

## Caliche-Bildungen auf Höheren Deckenschottern der Nordschweiz?

HANSRUEDI GRAF\*)

Pleistocene, fluvio-glacial deposits, overbank deposits, Switzerland

**Kurzfassung:** Innerhalb der fluvio-glazialen Ablagerungen der Höheren Deckenschotter des Irchels (nördlicher Kanton Zürich, Schweiz) kommen stellenweise feinkörnige Hochflutablagerungen vor. Die Hochflutablagerungen und teilweise auch die Schotter in ihrem Liegenden enthalten Kalkausscheidungen von vielfältiger Form und Struktur. Wegen der speziellen Ausbildung und charakteristischen vertikalen Abfolge der einzelnen Typen von Ausscheidungen können diese Bildungen als Caliche gedeutet werden.

### [Caliche on some Höhere Deckenschotter of northern Switzerland?]

**Abstract:** Within the fluvio-glacial deposits of the Höhere Deckenschotter of the Irchel (northern part of canton Zurich, Switzerland) fine-grained overbank deposits are preserved in a few places. The overbank deposits and sometimes also the gravels underneath contain calcium-carbonate-precipitates of various shapes and structures. Because of their special appearance and characteristic vertical succession these precipitates may be interpreted as caliche.

### Einleitung

Die Ablagerungen der morphostratigraphischen Einheit der Höheren Deckenschotter der zentralen Nordschweiz wurden bisher mit der Günz-Vereisung Süddeutschlands korreliert. Dies kann nach neueren Untersuchungen nicht länger aufrechterhalten werden. Es konnte aufgezeigt werden, daß die Höheren Deckenschotter mehrere Kalt-Warm-Zyklen umfassen, also gliederbar sind (GRAF 1993). Die einander teilweise überlagernden Schotterkörper entstanden im Zusammenhang mit Gletschervorstößen; es handelt sich dabei um grobklastische Sander-Ablagerungen vom Typ des Scott-River (MIALL 1978). Die einzelnen Schotterkörper werden stellenweise durch Lagen oder Linsen feinkörniger Ablagerungen voneinander getrennt. Die feinkörnigen Bildungen werden als Hochflutablagerungen eines Flußsystems gedeutet. Sie und die Schotter in ihrem Liegenden enthalten häufig Kalkausscheidungen in vielfältiger Ausbildung.

Für die vorliegende Arbeit wurde der im Norden des Kantons Zürich gelegene Irchel (Abb. 1) als Studienobjekt gewählt, weil dort die stratigraphischen Ver-

\*) Anschrift des Verfassers: HANSRUEDI GRAF, Kirchstrasse 157, CH-8214 Gächlingen

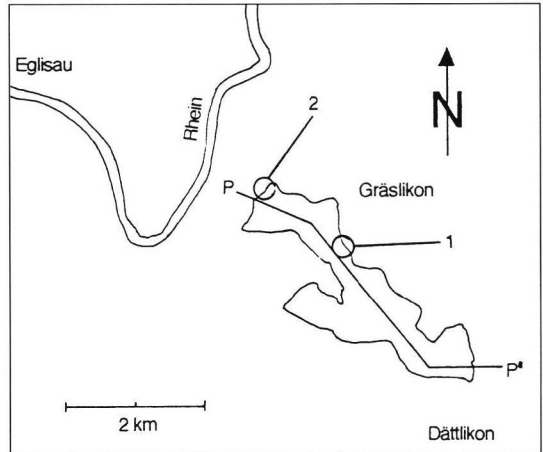


Abb. 1: Lage des Irchel im Norden des Kantons Zürich (Schweiz). P - P' Linie des geologischen Profils von Abbildung 2. (1: Kiesgrube Irchel-Ebni, 2: Kiesgrube Hochwacht).

Fig. 1: Location of the Irchel in the northern part of canton Zurich (Switzerland). P - P': position of the geological section from Fig. 2. (1: gravel pit Irchel-Ebni, 2: gravel pit Hochwacht).

hältnisse der Ablagerungen klar faßbar sind (Abb. 2). Anhand von zwei Beispielen wird die Ausbildung der untersuchten Sedimente verdeutlicht. Eine mögliche genetische Deutung der Kalkausscheidungen ist der Inhalt dieser Arbeit.

(Die 15stelligen Zahlenangaben bezeichnen die Koordinaten der schweizerischen Landeskarte und die Meereshöhe einer Lokalität.)

