

Zur Morphologie des Heuscheuergebirges.

(Zugleich ein Beitrag
zur Morphologie der Sächsischen
Schweiz und der „Wüstenformen“
in Deutschland überhaupt).

Von

Dr. Alfred Rathsburg.

Sonderabdruck
aus dem 18. Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
zu Chemnitz.

— 1912. —

Zur Morphologie des Heuscheuergebirges.

(Zugleich ein Beitrag
zur Morphologie der Sächsischen
Schweiz und der „Wüstenformen“
in Deutschland überhaupt).

Von

Dr. Alfred Rathsburg.

Sonderabdruck
aus dem 18. Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
zu Chemnitz.

— 1912. —

Inhalt.

	Seite
Einleitung	120
A. Beobachtungen und Schlußfolgerungen von Obst, „Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen“, 1909	122
I. Über die heutige Verwitterung und Abtragung	123
II. Über die Oberflächen- und Felsformen	127
B. Eigene Beobachtungen und Schlußfolgerungen	131
Vorbemerkungen	131
I. Verschiedenes über Verwitterung und Abtragung	133
1. Über die „Sandlöcher“	133
2. Über Kluftrichtungen und Kluftbildung	134
3. Über die abtragende Tätigkeit des fließenden Wassers	145
II. Über die Schutthalden und isolierten Felspfeiler	146
III. Über die „Wüstenformen“	151
1. Die Großformen	151
2. Die Verwitterungskleinformen	163
Allgemeines	163
a) Hohlkehlen und Furchen, Leisten und Rippen	165
b) Löcherige Verwitterungsgebilde, Netze, Steingitter und sanduhrförmige Pfeiler	168
c) Pilz- und Hammerfelsen	181
C. Ergebnis	186
Nachschrift	188

Einleitung.

Im Jahre 1909 veröffentlichte Erich Obst eine eingehende Studie über „Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen“ mit dem Untertitel: „Ein Beispiel für die Einwirkung der Diluvialperiode auf das Relief der deutschen Mittelgebirge“.¹ Das Ziel der Untersuchungen Obsts waren in erster Linie die eigentümlichen Lochbildungen in den Sandsteinfelsen der Kreideformation im Heuscheuergebirge; bei der Arbeit im Gelände wandten sich dann die Untersuchungen nicht allein diesen Lochbildungen zu, sondern wurden auf die Oberflächen- und Felsformen der Kreideformation überhaupt ausgedehnt.

Da sowohl der Text wie die Abbildungen der Arbeit vermuten ließen, daß die von Obst untersuchten Löcher- und Felsformen ganz ähnlich oder sogar dieselben sind, wie sie aus der Sächsischen Schweiz schon lange bekannt sind — wie ja bei dem einheitlichen geologischen Charakter der beiden Gebiete von vornherein wahrscheinlich war — so konnten oder mußten die von Obst aus seinem Untersuchungsgebiet gezogenen Schlußfolgerungen auch auf die Sächsische Schweiz übertragen werden. Die Oberflächenformen und Felsgebilde der Sächsischen Schweiz haben in neuerer Zeit zweimal eine eingehendere wissenschaftliche Würdigung erfahren durch Hettner. 1. In seiner Arbeit: „Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz“, 1887,² und 2. in einer neueren, übersichtlichen Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Monographie, unter dem Titel: „Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz“ 1903.³ Ihren Ausgangspunkt nimmt

¹ Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg, Bd. XXIV.

² Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde II, 4. Stuttgart, Engelhorn.

³ Hettners Geographische Zeitschrift Bd. 9, 1903, S. 608—626.

die letztere Arbeit von dem durch den Einfluß der Arbeiten Joh. Walthers über Wüstenbildungen aufgetauchten Gedanken, ob etwa aus der überraschenden Ähnlichkeit der Groß- und Kleinformen der Sächsischen Schweiz mit den von Walther, Futterer u. a. beschriebenen „Wüstenbildungen“ auf ein Wüstenklima geschlossen werden dürfe, das die Formen der Sächsischen Schweiz erzeugt habe. Im engsten Anschluß an Hettners letztere Arbeit, aber gestützt auf eigene Anschauung, die ich auf vielfachen Wanderungen durch die Sächsische Schweiz von Pirna aus gewann, das 1905 ein Jahr lang meinen Wohnort bildete, habe ich vor der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz bereits 1907 in je einem Vortrag über die Klein- und Großformen der Sächsischen Schweiz berichtet.¹

Da die Ergebnisse der obengenannten Arbeit von Obst im Gegensatz zu denen Hettners stehen, und namentlich die von Hettner zur Erklärung der sonderbaren löcherigen Verwitterungsformen aufgestellte „Sickerwassertheorie“² von Obst ausdrücklich abgelehnt³ und dafür die diluviale Steppen- und Sandsturmzeit zur Erklärung herangezogen wird, so unternahm ich im August 1910 eine zehntägige Begehung des Heuscheuergebirges, mit der Arbeit von Obst in der Hand, die es mir möglich machte, die neuen Beobachtungen und Schlußfolgerungen von Obst an Ort und Stelle nachzuprüfen. Zweck dieser Untersuchungen war zunächst, festzustellen, ob die Klein- und Großformen des Heuscheuergebirges nur ähnlich oder tatsächlich dieselben seien wie die der Sächsischen Schweiz, und ob daher die für die eine Gebirgsgruppe aufgestellte Erklärung notwendig auch für die andere gelten müsse oder nicht, und zweitens, wenn sich die Identität der Formen beider Gebirge erweisen sollte, mir ein eignes Urteil darüber zu bilden, welchem der beiden Erklärungsversuche, dem Hettners oder dem Obsts, der Vorzug zu geben sei. Als letztes Ziel schwebte mir also nicht sowohl morphologische Spezialarbeit im Heuscheuergebirge vor, als

¹ 16. März 1907 „Über die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz“ und 4. Mai 1907 „Über Berg und Tal in der Sächsischen Schweiz“, 16. Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz 1907, S. XL—XLVII.

² Hettner, Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz, 1887, S. 47 ff. und: Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz, 1903, I. c. S. 612/613.

³ Obst, Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen, 1909, S. 94 ff.

vielmehr eine Antwort auf die Frage: Kann, wie bisher mit Hettner, der Formenschatz der Sächsischen Schweiz, insbesondere die Kleinformen der Verwitterung, als ein Erzeugnis unseres jetzigen, humiden Klimas angesehen werden, oder müssen wir in Zukunft, im Anschluß an Obsts Resultate über die gleichartigen Formgebilde der Heuscheuer, in den Kleinformen der Sächsischen Schweiz vorwiegend Relikte eines ariden Klimas, nämlich der diluvialen Steppenzeit, sehen? In unmittelbarem Anschluß an die Wanderungen im Heuscheuergebirge besuchte ich je einen Tag die Felsenstädte von Wekelsdorf und Adersbach, an der Hand von Petrascheks Arbeit: „Die Oberflächen- und Verwitterungsformen im Kreidegebiet von Adersbach und Wekelsdorf“¹ und 14 Tage später zum Überfluß noch ein Stück Sächsische Schweiz, das mir von früher her wohlbekannte Gebiet von Uttewalder Grund, Bastei, Königstein und Pfaffenstein, in zwei Tagen.

Das Resultat dieser vergleichend-morphologischen Studien unter Berücksichtigung der 1911 erschienenen einschlägigen Literatur (s. u.) sind die nachfolgenden Ausführungen.²

A. Obsts Beobachtungen und Schlußfolgerungen.

Da den Anlaß zu vorliegenden Untersuchungen lediglich die Arbeit von Obst bildete, und daher im folgenden sehr oft auf dieselbe Bezug genommen werden muß, die Kenntnis dieser Arbeit aber beim Leser vorliegenden Berichtes nicht allgemein vorausgesetzt werden darf,³ so sei im nachfolgenden der Hauptinhalt der Arbeit Obsts über die Morphologie der schlesisch-böhmischen Kreidebildungen dargestellt. Dabei sollen diejenigen Punkte, in denen die Arbeit von Obst wohl als ein Fortschritt in der morphologischen Betrachtungsweise

¹ Jahrb. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt in Wien, 1908, Bd. 58, 4. Heft.

² Von der Beigabe eines Literaturverzeichnisses ist abgesehen; ein solches findet sich bei Obst l. c. S. 105—107 und bei Häberle, Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes, Verhandl. d. Naturhist.-Medizin. Vereins zu Heidelberg, Bd. XI, 1911, S. 167—169.

³ Die Ausführungen sind in diesem Berichte absichtlich breiter gehalten, als in einer fachgeographischen Zeitschrift.

eines Sandsteingebirges gelten kann, und deren Übertragung auf das Gebiet der Sächsischen Schweiz wissenschaftlich nutzbringend sein könnte, aber auch diejenigen Punkte, die den Kern der Obstschen Ideen darstellen, besonders hervorgehoben werden.

I. Über die heutige Verwitterung und Abtragung.

Nach einem Kapitel über den geologischen Aufbau der schlesisch-böhmischen Kreideformation, das für uns wegen seines mehr lokalen Charakters hier nicht in Frage kommt, behandelt Obst ausführlich die heutige Verwitterung und Abtragung in dem in Rede stehenden Gebiet.

Ein sehr ausführlicher Abschnitt ist der Verwitterung der verschiedenen Arten Kreidesandsteine gewidmet. Neuartig und morphologisch wichtig hieraus ist die durch Hirschwald¹ festgestellte Tatsache, daß für die Untersuchung der Verwitterung der Sandsteine nicht sowohl die chemische Analyse, als vielmehr das Mikroskop in Betracht kommt. Denn während Hirschwald Sandsteine beobachtete, die trotz hohen Kieselsäuregehaltes rasch verwitterten, fand er auf der andern Seite, daß unter Umständen Sandsteine mit niedrigem Kieselsäuregehalt und viel lockerem, kaolinartigem Bindemittel sehr wetterbeständig waren. Die Auflösung dieses scheinbaren Rätsels liefert das Mikroskop, das im Dünnschliff erkennen läßt, daß bei festen Sandsteinen meist die einzelnen Quarzkörnchen durch eine Übrindung von reiner Quarzmasse miteinander verwachsen sind, während das tonige, kalkige oder mergelige Bindemittel nur die Hohlräume ausfüllt, die durch das Zusammenwachsen der Quarzkörner entstehen. Diese Übrindung, die von Hirschwald als „Kontaktzement“ bezeichnet wird — im Gegensatz zum Bindemittel, das er „Porenzement“ nennt — wird von Obst zum ersten Male und wohl mit Recht als morphologisch wichtiger Faktor herangezogen. Je mehr Kontaktzement, um so weniger Poren zwischen den einzelnen Quarzkörnchen, um so härter und wetterbeständiger der Sandstein. Fehlt das Kontaktzement vollkommen, so daß die Quarzkörnchen gleichsam schwimmen im Bindemittel, so nennt Hirschwald dies „Basalzement“. In diesem Fall ist für die Bestimmung der Wetterbeständigkeit des Sandsteins statt der Menge des Kontaktzements

¹ Hirschwald, Prüfung der natürlichen Bausteine, Berlin, 1908.

der Verkieselungsgrad des Bindemittels ausschlaggebend. Die chemische Analyse versagt deshalb für die Prüfung der Verwitterbarkeit der Sandsteine, weil sie nur den Gesamtkieselsäuregehalt angibt, aber nicht die als Kontaktzement oder Infiltrationssubstanz des Bindemittels auftretende Kieselsäure von der Kieselsäure der Quarzkörnchen trennen kann. Auf Grund dieser neuen Methode stellt Obst fest, daß der cenomane Sandstein der schlesisch-böhmischen Kreideformation, der übrigens wegen seiner geringen oberflächlichen Verbreitung morphologisch wenig wichtig ist, einen Sandstein ohne Übertreibung mit reichlich tonigem Bindemittel darstellt, also mit „Basalzement“ im Sinne Hirschwalds. Der turone Sandstein der Wünschelburger Lehne und der Sandsteininsel von Goldbach-Utschendorf zeigen beide bereits schwaches kieseliges Kontaktzement, deutlich wahrnehmbare Poren zwischen den einzelnen Quarzkörnchen und wesentlich weniger Bindemittel als der cenomane Sandstein. Im Gegensatz zu diesen ist der Sandstein des eigentlichen Heuscheuerberges, der entweder dem obersten Turon¹ oder bereits dem Senon² (Emscher) angehört, ein solcher mit sehr reichlichem Kontaktzement, und die Poren von ungemein geringer Größe. Dem entspricht auch sein hoher Kieselsäuregehalt (98 % SiO₂ gegen 92 % der vorigen beiden Gesteinstypen) und der geringe Gehalt an Al₂O₃ ($\frac{2}{3}$ % gegen fast 4 % der vorigen). Daraus erklärt sich auch seine außerordentliche Härte.

Derartige, für die Geographie allerdings mehr mittelbar wichtige Untersuchungen liegen für das Gebiet der Sächsischen Schweiz noch nicht vor; es wäre erwünscht, daß die geologische Spezialaufnahme der Sächsischen Schweiz, die der Zeit ihrer Entstehung gemäß die neuen Gesichtspunkte noch nicht berücksichtigen konnte, durch entsprechende mikroskopisch-petrographische Untersuchung der einzelnen geologischen Horizonte ergänzt würde. Eine weitere geographische Aufgabe würde sein, in der Sächsischen Schweiz, in der ja wegen ihres räumlich viel größeren Gebietes und ihrer ungleich stärkeren und tieferen Durchtalung jeder Gesteinshorizont in viel größerer Länge an die Oberfläche tritt als im Heuscheuergebirge, festzustellen, wie groß der

¹ Petraschek, Zur Geologie des Heuscheuergebirges, Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien, 1903 Nr. 13, S. 264.

² Flegel, Heuscheuer und Adersbach-Wekelsdorf, eine Studie über die obere Kreide im böhmisch-schlesischen Gebirge, Dissertation, Breslau 1905, S. 26.

morphologische Einfluß dieses Hirschwaldschen Kontaktzements ist. Vielleicht bietet sich hier ein Mittel, in der Erklärung der vielen kleinen und großen Stufen und Terrassen der Sächsischen Schweiz einen weiteren Schritt vorwärts zu kommen. „Das morphologische Bild der Sächsischen Schweiz“, sagt Hettner, „ist gerade darum so schwer zu entziffern, weil zwei verschiedene Arten von Terrassen oder Ebenheiten nebeneinander liegen und sich berühren, vielleicht ineinandergreifen. Die einen Ebenheiten sind vom Gesteinswechsel unabhängig und schließen sich an Erosionsterrassen an, die anderen sind gerade vom Gesteinswechsel abhängig, dagegen von Erosionsterrassen unabhängig.“¹ Zum mindesten würde so manches, aus einem mehrfachen Wechsel von fast senkrechten und flachen Abhängen bestehende Profil solcher Felswände, wie sie z. B. an dem langen Steilabfall Prebischtor-Rainwiese-Dittersbach oder im hinteren Schrammsteingebiet vorliegen, die durchaus noch nicht im einzelnen morphologisch durchforscht sind, durch eine derartige petrographische Untersuchung der verschiedenen morphologischen Horizonte eine neue Beleuchtung und vielleicht genauere Erklärung finden als bisher.

Doch zurück zum Heuscheuergebirge! Nach Beschreibung der petrographischen Beschaffenheit der Quadersandsteine schildert Obst die sehr geringe chemische, dagegen fast ausschließlich mechanische Verwitterung der Sandsteine, den bedeutenden Einfluß der Wasserdurchlässigkeit, die Entstehung der Klüfte und untersucht die einzelnen Faktoren der Verwitterung auf ihre heutige morphologische Wirksamkeit, in erster Linie den Spaltenfrost, dann die flüssigen atmosphärischen Niederschläge, die pflanzlichen Organismen (Moose, Flechten, Baumwurzeln) und den Wind. Es sind im wesentlichen dieselben Faktoren, die Hettner zur Erklärung der Felsformen der Sächsischen Schweiz früher herbeigezogen hat. Als neu sei hier erwähnt, daß intensive Frostwirkung vor allem an den mit Basalzement ausgestatteten cenomanen Ablagerungen und an dem verhältnismäßig stark porösen mitteljuronen Quadersandstein zu beobachten ist, wohingegen die eigentlichen Heuscheuersandsteine (Emscher?) durch ihr stark kieseliges Kontaktzement gegen die zersprengende Wirkung des Frostes gefeit zu sein scheinen. Während man in dem Wünschelburger Steinbruch (mitteljuroner Quader)

¹ Hettner, Felsbildungen ff., S. 624.

gezwungen ist, besondere Maßnahmen zu treffen, um das Gesteinsmaterial vor der Einwirkung des Frostes („Zerfrieren“) zu schützen, sind derartige Vorsichtsmaßregeln in den Steinbrüchen an der Friedrichsgrunder Lehne (Emscher?) vollkommen unnötig.¹ Bei den cenomanen Sandsteinen besteht die Verwitterung durch den Frost vorwiegend in einem Absanden der Gesteinsoberfläche, doch handelt es sich dabei nur um eine Auflockerung der Oberfläche bis zu etwa $\frac{1}{2}$ cm Tiefe. Im Gegensatz dazu wird der turone Sandstein, ohne daß eine Veränderung der äußeren Form wahrnehmbar ist, infolge des Frostes durch und durch mürbe, und ein Hammerschlag läßt den scheinbar so brauchbaren Gesteinsblock in einen Grus von Quarzkörnchen zerfallen.

Als Fazit ergibt sich für Obst „die Überzeugung, daß die Verwitterung der Quaderfelsen in unserer Periode eine minimale ist, und der Grund hierfür liegt klar auf der Hand: die Quadersteine verwittern lediglich mechanisch, die klimatischen Bedingungen aber sind viel zu wenig exzessiv, um einen beträchtlichen Zerfall der Gesteine hervorzurufen“².

Die Verwitterung der plänerartigen Gesteine im Heuscheuergebirge ist eine ganz andere, was sich aus der vom Sandstein stark abweichenden Zusammensetzung des Pläners (nur rund 60 % SiO_2 , aber 6 % Al_2O_3 , 11 % CaO und 10 % CO_2) erklärt. Auch ist der Pläner im Gegensatz zu den Sandsteinen wasserundurchlässig. Die Verwitterung, die sowohl chemisch als mechanisch erfolgt, führt zu schieferigem, splittrigem Zerfall des Gesteins, welcher seinerseits die Bildung eines Fußhanges aus schieferig-splittrigen Detritusmassen veranlaßt, der fast überall das anstehende Plänergestein verhüllt. Für das Landschaftsbild spielt der Pläner nur eine sehr untergeordnete Rolle, er liefert guten Ackerboden, nur selten kleine Felsen.

Den Vorgang der heutigen Abtragung der Verwitterungsprodukte im Gelände gliedert Obst in drei Unterabteilungen:

1. Abtragung durch atmosphärische Niederschläge und fließendes Wasser,
2. Abwärtsbewegung von Fels- und Schuttmassen,
3. Abtragung durch die Tätigkeit des Menschen in den Steinbrüchen.

¹ Obst, l. c. S. 40/41.

² Obst, l. c. S. 50.

Die Abtragung (Abspülung) durch die atmosphärischen Niederschläge, aber auch die Erosion durch das fließende Wasser findet Obst gering. Auch in Bezug auf die Abwärtsbewegung von Fels- und Schuttmassen führten die Untersuchungen zu einem fast negativen Resultat. Ein Herabstürzen von Quadermassen in unserer Zeit soll nach Obst überhaupt nicht mehr oder doch zum mindesten außerordentlich selten stattfinden. Die Untersuchung, ob die am Fuße der Felsen angesammelten Schuttmassen eine starre, unbewegliche Masse darstellen, oder ob sie die Fähigkeit besitzen, ihrerseits wiederum noch Bewegungen auszuführen, führte zu keinem positiven Resultat. Doch wurden eine Anzahl Pfähle, die direkt unter größeren, losen Gesteinsblöcken in den Gehängeschutt eingeschlagen waren, im Laufe von reichlich 1 Jahr gehängeabwärts gedreht, vermutlich infolge des Drucks der Blöcke. Es wird als sehr wahrscheinlich angenommen, daß eine selbständige Abwärtsbewegung der Gesteinsblöcke im Gehängeschutt stattfindet. Rutschungen des Gehänges sind im Gegensatz zu Plänergebieten dem Sandstein fremd, sodaß der Boden im wesentlichen stabil befunden wird.

II. Über die Oberflächen- und Felsformen.

Der letzte Hauptteil der Untersuchungen Obsts ist den Oberflächen- und Felsformen gewidmet.

Zunächst werden die Großformen des Kreidegebietes von Adersbach und Wekelsdorf, dann die der Heuscheuer und der Reinerz-Nesselgrunder Höhen und zuletzt die der Neißesenke besprochen. Sie sind ausgezeichnete Beispiele von einer Abhängigkeit der Oberflächengestaltung bis ins Detail von dem geologischen oder besser petrographischen Aufbau, dem steten Wechsel von Pläner und Sandstein. Auf die Frage nach der Entstehung dieser Großformen wird abweichend von Hettner¹ nicht systematisch eingegangen, nur bei der Betrachtung von Adersbach-Wekelsdorf wird die Frage erhoben: Welche Kräfte können derartige Lücken (zwischen den einzelnen Felsenmassen) hervorgerufen haben? und darauf die Antwort erteilt: „Je mehr wir uns in die Einzelheiten des Reliefs vertiefen, um so stärker wird in uns die Überzeugung, daß nur eine einzige Kraft imstande ge-

¹ Hettner, Gebirgsbau ff., S. 94 ff.

wesen sein kann, eine derartige Oberflächenform zu schaffen: Der Wind. Nur die abtragende Tätigkeit des Windes (Ablation = Deflation Walthers) wirkt flächenhaft, nur sie kann ganze Gesteinsdecken abtragen und derartige Formen schaffen, wie wir sie in der Kreidelandschaft von Adersbach-Wekelsdorf gesehen haben.“¹

Den letzten und wichtigsten Abschnitt widmet Obst der Betrachtung der Verwitterungsformen, also der Kleinformen des Quadersandsteins. Denn „das Studium der Verwitterungsformen der Quadersandsteinfelsen wird uns in den Stand setzen, ein endgültiges Urteil über die oben berührte Frage zu fällen, ob der Wind wesentlich bei der Herausarbeitung des Reliefs der schlesisch-böhmischen Kreidelandschaft mitgewirkt hat.“² Es sind namentlich sechs Formentypen, die zur Besprechung gelangen:

1. Hohlkugelförmige Vertiefungen (in den Felswänden) von beträchtlichen Dimensionen,
2. Höhlen und Löcher mit sanduhrförmigen Pfeilern dazwischen,
3. die sogenannte Bienenwabenstruktur und Steingitter,
4. Hohlkehlen und vorspringende Leisten,
5. Pilzfelsen,
6. sogenannte Hammerfelsen.

