

das nivale Gebirgsstockwerk an der Nordabdachung, das sich durch einen ausgeprägten glazialen Formenschatz auszeichnet (Abb. 6).

Aus dieser Situation leitet sich die asymmetrische Bergrücken- oder Talhangformung ab, wie man sie in dieser Prägung ausschließlich in Gebirgen der subtropischen Breiten findet (W. KLAER 1962, Abb. 33 und 51 u. a.).

Literatur

- BOBEK, H. (1937): Die Rolle der Eiszeit in Nordwest-Iran. Ztschr. f. Gletscherkunde 25.
- HÖLLERMANN, P. (1964): Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenbildung im oberen Suldental (Ortler-Gruppe/Südtirol) Z. f. Geom., Supplementband 4.
- HÖVERMANN, J. (1960): Über Strukturböden im Elburz (Iran) und zur Frage des Verlaufs der Strukturbodengrenze. Z. f. Geom. N.F. 4.
- KLAER, W. (1962): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. Heidelberger Geographische Arbeiten H. 11.
- , (1962 a): Die periglaziale Höhenstufe in den Gebirgen Vorderasiens. Ein Beitrag zur Morphogenese der Hochgebirge in den subtropischen Breiten. Z. f. Geom. N.F. 6.
- , (1965): Geomorphologische Untersuchungen in den Randgebirgen des Van-See (Ostanatolien). Z. f. Geom. N. F. 9.
- LOUIS, H. (1944): Die Spuren eiszeitlicher Vergletscherung in Anatolien. Geol. Rdsch. 34.
- , (1960): Allgemeine Geomorphologie. Lehrb. d. Allg. Geographie, Berlin.
- MESSERLI, B. (1967): Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. Geogr. Helvetica.
- PASCHINGER, V. (1912): Die Schneegrenze in verschiedenen Klimaten. Pet. Geogr. Mitt., Erg. H. 173, Gotha.
- RATHJENS, C. (1965): Ein Beitrag zur Frage der Solifluktionsgrenze in den Gebirgen Vorderasiens. Z. f. Geom. N. F. 9.
- SPREITZER, H. (1957): Zur Geographie des Kilikischen Ala Dagh im Taurus. Festschr. z. 100-Jahr-Feier d. Geogr. Ges. Wien 1856–1956.
- , (1960): Hangformung und Asymmetrie der Bergrücken in den Alpen und im Taurus. Z. f. Geom. Supplementband 1.
- TROLL, C. (1948): Der subnivale und periglaziale Zyklus der Denudation. Erdk. 2.
- WICHE, K. (1960): Klimamorphologische Untersuchungen im westlichen Karakorum. Verh. d. Dtsch. Geogr. T. 1959, Wiesbaden.

BÜSSERSCHNEE IN VORDERASIEN

Mit 7 Bildern

GÜNTHER SCHWEIZER

Summary: 'Büссerschnee' ('penitentes') phenomena in the Near East

Numerous recent observations of 'Büссerschnee' deposits in the mountain ranges of the Near East serve as the base for a fresh investigation of the problems concerning the geographical distribution of true snow 'penitentes' in this area. The 'Büссerschnee' formations investigated by the author in the Kuh-e-Sabalan Massif (NW Iran) and the volcanic plug of the Demavend (Elburz, northern Iran) are described in some detail. The appearance of 'penitentes' forms on the Kuh-e-Sabalan (4740 m) is of particular interest, since in the present state of research, it is the most northerly and westerly true 'Büссerschnee' deposit in the entire Asian mountain system. Study of many glaciologic and alpinist reports on the Anatolian mountains allows the formation of 'Büссerschnee' in that area to be firmly disregarded. There thus seems to be a clear boundary fence between Elburz, Kuh-e-Sabalan and the Zagros (?) on the one hand and the Caucasus, Ararat, Süphan Dagı and the Hakkâri Taurus on the other which separates the Near Eastern mountains with annual 'Büссerschnee' in the east from those without periodic 'penitentes' formation in the west.