### Kiesgrube Irchel-Ebni

Der Aufschluß Irchel-Ebni befindet sich am NE-Hand des Irchels in einer kleinen Kiesgrube (687.025 / 267.575 / 640), etwa 6 m über dem Kontakt zu den obermiozänen Molassesanden. Die basalen Schotter (= Untere Irchelschotter) beinhalten unten Blöcke alpiner Herkunft von bis zu einem Meter Durchmesser und werden nach oben hin immer feinkörniger. Zuerst herrschen grobe Sande vor. Diese Abfolge wird als Gletscherrückzugs-Sequenz gedeutet. In einer rinnenförmigen Vertiefung im Dach der Unteren Irchelschotter ist eine komplexe Abfolge von Sedi-

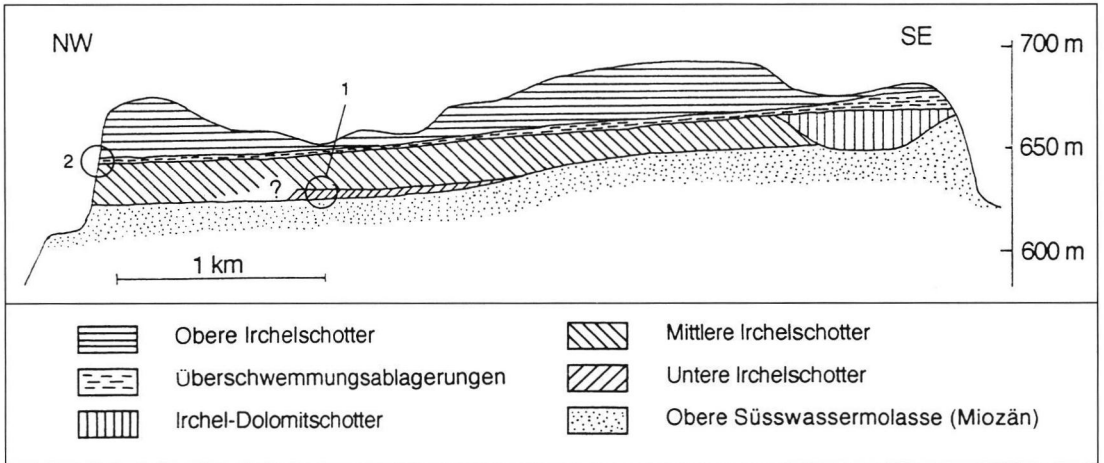


Abb. 2: Querschnitt durch die Höheren Deckenschotter des Irchel, stratigraphische Position der Aufschlüsse (1: Kiesgrube Irchel-Ebni, 2: Kiesgrube Hochwacht).

Fig. 2: Section through the Höhere Deckenschotter of the Irchel, stratigraphic position of the outcrops (1: gravel pit Irchel-Ebni, 2: gravel pit Hochwacht).

menten eingelagert (siehe unten). Sie wird von den fluvioglazialen Schottern des folgenden Gletschervorstoßes (= Mittlere Irchelschotter) überlagert (Abb. 3 und 4).

Die obersten 50 cm der Unteren Irchelschotter enthalten Kalkausscheidungen in verschiedener Ausbildung. Innerhalb der Kiese und Sande kommen ellipsoidische oder unregelmäßig geformte, knollige

Konkretionen von hellgelblicher Färbung vor (Nodulae), wobei eine Größenzunahme gegen oben hin festzustellen ist. Zuweilen sind die Konkretionen so zahlreich, daß sie miteinander verschmelzen (Bienenwaben-Struktur). In den obersten 10–15 cm der Schotter, welche stark verfestigt sind, kommen zwischen den Geröllen laminierte Kalkausscheidungen vor, die sich teilweise parallel