Obst führt näher aus,³ daß wir die uns heute entgegentretenden Felsgebilde nicht ausschließlich unter den jetzigen Bedingungen entstanden ansehen dürfen, sondern vielmehr als Resultat einer Übereinanderlagerung verschiedener Verwitterungsformen, welche zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen entstanden sind. So herrschte im Eozän auch in Mitteleuropa ein feucht-heißes, tropisches Klima, das einen intensiven Zerfall der Gesteine zur Folge gehabt haben wird. Ebenso wird im Oligozän bei dem subtropischen Klima, das diese Periode kennzeichnet, mit trockenheißen Sommern und an Regengüssen reichen Wintern „ohne Frage eine intensive Umgestaltung des Reliefs der Kreidelandschaft stattgefunden haben“. Im Miozän wurde das Klima mehr das der wärmeren gemäßigten Zone, und im Pliozän herrschte ein dem gegenwärtigen durchaus entsprechendes Klima in unseren Breiten. Eine tiefgreifende Umgestaltung des Klimas und mit ihm der Ver-

¹ Obst, l. c. S. 78.

² Obst, l. c. S. 82.

³ Obst, l. c. S. 83 ff.

witterungsbedingungen vollzog sich mit dem Einsetzen der diluvialen Eiszeit. Von dem nordischen Zentrum ausgehend, ergoß sich nach allen Seiten ein gewaltiger Eisstrom, der im Süden auf ein weit ausgedehntes, in dem milden Klima des Tertiär tiefgründig verwittertes Felsenland stieß. Immer lichter wurde die Vegetation am Saume des Inlandeises, und immer mehr wurden die deutschen Mittelgebirge ihres Pflanzenkleides entblößt, bis schließlich das Gestein nackt und kahl zutage lag. Durch die intensive Sonnenbestrahlung am Tage und die nicht minder extreme Abkühlung in der Nacht mußte nun ein lebhafter Zerfall der Gesteine durch den Spaltenfrost vor sich gehen. Zu diesen klimatischen Umwälzungen gesellte sich dann weiterhin, nach den Forschungen Vahls¹ und Solgers², ein Faktor von größter Bedeutung hinzu: „Die Herausbildung starker, trockener, östlicher Winde, die sehr wohl im Zusammenhang mit der über den Eismassen sich einstellenden Antizyklone gestanden haben mögen“. Nach dem endgiltigen Verschwinden des Eises aus Mitteleuropa hielt in den ehemals vergletscherten Gebieten ein ausgeprägtes Steppenklima seinen Einzug. War in der vorausgegangenen Periode bei der Nähe des Eises und den dadurch bedingten, großen täglichen Temperaturschwankungen vor allem ein außerordentlich intensiver Zerfall der Gesteine, die Bildung mächtiger Trümmerhalden vor sich gegangen, so setzte nun in der Steppenperiode bei der Trockenheit des Klimas und dem Fehlen eines schützenden Pflanzenkleides eine Zeit absoluter Herrschaft des Windes ein. Allenthalben wurden die lockeren Detritusmassen aufgewirbelt, gegen die Felsen geschleudert und von neuem vom Winde erfaßt (Beweis: Dreikanter). „Es kann demnach wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß im Diluvium sowohl während der Nähe des Inlandeises als in der Steppenperiode eine überaus bedeutungsvolle Umgestaltung des Reliefs der Kreidelandschaft vor sich gegangen ist, und daß der Wind in diesem Prozeß eine maßgebende Rolle gespielt hat“.

Auf Grund dieser Gedankengänge, die hier absichtlich ausführlich, meist mit Obsts eigenen Worten, wiedergegeben

¹ Vahl, De kvartaere Stepper i Mellevropa. Geografisk Tidsskrift 16, 1901—1902, Kopenhagen 1902, Seite 173 ff.

² Solger, Über fossile Dünenformen im norddeutschen Flachland. Verhandl. d. XV. Deutsch. Geographentages in Danzig, Berlin 1905, S. 159 ff.

sind, kommt Obst zu der Behauptung, „daß die Herausbildung der inselartig aufragenden Quaderruinen, sowie die über weite Gebiete sich erstreckende Freilegung des Plänersockels im Diluvium unter der Herrschaft des Windes vor sich gegangen ist“¹. In der Gegenwart sind, wie im vorhergehenden Teil der Arbeit gezeigt, sowohl die Verwitterung als auch die Abtragung auf ein äußerst geringes Maß reduziert. Grund: Die Bedingungen für energische Wirksamkeit der fast ausschließlich mechanischen Verwitterung sind in der Gegenwart mit ihren geringeren täglichen Temperaturschwankungen, höherem Feuchtigkeitsgehalt und dem dichten Pflanzenkleid die denkbar ungünstigsten. Von demselben Grundgedanken aus werden dann, namentlich mit Rücksicht auf die Formenähnlichkeit mit den sogenannten „Wüstenformen“ aus den jetzigen Wüsten, die gewaltigen Schutthalden, die grotesken Felspfeiler und alle oben (s. S. 128) genannten Kleinformen teils mit Sicherheit, teils mit Wahrscheinlichkeit als Produkte der Diluvialzeit, und zwar die Kleinformen als Relikte der diluvialen Sandsturmperiode erklärt. Die Streichrichtung der Hammerfelsen wird zwar nicht sicher, aber als anscheinend auf ost-südöstliche Winde hinweisend angeführt. Dem Einwand, den Hettner bereits 1903 gegen derartige Gedankengänge erhoben hatte², warum diese Relikte diluvialer Verwitterungserscheinungen auf den Quadersandstein beschränkt seien, wird durch Hinweis auf eine beabsichtigte spätere Arbeit über den Einfluß der Diluvialperiode auf die Oberflächen-gestaltung des Riesengebirges und anderer deutschen Mittelgebirge begegnet.

Ein Hinweis auf eine Arbeit von v. Lozinski: „Über die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemäßigten Klima“³, der sich mit den großen Blockbildungen beschäftigt hat, die er an den Gehängen des ostkarpatischen Gorganyzes, des südlichen Ural und des Heuscheuergebirges beobachtet hat, bildet den Schluß von Obsts Abhandlung. v. Lozinski hat gefunden, „daß die tiefgehende mechanische Zertrümmerung der Sandsteine, z. B. auf der Oberfläche der Heuscheuer, sich hauptsächlich im eiszeitlichen Klima vollzogen hat“. Er nennt die Gesteinszertrümmerung durch den

¹ Obst, 1. c. S. 91.

² Hettner, Felsbildungen ff S. 610.

³ Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Janvier 1909.

Spaltenfrost in der Umgegend des diluvialen Inlandeises die „periglaziale Fazies“ der mechanischen Verwitterung. Sie hat sich nach ihm heutzutage nur in den widerstandsfähigsten Gesteinsarten, größtenteils Sandsteinen und Quarziten, erhalten.

Dies im wesentlichen der Inhalt der, wie Hettner hervorhebt¹, in ihren Folgerungen für Geologie und Geographie im allgemeinen, und für die Sächsische Schweiz im besonderen so weittragenden Arbeit über die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen. Er wird für die folgenden Ausführungen als bekannt vorausgesetzt.

B. Eigene Beobachtungen und Schlußfolgerungen.

Vorbemerkungen.

Im folgenden sollen die von mir im August 1910 im Anschluß an die Abhandlung Obsts im Heuscheuergebirge gemachten Beobachtungen und an Ort und Stelle empfangenen Eindrücke wiedergegeben werden. Es handelte sich dabei nicht, wie bereits oben erwähnt (s. S. 121), und wie an dieser Stelle nochmals ausdrücklich betont sei, um eine systematisch vollständige landeskundliche Durchforschung des Heuscheuergebirges, sondern vielmehr darum, Antworten zu finden auf einzelne Fragen meist von allgemeinerer geographischer Bedeutung, die Obst in seiner Arbeit berührt hatte, und namentlich um Gewinnung eines eigenen Urteils über Dinge, die mir aus der Sächsischen Schweiz bekannt waren, aber von mir im Anschluß an Hettner bisher anders aufgefaßt worden waren, als sie von Obst für das Heuscheuergebirge dargestellt wurden. Aus äußeren Gründen² erfolgt die Veröffentlichung der bereits im Vorjahr gemachten Beobachtungen erst jetzt. Es würde davon überhaupt Abstand genommen worden sein, wenn nicht die von mir gewonnenen Eindrücke gerade in den wesentlichsten Punkten von der Auffassung Obsts abwichen.

¹ Hettner, Wüstenformen in Deutschland?, Geograph. Zeitschr., 16. Jahrg. 1910, S. 691.

² Da ein Bericht der Chemnitzer Naturwissenschaftlichen Gesellschaft im Jahre 1910 nicht erschienen ist.

Inzwischen hat Hettner in einem Aufsatz „Wüstenformen in Deutschland?“¹ dieselbe Arbeit, die sozusagen die Grundlage meiner Heuscheuerstudien bildete, zum Gegenstand einer Besprechung gemacht, worin er die Schlußfolgerungen Obsts zurückweist und seine von Obst angegriffene „Sickerwassertheorie“ aufrechterhält. Die Antwort auf diesen Artikel gibt Obst in seinen „Bemerkungen zu A. Hettners Wüstenformen in Deutschland?“², die ihrerseits von Hettner mit „Anmerkungen“³ versehen sind. Beide halten unvermittelt ihre Ansicht aufrecht.

Ganz dieselben morphologischen Gebilde, Groß- und Kleinformen, aber nicht im Quadersandstein, sondern im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes (Hardt), sind sodann in jüngster Zeit beschrieben worden von Häberle in drei Arbeiten:

1. Der Pfälzerwald,⁴
2. Das Felsenland des Pfälzerwaldes, ein Beispiel für die Entstehung bizarrer Verwitterungsformen im Buntsandstein,⁵
3. Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes.⁶

Da ein Blick auf die zahlreichen schönen Photographien der beiden letzteren Abhandlungen genügt, um zu erkennen, daß die von Häberle aus dem Pfälzerwald beschriebenen Formen ganz dieselben sind, wie die von Hettner aus der Sächsischen Schweiz und die von Obst aus dem Heuscheuergebirge beschrieben, und auch Häberle ausdrücklich zu den Arbeiten Hettners und Obsts Stellung nimmt, so müssen die nachfolgenden Zeilen, der Zeit ihrer Niederschrift gemäß (Herbst 1911), außer der oben angeführten Kontroverse zwischen Hettner und Obst auch die neuesten Arbeiten auf dem fraglichen Gebiet, von Häberle, noch berücksichtigen. Für meine Beobachtungen im Felde selbst waren naturgemäß die neuen Ausführungen von Hettner und Obst und namentlich die wertvollen Detaildarstellungen von Häberle noch nicht verwertbar.

¹ Geograph. Zeitschrift, 16. Jahrg. 1910, S. 690—694.

² ebenda, 17. Jahrg. 1911, S. 337—341.

³ ebenda, S. 341/342.

⁴ ebenda, S. 297—310.

⁵ Kaiserslautern 1911, H. Kaysers Verlag.

⁶ Verhandl. d. Naturhistor.-Medizin. Vereins zu Heidelberg, Bd. XI, S. 166—209. Auch als Sonderabdruck.

I. Verschiedenes über Verwitterung und Abtragung.

1. Über die „Sandlöcher.“¹

Im allgemeinen sind die Gesteine des Heuscheuergebirges und der Sächsischen Schweiz dieselben; auf zwei Abweichungen, die mir aufgefallen sind, sei im folgenden eingegangen:

Harte Sandsteinkugeln, von einem Durchmesser von 20—25 cm, die in verschiedenen Schichten des mittelturonen Sandsteins, und zwar im Wünschelburger Bruch zu beobachten sind, wie sie Obst aus der Heuscheuer beschreibt², sind bisher aus der Sächsischen Schweiz noch nicht beschrieben, existieren dort — vielleicht von ganz lokalen Ausnahmen abgesehen — wohl auch nicht.

Das Gleiche gilt für die „Sandlöcher“, die in allen Schichten der Heuscheuersandsteine, unten vereinzelt, oben (im Emscher) massenhaft auftreten.³ Diese kugelförmigen Hohlräume, mit einem Durchmesser von wenigen cm bis weit über 1 m, angefüllt mit lockerem Sande, spielen für die Modellierung der Felsen der oberen Stufen im Heuscheuergebirge eine große Rolle. Einen fast zu vermutenden Zusammenhang zwischen den beschriebenen Sandsteinkugeln und den Sandlöchern, derart, daß die letzteren die Hohlräume wären, aus denen die Kugeln herausgewittert sind, konnte ich ebensowenig feststellen wie Obst⁴. Diese Sandlöcher werden von Obst bei Besprechung der „Lochbildungen“ an erster Stelle genannt⁵. Bisweilen liegen sie reihenweis hintereinander, oder an der Hinterwand des einen setzt sich eine neue Vertiefung an. Wie Obst bemerkt, liegen aus der Sächsischen Schweiz Beschreibungen derartiger Sandlöcher nicht vor. Sein Schluß, „daß sie trotzdem auch in der Sächsischen Schweiz vorhanden sind, scheint mit einiger Sicherheit aus den Abbildungen Gutbiers und Ruges (Monogr. z. Erdkunde XVI) hervorzugehen“⁶, ist aber nicht zutreffend. Keine der von Ruge und Gutbier abgebildeten Höhlen ist so ausgesprochen kugelförmig, wie z. B. die von Obst in Abb. 13 dargestellten Sandlöcher (die fast mathematisch genaue Kugelform wird von Obst selbst durch Maße illustriert: 40 cm Breite bei 41 cm

¹ Über die „korrespondierenden“ Sandlöcher siehe unten S. 144—146.

² Obst, l. c. S. 27.

³ Obst, l. c. S. 30/31.

⁴ Obst, l. c. S. 31, Anm. 5.

⁵ Obst, l. c. S. 92/93.

⁶ Obst, l. c. S. 93, Anm. 2.

Höhe, 24 cm Breite bei 26 cm Höhe, 45 cm Breite bei 55 cm Tiefe¹.) Verfasser dieser Zeilen kann sich nicht entsinnen, jemals auch nur einen einzigen, so ausgesprochen kugelförmigen Hohlraum (Sandloch) in der Sächsischen Schweiz gesehen zu haben, wie er sie im Heuscheuergebirge an der Heuscheuer und am Spiegelberg (z. B. am Aufstieg von Bukowina nach den „Wilden Löchern“) massenweise beobachten konnte. Wahrscheinlich sind überhaupt diese Sandlöcher von fast mathematisch-kugelförmiger Gestalt im Quadersandstein der Sächsischen Schweiz eine im Gegensatz zur Heuscheuer nur lokal, mehr zufällig vorkommende Erscheinung, wenn überhaupt welche vorkommen. Es scheint, daß es sich bei diesen Gebilden mehr um eine lokale, auf petrographischer Ursache (konkretionäre Bildung) beruhende Verwitterungserscheinung handelt, die zwar für die Heuscheuergegend charakteristisch, aber nicht für den Sandstein als solchen typisch ist. Es ist daher wohl in Zukunft bei Besprechung der für den Quadersandstein typischen Verwitterungserscheinungen diese Art von Lochbildungen, also die „Sandlöcher“ oder die „hohlkugelförmigen Löcher“ aus der Reihe der übrigen typischen „Lochbildungen“ auszuschließen. In ähnlichem Sinne spricht sich Häberle für den Pfälzerwald aus². Auf die Tatsache, daß solche „Sandlöcher“, wenn überhaupt, so doch höchst selten in der Sächsischen Schweiz vorkommen, während sie in der Heuscheuer sehr augenfällig sind, mag es vielleicht auch zurückzuführen sein, wenn Obst in der Kritik Hettners die Sandlöcher, denen er große Bedeutung beilegt, überhaupt vermißt³, und andererseits Hettner sie für eine verhältnismäßig untergeordnete Erscheinung erklärt. Tatsächlich hat wohl Hettner recht, wenn er meint, daß die Sandlöcher mit der Hauptfrage, ob Wüstenformen oder nicht, nichts zu tun haben⁴.

2. Über Kluftrichtungen und Kluffbildung.

Die für die Oberflächengestaltung so wichtige Zerklüftung des Quadergebirges wird von Hettner mit der Mehrzahl der Forscher auf tektonische Störungen zurückgeführt. (Auch Häberle führt die Klüfte im Pfälzerwald-Buntsandstein auf die mechanische Wirkung der zahlreichen tekto-

¹ Obst, l. c. S. 92, Anm. 1.

² Häberle, Kleinverwitterungsformen ff., S. 174.†

³ Geograph. Zeitschr., 17. Jahrg. 1911, S. 338.

⁴ ebenda, S. 341.

nischen Vorgänge im Anschluß an die Entstehung des Rheintalgrabens zurück.¹⁾ Obsts Einwand, daß „tektonische Bewegungen allein kaum zur Erklärung der Quaderbildung, wie wir sie heute beobachten, genügen dürften“²⁾, wurde für mich der Anlaß zur Vornahme einer größeren Zahl von Messungen über die im Heuscheuergebirge zu beobachtenden Kluftrichtungen. Die dabei gefundenen Zahlen sind in der beigefügten Tabelle³⁾ (siehe nächste Seite) mitgeteilt. Sämtliche erhaltenen Werte sind dann außerdem, übersichtlich zusammengefaßt und in den betreffenden Richtungen der Windrose eingezeichnet, in Fig. 1 dargestellt.

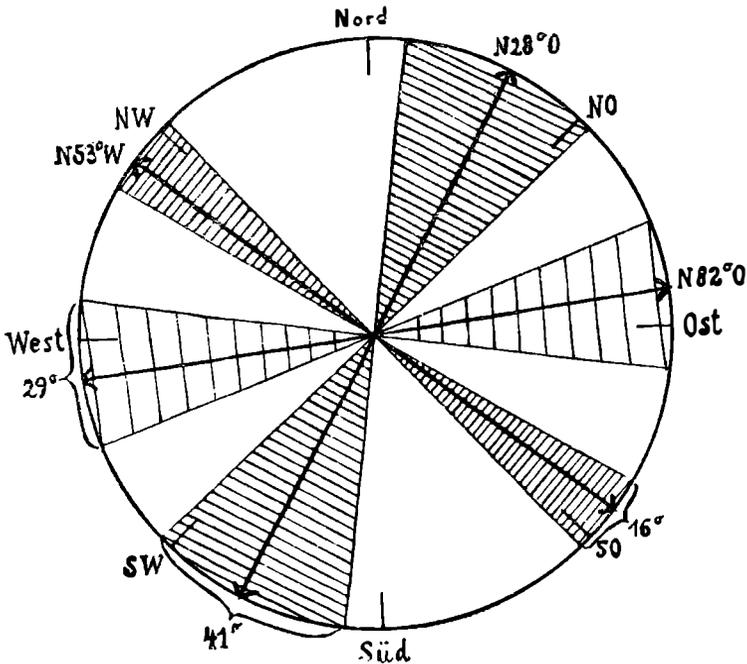


Fig. 1. Verteilung der Kluftrichtungen auf die Windrose.

¹⁾ Häberle, Felsenland ff S. 17.

²⁾ Obst, l. c. S. 37.

³⁾ Die Tabelle macht durchaus keinen Anspruch auf systematische Vollständigkeit. Es handelt sich oft nur um Gelegenheitsmessungen, wie auch aus der an den verschiedenen Örtlichkeiten sehr verschiedenen Zahl der Messungen hervorgeht. Alle Zahlenwerte sind auf den astronomischen Meridian reduziert (magnet. Deklination z. Z. 7° West). Andere, als die in der Tabelle mitgeteilten Werte gelangten bei den insgesamt 179 Messungen nicht zur Beobachtung.

Tabelle der im Heuscheuergebirge gemessenen Kluftrichtungen.

Örtlichkeit	Geologische Schicht	Hauptkluftrichtung				Nebenklufttrichtung				Mittlerer Winkel zwischen den zwei Kluftrichtungen.
		Mittelwert	Zahl der Messungen	Äußerste Werte	Differenz der äußersten Werte	Mittelwert	Zahl der Messungen	Äußerste Werte	Differenz der äußersten Werte	
Gr. Heuscheuer	Oberer Quader	N53W	20	N50W u. N57W	7°	N36 O	11	N21 O u. N48 O	27°	89°
Kl.		N52W	10	N46W u. N56W	10°	N33 O	8	N25 O u. N47 O	22°	85°
Spiegelberg (Ostseite)		N54W	11	N49W u. N57W	8°	N28 O	7	N11 O u. N42 O	31°	82°
Wilde Löcher		N52W	35	N45W u. N56W	11°	N22 O	26	N 7 O u. N42 O	35°	74°
		—	—	—	—	N82 O	19	N69 O u. N98 O	29°	—
Käsebreitweg	Mittlerer Quader	N53W	8	N49W u. N58W	9°	N31 O	4	N23 O u. N37 O	14°	84°
Scholasterdrehe		N52W	2	N47W u. N54W	7°	—	—	—	—	—
Sieben Kammern		N54W	4	N49W u. N59W	10°	—	—	—	—	—
Hammerfelsen auf Hampelfeld		N52W	9	N43W u. N57W	14°	N31 O	5	N21 O u. N38 O	17°	83°
Insgesamt:		N53W	99	N43W u. N59W	16°	N28 O	80	N7 O u. N48 O	41°	81°

Aus der Tabelle und aus Fig. 1 geht hervor, daß in der Heuscheuer hauptsächlich zwei Kluftrichtungen auftreten, die in einem Winkel von 80° — 90° (bzw. 100° — 90° bei entgegengesetzter Winkelzählung) aufeinanderstehen.

Als Hauptkluftrichtung ist offenbar die SO bis NW-Richtung (genauer: zirka $N53^{\circ}W$) anzusehen, die aber eine Kleinigkeit nach OSO bzw. WNW verschoben scheint. Die über Erwarten große Übereinstimmung der für die Hauptrichtung an verschiedenen Orten gefundenen Werte läßt wohl den Schluß zu, daß für die beobachteten Örtlichkeiten die gefundene Mittelzahl $N53^{\circ}W$ bis auf wenige Grade genau ist. Tatsächlich sind die in dieser Richtung verlaufenden Klüfte die am schärfsten ausgeprägten des ganzen Gebirges, sie ziehen sich in einer nach den verschiedenen Örtlichkeiten wechselnden, aber bei jeder Kluft fast überall gleich großen Breite oft viele Meter lang hin mit mathematischer Geradlinigkeit, sodaß die Feststellung ihrer Richtung (mittels geologischen Kompasses) bis auf 1 Grad genau meist unschwer gelingt.

