

Das Grönenbacher Feld

Ein Beispiel für Wandel und Fortschritt der Eiszeitforschung seit Albrecht Penck

Von INGO SCHAEFER, München

Mit 2 Tafeln und 4 Abbildungen

Zusammenfassung. Die Untersuchung gilt dem Grönenbacher Feld, dem *locus typicus* für die Mindelzeit PENCK'S. Es ist in der bisher angenommenen Geschlossenheit weder geomorphologisch — als Schotterfeld — noch geologisch — als jüngerer Deckenschotter — vorhanden, sondern besteht aus insgesamt 10 selbständigen Schotterterrassen. Nach ihrer Ausbildung, Lage und Erstreckung wird man auf voneinander getrennte Gletschervorstöße mit jeweils eigenem Erosions- und Akkumulationsablauf schließen müssen. Die zugehörige Altmoränenzone ist ebenso aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt. Die Mindelzeit PENCK'S wäre danach eine an Eigenleben besonders reiche Eiszeitengruppe. Ein Novum der alpinen Eiszeitforschung.

Abstract. The object of investigation is the Grönenbacher Feld, the *locus typicus* of PENCK'S Mindel glaciation. Its uniform nature assumed so far exists neither geomorphologically (outwash gravel) nor geologically (younger Deckenschotter); on the contrary, it is composed of 10 independent gravel terraces. On the basis of their facies, position and extension various glacial advances in connection with independent processes of erosion and accumulation may be assumed. The older moraine zone is also built up of different parts. It may thus be said that PENCK'S Mindel glaciation comprises a group of glaciations which is particularly rich in inner life, a novel feature in the study of Alpine glaciation.

1. Vorbemerkungen

Sein großes Eiszeitwerk beginnt ALBRECHT PENCK 1901 mit den „neueren Aufgaben der alpinen Eiszeitforschung“ (S. 2—10). Eingehender und klarer als schon 1882 in seinem ersten Werk (Kap. I u. XXIX) stellt er drei große Probleme der Eiszeitforschung heraus; „*Die Ausdehnung der alten Gletscher, ihre periodische Wiederkehr und ihr Einfluß auf die Gestalt der Erdoberfläche.*“ Es sind die großen Probleme der Eiszeitforschung bis heute geblieben. Zwar hatten sich schon vor ihm eine ganze Reihe von Forschern in einer beachtlichen Zahl von Publikationen mit Fragen der Eiszeitforschung befaßt, erstmals aber zu einer umfassenden Problemerkennntnis vorgestoßen zu sein, die Fülle der Fragen nach ihrer Bedeutung geordnet und die Kernfragen entsprechend herausgestellt zu haben, das ist — neben der riesigen Zahl von Beobachtungen und Erkenntnissen, mit denen er aufwartet hat — sein einmaliges und bleibendes Verdienst.

In der alpinen (geologischen und geomorphologischen) Eiszeitforschung kehrte er den bisherigen Forschungsgang sozusagen um 180 Grad um. Seine Vorgänger verfolgten die Glazialbildungen „von den innersten Teilen des Gebirges“ in den Tälern abwärts nach außen hin; er ging den umgekehrten, richtigen Weg: von außen her, „in den Tälern aufwärts zum Gebirge hin“ (1901/09, S. 12). Schließlich erkannte er — und das ist das Erstaunliche — von Anfang an die verschiedene Aussagekraft der einzelnen Räume: Vornweg rangiert die Nordseite der Ostalpen, danach die Nordseite der Westalpen, dann die Südseite der Alpen und schließlich die Ostseite. An der Nordseite der Ostalpen wiederum gab er dem Iller-Lechgebiet den Vorzug; mit ihr beginnt er das erste Buch seines großen Werkes, dabei mit der Analyse des Gebietes um Memmingen, wo man den Aufbau am besten kennenlernen könne (S. 27—58). Vier Schotterfluren, das *Memminger*, das *Hitzenhofer*, das *Grönenbacher* und das *Hochfeld*, weist er jeweils einer Eiszeit zu. „Die vier Felder von Memmingen“ sind also Ausgangspunkt, Schlüsselstelle und Musterbeispiel für

alle seine weiteren Untersuchungen und Ausführungen über „Die Alpen im Eiszeitalter“ (A.i.E., Fig. 2; hier Abb. 1).

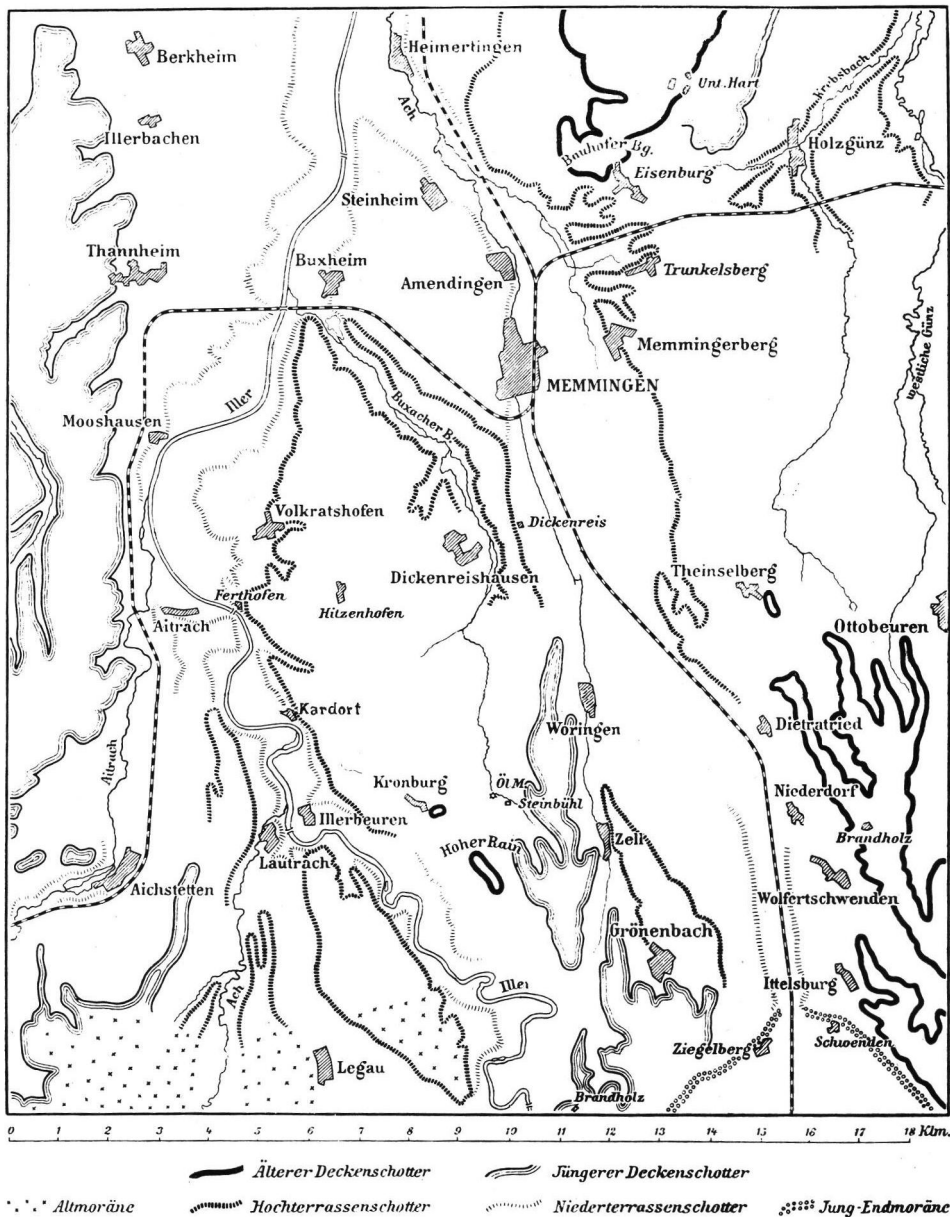


Fig. 2. Die Schotterfelder der Gegend von Memmingen.

Abb. 1. Lage und Verbreitung der vier PENCKschen Schotterfelder von Memmingen (aus A.i.E., S. 29)

Wie verhält es sich heute damit? Seit Erscheinen der 1. Lieferung der A.i.E. sind über 70 Jahre vergangen, und die Eiszeitforschung hat in dieser Zeit eine ungewöhnliche Entwicklung genommen, zuletzt allerdings in anderen Gebieten stärker als im Alpenraum. Und hier ist auffallend, daß dem von ALBRECHT PENCK als Glanzstück betrachteten Memminger Gebiet in der Folgezeit nur noch wenig Beachtung geschenkt worden ist. Auch BARTHEL EBERL geht in seinem Werk bloß randlich und nebenbei darauf ein (S. 17/18, 79, 234, 262/63, 277, 302). Später wurde lediglich das Memminger Feld (= wärmeiszeitliche NT) näher behandelt (SCHAEFER 1940, 1953; GRAUL 1953; STEPP 1953), und zum Hitzenhofer Feld (= rißeiszeitliche HT) habe ich dort wie an verschiedenen anderen Stellen vorerst nur Einzelbeobachtungen und Teilergebnisse bringen können (1951 u. a. O.). Aber schon diese wenigen Arbeiten zeigen, wieviel verwickelter die Verhältnisse selbst hier liegen, wo sie PENCK besonders klar gegliedert glaubte. Bis zu welchen geologischen Details man vorstoßen muß und wie schwierig eine geomorphologische Analyse sein kann, soll nach dem Memminger Feld nun auch für das *Grönenbacher Feld* vorgeführt werden, also für jenes zweite Teilstück in PENCKS „System der Glazialbildungen“, aus dem er seine *Mindeleiszeit* abgeleitet hat.

Wenn PENCK zur Namensgebung die Mindel wählte, so führt er dafür an, daß sich der Grönenbacher Schotter nach NW hin im Tal der württ. Roth fortsetze. Zwar wäre der entsprechende Schotter auch im Mindeltal ein Talschotter; jedoch käme es bei Mindelheim zu der geforderten deckenähnlichen Talverbreitung „von mehreren Kilometern Weite“ (= „Jüngerer Deckenschotter“, A.i.E., S. 54, 110, 113). Es spielte aber gewiß noch ein anderer Grund eine Rolle, vielleicht sogar die Hauptrolle: Denn deckenförmig war — nach PENCKS eigener Darstellung — schon der Schotter im Grönenbacher Feld entwickelt. Jedoch fehlte hier ein Flußname, der mit einem zwischen G (= Günz) und R (= Riß) liegenden Konsonanten begann, damit PENCK in seiner alphabetischen Reihenfolge bleiben konnte. Der *locus typicus* für seine *Mindeleiszeit* ist nicht das Gebiet um Mindelheim, sondern das *Grönenbacher Feld*.

Hier ist in methodischer Hinsicht — zur Arbeitsweise und Darstellungsart ALBRECHT PENCKS wie auch BARTHEL EBERLS — eine Bemerkung am Platze, die einen ersten grundsätzlichen Wandel in der alpinen Eiszeitforschung anzeigt. Beide gehen — vielleicht nicht von Anfang an, wohl aber in ihren Hauptwerken — von festen Prämissen aus: Bei PENCK war es die Viergliederung, bei EBERL, damit sein System mit der Strahlungskurve übereinstimmte, die Fünfgliederung (mit insgesamt 12 Gletschervorstößen). Es werden in keiner Weise die überragenden Verdienste PENCKS durch die Feststellung gemindert, daß die Auffindung von 4 verschiedenen alten Fluvioglazialschottern in den meisten circumalpinen Talbereichen nicht mehr unüberwindliche Schwierigkeiten bereitete, nachdem durch seine Viergliederung der Monoglazialismus endgültig überwunden war. In dieser Hinsicht hatte es EBERL wieder schwerer, der für sein System viel mehr, nämlich 12 verschieden alte Fluvioglazialschotter vorführen mußte, von denen drei älter als die PENCKSchen günzeiszeitlichen sein sollten. Immerhin: Beide konnten ihre Feldarbeiten jeweils beenden, wenn die ihren Leitprinzipien entsprechende Zahl vorlag. Nicht viel anders haben es die meisten Späteren, die sich mit diesen Fragen befaßten, vor allem die Schüler PENCKS, gehandhabt.

Das ist heute anders. Nun heißt es, die Diluvialbildungen ohne eine vorgefaßte Meinung, genauer: ohne ein bestimmtes Gliederungssystem aufzunehmen — zuerst in jedem einzelnen Tal- und Moränenbereich, danach in größeren zusammenhängenden Gebieten, ehe an die Frage der Zusammengehörigkeit und der Gliederung gegangen werden kann. An genauen Einzelaufnahmen mangelt es aber noch sehr. Wo solche vorliegen, hat sich bisher fast immer gezeigt, daß weder das PENCK'sche noch das EBERL'sche System zu einer befriedigenden Erklärung ausreichen.

Bei den Arbeitsmitteln ist noch kein grundlegender Wandel eingetreten. Was die Karten anbetrifft, war man, so merkwürdig das auch klingen mag, früher mit den alten bayerischen Positionsblättern (1 : 25 000) besser dran. Zur Einmessung der stratigraphischen Grenzen sind Höhenpunkte viel wichtiger als Höhenlinien. Solche sind aber auf den neuen bayerischen Karten (im Gradabteilungsschnitt 1 : 25 000) — zumindest auf der Iller-Lechplatte (= Reg. Bez. Bayerisch-Schwaben) — viel zu wenige vorhanden.

So finden sich im Kartenbereich des Grönenbacher Feldes nur 16 Höhenpunkte, davon sind aber 3 im Gelände nicht festlegbar, und 2 korrespondieren nicht mit den anderen; es verbleiben 10, auf je 2 km² also knapp 1 Höhenpunkt. Andere Gebiete der Iller-Lechplatte sind damit noch schlechter bestellt; so entfällt im Bereich des Mindeltales, wovon meine nächste Arbeit handelt, 1 (im Gelände auffindbarer) Höhenpunkt auf 3, manchmal erst auf 4 km². In entsprechenden Gebieten westlich der Iller stehen in den württ. Karten je km² stets 4—6 Höhenpunkte, also zehnfach so viel zur Verfügung. Rechts der Iller werden hingegen wegemäßig umständliche, immer wieder zeitraubende Fahrten zu entfernter liegenden Meßpunkten notwendig. Zum Schluß bleibt oft nichts anderes übrig, als von sicher erkannten Höhenpunkten aus ein eigenes engmaschigeres Höhenpunktnetz zu schaffen.

Selbstverständlich haben die inzwischen hochentwickelten neuen Höhenmeßgeräte die eigene Meßtätigkeit sehr erleichtert¹⁾. Aber auch sie bleiben von den Luftdruckveränderungen abhängig, und da kann entscheidend sein, ob zwischen zwei einzumessenden Aufschlüssen 1 Stunde (Fußmarsch) lag oder nur 5 Minuten (Autofahrt) vergangen sind. Im Grönenbacher Feld z. B. sind Meßgenauigkeiten von 1 bis 2 m erforderlich; schon bei einer solchen von 2 bis 3 m können falsche Einordnungen die Folge sein, da die geologisch-geomorphologischen Einheiten meist nur eine Höhendifferenz von 4—5 m haben. Jedoch sollte, wer heute über ein modernes Höhenmeßgerät und über ein Automobil verfügt, nicht allzu schnell ungenaue Höhenangaben in früheren Publikationen ankreiden — ganz im Gegenteil: eher respektieren, welche verhältnismäßig genauen Höhenwerte geliefert worden sind — zu einer Zeit, als man auf die alten Aneroide und als Fortbewegungsmittel — wie PENCK — auf Eisenbahn und Stellwagen oder — wie EBERL und lange Zeit auch noch ich — auf Eisenbahn und Fahrrad angewiesen war, am meisten aber gepäckbeladen auf die eigenen Füße.

Wandel und Fortschritt der Eiszeitforschung im Ausgangsgebiet der A.i.E. werden besonders in den bildlichen Darstellungen sichtbar. In PENCK'S Fig. 3 (siehe Abb. 2) erscheinen die Verhältnisse einfach und klar, bestechend klar. Kein Wunder, daß dieses erste Querprofil der A.i.E. das Modell für alle weiteren dieses Werkes wurde und darüber hinaus das Leitbild für ungezählte Forschungsarbeiten danach. In den zwei dieser Arbeit beigefügten Tafeln hingegen erscheinen die Verhältnisse vielschichtig und schwierig, vor allem aber recht seltsam — wie kaum sonst irgendwo auf der Iller-Lechplatte.

Die Beendigung dieser Arbeit wurde in finanzieller Hinsicht durch das stets großzügige Entgegenkommen der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* sichergestellt, der ich hiermit meinen besonderen Dank ausspreche. Zu den Druckkosten, spez. für die Tafeln u. Abb., steuerte die Stadt Memmingen einen Zuschuß bei, wofür ich ihrem Kulturamtsleiter Braun zu herzlichem Dank verpflichtet bin. Nicht unerwähnt darf die Unterstützung des *Bayer. Geolog. Landesamtes* bleiben, die mir auch nach meinem Ausscheiden zuteil geworden ist, vor allem seit seiner Amtsführung durch den jetzigen Präsidenten Dr. Vidal. Der *Universität Regensburg* danke ich für das Forschungs-Freisemester, mit dem der Abschluß dieser Arbeit ermöglicht worden ist. Stellvertretend für viele Einheimische (Landwirte, Waldarbeiter, Forstbeamte, Bauunternehmer, Bürgermeister), denen ich Dank für mancherlei Auskünfte schulde, nenne ich Herrn Dr. Robert Stepp, Gymnasialprofessor in Memmingen, der bei aller seiner Berufstätigkeit den Kontakt mit der geologischen und geographischen Forschung nie verloren hat.

¹⁾ Ich selbst benutze das schwedische Gerät „Paulin“ oder das schweizerische Gerät „Thommen“.

2. Forschungsgeschichte

PENCK hat seine Vorstellungen über das Grönenbacher Feld und die Mindeleiszeit im 1. Kapitel der A.i.E. dargelegt (S. 27—58); seine hier in Abb. 2 wiedergegebenen Fig. 3 und 4 zeigen die Lagerungsverhältnisse im Querprofil, der erste Aufriß seiner Tafel I auch im Längsprofil. Die Schottermächtigkeit nimmt von 15—20 m im N auf 40 und 50 m im S zu, entsprechend auch das Gefälle von 4 bzw. 5,5 ‰ (für die Schottersohle bzw. Schotteroberfläche) auf 10 ‰ bei Grönenbach, weiter südlich sogar auf 13 ‰, wie es für den Übergang zu Moränen typisch ist. Die Verknüpfung mit ihnen erfolgt bei den Einöden Brandholz und Manneberg, unweit der Illerbrücke der Grönenbach—Legauerstraße, etwa 1 km nördlich der Jungendmoränen. Es handelt sich um einen einheitlichen Schotterkörper, der das Grönenbacher Feld aufbaut, ebenso einheitlich ist die mit ihm durch einen großen Übergangskegel verbundene Altmoränenzone.

