

Öde, kilometerweit, bis zum fernen Stadtrand. Neben der Geschäftsstadt im Kern zeichnen sich auch die Torstraßen, von außen her befruchtet, durch neue Ladenlokale aus. Eine gewisse Verlagerung des Geschäftslebens von der Altstadt auf die Ringe, die Boulevards also, wie beim Sonnenwall in Duisburg, ist freilich unverkennbar. Dennoch ist die Zähigkeit innerstädtischen Geschäftslebens erstaunlich, jedoch aus der Funktionslagerung verständlich.

III.

Für die Kriegszerstörung der Innenstädte sind Duisburg, Essen und Köln nur Beispiele. In Deutschland sind fast alle Städte in dieser Weise betroffen, in den Niederlanden Rotterdam (schon im Mai 1940), auch in Belgien, Frankreich und England hat sich, in geringerem Ausmaß, Ähnliches ereignet. Aber gerade nach der gänzlichen Vernichtung (wie in den dargestellten Fällen) sind die Erscheinungen des Wiederauflebens für den Stadtgeographen besonders lehrreich.

Es wird nämlich, was in der Erforschung der Kulturlandschaft sonst schwer zu erkennen ist, das Verhältnis des Erscheinungsbildes zu den Kräften, die dahinter stehen, in vollkommener Weise deutlich. Nur was lebensechten, wenn auch latenten Funktionen entspricht, das kann wieder erstehen. Im Wirtschaftsleben zeigt sich dies besonders deutlich. Die Altstädte gewinnen ihren „City“-Charakter schnell zurück. Als Wohnviertel waren sie minderen Ranges; man hauste vorwiegend in längst amortisierten alten Gebäulichkeiten: diese sind nicht reparabel, abgesehen von der Tatsache, daß die Wohnungswirtschaft in Deutschland wie anderswo gebunden ist und sich daher nicht frei entfalten kann. Im übrigen aber lenkte der Verkehr, örtlich Bevorzungen und Benach-

teiligungen schaffend, auch die neue Lokalisation; „Lagerenten“ sind, ceteris paribus, unverwüsthlich. So kommt auch die zentrale Lage der Altstädte im gesamten Großstadtbereich wieder zur vollen Geltung.

Die Planung, deren Denkform die Technik und deren Ideal die Kunst ist, vermag da nicht viel⁵⁾. Daß es 1945 um Sein oder Nichtsein des jeweiligen städtischen Phänomens geht, wird ihr nicht bewußt. Wie hätte man sonst, wie in Köln, auf den Gedanken kommen können, Brücken nicht mehr zu errichten und Bahnhöfe abzubauen. Andererseits muß man zugute halten, daß die verödeten Flächen nicht frei, sondern insofern streng gebunden waren, als die alten Rechte an Grundstücken oder ortsgebundenen Konzessionen weiter bestanden. Dadurch kann sich eine großzügigere Neuplanung nur schwer durchsetzen. Es wird dies allenthalben beklagt, aber, was Deutschland angeht, wird man verstehen, daß 1945, nach zwölfjähriger Rechtsunsicherheit, die Aufhebung von Privatrechten vermieden werden mußte. Dadurch drohen, was den innerstädtischen Verkehr anlangt, trotz der riesigen offenen Brandlücken die Behinderungen weiter zu wachsen. Andererseits wird auf diese Weise der intime, in seiner Enge noch mittelalterliche Charakter der Geschäftsstadt bewahrt, was für den Käufer, wenigstens in Köln, einen großen Reiz bietet.

Wie sehr im übrigen die unter Ausnutzung der natürlichen Bedingungen und in langer Entwicklung herausgebildeten Funktionen auch die wieder erstehenden Städte bestimmten, wird der Geograph mit Befriedigung wahrnehmen.

⁵⁾ Vgl. R. Schwarz, Das neue Köln, ein Vorentwurf, 1950. Verlag J. P. Bachem, Köln.

PERIGLAZIALE UND REZENTE VERWITTERUNG UND ABTRAGUNG IN DEN HESSISCHEN BASALTBERGLANDSCHAFTEN

Kurt Scharlau

Weathering and denudation under periglacial conditions and those of the more recent past in the basalt mountain regions of Hesse.

Summary: Many of the basalt rocks of the mountains of Hesse are covered with glassy layers „Schutzzrinden“ (protective rinds) of leather-brown or reddish-brown colour which in that area could only have been formed during the last glacial period (Würm). It is possible to prove this by comparison with paleolithic artefacts since these show a patina due to the same causes, and it can be further confirmed by geomorphological investigations. The post-glacial weathering of a humid type leads, in contrast to the former conditions, to a bleaching of the rocks and destruction of these old protective rinds.

These two processes of weathering which have contrary effects also provide a possible means of dating the basaltic „Blockmeere“ (boulder fields). Since they are made up of boulders which show these weathering rinds of the periglacial type they must date from the Würm period.

These morphological features of periglacial type determine the present day landscape physiognomy, but their importance varies from place to place. Since the decline of the last glacial period (Würm) dissection and degradation working upon the rock waste, whose origin is due to periglacial soil creep, has been constantly increasing, in particular in the low-lying peripheral zones, whereas in the central mountain regions of higher altitudes the periglacial features still prevail. Nevertheless, even in

these parts, they have been subject to some recent changes which are far from negligible. Amongst those of major importance is the removal by water of the „Feinerde“ (minute soil particles) from beneath the slopes of coarse basaltic rock waste. Related to this process is the haphazard change in the location of springs situated on the rock waste which has been termed „Vagabundieren“ (vagabondism). Shifts of soil matter during the recent past have resulted in transport of a considerable amount of material as a result of which fossil forms are being constantly changed.

These processes and especially the changes in the quality of soil can be demonstrated by data taken from the historical geography of settlements.

Büdel, Klute und Poser haben in verschiedenen Arbeiten¹⁾ den Klimacharakter der Würmeiszeit behandelt und zur Erhärtung ihrer Ansichten eine Reihe von morphologischen Klimazeugnissen beigebracht. Hierbei sind die eiszeitlichen Verwitterungserscheinungen nur insoweit berücksichtigt worden, wie es sich um die physikalischen Vorgänge der Gesteinszertrümmerung in der periglazialen Frostschuttzone handelt. Die eiszeitliche chemische Verwitterung wurde bislang, soweit ich sehe, nur von *Keßler*²⁾ (1925) in die Erörterung mit einbezogen, aber auch von ihm nur hinsichtlich der Gesteinsaufbereitung behandelt, wobei sie den physikalisch bedingten Prozessen gegenüber als relativ unmaßgeblich erscheinen mußte. Die Feststellung von periglazialen Schutzrindenbildungen in den hessischen Basaltberglanschaften dürfte der erste diesbezügliche Beitrag sein, in dem versucht wird, diese chemischen Verwitterungsprodukte für die klimatologischen Probleme des Periglazials auszuwerten.

Die zunächst nur in den Wüstengebieten und dort bereits durch *de Rozière*³⁾ (1813) beobachtete und demzufolge durch *Walther*⁴⁾ (1891) als „Wüstenlack“ bezeichnete firnis- bzw. speckartig glänzende Berindung von Gesteinen ist späterhin auch aus den polaren Gebieten durch *Blandé*⁵⁾ (1919) und seit geraumer Zeit ebenfalls aus der alpinen Hochgebirgsregion durch *von Zahn*⁶⁾ (1928) bekannt geworden. Wie *Linck*⁷⁾ (1930) nachweisen konnte, handelt es sich dabei stets um genetisch gleichartige, unter ariden Verwitterungsbedingungen entstandene Bildungen. Derartige Verhältnisse sind sowohl in den heiß-ariden Gebieten der Erde gegeben, wo eine hohe Erwärmung der Luft mit großer Lufttrockenheit gekoppelt ist, als auch in den kalt-ariden Zonen, wo niedrige Temperaturen die Wasserarmut der Luft bedingen. Beiden, in temperaturmäßiger Hinsicht sich außerordentlich gegensätzlich zueinander verhaltenden Klimaten ist das hohe atmosphärische Sättigungsdefizit gemeinsam, der „Dampfhunger“, wie *Köppen*⁸⁾ (1917) diesen atmosphärischen Zustand treffend mit einem leider nicht eingebürgerten Ausdruck bezeichnet hat. Hierdurch verursacht, zeigen alle ariden Gebiete eine überraschende

Übereinstimmung in ihren Verwitterungsvorgängen und -produkten. Es handelt sich dabei um klimabedingte Konvergenzerscheinungen der Verwitterung, wie sie in ähnlicher Weise *Büdel*⁹⁾ (1944) für den morphologischen Formenschatz herausgestellt hat.

Nach der Auffassung von *Linck* ist die Entstehung der Schutzrinden auf einen chemischen Stoffwanderungsprozeß zurückzuführen, der vom Gesteinsinneren zur Gesteinsoberfläche gerichtet ist, also gleichsam eine kapillare Tendenz aufweist und das genaue Gegenteil zu dem Verwitterungsablauf unter humiden Gegebenheiten darstellt. Die durch die nächtliche Abkühlung hervorgerufene Kondensation des Wasserdampfgehaltes der Luft veranlaßt offenbar, trotz der Armut an meßbaren atmosphärischen Niederschlägen, eine ausreichend große Befeuchtung der Gesteine, um Lösungsprozesse bzw. Peptisation in den oberflächennahen Gesteinspartien zu bewirken, die durch die Gesteins Erwärmung infolge der täglichen Sonnenbestrahlung im Sinne einer hydrolytischen Aktivierung der chemischen Umsetzungen verstärkt werden. Die einer solchen primären chemischen Aufbereitung der mineralischen Substanz als sekundäre Verwitterungsauswirkung folgende Koagulation der Sole, d. h. der spezifische Prozeß der Gesteinsberindung, wird u. a. sowohl durch Frost als auch durch Hitze herbeigeführt¹⁰⁾. Man wird daher die Schutzrindenbildung in einer vergrößerten, den komplizierten kolloidchemischen Stoffwanderungsprozeß vereinfachenden Ausdrucksweise auch kurz und treffend als ein „Ausfrieren“ und „Ausschwitzen“ der Gesteinsoberfläche bezeichnen dürfen.