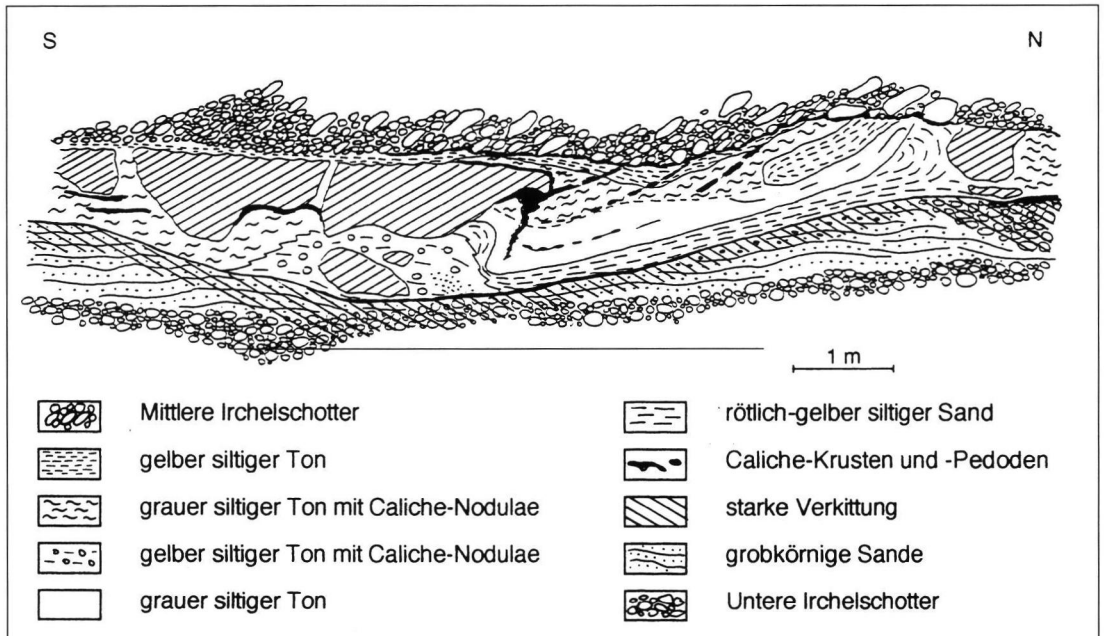


Abb. 3: Skizze der Kiesgrube Irchel-Ebni. Hochflutablagerungen in einer rinnenförmigen Vertiefung im Dach der Unteren Irchelschotter.

Fig. 3: Gravel pit Irchel-Ebni. Overbank deposits in a fluvial channel on top of the Lower Irchel Gravel.

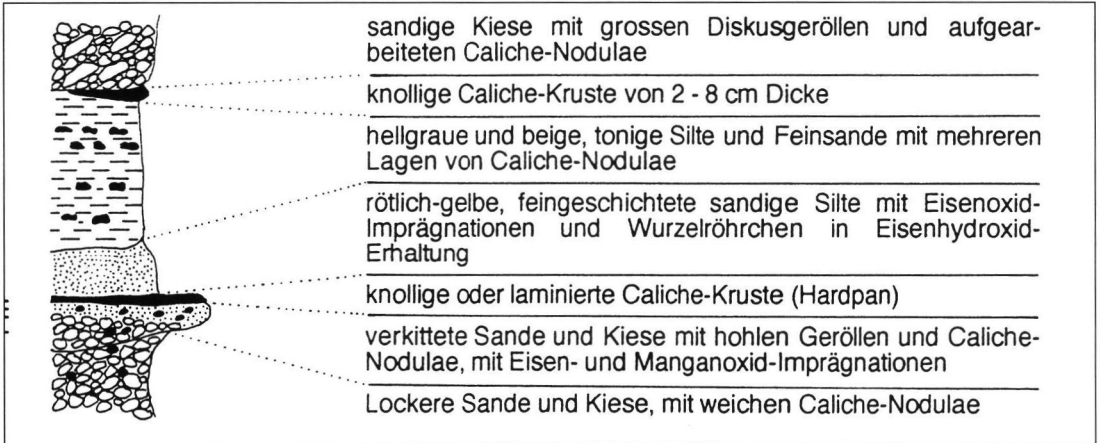


Abb. 4: Profil in der Kiesgrube Irchel-Ebni. Hochflutablagerungen mit Caliche-Bildungen überlagern den zementierten Horizont der Unteren Irchelschotter.

Fig. 4: Profile in the gravel pit Irchel-Ebni. Overbank deposits with caliche-nodulae overlying the hardpan of the Lower Irchel Gravel.

zur Oberfläche der einzelnen Gerölle bildeten, gegen oben hin aber zunehmend horizontal verlaufen (Abb. 5). Stellenweise beinhalten die Kalkausscheidungen isolierte, „schwebende“ Sandkörner. Die einzelnen Laminae sind selten mehr als einen Millimeter dick. Die Lamination wird durch die von fast weiß bis rötlich-gelb wechselnde Färbung der Laminae gut sichtbar. Auf dem zementierten Horizont kommen 10–15 cm durchmessende Kalkkonkretio-

nen mit rissartigen Hohlräumen vor, worin häufig Kalzitdrusen ausgebildet sind (Pedoden).

