

# Grenzen der K-Ar-Datierung an Glaukoniten im Pilatusgebiet (Helvetikum)

Autor(en): **Fischer, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **78 (1985)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165653>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Grenzen der K-Ar-Datierung an Glaukoniten im Pilatusgebiet (Helvetikum)

Von HANS FISCHER<sup>1)</sup>

## ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem für die Datierung von Sedimentgesteinen häufig verwendeten Mineral Glaukonit wurde versucht, das Alter der Glaukonithorizonte im Pilatusgebiet (Helvetische Decken) festzulegen. Für die Kreidegesteine erwiesen sich die erhaltenen K-Ar-Alter generell um etwa 20% zu jung, während die Alter der Tertiärschichten – je nach geologischer Zeitskala – nur um 0–6% verjüngt sind. Eine mit der Deckenüberschiebung im Zusammenhang stehende Umkristallisation der Glaukonitkörner hat wahrscheinlich einen Verlust an radiogenem Argon verursacht und damit eine partielle Verjüngung der K-Ar-Alter bewirkt. Die in Abhängigkeit von der tektonischen Beanspruchung erfolgte Umkristallisation ist durch die an den Glaukonitkörnern festgestellten chemischen Veränderungen belegt.

## ABSTRACT

By means of K-Ar dating of glauconite, it was attempted to date the glauconite-bearing sediments of the Pilatus region (Helvetic nappes, central Switzerland). The age results obtained on different Cretaceous glauconite horizons were generally about 20% too young compared to biostratigraphic ages, whereas the Tertiary ages were merely reduced by 0 to 6%. Obviously the rejuvenated glauconite had recrystallized during the emplacement of the nappes causing diffusive loss of argon from the crystal lattice. It is shown that increasing tectonic overprint caused a chemical alteration of the glauconite pellets.

## RÉSUMÉ

Dans la région du Pilatus (nappes helvétiques), on a essayé de dater, au moyen de la méthode K-Ar, les différents horizons glauconitiques avec la glauconie, minéral le plus important pour la datation des sédiments. Si les sédiments créacés donnaient en générale des âges de 20% trop jeunes, les schistes tertiaires par contre, en fonction de l'échelle géologique, indiquaient des âges de 0 à 6% trop jeunes. Manifestement les grains de glauconie subissent une recristallisation pendant l'emplacement des nappes; par conséquent l'argon peut s'échapper de la grille cristalline et simuler des âges trop jeunes. On peut ainsi constater une altération géochimique des pellets de glauconie lors de mouvements tectoniques importants.

## 1. Einleitung

Im Helvetikum (Kreide und Tertiär) treten weit verbreitet verschiedene glaukonitführende Schichten auf. Einzelne dieser Horizonte sind biochronologisch gut datiert (BAUMBERGER et al. 1907). Dies waren gute Voraussetzungen, um versuchsweise einige

---

<sup>1)</sup> Institut für Kristallographie und Petrographie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Sedimente des Helvetikums im Pilatusgebiet mit Hilfe des Minerals Glaukonit numerisch zu datieren. Obschon in der Literatur immer wieder kontroverse (MONTAG & SEIDEMANN 1981) und, im Vergleich mit der Biostratigraphie, zu junge Glaukonitalter erwähnt werden (CONRAD et al. 1982; KREUZER et al. 1977; HURLEY 1966; HURLEY et al. 1960), werden K-Ar-Altersbestimmungen an Glaukoniten in vielen Laboratorien der Welt mit Erfolg durchgeführt. Auch die seinerzeit an der ETH Zürich durchgeführten Glaukonitmessungen am Oxfordian des Tafeljura führten zu guten Ergebnissen (GYGI & McDOWELL 1970). Daher wurde der Versuch unternommen, in dem ausserhalb des Bereichs der messbaren alpinen Metamorphose liegenden, jedoch tektonisch beanspruchten Gebiet des Pilatus (BUXTORF 1924) Glaukonite mit der K-Ar-Methode zu datieren.

## 2. Geographische Lage, Probenlokalitäten

Figur 1 zeigt eine vereinfachte Skizze des Untersuchungsgebietes mit den drei Probenlokalitäten: Klimesen, Giessen und Foribach. Von den Aufschlüssen am Klimesen (Nord-Pilatus) wurden ausschliesslich Unterkreideproben entnommen, von Foribach bei Sarnen nur Eozänmaterial, während am Giessen(bach) bei Alpnach Eozän- und obere

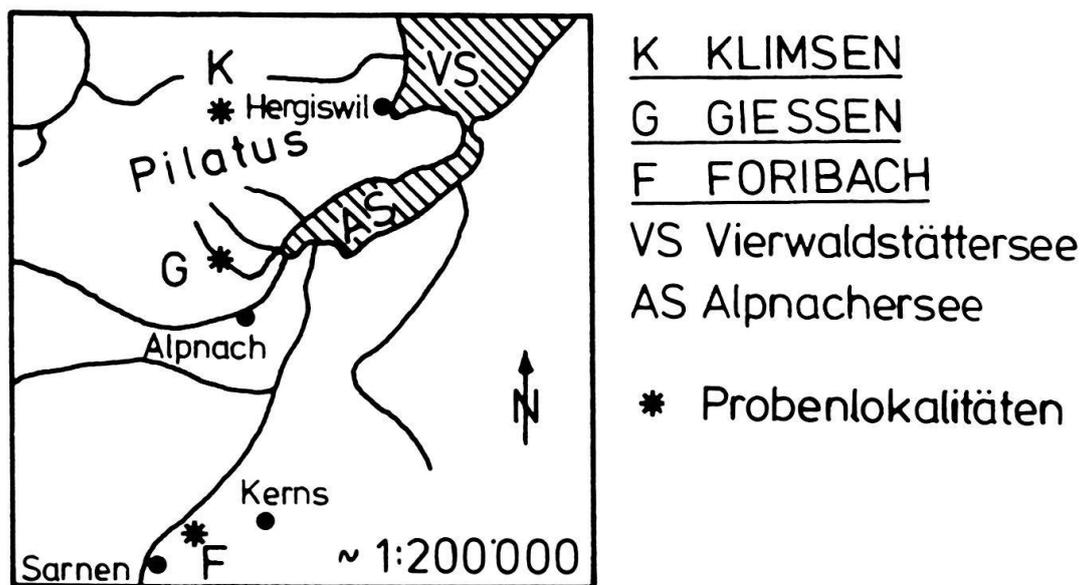


Fig. 1. Kartenskizze des Untersuchungsgebietes mit den drei Probenlokalitäten: Klimesen, Giessen und Foribach.

