

*Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
der TH Stuttgart*

1. Arbeitsbericht

über

verkehrstheoretische Untersuchungen

1.12.1960

1. Arbeitsbericht
über
verkehrstheoretische Untersuchungen

I n h a l t
=====

Vorwort

- Teil I Grundsätzliches über Verkehrstest-Programme
- II Zur Bemessung teilweise und vollständig zweistufiger Koppelanordnungen für Mischwahl
- III Untersuchung eines einstufig unvollkommen abgesuchten Bündels mit $k = 6$ und $v_2 = 40$
bei gleicher und schiefer Verteilung des Angebots auf die Zubringerteilgruppen
bei verschiedenen Mischungsverhältnissen und Mischungsarten
Gütemerkmale für Mischungen
- IV Eine neue einfache Näherung zur Berechnung einstufig unvollkommener Bündel

V o r w o r t

Am 1. Oktober 1960 hat unser Institut seine Arbeit aufgenommen. Schon vorher sind hier an der TH Stuttgart am Lehrstuhl für Fernmeldeanlagen, Prof. Dr.-Ing. Wolman, eine größere Anzahl vermittlungstechnischer und verkehrstheoretischer Arbeiten durchgeführt worden. Die Entwicklung und der Bau einer schnellen elektronischen Verkehrsmaschine sind daselbst noch im Gang. Auch meine wissenschaftlichen Assistenten, die Herren W. Ostertag und W. Wagner, hatten in den letzten Jahren Gelegenheit, sich beim Lehrstuhl für Fernmeldeanlagen im Rahmen ihrer Diplomarbeiten rechtzeitig mit wesentlichen Teilen ihres künftigen Arbeitsgebiets vertraut zu machen (lit 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Ich möchte deshalb Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolman auch an dieser Stelle sehr herzlich danken für die große, selbstlose Unterstützung und Starthilfe, die er mir und dem neuen Institut dadurch zuteil werden ließ.

Naturgemäß wird der Umfang der fachlichen Arbeit des neuen Instituts in den nächsten Semestern noch durch den allmählichen personellen und gerätetmäßigen Aufbau beeinträchtigt werden. Dennoch sollen schon jetzt Arbeitsberichte der nachstehenden Art in zwangloser Folge erscheinen. Sie werden den interessierten Stellen der staatlichen Verwaltungen und der Fernmeldeindustrie zugehen und jene Ergebnisse der Institutsarbeit enthalten, welche für Betrieb und Entwicklung vermittlungstechnischer Einrichtungen u. U. nützlich sein können.

Die Arbeit des neuen Instituts wird gewiß umso fruchtbarer sein, je mehr es uns gelingen wird, durch guten Kontakt mit der Fernmeldeindustrie und der Bundespost die Fragen der Entwicklung und des technischen Betriebs immer richtig zu sehen und außerdem zu erfahren, welche Kenntnisse für den akademischen Nachwuchs von Seiten seiner künftigen Arbeitgeber besonders erwünscht sind.

In diesem Sinne bitte ich alle Empfänger dieser Arbeitsberichte um ihre wertvolle Unterstützung durch Anregungen und Kritik.

Lotze

T e i l I

=====

Allgemeines über Verkehrstest-Programme unseres Instituts

1. Alle Untersuchungen werden z. Z. auf dem Rechner ER 56 (Fabrikat Standard Elektrik) im Recheninstitut der TH Stuttgart durchgeführt. Der Fortgang unserer diesbezüglichen Arbeiten wurde durch Umbau und Ausbau des ER 56 im Sommer und Herbst 1960 leider noch etwas verzögert, auch wird der ER 56 von vielen Hochschulinstituten sehr stark in Anspruch genommen. Dennoch konnten wir bisher 90 Stunden Rechenzeit (häufig nachts) erhalten. Weitere ca. 30 Stunden hoffen wir bis Ende des Jahres zu leisten.
2. Die Grund-Programmierung des ER 56 für ein- und zweistufige Mischwahl ist - nach gemeinsamen Vorbesprechungen im Frühjahr 1960 - von der Fa. SEL in vielwöchiger Arbeit durchgeführt und auch uns zur Verfügung gestellt worden (Flußdiagramm siehe Anlage 1). Wir sind der Firma dafür sehr zu Dank verpflichtet.
3. Zunächst sind systematische Untersuchungen an rd. 50 verschiedenen einstufigen, teilweise zweistufigen oder vollständig zweistufigen Mischungen vorgesehen.

