

concrétions des cavernes. — Radioactive Dating and Methods of Low-Level-Counting, IAEA, Wien (1967), 153.

- 13) Münnich, K. O., Vogel, J. C.: ^{14}C -Altersbestimmung von Süßwasser-Kalkablagerungen. — Naturwiss. 46 (1959), 168.
- 14) Wendt, I., Stahl, W., Geyh, M., Fauth, F.: Model experiments for ^{14}C -age determinations. — Isotopes in Hydrology, IAEA, Wien (1967), 321.

Karstmorphologische und -hydrologische Beobachtungen in den Göstlinger Alpen¹

Von Hubert Nagl (Wien)

Einleitung

Die in den Göstlinger Alpen durchgeführten Untersuchungen verfolgen ein doppeltes Ziel: Einerseits soll versucht werden, in einem voralpinen Raum die immer wieder gestellte Frage der *Höhengliederung* von Karsterscheinungen auf Grund einer karstmorphologischen Kartierung zu beantworten, andererseits soll ein Beitrag zum Karrenproblem geliefert werden. Dazu wurden neben den morphologischen auch chemische und hydrographische Untersuchungsmethoden herangezogen, um durch Härte- und Abflußmengenmessungen² der oberflächlichen Karstwässer und an den Austrittsstellen von unterirdischen Gerinnen Abtragswerte zu erhalten. Diese Messungen wurden zu allen Jahreszeiten durchgeführt, um die Wasserhärte bei Regen und Schneeschmelze und bei verschiedener Ausbildung der Vegetation zu erfassen.

Seit den Arbeiten A. Böglis (3, 4) bildet die Frage der chemischen Vorgänge bei der Karrenbildung ein Kernproblem, wobei diese jedoch nicht immer als Hauptgrund angesehen werden (F. Bauer, F. Zwittkovits).

Das Untersuchungsgebiet umfaßt in erster Linie das Gebiet der Göstlinger Alpen, das vorgelagerte Gebiet der Hochreith sowie zu Vergleichszwecken den Königsbergabfall gegen das Göstlingbachtal und die Steinbachmauer. In der Literatur wurden bisher nur Einzelercheinungen erfaßt (Götzing, Mayer, Lechleitner), ein Gesamtüberblick sowie Messungen fehlten bisher in diesem Raum.

Die Grundlagen der Verkarstung:

Die tektonischen, geologischen und petrographischen Grundlagen:

Nach neuesten Arbeiten (A. Tollmann; 19) sind drei Deckensysteme für die Geologie im Arbeitsgebiet maßgebend: Die knapp bis über 1000 m Höhe aufsteigenden Rücken im nördlichen Teil (um Göstling) werden von der Lunzer und der Sulzbachdecke, das Hochkargebiet von der Ötscherdecke (Unterbergdecke) aufgebaut. Die Deckengrenzen sind durch Aufbrüche von Werfener Schiefer ausgezeichnet.

¹ Für die Durchführung der Arbeit bin ich meinem verehrten Lehrer Herrn Univ.-Prof. Dr. Hans Spreitzer für seine Unterstützung der Arbeit und für die fördernden Diskussionen ergebensten Dank schuldig. Außerdem bin ich dem Österreichischen Forschungsrat für die gewährte finanzielle Unterstützung zu Dank verpflichtet, ohne die es nicht möglich gewesen wäre, zu allen Jahreszeiten Beobachtungen vorzunehmen. Die Kosten für die Klischees zur vorliegenden Veröffentlichung hat in dankenswerter Weise die Erste Österreichische Spar-Casse zur Verfügung gestellt.

² Zur Härtemessung wurden die Puffertabletten und die Titriplex-III-Lösung der Fa. Pienicka (Wien) verwendet.

net, welcher das gipsführende Haselgebirge mitführt und dadurch große Bedeutung gewinnt. Von der darüberliegenden Gesteinsfolge sind in geringem Maße Gutensteiner und Opponitzer Kalk, in erster Linie aber der wohlgeschichtete Dachsteinkalk für die Verkarstung von Bedeutung. Eine nicht übersehene Erscheinung hat die Verschuppung von undurchlässigem Gestein (Lunzer Sandstein, Werfener Schichten) und verkarstungsfähigem Gestein zur Folge — die Tuffbildungen an vielen rezenten Quellen, aber auch viele fossile Tuffvorkommen. Diese sind bedeutend häufiger, als es in der alten Geologischen Spezialkarte eingezeichnet ist. Neben dem im Grabenbachgraben ist eines im Weißenbachgraben, ein weiteres im Schobergraben und kleinere sind am Königsberg zu finden. In der Hochreith (zwischen Egg und Riesen) kommen alte, verschüttete Tuffdecken vor.

Auch die Gipsvorkommen sind häufig überlagert und dann nur durch Erdfälle u. ä. zu erschließen; nur in den Gräben beiderseits des Göstlingbachtals treten Gips und Haselgebirge frei zutage, da die höheren Schichten erodiert worden sind. In diesen Gräben (Weißenbach, Schoberbach, westlich von Göstling) sind dann auch die Gipskarren in meist faszigem Gipsgestein zu finden.

Die Kalke des Hochkargebietes sind vor allem an ihrem nördlichen Rand (Dekkenstirn) stark gestört und von zahlreichen Störungen und Mylonitonen durchzogen, wie Aufschlüsse an vielen Stellen der neuen Hochkar-Alpenstraße zeigen. Sie haben für die Verkarstung verschiedenste Folgen. Während nämlich die Mylonitisierungen die Korrosion stark fördern, halten sie in gleichem Maße die Harnischflächen hintan, was auch durch Härtemessungen bewiesen werden konnte.

Die Wichtigkeit der Schichtlagerung ist hinlänglich bekannt. Auch am Hochkar kommt ihr vor allem durch die Ausbildung asymmetrischer Dolinen, durch bevorzugte Karrenbildung auf Schichtflächen und nicht zuletzt durch die Ausbildung des Hochkarschichtes große Bedeutung zu. Im einzelnen Fall wird jeweils noch näher darauf hingewiesen werden.

Die Großformung:

Sind auch viele Karsterscheinungen von der Großformung unabhängig, so bilden alte Verebnungen doch bevorzugte Stellen für die Entwicklung ganzer Karstlandschaften (Hochkarplateau). Die morphologischen Grundzüge des Untersuchungsgebietes seien daher vorangestellt; zugleich kann eine topographische Übersicht gegeben werden.

Blickt man vom Hochkar (1808 m) oder einem anderen Gipfel nach Norden, so fällt das Vorherrschen der horizontalen Linien auf, welche in verschiedener Höhenlage Kämme und Gipfel nach oben begrenzen. Bei einer ersten Übersicht fallen dabei *drei* talunabhängige Systeme (1650 bis 1800 m, 1400 bis 1500 m und 900 bis 1100 m) und *ein* talgebundenes System (700 bis 800 m) auf. Ihre Anordnung und Ausbildung läßt Schlüsse auf die Genese zu.

Die höchste in den Göstlinger Alpen auftretende Altlandschaft wird durch eine nach Norden schräg abfallende Plateaufäche vertreten, die relativ schmal, etwa 5 km, in SW-NE-Richtung vom Hochkar (1808 m) über Steinplan (1722 m) und Lickerplanhöhe (1714 m) zum Ringkogel (1667 m) zieht, wo sie unvermittelt nach NE in das Steinbachgebiet abbricht. Hier hat eine älteste Aufwölbung zu einem asymmetrischen Bild geführt: Der Süd- und Südostabfall der Göstlinger Alpen zeigt eine geringe Gliederung und führt unmittelbar zum schmalen Talboden der Salza hinab. Die Fortsetzung der Wölbungszone bildet wohl der Stangl (1592 m), der gegen Südwesten abdacht und durch das 1000 bis 1250 m tiefe, antezedente Durchbruchstal der Salza vom Hochkargebiet getrennt wird. Die Annahme einer alten gemeinsamen Aufwölbung wird durch die Verfolgung der nächst tieferen Systeme gestützt, welche konzentrisch Göstlinger Alpen und Stangl umgeben und buchtenförmig in das höhere Gelände eingreifen, während im Durchbruchstal solche Reste fast vollkommen fehlen.

Die genannte höchste Restlandschaft ist naturgemäß nicht mehr als einheitliche

Fläche erhalten, sondern in mehrere flache Kuppen und Rücken aufgelöst, die durch steile Kare voneinander getrennt werden. Diese eiszeitlichen Umformungen, die — vor allem von unten betrachtet — dem Gebirge einen wilderen Charakter verleihen als es der Höhe entspricht (Name!), können aber das Bild einer typischen Kalkhochfläche mit geringer Reliefenergie nicht vernichten. So sind vor allem der nordöstliche Teil um den Ringkogel und der Stangl noch wenig zerschnitten, und die einzelnen höher aufragenden Kuppen werden nur durch flache, verkarstete Mulden voneinander getrennt. Dieses Niveau, das als einziges über die natürliche Waldgrenze aufsteigt, ermöglicht auch die Bildung von rezenten First- und Rillenkarrren, die besonders dort, wo eine glaziale Versteilung eine Vegetation verhindert, auftreten.

Das nächst tiefere Niveau weist eine viel flächigere Erhaltung auf und bildet am Stangl (Eiskögel, Lerchkogel, 1340 bis 1400 m) und am Scheibenberg (Zinken, 1400 m) mehrere 100 ha große, bewaldete und von zahlreichen Dolinen übersäte Hochflächen. Diesem am weitesten verbreiteten System gehören noch die Rücken des Königsbergs und Oisbergs in etwa 1350 m bis 1450 m, das Frieslingplateau in 1330 m und Verebnungen am Nordrand der Göstlinger Alpen in Höhen von 1440 bis 1470 m an (Scheineck 1461 m, Heuwies 1500 m, nördliche Riegelau 1460 m, vor allem der *Kessel* mit den ihn umgebenden Rücken [1420 bis 1490 m]). Hier wurde das glazial umgeformte Landschaftsbild bereits von dem viel stärker ins Gewicht fallenden Karstformschatz abgelöst, und Dolinen aller Größen kennzeichnen den Kessel.

Bemerkenswert an diesem System ist einerseits die konzentrische Anordnung um das Höhengebiet im Süden und die einstige weite Erstreckung nach Norden, die in keinem Zusammenhang mit dem inneren Bau steht, wie dies für die Großformung u. a. noch von H. Lechleitner (14 a) angenommen worden ist, andererseits aber auch das Zurückgreifen in das Höhengebiet in Form von Buchten und Tälern, die eine Versteilung im Sinne N. Lichtenackers ausschließen. Die letzten Ende dieser Talsäcke haben dann im besonderen eine glaziale Umformung zu Karen erfahren, während die eigentlichen Niveaureste bis zu 0,5 km breite Buchten einnehmen (Unterer Boden 1430 m, Riegel-Lassingalm, südlicher Kessel). Die Anlage der genannten Talbuchten scheint durch tektonische Zerrüttungszonen zumindest teilweise vorgezeichnet worden zu sein (Königstal — Unterer Boden, Klammthal).

Neben diesem höheren bestimmt ein tieferes Niveau in 900 bis 1100 m das Landschaftsbild. Es bildet nördlich der Ybbs zwischen Kogelsbach und Lunz das gipfelkrönende System und zieht in breiter Flur zwischen Königsberg und Göstlinger Alpen gegen Südwesten; es folgt somit — wie auch das spätere Göstlingbachtal — der Stirn der Unterbergdecke und zeigt auch eine gewisse Anlehnung der Großformung an die geologisch-tektonischen Grundstrukturen. Die Flächen selbst schneiden jedoch Kalk-, Sandstein- und Schieferschichten aller Neigungen, wodurch ihre exogene Entstehung erwiesen ist. Da dieses System aber in erster Linie den leichter ausräumbaren Gesteinsserien folgt, zeigt es verschieden guten Erhaltungszustand, je nach dem Untergrund, der rasch wechselt (Werfener Schiefer — Gutensteiner Kalk im Hochreith). So sind Härtlingsrücken (Schoberberg) und tiefere Zonen, aber auch zahlreiche Strukturterrassen die Folge. Am Schwöllegg (1055 bis 1069 m, nordwestlich von Lassing) und auf der Steinbachmauer bei Göstling sind schöne Ebenheiten in Wetterstein- bzw. Opponitzer Kalk erhalten, die heute ebenfalls verkarstet sind (Dolinen, subkutane Karren, Höhlen und Karstquellen). Dieses Niveau bildet den Übergang zu den talgebundenen Systemen, wenngleich es selbst noch flächenhaft Rücken und Gipfel überzieht. Darin eingetieft ziehen nämlich vom Ybbstal ausgehend Terrassen, die von 700 m (Hagachrist, nördl. Königsberg) gegen Südwesten auf über 800 m ansteigen (Brunneck, südl. Wundsamreith) und teilweise noch aktive Talböden bilden (Eisenwiesen, 820 m).

