

7. Nr. 96. 353

**INSTITUT FÜR GESTEINSHÜTTENKUNDE
UND FEUERFESTE BAUSTOFFE DER
MONTANUNIVERSITÄT, A-8700 LEOBEN**

Tel. (03842) 425 55 / 490

VORSTAND o. PROF. DR. PHIL. FELIX TROJER



PROJEKT P 37

BLÄHSCHIEFER ALS WÄRMEDÄMMENDER BAUSTOFF

Das Projekt P 37 wurde vom Land Steiermark mit S 50.000,--
gefördert. Die Untersuchungen wurden am Institut für
Gesteinshüttenkunde und feuerfeste Baustoffe durchgeführt.

Leoben, November 1981

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. BLÄHSCHIEFER - BLÄHTON - LEICHTBETON	1
1.1 Unterschied Blähton - Blähschiefer	2
2. LAGERSTÄTTENKRITERIEN - LAGERSTÄTTENSUCHE IM PROJEKT P 37	4
2.1 Wirtschaftlich-ökologische Kriterien	4
2.2 Die bemusterten Gebiete	4
2.3 Ergebnisse der Bemusterung und der thermi- schen Voruntersuchungen	6
3. UNTERSUCHUNG DER BLÄHFÄHIGEN SCHIEFER "REITINGAU UND VORDERNBERG"	8
3.1 Chemische Zusammensetzung	8
3.2 Mineralogischer Aufbau	8
4. BLÄHVERSUCHE	9
4.1 Der Blähvorgang	9
4.2 Die Gewinnung der Blähprodukte	12
4.3 Blähschiefer Körnungen	12
4.4 Porigkeit des Blähgutes	20
4.5 Porigkeit - Wärmedämmvermögen - bauphysi- kalische Kennwerte	27
4.6 Porigkeit und Wohnraumklima	27
5. ZUSAMMENFASSUNG - SCHLUSSFOLGERUNG	29

BLÄHSCHIEFER ALS WÄRMEDÄMMENDER BAUSTOFF

1. BLÄHSCHIEFER - BLÄHTON - LEICHTBETON

Blähschiefer wird vorwiegend als Leichtbetonzuschlag in Verbindung mit verschiedenen Zementtypen als wärmedämmender Baustoff eingesetzt. Ein wesentlich geringerer Teil findet beispielsweise als loses Dämm- und Schüttmaterial "Trockenestrich" Verwendung.

Während trockener Normalbeton (Kies-/Splitt-Beton-B 300) bei Rohdichten um 2300 kg/m^3 Wärmeleitkoeffizienten von $\lambda^* = 1,50-1,95 \text{ W/mK}$ aufweist, liegen die Werte für Blähtonbeton und Blähschieferbeton mit vergleichbaren Druckfestigkeitswerten ($\sigma_{DF/28 \text{ Tage}} = 26-30 \text{ N/mm}^2$) und Rohdichten zwischen 1300 und 1350 kg/m^3 bei durchschnittlichem $\lambda \leq 0,50 \text{ W/mK}$. Daraus ergibt sich, daß durch den Einsatz hochwertiger Leichtzuschlagstoffe wie Blähschiefer oder Blähton, Leichtbeton oder Leichtbetonbauteile mit etwa gleichen Festigkeitswerten ($\sigma_{\text{Druck, Biegezug}}$) und rund 3-4-fach besserer Wärmedämmung gefertigt werden können. Die mit hochwertigen Leichtbetonzuschlägen erzielbaren Druck- und Biegezug-Festigkeitswerte genügen sowohl den statischen Anforderungen im Wohnbau als auch dem konstruktiven Stahlbetonbau (Decken, Brücken, Träger etc.). Dementsprechend ist es großtechnisch möglich unter Beachtung neuzeitlicher Betontechnologien, aus Blähton-/Blähschiefer-Körnungen wie "Leca", "Liapor", "Detoon" usw., LB-Qualitäten wie etwa LB 600 - ($\sigma_{DF/28 \text{ Tage}} = \text{mid. } 60 \text{ N/mm}^2$), zu erzeugen. Damit liegen diese LB-Qualitäten bereits deutlich über der Eigenfestigkeit hochwertiger Zemente wie PZ 375 und PZ 475.

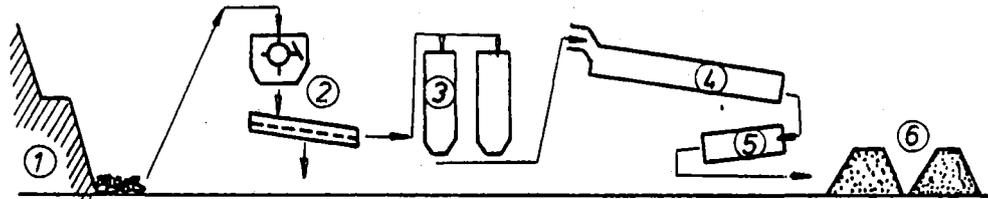
* Werte gemessen am Institut für Gesteinshüttenkunde

1.1 UNTERSCHIED BLÄHTON - BLÄHSCHIEFER

Die grundsätzlichen technologischen Unterschiede zwischen Blähton und Blähschiefer liegen vor allem in den Abbau- und Aufbereitungsverfahren. Während BLÄHSCHIEFER im allgemeinen einen vergleichsweise geringen Aufbereitungsaufwand in Form einfacher Brech- und Klassieranlagen erfordert, müssen harte Tone zu granulierfähigem Tonmehl zerkleinert werden, die danach noch granuliert und getrocknet werden müssen. Für plastische Tone fällt die Feinzerkleinerung weg, Pelletisierung, Vortrocknung usw. bleiben jedoch als zusätzlicher Aufwand und Kostenfaktor gegenüber der Blähschieferaufbereitung bestehen (Bild 1+2).

Bild 1

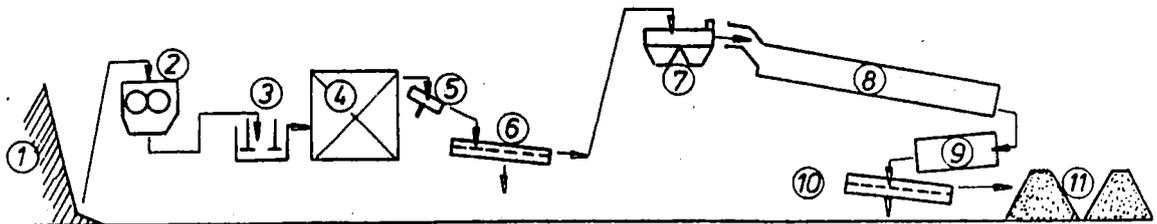
Schema einer Drehrohrofen-Blähschieferanlage



- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1 - Schieferlagerstätte (Bruch) | 4 - Drehrohrofen |
| 2 - Bruch- und Siebanlage | 5 - Kühler |
| 3 - Vorratslager | 6 - Blähschiefer-Fertiggut |

Bild 2

Schema einer Drehrohrofen-Blähtonanlage



- | | |
|--|------------------------|
| 1 - Tonlagerstätte (Tongrube) | 5 - Granulieranlage |
| 2 - Brecher (Walzenbrecher, Tonrasppler usw) | 6 - Siebanlage |
| 3 - Misch- und Homogenisierungsanlage | 7 - Vortrocknung |
| 4 - Ton - Zwischenlager | 8 - Drehrohrofen |
| | 9 - Kühler |
| | 10 - Blähton-Fertiggut |

Der Brennvorgang, in dem der Ton-/Schieferrohstoff in ein baukeramisches Produkt umgewandelt wird, kann für Blähschiefer und Blähton sehr ähnlich geführt werden.

Blähfähige Schiefer kann man im Gegensatz zu gelegentlich mangelhaft blähenden Tonen, weder mit Blähhilfsmittel versetzen, noch ihren Chemismus und Mineralbestand wesentlich korrigieren.

Es kommen daher für eine Verwertung überwiegend nur jene Schiefer in Betracht, die aufgrund ihres chemisch-mineralogisch und strukturellen Aufbaues ein natürliches Blähvermögen bei Temperaturen zwischen etwa 1050 und 1300°C aufweisen.

Obwohl in der einschlägigen Fachliteratur genügend Analysenrichtwerte, Kennzahlen, Moduli, Hinweise, auf günstig und weniger günstige Mineralkomponenten- und Verteilung, Mineralkombinationen usw. aufscheinen, bleibt als Grundkriterium, daß der Rohschiefer in seinem Chemismus, seiner Mineralogie, seiner Struktur usw. so aufgebaut ist, daß sich bei rascher Erhitzung (z.B. Zirkulations-Strömungs-ofen) oder bei eher langsamen Temperaturanstieg (z.B. Drehrohr-ofen), in einem genügend breiten Temperaturbereich, hinreichend große Mengen hochviskoser Alumosilicat-Schmelzen ($\eta < 10^{12}, > 10^8$ dPas) bilden und durch gleichzeitig freiwerdende Gase im pT-Gefälle (Schieferkorn Zentrum/Oberfläche) gebläht werden, ohne daß dabei die einzelnen Blähaggregate miteinander verkleben. Infolge der durch den Blähvorgang entstandenen Porigkeit sinkt die Kornrohddichte von durchschnittlich 2,7 g/cm³ auf ~1 g/cm³. Porengröße, Porenverteilung, Kühlbedingungen und die Ausbildung der weitgehend porenfreien Blähschieferaußenhaut (Brennhaut), beeinflussen entscheidend Materialkennwerte wie Korneigenfestigkeit, Beton-Gesamtfestigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Diffusions-eigenschaften und andere wesentliche bauphysikalische Kennwerte.

2. LAGERSTÄTTENKRITERIEN - LAGERSTÄTTENSUCHE IM PROJEKT P 37

2.1 WIRTSCHAFTLICH-ÖKOLOGISCHE KRITERIEN

Da über nutzbare österreichische Blähschiefervorkommen außer eigenen Untersuchungen (Mayer) aus dem Zeitraum 1976-1978, keine diesbezüglichen Arbeiten bekannt sind, wurden im Rahmen des Projektes P 37 folgende Kriterien als Voraussetzung für die Lagerstättenbewertung festgelegt:

a) Blähschiefer ist wie alle Baustoffe als transportkostensensibles Produkt anzusehen. Lagerstätte und Werksanlagen sollten möglichst in unmittelbarer Nähe und im Nahbereich möglicher potentieller Verbraucher (Städte) liegen.

