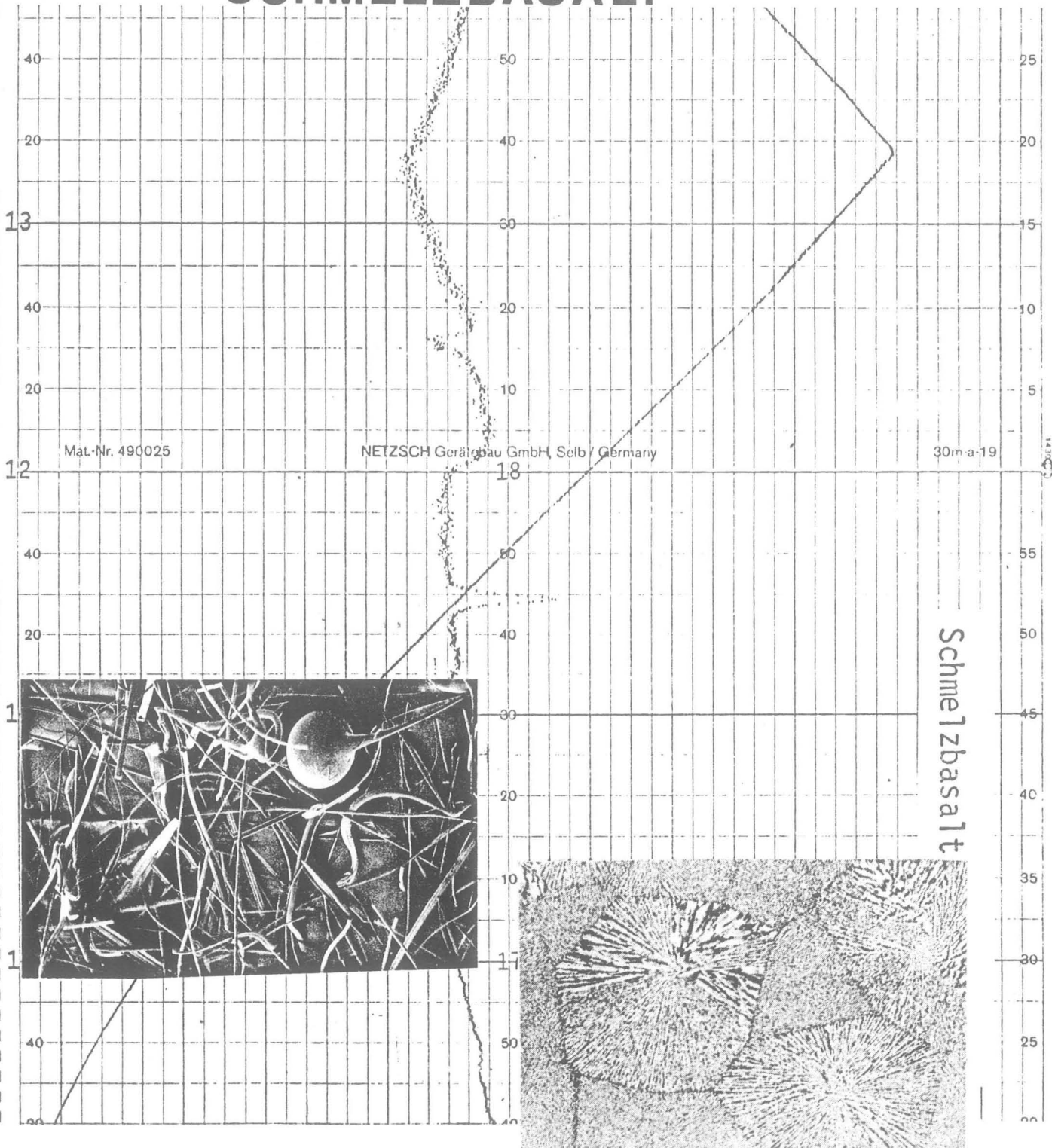


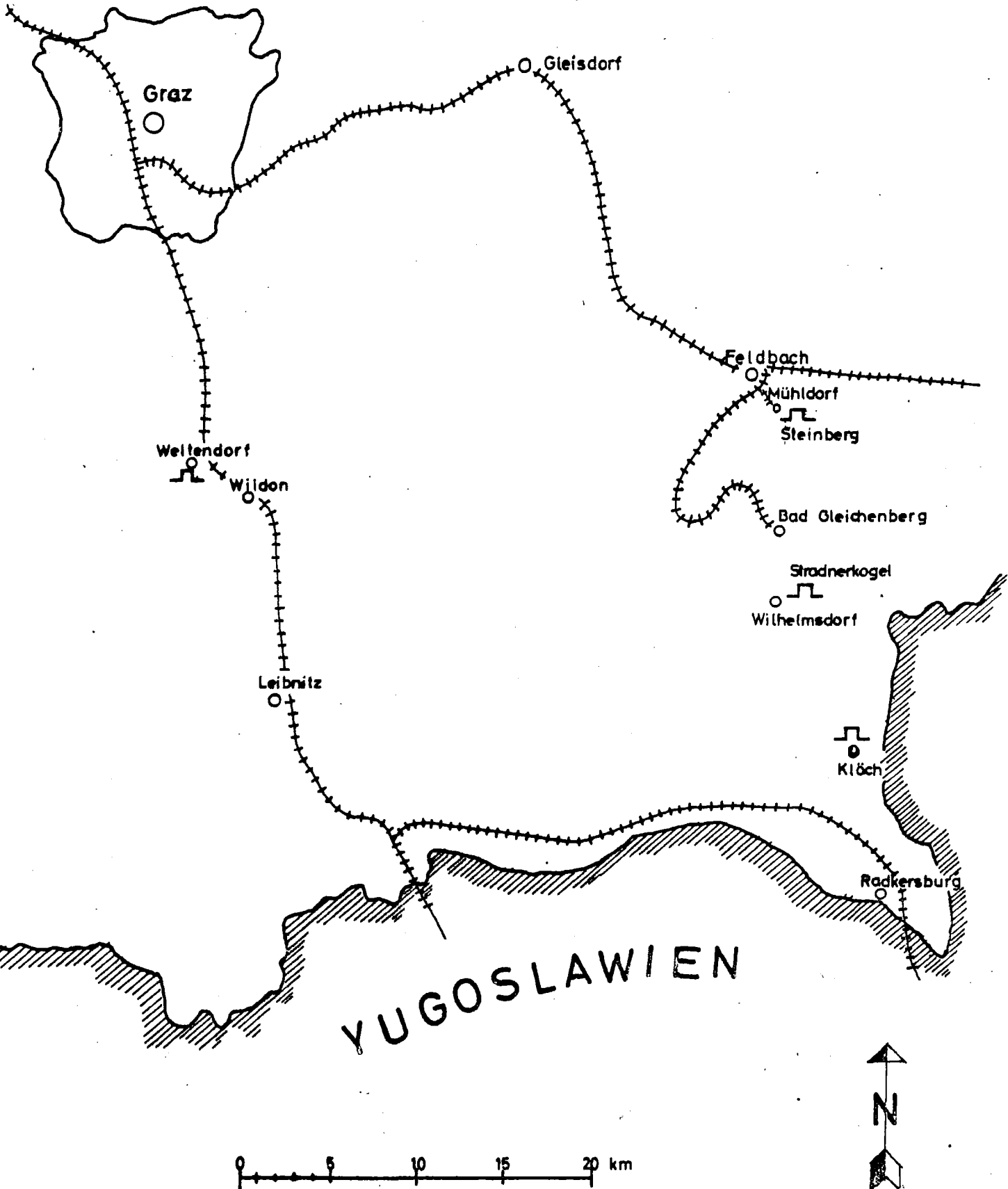
P 80

Untersuchung STEIRISCHER BASALTE  
auf Eignung als  
**SCHMELZBASALT**



Schmelzbasalt

# Topographische Übersichtskarte der steirischen Basaltsteinbrüche



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	6
2. Aufgabenstellung	6
3. Untersuchungsergebnisse	7
3.1 Basalt Klöch	7
3.2 Basalt Hochstraden	9
3.3 Basalt Mühldorf bei Feldbach	10
3.4 Das Basaltvorkommen von Weitendorf	11
3.5 Der Basalt von Kollnitz/Kärnten	14
3.6 Basalte von Pauliberg/Burgenland	14
4. Ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung verschiedener Basalte	16
5. Thermische Untersuchungen	18
5.1 Viskositätswerte ausgewählter Basaltschmelzen	18
5.2 Vorbehandlung der Viskosimeterproben	18
5.3 Ergebnisse der Viskositätsuntersuchungen	19
6. Differential-Thermo-Analyse Untersuchungen	20
6.1 Ergebnisse der DTA-Untersuchungen	20
6.1.1 Ausgangsprodukt - Homogene Basaltgläser	20
6.1.2 Ausgangsprodukt - Basaltkeramik nach Keimbildung bei 800°C und Kristallisation bei 1000°C	21
7. Röntgendiffraktometeruntersuchungen an keramisierten Schmelzbasaltproben	22
7.1.1 Basaltkeramik Mühldorf	22
7.1.2 Basaltkeramik "Hochstraden"	23
7.1.3 Basaltkeramik "Weitendorf"	24
7.2 Basaltkeramik "Pauliberg"	24
7.2.1 Basaltkeramik "Pauliberg"/765°C	24
7.2.2 Basaltkeramik "Pauliberg"	25
7.2.3 Basaltkeramik "Pauliberg" + 10% CaO	26
7.2.4 Basaltkeramik "Pauliberg" + 30% CaO	27
7.3 Basaltkeramik "Pauliberg" + 10% MgO	27
7.3.1 Basaltkeramik "Pauliberg" + 10% MgO	28
7.3.2 Basaltkeramik "Pauliberg" + 10% BaO	29

	Seite	
8.	Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen	29
8.1	Basaltkeramik Mühlendorf	30
8.2	Basaltkeramik Weitendorf	31
8.3	Basaltkeramik Hochstraden	31
8.4	Basaltkeramik Pauliberg	35
8.4.1	Basaltkeramik Pauliberg ohne Zulegierungen	35
8.4.2	Basaltkeramik Pauliberg + 10% CaO	35
8.4.3	Basaltkeramik Pauliberg + 20% CaO	36
8.4.4	Basaltkeramik Pauliberg + 30% CaO	39
8.5	Basaltkeramik Pauliberg + 10% MgO	40
8.6	Basaltkeramik Pauliberg + 10% BaO	40
9.	Ergänzende Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen	41
9.1	Schmelzbasalt Hochstraden	41
9.2	Schmelzbasalt Mühlendorf	41
9.3	Schmelzbasalt Weitendorf	41
9.4	Schmelzbasalt Pauliberg	42
9.5	Schmelzbasalt Pauliberg + 10% CaO	42
9.6	Schmelzbasalt Pauliberg + 10% BaO	42
10.	Basaltschmelze in einer industriell ausgelegten Versuchsanlage	42
11.	Basalt- und Borsilikat-Glasschmelzen zur Fasergewinnung	43
12.	Schlußbetrachtung/Zusammenfassung	45

Diagramme im Anhang

49-89

Diagramme im Anhang

Diagramm

1)  $\log \eta / T$

- 1) Basaltschmelze " Klösch "
- 2) Basaltschmelze " Mühlendorf "
- 3) Basaltschmelze " Hochstraden "
- 4) Basaltschmelze " Pauliberg " (o. Zusätze)
- 5) Basaltschmelze " Kollnitz " +8% CaO.MgO
- 6) Basaltschmelze " Kollnitz " +13% CaO .MgO
- 7) Basaltschmelze " Kollnitz " +20% CaO .MgO
- 8) Mineralfaser-Schmelze " Roclane 232 "
- 9) Borosilikatglas-Faserschmelze " Tel-Wolle "
- 10) Zusammenfassung Diagramm 1-9

2)  $\log \eta / T \cdot 10^{-4} K^{-1}$

- 11) Zusammenfassung Diagramm 1-9
- 12) Basaltschmelze " Klösch "
- 13) Basaltschmelze " Mühlendorf "
- 14) Basaltschmelze " Hochstraden "
- 15) Basaltschmelze " Pauliberg "
- 16) Basaltschmelze " Kollnitz +8% CaO .MgO
- 17) Basaltschmelze " Kollnitz +13% CaO .MgO
- 18) Basaltschmelze " Kollnitz +20% CaO .MgO
- 19) Mineralfaser-Schmelze " Roclane 232 "
- 20) Borosilikatglas-Faserschmelze " Tel-Wolle "

3) DTA - Basaltglasproben

- 21) Mühlendorf
- 22) Hochstraden
- 23) Weitendorf
- 24) Pauliberg
- 25) Pauliberg +10% CaO
- 26) Pauliberg +20% CaO
- 27) Pauliberg +30% CaO
- 28) Pauliberg +10% MgO

4) DTA - Basaltkeramikproben

- 30) Pauliberg 800/10<sup>0</sup>
- 31) Pauliberg 800/10<sup>0</sup> +10% CaO
- 32) Pauliberg 800/10<sup>0</sup> +20% CaO
- 33) Pauliberg 800/10<sup>0</sup> +30% CaO
- 34) Pauliberg 800/10<sup>0</sup> +10% MgO
- 35) Pauliberg 800/10<sup>0</sup> +10% BaO

5) Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen

- 36) Basaltschmelze Mühlendorf
- 37) Basaltschmelze Hochstraden
- 38) Basaltschmelze Weitendorf
- 39) Basaltschmelze Pauliberg
- 40) Basaltschmelze Pauliberg +10% CaO
- 41) Basaltschmelze Pauliberg +10% BaO

## UNTERSUCHUNG STEIRISCHER BASALTE AUF EIGNUNG ALS SCHMELZBASALT

### 1. Einleitung

Basalt besitzt vor allem in der Nähe seiner Vorkommen seit jeher als behauener Stein, bzw. als gebrochenes Gut in Form von Schotter, Split oder Sand, beträchtliche wirtschaftliche Bedeutung.

Wesentlich höhere Wertschöpfungsraten werden jedoch erzielt, wenn Basaltgestein durch Umschmelzen veredelt wird. Villwock 1) führt dazu einige grundsätzliche Beispiele an.

Besonders in der BRD 2)3) und in Frankreich, haben sich Unternehmen gebildet, die hochfestes Verschleiß- und Isoliermaterial auf Basis von Schmelzbasalt oder Basaltfasern produzieren.

Mit steigenden Energiekosten und dem Bemühen nach besser thermischer Isolation von industriellen, gewerblichen und kommunalen Bauten, stieg auch der Bedarf nach Isolationsmaterial auf Basis von Mineral- bzw. Mineralglasfasern.

Da das Interesse für Schmelzbasaltprodukte nach wie vor besteht und ganz offensichtlich zunimmt und gerade Basalt als Rohstoffquelle in der Steiermark in nicht unerheblichem Maße zur Verfügung steht, hat das Institut für Gesteinshüttenkunde und feuerfeste Baustoffe eine Beurteilung dieser Rohstoffe und Untersuchungen nach technischen Gesichtspunkten in Hinblick auf das Umschmelzverhalten in Angriff genommen.

### 2. Aufgabenstellung

Um trotz der sehr beschränkten finanziellen Mitteln einen möglichst breiten Untersuchungsumfang und reproduzierbare Untersuchungsergebnisse zu erzielen, wurden folgende Untersuchungsschwerpunkte gesetzt:

- Lichtmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie
- Röntgendiffraktometeruntersuchungen

- Differential-Thermo-Analysen
- Viskositätsmessungen
- Rekristallisationsverhalten

Die Untersuchungsergebnisse sollten fundierte Rückschlüsse erlauben ob, bzw. unter welchen voraussichtlichen Bedingungen das jeweilige Basaltvorkommen beispielsweise zur Produktion von Schmelzbasalt oder zur Faserproduktion geeignet sein könnte. Zur Sicherung der Ergebnisse, wurden zusätzlich Vergleichsuntersuchungen an Basaltfasern ausländischer Herkunft durchgeführt.

### 3. Untersuchungsergebnisse

3.1. Basalt Klöch (neuer Steinbruch ca. 600 m nördlich der Kirche von Klöch an der Straße Fehring - Radkersburg)

Tab.1 Chemische Zusammensetzung nach 4)

Chem.Analyse	Säulenbasalt	Sonnenbrenner
SiO <sub>2</sub>	47.19	47.22
TiO <sub>2</sub>	2.38	2.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.58	9.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.40	15.06
MnO	0.17	0.17
CaO	10.22	10.12
MgO	8.43	8.35
Na <sub>2</sub> O	4.48	4.34
K <sub>2</sub> O	2.03	1.21

Analysen Glühverlust - frei gerechnet

Glühverlust

(1.71)

(2.08)



Der Mineralbestand bestimmt mit Hilfe von Röntgendiffraktometrie und Mikrosondenanalysen:

Vorwiegend Pyroxen vom Typ  $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al)_2O_6$

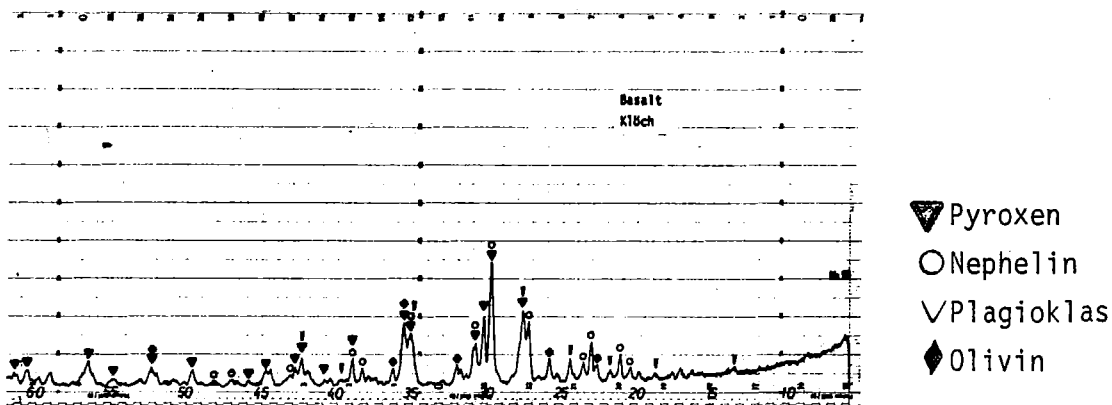
Sowie Plagioklas..... $CaAl_2Si_2O_8$

Nephelin..... $NaAlSi_3O_8$

Olivin..... $(Mg,Fe)_2SiO_4$

Magnetit..... $Fe_3O_4$  mit Titangehalt.

Abb.1. Röntgendiffraktometeraufnahmen des Basaltes "Klöch"



Mikroskopisch ermittelter Mineralbestand:

Mineralbestand: Olivin max.2 mm  
Klinopyroxen max.2 mm

Grundmasse: Klinopyroxen  
Plagioklas  
Nephelin  
Analcim

Accessoryen: Apatit

Erz: Magnetit ca. 7 %

### 3.2. Basalt Hochstraden

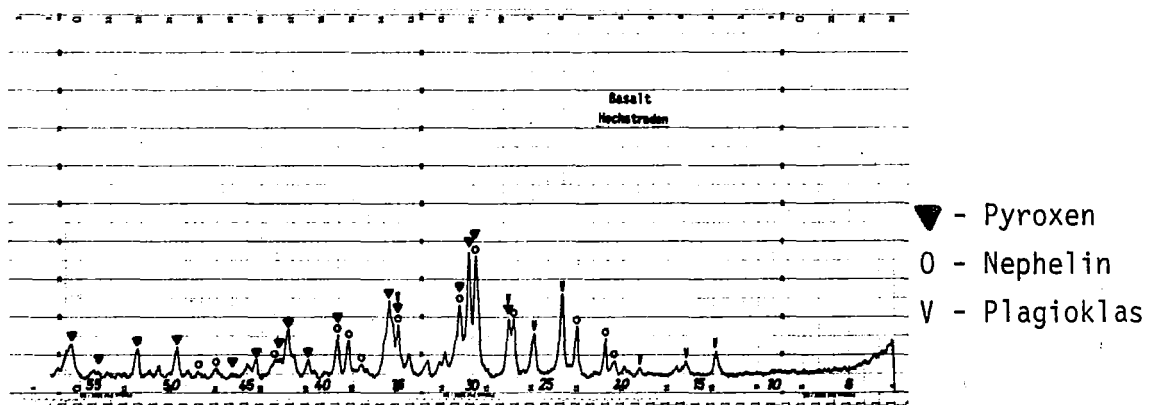
Basaltbruch Hochstraden (Stradnerkogel) bei Wilhelmsdorf (ca. 3.5 km südlich Bad Gleichenberg)

Tab.2 Chemische Zusammensetzung nach 4)

Chem.Analyse	Durchschn.von 3 Proben
SiO <sub>2</sub>	40.58
TiO <sub>2</sub>	2.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.98
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.30
CaO	12.88
MgO	6.45
Na <sub>2</sub> O	6.91
K <sub>2</sub> O	2.53

Analyse Glühverlust - frei gerechnet  
Glühverlust (1.09)

Abb.2 - Röntgendiffraktometeraufnahmen des Basaltes "Hochstraden"



Röntgenographisch wurde am Basalt Hochstraden insbesondere Pyroxen, Nephelin, Plagioklas und Magnetit gefunden. Lichtmikroskopisch wurden folgende Mineralphasen bestimmt:

Mineralbestand: Olivin max. 2 mm  
Klinopyroxen max. 1.5 mm  
Grundmasse: Klinopyroxen  
Hauyn  
Nephelin  
Analcim  
Accessorien: Apatit  
Erz: Magnetit ca. 8 %

### 3.3. Basalt Mühlendorf bei Feldbach

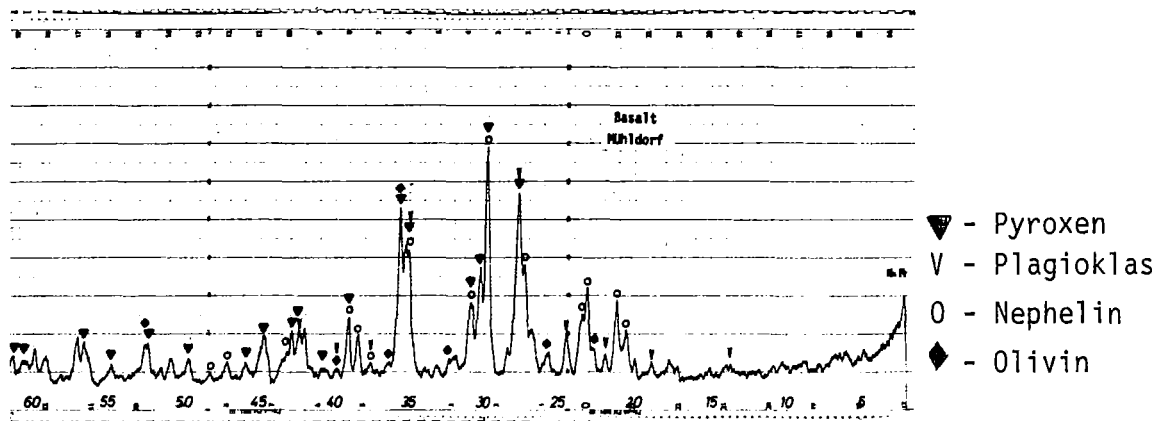
Probenmaterial Hartbasalt/Weichbasalt (Sonnenbrenner) von Steinbruch Steinberg/Mühlendorf

Tab.3 Chemische Zusammensetzung nach 4)

SiO <sub>2</sub>	44.49	43.43
TiO <sub>2</sub>	2.27	2.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.46	9.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.99	13.40
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.17	0.16
CaO	9.88	9.73
MgO	7.52	7.59
Na <sub>2</sub> O	4.92	5.32
K <sub>2</sub> O	2.45	2.20
Analyse Glühverlust - frei gerechnet		
Glühverlust	(0.89)	(0.13)

## Röntgenographisch ermittelter Mineralbestand

Abb.3 - Röntgendiffraktometeraufnahmen des Basaltes Mühldorf



Neben dem röntgenographisch bestimmten Mineralbestand (Abb.3; Pyroxen, Plagioklas, Nephelin, Olivin und Magnetit) wurden mikroskopisch folgende Mineralphasen gefunden:

Mineralbestand:	Olivin max. Durchm. 2 mm Klinopyroxen max. 1.5 mm
Grundmasse:	Klinopyroxen Nephelin Plagioklas Analcim
Accessorisch:	Apatit
Erz:	Magnetit ca. 6 % (Ti-reich)

### 3.4. Das Basaltvorkommen von Weitendorf

Die beprobte Lagerstätte liegt ca. 4 km nordwestlich von Wildon. Als Besitzer sind die Steirischen Basalt- und Hartsteinwerke Gebrüder Schlarbaum angeführt.

Geschätzte Reserve 65.000 m<sup>3</sup>

Chemische Analyse 4)	SiO <sub>2</sub>	54.86
	TiO <sub>2</sub>	0.89
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.11
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.40
	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.14
	CaO	7.63
	MgO	5.06
	Na <sub>2</sub> O	3.07
	K <sub>2</sub> O	2.97
	Glv.	(3.85)

Für Basalt eigentlich extrem niedriger Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und hoher SiO<sub>2</sub>-Wert.

Mineralbestand: Einsprenglinge Olivin max. Durchm. 2 mm

Klinopyroxen max. 1 mm

Olivin teilweise in FeO (OH) umgewandelt

Grundmasse: Plagioklas

Sanidin

Klinopyroxen

Magnetit und Ilmenit ca. 2 %

Der Gefügebau ist über die gesamte zugängliche Basaltmasse einigermaßen als gleichmäßig anzusprechen.

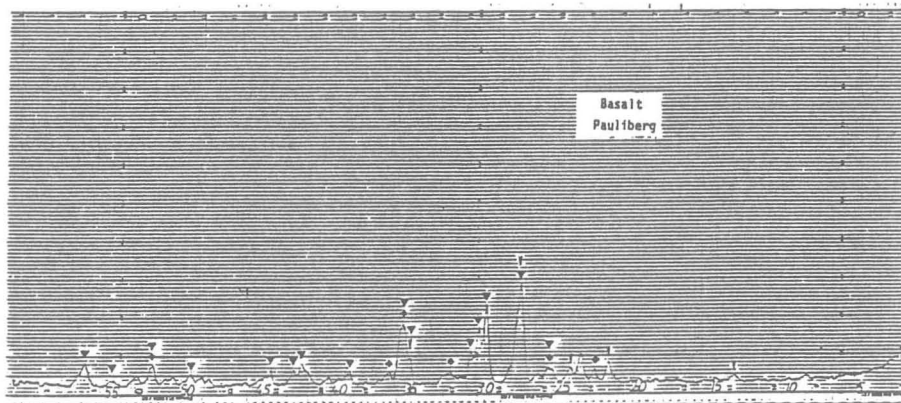
Zur Schaffung von Vergleichsmöglichkeiten, sowohl den Chemismus als auch einige technisch-physikalische Eigenschaften betreffend wurden auch zwei weitere österreichische Basalte, nämlich Basalte von Pauliberg/Burgenland und Kollnitz/Kärnten in die Untersuchungen einbezogen.

Analysen aus der Literatur 5) (zum Vergleich der an der MUL durchgeführten Analyse:

	Dunkler Basalt	Sonnenbrenner	Analyse Mont.Univ.	
			Heller B.	Dunkler B.
SiO <sub>2</sub>	44.58	44.79	45.58	45.80
TiO <sub>2</sub>	3.99	2.55	4.32	4.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.90	14.62	10.85	11.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.82	9.78	4.15	13.20
FeO	7.14	2.85	6.78	-
MnO	0.12	0.23	0.31	0.20
MgO	11.22	7.94	12.19	9.70
CaO	10.22	10.68	10.67	10.40
Na <sub>2</sub> O	2.21	2.40	2.35	2.90
K <sub>2</sub> O	1.05	0.95	1.35	2.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.64	0.89	0.48	-

Der röntgenographisch bestimmte Mineralbestand (Inhalt) zeigt, daß innerhalb des Vorkommens Pauliberg besonders zwischen dem dunklen Basalt und dem Basalttuff erhebliche Unterschiede bestehen.

Abb.4 - Dunkler, dichter Basalt von Pauliberg



- ▼ - Pyroxen
- ∨ - Plagioklas
- ◆ - Olivin

### 3.5. Der Basalt von Kollnitz

Tab.5 - Chem.Zusammensetzung des Basaltes "Kollnitz" nach 2 Analysenangaben

	I	II
SiO <sub>2</sub>	51.35	52.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.54	16.80
TiO <sub>2</sub>	1.78	2.30
CaO	8.97	6.80
MgO	8.57	3.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.46	6.50
FeO	4.54	n.b.
MnO	0.16	n.b.
Na <sub>2</sub> O	2.81	3.4
K <sub>2</sub> O	0.80	2.5
Glv.	n.b.	n.b.

Der Mineralbestand dieses SiO<sub>2</sub>- und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-reichen Basaltes, der ohne Zusatz von "Flußmittel" wie CaO, CaCO<sub>3</sub>, Dolomit, kalkreiche Schlacken usf. wirtschaftlich nicht im Schmelzbasalt umgesetzt werden kann, wurde nicht bestimmt.

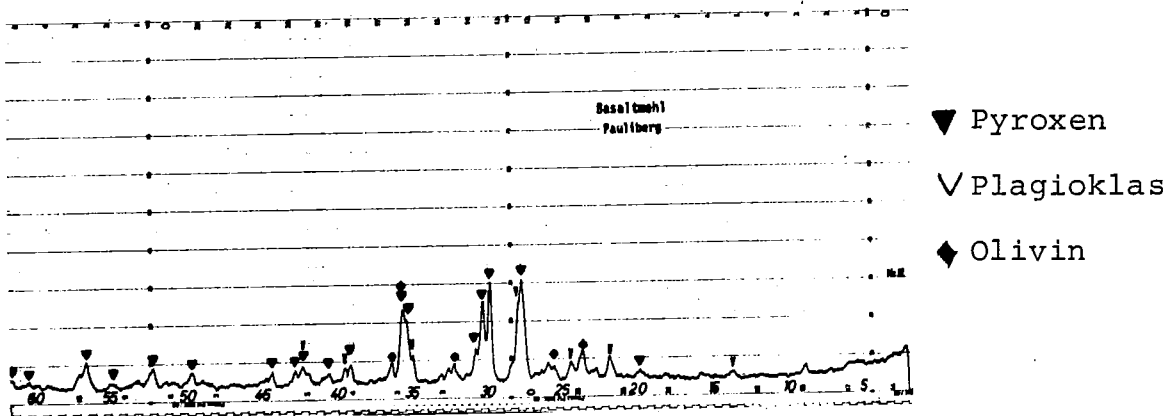
### 3.6. Basalte von Pauliberg/Burgenland (748.4 m)

Die Lagerstätte: Zwei Basalttypen lt. Lit.5) a) dunkler Alkaliolivinbasalt, b) heller Alkaliolivinbasalt.

Der dunkle Basalt bildet die Basis, ein ziemlich dichtes homogenes Gestein von dunkelgrauer bis schwarzer Farbe. Zu diesem zählt der "Sonnenbrenner", der die Hauptmasse der Basaltgesteine des Pauliberges bildet.

Die Verbreitung des hellen Basalts ist auf einen relativ engen Raum begrenzt.

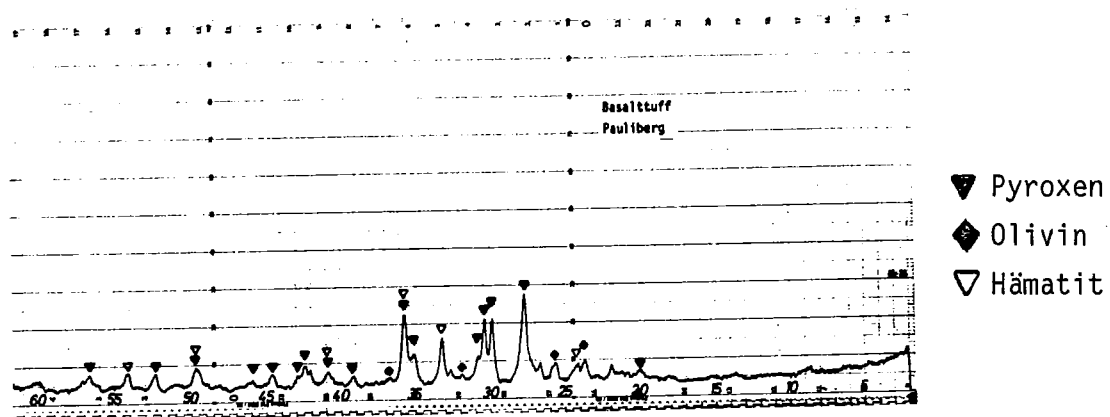
Abb.5 - Basaltmehl von Pauliberg



Die röntgenographischen Untersuchungen lassen erkennen, daß der kristalline Hauptanteil, sowohl des stückigen dichten Basaltes als auch des ebenfalls beprobten Basaltmehles, aus Pyroxen, Plagioklas und Olivin besteht (Abb.4, 5).

Im Gegensatz dazu weist der Basalttuff (Abb.6) überwiegend Pyroxen, Olivin und vergleichsweise viel Hämatit als kristalline Substanz auf.

Abb.6 - Basalttuff - Pauliberg



Lichtmikroskopisch bestimmter Mineralbestand:

Dunkler Basalt:

Einsprenglinge: Olivin (ca.20 %), Größe bis 1 mm  
Augit (ca. 17 %) Größe bis 0.7 mm

Grundmasse: 2/3 Augit, praktisch kein Olivin  
Feldspat (Plagioklas), kaum Sanidin  
wenig Nephelin, Biotit, röntgenamorphe Substanz

Erze: Magnetit



Ilmenit  
 Accessorisch: Apatit  
 (Sonnenbrenner)  
 Einsprenglinge: fast ausschließlich Olivin bis 1.5 mm  
 Grundmasse: 2/3 Augit (Titan-reich)  
 Plagioklas, Analcim, wenig Sanidin, Apatit, Biotit

Heller Basalt:

Einsprenglinge: Olivin (ca. 18 %) bis 1.3 mm  
 Augit (ca. 17 %) bis 0.7 mm  
 Grundmasse: Pyroxen, Feldspat (mehr als im dunklen Basalt)  
 Nephelin; ca. 10 % Magnetit; Apatit, Biotit

4. Ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung verschiedener Basalte

Für die technisch-physikalischen Eigenschaften der Basaltschmelze sind nicht die Minerale des vorliegenden Basaltes, sondern lediglich die chemische Zusammensetzung von Bedeutung. Die chemische Zusammensetzung kann allerdings innerhalb des jeweiligen Vorkommens und insbesondere von Lagerstätte zu Lagerstätte starken Schwankungen unterliegen. H.Förster und L.Zagar 6) stellten dazu Untersuchungen über Basalte der BRD an.