Diesem Talsystem folgen nach unten jüngere, meist pleistozäne Erosions- und Akkumulationsterrassen und in 530 m (Ybbs) bis 700 m (Lassing) der rezente Talboden. Wenn auch Rundkarren, Dolinen und Höhlen bis nahe über den heutigen Talboden festzustellen sind und Karren, die an dauernde Wasseraustritte gebunden

sind, auch die tiefsten nackten Felsflächen kennzeichnen (In der Noth), so sind doch die drei höchsten Systeme die Grundlage für eine intensivere Verkarstung und daher vor allem in Betracht zu ziehen, abgesehen von den Gipskarsterscheinungen, die rein substratgebunden erscheinen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die Tektonik durch Deckengrenzen und Streichrichtung der Gesteine sowohl die petrographische Grundlage als auch durch Beeinflussung der Großformung und damit der Höhenlage die morphologische Grundlage der Verkarstung mitbestimmt. Die Höhe führt zu verschiedener Ausbildung der Vegetation (Klima), so daß sich *zwei* Verkarstungszonen herausgebildet haben, je nach Vorhandensein oder Fehlen der Vegetation, wie in letzter Zeit besonders von F. Zwittkovits (23, 24) betont wird.

Die Gips- und Karbonatkarsterscheinungen:

Die auf Grund der Löslichkeit von Gips in Wasser (0,2 g CaSO₄ in 100 g H₂O) entstandenen Hohlformen sind viel eindeutiger in ihrer Erklärung und klarer in ihrer Abgrenzung und sollen daher vorangestellt werden, gewissermaßen als Ergänzung der Beobachtungen von R. Mayer und G. Götzing (9, 10, 11). Die streng an Gipsvorkommen in Werfener Schichten gebundenen Erscheinungen konnten in zwei Gebieten des Untersuchungsraumes festgestellt werden: Westlich Göstling am *Königsberg* und auf der *Hochreith*. Im ersten Fall konnten Gipskarren, im zweiten Erdfälle und Lösungsmulden beobachtet werden.

Gipskarren: In einem steilen Graben schneidet westlich Göstling ein Bach in toniges Haselgebirge ein und trifft dabei mehrmals auf 2 bis 10 m lange Gipslinsen von gelblich-rötlicher bis grauer Farbe. Dabei kommt es teilweise durch allgemeine Lösung innerhalb der Tonmasse, teilweise erst nach Freilegung durch Tropf- und Rieselwasser zur Bildung von unregelmäßigen Rillen- und zackenartigen Karrenformen, die bei Alterung in wabenförmige Korrosionserscheinungen übergehen. Die durchschnittliche Größe der in 710 bis 730 m Höhe auftretenden Formen beträgt 15 bis 20 cm Länge bei einer Breite von 1 bis 3 cm und einer Tiefe von 0,5 bis 2 cm. Allerdings können bei mehr flächiger Korrosion einzelne Dorne bis 4 cm Länge stehenbleiben, besonders dann, wenn eine sie umgebende Tonschicht (Haselgebirge) vor Abtragung schützt. Ist die Ausbildung des Gipses mehr fasrig, so werden hauchdünne, mehrere Zentimeter hohe Lamellen herauspräpariert, welche die feinsten beobachteten Formen darstellen. — In 700 m Seehöhe befindet sich eine kleine Gipshöhle (0,5 x 2 m), die durch netz- und wabenartige Auslaugungen, die mit den genannten Gipsdornen alternieren, ausgezeichnet ist. Sie liegt in der Höhe des Bachbettes, so daß sie bei jedem höheren Wasserstand überflutet werden muß.

Gipstrichter (Erdfälle) und -mulden: Die zwischen den Göstlinger Alpen im Süden, dem Bergzug Ringkogel—Sonnstein—Schöntalberg im Osten und Nordosten und dem Göstlingbachtal im Westen und Nordwesten eingeschlossene Landschaft *Hochreith* bietet ein vielfältiges und interessantes Landschaftsbild, sowohl für physisch- als auch kulturgeographische Fragen. In der Morphologie wurden bereits mehrmals die glazialen Formen, die Flußablenkungen und die Gipsdolinen diskutiert. Mit einer Übersicht über die vorhandenen Lösungserscheinungen und genauerer Vorstellung noch nicht beschriebener Formen beschäftigt sich der folgende Abschnitt.

Der relativ weit verbreitete Untergrund von Werfener Schiefem mit Haselgebirge, Anhydrit und Gips hat morphologisch zweierlei Folgen. Das Relief zeigt einerseits ausgeglichene Formen, in welche nur vom Westrand her steile Gräben eindringen, andererseits weisen die flachen Hänge und Talmulden eine große Anzahl von Erdfällen und selten auch Lösungsmulden auf, die aber nicht immer unmittelbar in Werfener Schiefer liegen, sondern in Breccien oder quartärem Schutt angelegt sind. Diese Akkumulationen bedecken oft in mehreren Meter Mächtigkeit das Anstehende, so daß man — teils auch wegen der dichten Grasnarbe — die Gipslinsen nur erschließen kann. G. Götzing (9 bis 11) hat bei Sallriegel, Grub und Abblaf

bereits Einzelformen beschrieben. Durch Aufgrabungen in den Dolinen und in ihrer Umgebung konnte ein genaueres Bild der Verhältnisse gewonnen werden.

Die *Lösungsmulde von Grub*: Südöstlich des Hofes Grub befindet sich in 770 m Höhe (Muldenboden) eine etwa 150 m lange und 60 m breite SE-NW gerichtete Mulde, die am oberen, bereits flachen Teil des Hanges zum Grabenbach liegt. Die Situation ist geologisch dadurch ausgezeichnet, daß zwar die Mulde und der ganze Grabenbachgraben in Werfener Schiefer angelegt sind, jedoch nordöstlich bald Gutensteiner Kalk ansteht, der den Kleinen Schöntalberg (900 m) aufbaut. Dieser selbst weist kleine Dolinen mit Ponoren auf, so daß ein oberirdischer Abfluß fehlt. Starke Quellen in den Werfener Schichten im Graben (650 m), welche starke Kalktuffabsonderungen verursachen, scheinen die Austritte des unterirdischen Wassers zu sein. In einer geraden Verbindung von Ponor und Quelle liegt die Lösungsmulde von Grub, die Längsachse allerdings quer zur genannten Richtung. Aus Aufschlüssen geht nun hervor, daß die Oberfläche in der Umgebung der Mulde von altem Kalktuff (1 bis 2 m) und tiefer von Kalkbreccie (2 bis 4 m) gebildet wird, die eine Terrasse im Anstehenden überdecken (Abb. 1).

Entweder durch Lösung der Breccien selbst oder durch Nachsacken der Auflagerungen in Lösungshöhlen darunterliegender Gipslinsen kam es zu der Mulde, die nun ihrerseits durch mehrere kleine (5) und zwei größere Erdfälle gekennzeichnet wird. An der engsten Stelle ragt eine flache Werfener Schieferkuppe auf. Die

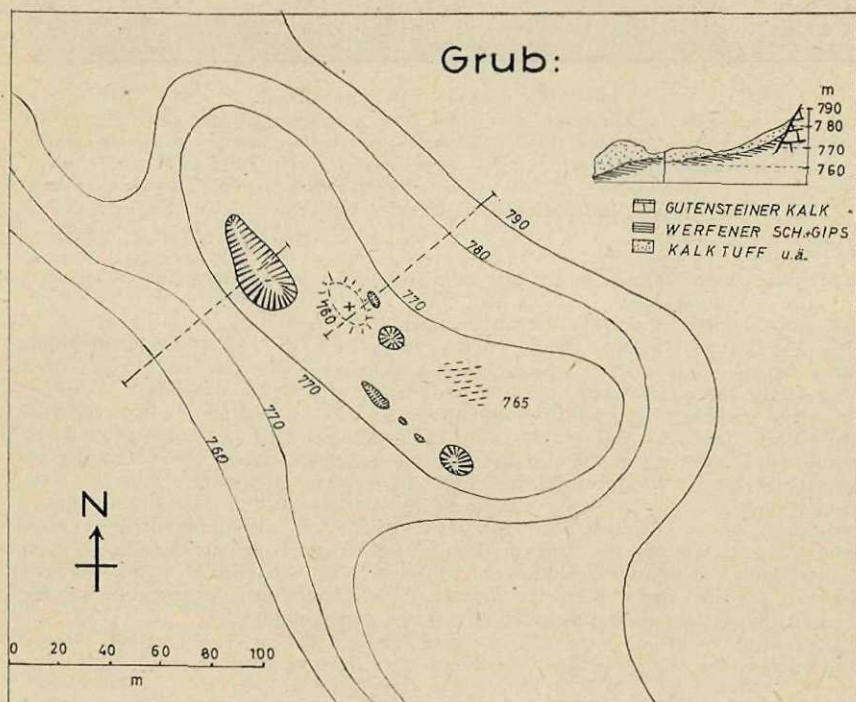


Abb. 1: Gipskarst im Hochreith. Lösungsmulde von Grub mit eingesenkten Gipsdolinien. Die Karstmulde ist in Kalktuff bzw. -breccie angelegt. Seehöhe 770 m

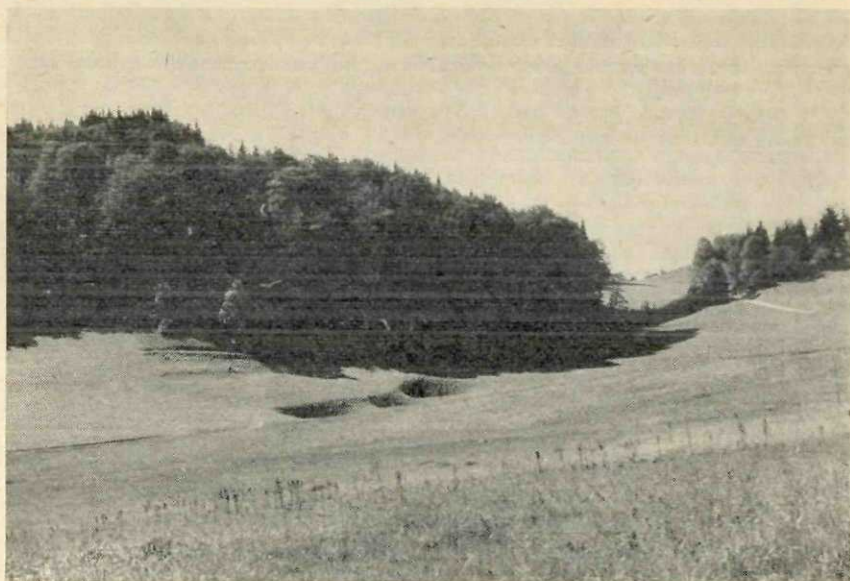


Bild 1: Die Dolinenreihe von Ablaß.

Von dem bewaldeten Kalkhügel aus geht eine Solifluktionsdecke über den gipsführenden Werfener Schiefer; durch Auslaugung im Untergrund bzw. durch Lösung des nachsackenden Kalkschutttes kam es zu der Dolinenreihe. Das einsickernde Wasser wird an der Grenze Kalk-Werfener Schiefer bzw. (nach Götzinger) in eine unterirdische Kalkkluft abgeführt.

danebenliegenden Dolinen zeigen ebenfalls Schwinden, so daß man annehmen darf, Gipslinsen und Breccien besitzen ein gemeinsames unterirdisches Wassersystem. Allerdings könnte das nur durch Färbversuche bewiesen werden.

Die Dolinenreihe von *Ablaß* (Bild 1) liegt in SSW-NNE-Richtung ebenfalls an der Grenze von Werfener Schichten zu Gutensteiner Kalk. Auch die Lage in einer Hangverflachung eines Muldentales ist ähnlich der von Grub. Über dem Werfener Schiefer befindet sich Hangschutt (Solifluktionsmaterial), in welchem die Erdfälle ausgebildet sind (Aufschluß an einem Ponor im Zwillingserdfall sw. *Ablaß*). Die nördlichste Gipsdoline liegt in 805 m, nur wenig unter der Sattelhöhe von *Ablaß*, die ins Steinbachgebiet hinüberführt. Es handelt sich um eine Doppelform von 25 x 10 m Ausmaß und etwa 6 m Tiefe; der südliche Trichter besitzt randlich ein steiles, aktives Schluckloch, das in ein nicht gangbares Höhlensystem zu führen scheint. Der Querschnitt ist asymmetrisch, der hangaufseitige Abfall ist steiler. Wenn auch die anderen Dolinen keine sichtbaren Schlucklöcher aufweisen, so wird im Frühjahr (Schneeschmelze) oder bei Regen doch das gesamte Wasser abgeführt, da sich in keiner der Trichter Sumpf oder feuchtigkeitsliebende Vegetation befindet.