Tabelle 1. Lokalitäten der untersuchten Glaukonitproben. Die Foribach-Schicht entstammt dem Aufschluss Foribach, während der Basale Grünsandstein sowie die Concentricusschichten am Giessen(bach) entnommen wurden. Die Unterkreideproben Gemsmättlischicht, Lidernenschicht und Altmannschichten stammen alle vom Klimesen (Nord-Pilatus).

Nr	Schicht, Probe	Gesteinsart	Geol. Alter	Ort, Kanton	Koordinaten	Höhe ü.M.
1	Foribach-Schicht, ObB	Mergelkalk	Eozän	Sarnen, OW	662 420/194 410	495 m
2	Basaler Grünsandstein, BGA	Glaukonitmergel	Eozän	Giessen, OW	662 800/200 540	710 m
3	Concentricusschichten, CsB	Glaukonitsandstein	Albian	Giessen, OW	662 800/200 540	715 m
4	Altmannschichten, A	Glaukonit. Kalk	Hauter./Bar.	Pilatus, NW	661 870/203 510	2030 m
5	Lidernenschicht, L	Glaukonit. Kalk	Hauterivian	Pilatus, NW	661 850/203 550	1980 m
6	Gemsmättlischicht, G	Glaukonit. Kalk	Val./Hauter.	Pilatus, NW	661 800/203 575	1930 m

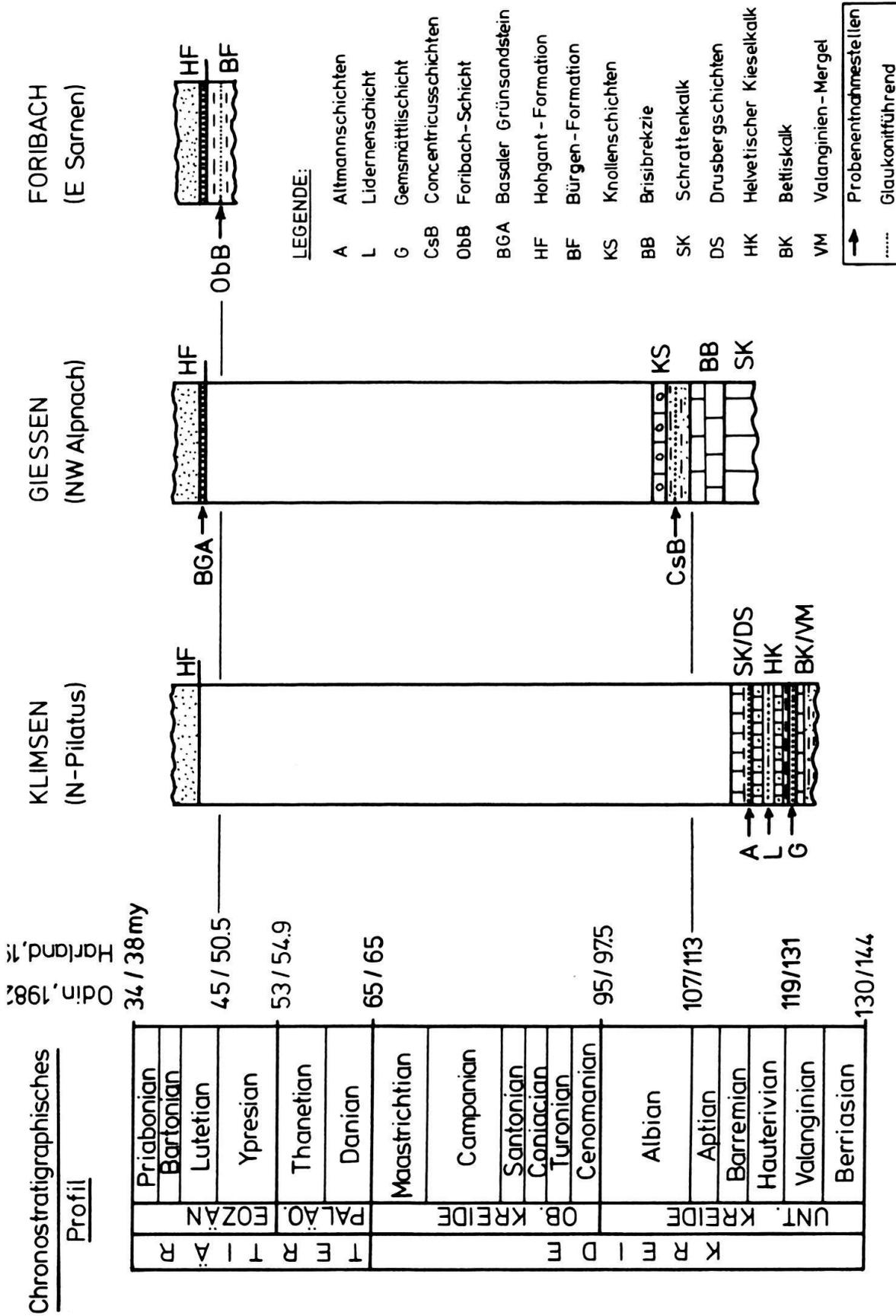


Fig. 2. Chronostratigraphischer Vergleich der drei Profile. Als geologische Zeittabelle sind die beiden aktuellsten Skalen von ODIN und HARLAND gegenübergestellt.

Unterkreideproben gesammelt wurden. In Tabelle 1 sind die Probenlokalitäten und ihr Gesteinsinhalt beschrieben.

### 3. Stratigraphie

In Figur 2 sind die drei lithostratigraphischen Profile mit den Probenentnahmestellen einander gegenübergestellt.

*Klimsen:* Am Nord-Pilatus (Klimsen-Oberhaupt) wurden die drei Glaukonithorizonte Gemsmättelschicht (G), Lidernenschicht (L) und Altmansschichten (A) detailliert aufgenommen (siehe Fig. 3, 4 und 5) (FISCHER 1983). Die Gemsmättelschicht und die Altmansschichten sind lateral von mehr oder weniger konstanter Mächtigkeit. Die Gemsmättelschicht sedimentierte auf einen Hardground, der den Betliskalk begrenzt. Die Altmansschichten im Dach der Echinodermbrekzie wurden ebenfalls auf einen Hardground abgelagert, enthalten aber bei etwa 3 m noch einen weiteren Hardground, über dem anschliessend der eigentliche, 2,5 m mächtige, stark glaukonitische Kalkstein ansteht. Demgegenüber zeigt die zwischen unterem und oberem Kieselkalk liegende Lidernenschicht variable Mächtigkeit; gelegentlich keilt diese Schicht sogar aus.