Tab.7: Schwankungen der chemischen Zusammensetzung verschiedener Basalte in der Bundesrepublik nach Förster/Zagar.

	Max	Min	Gehalt % Mittel x	Standard- abw. s	Streuung S%
SiO <sub>2</sub>	55.26	29.40	45.21	4.64	1.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.39	11.11	14.04	2.15	2.89
TiO <sub>2</sub>	3.09	1.06	2.23	0.54	4.58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.50	2.26	5.48	1.69	5.83
FeO	8.05	0.55	5.28	2.05	7.34
CaO	21.50	6.92	10.86	2.76	4.80
MgO	13.51	2.66	9.03	2.92	6.11
Na <sub>2</sub> O	5.09	1.04	3.05	0.74	4.59
K <sub>2</sub> O	4.91	0.62	1.63	1.03	11.94

In der Tabelle 8, werden Analysenwerte ausgewählter Basalte verschiedener Herkunft angeführt.

Tab. 8 - Chem.Zusammensetzung von Basalten bzw. Basaltschmelzen welche industriell genützt werden.

	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	48.50	49.10	54.30	51.00	49.11	44-48	47.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.75	13.90	14.30	15.20	12.35	13-16	15.40
TiO <sub>2</sub>	2.70	3.16	1.75	1.60	1.87	2-2.5	2.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.29	2.00	14.60	5.90	5.58	12-14	9.58
FeO	7.58	11.98	9.80	8.00	u.b.	u.b.	0.17
Mn	0.17	u.b.	u.b.	u.b.	u.b.	11-12	8.43
MgO	6.90	5.25	4.60	5.60	12.99	4-5	10.22
CaO	9.80	9.43	8.30	9.30	12.61	-	4.48
Na <sub>2</sub> O	3.70	3.09	2.80	2.90	1.32	-	2.03
K <sub>2</sub> O	2.08	1.26	1.20	u.b.	2.40	-	u.b.
Glv.	2.16	0.60	1.55	u.b.	-	-	-

- 1) Sümeg (Ungarn) 7)
- 2) Whitlow Quarry (USA) -8)
- 3) Grant County (USA) -8)
- 4) Yanovar (UdSSR) -8)
- 5) Mineralwolle 3 9)
- 6) Schmelzbasalt "Kaleborn" -10)
- 7) Basalt Klöch (wie in Tab.1)

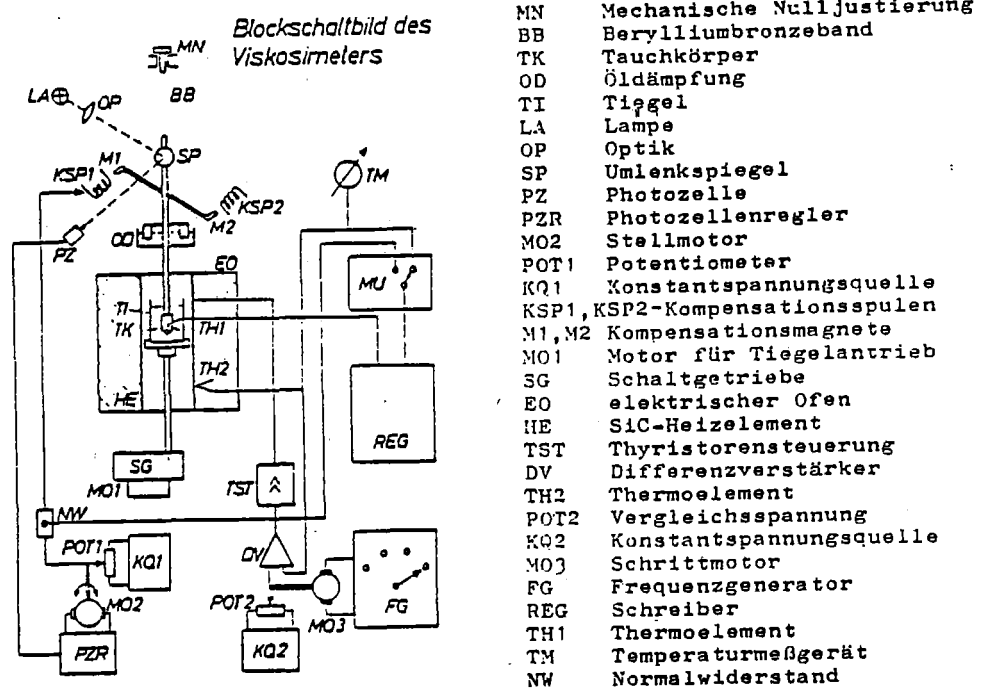
Vergleicht man die Analysenwerte der Basalte 1-6 und insbesondere des Faser-Schmelzbasaltes 5 (Mineralwolle 3) und des Schmelzbasaltes 6 (Verschleißschutz-Schmelzbasalt Kaleborn) mit dem Säulenbasalt von Klöch, so kann abgeleitet werden, daß die chemische Zusammensetzung dieses steirischen Basaltes eigentlich recht günstig zu beurteilen ist.

Lediglich der CaO/MgO-Gehalt würde für manche Schmelzprodukte einer Korrektur nach oben bedürften.

## 5. Thermische Untersuchungen

### 5.1. Viskositätswerte ausgewählter Basaltschmelzen

Die Viskositäts-/Temperaturwerte von Basaltschmelzen sind wohl deren wichtigste thermische Kenngrößen. Diese Werte bestimmen unmittelbar die Höhe der Einschmelz- und Läuertemperaturen, die Verarbeitungstemperaturen, die Diffusionswerte und damit Keimbildung und Kristallisation. Untersucht wurden die ausgewählten Basaltschmelzen mit einem Eigenbau-Hochtemperatur/Rotationsviskosimeter lt. Abb. 7.



### 5.2. Vorbehandlung der Viskosimeterproben

Zur Vermeidung von Geräteschäden und Fehlmessungen als Folge gasabspaltender Reaktionen bzw. Gleichgewichtseinstellungen während des ersten Aufschmelzvorganges mußten die Rohbasaltproben in Platinschalen bei niedrigem Sauerstoff-Partialdruck zu homogenen Gläsern vorgeschmolzen und abgegoßen werden.

Die jeweiligen Basaltgläser wurden

- A - den DTA-Untersuchungen zugeführt,
- B - mit CaO/MgO - legiert (nochmals aufgeschmolzen und homogenisiert)
- C - den Viskositätsuntersuchungen zugeführt.

### 5.3. Ergebnisse der Viskositätsuntersuchungen

Viskositäts/Temperaturdiagramme entweder in der Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )/ $\log \eta$  Darstellung (Diagramm 1-10) oder im linearisierten  $\frac{1}{T}/\log \eta$  -System ( $^{\circ}\text{K}$ ).

Die Diagramme 11-20 erlauben dem fachkundigen Techniker direkt die für seine anlagen- und verfahrensspezifischen Schmelz-, Läuter- und Verarbeitungstemperaturen abzulesen. Er kann darüber hinaus auch auf eventuell erforderliche Legierungsoxide zur Veränderung der Eigenschaften des Schmelzproduktes rückschließen.

Für die Viskosität  $\eta$ , wurde bewußt die Einheit  $\text{d Pa}\cdot\text{s} = \text{Ns}\cdot\text{m}^{-2}$  gewählt, um einen direkten Vergleich mit der international bzw. in der Literatur noch häufig anzutreffenden Maßeinheit "Poise" zu ermöglichen.

In Diagramm 8 und 18 sind zusammenfassende Kurvenscharen für großtechnische Faserschmelzen und zwar ein Typ der Rocklane Serie, hier 232, sowie das Borosilikat-Ausgangsglas für "Tel-Woll"-Produkte und verschiedene Basaltschmelzen wiedergegeben.

Am Basalt "Kollnitz" zeigt sich, daß fallweise Flußmitte etwa in Form von Kalk, dolomitischem Kalk oder Dolomit zulegiert werden müssen.

Mit der Verringerung des Netzwerkbildners " $\text{SiO}_2$ ", der Verringerung des  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Anteiles und mit der damit verbundenen Viskositätserniedrigung, verringert sich jedoch im allgemeinen auch die chemische Beständigkeit der Schmelzbasalt-Produkte.

Es muß daher im jeweiligen Produktionsfall ein Kompromiß zwischen günstigen Verarbeitungseigenschaften und geforderter Produktqualität getroffen werden.

## 6. Differential-Thermo-Analyse Untersuchungen

Unter der realen Voraussetzung, daß in homogenen Basaltschmelzen bei entsprechender Temperaturstufung nur homogene Keimbildungen auftreten und eine rein mathematische Erfassung von Keimbildungs- und Kristallisationswerten in Vielstoffsystemen wie Basalte es sind, nicht möglich ist, wurden folgende Basaltschmelzen bzw. Basaltgläser thermoanalytisch untersucht.

Basalt Klösch

Basalt Mühlendorf

Basalt Hochstraden

Basalt Weitendorf

Basalt Pauliberg

### 6.1. Ergebnisse der DTA-Untersuchungen

Alle DTA-Untersuchungen wurden auf einer Netsch DTA-Anlage vom Typ 6/233 gefahren. Aufheiz- und Kühlraten betragen konstant 5°/Min., Haltezeiten wurden nicht vorgegeben.

#### 6.1.1. Ausgangsprodukt - Homogene Basaltgläser

Jeweils 100 Gramm Rohbasalt bzw. legierter Rohbasalt wurden bei 1450° im Platingefäß geschmolzen, geläutert und anschließend auf einem kalten Stahlblock abgegossen.

Die gewonnenen homogenen "Kristallisationskeim-freien" Basaltgläser erbrachten im DTA-Versuch die nachfolgend als Kurzfassung wiedergegebenen Untersuchungsergebnisse.

Tabelle 9

Basaltglas	I		II		
	Kristallisationsmaxima aus dem Basaltglas bei °C		Kristallisationsmaxima beim Abkühlen der Schmelze		
Klöch	n.b.		n.b.		
Mühdorf	780°		1040°	970°	
Hochstraden	770°		-	-	
Weitendorf	880°	1040°	-	-	
Pauliberg	800°		1060°		
Pauliberg+10 % CaO	800°		1140°		
Pauliberg+20 % CaO	800°	830°	1140°	1120°	
Pauliberg+30 % CaO	850°		1200°	1130°	1080°
Pauliberg+10 % MgO	730°	790°	1100°		
Pauliberg+10 % BaO	790°		1070°		

Aus diesen Werten können die für die Erzeugung von massigen Schmelzbasaltprodukten im technischen bzw. industriellen Umfang unbedingt erforderlichen Wärmebehandlungsstufen direkt abgeleitet werden.

Für Basalt-Faserprodukte werden damit deren thermische Beständigkeitsbereiche und die jeweiligen Kristallisationsbereiche aufgezeigt.

Die Kristallisationswerte welche sich bei Kühlraten von 5°C/Minute im DTA-Versuch ergeben (Tab. 9, Spalte II) lassen Minimierungs- und Maximierungsgrenzen für die Formgebung im glasigen Zustand der jeweiligen Basaltschmelze erkennen (DTA - Analyse Diagramm 21-29 im Anhang).

#### 6.1.2. Ausgangsprodukt-Basaltkeramik nach Keimbildung bei 800°C und Kristallisation bei 1000°

Zur besseren Vergleichbarkeit der Basalte und Basaltschmelzen untereinander, wurden im Rahmen dieser DTA-Untersuchungen ohne Rücksichtnahme auf etwaige anders gelegenen Keimbildungs- und Kristallisationsoptima, für alle Proben die Keimbildung auf 4 Stunden bei 800°C und die Kristallisation auf 4 Stunden bei 1000°C gelegt.

Eine komprimierte Kurzfassung dieser Ergebnisse wird in der Tabelle 10 wiedergegeben.

Tabelle 10

"Basaltkeramik"	Kristallisation aus Restschmelzen bei °C	Aufschmelzvorgänge event. Modifikationsänderungen bei °C
Klöch	n.b.	n.b.
Mühdorf	n.b.	n.b.
Hochstraden	n.b.	n.b.
Weitendorf	n.b.	n.b.
Pauliberg	1060°	1160°
Pauliberg+10 % CaO	1120°	1190°
Pauliberg+20 % CaO	1190° 1110° 1060°	1120° 1170° 1230°
Pauliberg+30 % CaO	1020°-1070°	1160° -1190°
Pauliberg+10 % MgO	1260° 1080°	1150°
Pauliberg+10 % BaO	1060°-1000°	1100° - 1160°

Die ermittelten Ergebnisse zeigen erstens gut den thermoanalytischen Einfluß von technisch/wirtschaftlich durchaus möglichen Legierungsoxiden.

Desweiteren ist gut zu erkennen, welche Basaltkeramik nach dem angeführten Keimbildungs-/Temperaturbehandlungsschema bereits gut und zu einem hohen Prozentsatz auskristallisiert war und welche Schmelzbasaltprodukte noch kristallisierbare Restglasschmelzen in unerwünscht großer Menge als Gefügebestandteile besaßen (DTA-Analysen Diagramm 30-35 im Anhang).

## 7. Röntgendiffraktometeruntersuchungen an keramisierten Schmelzbasaltproben

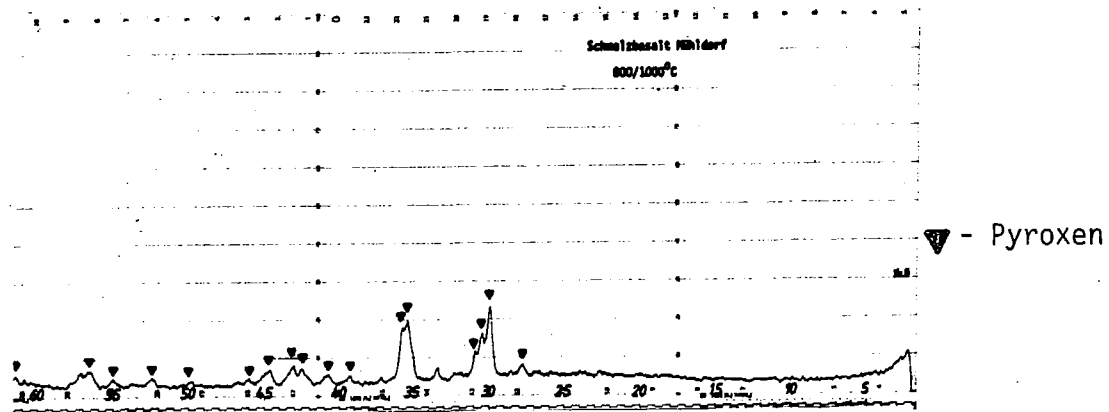
Mittels RDA-Untersuchungen am getemperten Schmelzbasalt-Probenmaterial (4 Stunden 800°C/4 Stunden 1000°C) sollte gezeigt werden, welche Mineralphasen unter diesen vereinheitlichten Temperbedingen in den jeweiligen Schmelzbasaltproben auftreten.

### 7.1.1. Basaltkeramik Mühdorf

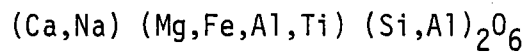
Der Basalt "Mühdorf" weist relativ hohe, SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Werte bei geringen Flußmittel-Anteilen auf. Dementsprechend hoch sind auch die Viskositäts-

werte. Das Kristallisationsvermögen ist wie in Abb.8 gut ersichtlich, vergleichsweise schwach ausgeprägt.

Abb.8 - Röntgendiffraktometeraufnahme des getemperten (keramisierten) Schmelzbasaltes "Mühdorf"



Pyroxen vom Typ:

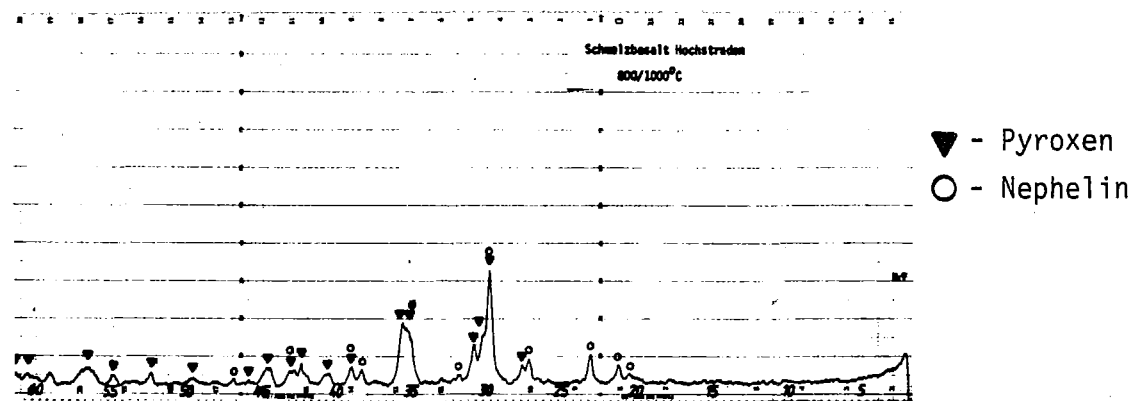


### 7.1.2. Basaltkeramik "Hochstraden"

Das besonders niedrig viskose Basaltglas "Hochstraden" zeigte wesentlich bessere Kristallisationseigenschaften als die anderen ebenfalls unlegierten Basaltschmelzen. Unter den vorgegebenen Temperaturbedingungen kristallisierten vorrangig:

-▼-Pyroxen und o-Nephelin als glaskeramische Neubildungen im Basaltglas.

Abb.9 - RDA-Aufnahme des keramisierten Schmelzbasaltes "Hochstraden"



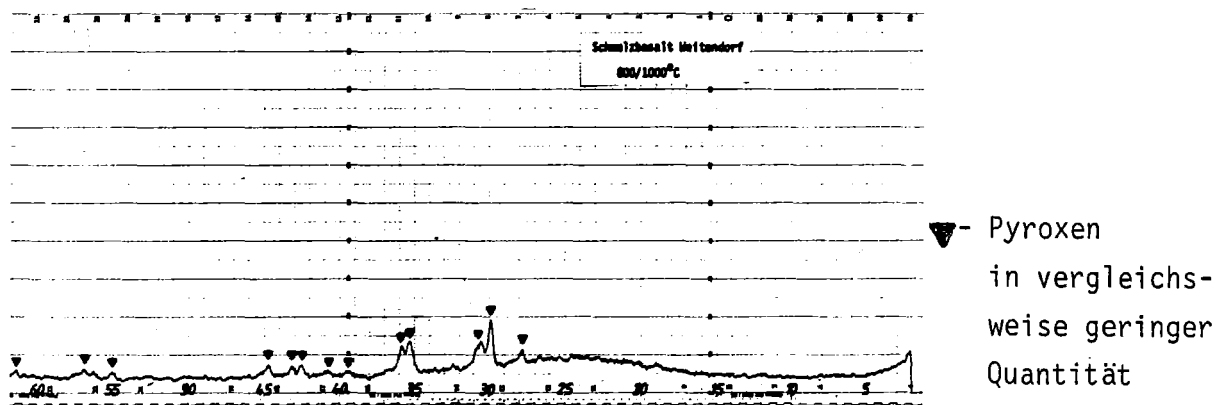


### 7.1.3. Basaltkeramik "Weitendorf"

Mit 54.86 %  $\text{SiO}_2$  und 16.40 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  liegt der Basalt von Weitendorf derart ungünstig im Netzwerkbildner/Netzwerkswandler-Verhältnis, daß aufwendige Viskositätsmessungen im vorgegebenen Temperaturbereich nicht sinnvoll erschien, zumal das Vorkommen mit  $65.000 \text{ m}^3$  geschätzten Vorrat undiskutabel klein ist.

Dennoch sollte die Abb.10 zeigen wie stark diese auch rechnerisch näherungsweise ermittelbare hohe Viskosität die Kristallisationsneigung drückt.

Abb.10 - Basaltkeramik "Weitendorf"



Die Untergrundanhebung im Bereich von 20/20-30° weist auf einen überhöhten Restglasanteil in der Probe hin.

### 7.2. Basaltkeramik "Pauliberg"

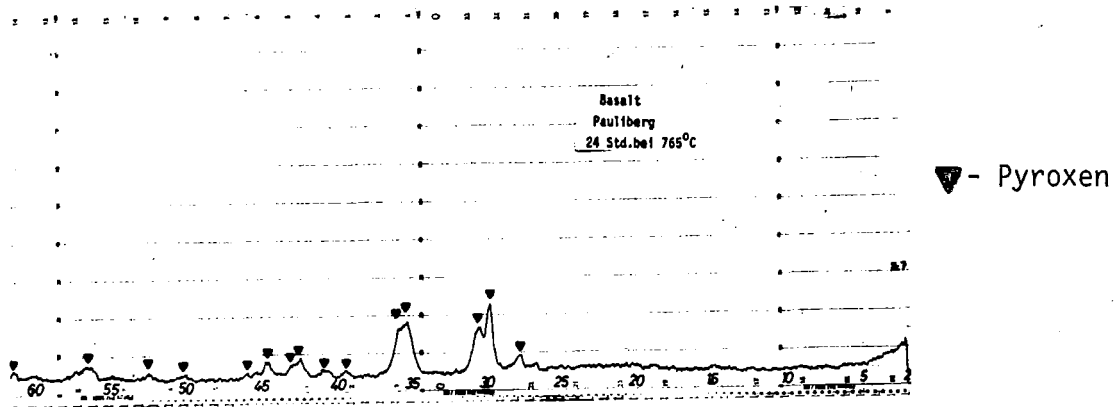
Von den verschiedensten Basaltschmelzen "Pauliberg" wurde nachfolgende Versuchsreihe erstellt.

#### 7.2.1. Basaltkeramik "Pauliberg"/765°C

Aufgrund der Erkenntnisse aus den DTA-Resultaten wurde das Basaltglas Pauliberg in diesem Versuch ohne Keimbildungsstufe für 24 Stunden bei 765°C

getempert. Wie erwartet, kam es bei dieser Temperatur zur Ausbildung einer einzigen Mineralphase, welche als Pyroxen identifiziert wurde (Abb.11).

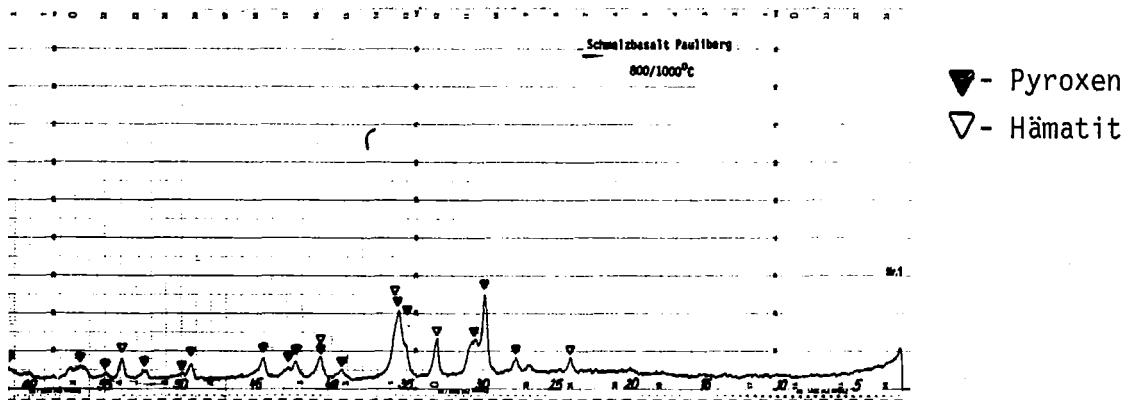
Abb.11 - Glasschmelze Pauliberg bei 765° getempert



### 7.2.2. Basaltkeramik "Pauliberg"

Diese wiederum bei 800 und 1000°C zur Basaltkeramik getemperte Basaltglasschmelze zeigte neben Pyroxen, als weiteres Kristallisationsprodukt eine erhebliche Menge an Hämatit!

Abb.12 - Basaltkeramik "Pauliberg"

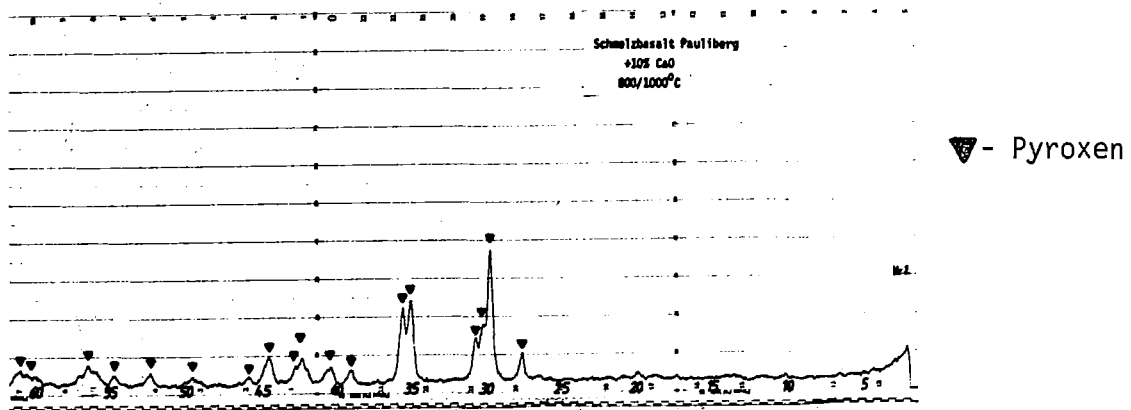


### 7.2.3. Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % CaO"

Um den Einfluß eines etwas angehobenen, viskositätsmindernden CaO-Gehaltes zu testen, wurden der Schmelze Pauliberg 10 % Masse, CaO zugefügt.

Mit den verbesserten Diffusionsmöglichkeiten in der Schmelze infolge der geringeren Viskosität verbesserte sich wie in Abb.13 gut ersichtlich das Kristallisationsverhalten.

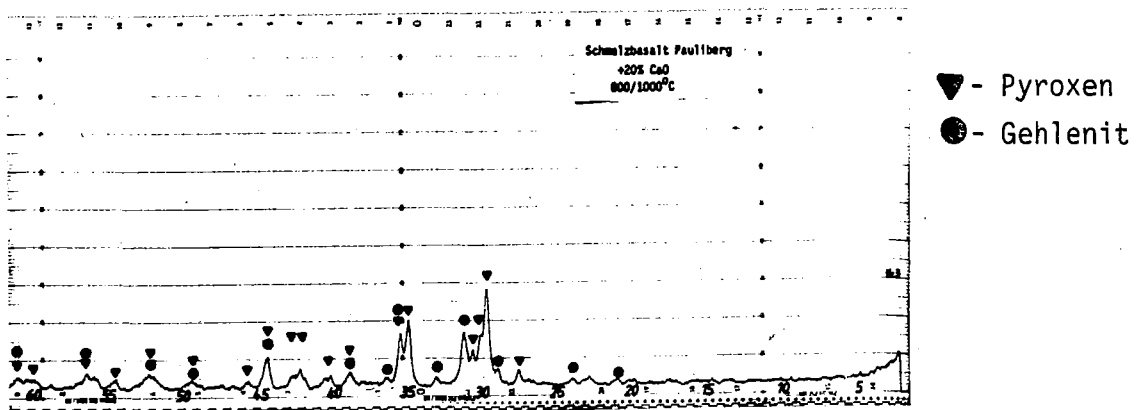
Abb.13 - Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % CaO"



Die Kristallisations-Peaks der einzigen auftretenden Kristallphase "Pyroxen" sind sehr gut ausgeprägt.

Ein weiterer Zusatz von CaO auf insgesamt + 20 % CaO bewirkte neben einer weiteren Viskositätsverringerng (analog Basalt Kollnitz) auch veränderte Gleichgewichtsbedingungen im Mineralbestand. Neben Pyroxen (deutlich weniger als bei + 10 % CaO), konnte auch die CaO-reiche Phase Gehlenit -  $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$  identifiziert werden.

Abb.14 - Basaltkeramik "Pauliberg + 20 % CaO"



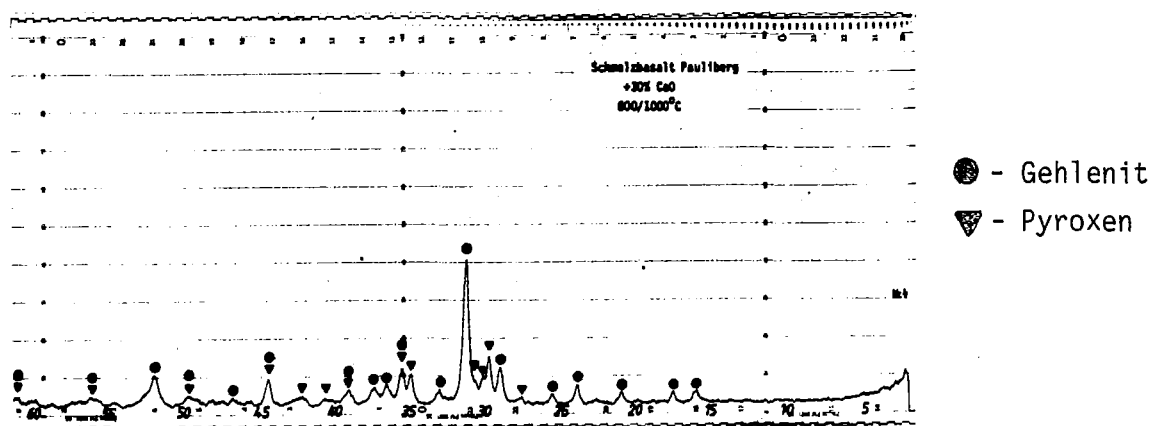
Mikroskopische Anschliffaufnahmen bestätigen den röntgenographisch bestimmten Mineralgehalt, wobei aus den Bildern 31-37 hervorgeht, daß die Hauptmineralphase zwar noch immer Pyroxen ist, der Gehlenit-Anteil an der Volumskristallisation hat jedoch stark zugenommen.

#### 7.2.4. Basaltkeramik "Pauliberg + 30 % CaO"

Der Zusatz von insgesamt 30 % CaO ergab eine zwar vergleichsweise basische, jedoch noch immer verarbeitbare, niedrig viskose Schmelze.

Als bevorzugte Kristallausscheidung tritt Gehlenit auf. Pyroxen ist unter den gegebenen Bedingungen nur noch als untergeordnete Mineralphase erkennbar.

Abb.15 - Basaltkeramik "Pauliberg + 30 % CaO"



Für eine, im Zuge der technischen Verwertung allenfalls geforderte hohe Säurebeständigkeit, dürfte ein hoher Gehlenitgehalt in Schmelzbasaltprodukten eher nachteilig zu bewerten sein.

#### 7.3. Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % MgO"

Zu vergleichenden Darstellungen der Auswirkung verschiedener Erdalkalimetalloxide auf das Kristallisationsverhalten von Basaltschmelzen, wurden der Schmelze "Pauliberg" jeweils 10 Masse % CaO, MgO bzw. BaO zugesetzt.

BaO gewinnt trotz der hohen Rohstoffpreise als Legierungsoxid im Zusammenhang mit der Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe immer mehr an Bedeutung.

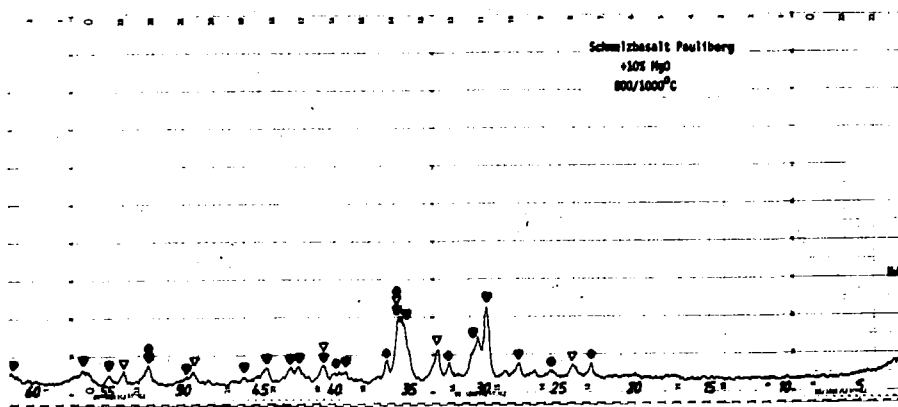
### 7.3.1. Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % MgO"

Die Zugabe von 10 Masse % MgO zur Basaltschmelze "Pauliberg" (Abb.16) bewirkte ein deutlich verändertes Kristallisationsverhalten als es bei Zulegierung von 10 Masse % CaO (Abb.13) nachzuweisen war.

Als röntgenographisch identifizierbare Mineralphasen konnten festgestellt werden:

Pyroxen, Olivin, Hämatit.

