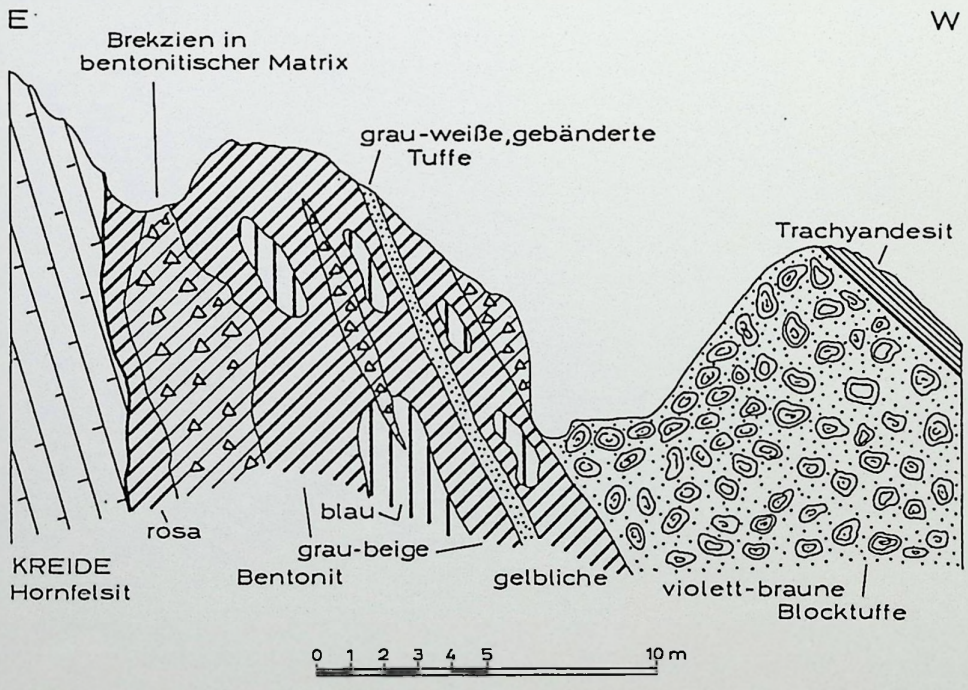
documenta
naturae
No. 68
MÜNCHEN 1992

# BENTONITE SÜDKOREA

## GAMPO 35



| documenta naturae | 68 | 1-31 | 25 Abb. | 2.Tab. | München 1992 |
|---|---|---|---|---|---|

# Lagerung, Ausbildung und stratigraphische Einstufung einiger Bentonite Südostkoreas

mit 25 Abbildungen und 2 Tabellen

Adelbert H.B.Niemeyer*und Heinz Josef Unger**

Anschriften der Verfasser:

* Dr.Adelbert H.B.Niemeyer, GRIPS, Friesenwall 89, D-5000 Köln 1

** Dr.Heinz Josef Unger, Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstr.128, D-8000 München 40

documenta naturae Nr.68

München 1992

Für den sachlichen Inhalt sind die Autoren verantwortlich,
für die Gesamtgestaltung die Herausgeber.

---

ISSN 0723-8428

Herausgeber: Dr.Hans-Joachim Gregor, Naturmuseum, Im Thäle 3, D-8900 Augsburg
Dr.Heinz Josef Unger, Nußbaumstr.13, D-8058 Erding

Die Schriftenreihe erscheint in zwangloser Folge mit Themen aus den Gebieten Geologie, Stratigraphie, Paläontologie, Lagerstättenkunde, Botanik, Anthropologie, Vor-und Frühgeschichte, Domestikationsforschung usw.

Die Schriftenreihe ist Mitteilungsorgan der Paläobotanisch-biostratigraphischen Arbeitsgruppe PBA.

Da die documenta naturae auf eigene Kosten gedruckt werden, bitten wir um Überweisung der Schutzgebühr auf das Konto 6410317280 bei der Bayerischen Hypotheken-und Wechselbank München (BLZ 700 200 01)- Inh.Dr.H.-J.Gregor.

**Kurzfassung**

Zwischen 1984 und 1989 wurden in Südostkorea bei Explorations-und Produktionsarbeiten Bentonite erschlossen, deren Lagerung, Ausbildung und stratigraphische Einstufung beschrieben werden.

Es handelt sich um die Bentonite in den Aufschlüssen Ulsan 41 und Gampo 35. Die Bentonite des Aufschlusses Gampo 35 entstammen Aschen und Tuffen des trachytischen, tiefstuntermiozänen Hyodongri Vulkanismus. Die Bentonite des Aufschlusses Ulsan 41 werden dem andesitischen Haseori Vulkanismus mitteluntermiozänen Alters zugeordnet. Beide Bentonite lagern im unteren Teil des Untermiozäns, in der Janggi Serie.

**Summary**

During 1984 and 1989 exploration of bentonite as well as open pit mining were executed in South-East-Korea. The nature of deposition, petrogenesis and stratigraphical position of two different bentonite occurences (Ulsan 41 and Gampo 35) are described.

Gampo 35 bentonites are derived from ashes and tuffs of the trachytic earliest Lower Miocene Hyodongri volcanic activity. Ulsan 41 bentonites however are thought to originate from the andesitic Haseori volcanic activity which is of Middle Lower Miocene age. Both bentonites belong to the Janggi series which are stratigraphically located in the earlier part of the Lower Miocene.

**Inhalt**

Vorwort ..... 4
1. Einleitung ..... 4
2. Lagerung und Ausbildung des Bentonits im Aufschluß Ulsan 41 ..... 4
   2.1. Der Aufschluß Ulsan 41 ..... 5
   2.2. Zur Genese der Bentonite im Aufschluß Ulsan 41 ..... 14
3. Der Aufschluß Gampo 35 ..... 16
   3.1. Lage ..... 16
   3.2. Der Aufschluß Gampo 35 ..... 16
   3.3. Detailbeobachtungen am Profil Gampo 35 ..... 17
4. Bemerkungen zur stratigraphischen Einstufung der südostkoreanischen Bentonite ..... 26
5. Literatur ..... 30

**Vorwort**

Zwischen 1984 und 1989 wurden im Rahmen von Explorations-und Produktionsarbeiten Bentonite in Südostkorea untersucht. Im Zuge dieser Arbeiten konnten im Gelände und am Stoß interessante Details zur Lagerung, Ausbildung und stratigraphischen Einstufung dieser Bentonite erarbeitet werden, die hier auszugsweise vorgelegt werden sollen. Weiterführende Details, die Firmeninteressen berühren könnten, werden hier nicht dargestellt.

Die folgenden Ausführungen geben daher ausschließlich das Ergebnis von Geländeaufnahmen wieder, wobei aus der petrographischen Beschreibung, den Lagerungsverhältnissen und den stratigraphischen Zusammenhängen Rückschlüsse auf die Genese der südostkoreanischen Bentonite gezogen werden. Bezüglich der stratigraphischen Einstufung wird auf die vorliegende koreanische Literatur, soweit sie zugänglich war, zurückgegriffen.

Die Benutzung der koreanischen Literatur gestaltete sich aus Schrift- und Sprachgründen schwierig. Man ist meistens auf unzulängliche Übersetzungen oder englische Zusammenfassungen angewiesen.

Durch diese Untersuchungen konnten im betrachteten Gebiet zwei unterschiedlich alte, bauwürdige Bentonite nachgewiesen werden.

**1. Einleitung**

Geographisch liegt das betrachtete Gebiet zwischen Gampo im Norden und Ulsan im Süden etwa auf 129°25' 50'' östlicher Länge und 35°39'40" nördlicher Breite in Südostkorea (Abb. 1,2,25). Die Städte Pohang im Norden, Kyongju im Westen und Ulsan im Süden (Abb.1,2) sowie das Japanische Meer (East Sea) im Osten umgrenzen das Gebiet. Politisch liegt es in den Provinzen Kyongsangnamdo und Kyongsangpukdo und umfaßt die Gemeinden Yeonil-gun, Kyongju-gun und Ulju-gun.

Geologisch lagern in diesem Gebiet, nach koreanischen Untersuchungen, Gesteinsserien kretazischen, miozänen und quartären Alters. Petrographisch handelt es sich dabei um unter- bis mittelmiozäne Vulkanite und grobklastische Sedimente unterschiedlicher Genese, die diskordant kretazischen Plutoniten, Vulkaniten und feinklastischen marinen Sedimenten auflagern. Paläozäne, eozäne und oligozäne Ablagerungen fehlen (Tab.1,2). In den miozänen Gesteinsserien lagern neben Bentoniten auch Vulkanite. Der zugehörige Vulkanismus liegt in nächster Nähe zu den Bentoniten.