Etwas eigenartig ist das Vorkommen von glaukonitreichen, linsenförmigen Bioturbationsspuren ( $\varnothing$  2–5 cm) im liegenden Betliskalk (FUNK 1983; FISCHER 1983). Diese grösstenteils isolierten Linsen treten bereits 2–3 m unterhalb des Hardgrounds auf; zusammenhängende Bioturbationsspuren konnten nicht festgestellt werden (Fig. 6).

Untersuchungen mit der Elektronen-Mikrosonde zeigen, dass sich der Chemismus der Glaukonite – insbesondere der K-Gehalt – dieser zwei verschiedenartigen Vorkommen signifikant unterscheidet (Tab. 2). In beiden Niveaus existieren Glaukonitkörner mit «flockigen» Apatitverwachsungen (Fig. 7). Nach dem erhöhten F-Gehalt zu schliessen, scheint es sich um Fluorapatit zu handeln.

*Mögliche Erklärung:* Wahrscheinlich dürfte es sich in beiden Fällen um eine In-situ-Entstehung von Glaukonitkörnern handeln. Die in den Bioturbationsspuren angereicherten Körner müssen lokal die Bildungsbedingungen (leicht reduzierendes Milieu, geringe Sedimentationsrate usw.) vorgefunden haben, die zu einer Glaukonitisation führen konnten (ODIN & MATTER 1981). Durch eine Veränderung der chemischen Voraussetzungen (abnehmender K-Gehalt) wurde eine weitergehende Glaukonitisation verhindert. Der um rund 1% niedrigere  $K_2O$ -Gehalt der Körner in Bioturbationsspuren im Vergleich zu denjenigen, die in der Gemsmättelschicht vorkommen, bestätigt diese Annahme. Die in den Grabspuren vorhandenen Glaukonitkörner sind daher mit grosser Wahrscheinlichkeit auch dort entstanden. Dies würde die heute allgemein postulierte Entstehungsweise von Glaukonit-Pellets aus Kotpillen unterstützen.

*Giessen:* Aus dem stratigraphisch verkehrt liegenden Profil am Giessen(bach) wurde 50 cm über den Knollenschichten das Probenmaterial der Concentricusschichten (CsB) entnommen. Dieser mergelige Sandstein enthält etwa 18% Glaukonit. Eine zweite Probe aus diesem Bachprofil entstammt dem Basalen Grünsandstein (BGA), was der Basis der Hohgant-Formation entspricht. Dieses Gestein ist schwächer verfestigt als die älteren und hier höher liegenden Concentricusschichten; der Glaukonit-Gehalt beträgt rund 15%.

*Foribach:* Das stratigraphische Profil von Foribach wurde 1983 publiziert (HERB, in BAYER et al. 1983). HERB bezeichnet die etwa 1,2 m mächtige Obbürgen-Schicht als basales Member der Hohgant-Formation und betrachtet sie als südliches Äquivalent des Basalen Grünsandsteins (BGA) vom Aufschluss Giessen. Gemessen wurde hier eine

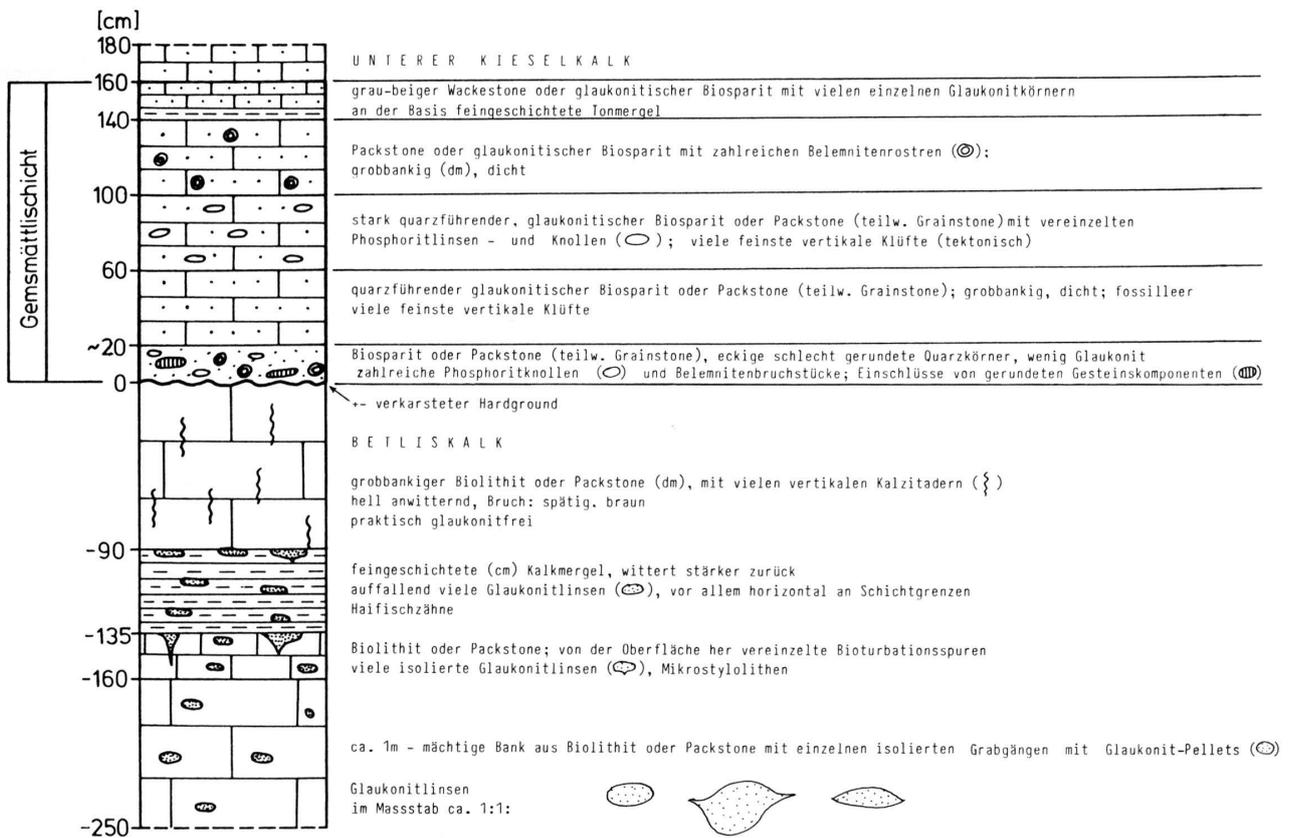


Fig. 3. Schematisches Detailprofil der Gemsmätlischicht.

