

15. U. SCHWEINFURTH: Über klimatische Trockentäler im Himalaya. *Erdkunde* 10 (1956) 297–302; Vegetationskarte in *Bonner Geogr. Abh.* 20 (1957).
16. O. H. VOLK: Klima und Pflanzenverbreitung in Afghanistan. *Vegetatio Acta Geobotanica* 5–6 (1954), 422–433.
17. K. H. PAFFEN: Zum Klima des NW-Karakorum. *Erdkunde* 10 (1956), 22–23.
18. *USSR Committee for the International Hydrological Decade: Water Resources and Water Budget of the USSR Area* (in Russian). Leningrad 1967, 199 S.
19. W. WUNDT: *Gewässerkunde*. Springer-Verlag, Berlin 1953, 320 S.
20. R. KELLER: *Gewässer und Wasserhaushalt des Festlands*. Berlin 1961, 520 S.
21. V. A. BUGAEV, V. A. DJORDJIO and COLL: Synoptic Processes of Central Asia (in Russian). *Ac. Sc. Uzbek SSR* 1957, Translation World Meteorological Organisation, Geneva 1962, 645 S.
22. H. FLOHN: Comments on a Synoptic Climatology of Southern Asia. *World Meteor. Organ. Techn. Note* 65 (1963), 245–252.
23. C. RAMASWAMY: On the Subtropical Jet-Stream and its Role in the Development of Large-Scale Convection, *Tellus* 8 (1956), 26–60.
24. H. FLOHN: Ein Klimaprofil durch die Sierra Nevada de Merida (Venezuela). *Wetter und Leben* 20 (1968), 181–191; vgl. auch *Meteor. Rundsch.* 19 (1966), 157–165.
25. L. FISCHER: Afghanistan. *Medizinische Länderkunde* Bd. 2 (Heidelberg 1968), 168 S.
26. O. GILBERT and Coll: Regime of an Afghan Glacier. *Journ. Glaciol.* 8 (1969), 51 f.

DAS CHALUS-TAL UND SEINE TERRASSEN

Studien zur Landschaftsgliederung und Landschaftsgeschichte des mittleren Elburz (Nordiran)

Mit 8 Abbildungen und 5 Bildern

ECKART EHLERS

Summary: The Chalus Valley and its terraces: studies in the history and regionalisation of the central Elburz (North Iran)

The north flank of the central Elburz shows an exceptionally strong areal differentiation both vertically and horizontally. In the example of the Chalus Valley it is possible, using a geological foundation, to distinguish five sub-regions whose geologic and geomorphologic individuality is accentuated by differences in their respective plant covers:

a) the source area formed in easily-eroded Tertiary marls, whose rounded hilltops are covered by a loose rock-steppe vegetation (more than 2400 m)

b) the southerly valley of the river breaking through the Paleozoic of the central zone, and whose steep gorge sides and ravines are covered by mountain woodland of *Quercus-Carpinus* (2400–1000 m)

c) the Marzanabad basin, excavated in Mesozoic limestones and marls, distinguished in climatic-ecologic terms through its dryness and in plant-geographic terms as a transitional region between mountain woodland and lowland forest (1000–400 m)

d) the narrow northerly valley incised into Cretaceous limestones with humidity-loving subtropical lowland forest (400–20 m)

e) the Chalus delta fans, whose extensive silt-covered gravel areas have been stripped of their forest cover and taken in for rice fields (less than 20 m).

This sub-regionalisation of the Caspian mountain flank, is typical for large parts of central Elburz. The geologic structure and chain structure are the preconditions for this clear zonation which is strengthened and refined by macro- and mesoclimate.

The Chalus terraces, to the extent that their numbers and classification are obviously similar to other valleys

of the Elburz north flank, are significant in dating the Pleistocene and postglacial climatic and landscape history of north Persia. Since it appears possible to follow the physiognomically dominant 40–60 m terrace level in the mountains up to the end moraines of the Würm (?) -age Takht-e-Sulaiman glaciation and to correlate it in the confluence area with the 48 m NN high-water mark of the Caspian Sea, an early Würm-age formation must be regarded as probable. From this, however, follows a further, at least two-fold, climatic deterioration, corresponding to the two lower gravel terraces (20 m, 10 m). Therefore a three-fold division of the Würm cold period can be assumed for the central Elburz. In addition, the possibility of an older (Riss [?]) glaciation should not be rejected out of hand. Thick, tightly-conglomerated gravel banks, mostly covered by the 40–60 m level, have been incised by the Chalus at various points and dip under the recent valley floor. Riss-Würm interglacial tectonics indicate a displacement of these older gravels while the undisturbed deposition of the younger group of terraces allows one to assume tectonic peace since the Würm.

The widespread distribution of low 2–3 m and 1 m terraces indicates that minor climatic variations have occurred in post-glacial times.

Wie kaum ein anderer Abschnitt des großen altweltlichen tertiären Faltengebirgszuges bietet der mittlere Elburz in Nordpersien sowohl in seiner horizontalen wie vertikalen Gliederung ein reiches Mosaik verschiedener Landschaften. Als E-W streichende Barriere zwischen den semi- bis vollariden, warmgemäßigten Steppen und Wüsten des iranischen Hochlandes im S und den winterkalten Trockenräumen Zentralasiens im N besitzt vor allem die Nordab-

dachung des Elburs eine ausgeprägte Sonderstellung. Hier konnte sich infolge der orographischen Gliederung Nordpersiens und ihres Einflusses auf das Klima eine vegetationsgeographisch weithin tropisch anmutende Naturlandschaft entfalten und erhalten. Sie erfährt indes durch das bis über 5500 m aufragende Gebirgsmassiv des Elburs eine starke Einengung und Zonierung und weist vom subtropischen Tieflandswald bis zur alpinen Mattenvegetation alle Übergangsformen auf. Dabei ist das Vegetationskleid nur äußeres Abbild einer alle Landschaftsfaktoren umfassenden naturräumlichen Gliederung.

Am Beispiel des Chalus-Tales im mittleren Elburs soll diese auf Grund der großen Reliefunterschiede in vertikaler und infolge des ausgesprochenen Kettengebirgscharakters des Elburs auch in horizontaler Richtung so eindrucksvolle Gliederung der Naturlandschaft des nördlichen Iran dargestellt und in ihren Ursachen gedeutet werden ¹⁾.

Gliederung des Chalus-Tales im Überblick

Der Chalus, einer der zahlreichen, dem Kaspischen Meer zuströmenden Gebirgsflüsse, durchquert die gesamte Nordabdachung des Elburs in nahezu geradem Verlauf (Abb. 1). Eingesenkt in die höchsten Aufwölbungen des Gebirges zwischen dem Demavand (5670 m) im E und der Takht-e-Sulaiman-Gruppe (4840 m) im W, durchmißt der Chalus auf seinem nur etwa 70 km langen Lauf einen Höhenunterschied von ungefähr 3000 m: seine südlichsten Quellläste am Kendevan-Paß liegen in etwa 3000 m Höhe, die Mündung des Flusses in das Kaspische Meer liegt 28 m unter dem Meeresspiegel.

Vom Gesamtcharakter des Chalus-Tales scheint es erlaubt, das Tal in fünf Abschnitte zu zergliedern; diese finden eine weitgehende Entsprechung in den von GANSSER-HUBER (1962) nach strukturellen und stratigraphischen Gesichtspunkten ermittelten geologischen Elementen der Elburs-Nordabdachung.

Gliederung des Chalus-Tales

nach dem Relief	nach geologischem Bau (nach GANSSER-HUBER)
Quellgebiet	Tertiary Central Zone
Südl. Durchbruchstal	Palaeozoic Central Range
Becken v. Marzanabad Nördl. Durchbruchstal	Northern Mesozoic Borderzone
Mündungsbereich	

Das Quellgebiet des Chalus erstreckt sich von den kleinen Quellmulden unmittelbar nördlich des Kendevan-Passes bis etwa zur Einmündung des

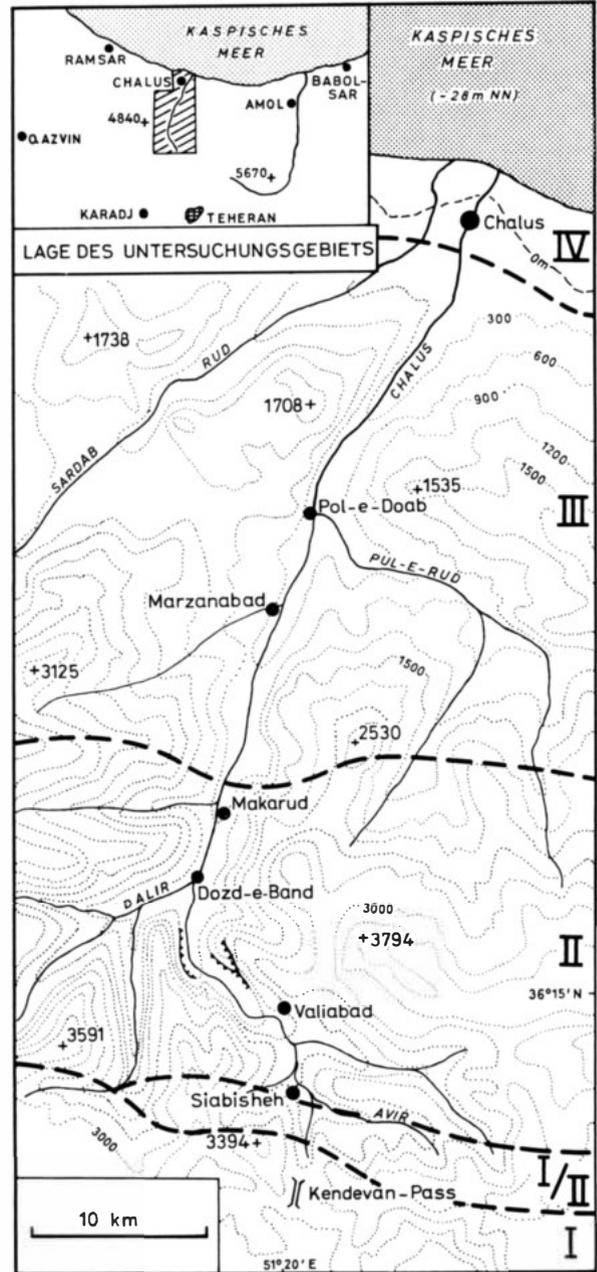


Abb. 1: Übersichtskarte Chalus-Tal

I Tertiäre Zentralzone; I/II Mesozoikum: Lias-Kohlenkalke; II Paläozoische Zentralkette; III Nördliche mesozoische Randzone; IV Kaspisches Tiefland; Isohypsenabstand 300 m; die Grenzlinien der geologischen Zonen, soweit gerissen, sind nur angenähert richtig

Avir-Baches ²⁾. Auf diesem nur etwa sechs bis acht km langen Teilstück überwindet der Chalus, streckenweise kaskadenartig über mächtige Blockpackun-

¹⁾ Die Untersuchungen in Nordiran wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Dafür möchte ich auch an dieser Stelle sehr herzlich danken.