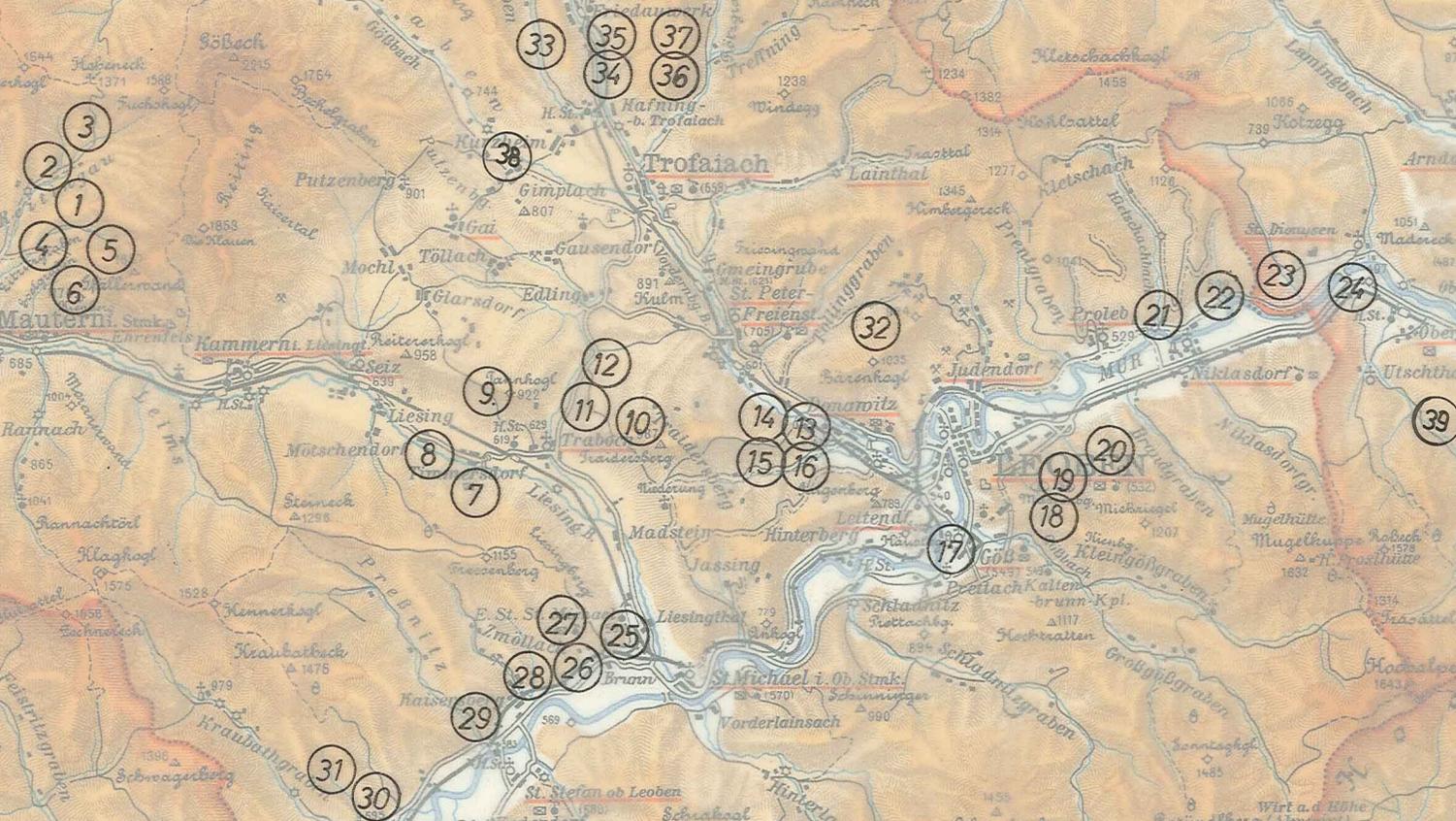
Da die steirische Landeshauptstadt Graz vorläufig mit dem Blähprodukt "Leca" (Fehring) ausreichend versorgt werden kann, bot sich vor allem der Großraum Mur- Mürztal, und hier wiederum das Ballungsgebiet Bruck/Leoben mit den Nahbereichen Kapfenberg/Mürztal bzw. Knittelfeld/Aichfeld, als mögliches Lagerstätten- und Produktionszentrum an.

- b) Die Lagerstätte sollte transportmäßig leicht zugänglich sein.
- c) Die Lagerstättengröße soll nutzbare Vorräte für mindestens 20 Jahre Abbaubetrieb beinhalten.
- d) Aus ökologischen und ökonomischen Gründen sollten die möglichen Lagerstätten nicht direkt am verbauten Gebiet liegen.

2.2 DIE BEMUSTERTEN GEBIETE

Geologische Karten als wertvolles Hilfsmittel bei der Suche nach nutzbaren mineralischen Rohstoffen, können meist nur sehr allgemeine Hinweise geben. Es war daher notwendig, eine systematische Bemusterung entsprechend Bild 3 - Probenahmepunkte P 1 - P 39, durchzuführen. Bemustert wurden vor allem großflächig anstehende Gesteine sowie in einigen Fällen Lockergestein und Bachgeschiebe.

INSTITUT FÜR GESTEINSUNTERSUCHUNGEN
UND FEUERFESTE DAUSTOFFE
MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN
A-8700 LEOBEN



Maßstab
1:150 000

2.3 ERGEBNISSE DER BEMUSTERUNG UND DER THERMISCHEN VORUNTERSUCHUNGEN

- P 1 - P 6: Im Gebiet um Mautern/Liesingtal kommen große Mengen von Basis-Schiefern (Basis des Reitingkalkes) vor. Von diesen Schieferlagern zeigten Schiefer der Probenahmepunkte
- P 1 - P 3 gute bis sehr gute Blähfähigkeit (hintere Reitingau),
- P 4 - P 6 mäßige bis schlechte Bläheigenschaften (im Bereich mittlere Reitingau, Mautern-Nord, Eselberg).
- P 7 - P 8: Raum Timmersdorf/Liesingtal - sowohl an den süd- als auch an den nordseitigen Probenahmepunkten sind nur mäßig bis schlecht blähende Schiefer zu finden.
- P 9 - P 12: Gebiet Traboch/Trabochersee - alle Schiefer liegen im SiO_2 -Gehalt zu hoch und sind ohne interessantes Blähvermögen.
- P 13 - P 16: Donawitz/Tal, Niederung - die meisten Schiefer sind ohne Blähvermögen, einige mäßig blähende Muster weisen lagige CaCO_3 -Einschlüsse auf, wodurch die gebrannten Aggregate infolge der $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ -Hydratation nach einiger Zeit unter den üblichen Raumbedingungen zerfallen.
- P 17 : Leoben/Häuselberg Nord - kleinere Schieferlager mit mäßigem bis schlechtem Blähvermögen.
- P 18 - P 20: Leoben/Massenberg - nicht blähendes, fallweise CaCO_3 - und Graphit-haltiges und teils sehr tiefschmelzendes Schiefergestein.

- P 21 - P 22: Proleb/Ortsausgang NE + Köllach N - große Lager SiO₂-reicher, meist schlecht blähender Schiefer.
- P 23 - P 24: St.Dionysen, Köllach - mächtig anstehende Schieferlager mit meist mäßigem bis schlechtem Blähvermögen. Bachgeschiebe mit z.T. gut blähbarem Material.
- P 25 : St.Michael/Brunn N - Schiefer mit schlechtem Blähvermögen.
- P 26 - P 29: Kaisersberg N/Zmöllach + Preßnitzgraben - zumeist nicht blähfähiges z.T. stark graphithaltiges Schiefergestein.
- P 30 - P 31: Kraubathgraben/Kraubath - vorwiegend nicht blähfähiges Material.
- P 32 : Donawitz/Tollinggraben - Schiefergestein mäßig bis schlecht blähend.
- P 33 : Grumpengraben/Trofaiach - kalkreiche meist nicht blähbare Schieferlagen.
- P 34 - P 37: Friedauwerk bei Vordernberg - mit beachtlicher Mächtigkeit anstehende, zumeist gut bis sehr gut blähende Schiefervorkommen.
- P 38 : Gössgraben/Trofaiach - z.T. anstehende z.T. im Bachsediment auffindbare, meist gut blähende Schiefer (Fortsetzung der Reitingauer-Vorkommen).
- P 39 : Utschgraben/Oberaich E-W - mäßig bis schlecht blähende Schiefer mit z.T. beachtlichem Graphitgehalt.

3. UNTERSUCHUNG DER BLÄHFÄHIGEN SCHIEFER "REITINGAU UND VORDERNBERG"

3.1 CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

Chemische Analysen durchschnittlicher Gesteinsproben der Vorkommen "Reitingau" und "Vorderberg" ergaben folgenden chemischen Aufbau:

	Schiefer "Reitingau"	Schiefer "Vorderberg"
	Masse %	Masse %
SiO ₂	65,70	63,40
Al ₂ O ₃	18,40	17,90
Fe ₂ O ₃	9,60	10,50
CaO	SP	SP
MgO	3,1	2,30
Na ₂ O	SP	SP
K ₂ O	3,1	5,80
1100°	2 %	2,8 %
Glvl.		

3.2 MINERALOGISCHER AUFBAU

In dem meist grau-schwarzen, relativ weichen, blähfähigen Schiefer herrschen Quarz* (meist < 100 µ), Chlorite*, diverse Feldspat*-Vertreter und Glimmer* vor. Neben diesen meist gleichmäßig und fein verteilten Mineralen und Mineralgruppen finden sich nicht selten Quarz- und Feldspat-reiche Adern bzw. Hohlräumfüllungen von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimeter Stärke, als sehr unerwünschte Begleiter. Daneben treten stark untergeordnet meist als Kluft oder Hohlräumbeläge CaCO₃ und Eisenhydroxide auf. In unterschiedlicher Verteilung, jedoch in geringer Konzentration sind noch Magnetit, Ti-Mineralen und verschiedene Alumosilicate sowie teilweise

graphitische Substanz zu finden.