In seinem grundlegenden, weltweite Beobachtungen zusammenfassenden Werk über den Büссerschnee schreibt C. TROLL (1942, S. 88): „In den übrigen vorderasiatischen Hochgebirgen [d. h. abgese-

hen vom Hindukusch] ist Büссerschnee bisher nicht beobachtet worden. Man könnte an Möglichkeiten im Älburs (Demavend), im östlichen Kaukasus, am Ararat, im Südiranischen Randgebirge, im Taurus und im Erciyes Dağı denken.“ Auch in einem späteren Nachtrag kann C. TROLL (1949, S. 26) mangels einschlägiger Unterlagen noch keine genaueren Angaben zur Verbreitung des Büссerschnees im vorderasiatischen Raum machen.

Aufgabe des vorliegenden Berichtes soll es sein, einige Beobachtungen an Büссerschneebildungen in iranischen Hochgebirgen mitzuteilen sowie einen Überblick über die Verbreitung dieser eigenartigen Ablationsformen im Gesamttraum Vorderasiens zu geben. Während der letzten zehn bis fünfzehn Jahre wurden die Hochgebirge dieses Raumes einer intensiven bergsteigerischen Erschließung und – zumindest in großen Teilgebieten – einer gletscherkundlich-glazialmorphologischen Erforschung unterzogen, so daß beim heutigen Stand der Kenntnisse eine solche Zusammenfassung angezeigt zu sein scheint.

1. Beobachtungen am Kuh-e-Sabalan (Nordwestiran)

Die breite, in E-W-Richtung langgezogene Kette des vulkanischen Sabalan-Gebirges erhebt sich über

dem Hochland Iranisch-Aserbaidshans bis zu einer Gipfelhöhe von 4740 m¹⁾). Der Sabalan-Ostfuß ist zwar nur 60 km vom niederschlagsreichen, vollhumiden Ufer des Kaspischen Meeres entfernt, jedoch liegt das Gebirge selbst bereits innerhalb der kontinentalen Klimaprovinz des Hochlandes; in allen benachbarten Stationen entfallen die 6–8 ariden Monate auf Sommer und Herbst, die Jahresniederschläge sind im Hochland gering (250–350 mm) und verteilen sich fast ausschließlich auf Winter und Frühjahr. Der Gipfelbereich selbst empfängt wohl höhere Niederschläge, da er sogar im Sommer und Herbst immer wieder von einem Wolkenkranz umgeben ist, aus dem sich kurze Gewitter mit Regen- und Schneeschauern entladen.

Die folgenden Beobachtungen entstanden während einer Schönwetterperiode, als ich mich mit meinem Begleiter E. Dürr vom 16. bis 26. September 1968 zu gletscherkundlichen Untersuchungen in der Hochregion des Kuh-e-Sabalan aufhielt. Der zentrale Teil des Gebirges trägt sieben kleine Kar- und Hang-

gletscher; die klimatische Schneegrenze wurde zu 4500 m bestimmt. Neben den eigentlichen Gletschern finden sich hier zahlreiche größere und kleinere Firnflecken, die – berücksichtigt man den späten Zeitpunkt unseres Besuches und die Tatsache, daß das vorausgegangene Jahr einen normalen Witterungsablauf zeigte – als perennierend bezeichnet werden können.

Die tiefstgelegenen Firnflecken liegen in lokalklimatisch begünstigten Hohlformen in etwa 3700 m. Eigentlicher Büsserschnee tritt hier noch nicht auf, jedoch ist die meist steile Firnoberfläche von Initialformen in der Art des „Wabenschnees“ („honeycombed snow“, „neige en nid d’abeilles“) überzogen. Die ersten isolierten kleinen Firnzacken zeigen sich beim Anstieg auf der Südflanke in 4200 m²⁾. Mit zunehmender Höhe werden die Penitentes größer und deutlicher. Am schönsten ausgebildet und am stärksten verbreitet sind sie auf dem kuppigen Gipfelplateau (4700 m) des Ost- oder Hauptgipfels (Bild 1 u. 2) sowie auf der Hochfläche (4500 m) des kegelstumpfförmigen Westgipfels. Hier sind nahezu alle Firnflächen, die vor allem an beschatte-

¹⁾ Die offiziellen topographischen Karten, darunter die neue Militärkarte Southwestern Asia 1 : 250 000 von 1951, verzeichnen eine Höhe von 4811 m, die jedoch nach drei getrennten barometrischen Messungen bei zwei verschiedenen Besteigungen zu 4740 m korrigiert werden muß.