**2. Lagerung und Ausbildung des Bentonits im Aufschluß Ulsan 41**

Nordöstlich von Ulsan (Abb.2,25) wurden 1984 bei einer Übersichtsbefahrung blaue und gelbe Bentonite entdeckt. Der Aufschluß war etwa 10 m lang und 4 m hoch (Abb.3). Über dem etwa 2 m mächtigen Bentonit lagerten 2 m Schotter, Kiese und Sande. Bentonit-intern zeigte sich ein 2 m hoher,

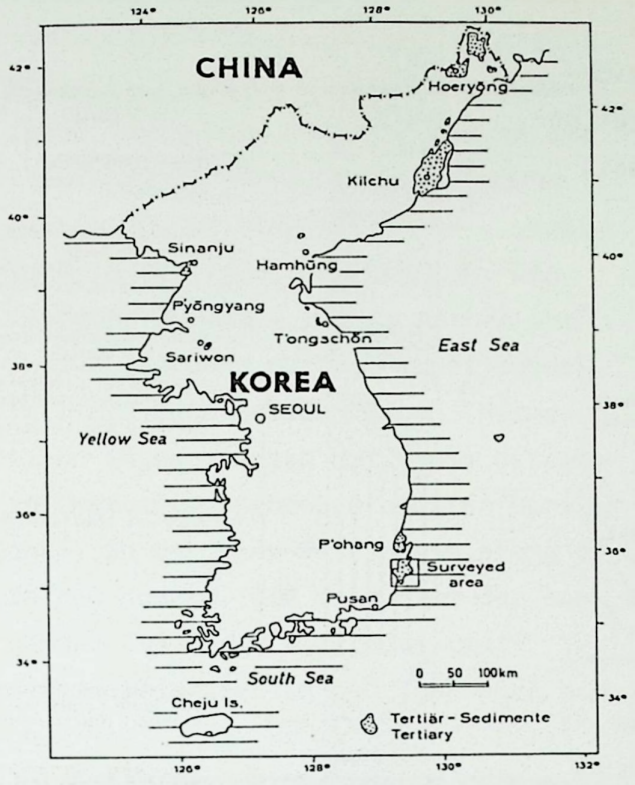



Abb.1. Geographische Übersicht und die Verbreitung des Tertiärs in Korea (nach D.S.LEE 1987).

Fig.1. Geographic map of Korea and the distribution of Tertiary sediments in Korea (after D.S. Lee 1987).

nach oben gewölbter Abschnitt von blauem Ton (Blauton), der von gelb gefärbtem Ton (Gelbton) überdeckt und randlich vertreten wurde (Abb.3).Der Top des Bentonits zeigte Erosionsspuren. Das Relief am Top des Bentonits wurde von grobklastischen Sedimenten überdeckt.

Sowohl die unterschiedliche Verteilung des Blau-und Gelbtones am Stoß wie auch die Überdeckung des Bentonits durch grobklastische Sedimente erinnert an ähnlich beobachtete Lagerungsbilder in ostbayerischen Bentonitaufschlüssen (UNGER & NIEMEYER 1985 :40).

## 2.1. Der Aufschluß Ulsan 41

Bevor die Grube Ulsan 41 eröffnet werden konnte, mußten Explorationsbohrungen die Ausdehnung und die Lagerung des bauwürdigen Bentonits feststellen. Dabei ergab sich, daß die Basis des Bentonits ein stark differenziertes Relief nachzeichnet und offensichtlich größeren Höhenschwankungen unterworfen ist. Eine detaillierte Kartierung der Basis nach den Bohrergebnissen war jedoch nicht möglich, da der untere Teil des Bentonits zunehmend härter wurde und von der Handbohrschappe nicht durchschlagen werden konnte. Deshalb wurde davon ausgegangen, daß eine mehr oder minder konstante Mächtigkeit des harten Tones an der Basis vorliegt. Der Top dieser verhärteten Lage wurde

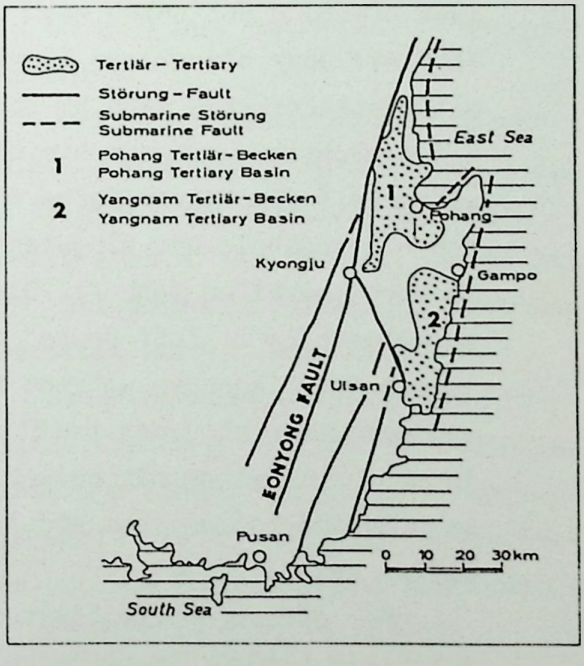



Abb.2.Geologisch-tektonische Übersicht des untersuchten Gebietes.

Fig.2. Geological and tectonic map of Kyongju area (after Yonn,S.1986).

als Richtwert für die Basis Ton genommen. Wie sich später im Grubenaufschluß zeigte, war diese Annahme richtig. Die sich aus dieser Interpretation ergebenden Höhendifferenzen der Basis beliefen sich auf bis zu 6 Meter.

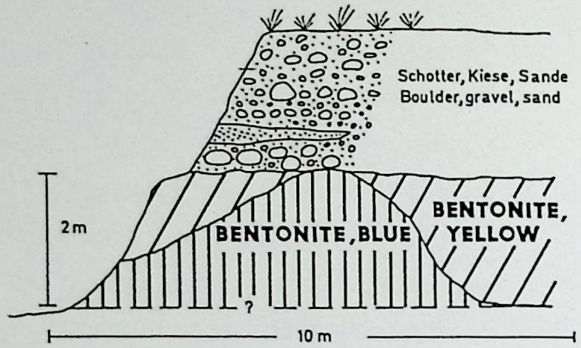



Abb.3. Der erste Aufschluß in Ulsan 41
Fig.3. The first exposure of Ulsan 41 (1984).

1986 wurde die Grube Ulsan 41 in Abbau genommen, dabei wurde folgendes Profil durch den Abbau freigelegt (Beschreibung von unten nach oben) (Abb.4): Über blaugrauen Tonmergeln mit Blattabdrücken (Abb.5) folgten 2-4 m mächtige, schwach bis nicht verwitterte Tuffe blauer Farbe mit einem hohen Sandgehalt und eingelagerten Tonmergelgeröllen (Abb 7). Diese Tonmergelgerölle im Tuff deuten auf Erosionen des Liegenden während der Tuffsedimentation hin, das heißt, die Tuffe müssen in einem mit Wasser bedekkten Sedimentationsraum abgelagert worden sein.

Über diesem unverwitterten Tuff folgt ein bis zu 7 m mächtiger Bentonit, der in seinem tieferen Teil blau

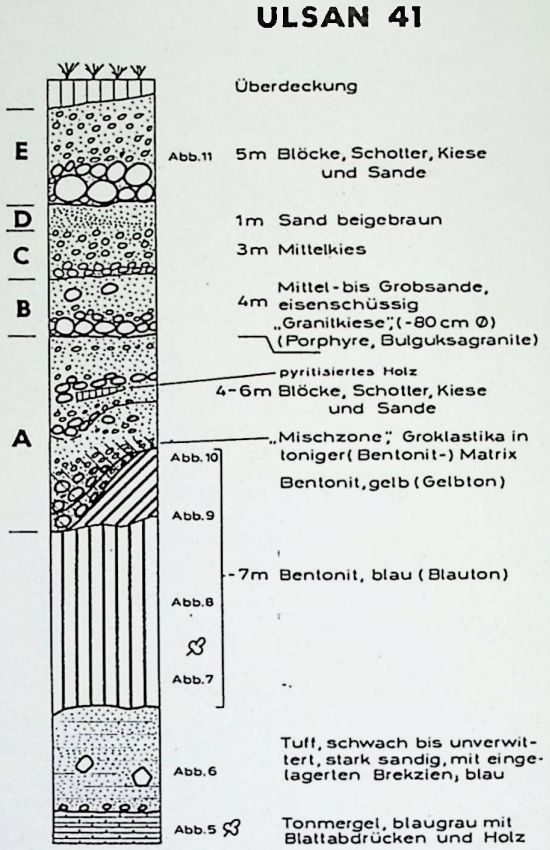



Abb.4. Das Profil im Aufschluß Ulsan 41.
Fig.4. Detailed vertical section from Ulsan 41 mine.

gefärbt ist, im oberen Teil als Gelbton vorliegt (Abb.4). Am Übergang vom vom Blauton zum Gelbton, ein mehr oder minder fließender Übergang, zeigen sich im Gelbton engumgrenzte blaugefärbte Bereiche. Auch dieses farbliche Phänomen ist ähnlich den Verhältnissen in den bayerischen Bentoniten. Der Aschen-und Tuff-fall out erfolgte hier wie dort in einen mit Wasser bedeckten Sedimentationsraum, in dem ein **reduzierendes Milieu** herrschte. Daraus erklärt sich die blaue Farbe des heutigen Bentonits, die ein Indiz für 2-wertiges Eisen ist. Für die Bentonitisierung der vulkanischen Aschen und Tuffe heißt das, daß die Umsetzung

zu Montmorillonit in einem reduzierenden Milieu erfolgte und erst eine spätere Oxidation im Grundwasserbereich veränderte die blaue Farbe des 2-wertigen Eisens im Ton in seinen oberen Abschnitten zur gelben, stabileren 3-wertigen Modifikation. Die tiefsten Bereiche dieser Aschen-und Tuff-Ablagerung dürften dabei außerhalb der Zone gelegen haben (hermetisch abgeschlossen durch die bereits in Umsetzung stehenden höheren Bereiche?),in der eine Bentonitisierung erfolgen konnte. Die Oxidation der hangenden Teile des Bentonits griff nicht allzu tief in den Tonkörper hinab.