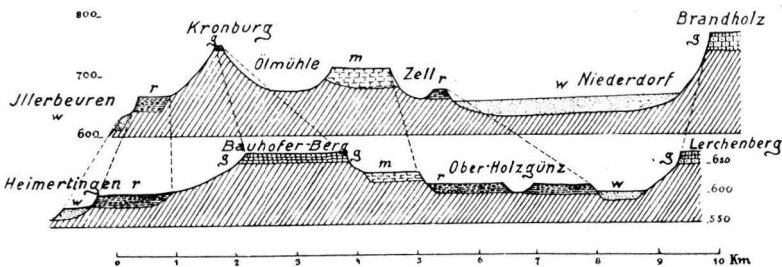


Abb. 2. Das für die Viergliederung PENCKs bezeichnende Querprofil durch die Memminger Schotterfelder (aus A.i.E., S. 31)

EBERLS Vorstellungen über den Aufbau des Grönenbacher Feldes gehen besser aus dem seinem Werk beigefügten Kärtchen 1 : 250 000 hervor, im Text ist davon nur kurz an zwei Stellen die Rede (S. 79 u. 277). Danach wird das Grönenbacher Feld zweigeteilt, ein mittlerer Streifen, im Woringer Wald, stellt einen höheren M I-Schotter dar, „an seine Flanken angelehnt erscheint in niedrigerem Niveau der Mindel II-Schotter“. Jener verbindet sich mit der Moräne von Brandholz und Manneberg, dieser mit einer weiter vorgeschobenen Moräne bei Haitzen und Hohmanns.

Eine Geländeuntersuchung scheint EBERL hier aber nicht durchgeführt zu haben. Seine Teilung des Grönenbacher Feldes dürfte aus dem Kartenstudium erschlossen sein, ebenso seine M II-Moräne, die im Gelände nicht vorhanden ist, auch wenn die auf der topographischen Karte erscheinenden flachgewölbten Rücken den Eindruck einer Altmoräne erwecken.

Der VERFASSER widmete sich dem Grönenbacher Feld 1949/50 bei der Vorbereitung der Quartär-Exkursion durch die Riß-Lechplatte 1950²⁾. Dabei ergab sich eine Aufspaltung — auf jeden Fall im Raum nördlich des Zeller Mühlbachtals — in mindestens drei

²⁾ Die Exkursion wurde jedoch am Grönenbacher Feld vorbeigeführt, so daß diese und andere damit zusammenhängende Fragen nicht behandelt werden konnten — wie etwa die von mir damals entdeckten verwitterten Liegend-Schotter von Fautzen oder — dicht daneben — die EBERLsche M II-Moräne von Haitzen und Hohmanns. Das hatte folgenden Grund: Seit Erscheinen des EBERLSchen Werkes (1930) war dies die erste größere Exkursion durch die Iller-Lechplatte; an ihr nahm Barthel EBERL sozusagen als Ehrengast teil. Es wäre höchst unschicklich gewesen, alsbald nach Eintritt in sein ehemaliges Arbeitsgebiet mit der Demonstration und Diskussion eines ihm ganz offensichtlich unterlaufenen Irrtums zu beginnen.

verschieden alte mindeleiszeitliche Schotter, die sich — auch das anders als bei EBERL — dem Alter nach von W nach O tiefer staffeln. Als mir in der Zeit meiner Zugehörigkeit zum Bayer. Geolog. Landesamt die Aufnahme des Blattes 8027 (Memmingen) oblag, mußte ich mich, da sein Nordende noch in dieses Kartenblatt hineinreicht, 1954/55 erneut mit dem Grönenbacher Feld befassen und kam zu einer Gliederung in 6 Schotter. Der dritte Forschungsvorstoß fiel in die Jahre 1971/72 und führte zu den hier vorgelegten Ergebnissen.

3. Das Arbeitsgebiet und sein Erforschungsstand

Gradabteilungskarte 1 : 25 000, Bl. 8027 (Memmingen) und 8127 (Grönenbach); Positionsblätter 726 (Memmingen) und 750 (Grönenbach); Topographische Karte 1 : 50 000, Bl. L 8126 (Memmingen); Karte des DR 1 : 100 000, Bl. 648 (Memmingen). Geolog. Karte von Bayern 1 : 500 000, Geolog. Übersichtskarte von Württemberg 1 : 200 000, Bl. 4.

Das Grönenbacher Feld bildet eine nach außen gut umgrenzte, verhältnismäßig geschlossene Hochfläche. Das macht ihre Höhenlage sowie die — von außen gesehen — fast durchgehend erscheinende Bewaldung. Sie ist jedoch durch zwei größere Grünlandflächen unterbrochen — etwa in der Mitte, w. Zell, mit den Einöden Molzen, Heißenschwende, Wieslings, Hörpolz, Schachen, Hohmanns und Haitzen, sowie im S, im Altmoränengebiet, mit den Einöden Brandholz, Manneberg, Greit und VormWald. Seinen Anfang nimmt das Grönenbacher Feld an den äußersten Jungendmoränen (Sommersberg—Herbisried—Kornhofen), die zur Illertalzung des ehem. Illergletschers gehören. Nach N verschmälert es sich und endet, spitz auskeilend, nw. Woringen. Der höchste Punkt liegt mit 789 m im S, am Brandholz (w. Herbisried), der tiefste mit 682 m am Nordende „im Brändle“. Nach O fällt die Hochfläche des Grönenbacher Feldes steil zum 50—60 m tieferen „Memminger Feld“ ab, wobei sich von Grönenbach bis Zell eine HT zwischenschaltet, die sich beim „Waldegge“ aus dem Trockental des Memminger Feldes heraushebt („Terrassenkreuzung“). Die westliche Grenze ist im S das um 160 m steil eingesenkte Illertal (622 m), im N das 60 m tiefer liegende Buxachtal (622 m); dazwischen bildet ein Höhenzug eine nicht minder markante Grenze, der Schotterrücken des Hohen Rains (757 m), der das Grönenbacher Feld um 40—50 m überragt.

Durch das diagonal von SW nach NO und N, vom Pkt 697 über Sägemühle Rothenstein nach Zell ziehende Zeller Mühlbachtal wird das Grönenbacher Feld in zwei Hälften zerlegt. Die Entwässerung der nördlichen erfolgt hauptsächlich durch die Buxach und ihre Quellarme, die der südlichen durch den Zeller Mühlbach, dessen wichtigster Zufluß der Greiter Bach ist, der bis zu den äußersten Jungendmoränen zurückreicht. Sonst haben nur wenige weitere vermocht, tiefer in das Grönenbacher Feld einzudringen; daher sind Trockentäler eine häufige, aber landschaftlich besonders reizvolle Erscheinung.

Die Erstreckung in der Längsrichtung beträgt 11 km, in der Querrichtung im S 4 km, weiter nördlich nur etwa 2 km und schließlich bloß noch 1 km. Die Flächengröße beträgt rd. 20 km².

Aus diesem verhältnismäßig kleinen Gebiet führt PENCK 5 Aufschlüsse an, aus dem Text könnte man auf 2 weitere schließen³⁾; die Zahl der von ihm besuchten Aufschlüsse wird nicht mehr als ein Dutzend betragen haben. Es hatte aber ausgereicht, um das Grönenbacher Feld als 2. Glied in seinem System der vier Glazialablagerungen auszuweisen.

3) A.i.E., S. 30 — und zwar zur Bestimmung der Schottermächtigkeit am Nord- und Süd-Ende des Grönenbacher Feldes. Unmittelbar genannt sind folgende Aufschlüsse: 1. bei Grönenbach, Kgr (S. 30), 2. bei Untersteinbühl, Stbrch mit T/Q in 690 m (S. 31), 3. am Mühlsteig mit T/Q in 675 m (S. 31), 4. zwischen Grönenbach und Rothenstein mit T/Q in 700 m (S. 36), 5. bei Brandholz und Manneberg, Wechsellagerung von Schotter und Moränen (S. 37).

Das Grönenbacher Feld

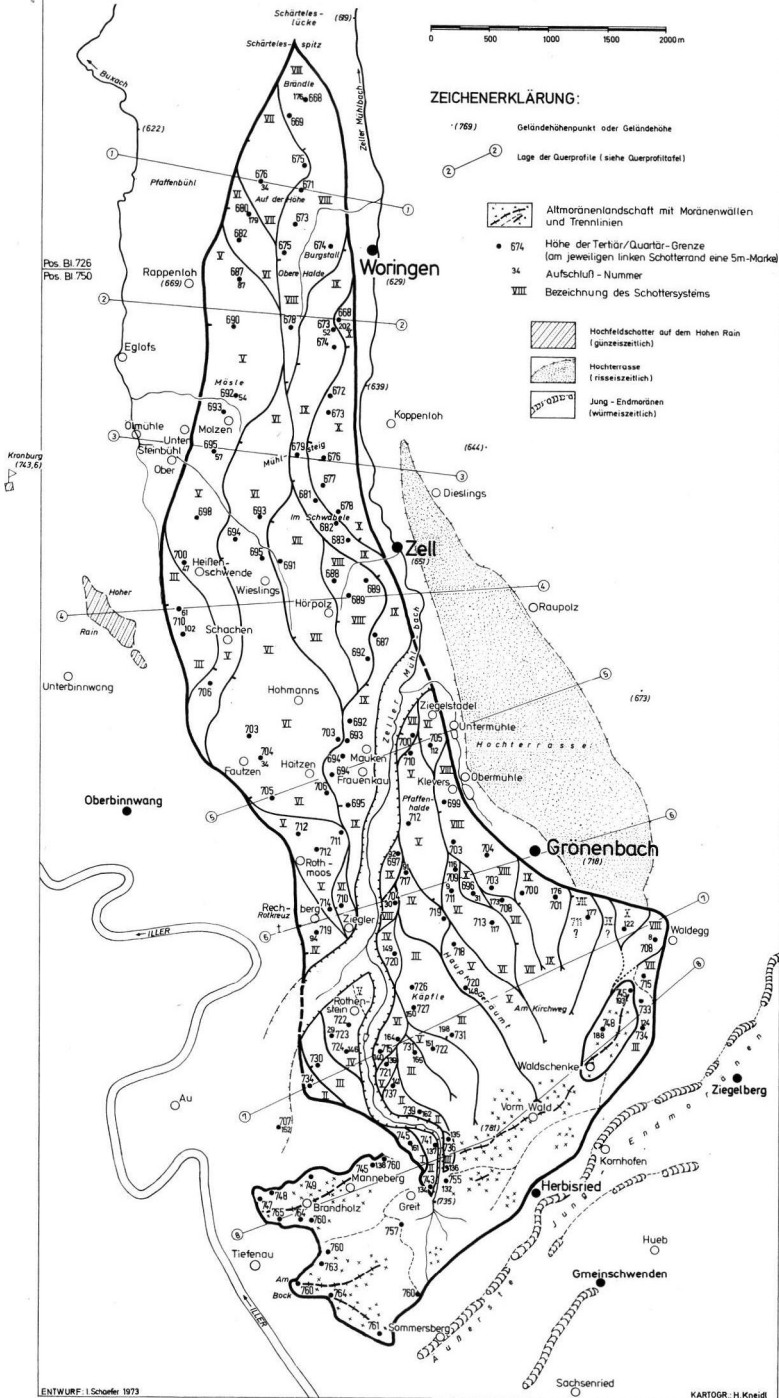


Abb. 3. Die Gliederung des Grönenbacher Feldes, des „locus typicus“ für PENCKs Mindeleiszeit, in 10 Schotterterrassen.

Um den Wandel in der Forschungsintensität kenntlich zu machen, um zu zeigen, welche Kleinarbeit heute geleistet werden muß, seien die für die vorliegende Abhandlung aufgenommenen Aufschlüsse genannt: 98 Kiesgruben im Quartär und 96 weitere Aufschlüsse, die für die Feststellung, vor allem der T/Q-Grenze von Belang waren, pro km² also mehr als 9. Hinzu treten die sonstigen Beobachtungen an Gewässern, Bodenformen, Vegetation oder Siedlungsanlagen. Eine größere Aufschluß- und Beobachtungsdichte war kaum mehr möglich; sie wurde aber auch nötig, denn erst so schälte sich allmählich der tatsächliche Bau des Grönenbacher Feldes heraus, wie ihn die Abb. 3 wiedergibt^{3a)}.

Die geologische Aufnahme des Blattes 8027 (Memmingen) durch den Verfasser liegt im Manuskript vor und nach Abfassung der Erläuterungen zum Druck bereit. Die nördlich und südlich anschließenden Blätter (7927, Amendingen und 8127, Grönenbach), stehen vor ihrer Fertigstellung.

4. Geländebefunde

4.1. im Schottergebiet, 4.1.1. zur Stratigraphie, 4.1.1.1. Querprofile^{3b)}

Die nördliche Hälfte des Grönenbacher Feldes zeigt ihren Bau in den Querprofilen 1—4 (Tafel I). Aus ihnen wird ersichtlich, daß es sich nicht um eine geschlossene Schotterdecke („Jüngerer Deckenschotter“), sondern um eine Reihe von Schotterterrassen handelt.

Schon im *Querprofil 1* finden sich ihrer zwei; in den weiteren liegen drei, vier und schließlich sieben gestaffelt nebeneinander. Das ist nicht eine Beobachtungsauswertung, die man auch in anderer Weise vornehmen könnte, etwa in der PENCKschen Vorstellung der Einlagerung eines mächtigen fluvioglazialen Schotters in ein im Querschnitt muldenförmiges Tal mit entsprechend nach seiner Mitte hin abfallender Aufschüttungssohle.

Dagegen spricht das *Querprofil 2*, wo die Schottersohle am westlichen Hang des Burgstall-Tälchens in 678 m liegt (Schotter VIII), gegenüber aber am östlichen Hang und ein Stück talab in 673 m — wie auf der anderen Seite des Rückens (Schotter IX). Hier findet sich in einem kleinen schmalen Rest, wie angepappt an den höheren Schotter, ein noch tieferer mit einer Sohlenhöhe in 668 m (Schotter X).

Im *Querprofil 3* hat der westlichste Schotter (V) von der Einöde Molzen rings um das Ende des Riedels herum eine gleiche Schotter-Unterkante (Uk) in 693/95 m. Ebenso hat der östlichste Schotter (X, am Mühlsteig) an seinem Ostabfall wie an seinem Westrande, wo er an den höheren Schotter (IX) angelagert ist, die gleiche Uk (675 m).

Dieses Querprofil deckt sich mit dem mittleren Teil des ersten Querprofils der A.i.E. mit dem Schnitt durch das Grönenbacher Feld (Abb. 2). Bei seiner entsprechenden Wanderung (von Illerbeuren über die Kronburg nach Zell) gibt PENCK (S. 31) am Aufstieg zum Grönenbacher Feld im Steinbruch von Untersteinbühl (750/57) für die T/Q-Grenze 690 m an, am Abstieg im Mühlsteig 675 m; die Oberfläche hat 710 m. Daraus erschloß PENCK eine sich zur Talmitte hin neigende Schottersohle mit einer Schottermächtigkeit von 35 m. Nun liegen in diesem Mühlsteigprofil aber vier verschiedene Schotter nebeneinander: V hat (im Steinbruch von Untersteinbühl) eine Sohlenhöhe in 695 m; die des östlich anschließenden Schotters (VI, in 690 m) wird hier nach beiden Seiten hin verdeckt. Die des Schotters IX ist im Mühlsteig in 679 m zu fassen und erst danach folgt die von PENCK angeführte Uk in 675 m. Der dazu gehörige Schotter (X) bildet sogar — trotz aller Soliflukationsabflachung — kleine, aber deutlich von den höheren abgesetzte Terrassenreste, so nördlich des Mühlsteiges in 696/97 m und südlich in dem kleinen, nach O vorgehenden Sporn in 698 m.

Die Verschiedenheit der einzelnen Schottersohlen tritt besonders klar im *Querprofil 4* heraus. Die des hier höchsten Schotters (III) ist nur am Westhang (in 709/11 m) zu fassen,

^{3a)} Von den aufgenommenen Aufschlüssen werden nur die im Text genannten eingezeichnet. Der notwendigen Verkleinerung wegen erscheinen bloß die Nummern; aus der am linken Rand markierten Grenze zwischen den Pos.bl. 726 u. 750 ist aber ersichtlich, um welchen Aufschluß es sich handelt (726/176 oder 750/176).

^{3b)} Lage der Querprofile: siehe Abb. 3.

der Osthang ist durch Solifluktionslehm verkleidet. Die Uk des benachbarten Schotter (V) erscheint in 702 m — sowohl am Westabfall des Rückens von Heißenschwende als auch an dessen Ostabfall. Am Hang östlich gegenüber liegt die Uk plötzlich 5 m tiefer (in 697 m); sie gehört zum Schotter VI, der den Rücken von Wieslings einnimmt. Am Hang östlich davon findet sich wiederum eine um 5 m tiefere Uk (in 692 m, Schotter VII), die sich in der gleichen Höhe (692/93 m) auch auf der anderen Rückenseite, an der Talflanke bei Hörpolz, fassen läßt. Die Uk im Rücken östlich davon liegt erneut 5 m tiefer (688 m, Schotter VIII), in der gleichen Höhe (688/89 m) auch am Steilabfall auf der anderen Seite über Zell. Nördlich davon finden sich „im Schwabele“ noch zwei tiefere Schotter (mit Uk in 685 und 680 m), die zu den Schottern IX und X, den tiefsten des Grönenbacher Feldes, gehören.

Die südliche Hälfte des Grönenbacher Feldes zeigt einen vielfältigeren Bau, aber die gleiche Aufspaltung in einer Serie von verschiedenen Schottersträngen. Die Querprofile 5 und 6, die sich über das Zeller Mühlbachtal hinweg auf beide Hälften erstrecken, erweisen deren Zusammengehörigkeit und damit die Einheitlichkeit des „Grönenbacher Feldes“: Die Schotterstränge des Nordteils lassen sich zwanglos mit denen des Südteils verbinden.

Im *Querprofil 5* liegt die Uk des Haitzener Schotter (VI) am Westabfall in 750 m⁴), ebenso an seinem Ostrand. Der unmittelbar daran gelagerte Schotter IX hat eine um 11 m tiefere Uk (in 694 m). Noch deutlicher wird die Nebeneinanderstaffelung der Schotter auf der anderen Seite des Zeller Mühlbachtals, am Nordende des PfaffenhaldeRückens. An dessen Ostabfall liegt die Uk in 705 m, am Westabfall jedoch in 700 m; der an sich schon schmale Rücken wird also in seiner Osthälfte vom Schotter VI, in der Westhälfte vom Schotter VII eingenommen. Aber nicht genug damit: Südlich des letzteren setzt sprungartig höhergestaffelt ein Schotter mit Uk in 710 m ein (V), und nördlich davon finden sich Reste von drei tieferen Schottern — mit Uk in 696 m (VIII), 692 m (IX) und 688 m (X). Ähnliche Reste von tieferen Schottern (VII und VIII) erscheinen auch auf der Ostseite. Beim PfaffenhaldeRücken handelt es sich um einen Mündungszwickel, wo häufig Reste von Flußablagerungen am längsten und vollständigsten zu erhalten sein pflegen.

Das *Querprofil 6* zeigt im Westen einen Schnitt durch den Rechberg Rücken, in dem mindestens zwei, wenn nicht gar drei Schotter liegen (IV mit Uk in 719 m, V in 714 m und möglicherweise VI in 710 m). Nördlich davon sind (in der alten Kgr dicht n. Rothmoos) noch ein oder gar zwei tiefere Schotterreste (VII und VIII) angelagert. Auf der anderen Seite des Zeller Mühlbachtals quert oder berührt die Straße nach Grönenbach fünf Schotter: Den in der großen Kgr rechts der Straße mit Uk in 704 m (VII oder VIII), gleich nördlich setzt IX mit 699 m ein, etwas daneben liegt IV mit Uk in 718/19 m, beim Abstieg V mit Uk 715 m und VI mit Uk 710 m. Bis in den Ort hinein treten an die Straße noch einmal vier oder fünf verschiedene Schotter: In der Kgr am Sportplatz X mit Uk in 696 m, nw. gegenüber scheint der an der Straßenböschung der anderen Talseite angeschnittene Schotter zu IX zu gehören, weiter beim Anstieg gen Grönenbach findet sich an der linken (nördlichen) Straßenböschung VIII mit Uk in 703 m, der den Grönenbacher Schloßberg Rücken erfüllt, an der rechten (südlichen) Straßenböschung VII mit Uk in 708 m, und im Ort selbst steht die Pfarrkirche auf dem Schotter IX mit Uk in 701 m.