* Röntgen- und DTA-Analysen:

Quarz - β -Quarz

Chlorite - meist dem Leuchtenbergit nahekommende Fe-Al-Hydrosilikate mit zwei ausgeprägten, unterschiedlichen Gitterzerfalls-Temperaturen.

Feldspäte - (K,Na) $[AlSi_3O_8]$ - sowie Na $[AlSi_3O_8]$ / Ca $[Al_2Si_2O_8]$ -Vertreter.

Glimmer - Muskovit/Hydromuskovit - $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$ u.ä.

4. BLÄHVERSUCHE

4.1 DER BLÄHVORGANG

Zur praktischen Durchführung der Blähversuche stand ein als Rohofen adaptierter Kammerofen zur Verfügung. Als variable Parameter wurden vorgegeben:

Die Blähzeit bzw. Verweilzeit im Ofen (1-15 Minuten, fallweise 60 Minuten).

Die Blähtemperatur zwischen 1150 und 1210°C.

Die Ausgangskörnungen (5/7 und 7/10 mm).

Die Ofenatmosphäre - diese war generell oxidierend, zu Vergleichszwecken auch fallweise reduzierend (CO/CO₂).

Wird blähfähiges Schiefergestein mehr oder weniger rasch erhitzt, so finden neben dem optisch erkennbaren Blähvorgang auch eine Reihe komplexer chemisch-physikalischer Vorgänge statt, die sowohl zeitlich hintereinander als auch parallel zueinander ablaufen können. Diese komplizierten Feststoff- und Schmelzphasenänderungen, die OH⁻, CO₂²⁻-Abgabe, die Sauerstoff-Wasserstoff- und Kohlenstoffpartialdrücke, Viskositätsverhältnisse, das FeO-Fe₂O₃-Gleichgewicht usw., welche selbst mit kombinierten DTA-DG-Thermountersuchungen nicht völlig getrennt erfaßt werden können, bestimmen den Blähverlauf entscheidend.

Bild 4 gibt einen schematischen Überblick über die Veränderung der Mineral- und Glasphasenanteile wie sie beim raschen Erhitzen des rohen Schiefergesteines auftreten. Zur Diagrammerstellung wurden Röntgen-Thermoanalytische Untersuchungen ausgewertet.

Quarz

β -Quarz als Mineral-Hauptkomponente ($\beta \rightleftharpoons \alpha$ -Quarz) tritt ab etwa 1000°C ohne wesentliche Cristobalitbildung mit den z.T. schon vorher zerfallenen Mineralkomponenten wie Chlorit usw. unter Bildung eutektischer Schmelzen in Reaktion. Größere Quarzkörner (> 50 μ) können dabei auch noch bis wesentlich über 1200°C als nur teilweise angelöste Quarzrelikte erhalten bleiben.

Feldspäte

Die in den untersuchten Schiefern "Reitingau" und "Vorderberg" vorkommenden Alkalifeldspäte sowie Plagioklase nehmen ab ca. 850°C an der Schmelzphasenbildung teil und sind bei ca. 1150°C, dem Beginn des günstigen Blähtemperaturbereiches, vollständig gelöst und somit als Glasphase ein wesentlicher Faktor im Blähverhalten.

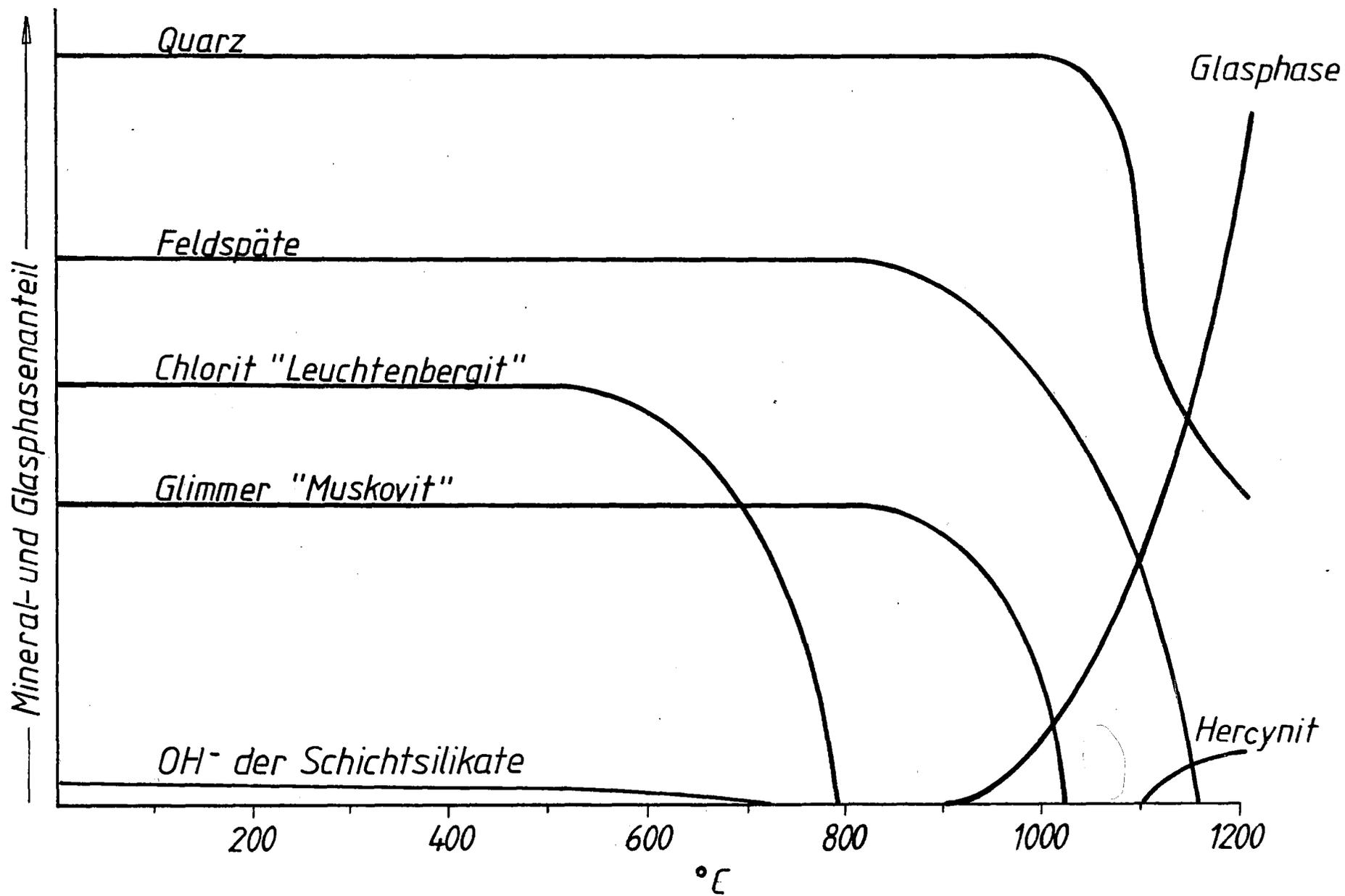
Chlorit

Der Zerfall der Chlorite beginnt bei etwa 500°C und ist bereits bei 800°C vollständig abgeschlossen.

Glimmer (Muskovit/Hydromuskovit)

Der unter den gegebenen Aufheizbedingungen röntgenographisch nachweisbare Muskovit-Zerfall tritt erst ab ca. 850°C auf. Vollständig zerfallen sind diese Glimmer bei 1050°C.

BILD 4 - Änderung der Mineralphasenanteile bei plötzlicher Erhitzung und 10 Minuten Haltezeit-für blähfähige Schiefer VORDERNBERG und MAUTERN.



Parallel zu den Mineralumbildungen und Auflösungen kann ab etwa 900°C in zunehmendem Maße die Entstehung von Glasphasen beobachtet werden. Ab etwa 1100°C, mit Eintritt in den Blähbereich, ist die Neubildung des fA-Spinelles = Hercynit röntgenographisch nachweisbar.

Bemerkenswert ist auch, daß aus der abgebauten Quarzsubstanz weder Cristobalit noch Tridymit als Kristallneubildungen nachgewiesen werden konnten. Auch scheint trotz des relativ hohen Al_2O_3 -Gehaltes von meist mehr als 18 % keine Mullitisierung (A_3S_2 -Neubildung) aufzutreten.

4.2 DIE GEWINNUNG DER BLÄHPRODUKTE

Im labormäßigen Blähversuch wurden alle Schieferkörnungen unmittelbar ohne Vorwärmung den gewählten Blähbedingungen (1100-1250°C) ausgesetzt. In der Praxis entspricht dies etwa dem Zirkulations-Strömungs-Verfahren, wogegen Blähschiefer nach den Drehrohrofen-Verfahren mit wesentlich niedrigeren Temperaturgradienten beaufschlagt wird. Das letztere Verfahren wurde an einigen Proben mit Aufheizgradienten von ca. 10°/Minute ebenfalls simuliert und lieferte ähnliche Ergebnisse wie Blähversuche mit rascher Erwärmung, nur die Blähintervalle waren zu etwas tieferen Temperaturen verschoben. Die Untersuchungsergebnisse mit langsamer Erwärmung werden in der Folge nicht mehr behandelt.

4.3 BLÄHSCHIEFER KÖRNUNGEN

Ausgehend von einer mittleren Gesteinsrohichte (105°-trocken) = 2,70 - 2,74 g/cm³, ergeben sich für den Schiefer "Reitingau/5-7 mm" bei Blähzeiten von 1-15 Min. und Ofenraumtemperaturen von 1100-1210°C, Korneigendichten von 0,75 bis 1,25 g/cm³. Diese Korneigendichten beziehen sich auf den gesamten Ofenanfall, also ohne Aussortierung ungeblähter Anteile (Diagramm 1).

Die Kornklasse (Rohschiefer) "Reitingau/7-10 mm" erbrachte

unter gleichen Brennbedingungen wesentlich niedrigere Korndichten und kleinere Anteile an schwach- oder ungeblähtem Ofengut.

Wie aus Diagramm 2 zu erkennen ist, ergaben sich Korndichtewerte zwischen 0,55 und 1,0 g/cm³.

