

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	28	148—166 8 Abb., 2 Tab.	<i>Öhringen/Württ. 1978</i>
----------------------------------	----	---------------------------	-----------------------------

Rezente Vergletscherungsspuren in zentraliranischen Hochgebirgen

JÖRG GRUNERT, HANS-GEORG CARLS & CHRISTOPH PREU^{*)}

Climate, present glaciers, firn-patches, snowline, Central-Iran

Kurzfassung: Am Beispiel des Zardeh-Kuh Massivs (4200 m) und des Shir-Kuh Massivs (4070 m) wird die heutige Vergletscherung zentraliranischer Hochgebirge untersucht. In beiden Gebirgsmassiven herrschen vergleichbare klimatische Bedingungen: kalte/feuchte Winter und heiße/trockene Sommer. Der Zardeh-Kuh auf der Luvseite der Zagros-Ketten erhält jedoch eine etwa viermal höhere Niederschlagsmenge (überwiegend Schnee), als der Shir-Kuh auf der trockenen Leeseite. Dadurch ergibt sich ein charakteristischer steiler Anstieg der rezenten Schneegrenze quer über die Zagros-Ketten von West nach Ost von 4000—4100 m auf 4600—4700 m (BOBEK 1937).

Als Folge der höheren Niederschläge haben sich im Zardeh-Kuh Massiv mehrere kleine Wandfußgletscher sowie zahlreiche Firnflecken entwickelt, während sich im Shir-Kuh Massiv in vergleichbarer Höhe nur perennierende Firnflecken an einer einzigen Stelle halten können. Diese Firnflecken jedoch, wie auch ein neu entdeckter perennierender Firnleck im Zardeh-Kuh Massiv in nur 2300 m Höhe, geben zu der Vermutung Anlaß, daß die rezente Schneegrenze etwa 200 m unter der von BOBEK (1937) und SCHWEIZER (1972) angegebenen Höhe verläuft. Darauf deutet auch das Verhalten des großen Firnflecks im Zardeh-Kuh Massiv in 2300 m Höhe hin, der auf Luftbildern von 1955 noch nicht ausgebildet ist. Seither hat sich hier die Schneegrenze offenbar spürbar abgesenkt.

[The Present-Day Glaciers of the Central-Iranian High Mountains]

Abstract: The paper presents the Zardeh-Kuh (4200 m) and Shir-Kuh (4070 m) mountains as two examples of the present-day glaciation of the central Iranian high mountains. Both mountain areas are subject to comparable climatic conditions: cold and wet winters as opposed to hot and dry summers. As the Zardeh-Kuh is situated at the windward side of the Zagros chains, it receives a precipitation four times higher (mostly snow) than that of the Shir-Kuh Mts., which lie on the more arid leeward side of the Zagros chains. This results in a steep increase of the present-day snowline from West to East over the Zagros chains, as was first indicated by BOBEK (1937). According to him the snowline rises from 4000/4100 m to 4600/4700 m.

Because of the higher precipitation a number of small cirque glaciers (Wandfußgletscher) as well as numerous firn patches (Firnflecken) have developed on the Zardeh-Kuh Mts., whereas in the more arid Shir-Kuh Mts. only a few persisting firn patches exist in a single location at comparable height. These firn patches together with a newly discovered persisting firn patch in the Zardeh-Kuh Mts. at an altitude of only 2300 m suggest, however, that the presentday snowline lies about 200 m below the altitudes given by BOBEK (1937) and SCHWEIZER (1972).

This view is supported by the behavior of the firn patches over the last 20 years. Aerial photographs show that the large firn patch at 2300 m in the Zardeh-Kuh Mts. did not exist in 1955. Obviously the snowline has been sensibly lowered over the last 20 years.

1. Die rezente Vergletscherung des Zardeh-Kuh Massivs

(C. PREU)

1.1. Einleitung

In den letzten Jahren sind, ausgehend von der grundlegenden Arbeit BOBEKS (1937), zahlreiche weitere glazialmorphologische Untersuchungen in den semiariden subtropischen Hochgebirgen Vorderasiens durchgeführt worden. Erwähnt seien die Arbeiten von EHLERS

^{*)} Anschrift der Autoren: Dr. J. Grunert, H. G. Carls und C. Preu, Geograph. Inst. der Univ. Würzburg, Am Hubland, 8700 Würzburg.

ÜBERSICHTSKARTE von ZENTRAL-IRAN

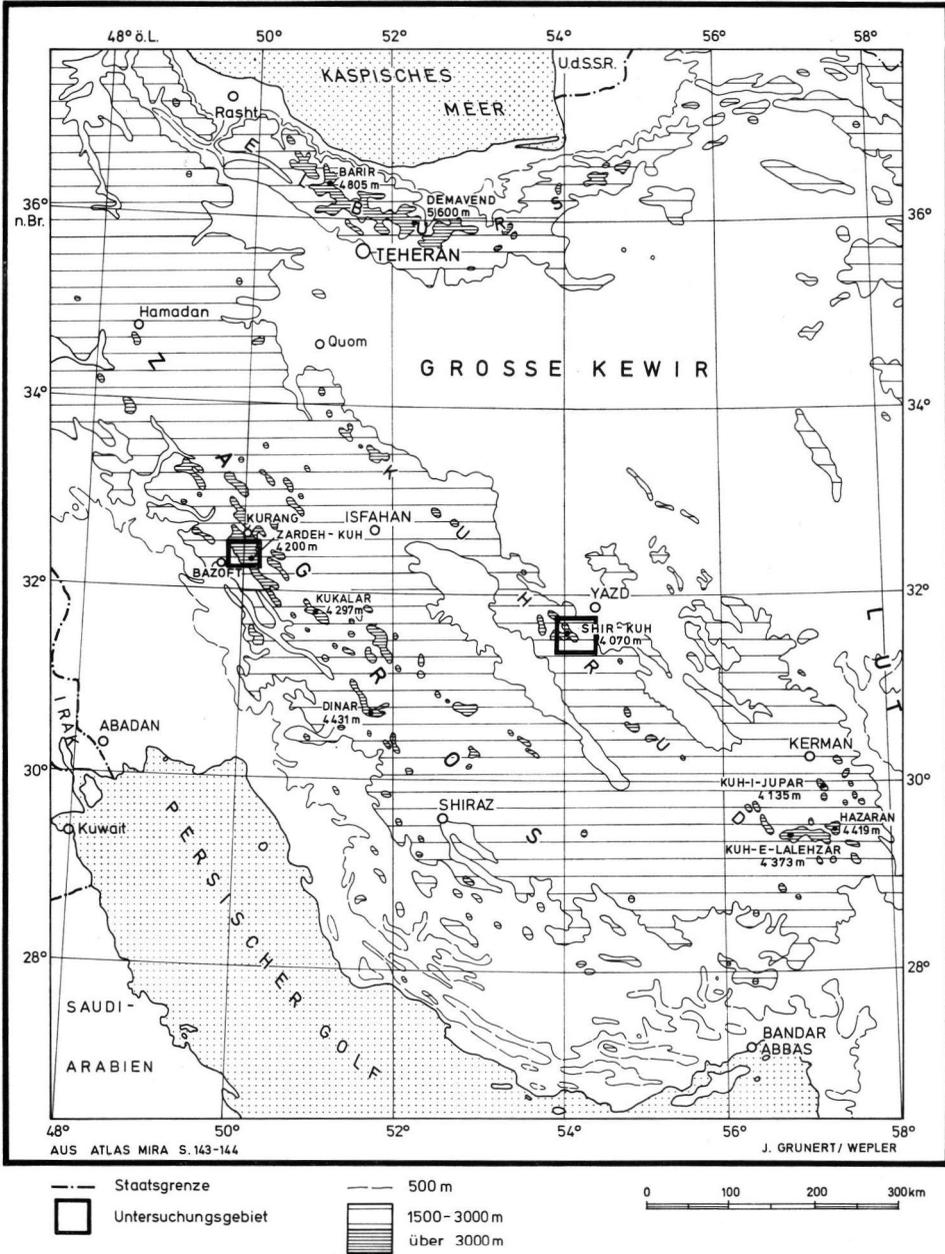


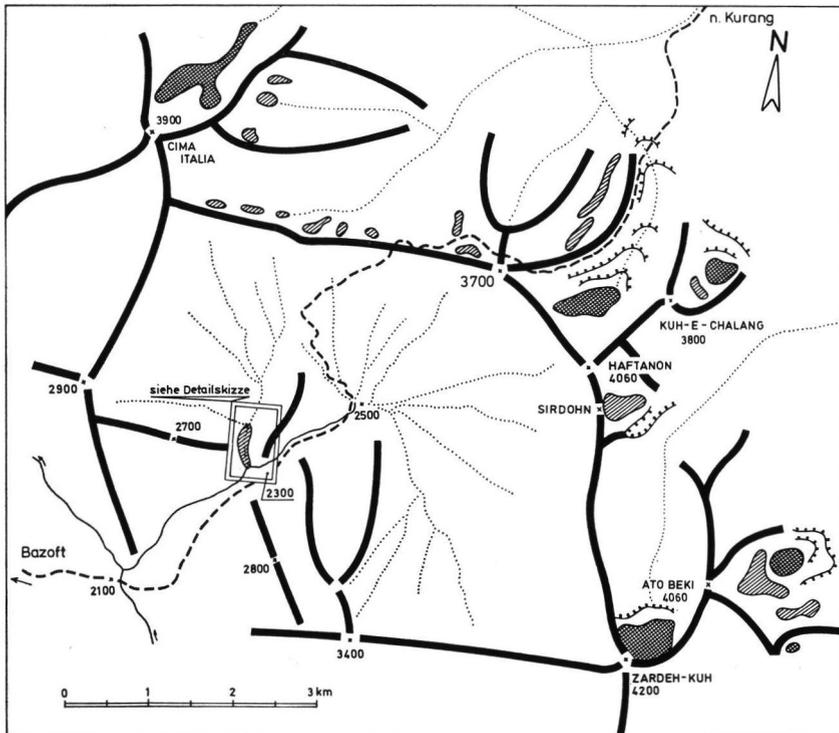
Abb. 1: Übersichtskarte von Zentral-Iran.