In chemischer Hinsicht¹¹⁾ handelt es sich hauptsächlich um die Peptisation und Koagulation der in den Gesteinen vorhandenen Eisen- und Manganverbindungen, während die leichter löslichen Bestandteile weggeführt werden. Vom mineralogischen Standpunkt aus entspricht die Zusammensetzung der Schutzrinden nach *Linck* einem braunen Glaskopf (Limonit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + n \text{H}_2\text{O}$). Da der inkonstante Wassergehalt des Limonits, der etwa zwischen 4 und 19 % schwankt, z. T. auch vom Dampfdruck der Umgebung abhängig ist¹²⁾, sind die sich unter voll-ariden Klimabedingungen ausscheidenden Schutzrinden wasserärmer als solche aus weniger extrem-ariden Gebieten, d. h. erstere ähneln mehr einem wasserfreien roten Glaskopf (Hämatit, Fe_2O_3). Insgesamt können die Schutzrinden als glaskopfartige Gelabscheidungen gedeutet werden, deren typische glatte Oberflächenbeschaffenheit nun auch in erster Linie ihren stets als charakteristisch genannten lack- oder firnisartigen Glanz hervorruft¹³⁾, für den eine sekundäre Politur zwar ebenfalls eine Rolle

spielen kann, aber durchaus nicht, wie früher durchweg angenommen, das primäre Erfordernis seiner Ausbildung darstellt.

Die zuerst auf der Knüllhochfläche in der nördlichen Umgebung des Schwarzenborner Teiches in rd. 530 m Höhe aufgefundenen basaltischen Schutzrinden zeigen, wie die Durchsicht von Vergleichsstücken ergab, im großen und ganzen eine weitgehende Übereinstimmung mit den in der Literatur beschriebenen. Sie weichen aber doch auch wieder in vieler Hinsicht hiervon ab, woraus sich dann bezüglich der Altersstellung der Lackbildung in den hessischen Basaltberglandschaften wesentliche Folgerungen ergaben.

Die erste in dieser Hinsicht wichtige Feststellung war die, daß gegenwärtig die Lacküberzüge meist nur noch in Resten erhalten sind. In vereinzelten Fällen überzieht die Lackrinde auch heute noch den größten Teil der Gesteinsoberfläche, während sie sonst wie pockennarbig angefrassen und schuppig abgeblättert erscheint, ja sogar fast völlig verschwunden sein kann. Die basaltischen Schutzrinden des Hochknülls entstammen also zweifellos einem älteren und andersartig verlaufenen Verwitterungsprozeß, da sie offensichtlich einer jüngeren Auflösung durch die heute wirksame humide Verwitterung unterliegen. Bei den bereits weitgehendst der jüngeren Zerstörung zum Opfer gefallenen Schutzrinden ist nicht nur der Lackglanz verblichen, sondern die satte braunrote Farbe ist dort, wo die Berindung zwar noch erhalten, aber doch schon von der Verwitterung angegriffen worden ist, einem stumpfen Braungelb mit griesiger Oberfläche gewichen, das beim noch weiteren Fortschreiten des chemischen Auflösungsprozesses mehr und mehr durch das matte Grau der humiden Verwitterung ersetzt wurde.

Bei der rezenten Basaltverwitterung handelt es sich um eine chemische Auflösung des Mineralverbandes, die u. a. eine Fortführung der Eisenverbindungen, eine „Enteisenung“ oder anders ausgedrückt eine „Deferritisierung“ bewirkt und schließlich nur eine graublau Tonsubstanz zurückläßt. Wenn auch bekanntermaßen außer den Eisenverbindungen noch andere Stoffe in Bewegung gesetzt werden, so ist der sinnfällige Vorgang doch die mit der Fortführung der gefärbten Eisenverbindungen verbundene Bleichung des Gesteinsmaterials, eben die sog. Deferritisierung.

Es handelt sich also bei der Verwitterung der Basalte im Hochknüll primär um die Bildung hämatitischer bzw. relativ wasserfreier limonitischer Schutzrinden, die durch Hydratisierung der Ferrioxycide in einen stark wasserhaltigen Limonit umgewandelt worden sind, der seinerseits einem weiteren Lösungsabbau unterlag, wodurch im

Endergebnis heute die alte Verwitterungsrinde mehr oder weniger zerstört erscheint.

Die mit der Hydratisierung der Schutzrinden eingeleitete Deferritisierung setzt vielfach durch die hydratisierte Limonitschale hindurch und hat dann auch die tieferen Gesteinspartien in Mitleidenschaft gezogen. So findet sich nicht selten unter der gelbbraunen limonitischen Verwitterungsschicht mancher Fundstücke eine bis zu 3 mm mächtige Bleichzone, von der aus längs feinsten Risse und Spalten die Gesteinsauflösung noch weiter ins Innere vorgedrungen sein kann. *Knaust* hat hierzu bemerkt, daß diese Bleichzone das Material zum Aufbau der Schutzrinden geliefert habe und aus diesem Grunde entfärbt sei. Bei den Knüllbasalten spricht gegen diese Deutung die auch im Vogelsberg und in der Rhön an dort aufgesuchten Vergleichspunkten bestätigte Feststellung, daß die erwähnte Bleichzone um so schwächer ausgebildet ist, je besser die hämatitischen Rinden erhalten bzw. je weniger ihre Hydratisierung fortgeschritten ist. Da völlig intakte Schutzrinden nicht gefunden wurden und auch wegen der nachträglichen Veränderungen ihrer Bildungs- und damit ihrer Erhaltungsbedingungen gar nicht zu erwarten sind, kann auf Grund der Beobachtungen an den genannten Fundplätzen in den hessischen Basaltberglandschaften natürlich nicht behauptet werden, daß die Entstehung der Bleichzone überhaupt erst sekundärer Natur sei. In gewisser Hinsicht beweisend hierfür ist jedoch die Tatsache, daß sowohl eine vom westlichen Montblanc-Massiv stammende Hämatitberindung eines Glimmerschiefers¹⁴⁾, als auch ein völlig entsprechendes Belegstück aus der norwegischen Fjeldregion des Kjöll, die zweifellos den primären, durch ein kalt-arides Klima bedingten Verwitterungszustand zeigen, keinerlei Spuren einer Bleichung unter der beide Gesteinsstücke lückenlos überziehenden Lackrinde erkennen lassen. Es wird daher bei zukünftigen Forschungen stets die Frage zu prüfen sein, ob die in der Literatur mehrfach erwähnten Bleichhorizonte unter den Schutzrinden gleichaltrig mit diesen oder vielleicht nicht doch jünger sind und damit dann eine verwitterungsmäßige Differenzierung beider Bildungen bezeugen.

Das wichtigste Problem war nun die altersmäßige Datierung der basaltischen Schutzrinden. *Blanckenborn*¹⁵⁾ erwähnt in der Erläuterung zu der geologischen Spezialkarte Schwarzenborn lackartig glänzende Basaltkiese und führt unter den diluvialen Bildungen des Blattes Homberg a. d. Efze¹⁶⁾ mit braunem Glaskopf überzogene Basalte an, die „der sog Schutzkruste auf den Kieselsteinen der Wüste täuschend ähnlich sieht“. Paläolithische Artefakte mit Überzügen aus

„Wüstenlack“, wie sie schon *Schweinfurth*¹⁷⁾ aus Oberägypten mehrfach beschrieben hat, sind seitdem in großer Zahl auch von europäischen Fundstellen bekannt geworden. *Sarasin*¹⁸⁾, *Olbricht*¹⁹⁾ und andere Autoren haben dafür das wüstenhafte Klima der Interglazialzeiten verantwortlich machen wollen. Daß eine solche Ansicht nicht zutrifft, ist heute hinreichend erwiesen. Derartige Deutungsversuche waren allerdings durchaus verständlich, da damals eben nur Schutzrindenbildungen aus den heiß-ariden Gebieten der Erde bekannt waren, woraus sich solche naheliegenden Analogieschlüsse gleichsam zwangsläufig ergaben. *Keßler*²⁰⁾ wandte sich jedoch schon gegen die seinerzeit weit verbreitete Ansicht, alle „Wüstenformen“ auf ein „Wüstenklima“ zurückzuführen. Ein ausreichend trockenes Klima als Ursache für die Bildung derartiger Verwitterungsprodukte, wofür er interessanterweise (nach *Walther*) oberflächlich gebräunte und „genau wie der nubische Sandstein mit brauner Schutzrinde bedeckte“ Knollensteine aus dem Fichtelgebirge anführt, hat seiner Meinung nach nur während des Übergangs vom Diluvium zum Alluvium geherrscht. Diese ganze Sachlage hat sich aber inzwischen grundsätzlich geändert. Es erhebt sich nunmehr die Frage, ob die basaltischen Schutzrinden nicht vielleicht dem mitteleuropäischen Periglazial zuzurechnen und demzufolge als wichtige eiszeitliche Klimazeugen zu deuten sind²¹⁾.