Jenseits der Straße setzt sich die Reihe der Erdfälle fort, knapp an der Grenze zum anstehenden Kalk, die durch die Wald-Wiesengrenze markiert wird. Eine erste Gruppe weist vier kleinere (5 m Durchmesser, 2 m Tiefe) und eine große (10 m Durchmesser, 4 m Tiefe) auf, in über 30 m Abstand folgt südlich eine zweite mit relativ flachen Initialformen (Durchmesser 10 m, -1 m) und einer mittleren Größe (Durchmesser 8 m, -3 m). Die Formenreihe liegt im Streichen der Werfener Schichten

und des Gutensteiner Kalks, welche auch in der Gesteinsgrenze wiedererscheint. Im Streichen der Schichten scheinen sich mehrere Gipslinsen zu befinden, die zu den Trichtergruppen den Anlaß gegeben haben und welche wahrscheinlich durch die dünn auskeilenden Werfener Schichten mit Hohlraumssystemen des Kalks in Verbindung stehen. Gegen die Talmuldenmitte zu wird eine quartäre Moränenbedeckung erkennbar, die aber versumpft ist. Das Grundwasser scheint sich dort auf der Werfener Unterlage zu stauen, bis es in mehreren kleinen Quellen zutage tritt und als Bach in einem kleinen, windungsreichen Kastental (2 m breit, 1 m tief) abgeleitet wird. Es mündet später nach gefällsreichem Lauf im Endmoränengebiet von Hochthal in den Schoberbach.

Die *Karbonatgesteins-Karsterscheinungen* werden in ihrer Differenzierung verschieden erklärt, und die Bearbeiter geben dafür jeweils andere Hauptfaktoren an. Der Einfluß der Vegetation und des Klimas auf die Kalklösung, der Chemismus des Lösungsvorgangs und verschiedene Wirkungen werden erörtert. Ein anderer Gesichtspunkt ist die Höhengliederung, die dann bei Fragen der rezenten und fossilen Karstformen — insbesondere dem Problem der Rundkarren — eine wesentliche Rolle spielt.

Im folgenden soll versucht werden, nach einem regionalen Überblick über die im Untersuchungsgebiet beobachtbaren Karsterscheinungen, die fast lückenlos begangen wurden, ökologische Unterschiede und deren Auswirkungen festzuhalten (z. B. Exposition). Die Bedeutung tektonischer Störungszonen für die Entwicklung von Kluft- bzw. Karstgassen und Dolinenreihen ist besonders auffällig und vor allem für voralpine Karstgebiete, wo die Verkarstung nicht so günstige Voraussetzungen wie auf den Kalkhochplateaus findet, zu betonen.

Eine genaue Beachtung verdienen die Karren, einerseits, weil sie genetische Feststellungen unter den Karstformen am ehesten ermöglichen (Bedingungen und Vorkommen der Rund- bzw. Rinnenkarren), andererseits, da gerade sie eine Abtragsmessung durch die Wasserhärtebestimmung erlauben. Der höhengebundene Wandel des *grünen* zum *nackten* Karst wird allerdings nur mehr im Hochkargebiet stellenweise erreicht.

Dolinen, Karstmulden und Karstgassen

Die vorhin beschriebenen weiten Verebnungen bieten, gefördert durch die Zerrüttungen des Gesteins in der Nähe der Deckenstim, gute Grundlagen für die Ausbildung kleinerer (Dolinen) und größerer (Karstmulden und -gassen) Lösungsformen. Aber auch kleine Hangverflachungen, Rücken und die Zonen um Kuppen zeigen solche Erscheinungen. Die tiefere Region der Göstlinger Alpen besteht neben wasserunlöslichen Gesteinen aus Gutensteiner Kalk, der zu wenigen, aber deutlichen Karstformen Anlaß gab. Vor allem läßt die dichte Bewaldung nur beschränkt Aussagen zu. In den höheren Gebieten zeigt der Dachsteinkalk (mit durchschnittlich 1 bis 3 m mächtigen Bänken) die typischen Karstformen; hier wurden neben den morphologischen Beobachtungen auch die Härtemessungen durchgeführt.

Die Hauptverbreitung der Dolinen liegt jedoch auf der Altlandschaft der Göstlinger Alpen. Drei Gebiete treten besonders deutlich hervor: Um den Hochkar-gipfel bis zum Unteren Boden, im Gebiet der Lickerplanhöhe und im Raum Ringkogel—Kößlberg—Im Kessel.

Vom Unteren Boden zieht sich gegen das Hochkar-Schutzhaus eine Karstgasse, die durch NW-SE gerichtete, dolinenreiche Karstmulden ausgezeichnet ist, welche die Verlängerung des Königstals darstellen. Die Höhe in 1300 bis 1400 m Höhe führt zu einer Nutzung als Alm, so daß diese Formen, die von zerkarrten Blöcken durchsetzt sind und randlich korrosiv unterschnittene Steilhänge aufweisen, besonders deutlich im sonst bewaldeten Gebiet auffallen.

Oberhalb des Oberen Bodens beginnt in ca. 1500 m eine Karren-Dolinenlandschaft, die sich bis zum Hochkar in 1800 m Höhe zieht. Zahlreiche parallele Karstgassen mit tiefen Dolinen zergliedern die Oberfläche. Aber auch die dazwischen

erhaltenen Rücken zeigen unzählige Ponordolinen in allen Größen. Letztere zeigen meist Wasserlacken, da das Feinmaterial die abführenden Klüfte verstopft. Die Karstgassen, welche größtenteils NNE-SSW gerichtet sind, scheinen stark durch Schneekorrosion weitergebildet zu werden; die in ihnen liegenden Dolinen zeigen asymmetrischen Bau gemäß dem Schichtfallen (steilere Seite = Traufseite, oft überhängend) und führen fast ausnahmslos in Ponore, manchmal in Höhlen. Eine dieser Dolinen öffnet sich bekanntlich zum Hochkarschacht, der eine Tiefe von 70 m aufweist und in den letzten Jahren genauer untersucht worden ist (H. Trimmel). Abb. 2 zeigt ein Profil unterhalb der Meßstelle durch die anschließende dolinenreiche Karstgasse.

Gegen Osten zeigt die gesamte Hochfläche Karstmulden, die oft versumpft sind und 10 bis 100 m Durchmesser aufweisen, sowie Dolinen, die von karrenreichen Steilhängen begrenzt werden. Um die Lickerplanhöhe (1714 m) ist eine Massierung von Dolinenformen zu erkennen, die ein ähnliches Ausmaß wie die im Kar des Hochkars erreichen: sie sind bei gegebener Größe relativ sehr steil und tief (Tiefe = $\frac{1}{2}$ Durchmesser oder größer). Ein Dolinenfeld befindet sich auch im Almgebiet von Lassing südöstlich der Riegelau in 1500 m Höhe. Auffällig sind hier ovale bis langgestreckte Formen in SW-NE-Richtung, also parallel zum Kamm der Göstlinger Alpen; der Zusammenhang mit tektonischen Linien ist sichtbar, wird aber im folgenden noch deutlicher. Erwähnt seien auch die schmalen Karstmulden bzw. -gassen von Heuwies, die jedoch vollkommen begrünt sind.

Bilden schon die höchsten Karböden (Hochkar, Lickerplanhöhe) vorzügliche Standorte für Dolinen, so bieten die tieferen, oft an Gesteinsgrenzen gebundenen Durchgangskare, wie sie den Nordsaum des Plateaurandes der Göstlinger Alpen

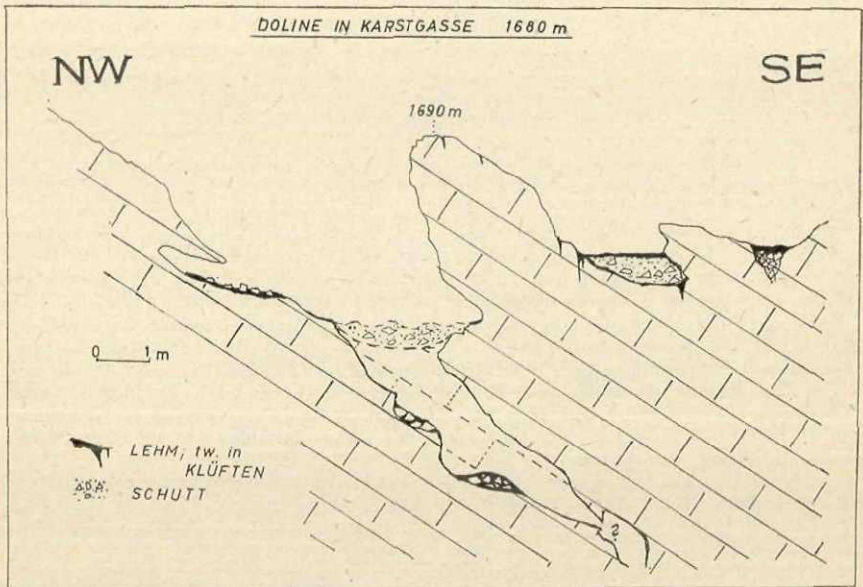


Abb. 2: Asymmetrische Doline mit Ponor in der SSW-NNE-gerichteten Karstgasse nordöstlich des Hochkars (1680 bis 1700 m). Auf der Abbildung links setzt das Karrenfeld mit der Hauptmeßstelle an.

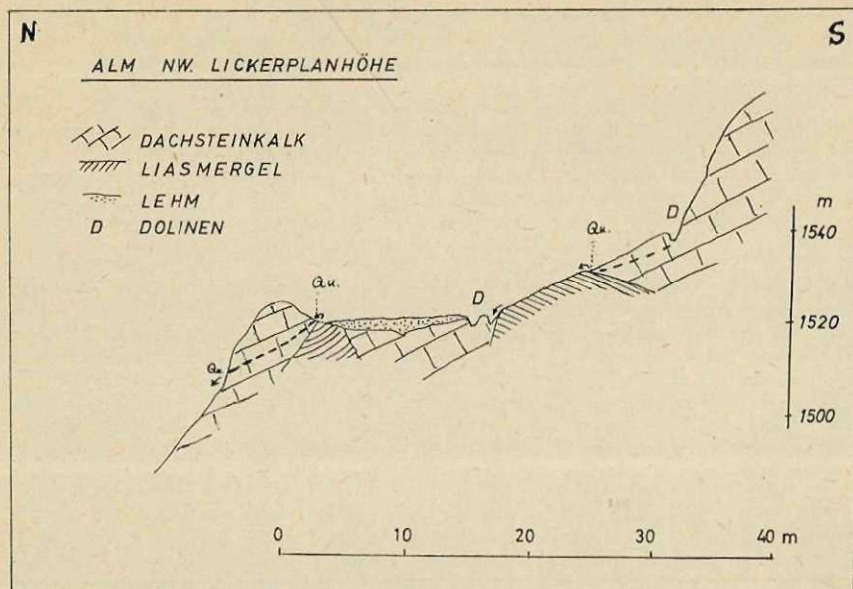


Abb. 3: Die Karstwanne südwestlich der Lickerplanhöhe in 1480 m. Eine Wechselagerung von Dachsteinkalk und Liasfleckenmergel führt zu teilweiser ober-, teilweiser unterirdischer Entwässerung. Die flache Lösungsmulde ist mit Lehmen bedeckt und wird als Alm genutzt.

begleiten, interessante Karstformen, die an Poljen, allerdings kleinsten Maßstabes, erinnern. Eingequetschte Schichtglieder von Liasfleckenmergel bilden meist den Untergrund, kalkige Schwellen die Umrahmung. Teilweise wurden solche Formen von der rückschreitenden Erosion aufgeschlossen, größtenteils aber bildeten sich Erdfälle oder Ponore, welche das Wasser unterirdisch abführen und mit Zweigen zugedeckt worden sind (Almvieh!). Abb. 3 zeigt als Beispiel eine solche Form südwestlich der Lickerplanhöhe in 1480 m. Die konstante Höhenlage dieser Erscheinungen deutet auf ein gemeinsames Ausgangsniveau, welches als randliche Vererbung mit talartigen Fortsetzungen gegen Süden entwickelt worden ist.