(1971), HAGEDORN et al. (1975), KLAER (1962, 1965, 1969), KUHLE (1976), SCHWEIZER (1970, 1972, 1975), SPREITZER (1958, 1971) und MESSERLI (1964). Ziel aller dieser Untersuchungen ist es, sowohl die wenigen rezenten Vergletscherungsbereiche als auch die weit verbreiteten Spuren der eiszeitlichen Vergletscherungen zu erfassen und deren maximale Ausdehnung festzustellen. Hierbei zeigen gerade Untersuchungen aus jüngster Zeit (HAGEDORN et al. 1975, KUHLE 1976), daß die pleistozänen Vergletscherungen, etwa in den iranischen Hochgebirgen, viel ausgedehnter waren, d. h. die Gletscher erheblich tiefer reichten als bisher angenommen. Dies zu erklären, bedeutet tiefgreifende klimatische Veränderungen in Vorderasien während der pleistozänen Kaltzeiten anzunehmen, für die es bislang noch keine voll befriedigende Modellvorstellung gibt.

Im Sommer des Jahres 1975 hatte der Autor erstmals Gelegenheit, im Rahmen eines sechswöchigen Geländeaufenthaltes glazialmorphologische Untersuchungen im Gipfelbereich des 4200 m hohen, ca. 160 km nordwestlich von Isfahan gelegenen Zardeh-Kuh Massiv durchzuführen, vorläufig mit dem Ziel, die heutigen Gletschervorkommen möglichst vollständig zu erfassen und mit Hilfe von Luftbildern zu kartieren. Die Tatsache, daß hier Gletscher vorhanden sind, ist schon seit DESIO (1934 a, 1934 b) bekannt und wurde durch die nachfolgenden Untersuchungen von McQUILLAN (1969) bestätigt; detaillierte Geländeuntersuchungen mußten jedoch wegen der Unzugänglichkeit des Gebirgsmassivs bislang unterbleiben.

Der Verfasser beabsichtigt, auch die Verbreitung des fossilen glazialen Formenschatzes zu kartieren. Die Geländearbeiten hierzu sind gegenwärtig noch im Gange.

Topographische Übersichtsskizze des nordwestlichen ZARDEH-KUH Massivs / ZAGROS GEBIRGE



Grundlage: Luftbilder 1:50 000, Melli-Universität Teheran, bearbeitet nach CARLS und PREU

- | | | | | | |
|-------|-----------------------------------|---|--------------|------|----------------------------|
| | Gerinne, periodisch wasserführend | — | Gebirgskämme | 3400 | ungefähre Höhenangabe in m |
| ~~~~~ | Gerinne, dauernd wasserführend | ▨ | Firnflächen | --- | Paß - Pfad |
| | | ■ | Gletscher | | |

Abb. 2: Topographische Übersichtsskizze des nordwestlichen Zardeh-Kuh Massivs/Zagros Gebirge.

1.2. Lage des Untersuchungsgebietes

Das Zardeh-Kuh Massiv, ein Teil des Zagros-Gebirges, erstreckt sich in NW—SE-Richtung über eine Entfernung von etwa 50 km. Die Geländearbeiten wurden vorwiegend im inneren Teil des Massivs durchgeführt (Abb. 2). Es ist überwiegend aus gut gebankten, nach NE einfallenden mesozoischen Kalken aufgebaut, in denen eine kräftige fluviale Zerschneidung schroffe Steilwände geschaffen hat.

Zwischen Haftanon und Cima Italia führt als einziger Zugang zum Arbeitsgebiet ein Nomadenpfad von Osten kommend über einen Paß zu der westlich des Massivs gelegenen Oase Bazoft. Von diesem aus konnten der Zardeh-Kuh, Kuh-e-Chalang und Haftanon gut erreicht werden. Die Gletscher am Ato Beki und Cima Italia wurden dagegen nicht untersucht. Der Sirdohn trägt als einziger Gipfel keinen Gletscher.

1.3. Klima

Da für die Hochregion des Zardeh-Kuh Massivs keine Klimadaten vorliegen, müssen die Werte der in einem Hochtal am Fuß des Massivs in 2 300 m Höhe gelegenen Station Kurang benützt werden. Der Jahresgang des Klimas dürfte dem der Hochregion weitgehend entsprechen, dagegen wird die Jahresmitteltemperatur in der Hochregion erheblich niedriger, die Niederschlagsmenge dagegen — vor allem die Winterschneemenge — erheblich höher sein.

Tab. 1: Monatsmittelwerte der Temperaturen und Niederschläge von Kurang (2300 m).
Aus C. PREU (1976).

Monate / Daten	Temp. max.	mittl. Temp.	Temp. min.	Niederschlag in mm
Januar	1,6	— 5,2	—12,0	220
Februar	4,6	— 1,5	— 7,5	170
März	7,6	1,8	— 3,9	130
April	12,1	6,7	1,3	160
Mai	19,8	12,4	5,0	100
Juni	26,5	18,0	9,5	0
Juli	29,8	21,5	13,3	0
August	29,3	20,7	12,2	0
September	26,2	17,2	8,2	0
Oktober	19,3	11,2	3,2	10
November	11,4	4,6	— 2,2	110
Dezember	4,1	— 2,9	— 9,9	110
Durchschnitt	16,0	8,7	1,4	1010 (Jahr)

Das Klima des Zardeh-Kuh Massivs kann trotz der hohen Winterniederschläge von über 1000 mm noch als „semiarid“ bezeichnet werden, weil die Monate Juni—Oktober fast regenlos sind und infolge der großen Hitze Dürremonate darstellen. Für die einzelnen Jahreszeiten ergibt sich folgendes Witterungsbild:

Der Sommer zeichnet sich durch Wetterlagen aus, in denen überwiegend wolkenloser Himmel bei hohen Mitteltemperaturen (Juli 21,5° C) herrscht. Die Einstrahlung und damit die Verdunstung sowie die Ablation auf Eis- und Schneeflächen der Hochregion sind daher extrem hoch.

Der Herbst beginnt ziemlich unvermittelt mit dem Einsetzen der ersten Nachtfröste, die im Gipfelbereich schon Mitte August, in den Tallagen jedoch erst Ende September beobachtet werden. Im Oktober fällt die Mitteltemperatur schon auf 11° C, während zugleich die ersten Herbstregen fallen, wodurch die lange sommerliche Dürrezeit beendet wird.

In den Wintermonaten sinken die Mitteltemperaturen rasch weiter ab und erreichen im Januar Extremwerte von -20° . Gleichzeitig nehmen die Niederschläge zu und erreichen ihr Maximum mit 220 mm im Januar. Sie führen zu beträchtlichen Schneemengen von über 3 m in Kurang, das die iranische Regierung auf Grund der Schneesicherheit zu einem Wintersportzentrum ausbauen will (O. WEISE, frdl. mündl. Mitt.). In der Hochregion des Zardeh-Kuh sollen es nach Berichten von Einheimischen bis zu 10 m sein. Hierbei handelt es sich aber vermutlich um Schneeverwehungen.

F r ü h j a h r : Die Schneeschmelze beginnt im April. In der zweiten Monatshälfte sind Schneefälle schon selten; dafür setzen jetzt kräftige Regenfälle ein (2. Niederschlagsmaximum im April), die die Schneeschmelze stark beschleunigen. Sie setzen sich im Mai fort und bewirken, daß das Gebirge bereits Ende Mai/Anfang Juni mit Ausnahme des Gipfelbereichs oberhalb 3500 m wieder schneefrei ist.

Das Niederschlagsregime läßt sich wie folgt zusammenfassen:

1. Sommertrockenheit über 4—5 Monate (Juni—September/Okttober);
2. Winterfeuchte während 7—8 Monaten (Oktober/November—Mai).

Über mindestens 3 Monate (Dezember, Januar, Februar) fallen diese Niederschläge ausschließlich als Schnee, 2—3 Monate lang als Schnee und Regen und 2 Monate lang als Regen.

1.4. Die rezenten Gletscher

1.4.1. Allgemeines

Bei allen Gletschern des Zardeh-Kuh Massivs handelt es sich um Wandfußgletscher, den Gletschertyp also, den SCHWEIZER (1972) als Leitform für schneegrenznahe Lagen orientalischer Hochgebirge bezeichnet. Sie ziehen sich in den viel zu großen Karen bandförmig nur am Fuß der Karrückwand entlang (KLAER 1962: 34). Die stets nach NE exponierte Wand bietet den nötigen Schutz vor der Sonneneinstrahlung und stellt außerdem eine günstige Leelage dar, in der sich große Schneemengen ablageren können.