²⁾ Auf der Nordseite sowie auch im Bereich zwischen Ost-, Mittel- und Westgipfel wurden die tiefstgelegenen Büsserschneebildungen in 4300–4400 m Höhe beobachtet.



1



2



3

Bild 1: Büsserschnee auf dem kuppigen Gipfelplateau des Kuh-e-Sabalan-Ostgipfels in 4700 m Höhe (Ende Sept. 1968)

Bild 2: Jahreszeitliche Penitentesformen am Ostgipfel des Kuh-e-Sabalan, 4740 m (Ende Sept. 1968)

Bild 3: Gipfelkrater des Demavend (5678 m). Die Firnhänge sind ausnahmslos von periodischem Büsserschnee bedeckt. (6. Sept. 1968)

ten Hängen, jedoch auch auf ebenem oder nur flach geneigtem Gelände auftreten, von 30–80 cm hohen Büsserschneefiguren bedeckt. Es sind offenbar jahreszeitliche Bildungen, also echte einjährige oder annuelle Büsserschneeformen im Sinne von C. TROLL (1942). Anzeichen für ein mehrjähriges Überdauern, d. h. für die Existenz perennierender Penitentes, wurden am Sabalan nicht gefunden. Die Neigung der einzelnen Zacken, die sich hier zwischen 50° und 60° bewegt, spricht, wenn man die überall beobachtete Abhängigkeit von der mittäglichen Sonnenhöhe in der Jahreszeit der Büsserschneebildung beachtet (TROLL, 1942, S. 33–36), für eine Entstehung im Spätsommer und im Herbst. Dieser Befund deckt sich durchaus mit der Beobachtung, daß der Sabalangeipfel im Frühsommer fast täglich von Gewittern heimgesucht wird (SJÖGREN 1888, S. 45); erst nach dieser Jahreszeit scheint die Lufttrockenheit groß genug zu sein, um eine für die Penitentesbildung ausreichende Schneeverdunstung zu gewährleisten. Auch der Bericht von A. HEIM (1952), der den Sabalangeipfel Mitte August 1950 besuchte, weist in diese Richtung. Obwohl A. HEIM ausdrücklich die schönen Büsserschneebildungen am Demavend beschreibt, erwähnt er für den Sabalan nichts dergleichen. Man darf also annehmen, daß zu jenem Zeitpunkt kein Büsserschnee vorhanden war.

Im übrigen ist es nicht notwendig, an dieser Stelle auf weitere Einzelheiten und auf genetische Probleme einzugehen, da sich die Befunde vom Kuh-e-Sabalan durchaus in den Rahmen der von C. TROLL (1942) aufgezeigten Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten einfügen. Auf die Bedeutung des Büsserschneevorkommens am Sabalan für die geographische Verbreitung dieses Phänomens im vorderasiatischen Raum wird im letzten Abschnitt eingegangen.

2. Beobachtungen am Demavend (Elburs, Nordiran)

Der regelmäßige, radial zerfurchte Vulkankegel des Demavend ist als geologischer Fremdkörper den Faltenketten des Elburs aufgesetzt. Sein Gipfel, in den ein kleiner Krater eingelassen ist, erreicht 5678 m. Damit erhebt sich der Demavend weit über das Kondensationsniveau, das fast ständig über der zum Kaspischen Meer abfallenden Nordseite des Elburs liegt und dessen Nebelschwaden durch das Haras-Tal bis zum Fuße des Gipfels vordringen. Die heutige Schneegrenze am Demavend bestimmte H. BOBEK (1937, S. 138) für die Nordexposition zu 4500 m.

