

Alpines Rohmaterial für die Herstellung von Steinartefakten aus dem Ostallgäu

Steffen Brammer

Einleitung

Da im Allgäu das Rohmaterial für Steinwerkzeuge erwartungsgemäß häufig aus den Alpen stammt (vgl. z.B. GEHLEN 1988), wird hier ein im Ostallgäu anwendbarer Katalog und Bestimmungsleitfaden der in Frage kommenden alpinen Silex-Rohstoffe vorgestellt. Dazu gehören alle Hornsteine und Quarzite, die vom Ostallgäu aus entweder direkt aus dem Anstehenden hätten gewonnen werden können oder sich im Einzugsbereich von Lech (bzw. des pleistozänen Lechgletschers) befinden, so daß sie im Ostallgäu in Flußschottern oder glazialen Sedimenten abgelagert werden konnten (s. Abb.1).

Die hier dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen einer (geologischen) Diplomarbeit gewonnen, die von Herrn Dr. Herbert SCHOLZ (TU München) angeregt und betreut wurde und die im Frühjahr 1994 fertiggestellt werden konnte. (1) Zur Einführung in die entsprechende Geologie sei vor allem auf die Arbeiten von SCHOLZ & SCHOLZ (1981) oder D. RICHTER (1984) und auf die jeweiligen Blätter der Geologischen Karte von Bayern 1:25.000 des Bayerischen Geologischen Landesamtes verwiesen.

Arbeitsweise

Im abgesteckten geographischen Rahmen führen zahlreiche Schichtfolgen (aus Kalkalpin, Flysch und Helvetikum) Hornsteine, die in möglichst allen Variationen erfaßt werden sollten, so daß insgesamt rund hundert Proben bearbeitet und untersucht wurden (Gebiete der Probenentnahme s. Abb. 1). Allerdings kann Vollständigkeit nicht gewährleistet werden, die Untersuchungen sind noch fortzusetzen.

Die Arbeit beschränkt sich ausschließlich auf optische Methoden. Das Material wurde unpräpariert makroskopisch und mikroskopisch im Anschliff und im Dünnschliff untersucht. Als makroskopisch soll neben dem bloßen Auge eine bis zu 10-fache Vergrößerung gelten (Lupe). Die mikroskopischen Untersuchungen der unpräparierten Proben und der Anschliffe wurden unter einem Binocular-Mikroskop bei

10-50-facher Vergrößerung vorgenommen, die der Dünnschliffe unter einem Polarisationsmikroskop bei einer bis zu ca. 80-fachen Vergrößerung.

Definitionen

1. "Quarzit"

Als "Quarzite" sollen hier kieselig gebundene Quarzsandsteine verstanden werden. Diese Definition ist zwar petrographisch nicht ganz korrekt, aber gerade für die entsprechenden Sandsteine der Quarzit-Serie, wie der Name zeigt, durchaus gebräuchlich.

2. Hornsteine und ihre Genese

Hornsteinbildung beschränkt sich auf kieselsäureführende Sedimente. Hornsteine können als gebankte Sedimentserien vorkommen oder als Bänder, Linsen, Knollen etc. in einem Gastgestein eingebunden sein. Nach FÜCHTBAUER (1988,514) ist Hornstein (engl. *chert*) ein stark verfestigtes Kieselgestein, das im allgemeinen mit mehr als 50 % aus nicht-detritischem Quarz (im Gegensatz zum Quarzsandstein) und anderen SiO₂-Varietäten (z.B. Chalzedon, Quarzin) besteht. Kieselsäureführung muß aber nicht unbedingt zur Hornsteinbildung führen. Die Kieselsäure kann diffus im Gestein verteilt oder in (ungelösten) Kiesel skeletten, z.B. Schwammnadeln oder Radiolarien, gebunden sein. Ebenso sind auch selektive Verkieselungen, beispielsweise von primär kalzitischen Fossilien, bekannt. In Sandsteinen kristallisiert die Kieselsäure als Zement.

Wie entsteht Hornstein?

In den letzten zwanzig Jahren, besonders unterstützt durch die Erkenntnisse aus dem Deep Sea Drilling Project (DSDP), hat sich eine Deutung durchgesetzt, die zwar nicht alle, aber doch viele Fragen zur Hornsteinbildung beantworten kann und in der jüngeren Literatur kaum mehr in Zweifel gezogen wird. Es ist dies die Reifungstheorie (s. z.B. KASTNER, KEENE

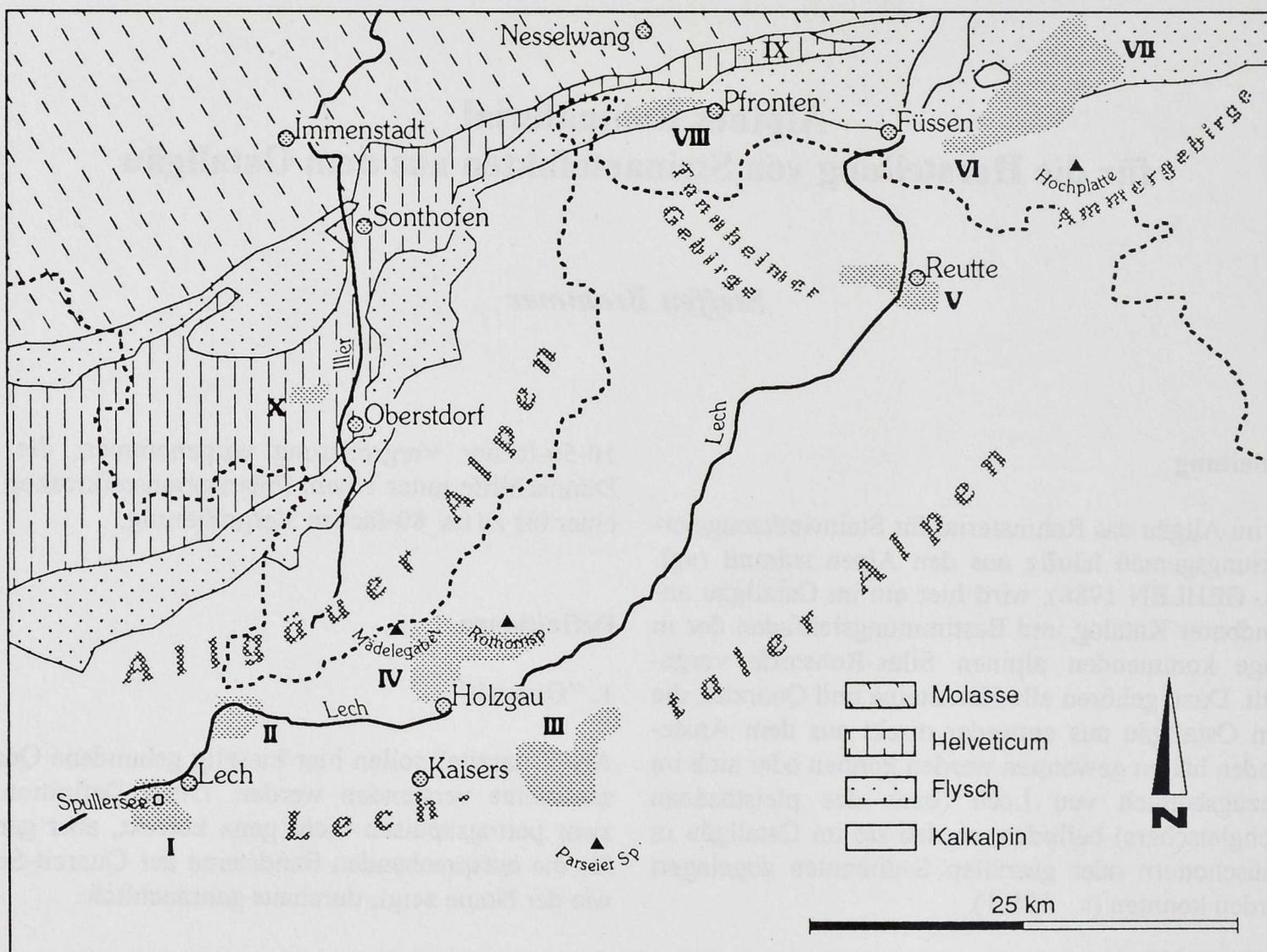


Abb. 1 Übersichtskarte mit den gerastert dargestellten Gebieten der Probenentnahme

& GIESKE 1977; LANCELOT 1973; v. RAD 1979) für marine Hornsteine. Sie soll kurz erläutert werden.