Das bedeutendste Dolinengebiet befindet sich zweifelsohne nördlich und westlich des Ringkogels (1667 m). Musterhaft ist hier ein Zusammenhang zwischen Tektonik, Großform und Verkarstung nachzuweisen. Westlich der Reitbaueralm zieht eine fast 3 km lange Störungslinienschar in SSW-NNE-Richtung gegen die Wieseralm. Dies ist nicht nur wieder die Richtung, welche die Kluft am Sonnstein aufweist, sondern auch dieselbe Richtung, welche der Plateaurand bzw. der Kamm Kößlberg—Hocheck—Offenauer Fürhaupt zeigt. Kößlbergplateau und — 300 m gegen Westen versetzt — Wiesenalmplateau brechen, durch Kare unterbrochen, entlang solcher Störungen mit steilen Wänden nach Osten zum Windischbach (Steinbachgebiet) ab. Auffallend ist auch die geradlinige Fortsetzung des genannten Kammes nach Süden durch eine ausgeprägte Dolinenreihe, welche 14 mittelgroße Dolinen mit 10 bis 25 m, vier Formen mit über 30 m Durchmesser und über 10 m Tiefe aufweist; die Wiesenalm liegt ebenfalls als nördlicher Endpunkt auf dieser Linie und bildet eine flache Mulde mit zahlreichen kleinen Dolinen. Schwächer ausgeprägte

Dolinenreihen ziehen parallel dazu im Westen und Osten. Östlich und in noch größeren Ausmaßen südlich des Ringkogels sind mehrere Dolinen entwickelt. Sie bilden gewissermaßen eine Tiefenlinie um den auf die Hochfläche aufgesetzten Gipfel (Karte!).

Der vom Kößlberg gegen NNE ziehende Rücken weist hingegen eine große Zahl kleiner Dolinen auf. Nach Ansicht des Verfassers sind die kleinen Formen als postglaziale, die um vielfaches größeren hingegen als quartäre Bildungen anzusehen. Vermittelnde Übergangsformen fehlen vollständig, so daß für die beiden Gruppen verschiedenes Alter angenommen werden muß.

Die Dolinen sind in ihrer Verbreitung — abgesehen vom geologischen Untergrund — relativ unabhängig. So können im Raum Göstling schon 30 m über dem Talboden (Königsberg) im dichten Wald Dolinen mit 2 bis 4 m Durchmesser und 1 bis 2 m Tiefe gefunden werden. Auch am Sonnwendkogel, nördlich Göstling, liegen in 660 m Dolinen, eine flache, 30 m im Durchmesser große Doline wurde während des Pleistozäns von abwanderndem Schutt größtenteils aufgefüllt. Dichter Moos- und Farnbewuchs zeigt heute eine Ruheperiode an, so daß man die Anlage wohl in das Frühwürm stellen muß. Dafür spricht auch eine wenige Meter tiefe rezente Bachkerbe, die westlich davon vorbeizieht; sie dürfte bei ihrer Tiefenerlegung und rückschreitenden Erosion zu einer Verlagerung der aktiven Karstbildung geführt haben, wie aus folgenden Beobachtungen hervorgeht: Oberhalb der genannten Doline treten mehrere kleine Quellen an der Grenze Opponitzer Kalk/Lunzer Sandstein zutage, während die Grundwässer im Umkreis der Doline unter Schutt zu einem Graben, der in Lunzer Sandstein beginnt, gegen Südosten abgeführt werden. Weiters haben sich oberhalb der Quellmulde in 700 m Höhe bei dem Gehöft *Haga Christ* junge Dolinen gebildet, welche viel schärfere Formen aufweisen und erst etwa 3 m Durchmesser erreichen. Nach Angaben des Bauern sind nach starken Regenfällen oder während der Schneeschmelze Nachsackungen festzustellen, die mit Unrat erfüllt werden.

Auch im Hochreith sind in den isoliert aufragenden Kuppen aus Gutensteiner Kalk Dolinen, oft in reihiger Anordnung (Schöntalberg, Sonnstein), entwickelt. Sie veranschaulichen Störungslinien, wie an der korrosiven Ausweitung zu meterbreiten Mulden, die oft steiles Felsgehänge aufweisen, ersichtlich ist.

Eine schöne Kluftgasse befindet sich an der tiefsten Einsattelung des zum Sonnstein (1028 m) führenden Kammes in 930 m Höhe in Dachsteinkalk, knapp an der Grenze zu einem Hauptdolomitband. Sie zieht WSW-ENE und scheint aus einer Zerrkluft hervorgegangen zu sein. Der freie, nicht verschüttete Teil ist etwa 50 m lang und 4 bis 6 m breit. Senkrechte Wände führen zum gegen SW abfallenden Talboden, die Tiefe der Kluft nimmt von 2 m auf 5 m zu. Zuletzt senkt sich ihr Grund in eine Höhle mit schrägem Boden, die wie mehrere kleine Ponore Evorsionsformen zeigt. Besonders auffällig ist ein Höhleneingang mit kreisrundem Profil in halber Höhe der östlichen Wand; die zugehörigen Hohlräume scheinen sich in dem Rücken gegen den Ringkogel in südlicher Richtung zu erstrecken.

Karrenformen

Die *Karrenformen* und deren Genese bilden ein Hauptproblem der Karstmorphologie. Es wurde ihnen daher besonderes Augenmerk geschenkt und die karstmorphologischen Beobachtungen durch Härte- und Abtragmessungen ergänzt. Diese wurden in verschiedenen Höhenlagen und zu allen Jahreszeiten durchgeführt. Es wurden auch Grabungen angelegt, um die Frage der Rundkarren (primäre Entstehung oder Umwandlung von Rinnenkarren) besser beleuchten zu können.

Die *tiefsten Karrenvorkommen um Göstling*: Als Beispiel sei hier das Gebiet Sonnwendkogel—Steinbachmauer angeführt, wo in 600 bis 700 m Höhe die verschiedensten Formen von Rund- und Hohlkarren zu finden sind. Eine altersmäßige Festlegung ist relativ sicher: Das genannte Gebiet war zur Ribbeiszeit unter Eis begraben, während es in der Würmeiszeit in den gletschernahen Periglazialraum zu

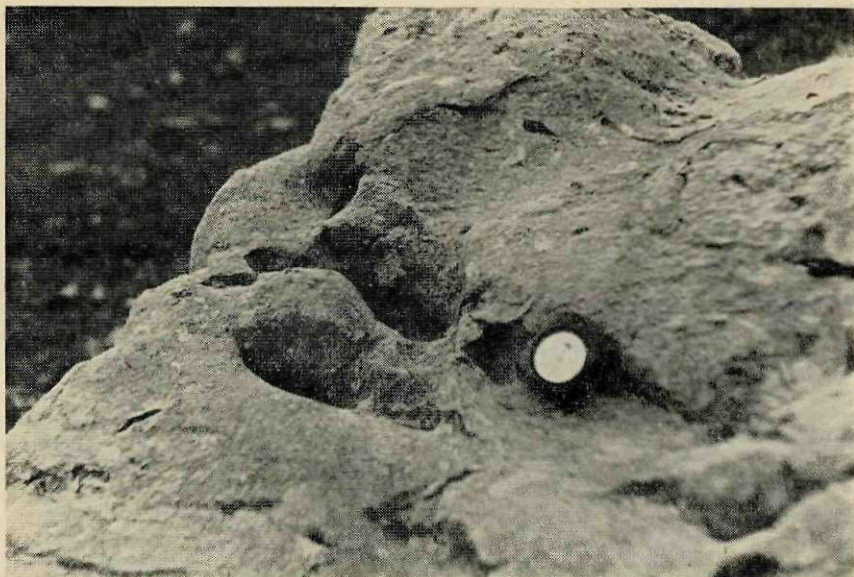


Bild 2: Trichterkarren mit Humus- und Vegetationsspuren.

Kleinste Klüfte geben schon in geringen Höhen für Flechten und Moose und damit für Humussäuren Angriffsmöglichkeiten im Kalkgestein, so daß sich rasch Trichter- und Wannenkarren bilden.

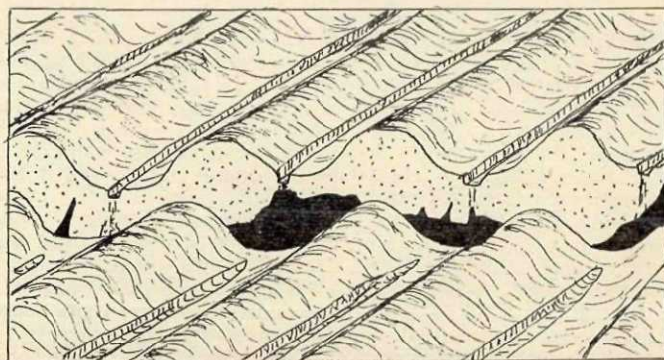
stellen ist. Seit dem Beginn des Postglazials sind eine Bodenbildung und ein Waldkleid anzunehmen, das bis heute Bestand hat. Die Karrenbildung kann daher frühestens im Riß-Würm-Interglazial eingesetzt haben. Da aber mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, daß die Frostsprengung und andere periglaziale Kräfte während der letzten Eiszeit die vorhandenen Karstformen wieder vernichtet haben, bleibt für die Ausbildung rezenter Bildungen nur das waldfreie Spät- und das Postglazial; das Spätglazial scheint aber zumindest für die großen Rundkarren zu kurz gewesen zu sein, so daß man — und dabei folge ich der Anschauung von F. Bauer (2) und F. Zwitkovits (22) — eine subkutane Bildung annehmen kann. Die einzelnen Rundkarren, die bis 2 m Länge und 30 cm Breite (5 bis 10 cm Tiefe) erreichen, liegen im Durchschnitt 0,2 bis 0,6 m tief unter wurzeldurchsetzter Bodenbildung, sind aber dort, wo ein Weg das Gelände anschneidet, entblößt. An einer Quelle treten viel kleinere (2 bis 3 cm breite und ebenso tiefe) Rinnenkarren (Rinn-salkarren nach Haserodt) auf, die auch einer anderen Größenkategorie angehören.

Neben diesen sehr flachen Formen sind sehr scharfe, meist trichter- bis birnenförmige Hohlkarren entwickelt, in welchen Humuspolster mit Moosen und Farnen sitzen. Ihre Tiefe schwankt zwischen 2 cm und 10 cm; sie gehen auf die lösende Wirkung von Humus- und biogener Kohlensäure zurück, die breiten Rundkarren hingegen auf einen flächig abkommenden, mit Humussäuren angereicherten Grundwasserstrom. Die Härte betrug 11,6 bis 14,2 Grad dt. H., ein viel größerer Wert als er je auf nackten Karren in den Göstlinger Alpen gewonnen wurde (Bild 2).

Am Hochkar sind Rund- und Hohlkarren ab 1160 m, breite, fast röhrenförmige Mäanderkarren ab 1370 m Höhe festzustellen. Sie erreichen eine Länge von über 2 m und eine Tiefe von 30 bis 50 cm. Sie sind auch bei großen Neigungen gut

entwickelt und von Vegetation durchsetzt, wenn auch im gesamten freiliegend (z. B. auf großen Blöcken). Die Entstehung kann auch hier erst postglazial eingesetzt haben, weil das Moränen- und Bergsturzmaterial früher in Bewegung war. In der postglazialen Wärmezeit muß hier eine beträchtliche Bodenbildung stattgefunden haben, die sich unter Wald bis zur anthropogenen Freilegung (Almwirtschaft) erhalten hat. In noch größeren Höhen ist geradezu eine Vermengung von Rund- und scharfen Firstkarren zu erkennen, welche auf eine verschiedene Genese (auch zeitlich) schließen läßt. So werden zwischen 1500 m und 1600 m die Stege zwischen den Hohlkarren von scharfen, 15 cm langen und 1 bis 2 cm breiten Firstkarren gegliedert, die sichtlich rezente Gebilde sind. Wenn nicht Vegetationspolster die Höhlung der Rundkarren weiterbilden, werden also anscheinend die subkutan entstandenen Formen bei den gegenwärtig herrschenden Klimaverhältnissen wieder zerstört oder zumindest umgebildet. Dies geschieht durch Ausbildung von Rinnenkarren in den Hohlkarren, wie es deutlich an einem durch eine junge Zerrung zerrissenen Felsgebilde westlich des Hochkarweges in 1600 m ersichtlich ist: Eine Felsplatte von 8 x 20 m mit ca. 20 Grad Neigung zeigt einen 0,2 m breiten Sprung. Die Rundkarren setzten sich ohne Querschnittsänderung darüber hinweg, sind also sicher vor der Zerreißung gebildet worden (wahrscheinlich unter Latschen). In den Rundkarren entwickeln sich nun Rinnenkarren, die jeweils einige Zentimeter unterhalb der Oberkante bzw. des Sprunges einsetzen und bis zum jeweiligen Ende mit 2 cm Breite und 0,5 bis 1 cm Tiefe verlaufen (Abb. 4).