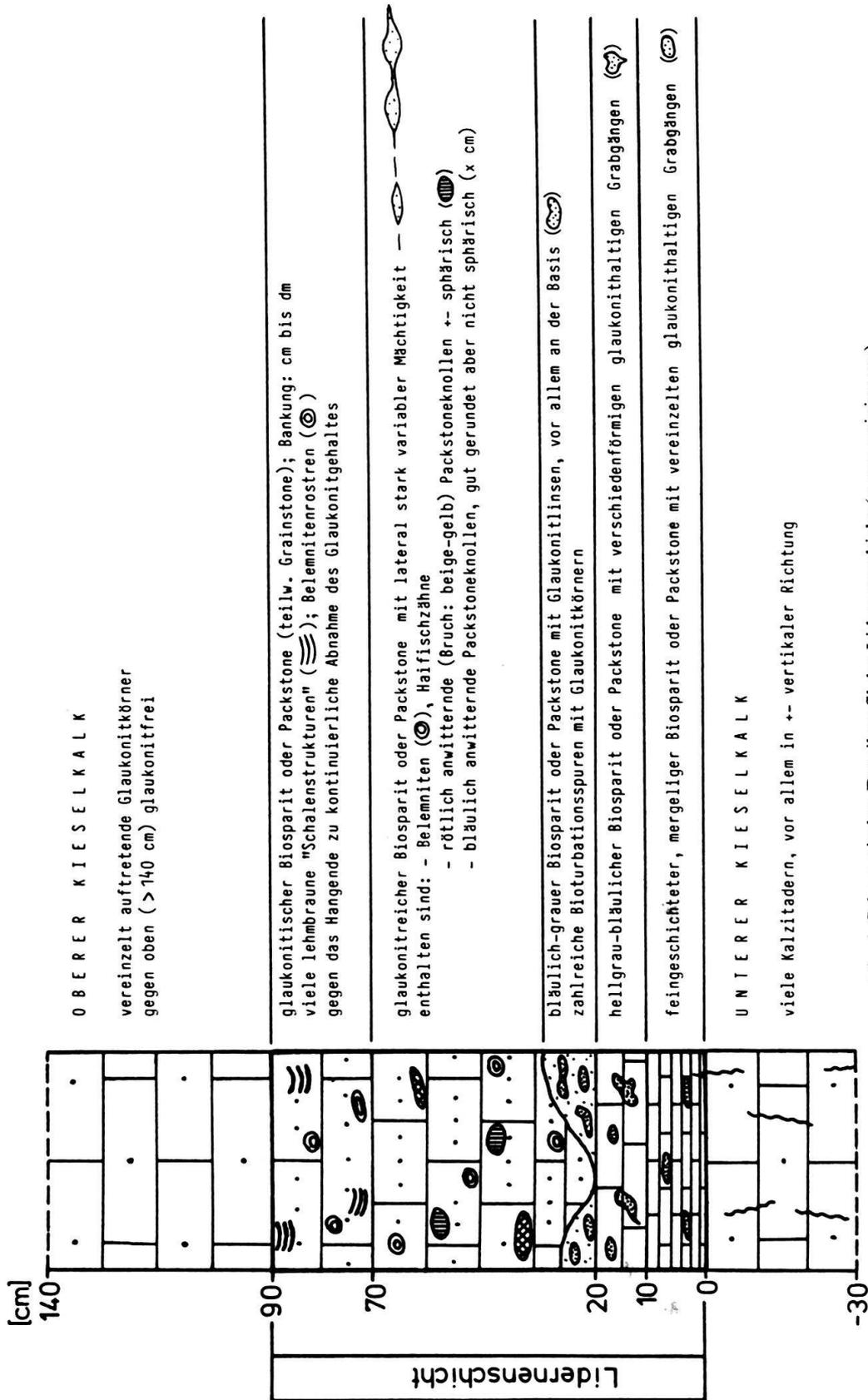


Fig. 4. Schematisches Detailprofil der Lidernenschicht (x cm = einige cm).

