerung deuten zu müssen; doch stellte es sich heraus, daß es sich um eingeschwemmte Flyschforaminiferen handelt. Trotzdem ist diese plötzliche Häufigkeit eingeschwemmter Flyschfossilien in den höchsten Schichten des Miozäns von großem Interesse.

Auffallenderweise treten nun auch in den Sandsteinen der höchsten Tannenbergschichten Flyschforaminiferen in großer Zahl nebst Glaukonit auf. Dies besonders in den feinkonglomeratischen Sandsteinen der Fossilfundstelle unter P. 817 im östlichen Bernhardzeller Wald, die stratigraphisch 70 m unter der Obergrenze der Molasse (Deckenschotter) liegt. In allen zahlreichen angefertigten Schliffen finden sich sehr häufig Globigerinen, Discocyclinen, guterhaltene kleine und Bruchstücke von größern Nummulithen, nebst weitern nicht näher bestimmbaren Formen. Wie bereits erwähnt, treten auch in tiefern Schichten schon einzelne Foraminiferen auf, aber bei weitem nicht in dieser Anzahl und Auswahl.

Dieses plötzliche Auftreten von Flyschforaminiferen und Glaukonit in den höchsten Miozänschichten am Tannenberg und Gehrenberg gestattet ohne weiteres, die obersten Tannenbergschichten dem Mio 5 des Gehrenberges gleichzusetzen. Anderseits erhalten damit auch die von mir angenommenen Mächtigkeiten von Mio 3c und Mio 4 am Tannenberg größere Wahrscheinlichkeit, da sie ja zwischen Konglomeratstufe und Mio 5 liegen müssen. Die Gehrenbergschichten, am Gehrenberg 200 m mächtig, würden damit am Tannenberg mit rund 130 m auftreten.

Das Auftreten zahlreicher eingeschwemmter Flyschfossilien im obersten Miozän der Bodenseegegend hängt offenbar damit zusammen, daß im alpinen Hinterland die helvetischen (eozänen) Flyschkomplexe zur Erosion gelangten, was seinerseits den Grund in einer Freilegung der helvetischen Decken haben mußte, die zu dieser Zeit auch weiter nach N geschoben worden sein dürften. H. TANNER (Lit. 116) hat in den höchsten Hörnlischichten in den dortigen Konglomeraten Gerölle helvetischer Herkunft in großer Zahl nachgewiesen. Seine Beobachtungen deuten darauf hin, daß diese höchsten Hörnlikonglomerate mit den Schichten von Mio 5 am

Tannenberg identisch sind, da in beiden Zonen offenbar erstmals helvetisches Material in größerer Menge zur Ablagerung kam. Im Hörnligebiet trat die Sedimentation in Konglomeratfazies auf, während Gerölle den Bodensee nicht mehr erreichten, dorthin aber feineres Material verschwemmt wurde.

Mein gesamtes Untersuchungsgebiet überblickend läßt sich sagen, daß die Öhninger Schichten (Mio 3) darin weitaus am häufigsten an die Oberfläche treten. Sie bilden das Gebiet gegen den Bodensee hin, den Unterbau des Tannenberges, das ganze Hügelland des Nollen-Heid-Gebietes, die Schichten zwischen Tannenberg und Glatt und auch die Hügel westlich davon.

Die Zone Mio 2 ist am südlichen Tannenberg, am östlichen Rosenberg und im Galgentobel erschlossen, ebenso noch unter dem Blockhorizont bei Bernhardzell. Sie bildet, geringmächtig aufgeschlossen, auch den Unterbau des Nollen und ist, wenn auch in bescheidener Mächtigkeit, am Thursteilhang des Plateaus von Lenggenwil-Niederhelfenschwil und an der Thur oberhalb Schwarzenbach der Beobachtung zugänglich.

Mio 4 und Mio 5 endlich sind gänzlich auf die höchsten Schichten des Tannenberges lokalisiert.

Die in meinem Gebiet nur am Rosenberg und im Goldachtobel erschlossenen Schichten von Mio 1 zeigen nach W eine immer stärker werdende Schüttungsintensität (siehe U. Büchi, Lit. 6).

Die Gesamtmächtigkeit der südlichen Obern Süßwassermolasse der Ostschweiz beträgt am Tannenberg etwa 1100 m.