Die weitgehende Übereinstimmung mit den Schutzrinden aus der alpinen Hochgebirgsregion legt eine solche Deutung nahe. Die in gleicher Weise heranzuziehenden Gesteinsberindungen aus der Arktis wollte *Meinardus*²²⁾ aber nun als Auswirkung des postglazialen Wärmeoptimums, also eines auch im subpolaren Gebiet im Gegensatz zu den heutigen Verhältnissen mehr temperiert-ariden Klimas, aufgefaßt wissen. Würde die zeitliche Einordnung von *Meinardus* allgemein und damit auch für die Schutzrinden des Knülls zutreffen, dann müßten nun die paläolithischen Artefakte²³⁾ durchgehend eine diesbezügliche Berindung aufweisen. Davon kann jedoch keine Rede sein. Sie zeigen vielmehr deutlich eine verwitterungsbedingte Differenzierung ihrer Oberflächenbeschaffenheit. Der fast ausschließlich als Werkstoff benutzte Braunkohlenquarzit ist entweder von hämatitrot bis lederbraun patiniert, besitzt also eine den Basaltschutzrinden völlig entsprechende Oberflächenverwitterung, oder aber er ist mit einer in mehr grauen Farbtönen variierenden Verwitterungshaut überzogen, die mit der jüngeren Basaltverwitterung gleichzusetzen ist. Die zeitlich differenzierte Verwitterung beweist in diesem Fall eindeutig die Tatsache, daß auf typologisch jüngeren Werkstücken die alte Verwitterung fehlt

und daß weiterhin auf zahlreichen Artefakten die alte Verwitterungspatina gleichzeitig neben der jüngeren, und zwar auf jeweils verschiedenen und scharf gegeneinander abgesetzten Bearbeitungsflächen vorhanden ist. Somit läßt schon allein das Ergebnis urgeschichtlich-typologischer Vergleiche wahrscheinlich werden, kalt-aride eiszeitliche Klimaverhältnisse für die Schutzrindenbildungen im Hochknüll wie überhaupt in den hessischen Basaltberglandschaften verantwortlich zu machen. Für diese Ansicht ergaben sich verschiedene Bestätigungen.

Auf dem nördlich der Kreisstadt Ziegenhain am Westhang des Knülls gelegenen paläolithischen Fundplatz „Reutersruh“ finden sich, wie die noch im Gange befindlichen Ausgrabungen von Dr. *Unze*, dem Leiter des Amtes für Bodentalertümer im Reg.-Bez. Kassel, ergeben haben, die Quarzitarfakte in und auf, aber z. T. auch unter einem tiefbraun verwitterten Löß. Dieser ist durch Solifluktion gestaucht, ist also ein typischer „Fließlöß“, der von jüngeren äolischen Lößaufwehungen überlagert ist. Die hier in situ entnommenen Quarzitarfakte besitzen eine opalisierende, charakteristische rötlich-braune und deutlich von dem helleren Gesteinskern unterschiedene patinierte Oberfläche. Die Retuschen sind relativ unscharf und gleichsam verwaschen, was als Anzeichen eines humiden Verwitterungseinflusses gelten muß, bei dem Kieselsäuregel ausgeschieden und wodurch die Bildung des opalartigen Gesteinsüberzuges veranlaßt wurde. Die hieraus zu erschließende humide Lösungsverwitterung ist aber offensichtlich ein späterer Prozeß, dem die Artefakte allerdings vor ihrer Patinierung unterworfen waren. Andererseits läßt die an oberflächlichen Lesefunden festzustellende rezente und ebenfalls durch eine Lösungsverwitterung bedingte Zerstörung der Patinierung erkennen, daß es sich bei jenem alten Verwitterungsvorgang im Gegensatz zu dem heute wirksamen um einen chemisch weniger aktiven Prozeß und demzufolge um die Einwirkung eines mehr feucht-kühlen Klimas gehandelt haben muß. Die Schutzrindenbildung auf den Artefakten gehört auf Grund der Fundlagerung der Kaltphase der Würmeiszeit an, in der allein die erforderlichen Klimabedingungen geherrscht haben. Der Terminus ad quem für die paläolithische Kultur der „Reutersruh“ dürfte damit für das Ende des riß-würmeiszeitlichen Interglazials anzusetzen sein²⁴⁾.

Die Artefakte sind gleichsam in die Taschen und Wannen des durch Frostwirkung gestauchten Bodens „hineingerutscht“, sie waren jedoch zuvor, wie ihre Oberflächenbeschaffenheit beweist, einer humiden Verwitterung ausgesetzt. Der über dem Frostboden folgende jüngste Löß ist weitgehendst

podsolidiert. Das Bodenprofil der „Reutersruh“ zeigt also eindeutig den während der Würmeiszeit erfolgten Wechsel vom relativ kühl-feuchten Frühglazial zum kalt-ariden Hochglazial und dem später folgenden Spät- und Postglazial²⁵⁾.

Diese Charakteristik des würmeiszeitlichen Klimas deckt sich mit der von Büdel²⁶⁾ entwickelten Auffassung, wonach die Würmeiszeit als ein nicht weiter unterzuteilender und einheitlicher, nur als ein Komplex von Klimawerten zu erfassender Zeitraum anzusehen ist. Nach Büdels Ansicht gliedert sich die gesamte Würmeiszeit in ihren Hauptzügen in drei Klimaphasen. Einem sommerkühlen, mehr ozeanisch getönten Feuchtabschnitt folgte die mehr kontinentale Lößzeit, an die sich das feucht-wärmere Spätglazial anschloß. Die Schutzrindenbildung wäre danach der Lößzeit zuzuweisen, die auf Grund des Verwitterungscharakters der Gesteine aber wohl besser als kalt-arid gekennzeichnet werden müßte. Mit dem Spätglazial wäre dann der Umschwung von der ariden zur humiden, d. h. zu der nunmehr immer stärker in Erscheinung tretenden Lösungsverwitterung erfolgt. Ob man dabei mit Poser²⁷⁾ für das Spätglazial noch ein sommerlich-arides Klima annimmt, ist in diesem Zusammenhang weniger von Bedeutung, da eine solche nur jahreszeitlich wirkende Aridität, gepaart mit ausreichend hohen Niederschlags- und Temperaturwerten als Vorbedingung für das Gedeihen einer Grasvegetation, keinesfalls ausreichend gewesen sein dürfte, eine Gesteinsberindung herbeizuführen. Für die Richtigkeit dieser Ansicht sprechen einmal die klimatischen Gegebenheiten der Gebiete, in denen die Rindenbildung noch heute vor sich geht, und weiterhin die Forschungsergebnisse von Dücker²⁸⁾ und Troll²⁹⁾, wonach der klimatische Umschwung vom Hoch- zum Spätglazial sehr plötzlich erfolgte, sich folglich auch, wie es tatsächlich zu beobachten ist, hinsichtlich der klimabedingten Verwitterungsprozesse durch die relativ unvermittelt einsetzende Bildung andersartiger und gegensätzlicher Verwitterungsprodukte auswirken mußte.

Ebenso wie nun bei der „Reutersruh“ die Konfrontierung der paläolithischen Funde mit der morphologischen Einordnung und klimatologischen Deutung der geologischen Fundschicht einerseits zu einer Altersbestimmung des urgeschichtlichen Fundkomplexes und andererseits zu einer zeitlichen Fixierung der Schutzrindenbildung geführt hat, ergab eine analoge Arbeitsweise auch an anderen Plätzen befriedigende Ergebnisse.

In rd. 360 m Höhe liegt im nordwestlichen Knüllbergland ein nicht weniger bedeutungsvoller paläolithischer Fundplatz nordöstlich über dem Dörfchen Lenderscheid. Im Gegensatz zur „Reu-

tersruh“ machen seine Artefakte und Abschlüge größtenteils einen weitaus frischeren und weniger verwitterten Eindruck. Dies wird einmal sicherlich in dem hier durchweg als Werkstoff benutzten äußerst feinkörnigen Quarzit begründet sein, ist zum anderen aber dadurch zu erklären, daß die von Lenderscheid stammenden Funde, typologisch gesehen, in großer Zahl bis in jungpaläolithische Kulturen hineinreichen. Die jüngsten Artefakte besitzen bezeichnenderweise keine dunkle Patinierung, ihre Feinretuschen sind frisch und scharfkantig. Man würde so schon allein der äußeren verwitterungsbedingten Beschaffenheit der Artefakte nach auf einen sowohl in einem älteren als auch in einem jüngeren Zeitabschnitt des Paläolithikums benutzten Werkplatz schließen. Diese Auffassung bestätigt sich, wenn man die verschiedenen Verwitterungsbildungen näher in Augenschein nimmt. Neben vollständig patinierten Stücken zeigt eine erhebliche Anzahl von Artefakten, daß jüngere und hell verwitterte Abschlüge von einem mit dunkler Verwitterungsrinde, die in Resten noch an den unbearbeiteten Stellen bzw. älteren Schlagflächen erhalten ist, überzogenen Werkstück abgetrieben worden sind. In wieder anderen Fällen sind dunkel patinierte Artefakte späterhin noch einmal bearbeitet worden, und diese jüngeren Retuschen und Abschlüge sind einwandfrei dadurch als „Nachbearbeitungen“ zu erkennen, daß auf ihnen die lederfarbene Verwitterung fehlt. Die naheliegende und durch die auf dem Fundplatz „Reutersruh“ gewonnenen Ergebnisse gestützte Deutung ist die, daß der urgeschichtliche Werkplatz Lenderscheid bereits im riß-würmeiszeitlichen Interglazial und mit Sicherheit dann wieder im würmeiszeitlichen Spät- und Postglazial benutzt worden ist.