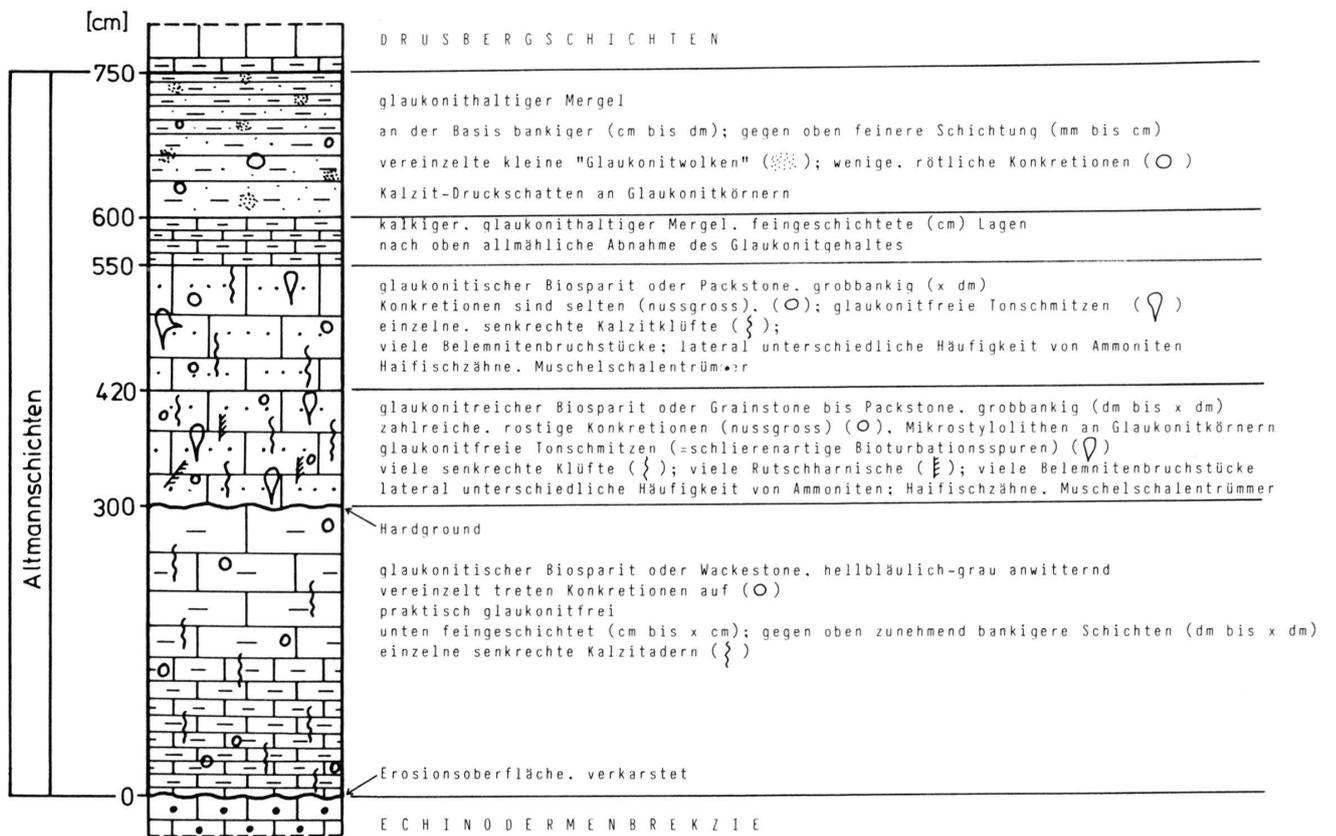


Fig. 5. Schematisches Detailprofil der Altmannschichten (x dm = einige dm).

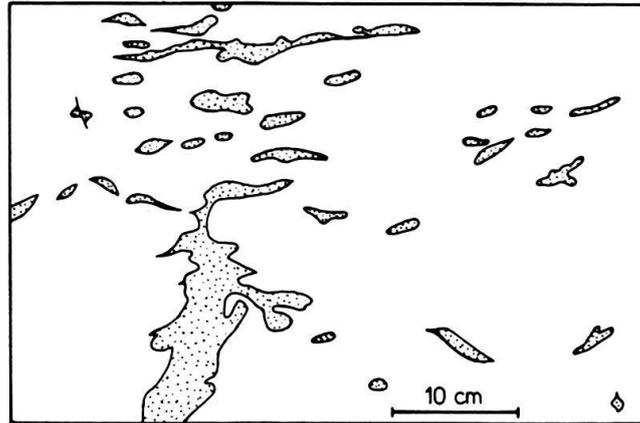


Fig. 6. Auffallend und eigenartig zugleich ist das Vorkommen dieser glaukonithaltigen Linsen im Betliskalk. Diese Linsen lassen Bioturbationsspuren vermuten, sind jedoch nicht zusammenhängend und treten nur isoliert auf.

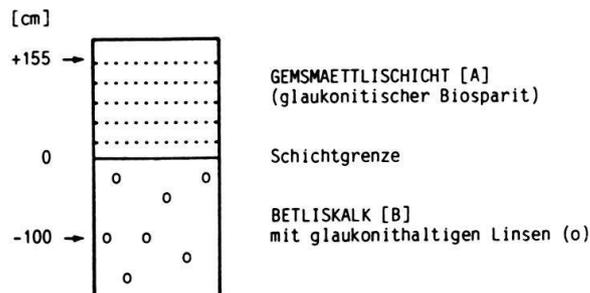
Tabelle 2. Vergleich der Glaukonitkörner aus der GEMSMÄTTLISCHICHT und aus den Linsen des Betliskalkes (vgl. Fig. 3). Der  $K_2O$ -Gehalt der beiden Glaukonitarten unterscheidet sich signifikant um rund 1%, was auf unterschiedliche Glaukonitgenese hinweisen könnte. Die Analysen stammen von einzelnen Glaukonitkörnern, bei denen im Kornzentrum gemessen wurde; Wasser ist mit dem EMMA-Programm (GUBSER & SOMMERAUER 1977) berücksichtigt worden.

[A] Glaukonite aus der GEMSMÄTTLISCHICHT (155 cm über Basis):

HAUPTELEMENTE [Gew.-%]						
Probe	310	313	314	315	316	abs. Fehler
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.34	9.43	8.61	9.74	9.82	±.25
TiO <sub>2</sub>	.06	.00	.06	.00	.00	±.01
SiO <sub>2</sub>	55.37	55.34	54.37	55.52	56.22	±.44
MgO	5.62	5.57	6.20	5.57	5.56	±.07
CaO	.73	.00	.68	.63	.00	±.15
FeO	15.15	15.52	15.85	15.24	14.88	±.53
K <sub>2</sub> O	9.27	9.59	8.80	9.36	9.38	±.06
F	1.11	1.07	1.39	.96	1.09	±.14
Cl	.03	.03	.04	.03	.03	±.01
Total	96.68	96.55	95.99	97.04	96.98	

[B] Glaukonite aus dem BETLISKALK (100 cm unterhalb Schichtgrenze):

HAUPTELEMENTE [Gew.-%]						
Probe	337	345	352	361	364	abs. Fehler
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.24	11.61	12.34	11.15	11.86	±.25
TiO <sub>2</sub>	.00	.04	.00	.00	.07	±.01
SiO <sub>2</sub>	54.05	52.40	51.84	54.19	54.74	±.44
MgO	5.49	5.58	5.31	5.33	5.08	±.07
CaO	1.50	1.98	2.43	.66	2.11	±.15
FeO	12.64	12.36	11.08	12.76	11.64	±.53
K <sub>2</sub> O	8.52	8.29	8.10	8.65	8.45	±.06
F	1.18	1.52	1.21	.99	.79	±.14
Cl	.02	.02	.03	.03	.02	±.01
Total	95.64	93.80	92.34	93.16	94.76	