Die Frage nach dem genauen stratigraphischen Alter der in Frage stehenden Schichten hat R. Seemann (Lit. 106) eingehend untersucht. Er kommt dabei zum Schluß, daß keine paläontologischen Unterlagen für eine Untergliederung in die stratigraphischen Stufen des mittleren und obern Miozäns (Tortonien-Sarmatien) vorhanden sind. Seine Untersuchungen haben erwiesen, daß *Helix silvestrina* nicht für Sarmatien und *Helix silvana* nicht für Tortonien leitend ist, sondern daß die Formen durchlaufen. Eine Unterteilung läßt sich auch in meinem Gebiet vorläufig nicht durchführen. Den ganzen Schichtkomplex als Tortonien zu bezeichnen, geht deshalb nicht an, da sehr wahrscheinlich ein Teil noch zum Sarmatien gehört. Aus diesem Grunde ist die Bezeichnung «Obere Süßwassermolasse» vorläufig jeder andern vorzuziehen.

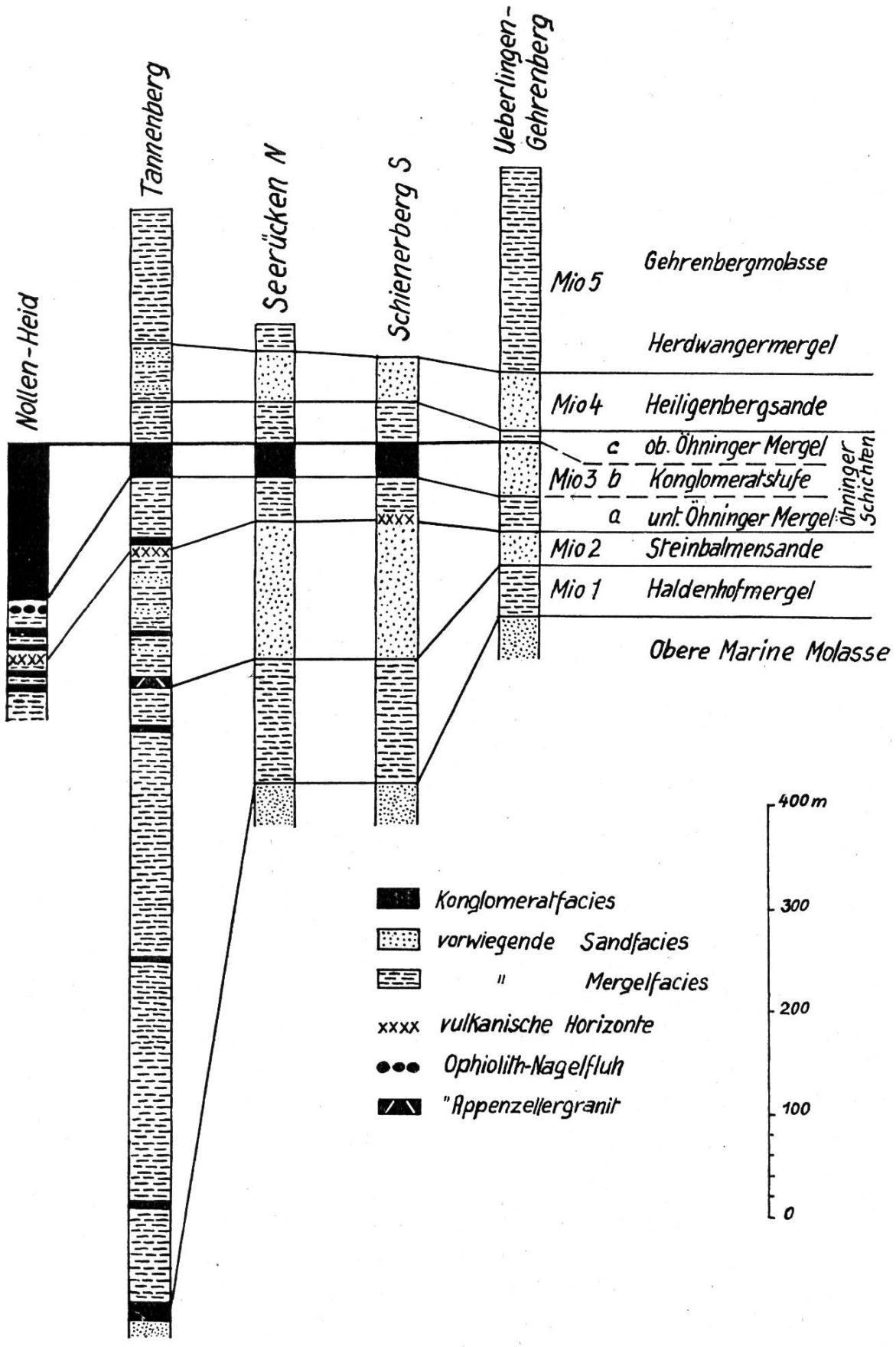

Fig. 2

Korrelation der Profile durch die Obere Süßwassermolasse des Bodenseegebietes

Hipparionfunde aus dem Hegau (TOBIEN, Lit. 117) deuten darauf hin, daß möglicherweise Mio 1 und Mio 2 Tortonien, Mio 3 bis 5 Sarmatien repräsentieren.