Man muß hier bei dem Gegensatz der vorliegenden, ineinandergeschachtelten Formen unbedingt verschiedenes Alter und abweichende Entstehungsbedingungen annehmen. Die älteren, unter Vegetation gebildeten breiten Rundkarren und die rezenten freien, relativ schmalen Rinnenkarren; dazwischen fällt zeitlich die Zerreißung des Felsblockes. Weiters fällt auf, daß dort, wo heute noch Humus und Vegetation vorhanden sind, nämlich unter dem Block, die Korrosion weiterarbeitet und den Fels von unten her aushöhlt. Das ist besonders am unteren Ende deutlich und wird auch in anderen Fällen sichtbar.



0 20 40 60 80
c m

RUNDKARREN MIT RINNEKARREN 1600 m

Abb. 4: Fossile Rundkarren in den Göstlinger Alpen (1600 m) auf einem Schichtpaket, das später zerrissen ist. Nach der Entblößung von Vegetation (Beweidung, Klimaverschlechterung des vorigen Jahrhunderts) begann die Ausbildung von kleinen Rinnenkarren, die vor allem auf Schneeschmelzwasser zurückgehen dürfte.

Bei einer Übersicht erkennt man, daß heute am Hochkarplateau die aktiven Formen eine typische Abhängigkeit ihrer Verbreitung von der Exposition aufweisen. Wie die Karte zeigt, treten Rinnenkarren gehäuft, Firstkarren fast ausschließlich in Südost-Exposition auf. Dies konnte nur in Zusammenhang mit der Schneedecke gebracht werden, die auf der Leeseite der Rücken mächtiger und länger entwickelt ist. Die mittlere maximale Schneehöhe beträgt in den Göstlinger Alpen nach F. Steinhäuser (18 a) über 2,5 m, die Summe der Neuschneehöhen bis über 10 m! Eigene Beobachtungen ergaben in den Karstgassen und unterhalb von Steilstufen Schneetiefen von 3,8 m (in 1680 m Höhe) und 4,6 m (in 1760 m Höhe). Eine so starke Schneebedeckung führt auch zu einer längeren Abschmelzperiode, die an den genannten Stellen bis Ende Juli dauern kann. Man muß daher der Korrosion durch Schneeschmelzwässer eine große Bedeutung beimessen, welche durch die Beobachtungen im Frühjahr und Frühsommer, auch durch Messungen, bestätigt wurde.

Bevor auf die Besprechung der Hauptmeßstelle eingegangen wird, soll noch die schon erwähnte Tatsache der Unterhöhlung besprochen werden, die in Zusammenhang mit der Schneebedeckung leicht zu erklären ist. Die absoluten Höhen im Untersuchungsgebiet sind gerade noch zu gering, daß weite nackte Karstflächen wie in den Kalkhochalpen entstehen. Dadurch ist eine Rohhumus- und Rendsinabodenentwicklung weit verbreitet, die aber mit Ausnahme der Wintermonate durch Schneeschmelz- oder Regenwässer dauernd durchfeuchtet wird. Die durch Humussäuren usw. angereicherten Sickerwässer sind daher sehr aggressiv und sie führen zu einer Unterminierung der Kalktafeln, welche an den Schichtgrenzen einsetzt und tiefer dringt. Dies kann so weit gehen, daß die Lösungen von oben (Karren) und unten (Höhlung) zusammentreffen und die Karrenrinnen unterbrochen werden. Diese Unterbrechungen sind wieder günstige Beobachtungsstellen, denn das linear abfließende Wasser (z. B. von einem Schneefleck) verschwindet, so daß die davon abhängigen Formen deutlich von den anderen zu unterscheiden sind. So kristallisiert sich mehr und mehr das Problem heraus, welche Formen auf Regenwasser und welche auf die Schneebedeckung zurückzuführen sind. Dabei haben auch die Härtemessungen und die Fragen des Chemismus (Mischungskorrosion) große Bedeutung.

Zuletzt sei noch festgestellt, daß trichter- und wannenförmige Vertiefungen, die wohl durch Vegetationspolster eingeleitet worden sind — wahrscheinlich in der postglazialen Wärmezeit —, heute ebenfalls eine gewisse Umbildung erfahren. Hierbei scheint dem Wind eine Rolle zuzukommen: Das in den Vertiefungen lange Zeit stehende Regenwasser erreicht große Härtewerte, die durch Böglis vierte Phase, in welcher der CO₂-Gehalt der Luft in das Wasser diffundiert und so aktiv wird, zu erklären sind. Starke Windstöße können das stehende Wasser bis zur Hälfte der ursprünglichen Menge ausblasen, so daß bei neuerlichem oder weiterem Niederschlag Wasser mit keinem oder geringem Karbonatgehalt hinzukommt und zu einer aggressiven Mischungskorrosion führt. (Siehe auch Abschnitt über die Messungsergebnisse!)

Das Hauptuntersuchungsgebiet

Die eingehendste und sich über das ganze Jahr hin erstreckende Untersuchung hat ein steiles Karrenfeld in 1680 bis 1750 m Höhe erfahren. Es liegt nördlich des Steinplans (1782 m) auf dem Kamm, der vom oberen Boden zum Hochkar zieht und den der Sessellift benützt. Eine durch mittelgroße und kleine Dolinen ausgezeichnete Karstgasse (Abb. 2) zieht in NNE-Richtung und bildet den Fußpunkt einer 30 bis 40 Grad steilen nordost-exponierten Wand, die durch zahlreiche Rinnen- und Rillenkarren, Lösungshohlräume und Klüfte gegliedert wird. Nördlich schließt sich ein Rundkarrengelände an, welches in deutlichem Gegensatz zur Hauptmeßstelle steht und weitere Schlüsse ermöglicht.

Das Karrenfeld zeigt im wesentlichen zwei Abschnitte: Ein höherer weist überwiegend Kluffkarren auf, welche teilweise stark durch periglaziale Kräfte (Frostverwitterung) angegriffen erscheinen, so daß ein wildes Durcheinander von

bis über 1 m hohen Karrentürmen und dazwischen Scherbenkarstflecken entstanden sind. Da vom Rücken aus abfließendes Oberflächen- und Sickerwasser diese obere Region besonders stark angreift, können hier relativ günstig die Härtewerte für subkutane Karstwässer gemessen werden. Weiters ist die Auslaugung des Untergrundes so weit fortgeschritten bzw. die untere Partie, welche ein geschlossenes Rinnenkarrenfeld zeigt, stark durchlöchert, so daß auch bis an den Fuß der Wand Sickerwässer gelangen. Dazu kommt noch die an den durch Korrosion perforierten Karren eindringende Wassermenge, welche durch Mischungskorrosion eine weitere Aushöhlung bewirkt. Der tiefere Abschnitt wird fast ausschließlich von Rinnenkarren eingenommen. Allerdings scheinen diese Formen nicht primär, sondern aus



Bild 3: Ein Teil der Hauptmeßstelle am Hochkar in 1700 m. Die großen Rinnenkarren, die anscheinend erst nach Entblößung aus Rundkarren entstanden sind, weisen tief eingesenkte, oft mäandrierende Rinnsalkarren auf, die größtenteils auf die Schneeschmelzwässer zurückzuführen sind und im Querschnitt der Karrenrinne ein trogartiges Profil geben.



Bild 4: Detailaufnahme einer oben beschriebenen Karrenform.

Auffällig ist der Unterschied zwischen der scharfen, durch den Regen ausgebildeten Rinnenkarrenform und der durch kleine Korrosionskolke gegliederten Schneesmelzkarrenform (siehe auch Abb. 5).

ehemaligen Rundkarren hervorgegangen zu sein. Dafür sprechen der relativ breite Abstand der einzelnen Karrenformen, ihr oft nicht paralleler Verlauf sowie die starke korrosive Zerlegung.

Die obere Breite der Rinnen beträgt 14 bis 30 cm, ihre Tiefe ohne die schmale eingesenkte Rinnsalkarre 20 bis 35 cm, der Abstand zwischen den Karren (Stegbreite) 20 bis 70 cm. Die Zwischenstege zeigen heute allerdings sehr scharfe Formen und werden bei günstiger Lage von Firstkarren überformt. Jedenfalls ist eine Kantenzuschärfung allgemein festzustellen, welche auch eine Erklärung findet (Bild 3).

Das Bemerkenswerteste jedoch ist eine viel schmalere und rezent aktive Form, welche jeweils in die großen Rinnenkarren eingesenkt ist. Diese bei Neigungen unter 25 Grad als Mäander-, sonst als Rinnsalkarren (im Sinne Haserodts) entwickelte korrosive Eintiefung ist relativ klein (durchschnittlich 1 cm breit und 1 bis 2 cm tief), wenn sie in einem reinen Kalkstück einsetzt, dagegen doppelt so breit und 3 bis 5 cm tief, wenn sich oberhalb ein Vegetationsrest befindet oder eine Austrittsstelle von Sickerwasser vorliegt (Bilder 3 und 4). Auch Härtemessungen ergaben Unterschiede, im zweiten Fall betrug sie um 80 bis 100 Prozent mehr als im ersten. Die jungen Rinnen sind oft mit scharfen, überkragenden Rändern ausgestattet, so daß auch feststeht, daß die Hauptform von oben her weitergebildet wird. Abb. 5 zeigt Querschnitte, welche einem Trogtal nicht unähnlich sind. Bögli (3) beschrieb schon 1951 den Unterschied der Karrenform bei überwiegendem Regen- gegenüber Schneefall; allerdings fand er die verschiedenen Karren flächig nebeneinander.

Bevor nun die Meßergebnisse besprochen werden, seien die morphogenetisch-

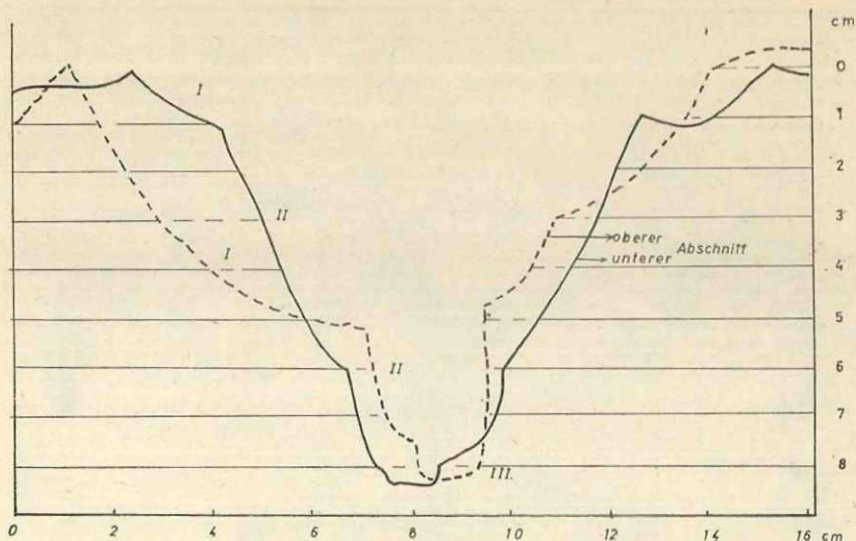


Abb. 5: Querschnitt durch eine Karrenrinne der Hauptmeßstelle. Die anscheinend aus Rundkarren hervorgegangenen Rinnenkarren zeigen eingesenkte, oft mäanderartige Karrenrinnen, die überwiegend auf die Korrosion der Schneeschmelzwässer zurückzuführen sind.

klimatischen Beobachtungen angeführt. Bei einem leichten Niederschlag (Nieseln) wird die gesamte Kalkoberfläche gleichmäßig benetzt und daher auch primär flächig abgetragen. Bei flacher Neigung (Optimum 15 Grad) bilden sich Firstkarren und Rillenkarren (1,4 bis 3 cm breit, 0,3 bis 0,8 cm tief und 10 bis 15 cm lang); das Wasser sammelt sich schließlich in den Rinnen, wobei eine zusätzliche Lösung anzunehmen ist. Bei stärkeren Regenfällen sind die in den großen Rinnen abkommenden Wassermassen (1 bis 2 cm³/sec.) in stande, die ganze Rinne weiterzubilden und so scharf zu halten.