Die optimale Blähzeit lag dabei vorwiegend zwischen 11 Min. (1210°C) und 13 Min. (1150°C).

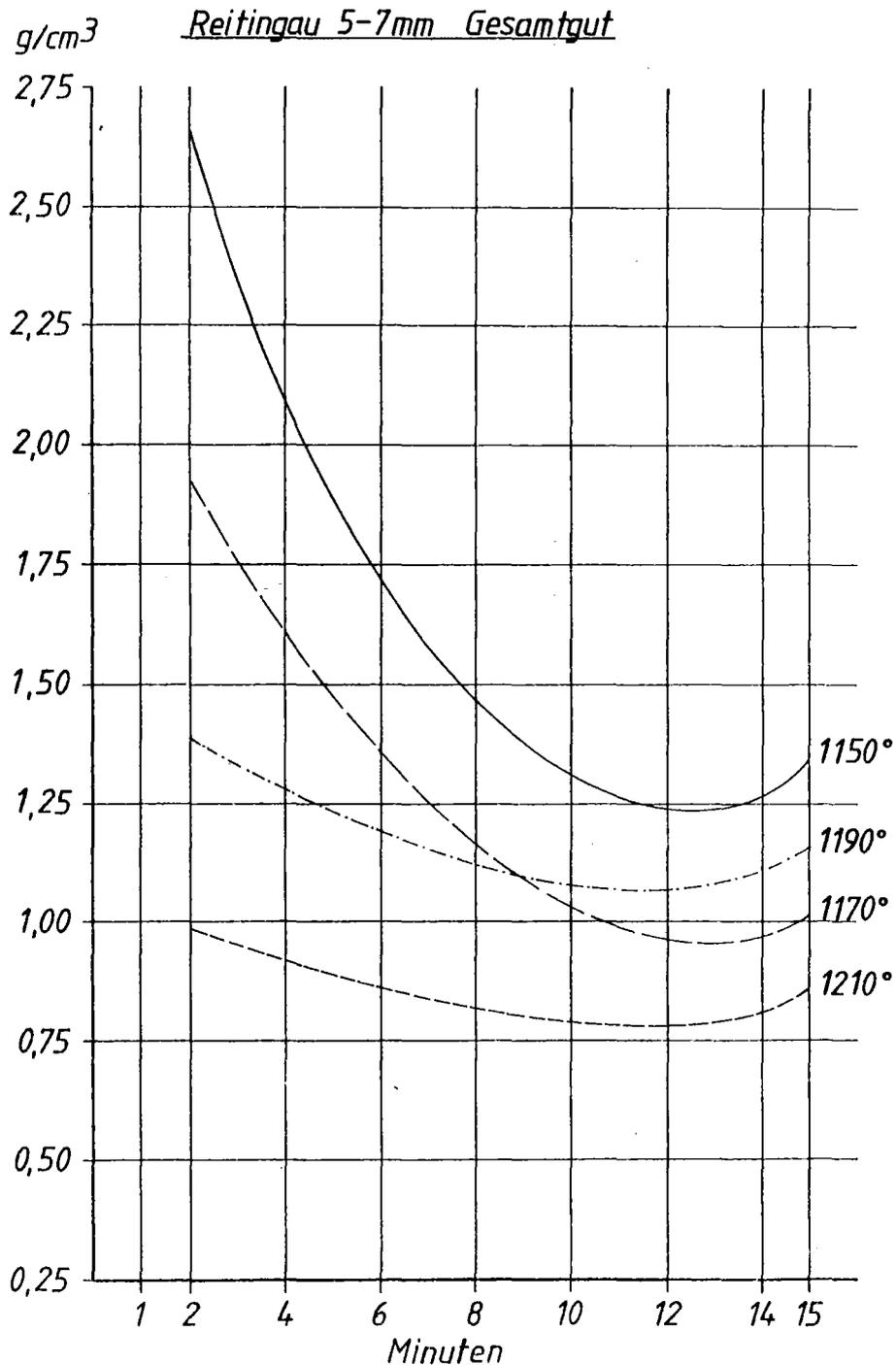


Diagramm 1: Korneigendichten von unsortiertem Brenngut "Reitingau/5-7".

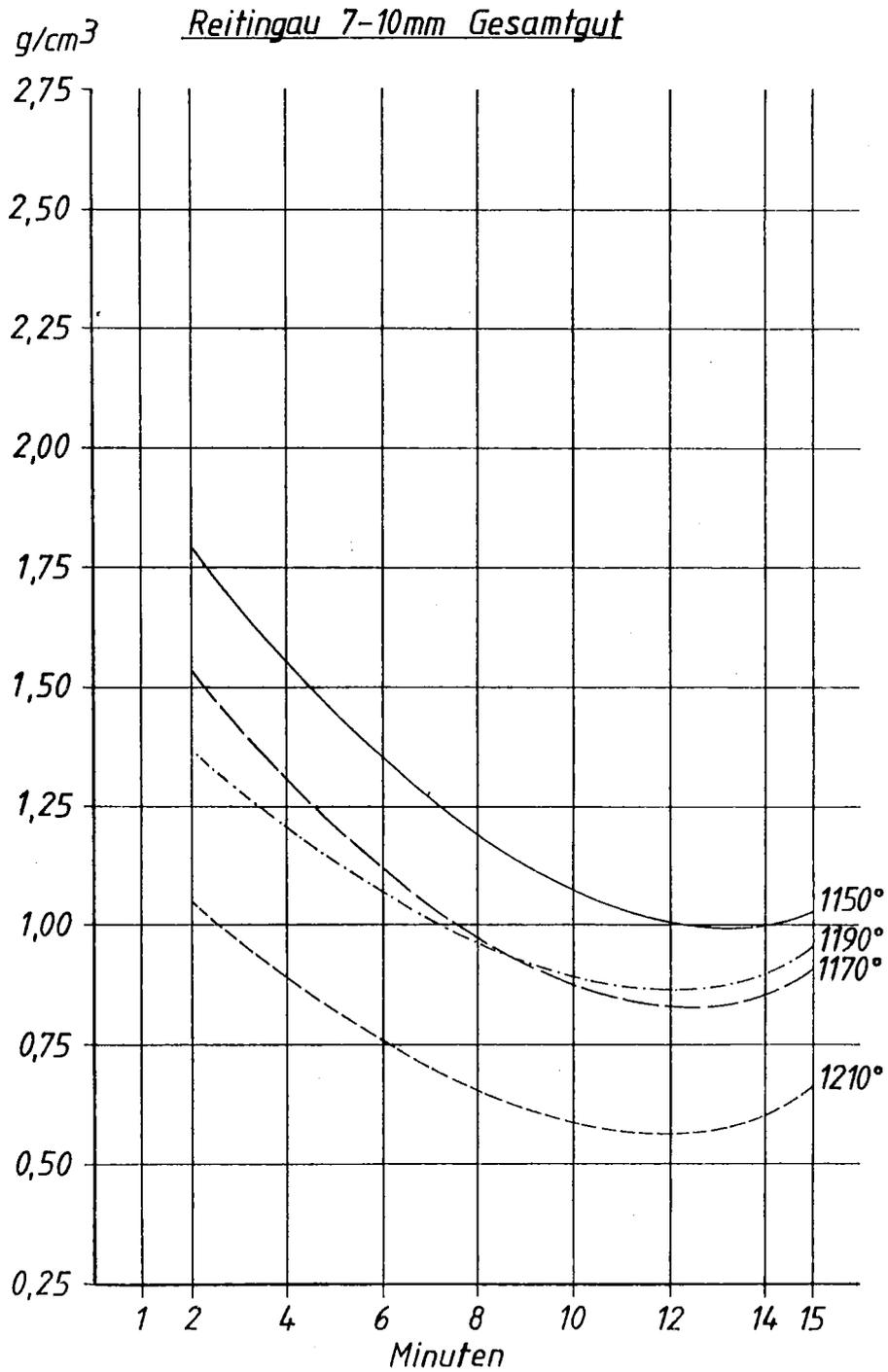


Diagramm 2: Korneigendichten - unsortiertes Brenngut
"Reitingau/7-10 mm"

Im Bauwesen rechnet man allerdings vorwiegend mit der Schüttdichte (Schüttgewicht). Bezogen auf diese Nomenklatur liegt die Schüttdichte des geblähten, unsortierten Granulates mit geblähten Körnungen von 3 bis 20 μm , zwischen 400 und 1400 kg/m^3 .

Schiefer "Vorderberg" besonders jene mit gutem, weniger zur Plattenbildung neigenden Bruchverhalten, ergaben meist noch bessere Blähwerte, als die Proben der Serie "Reitingau". Aus den Diagrammen 1-4 kann dazu abgelesen werden, daß der Schiefer "Vorderberg 7/10" bei 1210°C Blähtemperatur und 2 Minuten Blähzeit bereits niedrigere Korneigendichten als der Schiefer "Reitingau 7/10" bei 4 Minuten Blähzeit und 1250°C liefert.

Aus den Diagrammen 2-4 ist ebenfalls abzulesen, daß die Korndichtegruppe "0,80 g/cm^3 " vom Schiefer Vorderberg mit nur 8 Minuten Blähzeit bei 1150°C erreicht wird, während der entsprechende Schiefer Reitingau diese Dichtegruppe erst bei 1170 - 1190°C und 10-12 Minuten Blähzeit erreicht.