Die wichtigste Kieselsäurequelle ist der Skeletttopal kieseliger Organismen: hauptsächlich Radiolarien, Diatomeen und Nadeln von Kieselschwämmen. Sie sind damit organischer Herkunft. Andere Quellen treten stark zurück oder führen nicht zur Hornsteinbildung.

Die zunächst im unverfestigtem Sediment eingebetteten Kieselskelette werden nun hauptsächlich gelöst. Die als biogener Opal (Opal-A) vorliegende Kieselsäure kristallisiert als sog. Opal-CT (Tief-Christobalit und Tridymit: instabile SiO_2 -Varietäten), 10-65 mio Jahre nach Ablagerung. Das entstandene Gestein wird Porzellanit (z.B. v. RAD 1979) genannt. Diese Opal-CT-Phase geht durch Reifung des Kristallgitters (v. RAD 1979) in Quarz (und Chalzedon etc.) über. Damit ist die Diagenese des Hornsteins abgeschlossen, etwa 50-140 mio Jahre nach Ablagerung, je nach Gastgesteinsfazies, Versenkungstiefe und anderen, teilweise noch unbekanntem Parametern. Hornsteinbildung ist damit ein diagenetischer Prozeß. Meist unterscheidet man dabei (z.B. HEATH & MOBERLY 1971; TUCKER 1985) zwischen sedimentären gebankten Hornsteinen (*bedded cherts*) und

Hornsteinknollen (*nodular cherts*). Diese Zweiteilung erweist sich zwar als ein bißchen vereinfacht, kann aber guten Gewissens beibehalten werden.

Gebankte Hornsteine sind Hornsteine, die primär aus kieseligen, marinen Schlämmen rekristallisiert sind. In reifen Hornsteinen liegt die Kieselsäure hauptsächlich als mikrokristalliner (Korngröße $< 20 \mu\text{m}$) und kryptokristalliner ($< 1 \mu\text{m}$) Quarz vor. In den gebankten Hornsteinen können Gradierung, Laminiierung, Einregelungen von Komponenten etc. konserviert sein. Stoffwanderungen sind zwar meist nachweisbar, aber zur Bildung nicht notwendig. Der oben beschriebene Reifungsprozeß vollzieht sich also *in situ*. Vertreter dieses Hornsteintyps sind Radiolarite (d.h. das Gestein besteht überwiegend aus Radiolarien), Diatomite (aus Diatomeen: marine Kieselalgen) und unter Umständen Spiculite (aus Schwammnadeln). Der Übergang zu Kieselkalken und kieselsäureführenden Tonschiefern ist durch Zunahme von Karbonat bzw. Feindetritus fließend.

Hornsteinknollen sind Hornsteine, die als Konkretionen in einem Gastgestein verteilt sind, hauptsächlich in Kalken, seltener in Dolomiten, Anhydriten, Gips etc. Die Farben der unverwitterten Knollen sind meistens grau bis schwarzgrau, teilweise auch bräunlich oder gelblich. Andere Farben (z.B. grün oder rot)

treten zurück. Die Knollen nehmen unregelmäßige, rundliche, längliche, nierige etc. Formen von unterschiedlichen Größen an. Sie können unregelmäßig verteilt, aber beispielsweise auch lagenweise angereichert sein. Sind sie miteinander verwachsen, können sie den gebankten Hornsteine makroskopisch sehr ähnlich sein. Sie entstehen nach MALIVA & SIEVER (1989) durch Verdrängung von Karbonat, indem dieses durch den Kristallisationsdruck der SiO₂-Phasen gelöst und durch krypto- und mikrokristallinen Quarz ersetzt wird. Primäre Gefügemerkmale des ersetzten Sediments, wie etwa Feinschichtung, werden dabei meist gänzlich zerstört, die Fossilien bleiben, wenn überhaupt, nur als schemenhafte "Geister" erhalten. Diese Tatsache ist von unangenehmer Bedeutung, wie unten zu sehen sein wird: im Dünnschliff bieten diese Hornsteine - fossilfrei, strukturlös, quasi-amorph - in der Regel keine markanten Eigenschaften. Eine Unterscheidung ist in den meisten Fällen nicht möglich.

Alpines Rohmaterial

(siehe Farbtafeln 1 und 2 und Falt-Tabellen 1 und 2)

1. Kalkalpin

a. "Alpiner Muschelkalk"

(Reiflinger Kalk sensu TOLLMANN 1976)

Hornsteinführung: Hornsteinknollen (bis ca. 5 cm) in den obersten 30 m der Schichtfolge

Farbe: milchig mittelgrau; verwittert mit Hang zum gelblichen

Sonstiges: transparente, scharfe Bruchkanten; glatte Bruchfläche; kalzitisch verheilte Klüfte

Merkmale unter dem Auflicht-Mikroskop (im Folgenden: Mikroskopische Merkmale): keine

Ergebnis: keine positive Ansprache möglich (s.o.)

Verwechslungen: Allgäu-Schichten, Aptychen-Schichten

b. Allgäu-Schichten (Farbtafel 1/8)

Hornsteinführung: reichlich in allen stratigraphischen Niveaus mit großer morphologischer und genetischer Variabilität; Hornsteinknollen und gebankte Hornsteine (Spiculite)

Farbe: immer grau bis schwarzgrau; bräunliche und ockerfarbene, tw. grusige Verwitterungsrinden

Sonstiges: keine allgemeingültigen Merkmale

Mikroskopische Merkmale:

keine allgemeingültigen

Ergebnis:

eine positive Ansprache ist meiner Meinung nach nicht möglich

Verwechslungen:

Alpiner Muschelkalk, Unterer Kieselkalk, Aptychen-Schichten

Anmerkung:

die Hornsteinknollen sind auch im Dünnschliff von denen des Alpiner Muschelkalk (und anderen Hornsteinknollen s.u.) nicht oder kaum zu unterscheiden. Die Spiculite bieten im Dünnschliff ein sehr variables Erscheinungsbild, sind aber mit den anderen Spiculiten nur unter ungünstigen Voraussetzungen zu verwechseln. Da positive Kriterien nicht gefunden werden konnten, bleibt aber bestenfalls eine Ansprache durch Negativauswahl (d.h. "ist keiner anderen Formation zuzuordnen") möglich

c. Unterer Kieselkalk

Hornsteinführung: hauptsächlich Linsen und Bänder (Spiculite)

Farbe:

dunkelgrau bis schwarz; u.U. wolkige oder zonare Farbunterschiede; hell- bis gelbgraue Verwitterungsrinden

Sonstiges:

scharfe, opake Bruchkanten; kleinflächiger, glatter Bruch; Kluffüllung kalzitisch und/oder schwarz (Feinstdetritus)

Mikroskopische Merkmale:

u.U. diffuse Farbzonierung; u.U. transparent erscheinende runde, ovale und längliche Einschlüsse (Schwammnadeln)

Ergebnis:

Ansprache unsicher

Verwechslungen:

Allgäu-Schichten, u.U. schwarze Radiolarite

Anmerkung:

Ansprache im Dünnschliff relativ gut durch eingeregeltere, weiße, tw. auffallend große, oft zerbrochene Schwammnadeln in dunkler, pyritreicher und diffus fleckiger Matrix

d. Oberer Kieselkalk

Hornsteinführung: hauptsächlich Linsen und Bänder (Spiculite)

Farbe:

honiggelb, tw. gelbgrau oder gelb-braun bis graubraun; u.U. zonierte; u.U. marmoriertes Erscheinungsbild; hellgelbgraue bis -braune Verwitterungsrinde

Bericht

Sonstiges: scharfe, milchig-transparente Bruchkanten; weiße, kalzitische Kluffüllung

Mikroskopische Merkmale: keine weiteren

Ergebnis: Ansprache i.d.R. einfach (Farbe!)