²⁾ Vgl. dazu auch die detaillierte Karte bei BOBEK (1957).

gen und harte Gesteinsbänke hinwegschäumend, einen Höhenunterschied von etwa 1000 m, was einem durchschnittlichen Gefälle des Flusses von 7 ‰ entspricht. Diese außerordentlich große Reliefenergie hat, zusammen mit dem weitverzweigten Netz der Quelläste, zu einer starken Zertalung der Gipfelregion am Kendeivan-Paß geführt. Die meist nur 1 bis 2 m breiten Gerinne haben sich in die leicht ausräumbaren eozänen Tuffe tief eingekerbt und die Kammregion des Elburs in einzelne, bis zu 500 m hohe, zugerundete Berggrücken mit Hangwinkeln vom meist 25 bis 30° aufgelöst.

Wenig unterhalb der Avir-Einmündung tritt der Chalus in sein südliches Durchbruchstal ein, das im geologischen Sinne der paläozoischen Zentralzone entspricht³⁾. In wilden, tiefen Schluchten hat der Fluß nacheinander permische und karbone Kalke, kambrische Schiefer, Sandsteine, Dolomite und Kalke durchschnitten und fließt schließlich auf präkambrischer Unterlage dahin. An sie schließen sich nördlich einer großen Aufschiebungszone bei Dozd-e-Band abermals karbone Kalke und Dolomite an, die das Durchbruchstal nach N begrenzen.

Aus der unregelmäßigen Wechsellagerung oftmals dünnbankiger, harter und weicher Gesteinsserien, aus ihrer intensiven Verfaltung und ihrer Untergliederung durch lange, schmale Härtlingsrippen (dikes) und durch Intrusionen kompakter Massengesteine ergibt sich das bizarre Aussehen dieses Talabschnittes. Die oberen, über 2000 m hoch gelegenen Hänge sind durch z. T. mächtige Schuttschleppen und eine starke Bedeckung mit grober Blockstreu geprägt. Im Gegensatz dazu steht der bis 1000 m tiefe, klammartige Einschnitt des Chalus und seiner Zubringer, der das auffallendste morphologische Kennzeichen dieses Talabschnittes ist. Infolge des engen Talquerschnittes mit den oftmals senkrecht abfallenden Talwänden und infolge der großen Erosionskraft des Wassers konnte sich an keiner Stelle eine Talsohle entwickeln oder konnten Reste älterer oder höherer Talböden erhalten bleiben.

Unterhalb von Makarud öffnet sich das Chalus-Tal allmählich zum Becken von Marzanabad. An die Stelle der engen Talschluchten und Durchbruchstrecken tritt eine durch mächtige Terrassenablagerungen geprägte Landschaft (vgl. Bild 1). Die immer noch bis 2500 m Höhe aufragenden Berge treten zurück und nehmen, da sie vorwiegend aus mesozoischen, wenig verfestigten Sandsteinen und Kalken aufgebaut werden, zugleich wieder gerundete Formen an.

Das Becken von Marzanabad wird gegen N durch eine der zahlreichen, E-W streichenden Gebirgsketten abgetrennt; der wegen seiner eigenartigen Vege-

tationsausstattung (Cypressenwald!) berühmte Kalkmergelzug von Hassanabad (Pol-e-Doab) bildet den Übergang zum nördlichen Durchbruchstal. In diesem etwa 23 km langen Talabschnitt durchbricht der durch die Wassermengen des Pul-e-Rud verstärkte Chalus die vor allem aus kretazischen Kalken aufgebaute nördliche Randkette des Elburs. Wenn auch dieser nördlichste Ausläufer des Elburs noch bis etwa 2000 m ansteigt, so ist er durch ein dichtes und weitverzweigtes Gewässernetz doch so zertalt und zugerundet, daß er weithin Mittelgebirgscharakter besitzt. Dieser Eindruck wird durch das dichte und bis in die Gipfelregionen reichende Waldkleid verstärkt. Der Chalus durchschäumt die nördlichen Randketten des Elburs in einem engen Tal, in dem eine Talsohle wiederum weithin fehlt.

Erst wenige km oberhalb der Stadt Chalus weitet sich das Tal des Flusses bei gleichzeitiger Abdachung bzw. schroffem Abfall des Elburs und leitet in den Mündungsbereich über. Der Fluß, der bei der gleichnamigen Stadt noch etwa im Meeresniveau fließt, hat bis zum Kaspischen Meer (28 m unter NN) einen mächtigen Schwemmkegel vorgeschüttet, der sich nach W, N und E unter etwa 1° gleichmäßig abdacht. Nachdem oberhalb der Stadt ein großer Teil des Flußwassers für Irrigationszwecke in ein weitverzweigtes Kanalnetz abgeleitet ist, pendelt der Chalus in einem ca. 200 m breiten Schotterbett, in das er sich 1 m eingetieft hat. Während der rezente Talboden ausschließlich von grobem Schottermaterial angefüllt ist, werden die seitlichen Dammufer von einer mindestens 50 cm mächtigen „Auelehmschicht“ bedeckt. Diese wird durch die Bewässerung des Reislandes mit dem an Schweb- und Sinkstoffen reichen Flußwasser ständig erhöht.

Pflanzenkleid und Klima

Der beschriebene Wechsel von Engtalstrecken und Talweitungen wird im Tal des Chalus durch das Pflanzenkleid und seine unterschiedliche Ausprägung akzentuiert insofern, als in der Regel die Durchbruchstäler ein dichtes Waldkleid tragen, die Raumzonen und Talweitungen aber weitgehend unbewaldet sind.

Ebenso wie die gesamte Südabdachung des Elburs, die von einer äußerst schütterten und spärlichen Berg- und Geröllsteppe überzogen wird, besitzt auch die Vegetation auf der Nordflanke bis zu den Gipfeln hinauf einen ausgesprochenen Felssteppencharakter. Sie bedeckt weniger als 50 ‰ der Bodenoberfläche. Hier wie dort herrschen Trockenstauden mit hohen Blütenständen, Dornsträucher und die sehr charakteristischen *Astragalus*-Polster vor, zu denen sich jedoch auf der Nordseite verschiedene *Festuca*- und *Agropyron*-Arten gesellen, die stellenweise kleine geschlossene Rasenflächen bilden. Sehr verbreitet sind auch Compositen, wie z. B. *Artemisia*-, *Cirsium*- und *Cousinia*-Arten. Nach der Schneeschmelze

³⁾ Vgl. die geologische Kartierung und Beschreibung von GLAUS (1965).

im Mai überziehen die genannten Arten zusammen mit *Primula*- und *Ranunculus*-Species die Hänge mit einem Blütenteppich, der jedoch im Juli schon vollkommen verdorrt ist.

Ganz im Gegensatz zu diesen überwiegend xerophytischen Steppenpflanzen der Berghänge stehen die mesophytischen und hygrophilen Pflanzengesellschaften der schmalen Talböden und der besonders an der Grenze von Tuff und Liegendem zahlreichen Quellaustritte. Sie bilden dicht geschlossene Vegetationsdecken, die sich durch ihr saftiges Grün während der Sommermonate deutlich von den sonnenverbrannten und verdorrten Berghängen abheben. Es sind dichte Grasfluren, in denen Holzgewächse fehlen. So fanden sich auf einer dieser Quellfluren am oberen Chalus in etwa 2500 m Höhe neben vielen anderen Pflanzen, vor allem Gräsern und Seggen, Vertreter folgender blühender Gattungen: *Colchicum* sp.; *Ranunculus* sp.; *Lamium* sp.; *Gentiana* sp.; *Salvia* sp.; *Rumex* sp.

Zwischen 2500 und 2400 m treten die ersten Bäume auf und deuten damit den Verlauf der Waldgrenze an. Ihre Vorposten finden sich dabei meist versteckt in ausgesprochenen Schutzlagen und treten physiognomisch zunächst kaum in Erscheinung. Das durch niedrige Wuchsformen und geringe Dichte gekennzeichnete oberste Stockwerk des Waldes wird von einem Eichen-Buchenwald gebildet, in dem kümmerformen von Buchen (*Fagus orientalis*) und Eichen (*Quercus macranthera*) zusammen mit der *Betulaceae* *Carpinus orientalis* dominieren. Der Unterwuchs wird von einem stellenweise dichten Gestrüpp aus *Roseaceae* (z. B. *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Rubus* sp.), Stechdornen (*Ilex aquifolium*), *Berberidaceae* und *Fraxinus*-Arten gebildet, während in Lichtungen wiederum Trockenstaudengesellschaften dominieren. Insgesamt wird dieses oberste Stockwerk des Waldes auf der Elburs-Nordflanke von HEJAZI-SABETI (1961) nach dem dominanten Waldbildner als *Fagetum* bezeichnet, das jedoch nach schon wenigen hundert Höhenmetern in das *Fageto-Carpinetum* übergeht.

Die obersten Stockwerke des kaspischen Bergwaldes sind, wie betont, noch weitgehend durch niedrige Wuchsformen geprägt und zeigen darüber hinaus eine auffällige, expositionsbedingte Differenzierung. So reicht der Wald auf der nach N gerichteten Schattenseite nicht nur höher hinauf als auf der Südseite, sondern ist zugleich dichter und weniger von xerophytischen Dornsträuchern und Trockenstauden durchsetzt. Erst zwischen 2000 und 1600 m wird dieser Gegensatz zwischen Sonnen- und Schattelage aufgehoben. Ein dichter und neben den genannten Arten vor allem von *Carpinus betulus* gebildeter, hochstämmiger Bergwald überzieht Nord- und Südflanken der einzelnen Gebirgsketten in gleicher Weise und reicht tief in die Talschluchten des Chalus herab (*Querceto-Carpinetum*).