Die Lenderscheider Artefakte konnten in erheblicher Zahl aus einem jüngsten lößartigen Boden geborgen werden. Inwieweit man hier von „Löß“ im eigentlichen Sinn des Wortes reden kann, wird noch näher bei den entsprechenden Bodenbildungen des Hochknülls zu erörtern sein. Soviel sei nur hier bereits gesagt, daß das die Lenderscheider Artefakte einhüllende Bodenmaterial weitgehendst äolischen Ursprungs ist. Da von den eingebetteten Artefakten nun aber die typologisch jüngsten und auf den „Nachbearbeitungen“ auch die jüngeren Schlagflächen und Retuschen ohne die kennzeichnende dunkle Patinierung geblieben sind, also keiner kalt-ariden Verwitterung mehr ausgesetzt waren, ergibt sich somit aus diesem Tatsachenkomplex, daß die „Lößbildung“ oder allgemeiner gesagt die Ablagerung äolischer Sedimente im Spätglazial fortgedauert und möglicherweise bis zur Wiederbewaldung des Knüllberg-

landes angehalten hat. Daß diese Feststellung aber keine vorbehaltlose Bestätigung für *Posers*³⁰⁾ Ansicht von der unvermindert gleichbedeutenden Lößentstehung während des Spätglazials darstellt, wird noch zu zeigen sein.

Es ist an sich seit langem bekannt³¹⁾, daß die in ihrer Farbe unterschiedliche Patina der Abschläge ganz allgemein auf ein verschiedenes Alter der bearbeiteten Flächen zu schließen gestattet. Eine zeitliche Fixierung der gegensätzlichen Verwitterungsarten ist aber bislang noch nicht versucht worden, da man hierin nicht die Auswirkungen gegensätzlich wirkender Klimate, sondern lediglich die Folgeerscheinungen eines einfachen Alterungsvorganges gesehen hat.

*Grahmann*³²⁾ hat nun kürzlich, und zwar speziell in bezug auf die Fundplätze Reutersruh und Lenderscheid, geäußert, daß die dunkel gefärbten Oberflächen der Artefakte allein das Ergebnis einer Einwirkung von saueren Sicker- und Grundwässern seien. *Grahmann* hat bei dieser Erklärung sicherlich an die braunen Verfärbungen der aus den norddeutschen Mooren geborgenen Artefakte gedacht, die hier natürlich nicht herangezogen werden können. Die Patinierung der paläolithischen Artefakte aus dem Knüllgebiet ist ganz zweifelsohne eine echte Schutzrindenbildung. Ihre Feststellung erlaubt, die kaltzeitlich bedingten Verwitterungserscheinungen als ein neues Hilfsmittel für die zeitliche Einordnung des urgeschichtlichen Fundstoffes zu verwerten.

Der paläolithische Fundplatz Lenderscheid bietet nun darüber hinaus die Möglichkeit, die basaltischen Schutzrinden, hinsichtlich deren genetischer Übereinstimmung mit der Quarzitpatinierung an sich zwar kein Zweifel bestehen dürfte, dem hier entwickelten zeitlichen Schema der Verwitterungsbildungen einzuordnen. Auf dem Lenderscheider Schlagplatz, wo selbst zwar kein Basalt ansteht, aber in unweiter Entfernung vorkommt, fanden sich mehrere faustgroße Basaltbrocken, die, nach Schlagspuren zu urteilen, mit größter Wahrscheinlichkeit einmal als Klopffeste gedient haben und folglich bereits durch die Paläolithiker hierher gebracht worden sein müssen. Was ihre Auffindung bedeutungsvoll erscheinen läßt, ist der Umstand, daß sie einmal aus einem einwandfreien paläolithischen Fundkomplex stammen und daß sie weiterhin gut erhaltene Schutzrinden bzw. Reste davon aufweisen. Damit dürfte die Schlußfolgerung gerechtfertigt sein, daß auch die basaltische Schutzrindenbildung im Knüll in der Würmeiszeit erfolgt sein muß, und dies um so mehr, als auch rein morphologische Tatbestände für diese zeitliche Fixierung sprechen.

Auf der bereits genannten Fundstelle in der nördlichen Umgebung des Knüllteichs wurden

zahlreiche berindete Basalte von einer auffallend geringen Größe gesammelt. Es handelt sich um Basaltscherben und auch mehr knollige Brocken, deren Umriß zwischen der Größe eines Fünfmarkstückes und einer Handinnenfläche schwankt. Sie finden sich verhältnismäßig dicht beieinander und häufen sich in einer etwa 25—30 cm unter der heutigen Bodenoberfläche gelegenen Schicht. Das Vorkommen von Steinsohlen unter dem „Löß“ des Hohen Vogelsbergs hat *Schottler*³³⁾ nachgewiesen, wobei er die „hellgelbe“ Rinde der Basalte als einen „fest anhaftenden Lößüberzug“ deutet. Da es sich jedoch in Wirklichkeit um würmeiszeitliche Schutzrindenbildungen handelt, beweisen diese damit das hochglaziale Alter der „Steinsohlen“ im Hessischen Bergland³⁴⁾ und den gleichzeitigen Beginn der Lößablagerung.

Den gesamten Oberboden in der Umgebung des Knüllteichs hat *Blanckenhorn*³⁵⁾ zwar als „Lößlehm“ kartiert, im Erläuterungstext jedoch als einen zum „Gleypodsol“, dem sog. „Molkenboden“, degradierten Löß bezeichnet. Der ganzen Beschaffenheit nach handelt es sich auch weniger, wie gleich noch näher ausgeführt werden soll, um eine Ablagerung von typisch lößartiger Beschaffenheit als vielmehr um vorwiegendes Solifluktionmaterial, das mit äolischen Produkten durchsetzt ist. Man wird hier im Sinne von *Büdel*³⁶⁾ an eine „Überwältigung“ der Lößbildung durch die auf den Höhen der Mittelgebirge dominierende Solifluktion zu denken haben und den erwähnten Fundhorizont als eine der würmeiszeitlichen „Frostschuttstufe“ zuzuordnende Verwitterungsbildung anzusehen haben. Das morphologische Ergebnis spricht also ebenfalls für das würmeiszeitliche Alter der Schutzrindenbildung.

Damit dürfte aber noch nicht der gesamte Fragenkomplex aufgerollt sein. Wie die Überdeckung und Einbettung der Lenderscheider Artefakte mit einem durchaus lößartigen Material gezeigt hat, sind äolische Produkte nicht nur im würmeiszeitlichen Hochglazial, sondern auch noch im Spät- und beginnenden Postglazial in den höher gelegenen Teilen des Knüllberglandes zur Ablagerung gekommen. Ihrer ganzen Beschaffenheit nach können sie im wesentlichen nur aus der Frostschuttstufe stammen. Solange die Vegetation nur schütter war, wurden aber von dort gleichzeitig auch Feinmaterialien infolge der ungethemmten und besonders in der feucht-kühleren Jahreszeit wirksamen Bodenabspülung ständig weg- und den tieferen Hangpartien zugeführt. Durch den gleichen Denudationsvorgang wurden dann ebenfalls die wohl vorwiegend während der sommerlichen Trockenheit abgelagerten äolischen Auflagerungen erfaßt, dabei mit den Einschwemmungsprodukten durchmischt, so daß im Ender-

gebnis eine Bodendecke entstand, die jenen entgegengesetzten, jahreszeitlichen differenzierten Vorgängen ihre Entstehung verdankte. Derartige Prozesse müssen sich auf der Knüllhochfläche auch noch im Spät- und Postglazial abgespielt haben und ermöglichen so die Deutung der dort vorhandenen „Lößbildungen“.

Wenn auch die fast allgemein vertretene Ansicht, daß die eigentliche Lößbildung dem Hochglazial angehört, im Hochknüll durch die Unterlagerung der äolischen Produkte mit einer würmeiszeitlichen, der Berindung der Basalte nach hochglazialen Steinsohle erwiesen ist, so hat hier aber offenbar die Lößeinwehung nicht plötzlich aufgehört und zu einem völligen Stillstand geführt. Rein quantitativ gesehen, besteht jedoch in dieser Hinsicht ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Hoch- und Spätglazial, der heute um so schärfer erscheint, als in den höher gelegenen Teilen der Bergländer die jüngsten äolischen und mit Abschwemmungsprodukten durchmischten Bodenbildungen sofort einem denudativen Aufbereitungsprozeß unterlagen. Diese Vorgänge sind bis heute noch nicht zur Ruhe gekommen. Selbst gegenwärtig finden auf waldfreiem Gelände noch Ein- und Auswehungen sowie Ab- und Aufschwemmungen von feinstem Verwitterungsdetritus statt.