Zur Parallelisation der südlichen und nördlichen obern fluvioterrestrischen Molasse verweise ich auch auf die Zusammenstellung in Fig. 2 und in der Tabelle Seite 53.

4. Der Sedimentationsverlauf der Obern Süßwassermolasse des Bodenseegebietes

Ich verwende im folgenden die von den süddeutschen Autoren eingeführten Stufenbezeichnungen, weil diese in der Literatur über das NW-Bodenseegebiet allgemein gebräuchlich sind. Die Begriffe «Mio 1, 2» usw. beziehen sich also immer auf Miozän über der Obern Marinen Molasse.

a) Mio 1, Haldenhofschichten

Die nachmarine miozäne Sedimentation begann im Bodenseegebiet (und auch in der gesamten schweizerischen Molasse des Mittellandes und weit nach E) mit dem Zurückweichen des Helvétienmeeres, bedingt durch eine allgemeine Hebung des Molassetroges, die an der Obergrenze der Obern Marinen Molasse durch die mächtige Schüttung der «Obern Grenznagelfluh» gekennzeichnet ist. *Es trat nicht eine Aussüßung des Helvétienmeeres, sondern eine totale Verlandung des Molassetroges ein.*

Während im W (Toggenburg) die Stufe Mio 1 durch starke Geröllschüttungen gekennzeichnet ist, reichen nur wenige Nagelfluhbänke östlich über den Raum von St.Gallen hinaus, wo im schüttungsfernen Gebiet periodische (mit den Geröllschüttungen zusammenhängende) Überschwemmungen mit sandigem und schlammigem Material zur Bildung der für das ganze nachmarine Miozän so charakteristischen gelben Mergel und Mergelsandsteine führte. Auch im nördlichen Bodenseegebiet gelangte eine Mergelfazies zur Ablagerung. Geröllhorizonte fehlen dort gänzlich, und sandige Schichten treten seltener auf. Diese Stufe, besonders gut aufgeschlossen beidseits des Überlinger Sees, erhielt nach dem Haldenhof bei Sipplingen ihren Namen.

Die Mächtigkeit dieser Stufe beträgt in meinem Gebiet und weiter westlich 600 m; am Schienerberg und Seerücken nehmen sie die

Vergleichende Übersicht über die Obere Süßwassermolasse des Bodenseegebietes

Stufen			Zwischen Wil und dem Bodensee im W	Zwischen Wil und dem Bodensee im E	Seerücken, Schienerberg	Überlingen Gehrenberg	Senkungsvorgänge im Molassetrog
Mio 5	*Gehrenbergschichten*		— (weiter im W: Hörnligipfel)	130 m Mergel und Sandsteine (Tannenberg)	20 m am Seerücken (Mergel)	200 m Mergel mit harten Sandsteinlagen	Hauptsenkung im Gebiet der Bodenseelängsache und im S
Mio 4	*Heiligenbergschichten*		—	60 m vorw. Mergel und Mergelsandsteine (Tannenberg)	40 bis 50 m sandige Fazies	bis 60 m sandige Fazies	Stärke Senkung im N, gegen E verlagert
Mio 3c	*Obere Öhninger Mergel*	*Öhninger Schichten*	—	40 bis 60 m vorw. Mergel	40 bis 50 m Mergel	15 m Mergel	Nur schwache, allgemeine Trogsenkung
Mio 3b	*Konglomeratstufe*	*Öhninger Schichten*	bis 150 m mächtige Geröllschüttung	bis 30 m Ramschwag-Schüttung	bis 30 m Geröllschüttung	bis 70 m sandige Fazies	Starke Senkung im zentralen Gebiet des Schuttfächers u. gegen N (Hegau)
Mio 3a	*Untere Öhninger Mergel*	*Öhninger Schichten*	60 m Mergel und Nagelfluh. Ophiolithschüttung	70 m Mergelzone. Basis Nagelfluh Erlenholz	bis 40 m Mergelzone. Öhninger Maarkalke	bis 30 m Mergelzone	Nur schwache, allgemeine Trogsenkung
Mio 2	*Steinbalmensandschichten*		Vulkanische Eruptionen 130 m Nagelfluh u. Mergel	130 m vorwiegend Mergel	100 bis 200 m Steinbalmensande	25 bis 50 m Steinbalmensande	Hauptsenkung ins Untersee- und Hegaugebiet verlagert
			«Appenzeller Granit»				
Mio 1	*Haldenhofschichten*		600 m vorherrschend Nagelfluhfazies im Toggenburg	600 m vorherrschend mergelig	100 bis 120 m mergelig	30 bis 60 m mergelig	Hauptsenkung im S und westlich des nördl. Bodensees