Die Besteigung durch unsere Gruppe³⁾ erfolgte am 6. September 1968 über die Südflanke des Kegels. Die tiefstgelegenen Firnflächen reichten hier als Schneeflanken von 20–25° Neigung bis in eine Höhe von 4800 m herab. Zum Gipfel hin nehmen die in

der Falllinie langgezogenen Firnschneebahnen an Zahl und Ausdehnung zu. Alle Firnflächen waren von schön ausgeprägten Penitentes bedeckt. Am schönsten war dies an der Innenseite des Gipfelkraters in 5600–5650 m zu beobachten, wo die Büsserschneefelder einen kleinen Kratersee umschlossen (Bild 3). Die einzelnen Firnzacken erreichten 0,5–1 m Höhe. Am Rande der Schneeflecken waren sie häufig schon aus dem Verband gelöst und nahmen rudimentäre Formen an.

Wie am Kuh-e-Sabalan, handelt es sich auch bei den Büsserschneebildungen am Demavend um echte jahreszeitliche Penitentes, die im Spätsommer zu entstehen scheinen. G. BABINGER (1916, S. 117 ff.) jedenfalls, der den Gipfel Mitte Juni besuchte, berichtet nichts von diesen auffälligen Formen, ebenso STEINAUER (1937, S. 42 f.), dessen Besteigung in eine (vermutlich frühsummerliche) Schlechtwetterperiode fiel. Dagegen beschreiben Besucher, die den Berg im September bestiegen⁴⁾, jeweils ausgesprochen schöne Zackenfirnbildungen vom Südhang und vom Gipfelkrater. Eine Gruppe von französischen Geographen (P. BOUT u. a. 1961, S. 78) fand den Nordostgletscher von mehreren meterhohen Büsserzacken bedeckt, doch dürften dies wohl Eispenitentes, also Formen der bedeckten Ablation, gewesen sein.

3. Die geographische Verbreitung von Büsserschnee in den Hochgebirgen Vorderasiens

Aus den zentralasiatischen Gebirgen ist das Vorkommen von Büsserschnee seit langem bekannt (vgl. C. TROLL 1942, S. 77–87 und 1949, S. 26). Die Hinweise von TROLL (1942, S. 87 f.) auf beispielhaft schöne Penitentesbildungen im Hindukusch wurden in neuerer Zeit ergänzt durch die Beobachtungen zahlreicher Bergsteigergruppen, die von Büsserschnee bei ihren Bergsteigungen gehindert wurden und ihn deswegen erwähnenswert fanden⁵⁾. Leider fehlen meist nähere Angaben. Hervorzuheben sind die Beobachtungen von E. GRÖTZBACH & A. v. HILLEBRANDT (1964, S. 28), die im Khwaja Muhammad-Gebirge des mittleren Hindukusch bis zu 3 m hohe, jahreszeitliche Schneepenitentes vorfanden. Im Gegensatz zum Demavend scheint Büsserschnee hier nur selten größere Flächen zu bedecken; jedenfalls war er Ende August auf

⁴⁾ A. HEIM (1952, S. 126 f.) am 10. September 1950, A. PATZELT (1956, S. 97 f.), am 28. September 1955, P. BOUT u. a. (1961, S. 77 f.) am 29. September 1958.

⁵⁾ Büsserschnee im Hindukusch erwähnen die folgenden Berichte:

a) Mittlerer afghanischer Hindukusch: H. BILLER (1960, S. 133), H. WINKLER (1961, S. 52), O. HUBER (1962, S. 173), W. PATZELT & J. ZIEGLER (1963, S. 154 ff.), E. GRÖTZBACH & A. v. HILLEBRANDT (1964, S. 28).

b) Hoher oder Nordöstlicher afghanischer Hindukusch: K. DIEMBERGER (1968, S. 144 ff.).

c) Pakistanischer Hindukusch: H. SCHELL (1967, Seite 163 ff.), M. SCHMUCK (1967, S. 151).

³⁾ E. Dürr, E. Ehlers und der Verfasser.