Durch diese Klarstellung der Bodenbildungsvorgänge löst sich dann folgender Widerspruch. Während nach Büdel³⁷⁾, entsprechend seiner Annahme von dem von NNW (Weserbergland 300 m) nach SSO (Nordsaum der Alpen 600 m) verfolgbaren Anstieg der oberen Lößgrenze eine echte Lößbildung auf den höher gelegenen Teilen und namentlich auf den Hochflächen des hessischen Berglandes nicht erwartet werden dürfte, ist aber auf den diesbezüglichen geologischen Spezialkarten, wie schon hinsichtlich des Hochknülls erwähnt, für diese Gebiete mehrfach Löß kartiert. Schottler³⁸⁾ hat sogar ausdrücklich auf das Vorkommen von heute noch erhaltenem echtem, aus der Wetterau ausgewehtem Löß im Hohen Vogelsberg hingewiesen und darüber hinaus von einer ursprünglichen den ganzen Vogelsberg einhüllenden Lößdecke gesprochen. Darin könnte man nun mit einer gewissen Berechtigung eine Widerlegung der Annahme Büdels von der vertikalen Gliederung zweier klimatisch-morphologischer, durch die obere Lößgrenze voneinander getrennter Bereiche in den Mittelgebirgen sehen. Man wird zwar auf Grund besonderer lokaler Gegebenheiten einräumen müssen, daß die Lößbildung nicht überall von der Solifluktion „überwältigt“ worden ist, muß aber demgegenüber die grundsätzlich bedeutsame Tatsache betonen, daß der „Höhenlöß“ etwas völlig anderes ist als der „Niederungs-

löß“. Die im Vogelsberg als „Lößlehm“ gekennzeichneten Böden gleichen durchweg denen des Hochknülls, deren spät- und postglaziale Weiterbildung nachgewiesen werden konnte. Man kann daher hinsichtlich der Bergregionen nur mit einer gewissen Einschränkung von „lößartigen“ Böden sprechen.

Der heutige Erhaltungszustand der basaltischen Schutzrinden ist nun aber auch für das Problem der Blockmeerbildungen von gewisser Wichtigkeit, womit der bisher behandelte Fragenkomplex der periglazialen und rezenten Verwitterung im Knüllbergland seine Bedeutung für vorwiegend morphologische Sachverhalte gewinnt. Vogelsberg, Rhön und Knüll zeigen in dieser Hinsicht beispielhaft, daß das basaltische Blockmaterial der diluvialen Wanderschuttmassen mit periglazialen Schutzrinden überzogen ist, die, soweit sie nicht durch die jüngere humide Verwitterung zerstört wurden, im allgemeinen noch recht gut erkennbar sind. Die heute frei auf der Oberfläche liegenden Blöcke besitzen verständlicherweise keine alten Rinden mehr. Im Boden ruhende Blöcke zeigen sie dagegen stets. Ebenso charakteristisch ist die Tatsache, daß, wie dies besonders eindrucksvoll beim Ilbeshäuser Felsenmeer im Vogelsberg zu beobachten ist, die einzelnen Basaltblöcke genau so weit, wie sie noch im Boden stecken, den alten Schutzrindenüberzug besitzen, während er auf den aus dem Boden herausragenden Gesteinspartien restlos verschwunden ist. Die Blockbildung ist also, wie die ursprüngliche Berindung vorerst beweist, nicht erst in postglazialer Zeit erfolgt. Da die Basalte nun weiterhin, wie es Klüpfel³⁹⁾ einmal treffend charakterisiert hat, unter humiden Verwitterungsbedingungen sich „wie Zucker im Kaffee“ auflösen, also außerordentlich leicht der völligen Zerstörung anheim fallen, ist nicht zu erwarten, daß die gegenwärtig vorhandenen Basaltblöcke aus einer älteren Periode als der Würmeiszeit stammen, da sie schwerlich die Jahrzehntausende der humiden Interglazialzeiten überstanden haben können. Dieses so gewonnene Ergebnis bestätigt die von Büdel für die letzte Eiszeit angesetzte „untere Altersgrenze der Blockmeere“⁴⁰⁾. Der von Passarge⁴¹⁾ geäußerte Gedanke, mehrere, den verschiedenen Eiszeiten zuzuordnende Blockschuttwanderzeiten in den Basaltbergländern zu unterscheiden, wird damit also hinfällig. In diesen Gebieten war, wie Büdel⁴²⁾ überzeugend nachgewiesen hat, die Würmeiszeit mit ihren maßgeblichen Solifluktionvorgängen die letzte und nachhaltig bis in die geologische Gegenwart hinein wirkende Periode einer Landschaftsformung.

Diese Auffassung bestätigt sich auch für den Knüll, für den allerdings eine teilweise doch recht

beträchtliche Ausmaße erreichende rezente Weiterbildung des periglazialen Formenschatzes charakteristisch ist, so daß sich hier eine regionale Differenzierung zwischen beharrenden und abgewandelten Formen als notwendig erweist.

Die sich zwischen Knüllköpfchen und Eisenberg erstreckende basaltische Hochfläche befindet sich gegenwärtig im status nascendi ihrer erosiven Zerschneidung. Randlich von allen Seiten angeschnitten, hat die Erosion die gesamte Hochfläche bereits in Mitleidenschaft gezogen. Auf ihr findet sich keine Fläche von irgendwie nennenswerter Ausdehnung in wirklich horizontaler Lage. Sämtliche Flächen sind vielmehr in Richtung auf ihre lokale Erosionsbasis hin geneigt, also dem seit dem Spät- und Postglazial vorherrschenden Erosionsprozeß angegliedert. Es findet daher ein stetiges Aufarbeiten des periglazialen Formenschatzes statt, der zwar im Hochknüll physiognomisch noch durchaus überwiegt, aber ganz unverkennbar sich bereits in einer morphologisch entscheidenden Umbildung befindet. Im tieferen Vorland des Hochknülls sind dagegen als eine charakteristische Folgeerscheinung der sich hier verstärkt auswirkenden Erosion periglaziale Blockströme, die sich ursprünglich in alte, während des Riß-Würm-Interglazials eingetieft Täler ergossen haben, durch postglaziale Bacheinschnitte als Härtlingsgebilde herausmodelliert worden⁴⁹⁾. Sie erwecken durchaus den Eindruck von anstehenden kompakten Gesteinspartien und wurden mehrfach erst bei der verschiedentlich versuchten Anlage von Basaltbrüchen als Blockanhäufungen erkannt.

Die rezente Aufarbeitung der periglazialen Wanderschuttmassen ist verständlicherweise im tieferen Knüllbergland und hier wieder in den Bachtälern am größten. Ein Beweis für die junge Zerstörung des die Berge einhüllenden periglazialen Schuttmantels sind die Veränderungen an mittelalterlichen Ackerterrassen, die nachweislich infolge des bekannten geschichtlichen Wüstungsprozesses spätestens seit dem Beginn des 15. Jh. nicht mehr agrikulturell genutzt worden und daher vielfach wieder von Wald überzogen sind. Einstmals als künstliche Muldendämme quer über die Hangkerben hinweggebaut, sind sie späterhin nach erfolgter Extensivierung der alten Wirtschaftsflächen großenteils von der rezenten Hangabspülung betroffen worden. Hierdurch sind die Steinpackungen ihrer Stufenraine vielfach ins Rutschen gekommen und bilden nunmehr eine hangabwärts auseinander gezogene Blockstreu. In solchen und ähnlichen Fällen erlauben also kultur-geographische Tatbestände die zeitliche Fixierung des morphologischen Sachverhaltes.

Demgegenüber ist das hinsichtlich seiner periglazialen Verwitterungsbildungen bereits näher besprochene würmeiszeitliche Steinpflaster am Nordrand des Knüllteiches wiederum ein überzeugender Hinweis auf die Erhaltung periglazialer Solifluktuationsformen im Hochknüll. Es liegt am Fuße eines Schuttstromes, der von den die Teichmulde mit flachem Hanganstieg überragenden Höhen des Klapperbergs und Wilsbergs seinen Ausgang genommen haben dürfte und infolgedessen bezüglich der petrographischen Beschaffenheit des mitgeschleppten Gesteinsmaterials eine heterogene Zusammensetzung besitzt. Der Quellauf der Efze ist in diesen Schuttstrom eingetieft, und von ihm aus ist die rezente Umformung und Aufarbeitung der würmeiszeitlichen Oberfläche erfolgt.

In einer weiten flachen Quellmulde beginnend, versteilen sich unterhalb des Ausflusses der Efze aus dem Knüllteich die beiderseitigen Talflanken allmählich immer mehr, um mit dem Erreichen des die Basalte unterlagernden Buntsandsteinssockels in eine enge, die „Esse“ genannte Erosionsschlucht einzumünden. Zwischen Knüllteich und „Esse“ ist also die stetig fortschreitende Umwandlung der periglazialen Solifluktuationsformen unter dem ständig wachsenden Einfluß der Erosion eindeutig erweisbar. Der Vorgang der Aufarbeitung und des Transportes des Bodenmaterials bietet in diesem Fall keine ungelösten Probleme. Anders verhält es sich in dieser Hinsicht dagegen mit der Klarstellung der für die Formenausgestaltung der weiten Efzeursprungsmulde verantwortlich zu machenden Kräfte und Vorgänge.

Man könnte auch in diesem Fall durchaus an eine bis heute im wesentlichen unverändert erhalten gebliebene Vorzeitform und zu ihrer Erklärung an die unter einer mit Schnee erfüllten Mulde wirksame Bodenabtragung denken. Wahrscheinlich trifft eine solche Deutung auch zu einem guten Teil zu, und zwar speziell in bezug auf die primäre Anlage. Daß darüber hinaus aber mit einer sekundären Ausformung gerechnet werden muß, die in ursächlichem Zusammenhang mit der im Knüllbergland ganz allgemein als wirksam erkannten rezenten Erosionsaufbereitung der periglazialen Formen steht, lehrten Beobachtungen, die seit einer Reihe von Jahren an der Efzequelle, einer typischen Basaltschuttquelle, angestellt wurden.