süddeutschen Autoren zu mindestens 100 bis 120 m an, während sie im Gebiete von Überlingen-Haldenhof nur noch 30 bis 60 m mächtig ist.

Die mit der Sedimentation Schritt haltende langsame Senkung des Molassetroges war somit im südlichen, alpennähern Teil bedeutend stärker. Schienerberg/Seerücken und Überlingen liegen im allgemeinen Molassestreichen auf gleicher Höhe. Am Untersee ist aber Mio 1 bedeutend mächtiger. Dieses Gebiet liegt dem Zentrum des Hörnlifächers näher. Die Senkung war also im Gebiet W des Bodensees, im engern Gebiet des Hörnlifächers, allgemein ausgeprägter.

b) Mio 2, Steinbalmensandschichten

Diese unmittelbar vorvulkanische Stufe zeigt in der südlichen Obern Süßwassermolasse vorwiegend mergelige (östlich) und Nagelfluh-Mergel-Ausbildung (westlich), während sie im nördlichen Bodenseegebiet durch die Steinbalmensande ihre typische Fazies hat.

Sie beginnt im S mit dem «Appenzeller Granit». Ihre Mergel und Mergelsandsteine unterscheiden sich hier nicht von jenen der Haldenhofschichten. Westlich der Linie Bischofszell-Goßau tritt verstärkt Nagelfluh auf. Die Schüttungen zeigen meist stromrinnenartige Ausbildung, und in den spärlichen Aufschlüssen am Südfuß des Nollen sind sie nur noch als Knauersandsteine ausgebildet. Besonders an den Randzonen der Geröllvorstöße bildeten sich vereinzelt Wetterkalke (Thur unterhalb Bischofszell).

Die ganze Stufe hat in meinem Gebiet etwa 130 m Mächtigkeit, am Untersee sogar eher mehr, während sie bei Überlingen nur noch 25 bis 30 m beträgt. Die Senkung des Molassetroges war also zur Zeit Mio 2 im Unterseegebiet eher stärker als im Süden. Ihr Schwergewicht verlagerte sich gegenüber Mio 1 in das weitere Hegaugebiet, wohin dadurch, durch langen Transportweg gut aufgearbeitet und kalkarm, intensive Sandschüttungen gelangen konnten. Sie treten wie Nagelfluh in Stromrinnenform auf, die oben typischer ist als unten, wo mächtige Steinbalmensandkomplexe auf anfänglich stärkere Senkung deuten. Ohne Zweifel weist diese Hauptsenkung im Hegaugebiet auf eine dortige vorvulkanische tektonische Aktivität hin, bedingt durch alpine Bewegungen, als Vorzeichen und Wegbereitung der nachfolgenden Eruptionen.

c) Mio 3, Öhninger Schichten

Der Beginn dieser Stufe fällt zusammen mit der starken vulkanischen Tätigkeit im Bodenseegebiet, in deren Zusammenhang der vulkanische Blockhorizont und die Tuffablagerung von Bischofszell auftreten.

Die Haupteruptionen fanden bekanntlich im Hegau statt. Am Schienerberg förderten Schlotdurchbrüche noch reichlich Tuffe, während die vulkanische Tätigkeit im Raume St.Gallen-Bischofszell bedeutend geringer war, doch handelte es sich dabei zweifellos um selbständige Eruptionen. Die großen Malmblöcke an der Sitter lassen sich nicht aus dem Hegau herleiten, und auch der vulkanische Tuff an der Thur zeigt eine besondere Ausbildung.