4



6



5



7

Bild 4: Büsserschneefeld am Nordgipfelhang des Sakh-i-Kaj-Darrah im mittleren Afghanischen Hindukusch (Piw-Gruppe) über dem Farkhar-Tal bei 4800 m. Blick nach Westen. Penitentes 1 m hoch. Photo E. GRÖTZBACH, 26. 7. 1963

Bild 5: Mittlerer Afghanischer Hindukusch. Vom Gipfel des Duganagi sarki (Imun-Quellgebiet) nach Norden, 5410 m. Büsserschnee. Photo A. v. HILLEBRANDT, 26. 8. 1963

Bild 6: Büsserschnee am Grat zum Kollae-Ahmed-Baba (Afghanischer Hindukusch, Munjan-Gebiet, in 5700 m). Blick nach SW. Photo D. VON DOBENECK, 25. 8. 1961

Bild 7: Am Grat zum Kollae-Ahmed-Baba in 5750 m mit Blick nach Süden zum Koh-i-Mondi (6250 m). Photo D. VON DOBENECK, 25. 8. 1961

kleinere Streifen in Hangmulden, an Schneewehen und auf Kämmen beschränkt (Bild 4 u. 5). Von W. PATZELT & J. ZIEGLER (1963, S. 155) erfahren wir, daß der Büsserschnee im Juli und August leichter zu begehen ist, d. h. niedriger ist als im September. K. DIEMBERGER (1968, S. 156) berichtet von Büsserschnee in der Tirich Mir-Gruppe, der in kurzer Zeit beträchtlich gewachsen war. HASSE (1961, S. 68) besuchte in der für Penitentesstudien günstigen herbstlichen Jahreszeit die Gruppe des Koh-i-Bandakor und erwähnt, daß auf fast allen Firnflächen Büsserschnee auftrat, von wenigen Zentimeter Höhe bis zu Mannsgröße. Die Obergrenze der Büsserschneeverbreitung lag in 6300–6400 m. Vorzügliche Aufnahmen von Büsserschnee verdanken wir Herrn D. von Dobeneck von der Traunsteiner Hindukusch-Kundfahrt 1961 in das Munjan-Gebiet (Bild 6 u. 7).

So scheint, wie C. TROLL (1942, S. 87 f.) bereits hervorhebt, das Klima des Hindukusch tatsächlich ideale Bedingungen für die Büsserschneebildung zu bieten. In den meisten beobachteten Fällen dürfte es

sich um jahreszeitliche Penitentes handeln, die in kurzer Zeit während sommerlicher Schönwetterperioden durch die dann starke Ablation entstehen.

Aus Iran ist neben dem Demavend und dem Kuh-e-Sabalan nur eine stärker vergletscherte Gebirgskuppe bekannt, die des Alam Kuh (4840 m) im Elburs. Hier konnte schon H. BOBEK (1937, S. 135) „Ansätze zu Büsserschneebildung“ beobachten; BOUT u. a. (1961, S. 34) beschreiben kleine, 20–30 cm hohe Eispenitentes. Sicherlich ist auch in den höchsten Teilen des durch starke Trockenheit gekennzeichneten Zagros mit dem Auftreten von Büsserschnee zu rechnen. Außer den Untersuchungen von A. DESIO (1934) über die Zardeh-Kuh-Gruppe, aus der zwar Ablationsformen, aber nicht vom Büsserschneetypus beschrieben werden, besitzen wir jedoch keinerlei Beobachtungen zur Vergletscherung oder Verfirnung dieses riesigen, noch nahezu unerforschten Gebirges.

Es erhebt sich nun die Frage, wie weit die Verbreitung des Büsserschnees nach Westen reicht bzw. ob diese Formen auch in den vergletscherten anatolischen Gebirgen noch auftreten. C. TROLL (1942,