Im Laufe der letzten 20 Jahre mußte die Efzequelle wiederholt, so zuletzt im Sommer 1949 und dann bereits wieder im Juni 1952, gereinigt werden, da ihre Steinfassung inzwischen jedesmal völlig unter feinstem tonigem Schlamm verschwunden war. Solange die Verschlammung nicht beseitigt war, führte auch eine wenige Meter hang-

abwärts gelegene Abflußrinne kein Wasser. Stattdessen war die Quelle um einige Meter nach Westen und gleichzeitig den sie flankierenden Hang aufwärts gewandert und machte sich dort durch eine mehrere Quadratmeter Bodens umfassende Vernässung bemerkbar. Hier konnte die Bodenwasserführung auf Grund von Bohrungen im Sommer 1952 bis in etwa ein Meter Tiefe festgestellt werden. Als Wasserstau wirkte feinstes basaltischer, in seinen obersten Schichten graublau und rostfleckig, in den tieferen Horizonten kompakt rotbraun gefärbter Verwitterungston, der hangabwärts immer oberflächennäher auftrat und schließlich bis unmittelbar unter die humose Verwitterungsdecke reichte. Eine Aufgrabung an dieser Stelle ergab, daß der hier primär vorhandene Boden bis in seine obersten Horizonte hinein durch feinste Tonpartikel sekundär verschlämmt und infolgedessen nahezu wasserundurchlässig geworden war. Das eingeschlammte Feinmaterial stammt aus den hangaufwärts gelegenen Untergrundsschichten, wo sich dann bezeichnenderweise im Oberboden infolge eines solchen Materialschwundes Sackungserscheinungen, namentlich das Einsinken von Basaltblöcken, bemerkbar machen. Die hangabwärts gerichtete ständige Verfrachtung des Feinmaterials, die auf den gesamten Schutthangböden in flächenhaftem Ausmaß erfolgt und sich linear in Richtung auf die Schuttquellenausritte hin verstärkt, verursacht nun schließlich geradezu eine Verstopfung einer solchen Quelle. Durch die dauernde Einschlammung wird das Porenvolumen der tiefer gelegenen Böden so verringert und der Boden bis in unmittelbare Oberflächennähe derart verdichtet, daß letztlich kein Wasseraustritt mehr erfolgen kann und statt dessen ein Wasserstau in den rückwärtigen Schutthangböden eintritt. Dieser Zustand führt dann dazu, daß sich das Schutthangwasser einen neuen Ausweg verschafft, wo dann am neugeschaffenen Quellort der gleiche Zyklus von Ursache und Wirkung sofort wieder von vorne beginnt und schließlich zu einem erneuten Verlegen der Quelle führt. Auf diese Weise kommt es zu einem unregelmäßigen und systemlosen Hin- und Herpendeln der Schuttquellen, d. h. zu einem Vorgang, den man am besten als ein „Vagabundieren“ bezeichnet. Als morphologische Wirkung solcher „vagabundierenden Quellen“ resultiert im Endeffekt eine im Verhältnis zu ihrer Wasserführung sonst nicht befriedigend erklärbare große Quellmulde, hinsichtlich deren Entstehung man vorerst nicht an die Auswirkung rezenter morphologischer Vorgänge denken würde.

Daß die heutige Efzequelle ständig Wasser führt, verdankt sie bis in die jüngste Gegenwart hinein lediglich ihrer Betreuung durch Natur-

freunde und für die weiter zurückliegende Zeit ihrer zweckdienlichen Erhaltung als Viehtränke.

Besonders nach der Schneeschmelze tritt infolge der überreichlichen Bodendurchtränkung das Schutthangwasser auch noch an weiteren Stellen aus, die nun ebenfalls nicht dauernd dieselben bleiben, sondern aus den gleichen Gründen vagabundieren. Ihre erkennbaren Reste bilden nur wenige Meter breite, eingeflachte und in ihrer äußeren Umgrenzung verwaschene Hangdellen, in denen sich als Folge der stattgehabten Einschlammung ein zementartig verdichteter und nur mit Hartgräsern bestandener Boden findet.

Ein solches Vagabundieren war nun nicht nur bei der Efzequelle zu beobachten, sondern es wurde auch für den unweit davon gelegenen Erlernborn auf der ehemaligen Feldflur der Ortswüstung Appenhagen festgestellt⁴⁴). Vagabundierende Quellen finden sich aber auch im periglazialen Wanderschutt des Buntsandsteinberglandes, z. B. unterhalb des Dorfes Ellingshausen im nordöstlichen Knüllbergland. Wegen des im Vergleich mit den Basaltböden erheblich geringeren Tongehaltes der Buntsandsteinböden bei gleichzeitig größerem Porenvolumen wird der zu einem Vagabundieren der Quellen führende Verschlämmungsprozeß ohne Zweifel eine ungleich längere Zeit in Anspruch nehmen als bei den Basaltschuttquellen. Wenn somit auch die entsprechenden morphologischen Auswirkungen im Buntsandsteingebiet nicht von derselben Bedeutung sein können, so werden sie immerhin doch zu beachten sein.

Die hier bezüglich ihrer morphologischen Effekte behandelte Verschlämmung und Verdichtung der basaltischen Schutthangböden ist darüber hinaus aber eine ganz allgemeine Alterungserscheinung dieser silikatreichen Böden, bei denen es durch fortschreitende Hydrolyse zur Tonbildung unter gleichzeitiger Ausscheidung von Eisenhydroxyd kommt⁴⁵). Unkultivierte, d. h. nicht durch ständige Bearbeitung immer wieder regenerierte Böden, wie sie die ausgedehnten Huteflächen in der Rhön, aber auch im Vogelsberg und Knüll darstellen, unterliegen daher den rezenten Ausspülungs- und Einschlammungsprozessen leichter als agrarisch genutzte Böden, deren Porenvolumen infolge ihrer dauernden pflugtechnischen Durcharbeitung und Düngung erheblich größer ist.

Diese Fragen lassen nun das bisher noch kaum beachtete Problem auftauchen, wie sich der Bodenswert im Laufe der postglazialen Bodenentwicklung geändert hat — kaum beachtet, wenn man von den anderenorts unter anderen Gesichtspunkten erfolgten Arbeiten über die Bodenerosion absieht. Auch hierzu kann aus dem Knüllbergland ein beispielhafter Beitrag beigeleitet werden.

Die seit dem Postglazial erfolgte Degradierung der Böden auf der Knüllhochfläche ist einerseits, wie ich dies schon früher ausgeführt habe⁴⁶⁾, ein Beweis für ihre anthropogen bedingte Waldfreiheit seit ihrer postglazialen urgeschichtlichen und mit Sicherheit zuerst während der Jungsteinzeit (Schnurkeramiker) nachzuweisenden Nutzung⁴⁷⁾, da sie unter Waldbedeckung bzw. als Auswirkung einer erst im Verlaufe des Mittelalters erfolgten Rodung nicht in dem heute festzustellenden Ausmaß möglich geworden sein dürfte. Die aus einem zur tonigen Verwitterung neigenden Material, solifluidaler und äolischer Entstehung, hervorgegangenen Böden zeigen infolge der ihnen eigenen starken Quellfähigkeit und Peptisierbarkeit der Tonmassen heute den typischen Hohlraumangel und ein dichtes Gefüge, das an besonders ungünstigen Standorten zu ihrer Verleimung geführt hat. Daß dieser Prozeß namentlich seit dem Hochmittelalter verstärkt eingesetzt hat, ist die Folge der Extensivierung dieser damals noch ackerbaulich genutzten Flächen durch das Wüstwerden mehrerer Dörfer, deren Fluren vor der Übersiedlung ihrer Bebauer in die neugegründete Stadt Schwarzenborn auf der Knüllhochfläche gelegen haben⁴⁸⁾. Daß aber diese Minderung des Bodenwertes durch geeignete bodentechnische Verfahren und intensive Bodenbearbeitung wieder rückgängig gemacht werden kann, beweist die Tatsache, daß heute in 550 m Meereshöhe an den Hängen des Klapperberges und des Knüllköpfcens Weizen wächst, wo noch vor nicht 20 Jahren nur verheidete und dürre sowie lediglich einen einmaligen Grasschnitt liefernde Trietscher vorhanden waren.

Die Feststellung der seit dem Postglazial eingetretenen Bodenentwicklung hat aber auch ihre morphologische Bedeutung. *Götzinger*⁴⁹⁾ hat bekanntlich schon zwischen konvexen Aufbuckelungen und konkaven Einsackungen unterschieden, die er einfach als Auswirkungen einer übermäßigen Bodendurchfeuchtung und des so verursachten Gekriechs ansah. Die im Hochknüll nachgewiesenen rezenten Bodenbewegungen können aber nicht ohne weiteres als eine lediglich durch Änderung der physikalischen Konsistenz, gewissermaßen durch ihre breiartige Aufschwemmung, verursachte subaerische Massenbewegungen aufgefaßt werden. Sie sind vielmehr, wie dies schon *W. Penck*⁵⁰⁾ erkannt hat, durch kolloid-disperse Vorgänge in den tonigen Verwitterungsprodukten basaltischer Herkunft bedingt. Sie können damit aber nur, und somit im Gegensatz zu *W. Penck* und in Übereinstimmung mit *Büdel*⁵¹⁾, als gesteins- und klimabedingte Auswirkungen angesprochen werden und stehen somit in eindeutigem Gegensatz zu den durch reichliche Bodendurchtränkung veran-

laßten Rutschungen. In dem einen Fall handelt es sich um reine Bodenbewegungen, d. h. diese sind, wie dies auch schon *Büdel*⁵²⁾ betont hat, auf die relativ oberflächennahen Bodenhorizonte beschränkt, während im anderen Fall der Wirkungseffekt Erdschichten von ungleich größerer Mächtigkeit erfaßt. Nur dieser letzte Vorgang kennzeichnet die als Erdfließen, als Solifluktion, bezeichneten und den gesamten Verwitterungsbezug erfassenden Massenbewegungen. Bei den Bodenbewegungen handelt es sich dagegen lediglich um den Transport von Feinmaterial, also um selektiv wirkende Ausspülungs- und Einschwemmungsprozesse.