Die zweite Kluftrichtung (Nebenkluftrichtung) steht zu der Hauptkluftrichtung, wie bereits erwähnt, fast senkrecht (erhaltener Mittelwert 81° ¹), und zwar in der Richtung NNO—SSW (genauer zirka $N28^{\circ}O$). Ihre Ausbildung ist nicht in gleichem Grade scharf und einheitlich, wie die erstere Richtung. Für den Unterschied zwischen den beiden Kluftsystemen ist charakteristisch, daß die größte Differenz zwischen den an ein und derselben Steile beobachteten Kluftrichtungen beim ersten System kaum 10° im Durchschnitt beträgt, beim letzteren System aber 20° bis 30° ! Daß dieses Ergebnis kein zufälliges, von der Zahl der Messungen abhängiges ist, wird dadurch bewiesen, daß für die Hauptkluftrichtung ein geringerer Spielraum gefunden wurde trotz der größeren Zahl von 99 Messungen, während für die Nebenkluftrichtung sich ein größerer Spielraum ergab aus der geringeren Anzahl von 61 Messungen. Dem entspricht auch durchaus das Vorherrschen und die scharfe Ausbildung der SO—NW-Klüfte vor den anderen, minder exakt ausgebildeten NO—SW-Klüften.

¹ Wenn in der Tabelle die Messungsergebnisse bis auf den Grad genau angegeben sind, so soll damit den Einzelzahlen kein übertriebener Wert beigelegt werden; zu der Gewinnung einer möglichst, d. h. bis vielleicht auf einige Grade genauen Mittelzahl aus vielen Einzelwerten schien aber eine Messung bis auf den Grad genau nicht unangebracht.

In den „Wilden Löchern“ (am N-Ende des Spiegelberges) wurde sodann noch ein drittes Kluftsystem festgestellt, das fast ostwestlich (Mittel zirka N 82° O), also etwa in der Diagonale der beiden vorigen Richtungen verläuft. Auch dieses ist nicht so exakt ausgebildet wie das Hauptsystem. (Differenz der äußersten beobachteten Werte rund 30°, wie beim zweiten System.¹)

Eine vergleichende Zusammenstellung der von den verschiedenen Beobachtern bisher gefundenen Mittelzahlen für die Haupt- und Nebenkluftrichtung gibt folgende Tabelle:²

	Haupt- kluft- richtung	Neben- kluft- richtung
Partsch	N 35° W	N 20°—30° O
Obst	N 40°—45° W	N 30°—35° O
Rathsburg	N 53° W	N 28° O

Dabei ist mir freilich nicht bekannt, ob die Zahlen von Partsch und Obst nur auf das Heuscheuergebirge sich beziehen sollen, wie die meinigen, oder, wie es scheint, Mittelzahlen aus Heuscheuergebirge und den Felsenstädten von Adersbach und Wekelsdorf darstellen. Aus einer Reihe allerdings nur in Eile ausgeführter Messungen (50 Stück) fand ich in den Felsenstädten von Adersbach und Wekelsdorf für die auch hier deutlich vorwiegende Hauptkluft-richtung im Mittel N 35° W und N 30° W, also den oben angeführten Wert von Partsch. Die Nebenkluft-richtung (20 Beobachtungen) schien rechtwinklig darauf zu stehen. Doch kommt diesen Angaben nicht der Genauigkeitsgrad der für die Heuscheuer gefundenen Werte zu. Petraschek gibt an, daß in Adersbach-

¹ Dem Auftreten dieses weiteren, dritten Kluftsystems (während sonst immer nur zwei ausgebildet sind), ist wohl zum Teil der labyrinthische Charakter der „Wilden Löcher“ zu verdanken. Im nördlichen (vorderen) Teile der Wilden Löcher herrscht die Hauptkluft-richtung (N 52° W), im südlichen (hinteren, oberen) Teil die Nebenkluft-richtung (zirka N 22° O) nebst der dritten Klüftung (zirka N 82° O). Eine andere Hauptursache für die Herausbildung der Wilden Löcher ist zweifellos die Unterlagerung einer härteren Sandsteinschicht (von meist 5—10 m, selten 15 m Mächtigkeit) durch eine weichere. In diese weichere Schicht sind längs der drei Kluft-richtungen die Hohlräume und Gänge hineingefressen, die in ihrem vielfachen Sichdurchkreuzen für den ohne Kompaß Wandernden ein wahres Labyrinth bilden. In der Sächsischen Schweiz ist eine völlig gleichwertige Parallele zu den Wilden Löchern der Heuscheuer wohl nicht vorhanden. Einigermaßen kann mit ihnen verglichen werden vielleicht das sogenannte „Labyrinth“ in den Nikolsdorfer Wänden zwischen Langenhennersdorf und Bielatal.

² Nach Obst, l. c. S. 35.

Wekelsdorf zwei tektonische Richtungen, NW—SO und SW—NO, den Kluftrichtungen zu Grunde liegen. Die Klüfte schneiden sich nach ihm unter einem Winkel von 60° — 90° ¹.

An den Zahlenwerten der ersten obigen Tabelle (s. S. 136) scheint beachtenswert, daß die Messungen im Quadersandsteinmittel der Wünschelburger Lehne (Abstieg von Carlsberg über den Käsebrettweg zum Wünschelburger Steinbruch, an der Scholasterdrehe, an den Sieben Kammern und auf dem Hampelfeld) genau dieselben Kluftrichtungen ergaben, wie im oberen Heuscheuerquader, der von ihm durch den sehr mächtigen Carlsberger Pläner getrennt ist. Ständen wirklich, wie Gutbier² dachte, die Klüfte irgend in Beziehung mit der Entstehung des Sandsteins als Meeressand, so wäre es ein sonderbarer Zufall, daß die Kluftrichtungen im mittleren und oberen Quader so gut übereinstimmen. Vielmehr kann es als sicher gelten, daß die gesamten Kreideablagerungen nachträglich zerklüftet wurden³. Die Tatsache, daß die Kluftrichtungen über große Strecken hin dieselben bleiben, läßt nur einen ebenfalls über große Strecken hin gleichmäßig und in gleicher Richtung wirkenden Faktor als Erklärung zu; als ein solcher Faktor von regionaler Wirksamkeit kann aber nur Gebirgsdruck in Frage kommen. Die weitere Tatsache, daß sowohl in Adersbach-Wekelsdorf, wie in der Heuscheuer die SO—NW-Richtung die besser ausgebildete Hauptrichtung ist, auf der eine zweite Kluftrichtung nahezu senkrecht steht, und daß diese Hauptrichtung gleichläuft der Streichrichtung der Sudeten, darf wohl als ein deutlicher Hinweis dafür aufgefaßt werden, daß die Kluftrichtungen in ursächlicher Beziehung zur Bildung der Sudeten stehen, etwa veranlaßt durch einen von NO bzw. SW her wirkenden Gebirgsdruck, der parallel und senkrecht zur Hebungachse der Sudeten Lose oder Diaklasen (Daubrée) oder „Druckfugen“ (Salomon) erzeugte. Nach dem Beispiel von Hettner⁴, der die Klüfte der Sächsischen Schweiz im wesentlichen einerseits der Lausitzer Granitüberschiebung parallel fand, andererseits parallel der erzgebirgischen Abbruchlinie und senkrecht dazu, möchten wir also, unter

¹ Petraschek, Oberflächen- u. Verwitterungsformen ff., S. 613/614.

² v. Gutbier, Geognost. Skizzen aus der Sächsischen Schweiz, Leipzig 1858, S. 27.

³ Dieselbe Schlußfolgerung für den Buntsandstein des Pfälzerwaldes zieht auch Häberle, Felsenland ff., S. 17.

⁴ Hettner, Gebirgsbau ff., S. 45/46.

Hinweis auf die „gleichbleibende Richtung der Klüfte über große Flächen, die Anordnung derselben in zwei aufeinander rechtwinklige Kluftsysteme“¹, die Anlage zur Quaderbildung, d. h. die Klüftung, ausschließlich auf tektonische Bewegungen zurückgeführt sehen.

Die von Obst gegen rein tektonischen Ursprung angeführte Tatsache, daß in Lähn-Löwenberg (Schlesien) die Zerklüftung nicht den Grad erreicht, wie in Heuscheuer und Adersbach-Wekelsdorf², findet ihre Parallele in den westlichen Denudationsresten der sächsischen Kreideformation in der Umgebung von Freiberg, die ebenfalls, so sehr sie auch die Anlage dazu zeigen (Lose!), nicht so intensiv durchklüftet sind wie die Sächsische Schweiz. Was Obst damit zum Ausdruck gebracht wissen will, daß nicht tektonische Bewegungen allein, sondern auch „relative Höhenlage und die orographischen Verhältnisse ebenfalls von wesentlichem Einfluß auf die Bildung der Klüfte sind“, läßt sich vielleicht auch so fassen: Tektonische Bewegungen (Druck, Zug) allein führen noch nicht zur Bildung von Klüften, sondern erzeugen nur Lose, Diaklasen; diese treten aber morphologisch erst in die Erscheinung, wenn sie in einen Erosions- bzw. Denudationszyklus genügend lange einbezogen sind.

Eine Erweiterung dieser Spalten zu großen Klüften findet nach Obst „jedoch erst dann statt, wenn einzelne Sandsteinpartien, ihres seitlichen Halts durch die Verwitterung und Abtragung beraubt, inselförmig aus der Landschaft emporragen und nunmehr die vertikalen Tafeln gleichsam aufatmend von dem starken seitlichen Druck, unter dem sie bisher gestanden, sich allmählich seitlich zu neigen beginnen“³. Lokal, so für die von Obst in Abb. 9 dargestellte Quadermasse, trifft diese Erklärung zu. Aber wenn Obst behauptet: „Selbst einer auch nur einigermaßen bedeutungsvollen Erweiterung der Klüfte durch die Verwitterung wird man nicht beipflichten, wenn man in den Kluftgängen z. B. der Heuscheuer die korrespondierenden Sandlöcher an den beiden Felswänden beobachtet hat“⁴, so geht er in der Unterschätzung der Verwitterung wohl zu weit und verallgemeinert zu sehr lokale Vorkommnisse. Zur Klärung des sich hier zwischen Hettner und Obst

¹ Hettner, Gebirgsbau ff., S. 45.

² Obst, l. c. S. 37.

³ Obst, l. c. S. 37/38.

⁴ Obst, l. c. S. 36.

zeigenden Gegensatzes — Hettner definiert „Klüfte“ geradezu als „durch Verwitterung erweiterte Lose“¹ — seien einige Beobachtungen hierüber mitgeteilt.

Was zunächst die von Obst abgebildete Schlucht auf der Großen Heuscheuer, „Klein-Sibirien“ genannt, betrifft, so ist hier in der Tat die „Korrespondenz“ der Sandlöcher links und rechts der am Boden etwa 2 $\frac{1}{2}$ m breiten Schlucht evident. Doch ist hierin nichts Merkwürdiges zu finden, da sich von dem nur wenig entfernten Aussichtspunkt („Italien“ oder „Afrika“ im Munde der Führer) übersehen läßt, daß hier alle Felstafeln sich nach außen (Osten, nach Klein-Carlsberg) zu neigen (siehe Fig. 2). Man befindet sich hier hoch oben an der Außenseite der Felskrone des Heuscheuertafelberges und hat offenbar infolge Unterwühlung von rechts her nach außen nachträglich etwas geneigte Felstafeln vor sich. Die Schrägstellung der Tafel ist — geologisch gesprochen — offenbar erst vor kurzer Zeit erfolgt, sodaß die



Fig. 2.

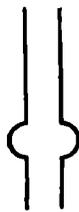


Fig. 3.



Fig. 4.

Auftreten der Sandlöcher in Klüften.

Rückverwitterung der Felsen noch nicht die erst vor relativ kurzer Zeit von einander getrennten Höhlkugelhälften („Sandlöcher“) vernichtet hat. Vielleicht ist dies überhaupt nicht so leicht möglich, da es sehr wohl denkbar ist², daß diese (kurze Zeit nach Entstehung der offenen Kluft durch Sandauswitterung gebildeten) Hohlräume mindestens gleich rasch, wenn nicht rascher, zurückwittern als die glatte Außenfläche. In ähnlicher Weise kann man sich z. B. im sogenannten „Irrgarten“ auf dem Plateau der Großen Heuscheuer davon überzeugen, daß die Felsen nicht mehr alle in ihrer ursprüng-

¹ Hettner, Gebirgsbau ff., S. 36.

² Allerdings mehr vom Standpunkt Hettners und Häberles aus, s. z. B. u. S. 172.

lichen, geraden Stellung sich befinden, sondern z. T. schief geneigt, ja zusammengestürzt sind.

Schwieriger zu erklären und leichter als Beweis für Obsts Anschauung zu verwenden sind dagegen andere Fälle, wie ich sie vereinzelt im Heuscheuergebirge beobachtet habe, wo die gleiche Korrespondenz der Sandlöcher wahrzunehmen ist bei völlig vertikalen Klufträndern (siehe Fig. 3).

Als Beispiel hierfür sei angeführt eine N 46° W streichende Kluft auf der Höhe des Plateaus der Kleinen Heuscheuer mit völlig vertikalen, 70 cm von einander abstehenden Kluftwänden, die beide in gleicher Höhe über dem Boden eine halbkugelartige Hohlform von je 72 cm Öffnung aufweisen. In horizontaler Richtung gemessen ist die östliche Hohlform 23 cm, die westliche 32 cm tief. Ich weiß eine völlig befriedigende Erklärung für diesen Fall z. Z. nicht zu geben. Daß die beiden Hohlkugelteile früher zusammengehungen haben (wie bei den Beispielen von Obst) scheint zweifellos; daß aber hier kein bedeutender Materialverlust durch Verwitterung stattgefunden haben kann, scheint zunächst auch zweifellos, da die beiden Hohlkugelhauben ja unversehrt erhalten sind, trotzdem die Entfernung ihrer Innenränder voneinander, also die Kluftbreite, gerade so groß ist wie ihr Durchmesser. An eine Schiefneigung einer der beiden, die Kluftwände bildenden Felsenmassen, wodurch die eine Kugelhaube um den Betrag der Kluftbreite von der andern entfernt worden sein könnte, ist gerade hier kaum zu denken, wenn auch auf dem Plateau der Kleinen Heuscheuer vieles bereits zusammengestürzt ist, und eigentlich nur der N W-Teil leidlich vollständig noch erhalten ist. Beim Anblick in der Natur selbst dachte ich an Eiswirkung, die die Felsen auseinandergetrieben haben könnte, ob noch in der Diluvialzeit oder in der Jetztzeit, sei dahingestellt. Für eine Anzahl jetzt allerdings loser Blöcke mit tiefen, ziemlich scharfkantigen Spalten von wenigen Zentimeter bis einigen Dezimeter Breite scheint mir winterlicher Spaltenfrost oder Eis, das sich bei dem heute meist von Bäumen überschatteten vielfachen Schluchtengewirr auch jetzt dort bis in den Sommer hinein halten kann, als Sprengstoff fast zweifellos. Doch handelt es sich in dem obigen Beispiel, soweit feststellbar, um mehrere Meter hohe, anstehende, gewaltige Felsenklötze; dafür spricht auch die Richtung der Kluft N 46° W (die auf der Kleinen Heuscheuer gemessenen Kluftrichtungen, selbstverständlich zwischen anstehenden Felsen, schwankten von N 46° W bis N 56° W). —

Es wäre aber auch der Fall denkbar, daß die beiden, jetzt je 72 cm Öffnung besitzenden Kugelhauben zwar früher zusammen gehörten, aber ursprünglich beide viel kleiner waren. Die an den beiden vertikalen Kluftwänden vor sich gehende Verwitterung entfernte infolge Rückverlegung der beiden Flächen die vertikalen Wände und mit ihnen auch die Wandungen der Hohlkugeln voneinander, die durch Verwitterung bedeutend vergrößert wurden. Ohne diese Erklärung als die wahrscheinlichste hinstellen zu wollen, sei wenigstens erwähnt, daß Verfasser bedeutende konzentrisch-schalige Abschuppung an der Wand solcher Hohlkugelräume — also innerhalb des Felsens — mehrfach beobachten konnte. Freilich ist dann die große Übereinstimmung des Durchmessers der Öffnung (im obigen Beispiel bis auf 1 cm genau) auffällig. Obsts Schilderung: „Die Ränder dieser Löcher sind so scharf, ihre Durchmesser beiderseits so genau übereinstimmend, daß man fast den Eindruck mitnimmt, die Felsen seien erst vor kurzer Zeit auseinandergeborsten“¹, kann Verfasser aus eigener Anschauung nur bestätigen.

Im Gegensatz zu diesem zweiten, noch nicht genügend geklärten Fall ist bei dem ebenfalls im Heuscheuergebirge beobachteten dritten Fall, wo nur auf der einen Seite einer Kluft eine halbkugelförmige Vertiefung besteht, während die andere Kluftwand glatt ist (siehe Fig. 4), die Tatsache stattgefundenen Materialverlustes, und damit die Zerstörung der anderen, „korrespondierenden“ Halbkugelhohlform durch Verwitterung wohl so gut wie sicher.

Die drei angeführten Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß im Heuscheuergebirge die in der Sächsischen Schweiz sich fast als selbstverständlich aufdringende Erklärung der Klüfte als durch Verwitterung erweiterte Lose nicht in gleichem Maße augenfällig ist, ja daß sogar lokal der Befund gegen sie zu sprechen scheint. Immerhin kann an der Entstehung der Klüfte durch Verwitterung längs der Lose im allgemeinen kaum gezweifelt werden. Die Auffassung Obsts, daß eine Erweiterung zu großen Klüften erst dann stattfindet, wenn die vertikalen Sandsteintafeln sich allmählich seitlich zu neigen beginnen, ist für eine Erklärung der Kluftbildungen der Sächsischen Schweiz und auch im Heuscheuergebirge in ihrer weit überwiegenden Mehrzahl ebenso bestimmt nicht anwendbar, als sie für die „Sibirien“

¹ Obst, l. c. S. 36.

genannte Schlucht auf der Großen Heuscheuer richtig ist. In den weitaus meisten Fällen ist von einer Schiefstellung der Wände zu beiden Seiten einer Kluft gar keine Rede. Es bleibt also zur Erklärung der Klüfte gar nichts anders übrig als die Verwitterung, und der Augenschein lehrt, daß die Erweiterung der Klüfte durch die Verwitterung teilweise doch eine sehr beträchtliche ist. Vielleicht empfiehlt es sich in Zukunft, derartige durch seitliche Neigung einer Felswand entstandene Gebilde, wie die Schlucht „Sibirien“, etwa unter dem Namen „Schlucht“ ebenso von den eigentlichen „Klüften“ auseinanderzuhalten wie höhlenartige Räume, die durch Aneinanderlehnen zweier Felswände u. dergl. gebildet werden, von wirklichen, durch Verwitterung im Felsen selbst entstandenen „Höhlen“.

Zum Schluß unserer Ausführungen über die Kluftrichtungen und Kluftbildung sei noch der sowohl von Hettner wie Obst u. a. gemachten Wahrnehmung gedacht, daß sich gelegentlich auch Klüfte finden, die in ein Schema, wie das oben aus den Tabellen hervorgehende, nicht hineinpassen.¹ Zweifellos gibt es stellenweise auch einzelne „nicht hineinpassende“ Klüfte, die tektonischer Anlage sind, die aber infolge lokaler petrographischer oder geologisch-tektonischer Verhältnisse eine abweichende Richtung erhielten. Wohl meist unterscheiden sich diese aber sofort durch ihre geringere Länge, Tiefe und durch mangelnde Geradlinigkeit. Es können auch lokale Verhältnisse, wie es in den „Wilden Löchern“ der Fall scheint, Veranlassung bieten, daß derartige, vom Hauptsystem abweichende Klüfte in solcher Deutlichkeit und Regelmäßigkeit auftreten, daß sie zu einem ganzen, neuen „System“ zusammengefaßt werden können (wie es oben für die Wilden Löcher geschehen ist). Aber zweifellos gibt es auch sehr viele sekundäre „Klüfte“, deren Anlage nicht bis in die Zeit der tektonischen Prozesse zurückreicht. Sie gehen oft selbst erst wieder von den „primären“ Klüften aus und finden sich gern am Rand von Felsenmauern und großen Quaderblöcken, wo sie augenscheinlich oft erst infolge des Eigengewichts der ihrer Stütze nach außen beraubten Felsen durch Zug entstanden sind und noch jetzt entstehen. In diese Kategorie gehören wohl auch viele, wenn nicht alle, krummen Klüfte, wie sie schon v. Gutbier aus der Sächsischen Schweiz als lokale Vorkommnisse beschrieben hat, und wie

¹ Obst, l. c. S. 35.

sie auch in der Heuscheuer vorkommen. Viele kleineren „Klüfte“ sind überhaupt nur wenige Dezimeter lang und setzen nach kurzer Zeit wieder aus, ohne sich mit anderen zu vereinigen. Um ein Beispiel zu nennen: Befindet man sich auf der Höhe der Einsattelung zwischen Großer und Kleiner Heuscheuer und blickt zur Kleinen Heuscheuer hin, so kontrastiert scharf die vertikale Außenwand, eine ehemalige primäre Klufffläche von tektonischer Anlage, zu den nach ihr sich hinneigenden, nach außen konkaven, Kluffrichtungen, die offenbar sekundärer Natur sind, entstanden nach Freilegung der primären Klufffläche durch Verwitterung und Absturz. Oder: Blick auf den „Eberkopf“ genannten Felsen vom Plateau der Großen Heuscheuer: Die scharfe, tiefe Vertikalkluft links ist primär, tektonisch, die vielen kleineren verzweigten rechts, unterhalb des „Kopfes“, sind sekundär. Vielleicht könnte man überhaupt diese sekundären, und, weil lokalen, unregelmäßigen, in das System der großen Klüfte nicht hereinpasseenden lieber als „Sprünge“ oder „Risse“ bezeichnen, und sie von den eigentlichen „Klüften“, d. h. den (höchstwahrscheinlich) auf tektonischer Anlage beruhenden, durch Verwitterung erweiterten Losen, unterscheiden, da ihnen auch morphologisch lange nicht die Bedeutung zukommt wie den letzteren.

3. Über die abtragende Tätigkeit des fließenden Wassers.

Bei der Besprechung der abtragenden Tätigkeit des fließenden Wassers¹ wird von Obst der Satz abgeleitet, daß „die Sammeltrichter im Quadersandstein weit ausgedehnte, in der Flußrichtung meist langgezogene, äußerst flache und wenig geneigte Wannen oder Mulden sind“. Dagegen sollen die Sammeltrichter in den plänenartigen Gesteinen „in ihrer Gestalt sich mehr der Form eines Amphitheaters oder Zirkus nähern“. Als Beispiel für die verschiedenen Formen der Sammeltrichter werden dann einerseits (also wohl für den Sandstein) die „langgestreckte Sammelwanne des Rotwassers“ und andererseits (also wohl für den Plänen) die „scharf abgegrenzten, der Zirkusform sich nähernden Sammeltrichter des Friedrichsberger und Friedersdorfer Wassers“ angeführt. Zwei Seiten später wird aber dasselbe Rotwassertal als typisches Plänertal und daher außerordentlich flach“ bezeichnet².

¹ Obst, l. c. S. 58—64.

² Obst, l. c. S. 61.