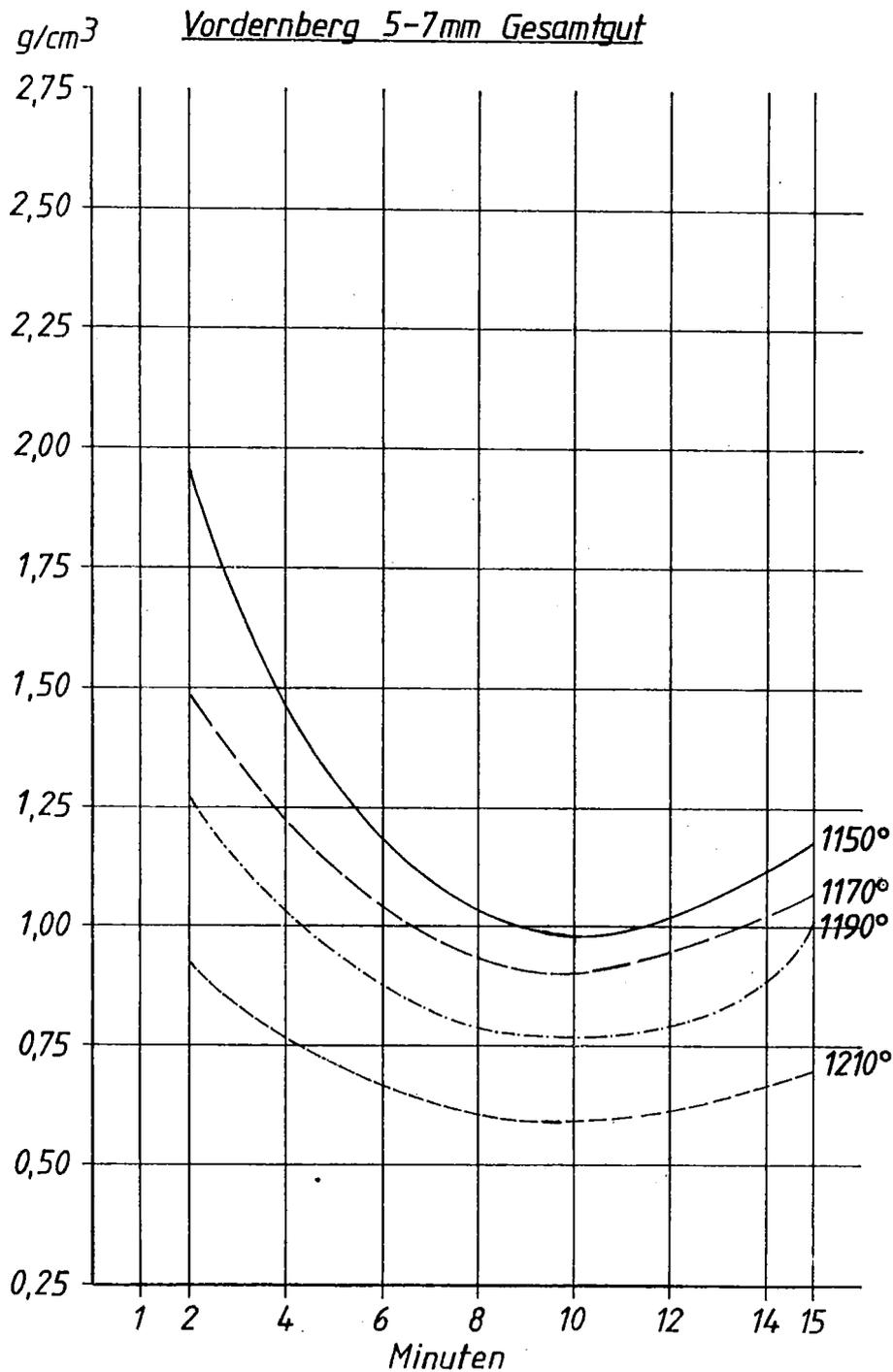


Diagramm 3:
Korndichten nach dem Blähvorgang für das Aufgabegut
"Vordernberg 5/7". Das maximale Blähvermögen liegt durch-
wegs bei ca. 10 Minuten Blähdauer. Der optimale Temperat-
ur/Blähzeit-Bereich liegt je nach geforderter Korndichte usw.
zwischen 1150°/10 Minuten und 1210°/2Minuten.

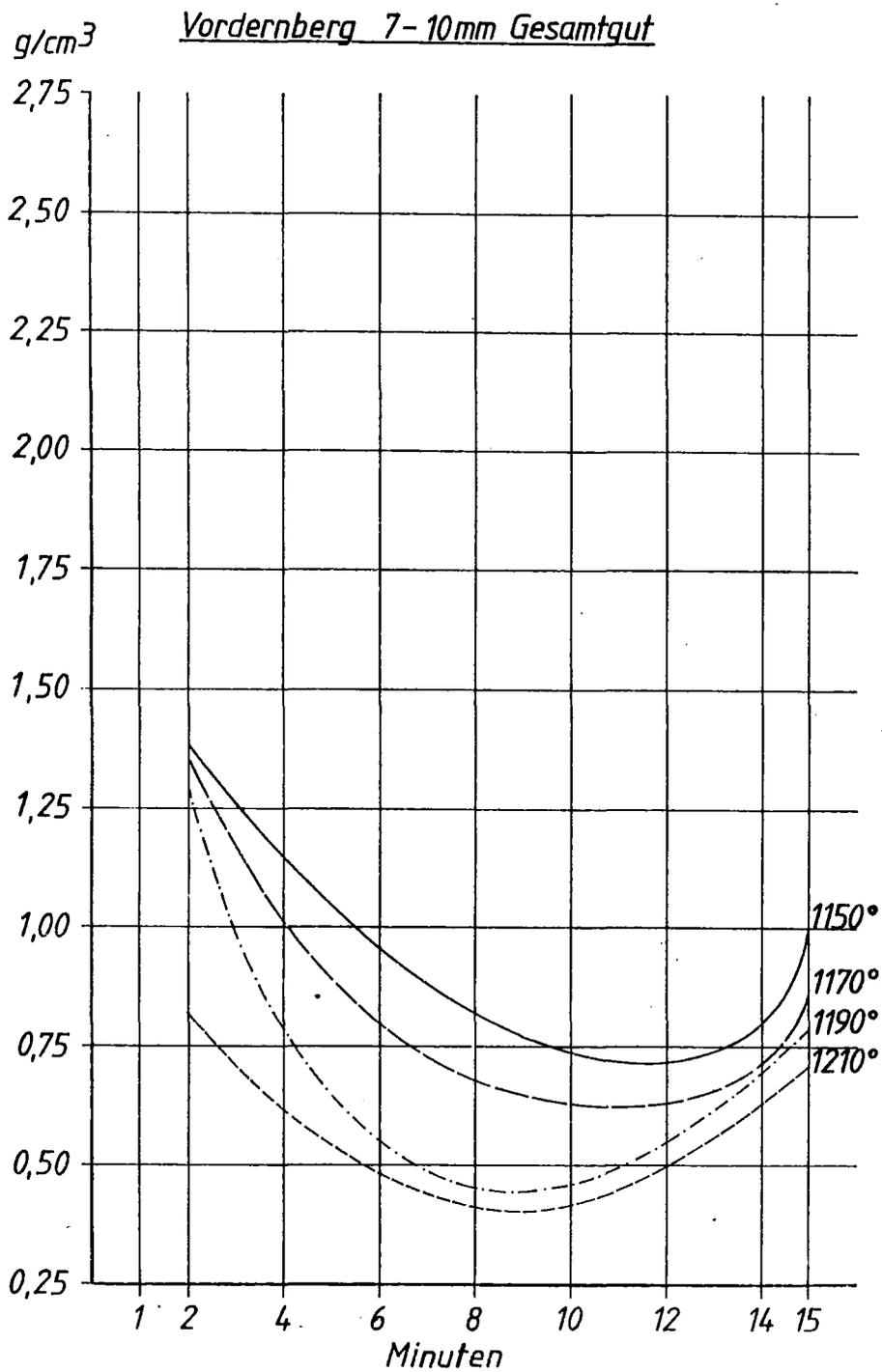


Diagramm 4:

Korndichten in Abhängigkeit vom Temperatur/Zeit-Einfluß wie in Diagramm 3, jedoch für Schiefer "Vordernberg 7/10".

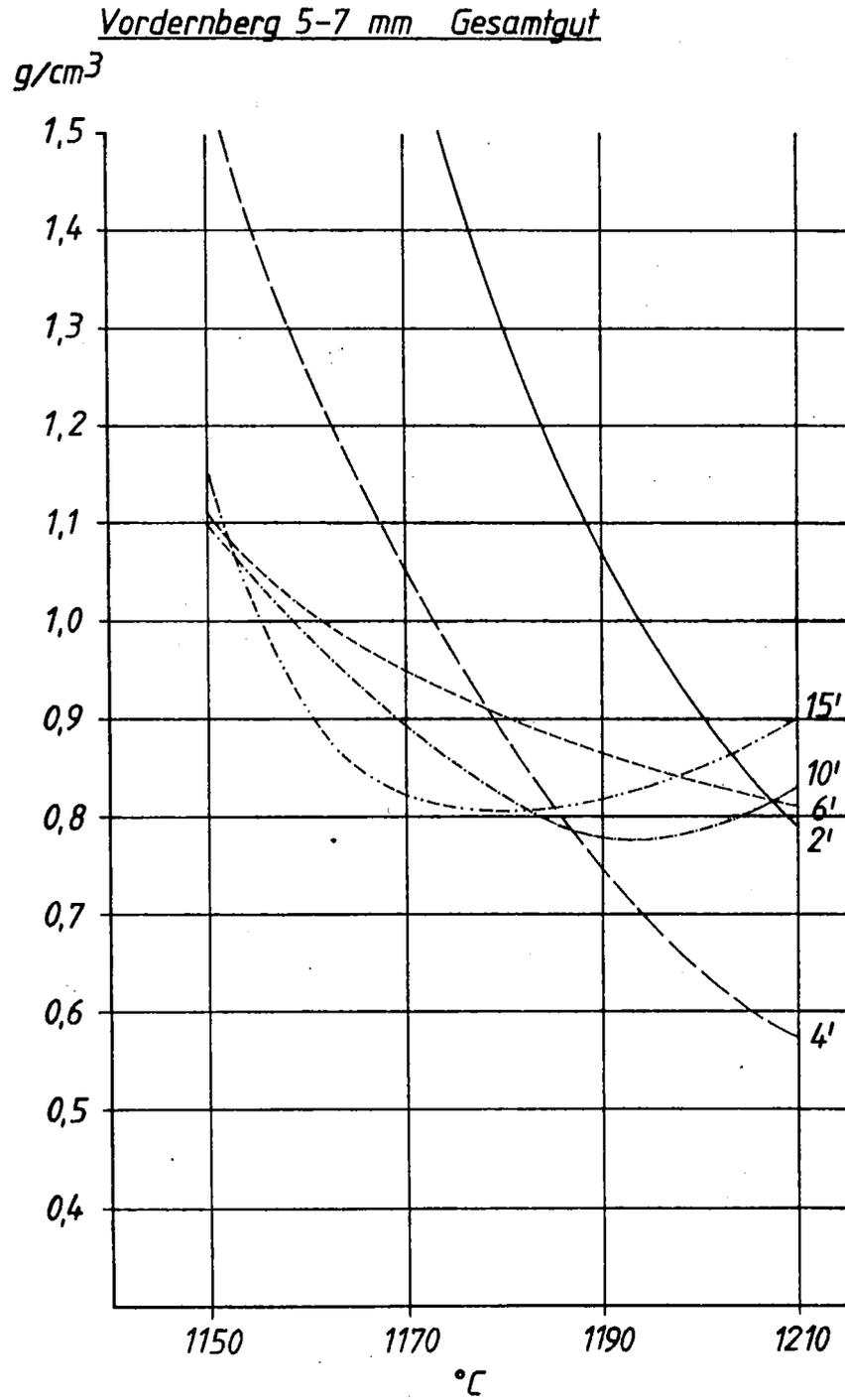


Diagramm 5:

Zeit/Temperaturverhalten des Schiefers "Vordernberg 5/7"
analog Diagramm 3.