Am oberen Teil der Karrückwände finden sich über kleinen Hangleisten Firnflecken mit zum Teil auf der Hangleiste aufliegenden Firnmoränen (SCHWEIZER 1968: 121). Zu den unterhalb liegenden Gletschern besteht in den Tiefenlinien eine Verbindung durch Firnbänder, die als Lawinenbahnen dienen und dem Gletscher große Schneemengen zuführen. Lediglich der hochgelegene Gletscher am Zardeh-Kuh füllt das Kar fast ganz aus und reicht bis zur Oberkante der steilen Karrückwand.

Die Gletscheroberflächen weisen ein sehr unruhiges Relief auf. Dies rührt von den zahlreichen Lawinen her, die meist zusammen mit viel Schutt auf das Eis niedergehen und am Fuß der Karrückwand eine steile Rampe bilden. Im Sommer taut der Schnee auf der Gletscheroberfläche weitgehend ab, wodurch allmählich eine geschlossene Schuttdecke auf dem Eis entsteht. Gleichzeitig findet eine tiefe Zerkerbung des in Resten vorhandenen Altschnees und Firns durch Schmelzwasser statt.

Am Fuß der Gletscher ragen die rezenten Stirnmoränen auf. Mit steiler, fest verbackener und bis zu 25 m hoher Innenseite zeugen sie von einer ehemals wesentlich größeren Eismächtigkeit. Die Moränenaußenseite ist dagegen erheblich flacher geböschet. In großen Karen finden sich mehrere derartige Moränenwälle, die als junge Rückzugsstadien anzusehen sind.

Die Abführung des Schmelzwassers erfolgt bei den Gletschern des Cima Italia, Haftanon und Ato Beki durch Gletscherbäche. Sie durchschneiden sämtliche vorgelagerte Moränen

nenzüge und münden schließlich in den Abe Kurang (Abb. 2). Die Gletscher des Zardeh-Kuh und Kuh-e-Chalang weisen dagegen Karstentwässerung auf; ihr Schmelzwasser versickert in Ponoren.

1.4.2. Die Gletscher im einzelnen

Kuh-e-Chalang (3 800 m): Der Gletscher am Kuh-e-Chalang (3 640 m) hat eine Längserstreckung von über 100 m in N—S-Richtung und eine Breitenausdehnung von 110 m in W—E-Richtung. Dies ergibt eine Fläche von etwa 1 ha. Die Gletscheroberfläche ist nur zum Teil sichtbar, da sie besonders zum Rand hin überall von Schnee und Firn bedeckt ist. Bei dem Eis handelt es sich um ein blasiges, relativ weiches Gletschereis, an dem weder eine Bänderung noch Gletscherspalten beobachtet werden konnten. Die maximale Eismächtigkeit, die mit Hilfe der Refraktionsseismik gemessen wurde, beträgt 7,90 m. Mit Hilfe von mehreren Meßpunkten ließ sich auch die Form des Karbodens rekonstruieren: Es handelt sich um eine flache, übertiefte Wanne.

An das untere Ende des Gletschers (3 600 m) schließt sich ein großes Moränenfeld an, das im wesentlichen aus drei hintereinanderliegenden, girlandenförmig angeordneten Moränenwällen besteht. Sie kennzeichnen junge Rückzugsphasen des Gletschers. Das Moränenmaterial ist nach Messungen mit der Refraktionsseismik mindestens 45 m mächtig. Tiefere Messungen können mit dem Gerät nicht durchgeführt werden. Unterhalb dieser Moränen beginnt ein gefällereiches Tal, das keine auffälligen Moränenreste mehr enthält.

Haftanon (4 060 m): Am Fuß der nach NW exponierten Steilwand unterhalb des Gipfels liegt in 3 440 m Höhe ein Gletscher von ca. 400 m Länge und 50 m Breite (Abb. 3). Das Eis ist blaues Gletschereis; es zeigt an seiner Oberfläche Spalten, Gletschermühlen und Gletschertische und ist zum überwiegenden Teil mit Schutt und Feinmaterial übersät. Der Gletscher wird von einer Stirnmoräne begrenzt, deren steile Innenseite 20 m über die Eisoberfläche aufragt. Auch hier muß daher mit einer ehemals viel größeren Eismächtigkeit gerechnet werden (Abb. 4).

Der Stirnmoräne sind weitere 5 Moränenwälle vorgelagert, die sich über eine Entfernung von 350 m verfolgen lassen. Sie werden ebenfalls als junge Rückzugsstadien des Gletschers und nicht etwa als Fließwülste eines Blockgletschers interpretiert. Dagegen sprechen das ebene, nicht konvexe Querprofil der Schuttzunge und die relativ flachen Hangneigungswinkel der einzelnen Wälle von 25—30°.

Zardeh-Kuh (4 200 m): An der Westseite des Zardeh-Kuh liegt ein großer Wandfußgletscher mit einer Breitenausdehnung von ca. 500 m in einem weiten Halbrund und einem Höhenunterschied von ca. 150 m (3 900—4 050 m). Es handelt sich somit um den größten Gletscher des Gebirgsmassivs.

Der Gletscher besteht aus blauem Gletschereis, das zur rückwärtigen Felswand hin stark von Schutt bedeckt ist. Die Eisoberfläche weist eine Neigung von etwa 30° auf und ist vom Schmelzwasser stark zerfurcht. Am unteren Ende des Gletschers liegt eine 25 m hohe Stirnmoräne, vor deren Innenseite sich ein großes Ponor befindet. Es nimmt das gesamte Schmelzwasser auf.

Detaillierte Angaben über Eisaufbau, Eismächtigkeit etc. liegen bisher von diesem Gletscher noch nicht vor. Es werden jedoch zahlreiche Jahresschichten sowie eine Mächtigkeit von mindestens 10 m vermutet. Auf eine ehemals wesentlich größere Gletscherausdehnung weisen mehrere Moränenbögen hin, die sich im anschließenden Tal des Abe-Zardeh-Kuh hintereinander finden.

1.5. Die Schneegrenze

Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze im Zardeh-Kuh Massiv ist, wie in allen Gebirgen der Trockengebiete, sehr problematisch. DESIO (1934 b: 49) gibt einen Wert von 4 000—4 100 m an, den später auch BOBEK (1937) und SCHWEIZER (1972) in ihren Isochionenkarten übernommen haben. Dies würde bedeuten, daß der Abstand zwischen den Gletscheroberflächen und der Schneegrenze immerhin mehr als 500 m beträgt.

Alle Gletscher, mit Ausnahme des großen Wandfußgletschers am Zardeh-Kuh, liegen nämlich in orographisch günstiger Lage, in Karen, die nach N bzw. NE exponiert sind.

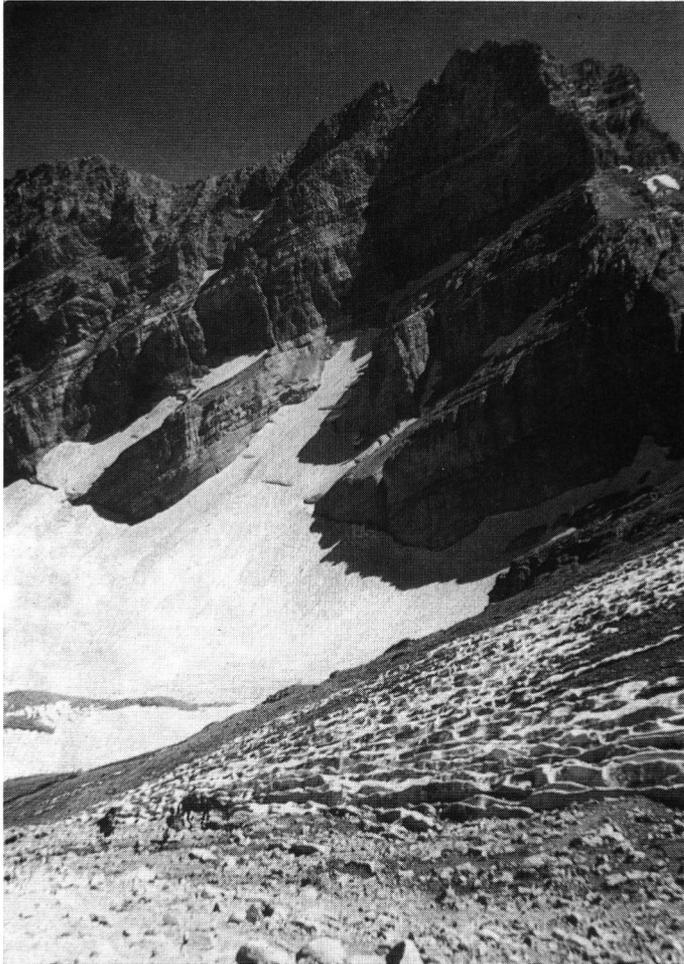


Abb. 3: Haftanon (4 060 m), einer der 5 Hauptgipfel des inneren Zardeh-Kuh Massivs: Steil ragt die wenig gegliederte NW-exponierte Wand über dem Gletscher (Basis bei 3 440 m) auf. Den Übergang bilden breite Firnbänder, die in der Wand verankert die Bahnen der den Gletscher ernährenden Lawinen anzeigen. Am rechten unteren Bildrand erscheint die nach NE-exponierte Seite des Gletschers. Auf seiner Oberfläche haben sich im Altschnee und Firn Penitentes-ähnliche Formen entwickelt (Aufn. PREU, 30. 8. 75).