Rührt dieser Widerspruch daher, daß „Tal“ und „Sammeltrichter“ streng auseinandergehalten werden sollen? Dann konnte aber oben nicht von einer „langgestreckten Sammelwanne“ des Rotwassers gesprochen werden. Überhaupt sind die Ausführungen Obsts über die Talformen im Sandstein und Pläner auch aus theoretischen Gründen anfechtbar und bereits angefochten worden¹. Die Täler und Sammeltrichter im Quadersandstein der Sächsischen Schweiz (vergl. z. B. das Gebiet der hinteren Schrammsteine, die Gegend des Großen und Kleinen Doms, wo wir im Sandstein typische Zirkusse und Amphitheater haben) bieten Beispiele in Menge, daß die Sammeltrichter im Sandstein durchaus nicht „weit-
ausgedehnte, in der Flußrichtung meist lang gedehnte, äußerst flache und wenig geneigte Wannen oder Mulden“ darstellen. Überhaupt ist hier einer der Punkte, wo wohl nicht ohne Grund Hettner den Vorwurf erhebt, daß Obsts Untersuchungsgebiet allein zu allgemeinen Schlußfolgerungen nicht ausreiche². Die Zahl der Täler im Heuscheuergebirge ist gegenüber der Sächsischen Schweiz mit ihren weit entwickelten Talsystemen ganz verschwindend. Was die speziellen Beispiele Obsts anlangt, so möchte ich nach dem Eindruck an Ort und Stelle alle drei genannten Täler, das des Rotwassers, das Friedrichsberger und das Friedersdorfer Tal (in den oberen Stücken) als Plänertäler bezeichnen, von denen die beiden letzteren, wie die Denudationsreste von losen Quaderblöcken auf dem Rücken zwischen den beiden Talfurchen andeuten, ursprünglich wohl in dem damals noch darüber lagernden Quader angelegt wurden, also als epigenetisch bezeichnet werden können. Ihre Sammelgebiete als Zirkusse zu bezeichnen, scheint mir — nach dem Anblick in der Natur — nicht angängig.

II. Über die Schutthalden und die isolierten Felspfeiler.

Ohne uns schon an dieser Stelle auf theoretische Erörterungen einzulassen, wenden wir uns nunmehr sogleich der Betrachtung zweier Formentypen zu, die nicht eigentlich zu den Kleinformen gerechnet werden dürfen, aber nicht übergangen werden sollen, da sie von Obst gleichfalls im Sinne

¹ Hettner, Wüstenformen in Deutschland?, Geogr. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 693.

² Hettner, Wüstenformen ff., S. 691.

seiner, im wesentlichen aus den Kleinformen abgeleiteten Theorie verwendet werden. Es sind die Schutthalden und die isolierten Felsfeiler.

Die größeren deutschen Sandsteinberge sind fast alle nach demselben Normalschema gebaut: Eine länglich gestreckte, aus horizontal oder vertikal gegliederten Sandsteinmassen bestehende, meist kahle Felskrone mit steilem, oft fast senkrechtem Abfall, umgeben von einem bewaldeten Fußhang von flacherer Böschung, der mit riesigen Absturzblöcken bestreut ist. Es ist dasselbe Bild, ob wir vor dem Pfaffenstein oder Lilienstein in der Sächsischen Schweiz, vor dem Vostaz bei Politz i. B. oder der Heuscheuer oder dem Spiegelberg bei Carlsberg stehen, oder auch vor dem Hochstein bei Dahn im Pfälzerwald. Die „gewaltigen Schutthalden“, von denen Obst spricht, „die sich am Fuß der senkrechten Quaderwände angehäuft haben und dem Landschaftsbild einen so eigenartigen Stempel aufdrücken¹, sind wohl identisch mit dem, was Hettner als „Fußhang“² bezeichnet. Was die Entstehung dieses Fußhanges oder der gewaltigen Schutthalden betrifft, so ist dabei in Rechnung zu ziehen, daß die Masse der Absturzblöcke in Wirklichkeit nicht so groß ist, als es auf den ersten Blick scheint, da, wie Hettner hervorhebt, diese Halden nicht nur aus Schutt, sondern aus anstehendem Gestein mit einer verhältnismäßig dünnen Decke von Sand und losen Felsblöcken bestehen³. Ferner sind wir mit Hettner nicht der Meinung, daß heute die Bildung derartiger Trümmerhalden durch Felsstürze überhaupt nicht mehr stattfindet. Obsts Beweisführung dafür, daß heute Felsstürze gar nicht mehr vorkämen, ist, wie schon Hettner ausgeführt hat⁴, nichts weniger als zwingend; und über Felsstürze in der Sächsischen Schweiz in geschichtlicher Zeit wird bereits von Gutbier berichtet. Auch aus dem Pfälzerwald berichtet Häberle von Felsstürzen als „nicht so seltenen Erscheinungen“⁵.

Immerhin läßt sich vieles für die Behauptung Obsts geltend machen, „daß die Schutthalden mit ihren eckigen Quaderblöcken nicht in der Gegenwart entstanden sind,

¹ Obst, l. c., S. 91.

² Hettner, Felsbildungen ff., S. 615.

³ ebenda.

⁴ Hettner, Wüstenformen ff., Geogr. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 692.

⁵ Häberle, Kleinverwitterungsformen ff., S. 176.

sondern in jener Periode, wo die extremen täglichen Wärmeschwankungen und der durch die Kälte der Nacht immer wieder unterbrochene Schmelzungs Vorgang des in die Schluchten hineingewehten Schnees notwendigerweise ein Zerbersten der Schichtenmassen, ein Absprengen ganzer Quaderreihen zur Folge haben mußten¹. Auch Hettner hält die Frostwirkung in der Gegenwart für sehr bedeutend². Zweifellos mußte sie im Diluvium, und zwar zur eigentlichen Eiszeit sowohl wie in der Steppenperiode, noch bedeutender sein als jetzt. Denn „daß es in Deutschland zur Eiszeit eine polare Wüste gegeben hat, ist unbestritten“, und „daß in dieser Zeit die Zerstörung etwas anders, als in der Gegenwart erfolgt ist, und die Verwitterung vielleicht kräftiger war“, bezeichnet selbst Hettner als wahrscheinlich.³ An der Erweiterung so mancher Lose, die ja bereits in der Tertiärzeit angelegt waren, zu Klüften, mag damals das Eis in allererster Linie gearbeitet haben. Und es kann theoretisch kaum einem Zweifel unterliegen, daß Felsstürze, die auch heute bemerkenswerterweise namentlich im Frühjahr vorkommen⁴, aus Anlaß der Frostwirkung in der Eiszeit viel häufiger waren als jetzt. Wenn man daher auch wohl nicht, wie das Obst will, die Bildung dieser gewaltigen Schutthalden ausschließlich ins Diluvium zurückzuverlegen braucht, so wird man doch der Diluvialzeit einen sehr wesentlichen Anteil an der Bildung gerade der morphologisch bedeutendsten einräumen müssen, und zwar in erster Linie der Eiszeit selbst, wegen der sprengenden Wirkung der in die Klüfte zweifellos eingelagerten Eismassen, und in zweiter Linie der Steppenzeit wegen der durch den Mangel eines schützenden Waldkleides bedeutenden Insolation und größerer Temperaturschwankungen. Zweifellos sind auch heute noch bei der jetzt bestehenden teilweisen Nacktheit der Felskrone dieselben Faktoren wirksam, aber doch bestimmt weniger intensiv als zur Diluvialzeit. Auch heute noch findet Abtragung statt, sowohl durch Felsstürze als durch allmähliches Absanden der Felsen, und zwar derart, daß das heutige Klima ein reichlicheres Absanden zur Folge hat als das glaziale; in der Eiszeit mag umgekehrt die Block-

¹ Obst, l. c., S. 91.

² Hettner, Wüstenformen ff, S. 690.

³ ebenda, S. 694.

⁴ Dasselbe berichtet Häberle (Kleinverwitterungsformen ff., S. 176/177) aus dem Pfälzerwald und sieht darin die Nachwirkung der Frostsprengung.

meerbildung durch Sprengwirkung bedeutender gewesen sein. Übereinstimmend mit Obst und mit v. Lozinski¹ möchten wir „die tiefgehende mechanische Zertrümmerung der Sandsteine auf der Oberfläche der Heuscheuer als hauptsächlich im eiszeitlichen Klima vollzogen“ ansehen, mit der Abänderung jedoch, daß wir deutliche Spuren dieser Zertrümmerung nicht sowohl an den noch anstehenden Felsen als vielmehr in den schräg gestürzten und Schutthalden-Blöcken erkennen. v. Lozinski nennt diese Gesteinszertrümmerung in der Umgegend des diluvialen Inlandeises direkt die „periglaziale Fazies der mechanischen Verwitterung“². So oft ich vor dem gewaltigen Schuttmantel so typischer Quaderberge wie z. B. Pfaffenstein oder Lilienstein in der Sächsischen Schweiz stand mit ihren z. T. über haushohen, einheitlichen Absturzblöcken, habe ich mich des Eindrucks nicht erwehren können, daß es sich hier nicht um ausschließlich rezente Bildungen handeln kann — sie sind bisher wohl noch nirgends, weder von der geologischen Spezialaufnahme, noch von Hettner dem Diluvium zugewiesen worden —, und denselben Eindruck hatte ich auch vom Schuttmantel der Heuscheuer und des Spiegelberges. So mancher große Block mag Jahrtausende schon liegen, wo er liegt, mancher Jahrzehntausende. Ein weiteres Abstürzen ist heute, wo ein größtenteils bewaldeter Fußhang bereits vorhanden ist, zwar durchaus nicht unmöglich, aber doch erschwert gegen früher. Wenn man z. B. von Carlsberg im Heuscheuergebirge aus den Steig verfolgt, der über die Einschartung zwischen Großer und Kleiner Heuscheuer hinweg nach Passendorf führt, längs des Kleinen Wasserrinnsales, das weiter oben am Berge völlig unter den Felsenrümern verschwindet, kann man sich bequem überzeugen, wie viele Schuttblöcke jetzt festgehalten werden am Abhang durch das Wurzelwerk der Bäume, das die Steine förmlich umklammert und im Humusboden des Waldes verankert.

In gleicher Weise darf wohl noch manches andere deutsche Felsenmeer, namentlich an Basalt-, Porphy- und Granitbergen, wie z. B. die weit bekannte Luisenburg bei Wunsiedel, als nicht rezenter, sondern vorwiegend diluvialer Ent-

¹ Die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemäßigten Klima, zitiert nach Obst, l. c., S. 104. Die Abhandlung selbst liegt mir leider nicht vor.

² v. Lozinski, ebenda.

stehung angesehen werden¹. In einzelnen Fällen läßt sich das diluviale Alter der Schuttbildung direkt geologisch nachweisen. So ist z. B. der Steindlberg bei Brandau im Erzgebirge (ein Gneisberg mit Basaltdecke darauf, 842 m hoch) über und über mit Basaltblockwerk überstreut. Während die anstehende Decke festen Basaltes nach S und W zu, offenbar unter der Einwirkung des jetzigen humiden Klimas und der Waldbedeckung, sich in ein Gemisch von grusigem Lehm und Blockwerk auflöst, erstreckt sich vom N-Ende ein förmlicher Trümmerwall aus großen Basaltsäulen (die säulenartige Zerklüftung scheint ähnlich wie beim Sandstein den Zerfall befördert zu haben) den Berg hinab bis mitten in den diluvialen Lehm von Brandau hinein. Auch wenige Kilometer weiter nördlich, bei Olbernhau, finden sich dieselben großen Blöcke von Steindl-Basalt mitten im Diluviallehm². Hier ist also durch die kontinuierliche Erstreckung der Blockbestreuung des Bergabhanges bis in die diluvialen Tallehme hinein das diluviale Alter der Schuttmantelbildung sichergestellt. Beim Sandstein wird ein solcher Beweis wegen der Zerreiblichkeit des Materials freilich viel weniger leicht anzutreffen sein.

Aus theoretischen Gründen und mit Rücksicht auf die enorme Menge und vor allem die Größe der Schuttblöcke der Fußhänge ist es also wahrscheinlich, daß die Bildung der Schuttmäntel im wesentlichen bereits in der Eiszeit stattgefunden hat. Daß heute diese Schuttbildung ruhte und Felsabstürze überhaupt nicht mehr stattfänden, soll damit keineswegs gesagt sein.

„In engem Zusammenhang mit der Bildung der Trümmerhalden am Fuße der Quadermauern stehen die grotesken Felsenfeiler, die wir besonders an der Wünschelburger Lehne und in Adersbach und Wekelsdorf beobachten“³. Genau dieselben Felsenfeiler finden wir auch in der Sächsischen Schweiz, z. B. die bekannte Barbarine am Pfaffenstein oder den Prebischkegel oder die Katzenkirche bei Dittersbach i. B. u. a., im Pfälzerwald etwa den „Germaniafels“ bei Wilgartswiesen. Nach Obst soll sich hier „die wesent-

¹ Vergl. hierzu z. B. v. Koenen, Über Abhangsschutt und Diluvium, Jahrb. d. k. preuß. geolog. Landesanstalt für 1896, S. 136—143.

² Rathsburg, Geomorphologie des Flöhagebietes im Erzgebirge, Forschungen z. deutsch. Landes- u. Volkskunde, XV, 5; 1904, Stuttgart, Engelhorn, S. 82/83.

³ Obst, l. c., S. 92.

lichste Herausarbeitung zweifellos im Diluvium vollzogen haben¹. Ein einwandfreier Nachweis für diluviales Alter dürfte hier schwerer zu erbringen sein als bei den Schutthalden, auch wird gerade hier wohl von Fall zu Fall entschieden werden müssen. Daß die Form der Felspfeiler als solche irgendwie auf diluviales Alter hinwies, kann kaum behauptet werden. Einzelne Felspfeiler können sich sicher heute ebenso gut bilden, wie einzelne Felsmassen auch heute noch als Ganzes abstürzen.

Anders liegt dagegen die Frage, sobald es sich um ein massiges, geselliges Auftreten von Felspfeilern handelt, wie es in den „Felsenstädten“ von Adersbach und Wekelsdorf der Fall ist. Daß diese Felsenstädte als Ganzes ihr heutiges Aussehen nicht nur der Jetztzeit verdanken, kann wohl als ebenso sicher angesehen werden, wie die Tatsache, daß die Schaffung der Hohlräume zwischen den einzelnen Felsenbergen, z. B. Heuscheuer und Spiegelberg oder den einzelnen „Steinen“ der Sächsischen Schweiz, nicht der Jetztzeit zufällt. Daß die Physiognomie der Landschaft in den Felsenstädten von Adersbach und Wekelsdorf von der der Heuscheuer und der Sächsischen Schweiz insofern etwas abweicht, als hier vorwiegend vertikale Felsformen, d. h. „groteske Felspfeiler“, häufiger vertreten sind als in den andern Gebieten, liegt wohl darin begründet, daß in Adersbach und Wekelsdorf die horizontale Schichtung lange nicht so deutlich ausgeprägt ist als in Heuscheuer und der Sächsischen Schweiz. „Nur unbedeutend, ja auf ansehnliche Mächtigkeit ganz fehlend, ist hier die Spur der ursprünglichen Schichtung ... alles, was man an den Wänden von schöner, dünner Schichtung sieht, ist Diagonalschichtung“². Es tritt daher die den vertikalen Klüften folgende Vertikalgliederung der Felsen umsomehr hervor, als die Grundlage für die morphologische Horizontalgliederung, die ursprüngliche Schichtung, zurücktritt oder fehlt.

III. Über die „Wüstenformen“.

1. Die Großformen.

Ehe wir uns der Betrachtung der eigentlichen Kleinformen zuwenden, in denen Obst vor allem die Anzeichen eines früheren Steppenklimas erblickt, sollen einige Seiten

¹ Obst, I. c., S. 92.

² Petraschek, Oberflächen- und Verwitterungsformen ff., S. 614.

der Frage gewidmet sein: Welche Kräfte können derartige Lücken in dem Aufbau der Sandsteinmassen geschaffen haben, wie wir sie zwischen Heuscheuer und Spiegelberg, zwischen Königstein, Lilienstein, Pfaffenstein usw. sehen? Obst scheint es sicher: „Wenn die Verwitterung und Abtragung jene Massendefekte hervorgerufen haben, dann muß in vergangenen Zeiten die Bedeutung jener Kräfte eine ungleich größere gewesen sein als in unseren Tagen, und es müssen sich Kräfte an der Abtragung der Gebirge beteiligt haben, welche wir heute nicht mehr wirken sehen“¹. Er gelangt, je stärker er sich in die Einzelheiten des Reliefs vertieft, umso mehr zu der Überzeugung, daß nur eine einzige Kraft imstande war, derartige Oberflächenformen zu schaffen: der Wind. „Nur die abtragende Tätigkeit des Windes (Ablation = Deflation Walthers) wirkt flächenhaft, nur sie kann ganze Gesteinsdecken abtragen und derartige Formen schaffen, wie wir sie in der Kreidelandchaft von Adersbach-Wekelsdorf gesehen haben“². — Dagegen konnte Petraschek³ eine Wirkung des Windes „nirgends nachweisen“, auch nicht an den unten zu besprechenden Kleinformen.

Es ist zweifellos, daß Obsts Ergebnis auch auf die Sächsische Schweiz Anwendung finden müßte, vorausgesetzt, es ist zutreffend. Für die Sächsische Schweiz ist eine ähnliche Vermutung, aber in ungleich gemäßigterer Form, 1905 von Stübler⁴ zum Ausdruck gebracht worden: „In den Wüsten finden wir auch rings um jene Zeugenberge ähnliche Ebenheiten wie hier (d. h. in der Sächsischen Schweiz), Hammada oder Sserir genannt, die der breitfegende Wüstenwind mit dem beweglichen Kieselschutt schleifend in jahrtausendelanger Arbeit glatt geweht hat. So klingt es nicht verwunderlich, wenn der Afrikareisende Passarge beim Anblick des Tschetschigebirges am Benue sich in die Sächsische Schweiz versetzt fühlte, ein Gebirge, das unter einem tropischen Klima dieselben Formen erhielt. Ist da nicht der Schluß berechtigt, daß sich diese Großformen unserer Sächsischen Schweiz unter ähnlichen Bedingungen bildeten? Auf der meerentblößten, nahrungsarmen Sandsteinscholle wuchs keine schützende Ur-

¹ Obst, l. c., S. 77.

² Obst, l. c. S. 78.

³ Petraschek, Oberflächen- und Verwitterungsformen ff., S. 614.

⁴ Stübler, Die Sächsische Schweiz, Landschaftsbilder aus dem Königreich Sachsen, Meißen, Schlimpert, 1905, S. 7.

waldecke im Tertiär(!) empor, wie etwa auf dem Boden unserer gleichaltrigen Braunkohlenfelder. ... Die heiße Sonne und die Winde der Trockenzeit konnten ihre ganze Kraft äußern, wie in unseren heutigen Wüsten, und ähnliche Formen schaffen. Noch einmal arbeiteten dieselben Kräfte, Insolation und Deflation, an diesem Stück Erde in der Interglazialzeit¹. Stübler erinnert sich „der Dreikanter im Pillnitzer Tännicht, der Windschliffe in der Dresdener Heide und bei Tetschen, an jene Terrassenbildungen z. B. hinter dem Prebischtor, ganz ähnlich denen, die sich heute unter dem exzessiven Trockenklima des Koloradogebietes bilden, an manche Tore, Höhlen, Pilzfelsen und Wackelsteine der Sächsischen Schweiz“. Unter Hinweis auf Hettner, der davor warnt, von einem allgemeinen Wüstenklima zu reden, wenigstens für die Interglazialzeit, und Klein- und Großformen aus der Beschaffenheit des Quadersandsteins und den klimatischen Faktoren der Gegenwart erklärt wissen will, begnügt sich Stübler mit der Formulierung: „Sicherlich sind diese klimatischen Faktoren nicht spurlos am weichen, modellierfähigen Sandstein vorübergegangen, wenn auch diese Windformen nicht rein erhalten blieben“¹. — Wie man sieht, ist hier mehr an einen früheren, tropischen Wüstencharakter gedacht, als an einen polaren, wobei wohl zweifellos der polaren Auffassung der Vorzug zu geben ist, denn als der Tertiärzeit entstammend könnten natürlich höchstens die Großformen betrachtet werden.

In der Erklärung der Formen solcher Zeugenberge, wie sie das Heuscheuergebirge im Spiegelberg und Heuscheuerberg, die mittelsudetische Kreidemulde im Vostaz, der Pfälzerwald im Hochstein, Fleckenstein u. a., die Sächsische Schweiz in ihren vielen „Steinen“ aufweisen, ist zurzeit noch keine volle Einheitlichkeit erzielt. Die eine Ansicht geht dahin, die Formenähnlichkeit der Felsgebilde von der Sächsischen Schweiz, Heuscheuer usw. mit denen der Wüste, und zwar nicht nur in den Groß-, sondern auch den Kleinformen — eine Tatsache, die von niemand, auch von Hettner nicht, bestritten wird — genüge, um aus den gleichen Formen auf die gleichen Kräfte zu schließen, die sie erzeugt haben. Die andere Ansicht hält diesen Schluß nicht für zwingend und meint, daß sehr wohl dieselben Formen Erzeugnis verschiedener Kräfte sein können. Sehr beachtlich scheint

¹ Stübler, l. c. S. 7.

auch Hettners Einwand, daß mit der Feststellung einer großen Ähnlichkeit der Felsformen des Quadersandsteins mit den von Walther, Futterer u. a. beschriebenen „Wüstenformen“ „noch gar nichts für die Entstehung durch Windkorrasion gesagt ist; denn auch in der Wüste sind neben dem Wind andere Kräfte tätig, und auch die genannten Forscher haben die Entstehung durch den Wind nicht bewiesen“¹. — Wenn auch heute wohl niemand mehr dem Winde eine derartig bodengestaltende Wirkung zuschreibt, wie Walther² wollte, so sind die Meinungen über diese Frage doch auch unter kompetenten Beurteilern, die Wüsten aus eigener Anschauung kennen, noch graduell verschieden.

Passarge weist die Windablation, für die Walther wegen ihrer angeblichen Stärke die besondere Bezeichnung „Deflation“ geprägt hatte, als für die Abtragung ganz unwesentlich zurück und setzt an ihre Stelle die durch Sandschliff bedingte Korrasion³. Er hält es für sicher, daß bei der ersten Anlage der Zeugenberge, d. h. der Isolierung von Teilen des Plateaus, die Flußbetten der Pluvialzeit früher einmal eine Rolle gespielt haben können (also des tropischen Äquivalents unserer Glazialzeit, wie Penck will, allerdings nur am polaren Saume des heutigen ariden Klimagürtels⁴). Allein die weitere Ausgestaltung und Isolierung der Zeugenberge hat zum größten Teil nach Passarge „wohl der Sandschliff besorgt, der die an ihrem Fuß angehäuften Schuttmassen zerstört. Doch auch die seltenen, aber heftigen Regengüsse dürften an der Abtragung sich beteiligen“⁵.