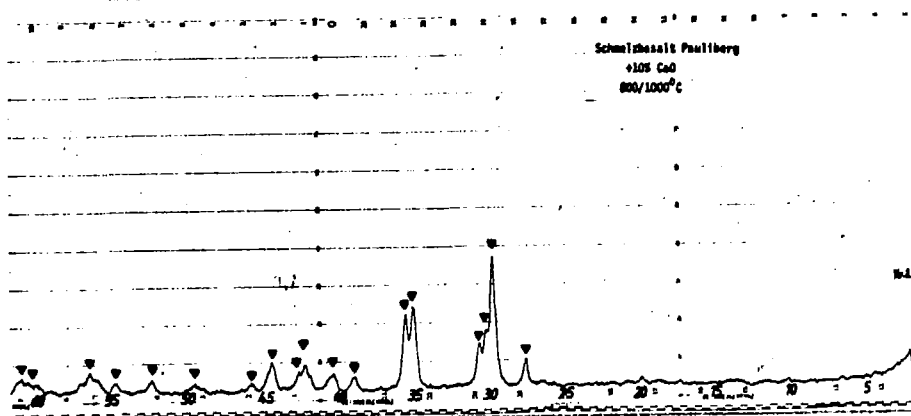
Abb.16 - Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % MgO"



- ▼ - Pyroxen
- ◆ - Olivin
- △ - Hämatit

Als Vergleich zur Schmelze "Pauliberg + 10 % MgO"

Abb.13 - "Pauliberg + 10 % CaO"

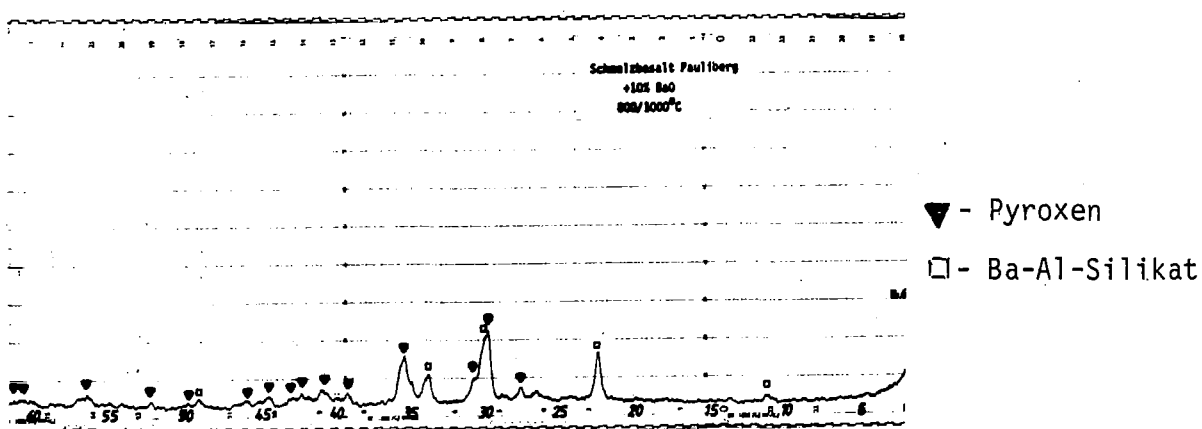


- ▼ - Pyroxen

### 7.3.2. Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % BaO"

Die Zugabe von 10 % BaO zeigte eine wiederum völlig andere Wirkung als die Zugabe von 10 % CaO (siehe Abb.13 oder 10 % MgO (siehe Abb.16). Neben der vergleichsweise schwach ausgeprägten Pyroxen-Kristallisation tritt noch eine nicht genau identifizierte Barium-Alumosilikatphase vom Typ Cymnit  $Ba(Al,Fe)Si_2O_8$  auf.

Abb.17 - Basaltkeramik "Pauliberg + 10 % BaO"



Neben der röntgendiffraktometrischen Mineralbestimmung wurden die Proben (Anschliffe) noch lichtoptisch, elektronen-optisch und mit Hilfe der Elektronenstrahl-Mikroanalyse untersucht.

## 8. Licht- und elektronenoptische Untersuchungen

Basaltschmelzen und Basaltgläser sind in ihrem thermodynamischen Verhalten, weitgehend mit kristallisationsfähigen, synthetischen Gläsern und Glasschmelzen zu vergleichen. Als wesentliche thermodynamische Glieder müssen beispielsweise folgende Kenngrößen und Randbedingungen berücksichtigt werden:

Kritische Keimradien

freie Volumsenthalpie, Bildungsenthalpien,

Oberflächenspannung,

Keimbildungsgeschwindigkeit, Unterkühlungsraten,

Diffusionskenngrößen, sowie Werte der Aktivierungsenergie.

Ansätze zur mathematischen Fassung der Keimbildungs- und Kristallisationsmechanismen sind beispielsweise in Glass Ceramics, oder Nucleation and Crystallization in Glasses 7) 8) zu finden.

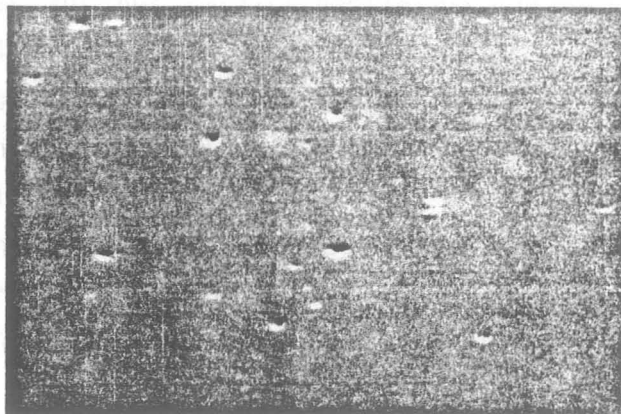
Dieses komplexe Zusammenwirken chemischer und thermodynamischer Faktoren erfordert, daß für jedes Vielstoffsystem einige Keimbildungs- und Kristallisationsoptima gefunden werden müssen.

Es ist daher nicht verwunderlich, wenn bei lichtoptischer Vergrößerung (max. 1.600) und selbst bei REM-Untersuchungen (bis 10.000fach) in einigen Basaltkeramiken die Kristallisationsformen kaum oder überhaupt nicht erkennbar sind.

#### 8.1. Basaltkeramik Mühlendorf

Die röntgenographisch gut nachweisbare Kristallisation (Abb.18) ist dermaßen feinkörnig, daß die Kristallaggregate lediglich elektronenoptisch als helle Bereiche angedeutet erscheinen.

Abb.18 - Basaltkeramik Mühlendorf

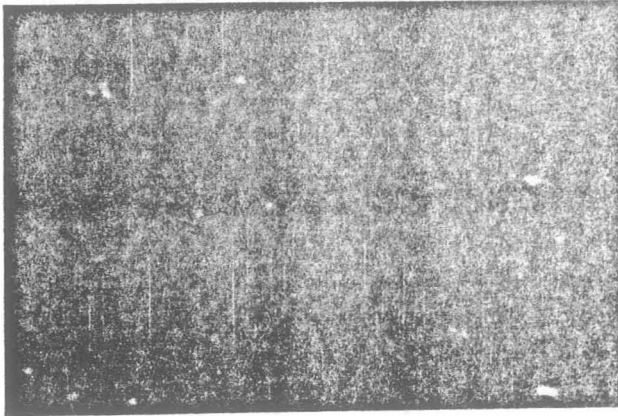


REM 10.000 x / HF Ätzung

### 8.2. Basaltkeramik Weitendorf

Besonders feinkörnige und vor allem sehr dichte Kristallausbildung wie Abb.19 bei 10.000facher Vergrößerung zeigt.

Abb.19 - Basaltkeramik Weitendorf



REM 10.000 x / HF-Ätzung

### 8.3. Basaltkeramik Hochstraden

Das aus der Basaltschmelze Hochstraden gewonnene Basaltglas, erwies sich als ungemein kristallisationsfreudig. Wie aus der RDA-Aufnahme zu ersehen ist, kristallisieren bei den gewählten Temperbedingungen vor allem Pyroxen und Nephelin. Licht- und elektronenoptische Anschliffaufnahmen lassen, wie die Bildserie Abb.20 - Abb.29 zeigt, auch jene röntgenographisch nicht gut ansprechbare (durch stärkere Peaks überdeckte) Mineralphasen eindeutig erkennen. Mikrosondenanalysen ermöglichen es zudem, diese Phasen in ihrer chemischen Zusammensetzung zu identifizieren.

In den lichtoptischen Anschliffaufnahmen 20 und 21, ist bei 800 und 1600facher Vergrößerung die "ballige" bis radialstrahlige Pyroxenkristallisation in einem sehr feinen Untergrund zu erkennen.

Die hellen Aggregate sind meist Fe- und Ti-reich.



Abb.20/21 - Basaltkeramik Hochstraden

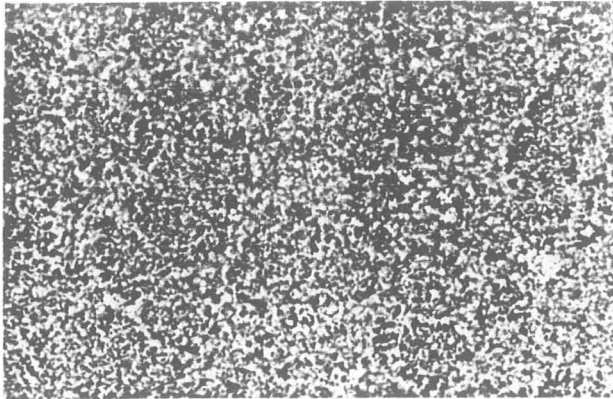


Abb.20 1600x - HNO<sub>3</sub>-Ätzung

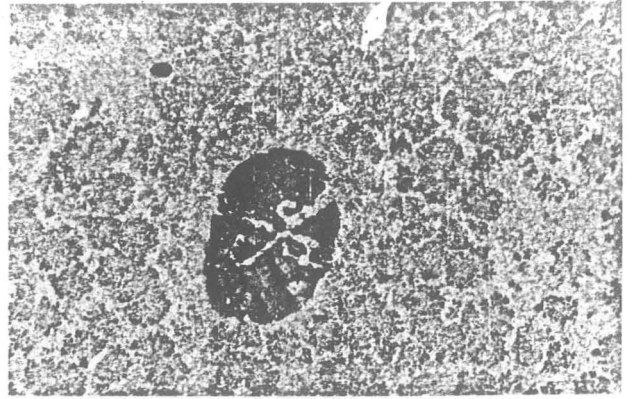


Abb.21 800x - HNO<sub>3</sub>-Ätzung

Fallweise sind auch, wie in Abb.21/Bildmitte, dunkle rekristallisierte ehemalige flüssig/flüssig-Entmischungen zu erkennen, bei denen es sich um Schwefel-! und Chlor-! haltige Na-, Ca-Alumosilikate handelt. Ähnliche Zusammensetzung weist auch das ovale Entmischungsgebilde in Abb.22 auf. Helle Aggregate wie im Abb.22, 23 und 24, sind vergleichsweise relativ oft zu finden. Es sind, wie Mikrosondenanalysen am Anschliff (Bild 25) zeigen, Hämatit/Magnetitaggregate mit beachtlich hohen Ti-, Mg- und Al-Gehalten.

Abb.22/23 - Basaltkeramik Hochstraden

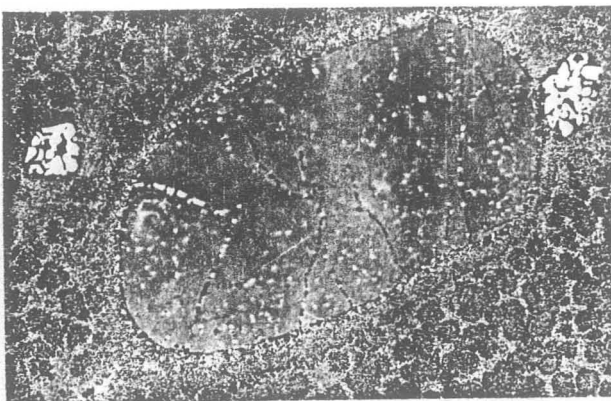


Abb.22 400x - HCl-Ätzung

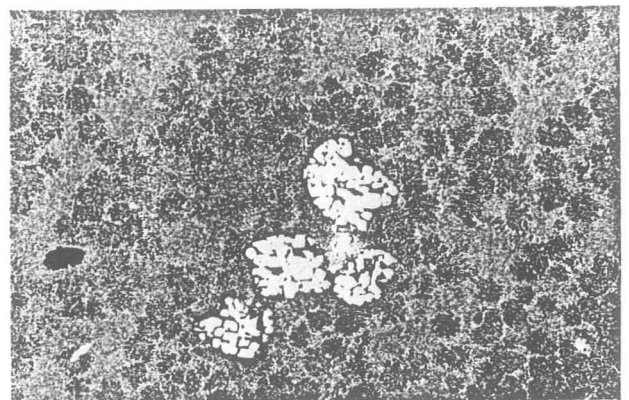


Abb.23 400x - HCl-Ätzung

In den Abb.24/25 werden Detailaufnahmen von Hämatit/Magnetit-Teilchen bei 1600 und 2000facher Vergrößerung vorgestellt.

Abb.24/25 - Basaltkeramik Hochstraden

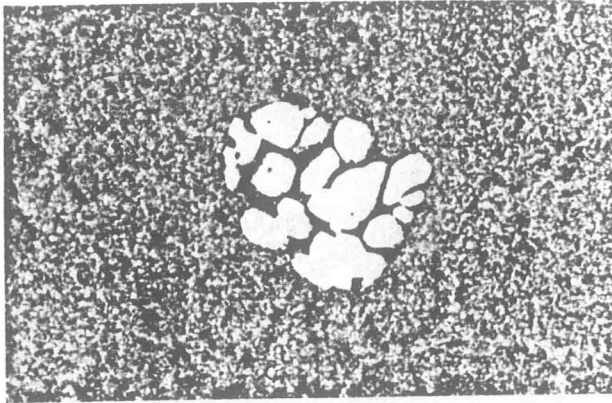


Abb.24 1600x - HF-Ätzung

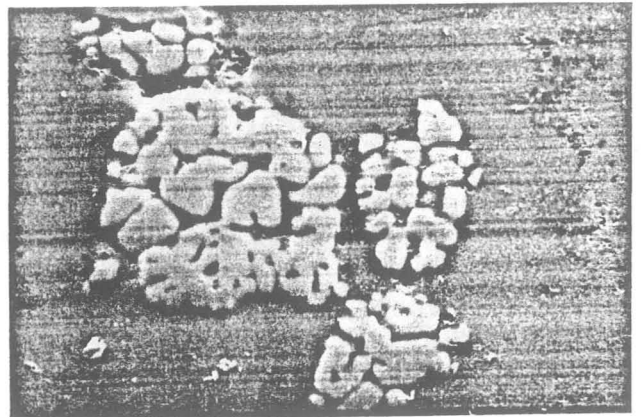


Abb.25 REM 2000x

Interessant ist, daß bei den lichtoptischen Anschliffaufnahmen der feinkörnig/kristalline Untergrund wesentlich besser als bei REM-Aufnahmen hervortritt. Im Falle starker HCl-Ätzung können auch im REM ansonsten kontrastarme Mineralphasen über Reliefbildung sichtbar gemacht werden.

Abb.26/27 - Basaltkeramik Hochstraden

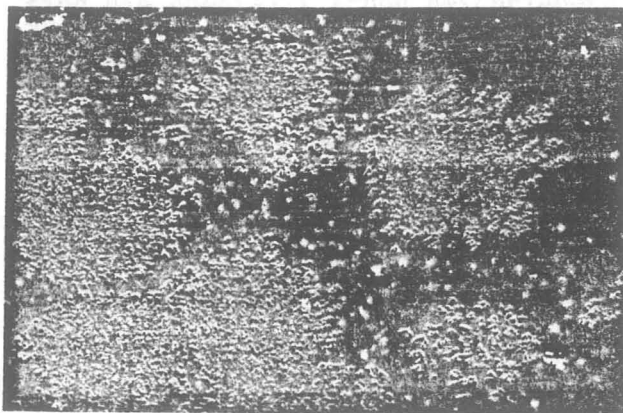


Abb.26 REM 2000x  
jeweils starke HCl-Ätzung

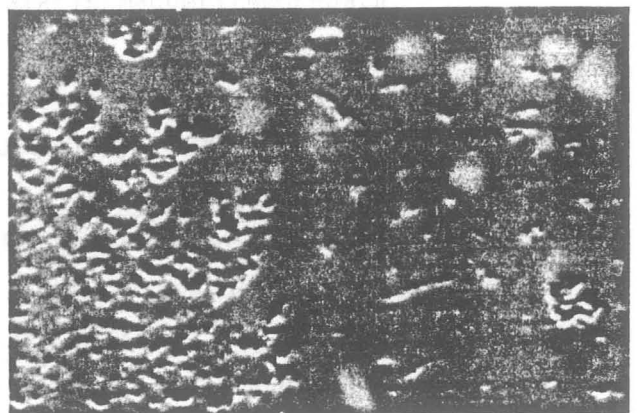


Abb.27 REM 10.000x

Die Pyroxenphase und der Hämatit sind durch HCl-Behandlung angeätzt, während die Nephelinkristallisation und das Restglas kaum angegriffen wurden.

Abb.28/29 - Basaltkeramik Hochstraden

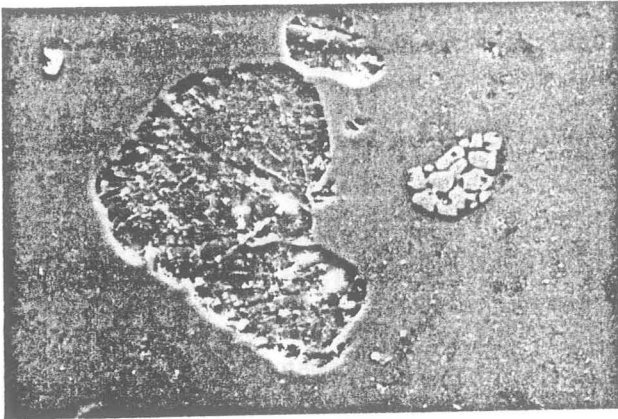


Abb.28 REM 500x  
jeweils leichte HF-Ätzung

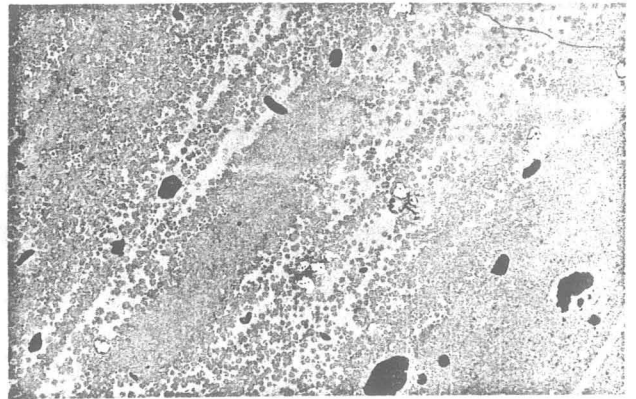


Abb.29 Anschliff 80x

Bild 28 zeigt einen Ausschnitt aus Bild 29 wobei in der Bildmitte ein stark angeätztes Chlor-Schwefel- und Calcium-haltiges Aluminosilikatteilchen neben dem harten, hervorstehenden Fe-Ti-Mg-Al-Teilchen zu erkennen ist. Bild 29 gibt eine bei 80facher Vergrößerung angefertigte Übersichtsaufnahme der Basaltkeramik Hochstraden 800/1000°C wider, wobei die großen dunklen Flecken die Chlor-/Schwefel-haltige Phase darstellen. Die hellen Teilchen sind die ebenfalls schon beschriebenen Hämatit/Magnetitaggregate.

Die grauen Phasen sind Pyroxene, während die Nephelinkristallisation feinstkörnig und bei dieser Vergrößerung noch nicht als Kristallbildung sichtbar vorliegt.

Die zeilige Ausbildung im Bild 29 stammt offenbar von der spontanen Oberflächenkristallisation während des Abgießvorganges, wobei bevorzugt Magnetit an der Probenoberfläche kristallisiert. Ein Teil der  $Fe_3O_4$  Kristallisation wurde zu  $Fe_2O_3$  oxidiert und von der ständig nachfließenden Schmelze überlaufen.

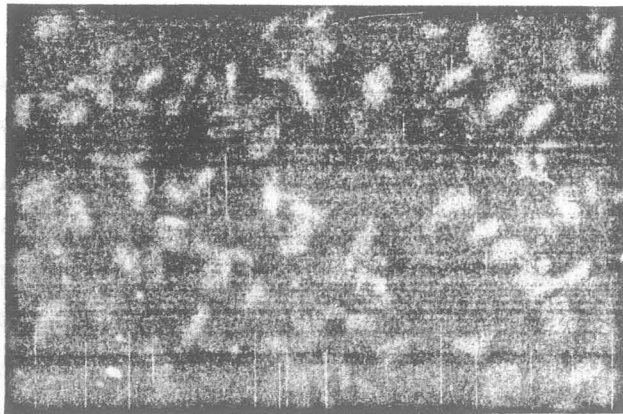
#### 8.4. Basaltkeramik Pauliberg

##### 8.4.1. Basaltkeramik Pauliberg ohne Zulegierungen

Das Röntgendiagramm (Abb.12) weist Pyroxen und Hämatitkristallisation nach. Lichtmikroskopisch sind die äußerst feinkörnigen Kristallausscheidungen noch nicht ansprechbar.

Bei 10.000facher elektronenoptischer Vergrößerung (Abb.30) sind die Hämatitaggregate als helle Plättchen erkennbar. Die Pyroxenkristallisation ist jedoch schlechter entwickelt und lediglich als mittelgraue Grundmasse neben dunkelgrauen Glasresten erkennbar.

Abb.30 - Basaltkeramik Pauliberg ohne Zulegierung

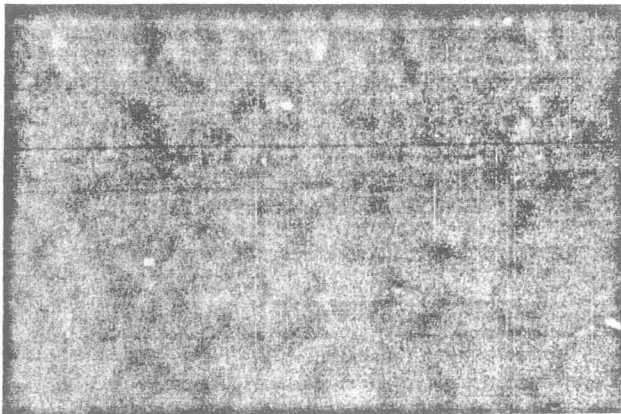


REM 10.000x - HF-Ätzung

##### 8.4.2. Basaltkeramik Pauliberg + 10 % CaO

Ein Zulegieren von 10 Masse % CaO zur Schmelze Pauliberg ließ wie in Abb.13 gezeigt, die Hämatitkristallisation verschwinden. Der  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Anteil ging vorwiegend in die Restglasphase. Die Pyroxen-Kristallisation ist sehr gut volumsfüllend und äußerst feinkörnig ausgebildet (Abb.31, hellgraue Masse).

Abb.31 - Basaltkeramik Pauliberg + 10 % CaO



REM 10.000x - HF-Ätzung

#### 8.4.3. Basaltkeramik Pauliberg + 20 % CaO

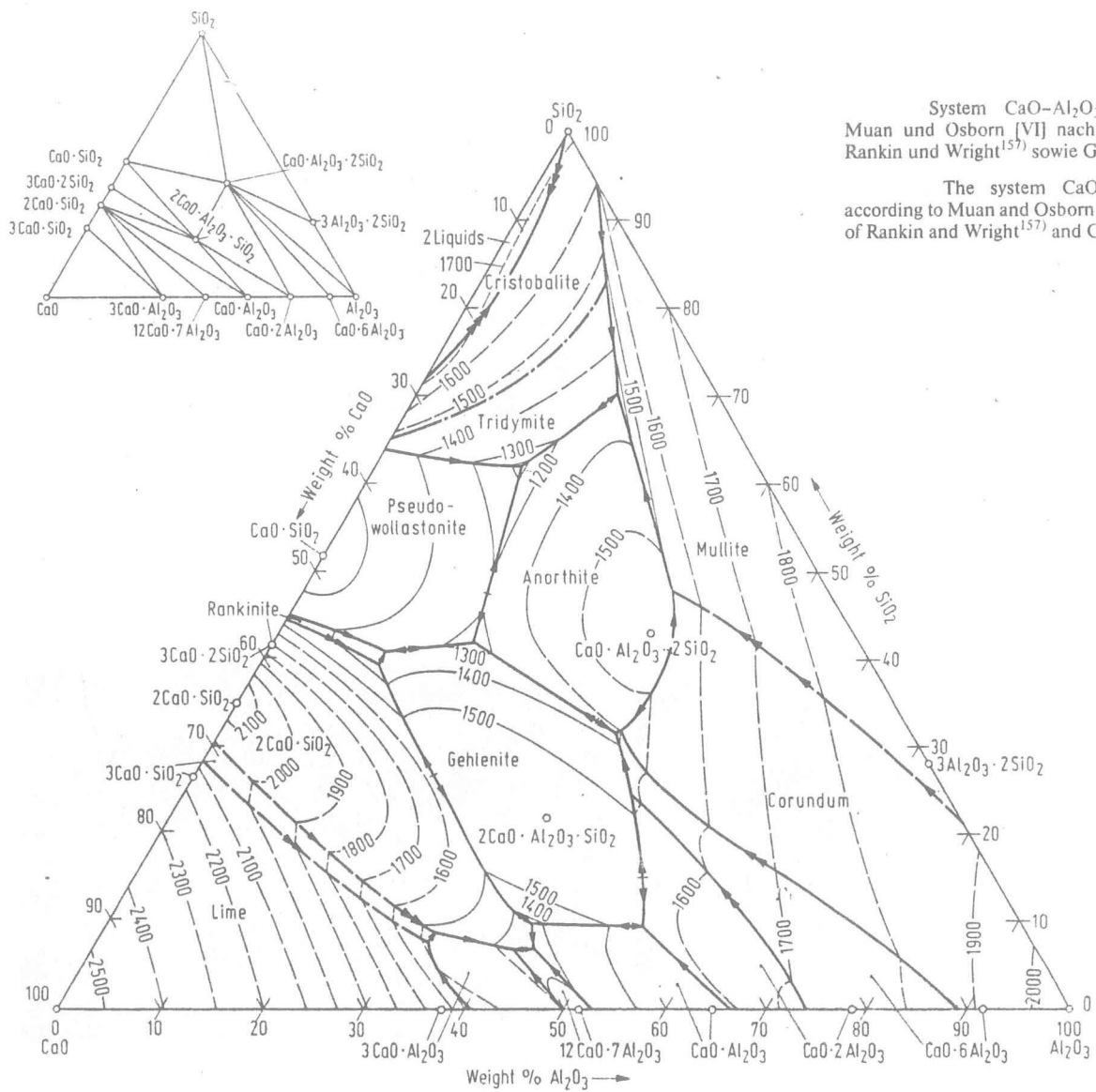
Aufgrund der Zugabe von + 20 % CaO zur Basaltschmelze Pauliberg weist die neue Schmelze einen  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von ca. 36 %, einen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Gehalt von ca. 9% und einen CaO-Gehalt von ca. 25 % auf, wodurch sich neben dem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , MgO und Alkalimetallóxid-Anteil ein  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO}$  Verhältnis von ca. 4 : 1 : 2,8 ergibt. Die Basaltschmelze ist dadurch gerade noch in das Primärausscheidungs-feld des Gehlenites (Abb.32) gefallen, wobei wie die Mikrosondenanalysen zeigen, ein Teil des  $\text{Al}_2\text{O}_3$  durch  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und ein Teil des CaO durch MgO in der Gehlenitkristallisation ersetzt wurde.

Mischkristallreihen  $\text{C}_2\text{AS} - \text{C}_2\text{MS}_2$  - Gehlenit - Äkermanit sowie  $\text{C}_2\text{MS}_2 - \text{C}_2(\text{F,A})\text{S} - \text{Äkermanit} - \text{Eisengehlenit}$ .

Für eine allfällige, spätere Produktentwicklung ist diese Erkenntnis von erheblicher Bedeutung, da damit feststeht, daß für diesen Basalt und seine CaO-Legierungen, vornehmlich mit den vergleichsweise einfachen und gut erforschten  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  - Systemen gearbeitet werden kann.

Die wesentlich komplizierteren  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$  - Vielstoffsysteme können in diesen Fällen als Randsysteme betrachtet werden.

Abbildung 32 - Stoffsystem  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{SiO}_2$



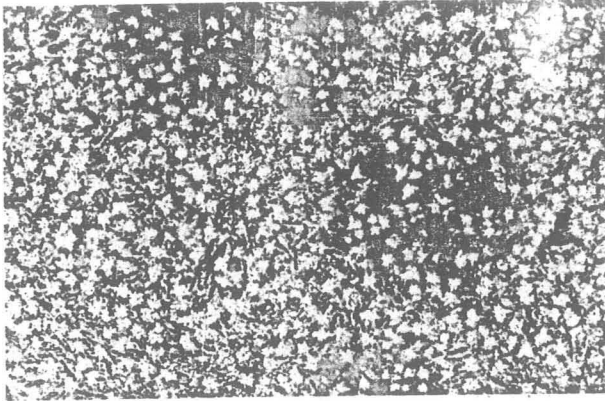
System  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  nach Muan und Osborn [VI] nach Werten von Rankin und Wright<sup>[157]</sup> sowie Greig<sup>[158]</sup>

The system  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  according to Muan and Osborn VI using data of Rankin and Wright<sup>[157]</sup> and Greig<sup>[158]</sup>

Dadurch, daß die Primärkeimbildung wahrscheinlich über die Eisenphase abläuft, ist ein typischer Zonarbau der Gehlenitkristalle mit erhöhten Fe-Gehalten im Bereich der Kristallzentren zu beobachten.

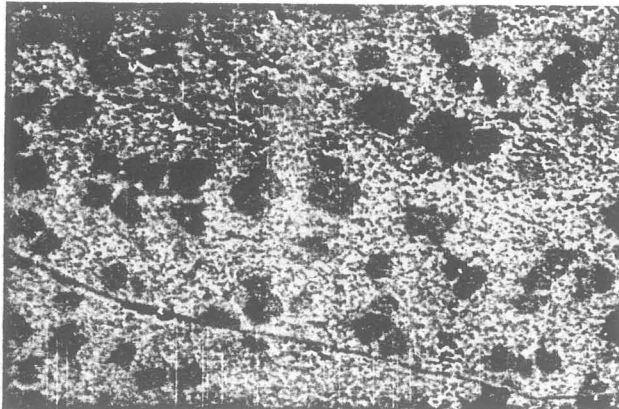
Neben den sternchenförmigen eisenreichen Gehleniten (Abb.33, 34, 36 und 37) welche auf der Pyroxenkristallisation (dunkle Dendriten) sitzen, waren in der Keramik auch dunkle anscheinend glasig erstarrte Flecken (Abb.35, 36) zu beobachten.

Abb.33/34 - Basaltkeramik Pauliberg + 20 % CaO



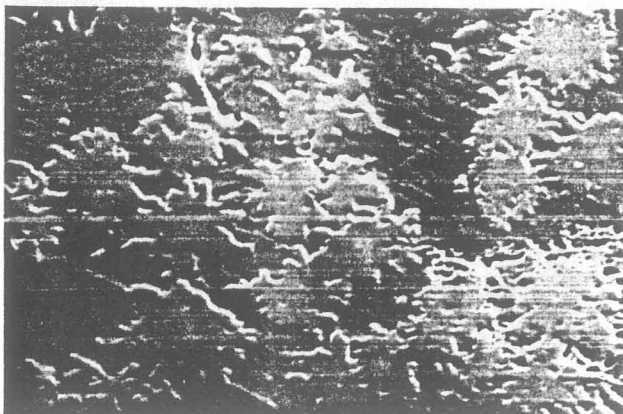
Anschliff 1000x - HF-Ätzung

Abb.35

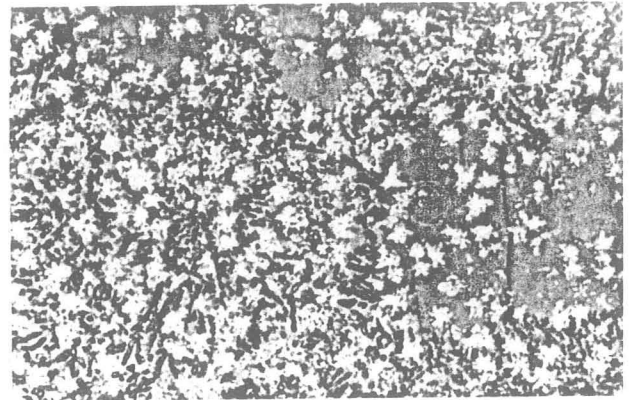


REM 200x - HF-Ätzung

Abb.37

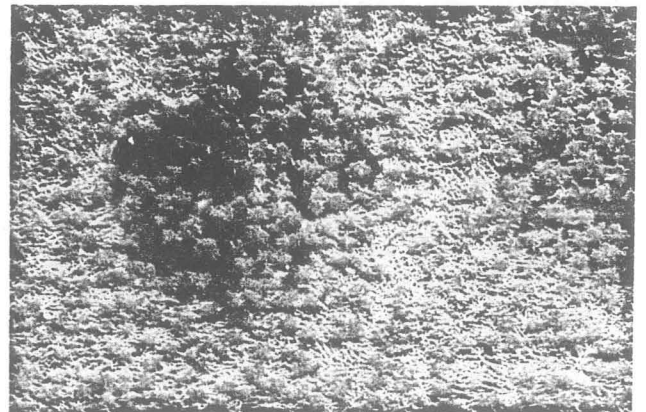


REM 5000x - HF-Ätzung



Anschliff 1600x - HF-Ätzung

Abb.36



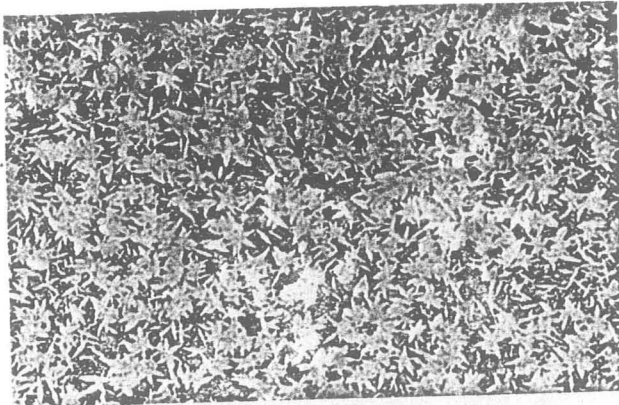
REM 1000x - HF-Ätzung

Abb.37 zeigt Gehlenitaggregate im Bereich der dunklen Flecken die in den Bildern 33-36 gut erkennbar sind. Innerhalb dieser dunklen Flecken hat sich keine Pyroxenkristallisation ausgebildet, während interessanterweise außerhalb der dunklen Flecken feingefiederte, dendritische Pyroxenkristallisation vorliegt.