Durch den gleichen Gegensatz sind auch die periglazialen von den rezenten Vorgängen unterschieden. Dabei ist der allerdings mit anderer Beweisführung unterbauten Ansicht von *Büdel* voll und ganz zuzustimmen, daß eine rezente Solifluktion in den Mittelgebirgen nur an Hängen mit mehr als 17° Neigung in Erscheinung tritt⁵³⁾. Denn die in diesen Gebieten seit dem Postglazial wirksame temperiert-humide Verwitterung hat im allgemeinen durch chemisch-stoffliche Umwandlungen der periglazialen Rohböden, die man als Vorstufen der heutigen Böden am besten als „Protosole“ bezeichnet, bindige Verwitterungsböden geschaffen, die sich einer denudativen Verlagerung gegenüber widerstandsfähiger erweisen als die im wesentlichen nur durch physikalische Verwitterungsprozesse, wie sie ja das periglaziale Klima der Frostschuttzone kennzeichnen, entstandenen Lockermassen.

Aber auch an den weniger geböschten Hängen werden durch die rezenten Bodenbewegungen Wirkungen ausgelöst, die nicht nur, wie man vielleicht einwenden könnte, für die detaillierte Deutung des Kleinreliefs von Bedeutung sind, sondern die durch ihre Summierung oftmals Gesamteffekte hervorrufen, die bezüglich der Fragen der rezenten Umgestaltung der vorzeitlichen morphologischen Großformen eine Beachtung verdienen. Haben *Götzingers* seinerzeitige Auffassungen über die Bedeutung des Gekriechs sicherlich zu einer zu weitgehenden Überschätzung der rezenten Abtragungsvorgänge geführt, so ist man heute infolge einer überaus starken Hinwendung zur Erforschung der periglazialen Formungen offenbar wenig dazu geneigt, jüngeren morphologischen Gestaltungsprozessen einen integrierenden Wert beizumessen. Es ist jedoch das eine wie das andere von durchaus gleicher forschungsmethodischer Wichtigkeit, zumal wenn sich auf Grund weiterer Spezialuntersuchungen herausstellen sollte, daß in dem einen Gebiet die relative Bewahrung der Vorzeitformen und in dem anderen Fall ihre weitgehende Umformung das morphologische

Charakteristikum darstellen. Die Blickrichtung muß daher für die Verfolgung beider Problemstellungen frei bleiben.

Aber noch ein weiterer Gesichtspunkt darf für die zukünftige Forschung als beachtenswert herausgestellt werden. *Troll*⁵⁴⁾ hat mit Recht hervorgehoben, daß sich *Büdel* bei seinen Argumentationen für die von ihm als nicht nachweisbar erkannte nacheiszeitliche Entwicklung der periglazialen Blockanhäufungen auch auf die Forschungsergebnisse der Pollenanalyse gestützt hat. Eine solche Ausweitung der geographischen Arbeitsweise und Forschungsmethodik verdient nicht nur Nachahmung, sie ist — und zwar nicht nur auf morphologischem Gebiet — ein dringendes Gebot der Stunde. Geographische Erscheinungen sind stets komplexer Natur und können daher in umfassender Weise auch nur als Wirkungskomplexe verstanden werden. Das gilt namentlich für die morphologische Feldforschung schlechthin und speziell für ihre Arbeitsweise in alten Kulturländern. Hier stößt man auf Schritt und Tritt auf anthropogen bedingte Landschaftszüge, die man auch bei der Verfolgung morphologischer Fragestellungen vielfach mit Erfolg auswerten kann⁵⁵⁾.

Es geht heute nicht mehr an, die Erklärung naturgeographischer Phänomene lediglich auf naturwissenschaftliche Sachverhalte zu beschränken, ohne die Mitwirkung und Gleichzeitigkeit kulturgeographisch faßbarer Abläufe in den gleichen Fragenkomplex einzubauen. Wie die gesamte Quartärforschung in jüngster Zeit immer mehr zu einer engen Arbeitsgemeinschaft der verschiedensten Fachwissenschaften geworden ist⁵⁶⁾, so haben wohl auch die Verwitterungsstudien aus den hessischen Basaltberglandschaften ergeben, daß hier durch die Zusammenschau petrographischer, klimatologischer, urgeschichtlicher und siedlungsgeographischer Fragestellungen und Forschungsergebnisse einige für die morphologische Landschaftsentwicklung nicht unwichtige Ergebnisse gewonnen werden konnten.

Anmerkungen

1) Vgl. *Büdel, J.* Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitalters. Die Naturwissenschaften. 36. 1949. S. 105—112, 133—139; Die Klimaphasen der Würmeiszeit. Die Naturwissenschaften. 37. 1951. S. 438—449; Die Klimazonen des Eiszeitalters. Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 16—26.

Klute, F. Rekonstruktion des Klimas der letzten Eiszeit in Mitteleuropa auf Grund morphologischer und pflanzengeographischer Tatsachen. Geogr. Rdsch. 1949. S. 81—89, 121—126; Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmeiszeit und die Änderungen bis zur Jetztzeit. Erdkunde V. 1951. S. 273—283. *Poser, H.* Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. Erdkunde. II. 1948. S. 53—68; Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa

und das spätglaziale Klima. Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 27—55.

- 2) *Keßler, P.* Das eiszeitliche Klima und seine geologischen Wirkungen im nicht vereisten Gebiet. 1925. S. 113 ff.
- 3) *Rozière, de.* Description de l'Égypte. 1813; vgl. *Blanck, E.* und *Passarge, S.* Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste. Abh. Ges. Auslandskunde. Univ. Hamburg. 17. *Linck, G.* in: Hdb. Bodenlehre, III. 1930. S. 491 ff.
- 4) *Walther, J.* Die Denudation in der Wüste. Abh. math.-phys. Kl. Sächs. Ges. Wiss. 16, 3. 1891.
- 6) *Blanck, E.* Ein Beitrag zur Kenntnis arktischer Böden, insbesondere Spitzbergens. Chemie d. Erde. I, 4. 1919. S. 421—476.
- 6) *Zahn, G. von.* Wüstenrinden am Rand der Gletscher. Chemie d. Erde. IV, 1. 1928. S. 145—156.
- 7) *Linck, G.* Über Schutzrinden. Chemie d. Erde. IV, 1. 1928. S. 67—69. Die Schutzrinden. Hdb. Bodenlehre. III. 1930. S. 490—505.
- 8) *Köppen, W.* Verdunstungsmenge, Verdunstungskälte und Dampfhunger. Met. Ztschr. 1917. S. 49—58.
- 9) *Büdel, J.* Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Geol. Rdsch. 1944. S. 483.
- 10) *Knaust, W.* Über die Sole von Eisenhydroxyd und Manganhydroxyd in ihrer Beziehung zur Bildung der sogenannten Schutzrinden und des Laterits. Chemie d. Erde. IV, 4. 1930. S. 542.
- 11) Die chemische Analyse einer Schutzrinde findet sich in: *Blanck, E., Rieser, A.* u. *Mortensen, H.* Die wissenschaftlichen Ergebnisse einer bodenkundlichen Forschungsreise nach Spitzbergen im Sommer 1926. Chemie d. Erde. III, 3/4. 1928. S. 654, Analyse 5b.
- 12) Vgl. *Heide, F.* Die gesteins- und bodenbildenden Mineralien. Hdb. Bodenlehre. I. 1929. S. 104.
- 13) Vgl. *Knaust, W.* Chemie d. Erde. IV, 4. 1930. S. 542 f.
- 14) Der Fundort dieses berindeten Glimmerschiefers, den mir dankenswerterweise Herr cand. phil. *Lentke* von einer Westalpenexkursion mitgebracht hat, liegt ungefähr 2700 m Höhe unterhalb des Glacier de Bionnassey, liegt also außerhalb des bisher aus der Literatur bekannten Fundbereichs der Schutzrinden in den zentralen Ostalpen (vgl. *Zahn, G. von.* Chemie d. Erde. IV, 1. 1928). Herrn cand. phil. *Lorenzen* verdanke ich das Belegstück vom Kjöll; Fundstelle in etwa 900 m. Entsprechende Funde sind aus allen Hochgebirgen zu erwarten.
- 15) *Blanckenhorn, M.* Erläutg. Geol. Karte Bl. Schwarzenborn. 1919. S. 52. Bl. Homburg a. d. Efze. 1920. S. 92 f.
- 16) Vgl. *Schönhals, E.* Über verschiedenaltige Lösser und ihre fossilen Verwitterungsdecken bei Homburg a. d. Efze (Bez. Kassel). Ber. Reichsanst. Bodenforsch. Jhg. 1944. H. 5/8. Wien 1945. S. 112, 114 hat in einem Lößprofil von Holzhausen „polierte“ Basaltbrocken angegeben, die Kopfgröße erreichen.
- 17) *Schweinfurth, G.* Kieselartefakte in der diluvialen Schotterterrasse und auf den Plateauhöhen von Theben. Ztschr. Ethnol. 34. 1902. Verh. anthropol. Ges. S. 293 bis 308; Steinzeitliche Forschungen in Oberägypten. Ztschr. Ethnol. 35. 1903. S. 798—822; Manufakte aus dem Sandsteingebiet von Oberägypten. Ztschr. Ethnol. 41. 1909. S. 735—744.
- 18) *Sarasin, P.* Über Wüstenbildungen in der Chelléen-Interglaziale von Frankreich. Verh. naturforsch. Ges. Basel. 20, 3. 1910. S. 255—274.
- 19) *Olbricht, K.* Die Eiszeit in Deutschland und der vorgeschichtliche Mensch. Naturw. Wochenschr. 21. 1922. S. 369—381.
- 20) *Keßler, P.* Wüstenerscheinungen aus nicht ariden Gebieten. Geol. Rdsch. 1913. S. 419 ff.