Teile des Gelbtons sind offensichtlich erosiv entfernt worden (Abb.4). Am Übergang vom Bentonit zu den überdeckenden Grobklastika fand sich eine 1 cm mächtige Fasergipslage, ebenfalls ein Indiz für ein reduzierendes Milieu. In einigen Abschnitten des Ulsan 41 - Aufschlusses fehlte der Gelbton. Entweder wurde er erosiv vollständig abgeräumt oder die Umsetzung zu Gelbton durch oxidierende Grundwässer fand nicht statt.

Die den Bentonit überlagernden Grobklastika können 3-5 m mächtig werden. Es handelt sich dabei um Schotter (-20 cm Ø), Fein-bis Grobkiese und eisenschüssige Fein-bis Grobsande. Die Lagerung ist mehr oder minder unsortiert, die Feinanteile im Aufbau dieses Sediments deuten auf ursprünglich schlammiges Feinsediment. Die Farbe dieser Abfolge ist braun bis ockerfarben (Abb.10). Eingelagert in diesen Schotterkomplex fanden sich pyritisierte Holzreste (ebenfalls ein Indiz für reduzierendes Milieu). Innerhalb dieser Schicht konnten kleinere Erosionen und Wiederaufschotterungen beobachtet werden, wobei sogenannte Granitkiese, deren einzelne Komponenten starke Verwitterungserscheinungen zeigten, als Resedimente vorliegen (Abb.4, **A**).

Über diesen Grobklastika, deren Genese aus dem Aufschlußbild nicht eindeutig zu ermitteln war (entweder fluviatil als Sturzfluten oder als Schuttfächer), folgen 4 m mächtige sogenannte Limonitsande. Petrographisch handelt es sich dabei um mittel-bis grobkörnige, stark eisenschüssige Fein- bis Grobsande mit regellos eingelagerten Granitgeröllen (-15 cm Ø)(Abb.4,**B**). Die Basis dieser Abfolge bildet eine Grobschotterlage (Geröllduchmesser bis 80 cm ) aus Porphyren und Bulguksagraniten.

Über den eisenschüssigen Sanden folgen 3 m mächtige Mittelkiese (-3,5 cm Ø), rotbraun, braunbeige, stark sandig (Abb.4, **C**), die von 1 m mächtigem, beigebraunem Mittel-bis Grobsand überdeckt werden (Abb.4, **D**).

Den hangenden Abschluß des Profils bilden 5 m mächtige Grobschotter, Kiese und Sande, beigebraun, wobei die Basis wieder von einer Grobschotterlage aus Porphyren und Graniten gebildet wird (Abb.4, **E**; Abb.11).

Die Interpretation der den Bentonit überdeckenden Sedimente zeigt,daß

**Abb.5 - Fig.5**

Blattabdrücke in den Tonmergeln im Liegenden des Bentonits.
Leaf prints in clayish marls just below the bentonites.

**Abb.6 - Fig.6**

Blattabdrücke und Holzreste in den untersten Blautonen. Sie sind ein Indiz dafür, daß während des beginnenden Tuffabsatzes noch Einschwemmungen oder Einwehungen von Holz und Laub erfolgten.
Leaf prints and relicts of woods in the downer most blue bentonite indicate that during the starting tuff sedimentation transport of wood and leafs into the basin still continued.

**Abb.7 - Fig.7**

Eingelagerte Tonmergelgerölle im unteren Blauton deuten auf erosive Vorgänge und Umlagerungen aus den liegenden Sedimenten während der Tuffsedimentation.
Clayish marl detritus in the downer part of the blue bentonite indicate erosion and resedimentation during the tuff sedimentation.

Fotos A.NIEMEYER



Abb.5

Fig.5



Abb.6

Fig.6



Abb.7

Fig.7

**Abb.8 - Fig.8**

Bänder-und Streifenstrukturen im unteren Abschnitt des Blautones.
Layered sedimentary structures in the downer blue bentonite.

**Abb.9 - Fig.9**

Blauton-Reste im Gelbton. Sie wurden nicht oxidiert. Sie zeichnen sich durch einen fettigen Glanz und hohe Montmorillonitgehalte aus. Ihre Struktur erinnert an Glasfetzen, wie sie in rezenten Tuffen beobachtet werden können. Eventuell erfolgt die Umsetzung der vulkanischen Gläser schneller zu hochwertigem Bentonit als die der Tuffe (in den blauen, fetten Partien liegt der Montmorillonitgehalt bei 95-100%, in den gelben um 60%. Das heißt: je geringer der Bentonitanteil, desto permeabler das Gestein; je permeabler, desto schnellere Oxidation. Man kann davon ausgehen, daß aus Gläsern echter Montmorillonit wird und die Matrix nur bedingt das geeignete Ausgangsprodukt darstellt).

Non oxidated blue bentonite relicts in the yellowish clay show a greazy brightness and a high content of smectite. Their structure remembers to volcanic glass particles seen in recent tuffs. Possibly the alteration of these glassy particles to high grade smectite took place quicker than in the tuffs.

**Abb.10 - Fig.10**

Übergang vom Gelbton zum Blauton. Die fortschreitende Oxidation kann an den im Gelbton nochvorhandenen Blauton-Relikten erkannt werden.

Boundary between the yellow and the blue bentonite. The progress of oxidation can be observed on the bluish relicts in the yellow bentonite.

Fotos A.NIEMEYER



Abb.8

Fig.8



Abb.9

Fig.9



Abb.10

Fig.10

**Abb.11 - Fig.11**

Die freigelegte Oberfläche des Bentonits im Abbau zeigt ein durch Erosion verändertes Relief der Bentonitoberfläche. Im Hintergrund die Schotter,Kiese und Sande im Hangenden.

After cleaning of the overlying boulders, gravels and sands the surface of the bentonite shows traces of erosion. The clastic sediments still can be seen in the background.

**Abb.12 - Fig.12**

Erosionsrinne in den tiefsten Bereichen der eisenschüssigen Sande mit "Granitkiesen" (linke Bildhälfte) und stark verwitterten Granitgeröllen im höheren Teil (Pfeile ).

Erosional groove in the downer most parts of the limonitic sands with granite gravels (on the left site) and strongly weathered granite boulders (arrows).

**Abb.13 - Fig.13**

Blöcke, Schotter, Kiese und Sande im obersten Teil des Aufschlusses. Links unten die obersten Teile der eisenschüssigen Sande.

Boulders, gravels and sands characterize the uppermost part of the outcrop. Down left the top part of the limonitic sand layer.