Verwechslungen: bei graubraunen Exemplaren u.U. Aptychen-Schichten

Anmerkung: Ansprache im Dünnschliff gut durch eingeregelter, häufig bruchlos deformierte Schwammnadeln, dazu Radiolarien und silifizierte Hartteile von anderen Organismen (Echinodermen, Foraminiferen u.a.)

e. Ruhpoldinger Radiolarit (Farbtafel 1/1 bis 1/7)

Hornsteinführung: bis zu 50m mächtige Folge aus gebankten Hornsteinen

Farbe: rot (mit allen Übergängen zu braun); grün oder schwarz; unter Verwitterung milchig-weiße Ausbleichung oder (in tonreicher Umgebung) rostige Bestege (nicht auf grünem Radiolarit), seltener ockerfarbene, grusige Rinden

Sonstiges: mäßig scharfe Bruchkanten; glatter, großflächiger Bruch; u.U. laminiert (rote Exemplare.) oder geflasert (grüne und schwarze Exemplare). Durch Unterschiede in Farbe oder Farbintensität erkennbar; rote Exemplare fast immer mit unter der Lupe erkennbaren, helleren oder dunkleren, runden Einschlüssen (Radiolarien)

Mikroskopische Merkmale: rote Exemplare - keine weitere; grüne - u.U. runde und ovale Einschlüsse; meist geflasert; schwarze - u.U. runde u. ovale Einschlüsse; u.U. geflasert

Ergebnis: Ansprache der roten und grünen Radiolarite problemlos (Farbe!), der schwarzen nur bei erkennbarer Flaserung und/oder Radiolarien, sonst ein wenig unsicher

Verwechslungen: bei homogen schwarzen Exemplaren u.U. Unterer Kieselkalk, vielleicht auch Allgäu-Schichten

Anmerkung: im Dünnschliff sind ausnahmslos alle Radiolarite problemlos zu erkennen

Besonderheiten: feingebänderte, rot-weiße oder grün-weiße Radiolarite ("Jaspis"), ohne Verwechslungsmöglichkeit

f. Aptychen-Schichten (Farbtafel 2/9)

Hornsteinführung: Knollen oder Linsen und Bänder (Spiculite) in allen stratigraphischen Niveaus mit starken regionalen Unterschieden

Farbe: hellbraun- und grüngrau bis schwärzlich; unter der Lupe tw. fein und unregelmäßig "gepfeffert" (d.h. dunkle Körnchen wie aus dem Pfefferstreuer); hauptsächlich milchig-transparent. Gelbbraune und grünliche, tw. weißliche poröse Verwitterungsrinde

Sonstiges: scharfer, transparenter Bruch; Bruchflächen unregelmäßig, rau und schuppig

Mikroskopische Merkmale: keine weiteren

Ergebnis: Ansprache unsicher, tw. nicht möglich

Verwechslungen: bei besonders gelbstichigen Exemplaren U. Oberer Kieselkalk; sonst Allgäuschichten, u.U. Alpiner Muschelkalk

Anmerkung: im Dünnschliff bleibt die Ansprache der Hornsteinknollen unsicher (s. 2b). Die Spiculite zeigen im Dünnschliff stark angelöste, kaum eingeregelter Schwammnadeln und immer idiomorphe Karbonatrhomboeder. Sie können aber mit den Spiculiten der Allgäuschichten im Dünnschliff unter ungünstigen Umständen verwechselt werden

2. Flysch

a. Quarzit-Serie (Farbtafel 2/7 und 2/8)

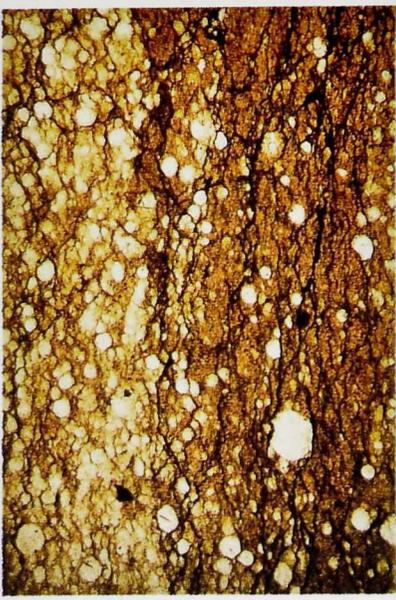
Quarzite sind bankweise in kalkig gebundenen Sandsteinen eingeschaltet.

Farbe: dunkel- bis schwarzgrün; bei Fettglanz auf den frischen Bruchflächen spricht man von "Ölquarzit". Verwittert in gelb- bis grüngrauen schmutzigen Farben

Sonstiges: für Sandsteine auffällig glatter, scherbiger Bruch; scharfe Bruchkanten; konkave/konvexe Bruchflächen

Mikroskopische Merkmale: Bruch läuft durch die Quarzkörner hindurch und nicht entlang der Kornoberflächen

Ergebnis: Ansprache problemlos (Farbe!). Einziger Quarzit im Arbeitsgebiet



1



6



2



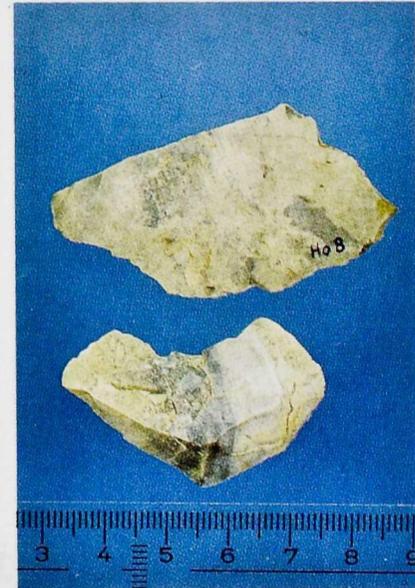
4



3



5



7

1 Radiolarit im Dünnschliff. Kontakt von rotem und grünem Radiolarit mit deutlich unterschiedlichen Anteilen an Radiolarien. Im roten Radiolarit sind die Radiolarienschalen gut erhalten, im grünen stärker angelöst und deformiert. (Bildhöhe ca. 2,6 mm).

2 Bohrer aus rot/grünem Radiolarit von der Fundstelle Forggensee 2.

3 Artefakte aus rotem Radiolarit mit Rindenpartien. Oben: Artefakte mit orange-farbener Verwitterungsrinde von der Fundstelle Forggensee 5. Unten: Artefakt mit glatter "Geröll"rinde von der Fundstelle Forggensee 2.

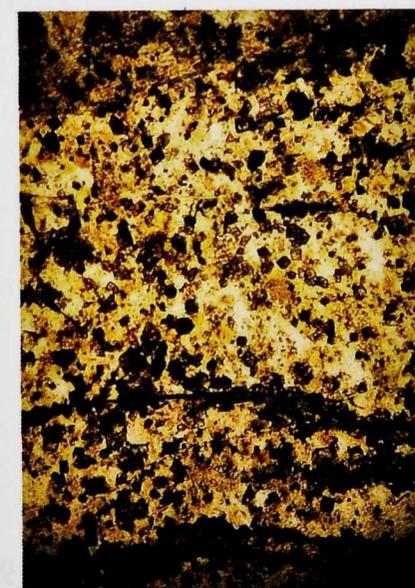
4 Artefakt aus graugrünem Radiolarit im Anschliff von der Fundstelle Bannwaldsee-Judenberg. Die Oberfläche ist seidenglänzend und rosafarben - ein Hinweis auf Temperung?

5 Artefakte aus Radiolarit mit seidenglänzender rosafarbener Oberfläche von der Fundstelle Hopferau-Pertlesbichl.

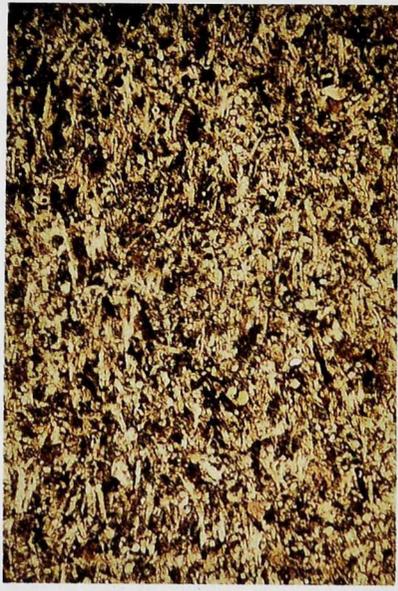
6 Grüner Radiolarit mit dunkelroten Fasern im Dünnschliff. (Bildhöhe ca. 2,1 mm).