Es sollen untersucht werden:

- a) Der Einfluß der Mischungsart.
- b) Der Einfluß eines ungleich auf die Zubringerteilgruppen verteilten Angebots.
- c) Die Aufteilung der Suchstellungen der A-Stufe auf Direktausgänge und Zwischenleitungen zur B-Stufe bei sog. Sparschaltungen (jeweils mit verschiedenen Parametern nach a) und b).
- d) Der Einfluß der Erreichbarkeiten k_A und k_B in A- und B-Stufe auf die Koppelpunktezahl, bei vorgegebener Leistung (k_{eff}).
- e) Verhalten der Mischungen gem. c) und d) bei starker Belastung (Absuchen von Querleitungsbündeln mit Überlauf).
- f) Verhalten der Mischungen gem. a) bis d) bei Teilausfall von Abnehmerbündeln (z. B. durch Defekt eines Vielkanalsystems).

Wir rechnen für diese Tests, welche jeweils an mindestens 3 verschieden großen Abnehmerbündeln durchgeführt werden sollten, einen (ersten) Mindestaufwand von rd. 500 Rechnerstunden (!). Dazu kommen mindestens 1000 Arbeitsstunden vorbereitende Programmierungsarbeiten. Zur Sicherung und zum Ausbau der damit gewonnenen Orientierung werden aber weitere Tests nötig werden.

Über die ersten Ergebnisse unserer diesbezüglichen Arbeiten berichten wir in Teil II und III.

Die gesamten Programmierungsarbeiten für alle Mischungen und deren Angebotswerte sowie die umfangreiche Auswertung der Testergebnisse besorgten meine wiss. Assistenten W. Wagner und W. Ostertag. Für die Anfertigung von rd. 50 Mischplänen sind wir Herrn Ob.-Ing. Kroeker von der Firma SEL zu großem Dank verpflichtet.

Die Reihenfolge weiterer Verkehrstests wollen wir mit Industrie und FTZ abstimmen, um jene grundsätzlich interessanten Fragen, welche besonders aktuellen Wert für die Entwicklung haben, vorweg zu bearbeiten, soweit dies möglich ist (hierzu siehe auch Teil III, Ziffer 4).

4. Wir hoffen, in absehbarer Zeit auch für andere verkehrstheoretische Fragen noch ER 56-Programme ausarbeiten zu können.

R
Ein Programm, das die Blockierungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Koppelvielfache in der B-Stufe einer zweistufigen Mischung unmittelbar zu registrieren erlaubt, also besonders die Nachprüfung diesbezüglicher rechnerischer Annahmen gestattet, ist von Herrn Wagner bereits fertiggestellt worden (lit 3) und soll demnächst in Betrieb gehen. Seine Benutzung wurde bisher zugunsten der Mischwählertests zurückgestellt.

T e i l II

Zur Bemessung teilweise und vollständig zwei-
stufiger Koppelanordnungen für Mischwahl in
Wahlvermittlungsstellen der Deutschen Bundespost

Vorschläge für die weiteren Verkehrstest-
Reihen

1. Zusammenfassung:

Unter Ziff. 2 wird der bisherige Gang der Besprechungen und Arbeiten kurz wiederholt. Unter Ziff. 3 werden die Ergebnisse neuer Verkehrstests behandelt, welche am Institut durchgeführt wurden, um u. a. Testergebnisse der Fa. SuH, welche auf deren Rechner 2002 und auf einer Verkehrsmaschine gewonnen wurden, zu reproduzieren und zu sichern durch Verkehrstests auf dem Digitalrechner ER 56. Die Ü b e r e i n s t i m m u n g zwischen den SuH-Tests und unseren Ergebnissen ist s e h r g u t .