Penck⁵ warnt davor, einem bestimmten Vorgang immer nur die Bildung einer bestimmten Form zuzuschreiben. „Manche Formen, die als charakteristische Wüstengebilde aus den Wüsten beschrieben worden sind, wie die Zeugenberge und die Inselberge, sind nicht bloß in ihrer weiten Verbreitung innerhalb des humiden Formenschatzes festgestellt worden,

¹ Hettner, Anmerkungen zu Obst, Bemerkungen zu A. Hettners Wüstenformen in Deutschland? Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 342.

² Walther, Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung, 1891, und Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit, 1900, Berlin.

³ Passarge, Verwitterung und Abtragung in den Steppen und Wüsten Algeriens, Verhandl. d. 17. Deutsch. Geographentages zu Lübeck, 1909, S. 115 und 119.

⁴ Penck, Die Morphologie der Wüsten, ebenda, S. 137.

⁵ Penck, l. c., S. 126.

sondern finden hier auch genetisch ihren Platz im System“. Gegen Zeugenberge will Penck große Vorsicht walten lassen¹, die nicht nur in den Wüsten die Steilränder von Schichtstufen begleiten, sondern ebenso auch im Bereich humider Klimate. Er erinnert an den Abfall der Rauhen Alb gegen das Neckarland, welcher „ganz und gar den Formenschatz irgendeiner Schichtstufe aus aridem Klima trägt“. Penck nennt es geradezu „verwegen, wollte man auf Grund solcher Inselberge eine Wüstenperiode in der jüngeren geologischen Vergangenheit des deutschen Bodens konstruieren“. Auch aus Sandschliffen, Dreikantern usw. auf ein Wüstenklima zu schließen, ist Vorsicht geboten². Sie sind ebensowenig, wie die rezenten Flugsandbildungen an unseren Küsten, an Wüstenklima gebunden. — Passarge will dagegen „Inselberge der Wüste“ und „isolierte Berge in feuchtem Klima“ genetisch voneinander unterschieden wissen³ und hält den Vergleich der von ihm in Algerien beobachteten Zeugenberge, die sich aus einer etwa 60 km breiten Denudationsfläche erheben, mit den von Penck angeführten Bergen der Sächsischen Schweiz und den Vorbergen des Schwäbischen Jura für völlig verfehlt⁴.

Solger⁵ zögert, die ihm aus der Wüste und aus Deutschland in gleicher Weise bekannten Formen mit Penck als ebensogut im feuchten Klima wie im trockenen herausmodellierbar anzusehen. Zumal für den typischen Zeugenberg kann er sich keine andere Entstehung als die durch den Wind denken. „Jedenfalls aber bildet Wassererosion nicht typische Zeugenberge“. Solger findet ebenso typische Zeugenberge, wie er sie in der Nähe des Amu-Darja gesehen, auch in Süd- und Mittel-Deutschland, wenn auch bewachsen. Solche sind z. B. der Singerberg bei Stadtilm und die Abhänge des Saaletales bei Jena. Auch da, wo er nicht durch die Saale fortgeschafft sein kann, fehlt der Schutt am Fuße der Berge (das Fehlen des Fußhanges in der Wüste hatte Hettner im Gegensatz zur Sächsischen Schweiz als für die Wüste typisch bezeichnet⁶). Solger kommt zu dem Schluß: „Auch bei der

¹ Penck, l. c., S. 138.

² ebenda, S. 139.

³ Verhandl. d. 17. Deutsch. Geographentages zu Lübeck, 1909, S. XL.

⁴ ebenda, S. 124.

⁵ ebenda, S. XLII.

⁶ Hettner, Felsbildungen ff., S. 615 und 621.

Ausbildung dieser Abhänge (in Thüringen) muß der Wind eine ausschlaggebende Rolle gespielt haben, und da das bei der jetzigen Bewachsung nicht möglich ist, muß diese damals gefehlt haben. Mit anderen Worten: „Thüringen muß ein Wüstenklima gehabt haben, als sich das heutige Relief herausbildete. Dieses Wüstenklima fiel vermutlich mit der Eiszeit zusammen und war durch die vom Eise kommenden trockenen Winde bedingt“¹. Dabei wird aber zugegeben, daß das Wasser „sehr wesentlich mitgestaltend“ wirke selbst an den Formen der Wüste.

Wie stellen wir uns nun zu Obsts Erklärung der Großformen seines Arbeitsgebietes und damit auch der der Sächsischen Schweiz als Windprodukte? Beweise dafür sind bisher keine beigebracht. Die Tatsache, daß die unten zu besprechenden Kleinverwitterungsformen von Obst als Zeugen für Windarbeit hingestellt werden, scheidet hier zunächst aus. Freilich sind „Beweise“, der Natur der Sache nach, wohl überhaupt schwer zu erbringen. „Selbst bei der allergrößten Summierung an Zeit“, meint Obst, „können die kleinen Rinnale und Bäche, welche heutzutage die Landschaft durchziehen, eine derartige Riesenarbeit nicht geleistet haben, und Talterrassen, die auf ein früher weiter ausgedehntes Flußbett schließen lassen würden, fehlen bei der Mehrzahl von ihnen“. „In keiner der weiten Flächen rings um das Kreideland stoßen wir auf sandige Aufschüttungen größeren Stiles, wie es bei einer Abtragung durch fließendes Wasser doch zu erwarten wäre“². In diesen beiden Sätzen geht Obst wohl bestimmt zu weit. Einerseits kennen wir keinen bedeutsameren geologischen Faktor, als — die Zeit, und andererseits geht daraus, daß sich zwischen Denudationsresten früher viel ausgedehnter Schichtenkomplexe keine nachweisbaren Abschwemmungsprodukte mehr vorfinden (wie das z. B. bei der sicher früher viel weiter in Mitteldeutschland verbreiteten Jura- und Kreideformation der Fall ist), doch nach unseren bisherigen geologischen Anschauungen keineswegs hervor, daß die Denudation nicht durch Wasser erfolgt ist. Diese ohne Zweifel einmal vorhanden gewesenen sandigen Abschwemmungsprodukte sind durch die früheren und modernen Flußsysteme doch längst ins Meer hinabgeführt. Das Zerstörungswerk hat doch höchstwahrscheinlich spätestens im Jung-

¹ Solger, l. c. S. XLII.

² Obst, l. c. S. 77.

tertiär begonnen, und schon um diese Zeit mögen beträchtliche Massen bereits fortgeführt worden sein.

Für diese Zeitbestimmung läßt sich z. B. am westlichen Denudationsrand der Sächsischen Schweiz ein direkter, geologischer Beweis erbringen. Dort befinden sich¹ auf dem Geiersberg und dem Lichtenwalder Schloßberg (beide rund 800 m hoch), westlich von Fleyh i. B., 35 km westlich von der geschlossenen Grenze zwischen dem Gneisgebiet des Erzgebirges und dem Quadersandsteingebiet der Sächsischen Schweiz (bei Tyssa) zwei jetzt völlig isolierte Quadervorkommen, die beide nur durch den Schutz der überlagernden Basaltdecken erhalten sind. Dagegen finden sich unter den Basalten der nur wenig östlich gelegenen Steinkuppe und des etwas weiter östlichen Geisingbergs bei Altenberg keinerlei Reste von Sandstein mehr. Es muß also, da an einer ursprünglich geschlossenen Quaderbedeckung des östlichen Erzgebirges bis mindestens zu den erwähnten zwei Bergen hin nicht zu zweifeln ist, bereits in der Mitte der Tertiärzeit, zur Zeit des Empordringens der Basalte, die Sandsteindecke teilweise zerstört gewesen sein², ohne daß für diese Zeit eine Windablation geltend gemacht werden könnte, und ohne daß sich sandige Abschwemmungsprodukte irgendwo noch erhalten hätten. Diese sind vielmehr längst im normalen Verlaufe des Erosionszyklus zum Meere hinabgeführt worden.

Eine derartige chronologische Bestimmung über tertiäre Denudation der Sandsteinmassen ist freilich innerhalb des jetzigen geschlossenen Quadergebietes nicht möglich; wohl aber dürfen die Überlagerungen unzweifelhaft aus Böhmen stammender Elbschotter bei Pirna (in 180 m Meereshöhe) durch Glazialschutt und hochgelegene Schottervorkommen ohne jede Beimengung nordischen Materials bei Schandau und Doberzeit (in 230—250 m Meereshöhe, also präglazialen Alters) als Beweis dafür angesehen werden, daß bei Beginn der Diluvialzeit die Erosion des Elbstromes und seiner Nebenflüsse in die geschlossene Quadermasse, und damit auch der gesamte Abtragungsprozeß, bereits längere Zeit in vollem Gange war. Mit anderen Worten: Auch hier, inmitten der heutigen Sächsischen Schweiz, dürfte die Ab-

¹ Rathsburg, Geomorphologie des Flöhgebietes i. E. (s. o. S. 150), S. 54—57.

² Rathsburg, l. c. S. 115.

tragung bereits im Jungtertiär, und zwar in nicht unwesentlichem Maße, tätig gewesen sein.

Was freilich den Vorgang der Abtragung selbst betrifft, so sagt Hettner selbst, daß „wir uns davon immer noch keine ganz klare Vorstellung machen können. Es ist schwer, sich eine Kraft vorzustellen, durch welche manche Schichtkomplexe fast bis auf den letzten Rest weggeräumt werden, während die darunter liegende Schicht fast unversehrt erhalten ist“¹. Gegenüber dem Waltherschen Erklärungsversuch durch die Deflation des Windes weist Hettner darauf hin, daß in der Sächsischen Schweiz die oberen Teile der Geländestufen und die Platten von reinem Quarzsandstein gebildet werden, während die tonigen und mergeligen Gesteine auf den Platten aber meist zerstört oder wenigstens stark angegriffen sind. Da nun der Sandstein der Sächsischen Schweiz keineswegs ein hartes, sondern im Gegenteil ein sehr mürbes Gestein ist, so würde der Wind den Sand leicht wegwehen und gerade umgekehrt dem Pläner und Mergel wenig anhaben können. Er kann daher nach Hettner bei der Entstehung dieser Stufen und Terrassen keine Rolle gespielt haben². Ohne damit etwa behaupten zu wollen, daß aus dem umgekehrten Falle — Zerstörung des Sandsteins und Erhaltung des Pläners — auf Windwirkung geschlossen werden dürfe, sei doch auf den Gegensatz hingewiesen, der in diesem Punkte zwischen Sächsischer Schweiz und Heuscheuer besteht. In der Sächsischen Schweiz bestehen die Ebenheiten aus Quader, im Heuscheuergebirge die einzige wirkliche Ebenheit, die es gibt, die von Carlsberg, aus Pläner! Für das Plateau von Carlsberg verliert also dieser oben angeführte Einwand Hettners gegen Windwirkung seine Beweiskraft.

Über die Entstehung der Ebenheiten der Sächsischen Schweiz, d. h. nicht der offenbaren Denudationsstufen am Westrand der Sächsischen Schweiz, sondern der in unmittelbarer Nähe der Elbe gelegenen, auf mehrere Kilometer hin fast ebenen Flächen, die die einzelnen Zeugenberge, wie Lilienstein, Königstein, Pfaffenstein, Papststein, Gohrisch, Kaiserkrone, Zirkelstein usw. von einander trennen, haben wir bis heute noch keine absolut sichere und allgemein anerkannte Anschauung. Dem Verf. dieser Zeilen scheinen hier vor allem zwei Möglichkeiten in Betracht zu kommen.

¹ Hettner, Felsbildungen ff., S. 623.

² ebenda, S. 624.

Die erste Möglichkeit ist die: Alle Ebenheiten sind petrographisch bedingt (während Hettner zwei Arten streng unterscheidet, von denen die eine von den petrographischen Verhältnissen ganz unabhängig ist¹), d. h. sie sind veranlaßt durch horizontale Pläner- oder Tonlagen, die aber großenteils vernichtet, durch Diluviallehme und -schotter verdeckt oder überrollt sein können von Quader; dann ist ihre Bildung nach Art der Denudationsstufenländer zu erklären, etwa wie es Hettner durch allmähliche Zurückverlegung der felsenkesselartigen Sammelgebiete sich denkt². Ein Wüsten- oder Trockenklima ist dafür natürlich nicht erforderlich. Für die mittelsudetische Kreidemulde ist Petraschek zu dem wichtigen Ergebnis gelangt³, daß in den Tafelbergen (Vostaz bei Politz) „der Quader nur die oberste Felsmauer bildet, der Sockel wird von massenhaft umherliegenden Quaderblöcken bedeckt, besteht aber aus Pläner und Letten. Deutlich zeigen dies die oft starken Quellen an, die unmittelbar unter den Felswänden hervortreten. Dicht unter diesen Quellen konnte wiederholt auch im Sockel der Letten und Pläner nachgewiesen werden“. Petraschek hat wohl nicht unrecht, wenn er sagt⁴: „Die Tafelberge des Königsteins, Liliensteins, Pfaffensteins usw. würden leicht zu verstehen sein, wenn es gelingen würde, in ihrem Sockel eine im Vergleich zum Quader darüber und darunter leichter zerstörbare Schicht nachzuweisen“. Er fährt fort: „Wenn die Sockel dieser sächsischen Tafelberge nur Schuttmäntel wären, so ist nicht einzusehen, warum rings um jeden solchen Tafelberg herum der Sockel in einer Höhe endet, während doch die Klüftung des Quaders oben eine ungleiche ist und demnach auch die Schuttbildung eine verschiedene sein muß“. Gelingt dieser Nachweis petrographischer Bedingtheit der Tafelberge (und damit auch der Ebenheiten) — der aber bis jetzt auch durch die Spezialaufnahmen der geologischen Landesuntersuchung noch nicht beigebracht ist — dann scheint mir auch Hettners neue Auffassung der Krippener, Ostrauer und Rathmannsdorfer Ebenheiten als „ganz flache, gegen alte Talterrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse abgedachte Schwellen und Buckel von annähernd gleicher Meereshöhe, die übrig gebliebenen Rumpfe ehemaliger

¹ Hettner, Felsbildungen ff., S. 624.

² ebenda, S. 619/620.

³ Petraschek, Oberflächen- und Verwitterungsformen ff., S. 612.

⁴ ebenda.

Felsmauern und Steine“ etwas mehr ihres konstruktiven Charakters entkleidet als jetzt. Es kann ja nicht zweifelhaft sein, daß Gohirisch, Papststein und Kleinhennersdorfer Stein die Wände eines ehemaligen Felsenkessels sind, durch deren beständige Rückwärtsverlegung Hettner sich die Quadermassen zu einer „Ebenheit“ abgetragen denkt¹, auch die konstruktive Verbindung von Wolfsberg, Kaiserkrone und Zirkelstein zu einem alten Felsenkessel läßt sich theoretisch begründen. Aber die oben genannten, direkt die Elbe umrahmenden, fast ebenen oder nur sanft nach der Elbe hin geneigten Ebenheiten mit ihrer Elbgeröllbestreuung nicht mit der Elbe genetisch in Beziehung zu setzen, fällt nicht so leicht.

Gelingt der oben bezeichnete (von Petraschek für möglich gehaltene) Nachweis einer petrographischen Bedingtheit aller Ebenheiten aber nicht, so möchte Verf. der alten Auffassung Hettners² von den Ebenheiten vor der neuen den Vorzug geben und die genannten Ebenheiten als alte Elbauen ansehen, deren Herausarbeitung zur heutigen Form und Breite im wesentlichen zur Eiszeit, unter der anstauenden Wirkung des nahe liegenden Inlandeisrandes, durch die damals sicher viel wasserreichere Elbe und ihre gleichfalls wasserreicheren Nebenflüsse sich vollzogen haben mag. Ob, wie Hettner annimmt³, die Ebenheiten schon vor der Glazialzeit „so gut wie fertig ausgebildet“ waren, ja „ihre Bildung schon beträchtliche Zeit vorher vollendet gewesen zu sein scheint“, sei dahingestellt. Dem Verf. scheint die Existenz der Ebenheiten wenigstens in der jetzigen so ausgesprochen ebenen Form bereits zur Tertiärzeit nicht sehr wahrscheinlich. Wenigstens möchte er der diluvialen Elbe, die wir uns zur Eiszeit, namentlich zur Zeit des Hauptgletschervorstoßes, wohl als einen breiten, träge mäandrierenden Strom vorstellen müssen, und ihren Nebenflüssen einen wesentlichen Anteil an der Nivellierung der Ebenheiten nicht absprechen. Die „Gründe“ (unterhalb des Niveaus der Ebenheiten) hält Verf. mit Hettner⁴ für postglazial⁵.

¹ Hettner, Felsbildungen ff, S. 620.

² Hettner, Gebirgsbau ff, S. 92 ff.

³ Hettner, Gebirgsbau ff, S. 105.

⁴ Hettner, Gebirgsbau ff, S. 99 und Felsbildungen ff., S. 617.

⁵ Alle diese Betrachtungen haben wohl nur vorläufigen Wert, solange das Problem des (antecedenten?) Elbdurchbruchs in seinen einzelnen Stadien noch nirgends in Angriff genommen ist.

Es können also wohl einerseits die Einzelheiten der Chronologie des Abtragungsprozesses in der Sächsischen Schweiz strittig sein, aber andererseits liegen Beweise, die gegen den normalen, fluviatilen Erosionszyklus sprächen, nicht vor. Wohl aber treten uns Spuren von Wasserwirkung auf Schritt und Tritt entgegen, seien es die Geröllager auf den Ebenheiten oder das komplizierte System von Tälern und Schluchten, von dem Hettner sicher mit Recht behauptet, daß es unmöglich in einer Trockenperiode angelegt sein kann¹. Auch die Wadis und amphitheatralischen Talschlüsse der Wüste sehen wir heute ja nicht mehr, wie Walther wollte², als Windwirkungen an, sondern als typische Gebilde der, wenn auch selten fallenden, Regenwässer.

Was die Gegend von Adersbach und Wekelsdorf betrifft, so genügt eigentlich ein Blick auf eine Spezialkarte, die die orographische Umrahmung dieses Gebietes (in strengem Anschluß an den geologischen Schichtenbau) und seine Entwässerung durch das Talsystem der Mettau und ihrer Nebenbäche erkennen läßt, um sich davon zu überzeugen, daß ohne diese Entwässerungsadern die Landschaft ganz anders aussehen würde, vielleicht ein einförmiges Schichtentafelland wäre. Die gerade hier besonders intensive vertikale Zerklüftung in Verbindung mit dem Zurücktreten oder dem gänzlichen Mangel an ursprünglicher Schichtung zeigte den erosiven Kräften den Weg und führte so zu der Herausbildung der jetzigen Felsenstädte mit ihren zahlreichen Türmen und Nadeln. Daß viele Schluchten jetzt wasserlos sind, ist ebensowenig ein Beweis gegen fluviatile Entstehung, wie in der Sächsischen Schweiz, wo auch zahlreiche Talrinnen verschiedener Größe heute keinerlei Wasseradern mehr beherbergen. Man betrachte die Felsenwirnisse der sogenannten Hinteren Sächsischen Schweiz (östlich vom Großen Zschand) auf den Sektionsblättern Nr. 104, Großer Winterberg und Nr. 105, Am Raumberg, der Topographischen Spezialkarte von Sachsen i. M. 1 : 25 000, und wird an der fluviatilen Entstehung dieser jetzt größtenteils wasserlosen Gebilde nicht mehr zweifeln können. Der Wasserreichtum, der zur Erklärung des so verzweigten Systems von Trockentälern früher bestanden haben muß, dürfte wohl, wie oben bereits angedeutet, mit größter Wahrscheinlichkeit für die Eiszeit anzunehmen sein.

¹ Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 340.

² Walther, Die Denudation in der Wüste, 1891, S. 413.

Was aber für die Sächsische Schweiz und für Adersbach-Wekelsdorf gilt, das gilt erst recht für das räumlich beschränkte Gebiet des Heuscheuergebirges. Hier kann eigentlich nur die Herausbildung der Plänerebene von Carlsberg Gegenstand einer Diskussion sein. Positive Hinweise sind hier weder für Wind- noch für Wasserwirkung vorhanden. Daß das Plateau früher gänzlich vom Quader bedeckt war (was aus geologischen Gründen ja fast selbstverständlich ist), wird überdies bewiesen durch ein Dutzend recht ansehnlicher, loser Blöcke von Quader, die jetzt isoliert mitten im Pläner liegen, westlich des Weges von Carlsberg nach Passendorf. Ihre Größe und Lage beweist, daß sie nicht durch Wassertransport oder Abrutsch an ihre Stätte gekommen sein können. Es sind die spärlichen Überreste der einstigen, ungeheuer viel mächtigeren Sandsteinbedeckung. Sollte der „breitfegende“ Wind wirklich die Carlsberger Ebenheit gebildet haben, so hätte er gerade hier, auf dem Plateau zwischen Heuscheuer und Spiegelberg mitten innen, wo er doch früher nur eine Art „hohler Gasse“ vorfand oder sich selbst gebildet hatte, am stärksten wirken müssen. Ja man darf vielleicht noch einen Schritt weitergehen. Die Lage dieser isolierten Quaderblöcke ist heute sehr exponiert, und mit voller Wucht weht der Wind durch die nach WNW breit geöffnete Rinne zwischen Spiegelberg und Heuscheuer hindurch, namentlich im Herbst und Winter. Wäre wirklich die Wirkung des Windes durch bloße Abblation (Deflation) so groß, wie sie sich Walther dachte, dann müßte es dem Wind schon längst ein Leichtes gewesen sein, diese letzten Denudationsreste zu vernichten. Aber nicht einmal typische Windschliffe weisen die Blöcke auf, ein Zeichen, daß ohne Sand (denn ringsherum ist Pläner) der Wind wohl überhaupt keine Schliffe bilden kann!

Insgesamt kommen wir also zu dem Resultat: Es liegen keinerlei stichhaltige Gründe vor, weder aus Adersbach-Wekelsdorf noch aus der Heuscheuer, in den Großformen der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen das Erzeugnis einer diluvialen Steppenperiode zu sehen. Im Gegenteil weist der Vergleich mit den entsprechenden Gebilden der Sächsischen Schweiz mit aller Entschiedenheit auf Wasserwirkung hin. Diese war wahrscheinlich früher, vermutlich zur Eiszeit, größer als heute, worauf wohl das komplizierte System jetziger Trockentäler, namentlich in der Hinteren Sächsischen Schweiz, hinweist. In vermindertem Maße besteht

die morphologische Tätigkeit des Wassers auch heute noch fort. Die Großformen der besprochenen Gebiete sind das Ergebnis der einschneidenden und abtragenden Tätigkeit des fließenden Wassers bei durchlässigem Gestein und feuchtem Klima.

2. Die Verwitterungskleinformen.

Allgemeines.