Fotos A.NIEMEYER



Abb.11

Fig.11



Abb.12

Fig.12

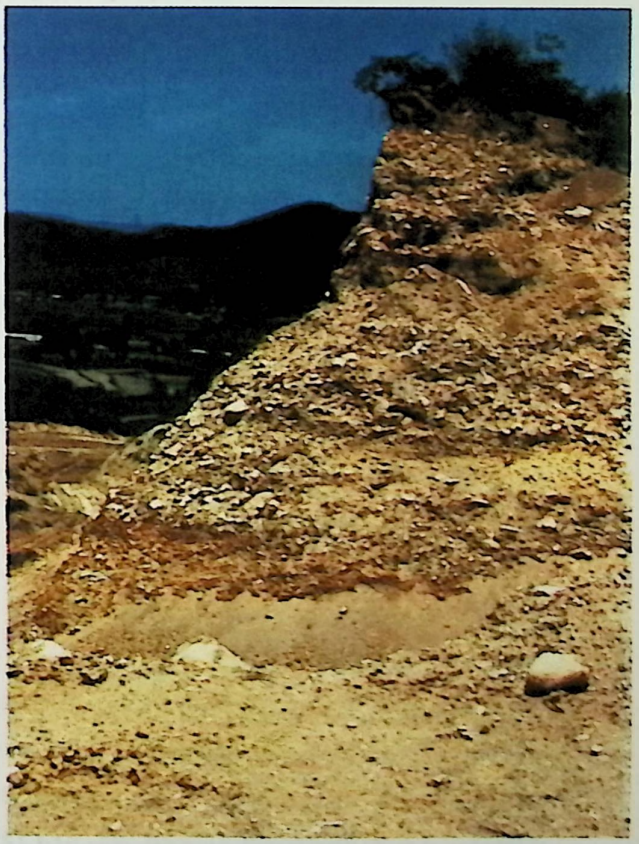


Abb.13

Fig.13

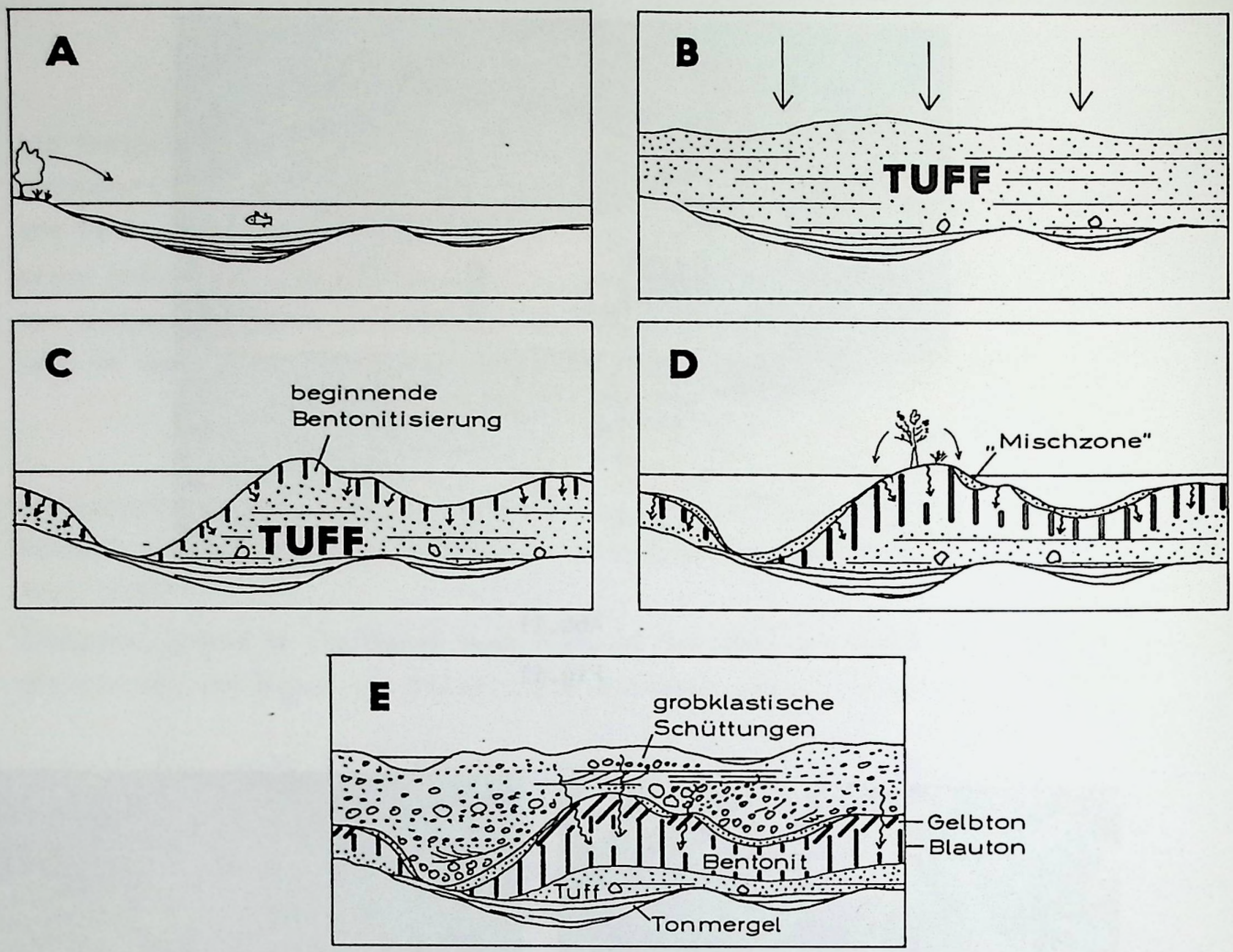



Abb.14. Schematischer Entwicklungsablauf der Bentonitlagerstätte Ulsan 41.
Fig.14. Schematic development history of the bentonites in the Ulsan 41 mine.

mindestens drei sturzflutartige Schüttungen über dieses Gebiet hinweggegangen sein müssen.

## 2.2. Zur Genese der Bentonite im Aufschluß Ulsan 41

Aus der Lagerung und den sedimentologischen Zusammenhängen läßt sich folgendes Entstehungsmodell der Bentonite im Aufschluß Ulsan 41 skizzieren (Abb.14):

Im limnisch-fluviatilen Milieu Wassergefüllter Senken gelangten die blauen Tonmergel (im Liegenden des Bentonits) in einem reduzierenden Milieu zum Absatz. Vom Ufer her wurden Blätter eingeweht und Hölzer eingeschwemmt und rasch einsedimentiert (Abb.14 **A**). Der daran anschließende Aschen-und Tufffall out eines nahegelegenen Ausbruchsherdes überzog in größerer Mächtigkeit das Land, füllte Profilunterschiede auf und versiegelte die Sedimente im Liegenden (Abb.14 **B**). Diese Aschen und Tuffe wurden sowohl auf dem Festland wie auch in Wasser-gefüllten

Senken abgelagert. In letzteren kann man ein durch die vulkanischen Äußerungen, wie etwa schwefelige Exhalationen bedingtes, reduzierendes Milieu erwarten.

Teile der Tuffe wurden anschliessend fluviatil erodiert, wobei Rinnen entstanden, deren Gleit-und Prallhänge im Abbau Ulsan 41 nachgewiesen werden konnten. Am Ende dieser Erosionsphase blieb eine stark reliefierte Tuffoberfläche zurück (Abb.14 **C**), die unter Wasserbedeckung fiel. Die Bentonitisierung begann resp.setzte sich in diesem Stadium fort (begonnen dürfte sie sofort nach der Sedimentation der Aschen und Tuffe haben). Vom Rand her eingeschwemmte Sedimente vermischten sich mit dem Bentonit zur sog. Mischzone.

Nachdem sich diese Mischzone gebildet hatte (Abb.4 **A**, Abb.14 **D**) wurden bei einem hohen Flüssigkeits-und Massenangebot auf kurzem Weg und wahrscheinlich binnen kurzer Zeit in mehreren Schüben Blöcke (-80 cm Ø), Schotter, Kiese und Sande über diesem Bentonit abgelagert (Abb.4 **A-E**; Abb. 14 **E**). Bei diesem Vorgang vermischten sich die Grobklastika erneut mit bentonitischem Material und die Mischzone wurde dadurch mächtiger. Diese Mischzone dürfte in einem späteren Entwicklungsstadium als Isolierschicht über dem Bentonit den Grundwasseraustausch wenn schon nicht vollständig unterbunden, so doch erheblich behindert haben, was letztendlich den abschnittsweisen Ausfall des Gelbtones erklären könnte.

Die Umsetzung der Tuffe zu Bentoniten erfolgte, soweit eine teilweise Montmorillonitisierung nicht bereits während der Eruptionsphase eingetreten war, im Süßwassermilieu unter reduzierenden Bedingungen. Dabei färbte das weniger stabile 2-wertige Eisen den Bentonit blau und erst unter dem Einfluß zirkulierender Grundwässer wurden die oberen Teile des Bentonitlagers zu Gelbton, indem das 2-wertige Eisen in die stabile 3-wertige Modifikation übergeführt wurde. Störungen in der Zirkulation des Grundwassers, d.h.ein ungehinderter Wasseraustausch können diesen Oxidationsvorgang beeinträchtigt haben.

Während Bentonit-intern diese Oxidation ablief, setzten an den überdeckenden Sedimenten bereits die Abtragungen ein, die zur heutigen Topographie führten.

Einige offene Fragen, die aus der Lagerung und dem Sedimentationsbild nicht beantwortet werden konnten, sollen noch kurz angeschnitten werden:

- Unklar ist, ob die Tuffe direkt in die Wasser-erfüllten Senken gelangten oder vom Rand her mit dem zufließenden Wasser in diese Senken eingeschwemmt wurden. Das eine schließt das andere nicht grundsätzlich aus, doch scheint in Ulsan 41 erstere Möglichkeit die wahrscheinlichere zu sein, da im unteren Teil des blauen Bentonits neben den Blattabdrücken Feinschichtungen auftre-

ten (Abb.8), die einen Absatz von eingewehtem Material in ein stehendes Gewässer nahelegen.

- Koreanische Geologen diskutieren für derartige Lagerstätten eine Entstehung aus erodierten, älteren Pyroklastika, die auf sekundärer Lagerstätte resedimentiert worden sein sollen. Abgesehen, daß ein, wenn auch nur in einzelnen Abschnitten bentonitisierter Tuff, nicht so ohne weiteres aufbereitet, abtransportiert und resedimentiert werden kann, fehlen im aktuellen Aufschluß Ulsan 41 die sedimentologischen Beweise für einen derartigen Vorgang.
- Offen bleibt derzeit noch, ob die den Bentonit überlagernden Grobklastika als fluviatile, stark verschlammte Sturzfluten oder als Schuttkegel über dem Bentonit zur Ablagerung gelangten.