Im Gegensatz zu dem dichten, die Hänge flächenhaft überziehenden Bergwald des südlichen Durchbruchstaales steht das schütterere Waldkleid des Beckens von Marzanabad. Dieser schon durch seine Oberflächenformen so markant herausfallende Talabschnitt ist auch in seiner floristischen Ausstattung und Zusammensetzung ein eigenständiger Landschaftsraum, in dem sich einzelne Vertreter des kaspischen Bergwaldes und des südkaspischen Tieflandswaldes vermischen. Es ist der Bereich der von BOBEK (1951) ausgeschiedenen floristischen Übergangsregion zwischen 300 und 1000 m Höhe, in dem an ökologisch günstigen Standorten – vor allem in der Talsohle des Chalus sowie am unteren Ende seitlich einmündender steiler Kerben und Tobel – vereinzelt *Parrotia persica*, *Acer insigne* und *Pterocarya* als äußerste Vorposten des subtropischen kaspischen Tieflandswaldes auftreten. Im allgemeinen aber fehlen größere geschlossene Waldbestände. Wo diese zu finden sind, überziehen sie als niedrige Gehölzfluren die unzugänglichen Talkerben einmündender Nebenbäche. An ihnen wird die expositionsbedingte Ausbildung des Pflanzenkleides und seine kleinräumige Differenzierung infolge mikro- bis mesoklimatischer Einflüsse besonders deutlich (vgl. Bild 2); so sind die Sonnenhänge oftmals flächenhaft von Dornsträuchern, v. a. *Rosaceae* und *Paliurus spina Christi*, *Astragalus*, Disteln und anderen Xerophyten überzogen und werden nur von einzelnen Bäumen oder höheren Sträuchern überragt, während die Schattenhänge immer wieder von kleinen *Quercus*-, *Carpinus*-Beständen oder von der *Ulmaceae* *Zelkova* bedeckt sind. Wie sehr Exposition und Lokalklima, neben den hier besonders wirksamen Einflüssen des Menschen⁴⁾, für die pflanzengeographische Differenzierung dieses Talabschnittes von Bedeutung sind, wird auch an dem Sperriegel zwischen dem Becken von Marzanabad und dem nördlichen Durchbruchstal deutlich. Hier stockt auf dem E-W streichenden Kalkmergelzug von Hassanabad auf südexponierten sonnenüberfluteten Hängen oberhalb von etwa 350 m auf reinen Mergelböden mit einem äußerst flachgründigen A-Horizont (A/C Bodenprofil) der erwähnte Zypressenwald von Hassanabad (Pol-e-Doab) (Bild 3). Auch auf dem Schattenhang sind zwar *Cupressus sempervirens* vertreten, daneben aber deuten einzelne Buchen, Eichen (*Q. castanaefolia*), Ebereschen (*Sorbus*) sowie ein bemerkenswerter Unterwuchs an Sträuchern und Gräsern auf weitaus günstigere ökologische Standortbedingungen des Schattenhanges hin.

Unterhalb der Einmündung des Pul-e-Rud in ca. 350 m NN beginnt der südkaspische Tieflandwald mit seiner großen Artenzahl und immensen Wuchs-

⁴⁾ Unweit von Marzanabad wurde der berühmte Schatz von Kalardasht ausgegraben, der auf die Zeit um 1000 v. Chr. datiert wird und damit eine mindestens 3000jährige Besiedlung dieses Gebietes dokumentiert.



Bild 1: Chalus-Terrassen im Becken von Marzanabad. Oben links aufgelagerte Bodenfließungen (vgl. Bild 5) erkennbar

Bild 2: Expositionsbedingte Differenzierung der Vegetation an einem von E einmündenden Seitentälchen des Chalus. Rechts: luvseitiger Schattenhang

Bild 4: Seitlich einkommender Schwemmkegel im nördlichen Durchbruchstal: grobes Blockmaterial, Sande, Kiese. Im Hintergrund: südkaspischer Tieflandswald

Bild 5: Dem 45–50 m Terrassenniveau aufgelagerte Bodenfließungen: deutliche Schichtung mit scharfkantigem Gesteinsschutt

kraft und bildet ein weithin undurchdringliches Waldland (vgl. auch Bild 4). Er wurde von BOBEK (1951) ausführlich beschrieben, so daß hier nur seine wichtigsten Komponenten genannt zu werden brauchen: *Gleditschia caspica*, *Quercus castaneaeifolia*, *Parrotia persica* und *Albizzia julibrissin* als typische und nur im hyrcanischen Bereich zu findende Endemismen. Zusammen mit zahlreichen anderen Arten, bei denen allerdings Nadelhölzer fehlen, und durchsetzt von einem dichten Unterwuchs aus *Rubus sp.*, Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), Granatapfel (*Punica granatum*), Stechdorn, Mispeln, Christuskorn und anderen Dornsträuchern, aus üppigem Schwarzholunder (*Sambucus ebulus*) sowie Gräsern, Lianen und Farnen (z. B. *Pteridium acquinum*), gehört dieser undurchdringliche Wald den von HEJAZI-SABETI ausgeschiedenen *Quercetum-Buxetum* bzw. *Parrotio-Carpinetum*-Formationen an. Der südkaspische Tieflandswald ist in seiner charakteristischen Artenfülle und seinem tropisch anmutenden

Stockwerkbau sowie seiner enormen Regenerationskraft zwischen 400 m und dem Meeresspiegel ausgebildet und reicht nur auf der Nordflanke der Elburs-Randketten bis 500 m Höhe hinauf.

Betrachten wir als letzten Teilraum den Mündungsbereich des Chalus, so bietet sich uns im wesentlichen wieder ein durch anthropogene Beeinflussung verfälschtes Bild der natürlichen Vegetationsausstattung: Während der vor dem Gebirgsabfall aufgeschüttete mächtige Schwemmkegel seines natürlichen Waldkleides weitgehend beraubt wurde und heute durch Reisanbau genutzt wird, sind die am Küstensaum ausgebildeten Strandwälle von stark degradierten Buchsbaum-Brombeer-Dickichten überzogen. In den sie trennenden Depressionszonen wuchern dichte Sumpfgas- und Schilfbestände; im Übergangsbereich zu den trocken-sandigen Strandwällen stocken Erlen (*Alnus glutinosa*; *A. subcordata*), Pappeln (*Populus alba*), Weiden (*Salix sp.*) sowie Eschen (*Fraxinus excelsior*).

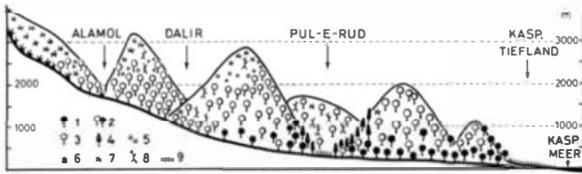


Abb. 2: Schematisches Vegetationsprofil durch die Elburs-Nordflanke (5fach überhöht)
 1 kaspischer Tieflandswald; 2 Übergangsregion; 3 kaspischer Bergwald; 4 Zypressenwald; 5 niedere Gehölzfluren der Höhenregion; 6 hygro- und mesophytische Gras- und niedere Gehölzfluren der Quellmulden und Talauen; 7 und 8 xerophytische Dornstrauch- und Trokenstaudengesellschaften; 9 Reisland



Bild 3: Der Zypressenwald von Hassanabad (Pol-e-Doab).
 Im Vordergrund: Reisterrassen am Pul-e-Rud

Insgesamt zeigt somit das Chalus-Tal sowohl seiner horizontalen wie vertikalen Vegetationsgliederung nach deutliche, z. T. regelhafte Differenzierungen (vgl. Abb. 2). Sie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- die horizontale Gliederung des Chalus-Tales nach dem Relief in fünf Talabschnitte wird physiognomisch verstärkt durch eine Abfolge von fünf floristisch verschieden geprägten Teilräumen;
- der vertikale Aufbau der Vegetation des mittleren Elburs zeigt vier Stockwerke: den südkaspischen Tieflandswald bis 400 m Höhe, eine

floristische Übergangsregion zwischen 400 und 1000 m, den kaspischen Bergwald (1000–2400 m) und die über der Waldgrenze einsetzende Bergsteppe;

- Wald ist auf die steilwandigen, schluchtenreichen Engtalstrecken beschränkt, während er in den trockeneren und anthropogen überprägten Beckenräumen und im Mündungsbereich stark zurücktritt;
- das Waldkleid erreicht seine größte Dichte unter 400 m sowie zwischen 1600 und 2000 m; in allen anderen Höhenlagen zeigt es deutliche Abhängigkeiten von der Exposition.

Diese zusammenfassende Charakterisierung gilt nun keineswegs für den eng umgrenzten Raum des Chalus-Tales allein, sondern darf – mit geringfügigen Varianten und lokal bedingten Sonderformen – auf die gesamte Nordflanke des zentralen Elburs übertragen werden. Der Wechsel von dichtbewaldeten Engtalstrecken und gehölzarmen Beckenräumen sowie die klima-ökologische Differenzierung der Vegetation an Sonnen- und Schattenhängen ist ein sowohl im W (z. B. Sefid Rud-Tal) als auch im E (Haras-Tal, Talar-Tal etc.) zu beobachtendes Phänomen. Die Ursachen für diese so klare und regelhafte Zonierung und Gliederung des Pflanzenkleides im nördlichen Elburs sind, wie schon aus der mehrfach betonten Abhängigkeit des Pflanzenkleides von der Exposition hervorgeht, vor allem im Klima zu suchen, in geringerem Umfang aber auch in anthropogenen Einflüssen.

Die Rolle des Menschen wird aus dem Zusammenfallen der waldfreien Räume mit den dichtbesiedelten und landwirtschaftlich genutzten Talabschnitten des Chalus-Tales deutlich. Vor allem das Becken von Marzanabad als ein offenbar seit Jahrtausenden besiedeltes Gebiet, aber auch der durch intensiven Reisanbau geprägte Mündungsbereich sind die kulturlandschaftlichen Kernräume und zugleich am stärksten entwaldeten Teile des Chalus-Tales. Auch heute noch schreitet die Zerstörung des Waldes durch Köhlerei wie auch durch Waldweidewirtschaft fort.

Obwohl die Produktion von Holzkohle in den letzten Jahren sehr stark zurückgegangen ist, sind die walddenunzierenden Folgen der Köhlerei in allen Teilen der Elburs-Nordflanke sichtbar. Noch heute gibt es im Einzugsbereich des Chalus mehrere Holzkohlenmeiler. Bei den gebräuchlichen Arbeitsmethoden ist für die Gewinnung einer Einheit Holzkohle die zehnfache Menge an Holz Voraussetzung. Da nach dem Forstnutzungsplan von 1957 noch ein jährlicher Bedarf von 500 000 t Holzkohle bestand, fielen demgemäß vor einem Dezzennium jährlich 5 Mill. t Holz bzw. 10 Mill. cbm der Köhlerei zum Opfer (nach GLÄSER⁵⁾). Erschwerend kam hinzu, daß die

⁵⁾ Dieser Wert ist nach GLÄSER allerdings viel zu hoch angesetzt; nach seiner Meinung kommt eine Jahresproduktion von nur 100 000 t (1956/57) den tatsächlichen Verhältnissen sehr viel näher.