In Ziff. 4 schlagen wir vor endgültiger Einführung neuer Bemessungsrichtlinien eine weitere umfangreiche Test-Serie (130 Meßpunkte) vor, um auch die (z. T. brennenden) offenen Fragen der Verluste bei teilweisem Bündelausfall, des Einflusses ungleicher Angebotsverteilung, vereinfachter Mischungen usw. schnellstmöglich und zuverlässig zu klären.

Ein Testplan wird vorgelegt, der durch Arbeitsteilung Industrie - Technische Hochschule und durch laufende gegenseitige Unterrichtung rationell und deshalb relativ schnell neue Ergebnisse verspricht.

Unter Ziff. 5 werden neue Testergebnisse an einer vollständig zwei-stufigen Mischung mitgeteilt.

Diese Ergebnisse decken sich recht zufriedenstellend auch mit den Rechenwerten eines, gegenüber (lit 7) noch verbesserten, Näherungsverfahrens des Verfassers.

2. Bisherige Arbeiten

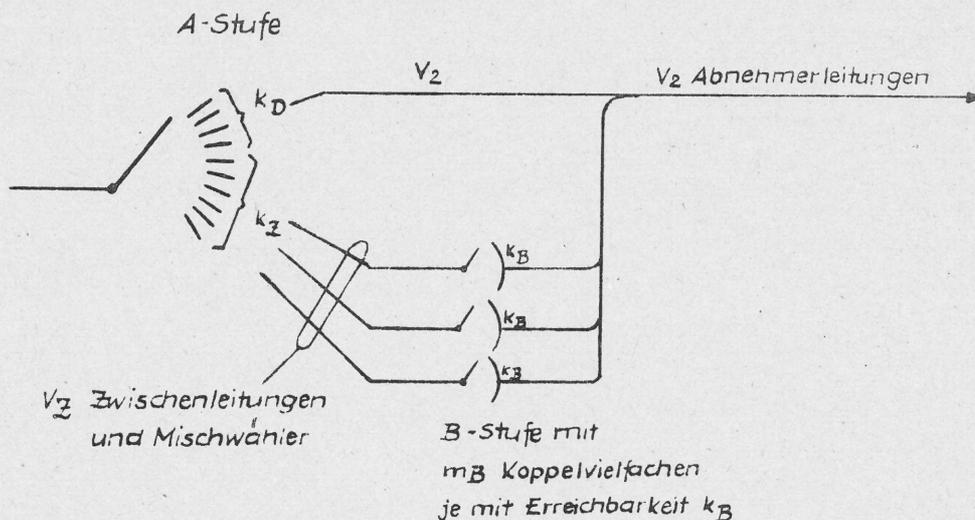
2.1. Am 28. 11. 1958 und vom 2. bis 4. 2. 1960 fanden auf Einladung des Fernmelde-technischen Zentralamtes der Deutschen Bundespost Besprechungen zwischen Fachleuten der Industrie und der Bundespost statt, welche eine verbesserte, verkehrstheoretisch fundierte künftige Bemessung zweistufiger Koppelanordnungen für Mischwahl zum Gegenstand hatten. Besonders interessierten hierbei die bisher^{bei} der DBP vorwiegend gebräuchlichen Mischwahanordnungen, deren Wähler in der ersten (A-)Stufe die Erreichbarkeit $k_A = 10$ und in der zweiten (B-)Stufe die Erreichbarkeit $k_B = 15, 16$ oder 17 haben. (Künftig vielleicht

anwendbare andersartige Koppelanordnungen, z. B. mit $k_B = 20$ oder mit kleinen Werten $k_B = 5 \dots 8$ sollen hier nicht diskutiert werden).