Im *Querprofil 7* enthält der kleine Rothensteiner Rücken drei oder gar vier Schotter (II mit Uk 734 m, III mit 730 m, IV mit 724 m und vielleicht V mit 719/20 m). Der Form nach erscheint der Rücken wie aus einem Guß, dem schärfer beobachtenden Auge zeigen sich aber drei auch von kleinen Nahtrinnen (bzw. randlichen Einkerbungen) getrennte Rückenflächen. Auf der anderen Seite des Greiter Tälchens hat oberhalb des Stellweihers

⁴) Hier wird die Uk durch den Schotter IX verdeckt, gleich südwestlich liegt sie aber (im Tälchen sö. von Haitzen) in 706 m und nnö. davon (am Steilhang nnw. Mauken) in 703 m; für die Stelle des Querprofils ergibt sich demnach genau 705 m.

der erste Terrassenschotter eine Uk in 715 m (VI); er lagert sich nördlich vor drei ältere Schotter, denen jeweils ein Rücken entspricht: Der westliche Schotter (V) endet in der Kgr an der Waldstraße nach Greit mit Uk in 721 m, im mittleren Rücken liegt der Schotter III mit Uk in 731 m und im östlichen Rücken endet — etwas südlich des Querprofils — wieder der Schotter V mit Uk in 721 m. Selbstverständlich sind auch alle nächsten Tälchen Nahtrinnen: So gehört der Schotter im Waldbezirk „Käpfle“ mit seiner höheren Uk (in 729 m) zu III, der jenseits des folgenden Tälchens (mit dem Hauptgeräumt, Uk unter 722 m) zu V. Am Ostende dieses Querprofils zeigt sich das auch an der Schotteroberfläche (Ok): Über der alten Kgr am Waldegg liegt sie in 734 m und nur 250 m westlich, über der auf der anderen Rückenseite befindlichen Kgr, in 726 m. Entsprechend ist der Rücken durch Einkerbungen geteilt und bildet zwei deutliche Kuppen (736 m und 726 m).

Das *Querprofil 8* verläuft vorwiegend im Moränengebiet. Doch liegen im Greitertal — dicht nebeneinander gestaffelt — die drei höchsten Schotter des Grönenbacher Feldes: I mit Uk in 746 m, II in 741 m und ihm gegenüber III in 736 m. Letzterer erscheint in diesem Querprofil noch einmal im Osten, angelagert an den WaldschenkeRücken mit Uk in 733/34 m. Bis zum nördlich davon liegenden Schotter VIII der Waldegg-Kgr (Uk in 708 m) findet sich noch ein weiterer (VII) mit Uk in 715 m.

Durch diese Querprofile dürfte zur Genüge die PENCKsche Vorstellung von einem einheitlichen Schotterkörper des Grönenbacher Feldes widerlegt sein — ebenso die Vorstellung, daß die zahlreichen Unterschiede in der Höhe der Schottersohlen durch Einlagerung in ein Tal mit muldenförmigem Querschnitt bedingt sein könnten, oder die Vorstellung einer wellenartig verlaufenden Aufschüttungssohle und vollends etwa die eines willkürlichen „Naturspieles“. Es handelt sich vielmehr um verschiedene, jeweils tiefer liegende Schotter, die — scharf, oft fast senkrecht voneinander getrennt — stets in kastenförmigen Tälern zur Ablagerung kamen. Erstaunlich ist die Ebenheit der Aufschüttungssohlen, die im ganzen Grönenbacher Feld in der Richtung des ehemaligen Talquerschnittes jeweils nur um 1—2 m schwankt. Ein größerer Höhengsprung erfolgt immer erst an der Grenze zu einem neuen (tiefer oder höher liegenden) Schotter. Noch erstaunlicher ist die große Zahl; alle 10 Schotterstränge zeigen aber ausnahmslos die gleichen geradezu gesetzmäßigen Erscheinungen.

Ob alle Schottervorkommen richtig miteinander verbunden und eingeordnet worden sind, mag für den Einzelfall dahin gestellt sein. Bei den geringen Vertikalabständen der Schottersohlen (in der Regel jeweils bloß 4—6 m) können allein durch Ungenauigkeiten bei den barometrischen Höhenmessungen falsche Zuordnungen entstanden sein. Nur wenige Kiesgruben reichen bis zum Tertiär hinab — abgesehen davon, daß ohnehin der größte Teil der zahlreichen kleinen und mittleren schon aufgelassen oder gar verschüttet ist. Auf den Grundwasseraustritt als Anzeiger für die T/Q-Grenze ist dort kein Verlaß, wo er unter einem Schuttmantel erfolgt; ebenso sagt selbst der schärfste Hangknick dazu nichts aus, wo er an die unterste Nagelfluh gebunden ist, darunter aber noch loser Kies liegt. Auch Windbrüche, die vielfach an der T/Q-Grenze entstehen, oder Wildpfade, die dort mit Vorliebe verlaufen, oder der Pflanzenbestand können, so gute Hinweise sie auch bieten, leicht in die Irre führen. Als zutreffend hat sich jedoch stets herausgestellt, daß mächtigere Hangrutschmassen — mit großen Nagelfluh-Trümmern und Ausbildung ganzer „Tomalandschaften“ — besonders dort auftreten, wo ein tieferer Schotter auskeilt und so schmal geworden ist, daß schließlich die ganze restliche Wand abgeht.

4.1.1.2. Längsprofile

Diese 10 Schotter des Grönenbacher Feldes verteilen sich über einen Höhenabstand von 40 m. Das bezieht sich auf die *Aufschüttungssohlen* — als das sicherste, weil in der Regel unversehrteste schotterstratigraphische Element. Dieser Vertikalabstand — allein für die Schotter einer Eiszeit — ist so groß, daß ihm nachgegangen werden muß. Am besten eignen sich dazu die Längsprofile — hier jene, die im Greiter Tal liegen, der Hauptabflußrinne, mit der (für Gefällsvergleiche wichtigen) geradesten Erstreckung, dazu noch ohne Moränenüberdeckung (Tafel II).

Schotter I ist n. Greit nur in einem kleinen Vorkommen erhalten (750/161 mit Uk 745 m); eine Gefällsermittlung ist daher nicht möglich. *Schotter II* ist abwärts Greit schon in 3 Vorkommen über 1 km Länge verfolgbar, erst links, dann rechts des Greiter Tales, das Gefälle beträgt 5,5 ‰ (von 750/134 mit Uk 743 m bis 750/141 mit Uk 737/38 m). *Schotter III* hat vom südlichsten seiner 5 Vorkommen, nö. Greit (750/136 mit Uk 737 m), bis zu seinem nördlichsten (w. Schachen, 750/61 und 750/102 mit Uk 710 m) ein Gefälle von 5,4 ‰. *Schotter IV* ist nur rings um Rothenstein und Rechberg in 4 Stücken erhalten und hat ein Gefälle von 5,1 ‰ (von 750/146 mit Uk 724 m bis 750/91 mit Uk 717 m). *Schotter V* läßt sich — wie alle folgenden — über den größten Teil des Grönenbacher Feldes hinweg verfolgen, sein Gefälle beträgt von sö. Rothenstein (750/139 und 750/151 mit Uk 721/22 m) bis sw. Woringen (750/87 mit Uk 687 m) 6,1 ‰. *Schotter VI* hat von seinem südlichsten Vorkommen in der Greiter Rinne (über dem Rothensteiner Stellweiber, 750/140 und 750/164 mit Uk 715 m) bis w. Woringen (726/179 mit Uk 680 m) ein Gefälle von 5,0 ‰. *Schotter VII* ist in der Greiter Rinne nicht mehr erhalten; von s. Grönenbach (750/173 mit Uk 708 m) bis zur Kgr nw. Woringen (726/34 mit Uk 676 m) ermittelt sich ein Gefälle von 5,4 ‰. *Schotter VIII* hat von der großen Kgr n. Rothenstein (750/30 mit Uk 704 m) bis zum „Brändle“ am Nordende des Grönenbacher Feldes (726/176 mit Uk 668 m) ein Gefälle von 5,3 ‰. *Schotter IX* besitzt von w. Grönenbach (750/92 mit Uk 697 m) bis ssw. Woringen (750/52 mit Uk 673 m) ein Gefälle von 5,3 ‰. *Schotter X* ist in der Greiter Rinne nicht vorhanden; von der Sportplatz-Kgr w. Grönenbach (750/31 mit Uk 696 m) errechnet sich bis zu seinem Nordende (ssw. Woringen, 750/202 mit Uk 668 m) ein Gefälle von 5,6 ‰.

Das Gefälle dieser 10 Schottersohlen ist demnach ziemlich gleich, es liegt zwischen 5,0 und 5,6 ‰. Nicht anders ist es bei jenen Schottern, die östlich des Greitertales in das Waldgebiet südlich Grönenbach ziehen: Bei VI (nach 750/117, Uk 713 m) 5,3 ‰, bei VII (siehe oben) 5,4 ‰, bei VIII (nach 750/8, Uk 708 m) 5,1 ‰, bei IX (nach 750/176, Uk 701 m) 5,6 ‰ und bei X (siehe oben) 5,6 ‰.

Die kleinen Schwankungsbeträge — bis zu maximal 0,6 ‰ — haben gewiß lokale Ursachen, meist liegen sie in einem stärker gekrümmten oder mehr geradem Flußverlauf — gegenüber einem früheren. Weiterhin ist bemerkenswert, daß das Gefälle auch innerhalb eines Schotterstranges — vom Anfang bis zum Ende — gleich bleibt.

Die Gefällsverhältnisse der ursprünglichen Schotteroberflächen sind im Bereich des Grönenbacher Feldes schwieriger zu ermitteln. Die schmalen Schotterstränge wurden von der Abtragung nicht nur randlich, sondern meist auf der ganzen Oberfläche angegriffen. Bei ihrer großen Zahl waren zudem die trennenden Terrassenstufen niedrig, die Solifluktion hatte ein leichtes Spiel, sie abzuflachen oder gar zum Verschwinden zu bringen und mit den anfallenden Schuttmassen die tiefere Schotteroberfläche zu überhöhen.

Schotter I und II sind in zu kleinen Resten erhalten, als daß sich die ursprüngliche Oberfläche gegenüber der Abtragung hätte behaupten können. *Schotter III* hat (vom südlichen Rothensteiner Rücken, vom „Käpfle“ und dem entsprechenden Vorkommen dazwischen bis nw. Schachen) ein Oberflächengefälle von 6 ‰; bei letzterem, in einem verhältnismäßig kleinen, bis 717 m aufsteigenden Rücken, wird man allerdings — entsprechend der (anschließend ermittelten) Abnahme der Schottermächtigkeit (um 1 m auf 1 km) — die ursprüngliche Schotteroberfläche bei etwa 721 m ansetzen müssen. *Schotter IV* ist in zu wenigen schmalen Vorkommen erhalten. *Schotter V* hat (von den eben genannten südlichsten Punkten mit 740/45 m bis an sein Nordende mit 692 m) ein Oberflächengefälle von 6,1 bis 6,4 ‰, *Schotter VI* (von 732 m im S bis 695 m im N) ein solches von 6,1 ‰, *Schotter VII* (von s. Grönenbach mit 635 m bis zu seinem Ende nw. Woringen mit 690 m) 6,4 ‰, *Schotter VIII* (vom Grönenbacher Schloßberg mit 726 m bis zum „Brändle“ nw. Woringen mit 686 m) 6,1 ‰. Die ursprüngliche Oberfläche von *Schotter IX* ist im südlichen Teil des Grönenbacher Feldes nur in kleinen, schmalen Vorkommen zu fassen, um so besser an seinem Nordende, in der „Obernen Halde“, ssw. Woringen, bei 690 m; das Gefälle liegt auch hier bei etwa 6 ‰. *Schotter X* hat (von w. Grönenbach mit 720 m oder von osö. Grönenbach mit 726 m bis zum Rücken nö. des Mühlsteiges mit 695 m) ebenso 6,0 ‰.

Für die Schotteroberflächen gilt also dasselbe wie für die Schottersohlen. Ihr Gefälle liegt bei allen Schottersträngen zwischen 6 und 6,4 ‰, es schwankt noch weniger, lediglich um 0,4 ‰. Auch innerhalb jedes einzelnen Schotterstranges verändert es sich kaum.

Den Angaben über die Längs- und Querprofile sind auch die Schottermächtigkeiten zu entnehmen. Bei den Schottern I bis IV betragen sie 10—15 m und nur

ganz im S bis 20 m. Die folgenden Schotter werden etwas mächtiger, schon am Nordende bis 20 m (Schotter IX, ssw. Woringen) und im S bis 22 m (VIII im Grönenbacher Schloßberg, 704—26 m) oder 26 m (VIII in der Waldegg-Kgr, 708—734 m). Das scheinen aber auch die größten Beträge zu sein; wo in Riedeln oder Rücken mächtigere Quartärschichten liegen, ist die Ursache in der Regel eine hangende Moränendecke. Die größere Mächtigkeit der jüngeren Schotter ist auch der Grund für die verhältnismäßig geringen oder — so besonders im S — sogar fehlenden Höhenunterschiede der Schotteroberflächen.

Aus dem Unterschied von etwa 1 ‰ zwischen dem Gefälle der Schottersohlen (5 bis 5,6 ‰) und dem der Schotteroberflächen (6 bis 6,4 ‰) läßt sich die Zunahme der Schottermächtigkeit ermitteln; sie ist verhältnismäßig gering und beträgt etwa 1 m auf 1 km (1 ‰).

Dafür nur zwei Belege, und zwar von jenen beiden Schottersträngen, die am weitesten nach N und nach S reichen: Schotter VIII, mit dem das Grönenbacher Feld im N abbricht, ist „im Brändle“ 15 m mächtig (668-83 m), 4 km weiter südlich (ssw. Zell) 19 m (689-708 m) und 3 km ssö. davon (am Grönenbacher Schloßberg) 22 m (704-26 m). Schotter VII ist nw. Woringen 15 m mächtig (676-91 m) und 6,5 km ssö. davon (ssw. der Kirche Grönenbach) 21/22 m (708-729/30 m). Im ersten Beispiel beträgt die Zunahme der Schottermächtigkeit 7 m auf 7 km, im zweiten Beispiel 6,5 m auf 6,5 km, also stets 1 ‰.

4.1.2. Zur Petrographie, 4.1.2.1. Geröllgröße

Im N des Grönenbacher Feldes sind die Gerölle im Mittel etwa hühneri- bis faustgroß; bis kopfgroße und fußlange kommen nur vereinzelt vor. Nach S sollte man — mit Annäherung an die Moränenzone — eine stärkere Zunahme der gröberen Gerölle erwarten. Der günzeiszeitliche Hochfeldschotter auf dem Hohen Rain z. B. besitzt sie in genügender Zahl, und der Schotter der würmeiszeitlichen Illertal-Niederterrasse gleich westlich daneben führt Gerölle bis Kalbskopfgroße und 40 cm Kantenlänge. In den Schottern des Grönenbacher Feldes bleibt es aber bei der mittleren Geröllgröße. Größere als bis etwa 8 cm Durchmesser und 16 cm Kantenlänge sind vor allem südlich des Zeller Mühlbachtals zahlreicher eingestreut, aber auch hier treten sie gegenüber der Masse der anderen zurück. Das ist so bis an den Moränenraum heran und noch in diesen hinein.

Schotter I hat trotz seiner Lage dicht nö. der Moräne des Manneberger Tobels (n. Greit, 750/161) keine größeren Gerölle. Nicht anders ist es beim ebenso dort einsetzenden *Schotter II* (750/134, 750/137 und 750/162). Der an der Talflanke gegenüber an einer über 20 m hohen Wand anstehende *Schotter III* führt allerdings in etwas größerer Zahl bis kopfgroße Gerölle, die überwiegende Masse ist aber auch hier in der üblichen mittleren Größe ausgebildet (750/135 und 750/136). Größeres Geröll findet sich s. Waldegg (bei 750/124), das aber von dem Waldschenke-Moränenrücken darüber stammen könnte. Beim *Schotter IV*, gleich ssw. Rothenstein (750/29), am Rechberg (750/94) oder w. und sw. Grönenbach (750/91 und 750/149) erscheint ebenso hin und wieder gröberes Geröll, manchmal auch schlechte Schichtung und Sortierung. *Schotter V* ist in der Kgr ob dem Rothensteiner Stellweiher (750/139) auf 19 m Höhe aufgeschlossen; auch hier herrschen die mittleren Gerölle vor. Im Vorkommen ö. davon (750/151) sind die eingestreuten gröberen Gerölle — neben schlechter Schichtung und Sortierung — häufig auch kantig-eckig. Der Kgr im Hauptgeräum (750/148) fehlen solche wieder, der Schotter ist auch verhältnismäßig gut geschichtet. *Schotter VI* hat in seinem südlichsten Aufschluß in der Greiter Rinne (750/164) ebenso keine größeren Gerölle, dicht ssw. Grönenbach heißen allerdings an einem Waldweg (bei 750/117) bis fußlange Gerölle aus. *Schotter VII* besitzt die übliche mittlere Geröllgröße (ssw. und nw. Grönenbach (750/173 und 750/112), ebenso *Schotter VIII* in der großen Kgr am Waldegg (750/8), wo in der hohen Abbauwand (708—734 m) hin und wieder ein größeres Geröll zu sehen ist, ohne daß sich deswegen der mittlere Durchschnitt verändert. Nicht anders ist es bei *Schotter IX und X* (bei 750/92 und 750/31, nw. bzw. wsw. Grönenbach, oder in 750/122, n. des Pflanzgartens).

Wo diese verhältnismäßig geringen Unterschiede der Geröllgröße im Vertikalen eines Schotters auftreten, handelt es sich gewiß — wie auch anderswo — lediglich um die Auswirkung von Lageveränderungen des Gletscherrandes. Sonst aber ist zu beachten, daß auch gleichalte, dicht benachbarte Schotter oft eine ganz andere Geröllausbildung haben, weil sie zu verschiedenen Abflußrinnen gehören.

4.1.2.2. Geröllzusammensetzung

Das Einzugsgebiet des diluvialen Illergletschers, dessen Schmelzwässer das Grönenbacher Feld aufgebaut haben, liegt in den Allgäuer Alpen. Deren Bausteine: Aus der Trias in erster Linie Hauptdolomit, daneben Plattenkalk und Wettersteinkalk, dann die bunte Fülle der verschiedenartigen Jura- und Kreidekalke mit ihren zwischengeschalteten harten (Radiolarit-, Hornstein-, Kiesel-)Gesteinen, dazu die nicht minder reichhaltige Flysch- und Molasseserie — vor allem mit ihren härteren Sandsteinen und Conglomeraten. Alle diese Gesteine finden sich als Gerölle in den Grönenbacher Schottern wieder. Auffallend ist dabei allerdings der Anteil an kristallinem Zeug. Hierzu einige Angaben, die in keiner Weise Anspruch auf letzte Genauigkeit erheben, für die hier zur Entscheidung anstehenden Fragen aber ausreichen⁵⁾.