Köhler nicht etwa Stammholz verwendeten, sondern von den geschlagenen Bäumen nur Äste und Zweige benutzen, den Stamm aber vermodern ließen. Selbst wenn seitdem durch die Konkurrenz des Heizöls der Verbrauch an Holzkohle sehr stark zurückgegangen ist, so sind die Auswirkungen der ständigen Waldvernichtung im nördlichen Durchbruchstal des Chalus wie auch in vielen anderen Teilen der Elburs-Nordflanke allenthalben zu spüren.

Die Waldweidewirtschaft ist für insgesamt etwa fünf Monate von großer Bedeutung, wenn das Vieh auf seinen jahreszeitlichen Wanderungen vom Tiefland durch die verschiedenen Stockwerke des Waldes auf die Hochweiden geführt und zurückgetrieben wird. Einer der wichtigsten Wanderwege führt aus dem zentralen kaspischen Küstentiefeland durch das untere und mittlere Chalus-Tal den Dalir aufwärts und von dort zu den Yaylachs am Fuße der Takht-i-Sulaimangruppe. Dabei sind vor allem während der vierzehntägigen Auftriebszeit im Mai Viehverbiß und die Vernichtung junger Sprossen und Blätter Ursachen einer starken Waldschädigung. Aber auch in den übrigen Sommermonaten werden große Rinderherden sowie Ziegen und Schafe in die Wälder getrieben. Zudem wird häufig das junge Laub der Bäume gesammelt und im Herbst als Viehfutter verwendet.

In sehr viel stärkerem Maße als der anthropogene Einfluß ist der klimatische Faktor für die Zusammensetzung und Differenzierung der Vegetation der Elburs-Nordflanke entscheidend. Diese Feststellung gilt sowohl im Hinblick auf den großen klimatischen Gegensatz zwischen dem iranischen Hochland und dem kaspischen Tiefland als auch für die mesoklimatische Differenzierung der Elburs-Nordflanke.

Nach der Gliederung von TROLL (1964) ist die Südflanke des Elburs dem Klimatyp IV,2, d. h. einem winterfeucht-sommerdürren Steppenklima zuzuordnen. Seine Charakterisierung mit weniger als fünf humiden Monaten und einer subtropischen Gras- und Strauchsteppe trifft für die Station Teheran z. B. (vgl. Abb. 3) zu. Die Nordabdachung des Elburs und das kaspische Küstentiefeland gehören demgegenüber zum Typ IV 7, einem ständig feuchten und sommerheißen Klima mit subtropischer Feuchtwaldvegetation (vgl. Stationen Ramsar und Babolsar, Abb. 3). Das Klima des südkaspischen Tieflandes besitzt allerdings insofern eine Son-

derstellung, als sein Niederschlagsmaximum nicht in den Sommer, sondern in das Winterhalbjahr fällt.

Der jahreszeitliche Gang der Temperaturen im kaspischen Tiefland wird in entscheidendem Maße durch die ausgleichende Wirkung des kaspischen Meeres geprägt. So ist, wie in Abb. 3 deutlich wird, nicht nur der Unterschied der Temperaturmittel vom kältesten und wärmsten Monat im kaspischen Tiefland weniger ausgeprägt als auf dem Hochland, sondern auch die absoluten Extremwerte zeigen für Teheran eine sehr viel größere Amplitude als etwa für Ramsar oder Babolsar⁶⁾. Allgemein kann man sagen, daß das für den Charakter der Vegetation so bedeutsame mittlere Temperaturminimum 7° C nicht unterschreitet. Dennoch dringen polare Kaltluftmassen hin und wieder bis zur Südküste des Kaspischen Meeres vor, und vorübergehende Frosteinbrüche, verbunden mit Schneefall, bewirken erhebliche Eingriffe im natürlichen Pflanzenbestand sowie nachhaltige Schäden in den Zitrus- und Tee-Kulturen. So wurden z. B. in Ramsar im Jahre 1959 12 Frost- und 6 Schneetage, im Jahre 1964 25 Frost- und 3 Schneetage gezählt, wobei die absoluten Minima -10,0° C bzw. -10,3° C erreichten. Im allgemeinen aber sinken die absoluten Jahresminima an der Küste nur selten unter den Gefrierpunkt ab.

Die Niederschläge des kaspischen Tieflandes zeigen gegenüber den Temperaturen eine stärkere jahreszeitliche Schwankung mit dem Maximum im Spätherbst und frühen Winter. Diese, an den Einstrom kalter nord-urasiatischer Luftmassen zum Hochland von Iran gebundenen Herbst- und Winterregen bewirkten im 10jährigen Mittel (1957–1966) während der Monate September–Dezember in Ramsar einen Niederschlag von 775 mm bei einem Jahresdurchschnitt von 1265 mm, in Babolsar von 424 mm bei einem Jahresmittel von 807 mm. Der Jahresniederschlag im Bereich der Chalus-Mündung dürfte sich auf etwa 1000 mm belaufen. Die Niederschläge fallen, mit Ausnahme der geringen und sporadischen Schneefälle, fast alle in der Form von Steigungsregen. Vor allem die bis etwa 1800 m aufragende nördliche Randkette (vgl. Fig. 1) sowie die über 3000 m ansteigenden Erhebungen der paläozoischen Zentralzone empfangen die größten Niederschläge⁷⁾. Sie gehen, besonders zur Zeit des herbstlichen Niederschlagsmaximums, als heftige Starkregen nieder. Oftmals mit Gewittern verbunden, können diese Starkregen innerhalb von 24 Stunden Niederschlagsmengen bringen, die z. B. das Jahresmittel von Te-

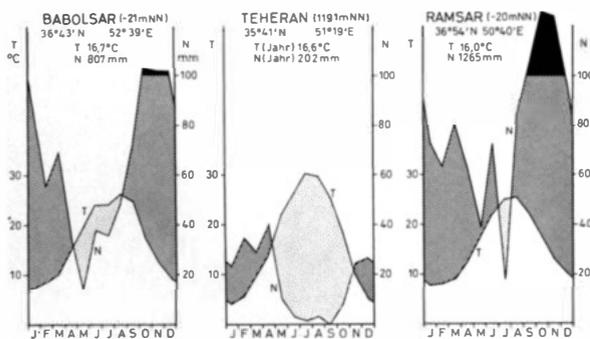


Abb. 3: Klimadiagramme (nach Methode H. WALTER), basierend auf 10jährigem Mittel, 1957–1966

⁶⁾ Die absoluten Minima und Maxima beliefen sich 1963 (1964) in Teheran auf +41,6° C und -13,4° C (+41,8° C; -14,3° C); in Babolsar auf +32,4° C und -3,0° C (32,2° C; -6,6° C) sowie in Ramsar auf +31,0° C und -2,4° C (+31,3° C; -10,3° C).

⁷⁾ HÖVERMANN (1960 b, S. 207) schätzt die Niederschlagsmenge auf 1500–2000 mm.

heran übersteigen. So fielen in Ramsar innerhalb von 24 Stunden 252 mm (November 1962) bzw. 191 mm im Oktober 1963. Solche Unwetter, meist Hochwässer und Überschwemmungen nach sich ziehend, sind vor allem für die rezente Formungsdynamik der Elburs-Nordflanke von großer Bedeutung.

Trotz der hohen Jahresniederschläge weisen die Stationen des südkaspischen Küstentieflandes während des Sommers zwischen 1 und 4 aride Monate auf. Wenn BOBEK (1936, S. 3) das Gebiet dennoch „zu den immerfeuchten Regionen der Erde“ rechnet, so geschieht dies zu Recht unter Berücksichtigung eines dritten Klimatelementes, der Luftfeuchtigkeit. Das Klima des Küstentieflandes ist gekennzeichnet durch eine permanente Schwüle. In den Jahren 1957–1966 sank der monatliche Mittelwert der Luftfeuchtigkeit weder in Ramsar noch in Babol-sar unter 60 % ab. Bei Jahresmitteln von 75 % (9 Uhr) bzw. 85–90 % (3 Uhr) ist somit die Luftfeuchtigkeit ein bei der Bewertung von Humidität und Aridität und deren Auswirkungen auf das Pflanzenkleid wohl zu berücksichtigender Faktor. Der hohe Wasserdampfgehalt der Luft bewirkt, daß – nachdem sich am späten Vormittag die lokal auftretende See-Landwindzirkulation durchgesetzt hat – selbst an sonnigen und klaren Tagen an der Vorhügelzone bis 600 m hinauf gegen Mittag eine starke Staube-wölkung aufzieht und die nördlichen Randketten sowie das obere Chalus-Tal in ein dichtes Wolkenkleid hüllt.

Das skizzierte Bild von Witterungs- und Klimablauf des südkaspischen Küstentieflandes gilt im Hinblick auf das Chalus-Tal nur für dessen Mündungsbereich und seine nördliche Durchbruchstrecke. Beide Talabschnitte sind durch die erwähnten ganzjährig hohen Temperaturen, Niederschläge und Luftfeuchten geprägt. Schon im Becken von Marzanabad deuten aber, wie gezeigt, Vegetation, Landnutzung und auch die Formen gegenwärtiger Morphodynamik auf ein anderes, trockeneres Klima hin. Dieses wird mit zunehmender Höhe abermals von einem feuchteren Eichen-Buchenwald-Klima abgelöst, um dann oberhalb von 2500 m in einen erneut trockenen Klimatyp mit xerophytischer Bergsteppenvegetation überzugehen.

Da Beobachtungsstationen oder Meßdaten im gesamten zentralen Elburs fehlen, wurden bei mehrfachen Überquerungen des Gebirges sowohl im Chalus- als auch im Haras- und Talar-Tal im Abstand von 100 Höhenmetern Temperatur- und Luftfeuchtemessungen durchgeführt. Dabei zeigten alle 12 Meßreihen (mit einer Ausnahme) ein einheitliches Bild im Temperatur- und Luftfeuchtegang⁸⁾. Die beiden

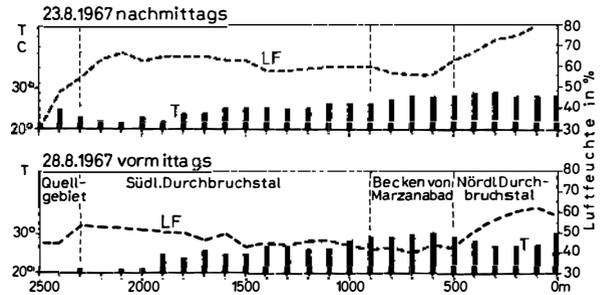


Abb. 4: Temperatur- und Luftfeuchte-Profile im Chalus-Tal: 0–2500 m (die beiden Profile sind repräsentativ für insgesamt 12 Meßreihen)

in Abb. 4 beliebig ausgewählten Profile machen vor allem den Gegensatz zwischen Küste und Hinterland, aber auch die klimatische Differenzierung des mittleren und oberen Chalus-Tales deutlich.