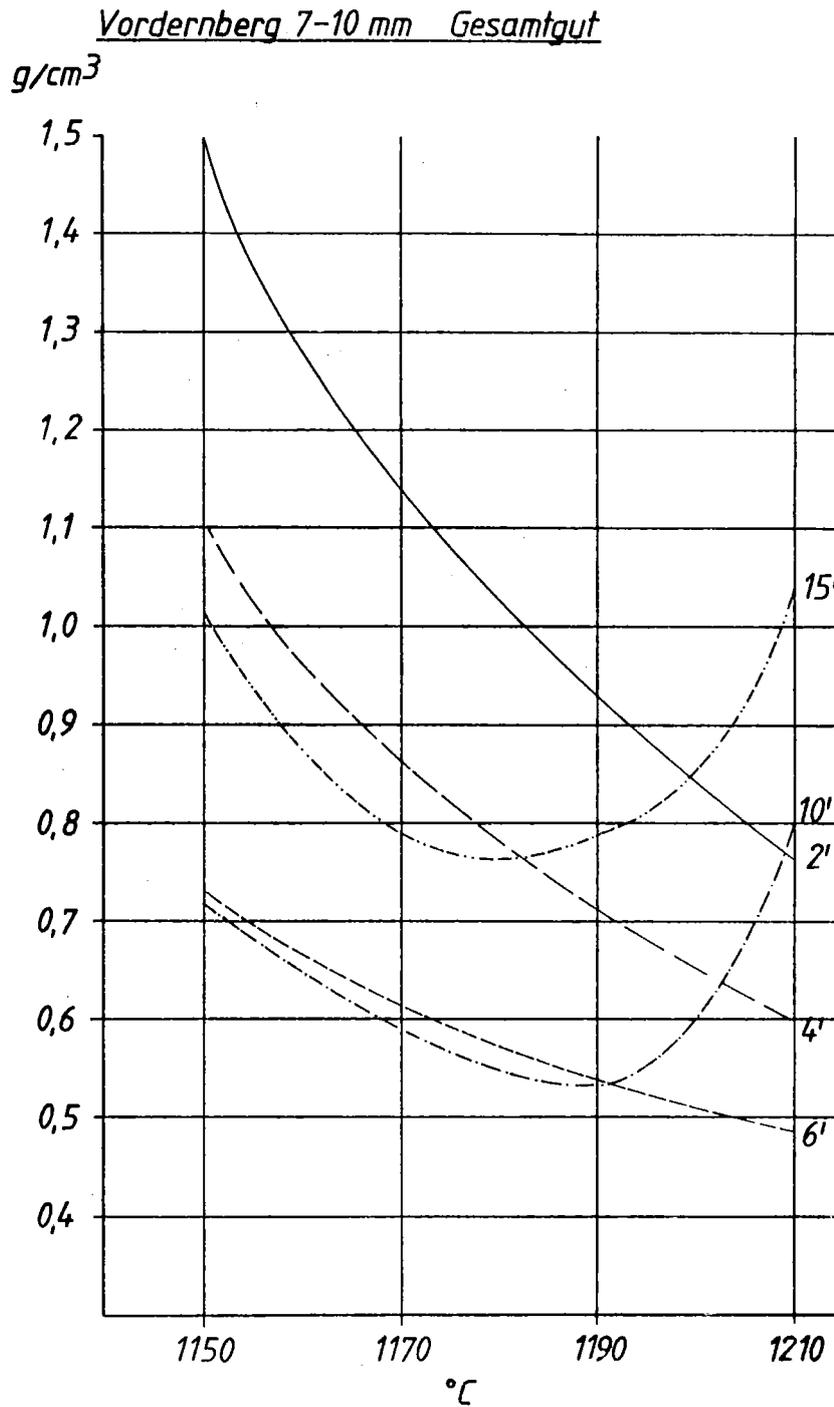


Diagramm 6:
Zeit/Temperaturverhalten des Schiefers "Vordernberg 7/10"
analog Diagramm 4.

Aus der Darstellungsweise in Diagramm 6/7 geht das ausgeprägte Zeit/Temperatur-abhängige Blähverhalten der 2, 4 und 6 Minuten geblähten Schiefer 7/10 besonders deutlich hervor.

4.4 PORIGKEIT DES BLÄHGUTES

Ein Überblick über die Porengrößen und Porenverteilung wird anhand der Bilder 5-15 gegeben (REM 11-fach).

Die REM-Aufnahmen 4-8 stammen ausschließlich vom Material "Vordernberg 7/10" bei Blähzeiten von 1-10 Minuten und jeweils 1150°C Blähtemperatur.

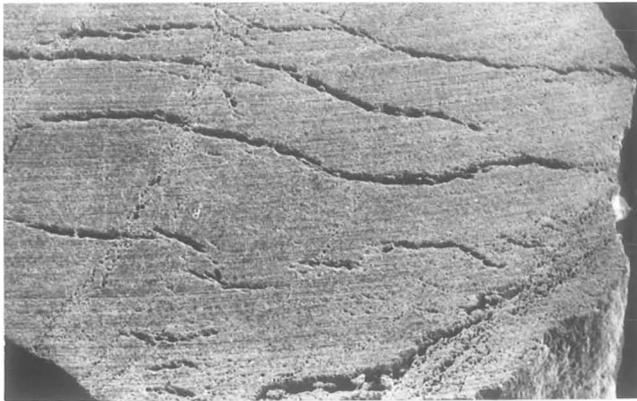


Bild 5: 1150°/1'

Infolge des Temperaturschockes und der beginnenden Reaktion treten besonders Texturlagen deutlich hervor.

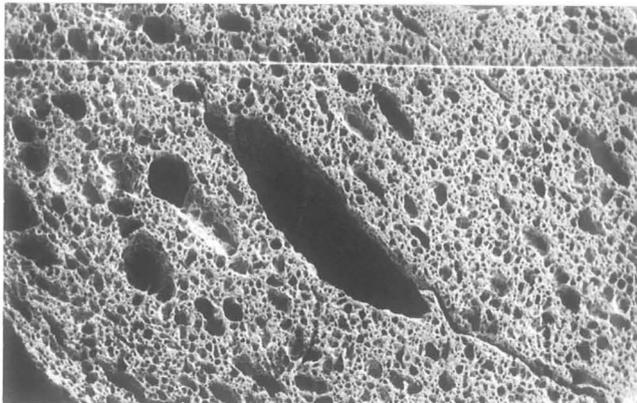


Bild 6: 1150°/2'

Obwohl der Blähvorgang bereits voll eingesetzt hat, sind Texturorientierte Poren noch klar zu erkennen.

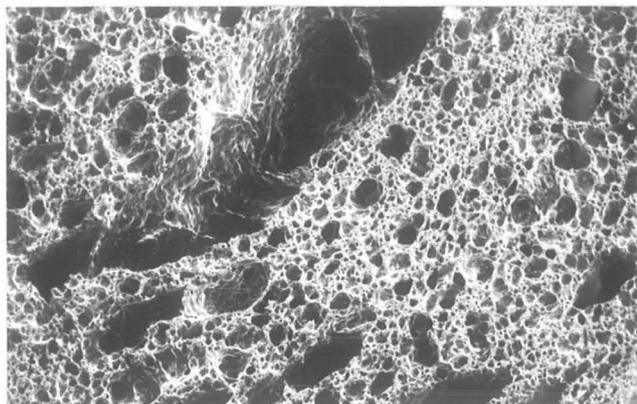


Bild 7: 1150°/4'

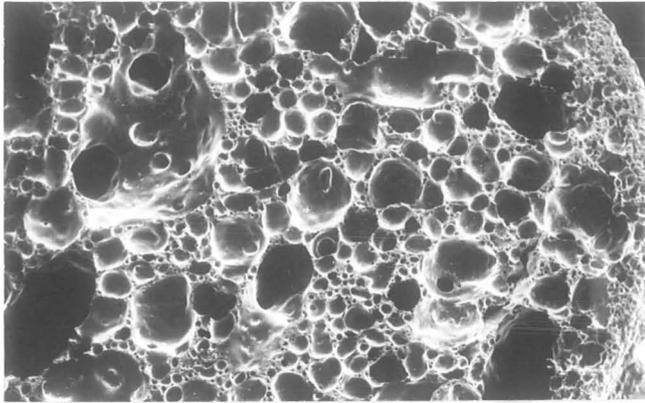


Bild 8: 1150°/6'

Die Porigkeit scheint das Optimum erreicht zu haben. An der Kornaußenseite bildet sich eine dichte Zone, die Brennhaut.