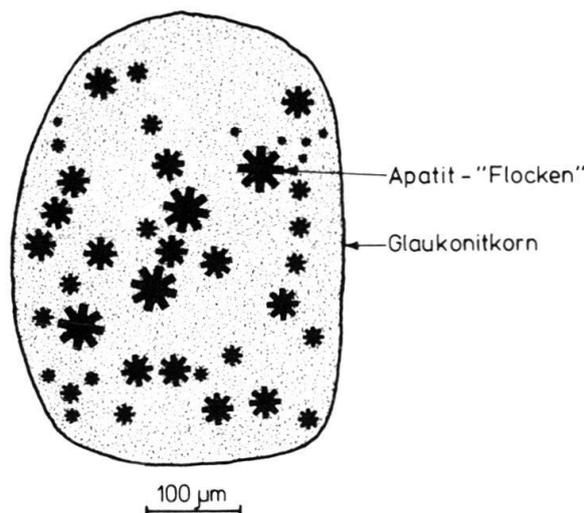


Fig. 7. Aufnahmen mit der Elektronen-Mikrosonde zeigen deutlich, dass die Elementverteilungsmuster von Calcium und Phosphor in einem tektonisch beanspruchten Glaukonitkorn identisch sind. Es dürfte sich somit um «flockige» Apatitverwachsungen handeln, die insbesondere in allen drei Unterkreide-Einheiten G, L und A ausgeprägt vorkommen.

Probe aus der Mitte der – stratigraphisch älteren – Foribach-Schicht (ObB). Bei diesem Sediment handelt es sich um einen mergeligen Sandstein, der etwa 12% Glaukonit führt.

#### 4. Analytisches

##### 4.1 Mineralseparation

Während die schwach verfestigten Eozänsedimente geschlämmt werden konnten, mussten die stark verfestigten Unterkreide-Karbonate zuerst gebrochen werden. Dies hatte zur Folge, dass die wenigen Glaukonitkörner ausnahmslos von Hand ausgelesen werden mussten, was einen Zeitaufwand von Wochen bis Monaten(!) beanspruchte (im Gegensatz von Tagen bis zu einer Woche bei Lockersedimenten). Im übrigen wurde auf die Verwendung von Säuren verzichtet, und nach der Ultraschallbehandlung wurden die Körner bei max. 60°C getrocknet (ODIN 1969). Die Anreicherung der Körner erfolgte mit dem Frantz-Magnetseparator. In einem ersten Durchgang wurden die Intensität stufenweise erhöht und die entsprechenden Fraktionen gesammelt; in einem zweiten Durchgang wurde die Probenmenge unter Weglassung der beiden extremsten Fraktionen in eine magnetische und eine nichtmagnetische Fraktion halbiert. Zur Datierung wurde eine repräsentative Probe gewählt, die einem mittleren Bereich der Korngröße und der magnetischen Suszeptibilität entspricht.

##### 4.2 Einwaage

Da Glaukonite sehr hygroskopisch sind, wurde vom Glaukonit-Standard GL-O eine Eichkurve angefertigt (Einwaage-Gewicht versus relative Luftfeuchtigkeit). So konnte das Gewicht der bei unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit eingewogenen Proben auf die einheitliche relative Luftfeuchtigkeit von 60% umgerechnet werden (eine Luftfeuchtigkeitsänderung von 20% bewirkt bereits einen Wägefehler von 1%). Werte für Argonkon-

zentrationen an Standardproben lassen sich daher nur bei gleichen Einwaagebedingungen vergleichen. Durch sorgfältiges Splitten der Proben wurde eine möglichst ähnliche Beschaffenheit der K- und Ar-Probenaliquots angestrebt. Diese wurden gleichzeitig eingewogen, und die erhaltenen Alter erfordern aus diesem Grunde keine Korrektur für Luftfeuchtigkeit.

#### 4.3 Methodik, Analysenfehler

Der Kaliumgehalt wurde einerseits massenspektrometrisch mit der Isotopenverdünnungsmethode, andererseits mittels Atomabsorptionsanalyse an je zwei Probenaliquots bestimmt. Der Analysenfehler wurde berechnet auf Basis von Doppelmessungen der Atomabsorption und beträgt rund 1,2%. Bei vergleichbaren Proben (gleiche Korngrösse, gleiche paramagnetische Suszeptibilität) lag der Unterschied sogar bei  $< 0,6\%$ .

Um den Luftargonanteil möglichst klein zu halten, wurden vor der Argonextraktion alle Proben während 6 h bei 120°C im Vakuum vorgeheizt. Die Argonkonzentration wurde nach der Methode des Peakhöhenvergleichs an unserer neuen Edelgas-Apparatur gemessen (Baur, Deutsch und Signer, in Vorbereitung). Alle Datierungen basieren auf den empfohlenen Konstanten der IUGS-Subkommission für Geochronologie (STEIGER & JÄGER 1977). Die Fehler der K-Ar-Modellalter ( $2\sigma$ ) berechnen sich mittels Gaußscher Fehlerfortpflanzung aus dem Wägefehler, der Regressionsanalyse der Argonmessung auf den Zeitpunkt des Gaseinlasses, der Reproduzierbarkeit der periodischen Eichung zwischen den Meßserien sowie dem Analysenfehler der Kaliumbestimmung.

### 5. Resultate der Altersbestimmungen

Die Unterkreide-Alter (Tab. 3) der stark verfestigten Proben G, L und A sind mit 70,7 bis 101,8 m.y. viel zu jung im Vergleich mit der Biochronologie. Mit Ausnahme der Probe A ( $70,7 \pm 1,8$  m.y.) beträgt die Altersreduktion etwa 22%. Der Grund für die starke Verjüngung der Probe A wird in der Diskussion eingehend erläutert. Die Concentricus-schichten CsB (Albian) sind mit  $80,8$  und  $81,0 \pm 1,8$  m.y. rund 15% zu jung, jedoch gut reproduzierbar.

Eine gute biochronologische Übereinstimmung und Reproduzierbarkeit zeigen lediglich die aus zwei verschiedenen Aufschlüssen stammenden Eozänproben ObB und BGA. Obwohl sich die Fehlergrenzen überschneiden, zeigt die stratigraphisch etwa 2 m tiefer

Tabelle 3. K-Ar-Alter der gemessenen Glaukonitproben.