Wenn auch die in Abb. 4 dargestellten Temperatur- und Luftfeuchtwerte mehr auf gelegentlichen Messungen als auf systematischen Beobachtungen basieren, so vermögen sie doch gewisse Eigenarten der pflanzengeographischen Differenzierung der Elburs-Nordflanke zu erklären. Besonders auffällig ist das im Becken von Marzanabad zu verzeichnende starke Absinken der Luftfeuchtigkeit bei gleichzeitiger Zunahme der Temperaturen. Dieser Doppeleffekt, durch die Lage im Regenschatten der Randkette bedingt und durch die Auflösung der Staube-wölkung und erhöhte Einstrahlung bewirkt, ist die Ursache der großen Aridität im Becken von Marzanabad. Des- sen ökologische Sonderstellung wird vor allem durch den erwähnten Zypressenwald von Hassanabad (vgl. Bild 3) deutlich, der sich an der Südflanke der Randketten unvermittelt an den südkaspischen Tieflands-wald anlehnt⁹⁾. Auch die Tatsache, daß junge Auf-forstungen der Chalus-Talhänge mit der Trockenheit liebenden *Pinus eldarica* mühsam bewässert werden müssen, um die jungen Pflanzungen vor der Austrocknung zu bewahren, unterstreicht die klima-tische Sonderstellung des Beckenraumes.

Ein Beispiel möge den Gegensatz zwischen Luv und Lee der nördlichen Randkette untermauern: Am 25. August 1967 betrug die Luftfeuchtigkeit in Chalus um 8 Uhr bei völlig bewölktem Himmel 77 %, die Temperatur 26,5° C. 5 km südlich der Stadt (80 m üNN) sank die Luftfeuchte auf 73 %, um sich dann mit zunehmender Höhe im nördlichen Durchbruchstal in ca. 270 m Höhe auf 81 % zu steigern. Mit Verlassen der letzten Randkette des nördlichen Durchbruchstal und dem Eintritt in das Becken von Marzanabad (gegen 9 Uhr) klarte der

⁹⁾ Vgl. dazu die Feststellung BOBEKS (1951, S. 20): „Infolge des Kettencharakters unseres Gebirges genügen oft wenige hundert Schritte, um sich aus dem einen Klimabereich in den anderen zu begeben und dabei erhebliche Differenzen der Temperatur und des Feuchtigkeitsgrades festzustellen.“

⁸⁾ Verf. ist sich der Mängel der Messungen (v. a. deren zeitliches Nacheinander!) bewußt. Doch zeigt der Vergleich aller Meßreihen, daß die beiden Profile (Abb. 4) als durch-aus typisch angesehen werden können.

Himmel auf, und die Luftfeuchtigkeit sank schlagartig auf 68 % im Schatten und 59 % in der Sonne bei einer Temperatur von 29° C.

Abb. 4 läßt aber auch die ökologischen Ursachen für die pflanzengeographische Differenzierung des mittleren und oberen Chalus-Tales erkennen. Mit dem Eintritt in das südliche Durchbruchstal nimmt die Luftfeuchtigkeit erneut stark zu bei gleichzeitiger höhenbedingter Abnahme der Temperatur und entsprechender Reduzierung des Verdunstungsfaktors. Die Luftfeuchte erreicht ihr zweites Maximum etwa zwischen 1600 und 2300 m und fällt darüber plötzlich und sehr steil ab.

Auch hierzu ein Beispiel: Am späten Nachmittag des 21. August 1967 erfolgte im oberen Chalus-Tal zwischen 16.00 und 19.00 Uhr bei schwachem Nordwind eine starke Kondensation verbunden mit Nebelbildung und feinem Taufall im Höhenbereich zwischen 1900 und 2400 m. Der Kendeivan-Tunnel (> 2500 m) lag bereits über dem Kondensationsniveau und die ihn überragenden Berge in der sinkenden Abendsonne. Um 18.45 Uhr betrug in 2500 m Höhe: LF 63 % und T 18° C; um 18.53 Uhr – nach Durchfahren des Tunnels – auf der Südflanke der Wasserscheide: LF 33 % und T 24° C bei wolkenlosem Himmel.

Ein Vergleich der Klimadiagramme und Meßprofile mit dem Vegetationsprofil zeigt zusammenfassend die große Abhängigkeit zwischen Pflanzenkleid und Klima an der Nordflanke des Elburs, eine Abhängigkeit, die so stark ist, daß pedologische Differenzierungen, anthropogene Einflüsse usw. hinter ihr zurücktreten. Besonders wichtig für die Standortgebundenheit der Vegetation ist dabei die Tatsache, daß der Gegensatz zwischen Sonnen- und Schattenlage durch den der Lee- und Luvlage noch erheblich verschärft wird. Dieser Doppeleffekt der Strahlungsexposition und der Regenexposition ist überall in der Physiognomie und floristischen Zusammensetzung des Pflanzenkleides zu bemerken. Er wird nur in den Gebieten erhöhter Niederschläge bzw. großer Luftfeuchtigkeiten, d. h. an der Küste, in der unteren Vorgebirgszone sowie in den Höhen des südlichen Durchbruchstailes aufgehoben.

Im Gegensatz zu dem für die Küste beschriebenen Klima- und Witterungsablauf und seiner Erklärung durch das lokale Windsystem sind für das um 2000 m gelegene Kondensationsniveau andere Faktoren ausschlaggebend. Wie besonders BOBEK (1934) ausgeführt hat, ist es an eine Aufschiebungsfront zwischen den warmen und trockenen Luftmassen des iranischen Hochlandes sowie südwärts streichender, feuchter kaspischer Luft gebunden und damit ein Ergebnis großräumigen Wettergeschehens. Die beide Luftmassen trennende Inversionsgrenze liegt dabei normalerweise unterhalb der Kammlinie auf der Nordflanke des Gebirges. Damit greifen trockenwarme Luftmassen für einen großen Teil des Jahres in den Höhenlagen auf die Nordabdachung

hinüber und sind für die Ausbildung der xerophytischen Bergsteppen oberhalb der Waldgrenze verantwortlich. Dieses Übergreifen trockener Luft ist auch die Ursache für die geringe ökologische Wirksamkeit der von November bis Anfang Mai ausgebildeten Schneedecke, die nur zu einem Teil abschmilzt, im übrigen aber durch Verdunstungsablation aufgezehrt wird.

Geomorphologische Beobachtungen

Beobachtungen zur rezenten Formungsdynamik: In engem Zusammenhang mit Klima, Vegetation und Orographie stehen die Vorgänge rezenter Formungsdynamik. Da, wie gezeigt, Relief, Gestein, Klima und Vegetation in allen Abschnitten des Chalus-Tales in anderer Verknüpfung auftreten, ist auch die gegenwärtige Morphodynamik in allen Teilen unterschiedlich.

Die rezente Formungsdynamik im obersten Chalus-Tal wird vor allem von der geringen Vegetationsbedeckung, den wenig widerständigen tuffitischen Böden, ihrer nach der Schneeschmelze tiefgründigen Durchfeuchtung und den starken Hangneigungen beherrscht. Unter diesen Voraussetzungen sind flachgründige, vor allem an die Schneeschmelze gebundene Hangabrutschungen mit nachfolgender Zerunsung überall zu beobachten. Die besonders an steilen Hängen häufigen Abrisse sind meist nur wenige Meter lang und maximal 40–50 cm tief. Sie gehen in talwärts gewölbte, durch die geringe Vegetationsdecke zusammengehaltene Bodenwülste über oder aber überlagern als flache Schlammströme von geringer flächenhafter Ausdehnung die unteren Hangpartien. An allen Hängen des obersten Chalus-Tales sind darüber hinaus solifluidale Erscheinungen am hangparallelen Versatz ganzer Vegetationsschichten bzw. an dem hangabwärts verlaufenden, streifigen Wechsel von feinerem und größerem Hangmaterial zu erkennen. Wenn auch ausgesprochene Soliflukationsformen – wie sie HÖVERMANN in Form von Polygonböden aus 2000 m Höhe im Elburs beschrieb und als Beweis für den in den Subtropen niedrigen Verlauf der Soliflukationsgrenze anführte – nicht gefunden wurden, so besteht doch kein Zweifel, daß vor allem im Winter und in den Übergangsjahreszeiten im obersten Chalus-Tal solifluidale Vorgänge stattfinden. Diese Vorgänge dürften auch von entscheidender Bedeutung für die auffällige Zurundung der Hänge in der waldfreien Kammregion des Elburs sein, wobei die Hangformung in der Gegenwart fortschreitet. Rezente Quellerosion und Hangzerschneidung sind demgegenüber von nur untergeordneter Bedeutung.

Sowohl im südlichen Durchbruchstal als auch im Becken von Marzanabad erreicht die rezente Formungsdynamik offensichtlich viel geringere Ausmaße. Das liegt zum einen zweifellos an dem mehr oder weniger dichten Pflanzenkleid, das die Niederschläge

weitgehend absorbiert und das Hangmaterial durch sein dichtes Wurzelwerk bindet, im mittleren Abschnitt des Chalus aber an der geringeren Reliefenergie und den ganzjährig geringen Niederschlägen. In beiden Talabschnitten herrscht lineare Erosion vor. Lediglich in den höchsten, über der 2000-m-Inversionsgrenze gelegenen Teilen sowie an den expositionsbedingt vegetationsarmen Hängen sind, wohl durch häufige Frostwechsel gefördert, die Hänge mit feingrusigem Verwitterungsschutt, in dem m²-große Blöcke schwimmen, überzogen. Allenthalben zu beobachtender Steinschlag zeugt von der rezenten Aufbereitung und Umlagerung dieses Materials.

Weitaus am stärksten jedoch sind zweifellos die rezenten Formungsprozesse im nördlichen Durchbruchstal des Chalus. Die ganzjährig hohen Niederschläge, vor allem die häufigen herbstlichen Starkregen, die großen Reliefunterschiede sowie die weithin anstehenden, leicht ausräumbaren Mergel dieses Talabschnittes sind die dafür günstigen Voraussetzungen¹⁰⁾.