Die tonigen bis sandigen Ablagerungen innerhalb der rinnenförmigen Vertiefung (Abb. 3) sind feingeschichtet. Die untersten 30–40 cm sind sandig ausgebildet und enthalten zahlreiche kalzitische Wurzelröhrchen. Weiter oben, in den feinsandfreien Schichten kommen mehrere Lagen mit zum Teil zahlreichen Kalkkonkretionen (Nodulae) vor. In

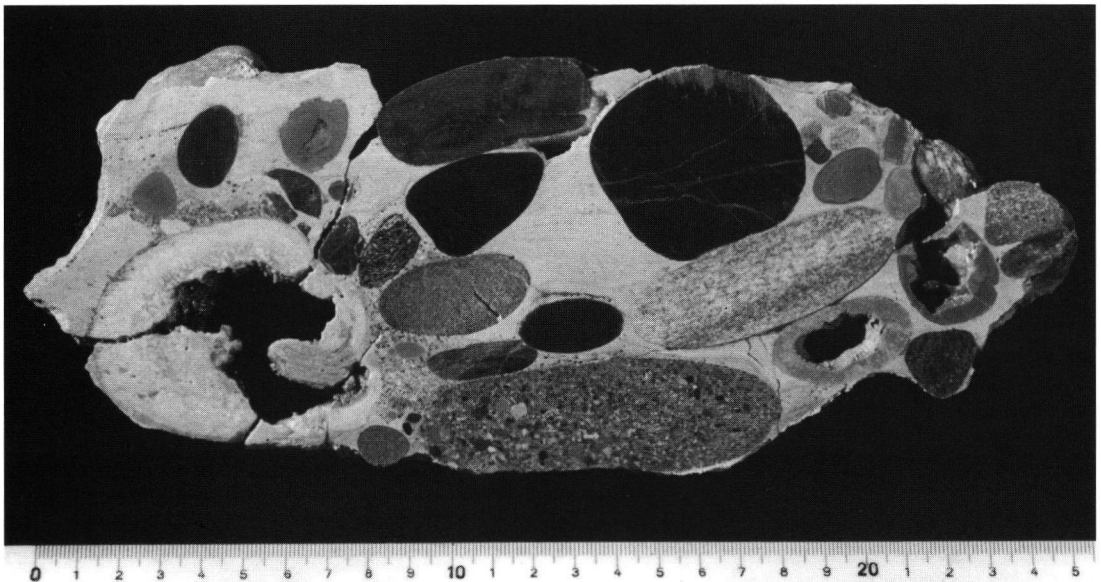


Abb. 5: Angeschliffenes Handstück des zementierten Horizontes aus der Kiesgrube Irchel-Ebni. Laminierte Kalkausscheidungen zwischen den Geröllen. Hohle Gerölle mit sinterartigen Kalkfällungen im Innern.

Fig. 5: Polished sample from the hardpan of the gravel pit Irchel-Ebni. Laminated calcrete between the pebbles. Partially dissolved pebbles with calcrete precipitates inside.

diese feinkörnigen Ablagerungen sind grobe Schotter rinnenförmig eingelagert. Sie enthalten neben aufgearbeiteten Brocken der umgebenden Feinsedimente auch Bruchstücke der zementierten Lage der Unteren Irchelschotter, zum Teil mit zahlreichen Nodulae. Diese „Rinnenschotter“ sind verfestigt und teilweise von weißen Kalkausscheidungen umgeben. Die ursprüngliche Schichtung der Feinsedimente ist deformiert. Die Schichtstörungen wurden durch die Auflagerung der Schotter auf die damals wohl noch wassergesättigten Feinsedimente bewirkt, wobei die Schotter der Schwerkraft folgend in die weiche Umgebung einsanken und sie so deformierten. Den Abschluß der Sedimentabfolge innerhalb der Rinne bildet eine Lage aus bis zu 25 cm durchmessenden Kalkkonkretionen (meist Pedoden). In den überlagernden Mittleren Irchelschottern kommen solche Konkretionen als Aufarbeitungsprodukte vor.