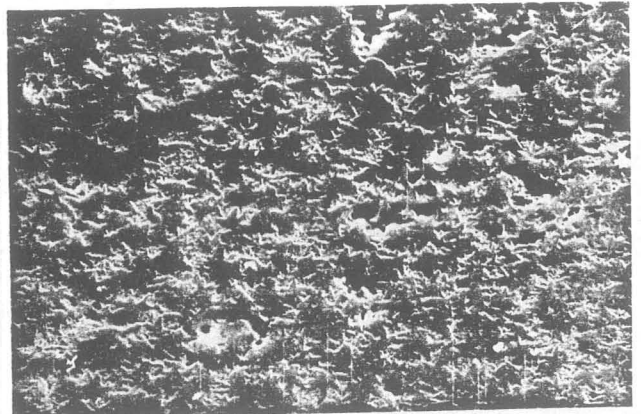
#### 8.4.4. Basaltkeramik Pauliberg + 30 % CaO

Der Zusatz von + 30 % CaO unterdrückte die Pyroxenkristallisation weitgehend. Vorherrschende Mineralphase ist Gehlenit der Fe/Mg-Anteil findet sich verstärkt in der Restglasphase (Abb.38-40).

Abb.38/39 - Basaltkeramik Pauliberg + 30 % CaO

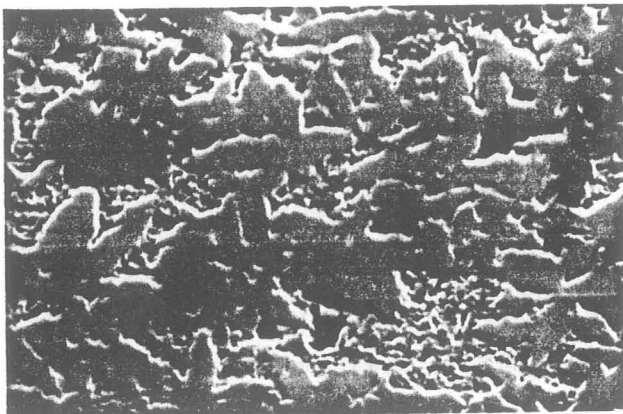


Anschliff 1000x - HF-Ätzung



REM 1000x

Abb.40



REM 5000x

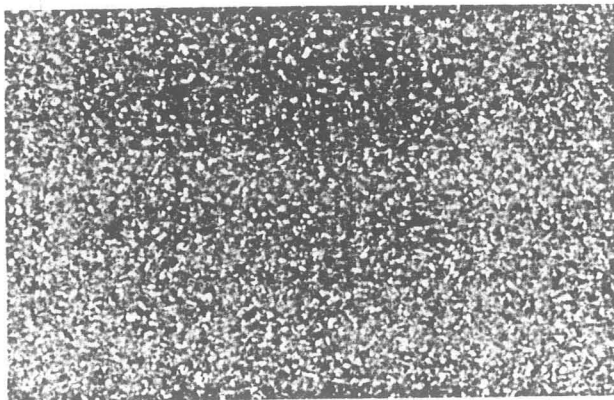


Besonders die beiden REM-Aufnahmen Abb.39/40 lassen deutlich die sternchenförmige Gehlenitkristallisation und dazwischen liegende Pyroxenphasen erkennen. Die ausgeprägte Volumskristallisation führte jedoch zu einer unerwünschten Porigkeit (Kristallisationsschrumpfung), sie ist besonders gut in Abb.39 zu erkennen.

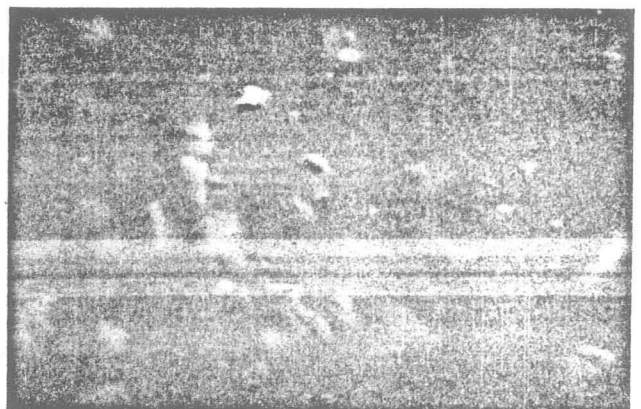
#### 8.5. Basaltkeramik Pauliberg + 10 % MgO

Im Gegensatz zum Erdalkalimetalloxid CaO, bewirkte das ebenfalls zu den Erdalkalimetalloxid zählende MgO, keine verstärkte Kristallisation. Es treten allerdings mindestens 3 Hauptphasen, Pyroxen, Olivin und Hämatit (siehe auch Abb.16) auf.

Abb.41/42 - Basaltkeramik Pauliberg + 10 % MgO



Anschliff 1600x - HF-Ätzung

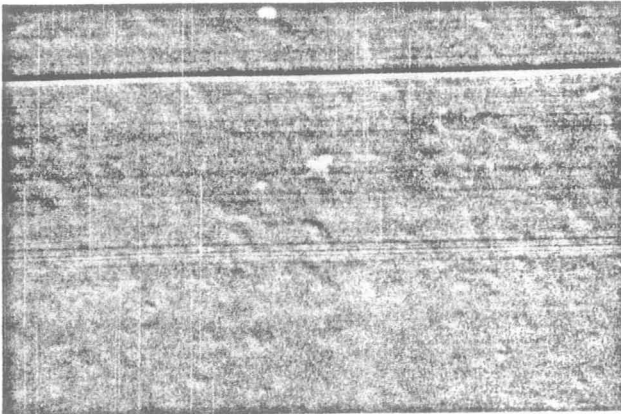


REM 10.000x

#### 8.6. Basaltkeramik Pauliberg + 10 % BaO

Der BaO-Zusatz verringerte das Kristallwachstum noch stärker als der MgO-Zusatz. Obwohl röntgenographisch (Abb.17) zwei Mineralphasen gefunden wurden, waren selbst bei 10.000facher elektronenoptischer Vergrößerung, und unter Zuhilfenahme verschiedener Ätzmittel keine Kristallaggregate erkennbar. In diesem Zusammenhang wird wieder einmal der sich gegenseitig sinnvoll ergänzende Untersuchungsaufwand von Lichtmikroskopie/Elektronenmikroskopie und Röntgendiffraktometrie anschaulich belegt.

Abb.43 - Basaltkeramik Pauliberg + 10 % BaO



REM 10.000x

## 9. Ergänzende Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen

Als Ergänzung und Überprüfung der zur Verfügung stehenden chemischen Analysen, wurden eine Reihe zusätzlicher Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen durchgeführt.

### 9.1. Schmelzbasalt Hochstraden

Die chemische Analyse des Basaltes Weitendorf, ist gekennzeichnet durch einen vergleichsweise sehr hohen  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt, während  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{TiO}_2$  relativ niedrige Werte aufweisen. Diese Analyse wird durch Mikrosondenanalysen (Diagramm 307 bestätigt.

### 9.2. Schmelzbasalt Mühlendorf

Auch hier decken sich die chemischen Analysen (Tab.37 und das Mikrosondenanalysen-Diagramm Nr.29 weitgehend.

### 9.3. Schmelzbasalt Weitendorf

Die chemische Analyse des Basaltes Weitendorf, ist gekennzeichnet durch einen vergleichsweise sehr hohen  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt, während  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

und  $TiO_2$  niedrige Werte aufweisen. Auch diese Analyse wird durch Mikrosondenanalysen (Diagramm 30) bestätigt.

#### 9.4. Schmelzbasalt Pauliberg

Die chemische Analyse vom dunklen Basalt Pauliberg (Spalte I - Tabelle 4) deckt sich mit Ausnahme des  $Al_2O_3$ -Gehaltes gut mit dem Elektronenstrahl-Mikrosondendiagramm Nr.31.

#### 9.5. Schmelzbasalt Pauliberg + 10 % CaO

Die Zugabe von 10 % CaO bewirkte ein sehr starkes Anwachsen des Ca-Peaks (Diagramm 32.) und zeigt damit, wie empfindlich die eingesetzte Elektronenstrahl-Analysenmethode auf stoffliche Veränderung im jeweiligen System, reagiert.

#### 9.6. Schmelzbasalt Pauliberg + 10 % BaO

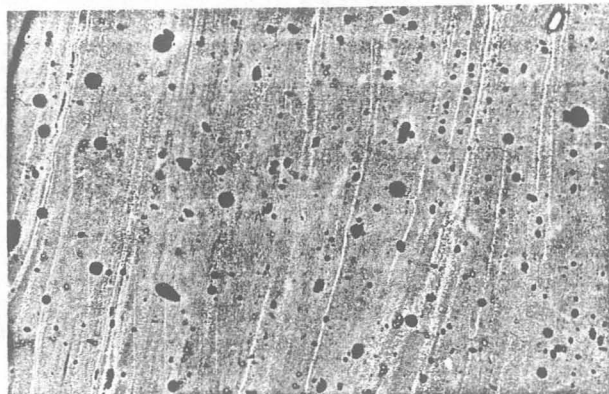
10 % Barium-Zusatz erbrachte im Diagramm 32 einen wesentlich niedrigeren Ba-Peak gegenüber dem Ca-Peak obwohl im Basaltglas lt. Analyse eine ähnliche CaO Menge (10.22 % CaO) vorhanden ist.

### 10. Basaltschmelze in einer industriell ausgelegten Versuchsanlage

In einer Basalt-Versuchsschmelzanlage, wurden vom Betreiber der Anlage mehrere Tonnen Basalt erschmolzen. Ein Teil der Schmelzen wurde am Institut für Gesteinshüttenkunde untersucht.

Es zeigte sich dabei, daß für massige Schmelzbasaltprodukte, neben einer chemisch genau eingestellten Schmelzenzusammensetzung, einer optimalen Gießtemperatur, auch das Gießvolumen eine entscheidende Rolle spielt, damit nicht bei zu geringem Schmelzzufluß infolge ungünstiger Temperaturbedingungen, schlierenförmig verteilte Oberflächenkristallisation und erhöhte Porigkeit auftreten (Abb.43).

Abb.43 - Schmelzbasalt Pauliberg

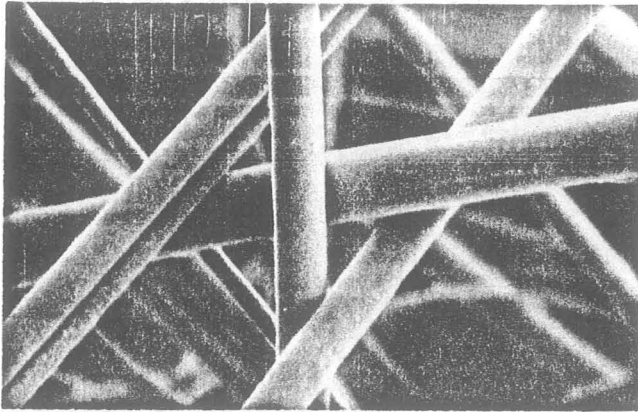


Anschliff 20x; HCl-Ätzung/schlierenförmig verteilte Oberflächenkristallisation und Porigkeit.

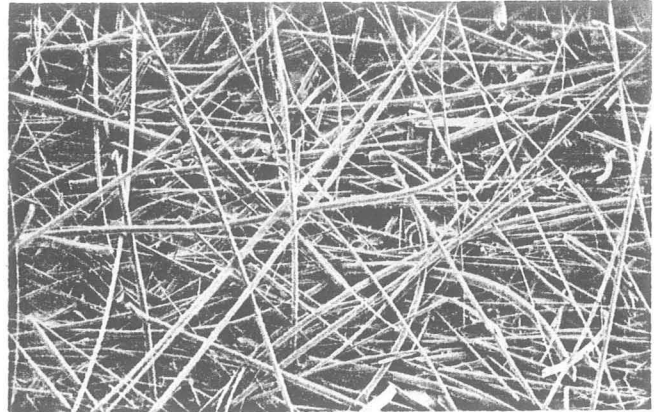
## 11. Basalt- und Borsilikat-Glasschmelzen zur Fasergewinnung

Einen bedeutenden Zweig der Schmelzbasaltproduktion bilden Isolierfasern wie Mineralwolle, Gesteinsfasern oder Basaltfasern. Je nach Herstellungsverfahren werden dabei aus der Basaltschmelze im Viskositäts/Temperaturbereich von 900-1200°C und  $\log \eta = 2.5-3.5$  Pas mehr oder weniger lange, unterschiedlich feine Mineralfasern gewonnen. Wiederum in Abhängigkeit von der Qualität der Schmelze und von Herstellungsbedingungen, sind gewonnene Fasern mit Perlen oder Steinchen und Knötchen durchsetzt. Die Menge dieser Grobanteile ist ausschlaggebend für die Schüttdichte, die Isolierfähigkeit und somit für die Qualität der Basaltfaser-Produkte. In den Abbildungen 44-49 werden handelsübliche Faserprodukte (elektronenoptische Aufnahme) vorgestellt.

Abb.44/45 - Borsilikat Glasfaser nach dem Tel-Verfahren.



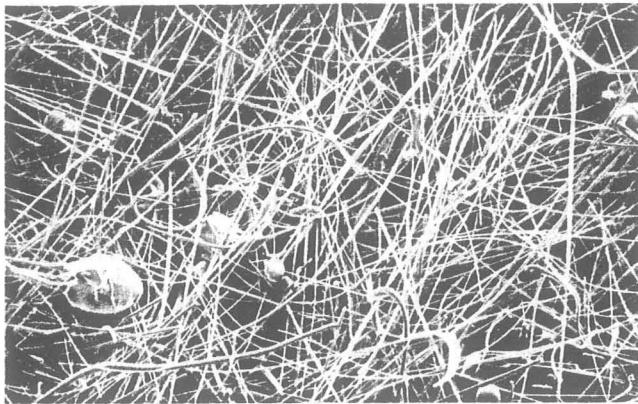
REM 500x



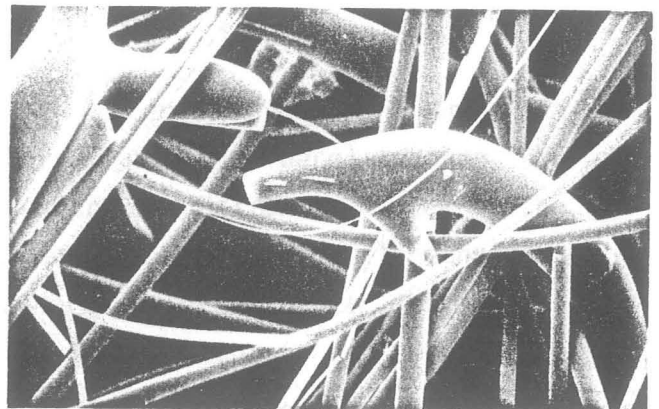
REM 50x

In beiden Bildern ist die hohe Qualität der Glasfasern die weitgehend gleichmäßig und frei von Perlen sind, gut zu erkennen.

Abb.46/47 - Basaltfaser Roclane 323



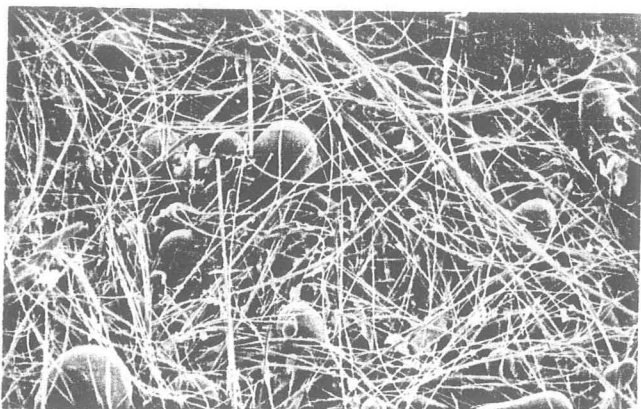
REM 50x



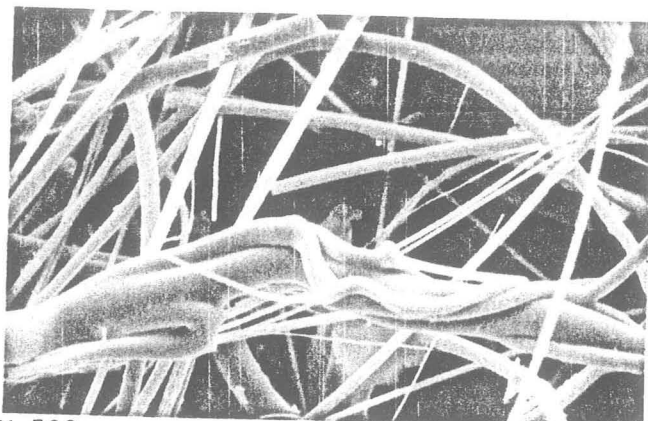
REM 500x

Das Produkt weist viele Perlen udgl. auf und liegt dementsprechend ungünstiger im  $\lambda$ -Wert.

Abb.48/49 - Mineralfaserprodukt E-40



REM 50x



REM 500x

Wie die Abbildungen 48/49 zeigen weicht dieses Produkt nach raster-elektronen-mikroskopischer Betrachtung erheblich von der Idealvorstellung eines Fasergemenges ab.

## 12. Schlußbetrachtung/Zusammenfassung

Untersuchungen an steirischen Basalten sowie Vergleichsuntersuchungen an Basaltproben aus Kärnten (Kollnitz) und Burgenland (Pauliberg) ergaben, daß mit Ausnahme des Vorkommens bei Weitendorf bezüglich der thermisch-technischen Eigenschaften alle untersuchten Basalte für schmelztechnische Produkte unter eventueller Zulegierung anderer Oxide brauchbar erscheinen. Während die Basalte Klöch und Mühldorf Basaltschmelzen mit vergleichsweise hohen Viskositätswerten ähnlich der Faserschmelze "Roqlane" aufweisen, zeichnet sich der Basalt Hochstraden durch besonders niedrige Viskositäts- und gute Schmelzeigenschaften aus.

Das Kristallisationsverhalten, sowohl der legierten als auch der unlegierten Basaltschmelzen und Basaltgläser zeigt, daß von einzelnen Vorkommen sowohl massige, kristalline Gußteile als auch glasig erstarrte Faserprodukte gewonnen werden können.

Da eine hinreichende Analysenkonstanz über die gesamte, jeweilige Basaltlagerstätte nicht gegeben erscheint, müssen die einzelnen Vorkommen im Falle einer geplanten Verwertung im Sinne dieser Untersuchungen detailliert

beprob, und im Hinblick auf alle, für die geplante Produktion wesentlichen Qualitätskriterien und technischen Belange, eingehend untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- 1) Villwoch, R.  
Industrie Gesteinskunde  
Steinverlag, Offenbach, BRD, 1966
- 2) KALEBORN-HANDBUCH  
Schmelzbasaltwerke Kaleborn, Linz/Rhein, BRD
- 3) MEVO Erste Deutsche Basaltwolle KG  
Volkach/Main, BRD
- 4) Werksanalysen Fa. RADEX AUSTRIA AG  
Radenthein, Österreich
- 5) Jugovics, L.  
Die Basalte des Pauliberger im Burgenland  
Chem. d. Erde 12, 1939/40, S. 158-207
- 6) Förster, H.; Zagar, L.  
Viskosität und elektrische Leitfähigkeit von Schmelzen  
einiger Basaltgesteine  
Sprechsaal 110, 1977, S. 401-405
- 7) Kocsis, G.; Szabó J.  
Gesteinsschmelzen aus verschiedenen Rohstoffen  
TIZ-Fachberichte 12, 1980, S. 836-839
- 8) Sheldon, G.L.  
Forming Fibres from Basalt Rock  
Dep. of Mech.Eng., Washington State Univ., USA, 1975
- 9) Mtschedlow, O.O.; Ssofronow, W.S.  
Untersuchung der phys.-chem. u. technologischen Grund-  
lagen der Mineralwatteherstellung  
Silikattechnik 17, 1966, S. 109-113
- 10) Werksunterlagen Fa. KALEBORN Schmelzbasaltwerke,  
Linz/Rhein, BRD, 1985



Zusätzliche Literaturhinweise

Fren

Projekt Mineralwolle - Burgenland und Steiermark  
Forschungsgesellschaft für Rohstofferkundung und -Nutzung  
Leoben, September 1979

Heritsch, H.

Eine chemische Analyse des Basaltes (Shoshonites) von  
Weitendorf, südlich von Graz, Steiermark  
Anzeiger der math.-naturw. Klasse der Österreichischen  
Akademie der Wissenschaften, Nr. 9, 1967

Heritsch, H.

Über mögliche Beziehungen zwischen den Haupttypen des  
pliozänen, basaltischen Vulkanismus der Oststeiermark  
Anzeiger der math.-naturw. Klasse der Österreichischen  
Akademie der Wissenschaften, Nr. 10, 1975

Heritsch, H.

Vulkanische Gesteine vom Steinberg bei Feldbach, Steiermark  
Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, Bd. 98, 1968, S. 16-26

Heritsch, H.

Über Nephelinbasanite und ein basaltisches Glas des Vulkan-  
gebietes von Klöch, Oststeiermark  
Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, Bd. 106, 1976, S. 21-29

Ernst, Th.

Probleme des "Sonnenbrandes" basaltischer Gesteine  
Z. deutsch. geol. Ges., 1960, 112:178

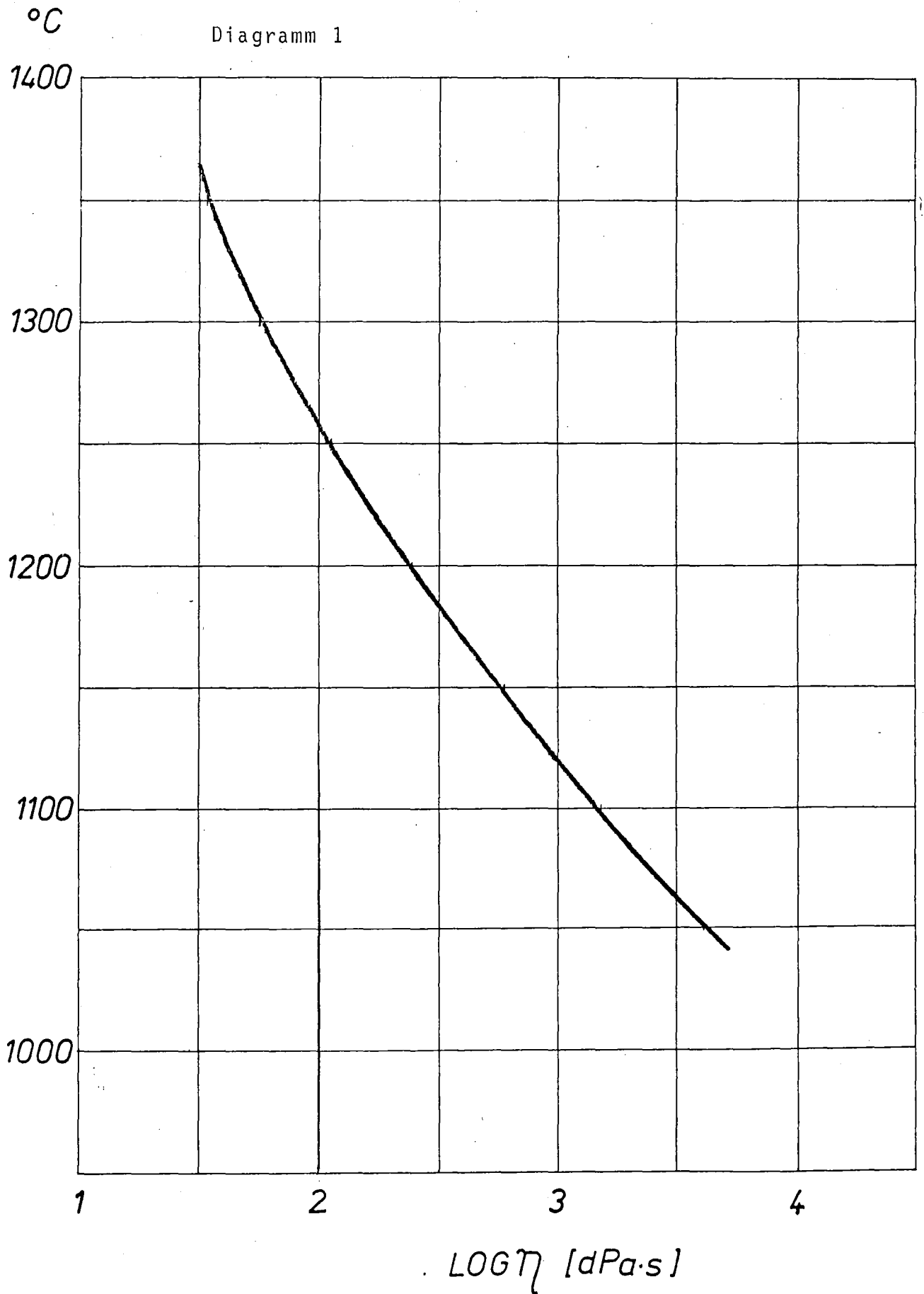
Powder Diffraction File

Joint Comm. on Powder Diff. Stand.

Pennsylvania 19081 - Index on the Powder Data 1962-1985

# Basalt Klöch

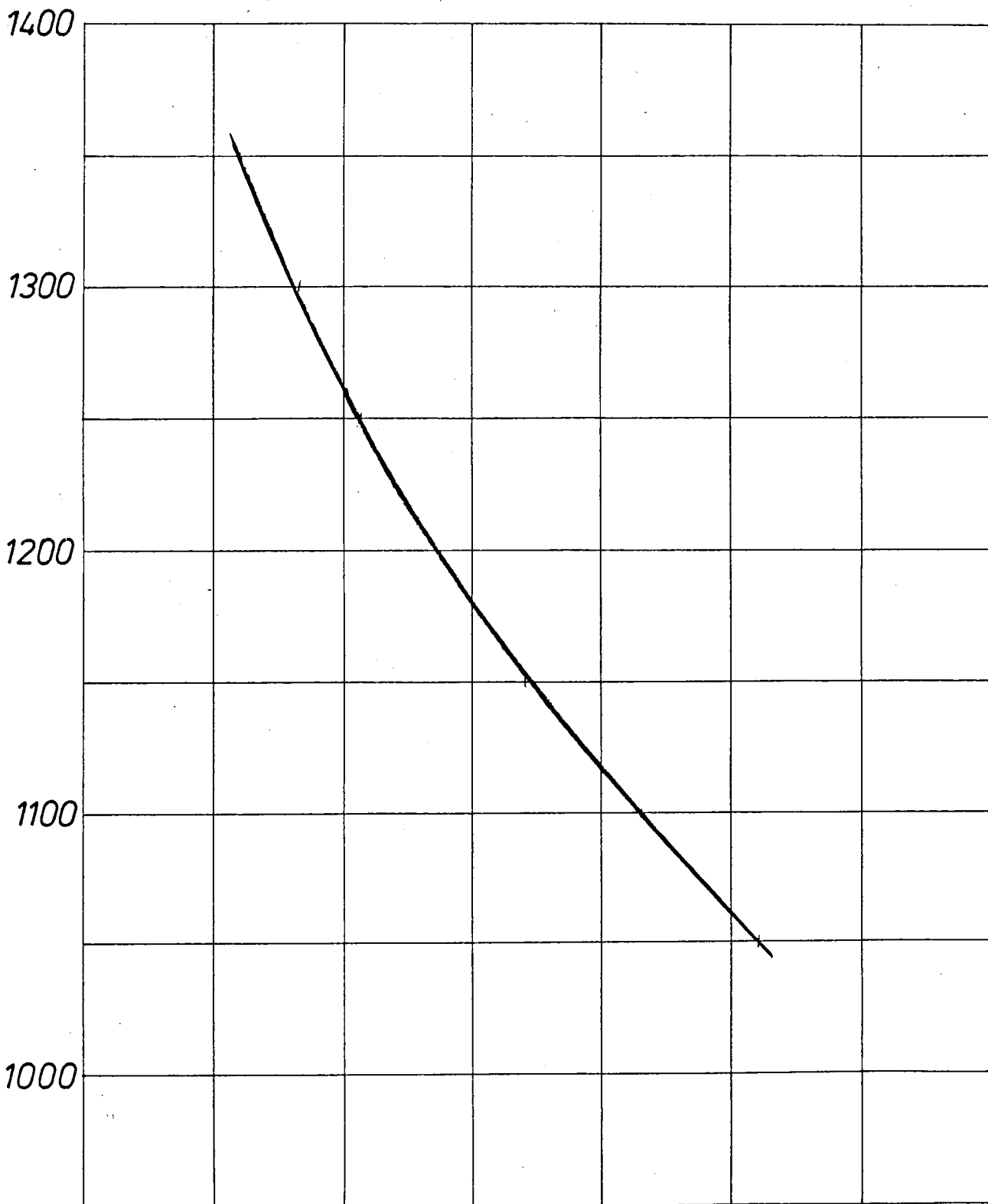
Diagramm 1



# Basalt Mühlendorf

°C

Diagramm 2



1400

1300

1200

1100

1000

1

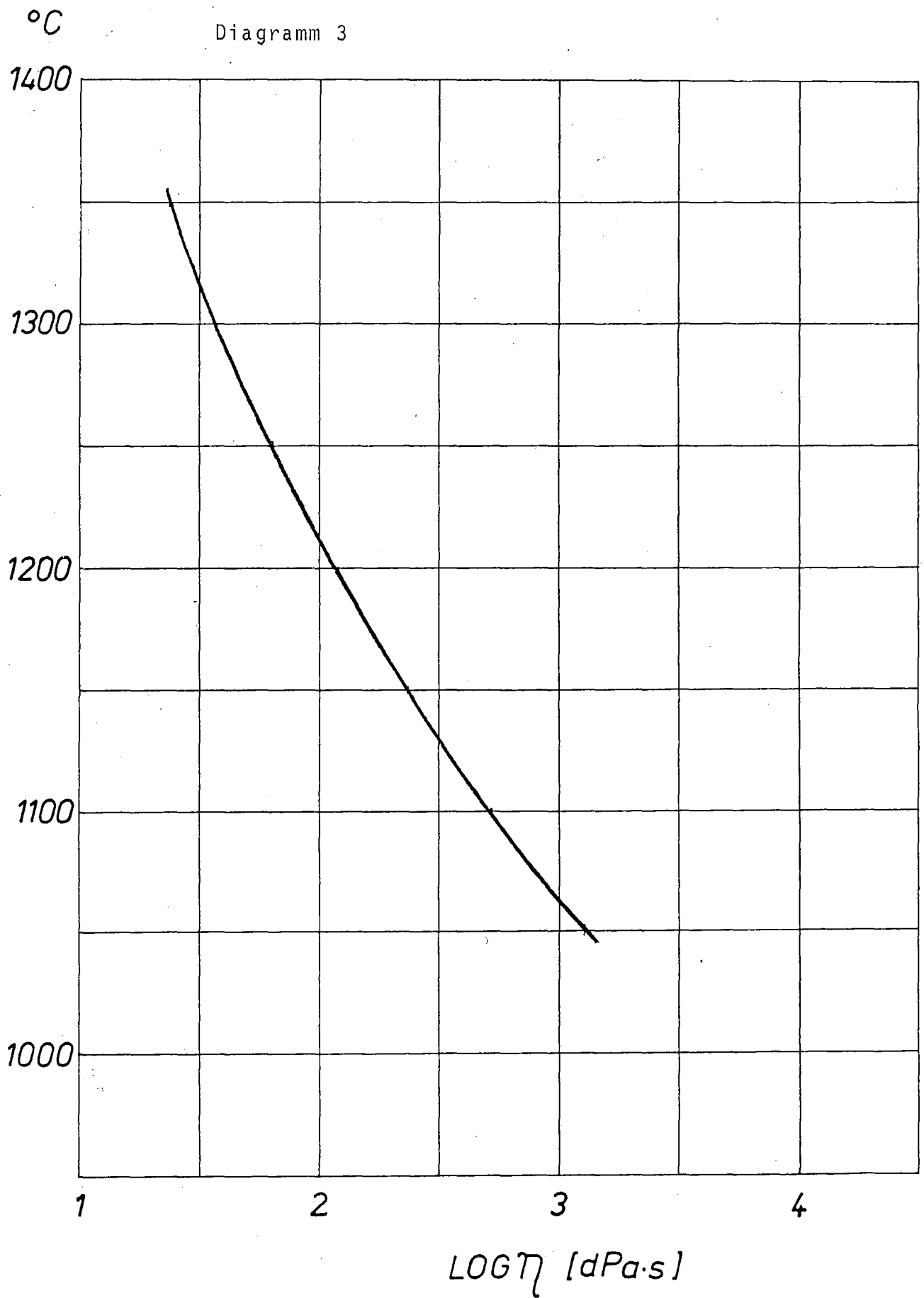
2

3

4

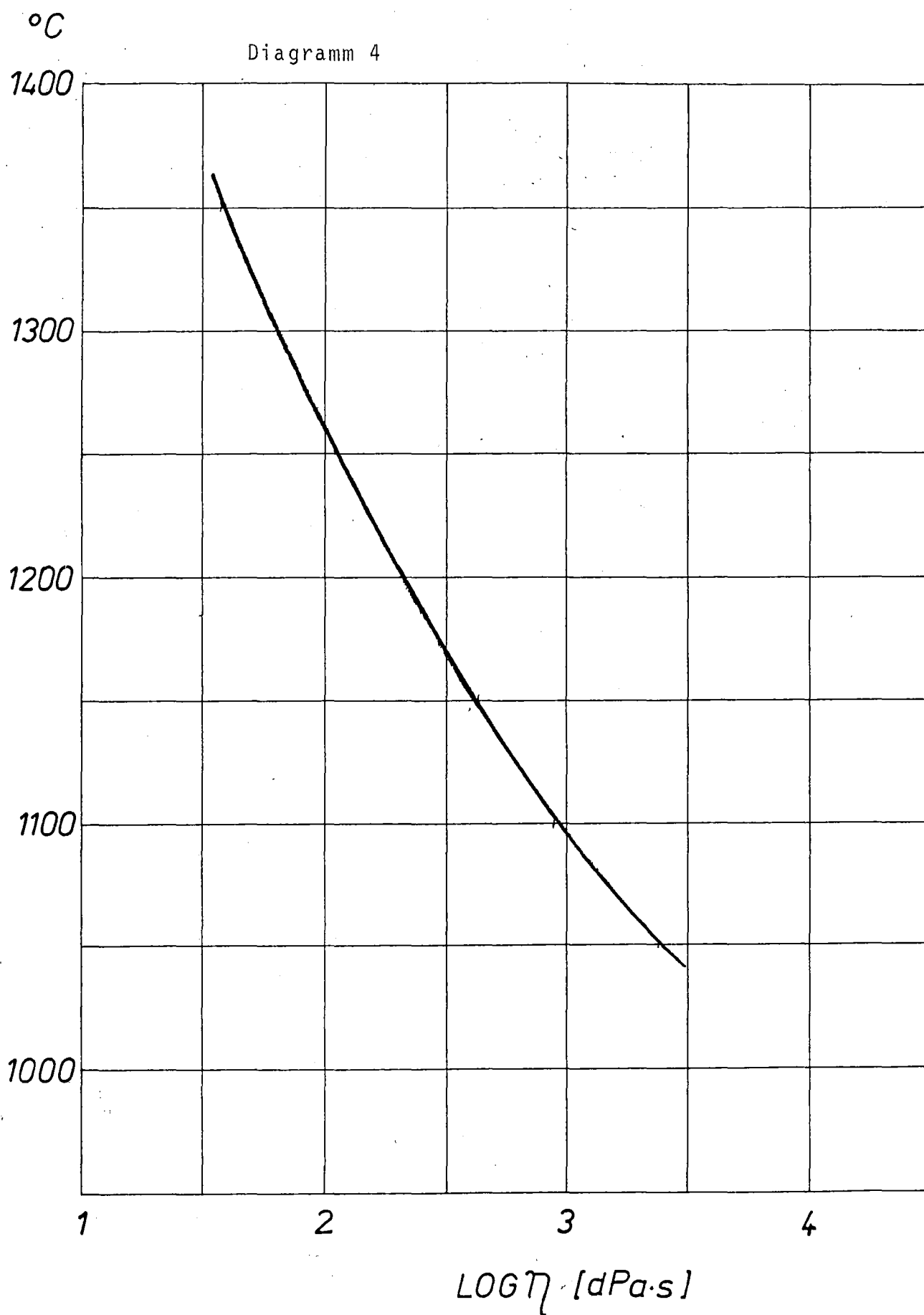
LOG  $\eta$  [dPa·s]