Den Ort der für die Entstehung des Blockhorizontes verantwortlichen Durchschlagsröhren möchte ich heute nicht mehr in der Gegend von Romanshorn (siehe Lit. 9) annehmen. Das Auftreten zahlreicher großer Blöcke an der Sitter bei Bernhardzell deutet zusammen mit den dortigen häufigen Verwerfungserscheinungen darauf hin, daß die vulkanischen Explosionen sich in jener Gegend ereignet haben. Auch die Tatsache, daß die postvulkanische, mächtige Schüttung der Ramschwag-Nagelfluh gerade dort ihr plötzliches Maximum erreicht, zeigt, daß nach der Explosion Senkungen auftraten, die auch die Erlenholz-Nagelfluh (unmittelbar über dem Blockhorizont) dort zum Maximum anschwellen ließen.

Im Zusammenhang mit dem Blockhorizont wurden kein vulkanisches Material, vor allem keine Anzeichen von Tuffen gefunden. Auf Grund dieser Tatsache glaube ich für die Tuffe von Bischofszell einen separaten Schlotdurchbruch annehmen zu können. Wo dieser lag, ist schwer zu sagen, am ehesten jedoch im Senkungsfeld von Bischofszell.

Die vulkanischen Eruptionen des Bodenseegebietes liegen damit auf einer Linie, die SW der Bodenseelängsachse dieser parallel verläuft (Hegau-Schienerberg-Bischofszell-Bernhardzell), also in der genauen Richtung des Bodenseegrabens. Sie hatten ihre Ursache gemeinsam in einem Zerrungsgebiet, das durch den alpinen Druck auf die vorgelagerte Schwarzwaldmasse entstand.

Die dem vulkanischen Niveau auflagernden Öhninger Mergel (Mio 3a) zeigen im ganzen Bodenseegebiet keine großen Mächtigkeitsunterschiede (Tannenberg 70 m, Nollen 60 m, Seerücken-

Schienerberg bis 50 m, Überlingen 30 bis 40 m). Es haben keine großen Senkungen stattgefunden. Die Ausbildung ist durchwegs einheitlich mergelig. Im W meines Gebietes machen sich die Geröllschüttungen des Hörnlifächers in Form mehr stromrinnenartiger Nagelfluhbänke bemerkbar, wobei besonders im E ihres Schüttungsbereiches die klassischen Wetterkalkvorkommen auftreten, die aber schon am Tannenberg vollkommen fehlen.

Gegen Ende der Stufe Mio 3a setzt die merkwürdige ophiolithische Geröll- und Sandschüttung ein, die nur für kurze Zeit anhielt und einmalig blieb. Auf Grund ihrer lokalen Ausbildungsweise ist die Schüttungsrichtung nach N und NE anzunehmen, aus dem zentralen Hörnlifächer herkommend. Gegen E zu reichte sie auf jeden Fall nicht.

Erst die Konglomeratstufe Mio 3b ist der Ausdruck erneuter, stärkerer Senkungsvorgänge. Eine erste Senkung machte sich weit nach E bemerkbar, in Richtung der Vulkaneruptionen am Tannenberg (Maximum der Ramschwag-Schüttung); dann jedoch verlagerte sich die Senkungszone nach W und hielt in der Nollengegend am stärksten an, machte sich aber besonders auch bis über den Untersee bemerkbar. Länger als im E andauernd, bildeten die starken postvulkanischen Schüttungen die mächtig ausgebildete Konglomeratstufe am Nollen, deren Geröllvorstöße noch am Untersee sehr stark entwickelt sind. Die Hauptsenkung ist also in Mio 3b noch W des Bodensees anzunehmen.

Die über der Konglomeratstufe liegenden Obern Öhninger Mergel (Mio 3c) zeigen bei wiederum sehr konstanter Mächtigkeit eine Phase der Ruhe an. Außer am Tannenberg treten ihre Ablagerungen im südlichen Sedimentationsraum erst wieder jenseits der Thur im Hörnligebiet auf, wieder mit starken Geröllschüttungen, die aber auf jenes Gebiet beschränkt blieben. Die Obern Öhninger Mergel waren wohl ursprünglich auch im Zwischengebiet vorhanden, wurden aber wegerodiert.

Von großem Interesse ist die Tatsache, daß alle in meinem Gebiet festgestellten Verkieselungserscheinungen innerhalb einer beschränkten stratigraphischen Zone auftreten, und zwar durchwegs knapp nachvulkanisch.

Die kieseligen Schichten an der Glatt in der Kohlengrube Löchli fallen in die untersten Partien der Öhninger Schichten, knapp über das vulkanische Niveau.