Zusammenfassend kann folgender Entstehungsablauf für die Bentonite im Aufschluß Ulsan 41 skizziert werden: Sie entstammen eingewehten Aschen und Tuffen, die in wassererfüllten Senken zum Absatz gelangten. Sie wurden zum größten Teil in situ in einem reduzierenden Milieu (blaue Farbe der Bentonite) bentonitisiert. Die Bentonite scheinen sehr bald nach ihrer Entstehung durch die Mischzone in Teilen versiegelt worden zu sein, wodurch sie einem kontinuierlichen Grundwasseraustausch entzogen wurden, wodurch eine weitere Oxidation bis in größere Tiefe (Farbumschlag von Blau zu Gelb) unterbunden wurde, eine Bentonitisierung der untersten Tuffe sogar unmöglich wurde.

Zeitlich dürften die Bentonite von Ulsan 41 in den mittleren Abschnitt des Untermiozäns, in den obersten Abschnitt der Janggi Serie einzustufen sein (Tab.2). Sie werden nach KIM et al.(1971)den Haseori Tuffen zugeordnet, die einem andesitischen Vulkanismus entstammen.

## 3. Der Aufschluß Gampo 35

### 3.1. Lage

Die Bentonitaufschlüsse und der Abbau Gampo 35 liegen südlich der Ortschaft Gampo im Yangnam-Tertiär-Becken (Abb.2, 23, 24, 25).

### 3.2. Der Aufschluß Gampo 35

Über kretazischen, am Top stark verwitterten Hornfelsiten (Abb.15, 16) folgen 1-15 m mächtige, bunte, feinkörnige, teilweise bentonitisierte Tuffe, die im unteren Teil rosa, im oberen weiß-gelb gefärbt sind. Nach oben im Stoß läßt die Bentonitisierung nach, die Tuffe werden grobkörniger und zeigen pillowähnliche Strukturen bräunlich-violetter Färbung. Den hangenden Abschluß bilden nach MOON (1988, frdl. mündl.Mitt.)dünngebankte Trachyandesite. Diese diskordant über der Kreide lagernde Bentonitabfolge wird wiederum diskordant vom mittelmiozänen Jongdong Konglomerat mit Blöcken, Schottern, Kiesen und Sanden überlagert.

### 3.3. Detailbeobachtungen am Profil Gampo 35

Die Bentonite lagern in diesem Aufschluß durchwegs nahe der Kreide/Tertiär-Grenze. Sie weisen dort, wo sie direkt im Einflußbereich der zirkulierenden Grundwässer lagern, den höchsten Montmorillonitgehalt auf. Nach dem Aufschlußbefund scheinen zirkulierende Hydrothermalwässer, das Grundwasser oder über Klüfte eingesickertes Oberflächenwasser für die Bentonitisierung der Tuffe verantwortlich zu sein. Wahrscheinlich waren die kretazischen Hornfelsite der Stauer, über dem es in den Tuffen zur vollständigen Bentonitisierung kam. Die Tuffe wurden mit größter Wahrscheinlichkeit in situ montmorillonitisiert.

Über dem Bentonit lagern beigegrünlich-gelb gefärbte Blocktuffe, die sogenannten Unteren Blocktuffe (Abb.15 **A**; 17), die zwar teilweise bentonitisiert sind, in deren Schichtverband jedoch die Umrisse der ursprünglich einsedimentierten Blöcke noch deutlich mit grauem Kern und eisenfarbenem Rand zu erkennen sind (Abb.17).

Diese bentonitisierte Untere Blocktufflage wird von Fein-Tuffen überlagert, die schichtintern kleine Brüche zeigen (Abb.15 **B**; 18). Diese Bruchstrukturen (Staffelbrüche im Dezimeterbereich)dürften im frühdiagenetischen Stadium durch die Auflast entstanden sein. Über diesen "gestörten" Tuffen folgt ein fossiler Boden (Abb. 15 **B**; 19), der eine Sedimentationspause sowie eine Ruhephase in der vulkanischen Aktivität dokumentiert.

Der fossile Boden wird von violettbis rosabraunen Blocktuffen, den sogenannten Oberen Blocktuffen (Abb.15 **C**) überdeckt, die wie der Untere Blocktuff bentonitisiert sind, in deren Schichtverband jedoch die Umrisse der ehemaligen Tuffbomben als Reliktstrukturen noch erkennbar sind ( siehe oben).

Über diesem Oberen Blocktuff folgen vermutlich konkordant dünnbankige Trachyandesite (Abb.15 **D**; 20, 21).

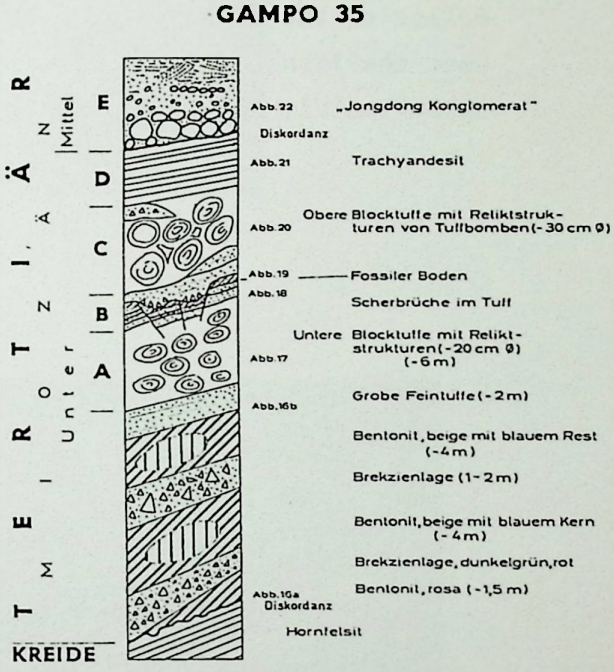



Abb.15. Das Profil im Aufschluß Gampo 35.
Fig.15. Detailed vertical section from Gampo 35.

Über den Trachyandesiten lagert diskordant das mittelmiozäne Jeondong Konglomerat (Abb.15 **E**; 22;Tab.1). Es besteht aus Blöcken, Schottern, Kiesen

**Abb.16a - Fig.16a**

Rechts im Bild die grauen kretazischen Hornfelsite und darüber der erste Bentonit im Aufschluß Gampo 35.

On the right side grayish cretaceous hornfelsites overlayed by the downer most bentonitic layers

**Abb.16b - Fig.16b**

Steilstehende Bentonitlinse im Aufschluß Gampo 35. Rechts (im Osten) das Liegende mit rosafarbenen Bentoniten, die nur noch im auskeilenden Teil der Linse (im Norden) zu sehen sind. Gegen Westen zu Übergang von Bentonit zu den Unteren Blocktuffen. Die gestrichelte Linie umgrenzt in etwa die Bentonitlinse.

Overview of the lense shaped bentonite body in Gampo 35. On the right side (East) the pink bentonites normaly are positioned but are visible only as a relict of the lense shaped bentonite body in the background (arrow). In the West the lithic tuff overlies the bentonite body. The bentonite lense is approximately surrounded by the dotted line.