# Basalt Hochstraden

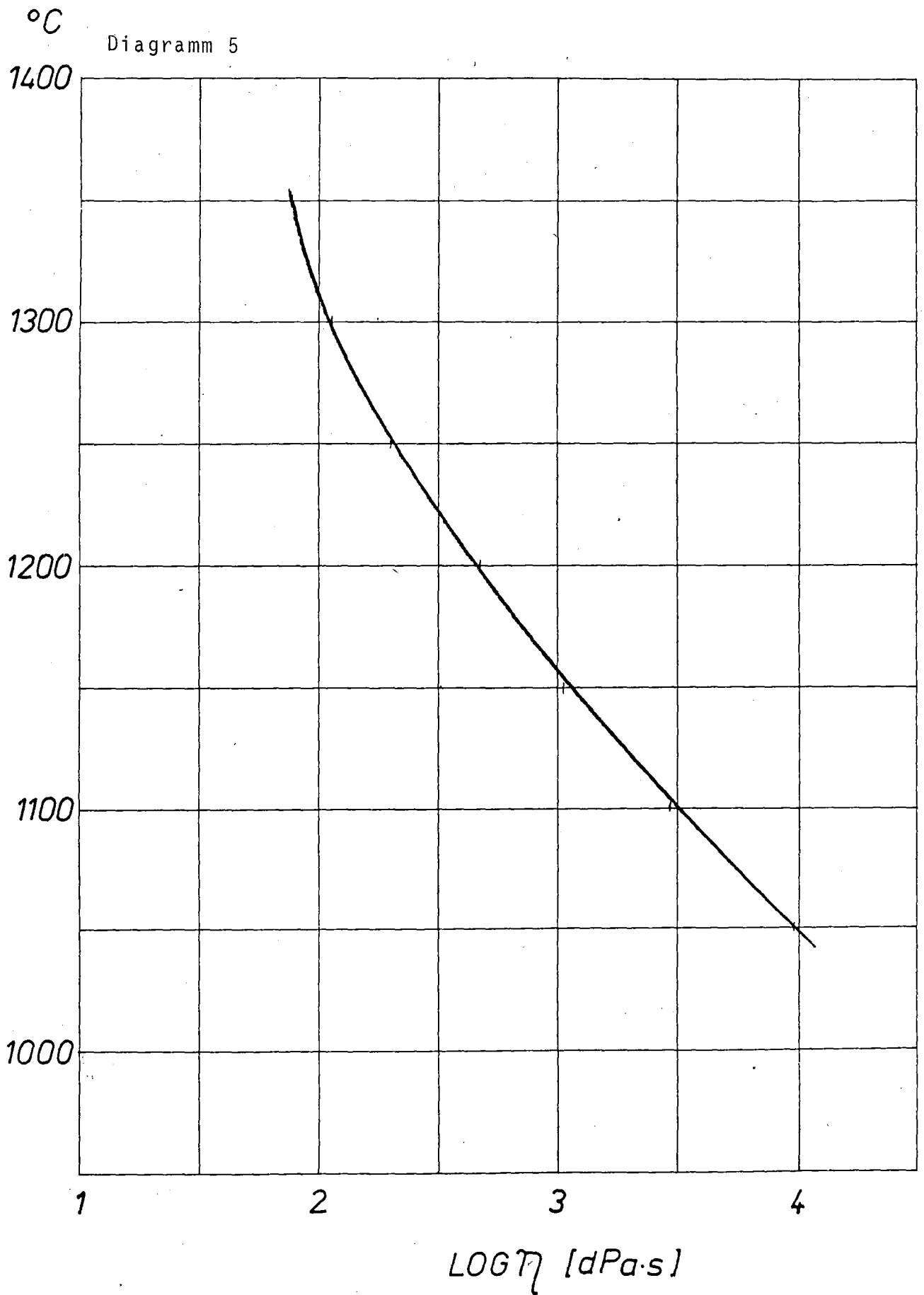


# Basalt Pauliberg

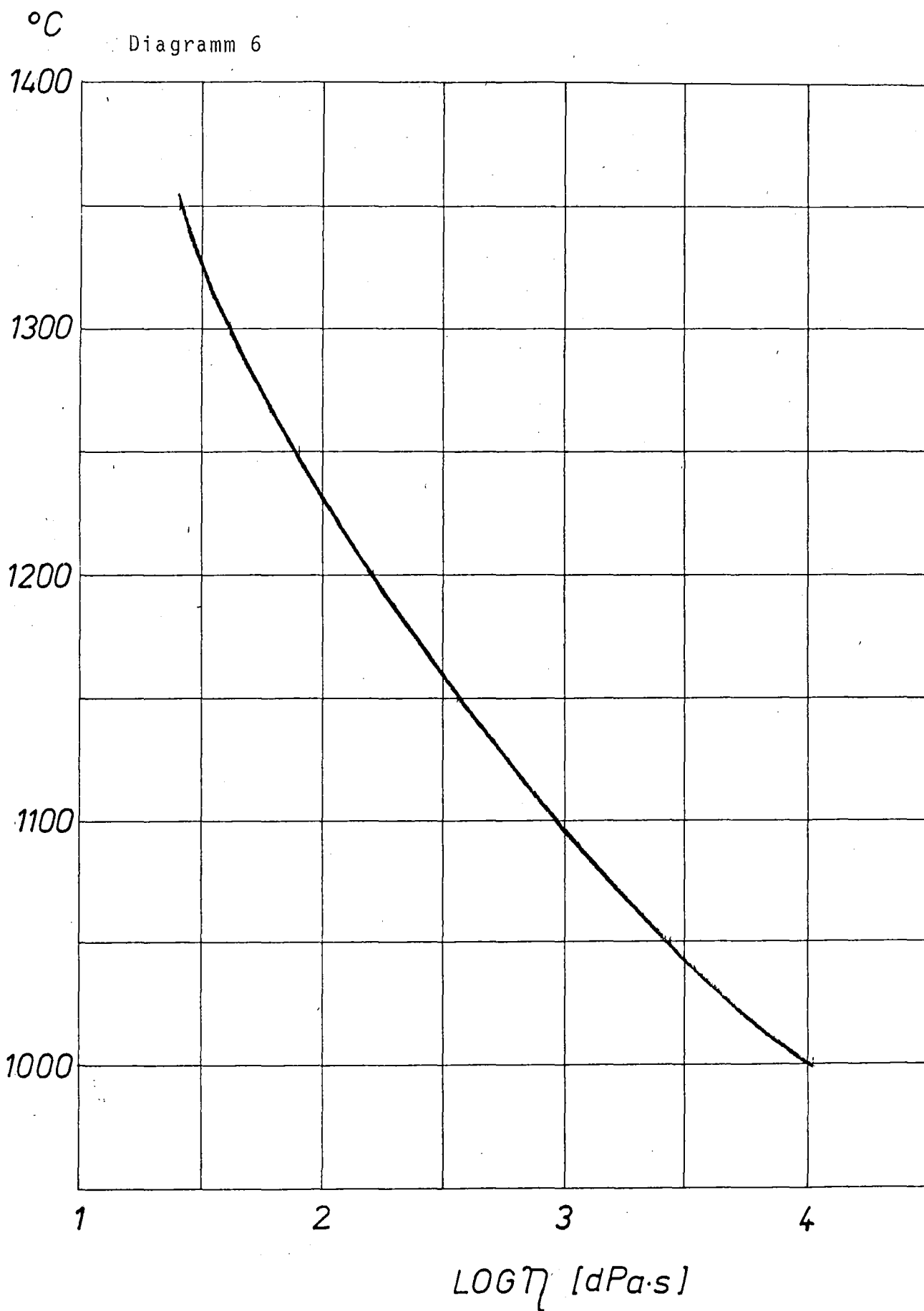
Diagramm 4



# Basalt Kollnitz +8ma% CaO.MgO



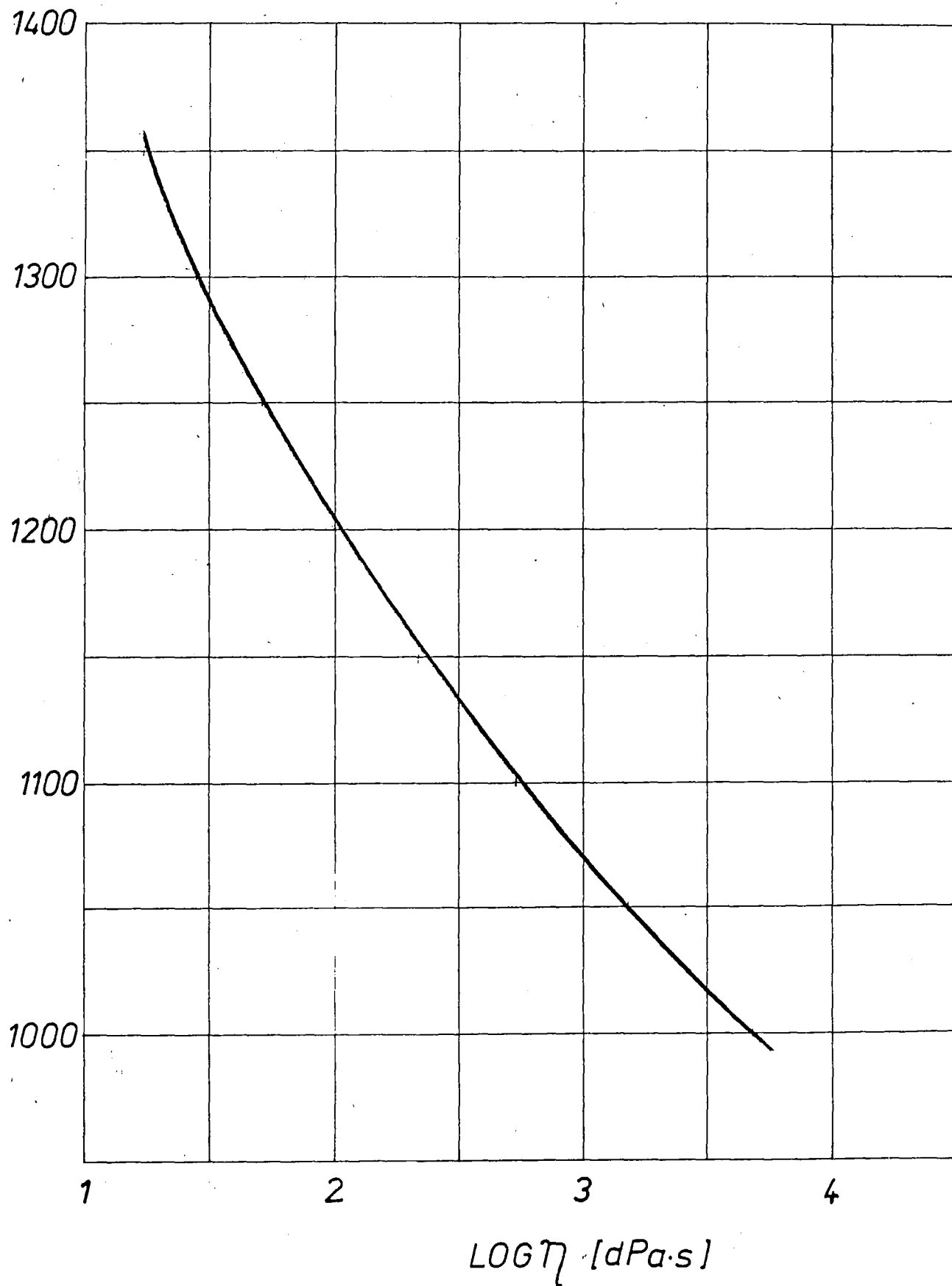
# Basalt Kollnitz +13ma% CaO.MgO



# Basalt Kollnitz +20ma% CaO.MgO

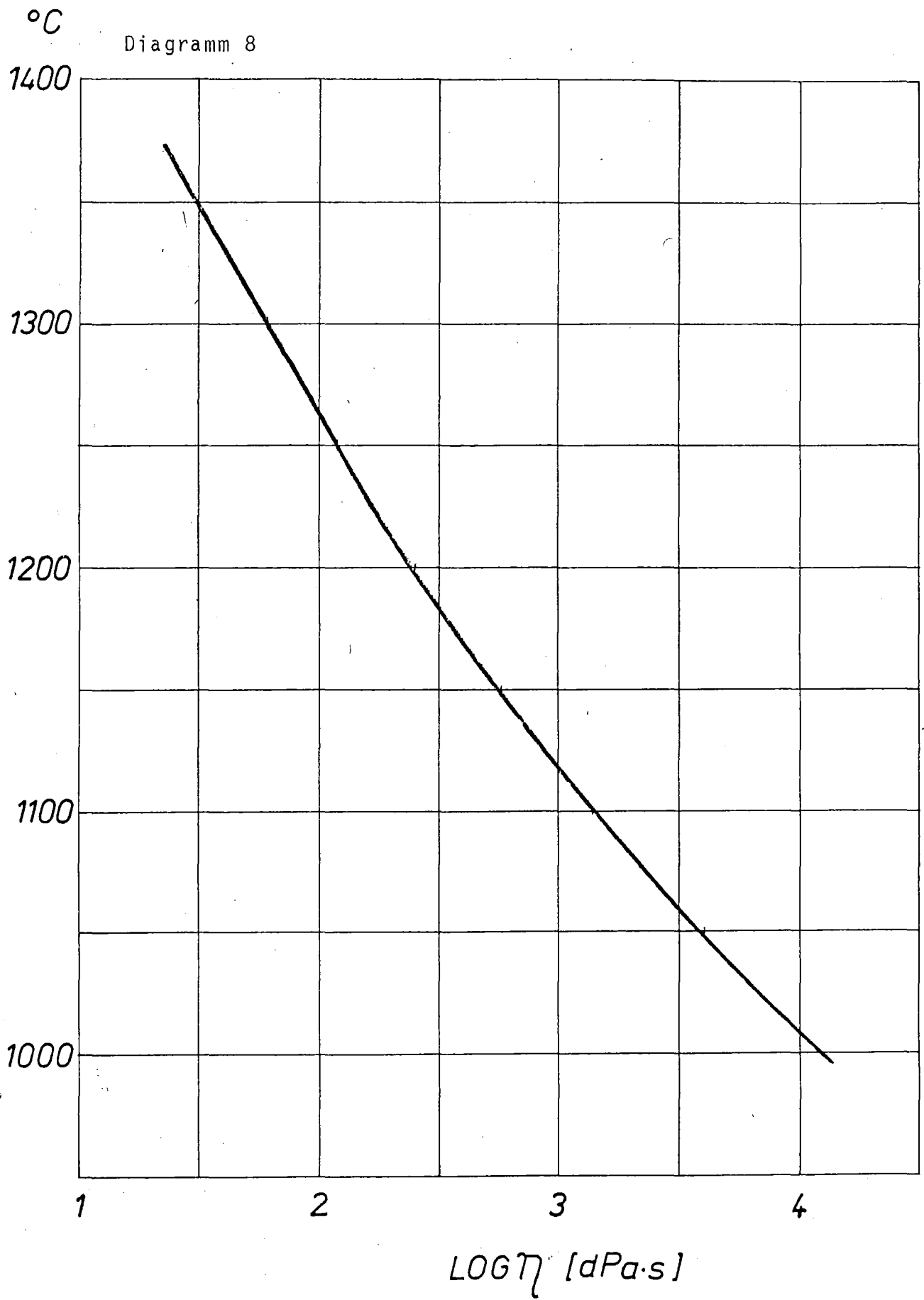
°C

Diagramm 7





# Mineralfaserschmelze 232 (F) Roclane



# Glasfaserschmelze Typ-TEL-Wolle

°C

Diagramm 9

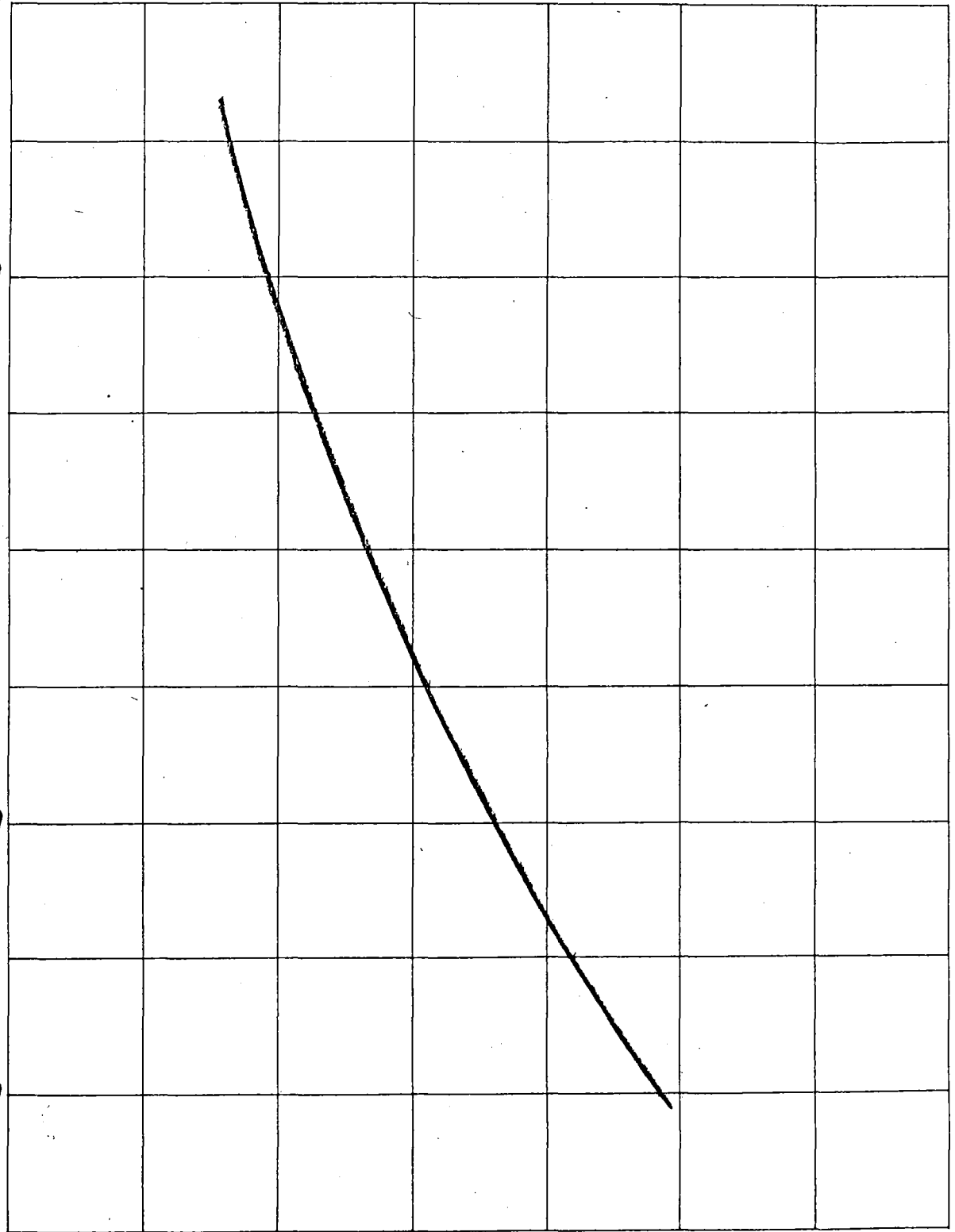
1400

1300

1200

1100

1000



1

2

3

4

LOG  $\eta$  [dPa·s]

Diagramm 10

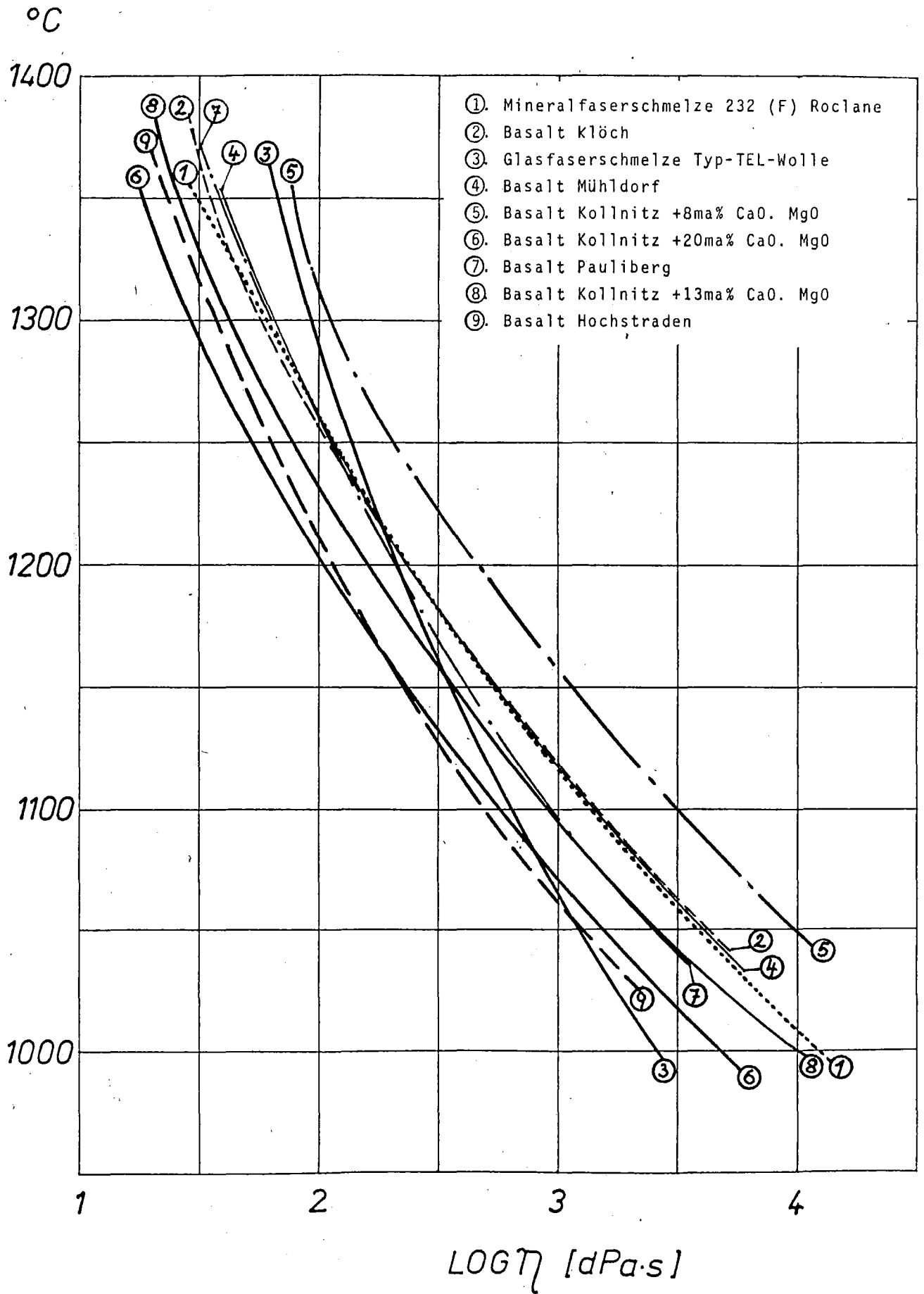
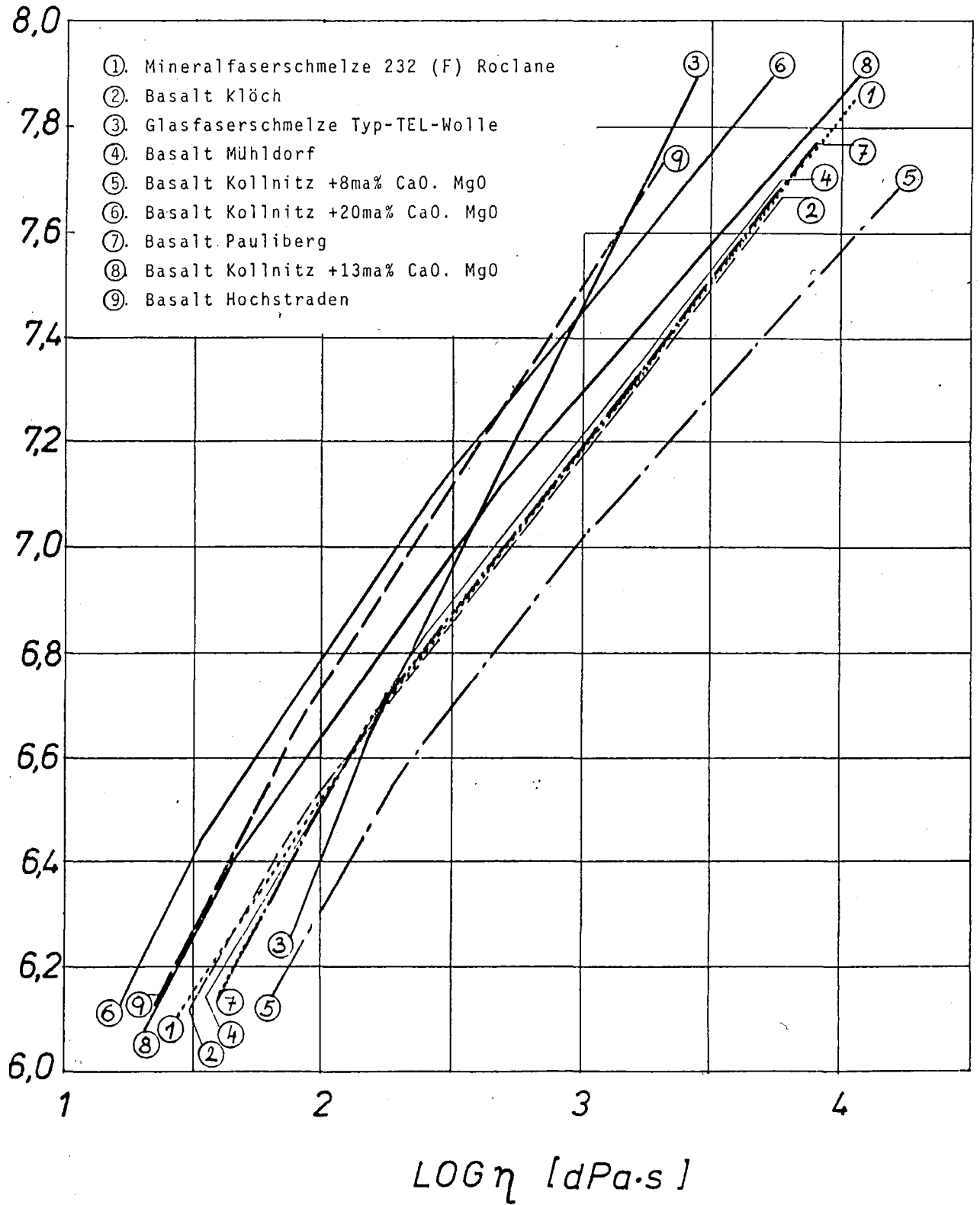