Schotter I ist nur an einem Wegrand aufgeschlossen (750/161); es läßt sich kein Kristallin erkennen. Bei *Schotter II* kann man nördlich Greit in einer mittleren Höhenlage (von 750/134) auf etwas Kristallin stoßen, der Anteil bleibt aber unter 1 %; die anderen Aufschlüsse sind ohne Kristallin. *Schotter III* hingegen bietet (an dem über 20 m hohen Hangabbruch 750/136 im Greiter Tälchen) in der unteren Hälfte 7 %, stellenweise sogar bis 20 % Kristallin. In der Kgr gleich n. davon (750/135) sind es 8—10 %. Hierzu gehört auch ein Schotterfetzen am Hang gegenüber, dicht südlich 750/137 mit *Schotter II*, von dem er sich nicht nur durch den hohen Kristallinanteil (bis 10 %), sondern auch durch die größeren Gerölle abhebt. Anders ist es wiederum in der nächsten östlichen Rinne, wo (in 750/165) der Anteil unter 1 % liegt. In der nächsten „Käpfle“-Rinne stößt man in den Nagelfluh-Ausbissen (von 750/198) wieder auf mehr Kristallin, nördlich davon (in 750/150) muß man aber schon größere Nagelfluh-Wandflächen absuchen, um wenigstens 1 Kristallin zu finden. *Schotter IV* enthält (in 750/29, bei Rothenstein) etwa 4—5 % Kristallin. *Schotter V* hat (in 750/139, sö. des Stellweihers) bis 7 und 8 % Kristallin, in 750/148 (am Hauptgeräumt) dürften es schätzungsweise bis 4 oder 5 % sein; im Nordteil des Grönenbacher Feldes zählt man (in 750/54, Kgr im „Mösle“ n. Molzen) 3 bis 4, stellen- und lagenweise sogar bis 7 %. Im *Schotter VI* findet man in den Nagelfluhen bei 750/164 (w. des Stellweihers) auffallend viel Kristallin; n. davon sind es in der Kgr 750/34 (zwischen Häitzen und Fautzen) etwa 3—4 %. Im *Schotter VIII* dürfte in 730/30 (an der Straße nach Legau) der Anteil etwa bis 3 % gehen; ähnlich — oder höher — ganz im N in der Kgr „Auf der Höhe“ nw. Woringen (726/34). Bei den *Schottern VIII und IX* tritt in den meisten Aufschlüssen das Kristallin zurück. Zum *Schotter X* gehört gewiß die Kgr 750/122 (n. des Pflanzgartens, am Waldegg), wo die Zählung 1,5 % erbrachte.

Selbstverständlich muß man berücksichtigen, daß der Kristallinanteil stets örtlichen Schwankungen unterliegt — im vertikalen Aufbau wie im Querschnitt eines Schotterstranges, oft schon innerhalb eines größeren Aufschlusses feststellbar. Ebenso ist zu beachten, daß er talab manchmal sehr rasch abnimmt, vor allem wenn viele kristalline Schiefer dabei sind, die im Schottertransport verhältnismäßig rasch aufgearbeitet werden. Trotzdem schält sich folgendes heraus: Die *Schotter I und II* führen kaum oder wenig Kristallin, der Anteil liegt ganz gewiß unter 1 %; hoch ist er dagegen im *Schotter III*, im Mittel 7—10 %; aber auch der in den *Schottern IV, V und VI* ist noch erheblich und liegt bei 3—8 %; in *Schotter VII* hat er nur noch bis zu 2 oder 3 %, und in den *Schottern VIII, IX und X* sinkt er weiter auf 1—2 %, vielfach sogar unter 1 %.

Daß der verschieden hohe Kristallinanteil nicht durch unterschiedliche Verteilung innerhalb eines großen Schotterkörpers erklärbar ist, sondern von einem Schotterstrang zum nächsten wechselt, sei an zwei Beispielen vorgeführt.

⁵⁾ Die genaue Feststellung des Kristallinanteils ist in den Grönenbacher Schottern nicht ganz einfach, da sie zumeist tüchtig verfestigt und die Nagelfluhwände entweder schwer erreichbar oder bemoost oder verwittert und die Geröllhalden darunter oft völlig überwachsen sind. Da es aber in erster Linie auf Vergleiche ankam, wurden an je einem (oder mehreren) Quadratmeter Nagelfluh-Wandfläche die kristallinen Gerölle ausgezählt und — aufgrund des entsprechenden Anteils in losen Geröllen — in überschlägige Prozentwerte umgesetzt, selbstverständlich in ganzen Zahlen; so auch bei Zählungen loser Gerölle (oder bestenfalls mit 1/2- oder 1/4 %-Werten), da die Schwankungen meist schon innerhalb eines Aufschlusses zu groß sind. Wo in der Literatur Angaben mit Dezimal- oder gar Zentesimalstellen erfolgen (3,95 % bei Auszählung von 300—400 Geröllen!), ist es mehr (frommer) Selbstbetrug.

Gleich am Beginn des Greiter Tälchens finden sich die drei ältesten Grönenbacher Schotter. Unter ihnen besitzt der von III einen Kristallinanteil von 7—10, lagen- bzw. stellenweise sogar bis zu 20 %, wie eben für 750/136 und 750/135 gezeigt wurde. Letztgenanntem Aufschluß unmittelbar gegenüber, bloß 50—100 m entfernt, steht (in 750/137) die Nagelfluh von II (mit 5 m tieferer Uk, in 741 m) an; in ihr findet man kein einziges kristallines Geröll. Das andere Beispiel: Am östlichsten Rand des Grönenbacher Feldes besitzt das Waldegg zwei Kgr; eine alte und aufgelassene am Ostabfall (750/8, mit Schotter VIII), wo man ziemlich lange nach einem kristallinen Geröll suchen muß, der Anteil bleibt (in allen Lagen) unter 1 %. In der anderen, im Forstbetrieb genutzten Kgr am Westabfall (750/122, wohl zu X gehörig) stößt man immer wieder auf ein kristallines Geröll; der eben angeführte Wert (von 1,5 %) ist ein Mittelwert, in den unteren Lagen stellt er sich auf 3—2, in den mittleren auf 2—1 und in in den oberen auf 1 %. In dem Waldegger Doppelrücken (736 m im O und 726 m im W) liegen demnach zwei schon durch ihren verschiedenen Kristallgehalt deutlich voneinander getrennte Schotter.

Die Gerölluntersuchungen bestätigen also die schon auf schotterstratigraphischem Wege gewonnenen Ergebnisse der Aufgliederung des Grönenbacher Feldes in eine Reihe von selbständigen Schotterterrassen mit eigenen Schotterkörpern.

4.1.3. Zur Geomorphologie, 4.1.3.1. Nahrinnen und Abflurrinnen

Der Aufbau des Grönenbacher Feldes aus verschiedenen Schottern spiegelt sich — trotz ihrer geringen Vertikalabstände — auch noch in der Oberflächengestaltung wider. Selbstverständlich begann die fluviatile Zerschneidung von den Rändern her, also im W von den tiefer liegenden Talgebieten der Buxach und der Iller (bzw. ihres Vorläufers) und im O vom Grönenbach-Memmingertal. Beim weiteren Eindringen jedoch folgte die Zertalung immer mehr den Grenzen zwischen den einzelnen Schottersträngen, so daß allmählich fast alle Täler und Tälchen im ganzen oder auf lange Strecken hin zu Nahrinnen wurden. Man kann immer wieder nur staunen, wie selbst unbedeutende petrographische, stratigraphische und geomorphologische Unterschiede vom Gewässer aufgespürt werden. Beispiele: Das Tal w. Worringen zwischen den Schottern VIII und IX, die Buxachzuflüsse zwischen den Schottern V, VI und VII, das Tälchen w. Zell zwischen VII und VIII. Andere, die jünger und kürzer sind, schwenken, wo sie im Zuge ihrer rückschreitenden Erosion eine Naht erreicht haben, alsbald in diese ein, wie etwa der Bachgrund nördlich Molzen zwischen die Schotter V und VI oder der von Mauken—Frauenkau zwischen VI und IX.

Aus Lage und Verbreitung (Abb. 3) sowie aus den Querprofilen der Schotterstränge und Schotterterrassen (Taf. I) läßt sich auch die Flußgeschichte erkennen. In der nördlichen Hälfte ist sie verhältnismäßig einfach zu deuten. Der Schmelzwasserstrom ist nach und nach von W nach O gewandert. Allerdings war das anfangs noch nicht ununterbrochen der Fall; denn die älteren Schotter wurden — bis auf einen Rest von III — durch V beseitigt; auch dicke Sandlagen in Kgr am linken Rand dieses Schotters (750/47) weisen auf das westliche Tertiärgebiet. Anschließend erfolgte die Abwanderung nach O hin aber stetig, am stärksten war sie in der Breite zwischen dem Hohen Rain und Zell. Dazu wird der Vorläufer des Zeller Mühlbaches beigetragen haben, dessen Oberlauf, wie STEPP (1953, S. 182) dargelegt hat, damals jenseits des erst während der Würmeiszeit entstandenen Illercañons (SCHAEFER 1940, 1953) in den Ausläufern des Eschach/Kürnach-Berglandes lag, vornehmlich in der Richtung des (Ottenstaller) Rohrachtales. In den Grönenbacher Schmelzwasserstrom mündete er zuerst wohl etwas weiter nördlich, mehr bei Oberbinnwang, wo sich die Überhöhung des Schotters VI (um 3—4 m) bei Haitzen (720/21 m statt 717 m) auf seinen Mündungsschwemmfächer zurückführen ließe, ebenso wie die seltenen Liegendschotter von Fautzen⁶⁾. Südlich davon mögen die breiten Einschnitte zwischen

⁶⁾ Siehe Anm. 2). Wenn die Fautzener Schotter auch unmittelbar zum „Grönenbacher Feld“ gehören, so mußte ich, um den mir zur Verfügung gestellten Publikationsumfang nicht über Gebühr zu überschreiten, die Ausführungen dazu herausnehmen und für eine eigene Abhandlung zurückstellen.

Rothmoos und Rechberg sowie zwischen letzterem und Rothenstein — jeweils in Form eines Taltorsos — spätere Mündungen widerspiegeln, vielleicht aber auch die weiterer Zuflüsse. Nicht zufällig liegt auch hier jener Illermäander, der am weitesten nach O ausschwingt. Auf jeden Fall wurde dadurch der Hauptstrom nach rechts abgedrängt, damit verlagerte sich Schritt für Schritt auch die Mündung dieses einzigen größeren linken Zuflusses nach NO, entsprechend verlängerte sich sein Unterlauf, und durch ihn wurde dann der Zusammenhang der jeweils älteren Grönenbacher Schotterstränge unterbrochen. Beim Taltorso von Rechberg—Rothenstein fällt das, wie der gerade verlaufende linksseitige Talrand von Schotter V zeigt, vor allem in die anschließende Zeit (Schotter VII—X). Das Zeller Mühlbachtal, welches das ganze Grönenbacher Feld diagonal von SSW nach NNO durchzieht und in zwei Hälften teilt, ist also — anders als die meisten übrigen Täler und Tälchen — keine Nahrinne, sondern Erbreist eines alten Vorläufers. Damit hängt auch seine Größe und Länge zusammen sowie sein breitsohliger gewässerloser Taltorso, der an einer Tertiärschwelle (bei Pkt 697 und nördlich davon) steil über der Iller abbricht.

Ob allerdings dieser Rothensteiner Taltorso wegen seines geringen Gefälles von 4 ‰ (gegenüber 11 ‰ im anschließenden Talstück) mit der Zeller HT verbunden werden sollte, wie STEPP (S. 182) meint, ist fraglich, für seine Erklärung nicht einmal nötig. Dieser Gefällswechsel dürfte, wie auch der plötzliche Wandel der Talform, gesteinsbedingt sein: Der breitsohlige, gefällsschwächere Taltorso liegt zum größten Teil noch im weniger widerstandsfähigem Tertiär, der mehr muldenförmige, gefällsstärkere folgende Talabschnitt in den harten Nagelfluhschottern des Grönenbacher Feldes; er gehört physiognomisch zum Greitertal, wohin auch dem Gefälle nach eine nahtlose Verbindung besteht. Hier wie dort wären die Talsohlen in der Würmeiszeit entstanden, im Greiter Tal (und seiner Fortsetzung im Zeller Mühlbachtal) zumindest zeitweise — während des Gletscherhochstandes von Sommersberg—Herbisried — mithilfe fluvioglazialer Schmelzwässer (SIMON, 1926), im Rothensteiner Taltorso durch periglaziale Planationsvorgänge.

In der südlichen Hälfte scheinen die Verhältnisse verwickelter zu sein; sie hellen sich aber auf, wenn man wiederum die Entwicklungsgeschichte des Flußnetzes ins Auge faßt. Die Querprofile 6—8 zeigen nicht nur eine Abflußrinne, wie in dem Teil nördlich des Zeller Mühlbachtals, sondern zwei, drei oder sogar vier (Abb. 4). Die *erste Abflußrinne* ist das Greitertal; in ihm finden sich abwärts Greit die Schotter I—III, bis Rothenstein treten IV, V und VI hinzu und bis Zell noch die restlichen. Eine *zweite Abflußrinne* lag östlich davon — beginnend mit Schotter III im „Käpfle“-Rücken. Ob der dazwischen liegende Schotter III (Querprofil 7) zur westlichen oder zur östlichen gehört oder in einer eigenen, verhältnismäßig schmalen Rinne abgelagert wurde, läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden. Sicher ist aber, daß der Käpfle-Rücken von nun an (III) eine Wasserscheide bildet — zwischen der Greiter-Rinne im W und der im O („Kirchweg-Rinne“). Und auch hier ist das Abwandern nach O unverkennbar: An den Käpfle-Schotter (III) schließt sich rechts der von IV an, an diesen — ebenso wieder östlich angelagert — der von V (im S am Hauptgeräumt, im N in der Pfaffenhalde). Damit bestand östlich des Greiter Tales eine geschlossene Wasserscheide, die aus der Gegend „VormWald“ über das „Käpfle“ bis zum Nordende der „Pfaffenhalde“ reichte. An sie schlossen sich — weiterhin stets nach rechts — die Schotter von VI (s. des Sportplatzes an der Straße Grönenbach—Legau), VII (mittlerer Rücken des Waldbezirkes „am Kirchweg“), VIII Schloßberg Grönenbach) und IX (Schotterrücken der Pfarrkirche Grönenbach) an. Weiter östlich findet sich eine *dritte Abflußrinne*. Dafür sprechen die Schotter am Waldegg (III mit Uk 732 m, VII mit 715 m und VIII mit 708 m), die östlich des WaldschenkeRückens abgelagert wurden, der mit seiner hohen T/Q-Grenze (an seinem Nordende in 745 m) eine neue Wasserscheide darstellt. Vielleicht gehören zu dieser Rinne auch die Schotter der beiden Rücken östlich von dem mit der Grönenbacher Pfarrkirche (s. der „Kleinen Kuranlage“, mit 750/177 und ssw. des „Pflanzgartens“), die sich — wegen unbekannter Uk — nicht mit Bestimmtheit einordnen lassen. Für zwei Rinnen spricht auch, daß östlich der Käpfle-Wasserscheide der letzte Schotter (X) zweimal auftritt, in der Sportplatz-Kgr an der Straße Grönenbach—Legau (750/31, Uk 696 m) und in der Kgr n. des Pflanzgartens (750/122, Ok 725/26 m,

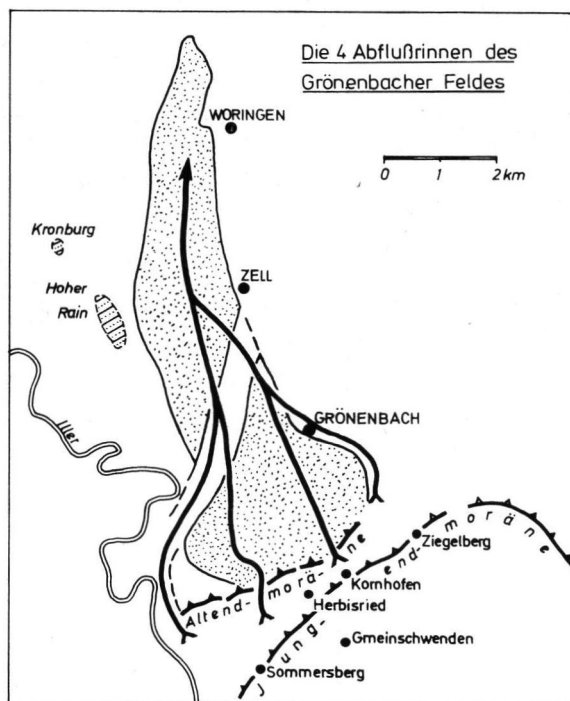


Abb. 4. Die vier Abflußwege der Grönenbacher Schotter (Greiter Tal und Kirchwegrinne in der Mitte, Waldegg- und Auer Rinne im O und W).

Uk unter 715 m). Die Vereinigung dieser beiden Rinnen mit der Greiter-Rinne muß während IV w. von Grönenbach (etwa in der Gegend des Querprofils 6) erfolgt sein, während V schon ein ganzes Stück weiter n. davon — am Ende des Pfaffenhalderückens (etwa beim Querprofil 5). Es könnte noch eine *vierte Abflußrinne* bestanden haben, die westlich um das Moränenland herumzog; zu ihr würde der Nagelfluhschotter ö. Au (750/152) gehören, der bis 707 m hinabreicht. Mit der auf der anderen Talseite in die Luft ausstreichenden Brandholzmoräne (Uk 747 m) läßt er sich nicht verbinden; das geht nur mit dem Schotter IX (oder besser noch mit X). Diese westlichste Rinne wäre wohl erst später geschaffen worden, als das enge Greiter Tal, in das nur die Schotter I—VI hineinziehen, verstopft war und die weiteren Schmelzwässer (VII—X) sich einen neuen Weg suchen mußten und ihn weiter westlich, am Grenzsaum gegen das Tertiärland fanden. Ein zum Rohrach-ZellerMühlbachtal gerichtetes kleines Nebental bestand hier ohnehin schon, wie die (von 765 auf 747 m) plötzlich abfallende Aufschüttungssohle der Brandholzer Altmoräne anzeigt, wovon gleich die Rede sein wird.

4.1.3.2. Breite und Herkunft der Schotterstränge

Die ursprüngliche Breite der Schotterstränge ist deswegen nicht ohne weiteres anzugeben, weil infolge des Westwanderns der Grönenbacher Abflußrinne jeweils nur die linken Teilstreifen erhalten sind. Jedoch lassen sich Mindestbreiten ermitteln. Die größte mit 1,2 km zeigen die Schotterstränge V (Rothmoos—Pfaffenhalde, zwischen den Querprofilen 5 und 6) und VI (n. des Querprofils 5). Im südlichen Teil des Grönenbacher Feldes mit seinen drei bzw. vier Abflußrinnen sind sie natürlich schmaler. Die im Nordteil des Grönenbacher Feldes vereinigten Rinnen haben gewiß 1½—2 km Breite ge-

habt. Das Memminger Trockental, die Hauptabflußrinne des würmeiszeitlichen Illergletschers, hat eine solche von 2—3 km.