Zur Kennzeichnung der Intensität gegenwärtiger Morphodynamik mögen folgende Beispiele dienen: a) Ein ca. 20 m langes Stück der vor wenigen Jahren gebauten, 5 m hohen und 1 m dicken Straßenmauer wurde vom Chalus eingerissen; die Unterschneidung dauert an (bei km 72,9)¹¹⁾; b) bei km 74,4 zeigt der Hochwassersaum beiderseits eines von W einkommenden Baches bis 3 m Höhe einen dichten Filz aus Treibholz, Ästen, Zweigen sowie entwurzelten Bäumen; c) die unter Reza Shah erbaute Domäne Shah Tschesmeh (km 76,0) wird an ihrer SW-Ecke bereits vom Chalus unterschritten und z. Z. (1968) durch eine Stützmauer abgesichert; d) an mindestens acht Stellen im genannten Abschnitt sind Abrutschungen und Absackungen der Straßenböschung, z. T. über 50 m lang, zu beobachten; e) die hangseitigen Straßenbefestigungen (2 m hohe Mauern) werden von nachrutschendem Hangmaterial entweder eingedrückt oder überflossen; f) während der Regenfälle am 24. September 1967, die hier z. T. als kräftige Schauer niedergingen, wurden bis kopfgroße Gesteinsbrocken auf die Straße geschwemmt; g) überall zeugen tiefe Kerben sowie mächtige, seitlich einkommende Schuttfächer mit m²-großen Gesteinstrümmern, Stämmen sowie entwurzelten Bäumen und Büschen von der Transportkraft und -leistung der überwiegend linearen Erosion. Daß diese Vorgänge heute besonders aktiv sind, dokumentieren die vom Schwemmfächermaterial oft metertief eingehüllten, abgestorbenen Baumreste (vgl. Bild 4) am Ausgang der kurzen seitlichen Talkerben.

Insgesamt zeigen diese Beispiele sowie die Tatsache, daß der Chalus von der Einmündung des Pule-Rud an schon nach geringen Niederschlägen eine starke bräunlich-gelbe Trübung zeigt, die bedeutsame rezente Abtragung. Man wird diesen Abschnitt da-

her am ehesten als eine „exzessive Talbildungszone“ kennzeichnen können.

Im Gegensatz zu den genannten vier Talabschnitten ist der Mündungsbereich des Chalus ein ausgesprochener Akkumulationsraum. Wenn auch die natürliche Aufschotterung des Schwemmkegels und der weitere Aufbau des Dammufers durch regulierenden menschlichen Einfluß weitgehend unterbunden sind, so kommt doch der ständigen „Aufschlickung“ der Reisterrassenfelder durch einen der Auelehmbildung ähnlichen Vorgang eine besondere Bedeutung zu. Wie erwähnt, wird der größte Teil des Chalus-Wassers für Irrigationszwecke abgeleitet. Vor allem die in ihm enthaltenen Sink- und Schwebstoffe tragen zu einer ständigen Erhöhung des Kulturlandes gegenüber dem sich bis zum Kaspischen Meer hin einschneidenden Chalus bei und sind für die große Fruchtbarkeit des kaspischen Küstentieflandes mitverantwortlich.

Die Terrassen des Chalus und ihre Deutung: Im Chalus-Tal, wie auch in den anderen großen Talzügen der Elburs-Nordflanke, sind, mehr oder weniger weit verbreitet und unterschiedlich gut erhalten, Zeugnisse älterer Reliefgenerationen zu finden. Besonders die schon mehrfach genannten Terrassen des Chalus und seiner Nebenflüsse sind ein Hinweis auf diesen Wandel der landschaftsgestaltenden Faktoren. Terrassen bzw. Terrassenreste sind vor allem bei Valiabad und im Becken von Marzanabad sowie in den nördlich und südlich anschließenden Durchbruchstrecken erhalten.

Es besteht kein Zweifel, daß die Terrassen des Chalus zu den am besten entwickelten aller Elburs-Flüsse gehören. Um so erstaunlicher ist es, daß weder hier noch in den anderen großen Tälern der Nord- und Südflanke diese für die pleistozäne und nacheiszeitliche Klima- und Landschaftsgeschichte so bedeutsamen Erscheinungen jemals systematisch untersucht wurden. In der Literatur finden sich nur gelegentliche Hinweise. So verweist BOBEK (1937, S. 161) auf die außerordentlich gut erhaltene, ca. 60 m hohe Schotterterrasse des Chalus bei Marzanabad, während RIVIÈRE (1934) im Haras-Tal zwei Schotterniveaus, in 15–20 m und ebenfalls 40–60 m Höhe, unterscheiden zu können glaubt¹²⁾. Auch aus Seitentälern des Chalus erwähnt RIVIÈRE (1934, S. 70) Terrassenreste des höheren Niveaus. WENZEL (1942) berichtet im Haras-Tal von Terrassenfolgen, die bis 450 m relative Höhe erreichen und damit hoch über den von RIVIÈRE erwähnten „terrasses supérieures“ liegen.

Eine genauere Untersuchung der Chalus-Terrassen von der Quelle bis zur Mündung zeigt, daß die sowohl von BOBEK als auch von RIVIÈRE als do-

¹⁰⁾ Vgl. dazu HÖVERMANN (1960 b).

¹¹⁾ Die km-Angaben beziehen sich auf Straßenkilometer, gerechnet vom Nordausgang des Kendevan-Tunnels.

¹²⁾ „En beaucoup d'endroits, on peut noter l'existence de terrasses plus basses, ne dominant le thalweg que de 15 à 20 m, et souvent même moins élevées.“ (RIVIÈRE 1934, S. 75).

minant angesprochene 40–60 m Schotterterrasse tatsächlich das physiognomisch herausragende Niveau darstellt, daß darüber hinaus aber weitere Terrassenniveaus ober- und unterhalb ausgebildet sind.

Das 40–60-m-Niveau findet seine schönste Ausprägung im Becken von Marzanabad, wo der Fluß sich tief in das nur wenig verfestigte Schottermaterial eingeschnitten hat und beiderseits von breiten Terrassenflächen gesäumt wird (vgl. Bild 1). Auch oberhalb von Marzanabad, vor allem in Spornlagen und an einmündenden Seitentälern, sind immer wieder Abkantungen und Ebenheiten, z. T. erosiv über Fels hinweggreifend, in ca. 60 m relativer Höhe ausgebildet oder aber in Schutzlage erhalten geblieben. Ein schönes Beispiel für eine solche Felsterrasse im oberen Chalus-Tal ist die weite, 60–70 m hohe Verflachung, auf der große Teile des Ortes Siabishah gelegen sind. Wo die ursprüngliche Schotterfüllung in Engtalstrecken wieder ausgeräumt wurde, hat sich stellenweise eine scharf markierte Linie erhalten, unterhalb derer die Feingestaltung des Hanges und mehr noch die Vegetation sich auffällig von dem höheren Talgehänge unterscheiden.

Der 40–60-m-Terrasse vorgelagert sind zwei kleinere Schotter- oder Felsterrassen von 20 m bzw. 10 m relativer Höhe. Ihr Vorkommen ist allerdings im Vergleich zu dem höheren Niveau nur sporadisch. Das 20-m-Niveau tritt zum ersten Male deutlich als breite Hangverflachung in den Lias-Kohlekalen unterhalb des Avir-Tales auf und bildet auch bei Valiabad breite Ebenheiten, die unter 2–3° mit entsprechenden Hangleisten talauf und talab korrespondieren. Vor allem aber zwischen Makarud und Marzanabad sind das 20-m- und das 10-m-Niveau durch relativ frische, deutlich gegeneinander abgesetzte Schotterterrassen nachweisbar. Wo sie fehlen, wie z. B. im oberen Bereich der beschriebenen 40–60-m-Terrasse bei Marzanabad, treten auch sie durch die mikromorphologische und mehr noch pflanzengeographische Differenzierung des Talgehänges hervor (wie das 20-m-Niveau) oder aber durch mächtige Unterschneidungen und Auskolkungen des älteren Schotterkörpers in etwa 10 m relativer Höhe (vgl. Bild 1).

Damit ergibt sich für das Becken von Marzanabad etwa folgendes Querprofil des Chalus-Tales:

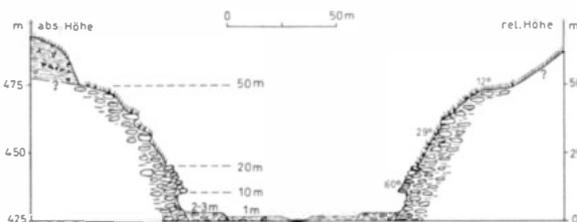


Abb. 5: Schematisches Querprofil durch den Terrassenkörper von Marzanabad (ohne Überhöhung)

Im Gegensatz zu diesen niedrigen Terrassen steht eine höhere Terrassengruppe, die wiederum besonders gut bei Valiabad und im Becken von Marzanabad ausgebildet ist: oberhalb des Ortes und bei Valiabad selbst handelt es sich bei diesen höheren Terrassen um eine ganze Felsterrassengruppe, deren unterstes Niveau in etwa 80–90 m, deren höchstes und physiognomisch am stärksten hervortretendes dagegen in etwa 140–150 m relativer Höhe gelegen ist. Der beide Niveaus trennende Steilhang wird von drei kleineren Hangverflachungen untergliedert. Die Ebenheiten sind von eckigem oder höchstens kantengerundetem Schutt überstreut; sie fallen nicht – der allgemeinen Abdachungsrichtung entsprechend – nach N ein, sondern scheinen entweder horizontal oder sogar leicht nach S abgedacht.

Dieser im Anstehenden angelegten Terrassenfolge dürften jene Schotterterrassen zwischen Makarud und Marzanabad entsprechen, deren relative Höhen zum Chalus etwa 70–75 m, 90–100 m und 130 m betragen. Es handelt sich bei ihnen um breite, vor allem auf der linken Talseite ausgeprägte Flächen, die unter etwa 2° nach N einfallen. Vor allem das 70–75-m-Niveau bildet eine etwa 100 m breite und mehrere Kilometer lange, aus festkonglomerierten Schottern aufgebaute Terrassenfläche mit geringfügiger Abdachung nach N (1–2°). Im Gegensatz zu den weniger verfestigten Schottern der unteren Terrassengruppe, die zudem von zahlreichen Sandbändchen mit Kreuzschichtung, Tonlinsen und feinen Kieslagen durchsetzt sind, treten die harten Schotterbänke des höheren Niveaus im nördlichen Durchbruchstal nicht oder nur in Form kleiner Hangleisten und Abkantungen in Erscheinung.