7 Artefakte aus grünem Radiolarit mit hellen oliv-grauen Verwitterungszonen von der Fundstelle Hopferau-Pertlesbichl.

8 Hornsteinknolle aus den Allgäu-Schichten im Dünnschliff. Die Fossilien (Radiolarien und/oder Schwammnadeln) sind praktisch vollständig aufgelöst und nur noch schemenhaft als kaum hellere Flecken ("Geister") erkennbar. (Bildhöhe ca. 2,6 mm).



8



1



4



7



2



5



3



6



8



9

1 Spiculit aus dem Flysch im Dünnschliff. Die einheitlich angelösten Schwammnadeln sind gut eingeregelt und gesteinsbildend. Die reinweißen, tw. etwas kantigen Komponenten sind detritische, ins Sediment eingetragene Quarzkörner. (Bildhöhe ca. 2,6 mm).

2 "Gepfeffertes" Flyschhornstein im Anschliff mit stahlgrauem "Kern" und typisch rötlich-ockerfarbener Verwitterungsrinde.

3 Kernsteine aus "gepeffertem" Flyschhornstein mit ockerfarbener Verwitterungsrinde von der Fundstelle Forggensee 2. Bei dem Kernstein unten ist die stahlgraue Eigenfarbe noch partiell erkennbar.

4 Schrottenkalk-Hornstein (Spiculit) mit auffallend großen Schwammnadeln im Dünnschliff. Die weißen runden, tw. kreisförmigen Komponenten sind quer zur Längsachse angeschnittene Schwammnadeln. Die primären Hohlräume des Gesteins sind mit Eisenoxiden (schwarz) und Chalcedonrinden (braun) verfüllt. (Bildhöhe ca. 2,6 mm).

5 Bläulich-weißer Hornstein im Anschliff und ein cremeweißer Hornstein, beide aus dem Schrottenkalk.

6 Artefakte aus Schrottenkalk-Hornstein von den Fundstellen Bayerniederhofen 1 (oben) und Hopferau-Pertlesbichl (unten).

7 "Ölquarzit" aus dem Flysch unter gekreuzten Nicols im Dünnschliff. Die weißen, grauen und schwarzen Komponenten sind Quarze, die grünen Glaukonit. (Bildhöhe ca. 2,6 mm).

8 Artefakte aus grüngrauem Flyschquarzit von der Fundstelle Hopferau-Pertlesbichl.

9 Hornsteinknolle aus den Aptychen-Schichten im Dünnschliff. Zur Fossilhaltung siehe Tafel 1/8. Diese Knolle führt hingegen massenhaft idiomorphe Karbonatrhomboider (dunkle kantige Komponenten), die im Hornstein gesprosst sind (vgl. WALKER 1962). (Bildhöhe ca. 2,6 mm).

	Unpräpariert			Ergebnisse			
	Kurzbeschreibung der wichtigsten Merkmale		 Auflicht	kritische Merkmale	makroskopische Ansprache möglich?	Verwechslungen	
Alpiner Muschelkalk	graue bis braungraue Hornsteinknollen, homogen; milchig-transparente Farben bräunliche Verwitterungsrinden mit scharfem Kontakt zum frischen Gestein. Unregelmäßiges, kalzitisch verheiltes Kluftsystem.	-	scheinbar fossilfrei	-	nein	u. a. Hornsteinknollen aus Allgäu-Schichten u. Aptychen-Schichten	Alpiner Muschelkalk
Allgäu-Schichten	Bruch spröde, scharfkantig; glatte Bruchfläche Dunkelgraue, blaugraue und schwarze Hornsteinknollen, -linsen, -bänder, -bänke. Sehr variationsreich in ihren äußeren Formen. Meistens homogenes Gefüge. Milchig-transparente, seidenmatte und stumpfe Farben. Gelbliche und bräunliche, grusige Verwitterungsrinden mit scharfem Kontakt zum frischen Gestein						Allgäu-Schichten
	a. Hornsteinbänder u. -bänke mit schwarzgrauen, stumpfen Farben; gelbbraune und weißliche Verwitterungsrinden, u.U. rostige Bestege. Wenig glatter, wenig scharfer, derber Bruch, rauhe Bruchflächen	u.U. Karbonatspaltflächen	längliche o. runde, schwarze, tw. glänzende Einschlüsse	-	nein	Lias-Kieselkalk	
	b. Knollen, Linsen u. Bänke mit milchig-transparenten u. seidenmatten schwarzen u. grauen Farben. Homogenes Gefüge. Kluftsystem, senkrecht u. parallel zur Bankung, kalzitisch verheilt o. klaffend. Grusige Verwitterungsrinde. Splittiger, scharfkantiger Bruch, glatte Bruchflächen	-	scheinbar fossilfrei	-	nein	u. a. Liaskieselkalk, Aptychen-Schichten	
c. Bänder und Linsen mit dunkel- bis blaugrauen, milchigen Farben. Schichtung, u.U. Flaserung durch inhomogene Farbverteilung erkennbar. Gelbbraune poröse, grusige Verwitterungsrinden	schichtparallele Mikrorisse	scheinbar fossilfrei	-	nein	Aptychen-Schichten, u.U. dunkelgraue gefaserte Radiolarite		
Unterer Kieselkalk (Lias-Kieselkalk)	Knollen, Linsen und Bänder; dunkelgraue bis schwarze, stumpfe bis seidenmatte Farben. Wolkige, fleckige, unregelmäßige Farbverteilung. Kalzitisch verheiltes Kluftsystem, senkrecht und parallel zur Bankung. Poröse, hellgraue u. gelbliche Verwitterungsrinden mit fließendem Übergang zum frischen Gestein. Scharfer, spröder Bruch	Bruchfläche i.d.R. rauh	u.U. schwarze, längliche u. runde, glänzende Einschlüsse	-	nein	hps. Allgäu-Schichten	Unterer Kieselkalk (Lias-Kieselkalk)
Oberer Kieselkalk	gelbe, braune, braungraue Hornsteine als Knollen, Linsen und Bänder. Seidenmatte bis transparente Farben. Überwiegend schichtparallele Farbverteilung. Kalzitisch verheiltes Kluftsystem, senkrecht und parallel zur Bankung. Poröse, weißliche und hellgraue, rauhe Verwitterungsrinden und -häute. Glatter, scharfer Bruch	Bruchfläche i.d.R. rauh. Tw. „gepeffertes“ Erscheinungsbild durch feinverteilte Verunreinigungen	körnige, rauhe Oberfläche, u.U. helle Leisten erkennbar	gelbe Farben, u.U. schichtparallele Farbzonierung	gelbe Varietäten: ja	braungraue, milchig-transparente Varietäten: Aptychen-Schichten	Oberer Kieselkalk
Ruhpoldinger Radiolarit	a. rote, rotbraune und braune Hornsteinbänke. Stumpfe Farben. Homogenes Gefüge bis deutlich gebändert. In der Regel schwärzliche Verwitterungszonen oder rostige Bestege. Engständiges, unregelmäßiges Kluftsystem. Rauher, unruhiger und wenig splittiger Bruch	weiße, rosafarbene, orange (etc.), u.U. glänzende oder dunkle Einschlüsse	Meist massenhaft Radiolarien erkennbar. Unter Umständen Bänderung	rote Farben, Radiolarien gesteinsbildend oder massenhaft, u.U. Bänderung	ja	keine bekannt (s. vorletzte Spalte)	Ruhpoldinger Radiolarit
	b. grüne bis schwarzgrüne, dunkelgraue und schwarze Hornsteinbänke, meistens milchig-transparente, seltener stumpfe Farben. In der Regel Flaserung erkennbar. Milchig-weiße Entfärbung (Bleichung) ohne scharfe Grenze, oder rostige Bestege. Kluftung und Bruchverhalten siehe a.	-	u.U. glänzend schwarze oder weißliche Einschlüsse (Radiolarien) erkennbar. Unter Umständen Flaserung oder Bänderung	dkl. grüne Farben; u.U. Radiolarien, u.U. Bänderung oder Flaserung	grüne Varietät: ja schwarze Varietät: u.U.	grüne Varietät: keine schwarze Varietäten: Lias-Kieselkalk, Allgäu-/Aptychen-Schichten	
Aptychen-Schichten (ohne Radiolarite)	dunkelbraungraue u. grünbraune, meistens mittel- bis dunkelgraue Hornsteinknollen, -linsen, -bänder. Transparente und seidenmatte Farben. Homogenes Gefüge. Braune, ockerfarbene und grünbraune, grusige Verwitterungsrinden mit meistens scharfem Kontakt zum frischen Gestein. Unregelmäßiges, engständiges Kluftsystem. Bruch spröde und scharfkantig.	Bruchfläche rauh u. schuppig. Unter Umständen erscheint das Gestein durch fein verteilte Verunreinigungen „gepeffert“	scheinbar fossilfrei	-	nein	Lias-Kieselkalk, Allgäu-Schichten, Alpiner Muschelkalk u. a. braune Varietät: u.U. Oberer Kieselkalk	Aptychen-Schichten (ohne Radiolarite)
Quarzit-Serie (Ölquazit)	dunkel- bis schwarzgrüne oder grüngraue Feinsandsteine, dicht, kalkfrei. Teilweise gebändert. Schmutzigbraune und lehmfarbene Verwitterungsrinden. Scharfkantiger Bruch, glatte Bruchfläche, tw. fettig glänzend	Bruch durch Körner hindurch, Komponenten kaum gerundet, glaukonitführend	-	dunkelgrüne Farben; Sandstein, silikatisch gebunden; Bruch durch Körner hindurch, sehr glatte Bruchflächen	ja	keine bekannt	Quarzit-Serie (Ölquazit)
Flysch	mittel- bis stahlgraue Hornsteinbänder und -bänke. Seidenmatte und stumpfe Farben, i.d.R. schwarz geflockt, „gepeffert“. Homogen bis deutlich gebändert. Rötliche (rotocker/rotbeige etc.) Verwitterungsrinde mit recht scharfem Kontakt zum frischen Gestein, meist mit körnigem, bunt „gepeffertem“ Erscheinungsbild. Unregelmäßiges, kalzitisch verheiltes Kluftsystem. Bruchkanten mäßig scharf.	Teilweise helle Leisten erkennbar.	zuckerkörnige Bruchfläche; einzelne Komponenten bunt (rot) gefärbt. Unter Umständen Glaukonit erkennbar. Fossilien als weiße o. transparente Leisten erkennbar, teilweise massenhaft	graue Farben, mit schwarzen Flocken. Rötliche Verwitterungsrinde mit „gepeffertem“ Erscheinungsbild	ja	Exemplare ohne typische Verwitterungsrinde (frisch); u.U. mit grau-gesprenkelten Hornsteine aus dem Schrattenkalk	Flysch
Schrattenkalk	a. matt mittelgraue bis cremig-weiße Hornsteine in Bänken, Linsen und Bändern. Schwarz gesprenkelt. Zonierte, hps. schichtparallele Farbverteilung. Graue bis braungraue und schwärzliche Verwitterungszonen ohne scharfem Kontakt zum frischen Gestein. Scharfkantiger, rauher Bruch	poröse Oberfläche, Hohlräume	Schwammnadeln als weiße Leisten/Fasern erkennbar	weiß-schwarz gesprenkelt, poröse Oberfläche, Hohlräume	weiße Varietät: ja	graue Varietäten: u.U. Flyschhornsteine	Schrattenkalk
	b. Homogen dunkelgraue, milchig-transparente Hornsteine. Hellgraue Verwitterungsrinde mit scharfem Kontakt. Scharfer, splittiger Bruch. Kalzitisch verheiltes Kluftsystem, hps. senkrecht zur Bankung	-	oolithisches Gefüge	oolithisches Gefüge	mit Vorbehalten	u.U. Hornsteinknollen aus Allgäu-Schichten, Aptychen-Schichten u. a.	