Die Herkunft der Schotterstränge läßt sich nur in einem größeren Rahmen angeben: Aus dem Gebiet südlich Grönenbachs. Dann setzen sie aus oder tauchen unter die Jung- und Altmoränen unter. In der Greiter Rinne lassen sich I—II bis zum Greiter Becken verfolgen. Es ist daher kaum denkbar, daß es sich bei ihm um eine kleine Ausräumungslandschaft in Tertiär handelt, wie man — in Anlehnung an ähnliche Beispiele — annehmen möchte. Die Schotterstränge der Kirchweg Rinne haben, je weiter sie sich in das Waldgebiet südlich Grönenbachs hinein ziehen, nur wenige, schließlich gar keine Aufschlüsse mehr. Immerhin läßt sich aus dem Verlauf der Schotterrücken folgendes erschließen: Der Schotter III im „Käpfle“ kam von SSO aus der Richtung Vormwald und Herbisried und bildet die westliche Wasserscheide (mit zuletzt faßbarer Uk in 731 m bei 750/198); die östliche ist der Waldschenke-Rücken (mit Uk in 748/745 m). In dem dazwischen liegenden verhältnismäßig schmalen, nur etwa 350 m breiten Durchlaß müssen alle Schotter von IV bis X durchgeschleust worden sein. Bei der östlichen Abflußrinne, die durch die Schottervorkommen s. und w. des Waldeggs bezeugt wird, dürfte es sich — wie bei der westlichsten — auch nur um eine später geschaffene schmale Randrinne handeln.

Die geringe Breite der mittleren Abflußrinne braucht nicht zu verwundern. Eher schon die des Greiter Tales, vor allem wenn man bedenkt, daß es in seinem obersten Teil nur einen Schlauch von knapp 100 m Breite bildet. Man ist angesichts dessen versucht, sie für Neben- und nicht für Hauptabflußrinne der schotterbeladenen Grönenbacher Schmelzwässer zu halten; es standen jedoch keine anderen Abflußwege zur Verfügung.

Insofern wird man nicht fehl gehen, die Grönenbacher Schotter als durch die Iller, den Hauptfluß dieses Gebietes, abgelagert zu betrachten. Dafür spricht neben der Vereinigung der einzelnen Schmelzwasserzuflüsse im nördlichen Teil des Grönenbacher Feldes zu einer Hauptrinne das ständig gleichbleibende Gefälle (5—5,5 ‰ der Schottersohlen, 6—6,4 ‰ der -oberflächen) — Werte, die zwanglos in das Günztal, als das ehemalige Illertal, hinführen, wie noch im folgenden gezeigt wird.

4.2. Moränengebiet, 4.2.1. Schotter/Moränen-Verknüpfung

Zum Fortschritt jeder Forschung gehören Umwege und Irrwege. In der Eiszeitforschung ist dafür ein lehrreiches Beispiel, daß der erste Beweis für eine mindeleiszeitliche Schotter/Moränen-Verzahnung nicht zutrifft, selbst wenn schon viele, wie seinerzeit auch ich als Student, mit den A.i.E. in der Hand dort gestanden und voller Bewunderung den PENCK'schen Ausführungen gefolgt sind. Jedoch gilt, was ich in einer Rede anlässlich der 10jährigen Wiederkehr seines Todestages sagte, daß sogar seine Irrtümer geistreich und fruchtbar waren.

PENCK läßt die *Schotter/Moränen-Verzahnung* bei Rothenstein—Brandholz erfolgen.

Es lohnt sich, diese Stelle zu zitieren: „Wir verlassen letztere“ (die Grönenbach/Legauer-Straße) „2 km von Grönenbach unweit Rothenstein und ersteigen hier die Höhe des Grönenbacher Feldes, auf welcher wir sanft aufwärts bis 750 m Höhe gelangen. Dann steht ein fast 30 m höherer Wall vor uns, auf dessen sanft welliger Höhe die Höfe Manneberg und Brandholz liegen. Er erhebt sich auf einem Sockel vom Grönenbacher Schotter, wovon wir uns in dem kleinen, von Greit gegen Rothenstein führenden Tälchen, sowie auch am Steilabfalle gegen die Iller überzeugen können. Hier finden wir eine Wechsellagerung von Schotter und Moräne, beide sind zu einer ziemlich losen Nagelfluh verkittet, darunter kommt das Miocän zum Ausstriche. Danach haben wir es mit einem zum Grönenbacher Schotter gehörigen Moränenwall zu tun“ (S. 37).

Das trifft aber — wie gesagt — nicht zu, auch wenn die einzelnen Beobachtungen als solche richtig sind — ebenso wie jene, daß der Schotter ob Rothenstein an Mächtigkeit gegenüber den anderen Schottern des Grönenbacher Feldes abnehme (S. 39). Der „Grönenbacher Schotter“ nimmt nicht an Mächtigkeit ab, PENCK ist vielmehr bei seiner Wan-

derung im Südteil des Grönenbacher Feldes in die höheren Schotter gekommen, die eine geringere Mächtigkeit besitzen. Im Rothensteiner Rücken liegen, wie gezeigt wurde, ihrer drei oder gar vier. Keiner von ihnen zieht aber, wie PENCK meint, zur Altmoräne von Brandholz—Manneberg, sondern alle schwenken in einem nach SO gerichteten Bogen in den Greiter Talschlauch ein. Vor allem fehlt der „Übergangskegel“, den PENCK als wichtigstes Verbindungsglied der „glazialen Serie“ (Fig. 1 der A.i.E.) herausgestellt hat. An seiner Stelle liegt — ganz im Gegenteil sogar — eine Tiefenzone: Nach W hin das steil eingesenkte Tälchen mit dem nach Au fließenden Bach und nach O (bzw. NO) die Mulde zum Greitertal. Selbst auf dem Rücken dazwischen, bis wohin die Erosion noch nicht vorgedrungen ist, liegt eine Einsattelung (743 m). Hier findet sich zudem weder Moräne noch Schotter, sondern nur geröllfreier, sehr flinzartiger Lehm; so auch noch ein Stück nach N hin, zum höchsten Teil des Rothensteiner Rückens (749 m). Erst jenseits davon setzen die Schotter ein (II mit 734—746 m und III mit 730—744 m). Die Altmoräne von Brandholz—Manneberg und die Schotter des Rothensteiner Rückens wurden also voneinander durch ein tertiäres Hochgebiet geschieden, von dem sich ein Rest bis heute erhalten hat. Auch nach S (bzw. SSO) steht bis zur Einöde Manneberg in einem breiteren Streifen beiderseits des Weges nur geröllfreier sandiger Lehm an. Am Hang nach W hin erscheinen erstmals Moränengeschiebe ein ganzes Stück nn. von Manneberg an einer Hangstufe (über dem kleinen Anwesen der Frau Hohenegger) — mit T/Q-Grenze in 749 m, die sich bis zum NW-Eck der Brandholzer Altmoräne ein wenig (auf 748 m und 747 m) senkt. Am Hang nach O hin setzt quartäre Nagelfluh (mit Uk in 750 m) erst etwa 200 m abseits des Weges, am westlichen Sporn des Manneberger Tobels ein. Bezeichnend ist, daß — außer an ihrem Ost- und Westende — am ganzen Nordabfall der Brandholzer Altmoräne kein Grundwasser austritt. Die Wasserversorgung für das genannte Anwesen (Hohenegger) erfolgt durch eine Widderpumpe vom darunter liegenden Bach her, der im Tertiär verläuft. All das zeigt, daß der Rothensteiner Schotterrücken und die Brandholz—Manneberger Altmoräne sich nicht unmittelbar verbinden lassen. Die Altmoräne streicht heute an ihrem Nordabfall in die Luft aus, ehemals war sie gegen höheres Tertiärgelände angelagert.

Östlich des Manneberger Tertiärrückens reicht im Manneberger Tobel verfestigte Moräne, gespickt mit kalbskopf- und sogar koffer großen Blöcken bis 745 m hinab. Dabei handelt es sich aber nur um die Zufüllung einer schmalen Rinne; wie die Nagelfluh nach W hin gleich an dem genannten Tobelsporn endet, so steigt sie auch nach O hin mit ihrer Uk rasch auf 754 m, bald danach auf 761 m, bis 3 m unter das Gelände (664 m) an. Das Tertiär taucht hier also wieder auf, möglicherweise bis zur Geländeoberfläche, worauf besonders starke Rutschmassen des anschließenden Hangabschnittes hinweisen könnten. Das ist deswegen wichtig, weil nur 350 m nnö. der Moräne des Manneberger Tobels der höchste Schotter (I) die gleiche Sohlenhöhe (745 m) hat. Man könnte daher annehmen, daß beide zusammengehören, sie sich nördlich des dazwischen liegenden höheren Tertiärgeländes vereinigen. Dem widersprechen aber die petrographischen Verhältnisse. Der Schotter (I) der Greiter Rinne hat kaum gröbere Gerölle als bis 8 cm Durchmesser oder 16 cm Seitenlänge; er hält hierin keinen Vergleich mit der Moränen-Nagelfluh des Manneberger Tobels aus. Ähnlich ist es mit dem Kristallin: Wenn auch nur an einer Wegeböschung aufgeschlossen, war selbst nach gründlicher Suche nichts zu finden, auf jeden Fall wird der Anteil unter 1 % liegen. Im Manneberger Tobel hingegen zählt man auf 1 m² Nagelfluhfläche stets 2—3 kristalline Gerölle. Auch die geomorphologisch-stratigraphischen Verhältnisse laden nicht zu dieser Verbindung ein. Für den sich aus einer Endmoräne entwickelnden Schotter sollte man in der Regel ein größeres Gefälle annehmen dürfen. Der an die Jungendmoränen anschließende Übergangskegel hat 15 ‰ Gefälle und noch nach 7 km 10 ‰. Wenn man einen zur geringen Rinnenbreite passenden kurzen Übergangskegel von etwa 1 km Länge mit 10 ‰ annimmt, käme man in der Talbreite des Querprofils 7 auf eine Schotter-Uk von 735 m; das wäre hier der Schotter II, der ebenso weder größeres Geröll noch

einen sichtbaren kristallinen Anteil zeigt. Bei einer Annahme von 15 ‰ ließe sich die Moräne des Manneberger Tobels mit dem Schotter III verbinden (Uk dort in 730 m); dieser hat zwar einen hohen Kristallinanteil, jedoch läßt sich auch bei ihm nicht die geringste Gefällzunahme erkennen, seine Schottersohle verläuft weiter mit 5,5 ‰ und östlich der Manneberger Tobelmoräne liegt sie (bei 750/135) in 736 m, also 9 m darunter.

Dieselben Schwierigkeiten der Rekonstruktion einer Moränen/Schotter-Verknüpfung ergeben sich auch für das Westende der Brandholzer Altmoräne. Merkwürdig ist hier ein verhältnismäßig starker Abfall der Aufschüttungssohle. Sw. und w. der Einöde Brandholz, wo am Iller-Steilabfall Moräne mit koffer großen Geschieben in mehreren prachtvollen Nagelfluhpartien aufgeschlossen ist, liegt sie überall bei 760/65 m. Nach N hin fällt sie aber rasch — auf einer Strecke von nur 250 m — auf 747 m ab. Für einen Übergangskegel ist dieser Gefällsbetrag (gegen 70 ‰) viel zu hoch. Eher wird man als Erklärung heranziehen müssen, daß die Moräne hier in ein Tälchen geschoben wurde, das nach W zu dem damals durch den heutigen Iller-Cañon noch nicht zerteilten Rohrach-Zeller Mühlbachtal zog. Der Nachfolger dieses Tälchens — in der gleichen Richtung verlaufend, nur ein wenig nach N verschoben — wäre das Tal mit dem nach Au fließenden Bach. Das Gegenstück dazu dürfte auf der anderen Seite der Manneberger Tertiärschwelle der mit Moräne bis in etwa gleiche Tiefe (745 m) zugefüllte Manneberger Tobel sein, der nach O zum Greiter Tälchen gerichtet ist.

Südlich von Grönenbach wird seit PENCK das Schottergebiet des geschlossenen Grönenbacher Waldes als der große *Übergangskegel* angesehen, der zu den (waldfreien) Altmoränen überleitet. Nach dem Relief scheint das auch der Fall zu sein. Jedoch sind Aufschlüsse selten, vor allem fehlen solche, wo eine unmittelbare Moränen/Schotter-Verknüpfung erkenntlich wäre.

Was sich findet, ist hier und dort gröberes, als Moränengeschiebe zu deutendes Gestein, aber nur in jenem südlichen Streifen, der sich ohnehin schon durch seine Form als Moräne zu erkennen gibt. So zeigt die Kuppe mit (etwas über) 760 m n.ö. des Pkt 735 an ihrem Steilabfall zum Greiter Tälchen Nagelfluh mit kopfgroßen und fast kalbkopfgroßen Geröllen und Geschieben, die bei 755 m dem Tertiär aufliegen (750/132). Der gleich nördlich, jedoch getrennt durch einen Tobel, einsetzende Schotter III mit viel tieferer Uk (736 m) und hohem Kristallinanteil hat mit dieser Moränen- (oder moränennahen) Nagelfluh nichts zu tun. Der an der Waldschenke mit 770 m beginnende, nach Form, Richtung und Höhenlage wie nach seiner Schottersohle eigenständige Rücken läßt an seinem Osthang — etwa dort, wo der von Pkt 742 kommende Pfad wieder hinabführt, dicht über der T/Q-Grenze (in 748 m) recht grobe Gesteine ausbeißern, dabei zwei von 50 bis 60 cm Seitenlänge.

Nach den bisherigen Ausführungen genügt zur Frage dieses großen Übergangskegels eine kürzere Stellungnahme. PENCK läßt das Gefälle seines Grönenbacher Schotters nach S hin bald ansteigen, die Schotteroberfläche von 5,5 ‰ im Nordteil auf 10 ‰ bei Grönenbach, die Schottersohle von 4 ‰ auf 9 ‰ bei Grönenbach, danach auf über 13 ‰, und so käme es zum Übergang zu den Altmoränen; Hand in Hand damit ginge eine Zunahme der Schottermächtigkeit auf rund 50 m s. Grönenbach—Rothenstein (S. 34/36). Das trifft aber, wie schon gezeigt wurde, nicht zu. Weder das Schottergefälle noch die Schottermächtigkeit erfahren nach S hin eine sonderliche Zunahme, wenn man das „Grönenbacher Feld“ in seine Teile zerlegt und die Verhältnisse in jedem einzelnen untersucht. Von da aus wird auch der einheitliche große Übergangskegel s. von Grönenbach fraglich. Und die Querprofile 7 und 8 zeigen, daß sich noch hier — zwar dicht gedrängt, aber scharf voneinander getrennt — die 10 verschiedenen Schotter finden; erst unmittelbar vor den Altmoränenwällen tauchen sie unter diese ein. Was sie oberflächlich wie zusammengeschweißt, als einen großen Übergangskegel erscheinen läßt, ist nur eine von den Moränenwällen stammende Solifluktsdecke. Weit ist sie aber nicht gewandert; so ermittelt sich für den Kämpferücken bei 750 m eine Schotteroberfläche von 748/49 m, die Altmoränenendecke nebst der von ihr abgewanderten Solifluktsdecke reicht also von der Höhe des Altmoränenwalles (VormWald) nur 500—700 m weit.

Daß es sich beim Schottergebiet des Grönenbacher Waldes nicht um eine Einzelform, sondern eine Formengruppe handelt, zeigt auch eine genauere Betrachtung der Höhenlinien. Die 750 m-Linie staffelt sich vom Greitertal nach O zurück: die Entsprechungen zu Schotter II, III und V; im anschließenden mittleren Teil staffelt sie sich an der Straße Grönenbach—Herbisried ein Stück vor: die Grenze zwischen V und VII; im Waldschenke Rücken greift sie noch weiter aus, dazu in anderer Art und Richtung: ein Moränenwall. Auffallend, besonders für einen Übergangскеgel, ist auch die ungleichmäßige Neigung der einzelnen Rücken, so im östlichen Teil des Grönenbacher Waldes am Kirchweg (Straße Grönenbach—Herbisried) die Versteilung bei 740/45 m oder am Rücken mit der Pfarrkirche sowie dem nächst-östlichen in 730/35 m und 740/45 m, beim folgenden in 735/40 und 745/50 m.

4.2.2. Gliederung der Altmoränen

Wenn kein Übergangскеgel vorhanden ist, taucht die Frage auf, ob es sich bei dem ebenso geschlossen erscheinenden Altmoränenwall (Brandholz—Manneberg—VormWald—Waldschenke) um eine einheitliche Bildung handelt. Entsprechend aussagefähige Aufschlüsse fehlen auch hier. Die wenigen vorhandenen wurden — schon wegen (besonders unter Moränenüberdeckung auftretender) fossiler Böden — genauer untersucht. Aus den Lagerungsverhältnissen zu den einzelnen Schottern lassen sich aber Rückschlüsse ziehen. So kann der Waldschenke-Moränenrücken nicht mit den nördlichen und westlich anschließenden Schotterrücken (V—X) verbunden werden. Denn an seinem Ostabfall ist (mit 12—14 m tieferer Sohle) der Schotter III angelagert; der Moränenwall ist also älter und kann nur zum Schotter I oder II gehören. Dasselbe gilt für die schon erwähnte Moränen- (oder moränennahe) Nagelfluh am östlichen Greiter Talhang (750/132), die mit ihrer Sohle sogar 18 m über der des nördlich angelagerten Schotters III liegt; man kann nur eine Verbindung mit Schotter II oder besser noch mit I in Betracht ziehen.

Bei der Erörterung der Frage der Herkunft der einzelnen Schotter war für die mittlere Abflußrinne ein etwa 350 m breiter Durchlaß (zwischen VormWald und Waldschenke) erkannt worden, durch den alle Schotter von IV bis X durchgeschleust worden sein müssen. Der Moränenwall (mit 770 bis 780 m) ö. der Straße Grönenbach—Herbisried, der diese „Kirchweg-Rinne“ verschließt, kann also nur zum jüngsten Grönenbacher Schotter gehören (X). Dieser ist zuletzt wsw. Grönenbach in der Kgr an der Straße nach Legau beim Sportplatzgelände aufgeschlossen (750/31, Uk 696 m, Ok wohl bei 724 m), wo er w. vom Schotter VI und ö. von den Schottern VII und VIII begrenzt wird, zwischen ihnen geradezu eingeklemmt. Eine Anschüttung kann nur durch das Tal erfolgt sein, das zwischen den Rücken mit den Schottern VI und VII liegt. Die Schmelzwässer hatten anscheinend nicht mehr genügend Kraft und Zeit, sich eine eigene, breitere Rinne zu schaffen, oder es war alles schon zu sehr verschüttet; daher wurden ihre Schotter lediglich in die Naht zwischen zwei ältere eingelagert. Dasselbe gilt für die westlich anschließenden Schotter (IX, Rücken mit der Pfarrkirche, X n. des Pflanzgartens), für die zwischen den höheren Schottern (VII und VIII) ebenso kein Platz blieb.

Bei der Altersbestimmung des Moränenwalles, der die mittlere Abflußrinne verschließt, handelt es sich um einen *terminus post quem*. Er ließe an sich auch noch jüngeres Alter, also Zuordnung zur Rißeiszeit zu. Bei einer Verbindung mit den nächsten rißeiszeitlichen Schotterfluren wären aber die Konstruktionsfehler allzu offensichtlich. Außerdem bilden Schotter wie Moränen des Grönenbacher Feldes im ganzen gesehen eine geomorphologische wie stratigraphische Einheit. Das hat PENCK, wie in so vielen anderen Fällen, mit seiner glänzenden Beobachtungsgabe richtig erfaßt. Das gilt für die Zusammengehörigkeit der Schotter mit den Altmoränen, auch wenn sich an keiner Stelle eine unmittelbare Verknüpfung zeigt; es gilt ebenso für die Zusammengehörigkeit der einzelnen Schotter wie der einzelnen Moränen untereinander. Für letzteres spricht ihre fast allenthalben gleiche Basis-

höhe. Im W, am Steilabfall zur Iller, in 760/65 m; wo sie zum Nordrand des Brandholzer Moränenrückens auf 747/49 m und 745 m (Manneberger Tobel) absinkt, ist der Zusammenhang durch genügend Aufschlüsse erwiesen. In der Mitte liegt sie bei 757 m und 755 m (sw. und ö. Greit), im O. bei 748 m und 745 m (Waldschenke-Rücken).