Fotos A.NIEMEYER

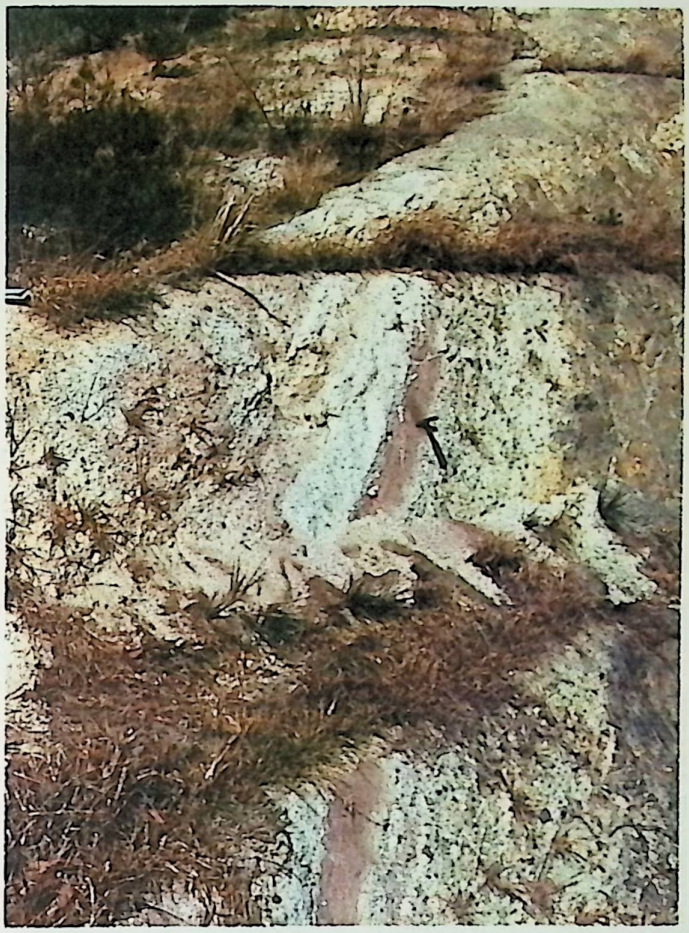


Abb.16a
Fig.16a

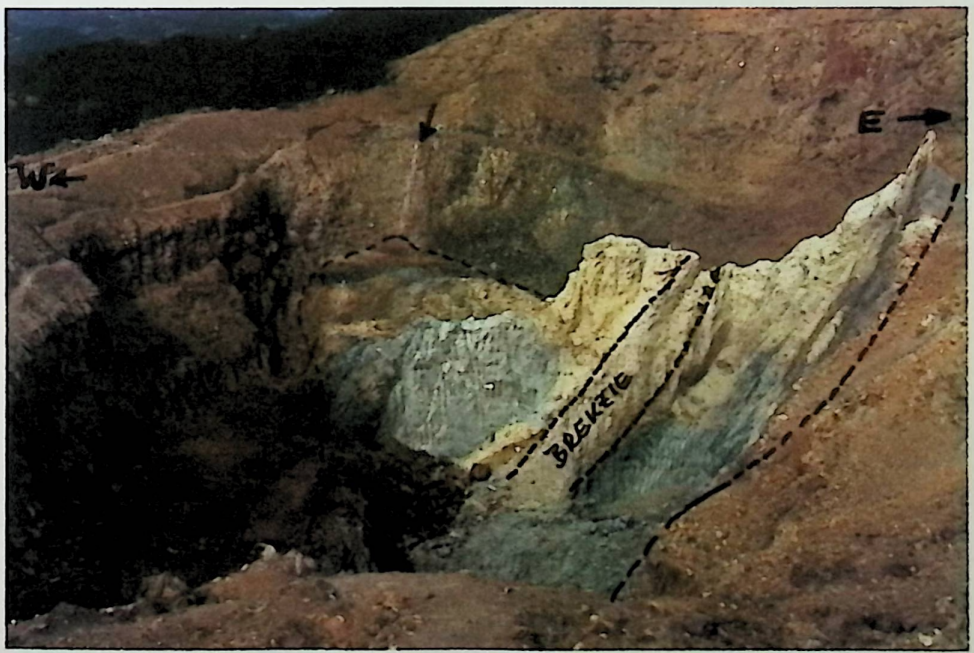



Abb.16b
Fig.16b

**Abb.17 - Fig.17**

Reliktstrukturen in den teilweise zu Bentonit umgewandelten ehemaligen Blocktuffen.

Remaining tuff structures in partly altered lithic tuffs.

**Abb.18 - Fig.18**

Bruchstrukturen im bentonitisierten Tuff, die auf frühdiagenetische Setzungen durch die Auflast zurückgeführt werden.

Early diagenetic fractures in the bentonitic tuff caused by overlying weight.

Fotos A.NIEMEYER

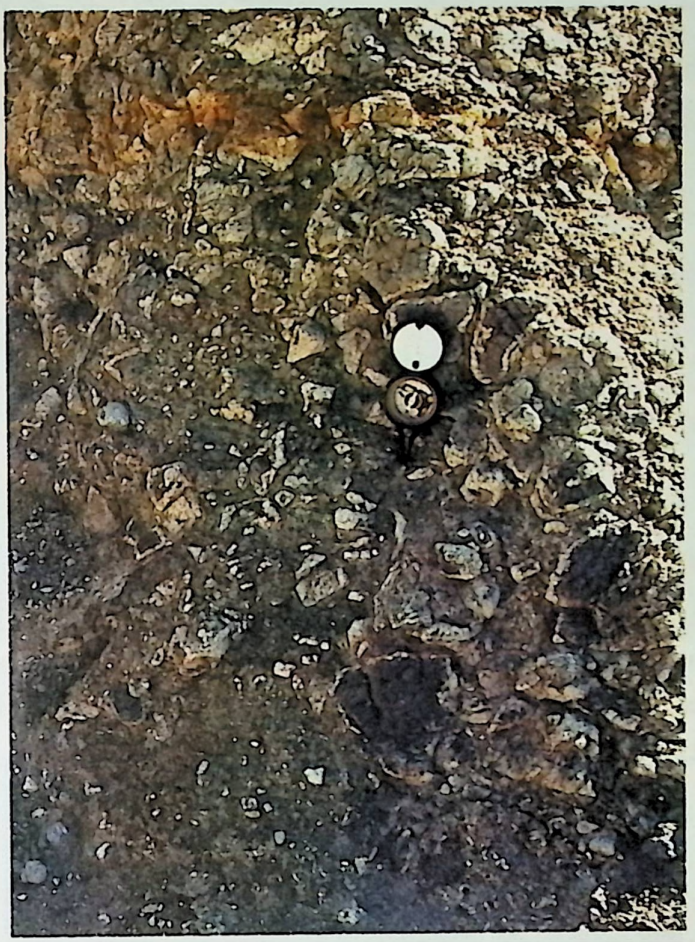


Abb.17

Fig.17



Abb.18

Fig.18

**Abb.19 - Fig.19**

Erosionserscheinungen im oberen Teil der Unteren Blocktuffe, Ausbildung von Erosionstaschen mit einem Paläoboden. Die Eintiefungen sind mit jüngerem Tuff verfüllt. Die Reliktstrukturen der ehemaligen Tuffbomben sind gut zu erkennen.

Erosion in the upper part of the Downer Lithic tuff show erosional pockets with relicts of paleosoils. The pockets are filled up by younger tuff. Relict structures of tuff bombs can be seen.

**Abb.20 - Fig.20**

Oberer Teil des Profils Gampo 35. Die Person steht auf der Erosionsfläche mit dem Paläoboden. Darüber folgen violette Blocktuffe, die im obersten Teil von Trachyandesiten überlagert werden.

Upper part of the lithological profile Gampo 35. The person stand on the erosional surface with paleosoils. Above this layer violet lithic tuff can be seen. These lithic tuffs are covered by trachyandesite.

Fotos A.NIEMEYER



Abb.19

Fig.19

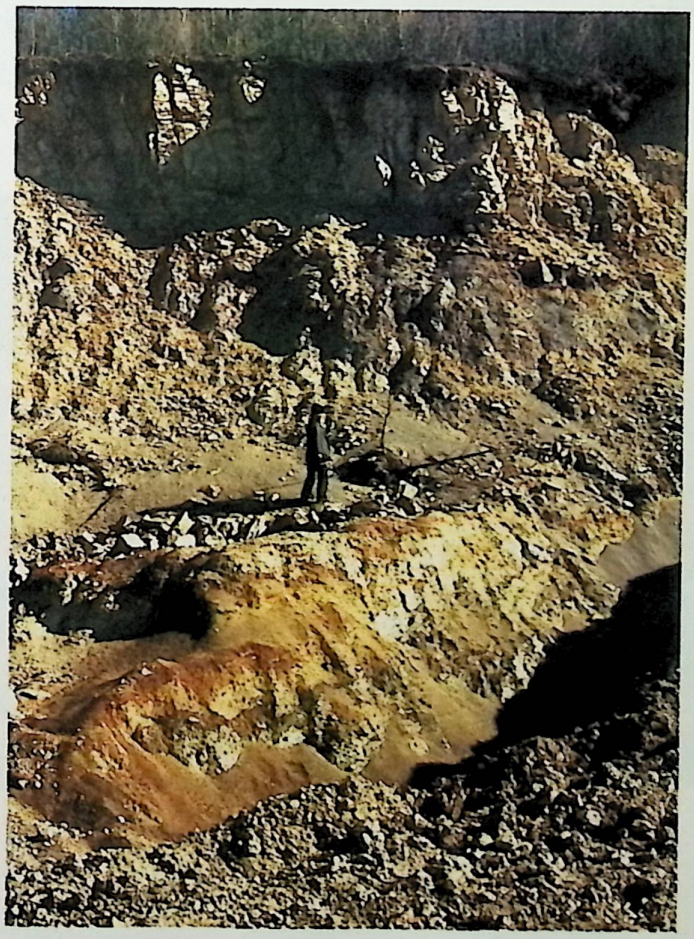


Abb.20

Fig.20

**Abb.21 - Fig.21**

Dünngebankte Trachyandesite als Hangendes der Blocktuffe.

Thin layered trachyandesites overly the lithic tuffs.

**Abb.22 - Fig.22**

Sedimente der Jeondong Formation im Hangenden der Trachyandesite in der Nähe des Gampo 35 - Aufschlusses. Die mittelmiozänen Jeondong-Sedimente überlagern diskordant die untermiozänen Trachyandesite.

Sediments of Jeondong formation overly the trachyandesites close to Gampo 35 mine. Middle Miocene Jeondong sediments cover the Lower Miocene trachyandesites. The boundary is characterized by a discordance.

Fotos A.NIEMEYER



Abb.21

Fig.21



Abb.22

Fig.22

und tonigen Sanden und dürfte durch Schlammströme antransportiert worden sein. Abschnittsweise scheint es auch aus normaler fluviatiler Sedimentation zu stammen.

Die kretazischen Hornfelsite werden von besagten bunten Tuffen diskordant überlagert, in denen Breccien als Nester, Linsen oder Lagen auftreten. Die Breccien bauen sich petrographisch aus kretazischen Hornfelsiten (20-50 cm Ø), seltener aus kretazischen Bulguksagraniten auf; sie schwimmen in einer Matrix aus feinen Tuffen bzw. Bentoniten.