Die zeitliche Abfolge der Entstehung der beschriebenen Ablagerungen ist wie folgt:

- Ablagerung der Unteren Irchelschotter (Gletscherrückzug)
- Entstehung der Kalkausscheidungen in ihrem Dach
- Ablagerung der Feinsedimente
- Ablagerung der Rinnenschotter mit teilweiser Aufarbeitung der Feinsedimente und der Unteren Irchelschotter
- Entstehung der Kalkausscheidungen in den Feinsedimenten und um die Rinnenschotter herum

- Ablagerung der Mittleren Irchelschotter mit Aufarbeitung von Kalkausscheidungen aus dem Liegenden (Gletschervorstoß)

### Kiesgrube Hochwacht

Die Hochflutsedimente in der Kiesgrube Hochwacht (Abb. 6; 686.050 / 283.300 / 645) sind lithostratigraphisch jünger als die oben beschriebenen, denn dazwischen ist ein bis zu 25 m mächtiger, zweigliedriger Schotterkörper eingeschaltet (Mittlere Irchelschotter und Irchel Dolomitschotter: Abb. 2). Wie im Profil Irchel-Ebni sind auch hier die obersten 20–30 cm der liegenden Schotter (Mittlere Irchelschotter) intensiv zementiert. Die Feinsedimente führen mehrere Lagen mit Kalkkonkretionen. Stellenweise bilden diese sogar den Hauptanteil des Sedimentes. In den eher sandigen basalen Lagen der Feinsedimente kommen Lumbriciden-Baugänge und zahlreiche kleine Kalkkonkretionen vor, welche als Überreste von Lumbriciden zu deuten sind (vgl. BRÄM 1956).

Entlang der Steilhänge des Irchel ist die zementierte Lage der Schotter im Gelände klar zu erkennen. Darauf liegen durchwegs Abfolgen von Hochflutsedimenten, ähnlich den in Abbildung 6 dargestellten. Darin sind stellenweise feinkörnige Schotter eingeschaltet. Insgesamt ergibt sich so das Bild einer leicht nach NW geneigten, ausgedehnten Schwemmebene im Hangenden der Mittleren Irchelschotter und der Irchel-Dolomitschotter (Abb. 2), wobei die einge-

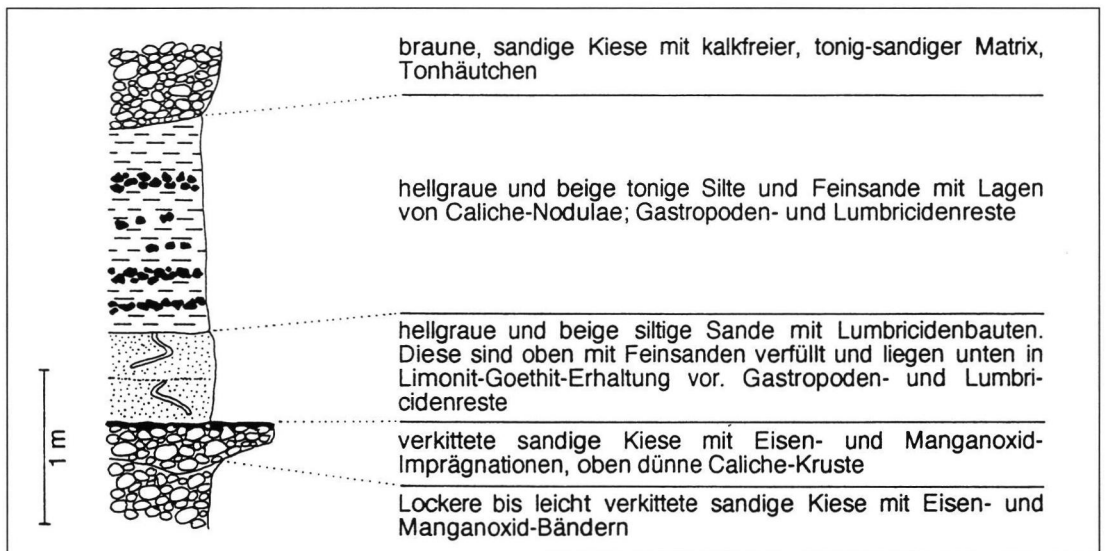


Abb. 6: Profil in der Kiesgrube Hochwacht. Hochflutablagerungen mit Caliche-Bildungen überlagern den zementierten Horizont der Mittleren Irchelschotter.