Diagramm 11

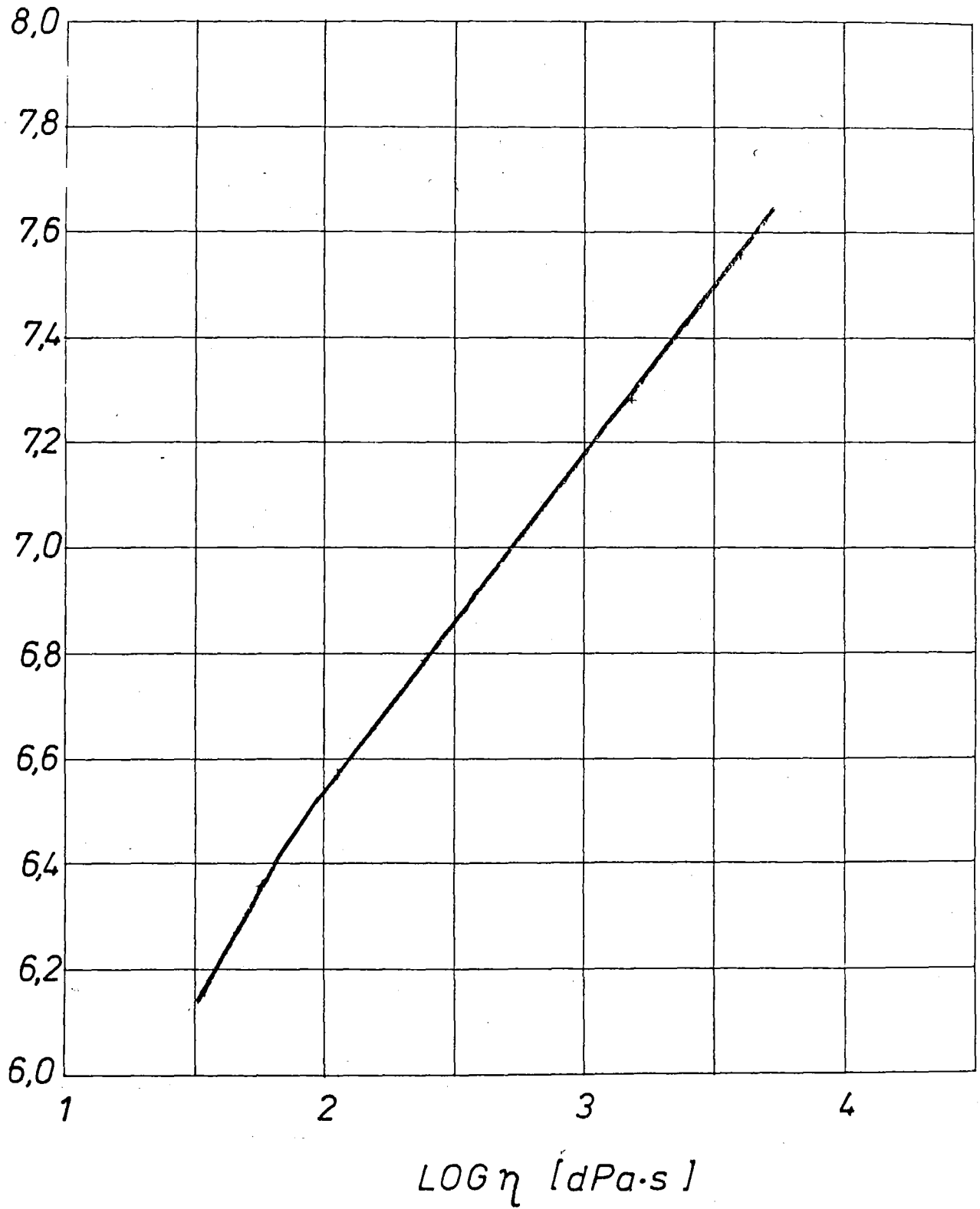
$10^{-4} K^{-1}$



# Basalt Klöch

$10^{-4} K^{-1}$

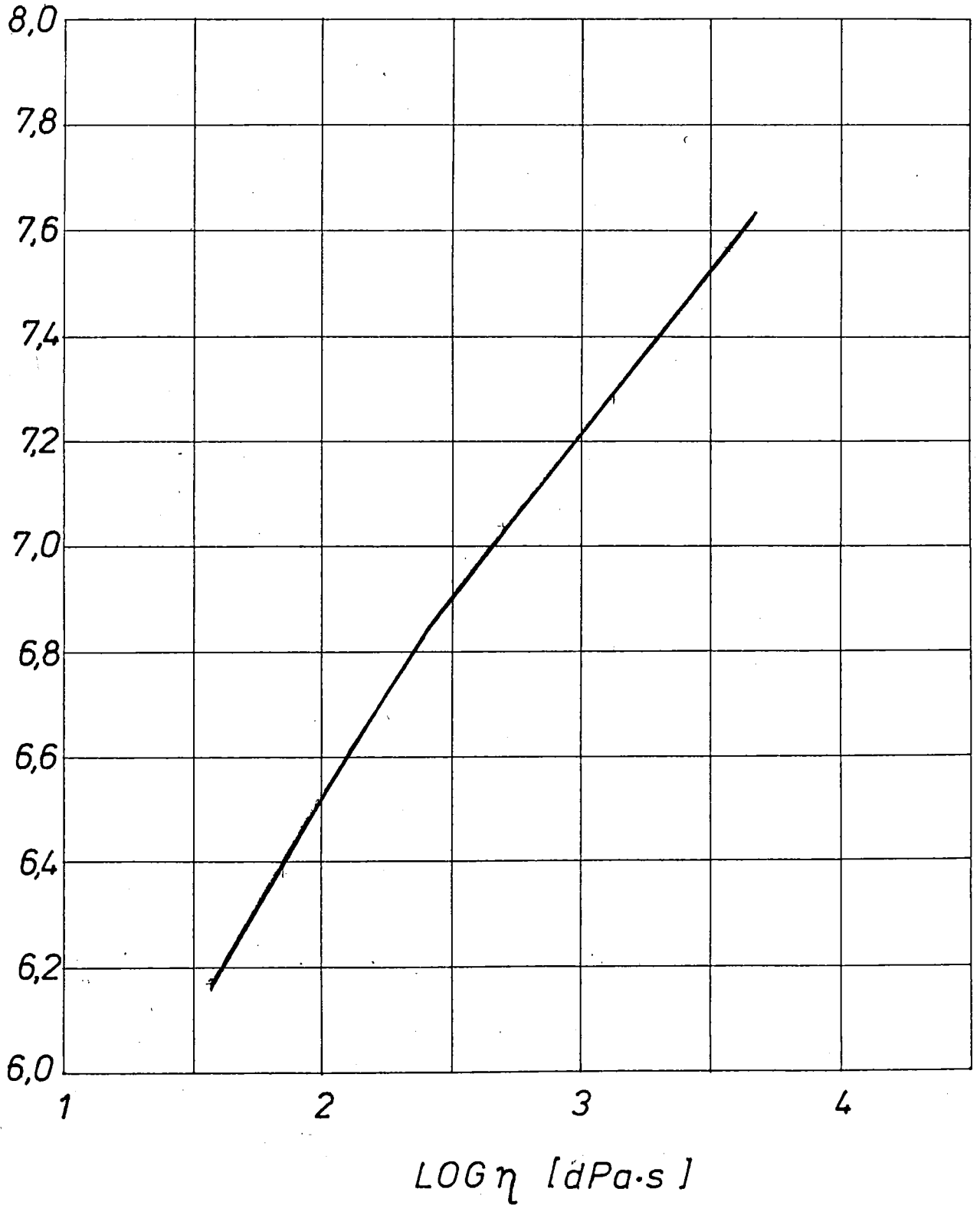
Diagramm 12



# Basalt Mühldorf

$10^{-4} K^{-1}$

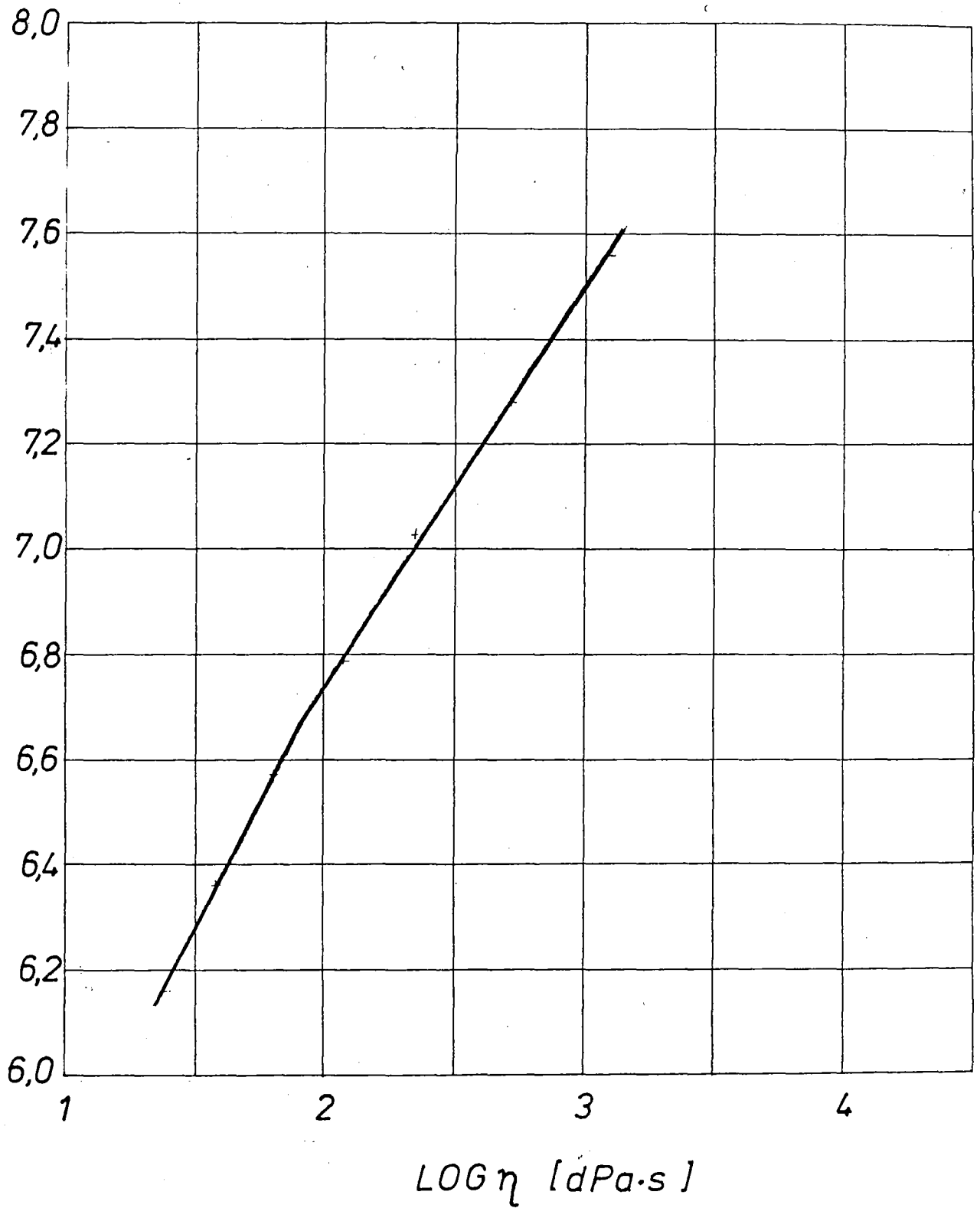
Diagramm 13



# Basalt Hochstraden

$10^{-4} K^{-1}$

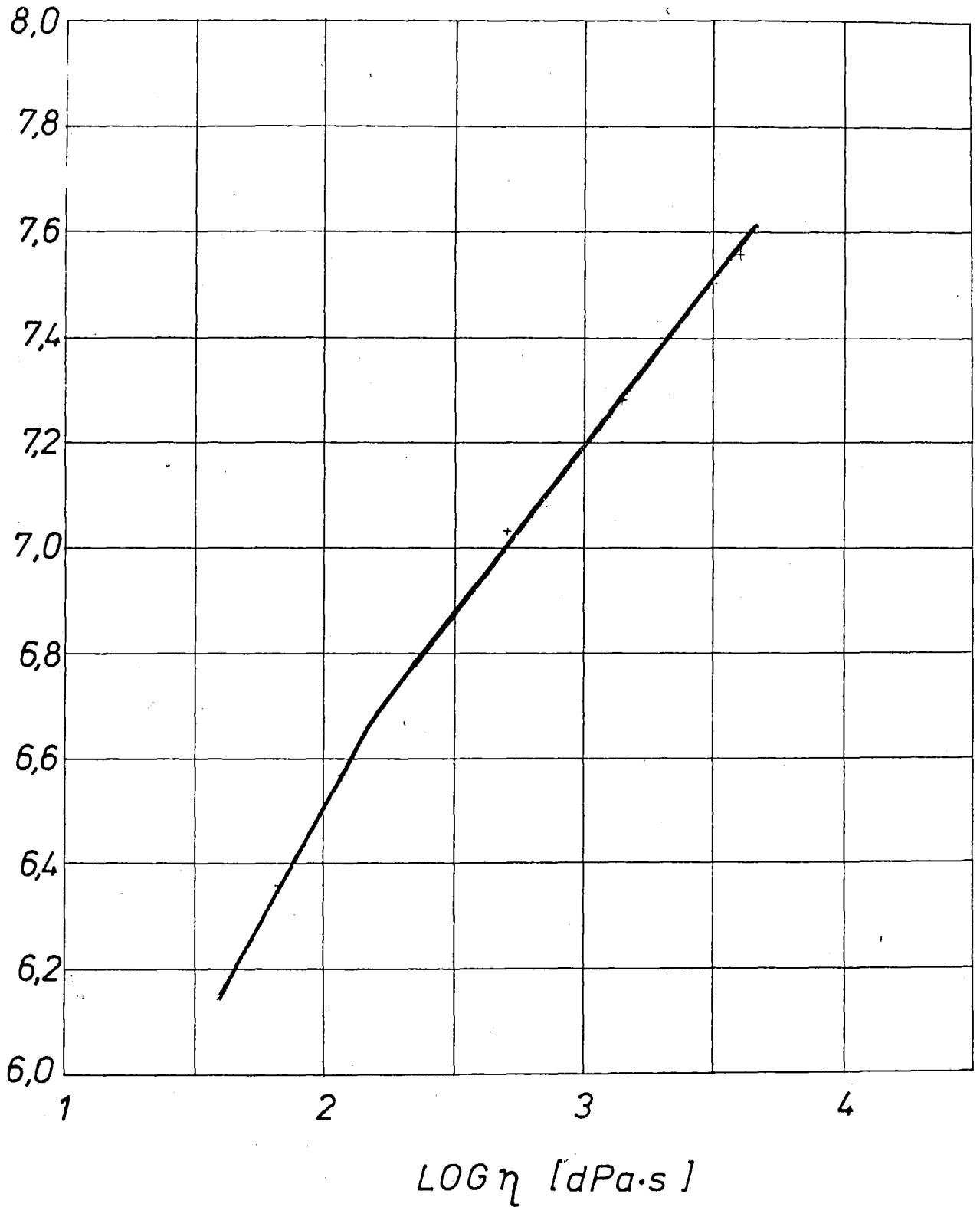
Diagramm 14



# Basalt Pauliberg

$10^{-4} K^{-1}$

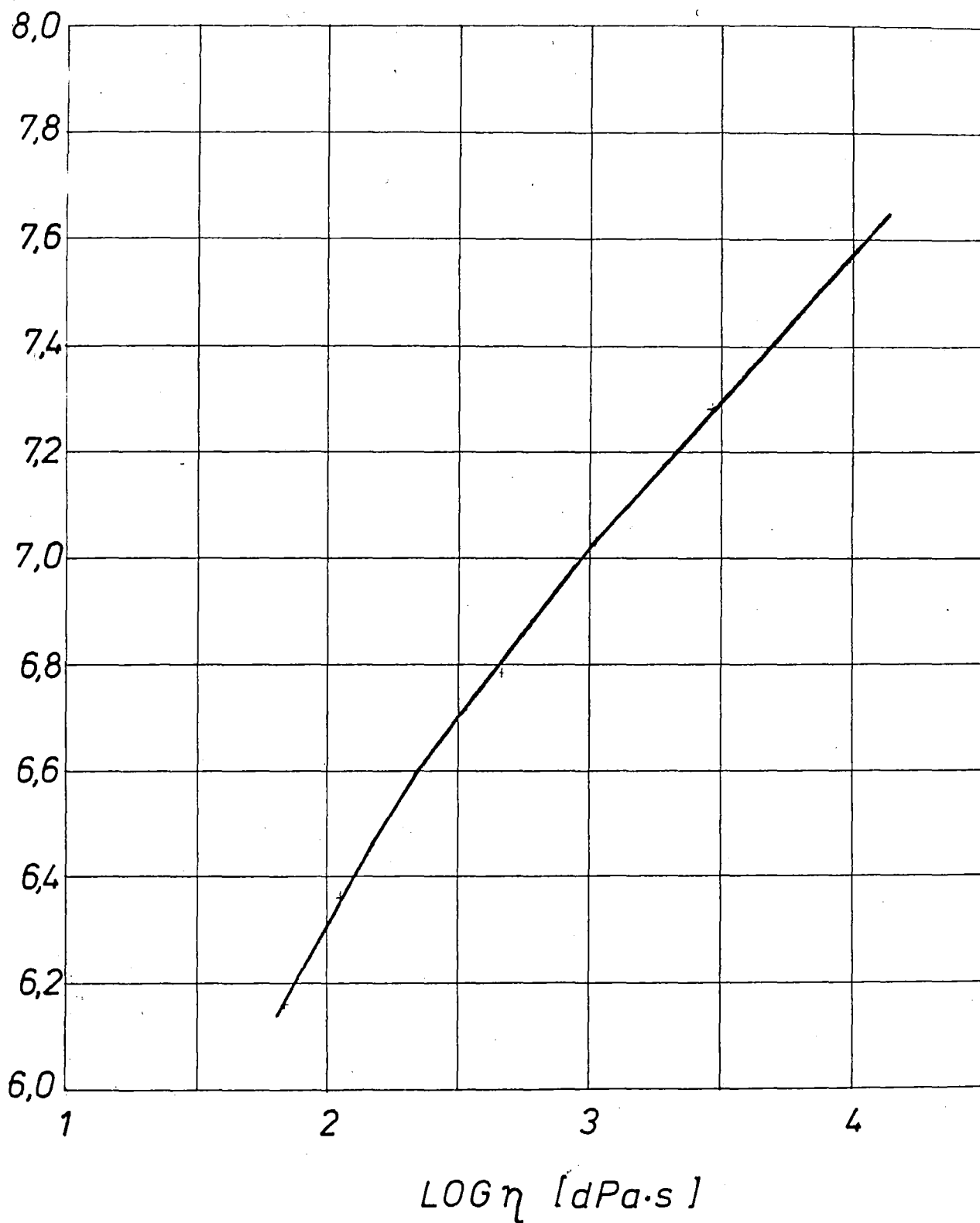
Diagramm 15





# Basalt Kollnitz +8ma% CaO.MgO

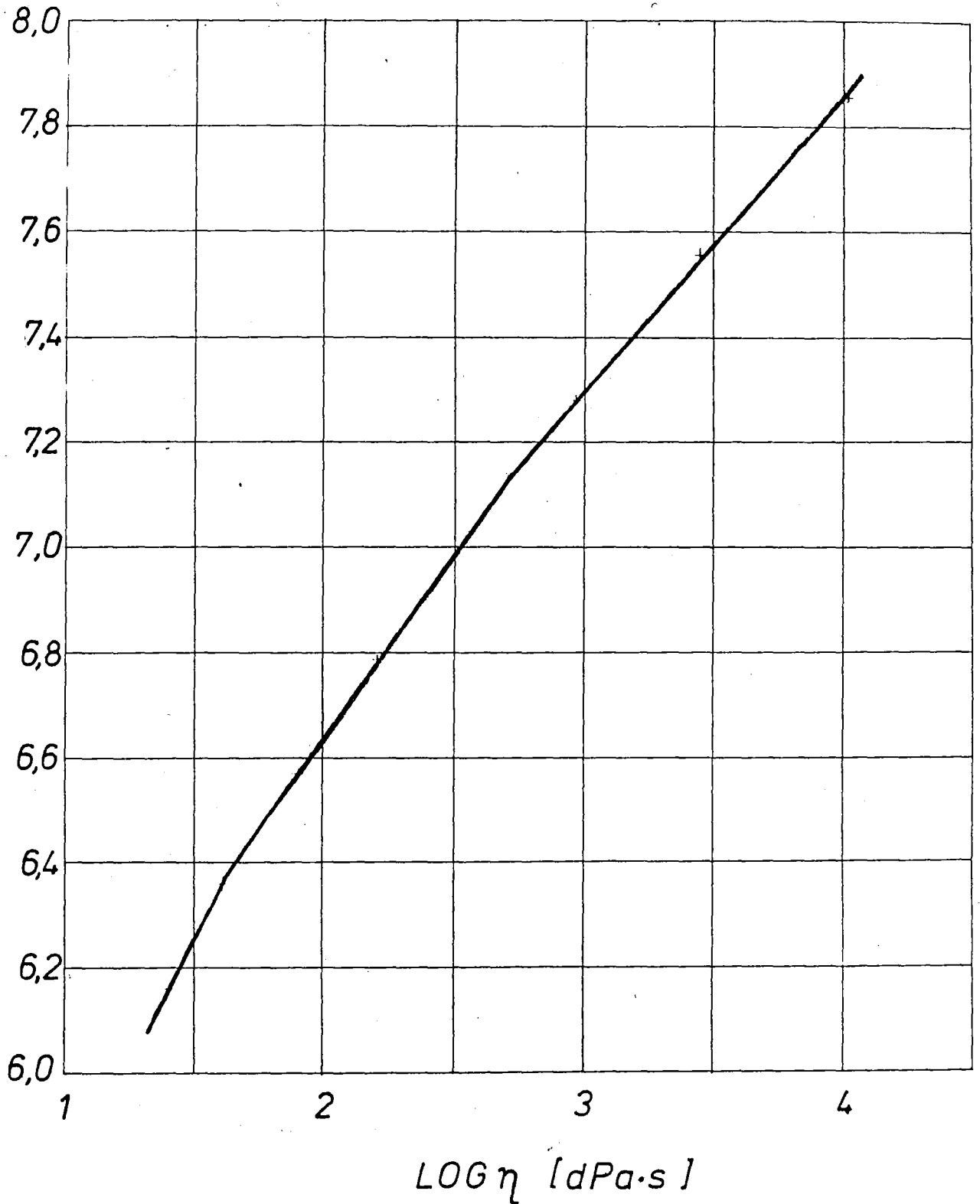
$10^{-4} K^{-1}$  Diagramm 16



Basalt Kollnitz +13ma% CaO.MgO

$10^{-4} K^{-1}$

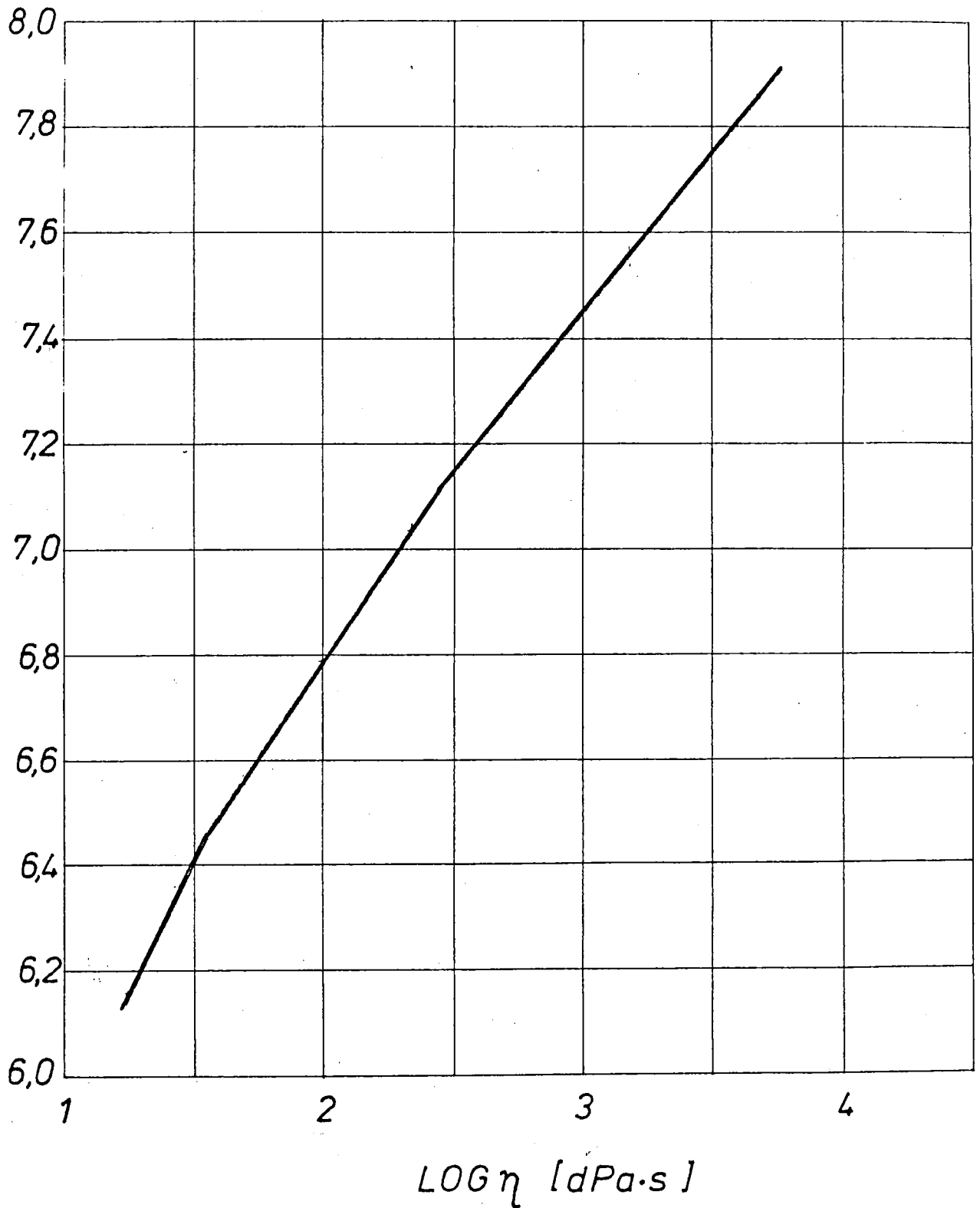
Diagramm 17



# Basalt Kollnitz +20ma% CaO.MgO

$10^{-4} K^{-1}$

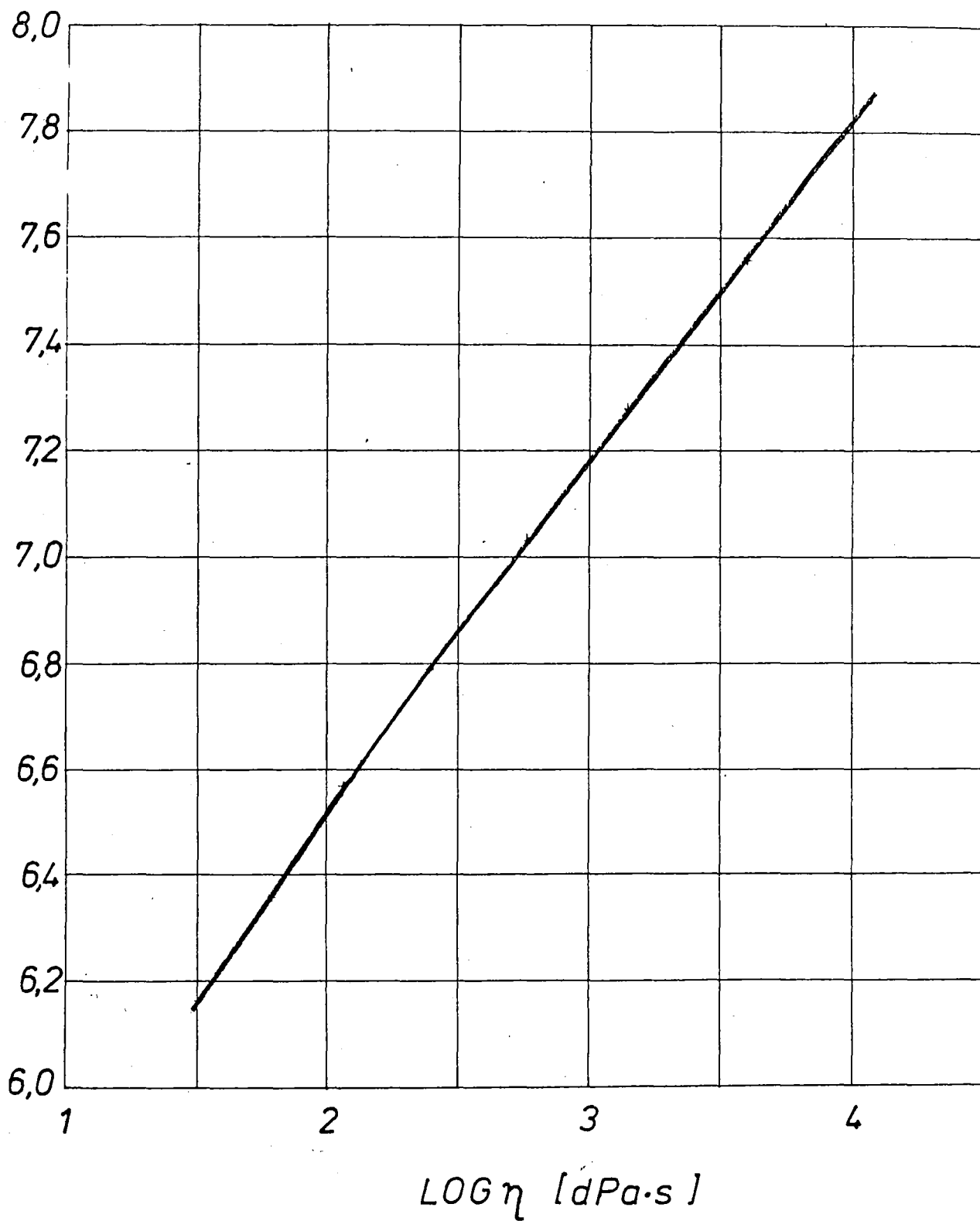
Diagramm 18



# Mineralfaserschmelze 232 (F) Roclane

$10^{-4} K^{-1}$

Diagramm 19



# Glasfaserschmelze Typ-TEL-Wolle

$10^{-4} K^{-1}$

Diagramm 20

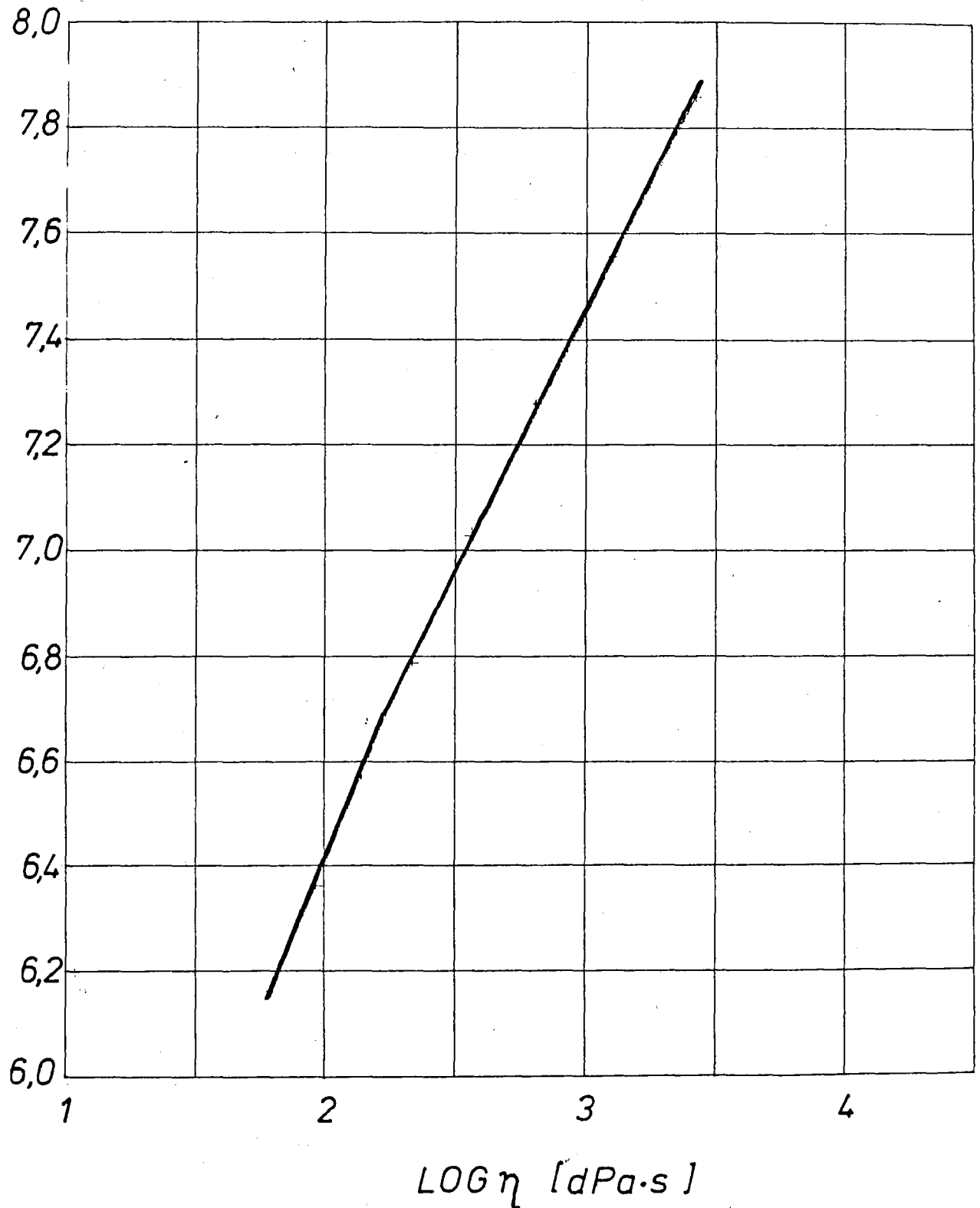


Diagramm 21

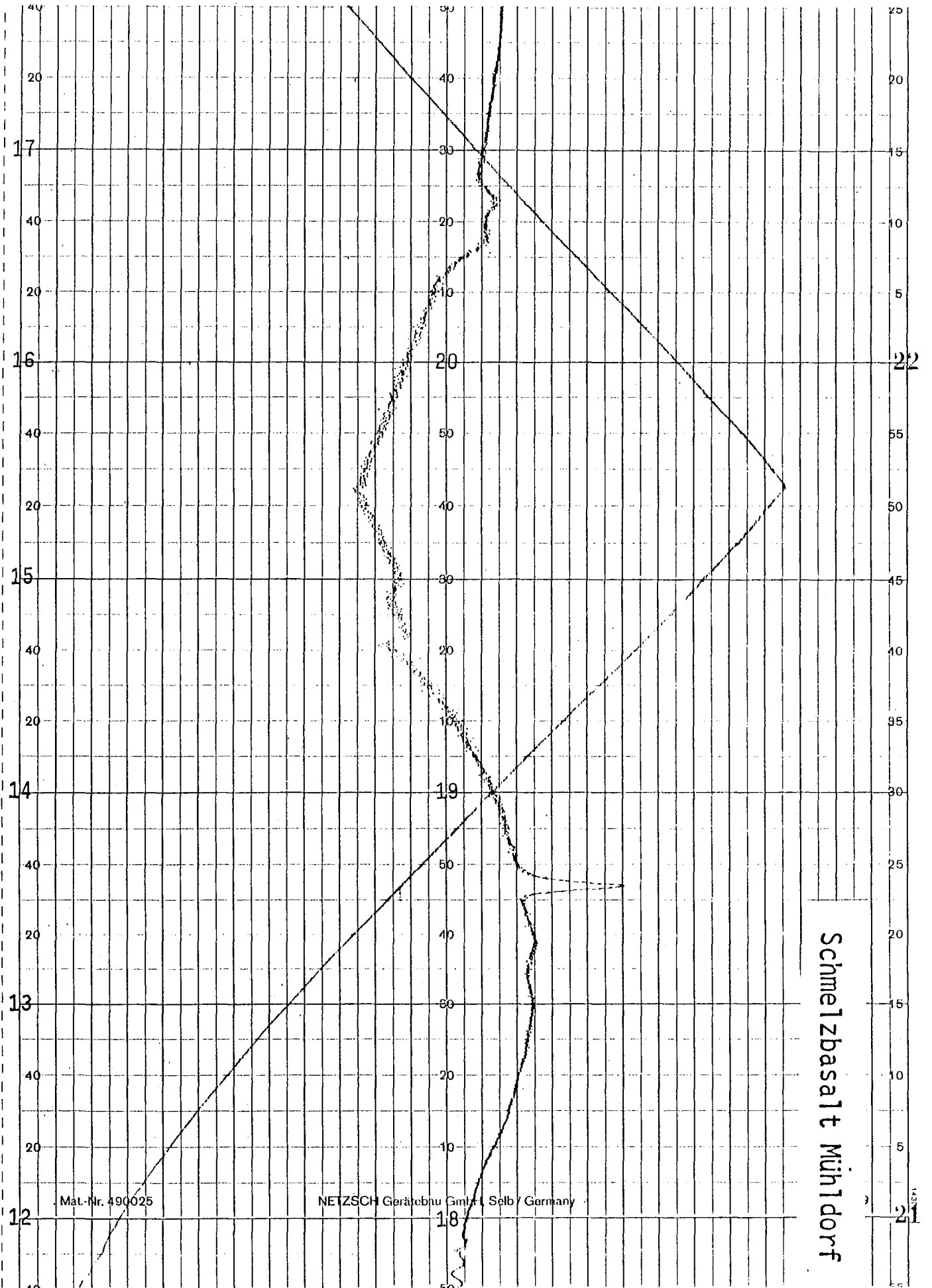


Diagramm 22

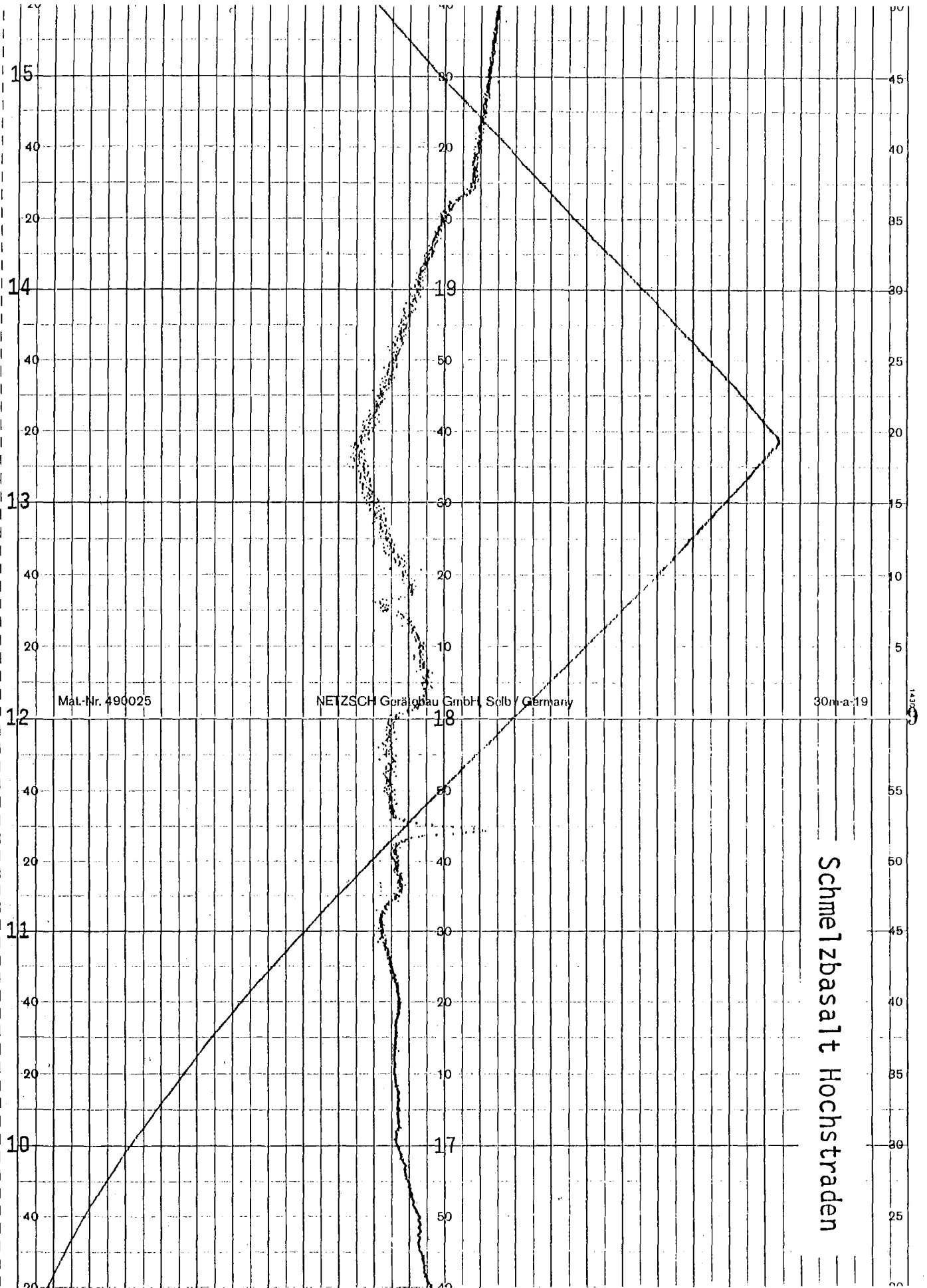
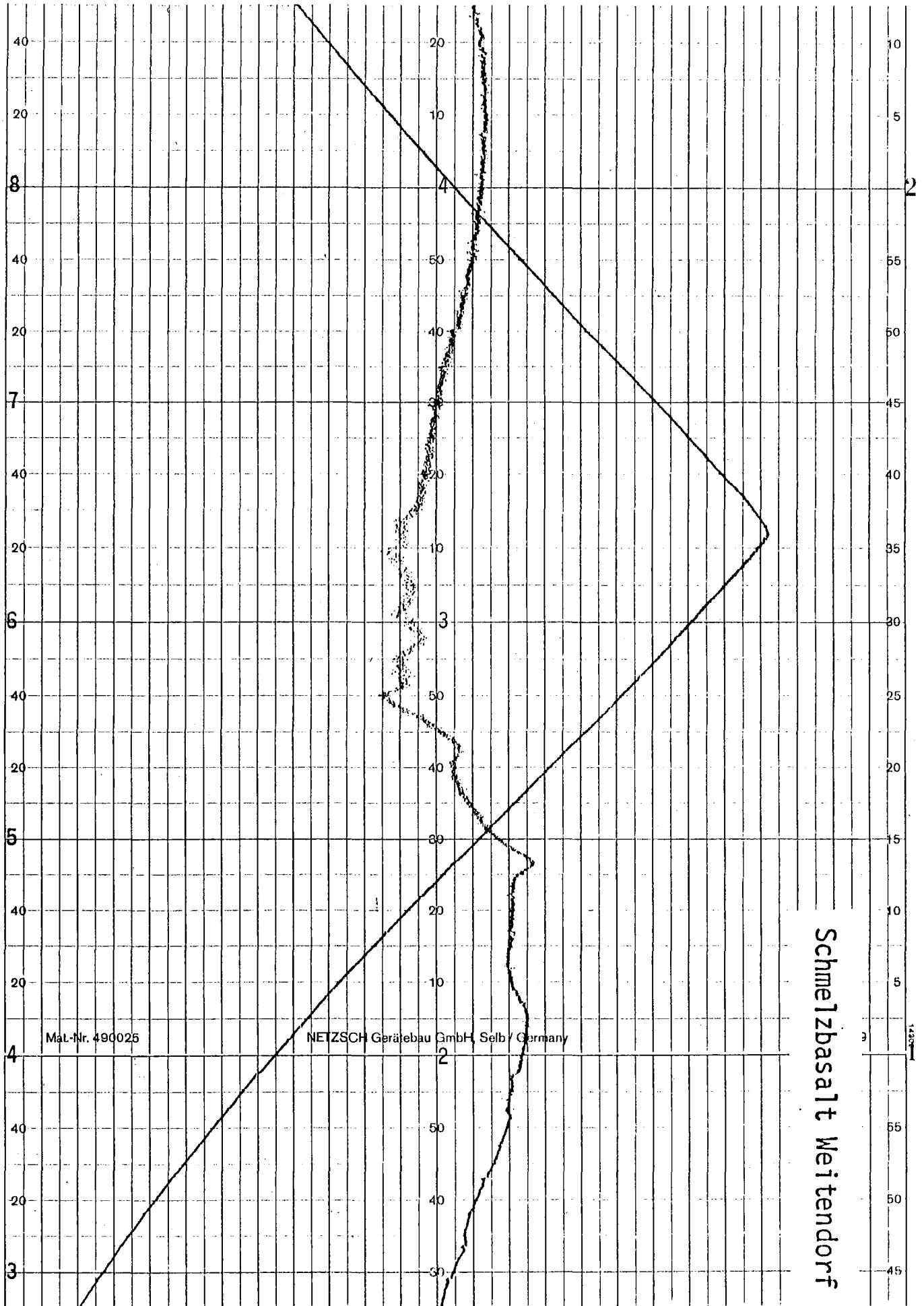