Als Hauptzeugen für seine Schlußfolgerungen sieht Obst die Kleinformen an. In der Deutung dieser Gebilde stehen sich zurzeit, wie Hettners¹ und Obsts² jüngste Ausführungen (1911) erkennen lassen, die Ansichten noch schroff gegenüber. In wenige Sätze zusammengefaßt, sind die Hauptdifferenzpunkte zwischen beiden folgende:³

Hettner sieht in den eigenartigen Verwitterungsformen — im folgenden speziell den Kleinformen — des Quadersandsteins eine Folge der Durchlässigkeit des Sandsteins und bezeichnet sie daher mit einem pflanzengeographischen Ausdruck als „edaphische Formation“⁴. Ins Geologische übersetzt, könnte man dafür etwas ausführlicher wohl auch sagen: Eine durch lokale, petrographische Verhältnisse bedingte Fazies rezenter Verwitterungsformen unseres jetzigen, humiden Klimas. Er hält den mechanischen Zerfall des Gesteins, besonders durch Frostwirkung, in der Gegenwart für sehr bedeutend und die Gesamtheit der jetzigen Verwitterungsprozesse für genügend, das heutige Formenbild zu erklären. Die Bildung der charakteristischen Höhlchen, Grotten und Überhänge schreibt er dem an den Unterflächen und Schichtfugen der Quaderfelsen heraustretenden Sickerwasser zu.

Obst dagegen — ein Schüler von Passarge, der auf Grund seiner afrikanischen Reisen heute wohl noch am meisten von den modernen Forschern den Wind als geomorphologischen Faktor einschätzt (wenn auch nicht sowohl wegen seiner „Deflation“, als vielmehr wegen seiner Korrasion) — sieht in

¹ Hettner, Wüstenformen in Deutschland?, Geograph. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 690—694.

² Obst, Bemerkungen zu A. Hettners Wüstenformen in Deutschland?, Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 337—341 mit Anmerkungen von Hettner, S. 341/342.

³ Geograph. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 690/691.

⁴ Hettner, Felsbildungen ff., S. 626.

denselben Formen Zeugen eines Wüstenklimas oder genauer einer diluvialen Steppenperiode. Er meint, daß die mechanische Verwitterung in unserem deutschen Klima minimal sei, und daß eine stärkere Zerstörung nur in einer früheren Zeit mit anderem Klima stattgefunden haben könne. Unter ausdrücklicher Ablehnung der „Sickerwassertheorie“ Hettners hält er die Bildung der Höhlchen und Grotten, ebenso der Pilz- und Hammerfelsen wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Formen der Wüste, für eine Wirkung des Windes. Da der Wind aber eine solche Wirkung in der Gegenwart wegen des Waldkleides nicht ausüben kann, verlegt Obst die Entstehung dieser Formen — wenigstens ihrer großen Mehrzahl nach — in eine Zeit mit anderem Klima, in der die mechanische Verwitterung so viel stärker war als heute und zugleich die Sandstürme ungehindert wirken konnten. Eine solche Zeit war die Glazialzeit, in der sich am Rande des Eises Tundren ausbreiteten, und die diluviale Steppenperiode.

Der wichtigste Differenzpunkt zwischen Hettner und Obst ist nach Obsts eigener Auffassung methodischer Natur¹. Hettner vermißt in Obsts Ausführungen eine genaue Analyse der vom Winde geschaffenen Formen. Eine derartige, detaillierte Analyse ganz entsprechender Kleinformen aus dem Buntsandstein des Pfälzerwaldes ist inzwischen von Häberle² gegeben worden. Diese Arbeit bedeutet wohl einen ganz wesentlichen Fortschritt zur Klärung der strittigen Punkte, vorausgesetzt die Übertragbarkeit der von Häberle im Pfälzerwald — Buntsandstein gewonnenen Resultate auf den Quader der Sächsischen Schweiz und die schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen, die höchstwahrscheinlich ist.

Die von Obst unterschiedenen sechs Formentypen (s. o. Seite 128) fassen wir in drei nach unserer Auffassung genetisch zu einander gehörige Typen zusammen:

1. Hohlkehlen und Furchen, vorspringende Leisten und Rippen,
2. Löcherige Verwitterungsgebilde, Netze, Steingitter und sanduhrförmige Pfeiler,
3. Pilz- und Hammerfelsen.

¹ Obst, Bemerkungen ff., Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 339.

² Häberle, Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes, Verhandl. d. Naturhist.-Medizin. Vereins zu Heidelberg, Bd. XI, S. 166—209.

a. Hohlkehlen und Furchen, Leisten und Rippen.

Öfters lassen sich an den Quaderfelsen Hohlkehlen und vorspringende Leisten beobachten, die beide horizontal verlaufen. Nach Obst kann „nur eine einzige Kraft jene glattwandigen Furchen in den Felsen eingemeißelt, kann die feinen Härteunterschiede der einzelnen Gesteinslagen mit solcher Schärfe herauspräpariert haben: Die Korrasion des mit Sand beladenen Windes“¹. In der Sächsischen Schweiz hat Beck dieselben wagerechten Leisten und Hohlkehlen an den vertikalen Felswänden ebenfalls als Korrasionserscheinungen des Windes gedeutet. „Der Schichtung parallele, jedoch schwach wellig verlaufende, zarte, wegen ihres größeren Eisenoxydgehaltes widerstandsfähigere Gesteinslagen haben hier dem Sandgebläse größeren Widerstand geleistet und springen deshalb als schwache Leisten vor.“ Beck hat sie aber als Wirkungen rezenter Windkorrasion aufgefaßt; er fand auch, daß die Scherben einer zufällig gefundenen Flasche „an den Seiten mattgeschliffen erschienen und ihre ursprünglich scharfen Bruchkanten oft deutliche Abrundung erkennen ließen“². Obst zweifelt die Beweiskraft dieser Flasche für rezente Korrasionsfähigkeit des Windes an³ und hält bei der Dichtigkeit des jetzigen Pflanzenkleides und den übrigen klimatischen Bedingungen „eine auch nur einigermaßen bedeutungsvolle Entfaltung der Windkorrasion für unmöglich“⁴. Das Auftreten von Hohlkehlen und Leisten an Stellen, wo eine Mitwirkung des Windes in der Gegenwart unmöglich scheint, läßt sich nach ihm nur auf zwei Wegen erklären. Entweder entstehen die Hohlkehlen und Leisten in der Gegenwart, dann müßten sie ein Produkt sein der zurzeit wirkenden Kräfte von Sickerwasser und Frost, oder es sind Korrasionsspuren des Windes. Wegen der von Obst für minimal eingeschätzten Tätigkeit des Windes zur Jetztzeit können sie nach ihm nur der diluvialen Steppenperiode entstammen, in der Sandstürme nicht wie heute eine Ausnahme, sondern die Regel bildeten. Die Beobachtung Becks, daß diese Formen in der Sächsischen Schweiz mit besonderer Schärfe auf den nach

¹ Obst, l. c. S. 98.

² Beck, Über die korradierende Wirkung des Windes im Gehiete des Quadersandsteins der Sächsischen Schweiz. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1894, S. 540 ff.

³ Obst, l. c. S. 49.

⁴ Obst, l. c. S. 98.

O und SO gekehrten Felswänden sich finden¹, findet Obst im Heuscheuergebirge bestätigt. Daß diese Wände den heutigen vorherrschenden Winden abgekehrt sind, wird dahin gedeutet, daß die Hohlkehlen und Leisten nicht durch die jetzigen Winde, sondern durch die der Diluvialperiode erzeugt seien, da diese wahrscheinlich aus dem Osten kamen². Ein derartiges, von verschiedenen Autoren wahrgenommenes Auftreten von Leisten, Hohlkehlen und auch den löcherartigen Verwitterungsformen (s. unten S. 168 ff.) vorwiegend auf der Süd- und Südostseite ist mir bisher weder in der Sächsischen Schweiz noch im Heuscheuergebirge festzustellen möglich gewesen, trotzdem ich im letzten Gebirge auf diesen Punkt besonders geachtet habe. Vielmehr fand ich die charakteristischen Verwitterungsformen nach allen Richtungen hin.

Freilich müßte erst einmal eine genaue Beschreibung oder Definition gegeben werden, was unter einer „Hohlkehle“ und einer „Leiste“ verstanden werden soll. Petraschek bildet in seiner Fig. 3 als „Leiste“ „stärker eischüssige Partien“ ab; „die herauspräpariert wurden“³. Nach den Beobachtungen des Verf. in der Heuscheuer sind die Gebilde, die sich als „Leiste“ bezeichnen lassen, nicht überall gleich. An manchen Felswänden sind es durchlaufende horizontale Rippen, die nach außen vorstehen, meist in unregelmäßigen Abständen voneinander, nicht eng geschart. Andere Wände sind wieder ganz damit bedeckt, dabei sind aber die groben Leisten nicht immer durchgehend, sondern bestehen aus einer Reihe in horizontaler Richtung perlschnurartig aneinander gereihter, länglich gestreckter stumpfer Höcker. Gut ausgebildete, eigentliche „Hohlkehlen“ von größerer Dimension sind mir im Heuscheuergebirge nicht zu Gesicht gekommen.

Schon schärfer bestimmbar ist das Wesen der „Rillen“ oder „Furchen“ zwischen den Leisten. Diese können wohl am ehesten noch von den mancherlei angeblichen Wüstenkleinformen als Windkorrasionswirkungen gedeutet werden, es sind wohl in vielen Fällen Sandschliffe. Aber ihre Entstehung

¹ Beck, l. c. S. 543; auch Häberle berichtet aus dem Pfälzerwald als „gemeinsames Merkmal“ der von ihm beschriebenen Verwitterungskleinformen, daß sie „fast alle auf der Süd- und Südostseite sich befinden“. (Häberle, Kleinwitterungsformen ff., S. 172).

² nach Vahl, Solger (s. oben S. 129).

³ Petraschek, Oberflächen- und Verwitterungsformen ff., S. 618/619.

in die Diluvialperiode zu verlegen, ist doch wohl bei recht vielen, wenn nicht den meisten, solcher Gebilde nicht nötig, da in beschränktem Maße, lokal, auch heute noch bestimmt Windkorrasion möglich ist. Auch fragt es sich, ob der so leicht zermürbende, körnige und bröckelige Sandstein das geeignete Material ist, durch lange Zeit hindurch derartig feine Oberflächengebilde zu bewahren. Mit Recht weist Hettner daraufhin, daß die gute Erhaltung der Glazialschrammen (als Beispiel heute noch erhaltener diluvialer Kleinformen) eine Ausnahme ist, die sich aus der besonderen Härte und Glätte des vom Eise bearbeiteten Felsens erklärt. Die schnelle Zerstörung des Sandsteins in unserem gegenwärtigen Klima sei an jedem Bauwerk in Dresden zu beobachten. Beck macht auf die starke Zerstörung des Sandsteins am Meißner Dom aufmerksam.¹ Was aber für die Glazialschrammen gilt, gilt auch für die Windkorrasionspuren. Es ist gewiß kein Zufall, daß unter dem Material der nord- und mitteleutschen Dreikanter dichte, homogene, großenteils quarzitische Gesteine so vorherrschen.

Prinzipiell darf man wohl das lokale Erhaltengebliebensein auch von diluvialen Windschliffen nicht leugnen, wenn das Gesteinsmaterial der Konservierung günstig ist. Da die Absicht vorliegender Arbeit nicht sowohl die ist, die weitreichenden Schlußfolgerungen der Obstschen Arbeit zu widerlegen, sondern vielmehr einen Beitrag zu liefern zur Klärung der strittigen Fragen, so sei auf ein Beispiel aufmerksam gemacht, dessen Kleinformen wohl mit größerer Wahrscheinlichkeit als „Beispiel für die Einwirkung der Diluvialperiode auf das Relief der deutschen Mittelgebirge“ hingestellt werden können, als die schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen. Es sind die Hohburger Berge² nordöstlich von Wurzen in Sachsen, eine kleine landschaftlich und erst recht geologisch und geographisch interessante Gruppe von Quarzporphyrkuppen, die steil und unvermittelt aus dem nordsächsischen Diluvium aufragen. Schon Lyell hat sie besucht, und schon 1844 entdeckte hier der Altmeister der sächsischen Geologie, C. Fr. Naumann — 30 Jahre vor Torell in Rüdersdorf — die ersten Gletscherschliffe in Norddeutschland. Für uns

¹ Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 341.

² Naumann, Die Hohburger Porphyrberge in Sachsen, Stuttgart, 1874 und Dalmer, Friktionserscheinungen auf der Oberfläche der Porphyrberge, Erläuterungen z. geolog. Spezialkarte v. Sachsen, Sektion Nr. 4, Thallwitz, S. 21—26.

verdienen besondere Beachtung die dritte Gruppe der dort zu unterscheidenden Schriffe, die auf steilgeneigten oder senkrechten Felsflächen auftreten. Charakteristisch für sie ist eine „emailartige Beschaffenheit der Oberfläche oder auch ein firnisartiger Überzug von ausgeschiedener Kieselsäure“¹. Albert Heim machte besonders darauf aufmerksam, daß sich diese Schriffflächen sogar in ziemlich enge Klüfte oder Höhlungen tief hineinziehen. Wenn auch die Entstehung dieser Schriffe von der geologischen Landesanstalt 1883 „vorläufig noch als eine rätselhafte“ bezeichnet wurde¹, so ist es doch heute wohl sehr wahrscheinlich, daß hier Windschriffe vorliegen. Bei der ausgeprägten Deutlichkeit dieser Furchen scheint es hier ungleich mehr berechtigt, die „Leisten“ und „Furchen“ diluvialen Sandstürmen zuzuschreiben, als im Heuscheuergebirge. Für Obst dürfte es von Interesse sein, zu erfahren, daß sich diese Schriffe an der Südostseite des Kleinen Berges bei Hohburg befinden!

Fassen wir unsere Ansicht über die Beweiskraft von Hohlkehlen, Furchen und Leisten im Heuscheuergebirge für eine diluviale Sandsturmperiode zusammen, so meinen wir: Es ist möglich, daß manche dieser Gebilde der Windkorrasion ihren Ursprung verdanken, namentlich Furchen, soweit sie glattwandig sind; ob aber ihre Entstehung auch nur teilweise bis in die Diluvialzeit zurückverlegt werden darf, scheint bei dem leicht verwitternden Material sehr fraglich. Dafür, daß speziell Südostwinde der diluvialen Steppenperiode sie erzeugt hätten, liegen erst recht keine Anhaltspunkte vor. Für die Zukunft empfiehlt sich eine etwas genauere Terminologie, vielleicht so, daß die größeren Gebilde als „Sims“ (oder „Überhang“) bzw. „Hohlkehle“ von den kleineren unter dem Namen „Leiste“ (oder „Rippe“) bzw. „Furche“ (oder „Rille“) unterschieden werden.

b. Löcherige Verwitterungsformen, Netze, Steingitter und sanduhrförmige Pfeiler.

Am meisten gehen die Ansichten Hettners und Obsts auseinander in der Frage nach der Entstehung der löcherartigen Verwitterungsgebilde und ihrer Abarten (Netze und Gitter). Die Felsen der Sächsischen Schweiz und der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen wie die des Pfälzerwaldes

¹ Dalmer, l. c. S. 26.

weisen an den Unterseiten von Felsvorsprüngen und vor allem an den Seitenwänden eigenartige, rundliche bis länglich-ovale Löcherbildungen auf, zwischen denen bei dichter Scharung der Löcher „sanduhrförmige“ Pfeiler entstehen. Oft finden sich diese „Löcher“ vereinzelt und unregelmäßig überall zerstreut, öfter aber noch längs der Schichtfugen, oder die Löcher sind so angeordnet, daß „netz“- oder „gitterähnliche“ Gebilde entstehen¹. Daß es sich bei allen diesen Formen um Verwitterungserscheinungen handelt, ist offensichtlich, strittig ist aber die Frage, durch welche Kräfte und in welcher Zeit diese sonderbaren Gebilde entstanden sind.

Hettner hat sie schon 1887 als Produkte normaler, rezenter Verwitterung erklärt mit Hilfe seiner „Sickerwassertheorie“². Nach ihm dringt das auf den Quadersandstein auffallende Oberflächenwasser nicht nur den Klüften folgend, sondern auch unabhängig von diesen im einzelnen Gesteinsblock, zufolge der Durchlässigkeit des Sandsteins, in die Tiefe, und tritt an der Unterfläche teilweise wieder heraus. Hettner macht — als Beweis für diese Anschauung — darauf aufmerksam, daß im Winter, wo die Unterflächen und teilweise auch die Seitenflächen mit einer Eiskruste überzogen sind, man an vielen Stellen kleine Eiszapfen direkt aus dem Gestein heraushängen sehen kann. Unter Zurückweisung der Gutbierschen Ansicht, daß die Höhlen und Löcher dem Nebel, also einer Wasserwirkung von außen her, zuzuschreiben seien³, meint Hettner, daß das „Schwitzwasser, das von oben in den Felsen einsickert und denselben ganz durchdringt, bis es von der Unterfläche der Bänke herabtropft oder sich in den Schichtenfugen sammelt, von weit größerer Bedeutung ist als das Wasser, das von unten und von der Seite her aus der Atmosphäre aufgenommen wird. Die Wirkung des Schwitzwassers ist eine rein mechanische, sodaß wir keinen stalaktiten- und stalagmiten-ähnlichen Bildungen begegnen. Wir vermögen jedoch nicht zu sagen, wie weit das Wasser selbst und wie weit das Gefrieren desselben wirksam ist.“⁴ Die Bildung der Höhlchen,

¹ Die bisher oft gebrauchte Bezeichnung „bienenwabenähnlich“ möchte Häberle (Kleinverwitterungsformen ff., S. 174, Anm. 1) vermieden sehen.

² Hettner, Gebirgsbau ff., S. 47, 49/50 und Felsbildungen ff, S. 612—614.

³ v. Gutbier, Geognostische Skizzen aus der Sächsischen Schweiz Leipzig 1858, S. 99/100.

⁴ Hettner, Gebirgsbau ff., S. 50.

die sich von einem kleinen Ansatzpunkt aus konzentrisch erweitern, schreibt Hettner diesem Sickerwasser zu, das „hauptsächlich zur Zeit des Frostes“ beim Austritt aus dem Gestein „kleine Sandkörner mitnimmt“¹.

Petraschek sagt über diese Löcher und Gruben in seiner (kurz vor der Arbeit Obsts erschienenen) Studie über Adersbach-Wekelsdorf: „Hettner erklärt sie mit Recht als durch Sickerwasser ausgespült, das an den Schichtenflächen tropfenweise zu Tage tritt. . . . Eine ungleiche Verteilung des Bindemittels ist, wie schon Bischof² annahm, gewiß auch mit schuld an dieser Verwitterungsform“³.

Im Gegensatz hierzu kann sich Obst aus verschiedenen Gründen dieser Theorie nicht anschließen⁴. Um ein eigenes Urteil für oder wider zu gewinnen, sind wir genötigt, Obsts Einwände der Reihe nach durchzugehen.

Der erste Einwand Obsts, aus der Tatsache, daß gerade die Schichtenfugen besonders angegriffen erscheinen, und daß die Lochbildungen an einzelnen Stellen massenhaft auftreten, seien keine Rückschlüsse auf die Kräfte zu ziehen, welche jene sonderbaren Gebilde geschaffen haben⁴, trifft wohl Hettner nicht, da dieser solche Schlüsse kaum gezogen wissen wollte. Recht hat aber Obst insofern zweifellos — und das dürfte Hettner kaum bestreiten —, daß „auf jeden Fall die intensivste Zerstörung an den Schichtenfugen einsetzen muß, gleich ob Sickerwasser, Spaltenfrost oder Windkorrasion die modellierenden Kräfte sind“⁵. Die Tatsache, warum die Löcher häufiger an den Schichtenfugen auftreten als sonst, ist also wohl endgiltig feststehend.

Obsts zweiter Einwand ist der, daß „die langen Eiszapfen, die häufig an überhängenden Felsen zu beobachten sind, keinesfalls allein aus dem an Schichtfugen austretenden Sickerwasser entstehen, sondern in der Mehrzahl der Fälle aus den Schmelzwässern der Schneekappe, welche die Felsen krönt“⁶. „In keinem einzigen Fall“ war es Obst möglich, „mit Sicherheit zu erkennen, daß das Wasser, aus welchem sich der Eiszapfen bildete, aus dem Innern des Felsens hervorsickerte“⁷. Demgegenüber sei festgestellt, daß Verf.

¹ Hettner, Felsbildungen ff., S. 614.

² Neues Jahrb. für Mineralogie usw. 1844, S. 486.

³ Petraschek, I. c., S. 616.

⁴ Obst, I. c., S. 94—97.

⁵ Obst, I. c., S. 94.

⁶ Obst, I. c., S. 44.

⁷ Obst, I. c., S. 95.

dieser Zeilen z. B. im Winter 1905/1906, wo er mehrfach die Sächsische Schweiz besuchte, mit völliger Sicherheit Eiszapfen an den Unterflächen vorspringender Bänke und an der Decke von Höhlungen aus dem Gestein hat heraushängen sehen, und zwar in den verschiedensten Gegenden der Sächsischen Schweiz, an Stellen, wo von Schmelzwasser, das aus einer auftauenden Schneekappe stammen könnte, gar keine Rede sein konnte. Ebenso ist es ihm vom Sommer 1905 her eine aus der Sächsischen Schweiz geläufige Tatsache, daß das Sickerwasser tatsächlich durch den Felsen hindurchtropft. Ein gleiches beobachtete Verf. im Heuscheuergebirge, namentlich in den „Wilden Löchern“, wo er mehrfach ganz unzweifelhaft das Sickerwasser durch den Felsen hindurchkommen sah. An der Unterseite von Felsblöcken und Vorsprüngen fielen mehrfach feuchte Stellen auf, die sich z. T. mit einem Moos- oder Algenüberzug bedeckt hatten. Ringsherum um die Stelle, die im Laufe einiger Sekunden mehr und mehr feucht wurde, bis schließlich der sich bildende Wassertropfen zu groß wurde und abriß, war durch Befühlen mit der Hand festzustellen, daß die Umgebung der tropfenden Stelle trocken war. Von einem Zuleitungskanal des Wassers, außen herum um die Felskante, konnte also gar keine Rede sein. Neuerdings hat auch Häberle das zierliche Netzwerk an der Unterseite von Überhängen im Pfälzerwald mit dem durch das Gestein hindurchsickernden Wasser erklärt.¹

Als wichtigsten Einwand gegen Hettners Theorie sieht Obst die Form der Lochbildungen an². Er bildet (in Fig. 6) einen den wirklichen Verhältnissen entsprechenden Querschnitt einer mit Lochbildungen besetzten Felswand ab, der zeigt, daß die Höhlen nach innen rund abschließen und nicht mit einem Kanal, der sich nach innen verzüngt. Obst stellt dieser (wirklich zutreffenden) Figur eine andere gegenüber (Fig. 5), die zeigen soll, wie er sich eine Felswand vom Sickerwasser modelliert denkt. Aus der Tatsache, daß die Natur seiner und nicht der anderen Abbildung entspricht, schließt er, daß Hettners Theorie nicht richtig sei. Wenn ich Hettner richtig verstehe, entspricht diese Figur (5) aber gar nicht der Hettnerschen Vorstellung, sie bildet gar keine „Höhlen“ und „Löcher“ ab, sondern einfache Abrundungen der Felskanten längs der Schichtenfugen, entstanden durch

¹ Häberle, Kleinverwitterungsformen ff., S. 188.