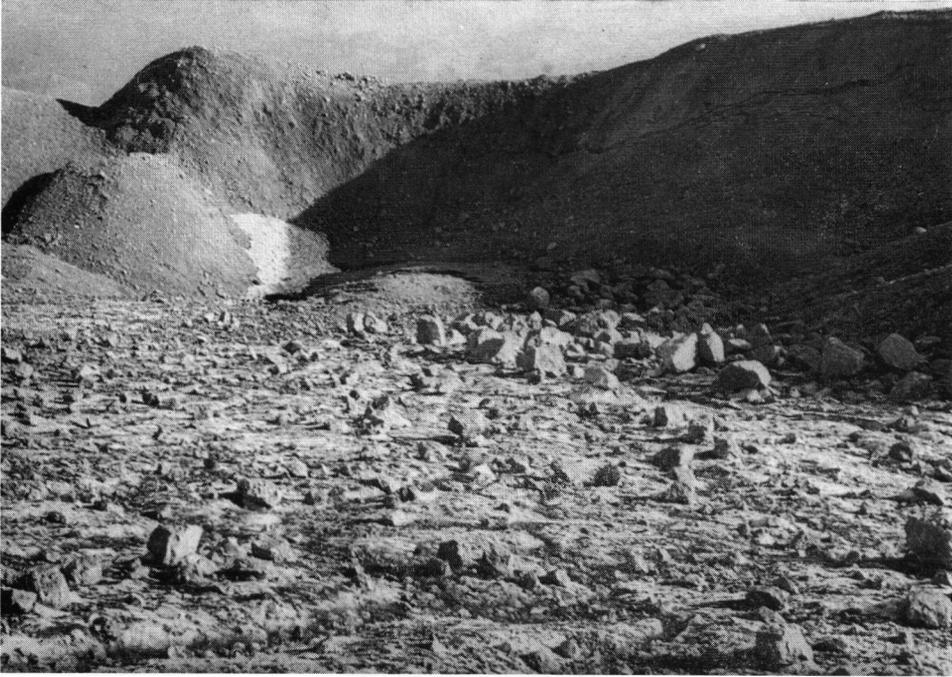


Abb. 4: Stirnmoräne des Gletschers am Haftanon (Blick nach NE): Der sich in SW—NE-Richtung am Fuß des Haftanon erstreckende Gletscher wird im NE durch eine Stirnmoräne begrenzt. Sie ragt steil (ca. 50°) etwa 10 m über dem Gletscher auf und besteht aus verbackenem Kalkschutt. Im Vordergrund ist die ausgeaperte Schuttdecke der Gletscheroberfläche zu erkennen, unter der blaues Gletschereis zum Vorschein kommt (Aufn. PREU, 25. 8. 75).

Außerdem sind diese Kare noch durch hohe seitliche Felswände vor der starken sommerlichen Strahlung geschützt. Nur so ist es zu erklären, daß die Gipfel der Berge im Spätsommer fast schneefrei werden und sich einige hundert Meter unterhalb Gletscher halten können. Günstig für die Ernährung der Gletscher sind außerdem ihre Leelage, in der sich der Schnee bevorzugt sammeln kann und ihre zusätzliche Ernährung durch Lawinen. Dies ist im allgemeinen bei Gletschern des turkestanischen Typs der Fall.

Aus der Höhenlage der Gletscher allein kann daher keinesfalls auf eine tiefe Schneegrenze von weit unter 4 000 m geschlossen werden; vielmehr scheint eine Höhe von knapp unter 4 000 m realistischer zu sein. Dafür spricht auch die Beobachtung, daß der Wandfußgletscher am Zardeh-Kuh an der Karrückwand festgefroren ist, obwohl er den ganzen Tag der Ablation ausgesetzt ist. Außerdem taut in 3 900 m Höhe der Schnee auf der Gletscheroberfläche nicht mehr völlig ab, was auf den Übergang Zehrgebiet/Nährgebiet hinweist. Da die Felspartien oberhalb 3 900 m bis zum Gipfel in 4 200 m, bei allerdings ungünstigen orographischen Bedingungen, im Spätsommer aber weitgehend schneefrei sind, erscheint es geboten, die Schneegrenze noch etwas höher als 3 900 m, etwa in 3 950—4 000 m Höhe zu legen. Damit würde der oben angegebene Wert von 4 000—4 100 m geringfügig unterschritten.

2. Der Firnfleck NW des Zardeh-Kuh, Zagros-Gebirge

(H. G. CARLS)

2.1. Einleitung

Knapp sieben Stunden Fußmarsch von der nördlich des Zardeh-Kuh Massivs gelegenen Gebirgsoase Kurang (2300 m) liegt auf der Südseite des Bazoft-Passes (3800 m) ein im September 1976 erstmals aufgesuchter, bisher noch nicht näher beschriebener Firnfleck (50°, 2' ö.L., 32°, 22' n.Br.) mit für die Höhe ungewohnten Ausmaßen (Abb. 6).

Der Firnfleck ist 700 m lang, 30–50 m breit und besitzt eine Fläche von etwa 3 ha. Sein oberes Ende liegt in 2400 m, sein unteres in 2270 m Höhe. Er wird in seiner ganzen Länge von einem Schmelzwassertunnel durchzogen, der stellenweise durchbrochen ist und damit die Messung der Firnmächtigkeit gestattet. In der Mitte, entlang der Tiefenlinie, beträgt sie maximal 6,5 m, nimmt aber zu den Talflanken hin rasch ab (Abb. 5).

Der sich fast in N–S-Richtung erstreckende, nordexponierte Firnfleck ist auf allen Seiten von sehr steilen Hängen umgeben. Die gegenüberliegenden Talhänge werden aus fast saiger stehenden, gut gebankten Kalk aufgebaut und liefern reichlich groben Hangschutt, der oft in Form von Blöcken auf den Talboden fällt. Trotz seiner Schattenlage ist der Firnfleck noch im September von etwa 10.00 Uhr bis 14.00 Uhr der intensiven Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Seine Oberfläche weicht tagsüber bis in 2–4 cm Tiefe auf, um in der Nacht wieder zu gefrieren.

Das Tal, in dem der Firnfleck liegt, entwässert nach N. in einer engen Schlucht, die ein gestuftes Längsprofil aufweist. Wenig unterhalb davon gelangt das Schmelzwasser in einen dauernd wasserführenden Gebirgsbach, der später in den Bazoft-Fluß, einen Nebenfluß des Karun einmündet.

2.2. Beschreibung des Firnflecks im einzelnen

2.2.1. Der Tunnel unter dem Firnfleck

Der Tunnel, der den Firnfleck in seiner ganzen Länge durchzieht, ist im September vor allem im Südteil schon stark unterbrochen. Es haben sich an einigen Stellen große Fenster in der Tunneldecke gebildet. An den überhängenden, der Strahlung jedoch teilweise ausgesetzten Wänden dieser offenen Tunnelabschnitte schreitet der Schmelzvorgang rasch voran.

Gegenüber dem zum Teil stark aufgelösten Süden des Firnflecks ist der größere Mittelteil auf 260 m Länge durchgehend untertunnelt. Der an seiner Basis bis zu 8 m breit und 3–4 m hohe Tunnel überspannt die Tiefenlinie, die eine wenige Meter breite, geröllgefüllte Rinne darstellt. Die groben, 60–80 cm großen Gerölle, die den Gerinneboden bedecken, weisen auf einen erheblichen Materialtransport während der Schneeschmelze hin. Durch den breiten Tunnel streicht tagsüber ein ständiger Luftzug, wodurch die Schmelzvorgänge an der Tunnelwand trotz der völligen Abschirmung vor der Sonnenstrahlung beträchtlich sind. Es entsteht ein wabenartiges Muster, wie es in ähnlicher Weise auch in Gletschertoren beobachtet wird.

Der Firnfleck dünnt an seinem nördlichen, unteren Ende in 2270 m Höhe als schmale Leiste aus, die von den Nomaden und deren Vieh als Weg entlang der steil aufragenden Bergflanke benutzt wird.



Abb. 5: Großer Firnleck westlich des Zardeh-Kuh in 2 270—2 400 m Höhe (Blickrichtung S): Der allseits von steilen Bergflanken umgebene Firnleck ist 700 m lang, 30—50 m breit und max. 6,5 m mächtig und weist eine Gliederung in bis zu 4 übereinanderliegende Firnschichten auf. Er wird in seiner gesamten Länge von einem Tunnel durchzogen, in dem ein Schmelzwasserbach fließt (Auf. CARLS, 10. 9. 76).

2.2.2. Die Oberfläche des Firns

Der mit länglichen, flachen Wannen übersäte Firnleck, der außerdem von zahlreichen, 20—30 cm tiefen Rinnen durchzogen ist, weist nicht den in höheren Gebirgslagen beobachteten Büßerschnee auf. Die Oberfläche hat kein gleichsinniges Längsgefälle; vielmehr sind an drei Stellen quer zum Tal verlaufende Erhöhungen vorhanden, die aus wenig verfestigtem Altschnee bestehen. Es handelt sich um Schnee von Lawinen, die im letzten Winter abgegangen sind.