Diagramm 23



Mat.-Nr. 490025

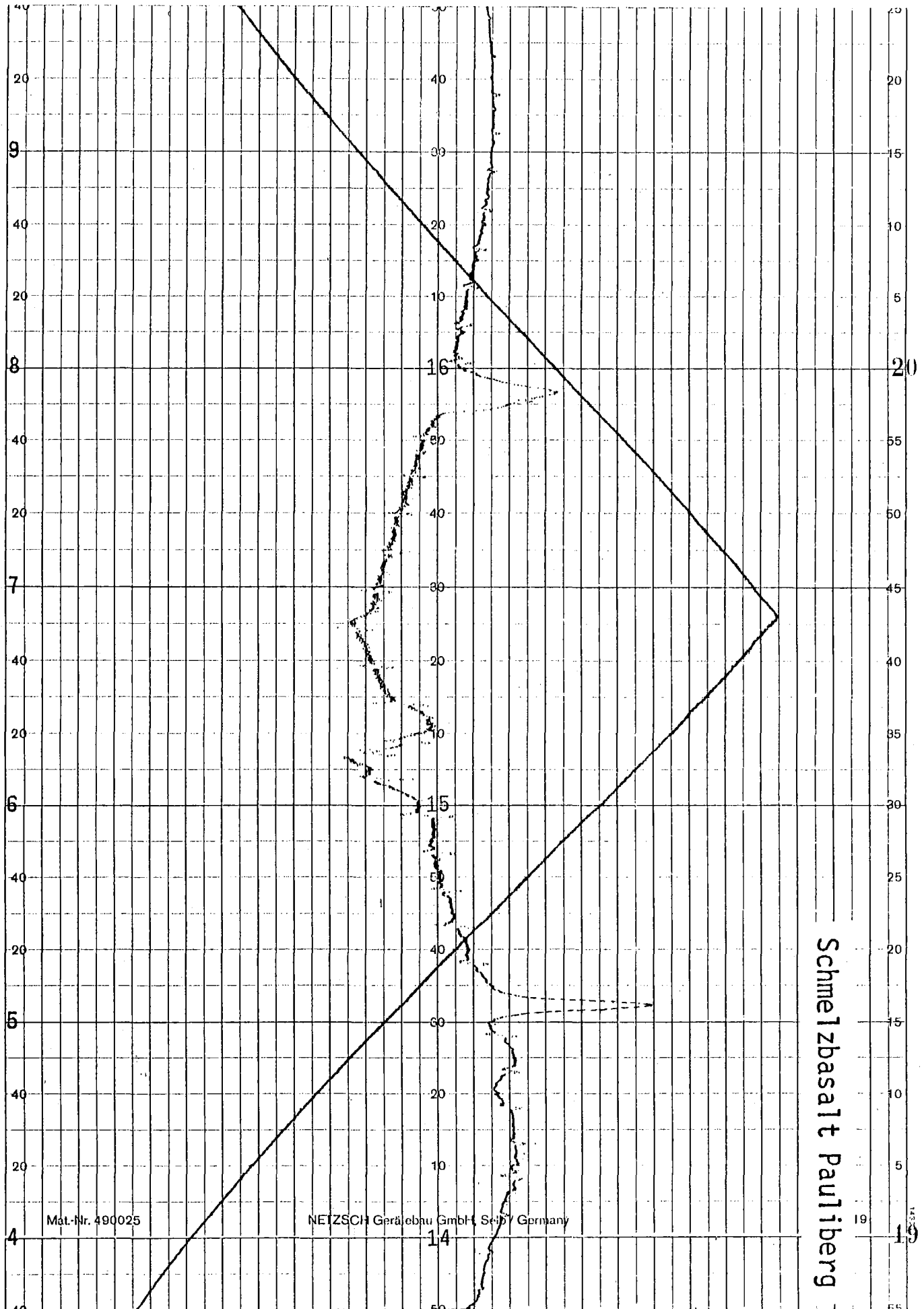
NETZSCH Gerätebau GmbH, Selb / Germany

Schmelzbasalt Weitenendorf

1:2000



Diagramm 24



Schmelzbasalt Pauliberg

Mat.-Nr. 490025

NETZSCH Gerätebau GmbH, Selb, Germany

14

19

Diagramm 25

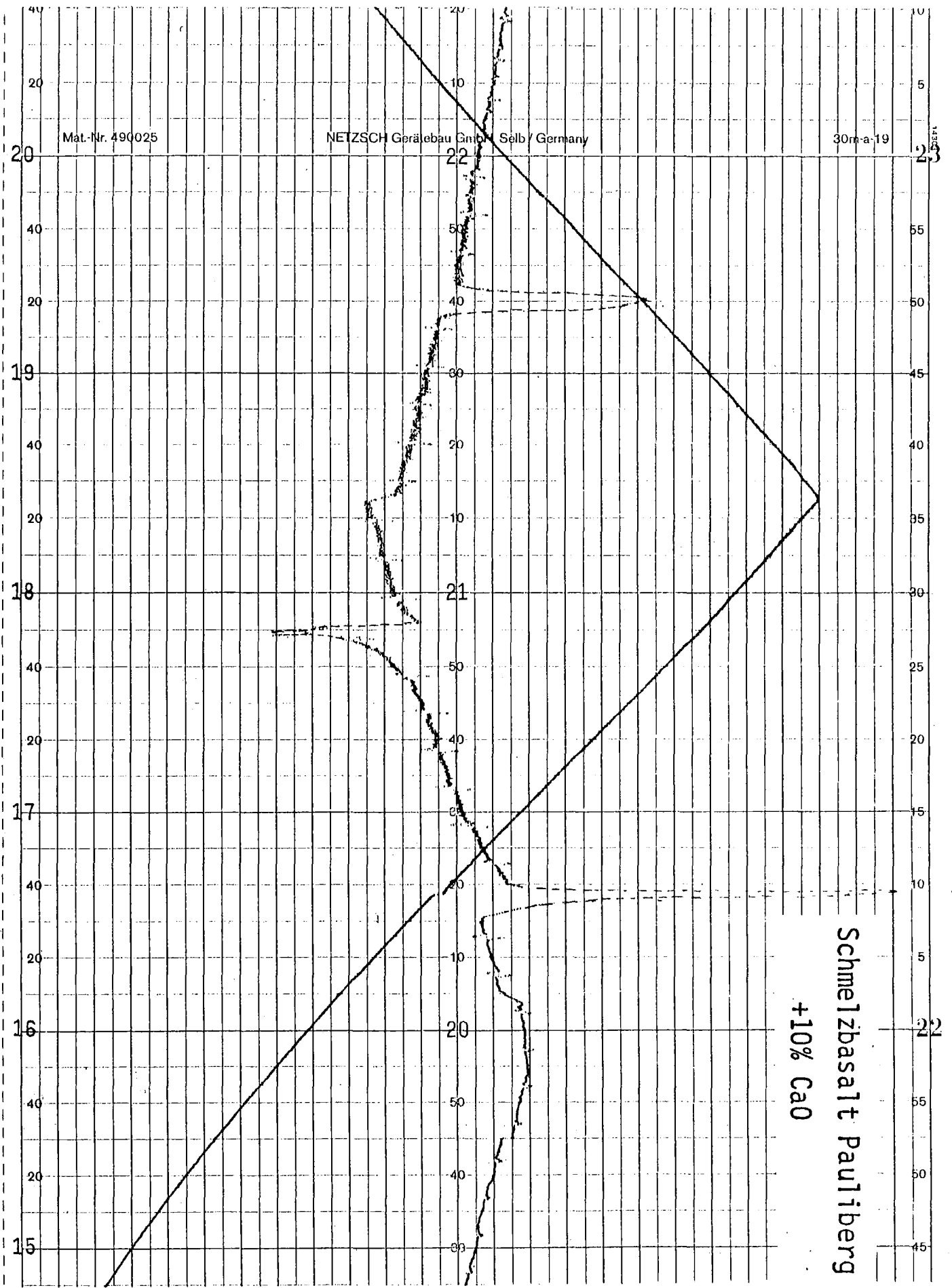


Diagramm 26

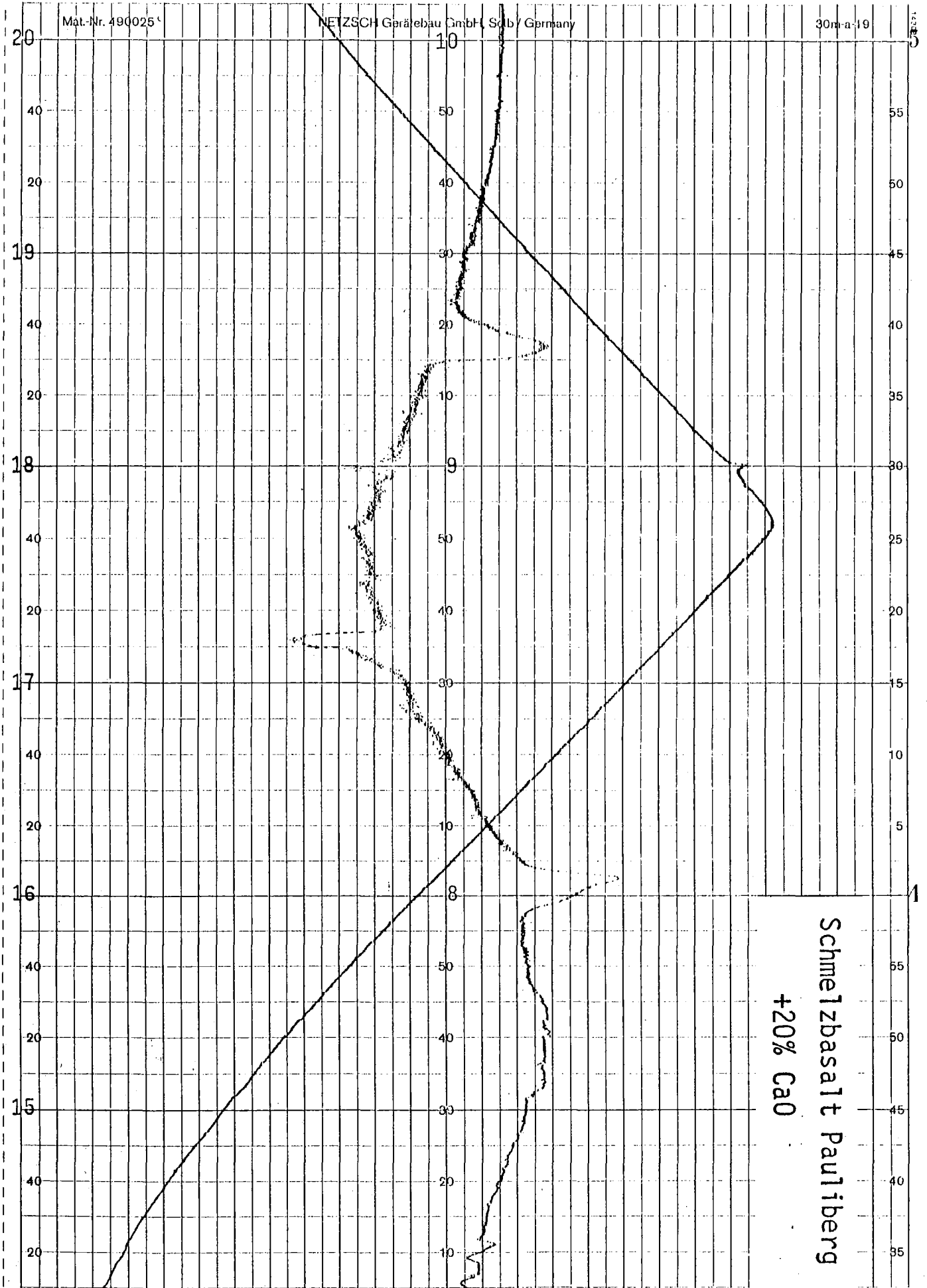


Diagramm 27

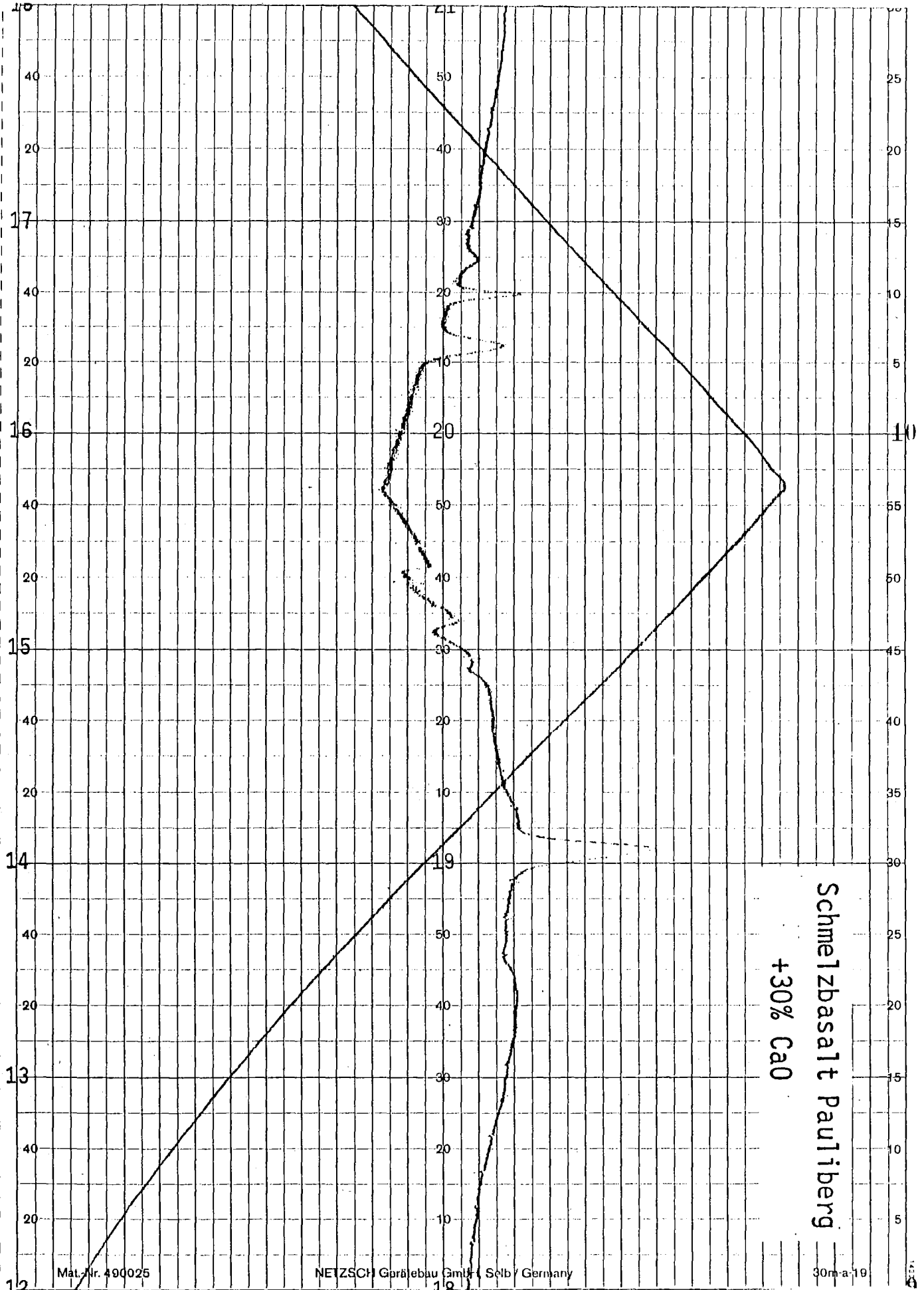


Diagramm 28

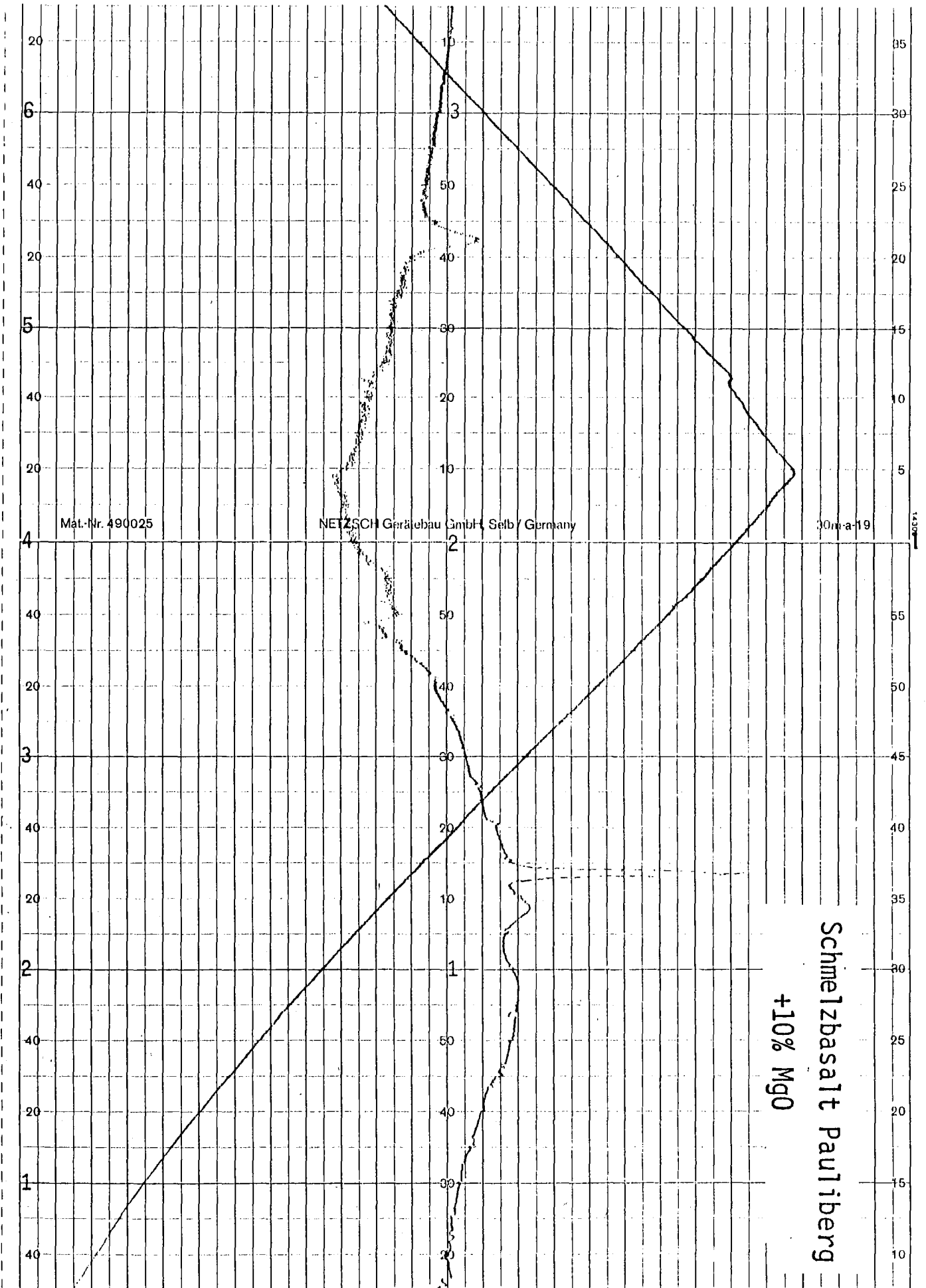


Diagramm 29

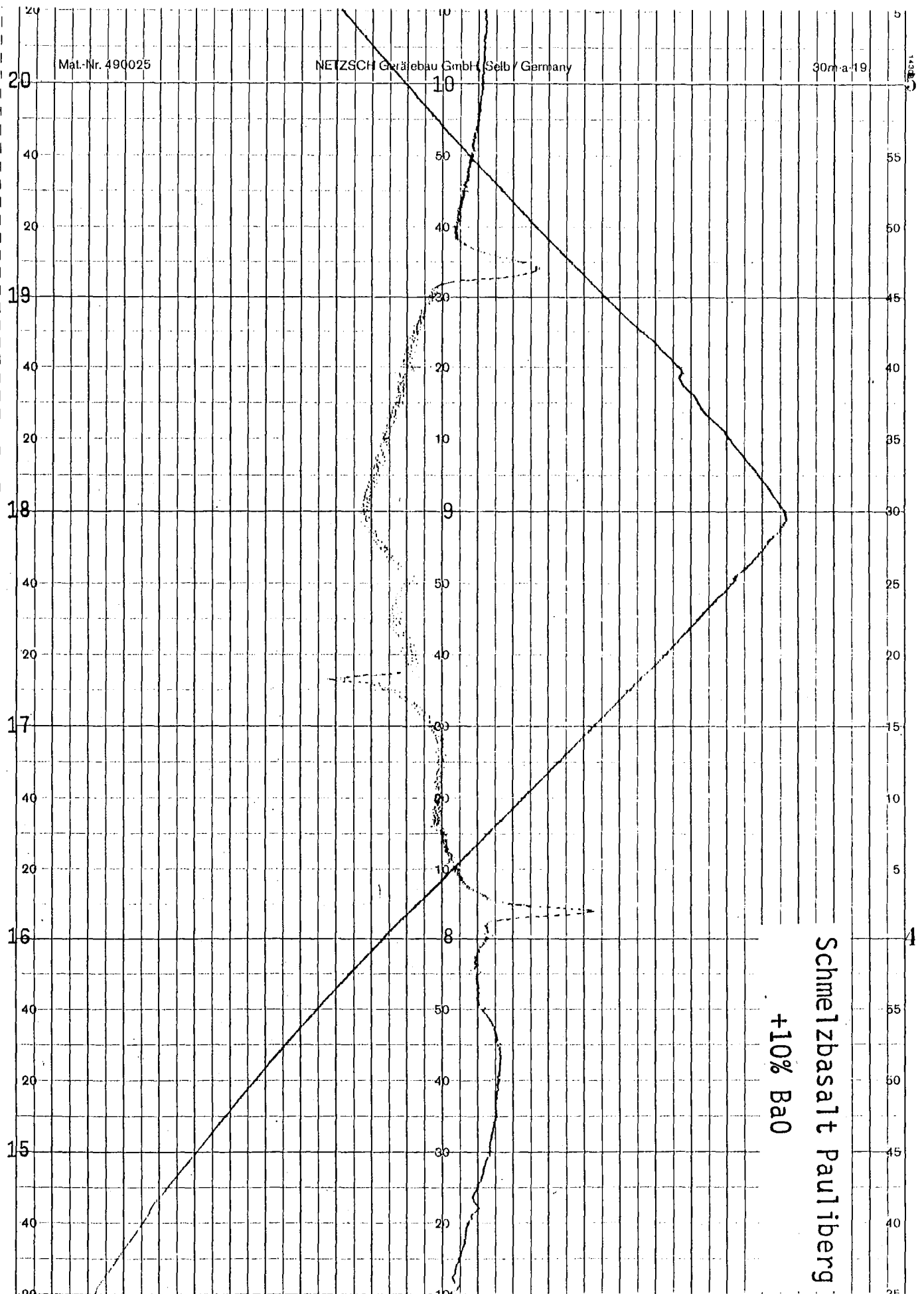


Diagramm 30

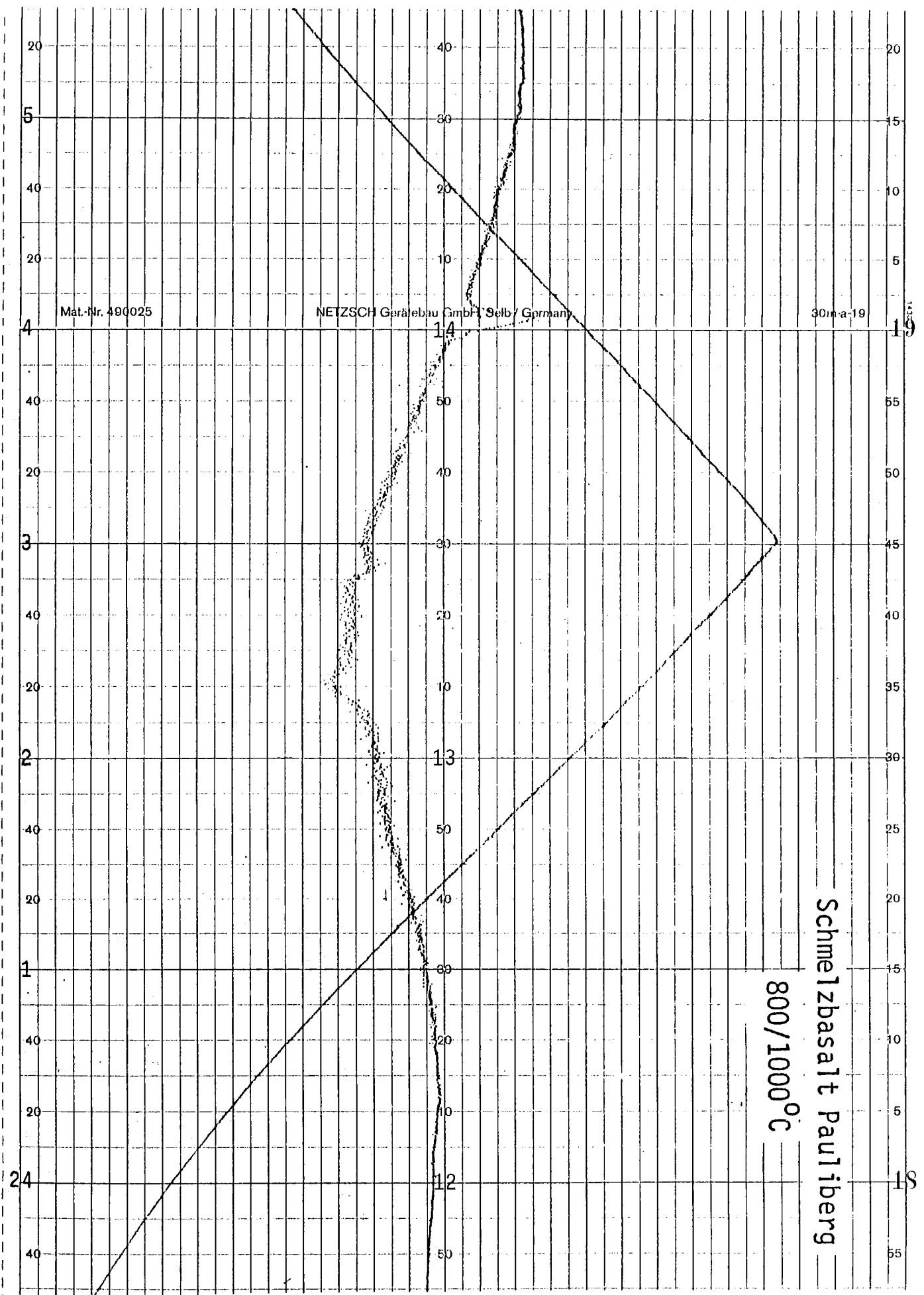


Diagramm 31

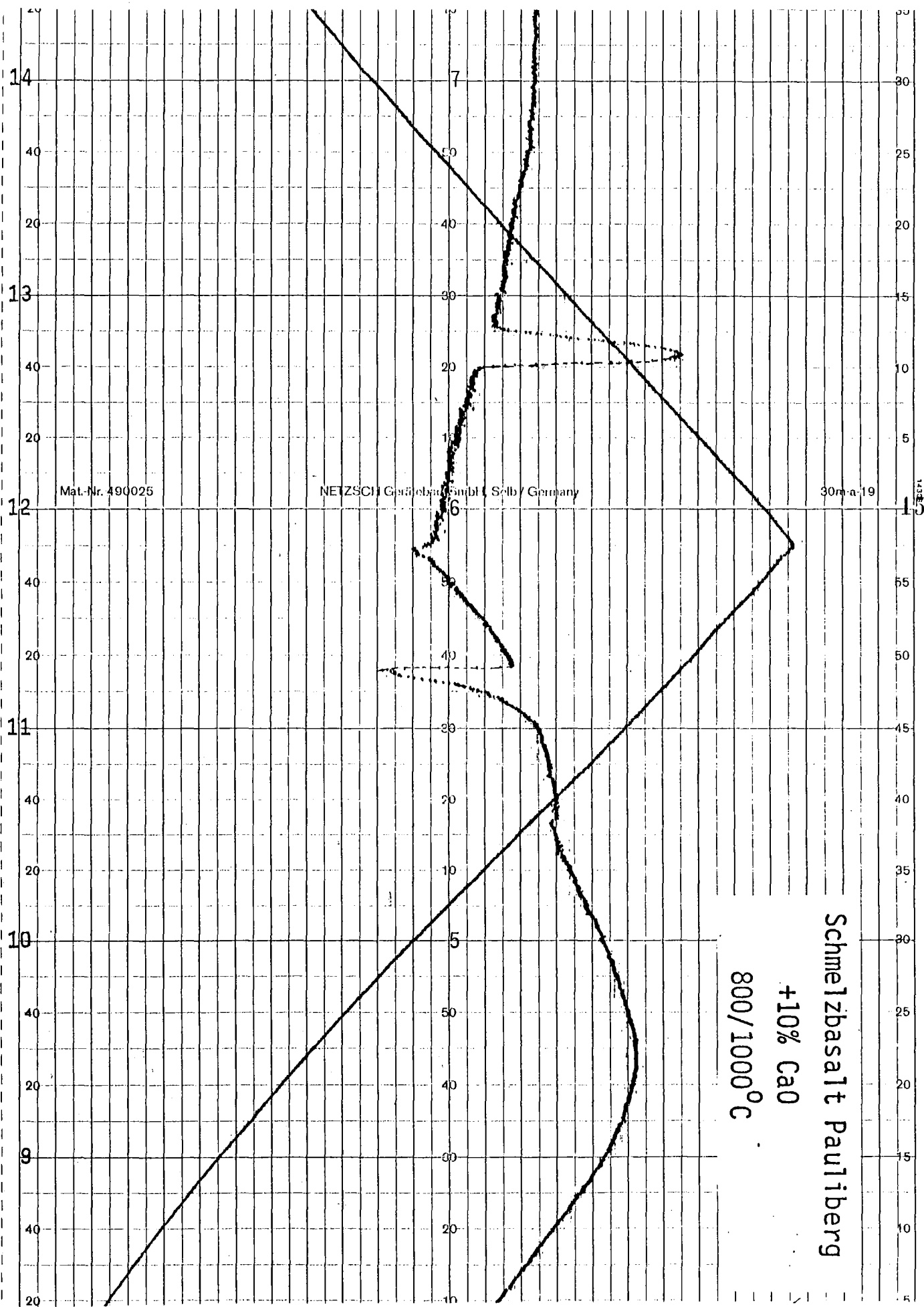