Eine große Bedeutung kommt jedoch der Schneedecke und der Schneeschmelze zu. Von einem kleinen Schneefleck ausgehende Schmelzwässer verlieren bald ihre Aggressivität, da ihre dem CO₂-Gehalt entsprechende Sättigung bald erreicht wird. Anders jedoch, wenn über der ganzen Partie eine Schneedecke liegt, die nicht nur die Oberfläche angreift, sondern durch Tropfwasser eine ständige Lösung herbeiführt. Wenn nun ein Rinnsal abfließt, so wird es ständig mit neuem, weniger gesättigtem Tropfwasser gemischt, so daß also auch hier die Wirkung der Mischungskorrosion anzunehmen ist. Die wirkenden Wässer müssen als sehr aggressiv angenommen werden, weil der Boden der jüngsten Eintiefungen seinerseits durch aneinandergereihte löffel- oder mäanderförmige Vertiefungen gekennzeichnet wird, die nur durch engräumig wirkende starke Lösung erklärbar sind. Auch wird das abfließende Wasser durch herabfallenden Schnee gestaut. Es wurde im Anschluß an die Messungen versucht, absolute Werte des Kalkabtrags für die einzelnen Formen des Meßfeldes zu gewinnen.

Infolge der Kälte der Schneeschmelzwässer ist zwar die lösende Kraft geringer als die des Regenwassers, jedoch ist der Abfluß kontinuierlich auf längere Zeit gesichert. Dadurch ergibt sich für Schneeschmelzwässer ein größerer Betrag als für Regenwasser, eine Meinung, die durch Härtemessungen und Korrosionszeiten bewiesen wird.

Im folgenden wird eine tabellarische Übersicht gegeben, in welcher Ort und Art der Karren, Herkunft und Temperatur des Wassers sowie die jeweilige Wassermenge angegeben sind.

Rubrik 1: Art und Länge der Karrenform (Länge in Meter).

Rubrik 2: Vorhandensein von Humus bzw. Vegetation.

Rubrik 3: Luft- und Wassertemperatur in Grad C.

Rubrik 4: Grad deutscher Härte bei verschiedenem Wert der Wassermenge, angegeben durch die Zeit, die notwendig ist, um einen Durchfluß von 100 ml (10 cm³) zu erhalten. Durchflußzeit und Wassermenge sind verkehrt proportional.

Tabelle 1: Hauptmeßstelle, Hochkar, 1700 m

A. Regen

1		2	3	4	
Rinnenkarren	1,5	frei	13,5—18,5	30 min : 4,23	45 min : 4,1
Rinnenkarren	6,0	frei	13,5—18,1	30 min : 4,0	45 min : 4,6
Rinnenkarren	20,0	Moos	13,5—17,0	40 min : 5,45	50 min : 5,5
Firstkarren	0,4	frei	18,0—17,2	30 min : 0,5	45 min : 0,45
Trichterkarren	200 cm ³	Humus- spuren	13,5/18—17,5	15 min : 3,85	60 min : 3,4 3 Tage : 16,5

B. Schneeschmelze

1		2	3	4	
Rinnenkarren	0,5	frei	6,5— 2,0	60 min : 0,6	30 min : 0,9
Rinnenkarren	3,0	Humus- spuren	6,5— 5,9	60 min : 3,3	3 min : 0,2
Rillenkarren	0,4	frei	6,5— 2,0	5 min : 0,1	
Trichterkarren	250 cm ³	Humus- spuren	6,5— 8,0	2—3 Tage	(?) : 1,5—1,9

Eine erste Übersicht zeigt bereits den großen Unterschied in der Wasserhärte bei nackten und humuserfüllten Karren, bei kurz- oder langdauernder Lösungsmöglichkeit und schließlich den geringen Wert der Schneeschmelzwässer gegenüber dem Regenwasser. Eine relativ geringe Bedeutung ergaben die Härteunterschiede bei verschiedener Länge der Karrenform: Nach 1 m Wasserweg betrug die Härte oft 90 Prozent des Wertes, der nach 6 m gewonnen wurde. Dies steht im Widerspruch zu F. Zwittkovits, der eine Abnahme der Härte mit zunehmender Karrenlänge festgestellt hat. Möglicherweise stellt sich diese Abnahme erst bei größeren Weglängen ein, die jedoch im Untersuchungsgebiet nicht vorlagen.

Von dem mit 2000 bis 2500 mm Höhe angegebenen Niederschlag im Hochkargebiet fallen ca. die Hälfte in fester Form, so daß die Summe der Neuschneehöhen 10 bis 12 m ergibt. Da von Oktober bis April, das ist etwa ein halbes Jahr, mit Schneefällen gerechnet werden kann, ist die große Bedeutung der Schneeschmelzwässer zu erkennen. Während im Sommerhalbjahr — wie schon festgestellt — die ökologischen und klimatischen Bedingungen gerade noch oberhalb 1600 m eine rezente Rinnen- und Rillenkarrenbildung ermöglichen, herrschen im Winterhalbjahr ungefähr die gleichen Bedingungen wie in den *Kalkhochalpen*. Es wird daher trotz der geringen Härtewerte der Schneeschmelzwässer das Abkommen

dieser von ungleich größerer Bedeutung sein, und die absoluten Korrosionswerte werden höher liegen als bei Regenfall im Sommerhalbjahr. Eine ähnliche Entwicklung deuten auch die Kluftgassen und Dolinen an: Solche die als Nivationsformen weitergebildet werden, sind ungleich tiefer und schärfer und weisen ein funktionierendes Schluckloch auf.

Die Korrosionsunterschiede des Sommer- und Winterhalbjahres sind aber in den Karren selbst am deutlichsten zu erkennen. Die parallellaufenden Karrenrinnen, die heute scharf in die Karrenplatte einschneiden, sind als Rinnenkarren zu bezeichnen, die überwiegend auf den Regenfall und dessen abfließendes Wasser zurückzuführen sind. Ob sie hier primärer Entstehung sind oder umgewandelte Rundkarren darstellen, ist nicht überall sicher zu entscheiden.

Folgende Gründe sprechen für eine Umwandlung von primären Rundkarren in Rinnenkarren: Die Karren zeigen keinen parallelen geradlinigen Verlauf, sondern wechseln oft die Richtung und den Abstand voneinander, wie es unter Bodenbedeckung häufig festzustellen ist (s. u.). Weiters schließen die Karren nicht aneinander an, sondern werden durch verschieden breite Stege voneinander getrennt; auch die Formung der Karrenrinnen selbst spricht für eine sekundäre Umwandlung, wie aus dem Knick hervorgeht, der die ältere flachere Rundkarrenform von der steil eingeschnittenen jüngeren Rinnenkarre trennt. Gegen eine mehrfache Umwandlung aus einer primären Rinnenkarre in eine Rundkarre und wieder in eine Rinnenkarre sprechen die Argumente von oben vergleichend tiefere Rundkarrenvorkommen (nördlich der Lickenplanhöhe), welche rezent freigelegt werden und noch keinerlei Anzeichen für eine Umwandlung in Rinnenkarren anzeigen.

Betrachtet man die gesamte Erscheinung, so kann man mit Recht von *polygenetischen Karren* sprechen, denn auf eine Rundkarrengeneration (unter Vegetation) folgt eine Rinnenkarrengeneration (Regen) und schließlich eine Rinnsalkarrengeneration (Schnee und -schmelzwasser). Die in übergeordneten Formen eingesenkten mäandrierenden Kleinformen zeigen auch wabenförmig aufgelösten Boden, Auslaugungshöhlen u. ä. Formen, die scharf im Gegensatz zu den trogartig in die flachere Ausgangsform vertieften Rinnenkarren stehen (Abb. 5). Die ehemaligen Rundkarrenzwischenstege wurden durch Firstkarren oder flächenhaft abgetragenen und zugeschärft. So ist hier ein Beispiel von ineinandergeschachtelten Korrosionsformen gegeben, die generationsbedingt und durch die Wirkung verschiedener Faktoren nacheinander erklärt werden müssen.

Die Korrosionskehlen und der wabenförmig aufgelöste Boden der eingesenkten Karrenformen findet auch im Chemismus seine Erklärung: Wie (auch unterhalb der Schneedecke) beobachtet werden konnte, wird häufig der Abfluß des Schmelzwassers durch Schnee oder Eis gehindert, so daß, gewissermaßen im kleinsten, Bedingungen wie in aktiven Wasserhöhlen entstehen. Dort sind ja solche Korrosionsformen an den Wänden häufig. Durch Diffusion des Luftkohlendioxyds und durch Erwärmung (weitere Aufnahme von CO₂) wird die Aggressivität (gering) erhöht, doch wird dieser Vorgang unendlich oft wiederholt. Dazu kommt die Lösung des Schnees in dem aufgestauten, bereits kalkhaltigen Schmelzwasser, so daß es obendrein zur Mischungskorrosion kommt, deren große Bedeutung immer wieder ersichtlich wird.

Eine weitere Meßstelle an der Hochkarstraße (in ca. 1000 m) zeigt deutlich, wie Gesteinsbeschaffenheit und Bodenbildung die Korrosionsleistung beeinflussen.

Tabelle 2: Meßstelle Hochkarstraße, 1000 m

1	2	3	4	5
Harnischfläche	3 m	13—14	3 min.	5,4
Schichtfläche	3 m	13—14	3 min.	7,2
Kluftwasser	?	13—12	1,5 min.	8,4

- 1: Art der Meßstelle. Das Kluftwasser scheint oberhalb der Meßstelle im Wald zu versickern und entlang der zahlreich vorhandenen Klüfte bis zum Straßeneinschnitt zu gelangen.
- 2: Länge des Wasserweges.
- 3: Luft- bzw. Wassertemperatur in Grad Celsius.
- 4: Abflußmenge, angegeben in der Zeit, in welcher 100 ml Wasser die Meßstelle durchfließen (bei 3 Minuten 0,55 ml pro Sekunde).
- 5: Härtewert in Grad deutscher Härte.

Der Unterschied zwischen der geglätteten und harten Harnischfläche und der relativ rauhen Schichtfläche ist auffällig: die Härte des Niederschlagswassers liegt bei letzterer um fast 50 Prozent höher. Selbstverständlich erreicht das Kluftwasser, welches mit Humussäuren angereichert viel aggressiver als das Oberflächenwasser wirkt, eine größere Härte, trotz der doppelten Wassermenge („Verdünnung“).

Die verschiedene Widerstandsfähigkeit gegenüber der Kalklösung von Harnisch- und anderen Kalkflächen äußert sich immer wieder in Karstgassen und Höhlen, aber auch in tektonisch vorgezeichneten Dolinenreihen: Die Harnischseite weist kaum eine Zurückverlegung auf, während die stärker zerrüttete oder weniger geglättete Seite stark zurückweicht und durch Korrosionshohlkehlen und -trichter eine unruhige Oberfläche erhält. Dies zeigt sich auch in der beschriebenen Kluftgasse westlich des Ringkogels. Dieser Anriß am Nordabfall der Göstlinger Alpen zeigt auch eine tiefgreifende Verwitterung aus wärmeren Zeiten, die in einer mit terra rossa gefüllten Orgelbildung ihren Ausdruck bildet. Es ist als Bildungszeit Riß/Würm-interglaziales Alter anzunehmen, da obenauf terra-rossa-hältige Würmgrundmoräne liegt, die auf eine direkte Aufarbeitung des stark verwitterten Untergrundes schließen läßt.

Schließlich seien die Ergebnisse der tiefsten Meßstelle *In der Noth* angeführt. Hier konnten mehr oder weniger flächig eine Wand abkommende Wässer gemessen werden. Die Untersuchungsstelle befindet sich am linken Steinbachufer in dem engen Durchbruch aus Dachsteinriffkalk und ermöglicht relativ günstig Messungen, da eine Felsnase am oberen Ende der Wand von höher kommende Wässer ablenkt.