Westlich des Greiter Beckens erfährt der Altmorängürtel eine erhebliche Verbreiterung, indem sich hier zwischen die Brandholzer Altmoräne und die Jungmoränen der flachere, jedoch breitere Rücken mit Pkt 782 zwischenschaltet; dessen Illerseitigen Steilabfälle legen vor allem an dem westlichsten Sporn („am Bock“) eindrucksvolle Nagelfluhwände frei, in denen sich kalbskopfgroße Geschiebeblöcke in z. T. recht wirrer Lagerung finden. Zu den entsprechenden Moränenaufschlüssen der Brandholzer Altmoräne läßt sich kein Unterschied erkennen, und auch die Basis ist die gleiche: Westlich Brandholz in 765 m, südlich in 760 m, und in dieser Höhe zieht sie ohne eine Unterbrechung zum „Bock“ und läßt sich sogar noch ein Stück in den Jungmoränenraum hinein verfolgen. Man wird daher auch diesen Altmoränenrücken nicht absondern dürfen⁷⁾.

4.2.3. Moränenmächtigkeit

Auch dabei stößt man auf ungewohnte Verhältnisse. Am Altmoränenrücken von Brandholz beträgt sie 20 m (760/65—780/85 m), nur am Nordrand — hier aber sicher als Rinnenfüllung zu verstehen — etwas mehr (bis 30 m). An der Altmoräne „am Bock“ beträgt sie ebenso bis 20 m, und nicht größer ist die Moränenmächtigkeit nö. Greit (750/132) oder im Waldschenke-Rücken (750/188 mit 748—768 m). Bei den halb Dutzend flachen Moränenrücken rings um VormWald dürfte es nicht anders sein: Der Schotter III (bei 750/198 im Käßle mit 730—45 m) hätte mit seinem stets gleichbleibenden Gefälle hier eine Oberkante von 750 m, die Moränendecke betrüge demnach 20 m und etwas sw. davon beim Pkt 781 bestenfalls 30 m. Daß diese geringe Mächtigkeit auffallend ist, zeigt ein Vergleich mit den östlich benachbarten Jungmoränen: Bei Ziegelberg (734 m) wurde bis in 100 m Tiefe der tertiäre Untergrund noch nicht erreicht.

5. Auswertungen und Deutungen

5.1. Zur Herkunft der kristallinen Gerölle

Für den Zweck dieser Arbeit reichte es aus, die Eigenständigkeit der einzelnen Schotterstränge durch ihren verschiedenen hohen Kristallinanteil bestätigt zu sehen. Da dieser aber auch sonst zur Schotterdifferenzierung eine nicht unwesentliche Rolle spielt, sind einige Worte hierzu am Platze.

PENCK hat die Herkunft der „krystallinischen Geschiebe“ des Illergletschers, also eines Gletschers, der nicht aus den Zentralalpen kommt, mit Aufnahme aus den miozänen Konglomeraten der Berge westlich Kempten erklärt (1882, S. 107; 1901/09, S. 50). Dafür spricht Verschiedenes, so etwa das Fehlen oder Zurücktreten der charakteristischen Hornblendegesteine der Zentralalpen, von wo z. B. der Amphibolitreichtum der Moränen und Schotter des diluvialen Rheingletschers stammt. Dann der nach O abnehmende Kristallinanteil: In den Grönenbacher Schottern bis zu 10 0/0, östlich davon an der Hauptzunge (Ziegelberg—Ittelsburg) in den NT-Schottern wie in den seitlich flankierenden HT-Schottern nur bis 1 oder 2 0/0. Schließlich spricht dafür auch, daß die kristallinen Gerölle talab in immer größerer Zahl in jeweils kleineren Korngrößen auftreten, d. h. rasch aufbereitet wurden, da sie nicht nur an sekundärer, sondern schon an tertiärer Lagerstätte liegen.

⁷⁾ STEPP (1953, S. 183) möchte ihn aufgrund einer Schichtfuge zwischen liegenden Schottern und hangender Moräne als rißeiszeitlich ansehen.

Allerdings lassen sich gegen die PENCKsche Auffassung der Herkunft der kristallinen Gerölle aus den Molasse-Konglomeraten gewichtige Einwände anbringen. Einmal ist das Fehlen oder Zurücktreten der Amphibolite kein zwingendes Unterscheidungsmerkmal. Denn in den altdiluvialen Ablagerungen des Rheingletschers treten sie oft so stark zurück, daß sich zum Kristallin der altdiluvialen Schotter der Iller-Lechplatte kaum ein Unterschied zeigt.

Zur Abnahme des Kristallinanteils mit wachsender Entfernung vom Liefergebiet (w. und sw. von Kempten) folgendes: Das müßte schon für die Rißmoränen und Würmmoränen gelten. Erstere hatten — durch die größere Gletscherausdehnung — eine besonders enge Berührung mit dem tertiären (Eschach/Kürnach- oder Adelegg-)Bergland. Entsprechend wäre eine besonders reichliche Aufnahme kristallinen Zeuges zu erwarten. Die Jungendmoränen hingegen staffeln sich ein ganzes Stück weiter zurück, zwischen ihnen und dem Bergland findet sich fast allenthalben eine Nahrinne, wie sie häufig auch bei rezenten Gletschern zu beobachten ist: Bis nach Wiggensbach hinauf das Rohrchtal (mit dem Ottenstaller Bach), danach das Kollerbachtal und einige kleinere Täler, wie es deutlich genug auf dem geologischen Blatt Buchenberg (MÜLLER, 1952) zu sehen ist. Eine unmittelbare Berührung zwischen dem würmeiszeitlichen Illergletscher und dem Bergland fand nur an einzelnen Stellen statt. Entsprechend wäre — so sollte man meinen — weniger Kristallin als zur Rißeiszeit aufgenommen worden. Der Kristallinanteil ist aber in der in Betracht kommenden Altusried—Legauer Gletscherzunge in den Altmoränen und HT-Schottern (6 %) fast ebenso hoch wie in den Jungmoränen und NT-Schottern (5 %)⁸⁾.

Ein weiterer Einwand ist folgender: Die Masse der tertiären Schotter ist konglomeriert, oft sogar sehr dicht konglomeriert, und bildet die Molasse-Nagelfluhen, die sich von den quartären im allgemeinen gut unterscheiden lassen (PENCK, A.i.E., S. 34). Nun sollte man erwarten, daß bei der kurzen Transportstrecke in den entsprechenden Endmoränen sich genügend Blöcke tertiärer Nagelfluh fänden. In der großen Zahl der aufgenommenen Aufschlüsse fand sich aber nur ein einziger, in der mindeleiszeitlichen Moräne des Manneberger Tobels (750/138), ein Block von etwa 30 x 60 x 70 cm Kantenlänge mit geglätteten Seiten, unter den taubenei- bis hühnereigrößen Geröllen sind auch kristalline.

Schließlich gibt besonders folgendes noch zu denken: Der Kristallinanteil in Ablagerungen des diluvialen Rheingletschers geht im allgemeinen bis 20 %, manchenorts sogar bis 30 %; in dem von ihm aufgebauten Teil des Hitzenhofer Feldes (sw. Memmingen) beträgt er 15 %, stellen- und lagenweise steigt er auf 25 % (PENCK, S. 30). Wohlgedenkt: Das gilt für Verfrachtung durch große und starke Gletscherarme aus den kristallinreichen Zentralalpen. Darin konnte der diluviale Illergletscher in keiner Weise mithalten — weder in der Größe noch, was hier wesentlicher, in der Möglichkeit, kristallines Zeug in größerer Menge aufzunehmen. Der hierfür in Frage kommende Streifen kristallinführender Molasse war nur schmal und kurz: bis 6 km breit und bis 10, bestenfalls bis 15 km lang, ein Bruchteil des Einzugsgebietes des diluvialen Illergletschers, dazu noch an seinem Ende, also — mit Blick auf die randliche Lage — nicht mehr im Hauptgebiet der glazialen Erosion; dafür sind die vielen kleinen und größeren Tertiärhöhen (etwa Hohenegg 917 m), die sich bis heute westlich von Kempten erhalten haben, ein beredtes Zeugnis. Weiter: Die miozänen Conglomerate sind bankartig zwischen die übrige (Sand- und Mergel-) Molasse eingelagert — mit deutlicher Abnahme ihrer Zahl und Mächtigkeit nach N (SCHIEMENZ, 1960, S. 44 ff). In ihnen beträgt der Anteil an kristallinen Geröllen in der Burdigal-Molasse bis 4,2 %, in der des Helvet/Torton bis 5 % und nur in dem kleinen

⁸⁾ GRAUL (1953, S. 23/24) gibt für die HT und NT vor der Hauptzunge des diluvialen Illergletschers „selten mehr als 1 %“ an, für die NT des Legauer Tales 3 %, für deren HT 4 %. GRAULS Werte stammen vielleicht aus Zählungen in Kgr unterhalb von Legau, meine von oberhalb Legau; auf jeden Fall ist auch bei ihm der Unterschied zwischen NT- und HT-Schottern nur gering.

nördlichsten Teil des Eschach/Kürnach-Berglandes bis zu 11,5% (S. 37/38)⁹; im Eschach/Kürnach-Schwemmkegel, der einen mittleren Durchschnitt der Conglomerate widerspiegeln wird, 3% (GRAUL 1953, S. 269). In den Moränen und Schottern des Illergletschers beträgt der Kristallinanteil aber bis zu 5 und 8%, hie und da (wie im Grönenbacher Schotter III) bis zu 10 und lagenweise sogar bis 20%. Das ist doch ein ganz offensichtliches Mißverhältnis zum Kristallinanteil in den tertiären Nagelfluhen! Daraus mag die Skepsis gegenüber dieser — an sich sehr eingängigen Deutung PENCKs verständlich werden: Wie will man auf dieses kleine Herkunftsgebiet, darin lediglich auf zwischengeschalte Konglomeratbänke, die selbst einen Kristallinanteil bis zu 5% (und in den nördlichen Bereichen bis zu 11,5%) haben, die in ihrer Gesamtheit riesige Masse an kristallinen Geröllen in den altdiluvialen Schottern der Iller-Lechplatte zurückzuführen?

Man sollte daher genauer klären, ob ein Zustrom vom Rheingletscher her wirklich ausscheidet, wie es PENCK (S. 198) und EBERL (S. 137) hinstellen. Das Montafon und Klostertal mit ihrem kristallinreichen Hinterland bieten sich dafür an; der schwächere Gletscherarm des Bregenzer Aichtales wäre am Nunatak des Pfänders (1064 m) mit nach rechts hin abgelenkt worden, und die damals sicher noch geschlossene tertiäre Hochschwelle bis zum Sonneneck (1100 m) gab nur den Weg zum Illergletscher hin frei.

Natürlich ließe sich der in den einzelnen Grönenbacher Moränen und Schottern wechselnde Kristallinanteil auch damit erklären, daß der Illergletscher die in verschiedener horizontaler Erstreckung und in unterschiedlicher Höhenlage eingebetteten tertiären Conglomerate — je nach dem Fortschreiten der Gletscherausdehnung und der glazialen Tiefenerosion — zu verschiedenen Zeiten angeschnitten hat. Damit ließe sich aber zur Not der Wechsel des Kristallinanteils im einzelnen erklären, jedoch nicht das Mißverhältnis im gesamten zwischen dem in den tertiären Konglomeratbänken und dem in den altdiluvialen Moränen- und Schottermassen. Verständlicher wäre der Wechsel des Kristallinanteils durch das spätere Hinzutreten eines Rheingletscherarmes und dessen mehr oder weniger starke Einengung durch den Illergletscher. Dafür könnte auch der beschriebene Kristallinanteil in den Grönenbacher Schottern passen: Wenig in I und II, viel in III, noch genügend in IV—VI, abklingend bis X.

Noch ein Wort zur Frage einer fluviatilen Zufuhr kristalliner Gerölle vom tertiären Eschach/Kürnach-Bergland zur Iller oder zum Illergletscher hin — und zwar vor Anrücken des Eises als fluvioglaziale „Vorstoßschotter“ oder als glaziofluviatile (also rein periglaziale) „Basisschotter“. Das könnte nur für den jeweiligen Ablagerungsbereich der Iller (oder einen anderen westlich davon) gelten. Die kristallinhaltigen Schotter finden sich aber auch östlich davon, also in einem Gebiet, das von den Kristallin-Konglomeraten der Tertiärberge westlich von Kempten durch die Iller abgeschnitten war. Man müßte dann schon ein Tertiärbergland (mit Kristallin-Konglomeraten) auch östlich von Kempten annehmen. Wo aber sind dessen Reste? Warum findet sich hier kein Kristallin? Wie sollte sich überhaupt der Illergletscher entfaltet haben? Dem widerspricht auch, daß dieses Gebiet — nach westwärts-Abwandern der Iller — keinen Fluß mehr besaß, der bis zu diesem (hypothetischen) Bergland zurückgereicht hätte. Die Wertach floß immer östlich der Wasser- (und Eis-)Scheide des Kemptner Waldes, und die beiden Günz wie die Mindel haben es bis heute noch nicht geschafft, ihre Quellen so weit zurückzuverlegen.

Gegen eine fluviatile (oder glaziofluviatile) Zufuhr kristalliner Gerölle spricht auch die Talgeschichte des Eschach/Kürnach-Berglandes (Adelegg). Nur ganze kurze junge Tälerchen des Ostrand es ziehen zum Kemptner Becken, alle anderen sind nach W und NW gerichtet (Weitnauer und Wengener Argen, Eschach, Kürnach, Holzmüller-, Kimratshofer-, Ottenstaller Bach). Nirgends ist ein Anzeichen für eine so grundlegende Veränderung des Gewässernetzes (um 90 bis 180°) zu erkennen, wie sie für ein früheres nach O und NO

⁹ Mir sind allerdings genügend Nagelfluhbänke mit einem Kristallinanteil bis zu 30% (und noch mehr) bekannt (vom Hohentannerwald, nördl. der Kürnach, bis zum Iller-Einschnitt hin) — jedoch stets nur lagenweise, nicht in größerer Erstreckung oder Mächtigkeit.

gerichtetes „Adelegg-Flußsystem“ erwartet werden müßte. Die einzige wenigstens nach N ziehende Rinne wäre das Rohrachthal mit seiner ehemaligen Fortsetzung (jenseits des Illercañons) im Zeller Mühlbachtal. Aber auch sie reichte in der Günzeiszeit nur bis zum Hohenrain/Kronburg-Rücken und in der Mindeleiszeit bloß bis zum jeweiligen Westrand der Grönenbacher Schotter. Der strittige Kristallinanteil findet sich aber östlich davon. Unwahrscheinlich ist auch, daß ein inzwischen abgetragener östlicher Teil des Tertiär-Berglandes nach O (oder NO) hin entwässert hätte. Im Gegenteil: Alle entsprechenden geomorphologischen Befunde, auf die hier einzugehen der Platz fehlt, weisen auf eine alte Entwässerung auch dieses Gebietes nach W hin. Die Quellgebiete sind, wie allenthalben zu erkennen, geköpft, aber nicht in ihrer Richtung umgekehrt worden.

5.2. Zum Fehlen der rißeiszeitlichen Moränen

Bei der Zuordnung aller Altmoränen zur mindeleiszeitlichen Serie muß man in Kauf nehmen, daß an der Hauptzunge des Illergletschers rißeiszeitliche völlig fehlen würden. Das ließe sich wie folgt erklären.

Schon in der Mindeleiszeit muß es zu einer Aufspaltung in zwei Gletscherzungen gekommen sein; darauf weisen die beiden Hauptabflußrinnen des Südteiles des Grönenbacher Feldes hin, die Greiter und die Kirchweg-Rinne. Sie müssen zuletzt aber so mit den Schottern der mindeleiszeitlichen Aufschüttungsreihe verstopft worden sein, daß auch die Kirchweg-Rinne, schon ehe sie von den letzten Altmoränen verschlossen wurde, ihre Aufgabe immer mehr an die östliche Randrinne (am Waldegg) abgab. Hier hat dann auch die Iller ihren Lauf genommen und sich einen bequemeren Weg durch das weniger widerstandsfähige Tertiär im Gebiet des heutigen Trockentales zwischen Waldegg und Ittelsburg gebahnt. Hierhin ging in der Rißeiszeit auch der Vorstoß der östlichen Gletscherzunge. Die westliche wich der Nagelfluh-Bastion des Grönenbacher Feldes nach W hin aus¹⁰⁾, wo in den Ausläufern des tertiären Eschach/Kürnach-Berglandes die glaziale Erosion wieder ein leichteres Spiel hatte. Der Gletscherbewegung kam hier die nach N geneigte Oberfläche entgegen, vor allem brauchte der Gletscher keine Beckenrandschwelle zu überwinden, er konnte sich auf sanft abfallendem und nur wenig reliefiertem Gelände frei entfalten. So wird das weite Vorpellen der rißeiszeitlichen Legauer Gletscherzunge, einer bis dahin noch nicht in Erscheinung getretenen randlichen Nebenzunge des Illergletschers, zu verstehen sein. Begünstigt wurde das gewiß durch die Verbreiterung und Vertiefung des westlich Kempten liegenden Durchlasses zwischen dem Hohenegg (915 m) und dem Blender/Rauhen Stein (1073 m).

Der östlichen Gletscherzunge war, auch wenn sie im damaligen Illertal und im „weichen“ Tertiär ebenso günstige Bedingungen vorfand, ein solch weiter Vorstoß von zwei Seiten her verwehrt: Links lag die harte Grönenbacher Schottermasse und rechts die nicht minder verfestigten günzeiszeitlichen Schotter, die von Schratzenbach bis Lachen die steile Talwand des Trockentales bilden. In dem schmalen, heute 2—3, damals wohl nur 1—2 km breiten Raum dazwischen dürfte zudem noch die alte Beckenrandschwelle dem rißeiszeitlichen Gletscher eine feste Grenze gesetzt haben. Auch der würemeiszeitliche kam hier zum Stehen, konnte zuvor aber noch die rißeiszeitlichen Moränen aufarbeiten.

5.3. Zum Fehlen der Schotter/Moränen-Verzahnung

Ganz im Gegensatz zu den östlich benachbarten würemeiszeitlichen Schottern und Moränen, die für PENCK'S Modell der „glazialen Serie“ (Fig. 1 der A.i.E.) geradezu ein Lehrbeispiel darstellen, passen die geschilderten Verhältnisse der Grönenbacher Schotter und

¹⁰⁾ Das Grönenbacher Moränen- und Schotterfeld war die Ursache für die Abspaltung der westlichsten (Legauer) Gletscherzunge, nicht der Hohe Rain - Kronburg-Rücken (GRAUL 1953, S. 26); dieser lag schon zu weit nördlich — auch für den rißeiszeitlichen Maximalvorstoß.

Moränen ganz und gar nicht in dieses Bild. Es fehlt der Gefällsanstieg, man findet keinen Übergangskegel, die Geröllgrößen nehmen kaum zu, die Schotter werden nicht sonderlich mächtiger, — und das alles bis in den Moränenraum hinein, den man nach diesen Erscheinungen frühestens erst in 3—6 km Entfernung vermutet haben würde. Die Moränen selbst sind genügend breit, aber von überraschend geringer Mächtigkeit.