Die Breccien-führenden Bentonite zeigen analytisch meistens die höchsten Montmorillonitgehalte. Dies wird auf die gute Wasserdurchlässigkeit dieser brecciösen Tuffe zurückgeführt, wodurch eine optimale Montmorillonitisierung möglich wurde.

Als weiteren Beweis für die gute Wasserzirkulation in diesen Bentoniten sind die bunten Farben sowohl in den am Top stark verwitterten, vergrusten Hornfelsiten als auch auf Scherrissen in den Bentoniten zu werten.

Ein Ost-West-Profil soll die Lagerung und Ausbildung der Bentonite im Aufschluß Gampo 35 verdeutlichen (Abb. 23).

## 4. Bemerkungen zur stratigraphischen Einstufung der südostkoreanischen Bentonite

In die abschließende Betrachtung wird neben den beiden oben im Detail beschriebenen Bentonitaufschlüssen in den Konzessionen Ulsan und Gampo noch ein Bentonit aus der Konzession Yeonil 33 (südlich von Pohang; Abb.2, 24) miteinbezogen.

Die Bentonite Südostkoreas verteilen sich auf das Pohang-Becken (Yeonil-Gruppe) (Abb.2, 24) und das Yangnam-Becken (Yangbuk-Gruppe)(Abb.2, 25).Die geologischen Verhältnisse in der Konzession Yeonil 33 sind nach KIM & MOON (1982), YOON(1986), REEDMAN & UM(1975), NOH et al.(1983) und LEE(1987) gut bekannt; ihre stratigraphische Zuordnung ist nach Faunen weitgehend geklärt (Tab.1, 2).

Im Überblick kann zu Yeonil 33 Folgendes gesagt werden: Der Bentonit lagert dort in der Janggi Serie (Tab.2). Nach NOH (1985) beinhaltet diese Serie Tuffe mit eingelagerten Kohleflözchen und Konglomeratlagen, die ebenfalls diskordant auf kretazischen Quarzporphyren und Hornfelsiten lagern. Zeitgleich und postsedimentär zur Janggi Serie drangen Trachyte und Basalte auf, die zu größeren Schichtverstellungen der Janggi-Sedimente und der Bentonite führten. So fällt die Janggi Serie mit bis zu 40° gegen NW ein.

Die Bentonite treten in der Janggi Serie meistens als dünne Lagen, entsprechend den geringeren Mächtigkeiten ihrer Ausgangssedimente auf. Es handelt sich um Ca-Bentonite.

Das Tertiär Südostkoreas insgesamt wird nach KIM & MOON (1982) 1530-2300 m mächtig. Nach den bisherigen Bear-

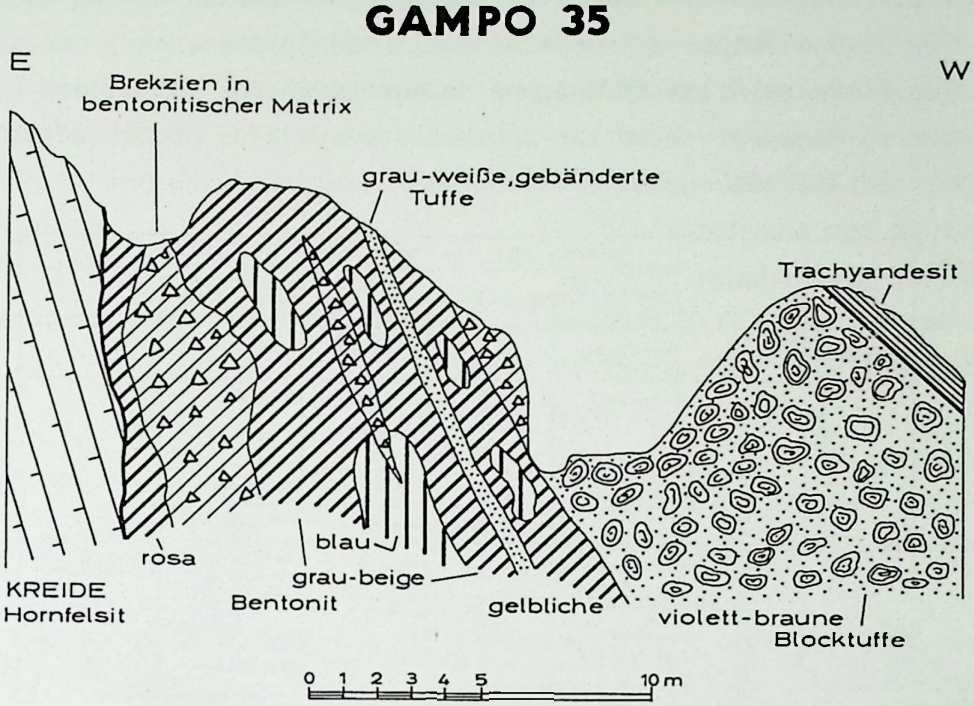



Abb.23. Ost-West-Profil über die Lagerstätte Gampo 35.

Fig.23. East-West-Cross-Section through Gampo 35 mine.

beitern wird es (von unten nach oben) in die Yangbuk-(Janggi-), die Beomgogri- und die Yonil-(Yeonil-)Gruppen unterteilt (Tab.2).

Nach REEDMAN & UM (1975) sind Teile der untermiozänen Ablagerungen limnisch-fluviatilen Ursprungs, während das Mittel-bis ?Obermiozän der Yeonil-Gruppe marin ist.

LEE (1987) führt mächtige Konglomerate an der Basis des Untermiozäns, der ältesten tertiären Sedimentabfolge in Südostkorea, auf tektonische Unruhe zurück, die mit der Entstehung des Japanischen Meeres (East Sea) zusammenhängen soll. Eine Zugbeanspruchung in Richtung Westen während der Öffnung des Japanischen Meeres soll dabei zur Entstehung der südostkoreanischen Tertiär-Becken (Pohang- und Yangnam-Becken) geführt haben.

Tab.1: Die tektonischen, sedimentären und vulkanischen Abläufe im Pohang- und Yangnam-Becken Südostkoreas (nach YOON 1982).

Tab.1: Tectonic, sedimentary and volcanic activities in the Pohang- and Yangnam-Basins in the southeastern part of Korea (after YOON 1982).

| Age | | Basin | | Tectonic history | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Pohang | Yangnam | Stage | Phase |
| QUAT. | | Rhyolite Yeonil Basalt | Rhyolite Eoil Basalt | V | 2nd.volc. Phase |
| TERTIARY | Miocene Middle | Duno Fm. Idong Fm. Heunghae Fm. Hagjeon Fm. | | IV | marine trangress. Phase |
| | | Cheongogsa Fm. Danguri Congl. | Songjeon Fm. Jeondong Fm. | III | |
| | | | | II | uplift ph. |
| | Lower | | Hyodongri Volcanics Janghang Fm. Andongri Congl. Churyeong Br. | I | 1 st. volcanic Phase |
| | | | Waeupri tuff | | |
| CRETACEOUS | | | | proto-land | |

Tab.2: Gegenüberstellung der neogenen Sedimente von Yeonil und Gampo nach unterschiedlichen Autoren.

Tab.2: Correlation of Neogene sediments in the Yeonil and Gampo areas in the southeastern part of Korea (after TATEIWA and other authors).

| Age | | Series | TATEIWA 1925 | | UM et al. 1964 | 1975 KIM et al. 1971 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Yeonil-Guryong Po Area | Gampo Area | Pohang Area | Kuemkwangdong, Janggi & Nangpo Area | Gampo Area |
| QUAT. | | | Yeonil basalt and andesite | | | Basalt and andesite | |
| TERTIARY | Miocene Middle-Upper | Yeonil Series | Yeonil shale | | Yeonam Fm.<br>Docho Fm.<br>Idong Fm.<br>Hueonghae Fm.<br>Hakrim Fm. | Qtz.fd.Porphyry<br>Pohang Fm.<br>Daejinri rhyolitic tuff | |
| | | | Cheonbuk Conglomerate | | | Daejinri congl. | |
| | Lower | Beomgogri Series | Beomgogri andesite & tuff | | | Andesitic tuff | Beomgogri andesite & andesitic tuff |
| | | | Jin Jeondal andesite and tuff<br>Manghaesan andesite and tuff<br>Bangsanri perlite | | | Bangsanri perlite | |
| | | | Galpyeongdong breccia | | | | |
| | | | Yongdongri tuff | | | | Yongdongri tuff |
| | | | | Andongri congl.<br>Wayeobri andesitic tuff | | | Andongri congl.<br>Wayeobri andesitic tuff |
| | | Janggi Series | Upper basaltic tuff<br>Kuemori andesitic tuff<br>Upper coal bearing layer | Eoil Fm.<br>Eoil basalt | | Upper basaltic tuff<br>Kuemori trachytic tuff<br>Kuemori Fm. | Haseori andesitic tuff ( ULSAN 41 )<br>Haseori andesite |
| | | | | | | Middle basaltic tuff | Eoil Fm.<br>Eoil basalt |
| | | | | | | Upper coal bearing layer | |
| | | | Lower basaltic tuff<br>Lower coal bearing layer<br>Kueomkwangdong shale | | | Lower basaltic tuff<br>Lower coal bearing layer<br>Kueomkwangdong Fm. | |
| | | | Nuldaeri trachyte and tuff<br>Janggi congl. | Hyodongri volcanics<br>Gampo congl.<br>Haseori andesitic tuff<br>Haseori andesite | | Nuldaeri trachytic tuff<br>Janggi congl. | Hyodongri volcanics ( GAMPO 35 )<br>Gampo congl. |

LEE(1987) unterteilt das Miozän im Pohang-Becken in die untermiozäne Jangbuk (Janggi-)-und die mittelmiozäne Yonil (Yeonil-)-Gruppe. Die Sedimente im Gampo-Becken werden vom untermiozänen Gampo-Konglomerat, das bereits spätoligozän einsetzen könnte, den Hyondongri Volcanics und der Eoil-Formation repräsentiert. Das untermiozäne Alter belegen dabei marine Mollusken.