Diagramm 32

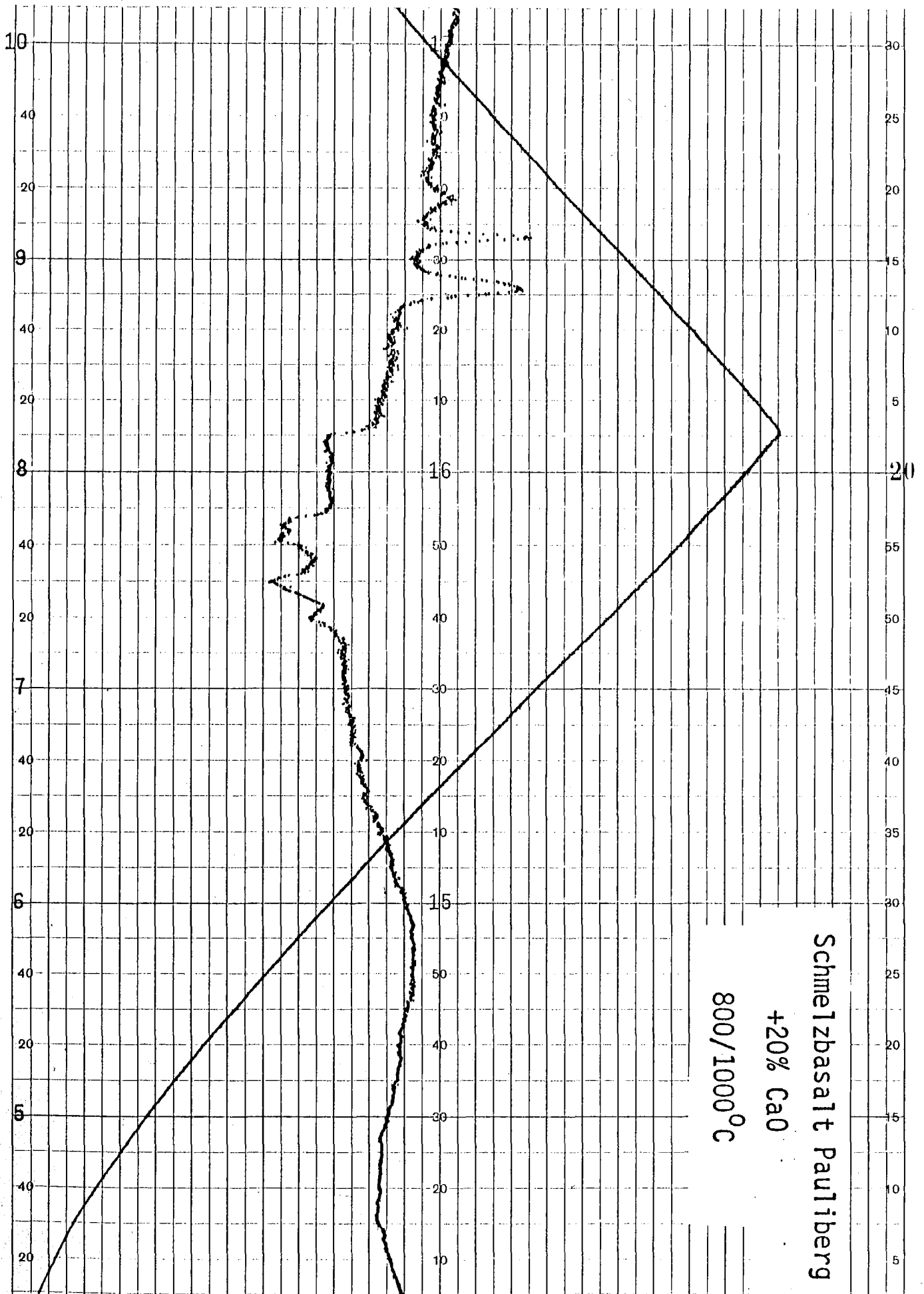


Diagramm 33

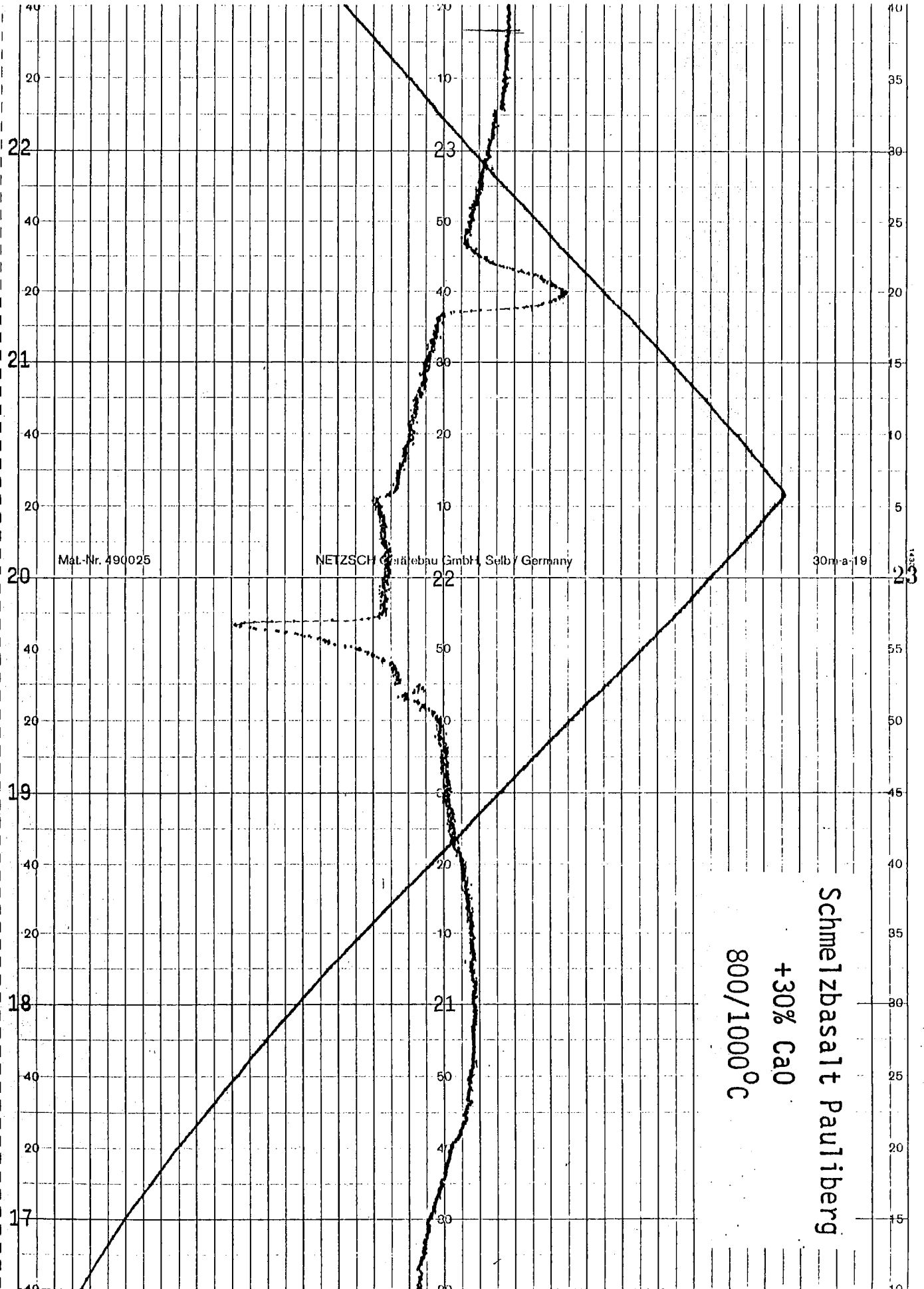


Diagramm 34

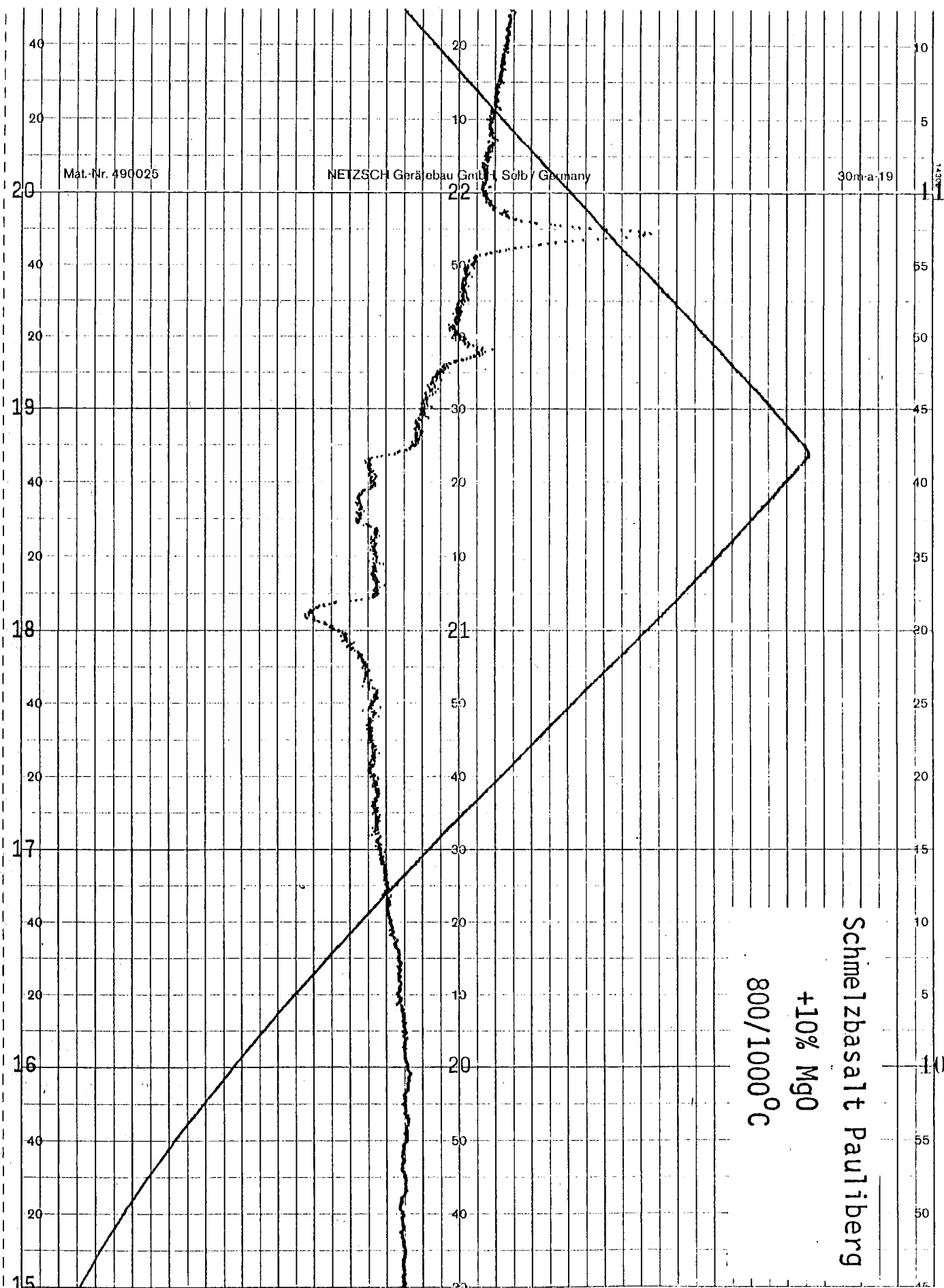


Diagramm 35

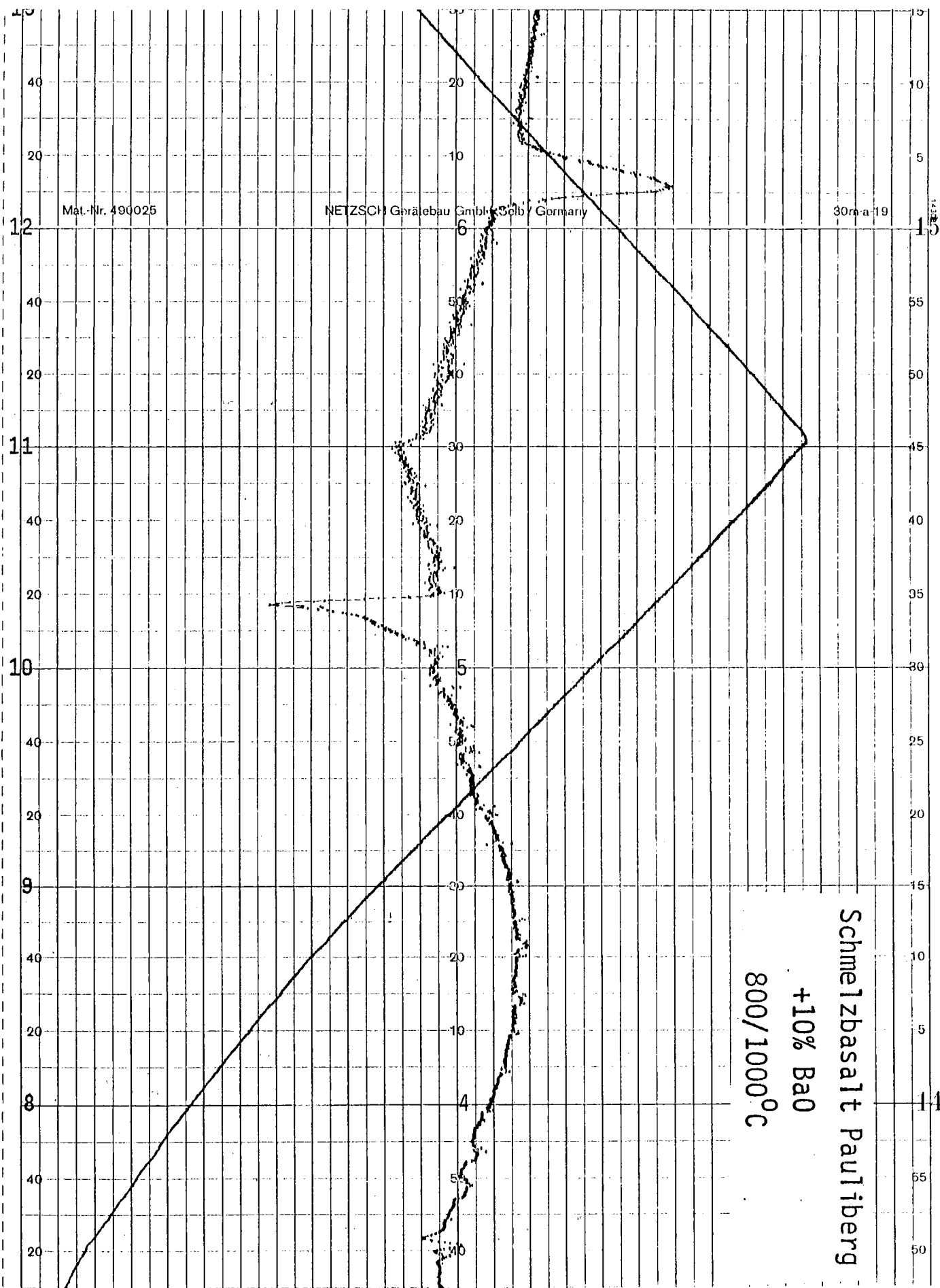


Diagramm 36

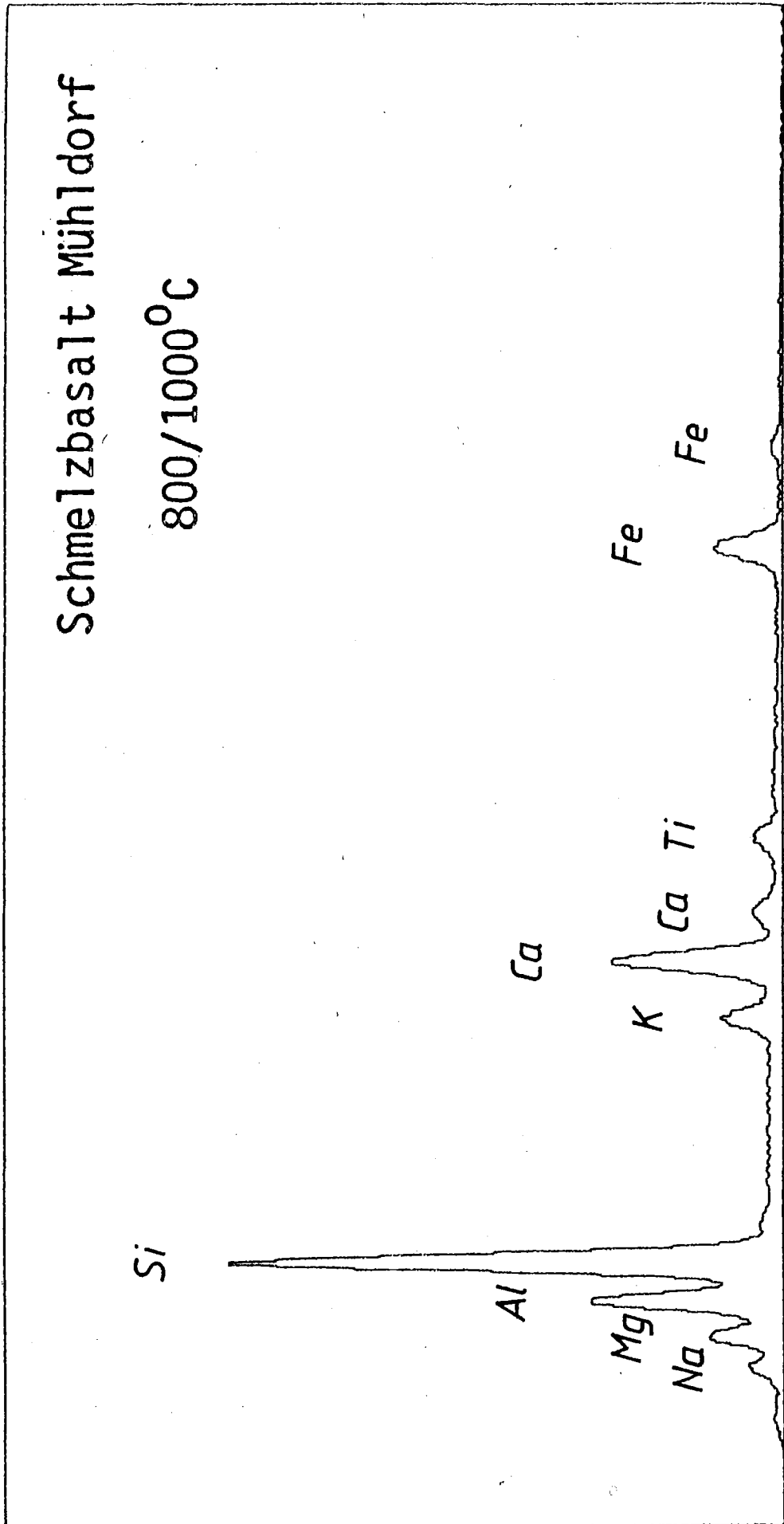


Diagramm 37

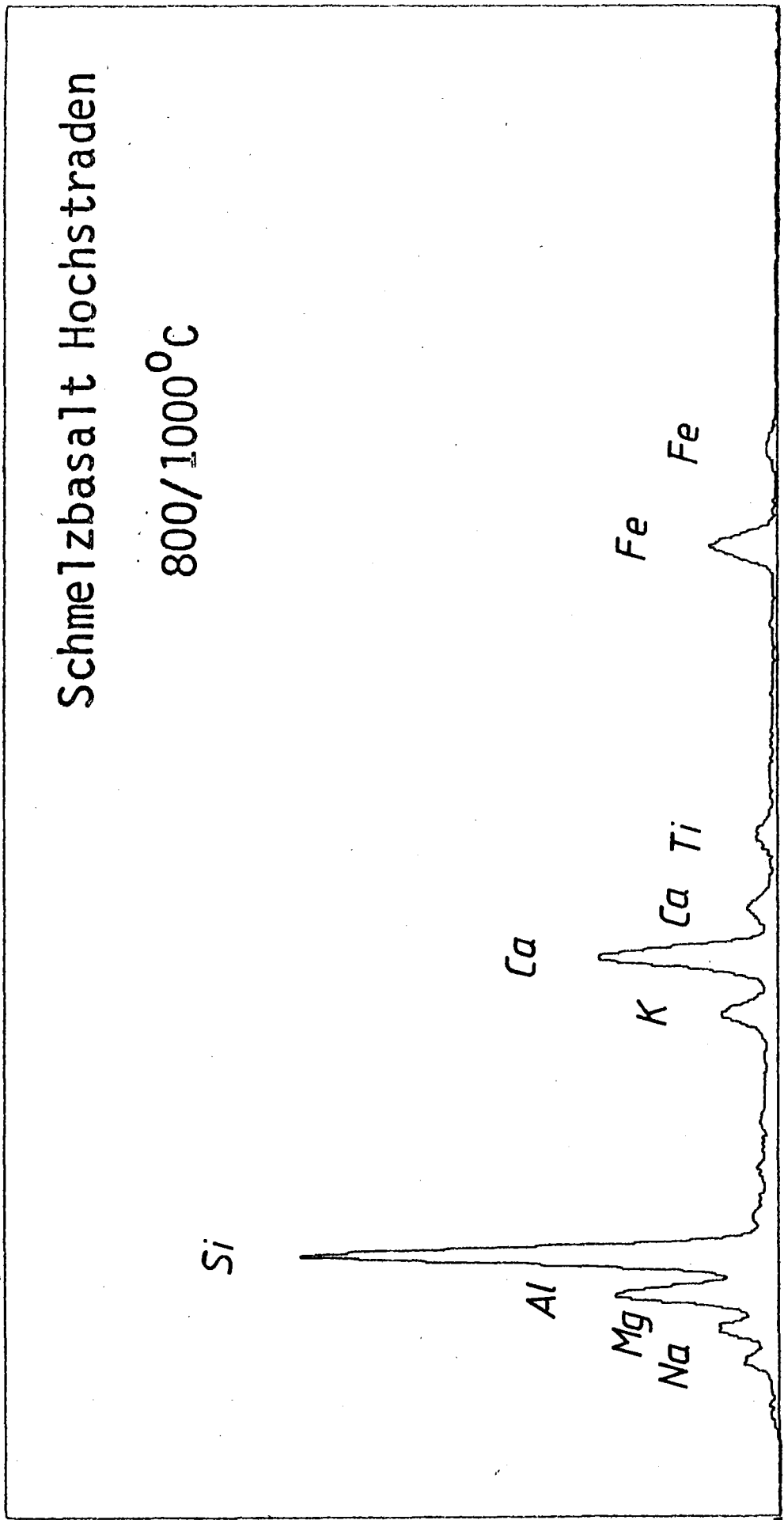


Diagramm 38

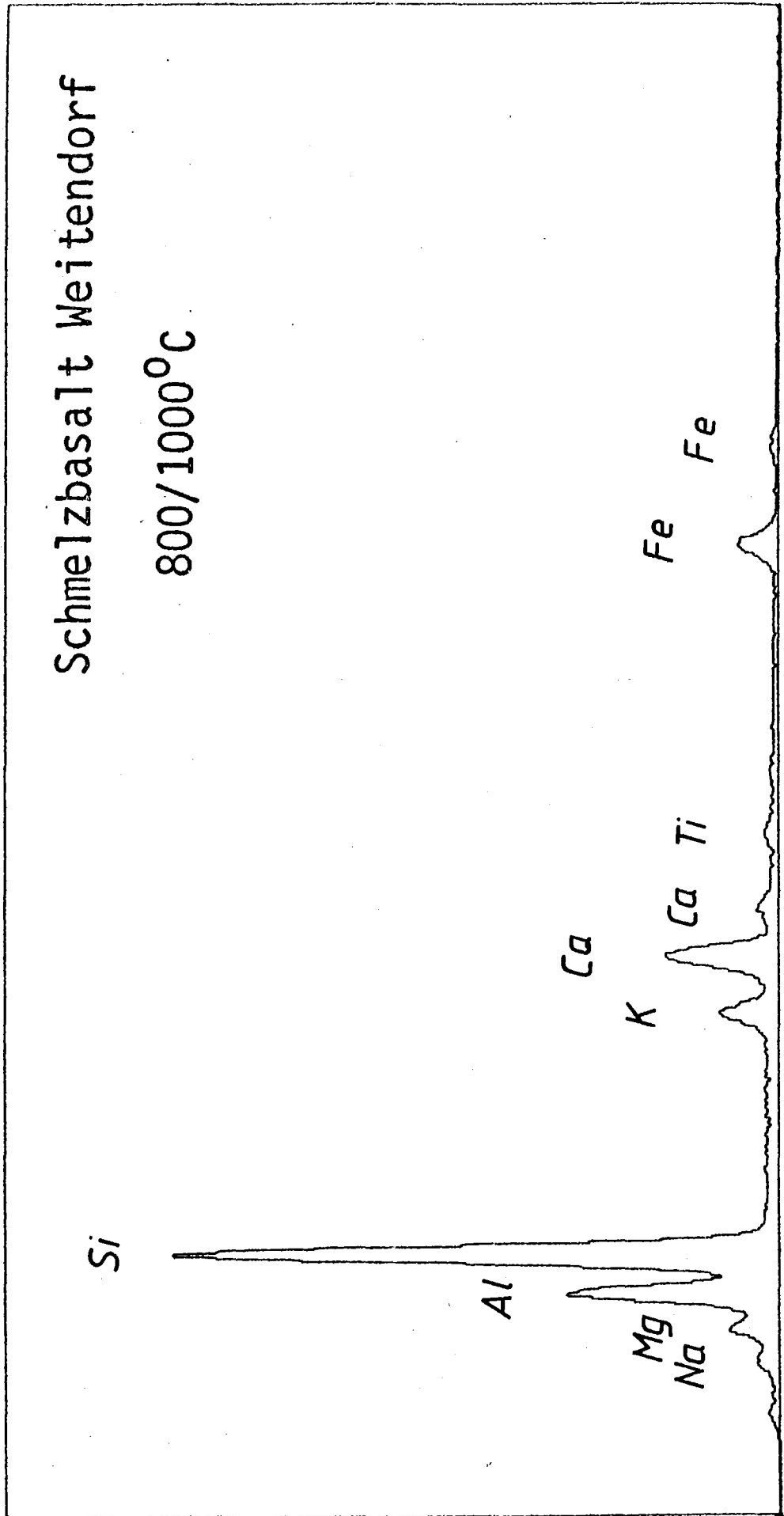
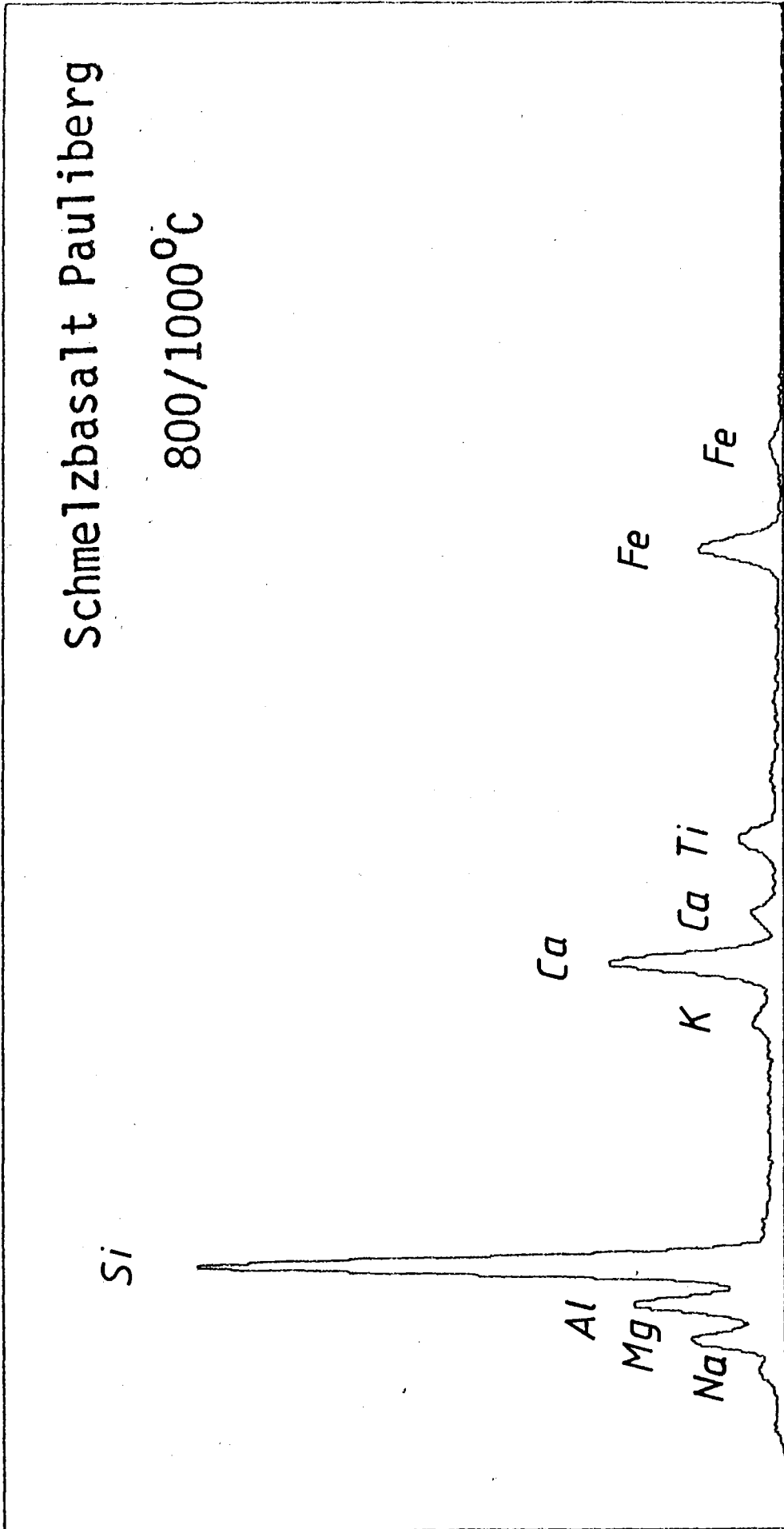


Diagramm 39



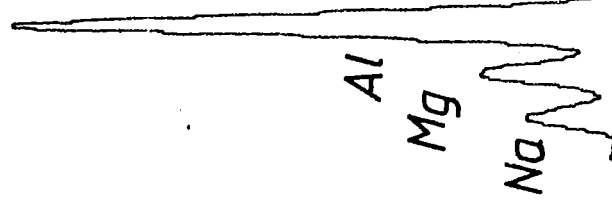


# Schmelzbasalt Pauliberg

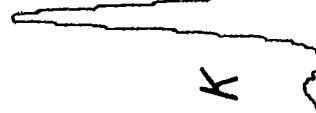
+10% CaO

800/1000°C

Si



Ca



Ca Ti

Fe

Fe



Diagramm 41