Insgesamt zeigen sich somit offenbar zwei Terrassengruppen: eine jüngere, nur wenig verfestigte, mit feingeschichteten Sanden und Kiesen durchsetzte untere Terrassenfolge, die neben ihrem guten Erhaltungszustand auch eine weite Verbreitung im Chalus-Tal vorweisen kann (vgl. Abb. 6). Ihr stehen höhere und ältere Schotter- und Felsterrassen gegenüber, die – mit Ausnahme des Beckens von Marzanabad – nur sporadisch erhalten geblieben sind. Ihre Geröllkomponenten sind fest zementiert und verbatten, so daß sie in der Regel nicht einmal mit dem Geologenhammer zerschlagen werden können. Gemeinsam ist allen Terrassen, daß sich ihre relative Höhe zum Fluß von der Quelle bis zur Mündung hin absenkt; eine Erscheinung, die offensichtlich nicht nur für den Chalus, sondern auch für andere Flüsse der Elburs-Nordflanke zutrifft¹³⁾.

Angesichts der geschilderten Verhältnisse erhebt sich die Frage der zeitlichen Einordnung der verschiedenen Terrassenniveaus. Ansätze für eine Da-

¹³⁾ So schreibt RIVIÈRE (1934, S. 74) über die Terrassen des Haras-Tales: „D’une façon générale, le niveau relatif des terrasses semble décroître vers la mer.“

tilen Schotterterrassen in eine breite, uhrglasförmig gewölbte Schotterfläche über, deren Kulminationspunkt beiderseits des rezenten Flußbettes liegt und sich von dort nach E und W absenkt. An ihrer Nordflanke ist diese Schotterfläche durch einen ENE–WSW verlaufenden Steilabfall gekappt. Er bildet ein etwa 20 m hohes, unter 18–20° abfallendes Kliff, dessen Basis in 45–50 m NN liegt und von dort, z. T. unter Ausbildung einer markanten Hangleiste, unter 5–6° nach N abfällt. Auch im untersten Chalus-Tal selbst tritt dieses kaspische 45–50-m-Niveau in Erscheinung. Deutlich markierte Abkantungungen im Schotterkörper bzw. ein durch Auskolkungen und Übersteilungen hervortretender Horizont ziehen mehrere hundert m talauf und untergliedern die hier im Mittel noch etwa 20–25 m hohen Schotterwände der beiden Talgehänge des Chalus. An der Vorderflanke wird der breit ausladende Schotterkegel von einer Reihe kurzer, höchstens episodisch wasserführender Talkerben zerschnitten. Die Kerbtälchen enden am Steilabfall und sind alle auf das 45–50-m-Niveau ausgerichtet, das von ihnen nicht zerschnitten wird.

Vor allem durch russische Untersuchungen an der West- und Ostküste des Kaspischen Meeres (vgl. dazu u. a. GRAHMANN 1937, BUTZER 1958, FRENZEL 1967) kann als gesichert angesehen werden, daß der 48-m-NN-Hochstand dem frühen Chwalynsk-Stadium (Würm I) zugesprochen werden muß. Daraus folgert, daß der im Mündungsbereich des Chalus im gleichen Niveau gekappte Schotterkegel älter sein muß als der 48-m-NN-Hochstand des Meeres. Dennoch gibt es mehrere Hinweise, die auf eine ungefähr gleichzeitige Bildung von Schotterkegel und dessen Rückverlegung durch das Kaspische Meer schließen lassen:

Als wichtigste Argumente sind die nur geringe relative Höhe der Schotterablagerungen über dem Fluß sowie der starke Einfallwinkel der Schotterkegeloberfläche (3°) anzuführen. Vor allem die allseitige kräftige Neigung des kaltzeitlichen Schwemmkegels läßt auf einen nur – im Vergleich zur 48-m-NN-Klifflinie – um wenige hundert Meter nach N verschobenen Küstenverlauf schließen. Auch der geringe Verbackungsgrad des Schottermaterials, der starke Anteil sandiger, geschichteter Einschaltungen sowie die Durchdringung des fluvialen Schottermaterials mit unzerstörten „sea-shells“ und anderen brackisch-marinen Fossilien (vgl. DEWAN-FAMOURI 1964) scheinen ein junges Alter zu bestätigen. Schließlich deuten auch die Ergebnisse einer vergleichenden morphometrischen Analyse von je 100 Sandsteinschottern, die nur wenige hundert Schritte voneinander entfernt, aus der gleichen Schotterterrasse entnommen wurden, auf diese Vermutung hin: Die in etwa 40 m NN entnommenen Schotter weisen – wenngleich nur geringfügig – höhere Zurundungs- und Abplattungsindices auf als die in etwa 65 m NN im gleichen Schotterkörper entnommenen Proben (vgl. Abb. 8).

Der Geländebefund läßt daher vermuten, daß der im Mündungsbereich während der größten würmzeit-

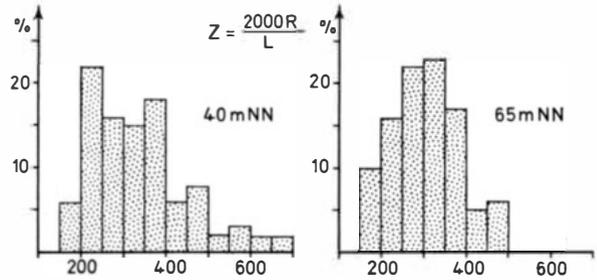


Abb 8: Zurundungsmorphogramme von je 100 Sandsteinschottern

lichen Vergletscherung (Würm I) aufgeschüttete Schotterkegel des Chalus von dem etwas nachhinkenden Früh-Chwalynsk-Hochstand des Kaspischen Meeres zurückverlegt und gestutzt worden ist. Eine solche Deutung erscheint um so wahrscheinlicher, als die Vergletscherung des Gebirges und die damit verbundene Absenkung der Schnee- bzw. Solifluktionsgrenze um 700–800 m (vgl. BOBEK 1937) in den relativ kurzen Tälern des Elburs sofort geomorphologisch wirksam wurde, während der infolge geringerer Evaporation bedingte Spiegelanstieg des Kaspischen Meeres sein Maximum erst am Ende der kalten Phasen, d. h. nach dem Abschmelzen der großen eurasiatischen Inlandeismassen, erreichte.

Aus der Parallelisierung der 40–60-m-Terrasse des Chalus mit dem früh-würmzeitlichen 48-m-NN-Niveau des Kaspischen Meeres folgt, daß die 20-m- bzw. 10-m-Terrassen des Chalus jünger als Frühwürm sein müssen, und es drängt sich somit fast zwangsläufig der Gedanke einer Dreigliederung der Würm-Kaltzeit im Elburs auf. Wenn es auch im Mündungsbereich des Chalus infolge jüngerer Schwemmfächerablagerungen unmöglich ist, die beiden unteren Niveaus mit kaspischen Strandlinien zu korrelieren¹⁵⁾, so scheinen auch andere Beobachtungen eine solche Dreigliederung zu bestätigen. Zum einen erwähnt BOBEK (1937, S. 155/156) aus den Hochregionen des Elburs eine Dreigliederung der Endmoränenbögen am Tocal- und Nas-Massiv, die er allerdings nicht als Endmoränen einzelner Gletschervorstöße, sondern als Rückzugsstadien der Maximalvergletscherung verstanden haben möchte. Aus der Takht-e-Sulaiman-Gruppe und dem zum Kaspischen Meer gerichteten Chalus-Tal berichtet BOBEK von einer sogar vierfachen Abfolge von Endmoränen. – Aber auch im Chalus-Tal selbst, d. h. im Becken von Marzanabad, finden sich Hinweise auf eine zumindest einmalige Klimaverschlechterung seit der Ablagerung der 40–60-m-Terrasse:

¹⁵⁾ Die Dreigliederung der unteren Terrassengruppe ist auch an anderen Flüssen zu beobachten, und am Neka scheint sogar die Korrelierung der mittleren Terrasse mit einem tieferen Kaspi-Stand möglich.

Wenige km oberhalb des Ortes liegt dem 40–60-m-Terrassenniveau ein etwa 10 m mächtiger, seitlicher „Schwemmflächer“ auf, der heute in einzelne Riedel zerschnitten ist (Bild 5). Er wird aus einem lehmigen Feinmaterial aufgebaut, in das ausschließlich eckige Gesteinskomponenten lagenweise und in Ablagerungsrichtung eingelassen sind. Das abgelagerte Material stammt aus der darüber aufragenden Wand. Da die markante Schichtung und die ausgesprochene Scharfkantigkeit des Gesteinschuttes eine Schwemmkegelablagerung ausschließen und auch periglaziale Bildungsbedingungen infolge der geringen Höhenlage (etwa 350–800 m NN) ausscheiden, wird man diese Bildungen wohl als Ergebnisse periodisch erfolgten Bodenfließens infolge stärkerer Durchfeuchtung und Durchtränkung des Bodens als heute deuten müssen¹⁶⁾.

Eine solche Deutung setzt ein sehr viel feuchteres Klima in dem heute relativ ariden Beckenraum voraus. Infolge ihrer Ablagerung auf dem als frühwürmzeitlich erkannten 40–60-m-Niveau und ihrer großen Mächtigkeit erscheint eine Parallelisierung dieser Bodenfließungen mit einem der beiden unteren Terrassenniveaus wahrscheinlich. Das aber würde bedeuten, daß nicht nur im Gebirge selbst, sondern auch in den tieferen Lagen der Gebirgsflanken Klimaverschlechterungen erfolgt und großräumig wirksam gewesen sein müssen¹⁷⁾.

Zusammenfassend müssen wir die dreifach gegliederte untere Terrassengruppe als würmzeitlich deuten. Sowohl die Tatsache, daß das 20-m- wie auch das 10-m-Niveau nicht in den gleichen Schottern wie das 40–60 m angelegt, sondern diesem weithin vorgelagert sind, wie auch die Mächtigkeit der nur unter feuchteren Klimabedingungen möglichen Bodenfließungen im Becken von Marzanabad bestätigen eine mehrfache großräumige Klimaschwankung im Elburs. Dabei ist von besonderer Bedeutung, daß die Dreigliederung der unteren Terrassengruppe nicht nur im Chalus-Tal, sondern in allen großen Talzügen der Elburs-Nordflanke zu beobachten ist. Schon RIVIÈRE hat auf Grund seiner Beobachtungen im Haras-Tal seine „basses terrasses“ in ein 40–60-m- und ein 15–20-m-Niveau untergliedert und besonders auf deren Vorkommen auch auf der Südflanke des Elburs hingewiesen (1934, S. 75). DRESCH (1959,

1961) spricht ebenfalls von „trois terrasses principales“ im Piedmont von Teheran, ohne sie allerdings zeitlich näher einzuordnen. Zwar sind sie seiner Meinung nach alle jünger als die von RIEBEN (1966, S. 10) dem mittleren Pleistozän zugeordnete Kharizak-Formation, aber nur der 22-m-Terrasse des Karadj (ebenfalls „terrasse principale“, deren relative Lage zu den beiden anderen Terrassen nicht deutlich wird) möchte DRESCH (1961, S. 97) ein würmzeitliches Alter zuerkennen¹⁸⁾.

Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Schlußfolgerungen von SCHARLAU (1958) im nordöstlichen Iran. Auf Grund von Untersuchungen am Torgabeh, im Becken von Mashad, glaubte er für das Würm auch hier eine dreifache „klimamorphologisch wirksame Differenzierung“ (1958, S. 273) in Form von Pluvialen konstatieren zu können. Er weist hier wie auch am Keshaf-Rud drei würmzeitliche Terrassen nach.

Im Gegensatz zu der unteren Terrassengruppe des Chalus-Tales stehen jene höheren Terrassenniveaus, die vor allem bei Valiabad und im Becken von Marzanabad so deutlich in Erscheinung treten. Für sie lassen sich weder im Quellgebiet noch im Mündungsbereich des Flusses Ansätze zu einer genaueren Datierung finden, so daß man Rückschlüsse allein aus ihrer Lage und ihrer Beschaffenheit im Vergleich zu den niedrigen Terrassen ziehen muß. Auf ihre ungleich stärkere Verbackung und Zementierung wurde bereits hingewiesen. Hinzu kommt, daß diesen höheren Niveaus die 40–60-m-Terrassen im Becken von Marzanabad überall vorgelagert sind; sie müssen also älter als jene sein.

Angesichts ihrer Lage und ihres eindeutig fluvialen Charakters wird man die höheren Terrassen als prä-würmzeitlich auffassen und daher wohl das riß-eiszeitlich datieren müssen. Offen bleibt dabei die Frage, welche Terrassenniveaus diesem Stadium zuzurechnen sind und ob sie tatsächlich alle fluvio-glazialen Ursprungs sind, zumal noch im mittleren und späten Pleistozän bedeutende Vertikalbewegungen im gesamten Elburs stattfanden. Da die höheren Terrassen aber nicht nur im Chalus-Tal, sondern in fast allen größeren Tälern der Elburs-Nordflanke als Schotterterrassen unverbogen anzutreffen sind, ist eine beträchtliche Vergletscherung des Elburs auch während der Riß-Vereisung zumindest nicht von der Hand zu weisen. Über das Ausmaß der prä-würmzeitlichen Verschotterung und die Rolle der Tektonik geben die Verhältnisse wenige hundert m südlich der Einmündung des Pul-e-Rud Aufschluß:

Der rezente Fluß hat sich hier etwa 40–50 m tief in seine Schotter eingeschnitten. Während die linke Talwand von den wenig verfestigten und inhomogenen Kompo-

¹⁶⁾ Auch BOBEK (1957, S. 244) deutet diese Ablagerungen als fossile Bodenflußerscheinungen durch „starke Durchfeuchtung“, ohne sie zeitlich zu fixieren.

¹⁷⁾ Der beschriebene Formenkomplex unterscheidet sich offensichtlich in seinem Habitus von den Erdfließungen im Sinne HÖVERMANN (1960 b). HÖVERMANN sieht die ältesten Ablagerungen der Erdgletscher auf Grund ihrer Lage über den höchstgelegenen Terrassen des Galanderud als altpleistozän oder gar noch älter an, betont aber zugleich ihre heutige Weiterbildung. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß der von HÖVERMANN beschriebene Formenschatz in etwa 1500 m Höhe, d. h. im Bereich des Kondensationsniveaus liegt und Niederschläge von 1500 bis 200 mm/Jahr angenommen werden müssen (vgl. Fußnote 7).

¹⁸⁾ Vgl. dazu ausführliche Besprechung von K. SCHARLAU: Ergebnisse neuer Feldforschungen im Hochland von Iran. Zt. für Geomorphologie NF 8, 1964, S. 54–59.

ten der jüngeren Terrassenablagerungen gebildet wird, die zudem eine deutliche Abdachung nach N erkennen lassen, wird das rechte Talgehänge von den fest zementierten Schottern des höheren Terrassenniveaus aufgebaut. Diese geschichteten Schotterlagen haben eine tektonische Verstellung erfahren und fallen an dieser Stelle unter 12–15° Neigung nach S ein.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß die präwürmzeitliche (Riß-?) Verschotterung des Chalus-Tales bis unter die heutige Talsohle reicht, das Tal in seiner Anlage und starken Eintiefung also älter als Würm (evtl. sogar älter als Riß) ist. Darüber hinaus zeugt die Kippung der Schotterbänke nach S von junger Tektonik im Chalus-Tal, die allerdings nicht mehr die würmzeitlichen Ablagerungen erfasst hat.

Auch postpleistozän scheinen kleinere Klimaschwankungen im Elburs wirksam gewesen zu sein. Sie werden im Chalus-Tal wie auch in anderen Gebirgstälern der Elburs-Nordflanke durch weitverbreitete, niedrige 2–3-m- und 1-m-Terrassen belegt. Ob diese den von BOBEK (1955) an Hand von Verlehmungszonen im Löß bei Gorgan nachgewiesenen vor- und frühgeschichtlichen Klimasozillationen entsprechen oder aber ihre Entstehung der gleichzeitigen Absenkung des kaspischen Meeresspiegels um weitere 20 m unter dem heutigen Stand verdanken, bleibe dahingestellt. Man wird bei ihrer Deutung weithin auch anthropogene Einflüsse (Aufschlammung durch Bewässerung etc.) berücksichtigen müssen.

Literatur

- BOBEK, H., Reise in Nordwestpersien 1934. Zt. Ges. Erdkde. Berlin 1934, S. 359–369.
- , Die Landschaftsgestaltung des südkaspischen Küstentieflands. Norbert-Krebs-Festschrift, Berlin 1936, S. 1–24.
- , Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran. Zt. für Gletscherkunde 25, 1937, S. 130–183.
- , Die natürlichen Wälder und Gehölzfluren Irans. Bonner Geogr. Abh. Heft 8, Bonn 1951.
- , Klima und Landschaft Irans in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Geogr. Jahresbericht Österr. 25 (1953–1954), Wien 1955, S. 1–42.
- , Die Takht-e-Sulaimangruppe im mittleren Alburzgebirge, Nordiran. Festschrift zur Hundertjahrfeier der Geogr. Ges. in Wien 1856–1956, Wien 1957, S. 236–264.
- BUTZER, K. W., Quaternary Stratigraphy and Climate in the Near East. Bonner Geogr. Abh. Heft 24, Bonn 1958.
- BUZI, V. P. C., Report to the Government of Iran on Forest Range Management. F. A. O. Report No. 290, Rom 1954.
- DEWAN, M. – FAMOURI, J., The Soils of Iran. F. A. O. Rom 1964.
- DRESCH, J., Le Piémont de Téhéran. Bull. Assoc. Géogr. Franç. No. 284/285, 1959, S. 35–64.
- , Le Piémont de Téhéran. In: P. Bout, M. Derruau, J. Dresch, C. P. Péguay, Observations de Géographie physique en Iran Septentrional. CNRS, Mémoires et Documents VIII, 1961, S. 85–101.
- FRENZEL, B., Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. Braunschweig 1967.
- GANSER, A.-H. HUBER, Geological Observations in the Central Elburz, Iran. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42,2, 1962, S. 583–630.
- GILLI, A., Die Pflanzengesellschaften der Hochregion des Elburzgebirges in Nordiran. Beihefte Bot. Zentralblatt LIX, Abt. B, 1939, S. 317–344.
- , Vegetationsbilder aus der Hochregion des Elburzgebirges in Nordiran. In: Karsten-Schenck, Vegetationsbilder 26,1, Jena 1941.
- GLÄSER, H. A. M., Report to the Government of Iran on the Development of Forestry, Forest Utilization and Forest Industries in Iran, F. A. O. Report No. 1176, Rom 1960.
- GLAUS, M., Die Geologie des Gebietes nördlich des Kandeavan-Passes (Zentralelburz), Iran. Mitt. Geol. Inst. ETH und Univ. Zürich, N. S. Nr. 48, Zürich 1965.
- GRAHMANN, R., Die Entwicklungsgeschichte des Kaspisees und des Schwarzen Meeres. Mitt. Ges. Erdkde. Leipzig 1934–36, Leipzig 1937, S. 26–47.
- HEJAZI, R.-H. SABETI, Guide to Natural Vegetation of Elburz (Karaj-Tchalus Profile). Univ. of Teheran, Coll. of Agriculture, Bull. No. 26, Karaj 1961.
- HÖVERMANN, J., Über Strukturböden im Elburz (Iran) und zur Frage des Verlaufs der Strukturbodengrenze. Zt. f. Geomorph. NF 4, 1960, S. 173–175 (a).
- , Schollenrutschungen und Erdfließungen im nördlichen Elburz (Iran). Zt. f. Geomorph. Suppl. Band 1, 1960, S. 206–210 (b).
- MELCHIOR, H., Zur Pflanzengeographie des Elburzgebirges in Nordiran. Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde, Berlin Jg. 1937, Berlin 1938, S. 55–71.
- RECHINGER, K. H., Vegetationsbilder aus dem nördlichen Iran. In: Karsten-Schenck, Vegetationsbilder 25,5, Jena 1939.
- RIEBEN, E. H., Geological Observations on Alluvial Deposits in Northern Iran. Geological Survey of Iran, Report No. 9, Teheran 1966.
- RIVIÈRE, A., Contribution à l'étude géologique de L'Elbourz Perse. Revue de Géogr. Physique et de Géologie Dynamique VII, fasc. 1 et 2, 1934.
- ROL, R., Etudes écologiques et systematiques sur la flore ligneuse de la région Caspienne. F. A. O. Report No. 520, Rom 1956.
- SCHARLAU, K., Zum Problem der Pluvialzeiten in Nordost-Iran. Zt. f. Geomorph. NF. 2, 1958, S. 258–277.
- TROLL, C., Klima und Pflanzenkleid der Erde in dreidimensionaler Sicht. Die Naturwissenschaften 48, 1961, S. 332–348.
- , Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde. Erdkunde 18, 1964, S. 5–28.
- WENZEL, H., Das Harastal am Demavend. Zt. Ges. Erdkde. Berlin 1942, S. 66–71.