Der Übergang von der Firnoberfläche zum Hang ist nicht scharf ausgeprägt, da junger Hangschutt an vielen Stellen über den darunterliegenden Firn gewandert ist. An den Stellen, wo Hanggrunsen ausmünden, haben sich auf der Firnoberfläche regelrechte Schuttfächer ausgebildet. An denselben Stellen sind jedoch meist auch schon vom Firn zugedeckte, ältere Schuttfächer vorhanden. Die Ansammlung von 60—70 cm großen, kaum gerundeten Kalkbrocken im oberen, südlichen Teil des Firnlecks rührt offenbar von einer Geröllawine her, die vermutlich zusammen mit Lawinenschnee hier abgegangen ist. Der Talboden ist an dieser Stelle stark eingengt.

2.2.3. Die Gliederung des Firns

An den Tunnelwänden ist eine durch dunkle Schmutzstreifen hervorgerufene deutliche Bänderung von bis zu 4 unterschiedlich mächtigen Firnlagen zu erkennen. Auffällige Festigkeitsunterschiede der einzelnen Firnschichten, die auf ein unterschiedliches Alter hin-

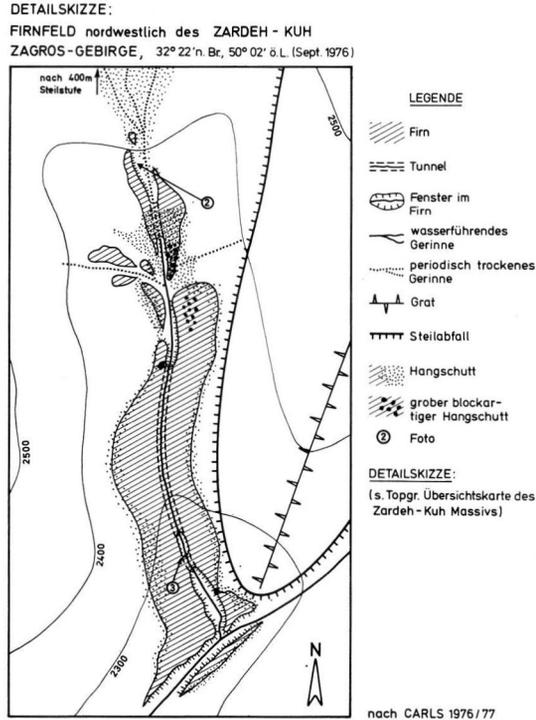


Abb. 6: Detailskizze: Firnfeld nordwestlich des Zardeh-Kuh/Zagros-Gebirge, 32° 22' n. Br., 50°, 02' ö. L. (Sept. 1976).

deuten würden, sind im Tunnel nicht festzustellen. Der Schmelzvorgang geht stufenlos über alle Schichten hinweg. In die dunklen Bänder sind an mehreren Stellen neben dem stets vorhandenen Feinmaterial und Schutt auch große Gesteinsbrocken eingeschlossen, während die hellen Schichten nahezu frei von Gesteinsmaterial sind. Dafür enthalten sie häufig Pflanzenreste, die von Sträuchern der Umgebung herrühren.

2.3. Entstehungsmöglichkeiten und Alter des Firnflcks

Ein Firnflck in einer so tiefen Lage kann sich nur dann bilden und halten, wenn die Ernährung mit Schnee außerordentlich gut ist. Sie erfolgt, wie erwähnt, zum großen Teil durch Lawinen und Schneebretter, die im Winter und Frühjahr von den Steilhängen abgehen. Voraussetzung für die Lawinenbildung sind schneereiche Winter, wie sie in Iran in den letzten Jahren tatsächlich wiederholt auftraten sowie ggf. eine Verringerung der Ablation im Frühjahr und Frühsommer durch häufige Wolkenbedeckung. Begünstigt wird die Schneeanammlung in diesem Tal außerdem durch die windgeschützte Lage im Lee der westlich vorgelagerten Bergzüge.

Die Bänderung des Firnflcks spricht für eine mehrphasige Entstehung, wobei aber von vornherein nicht klar ist, ob es sich dabei um das mehrphasig aufgebaute Gebilde eines einzigen Winters oder mehrerer aufeinanderfolgender Winter handelt. Im ersten Fall würde dies bedeuten, daß im zurückliegenden Winter 4 mächtige, mehrere hundert Meter breite Lawinen abgegangen wären, was nicht sehr wahrscheinlich ist. Den Firnflck gar als Ergeb-

nis eines einzigen, katastrophalen Lawinenereignisses zu deuten, erscheint allein schon wegen des viel zu geringen Einzugsgebietes, das einer solchen Lawine zur Verfügung stünde, ganz abwegig.

Für den zweiten Fall hingegen, die Firnhäufung in mehreren Jahren, treffen die Befunde noch am ehesten zu: Einmal lassen sich so die dunklen Schmutzstreifen im Firn zwanglos als Jahreshänder deuten, die nach dem Ausapern im Sommer die jeweilige Firnoberfläche in Form von Schutt- und Schmutzdecken überzogen haben, und zum andern bedarf es in diesem Fall keiner übermäßig großen Schneemengen innerhalb eines Winters. Auf Grund dieser Überlegungen müßte der Firnfleck somit ein Alter von mindestens 4 Jahren haben, vorausgesetzt, daß 4 schneereiche Winter aufeinander folgten, wofür es allerdings keine sicheren Beweise gibt.

Anhaltspunkte für die Bestimmung des Maximalalters sind ebenfalls vorhanden. Beispielsweise ist der Firnfleck auf Luftbildern von 1955 noch nicht zu erkennen. Er kann sich folglich erst nach 1955 gebildet haben. Auf Luftbildern von 1965 ist er dagegen schon in fast derselben Form und Größe wie heute vorhanden; lediglich die Lage einer Tunnelöffnung hat sich mittlerweile etwas verändert.

Die Entstehung des Firnflecks muß also in den 10 Jahren von 1955 bis 1965 erfolgt sein. In diesem Zeitraum hat es offenbar im Untersuchungsgebiet extrem schneereiche Winter und möglicherweise auch wolkenreichere Sommer gegeben. In den Jahren nach 1965 bis heute jedoch hat der Firnfleck kein nennenswertes Wachstum mehr zu verzeichnen. Immerhin waren die Jahre aber so schneereich, daß er nicht abschmolz, sondern sich in seiner Größe von 1965 zumindest erhalten konnte. Es ist sogar möglich, daß er auf Grund der sehr schneereichen Winter 1975/76 und 1976/77 gegenwärtig wieder zu wachsen beginnt.

Anzeichen für eine frühere erheblich größere Ausdehnung des Firnflecks finden sich an einigen Stellen, etwa in Form einer Akkumulation von breccios verbackenen Schottern und Schutt 5 m über dem heutigen Firnniveau. Es könnte sich hierbei um Reste einer ehemaligen Firnmoräne handeln. Außerdem wurden auf einer Felsplatte Rillen gefunden, die als Gletscherschliffe gedeutet werden können und auf frühere Bewegungen der Firn- oder Eismasse (?) schließen lassen.

2.4. Die Lage der Schneegrenze

Angesichts der sehr tiefen Lage des Firnflecks zwischen 2270 m und 2400 m erhebt sich die Frage, ob die Höhe der Schneegrenze mit 4000—4100 m (DESIO 1934 b, BOBEK 1937 u. a.) richtig bestimmt wurde. Es ist ja durchaus zu erwarten, daß hier kein Einzelfall vorliegt und bei intensivem Suchen noch weitere solcher verborgenen Firnflecken gefunden werden. Der Abstand des Firnflecks zur Schneegrenze würde immerhin 1700 m und zu den beschriebenen kleinen Gletschern in der Hochregion des Zardeh-Kuh Massivs noch mehr als 1000 m betragen ¹⁾.

Es scheint daher angebracht, die Schneegrenze etwas niedriger zu legen, etwa in 3900 m Höhe, auch wenn erwiesen ist, daß besondere Gunstfaktoren für die sehr tiefe Lage des Firnflecks verantwortlich sind. Außerdem läßt sich aus der Entwicklung des Firnflecks innerhalb der letzten 20 Jahre für das ganze Gebiet eine deutliche Verlagerung der Schneegrenze nach unten herleiten. Die letzten beiden sehr schneereichen Winter (1975/76 und 1976/77) lassen weiterhin vermuten, daß dieser Abwärtstrend gegenwärtig noch anhält.

¹⁾ C. PREU und O. WEISE (frdl. mündl. Mitt. vom 10. 11. 77) berichten von einem 50 m langen und 3 m mächtigen Firnfleck in einem engen Tal, wenige km nördlich des Kuh-e-Chalang in nur 2500 m Höhe. Außerdem liegt in demselben Tal in 2800 m Höhe noch ein wesentlich größerer Firnfleck von ca. 1 km Länge und 8 m Mächtigkeit, unter dem ein Schmelzwasser führender Bach hindurchfließt.