Tabelle 1 Beschreibung der wichtigsten Merkmale der untersuchten Silexmaterialien aus dem Allgäu an unpräparierten Proben und deren stratigraphische Zuordnung.

		Im Dünnschliff		Ergebnisse			
		Kurzbeschreibung der wichtigsten Merkmale	Fossilführung/ Fossilerhaltung	kritische Merkmale	Ansprache nach makro- u. mikroskopischen Kriterien möglich?	Verwechslungen	
Alpiner Muschelkalk		homogenes Gefüge; mikro-/kryptokristalliner Quarz Verunreinigungen durch Tonminerale und Klaklutit	Schwammnadeln und/oder Radiolarien nur als Geister	-	nein	Hornsteinknollen aus Allgäu-Schichten, Aptychen-Schichten u.a.	Alpiner Muschelkalk
Allgäu-Schichten	↑ alle Übergänge ↓	a. dunkle Spiculite. Stark angelöste Schwammnadeln in stark verunreinigtem Mikroquarz. Verunreinigungen durch Eisenoxide, Tonminerale und hauptsächlich Karbonatlutit; außerdem idiomorphe, von Limonit korrodierte Karbonathomboeder und detritischer Kalk. Schichtung u.U. erahnbar.	stark angelöste Schwammnadeln mit unscharfen Silhouetten und unterschiedlichen Hohlraumfüllungen	u.U. detritischer Kalk	u.U.	Liaskieselkalk	Allgäu-Schichten
		b. homogenes Gefüge, SiO ₂ -Phasen durch Eisenminerale, Tonminerale, Karbonatlutit verunreinigt. Idiomorphe Karbonathomboeder, von Limonit korrodiert, tw. in Wolken und Schlieren (z.B. entlang Klüften) angereichert	Schwammnadeln und/oder Radiolarien nur als Geister	-	nein	Hornsteinknollen aus Alpinen Muschelkalk, Aptychen-Schichten u.a.	
		c. verkieseltes Sediment. Radiolarien und/oder Schwammnadeln sind vollständig ersetzt durch mikrokristallinen weißen Quarz und erscheinen als Leisten und runde Punkte. Kalk ist durch stark verunreinigtem Mikroquarz ersetzt. Durch den hohen Prozentsatz an Tonmineralien erscheint das Gestein fleckig-gesprenkelt. Durch lagige Anreicherung kann die Schichtung oder Flaserung erahnbar bis deutlich erkennbar sein	Schwammnadeln und Radiolarien grundsätzlich vollständig mit weißem Mikroquarz ersetzt	Durch Tonminerale erkennbare Schichtung/Flaserung und vollständig ersetzte Fossilien	u.U.	keine vergleichbaren Hornsteine bekannt	
Unterer Kieselkalk (Lias-Kieselkalk)		dunkler Spiculit, entwickelt sich unter Abnahme des Kalkgehaltes fließend aus dem Kieselkalk. Inhomogenes, wolkiges Erscheinungsbild, u.U. Schichtung erkennbar. Schwammnadeln stark angelöst und zerbrochen, aber mit scharfen Silhouetten. Nur die größten Exemplare (Megaskleren) mit erhaltenem Zentralkanal. Außerdem silifizierte Foraminiferen, Kalkalgen u.a., dazu Kalkpelit und reichlich Pyrit.	Schwammnadeln recht einheitlich angelöst. Tw. idiomorpher Pyrit als Hohlraumfüllung	dunkle Grundmasse mit hellen (weißen) Schwammnadelnsilhouetten; Megaskleren; silifizierte Foraminiferen, Kalkalgen u.a.	ja	u.U. Spiculite der Allgäu-Schichten	Unterer Kieselkalk (Lias-Kieselkalk)
Oberer Kieselkalk		gelblicher u. heller Spiculit. Wolkiges, tw. lagiges Erscheinungsbild. Schwammnadeln deutlich eingeregelt und häufig verbogen (bruchlos deformiert), unterschiedliche Erhaltungszustände der Schwammnadeln auf bestimmte Zonen/Wolken begrenzt. Dazu silifizierte Foraminiferen, Kalkalgen, Echinodermenbruch u.a., außerdem Pyrit und detritischer Kalk	alle möglichen Erhaltungszustände der Fossilien. In Wolken und Schlieren können die Schwammnadeln gleichmäßig angelöst sein	gelbliche Farben, verbogene u. eingeregelte Schwammnadeln, silifizierte Foraminiferen u.a., detritischer Kalk	ja	u.U. Spiculite der Aptychen-Schichten	Oberer Kieselkalk
Ruhpoldinger Radiolarit		a. und b. Radiolarite, schwärzlich, grünlich oder rotbraun, u.U. homogenes Gefüge, hps. mehr oder weniger deutlich Schichtung erkennbar, teilweise gebändert o. geflasert. Radiolarien, oft gesteinsbildend angereichert, in allen Erhaltungszuständen; falls deformiert, dann i.d.R. bruchlos. Sonst praktisch keine organische Partikel. SiO ₂ -Phasen durch Eisenoxide, Fe-Chlorite, Tonminerale und Karbonatlutit verunreinigt.	alle möglichen Erhaltungszustände der Radiolarien auf engstem Raum	Radiolarien als praktisch einzige Fossilien teilweise gesteinsbildend	ja	innerhalb der untersuchten Schichtenfolge führen auch die Aptychen-Schichten untergeordnet Radiolarite; außerdem alle „auswertigen“ Radiolarite	Ruhpoldinger Radiolarit
Aptychen-Schichten (ohne Radiolarite)	↑ fließender Übergang ↓	a. fossilfreie/-arme Hornsteine. Homogenes Gefüge. Wenig stark, aber fleckig verunreinigte SiO ₂ -Phase. Reichlich (hyp-)idiomorphe Karbonathomboeder, tw. von Limonit korrodiert. Fossilien (Schwammnadeln u. Radiolarien?) u.U. nur als Geister	Fossilien nur als Geister	-	nein	Hornsteinknollen aus Alpinen Muschelkalk, Allgäu-Schichten u.a.	Aptychen-Schichten (ohne Radiolarite)
		b. Spiculite. Stark angelöste, undeutlich eingeregelt Schwammnadeln. Opake Hohlraumfüllungen tw. als negative Fossilerhaltung, außerdem silifizierte Foraminiferen und andere organische Partikel. SiO ₂ -Phase wenig verunreinigt, stärkere Verunreinigung in Höfen und Flecken	gleichmäßig stark angelöst, i.d.R. mit unscharfen Silhouetten	negative Fossilerhaltung, fleckige Verunreinigungen des Quarzes, wenig und undeutlich eingeregelt Gefüge	u.U.	braune Varietät: u.U. Oberer Kieselkalk dunklere Varietät: u.U. Spiculite der Allgäu-Schichten	
Quarzit-Serie (Ölquazit)		kieselig gebundener Quarzpsammit. Quarzkörner nicht oder nur kantengerundet, undulös auslöschend. Reichlich glaukonitführend. Einregelung des relativ gleichkörnigen Sandsteins undeutlich. Unter Umständen Foraminiferen	-	alle	ja	keine bekannt	Quarzit-Serie (Ölquazit)
Flysch		braune bis goldbraune Spiculite. Schwammnadeln mit scharfer Silhouette. Erhaltungszustand und Hohlraumfüllung einheitlich. Immer mehr oder weniger eingeregelt. Außerdem Tonflitter/-nester, Quarzdetritus, u.U. Glaukonit, u.U. silifizierte Foraminiferen und Kalkalgen. SiO ₂ -Phase stark verunreinigt.	auffällig einheitlicher Erhaltungszustand besonders	Einregelung; einheitlicher Erhaltungszustand und Hohlraumfüllungen der Schwammnadeln; u.U. Foraminiferen und Kalkalgen; immer Quarzdetritus!	ja	keine bekannt	Flysch
Schrattenkalk		verkieseltes Sediment. SiO ₂ -Phasen u.a. als gelber und brauner Palisadenchalzedon; weiße Chalzedon-Sphäroide als Rinden und braun verunreinigter Mikroquarz als Zwickelfüllung. Außerdem häufig auffällige Eisenoxide als Zwickel- und Hohlraumfüllungen. Schwammnadeln teilweise ausgezeichnet erhalten	neben Foraminiferen, Kalkalgen u.a. gut erhaltene Megaskleren	Palisadenchalzedon; Chalzedon-Sphäroide, Eisenoxide als Zwickel- und Hohlraumfüllungen; Megaskleren	ja	keine bekannt	Schrattenkalk
		Verkieseltes, oolithisches Sediment. Gelber Palisadenchalzedon und verunreinigter Mikroquarz als Zwickelfüllung. Mikritisierete und silifizierte Foraminiferen und Kalkalgen	Schwammnadeln als Geister	oolithisches Sediment; gelber Palisadenchalzedon; verkieselte Kalkschaler	ja	keine bekannt	