Tabelle 3: Meßstelle *In der Noth*, 550 bis 600 m, 80 Grad Neigung

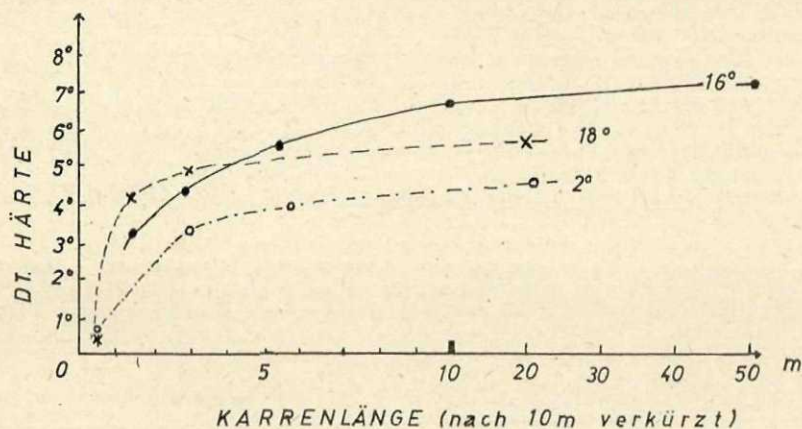
Länge des Wasserweges	Luft-, Wasser-temperatur	100 ml in Minuten	dt. Härte in Grad C
5 m	15—16	5	4,2
20 m	15—16	2	6,85
50 m (mit Vegetationsinseln)	15—15,8	1	7,6

Die durch zahlreiche flache Rinnen- und Trichterkarren aufgelöste Wand zeigt eine Zunahme der Härte von 4,2 auf 7,6 Grad, obwohl die Wassermenge von 2 cm³/min auf 10 cm³/min zunimmt. Unter den dafür verantwortlichen Faktoren scheinen die Humusspuren, die Mischungskorrosion und die immer flächiger wirksame Lösung gegen unten eine Rolle zu spielen. Auch kommt es hin und wieder zur Ausscheidung von Sinter (bei kleinsten Wasserfällen), so daß wieder ein neuer Prozeß beginnen kann. Die Zurückverlegung der Wand auf chemische Weise wird besonders an den hoch gelegenen, alten Strudellöchern deutlich, die keinesfalls mehr von Hochwässern erreicht werden können (5 bis 15 m über dem Mittelwasserstand). Die geglätteten Evorsionsformen stehen im schroffen Gegensatz zu der

scharfkantigen und -gratigen Oberfläche der Wand. Da das Abfließwasser die Strudellöcher überspringt und sie der Niederschlag nur selten berührt, kann man sie als Altformen den rezenten Korrosionsformen gegenüberstellen. Bei gleichem Jahresniederschlag während der letzten 10.000 Jahre und den gegebenen Härtewerten ergibt sich eine korrosive Zurückverlegung von 1 bis 3 Dezimeter für den genannten Zeitraum.

Der schon erwähnte Unterschied zwischen den Meßergebnissen von F. Zwittkovits (1963; 22) und denen des Verfassers sei noch einmal beleuchtet. Die häufigsten Messungen wurden bei einer Karrenlänge von 0,5 bis 6 m durchgeführt, relativ wenige bis 50 m. Dabei war immer eine sehr rasche Zunahme der Wasserhärte sowohl bei Niederschlags- als auch bei Schneeschmelzwasser während der ersten 1 bis 3 (5) m festzustellen. Später nahm die Härte nur mehr sehr langsam zu und erreichte nach 20 m nur um 20 Prozent mehr des Wertes, der bei 3 m gemessen wurde.

Abb. 6 zeigt drei Härtekurven, von denen eine bei Schneeschmelze (Wasser-



LÄNGE m	2° _S	16° _R	18° _R	s... Schneeschmelzwasser
0,5	0,7	—	0,5	
1,5	—	3,2	4,1	
3,0	3,3	4,2	4,6	R... Regenwasser
5,0	4,0	5,4	—	
10,0	—	6,8	—	
20,0	4,2	—	5,5	
50,0	—	7,6	—	

Abb. 6: Tabellarische Übersicht und Kurvendarstellung des Verhältnisses von Karrenlänge, Wasserhärte und Wassertemperatur. Je höher die Temperatur, desto größer die Härte, die während der ersten 3 m rasch, dann sehr viel langsamer (gemessen bis 50 m) zunimmt

temperatur ca. 2 Grad C) und zwei bei Niederschlag (Wassertemperatur 16 und 18 Grad C) gewonnen wurden. Die Werte, die tabellarisch angeführt sind, müssen als Durchschnittswerte mehrerer an verschiedenen Meßtagen erhaltener Größen angesehen werden. Auffällig ist das Übereinstimmen der 2-Grad-C- und der 18-Grad-C-Kurve, die sich nur durch geringere Härtewerte bei geringerer Temperatur voneinander unterscheiden. Bei der 16-Grad-C-Kurve ist das Meßergebnis von verschiedenen hoch gelegenen Meßstellen zusammengefaßt, was die Ausgeglichenheit der Kurve erklären kann. Im wesentlichen stimmt sie mit den beiden anderen überein.

Da im Gebiet der Göstlinger Alpen keine größeren vergleichbaren Karrenlängen beobachtet werden konnten, war es auch unmöglich, Härtewerte für einen größeren Wasserweg auf freien Karren anzugeben (50-m-Karre: nur eine Messung). Es ist durchaus möglich, daß die Kurve bei größeren Karrenlängen wieder eine fallende Tendenz aufweist, d. h. die Härte des Gesamtwassers geringer wird.

Zuletzt seien noch die Ergebnisse der Härtemessungen von *Quellwässern* angeführt. Zwei Quellen im Gutensteiner Kalk des Königsberges ergaben bei einer Temperatur von 13 Grad C und einer Wassermenge von (zusammen) ca. 4 bis 6 l/sec einen Wert von 11,6 Grad dt. Härte, das sind 207 mg Calciumkarbonat pro Liter Wasser oder für diese Quellen 1,035 g/sec.

Interessante Werte ergaben Messungen an den Austrittstellen des Kalktuff bildenden Wassers im Grabenbachgebiet. Bei einer Temperatur von ca. 16 Grad C wiesen die kleinen Austrittstellen 17,2 Grad dt. Härte, die größeren 14,35 bis 16,75 Grad dt. Härte auf. Das Wasser scheint unter Druck im Gutensteiner Kalk, der von Werfener Schiefer überlagert wird, bis in den Grabenbacheinschnitt zu gelangen und scheidet an der Austrittsstelle Calciumkarbonat ab, da der Partialdruck des CO₂ sinkt und der Sättigungspunkt erniedrigt wird. So bildeten sich meterhohe, an Algen gebundene Tuffinterbildungen, die von den Einheimischen zur Bearbeitung gebrochen werden, jedoch sehr bald wieder nachwachsen.

Ganz ähnlich wie in den Göstlinger Alpen treten Karsterscheinungen am Königsberg und auf Steinbachmauer auf, besonders was die Dolinen betrifft, wie es dort aufgezeigt worden ist. So bietet sich im Untersuchungsraum eine Mannigfaltigkeit von voralpinen Karstformen, die teilweise unter anderen Bedingungen als in den Hochalpen auftreten und daher auch teilweise andere Entwicklungsstadien zeigen. Ein Überblick sei abschließend in der Zusammenfassung gegeben.

Zusammenfassung:

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Göstlinger Alpen, welche zu dem südlichsten, bereits größere Höhen erreichenden Abschnitt der niederösterreichischen Kalkvoralpen gehören. Geologisch-tektonisch ist eine SW-NE-ziehende Ausraumzone in Werfener Schichten und teilweise Lunzer Sandstein typisch (Göstlingbachtal—Lunz), die im Süden von der Deckenstirn der Ötscherdecke mit ihren verkarstungsfähigen Dachsteinkalken überragt wird. Eine starke Klüftung fördert das Eindringen des Wassers.

Morphologisch kann der ganze Raum als große, heute stark zerschnittene Rumpflächentreppe gedeutet werden, wie weitverbreitete Flächenreste in 900 bis 1000 m, 1400 bis 1500 m und 1650 bis 1800 m andeuten. Das Hochkargebiet scheint eine älteste, heute höchste Aufwölbungszone zu verkörpern, nördlich und westlich sind ineinander verzahnte, alpenauswärts immer jünger werdende Flächen vorgeklüftet, die bei der phasenhaft weiter ausgreifenden Wölbung außer Aktion gesetzt worden sind (eine Piedmonttreppe, wie sie in unserem Raum H. Spreitzer erstmals in den Gurktaler Alpen nachgewiesen hat). Die Flächenreste und die glazial umgeformten Talenden (Kare am Hochkar und am Ringkogel) sind in der weiteren Entwicklung die Ausgangsstellen für die Verkarstung.

Ist der Untergrund gipsführender Werfener Schiefer, so bilden sich oft Gipsdolenen und Erdfälle aus, wie das im Hochreith festzustellen war; selten konnten auch Gipskarren gefunden werden (Königsberg).

Unter den Karbonatkarsterscheinungen sind in tieferen Regionen im Wald Dolinen und Ponordolinen in verschiedener Größenordnung ausgebildet, unter den Karrenformen treten häufig Rund- und Hohlkarren auf; besonders aktiv scheinen aber Humusbildungen mit Moospolstern oder Farnen zu sein, die sehr scharfe und tiefe Trichter in das Gestein fressen. Die Rundkarren scheinen primärer Entstehung zu sein, da hier bald nach der Eiszeit eine Vegetation möglich war (s. a. Zwittkovits). Die Formen sind relativ breit und flach, während sie in größeren Höhen viel ausgeprägter sind, was auf eine intensive Weiterbildung schließen läßt. Sicher hat die Zunahme der Niederschlagsmenge mit der Höhe dafür eine große Bedeutung.

Die Hochflächen über 1500 m werden von mehreren Dolinen- und Karrenfeldern eingenommen, die mit der Klüftung in engem Zusammenhang stehen. Vor allem aber die Hauptmeßstelle nordöstlich des Hochkars erbrachte neue Ergebnisse.

Einerseits waren breite Rundkarren durch einen Riß im Gesteinsblock zerlegt, und in jedem Teil setzten knapp unterhalb des Beginns der Karrenform junge und noch sehr kleine Rinnekarren an, so daß man sehr verschiedene Formen ineinandergeschachtelt hat. Da die kleinere Form sicher rezent ist, die größere aber eine ganz andere Form und Größe aufweist und nicht mehr in Weiterbildung begriffen zu sein scheint, ist anzunehmen, daß sie unter anderem Klima oder ökologischen Bedingungen entstanden ist. Bei Vergleich mit tiefer gelegenen Rundkarren kommt man zu dem Schluß, daß die größere Form der Rundkarren unter Vegetation entstanden ist, während die kleinere Rille den gegenwärtigen Verhältnissen entspricht.

Andererseits fand sich in 1700 m ein Karrenfeld, welches 1,5 bis 3 dm breite und 2 bis 2,5 dm tiefe Rinnekarren aufwies, welche möglicherweise aus Rundkarren hervorgegangen sind und seit der Entblößung in immer typischere Rinnekarren umgewandelt worden sind und weiter werden. Sie und die Rillkarren (Firstkarren) der ganzen Platte scheinen auf den Regenfall zurückzuführen zu sein. Eingesenkt in diese Hauptformen, finden sich jedoch überall durchschnittlich 1 cm breite und 1 bis 2 cm tiefe Rinnsal- und Mäanderkarren, die während der Wintermonate durch die Schneeschmelzwässer hervorgerufen zu werden scheinen. Härtemessungen ergaben zwar geringe Beträge, die jedoch durch eine langdauernde Einwirkung (10 bis 12 m Neuschneehöhen) kompensiert wird. Eingebettete Kleinformen ähneln solchen in stehenden oder langsamfließenden Höhlenwässern (wabenhöflicher Boden, Korrosionshohlkehlen).

Es ergeben sich daher drei ineinandergeschachtelte *Karregenerationen*, die überdies durch das Überwiegen einer Kräftekomponente in ihrer Ausformung bestimmt werden (Humussäuren, Regenwasser, Schnee und Schneeschmelzwässer), so daß man zugleich von *polygenetischen Karren* sprechen kann. Solche Formen konnten auch im Toten Gebirge beobachtet werden.

Alle genannten Erscheinungen werden auch von unten her (humushaltige Hohlräume) angegriffen, so daß viele Karrenrinnen unterbrochen sind und das Wasser im Untergrund verschwindet.

Auffällig war auch eine Häufung von Dolinen, die entsprechend dem Schichtfall oft asymmetrischen Querschnitt zeigten und meist in Ponoren endeten, entlang von Störungslinien zu erkennen, so daß sich oft Klüftgassen und Dolinenreihen mit quartären Dolinen (20 bis 30 m Durchmesser) und postglazialen Dolinen (1 bis 5 m Durchmesser) entwickelten.

Deutlich scheinen die Karrenfelder — selbst in den höchsten Regionen (1700 bis 1800 m) — an ihrer unteren Vorkommengrenze zu liegen, denn tiefer finden sich neben Rundkarren nur mehr selten scharfkantige Formen oder Rillkarren. Die Dolinen zeigen eine Häufung auf der Alllandschaft, mitbedingt durch die Zunahme der Niederschläge und die Aggressivität des Schnees.