Demgegenüber bietet eine vergleichende stratigraphische Tabelle, zusammengestellt von KIER (1987) ein wesentlich differenzierteres Bild der Abfolgen und ihrer möglichen Parallelisierung (Tab.2). Nach dieser Zusammenstellung sind die Bentonite der Konzession Ulsan 41 dem untermiozänen Haseori andesitic tuff zuzuordnen. Sie entstanden aus vulkanischen Aschen und Tuffen, die Süßwassersenken zum Absatz kamen.

Dünne Sandzwischenlagen in den

Bentoniten deuten darauf hin, daß die vulkanischen Exhalate offensichtlich mehreren Ausbrüchen entstammen, die von Ruheperioden im vulkanischen Geschehen mit Sandsedimentation unterbrochen waren.

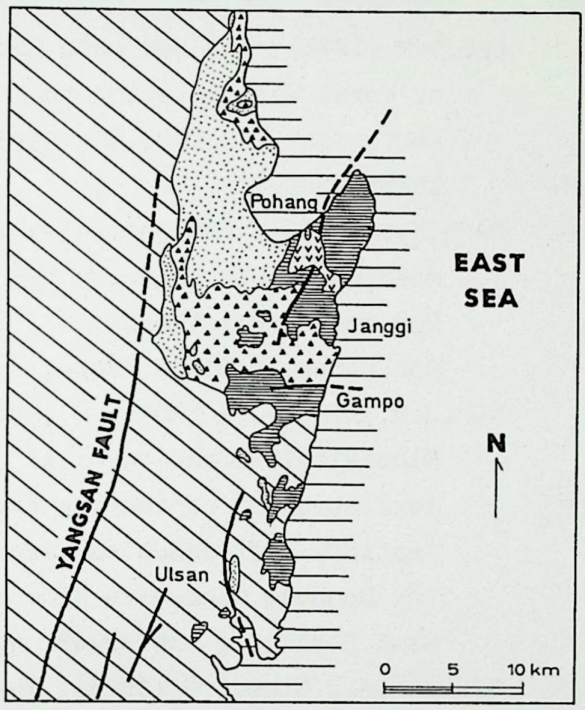



Abb.24. Verbreitung der Yangbuk-und Yeonil-Gruppe in Südostkorea (nach REEDMAN & UM 1975).

Fig.24. Distribution of Yangbuk-and Yeonil-sediments in the southeastern part of Korea (after REEDMAN & UM 1975).

Die Bentonite des Aufschlusses Gampo 35 dürften den tiefstuntermiozänen Hyodongri volcanics zuzuordnen sein. YOON (1986) verbindet die Gampo-Bentonite mit einer ersten vulkanischen Aktivitätsphase im Untermiozän (Tab.1) und verknüpft den "Bentonitvulkanismus" generell mit dem Hyodongri-Vulkanismus. Dies würde allerdings bedeuten, daß zwischen den kretazischen Hornfelsiten und den Bentoniten von Gampo 35 neben einer Tufflage - dem Waenpri Tuff -noch weitere Sedimente fehlen müßten, die andernorts vorliegen.

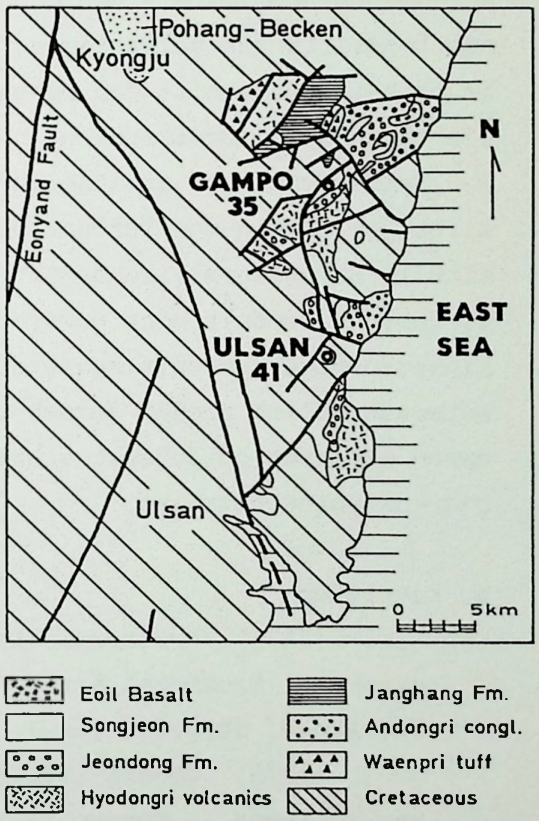



Abb.25. Geologische Übersicht des Yangnam Beckens (nach YOON 1986).

Fig.25. Geological map of the Yangnam Basin (after YOON 1986).

Da bis jetzt keine detaillierten Untersuchungen an den Bentoniten von Ulsan 41 und Gampo 35 vorgenommen wurden, kann nach der Literatur und den

hier vorgelegten Studien im Aufschluß, folgende zeitliche Einstufung als wahrscheinlich angenommen werden:

Sowohl die Gampo 35- wie die Ulsan 41-Bentonite haben untermiozänes Alter und sind in die Janggi Serie einzuordnen. Die Gampo 35-Bentonite entstammen Aschen und Tuffen des untermiozänen trachytischen Hyodongri-Vulkanismus (TATEIWA 1925; KIM et al. 1971).

Die Ulsan 41-Bentonite lassen sich auf Aschen und Tuffe eines untermiozänen andesitischen Vulkanismus, der im höchsten Abschnitt der Janggi Serie tätig war, zurückführen.

Beide Bentonite entstammen offensichtlich Aschen und Tuffen, die in situ im Süßwassermilieu bentonitisiert wurden. Es handelt sich generell um linsenförmige Bentonitlagerstätten unterschiedlich großer Ausdehnung, deren Exploration äußerst schwierig und kostenintensiv ist.

## 5. Literatur


CHANG,K.H.(1975): Cretaceous Stratigraphy of Southeast Korea.- J.Geol. Soc.Korea, **11**:1-22, Seoul.

-"- (1975): General Stratigraphy of Korea. - Korean Inst.Mining Geol., **8**: 73-88; Seoul.

KIM,O.J.(1975): Granites and Tectonics of South Korea. - Korean Inst.Mining Geol., **8**:223-230; Seoul.

KIM,J.H. & MOON,H.S.(1978): Occurrence in the Tertiary sediments. - Korean Inst.Mining Geol., **11**:59-68; Seoul.

KIM.J.H.& MOON,H.S.(1982): Zeolithe, bentonite and Fuller's earth deposits in Tertiary sediments, Yeongil and Gampo areas. - Report on Geosci.Miner.Res., **10**:105-124; Seoul.

LEE,D.S.(ed.)(1987): Geology of Korea.- Kyohaksa, 1st Ed., Seoul.

LEE,S.M.(1974): The tectonic Setting of Korea with relation to the plate tectonics. - J.Geol.Soc.Korea,**19**: 25-36; Seoul.

NAHM,K.Y.(1970): The tectonics in Korean peninsula shown on the 1:250, 000 scale relief maps. - J.Geol. Soc.Korea, **6**:53-60, Seoul.

NOH,J.H.,KIM,S.J.& CHOY,j.H.(1983): Mineralogical and chemical characterization of bentonites from Tertiary tuffaceous sediments in the Donghae Bentonite Mine.- J. Geol.Soc.Korea, **19**:39-48; Seoul.

REEDMAN,A.J.& Um,S.H.(1975): The Geology of Korea. - Korean Institute of Energy and Resources, 139 S.; Seoul.

SON,C.M.(1969): Crustal movements in Korea.- J.Geol.Soc.Korea,**5**:167-210; Seoul.

SUN,Y.(1975): The tertiary deposits of the Ulsan basin.-J.of Libarts science, Busan Nat.Univ.,**15**:67-71 (Nat.Sci.Ser.); Busan.

TATEIWA,J.(1924):Geological Maps and explanation text of Yeongil and Joyang sheets.- Geol.Map of Korea, No.2; Seoul.

UNGER,H.J.& NIEMEYER,A.(1985): Die Bentonite in Ostniederbayern.Ent-