² Obst, l. c., S. 95.

Verwitterung von außen her¹. Obst hat m. E. Hettner hier teilweise mißverstanden. Er glaubt, Hettner schreibe dem Sickerwasser eine „erodierende“ Wirkung zu², die dieser ausdrücklich in Abrede stellt³. Aus diesem Grunde fällt m. E. auch dieser gegen Hettner ins Feld geführte Punkt. Daß, wie Obst richtig bemerkt, die Höhlen und Löcher oft außen nur wenige Zentimeter Durchmesser haben, dagegen sich nach dem Innern zu hohlkugelartig erweitern, ja u. U. sich im Hintergrunde neue Höhlchen ansetzen, erklärt, wie mir scheint, recht plausibel Häberle für den Pfälzerwald: „Je tiefer das Loch auswittert, desto schattiger wird auch die Stelle, desto länger hält sich das Wasser unverdunstet, desto stärker und intensiver verwittert der Felsen. So kommt es, daß manchmal Höhlungen am Eingang ein kleineres Volumen haben als in ihrem Hintergrunde“⁴.

Obsts letzter Einwand, daß „an sehr vielen Felswänden, an denen ein Aussickern des Wassers deutlich erkennbar ist(!), die eigenartigen Lochbildungen vollständig fehlen“⁵, berichtet eine Tatsache, die aber nichts gegen Hettner beweist, da dieser wohl nirgends behauptet hat, daß überall das Ausschwitzen (das an manchen Felsen auch so erfolgt, daß die ganze Fläche gleichmäßig naß wird) Löcher erzeugen müsse.

Die Ansichten Becks über die löcherigen Verwitterungserscheinungen lassen sich dahin zusammenfassen, daß die zelligen Gebilde (also die Höhlen und Löcher) im wesentlichen als die Erzeugnisse der „normalen“ Verwitterung betrachtet werden, und die zierlichen Sanduhrpfeiler dazwischen zwar „im allgemeinen sicherlich eine Folge starken Sandgebläses sind, in anderen Fällen aber analoge Formen wohl auch im Laufe der ausschließlich wirkenden normalen Verwitterung unter anderen günstigen Nebenumständen entstehen können“⁶.

¹ Ein Beispiel von unendlich vielen: Das „Tuchwarenlager“ nahe dem „beladenen Kamel“ auf der Höhe des Heuscheuerplateaus. Es besteht aus 1—2—3 Dezimeter dicken, horizontalen Bänken von Matratzenform, an denen sich zwar längs der horizontalen Fugen deutliche, sich nach innen verjüngende Einkerbungen befinden, aber weder längs, noch außerhalb der Fugen „Höhlen“-Bildungen auftreten.

² Geograph. Zeitschr. 17. Jahrg. 1911, S. 340.

³ ebenda, S. 342.

⁴ Häberle, Kleinverwitterungsformen ff., S. 189 nach Walther, Die Denudation in der Wüste, S. 368.

⁵ Obst, l. c. S. 97.

⁶ Beck, Über die korradierende Wirkung des Windes ff., S. 541 ff, nach Obst, l. c. S. 97.

Dabei will aber Beck diese Formen durchaus als rezente Bildungen angesehen wissen.

Auf Grund all der angeführten Erwägungen kommt Obst zu dem Schluß, daß das Sickerwasser nicht Bildner der Höhlen sein könnte, sondern nur der Wind; da aber nachweislich die sanduhrförmigen Felspfeilerchen auch an Stellen sich finden, wo an eine Entfaltung rezenter Sandstürme nicht zu denken ist¹, so erblickt er in dieser Tatsache den Beweis dafür, daß „die Sanduhrpfeiler Relikte aus der Sandsturmperiode des Diluviums darstellen“². Die Lochbildungen an den Schichtenfugen und die steingitterähnlichen, netzförmigen Gebilde werden, wegen ihrer Formenähnlichkeit mit den Steingittern der Wüste, „zum größten Teil, wenn nicht ausschließlich, den Winden der Diluvialperiode“ zugeschrieben³.

Wenn wir im folgenden unsere eigene Ansicht über die besprochene Gruppe von Kleinformen entwickeln dürfen, so sei vorausgeschickt, daß, worauf bereits Hettner hingewiesen hat⁴, zum Studium gerade dieser, für die ganze Frage so wesentlichen Gebilde sich die Sächsische Schweiz außerordentlich viel besser eignet als die schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen. An keiner Stelle des Heuscheuergebirges sah Verfasser ein auch nur annähernd so schönes Steingitter oder gutes Exemplar zellig-löcheriger Verwitterung, wie sie ihm aus der Sächsischen Schweiz bekannt waren. Um ganz sicher zu gehen, besuchte er 14 Tage danach noch an zwei Tagen ein Stück Sächsische Schweiz, wo er an einem Tag mehr gute Beispiele gitterartiger, netzförmiger, zellig-schwammiger Verwitterung sah, als in Heuscheuer und Adersbach-Wekelsdorf zusammen in zwei Wochen⁵. Was nun die von Obst gegen Hettners

¹ Davon konnte ich mich in den „Wilden Löchern“ überzeugen, gewann aber durchaus den Eindruck, daß ebenso schwer diluviale Sandstürme (selbst wenn sie um ein Vielfaches stärker waren als jetzt) bis ins Innere der stellenweise unglaublich tief in den Felsen hineingreifenden Höhlungen und Grotten vordringen konnten.

² Obst, l. c. S. 99.

³ Obst, l. c. S. 100.

⁴ Geograph. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 691/692.

Ein Beispiel schöner zelliger Verwitterung und Löcherbildung unter zahllosen anderen: Der große, abgestürzte Felsblock südlich des von W her auf den Pfaffenstein (in der Sächsischen Schweiz) hinaufführenden Weges, im niedrigen Gebüsch von unten teilweise versteckt, vom Pfaffensteinplateau gut sichtbar, mit schöner Löcherbildung auf allen Seiten.

„Sickerwassertheorie“ vorgebrachten Gründe anbetrifft, so können sie, wie oben im einzelnen gezeigt worden ist, nicht als stichhaltig angesehen werden. Es kann daher die „Sickerwassertheorie“ in keiner Weise als erschüttert gelten. Gegen die Obstsche Zurückführung auf diluviale Sandstürme lassen sich mehrfache Einwände erheben. Zunächst fragt es sich, ähnlich wie bei den Furchen und Leisten, ob der Sandstein das geeignete Material ist, solche Kleinformen Jahrtausende und noch länger zu bewahren. Ferner hat es den Anschein, daß die rezente Korrasion des Windes solche Löcher nicht bildet, sondern gerade zerstört¹; also kann diluviale Korrasion nicht im entgegengesetzten Sinne gewirkt haben. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß der Wind Löcher bildet, in deren Hintergrund durch den Wind wieder kleinere Löcher und vielleicht dahinter noch kleinere gebildet werden sollen. Man besuche während eines Gewittersturmes das Labyrinth der „Wilden Löcher“ auf dem Spiegelberg in der Heuscheuer, und lasse sich vom Führer die verstecktesten, freilich etwas unbequemen Grotten mitten im Felsen darin zum Schutze anweisen: Vor dem Sturm ist man sicher, nicht aber vor dem — Sickerwasser! Hier, an Ort und Stelle, wo man sich überzeugen kann, daß die Kraft des Sickerwassers auch dort noch wirken kann, wo die des Windes längst lahmgelegt ist, suche man die Frage zu beantworten, ob der Wind ein so kompliziertes System von Gängen und Grotten ausgeblasen haben kann. Es ist kaum vorstellbar, daß derselbe Wind, für dessen Tätigkeit die langgezogenen Furchen und Hohlkehlen als Beweis gelten sollen, der sogar ganze Ebenen flächenhaft auswehen soll, an anderen Stellen tiefe Löcher in das Gestein hineinweht und dazwischen vertikale Rippen und Pfeiler stehen läßt. Eins oder das andere! „Warum weht er nicht lieber einheitliche Überhänge aus?“ fragt Hettner² mit Recht. Auch müßte, wenn wirklich diluviale Südostwinde die Löcher und Gitter usw. erzeugt haben sollten, in der Sächsischen Schweiz, in der gute Beispiele löcheriger Verwitterung, wo ganze Wände wie mit einem Schwamm bedeckt sind, nicht entfernt so selten sind wie in der Heuscheuer, eine vorwiegende Exposition dieser Gebilde nach Süden und Osten sich feststellen lassen. Aber davon hat weder Hettner bisher etwas berichtet, noch ist dem Verfasser

¹ Beck, I. c., S. 545.

² Geograph. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 693.

etwas derartiges aufgefallen. Auch die oben erwähnten (s. S. 162) isolierten Quaderblöcke zwischen Spiegelberg und Heuscheuer auf dem Carlsberger Plateau zeigen die löcherigen Zerfressungen ringsherum! So möchten wir uns also durchaus für Hettner entscheiden, umso mehr, als inzwischen gerade diese löcherartigen Verwitterungsgebilde eine neue Beleuchtung und Erklärung gefunden haben durch die bereits oben genannten, eingehenden Studien Häberles im Pfälzerwald. Diese bilden eine nicht unwesentliche Ergänzung der Hettnerschen Sickerwassertheorie.

Häberle¹ untersucht genauer als das bisher wohl für irgend ein deutsches Gebiet mit den fraglichen Verwitterungskleinformen durchgeführt ist, diese letzteren im Buntsandstein des Pfälzerwaldes. Seine Arbeitsmethode ist insofern gerade die entgegengesetzte zu der Obsts, als Häberle eine systematische Formenanalyse gibt und von den Formen auf den Vorgang schließt, der sie gebildet hat, während Obst eingehend die heutigen Verwitterungs- und Abtragungsvorgänge untersucht hatte, und von da aus beim Vergleich mit den heutigen Formen fand, daß diese nicht von den heutigen Vorgängen gebildet sein könnten. Neu ist Häberles Feststellung (durch gute Photographien erläutert), daß die „mehr unregelmäßige, maschig-netzförmige Verwitterung gewöhnlich bei diskordanter Schichtung auftritt, die gitterförmige Verwitterung dagegen hauptsächlich an konkordante Schichtung gebunden ist“². Ferner ist neu der Hinweis, daß die Gitter dadurch entstehen, daß die längs der Schichtenfugen angelegten Hohlräume nach Erodierung der ursprünglich die Basis bildenden tonigen Lage unter die Schichtfugen hinuntergreifen, sodaß dann ein nunmehr ovaler Hohlraum entsteht. Die dazwischen stehenden bleibenden Rippen werden nach Durchwitterung der Scheidewände zu sanduhrförmigen Pfeilern. Solange die Pfeiler noch nicht verwittert sind, ziehen hinter ihnen sich oft tunnelartige Säulengänge hin³. Diese Säulengänge, in denen die Feuchtigkeit langsamer verdunstet (genau wie oben bei den Hohlräumen, s. S. 172) und infolgedessen das Gestein zermürbt, sind wieder für die weitere Tätigkeit der Verwitterung die gegebenen Angriffs-

¹ Häberle, Kleinverwitterungsformen ff. (s. oben S. 132.)

² Häberle, l. c., S. 196.

³ Wie sie auch Walther aus der Wüste beschreibt (Die Denudation in der Wüste, S. 461—469).

punkte¹. Sehr wichtig erscheint Häberles energischer Hinweis darauf, daß die verschiedenen Verwitterungsformen nicht nur räumlich nebeneinander, sondern auch zeitlich hintereinander auftreten können, also einander ablösen. Es sind also nicht nur in den übereinander gelagerten Schichten, sondern auch in den benachbarten Partien ein und derselben Schicht gewisse, in der petrographischen Ausbildung begründete Abweichungen in der Widerstandsfähigkeit gegen die gesteinszerstörenden Kräfte vorhanden, die erst bei der Verwitterung in Erscheinung treten². Interessant erscheint auch Häberles Versuch einer chronologischen Bestimmung für die Verwitterungsgeschwindigkeit des Quadersandsteins. Aus Balkenlöchern am Drachenfels bei Busenberg (Rheinpfalz) glaubt er schließen zu dürfen, daß in etwa 220—230 Jahren an einer bestimmten Stelle ein Rückwittern der Wände um wenigstens 10 cm stattgefunden hat. Wäre diese Zahl sicher, so wäre damit der Ansicht Obsts, daß solche Kleinformen noch aus der Diluvialzeit, also seit Jahrzehntausenden, erhalten seien, wohl ein bedenklicher Stoß versetzt. (Doch ist infolge lokaler Umstände die Verwitterung an einem Orte gewiß eine rasche, am anderen eine langsame, bei durchaus demselben Gestein, und dürften solche Einzelzahlen kaum ohne weiteres zu verallgemeinern sein.) Doch kann der Schluß: „Die das Balkenloch umgebenden netzartigen Verwitterungserscheinungen können erst nach Zerstörung der Burg entstanden sein, da die (jetzt mit Gittern und Netzen bedeckte) Wand früher als Rückwand der Zwingerbauten aller Wahrscheinlichkeit nach glatt bearbeitet war“³ wohl kaum als zwingend gelten, selbst wenn man prinzipiell gegen die aus obigen Zahlen sich ergebende Verwitterungsgeschwindigkeit keine Bedenken trägt.

Der Schwerpunkt von Häberles Feststellungen betrifft den „Einfluß der Infiltration“⁴. Es wechseln im Gestein nicht nur nebeneinander und übereinander, sondern auch hintereinander Partien von verschiedener Struktur, von verschiedener Kornbindung und verschiedener substanzialer Beschaffenheit. Noch nicht feststehend ist es, ob es sich hierbei um eine primäre oder eine sekundäre Erscheinung handelt. Auch über den Faktor, der die Höhlungen geschaffen hat,

¹ Häberle, l. c. S. 198.

² Häberle, l. c. S. 184.

³ Häberle, l. c. S. 176, Anm. 2.

⁴ Häberle, l. c. S. 200 ff.

gehen, wie wir gesehen haben, die Ansichten noch auseinander. Auf Grund seiner Beobachtungen im Pfälzerwald möchte sich Häberle der „hauptsächlich von Hettner vertretenen Ansicht anschließen, daß keineswegs der gleichsam als Sandgebläse wirkende Wind die Vertiefungen geschaffen hat, sondern daß ihre Entstehung auf die derzeitigen normalen Verwitterungsvorgänge zurückzuführen ist“¹.

Allerdings möchte auch Häberle die Wirkung des Windes für bestimmte Erscheinungen nicht ganz ausgeschlossen haben. Er läßt die Frage offen, ob nicht der Wind in der Diluvialzeit an der Entstehung der jetzt mit einer Pflanzendecke überzogenen sehr regelmäßigen Steingitter, die er an stirnartigen, verkieselten Vorsprüngen beobachtet hat, vielleicht doch mitgewirkt haben könnte². Diese Gitter — von denen leider keine Abbildung hat beigegeben werden können — sind von den anderen, von ihm selbst beschriebenen unregelmäßig-netzförmigen Skulpturen in den weniger widerstandsfähigen, tonig-sandigen Bänken gänzlich verschieden. Häberle hat den Eindruck, „als ob sie sich jetzt gewissermaßen in einem Ruhestadium befänden, d. h. daß bei ihrer Herausbildung andere Kräfte tätig gewesen sein müßten als heute“³. Wenn es auch sehr schwer ist, mangels einer genaueren Vorstellung von dem Aussehen eines solchen Gitters, darüber etwas auszusagen, so ist doch vielleicht der Hinweis erlaubt, daß — wie bereits oben ausgeführt — die Erhaltung von diluvialen Kleinformen auf verkieselten Bänken ungleich weniger verwunderlich wäre als im normalen Sandstein. Auch für die von ihm „zitzenartig“ genannte Verwitterungsform nimmt Häberle die Wirkung des Regenwindes (Südwestwindes) an⁴.

Aber abgesehen von diesen besonderen Fällen möchte Häberle „für die netzartigen und ähnlichen Verwitterungsskulpturen nach dem Beispiel von Hettner das Sickerwasser zur Erklärung heranziehen, aber ihm bei diesem Prozeß eine andere Tätigkeit zuschreiben“. Gerade der von ihm hervorgehobene Umstand, „daß die einzelnen Verwitterungsformen nicht allein neben einander, sondern auch hinter einander auftreten und

¹ Häberle, l. c. S. 201/202.

Häberle, l. c. S. 203 und 186.

² Häberle, l. c. S. 186.

⁴ Häberle, l. c. S. 200 und 203.

sich gegenseitig ablösen, legt die Vermutung nahe, daß eine Infiltration von oben stattgefunden hat¹. Auch Petraschek hat schon den Gedanken ausgesprochen, daß die den Quadersandstein durchsetzenden Bänder „Infiltrationen sind, die jünger als der Quader sind“². Man muß sich also vorstellen, daß die Wässer, die infolge der Kapillarität ins Gestein eindringen und darin zirkulieren, bei ihrem Versinken das ganze Gestein durchtränken und dabei verschiedene mineralchemische Prozesse vollziehen. Es wird infolgedessen in einzelnen Partien mehr oder weniger eine Auflösung des Bindemittels stattfinden, in anderen werden die gelösten Bestandteile wieder zur Ausscheidung gelangen. Erstere Partien werden leichter verwittern, letztere eine größere Widerstandsfähigkeit erlangen. „Durchsetzen nun die Sickerbahnen das Gestein je nach seiner größeren oder geringeren Wasserdurchlässigkeit in bestimmten Richtungen, so wird deren Verlauf durch die Verwitterung sukzessive freigelegt werden müssen.“ Häberle sieht daher in den widerstandsfähigeren Leisten und Adern (zwischen den einzelnen Höhlungen) den Weg des Sickerwassers³. Die Verknotungen der herausgewitterten Leisten und Adern, wie sie sehr gut Häberles Abbildung 10 zeigt, erklären sich damit sehr natürlich als diejenigen Stellen, „wo sich das Wasser auf den einzelnen geneigten Schichtflächen etwas staute und dann ein wenig in seinem Wege nach unten abgelenkt wurde. Dadurch entstand das vielfach komplizierte maschig-netzartige Bild. Wo dagegen die Schichten konkordant liegen, erlitt das Sickerwasser keine Ablenkung und bewirkte deshalb eine mehr gitterartige Skulptur“⁴.

Mit Hilfe dieser neuen, von Häberle modifizierten „Sickerwassertheorie“ lassen sich nun auf sehr natürliche Weise die Mehrzahl der umstrittenen Kleinformen erklären: Im Verlaufe seiner vielen, verzweigten Bahnen hat das nach unten einsickernde Wasser an manchen Stellen das Gestein imprägniert, an anderen Stellen dagegen das Bindemittel gelöst und fortgeführt, letzteres sind die Stellen mit „sandiger Abwitterung“. Und was die imprägnierten Stellen betrifft, so treten diese in verschiedener Form auf: Wurden plattenförmige Partien in vertikaler Richtung infiltriert, so wurden

¹ Häberle, I. c. S. 204.

² Petraschek, Oberflächen- und Verwitterungsformen ff., S. 619.

³ Häberle, I. c. S. 206.

⁴ Häberle, I. c. S. 207.

dadurch die Bedingungen für die Entstehung von Verwitterungsrinden geschaffen (bisher mehrfach weniger gut „Schutzrinden“ genannt). Konkretionäre Anhäufungen mußten höckerige oder traubenförmige Verwitterungsformen hervorrufen. Finden wir unregelmäßig löcherige Auswitterung, so dürfen wir annehmen, daß die Versickerungsbahnen auf ihrem Wege nach der Tiefe regellos und in größeren Zwischenräumen verlaufen. Regelmäßige Verwitterungsformen entstehen dagegen, wenn regelmäßige Anordnung der Sickerbahnen eine gleichmäßige oder netzartige Verteilung der Infiltrationswässer bedingt¹.

Ganz wesentlich gestützt werden diese Anschauungen durch die mikroskopische Untersuchung. Häberle fand u. d. M. einerseits frischen, wenig verwitterten Sandstein hochgradig porös und infiltrationsfähig. Das Zement, wo es vorhanden ist, zeigt durch weiße oder graue Farbe die Freiheit von Eisenverbindungen. Dagegen zeigte sich bei fünf anderen Proben, die von der Verwitterung selektiv herausgearbeitet, also widerstandsfähiger waren (und zwar 1. herausgewitterte Rippe, 2. Verwitterungsrinde, 3. Zitzenförmige Verwitterung, 4. Verwitterungsleiste, 5. Verwitterungspfeiler), die Porosität sehr gering. Die im frischen Gestein vorhandenen Hohlräume waren hier fast ganz von einem, im Dünnschliff meist undurchsichtig erscheinenden, braunen Zement mit einem leichten Stich ins Rötliche erfüllt. Da sich dieses als Limonit angesehene Zement den Korngrenzen gewöhnlich genau anschmiegt, so ist hier natürlich ein viel festeres Bindemittel der Körner vorhanden als in dem normalen Gestein. Es ist aus diesem mikroskopischen Befund zu schließen, daß zweifellos eine sekundäre Infiltration und Imprägnation der jetzt als Pfeiler, Rippen, Zapfen usw. durch die Verwitterung herauskulpierten Partien stattgefunden hat. Dieser Imprägnierung verdanken die betreffenden Gesteinspartien ihre größere Widerstandsfähigkeit gegenüber den zerstörenden Agentien².

Diese Ausführungen und Resultate Häberles sind von ihm allerdings zunächst nur für den Buntsandstein des Pfälzerwaldes aufgestellt. Wenn man aber die zahlreichen (37) Photographien seiner Arbeit „Das Felsenland des Pfälzerwaldes“ betrachtet, die die Großformen behandelt, und die

¹ Häberle, l. c. S. 207/208.

² Häberle, l. c. S. 209.