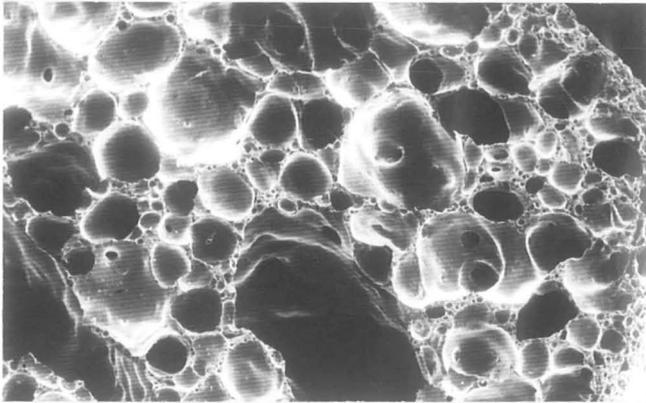


Bild 9: 1150°/10'

Infolge der schon etwas zu langen Blähzeit sehr grobporiges Gefüge, dünne Brennhaut und starke Glasbildung.

Bilder 10-14 (REM 11-fach), Blähverhalten und Porenentwicklung einer Probeserie "Vordernberg 7/10" mit Blähzeiten von 1-10 Minuten und der konstanten (oberen) Blähtemperatur von 1210°C.



Bild 10: 1210°/1'

Wiederum deutliches Hervortreten der Textur. Porositätsentwicklung an der Kornoberfläche.

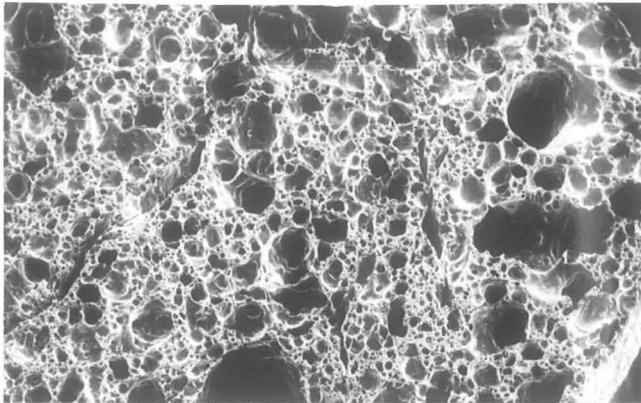


Bild 11: 1210°/2'

2 Minuten Haltezeit bei 1210°C genügen bereits, um diesen Schiefer "Vordernberg" so zu blähen, daß die Textur weitgehend ausgelöscht und eine dichte Brennhaut entstanden ist.

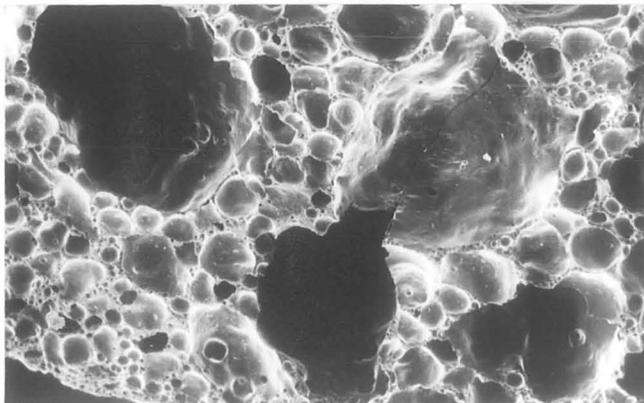


Bild 12: 1210°/4'

Bei 1210°C und 4 Min. Haltezeit ist diese Schieferprobe zwar stark aufgebläht, aus dem REM-Bild geht jedoch hervor, daß bei diesen Temperatur/Zeit-Bedingungen bereits zu viel an Glasphase vorhanden ist und daß dadurch die Poren zu dünnwandig und ungleichmäßig verteilt sind. Dieses Material ist bereits überbrannt.

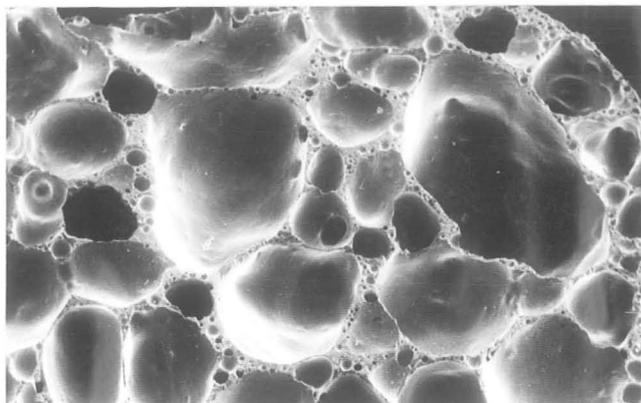


Bild 13: 1210°/6'

Diese Probe ist ebenfalls überbrannt, die Festigkeitsgebende Brennhaut ist weitgehend verschwunden.

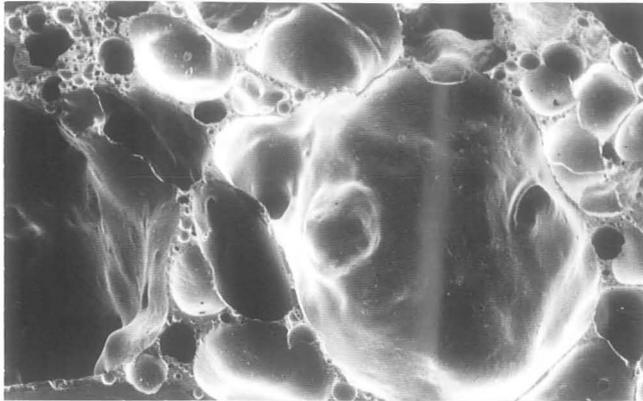


Bild 14: 1210°/10'

In der überwiegend aus hochviskoser Glasphase bestehenden Probe treten bereits Verschlackungsercheinungen auf.

Bilder 15-19 (REM 11-fach)

Während in den Bildern 5-14 die Auswirkungen der Blähzeiten von 1 bis 10 Minuten bei jeweils konstanten Temperaturen - 1150°C unterste Blähtemperatur/1210°C oberste Blähtemperatur - ersichtlich waren, sollen aus den Bildern 15-19 die Einflüsse der unterschiedlich hohen Brenntemperatur bei konstanter Blähzeit (10 Minuten), hervorgehen.



Bild 15: 1000°/10'

Bei dieser Temperaturbeanspruchung treten zwar die Texturlagen ähnlich wie bei 1050°/1' hervor, Blähung findet nicht statt.

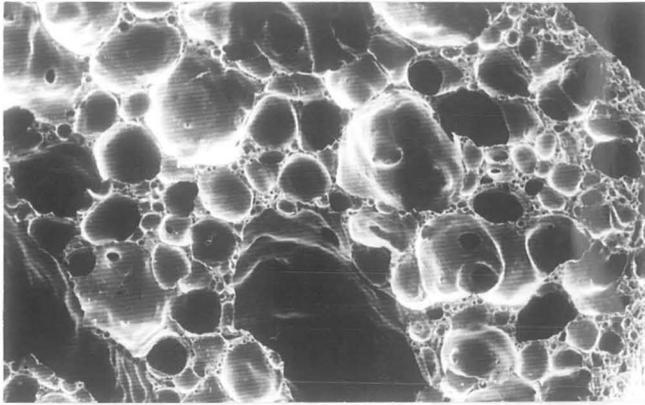


Bild 16: 1150°/10'

Bei 1150°C und 10 Minuten haltezeit sind für dieses Korn die optimalen Blähbedingungen bereits überschritten.

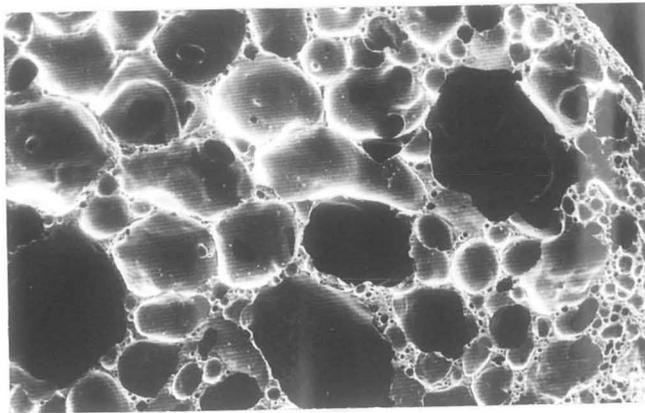


Bild 17: 1170°/1'

Dieses Korn ist ebenfalls bereits überbrannt.

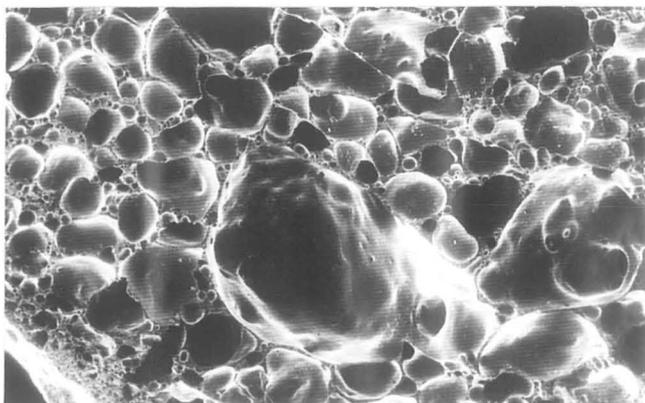


Bild 18: 1190°/10'

Das überbrannte Korn zeigt bereits leichte Deformation der Poren.