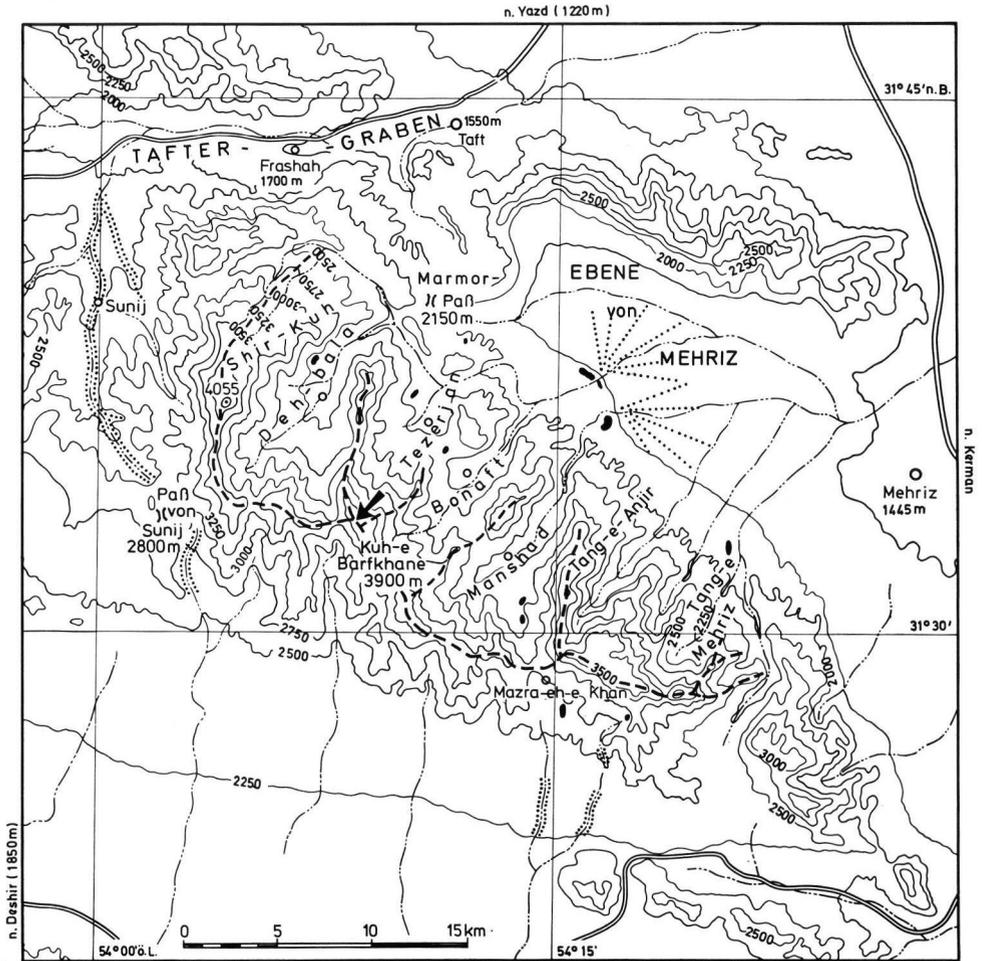
3. Die Firnflecken am Kuh-e-Barfkhane, Shir-Kuh Massiv (J. GRUNERT)

3.1. Einleitung

3.1.1. Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das 4070 m hohe Shir-Kuh Massiv liegt am östlichen, leeseitigen Rand der Zagros-Ketten, im Übergangsbereich zum großen, wüstenhaften Binnenbecken Zentralirans. Die

Topographische Karte des SHIR - KUH Massivs (Zentral - Iran)



aus: top. Karte IRAN 39-4, 40-1

LEGENDE

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Isohypsen, Abstand 250m | rezente Firnflecken in 3300m Höhe | befestigte Autopiste |
| Flußbett, periodisch wasserführend | Moränen | größere Oasensiedlung |
| Wasserscheide | Blockfelder | (Paß |

Abb. 7: Topographische Karte des Shir-Kuh Massivs (Zentral-Iran).

Basis des Massivs besteht aus einem Granitsockel, der von bis zu 600 m mächtigen harten kretazischen Kalken und Dolomiten überlagert wird, die mit 10—15° nach Norden einfallen und durch canyonartige Täler stark zerschnitten sind. Die größten Erhebungen werden von dem Kreidekalk gebildet, der im Falle des 3 900 m hohen Kuh-e-Barfkhane einen dem Granitsockel aufsitzenden Zeugenberg von fast 600 m Höhe darstellt. Auf der Südseite besitzt das Gebirgsmassiv einen wenig gegliederten, ca. 1000 m hohen Steilabfall.

3.1.2. Problemstellung

Die perennierenden „Schneeflecken“ auf der Nordseite des Kuh-e-Barfkhane sind zumindest den einheimischen Bergbewohnern schon lange bekannt. Nicht umsonst haben sie dem Berg seinen Namen gegeben, der übersetzt etwa „Schneehaus-Berg“ bedeutet. Näher untersucht wurden die „Schneeflecken“ aber erst seit 1972 durch Angehörige des geographischen Instituts der Universität Würzburg, die im Rahmen eines von der DFG dankenswerterweise finanzierten Programms geomorphologische Forschungen im Shir-Kuh Massiv durchführten²⁾.

Der Verfasser selbst hatte Gelegenheit während einer Hochgebirgstour Anfang September 1974 die „Schneeflecken“ zusammen mit Herrn Dr. GLASER und Herrn HAARS genau zu vermessen. Hierbei stellte sich heraus, daß es sich nicht, wie ursprünglich angenommen, um Schnee-, sondern um perennierende Firnflecken handelt. Sie wurden seither weiterhin beobachtet, ohne daß sich bis zum Spätsommer 1976 auffällige Veränderungen etwa in Form und Größe ergeben hätten³⁾.

Daß solche perennierenden Firnflecken in den Hochgebirgen Zentral-Irans nichts Ungewöhnliches sind, daß in vergleichbarer Höhe sogar kleine Gletscher vorkommen können, zeigen die Beobachtungen vom Zardeh-Kuh. Im Vergleich dazu ist das Shir-Kuh Massiv jedoch viel trockener; es bekommt nur ein Viertel bis ein Fünftel der Niederschläge im Zardeh-Kuh Massiv (1 500 mm), nämlich 350—400 mm im Jahr.

Auf Grund dieser Werte hat erstmals BOBEK (1937) den Verlauf der Schneegrenze quer über die Zagros-Ketten festgelegt, indem er einen steilen Anstieg zur trockenen Ostseite hin konstruierte. Danach müßte die potentielle Schneegrenze im Shir-Kuh Massiv in 4 600 bis 4 700 m Höhe, das heißt 1 300—1 400 m über den erwähnten Firnflecken liegen. Es stellt sich daher die Frage, ob die Annahme eines so hohen Schneegrenzwertes gerechtfertigt ist. Noch höher, nämlich bei 4 900—5 000 m, soll nach BOBEK (1937) und SCHWEIZER (1972) die Schneegrenze in dem südöstlich des Shir-Kuh gelegenen Kuh-i-Jupar Massiv (4 135 m) bei Kerman liegen. Dort kommen offenbar keine Firnflecken mehr vor (KUHLE 1976).

3.2. Das Klima des Shir-Kuh Massivs

Der Witterungswechsel im Jahresablauf ähnelt demjenigen des Zardeh-Kuh Massivs weitgehend. So besteht auch hier eine lange, etwa 7-monatige winterliche „Regenzeit“ zwischen November und Mai und eine kürzere, 5-monatige Trockenzeit in den Monaten Juni—Oktober. Das Klima im Shir-Kuh Massiv ist jedoch ausgesprochen semiarid. Da eine Klimastation im Gebirge selbst fehlt, mußte der Niederschlagswert der auf der Leeseite

²⁾ Der unter Leitung von Prof. Dr. H. Hagedorn stehenden Forschungsgruppe gehörten die Herren Dr. D. Busche, Dr. U. Glaser, Dr. J. Grunert, W. Haars und E. Schulz an. Eine zweite Gruppe unter Leitung von Prof. Dr. H. Förster (Aachen) führte geologisch-mineralogische Untersuchungen durch.

³⁾ O. WEISE (frdl. mündl. Mitt. vom 10. 11. 77) berichtet jedoch, daß am 15. 10. 77, kurz vor Beginn der ersten Schneefälle, nur noch ein „Schneefleck“ mit dem Fernglas zu erkennen war.

des Gebirges in nur 1200 m Höhe gelegenen Station Yazd als Grundlage genommen werden. Er beträgt dort lediglich 124 mm, nach unbestätigten Angaben sogar nur etwa 70 mm im Jahr.

Die ersten Regenfälle beginnen meist Ende Oktober, verstärken sich rasch im November und Dezember und erreichen ihr Maximum im Januar, also im Hochwinter. In den Monaten Februar bis April werden sie wieder geringer, steigen jedoch im Mai erneut an (sekundäres Maximum).

Tab. 2: Monatswerte der Temperaturen und Niederschläge von Yazd (1200 m).
Aus C. DJAVADI (1966).

Station: YAZD													
Lat. 31° 54'	Province: Kerman						P/T: 6.4						
Long. 54° 24'	Type de climat: BWhs						Temp. moy. d'hiver: 7° 3						
Alt. 1240 m	Amplitude annuelle: 27° 5						Temp. moy. d'été: 31° 1						
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T. moy.	5.5	6.8	12.0	16.1	22.9	29.0	33.0	31.3	28.0	21.7	14.9	9.8	19.2
P. moy.	36	25	10	8	11	1	0	0	0	2	19	12	124

Genetisch handelt es sich bei den Niederschlägen ganz überwiegend um solche wandernden Zyklonen der Westwinddrift, bzw. der planetarischen Hauptfrontalzone, die im Winter über dem asiatischen Festland weit nach Süden bis in die Subtropen ausbiegt.