2.2. Häufig werden bei der Deutschen Bundespost sogenannte "Sparschaltungen" verwendet, d. h. Koppelanordnungen, bei welchen das Verkehrsangebot nur teilweise zweistufig vermittelt wird. Hier kann zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Mischprinzipien unterschieden werden:

Bei der "Vollständigen Rückmischung" werden in der Regel für die A-Stufe Wähler verwendet, welche ihre k_A -Ausgänge von einer Nullstellung aus absuchen. Über die erstabgesuchten Ausgänge (z. B. $k_D = 4$ von $k_A = 10$) werden sämtliche v_2 Abnehmerleitungen direkt, d. h. einstufig abgesucht. Der auf diese Weise nicht abgesetzte Teil des Verkehrsangebots läuft über auf die über Zwischenleitungen zur B-Stufe führenden $k_z = (k_A - k_D)$ Suchstellungen der A-Stufe. Die Wähler der B-Stufe suchen über m_B Koppelvielfache B (m_B Mischwählergruppen) mit zusammen $m_B \cdot k_B \geq v_2$ Ausgängen sämtliche v_2 Abnehmerleitungen nochmals, "von rückwärts", ab.

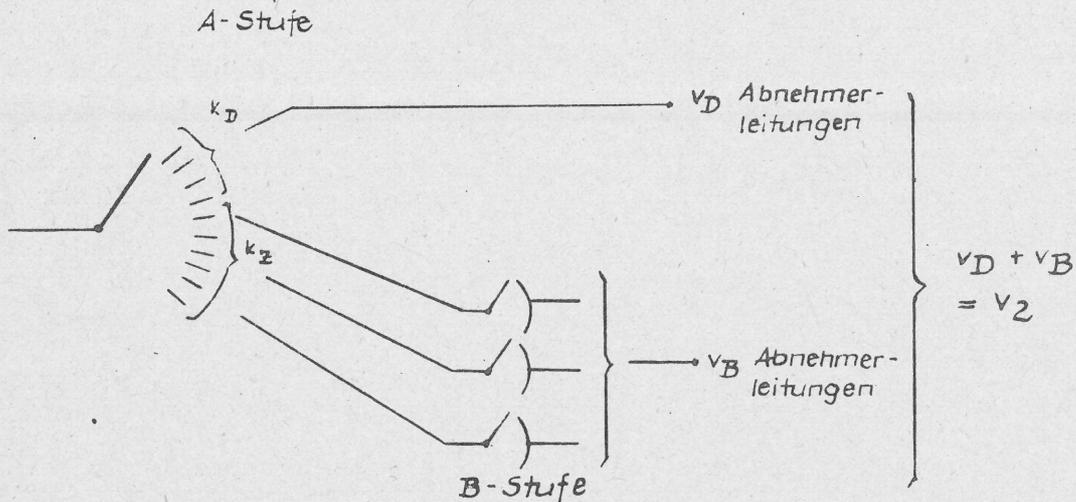
Schema der Rückmischung



2.3. Bei der "Reinen Überlaufmischung" werden an k_D erstabgesuchte Suchstellungen nur v_D der insgesamt v_2 Abnehmerleitungen angeschlossen. Durch geeignete Mischung werden diese Leitungen schon beim direkten, d. h. einstufigen Absuchen möglichst hoch belastet. Ein nochmaliges Absuchen über die Wähler der

B-Stufe findet nicht statt. Der zu den k_z weiteren Ausgängen überlaufende Angebotsteil sucht über die Wähler der B-Stufe nur jene $v_B = (v_2 - v_D)$ Abnehmerleitungen ab, welche von den k_D ersten Suchstellungen nicht erreicht werden.

Schema der Überlaufmischung



2.4. Sowohl Rückmischung als Überlaufmischung arbeiten mit rückwärtiger Sperrung auf den Zwischenleitungen von der A- zur B-Stufe.

Mischungen, welche teilweise nach dem Überlaufprinzip, teilweise nach dem Rückmischprinzip arbeiten, sind ebenfalls möglich und z. T. üblich (teilweise doppeltes Absuchen von Direktausgängen).