Tabelle 2 Beschreibung der wichtigsten Merkmale der untersuchten Silixmaterialien aus dem Allgäu an Dünnschliffproben und deren stratigraphische Zuordnung.

Verwechslungen: keine

b. Hällritzer Serie und Zementmergel-Serie
(Farbtafel 2/1 bis 2/3)

Hornsteinführung: gut gebankte (bis 1m mächtige) Hornsteine (Spiculite) in allen stratigraphischen Niveaus

Farbe: blau- bis stahlgrau, tw. stumpf mittelgrau; durch Tonflitter schwarz gesprenkelt; auffällig rötliche oder ockerrote Verwitterungszone; tw. jedoch stumpf hell- bis mittelgrau

Sonstiges: spröde, opake Bruchkanten; unregelmäßige, rauhe Bruchflächen, die unter der Lupe körnig erscheinen. Teilweise gebändert

Mikroskopische Merkmale: eingeregelttes Gefüge, zuckerkörnig; dunkle Einschlüsse mit zerfransten, unscharfen Grenzen zum grauen Gestein

Ergebnis: positive Ansprache i.d.R. gut möglich (körnige Oberfläche, gesprenkeltes Erscheinungsbild, stahlgraue Eigenfarbe). Bei gleichzeitiger Ausbildung der charakteristischen rötlichen Verwitterungszone problemlos.

Verwechslungen: keine

3. Helvetikum

a. Schrattenkalk (Farbtafel 2/4 bis 2/6)

Hornsteinführung: selten, aber dann reichlich Linsen und Bänke (Spiculite) in den tieferen Partien; sonst sehr vereinzelt

Farbe: hellgrau bis cremeweiß, oft etwas bläulich, milchig bis opak; u.U. zoniert; unregelmäßig grau und/oder schwarz gesprenkelt. Unter Verwitterung tw. schmutzig weiße Farben

Sonstiges: mäßig scharfkantiger Bruch, rauhe, unregelmäßige Bruchflächen

Mikroskopische Merkmale: porös erscheinende Oberfläche(!); dunkle Einschlüsse (tw. kreisrund!) mit scharfen Grenzen zum hellen Gestein; u.U. eingeregeltte längliche, weiße Einschlüsse (Schwammnadeln)

Ergebnis: positive Ansprache i.d.R. einfach, bei der cremeweiß-gesprenkelten Varietät problemlos

Verwechslungen: keine

Besonderheiten: 1 Probe unterschied sich von allen anderen, nämlich: homogen, milchig-transparent dunkelgrau; glatte Oberfläche; scharfer, glatter Bruch. Es handelte sich um einen silifizierten Oolith, der sich angefeuchtet unter der Lupe, zumindest aber unter dem Auflicht-Mikroskop leicht erkennen läßt, so als würde man in ein Glas Kaviar blicken: das Gestein baut sich aus Kreisen und Ovalen (sog. Ooide - keine Fischeier!) auf

4. Ergebnisse

a. Das Silexmaterial der untersuchten Schichtglieder weist größtenteils jeweils makro- und mikroskopisch charakteristische Merkmale auf, die eine positive Ansprache ermöglichen. In den meisten Fällen sollten auch "auswärtige" Hornsteine ausgeschieden werden können.

b. Verwechslungsmöglichkeiten bestehen nur innerhalb der kalkalpinen Hornsteine. Damit ist zumindest eine sichere Ansprache Kalkalpin/Flysch/Helvetikum gewährleistet.

c. Radiolarite sind meist problemlos zu erkennen. Dabei ist aber zu beachten, daß Radiolarite zwar im Arbeitsgebiet nur aus den oberjurassischen Ruhpoldinger Radiolarit (und z.T. aus unteren Partien der Aptychen-Schichten) bekannt sind. In Süd- und Mitteleuropa sind Radiolarite aber keinesfalls auf dieses stratigraphische Niveau noch auf das Oberostalpin beschränkt und optisch nicht oder schwer zu voneinander zu unterscheiden (vgl. z.B. GRUNAU 1959; 1965). Die Bezeichnung Radiolarit ist deshalb strenggenommen keine stratigraphische, sondern eine lithologische Ansprache.