- ²¹⁾ In einem mir nur durch eine Besprechung (Erdkunde. V. 1951. S. 181) bekannt gewordenen Referat über „Geologie und Mikroklima“ hat *Troll* mit Recht betont, daß die an „Wüstenrinden- und Wüstenlackbildungen“ erinnernde Buntsandsteinverwitterung durchaus nicht immer Zeugnis eines vorzeitlichen „ariden“ Klimas ist, sondern auch im jetzigen mitteleuropäischen Klima erfolgen kann. Vgl. *Schindewolf, O. H.* Studien aus dem Marburger Buntsandstein. II. Rindenbildung als rezente chemische Verwitterungserscheinung des Marburger Buntsandsteins. Senckenbergiana. 3. 1921. S. 33—49. Im Gegensatz hierzu handelt es sich aber bei der aus dem Knüllbergland beschriebenen Basaltberindung um eine eindeutig klimatische Vorzeitform.
- ²²⁾ *Meinardus, W.* Arktische Böden. Hdb. Bodenlehre. III. 1930. S. 71.
- ²³⁾ Vgl. *Luttrupp, A.* Paläolithische Funde in der Gegend von Ziegenhain. Schriften z. Urgesch. 2. Hess. Landesmuseum Kassel. 1949. *Grahmann, R.* Das Paläolithikum von Ziegenhain und Lenderscheid (Bez. Kassel). Jhb. Quartärver. II. 1952. S. 45—50.
- ²⁴⁾ Die gleiche Datierung ergibt sich m. E. auch für einen von *O. Unze* (Eiszeitlicher Streifenboden und Faustkeil. Kurhess. Bodenaltertümer. I. Herausg. v. Amt f. Bodenaltertümer Marburg 1951. S. 5—10) in einem fossilen Streifenboden bei Gudensberg gefundenen Faustkeil, den *Unze* nur deshalb der „Saale-Eiszeit“ zuordnet, da er die Entstehung des Frostbodens und dessen Lößüberlagerung nicht ein und derselben Eiszeit zurechnen möchte.
- ²⁵⁾ *Schönhals, E.* (Über fossile Böden im nicht vereisten Gebiet. Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 109—130) versucht allerdings auch für Niederhessen (a. a. O. S. 115 f) die von *Soergel* u. a. angenommene Mehrzahl wärmezeitlicher Löss- und die so begründete klimatische Mehrphasigkeit der Würmeiszeit nachzuweisen. Als letzterschienene Meinungsäußerung gegen diese Auffassung vgl. *Weidenbach, F.* Gedanken zur Lößfrage. Jhb. Quartärver. II. 1952. S. 25—36.
- ²⁶⁾ *Büdel, J.* Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 25; *Büdel's* Einwendungen gegen die Dreigliederung der Würmeiszeit vgl. in: Die Naturwissenschaften. 37. 1950.
- ²⁷⁾ *Poser, H.* Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 41 ff.
- ²⁸⁾ *Dücker, A.* Die Windkanter des norddeutschen Diluviums in ihren Beziehungen zu periglazialen Erscheinungen und zum Decksand. Jhb. Preuß. Geol. Landesanst. 54. 1933. Berlin 1934. S. 487—530.
- ²⁹⁾ *Troll, C.* Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation. Erdkunde. II. 1948. S. 1—21.
- ³⁰⁾ *Poser, H.* Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 33; vgl. die Gegenargumente von *Büdel, J.* Neue Wege der Eiszeitforschung. Erdkunde. III. 1949. S. 89 f.
- ³¹⁾ Vgl. *Schweinfurth, G.* Ztschr. Ethnol. 35. 1903. S. 817 f.
- ³²⁾ *Grahmann, R.* Jhb. Quartärver. II. 1952. S. 46.
- ³³⁾ Vgl. *Schottler, W.* Erläutg. Geol. Karte v. Hessen. Bl. Ulrichstein. 1931. S. 87, 90 f.
- ³⁴⁾ *Poser, H.* Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 36 ff. hält dagegen die Steinsohlen des norddeutschen Flachlandes für Spätglazial. *Dücker, A.* Jhb. Preuß. Geol. LA. 54. 1933. S. 489, erwähnt nun aber den „lackartigen Glanz“ der Windkanter, worin er zwar (a. a. O. S. 525) „Zeugen ehemaliger Wüsten“ sehen möchte. Eine Überprüfung dieses ganzen Problems vom Standpunkt der Verwitterungserscheinungen dürfte daher nicht unwichtig sein.
- ³⁵⁾ *Blanckenhorn, M.* Erläutg. Geol. Karte. Bl. Schwarzenborn. 1919. S. 103.
- ³⁶⁾ *Büdel, J.* Geol. Rdsch. 1944. S. 489.
- ³⁷⁾ *Büdel, J.* Jhb. Quartärver. I. 1951. S. 22.
- ³⁸⁾ *Schottler, W.* Erläutg. Geol. Karte v. Hessen. Bl. Ulrichstein. 1931. S. 90 f.
- ³⁹⁾ *Klüpfel, W.* Die Bedeutung der Reliefgenerationen für die Vulkangebiete. Geol. Rdsch. 1930. S. 162.
- ⁴⁰⁾ Vgl. *Büdel, J.* Eiszeitliche Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. Peterm. Mittn. Erg. 229. 1937. S. 18.
- ⁴¹⁾ *Passarge, S.* Landschaftskundliche Charakteristik der Rhön im Bereich der Meßtischblätter Kleinsassen, Gersfeld, Hilders und Sondheim, sowie ihre Bedeutung für die geologische Landesaufnahme. Mittn. Geogr. Ges. Hamburg. 1933. S. 264.
- ⁴²⁾ *Büdel, J.* Peterm. Mittn. Erg. 229. 1937. S. 68.
- ⁴³⁾ Vgl. *Blanckenhorn, M.* Erläutg. Geol. Karte. Bl. Schwarzenborn. 1919. S. 12 f., 102; Der geologische Bau des Knüllgebirges. Jhb. Preuß. Geol. Landesanst. 1916. Berlin 1918. S. 513.
- ⁴⁴⁾ Vgl. *Mortensen, H.* u. *Scharlau, K.* Der siedlungskundliche Wert der Kartierung von Wüstungsfluren. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen. Phil.-Hist. Kl. 1949. S. 314.
- ⁴⁵⁾ Vgl. *Hager, F.* Bodenstruktur und Kolloidchemie. Ztschr. Pflanzenernährg. Jhg. 2. Teil A. S. 222.
- ⁴⁶⁾ *Scharlau, K.* Die Bedeutung der Pollenanalyse für das Freiland/Wald-Problem unter besonderer Berücksichtigung der Altlandschaften im Hessischen Bergland. Ber. Dtsch. Landeskd. 1953.
- ⁴⁷⁾ Vgl. *Scharlau, K.* Siedlung und Landschaft im Knüllgebiet. Forschgn. Dtsch. Landeskd. 37. 1941. S. 91 ff.
- ⁴⁸⁾ Vgl. *Scharlau, K.* Schwarzenborn. Siedlungsgeographische Probleme einer hessischen Zwergstadt. Geogr. Anz. 1938. S. 49—57.
- ⁴⁹⁾ *Götzinger, G.* Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Geogr. Abh. IX., 1. 1907. S. 52.
- ⁵⁰⁾ *Penck, W.* Die morphologische Analyse. 1924. S. 34.
- ⁵¹⁾ *Büdel, J.* Peterm. Mittn. Erg. 229. 1937. S. 67.
- ⁵²⁾ *Büdel, J.* Peterm. Mittn. Erg. 229. 1937. S. 18, 23.
- ⁵³⁾ *Büdel, J.* Geol. Rdsch. 1944. S. 473.
- ⁵⁴⁾ *Troll, C.* Die Formen der Solifluktion und die Formen der periglazialen Bodenabtragung. Erdkunde. I. 1947. S. 170.
- ⁵⁵⁾ Vgl. *Mensching, H.* Akkumulation und Erosion niedersächsischer Flüsse seit der Rißeiszeit. Erdkunde. V. 1951. S. 60—70.
- Schmitt, O.* Grundlagen und Verbreitung der Bodenzerstörung im Rhein-Main-Gebiet mit einer Untersuchung über Bodenzerstörung durch Starkregen im Vorpessart. Rhein-Main. Forschgn. 33. 1952.
- ⁵⁶⁾ Vgl. *Büdel, J.* Neue Wege der Eiszeitforschung. Erdkunde. III. 1949. S. 82—96.