Die verkieselte Palme im Brandentobel liegt rund 30 m unter dem ophiolithischen Sandstein, also ebenfalls wenig über dem vulkanischen Niveau, während jene an der Ruine Ramschwag in den Beginn der Konglomeratstufe zu liegen kommt.

Diese Verknüpfung der Verkieselungen mit dem vulkanischen Niveau ist auffallend und stützt die Ansicht, daß die Kieselsubstanz thermaler Herkunft sei (Lit. 7). Auch die Kieselvorkommen der zürcherischen Kohlenlager dürften ungefähr diesem Niveau entsprechen.

Schwemmkohlen treten hauptsächlich zu Beginn der Konglomeratstufe auf.

Im weitern verdient folgender Fund Beachtung:

Anläßlich einer gemeinsamen Exkursion mit U. Büchi fanden wir bei der Kohlengrube Löchli an der Glatt im Gehängeschutt unter der dortigen Nagelfluh ein Kalkgeröll mit Bohrmuscheln, wie solche aus dem Helvétien von St.Gallen bekannt sind, also zweifellos marinen Ursprungs. Der Kalk ist bräunlich, und das molassische Füllmaterial der typischen, keulenartigen Bohrhohlräume entspricht im Aussehen nicht ganz jenem des Helvétien. Trotz eifrigem Suchen konnten wir in der Nagelfluh nichts weiteres finden. Das Stück könnte auch aus der überliegenden Moräne stammen. Es zeigt allerdings keine nachträglichen Abrollspuren, insbesondere nicht an den engen, nach außen führenden Öffnungen. Andrerseits ist bekannt, daß solche Bohrmuscheln rezent bis 40 km vom Meer in die Flüsse aufsteigen und auch in einem sehr brackischen Milieu noch leben können. Die Möglichkeit eines schwachen marinen Einbruches, der sich in die Molasseflüsse hinein bemerkbar machte, wäre deshalb im Auge zu behalten, zumal er ja knapp nach den vulkanischen Eruptionen erfolgt wäre. Auf dem einzigen nicht im Anstehenden gefundenen Stück eine Theorie aufzubauen, soll jedoch nicht versucht werden. Der Fund verdient aber immerhin festgehalten zu werden (deponiert im Geologischen Institut ETH, Zürich).

d) Mio 4, Heiligenbergschichten

Diese Stufe ist im N (Untersee-Überlingen-Heiligenberg) eher sandig ausgebildet. Am Tannenberg herrscht Mergelfazies vor. Die sandige Entwicklung im N-Bodenseegebiet und besonders auch die größere Mächtigkeit im Raume Überlingen deutet darauf hin, daß

sich bereits mit dieser Stufe eine Verlagerung der Hauptsenkung gegen die Bodenseelängsachse andeutet.

e) Mio 5, Gehrenbergschichten

Die oberste Miozänstufe des Bodenseegebietes erreicht am Gehrenberg (etwa 11 km NW Friedrichshafen), wo sie den obern Teil dieses Horstes aufbaut, eine Mächtigkeit von gut 200 m. Am Tannenberg entsprechen ihr ungefähr die obersten 130 m, während die typische Gehrenbergmolasse am Schienerberg und Seerücken fehlt. Dagegen habe ich bereits die höchsten Hörnlischüttungen damit in Beziehung gebracht.

Ohne Zweifel ist nun die mächtige Ausbildung dieser Schichten im Gebiete von Friedrichshafen-Überlingen ein Zeichen dafür, daß sich die Hauptsenkung ins Gebiet der Bodenseelängsachse verlagert hat und damit überleitet zu den tektonischen Bewegungen, die später zur eigentlichen Bodenseesenke führten. Daneben trat auch im alpinen Vorland die Senkung stärker in Erscheinung. Das massenhafte Auftreten von Flyschfossilien und die gleichzeitige starke Bodenseesenkung hängt wohl zusammen mit einem Vorrücken und einer Erosion der helvetischen Decken als der Einleitung der nachfolgenden alpinen Hauptfaltung, die der Sedimentation der Molasse ein Ende setzte.

Die zusammen mit U. Büchi (Lit. 8) festgestellte burdigale Trogsenkung im Rheintalquerschnitt verlagerte sich also zu Beginn des fluvioterrestrischen Miozäns nach W, nachdem sie schon im Hélvetien nicht mehr andauerte. Erst gegen das Ende des Miozäns begannen erneut starke Senkungen im eigentlichen Bodenseegebiet.