d. Bei vielen der untersuchten Silexmaterialien ist bereits die Farbe ein eindeutiges Merkmal, und zwar:

- schwarz, gebändert oder geflasert:* Radiolarit
- rot (bis rotbraun):* Radiolarit
- grün:* 1. Hornstein - Radiolarit
2. Sandstein - Ölquarzit
- honiggelb (bis braungelb):* Oberer Kieselkalk
- cremeweiß/schwarz gesprenkelt:* Hornstein des Schrattenkalks
- stahlgrau, "gepfeffert", u.U. mit rötlicher Verwitterungsrinde:* Flyschhornstein

Anzahl der Proben

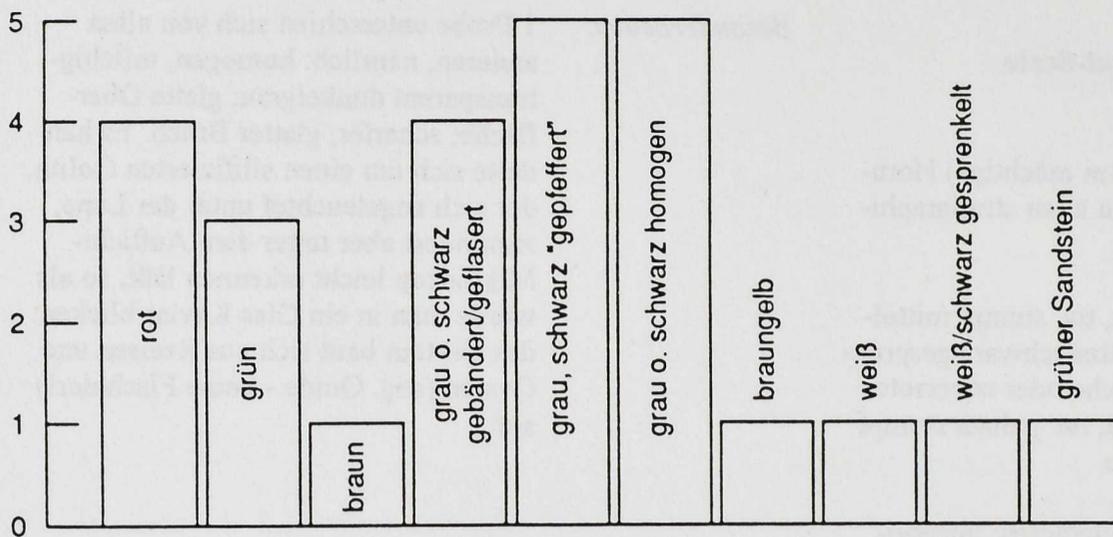


Abb. 2 Einteilung der Ostallgäuer Artefakte aufgrund ihrer Eigenfarbe

Der Umkehrschluß ist allerdings nicht zulässig. Das heißt, ist beispielsweise eine Probe nicht cremeweiß/schwarz gesprenkelt, so kann es sich trotzdem um einen Hornstein aus dem Schrattenkalk handeln usw. Die Probe ist über die Farbensprache hinweg auf weitere Merkmale sorgfältig zu prüfen. Außerdem ist zu beachten:

1. Durch die Bearbeitung des Rohmaterials zu Artefakten (besonders durch ein eventuelles Tempern) können sich Änderung der Bruchflächen etc., besonders aber der Eigenfarbe ergeben (s. Farbtafel 1/4).
2. Die Untersuchungen wurden an Proben, die aus dem Anstehenden gewonnen wurden, vorgenommen. Damit unterscheiden sich unter Umständen die Verwitterungserscheinungen von solchen, die durch Humussäure etc. bedingt werden.

Rohmaterial mesolithischer Artefakte aus dem Ostallgäu

26 mesolithische Artefakte von Fundstellen aus dem Ostallgäu, von Birgit GEHLEN in einer Vorauswahl als alpin angesprochen und freundlicherweise zur Verfügung gestellt, wurden auf die Herkunft ihres Materials hin untersucht. (2) Eine Einteilung der Artefakte aufgrund ihrer Eigenfarbe zeigt Abbildung 2. Die Anwendung des oben erstellten Farbschlüssels würde also ergeben:

- rot; grün; schwarz/grau gebändert o. geflasert: Radiolarit; dazu konnte eins der fünf homogen schwarzen Exemplare unter dem Auflicht-Mikroskop (also unpräpariert) als Radiolarit angesprochen werden. (Farbtafel 1/1 bis 1/7)
- grüner Sandstein: Quarzit-Serie (Ölquarzit) (Farbtafel 2/7 und 2/8)
- grau, schwarz "gepfeffert": Flyschhornstein (Farbtafel 2/1 bis 2/3)

weiß/schwarz gesprenkelt: Hornstein des Schrattenkalks (Farbtafel 2/4 bis 2/6)

braungelb: Oberer Kieselkalk (mit Vorbehalt)

Diese Farbensprache wird im Dünnschliff ausnahmslos bestätigt (vgl. Abbildung 3) - eine erfreuliche Quote.

Von den verbleibenden fünf Exemplaren konnten erst im Dünnschliff bestimmt werden:

braun: Aptychen-Schichten

dunkelgrau homogen: Radiolarit

dunkelgrau homogen: Unterer Kieselkalk

Die zwei verbleibenden dunkelgrau homogenen Artefakte konnten nicht positiv angesprochen werden. Es handelte sich um einen Spiculit, möglicherweise aus den Allgäu-Schichten, und um eine Hornsteinknolle, die erwartungsgemäß stratigraphisch nicht eingeordnet werden konnte, aber durchaus der kalkalpinen Schichtenfolge entstammen könnte.

Das weiße Exemplar (interne Rohmaterial-Nr. 41 nach GEHLEN 1988) schließlich unterscheidet sich von allen untersuchten Materialien frappant und muß als "auswärtig" bezeichnet werden.

Damit ergibt sich die in Abbildung 3 dargestellte stratigraphische Zuordnung. Das vorgelegte Inventar umfaßt damit Silexmaterial aus mindestens sieben Formationen (Flyschhornsteine zusammengefaßt). Nimmt man einen Aktionsradius der mesolithischen Menschen von (nur) 25 km an, so sind alle Formationen vom Ostallgäu direkt erreichbar, das Rohmaterial könnte also direkt aus dem Anstehenden gewonnen worden sein - könnte! (3) Es scheint zudem, sofern eine solche Aussage bei der beschränkten Probenzahl

Anzahl der Proben

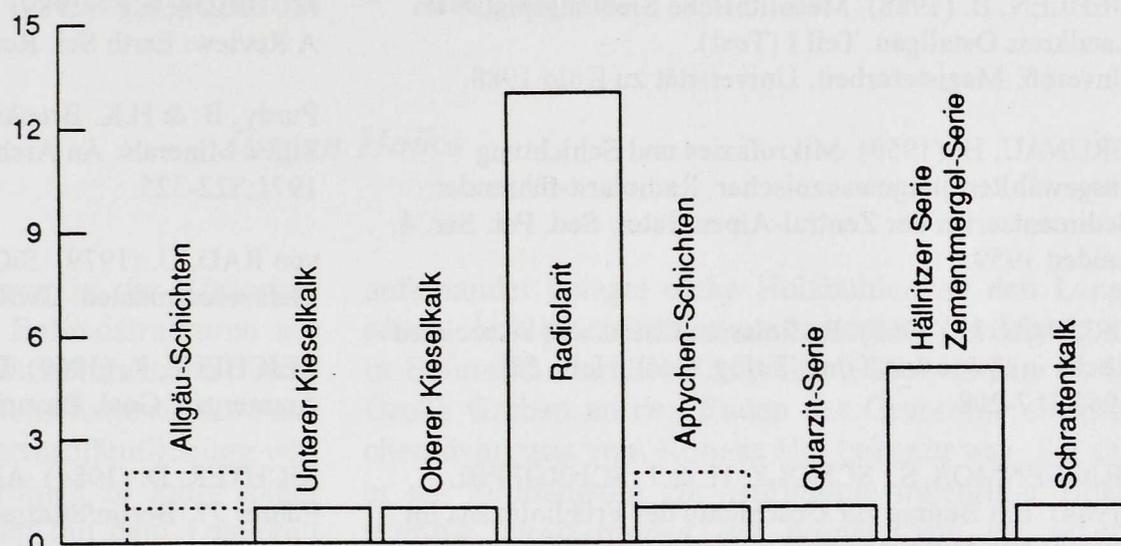


Abb. 3 Stratigraphische Zuordnung der ostallgäuer Artefakte (ohne Artefakt Nr. 41)

zulässig ist, daß gebankte Hornsteine (Radiolarite und Spiculite aus Unterem u. Oberem Kieselkalk, Flysch und Schrattenkalk) als Rohmaterial bevorzugt worden sind, vielleicht, weil sie recht einfach und zugleich effektiv Rohmaterial liefern. Hornsteinknollen (nur 1 Exemplar!) hingegen müßten umständlich gelöst werden und bringen trotzdem nur kleine Proben.(4)