Während die Niederschläge in Yazd im Winterhalbjahr überwiegend als Regen fallen, gehen sie im Gebirge oberhalb etwa 2500 m fast ausschließlich als Schnee nieder und führen dort alljährlich zu einer geschlossenen Schneedecke, die sich bis zum späten Frühjahr hält. Erst im April, wenn die ersten warmen Gewitterregen einsetzen, beginnt sie abzuschmelzen. Der Schmelzvorgang verläuft im Mai unter dem Einfluß häufiger Gewitterregen ziemlich rasch, so daß die Schneedecke bereits am Ende des Monats fast verschwunden ist.

E. JUNGFER (frdl. mündl. Mitteilung) gibt folgende Schilderung der Schneeschmelze am 24. Mai 1976 in der Gebirgsoase Deh-bala: „Eine geschlossene Schneedecke reichte an diesem Tage noch bis etwa 3000 m herunter; noch tiefer, bis etwa 2700 m, reichte der Schnee in den Taleinschnitten. Im Laufe des Vormittags erfolgte eine kräftige Erwärmung und gleichzeitig die Bildung von Gewitterwolken. Ab Mittag fiel gewittriger Regen in mehreren Schauern. Es regnete bis in die Gipfelregion in 4000 m Höhe, wodurch dort die Schneeschmelze erheblich beschleunigt wurde. Als Folge davon führte der durch die Oase ziehende Bach Hochwasser.“ Es muß allerdings ergänzt werden, daß der zurückliegende Winter 1975/76 außergewöhnlich schneereich war. Aber auch in sogenannten normalen Jahren können einzelne Schneereste in Hochlagen noch bis Ende Juni beobachtet werden.

Über Schneehöhen gibt es keine zuverlässigen Angaben. Nach Berichten von Einheimischen sollen diese aber in den Gebirgsoasen in 2500 m Höhe maximal 50 cm betragen. In der Gipfelregion oberhalb 3500 m kann daher mit einer maximalen Schneehöhe von über 1 m gerechnet werden.

Nachdem die Gewittertätigkeit Ende Mai abgeflaut ist, beginnt die sommerliche Dürrezeit mit nahezu ununterbrochener Sonneneinstrahlung von Juni bis Oktober. Die Verdunstung in diesen Monaten und damit die Ablation auf den wenigen, noch verbliebenen Schneeresten ist sehr hoch. Um so erstaunlicher ist es, daß sich in nur 3300 m Höhe am Fuß des Kuh-e-Barfkhane in allerdings sehr geschützter Lage einige Schnee-, bzw. Firnflecken den ganzen Sommer über halten können.

3.3. Die Firnflecken in 3300 m Höhe

3.3.1. Allgemeines

Am Fuß der etwa 600 m hoch aufragenden Nordwand des Kuh-e-Barfkhane (3900 m) befinden sich benachbart auf gleicher Höhe drei unterschiedlich große Firnflecken (Abb. 8). Infolge des leicht gebogenen Grundrisses und der dadurch etwas vorstehenden Flanken der nur nach Norden weisenden Wand, ergibt sich für deren mittleren Teil eine optimale Strahlungsabschirmung und damit eine außerordentliche Begünstigung für perennierenden Schnee. Außerdem stellt der Wandfuß eine günstige Leelage dar für die überwiegend aus Südwesten kommenden, schneebringenden Winde, und drittens gehen auf ihn im Winter vermutlich Lawinen nieder, denen die tiefen Scharten in der Wand als Bahndienen.

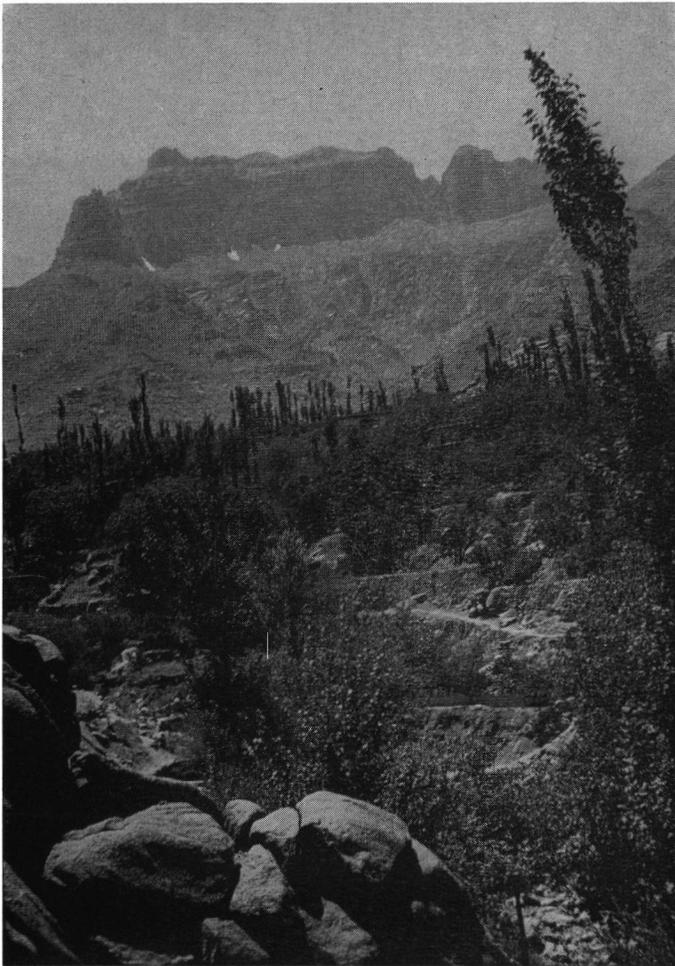


Abb. 8: Blick von der Gebirgsoase Tezerjan (2200 m) nach S auf die Kreidekalk-Nordwand des 3900 m hohen Kuh-e-Barfkhane. Am Fuß der Nordwand in 3300 m Höhe sind 3 Firnflecken erkennbar, deren größter auf der linken Seite eine Länge von ca. 100 m besitzt. Unterhalb der Firnflecken verläuft in 3150 m die Granitobergrenze (Aufn. GRUNERT, 2. 9. 75).

3.3.2. Der östliche Firnfleck (Hauptfirnfleck)

Er liegt zwischen 3 200 m und 3 270 m Höhe, ist etwa 100 m lang und maximal 20 m breit. Sein oberes Ende liegt in einer steil ansteigenden Scharte und ist 6—7 m mächtig. Von hier aus dünnt der Firnfleck ganz allmählich bis zu seinem unteren Ende hin aus. Im Mittelteil beträgt seine Mächtigkeit noch 2—3 m. Die Oberfläche ist schmutzig und von 30—40 cm großen, flachen Wannen übersät. Am 6. 9. 1974 war sie bis 11.00 Uhr vormittags noch hart gefroren. Erst danach taute sie allmählich zu einer weichen, körnigen Masse auf. Der Firnfleck wird Anfang September von 10.30—14.00 Uhr, also nur etwa 3½ Stunden täglich von der Sonne beschienen.

Im oberen Mittelteil ist ein guter Aufschluß des Firns gegen einen randlichen, calcitisch verbackenen Moränenrest vorhanden. Die Aufschlußhöhe beträgt 2,50 m. Es sind 4 übereinanderliegende Firnlagen unterschiedlicher Mächtigkeit aufgeschlossen. Die oberste, schon ziemlich verfestigte Lage ist 1 m mächtig und besteht aus körnigem, stark lufthaltigem Firn. Die zweite, 70 cm mächtige Lage ist stärker verfestigt, aber noch als Firn anzusprechen, während die 50 cm mächtige dritte Lage bereits die Konsistenz von hartem, blasigem Eis aufweist. Aus hartem, etwas durchscheinendem Eis besteht auch die vierte, unterste Lage, die etwa 30 cm tief aufgegraben werden konnte. Ob darunter noch eine weitere Firn-, bzw. Eislage ansteht, konnte nicht geklärt werden.

Eine Deutung dieser Firnlagen als Ablagerungen eines einzigen Winters erscheint ausgeschlossen. Vielmehr handelt es sich ganz offensichtlich um Jahreslagen; der Firnfleck hätte somit ein Mindestalter von 4 Jahren.

Auf beiden Seiten des Firnflecks ziehen sich bis in Höhe der Granitobergrenze (3 150 m) etwa 10 m hohe, flache Wälle bergab, die als junge Seitenmoränen des ehemals viel größeren Firnflecks gedeutet werden können. Sie sind von holzigen Polsterpflanzen, wie etwa Lavendel u. a., ziemlich dicht bewachsen. Zur Muldenmitte hin jedoch setzt die dichte Polsterpflanzenvegetation völlig aus mit einer beidseitig etwas oberhalb der Wallbasis verlaufenden scharfen Grenze. Dies kann damit zusammenhängen, daß die Muldenmitte im Sommer sehr spät schneefrei wird und so die Vegetationsperiode zu kurz ist; es kann aber auch bedeuten, daß der Firnfleck noch vor wenigen Jahren oder Jahrzehnten (?) erheblich größer war und etwa 100 m weiter bergab reichte.