S. 88) hatte es seinerzeit vermutet. Gerade diese Hochgebirgsgruppen wurden in jüngster Zeit von zahlreichen Wissenschaftlern und Bergsteigern besucht. In keinem der Berichte ist jedoch von Büsserschneevorkommen die Rede. Schon am Ararat (5160 m), der nur 350 km nordwestlich des Kuh-e-Sabalan aufragt, werden in keinem der über 50 mir bekannten Besteigungsberichte⁶⁾ auch nur büsserschneeähnliche Formen erwähnt. Der ebenfalls vergletscherte Süphan Dağı (4058 m) nördlich des Vansees wurde im Herbst 1958 von KLAER (1965, S. 347 ff.) besucht; ich selbst bestieg ihn im Spätsommer 1968 und suchte vergeblich nach Büsserschnee. Ähnlich negative Befunde liegen aus dem Hakkâri-Taurus (BOBEK 1940), vom ostpontischen Gebirge (GALL 1966), vom Ala Dağı (SPREITZER 1958, KLAER 1962), vom Bolkar Dağı (MESSERLI 1967) und vom Erciyes Dağı (KLAER 1962, MESSERLI 1964) vor. Die Nennung solcher Berichte könnte fast beliebig fortgesetzt werden. Über die Firn- und Gletscherverhältnisse im Kaukasus stehen mir leider nur sehr wenige Unterlagen zur Verfügung, doch ist auch in diesen nichts über Büsserschneevorkommen vermerkt.

So scheint ein deutlicher Grenzsäum zwischen Elburs, Kuh-e-Sabalan, Zagros (?) einerseits und Kaukasus, Ararat, Süphan Dağı und Hakkâri-Taurus andererseits die Hochgebirge mit annuellem Büsserschnee im Osten von solchen ohne periodische Penitentesbildungen⁷⁾ im Westen zu trennen. Die Ursachen dieser Differenzierung sind nicht einfach zu ergründen. Nach allem, was bisher über die klimatische Abhängigkeit der Büsserschneeverbreitung bekannt ist, müssen die Gründe in einer unterschiedlichen Intensität des sommerlich-herbstlichen Strahlungsklimas gesucht werden. Vom Ararat, der jedoch als völlig isolierter Kegel wohl eine Sonderstellung einnimmt, ist bekannt, daß er auch im Sommer und Herbst fast täglich von einem Wolkenkranz umhüllt wird. Auch am Süphan Dağı konnte ich während eines vierwöchigen Aufenthaltes (August 1968) im Vanseegebiet häufig diese Erscheinung beobachten. Ob dies auch für die anderen Massenerhebungen im anatolischen Raum gilt, ist fraglich. Jedenfalls aber scheint die büsserschneelose mediterrane Provinz des Hochgebirgsklimas bis über Ostanatolien hinaus nach Osten hin auszugreifen; das vorderasiatische Gebirgsklima mit Büsserschneebildung setzt

erst am Kuh-e-Sabalan ein. Nach dem heutigen Forschungsstand ist das annuelle Büsserschneevorkommen am Kuh-e-Sabalan sowohl das nördlichste als auch das westlichste innerhalb ganz Asiens.