Resümee

Eine Bestimmung von alpinen Silices im allgäuer Raum mit einfachen optischen Methoden ist größtenteils möglich, oft bereits nach makroskopischen Merkmalen (Eigenfarbe!). Nur homogen graue/schwarze Hornsteine sind meistens erst, wenn überhaupt, im Dünnschliff anzusprechen. Möglicherweise sind die angewendeten Methoden jedoch hier nicht ausreichend, so daß beispielsweise durch geochemische Untersuchungen etc. weitere Informationen für eine bessere Ansprache gewonnen werden können. Von 26 vorgelegten Silexartefakten konnten 23 (> 85 %) eindeutig angesprochen werden; 20 davon durch den in dieser Arbeit vorgestellten Bestimmungsschlüssel.

Anmerkungen

(1) Ich danke Herrn Dr. Herbert SCHOLZ vom Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieur-Geologie der TU München und Frau Birgit GEHLEN M.A. vom Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität zu Köln, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

(2) Eine detaillierte Beschreibung kann an dieser Stelle aus Platzgründen nicht erfolgen. Sie ist meiner Diplomarbeit zu entnehmen.

(3) Nach Aussage von Birgit GEHLEN ist ein Großteil der Radiolarit-Artefakte aus Material gewonnen worden, das

nach Aussehen der Rindenpartien aus den Fluß- oder Moränenschottern stammt.

(4) Daß der Ölquarzit ein gutes Rohmaterial für die Herstellung von Steinartefakten darstellt, muß hier nicht extra ausgeführt werden.

Literatur

Die Liste umfaßt die zitierten Werke und weiterführende Literatur zur Geologie des Allgäu und zur Analyse von Silexrohmaterialien.

BÖGEL, H. & K. SCHMIDT (1976) Kleine Geologie der Ostalpen. Thun 1976.

BRAMMER, S. (1994) Untersuchungen zur Herkunft des Rohmaterials mesolithischer Steinwerkzeuge im Ostallgäu. Unveröff. Diplomarbeit TU München 1994.

CORRENS, C. (1950) Zur Geochemie der Diagenese. Geochim. et Cosmochim. Acta, 1, 1950, 49-54.

DIERSCHKE, V. (1980) Die Radiolarite des Oberjura im Mittelabschnitt der nördlichen Kalkalpen. Geotekt. Forschung 58. Stuttgart 1980.

FENNINGER, A. & H.-L. HOLZER (1970) Fazies und Paläogeographie des oberostalpinen Malms. Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, 1970, 52-141.

FLENNIKEN, J.J. & E.G. GARISSON (1975) Thermally Altered Novaculite and Stone Tool Manufacturing Techniques. J. Field. Archeol. 2, 1975, 125-131.

FLOSS, H. (1987) Silex-Rohstoffe als Belege für Fernverbindungen im Paläolithikum des nordwestlichen Mitteleuropa. Archäol. Inf. 10, 1987, 151-161.

FOLK, R.L. & C.E. WEAVER (1975) A Study of the Texture and Composition of Chert. In: von CAROZZI, A. (ed.) Sedimentary Rocks. Stroudsbury (Pennsylv.) 1975, 429-445.

- FÜCHTBAUER, H. (1988) Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart 1988 (4. Aufl.).
- GEHLEN, B. (1988) Mesolithische Siedlungsplätze im Landkreis Ostallgäu. Teil I (Text). Unveröff. Magisterarbeit, Universität zu Köln 1988.
- GRUNAU, H. (1959) Mikrofazies und Schichtung ausgewählter, jungmesozoischer, Radiolarit-führender Sedimentserien der Zentral-Alpen. Inter. Sed. Pet. Ser. 4. Leiden 1959.
- GRUNAU, H. (1965) Radiolarian Cherts and Associated Rocks in Space and Time. Eclog. Geol. Helv. 58, 1965,157-208.
- GUGGENMOS, S., SCHOLZ, H. & J. SCHRÖPPEL (1984) Ein Beitrag zur Geschichte des Frühholozäns im Allgäu: Die Mittelsteinzeit. Allgäuer Geschichtsfreund 83/84, 1984,11-27.
- HAGN, H. (1955) Fazies und Mikrofauna der Gesteine der bayerischen Alpen. Inter. Sed. Pet. Ser. 1. Leiden 1955.
- HEATH, G.R. & R. MOBERLY (1971) Cherts from the Western Pacific, Leg 7, Deep Sea Drilling Project. In: van der LINGEN, G. (ed.) Diagenesis of Deep Sea Biogenic Sediments. Stroudsbury (Pennsylv.) 1971,125-141.
- HESSE, R. (1989) Silica Diagenesis: Origin of Inorganic and Replacement Cherts. Earth Sci. Rev. 26, 1989,253-284.
- KASTNER, M., KEENE, J.B. & J.M. GIESKE (1977) Diagenesis of Siliceous Oozes I. Chemical Controls on the Rate of Opal-A to Opal-Ct Transformation - An Experimental Study. Geochim. et Cosmochim Acta 41, 1977,1041-1059.
- KNAUTH, L. (1979) A Model for the Origin of Chert in Limestone. Geology 7, 1979,274-277.
- LANCELOT, Y. (1973) Chert and Silica Diagenesis in Sediments from Western Pacific. Initial Report of DSDP, XVII, 1973,377-406.
- LÖHR, H. & W. SCHÖNWEIB (1987) Keuperhornstein und seine natürlichen Vorkommen. Archäol. Inf. 10, 1987,126-137.
- MALIVA, R.G. & R. SIEVER (1989) Nodular Chert Formation in Carbonate Rocks. J. Geol. 97, 1989,421-433.
- MCBRIDE, E.F. (1989) Quartz Cement in Sandstones: A Review. Earth Sci. Rev. 26, 1989,69-112.
- Purdy, B. & H.K. Brooks (1971) Thermal Alteration of Silica Minerals: An Archeological Approach. Science 173, 1971;322-325.
- von RAD, U. (1979) SiO₂ - Diagenese in Tiefseesedimenten. Geol. Rd. 68, 1979,1025-1036.
- REICHELT, R. (1960) Die bayerische Flyschzone im Ammergau. Geol. Bavarica 41, 1960,55-98.
- RICHTER, D. (1984) Allgäuer Alpen. Samml. geol. Führer 77. Berlin/Stuttgart 1984 (3. Aufl.).
- SCHOLZ, H. & U. SCHOLZ (1981) Das Werden der Allgäuer Landschaft. Kempten 1981.
- THURSTON, D. (1972) Studies on Bedded Cherts. Contr. Min. Petrol. 36, 1972,329-334.
- TOLLMANN, A. (1976) Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Wien 1976.
- TUCKER, M. (1985) Einführung in die Sedimentpetrologie. Stuttgart 1985.
- ULRICH, R. (1960) Die Entwicklung der ostalpinen Juraformation im Vorkarwendel zwischen Mittenwald und Achensee. Geol. Bavarica 41, 1960,99-151.
- WALKER, T.R. (1962) Reversible Nature of Chert - Carbonate Replacement in Sedimentary Rocks. Bull. Geol. Soc. Amer. 73/I, 1962,237-241.
- Zacher, W. (1973) Das Helvetikum zwischen Rhein und Iller (Allgäu-Vorarlberg). Geotekt. Forschung 44. Stuttgart 1973.

*Dipl. Geologe Steffen Brammer
Wilhelm-Hertz-Straße 12B
D - 80805 München*