3.3.3. Die übrigen Firnflecken

Sie liegen in gleicher Höhe wie der Hauptfirnfleck; ihre Größe ist jedoch erheblich geringer und beträgt im Falle des mittleren Firnflecks 60 x 30 m, im Falle des westlichen nur 40 x 30 m. Dieser war am 6. 9. 1974 lediglich von 10.00 Uhr bis 12.00 Uhr sonnenbeschienen. Die Mächtigkeiten der Firnflecken betragen am oberen Ende 3—4 m, in der Mitte noch 1—2 m.

Außerdem liegen mehrere kleine Firnflecken, bzw. Altschneereste geschützt in Wandnischen in verschiedenen Höhen. Fast ausnahmslos wurden sie am 6. 9. 1974 von der Sonne nicht mehr erreicht.

3.4. Die Lage der Schneegrenze

Die Auffassung BOBEKS, daß die potentielle Schneegrenze im Shir-Kuh Massiv in 4 600 — 4 700 m Höhe liege, muß nach der Kenntnis der Firnflecken vom Kuh-e-Barfkhane wohl etwas korrigiert werden. Sie dürfte nach Ansicht des Verfassers in höchstens 4 500 m Höhe zu ziehen sein, wobei der Abstand zu den Firnflecken dann immer noch 1 200 m betragen würde.

Für diese tiefere Lage der Schneegrenze spricht auch das Vorhandensein eines reichen periglazialen Formenschatzes von durchaus alpinem Charakter auf dem 4000 — 4070 m hohen Gipfelplateau des Shir-Kuh. Weiterhin spricht dafür die sehr tiefe Lage der eiszeitlichen Schneegrenze, die auf Grund zahlreicher Moränenfunde aus dem gesamten Gebirge in etwa 3000 m bis höchstens 3300 m gelegen haben mußte (HAGEDORN et al. 1975). Dies würde im Vergleich zu der von BOBEK (1937) postulierten heutigen Schneegrenze von 4600 — 4700 m Höhe eine eiszeitliche Schneegrenzdepression von 1500 m bedeuten!

Die weitere Forderung BOBEKS, nämlich der relativ steile Anstieg der heutigen Schneegrenze von der feuchten West- zur trockenen Ostseite der Zagros-Ketten, kann jedoch bestätigt werden, da sie nach Ansicht des Verfassers sowohl im Zardeh-Kuh als auch im Shir-Kuh um etwa gleiche Beträge, nämlich um 200 m tiefer liegt, und so insgesamt ein wenig unterhalb der von BOBEK postulierten Schneegrenze verläuft.

Die Frage, ob sich in der vermuteten tieferen Lage der heutigen Schneegrenze, wie im Falle des Zardeh-Kuh, ein Trend der jüngsten Vergangenheit widerspiegelt, ist nicht eindeutig zu beantworten. Wohl gaben Einheimische die Auskunft, daß die Firnflecken am Kuh-e-Barfkhane „früher“ einmal ganz verschwunden waren, daß sie andererseits „früher“ aber auch schon viel größer gewesen sein sollen als heute. Bei aller Vorsicht der Interpretation deuten diese Auskünfte in jedem Fall auf spürbare Oszillationen der Schneegrenze innerhalb der letzten Jahrzehnte hin.

Schriftenverzeichnis

- BOBEK, H. (1937): Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran. — *Z. Gletscherkde.*, **25**: 130—183, 17 Abb., 13 Fig.
- (1940): Die gegenwärtige und eiszeitliche Vergletscherung im zentralkurdischen Hochgebirge. — *Z. Gletscherkde.*, **27**: 50—87.
- (1952): Beiträge zur klimaökologischen Gliederung Irans. — *Erdkunde*, **6**: 65—84, 6 Abb., 1 Kt.; Bonn.
- (1957): Die Takht-e-Sulaimangruppe im mittleren Alburzgebirge, Nordiran. — *Festschr. Hundertjahrfeier geogr. Ges. Wien*: 236—264, 3 Fig., 8 Abb.; Wien.
- DESIO, A. (1934 a): Appunti geografici e geologici sulla catena dello Zardeh-Kuh in Persia. — *Memorie Geol. e Geogr. di Dainelli*, **4**: 141—167.
- (1934 b): Sull' esistenza di piccoli ghiacciai nella Persia occidentale. — *Boll. Comitato Glaciologico Ital.*: 39—52.
- DJAVADI, C. (1966): Climats de l'Iran. — *Monogr. de la Météorol. nat.*, **54**: 100; Paris.
- EHLERS, E. (1971): Südkaspisches Tiefland (Nordiran) und Kaspisches Meer. Beiträge zu ihrer Entwicklungsgeschichte im Jung- und Postpleistozän. — *Tübinger geogr. Stud.*, **44**: 1—184; Tübingen.
- GRUNERT, J. (1977): Jungpleistozäne Tal- und Hangentwicklung im Shir-Kuh-Massiv, Zentral-Iran. — *Karlsruher geogr. H.*, **8**: 42—61, 5 Fig., 1 Tab.; Karlsruhe.
- HAARS, W., HAGEDORN, H., BUSCHE, D., FÖRSTER, H. (1974): Zur Geomorphologie des Shir-Kuh-Massivs (Zentral-Iran). — *Marburger geogr. Schr.*, **62**: 39—48, 3 Fig.; Marburg.
- HAGEDORN, H., HAARS, W., BUSCHE, D., FÖRSTER, H. (1975): Pleistozäne Vergletscherungen in Zentral-Iran. — *Z. Geomorph., N. F., Suppl.*, **23**: 146—156, 5 Fig.; Berlin, Stuttgart (Borntträger).
- HUCKRIEDE, R. (1961): Jung-Quartär und End-Mesolithikum in der Provinz Kerman (Iran). — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **12**: 25—42, 4 Abb.; Öhringen.
- JUNGFER, E. (1974): Deh-bala am Shir-Kuh. Zur Geoökologie einer Gebirgsoase im Hochland von Iran. — *Marburger geogr. Schr.*, **62**: 49—66, 1 Fig.; Marburg.
- KLAER, W. (1962): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. — *Heidelberger geogr. Abh.*, **11**: 1—135, 51 Abb., 11 Fig., 4 Kt.; Heidelberg/München (Keyser'sche Verlagsbuchhandlung).
- (1965): Geomorphologische Untersuchungen in den Randgebirgen des Van-See (Ostanatolien). — *Z. Geomorph., N. F.*, **9**: 346—355, 5 Abb.; Berlin/Stuttgart (Borntträger).
- (1969): Glazialmorphologische Probleme in den Hochgebirgen Vorderasiens. — *Erdkunde*, **23**: 192—200, 8 Abb., 6 Fig.; Bonn (Dümmler).

- KUHLE, M. (1976): Beiträge zur Quartärmorphologie SE-iranischer Hochgebirge. Die quartäre Vergletscherung des Kuh-i-Jupar. — Göttinger geogr. Abh., **67**: 209 S., 105 Abb.; Göttingen (Goltze).
- MCQUILLAN (1969): Small glacier on Zardeh-Kuh, Zagros Mountains, Iran. — Geogr. J., **155**: 639, 1 Abb.; London.
- MESSERLI, B. (1964): Der Gletscher am Erciyas Dagh und das Problem der rezenten Schneegrenze im anatolischen und mediterranen Raum. — Geogr. Helv., **29**: 19—34, 7 Abb., 2 Fig.; Bern (Kümmerli & Frey).
- PREU, C. (1976): Zur rezenten Vergletscherung des inneren Zardeh-Kuh-Massives, Zagros, Iran. — Unveröff. Staatsexamensarb., Geogr. Inst. Univ. Würzburg: 171 S.
- SCHWEIZER, G. (1969): Büsserschnee in Vorderasien. — Erdkunde, **23**: 200—205, 7 Abb.; Bonn (Dümmler).
- (1970): Der Kuh-e-Sabalan (Nordwestiran). Beiträge zur Gletscherkunde und Glazialmorphologie vorderasiatischer Hochgebirge. — Tübinger geogr. Stud., **34**: 163—178, 2 Abb., 3 Tab., 2 Kt.; Festschr. H. Wilhelmy; Tübingen.
- (1972): Klimatisch bedingte geomorphologische und glaziologische Züge der Hochregion vorderasiatischer Gebirge (Iran und Ostanatolien). — Erdwiss. Forsch., **IV**: 221—236.
- (1975): Untersuchungen zur Physiogeographie von Ostanatolien und Nordwestiran. Geomorphologische, klima- und hydrogeographische Studien im Vansee-Rezaiyehsee-Gebiet. — Tübinger geogr. Stud., **60**: 145 S., 12 Abb., 6 Fig., 22 Tab., 21 Kt.; Tübingen.
- SPEITZER, H. (1958): Frührezente und rezente Hochstände der Gletscher des Kilikischen Ala Dag im Taurus. — Schlern-Schr., **190**: 265—281, 6 Abb., 4 Fig.; Festschr. H. Kinzl, Innsbruck (Wagner).
- (1971): Rezente und eiszeitliche Grenzen der glazialen und periglazialen Höhenstufe im zentralen Taurus (am Beispiel des Kilikischen Ala Dag). — Festschr. H. Paschinger: 139—163, 11 Abb., 1 Kt.; Graz.
- WEISE, O. (1972): Zur Bestimmung der Schuttmächtigkeit auf Fußflächen durch Refraktionsseismik. — Z. Geomorph., N. F., Suppl. Bd., **14**: 54—65; Berlin/Stuttgart (Bornträger).

Manusk. einged. 14. 11. 1977.