Literatur

- BABINGER, G. (1916): Von Teheran über den Demavend, 5670 m, zum Kaspischen Meer. Zeitschr. Dt. u. Österr. Alpenverein 47, S. 114–128.
- BILLER, H. (1960): Nürnberger Hindukusch-Kundfahrt 1959. Jb. Dt. Alpenverein 85, S. 130–136.
- BLUMENTHAL, M. (1958): Ağrı Volkanı ve Sedimanter Çevresinin Dağları. Der Vulkan Ararat und die Berge seiner Sedimentumrahmung. Istanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul, Série B, Tome 23, S. 177 bis 327.
- BOBEK, H. (1937): Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran. Zeitschr. f. Gletscherkunde 25, S. 130–183.
- , (1940): Die gegenwärtige und eiszeitliche Vergletscherung im Zentralkurdischen Hochgebirge (Osttaurus, Ostanatolien). Zeitschr. f. Gletscherkunde 27, S. 50–87.
- BOUT, P., J. DERRUAU, J. DRESCH & C. P. PEGUY (1961): Observations de géographie physique en Iran septentrional. Expédition 1958 sous les auspices du C.N.R.S. Mémoires et Documents 8, Paris, S. 9–112.
- DESIO, A. (1934): Sull'esistenza di piccoli ghiacciai nella Persia Occidentale. Bolletino Comitato Glaciologico Italiano 14, Torino, S. 39–52.
- DIEMBERGER, K. (1968): Ein Apfel auf dem Tirich Mir. Österreichische Hindukusch-Kundfahrt 1967. Jb. Dt. Alpenverein 93, S. 143–157.
- GALL, H. (1966): Gletscherkundliche Beobachtungen im Hochgebirge von Lasistan (Nordostanatolisches Randgebirge). Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. 108, S. 261–286.
- GRÖTZBACH, E. & A. v. HILLEBRANDT (1964): Die rezente und eiszeitliche Vergletscherung im mittleren Khwaja Muhammad-Gebirge. In: Münchner Hindukusch-Kundfahrt 1963, hrsg. v. d. Akad. Sekt. München d. Dt. Alpenvereins, München, S. 26–31.
- HASSE, D. (1961): Vorläufiger Bericht über eine Hindukusch-Kundfahrt 1960. Die Erde 92, S. 59–70.
- HEIM, A. (1952): Auf die drei höchsten Vulkane von Iran. Berge der Welt, S. 118–128.
- HUBER, O. (1962): Traunsteiner Hindukusch-Kundfahrt 1961. Jb. Dt. Alpenverein 87, S. 168–175.
- KLAER, W. (1962): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. Heidelberger Geogr. Arb. 11, 135 S.
- , (1965): Geomorphologische Untersuchungen in den Randgebirgen des Van-See (Ostanatolien). Zeitschr. f. Geomorphologie, N. F. 9, S. 346–355.
- KLUTE, F. (1916/17): Büsserschneebeobachtungen im Schwarzwald. Zeitschr. f. Gletscherkunde 10, S. 56–59.
- MESSERLI, B. (1964): Der Gletscher am Erciyes Dagh und das Problem der rezenten Schneegrenze im anatolischen und mediterranen Raum. Geographica Helvetica 19, S. 19–34.
- , (1967): Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. – Geographica Helvetica 22, S. 105–228.
- PATZELT, A. (1956): In den Bergen Persiens. Jb. Dt. Alpenverein 81, S. 95–100.

⁶⁾ Am ausführlichsten beschäftigt sich M. BLUMENTHAL (1958) mit der rezenten Vergletscherung des Ararat.

⁷⁾ Keinesfalls ausgeschlossen, ja sogar höchst wahrscheinlich ist das Auftreten von episodischem Büsserschnee in den genannten Gebirgen. Dieser tritt nach strahlungsreichen Schönwetterperioden selbst in den Alpen (H. STREIFF-BECKER 1956, S. 245 f.) und im Schwarzwald (KLUTE 1916/17, S. 56 ff.) auf.

- PATZELT, W. & J. ZIEGLER (1963): Bamberger Hindukusch-Kundfahrt 1962. Jb. Dt. Alpenverein 88, S. 153 bis 164.
- SHELL, H. (1967): Akher Chich (7020 m), der „Letzte Dicke“. Jb. Dt. Alpenverein 92, S. 159–167.
- SCHMUCK, M. (1967): Hindukusch-Expedition 1965. Jb. Dt. Alpenverein 92, S. 149–158.
- SJÖRGEN, H. (1888): Beiträge zur Geologie des Berges Savelan in Nordpersien. Verh. Russ. Mineral. Ges. 24, S. 36–66.
- STEINAUER, L. (1937): Im Hochgebirge von Iran (Elbursgebirge). Zeitschr. Dt. u. Österr. Alpenverein 68, S. 36–45.
- SPREITZER, H. (1958): Frührezente und rezente Hochstände der Gletscher des Kilikischen Ala Dag im Taurus. Schlern-Schriften 190 (Kinzel-Festschr.), S. 265–285.
- STREIFF-BECKER, H. (1956): Zur Entstehung der Penitentes. Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 3, S. 245–246.
- TROLL, C. (1942): Büsserschnee (Nieve de los penitentes) in den Hochgebirgen der Erde. Ein Beitrag zur Geographie der Schneedecke und ihrer Ablationsformen. Petermanns Geogr. Mitt., Ergänzungsheft 240, Gotha, 103 S.
- , (1949): Schmelzung und Verdunstung von Eis und Schnee in ihrem Verhältnis zur geographischen Verbreitung der Ablationsformen. Erdkunde 3, S. 18–29.
- WINKLER, H. (1961): Berliner Hindukusch-Kundfahrt 1960. Jb. Dt. Alpenverein 86, S. 150–157.