(14) Abbildungen von Kleinformen aus seiner Studie über letztere, so kann man kaum mehr daran zweifeln, daß es sich im Pfälzerwald um völlig entsprechende oder vielmehr um dieselben Groß- und Kleinformen handelt wie in der Sächsischen Schweiz und den schlesisch-böhmischen Kreidegebilden. Die für das eine dieser Gebiete zutreffende Erklärung muß daher auch für die andern gültig sein. Freilich wird der exakte Nachweis für die Übertragbarkeit von Häberles Erklärungen auf die Sächsische Schweiz und die schlesisch-böhmischen Kreidegebilde noch zu erbringen sein (durch die entsprechende mikroskopische Untersuchung der Kleinverwitterungsgebilde). Aber nach dem, was Verfasser in der Sächsischen Schweiz, Adersbach-Wekelsdorf und Heuscheuergebirge in natura gesehen und durch Häberle an Abbildungen aus dem Pfälzerwald kennt, scheint es ihm nicht allzu gewagt, die Häberleschen Deduktionen schon jetzt auch auf die andern genannten Sandsteingebiete auszudehnen. Es wäre ein Leichtes, Abbildungen von Groß- und Kleinformen aus den vier Gebieten nebeneinander zu stellen, die ohne vorherige Kenntnis unmöglich verrieten, welchem der vier Gebiete sie entstammten. Bei vielen der Rippen, Leisten und Pfeiler ist auch in der Sächsischen Schweiz schon äußerlich ein größerer Eisengehalt erkennbar durch ihre gelbbraune Färbung. In manchen Rippen und besonders bei den ebenfalls in der Sächsischen Schweiz vertretenen zapfen- oder „zitzenförmigen“ Gebilden sah ich deutliche Infiltrationskanäle, von denen aus die Gesteinsfarbe von tiefbraun über gelbbraun und gelb allmählich in das normale gelbgrau des Sandsteins überging. Die Frage ist nur, inwieweit die Imprägnation mit Eisenverbindungen auch für solche Rippen und Pfeiler usw. angenommen werden darf, die äußerlich gar nichts davon erkennen lassen. Vielleicht oder wahrscheinlich wirken aber auch andere Infiltrationssubstanzen, wie z. B. sekundäre Kieselsäure zwischen den ursprünglichen Quarzkörnchen in gleicher Weise verhärtend.

Wenn wir also zum Schluß die Frage beantworten sollen: „Wie sind die löcherigen Verwitterungsgebilde und die Sanduhrpfeiler und Rippen dazwischen zu erklären?“, so meinen wir: Für die Annahme, daß es sich hier um Gebilde diluvialer Sandstürme handle, sind, wie bereits oben (s. S. 174) ausgeführt, durchaus keine genügenden Beweise vorliegend, wohl aber ließ sich manches dagegen einwenden. Vielmehr sind die eigenartigen Kleinverwitterungsformen mit allen ihren Abarten zu erklären mit Hilfe der rezenten

Verwitterung (womit nicht gesagt sein soll, daß nicht gelegentlich vielleicht auch ältere Formen erhalten sein können) auf Grund von Hettners „Sickerwassertheorie“, erweitert durch Häberles „Infiltrationstheorie“. Diese beiden Theorien ergänzen sich insofern, als Hettner in erster Linie die Bildung der Höhlen und Löcher, Häberle die der Pfeiler und Rippen dazwischen erklärt; auch denkt wohl Hettner mehr an die derzeitigen Sickerwasser, während man Häberles „Infiltrationen“ als fossiles Sickerwasser bezeichnen könnte. Wie Hettner selbst betont¹, ist dabei die Wirkung des gefrorenen Sickerwassers gegenüber dem in flüssigem Zustande ausschwitzenden jedenfalls nicht zu gering einzuschätzen, da dem gefrorenen Wasser eine lossprengende Kraft innewohnt, die dem flüssigen abgeht. Sollten sich Beispiele zellig oder schwammig-löcheriger Verwitterung (in geringerer oder größerer Anzahl) finden, deren Entstehung mit Sicherheit in die Diluvialzeit verlegt werden kann, so scheint uns für die Bildung der Höhlen und Grotten dieser Vorkommnisse die Sprengkraft des Eises zur diluvialen Eiszeit ein wichtigerer und geeigneterer Faktor als die Kraft des Windes der diluvialen Steppenzeit. Aus diesem Gesichtspunkt heraus sind wir nicht abgeneigt, die Anfänge der Bildung großer Tore der Sächsischen Schweiz, wie Prebischtor, Kuhstall, aber auch ebenso großer Höhlen, wie des Diebskellers (Gutbierhöhle) am Quirl bei Königstein, in die Eiszeit zu verlegen, in der die heute wirksamen, löcherbildenden Faktoren in wesentlich verstärktem Maße tätig sein mußten.

c. Pilz- und Hammerfelsen.

Als letzte rätselhafte Erscheinungen behandelt Obst die „Pilz- und Hammerfelsen“², eigentümliche Felsformen, die auf einem verhältnismäßig schmalen Stiel ein pilz- oder hammerähnliches Gebilde als Kopf tragen, das Ganze aus Quadersandstein geformt. Diese Formengruppe scheint — im Gegensatz zur vorigen — in der Sächsischen Schweiz am wenigsten gut vertreten, eine gewisse Berühmtheit hat hier nur ein Exemplar dieser Gattung, der sogen. „Steinpilz“ in den Tyssaer Wänden. Einen besseren Begriff von diesen Formen bekommt man im Heuscheuergebirge (auf dem sogen. Hampelfeld und dem Käsebrettplateau). Die Abbildungen und Aus-

¹ Geograph. Zeitschr. 16. Jahrg. 1910, S. 690.

² Obst, l. c. S. 100—102.

führungen Häberles über „Pilz“- und „Tischfelsen“ in seinem „Felsenland des Pfälzerwaldes“ zeigen, daß auch dort diese Formengruppe häufiger und besser ausgebildet auftritt als in der Sächsischen Schweiz. Seine Abbildung 34 vom „Teufelstisch“ bei Kaltenbach erinnerte mich gleich beim ersten Anblick an das von den Führern als „Löwentatze“ bezeichnete Gebilde in den Wilden Löchern der Heuscheuer. Der „Wackelstein“ auf dem Rindsberge bei Reinthal im Pfälzerwald (Abb. 35) kann mit dem „Steinpilz“ von Tyssa verglichen werden.

Alle Erklärer dieser sonderbaren Gebilde sind darin einig, daß die Grundlage für ihre Entstehung in dem Wechsel einer härteren Schicht oben und einer weicheren Schicht unten zu suchen ist. Aus der Tatsache, daß die Felsen jetzt mitten im Walde stehen, wo weder Wasser noch Wind augenblicklich abtragend wirken können, und daß die bei der Verwitterung entstehenden Detritusmassen nicht mehr vorhanden sind, zieht Obst den Schluß, daß die Herausarbeitung dieser Formen überhaupt kaum in der Gegenwart sich vollzogen haben kann. Als „kennzeichnende Eigenart aller Hammerfelsen, wo immer man ihnen begegnen mag“, beschreibt Obst die konstante Richtung ihrer Längsachse in $N 70^{\circ}—80^{\circ} W^1$. Diese Tatsache legt ihm den Gedanken nahe, aus der stets gleichbleibenden Längsrichtung der Felsen auf eine in dieser Richtung wirkende Kraft zu schließen, die die Hammerfelsen herausmodelliert habe. Als einzige Kraft aber, die in einer bestimmten Richtung besonders stark modellierend wirken kann, kommt der Wind in Betracht. So führt ihn das Studium dieser Hammerfelsen zu der „Vermutung, daß starke, von OSO wehende Winde in einer der geologischen Gegenwart vorausgegangenen Periode diese Formen geschaffen haben“. Zierliche, sanduhrförmige Pfeiler an der Einschnürung zwischen Kopf und Stiel dieser Riesenpilze und schwach vorspringende, etwas wellig verlaufende Leisten an den Seitenflächen werden als Beweise für Windkorrasion angeführt. Zusammengehalten mit den anderen Kleinverwitterungsformen ergibt sich also, daß auch die Hammerfelsen in der Periode der diluvialen Sandstürme entstanden sind. Das Sandgebläse zerstörte die unten lagernden weicheren Schichten, während sich die darüber befindliche härtere Schicht allmählich zu einem allseitig überragenden Schirm herausbildete¹.

Um mir auch über diese vielleicht merkwürdigsten von

¹ Obst, l. c. S. 101.

allen beschriebenen Verwitterungsformen eine auf eigene Anschauung gegründete Meinung bilden zu können, besuchte ich das sogen. „Käsebrett“-Plateau an der Wünschelburger Lehne, das „Hampelfeld“ und die „Sieben Kammern“. Am ersten Ort stehen namentlich „Pilzfelsen“, an den beiden andern „Hammerfelsen“. Wie der Augenschein lehrt, ist in der Heuscheuer bei diesen Gebilden eine harte Sandsteinschicht unterlagert von einer Geröllschicht mit bis haselnußgroßen Geröllen, darunter weicherer Sandstein. Der Träger besonders vieler Herauswitterungen, kleiner Löcher und Sanduhrpfeiler dazwischen, rings um die Felsen herum, ist die genannte, nur wenig mächtige Geröllschicht. Die Löcher sind nicht etwa dadurch entstanden, daß die größeren Quarzgerölle herausgefallen wären, vielmehr springen gerade diese, durch ihre weiße, rötliche oder bläuliche Farbe auffallend, deutlich infolge ihrer Härte hervor, dazwischen sind in die feinerkörnigen Sandsteinspartien die Löcher hineingefressen. Über dieser Geröllschicht, die deutlich die petrographische Bedingtheit der Löcher und Sanduhrpfeiler erweist, springt dann in Gestalt von Kähnen oder Riesenhammern die härtere, ziemlich dicke Schicht vor. In den Sanduhrpfeilern Windkorrosionswirkungen zu sehen, scheint hier noch weniger angebracht, wie anderwärts, da der Wechsel zwischen hartem und weichem Material hier allzudeutlich ist; jede hier angreifende Kraft wird diesen Wechsel herauspräparieren. Auch von den wellig verlaufenden Leisten ringsherum wird sich schwerlich beweisen lassen, daß es gerade Windwirkungen seien. Eine konstante Richtung der Längsachse der Hammerfelsen von N 70—80 W habe ich mich vergeblich bemüht zu finden. Vielmehr fand ich bei allen Kähnen oder „Hämmern“ auf dem Hampelfelde und an den „Sieben Kammern“ genau dieselben zwei Kluftrichtungen das Ganze beherrschend wieder, wie an Heuscheuer und Spiegelberg. Nach meinen Beobachtungen fällt die Längserstreckung aller Hammerfelsen genau mit der Hauptkluftrichtung des ganzen Gebirges zusammen (zirka N 53° W). Zum Beweise wurde dies bei einer Anzahl besonders scharf ausgebildeter Hammerfelsen noch besonders festgestellt (s. oben die Tabelle S. 136). In einzelnen Fällen erwiesen sich die beiden Seitenränder des „Hammers“ etwas von der Hauptkluftrichtung abweichend, der eine nach links (bis etwa 10°), der andere nach rechts (ebensoviel), die Gesamtlängserstreckung des Hammers folgte aber der tektonischen Hauptrichtung. Offen-

bar waren hier die Ränder durch Verwitterung abgerundet und bildeten daher keine scharfe Kluftwand mehr. In anderen Fällen waren Gesamterstreckung des Hammers und die beiden Ränder genau parallel, und zwar in der tektonischen Hauptrichtung verlaufend. — Nur in einzelnen Fällen ließ sich die andere, zweite der oben festgestellten tektonischen Kluftrichtungen noch messen, sie ergab sich übereinstimmend mit der an anderen Orten festgestellten (zirka N 31° O). Da sie aber die Schmalseite der Hämmer bildet, während die Längsachse der Hauptrichtung folgt, ist sie durch die Verwitterung weit stärker verwischt als die andere Richtung. (Neben diesen beiden, demnach auch hier auftretenden, normalen Kluftrichtungen tritt an den „Sieben Kammern“ untergeordnet noch eine dritte auf, die aber nur Lose, keine Klüfte bildet, und die nur schwer von der ebenfalls auftretenden Diagonalschichtung zu unterscheiden ist, sie fällt aber nicht wie diese nach SW und W, sondern nach N).

Insgesamt war es mir durchaus nicht möglich, mich davon zu überzeugen, daß Pilz- und Hammerfelsen Windgebilde seien. Weder können die Sanduhrpfeiler noch die welligen Verwitterungsfurchen an den Stielen als Windkorrosionsspuren gedeutet werden, noch war es mir möglich, die von Obst behauptete konstante Richtung ihrer Längsachse in N 70—80 W bestätigt zu finden. Nach meinen Beobachtungen halte ich es für zweifellos, daß die Längsseite der Hammerfelsen der tektonischen Hauptrichtung (zirka N 53° W) folgt, die Schmalseite, soweit sie überhaupt noch meßbar ist infolge ihrer Kürze und des abrundenden Einflusses der Verwitterung, der zweiten tektonischen Richtung des Gebirges (zirka N 28° O) folgte. Die Lage des Hampelfeldes (des Standortes der Hammerfelsen) am Felsrand der Wünschelburger Lehne (dasselbe gilt für das Käsebrettplateau mit seinen Pilzfelsen) direkt in der Nähe einer sich tief nach Osten hinabziehenden Erosionsschlucht spricht deutlich für Wasserwirkung. Auf dieselbe Kraft weisen die sehr schön abgerundeten, glockenartigen Felsgipfel am Rande des Hampelfeldes hin. Auch Obst selbst macht darauf aufmerksam¹, daß die eine der beiden Hauptkluftrichtungen etwa in derselben Richtung streicht wie die Längsachse der Hammerfelsen. Unter solchen Umständen können aber die OSO — WNW gestreckten Hammerfelsen nicht als ein weiterer Be-

¹ Obst, l. c. S. 101.

weis angesehen werden für die von Solger¹ aus seinen Dünenstudien im norddeutschen Flachland gezogenen Schlüsse, daß aus OSO wehende Luftströmungen der Diluvialzeit die Dünen geschaffen.

Auch Häberle gelangte im Pfälzerwald zu der Ansicht, daß „an der Herausbildung der Tischfelsen wohl weniger der Wind als die Feuchtigkeit Anlaß hat, sei es in der Form von Regen oder Tau oder von Sickerwasser (Bergfeuchtigkeit), indem sie in Spalten und Höhlungen oder an der Unterseite von gesimsartigen Vorsprüngen weniger schnell verdunstet als an der Oberfläche, dadurch an diesen Stellen die chemische und mechanische Zerstörung der weniger widerstandsfähigen Schichten beschleunigte und eine ausgedehnte Untergrabung der darüber folgenden Lagen bewirkte“². Dagegen hatte Reis „besonders die isoliert stehenden Tischfelsen“ (übrigens auch die vielfach zu beobachtende wabenförmige Auswitterung auf der Unterseite der Felsen) „auf Winderosion zurückführen“ wollen³. V. Lozinski glaubt, daß die Pilzfelsen von Tyssa in der Sächsischen Schweiz durch von unten nach oben fortschreitende löcherige Auswitterung entstanden sind⁴. — Jedenfalls, wie auch der Vorgang der Ausbildung im einzelnen gewesen sei, es liegt kein Grund vor, die Untergrabung der Hämmer und Pilze dem Winde, statt dem Wasser zuzuschreiben. —

Nur andeutungsweise sei zum Schluß noch auf zwei weitere Verwitterungsformen hingewiesen, die die besprochenen Sandsteingebiete mit der Wüste gemeinsam haben: die (wohl fälschlich) sogenannte „Schutzrinde“ und die „Wackelsteine“. Beide können sicher ebensogut unter humidem, wie unter aridem Klima sich bilden. Da sie von Obst auch nicht als „Wüstenformen“ herbeigezogen worden sind zu seiner Theorie, sei auch an dieser Stelle auf ihre nähere Besprechung verzichtet und nur erwähnt, daß von der „Schutzrinde“ — besser „Verwitterungsrinde“, da es sich hier bestimmt um eine Inkrustation oder Infiltration im Sinne Häberles handelt — der Verfasser nicht ein einziges gutes Exemplar in der

¹ Solger, Die Entstehung des brandenburgischen Odertals, Monatsber. d. deutsch. Geolog. Gesellschaft Nr. 10/11, 1907, S. 243.

² Häberle, Felsenland des Pfälzerwaldes, S. 188.

³ Reis, Erläuter. z. Blatt Zweibrücken d. geognost. Karte v. Bayern, S. 154.

⁴ v. Lozinski, Über d. mechan. Verwitterung d. Sandsteine im gemäßigt. Klima, S. 6 ff

Heuscheuer bemerkt hat (auch in der Sächsischen Schweiz sind vollendete Beispiele nicht eben häufig, weniger häufig als schöne Beispiele löcherartiger Verwitterung), und daß einige wenige Beispiele von „Wackelsteinen“ (mit der Hand zu bewegenden großen Quaderblöcken auf kleiner Unterlage) auf der Großen Heuscheuer und an den Wilden Löchern auf dem Spiegelberg sich finden.

C. Ergebnis.

Fassen wir zum Schluß kurz die Resultate unserer Beobachtungen und Betrachtungen über das Heuscheuergebirge, unter Anwendung auf die Sächsische Schweiz, soweit sie als von allgemeiner Bedeutung gelten können, und unter Ausschaltung aller Details von nur lokaler Bedeutung, zusammen, so erhalten wir etwa folgendes Bild:

Die von Obst in den schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen gemachten Beobachtungen über die rezente Verwitterung und Verwitterungsfähigkeit der Sandsteine möchten, soweit sie durch die Verwendung der modernen Untersuchungen Hirschwalds einen prinzipiellen Fortschritt darstellen, auch auf die Sächsische Schweiz übertragen werden. Vielleicht kann durch mikroskopisch-petrographische Untersuchung der Sandsteine der Sächsischen Schweiz auf Kontakt-, Basal- und Porenzement die Erkenntnis petrographisch und nicht petrographisch bedingter Stufen und Terrassen gefördert werden. Ebenso scheint es nach dem erfolgreichen Vorgange Petrascheks in der mittelsudetischen Kreidemulde angebracht, die Sockel (Fußhänge) der „Steine“ der Sächsischen Schweiz nach dem Auftreten von weicheren, tonigen Schichten (unter dem Quader der Felskrone) zu durchforschen, die bisher vielleicht durch die enorme Quaderüberrollung verdeckt geblieben sein könnten. Ihre Auffindung würde das Verständnis der Tafelberge und der Ebenheiten wesentlich erleichtern.

Für eine Erklärung der Großformen der Heuscheuer, Sächsischen Schweiz usw. (Tafel- oder Zeugenberge mit weiten Erosions- und Denudationslücken dazwischen) als Produkte von Windwirkung, wie Obst meint, aus der Zeit der diluvialen Steppenperiode, liegen keinerlei Beweise vor, wohl aber spricht vieles dagegen und zeugt für Wasserwirkung. Die von Obst aus den schlesisch-böhmischen

Kreideablagerungen geschilderten Kleinformen, die sich ebenso und zwar zum großen Teil weit zahlreicher und besser als dort in der Sächsischen Schweiz, übrigens auch im Pfälzerwald-sandstein finden, können zum weitaus größten Teile nicht als Beweise für Windkorrasion angesehen werden, zumal nicht für Relikte aus der diluvialen Steppenzeit. Ihre Erklärung ist auch unter Voraussetzung des jetzigen humiden Klimas sehr gut möglich mit Hilfe von Hettners „Sickerwassertheorie“, aber letztere ergänzt und modifiziert durch Häberles „Infiltrationstheorie“. Die Übertragung von Häberles detaillierten Untersuchungen der Kleinformen im Pfälzerwald auf die Sächsische Schweiz und die böhmisch-schlesischen Kreideablagerungen ist wünschenswert und Erfolg versprechend.

Wenn ein so weitreichender, sich bis auf die heutigen Kleinformen erstreckender Einfluß der diluvialen Steppenperiode auf das Relief der deutschen Mittelgebirge in dem Maße, wie es Obst annimmt, nicht zugegeben werden kann, so soll damit keineswegs die Tatsache der diluvialen Steppenperiode als solche und ihre gelegentliche morphologische Wirksamkeit (Dreikanter, Windschliffe an dichten, harten Gesteinen) in Zweifel gezogen sein. Auch das Vorhandensein einer beschränkten, rezenten Windkorrasion an geeigneten Stellen soll damit nicht in Abrede gestellt sein. Mit größerer Sicherheit dürften die zahlreichen Schutthalden (Fußhangbestreuung) aus riesengroßen Blöcken in den genannten Sandsteingebieten als ein Produkt der Diluvialperiode, und zwar der Eiszeit, anzusehen sein, in welcher der — auch heute noch bedeutende — Spaltenfrost morphologisch noch wirksamer sein mußte als zur Jetztzeit. Als eine weitere Bestätigung der von anderen Autoren aus anderen Untersuchungen gezogenen Schlüsse auf das Vorherrschen ost-südöstlicher Winde in Deutschland zur Zeit des Diluviums kann die morphologische Beschaffenheit der schlesisch-böhmischen Kreidegebiete keinesfalls gelten. Vielmehr ist die Giltigkeit von Hettners Schlußsatz aus seiner Abhandlung „Über die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz“ (1903): „Die eigentümliche Art der Bodengestaltung der Sächsischen Schweiz ist nicht im Klima, sondern in der Gesteinszusammensetzung begründet; ihre Felsbildungen sind nicht wie in der Wüste die Folge einer Trockenheit des Klimas, sondern der Trockenheit des Bodens“ auch auf die Gebiete von Pfälzerwald, Adersbach-Wekelsdorf und Heuscheuergebirge auszudehnen.

Nachschrift.

Nach Abschluß vorliegender Arbeit ist in der Geograph. Zeitschrift, 17. Jahrg. 1911, S. 578—580 ein Artikel von Prof. Passarge „Wüstenformen in Deutschland?“ erschienen, der erklärt, daß Dr. Obst in seiner Arbeit im wesentlichen eine Reihe von Anschauungen wiedergegeben hat, die Passarge ihm mitgeteilt hat. Passarge faßt seine Ansicht über die Ergebnisse der Obstschen Untersuchungen dahin zusammen, er wage zu hoffen, daß seine Anschauungen über heutige und diluviale Verwitterung, die man in der Obstschen Arbeit vertreten findet, bei weiterer Prüfung im wesentlichen Bestätigung finden dürften. Er gibt aber zu, daß Obst zu weit gegangen sei, indem er auf ein Wüstenklima mit Sandstürmen diagnostizierte.

Gleichzeitig mit obigem Artikel (Anf. Novbr. 1911) ist ein Aufsatz „Zur Morphogenie der Sächsischen Schweiz“ von H. v. Staff und H. Raßmuß (Berlin) erschienen in der Geolog. Rundschau, Bd. II, 1911, S. 373—381. Der Artikel stellt die erste Anwendung von Davis' Lehre vom „geographischen Zyklus“ auf die Sächsische Schweiz dar und verfolgt eine ganz andere Tendenz als Obsts und die vorliegende Arbeit. Die Frage nach der Entstehung der Kleinformen wird nirgends berührt. Das Resultat ist eine genauere Chronologie des Abtragungsprozesses. Die Oberflächen der „Steine“ (Tafelberge) ergeben sich als Reste einer post-basaltischen Peneplain, über die der Große Winterberg und Große Zschirnstein als Monadnocks („Härtlinge“) aufragen, und in die die Ebenheitsflächen gleichfalls als Peneplain eingelassen sind, deren Ausreifung sich im jüngsten Tertiär und älteren Diluvium (bis in die Mitte der dortigen Vereisung) vollzogen hätte.

Möchte die Arbeit den Anlaß geben zu weiterer Anwendung physiogeographischer Betrachtungsweise auf die Sächsische Schweiz. Der Detailforschung liegt hier noch ein weites Feld offen!