Fig. 6: Profile in the gravel pit Hochwacht. Overbank deposits with caliche-nodulae overlying the hardpan of the Intermediate Irchel Gravel.

schalteten feinkörnigen Schotter als die Ablagerungen der eigentlichen Flußrinnen zu deuten sind. In den Feinsedimenten konnten neben den erwähnten Lumbricidenresten und -baugängen auch verschiedentlich Gastropodenschalen gefunden werden. Die Fauna kann als zusammengeschwemmte Todesgemeinschaft gedeutet werden, wobei die nachgewiesenen Taxa auf ein warmes Paläoklima hindeuten (schriftl. Mitt. DR. H. TURNER, ROVIO, in GRAF 1993).

### Genetische Deutung der Kalkausscheidungen

Kalkausscheidungen in den beschriebenen speziellen Ausbildungen kommen in Caliche-Profilen häufig vor. Die auftretenden Formen und Strukturen sind nachfolgend zusammengestellt (englische Bezeichnungen nach GOUDIE 1983, REEVES 1976):

**Nodulae (nodular calcrete):** weiche bis harte Kalkkonkretionen von ellipsoidischer Gestalt. Die Größe nimmt im Profil nach oben hin zu.

**Bienenwabens-Struktur (honeycombe calcrete):** zusammengewachsene Nodulae, steif bis hart, zum Teil mit Lücken, die von Matrixmaterial gefüllt sind.

**Pedoden (pedodes):** größere Konkretionen mit meist engen Hohlräumen (Risse), worin drusiger Kalzit an den Wänden vorkommt. Treten auch direkt auf zementierten Horizonten auf.

**Zementierter Horizont (Hardpan):** sehr harte, schichtartige Lage, die meist den oberen Abschluß eines Calicheprofils bildet.

**Laminae (laminar calcrete):** im Millimeter-Bereich laminierte Kalkkruste. Bildet sich auf einem zementierten Horizont, um Klaster und Nodulae herum sowie entlang von Klüften in der Caliche oder dem Muttergestein.

**Schrumpfrisse (shrinkage cracks):** bei fortschreitender Austrocknung treten innerhalb der Caliche Schrumpfrisse auf.

**„schwebende Sandkörner“ (floating grains):** einzelne Sandkörner, die in der Caliche-Matrix zu schweben scheinen.

Nur die Tatsache des Auftretens von Kalkausscheidungen, welche in ihrer speziellen Ausbildung auch in Caliche-Profilen vorkommen, genügt nicht für eine gesamthafte Interpretation als insitu-Bodenbildung, was ja durch den Begriff „Caliche“ impliziert wird (im englischen Sprachgebrauch wird der Begriff „calcrete“ für Kalkausscheidungen allgemein verwendet, während mit „caliche“ eine bestimmte Art pedogener Kalkausscheidungen bezeichnet wird). Entscheidend für eine Deutung als Caliche ist, daß eine charakteristische Horizontierung der Kalkausscheidungen aufgezeigt werden kann. Das ein-

drücklichste Beispiel einer solchen Horizontierung stellen die Bildungen im Dach der Unteren Irchelschotter im Aufschluß Irchel-Ebni dar (Abb. 4). Vergleichbare Abfolgen werden häufig als typische Caliche-Bildungen beschrieben (vgl. z. B. BLÜMEL 1981, GOUDIE 1983, MACHETTE 1985, REEVES 1976). In diesem Sinn können die beschriebenen Kalkausscheidungen vom Irchel als Caliche-Bildungen gedeutet werden.

### Klimatische Interpretation

Mit dem Begriff Caliche wird eine bestimmte Art pedogener Kalkausscheidungen bezeichnet. Weil die Art eines entstehenden Bodens zu einem wichtigen Teil durch das herrschende Klima bestimmt wird, drängt sich der Versuch einer klimatischen Interpretation der auf dem Irchel festgestellten Kalkausscheidungen auf. Gemäß dem Prinzip des Aktualismus kann so in erster Näherung auf ein Klima geschlossen werden, welches in Gebieten herrscht, wo heute Caliche-Bildung stattfindet. Dies ist überwiegend in Gegenden der Fall, wo mediterranes oder semiarides Klima herrscht (GOUDIE 1983). Aus diesem Grund kann für die Zeit der Entstehung der Caliche-Bildungen auf dem Irchel von einem Klima ausgegangen werden, das mindestens während des Sommers (evtl. ganzjährig) durch trocken-warme Verhältnisse geprägt war.