ZUM KLIMA UND WASSERHAUSHALT DES HINDUKUSCHS UND DER BENACHBARTEN HOCHGEBIRGE

Mit 2 Abbildungen und 8 Tabellen

HERMANN FLOHN

Summary: The climate and water-budget of the Hindu Kush and neighbouring mountain ranges

On the basis of all available data on precipitation and runoff in the Hindu Kush area and its neighbouring mountains, an attempt is made to estimate the water-budget of individual catchment areas. It is shown that the precipitation recording stations, which all lie in the valleys and basins, cannot be in any way taken as representative of the higher areas. These receive precipitation amounts of 100–200 cm or more in winter and spring. The boundary of the influence of the summer monsoon rain from the south is given by the percentage share of summer precipitation; towards north and east we are dealing with convective precipitation not directly connected with the monsoon. As an addition to our knowledge some further climatic data from as yet unpublished station series are presented.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Internationalen Hydrologischen Dekade (1965–74) ist eine Revision unserer Kenntnisse über den Wasserhaushalt, sowohl auf der regionalen wie auf der globalen Ebene. Zur Zeit schwanken die besten Abschätzungen der mittleren Jahresmenge von Niederschlag und Verdunstung auf der gesamten Erde zwischen etwa 81 cm und 100 cm. Diese Diskrepanz ist um so schwerwiegender, als sie auch den globalen Wärmehaushalt beeinflusst, da ja die globale Verdunstung rund 70 % oder mehr der zur Verfügung stehenden Netto-Energie der Strahlungsbilanz verbraucht.

In großen Gebieten der Erde sind die Grundgrößen des Wasserhaushalts – Niederschlag N, Verdunstung V und Abfluß A – nicht genügend bekannt, insbesondere in Gebirgsländern mit einem ungenügenden oder erst in jüngster Zeit eingerichteten Beobachtungssystem. Das gilt besonders für die Hochgebirge Zentralasiens; selbst im Territorium der

UdSSR (1) existieren Lücken im Stationsnetz. Die detaillierten Untersuchungen v. FICKERS (2) über das Klima des Pamir sind auch heute noch nicht überholt. Für das Klima von Tibet (3) wurden kürzlich – auf Grund neuer synoptisch-aerologischer Daten sowie von einigen tausend Wolkenaufnahmen der amerikanischen Wetter-Satelliten NIMBUS 1 und 2, ESSA 3, 5, und 6 – wesentliche Ergänzungen gegeben (4). Die Niederschlagsbeobachtungen des indischen Netzes reichen z. T. weit in das Gebirge hinein, besonders in Kaschmir; (5) enthält die langjährigen Mittelwerte des Niederschlags für die Periode bis einschließlich 1940 für das heutige Indien, Pakistan und Burma (in inch), dagegen (6) die Mittelwerte 1901–1950 für den heutigen Bundesstaat Indien allein (in mm). Große Lücken hatte (1950!) das Stationsnetz in der ehemaligen Nordwest-Grenzprovinz, die vor dem Krieg noch vielfach unbefriedet war und heute zu Pakistan gehört. Wegen der großen wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Gebirge sind seit 1959 von der West Pakistan Water and Power Development Authority (WAPDA) hydrologische Daten (7) an zahlreichen Flußgebieten, vor allem im Bereich der großen Staudämme, gewonnen und in Jahrbüchern (1960–1965) veröffentlicht worden.

In Afghanistan existierten bis 1940 nur wenige ausländische Stationen; die Ergebnisse der dann (mit Unterbrechung) eingerichteten Stationsnetze haben E. STENZ (8) und neuerdings M. H. NOUR (9) für 1958–1962 veröffentlicht, und seit 1958 sind ziemlich vollständige Monatsberichte (10) des afghanischen Dienstes zugänglich. Die mit russischem Gerät gut ausgerüstete aerologische Station Kabul ist für die Kenntnis des Wetterablaufs von ganz besonderem Nutzen. Für das Gebiet des Kabul-Flusses ist