SAMPLE NUMBER	MATERIAL	GRAIN SIZE [MICRONS]	K [WT.%]	AR36 [IN UNITS OF $1 \cdot 10^{-8}$ CC/G]	AR38 [IN UNITS OF $1 \cdot 10^{-8}$ CC/G]	AR40 [IN UNITS OF $1 \cdot 10^{-8}$ CC/G]	AR40 [%RAD]	WEIGHT [MG]	CALCULATED AGE [MY]
G	GLAUCONITE	100 - 500	5.68	6.29	1.177	4169.0	55	1.7	101.8 +- 3.6
L	GLAUCONITE	100 - 500	2.50	.634	.1174	1159.0	84	7.2	99.0 +- 5.6 *
A	GLAUCONITE	100 - 500	6.25	1.646	.3122	2237.4	78	2.3	70.7 +- 1.8
CsB	GLAUCONITE	160 - 300	7.06	.284	.0507	2356.0	96	20.1	81.0 +- 1.8
CsB	GLAUCONITE	160 - 300	7.06	.416	.0757	2389.3	95	18.8	80.8 +- 1.8
BGA	GLAUCONITE	300 - 500	7.03	.369	.0684	1090.1	90	26.6	35.6 +- 0.8
BGA	GLAUCONITE	300 - 500	7.03	.440	.0825	1113.3	88	17.9	35.7 +- 0.8
ObB	GLAUCONITE	160 - 300	7.18	.495	.0974	1161.3	87	20.5	36.0 +- 0.8
ObB	GLAUCONITE	160 - 300	7.18	.544	.1009	1177.5	86	15.2	36.1 +- 0.8

\* Der grosse Fehler ist vor allem auf den inhomogenen K-Gehalt zurückzuführen.

liegende Foribach-Schicht ObB (Foribach) einen leicht älteren Wert als der höher liegende Basale Grünsandstein BGA (Giessen). Die Abweichung von den aktuellen geologischen Zeitskalen (ODIN 1982a; HARLAND et al. 1982) beträgt etwa 0–6%. Der mitgemessene Glaukonit-Standard GL-O ergab um rund 2% geringere Ar-Werte als der berechnete Interlaborwert (ODIN 1982b). Da diese Abweichung aber ungefähr der Fehlergrenze des arithmetisch gemittelten Interlaborwertes entspricht, wurde auf eine – bezüglich biostratigraphischer Übereinstimmung günstigere – Alterskorrektur verzichtet.

## 6. Diskussion

Die tektonische Beanspruchung der Alpenrandkette und die damit zusammenhängenden Vorgänge führten offensichtlich zu einer Senkung der Glaukonit-K-Ar-Alter.

Stärker kompaktierte Sedimente zeigen grössere Altersreduktionen, während schwächer verfestigte Gesteine eine geringere Verjüngung aufweisen. Die extreme Altersreduktion der Altmansschichten A (70,7 m.y.) lässt sich gut durch folgende mineralogische Beobachtungen erklären:

1. Diese Schichten weisen in vielen Glaukonitkörnern wie auch in der Karbonatmatrix selbst einen hohen Pyritgehalt auf. Die Pyritbildung konnte aber nur in Glaukoniten aus tektonisch stark beanspruchten Sedimenten beobachtet werden; im Glaukonit-sandmergel aus dem Tafeljura fehlen hingegen Pyritkristalle in Glaukonitkörnern (FISCHER 1983).
2. Aufgrund von Messungen mit der Elektronenmikrosonde und Aufnahmen der Elementverteilungsmuster wurden Glaukonit–Apatit-Verwachsungen (Fig. 7) entdeckt. Diese Glaukonit–Apatit-Verwachsungen konnten mit der benutzten Separationsmethode nicht eliminiert werden.

Die Helvetischen Decken sind ein Beispiel für tektonisch stark beanspruchte Sedimentstapel. Es ist nicht erstaunlich, dass eine Überlast von etwa 2 km und starke Verfaltungen zu einer Überprägung der Sedimente nach ihrer Diagenese führten. Den Zusammenhang zwischen Umkristallisation und Überprägung bezeugen die schön ausgebildeten Kalzitdruckschatten an Glaukonitkörnern der Altmansschichten (FISCHER 1983). Auch erhöhte Temperaturen können zu einer Verjüngung der Glaukonit-K-Ar-Alter führen. Wie schrittweise Aufheizexperimente zeigen (ZIMMERMANN & ODIN 1982), diffundiert das Argon bei Glaukonit erstmals bei einer Temperatur von rund 200°C aus dem Kristallgitter. Bei Erreichen dieser Temperatur kann sich die Kristallstruktur der Glaukonit-Pellets verändern und ein nicht kontrollierbarer Anteil des radiogenen Argons entweichen. Solche Temperaturen sollten aber ausserhalb der Zone der Anchimetamorphose nicht vorgeherrscht haben.

Eine andere Erklärung für zu junge Glaukonitalter fanden THOMPSON & HOWER (1973). Sie postulieren, dass radiogenes Argon aus «offenen» K-Gitterplätzen (Kristalloberfläche, in quellfähigen Schichten) entweichen kann. Am Pilatus scheint jedoch unter zunehmender tektonischer Beanspruchung die Umkristallisation der Pellets, welche von einer geochemischen Veränderung der Glaukonitkörner (vor allem Fe-Abreicherung, Homogenisation des chemischen Zonarbaus) begleitet war, eine wichtigere Rolle zu spielen (FISCHER 1983; FISCHER et al. 1984). Die abgestufte Verjüngung der K-Ar-Alter im Untersuchungsgebiet resultiert mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der unterschiedlichen Kompaktierung und damit verbundenen teilweisen Umkristallisation der Sedi-

mente. Auch eine bisher nicht erkannte nach der Diagenese erfolgte schwache Metamorphose der Alpenrandkette im Pilatusgebiet könnte dafür verantwortlich gemacht werden. Diese Hypothese steht allerdings im Widerspruch zu den Untersuchungen von BREITSCHMID (1982), der die Grenze für den Beginn der Anchimetamorphose im tektonisch ähnlich beanspruchten Urnerseeprofil mindestens 10 km südlich der Randkette – im Bereich der Axendecke – festlegte.

## 7. Schlussfolgerungen

In den Unterkreide-Einheiten der Helvetischen Decken sind die an reinen Glaukoniten gemessenen K-Ar-Alter grundsätzlich zu jung (bis etwa 20%). Eine für die Biostratigraphie zuverlässige und aussagekräftige Datierung an Glaukoniten ist daher nicht möglich. Die biochronologisch gut definierten und geologisch weit verbreiteten Gensmättelschicht und Altmansschichten können somit numerisch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit datiert werden.