Zur Erklärung dieser eigenartigen Verhältnisse ist noch einmal ein Blick in das westlich benachbarte Gebiet der rißeiszeitlichen Gletscherzunge von Legau von Vorteil. Wie eben dargelegt, ging der weite Gletschervorstoß sozusagen in ein quartäres Neuland, das erstmals — und nur einmal — glazial und fluvioglazial überformt und überschüttet wurde; dieses Neuland war zudem nur schwach reliefiert und vor allem nach N hin geneigt. Wo die Altmoränen im SO durch die tief eingeschnittene periphere Randrinne des Rohrtales von den Jungendmoränen getrennt werden, haben sie (bei Wetzleberg) eine Höhe von 755 m; 7 km nördlich davon, an der Legauer Gletscherstirn (bei Witzenberg-Windbauer) nur noch 685 m. Der Gletscher fuhr also nicht eine Beckenrandschwelle hinauf, sondern mit einem Gefälle von etwa 10 ‰ zu seinem Endmoränenstand hinab.

Darin scheint ein grundlegender Unterschied zu liegen: Im Legauer Gebiet sind die Endmoränen nicht besonders mächtig, an der Gletscherstirn gerade 10 m; oft erheben sie sich nur wenig über das Umland, was allerdings zu einem Teil auch auf die Solifluktionsabtragung zurückgehen kann. Ein Übergangskegel fehlt, das Gefälle der anschließenden Schotterflur bleibt ziemlich gleich, im Hitzenhofener Feld 5 ‰, bis an die Altmoränen heran steigt es nur auf 6 ‰. Zum Vergleich: Das würmeiszeitliche Memminger Feld hat von den Endmoränen weg 20 ‰, dann 15 ‰, nach 3 km noch 10 ‰ Gefälle; 5—6 ‰ besitzt es erst (bei Memmingen) nach 12 km. Die Schottermächtigkeit beträgt im Hitzenhofener Feld, an dessen Aufbau allerdings Rheingletscher-Schmelzwässer maßgeblichen Anteil haben, etwa 18 m; zur Illergletscherzunge hin steigt sie vor den Altmoränen (zwischen Ampo und Engelherz) auf knapp 20 m an (bei den Jungendmoränen mehr als 100 m). Ebenso verhält es sich mit der Geröllgröße; in unmittelbarer Moränennähe sind bis kalbskopfgroße Geschiebe eingestreut, aber schon nach kurzer Entfernung verschwinden sie in der übrigen Schottermasse, die sehr gleichartig — in mittlerer Korngröße — ausgebildet ist.

Die Ähnlichkeiten mit den entsprechenden Erscheinungen beim Grönenbacher Feld sind so verblüffend, daß man getrost auf dieselben Ursachen schließen kann. Also: Auch hier hat eine ausgesprochene Beckenrandschwelle gefehlt, der Gletscher schob sich in einem Tertiärgelände voran, das nur sanft anstieg oder sogar ein Gefälle nach außen hin besaß. Bei der von mir seinerzeit geführten Quartärexkursion (1950) hatte ich für die eigenartigen Verhältnisse bei Legau schon eine in diese Richtung gehende Erklärung gegeben (1951, S. 104): Das Eis des rißeiszeitlichen Maximalvorstoßes hätte sich in dieser äußersten Zone schon so ausgedünnt, daß keine stärkere Akkumulations- und Erosionsleistung mehr möglich war. Außerdem sei diese Zone vom Eis nur einmal — eben während dieser Maximalvereisung — bearbeitet worden, aber erst die Summe der Erosionsleistungen von mehreren, sich in der gleichen Richtung bewegenden Gletschervorstößen würde es zur Entstehung von ausgeprägten Becken mit stärkerer Reliefenergie kommen lassen. Möglicherweise hätte dieser rißeiszeitliche Maximalvorstoß auch nur verhältnismäßig kurze Zeit angedauert, so daß auch aus diesem Grunde keine größere Einwirkung auf den Untergrund erfolgt wäre.

Genau so ist es im Grönenbacher Altmoränengebiet: Die Tertiär-Oberfläche senkt sich von 760/65 m am Iller-seitigen Steilabfall auf 755/57 m im Greiter Becken und auf 745/48 m im Waldschenke-Rücken, das ist eine fast unmerkliche Neigung von 3—6 ‰.

Aus diesen besonderen Verhältnissen des Grönenbacher Feldes könnte man schließen, daß die glaziale Übertiefung des Illergletscher-Hauptbeckens wie auch seiner Zweigbecken

noch nicht so weit fortgeschritten war, daß der Gletscher bei seinem Vorrücken fest vorgezeichneten Tiefenlinien hätte folgen müssen. Infolge geringerer Höhenunterschiede — auch zu den Randgebieten hin — war es leichter möglich, eine neue Richtung einzuschlagen. Stärker als vom Relief wurde das vom Gestein beeinflusst: Einem von Moränen und Schottern (oder gar von harten Nagelfluhen) eingenommenen Geländeteil weicht auch ein Gletscher aus. Dazu war damals noch genug Platz vorhanden; später nicht mehr, es wurden die tertiären Gebiete immer stärker, zuletzt fast gänzlich vom Quartär überdeckt.

Wo der Gletscher an höherem Tertiärgelände, etwa über dem heutigen Illertal, eine seitliche Begrenzung fand, fehlte später die schützende Quartärdecke; darum kam es hier zu besonders starker Abtragung — bis zur völligen Reliefumkehr. Die zwischen den beiden westlichen Altmoränenrücken wie eine Talmäanderkonkave erscheinende Bucht von Tiefenau ist nicht das Werk der Iller, sondern allein der Hangabtragung; das alte Höhenrelief (oder genauer: die seitliche Begrenzung des Altmoränengebietes gegen das höhere Tertiärland) erscheint bis in Einzelheiten nach unten projiziert.

5.4. Zur großen Zahl der Grönenbacher Schotter

Sie ist die Hauptfrage. Weil es sich dabei um ein bisher einmaliges Phänomen im alpinen Diluvium handelt, wird man zuerst nach einer lokalen oder einer speziellen Ursache suchen. Scheidet das aus, würden die neuen Ergebnisse zur Gliederung des Grönenbacher Feldes, des „locus typicus“ für die PENCKsche Mindeleiszeit, allgemeinere Bedeutung erhalten.

Eine tektonische Ursache muß ausgeschlossen werden. Im Bereich von Grönenbach wie seiner weiteren Umgebung sind bisher weder bruch- noch flexurartige Heraushebungen festgestellt worden, als deren Folge sich die einzelnen, zeitlich aufeinanderfolgenden Schmelzwasserströme eingetieft und ihre Schotter in einem jeweils tieferen Niveau abgelagert hätten. Solche tektonischen Bewegungen müßten in den oft über lange Strecken durchziehenden Leithorizonten des Tertiärs (Ton-, Mergel-, Kies- oder Konglomeratlagen) zu erkennen sein. Das ist aber weit und breit nicht der Fall.

Ebenso scheidet aus, die 10 Grönenbacher Schotterstränge als spätglaziale Erosionsterrassen zu deuten. Diese entstanden beim Gletscherrückzug in das tiefere Hauptbecken und durch die damit zusammenhängende Tieferschaltung der Schmelzwaserbahnen und finden sich vornehmlich in übersteilten Übergangskegeln. Ein solcher fehlt aber im Grönenbacher Feld. Außerdem betraf die spätglaziale Erosion in erster Linie die Schotteroberflächen, die Schottersohlen blieben davon im allgemeinen unberührt. Hier ist es aber anders: Bei jeder tieferen Schotteroberfläche liegt zugleich auch die Schottersohle tiefer. Es handelt sich stets um einen neuen Schotter, also um einen neuen Aufschüttungs-, nicht nur um einen neuen Erosionsvorgang.

Die einzelnen Schotterstränge und Schotterterrassen des Grönenbacher Feldes als „Teilfelder“ anzusehen, hat schon mehr Wahrscheinlichkeit und ist eingehender zu prüfen. PENCK hat in seinen methodisch grundlegenden Ausführungen über den glazialen Komplex und die glaziale Serie (A.i.E., S. 18) deutlich genug herausgestellt, daß sich die Teilfelder lediglich auf die Nachbarschaft der Moränen beschränken: „... in meist geringer Entfernung von denselben laufen die Teilfelder in ein einziges großes Feld zusammen, das seinerseits ebenso dem ganzen Moränengürtel entspricht, wie jedes Teilfeld einem einzelnen Walle“ (siehe auch SCHAEFER 1951, S. 299 ff.). — Wie steht es damit hier? Soweit sich die einzelnen Grönenbacher Schotterterrassen verfolgen lassen, und das ist immerhin eine Entfernung von 10 km abwärts der Endmoränen, ist nicht zu erkennen, daß sie zusammenlaufen oder zusammenlaufen würden. Dann haben Teilfelder stets ein verschiedenes Gefälle, die obersten — wegen der Bindung an die äußersten Endmoränen — das stärkste, die tieferen — infolge ihres Zusammenhanges mit weiter zurückgestaffelten, also tiefer im Beckenraum liegenden Endmoränen — ein geringeres. Auch das trifft bei den Grönenbacher Schotterterrassen nicht zu, ihr Gefälle ist bei allen und durchgehend sehr

gleichartig. Schließlich müssen Teilfelder, ob es sich um reine Erosionsterrassen oder auch um letzte Aufschüttungen von Rückzugsmoränen aus handelt, das gleiche Schotterzeug führen. Im Grönenbacher Feld ist dies aber nicht der Fall, die Geröllzusammensetzung weist — sowohl nach Größe wie Gesteinsart — in den einzelnen Schottern z. T. erhebliche Unterschiede auf. Damit dürfte diese Erklärungsmöglichkeit genügend entkräftet sein. Vollends geschieht das durch die folgenden Ausführungen.

5.5. Zu ihrer Fortsetzung im Eisenburger Riedel

Topograph. Karte 1 : 25 000, Gradabt.blätter 7827 (Babenhausen), 7927 (Amendingen); Positionsblätter 703, 704, 681; Karte 1 : 50 000, L 7926; Karte 1 : 100 000, Blatt 635 (Laupheim).

PENCK hat diese — ohne eine Begründung anzuführen — nach NW hin, jenseits der Iller, im Tal der württembergischen Roth angenommen (S. 35, 54). Das ist deswegen erstaunlich, weil er selbst schon im Günztal, zwischen Holzgünz und Unterhart, einen Terrassenschotter (in 620—35 m) entdeckt und richtig als dem Grönenbacher Schotter altersgleich angesprochen hat. Die seiner Meinung nach zwar deutliche, im ganzen gesehen aber „bescheidene Abstufung“ am Ostabfall des Eisenburger Riedels (Bauhofer Berg) betrachtet er jedoch nicht als die Fortsetzung des Grönenbacher Feldes. Daß es sich aber nicht nur um eine Hangabstufung handelt, sondern um einen eigenen, durch ein Tal abgetrennten Schotterrücken von 5 km Länge, ist ihm entgangen.

Die Frage der Fortsetzung der Grönenbacher Schotter beantwortet sich aus der Talgeschichte. Im O bildete die rechtsseitige hohe Schotterwand des Memminger Trockentales (von Schrattenbach bis zum Theinselberg) mit ihrer Weiterführung durch das rechte Günztalgehänge eine eindeutige Wasserscheide. Im W lag damals ein vom Hohen Rain und der Kronburg bis zum Eisenburger Riedel reichendes Höhengelände, das einen Übertritt in das heutige Illertal verhinderte. Der Grönenbacher Schotterstrom konnte also nur ins Günztal ziehen (SCHAEFER, 1951, S. 103). Hier richtet sich das Augenmerk auf jenen großen, hoch aufragenden, bis 12 km langen und 5 km breiten Riedel, der die Wasserscheide zum Illertal bildet, bei Eisenburg, nö. Memmingen, einsetzt und bis Klosterbeuren—Winterrieden reicht. Mit seiner fast geschlossenen Bewaldung erscheint er wie ein einheitlich geschaffener Landblock. Daß aber bei seiner Größe, die das Grönenbacher Feld um das Dreifache übertrifft, nicht nur ein Schotter allein an seinem Aufbau beteiligt wäre, mußte jeder Kenner der geologischen und geomorphologischen Verhältnisse des Alpenvorlandes von vornherein vermuten. Es würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit, die dem Grönenbacher Feld, dem Ausgangsgebiet der PENCK'schen Mindeleiszeit gewidmet ist, überschreiten, wenn die Einzeluntersuchung sich noch auf dies Gebiet erstreckte. Das soll nur so weit geschehen, wie es zur Beantwortung der in diesem Kapitel gestellten Hauptfrage notwendig ist.

Der von PENCK entdeckte Terrassenschotter (von w. Holzgünz bis zum Eichelgarten w. Lauben) ist nicht der einzige. Westlich von ihm läßt sich ein weiterer Schotterstreifen (mit Lauberhart und der westlichen Hälfte des „Stiftungswaldes“) abtrennen, und nördlich davon erscheinen noch weitere verschieden hoch liegende Schotter. Es ist nicht nötig, sie alle vorzuführen. Vier Schotter, deren Sohlen verhältnismäßig genau ermittelt werden konnten, mögen ausreichen, um die Verbindung mit den Grönenbacher Schottern zu zeigen (Tafel II).

Um keine Fehlverknüpfungen entstehen zu lassen, wurden nur die Schottersohlen herangezogen; die Schotteroberflächen sind zu oft (durch Abtragung) erniedrigt oder (durch jüngere Deckschichten) überhöht, als daß eine genaue Verbindung stets ohne Zweifel wäre. Bei den Schottersohlen scheidet das aus. Die Längsprofile ziehen vom Greiter Becken, dem Wurzelgebiet der älteren Grönenbacher Schotter (I—III), im Greiter Tal hinab und am linken Rand des Grönenbacher Schotterfeldes in einem flachen Bogen über Memmingerberg sowie östlich an Eisenburg vorbei nach Unterhart und Lauberhart. Da alle Schottervorkommen des Grönenbacher Feldes, wie auch die des

Eisenburger Riedels, der linken Talseite angehören, wird diese Profillachse die geringsten Fehler zeigen. In sie wurden — der Flußrichtung entsprechend — die abseits gelegenen Schottervorkommen (Hoher Rain, Kronburg, HT, NT) hineinprojiziert.

Eine Ausnahme von dieser Lage an der linken Talseite ist der Kohlstatt-Schotter bei Ungerhausen; er könnte, wenn damals der Streifen der Hawanger und anschließenden Günztal-HT noch tertiäres Hochgebiet war, einem — allerdings dicht benachbartem — östlichen Flußsystem (Otto-beurer Günztal) angehört haben. Ebenso liegen rechtsseitig der Felsenberg- und Theinselberg-schotter, die des Vergleiches wegen einbezogen wurden. Eine gewisse weitere Ausnahme wäre der Reichauer Schotter, der auf der anderen, dem Günztal abgewandten Seite des Eisenburger Riedels liegt.

Als höchsten Eisenburger Schotter könnte man den schon von PENCK (S. 32 u. Fig. 4, hier Abb. 2) angeführten am Bauhofer Berg ob Eisenburg bezeichnen — mit Uk (am A.T. w. des Bauhofes) in etwa 662 m¹¹⁾; 5,5 km nnö. liegt die Schottersohle am Sattelberg, östlich gegenüber Otterwald, in etwa 641 m (= 3,8 ‰¹²⁾). Als tiefsten Eisenburger Schotter könnte man jenen bezeichnen, der wnw. Lauben den ersten waldbedeckten schmalen Teilriedel erfüllt und dessen Sohle (in der alten Kgr etwas n. der Straße nach Otterwald) in 592/93 m erscheint. An ihn schließt sich nach S der genannte 5 km lange Riedel von w. Lauben (Eichelgarten) bis w. Holzgünz an, dessen Schottersohle (unter der alten Kgr an der Straße nach Unterhart) richtig mit ein wenig tiefer als 620 m bestimmt hat und die 2 km nördlich bei 612 m liegt (= 4 ‰). Als vierter Eisenburger Schotter sei der von Reichau ausgewählt, dessen Sohle sich dort in 624 m und 2,5 km südlich (in der Kohlwald-Kgr nww. Otterwald) in 633 m findet (= 3,6 ‰); damit staffelt er sich deutlich unter den höchsten Schotter, dessen Sohle dicht ö. Otterwald mit 641 m angegeben war. Die Schotteranlagerungen nw. und nö. von Eisenburg (mit T/Q-Grenzen in 652/55 m) gehören wohl schon einem höheren Niveau an; besser paßt zum Reichauer Schotter der auf der Kohlstatt bei Ungerhausen mit einer Sohlenhöhe in 655 m (= 3,8 ‰).

Auch wenn zwischen dem Ende der Grönenbacher Schotter und dem Beginn der Eisenburger eine Lücke von 9—10 km klafft, läßt sie sich nahtlos schließen. Die Eisenburger Schotter haben ein Sohlengefälle von 3,6 ‰—4,0 ‰, die Grönenbacher 5—5,6 ‰. Für die Lücke errechnet sich ein Mittelwert von 4,3—4,8 ‰; mit ihm lassen sich alle entsprechenden Schotter miteinander verbinden. Ein Gefällsbruch ist nicht vorhanden.

Einen solchen nimmt PENCK (S. 35) an. Von der Donau aufwärts hätte der ältere Deckenschotter, zu dem er auch den Eisenburger Schotter zählt, 4 ‰ Gefälle. Für die Verbindung zum günzeiszeitlichen Schotter bei der Kronburg und am Hohen Rain gibt er 6 ‰ für die Sohle und 9 ‰ für die Oberfläche an (S. 34, 39). Dabei ist PENCK ein offensichtlicher Irrtum, ein Rechenfehler, unterlaufen. Die Oberflächenhöhen nennt er richtig am Hohen Rain mit 755 m (S. 30), am Bauhofer Berg mit 675 m (S. 33), als Entfernung dazwischen 14 km (S. 34); das sind 5,7 ‰, und wenn man bei letzterem den hangenden Lehm wegläßt, 5,9 ‰, nicht 9 ‰. Damit muß der Gefällsbruch fallen gelassen werden. Vollends erledigt er sich, wenn man die richtige Verbindung vornimmt, nämlich von den Eisenburger zu den Grönenbacher Schottern (= 4,8 ‰ für die Oberfläche). Wie Kronburg und Hoher Rain das Grönenbacher Feld überragen, so nehmen sie auch deutlich ein höheres Niveau ein als der Eisenburger Riedel.

Was für die Gefällsverhältnisse ermittelt wurde, gilt in gleicher Weise für die Schotterausbildung — nach Mächtigkeit sowie Geröllgröße und -zusammensetzung. Der Kri-

11) Möglicherweise verbirgt sich in dem Rückengelände nördlich davon mit den Waldabteilungen Oberhart und Unterhart ein noch höherer Schotter, für den bislang allerdings noch kein Abschluß ermittelt werden konnte (die Fuchsberg-Kgr an seinem Westabfall gehört gewiß zu einem tieferen Schotter).