### Schlußbemerkungen

Es muß betont werden, daß die beschriebenen Kalkausscheidungen sich deutlich von Bildungen unterscheiden, welche häufig an der Grenzfläche von feinkörnigen Ablagerungen zu unterlagernden gröberen, d. h. poröseren Sedimenten vorkommen. Ihre Entstehung ist auf die Veränderung des physikalisch-chemischen Mikroklimas beim Übertritt des Sickerwassers in das liegende Gestein zurückzuführen, wobei dann der weiter oben im Profil gelöste Kalk ausfällt. Die so entstehenden Kalkausscheidungen sind meist von massiger Struktur. Auch eine Zementierung des porösen Substrates durch sparitischen Zement kann so entstehen. Möglicherweise ist die Verkittung der obersten 20–30 cm der Unteren Irchelschotter im Aufschluß Irchel-Ebni und ebenso die Verkittung der Mittleren Irchelschotter im Aufschluß Hochwacht so zu deuten.

Der Vollständigkeit halber sein erwähnt, daß in beiden dargestellten Profilen weitere Phänomene beobachtet werden können, welche auf pedogene Prozesse zurückzuführen sind. So sind die „Rinnenschotter“ im Aufschluß Irchel-Ebni oben stellenweise verwittert (Entkalkung, Toneinspülungen) und im zementierten Horizont der Unteren Irchelschotter

kommen durch Karbonatlösung ausgehöhlte Gerölle vor (Kalke und Dolomite). Innerhalb solcher Hohlräume können jüngere, massige oder sinterartige Kalkausscheidungen auftreten (Abb. 5). Diese Kalkfällungen sind möglicherweise auf den oben erwähnten Prozeß der Durchsickerung von feinkörnigem Material mit anschließendem Übertritt des Sickerwassers in ein poröses Medium zurückzuführen. Daneben sind im zementierten Horizont auch recht intensive Eisen- und Manganoxid-Imprägnationen zu beobachten. Die Mobilisation und anschließende Ausfällung von Eisen- und Manganverbindungen ist wiederum auf pedogene Prozesse zurückzuführen. Damit wird deutlich, daß das Paläoklima im Zeitraum zwischen der Ablagerung der Unteren und Mittleren Irchelschotter nicht ausschließlich trocken-warm war, sondern daß auch humide Zeitabschnitte vorkamen.

### Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. Rieber und Herrn H. Lanz (Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich, Schweiz) für das Fotografieren des Handstückes von Abbildung 5.

### Schriftenverzeichnis

- BLÜMEL, W. D. (1981): Pedologische und geomorphologische Aspekte der Kalkkrustenbildung in Südwestafrika und Südostspanien – Karlsruher geogr. Hefte, **10**, 228 S., 51 Abb., 8 Karten, Karlsruhe.
- BRÄM, H. (1956): Was sind *Arion kinkeli* WENZ und *A. bochheimensis* WENZ? - *Eclogae geol. Helv.*, 49/2: 593–598, 3 Abb.
- GOUDIE, A. S. (1983): Calcrete – in: GOUDIE, A. S. & PYE, K. (eds.): *Chemical sediments and geomorphology*: 93–131, 7 Fig., 3 Tab., London (Academic Press).
- GRAF, H. R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz – 217 S., 135 Abb., 16 Tab., Diss. ETH Zürich Nr. 10205.
- MACHETTE, M. N. (1985): Calcic soils of the southwestern United States – in: WEIDE, D. L. & SABER, M. L. (eds.): *Soils and quaternary geology of the southwestern United States* – *Geol. Soc. Amer. spec. Pap.*, **203**: 1–21, 4 Abb.
- MIALL, A. D. (1978): Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary – in: MIALL, A. D. (ed.): *Fluvial sedimentology* – *Canad. Soc. Petroleum-Geol., Mem.* **5**: 597–604, 1 Abb, 2 Tab.
- REEVES, C. C. (1976): Caliche. Origin, classification, morphology and uses – 233 S., 79 Fig., 13 Tab., Lubbock, Texas (Estacado Books).

Manuskript eingegangen am 17. 2. 1995