Literaturverzeichnis:

- 1) *Ampferer, O.*, Über größere junge Formenänderungen in den nördlichen Kalkalpen. — Zeitschr. f. Geomorph., 1925/1926.
- 2) *Bauer, F.*, Kalkabtragungsmessungen in den österreichischen Kalkhochalpen. — Erdkunde (Archiv f. wiss. Geogr.) XVIII/2, Bonn 1964. S. 95—102, mit 4 Abb. u. 2 Tab.
- 3) *Bögli, A.*, Probleme der Karrenbildung. — Geogr. Helvet. 3, Bern 1951, S. 191—204, mit 7 Abb. u. Bildern.
- 4) *Bögli, A.*, Kalklösung und Karrenbildung. — Zeitschr. f. Geomorph., Suppl.-Bd. 2, Berlin 1960, S. 4—21, mit 5 Fig. u. 18 Bildern.
- 5) *Bögli, A.*, Mischungskorrosion — Ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. — Erdkunde (Archiv f. wiss. Geogr.) XVIII/2, Bonn 1964. S. 83—92, mit 2 Bildern, 8 Tab. u. 3 Abb.
- 6) *Cvijić, J.*, Das Karstphänomen. Versuch einer morphologischen Monographie. — Arb. d. Geogr. Inst. d. Univ. Wien, Heft 2; Penck'sche Geogr. Abhandlung V/3, Wien 1883. 113 S.
- 7) *Ernst, L.*, Zur Frage der Mischungskorrosion. — Die Höhle, 15. Jg., Heft 3, Wien 1964, S. 71—75, mit 1 Tab.
- 8) *Franke, H. W.*, Zur Berechnung korrosiv löslicher Kalkmengen. — Die Höhle, 18. Jg., Heft 2, Wien 1967, S. 38—40.
- 9) *Götzinger, G.*, Der voralpine Karst und seine Gesetzmäßigkeiten. — Mitt. d. Geolog. Ges. Bd. 48, Wien 1956 (R. v. Klebelsberg-Festschrift), S. 33—47, mit 4 Tafeln u. 4 Textfig.
- 10) *Götzinger, G.*, Karsterscheinungen in den Voralpen. Mit einem Beitrag von F. Bauer. — Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., Bd. 94, Wien 1952, S. 83—91, mit 1 Tafel u. 6 Textfig.
- 11) *Götzinger, G.*, Kleinere Karstgebiete in den Voralpen Niederösterreichs. — Kartogr. Zeitschr., 5. Jg./1, Wien 1916, 4 S. mit 4 Fig.
- 12) *Haserodt, K.*, Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den nördlichen Kalkalpen. — Münchner geogr. Hefte, 27, (Regensburg) 1965.
- 13) *Kurz, W.*, Die Landformung der Kalkalpen an der oberen Mürz. — Geogr. Jahresber. aus Österr., XXIX. Bd. (1961—62), Wien 1963, S. 1—39, mit 6 Abb., 3 Bildern u. 2 Karten.
- 14) *Lechner, J.*, Neue Formen des Hochgebirgskarstes im Toten Gebirge. — Mitt. d. Höhlenkom., Wien 1952.
- 14 a) *Lechleitner, H.*, Neue morphologische Untersuchungen im alpinen Einzugsbereich der Ybbs. — Diss. phil. Wien 1950, 2 Bde., 191 S., Bildbd.
- 15) *Lehmann, H.*, State and Tasks of Resarch on Karst Phenomena. — Erdkunde (Archiv f. wiss. Geogr.) XVIII/2, Bonn 1964, S. 81—83.
- 16) *Lehmann, O.*, Das Tote Gebirge als Hochkarst. — Mitt. d. Österr. Geograph. Ges., Bd. 70, Wien 1927, S. 201 ff.
- 17) *Lichtenecker, N.*, Beiträge zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der Ostalpen, I. Teil: Die nordöstlichsten Alpen. — Geogr. Jahresber. aus Österr., Bd. XIX., Wien 1938, 82 S., mit Bildern.
- 18) *Pia, J.*, Kohlensäure und Kalk. — In: Die Binnengewässer, Bd. XIII. (hgg. v. Thienemann), Stuttgart 1933.
- 18 a) *Steinhauser, F.*, Karte der mittleren Niederschlagssummen von Österreich (1901—1950) 1 : 500.000 und Karte der mittleren Neuschneehöhen von Österreich 1 : 500.000. — Hrsg. v. d. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien. Druck: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.
- 19) *Tollmann, A.*, Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen. I. Teil: Der Ostabschnitt. — Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 59. Bd., 2, 1966, Wien 1967, S. 231 bis 253, mit 2 Karten.

- 20) *Trimmel, H.*, Probleme der alpinen Karst- und Höhlenforschung. — Festschrift z. 100-Jahr-Feier der Österr. Geogr. Ges., Wien 1957.
- 21) *Zötl, J.*, Zur Frage der Niveaugebundenheit von Karstquellen und Höhlen. — Zeitschr. f. Geomorph., Suppl.-Bd. 2, Berlin 1960, S. 100—102.
- 22) *Zwitkovits, F.*, Geomorphologie der südlichen Gebirgsumrahmung des Beckens von Windischgarsten (Warschenek, Bosruck, Haller Mauern). — Geograph. Jahresber. aus Österr., XXIX. Bd. (1961—62), Wien 1963, S. 40—74, mit 3 Abb., 3 Bildern u. 3 Karten.
- 23) *Zwitkovits, F.* und *Kurz, W.*, Zum Problem der Karrenbildung in den Nördlichen Kalkhochalpen. — Anzeiger d. math.-naturwiss. Kl. d. Österr. Akademie der Wissenschaften, Jg. 1963/3, S. 33—43, mit 5 Abb. u. 1 Tab.
- 24) *Zwitkovits, F.*, Klimabedingte Karstformen in den Alpen, den Dinariden und im Taurus. — Mitt. d. Österr. Geograph. Ges., Bd. 108/1, Wien 1966, S. 72—97, mit 4 Abb. u. 1 Karte.

Höhlen und alte Bergbaue

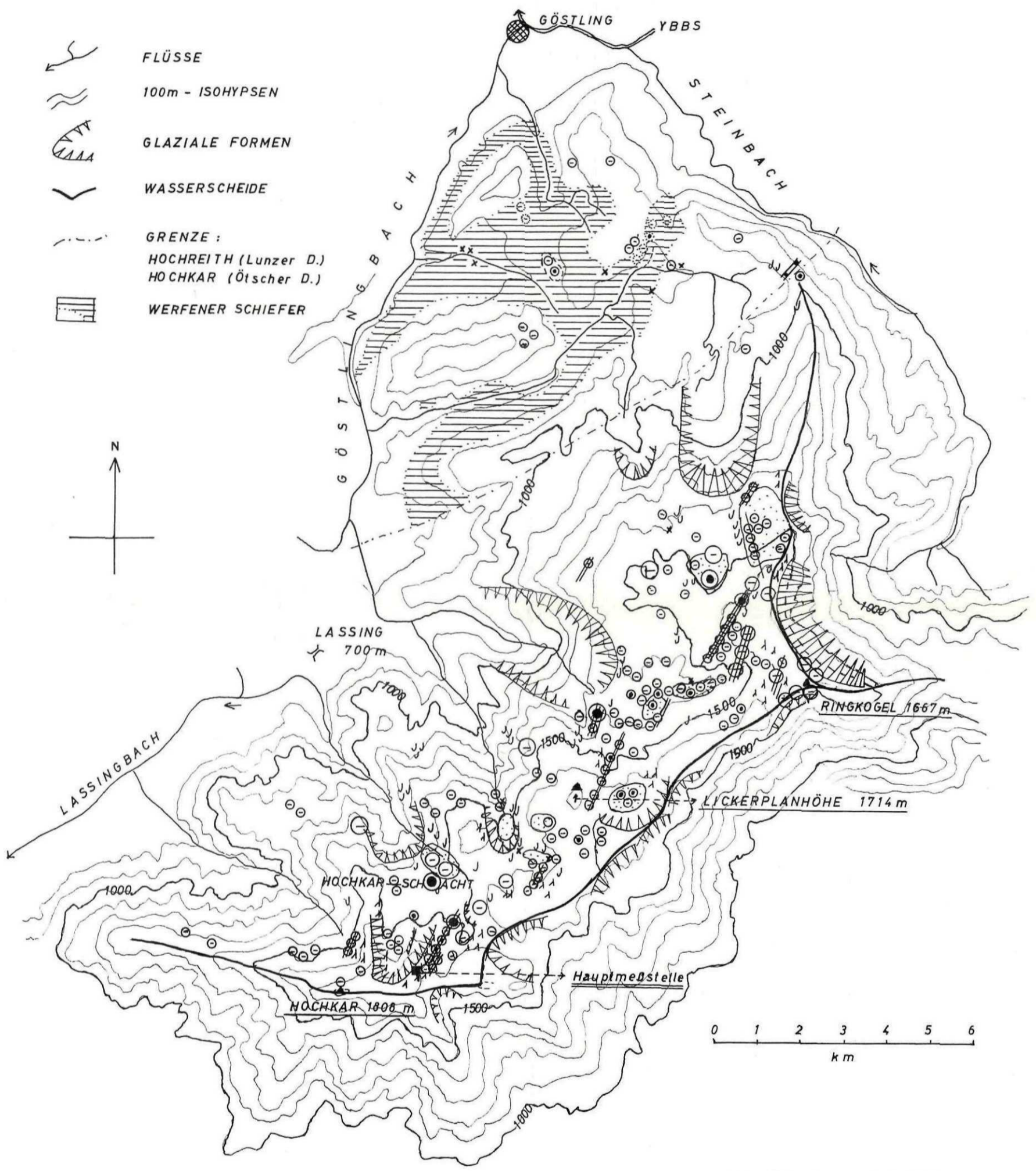
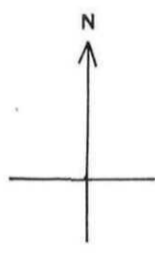
Von Ernst Katzer (Waldegg)

Ungefähr vom Jahre 1750 an setzte infolge des Holzkohlenmangels im steirischen Montanwesen ein unaufhaltsamer Rückgang der Roh-eisenproduktion ein. Um den steigenden Bedarf, hauptsächlich für die Residenzstadt Wien und den über Wiener Neustadt organisierten Handel nach Ungarn decken zu können, ging die Hofkammer für Münz- und Bergwesen daran, die Möglichkeiten zur Aufnahme von bis dahin verbotenen kleineren Waldeisenbergwerken im südöstlichen Niederösterreich zu erkunden. Als Waldeisen bezeichnete man solches Eisen, das, in seiner Qualität minderwertiger, im Gegensatz zu dem kaiserlichen Regal um den steirischen Erzberg, in Niederösterreich aus bescheidenen Bergbauen gewonnen wurde. Um diese Erkundung durchzuführen, wurde im Sommer 1750 eine Kommission gebildet, bestehend aus dem Bergrichter für Österreich unter der Enns, Franz Morgenbesser, zwei Beamten der montanistischen Hofkammer und einigen erfahrenen Bergleuten aus Reichenau. Das Ziel dieses vom Staate aus erstmalig organisierten Prospektierungsunternehmens für ein größeres Gebiet war die Überprüfung mündlicher Berichte der einheimischen Bauern über Gold-, Silber- und Eisenlagerstätten. Es lag in der Natur der Sache, daß die von jedem bergmännischen Wissen unbelasteten Einheimischen ihrer Phantasie freien Lauf ließen. Die mit beträchtlichen Kosten und technischem Aufwand durchgeführte Untersuchung des Öhlers, des Schneeberges und des Handesberges bei Schwarzau im Gebirge blieb, wie nicht anders zu erwarten, ergebnislos. Die geologischen Voraussetzungen für abbauwürdige Erzlagerstätten sind hier von Natur aus nicht gegeben.








Dieses Unternehmen fand seinen Niederschlag in den Akten des

DER KARSTFORMENSCHATZ IN DEN GÖSTLINGER ALPEN

-  FLÜSSE
-  100m - ISOHYPSEN
-  GLAZIALE FORMEN
-  WASSERSCHEIDE
-  GRENZE :
HOCHREITH (Lunzer D.)
HOCHKAR (Ötscher D.)
-  WERFENER SCHIEFER



Die Signaturen sind NICHT
maßstabsgetreu!

- | | | |
|--|---|--|
|  GIPSDOLINEN o. ERDFÄLLE |  DOLINEN, ev. mit PONOR
(< bzw. > 5m Durchmesser) |  KARRENFELDER |
|  LÖSUNGSMULDEN in
Lockermaterial oder
festem Fels |  KLUFTGASSE, ev. mit
Dolinen |  RUNDKARREN |
| | |  KARSTQUELLEN |

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [021](#)

Autor(en)/Author(s): Nagl Hubert

Artikel/Article: [Karstmorphologische und -hydrologische Beobachtungen in den Göstlinger Alpen 9-32](#)