12) In dieser Uk-Höhenangabe (wie auch in der vom Bauhofer Berg) könnte infolge der (gerade im Bereich dieses Kartenblattes sehr verschiedenartigen) Umsetzung von Adria- auf Nordsee-Pegelwerte ein Fehler von 1—3 m enthalten sein. Grundsätzlich würde sich aber deswegen nichts ändern; wenn die Uk am Bauhofer Berg tiefer, etwa in 660 m, und die am Sattelberg höher, etwa in 643/44 m, läge, müßte lediglich der Sattelbergschotter mit dem in Anm. 11) vermuteten höchsten Schotter verbunden werden (= 3,9 ‰).

stallingehalt ist — aus den aufgezeigten Gründen — schon in den Grönenbacher Schottern recht verschieden, er schwankt von 1—5 ‰, seltener bis 8 ‰ und darüber. In den Eisenburger Schottern beträgt er — nach 10—20 km Flußtransport, dazu noch mit 4—5 ‰ Gefälle — immer noch 1—2 ‰, lagenweise bis 3 ‰. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die kristallinen Gerölle der vom Illergletscher stammenden Schotter auf ihrer dritten Lagerstätte liegen (Alpen-Moränen-Schotter), also dadurch recht „mürbe“ geworden sind und leichter aufgearbeitet werden konnten.

Es kann nach allem kein Zweifel bestehen, daß sich die Grönenbacher Schotter in dem Eisenburger Schotterkomplex fortgesetzt haben und hier zum großen Teil noch erhalten sind. Die Zuordnung im einzelnen ist eine zweitrangige Frage. Ob der höchste Eisenburger Schotter, was durchaus möglich ist, älter und ob der tiefste jünger ist, mag einer späteren Untersuchung überlassen bleiben; an der Verbindung der übrigen Eisenburger Schotter mit den Grönenbachern kann sich dadurch nichts ändern.

5.6. Zur Stellung der Grönenbacher und Eisenburger Schotter im diluvialen System

Mit der Klärung ihrer Zusammengehörigkeit hat sich die zuvor erörterte Frage der Grönenbacher Schotter als Teilfelder (eines gemeinsamen Hauptfeldes) von selbst erledigt. Die einzelnen Schotterstränge vereinigen sich auch weiterhin nicht; bis ans Ende des Eisenburger Riedels, also über 30 km hin, und noch darüber hinaus, bleiben sie getrennt — und zwar jeweils mit den fast gleichen Abständen wie an ihrem Ursprung. Nirgends im ganzen Umkreis der Alpen gibt es das bei Teilfeldern.

Mit der Feststellung einer größeren Zahl von Schottern hat sich auch die vertikale Lücke im Aufbau des Eisenburger Riedels geschlossen, die zwischen dem Nagelfluhschotter oben (660/62—72 m auf dem Bauhofer Berg) und jenen tief darunter klappte (PENCKsche Kgr zwischen Holzgünz und Unterhart, 620—32 m, oder wnw Lauben, 593—604 m). Ein solch schotterloser Höhenabstand von ganzen 40 m wäre auch zu verwunderlich gewesen — dazu noch in einem Gebiet mit einem Reichtum an fluvioglazialen Ablagerungen wie kaum seinesgleichen. Die Lücke wird nun — wie im Grönenbacher Feld — von einer ganzen Schotterserie gefüllt. In diesem 40 m-Höhenabstand vom tiefsten bis zum höchsten mindelzeitaltlichen Schotter spiegelt sich eine erhebliche größere Erosionsleistung wider als in jenem zu den günzeitaltlichen „Hochfeldschottern“ darüber (20 m am Hohen Rain) oder in jenem zu den rißeitaltlichen HT-Schottern darunter (20 m am Ende des Grönenbacher Feldes, 15 m am Anfang des Eisenburger Riedels).

Trotz dieses eigenen großen Höhengspielraumes bilden die Schotter des Grönenbacher Feldes — und darum kann man es durchaus bei dieser PENCKschen Benennung („Feld“) belassen — eine in sich geschlossene, von den darüber wie darunter liegenden deutlich getrennte Gruppe. Aber schon im Eisenburger Riedel — und noch mehr weiter talab — ist das nicht mehr der Fall. Hier findet sich weder zu den höheren noch zu den tieferen Schottern ein größerer Höhenabstand. Es wäre daher zu erwägen, ob es sich bei jenem über und unter den Grönenbacher Schottern um eine Schichtlücke handelt. Die Längsprofile lassen diese Möglichkeit bestenfalls nach oben hin zu, also für den Höhenabstand zum (günzeitaltlichen) HohenRain-Kronburg-Schotter. Weiterhin wäre angesichts des großen Höhengspielraumes (von 40 m allein für das Erosions- und Akkumulationsspiel einer Eiszeit) der eben schon aufgeworfenen Frage nachzugehen, ob ein unterer Teil der Grönenbach-Eisenburger-Schotter der Rißezeit oder (besser noch) der von mir (1965) ins Gespräch gebrachten Paareiszeit zugeteilt werden müßte.

Gegen eine Zuweisung der tiefsten Grönenbach-Eisenburger Schotter zu den rißeitaltlichen spräche eine Erscheinung, die letzteren im allgemeinen fehlt: Das sind die *geologischen Orgeln*, die hier auch schon PENCK (S. 32) aufgefallen sind. Sie finden sich in allen Schottern (von I—X), natürlich nicht in jedem Aufschluß, aber fast in jeder Nagelfluh-Kgr, deren Ok sich mit der alten

Schotteroberfläche deckt. Oft reichen sie bis 6 und 8 m tief hinab und stellen echte Naturschönheiten dar, die verdienstvoller Weise durch die Forstämter Grönenbach und Ottobeuren geschützt werden. Den rißeiszeitlichen HT-Schottern, auch wo sie — wie besonders die älteren — zum Teil ansehnlich verfestigt sind, fehlen geologische Orgeln durchwegs; sie haben Verwitterungssäcke oder -taschen, manchmal sogar von schlotartiger Form, niemals aber echte geologische Orgeln.

Wesentlicher als die genaue Zahl oder die Zuordnung im einzelnen ist, daß in PENCKs Mindeleiszeit eine ganze Serie von Akkumulations- und Erosionsvorgängen fällt — in einem so großen Vertikalabstand und auf eine so weite horizontale Erstreckung, daß man daraus bisher — entsprechend den PENCKschen Methoden — wenn nicht unbedingt auf Glazial- und Interglazialzeiten, so doch auf voneinander recht getrennte Gletschervorstöße geschlossen hat. In einer entsprechenden Erweiterung des Begriffes Mindeleiszeit würde sich nichts anderes widerspiegeln, als was im Gelände schon geschehen ist: Die Auflösung des für PENCKs Mindeleiszeit repräsentativen Grönenbacher Feldes in 10 fluvio-glaziale Schotterterrassen und der vielschichtigere Aufbau des Eisenburger Riedels. Nicht unwesentlich ist auch dessen „Verjüngung“. Bei EBERL (S. 305) war die Schotterdecke donauiszeitlich, PENCK (S. 32) hatte sie in seine Günzeiszeit gestellt, nun ist sie nur noch mindeleiszeitlich.

Das ist alles neuartig gegenüber dem bisher bekannten Bild vom Memminger Raum, dem Ausgangspunkt der A.i.E. und dem ersten Modell von PENCKs tetraglazialem System, aber auch anders wie es EBERL hingestellt hat. Von da aus wird man wieder an eine Überprüfung der bisherigen Gliederungsversuche für die Diluvialbildungen der Iller-Lechplatte herantreten müssen. Sie ist für die alpine Eiszeitforschung wichtig und für die Aufhellung der Landschafts-, besonders der Fluß- und Talgeschichte, notwendig. Davon werden meine nächsten Arbeiten handeln.

5.7. Zur Flußgeschichte

Dazu seien, weil schon außerhalb der gestellten Aufgabe liegend, nur einige Bemerkungen getan. Daß es sich bei allen Grönenbacher und Eisenburger Schottern um Ablagerungen in Tälern, also um Talschotter, handelt, nicht um „Deckenschotter“, auch nicht um solche in überaus breiten Tälern, wie PENCK es für den „Jüngeren Deckenschotter“ annahm, braucht nach dem Gesagten nicht weiter erörtert zu werden. Dies wird in den Querprofilen deutlich genug sichtbar, — ebenso daß alle Schotter ausnahmslos in Abflußrinnen mit kastenförmig gestalteten Querprofilen liegen. Die in meiner Arbeit über die diluviale Erosion und Akkumulation (1950) daraus gewonnenen Ergebnisse gelten auch für dieses Gebiet, besonders daß bei der Verfolgung der Schotter bis fast in den Moränenraum hinein auf die Schottersohlen recht guter Verlaß ist (S. 115).

Zur Flußgeschichte selbst bestätigt sich, daß die Iller in einer älteren Rißeiszeit im heutigen Günztal floß (SCHAEFER 1940 u. a. O.). Auch während der Mindeleiszeit hatte sie hier ihren Lauf, wie die ohne Zweifel von ihr verfrachteten Grönenbacher und Eisenburger Schotter zeigen. Die Westtendenz ist offensichtlich: *Günztal* (Mindel- und Altrißzeit) — *Weißenhornor Tal* (Jungriß- und Altwürmzeit) — *heutiges Illertal* (Jungwürmzeit und Gegenwart). Weiter südlich ist es aber umgekehrt. Der höchste, der günzeiszeitliche Schotter (Hoher Rain, Kronburg) liegt im W, nach O folgt — sich treppenartig tiefer staffelnd — die mindeleiszeitliche Schotterserie, danach — wieder nach O anschließend — die rißeiszeitliche HT (Grönenbach—Zell) und schließlich die würmeiszeitliche Schotterflur des Memminger Trockentales. Ob der HoheRain- und Kronburg-Schotter die oberste Stufe dieser Iller-Terrassentreppe darstellt, ist nicht ganz sicher. Trotzdem ist in diesem Bereich die Tendenz der Iller von W nach O unverkennbar. Auch das hat für manche geomorphologischen wie auch schotterstratigraphischen Fragen der Iller-Lechplatte einige Bedeutung.

Ergebnisse

1. Das südlich Memmingen liegende *Grönenbacher Feld*, der locus typicus für PENCKs Mindeleiszeit, wird nicht von einem einzigen „jüngeren Deckenschotter“ gebildet, sondern setzt sich aus insgesamt 10 Schotterterrassen zusammen.

2. Die Grönenbacher Schotter sind stratigraphisch, petrographisch und geomorphologisch eigenständige Akkumulationskörper, die voneinander jeweils durch einen Erosionsabstand getrennt werden und stets in typischen fluvioglazialen Abflußrinnen mit kastenförmigen Querprofilen und sehr ebenen Aufschüttungssohlen liegen.

3. Sie sind im Umkreis von Grönenbach von den günz- wie von den rißeiszeitlichen Schottern deutlich abgesetzt und bilden hier eine zusammengehörige Schotter- und Terrassengruppe. Vorerst sollte sie im ganzen bei PENCKs Mindeleiszeit belassen bleiben.

4. Das sollte auch für die südlich anschließende Altmoränenzone gelten. Das auffallende Fehlen von rißeiszeitlichen Moränen hat — ebenso wie das Fehlen eines Übergangskegels oder einer eindeutigen Moränen/Schotter-Verzahnung — lokale Gründe.

5. Der nordöstlich Memmingen aufragende *Eisenburger Riedel* wird ebenso nicht nur von einem einzigen Schotter abgedeckt (nach PENCK: günzeiszeitlich, nach EBERL donau-eiszeitlich), an seinem Aufbau nehmen vielmehr eine Reihe von Schottern teil; sie verbinden sich mit denen des Grönenbacher Feldes, gehören demnach zu PENCKs Mindeleiszeit.

6. Damit wird am Eisenburger Riedel die große Lücke geschlossen, die zwischen den abdeckenden Schottern oben und den HT- und NT-Schottern darunter klappte. Ebenso verschwindet der (von PENCK wie von EBERL angenommene) Gefällsbruch zwischen dem Moränengebiet im S und dem Schottervorland im N; er ist auch bei den darüber gestaffelten günzeiszeitlichen Schottern nicht zu erkennen.

7. Grönenbacher wie Eisenburger Schotter wurden von der Iller aufgeschüttet, die in der PENCKschen Mindeleiszeit ihren Lauf im heutigen Günzthal nahm. Hier zeigt sie eine Wanderungstendenz nach W, im Süden jedoch nach O. Auch das ist für die Schotterstratigraphie von einiger Bedeutung.

8. Ob die kristallinen Gerölle der Grönenbach-Eisenburger und auch vieler anderer altdiluvialer Schotter der Iller-Lechplatte, wie es seit PENCK vertreten wird, aus den Miozän-Konglomeraten der Berge westlich von Kempten stammen und von der Iller verfrachtet wurden, ist auch weiterhin skeptisch zu beurteilen.

9. Indem sich die Grönenbacher und Eisenburger Schotter über 30 km Länge erstrecken und noch weiter verfolgen lassen, scheidet eine tektonische Deutung aus, ebenso eine solche als „Teilfelder“, die zu einem „Hauptfeld“ zusammenlaufen würden, — ganz zu schweigen von der Deutung als spät(mindel)eiszeitliche Erosionsterrassen.

10. Angesichts der Aufgliederung des PENCKschen Ausgangsbeispiels für die Mindeleiszeit in eine reiche Ablagerungsserie, die — allein für eine Eiszeit — ein Phänomen und Novum in der alpinen Diluvialforschung darstellt, wird man nicht unbedingt — den PENCKschen Methoden folgend — auf Glazial- und Interglazialzeiten schließen wollen, jedoch werden zumindest voneinander recht getrennte, große Gletschervorstöße angenommen werden müssen. Wie man auch vorgehen mag, ob man sie alle bei der Mindeleiszeit beläßt, ob man die ganze untere Hälfte der Paareiszeit zuweist oder einen untersten Teil zur Rißeiszeit stellt, um eine Erweiterung von PENCKs Mindeleiszeit zu einer Großeiszeit (oder einer Eiszeitengruppe) wird man in keinem Falle herkommen.

11. Das Grönenbacher Feld ist nach diesen Ergebnissen — noch wie seinerzeit, als PENCK es an den Anfang der „Alpen im Eiszeitalter“ stellte, eine maßgebende Schlüsselstelle des alpinen Diluviums geblieben.

12. In methodischer Hinsicht wurde zum Wandel und Fortschritt der Eiszeitforschung vorgeführt, wie sich einheitlich erscheinende Landblöcke, hier das Grönenbacher Feld und der Eisenburger Riedel bei richtiger Differentialdiagnose in ihre natürlichen Bestandteile zerlegen lassen.

Schlußbemerkung

In den Vorbemerkungen war darauf hingewiesen worden, wie verwickelt die Verhältnisse im Memminger Raum, dem Ausgangsgebiet der „A.i.E.“, sind, wo PENCK sie besonders klar gegliedert glaubte, wie schwierig seither eine geologische und geomorphologische Analyse geworden ist und daß dies am Beispiel des Grönenbacher Feldes vorzuführen ein weiterer Zweck dieser Arbeit sei. Wie berechtigt, notwendig und wichtig dieser Nebenzweck war, erweist eine am Geographischen Institut der Universität Heidelberg erstellte Dissertation (von Peter Sinn über „Die präwürmeiszeitlichen Ablagerungen im mittleren und südlichen Illergletschervorland“, 1971 — 220 Schreibmasch.-S.). Man muß den Mut bewundern, mit dem in einer ersten wissenschaftlichen Arbeit thematisch und räumlich ausgeholt wird. Wofür bisher Dutzende von wissenschaftlichen Einzelarbeiten notwendig waren, das wird hier in einem Zuge aufgearbeitet: ... von der Riss bis an die Mindel, von der Alb bis nach Tirol ... Im Verzeichnis der genannten Aufschlüsse werden 359 angeführt, eine hohe Zahl für 2 oder 3 Arbeitsjahre, zumal dem in dieser Zeit als Gymnasiallehrer tätigen Verfasser, wie man dem Lebenslauf entnehmen kann, für Geländearbeiten nur die dafür recht kurzen sommerlichen Schulferien zur Verfügung gestanden haben werden. Andererseits für das viel zu groß gewählte Gebiet eine viel zu kleine Zahl. Zum Vergleich: Bei Sinn fallen in das Grönenbacher Feld 33 Aufschlüsse; das reichte in keinem Falle aus, um seinen Bau, der allein aus der etwa doppelt so großen Zahl von geologischen Einzelparzellen besteht, zu erkennen. Bei mir sind es sechsmal soviel. Danach auch die Ergebnisse. Für das Grönenbacher Feld und den Eisenburger Riedel muß man, so hart es auch klingen mag, geradezu alle Sinn'schen Beobachtungen für nicht ausreichend oder unzutreffend und die Auswertungen für falsch ansehen. Beim Blick auf manche der beigefügten Profile, etwa 14 a, von der Kronburg über den Mühlsteig zur Zeller HT und zum Memminger Trockental, fragt man sich, warum nur eine Rückkehr zu Penck erfolgt ist; es ließen sich in gleicher Weise alle Sinn'schen diluvialen Schottersohlen miteinander verbinden, und er hätte auch zu Lepsius' Monoglazialismus zurückkehren können. Ein Jammer, wenn man bedenkt, wieviel Arbeit in der Erstellung einer Dissertation liegt — und auch in dieser gelegen hat! Eine Beschränkung auf ein sachlich oder räumlich enger begrenztes Thema hätte ganz ohne Zweifel zu anderen Ufern geführt — immer noch nach dem alten, guten Leitmotiv: *multum non multa*.

Schrifttum

- EBERL, B.: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland. — 427 S., Augsburg 1930.
 FÖRDERREUTHER, M.: Die Zungenbecken des Illergletschers und die Illerdurchbrüche bei Reicholzried und Kempten. — Mitt. Geogr. Ges., **16**, 337—338, München 1923.
 GRAUL, H.: Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet. — Geolog. Bav., **18**, 13—48, München 1953.
 —: Über die quartären Geröllfazien im deutschen Alpenvorlande. — Geolog. Bav., **19**, 266—280, München 1953.
 MÜLLER, F.: Die geologischen Verhältnisse des Blattes Buchenberg. — Geolog. Bav., **13**, 24 S., München 1952.
 PENCK, A.: Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. — 483 S., Leipzig 1882.
 PENCK, A. & BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. — 1199 S., Leipzig 1901/09.
 SCHAEFFER, I.: Die Würmeiszeit im Alpenvorland zwischen Riß und Günz. — Abh. Naturwiss. Ver. f. Schwaben u. Neuburg, **2**, 148 S., Augsburg 1940.
 —: Die diluviale Erosion und Akkumulation. Untersuchungen über die Talbildung im Alpenvorlande. — Forsch. z. dt. Ldsdkde., **49**, 154 S., 38 Abb., Landshut 1950.
 —: Quartärgeologische Exkursion durch die Riß-Lechplatte. — Geolog. Bav., **6**, 98—114, 4 Abb., München 1951.
 —: Über methodische Fragen der Eiszeitforschung im Alpenvorland. — Z. dt. geol. Ges., **102**, 287—310, 6 Abb., Stuttgart 1951.
 —: Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet. — Geolog. Bav., **18**, 49—112, 9 Abb., 1 Prof.-tafel, München 1953.
 —: The Successions of fluvioglacial deposits in the Northern alpine Foreland. — Proceedings of the VII. Congress Volume 14/INQA, 9—14, Boulder-Denver/Colorado 1965.

- SCHIEMENZ, S.: Fazies und Paläogeographie der subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. — Beih. z. Geolog. Jb., **38**, 119 S., Hannover 1960.
- SIMON, L.: Der Rückgang des würmeiszeitlichen Allgäuvorlandgletschers. — Mitt. Geogr. Ges., **19**, 1—37, München 1926.
- STAPP, R.: Zur Talgeschichte der mittleren Iller. — Geolog. Bav., **19**, 168—185, München 1953.

Manuskript eingeg. 12. 2. 1973.

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. Ingo Schaefer, 8032 Gräfelfing, Maria-Eich-Straße 120.