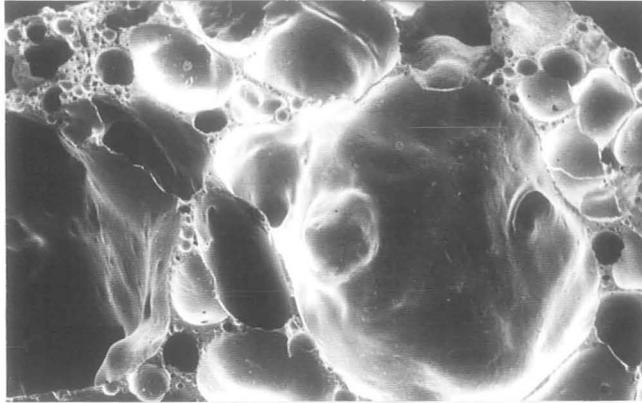


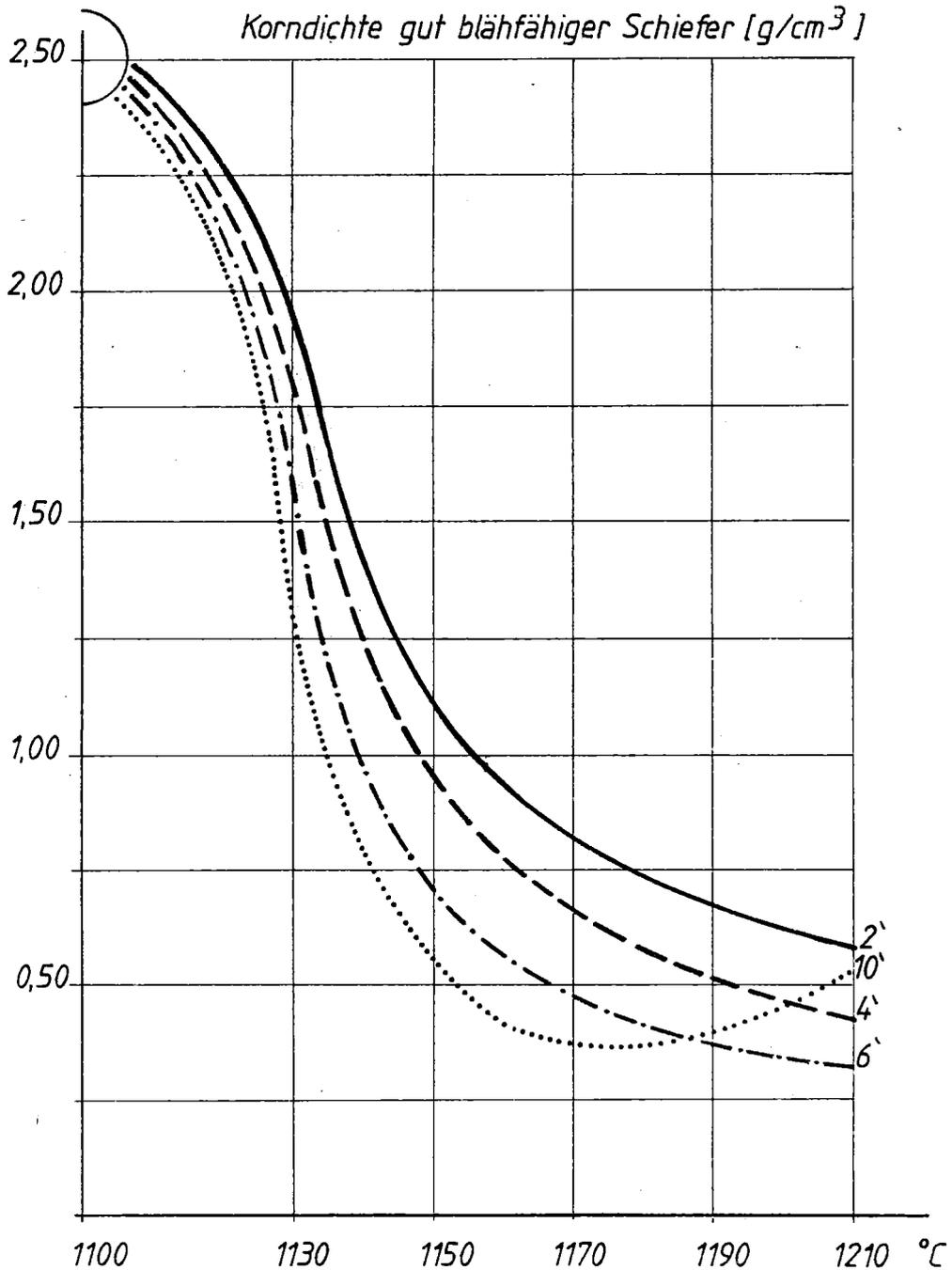
Bild 19: 1210°/10'
Überbranntes Korn, ent-
sprechend Bild 14

Wie sehr die Blähschieferqualität von der Wahl der richti-
gen Blähtemperatur und Blähzeit abhängt, zeigt in Bezug
auf Bild 15-19 die folgende Korndichte-Übersicht:

Blähtemperatur	Blähzeit (Minuten)	(g/cm ³)
1000	10	2,40
1150	10	0,53
1170	10	0,40
1190	10	0,45
1210	10	0,55

Im Diagramm 7 ist die Korndichte gut blähender Schiefer ("Vorderberg 7/10") für Blähzeiten (Haltezeiten) von 2, 4, 6 und 10 Minuten bei Ofentemperaturen zwischen 1100 und 1210°C dargestellt. Augenfällig tritt dabei die Dichtezunahme bei 10-min. Blähvorgang infolge vermehrter Schmelzphasenbildung ab ca. 1170°C hervor.

Diagramm 7:



4.5 PORIGKEIT - WÄRMEDÄMMVERMÖGEN - BAUPHYSIKALISCHE KENNWERTE

Wie schon in Kapitel 1 kurz erwähnt, besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Wärmedämmung und der Porigkeit von Baustoffen. "Wärmedämmung" ist allerdings keine physikalische Maßeinheit, sondern ein Begriff aus dem Wohnbau.

Unter "Wärmedämmung" versteht man daher entweder einen geringen Wärmeleitkoeffizient λ - in W/mK, ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$), der als Maß für das Wärmeleitvermögen, unabhängig von der jeweiligen Bauwerkdicke, eine Materialkonstante ist oder man versteht unter Wärmedämmung den Wärmedurchgangskoeffizienten k - in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$).

Dieser k -Wert ist demnach bezogen auf die Mauerwerksdicke, die Wärmeleitfähigkeit und die α_i - α_a -Werte (Wärmeübergang). Obwohl der k -Wert besonders im Wohnbau wesentlich häufiger als der λ -Wert verwendet wird, ist für technisch-wissenschaftliche Vergleiche der λ -Wert gebräuchlicher. Der λ -Wert als Materialkonstante setzt sich vereinfacht dargestellt aus drei Hauptkomponenten, nämlich des Wärmetransportes infolge Strahlung, Konvektion und Körperleitung zusammen. Für feinporige Stoffe kommt bei Raumtemperatur vorwiegend die Masse- und c_p -abhängige Wärmeleitung zur Wirkung. Daher ist die Steuerung der Porigkeit und die Porengröße für Blähschiefer und ähnliche Produkte neben den geforderten Festigkeitskriterien von entscheidender Bedeutung. Die Bilder 5-19 sollten in dieser Hinsicht einen ersten Überblick über die diesbezüglich produktionsbedingten Möglichkeiten geben.

4.6 PORIGKEIT UND WOHNRAUMKLIMA

Während für den konstruktiven Leichtbetonbau leichte Zuschlagstoffe mit dichter Außenhaut (Brennhaut) mit geringem Saug- und Diffusionsvermögen gewünscht werden, sind für ein angenehmes und gesundes Wohnraumklima Eigenschaften wie gutes Wasser- und Wasserdampf-Diffusionsver-

mögen, Feuchtigkeitsadsorptionsvermögen und das schon behandelte niedrige Wärmeleitvermögen wünschenswert. Um jedoch diese "Schwitzwasser"- und Schimmelbildung weitgehend unterdrückende Wirkung von z.B. tonkeramischen Baustoffen, zu erreichen, muß der Zuschlag offenporig sein. Im Falle des Blähschiefers kann im Brennprozeß und durch nachfolgende Zerkleinerung der Blähschieferaggregate ein beträchtliches Maß an offenen, kapillar wirkenden Poren erreicht werden.

In der folgenden Tabelle soll überblicksmäßig das für ein gesundes Wohnraumklima so wichtige Wasser-Diffusionsverhalten einzelner Baustoffgruppen gegenübergestellt werden.

Baustoff	Rohdichte-kg/m ³	λ -W/mK	μ -Diff.-Koeff.
Ziegel Hohlblock- Ziegel	800-1800	0,30-0,60	5-8
Leichtbeton (div.Zuschl.)	900-1500	0,30-1,1	50-100
Leichtbeton (Blähschiefer, Bims)	900-1800	0,30-1,1	5-40
Beton (Kies,Sand, Splitt	2100-2500	1,50-2,0	50-200

5. ZUSAMMENFASSUNG - SCHLUSSFOLGERUNG

der Einsatz von Blähschiefer
Aus Schiefervorkommen im beschriebenen Gebiet ließen sich unter Laborbedingungen Blähschiefer in z.T. sehr guter Qualität gewinnen.

Die in Frage kommenden Lagerstätten liegen verkehrsmäßig sowie ökologisch günstig, und nahe dem industriell ebenso wie bevölkerungsmäßig dicht besiedelten Gebiet des Murtales.

Blähschiefer (z.B. "Trockenestrich") wird importiert, das dem Blähschiefer ähnliche "Leca" muß in den Raum Loben/Bruck/Aichfeld über 100 km herantransportiert werden.

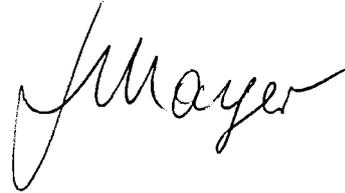
Durch vermehrte Verwendung von Blähschiefer als Leichtbetonzuschlag kann Heizenergie gespart werden.

Blähschiefer, besonders offenporig, ergibt in Leichtbeton, Betonsteinen usw. weitaus bessere wohnbau-physikalische Werte, als etwa Kies, Splitt und Natursand (z.B. Regulation der Wohnraum-Luftfeuchte).

Die auch heute noch manchmal (bei Großbauten!) anzutreffende Bauweise: Kiesbeton (schlechte Wärmedämmung, schlechtes Diffusionsvermögen) mit aufgeklebten Schaumstoffplatten (mechanisch empfindlich, Import-abhängiger Erdölabkömmling, im Brandfalle meist giftige Gase, schlechte Diffusionseigenschaften usw.) könnte durch Blähschiefer-Leichtbeton mit wesentlich besserer Wärmedämmung und geringerem Isoliermittelbedarf, abgelöst werden.

Beton-Kieslagerstätten die in diesem Gebiet ohnehin nur

in beschränktem Umfang zur Verfügung stehen, könnten geschont werden.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'A. Mayer'.

(Dipl.-Ing., Dr. mont. Anton Mayer)
der Sachbearbeiter