Die Glaukonitkörner aus den weniger stark verfestigten tertiären Sedimenten zeigen hingegen nur eine geringe Verjüngung der K-Ar-Alter (maximal 6%). Dies bedeutet, dass vor allem die zunehmende Umkristallisation und die Verfestigung der Sedimente infolge grösserer Überlagerung und tektonischer Beanspruchung die Zuverlässigkeit der Glaukonite als Chronometer ungünstig beeinflussen.

## Verdankungen

Die vorliegende Arbeit ist Teil meiner an der Universität Zürich eingereichten Diplomarbeit.

Für die Mithilfe bei der Probenentnahme und für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes sowie für zahlreiche Ratschläge und Anregungen möchte ich Prof. R. H. Steiger herzlich danken. Dr. H. Funk hat freundlicherweise den Stratigraphie-Abschnitt überprüft. Herzlich danken möchte ich auch Dr. F. Oberli für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Für die Benützung der Edelgas-Messapparatur danke ich Prof. P. Signer; die wertvolle Unterstützung an diesem Gerät verdanke ich Dr. H. Baur. Ebenso danken möchte ich P. Ulmer für die Durchführung der Mikrosondenanalysen und Dr. B. Ayranci für die Mithilfe bei der K-Bestimmung mit der Atomabsorptionsmethode.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BAUMBERGER, E., HEIM, ARN., & BUXTORF, A. (1907): Paläontologisch-stratigraphische Untersuchungen zweier Fossilhorizonte an der Valanginien-Hauterivien-Grenze im Churfürsten-Mattstockgebiet. Mit einigen Bemerkungen über die Stratigraphie der analogen Schichten der Zentralschweiz. – *Abh. schweiz. paläont. Ges.* 34, 1–33.
- BREITSCHMID, A. (1982): Diagenese und schwache Metamorphose in den sedimentären Abfolgen der Zentralschweizer Alpen (Vierwaldstätter See, Urirotstock). – *Ecolgae geol. Helv.* 75/2, 331–380.
- BUXTORF, A. (1924): *Geologie des Pilatus*. – Bümchler, Bern.
- CONRAD, M., KREUZER, H., & ODIN, G. S. (1982): Potassium-argon dating of tectonized glauconies. In ODIN, G. S. (Ed.): *Numerical Dating in Stratigraphy* (S. 321–332). – Wiley & Sons, Belfast.
- FISCHER, H. (1983): K-Ar- und Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glaukoniten der Helvetischen Kreide, des Tertiärs und des Oberen Jura sowie Geologie des N-Pilatus. – *Diplomarb. Univ. Zürich* (unpubl.).
- FISCHER, H., BAUR, H., & STEIGER, R. H. (1984): The Influence of Cementation on Glauconite K-Ar Ages and Pyrite Formation. *Abstract*. – *Terra cognita* 4, 204.
- FUNK, H. (1983): Unterkreide: Betlis-Kalk-Altman-Schichten. In: BAYER et al.: Bericht über die Jubiläumsexkursion «Der Faziesbegriff und die Sedimentationsprozesse» der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft vom 12. bis 17. September 1982 (S. 153–154). – *Ecolgae geol. Helv.* 76/1, 125–180.

- GUBSER, R., & SOMMERAUER, J. (1977): EMMA, Correction Procedure for Quantitative Electron Probe Analysis. – ETHZ, unpubl.
- GYGI, R. A., & MCDOWELL, F. W. (1970): Potassium-Argon Ages of Glauconites from a biochronologically dated Upper Jurassic Sequence of Northern Switzerland. – *Eclogae geol. Helv.* 63/1, 111–118.
- HARLAND, W. B., COX, A. V., LLEWELLYN, P. G., PICKTON, C. A. G., SMITH, A. G., & WALTERS, R. (1982): A Geologic Time Scale. – Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- HERB, R. (1983): Eozän von Foribach bei Sarnen In: BAYER et al.: Bericht über die Jubiläumsexkursion «Der Faziesbegriff und die Sedimentationsprozesse» der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft vom 12. bis 17. September 1982 (S. 155–156). – *Eclogae geol. Helv.* 76/1, 125–180.
- HURLEY, P. M. (1966): K-Ar Dating of Sediments. In: Potassium Argon Dating (S. 134–151). – Springer, Berlin.
- HURLEY, P. M., CORMIER, R. F., HOWER, J., FAIRBAIRN, H. W., & PINSON, Jr., W. H. (1960): Reliability of Glauconite for Age Measurement by K-Ar and Rb-Sr Methods. – *Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 44/11, 1793–1808.
- KREUZER, H., HARRE, W., KÜRSTEN, M., SCHNITZER, W. A., MURTI, K. S., & SRIVASTAVA, N. K. (1977): K/Ar Dates of two Glauconites from the Chandarpur-Series (Chhattisgarh/India). On the Stratigraphic Status of the Late Precambrian Basins in Central India. – *Geol. Jb.* B28, 23–36.
- MONTAG, R. L., & SEIDEMANN, D. E. (1981): A test of the reliability of Rb-Sr dates for selected glauconite morphologies of the upper cretaceous (Narvesink formation) of New Jersey. – *Earth and planet. Sci. Lett.* 52, 285–290.
- ODIN, G. S. (1969): Méthode de séparation des grains de glauconie, intérêt de leur étude morphologique et structurale. – *Rev. Geogr. phys. Géol. dyn.* (2), 11/2, 171–176.
- (1982a): The Phanerozoic time scale revisited. – *Episodes* 3, 3–9.
- (1982b): Numerical Dating in Stratigraphy. – Wiley & Sons, Belfast.
- ODIN, G. S., & MATTER, A. (1981): De glauconiarum origine. – *Sedimentology* 28, 611–641.
- STEIGER, R. H., & JÄGER, E. (1977): Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. – *Earth and planet. Sci. Lett.* 36, 359–362.
- THOMPSON, G. R., & HOWER, J. (1973): An explanation for low radiometric ages from glauconite. – *Geochim. cosmochim. Acta* 37, 1473–1491.
- ZIMMERMANN, J.-L., & ODIN, G. S. (1982): Kinetics of the release of argon and fluids from glauconies. In: ODIN, G. S. (Ed.): Numerical Dating in Stratigraphy (Part 1, S. 345–362). – Wiley & Sons, Belfast.

Manuskript eingegangen am 30. November 1984

Revision angenommen am 1. Februar 1985