Um die Vor- und Nachteile der beiden Mischprinzipien zu klären, wurden die Grenzfälle der reinen "Überlaufmischung" und der "vollständigen Rückmischung" untersucht.

Schon in der Besprechung im Dezember 1958 standen erste orientierende Ergebnisse aus Verkehrstesten der Firma SuH, teils mit deren Verkehrsmaschine, teils mit dem Rechner 2002, zur Verfügung, welche in Übereinstimmung mit der Praxis und mit theoretischen Untersuchungen des Verfassers aus den Jahren 1957/58 zeigten, daß die bisher übliche zahlenmäßige Bemessung der Mischwähler bei Rückmischungen in der Mehrzahl der Fälle zu knapp war und zu überhöhten Verlusten Anlaß gab. Es wurden deshalb s. Z. vom FTZ vorläufige neue (reichlichere) Bemessungsrichtlinien ausgegeben.

Vor der Erstellung endgültiger neuer Bemessungsrichtlinien sollten aber eine Reihe weiterer Fragen untersucht und geklärt werden. Insbesondere sollte durch weitere Verkehrstests das unterschiedliche Verhalten von Rückmischung und Überlaufmischung genauer untersucht werden.

Meßwerte aus dem praktischen Betrieb ließen wegen ihrer großen Streuung keine hinreichend sicheren Aussagen erwarten. Es wurde deshalb s. Z. beschlossen, die endgültige Entscheidung über neue Bemessungsrichtlinien zu vertagen, bis durch weitere Versuchsreihen mit sog. "künstlichem Zufallsverkehr" genügend viel und sichere Meßergebnisse vorlagen.

In der zweiten Besprechung vom Februar 1960 wurde durch die Firma S & H eine größere Zahl von Testergebnissen und deren Auswertung vorgelegt. Diese Verkehrstests waren zum kleineren Teil auf einer Verkehrsmaschine zum überwiegenden Teil auf dem (schnelleren) Siemens-Rechner 2002 durchgeführt worden. Die mit ziemlichem Aufwand an Rechenzeit durchgeführten Tests bestätigten die Notwendigkeit neuer Bemessungsrichtlinien. Sie zeigten ferner, daß bei den postüblichen Erreichbarkeiten $k_A = 10$ und $k_B = 15$ bis 17 für Sparschaltungen mit "vollständiger Rückmischung", bei gleichen Verlusten im Gebiet von etwa $B = 1 \dots 5 \%$, ca. 10 % weniger Mischwähler benötigt werden als für Sparschaltungen in "reiner Überlaufmischung." (lit 8).

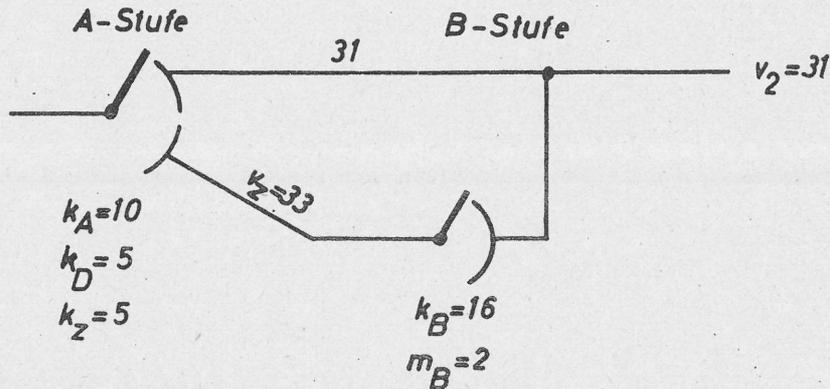
Wesentliche betriebliche Vorteile der "Überlaufmischung" haben im Jan. 1960 das FTZ nach eingehender Diskussion bewogen, dennoch künftig dem Prinzip der Überlaufmischung den Vorzug zu geben. Auch einfache Bemessungsrichtlinien für den praktischen Betrieb wurden bereits konzipiert. Vor deren endgültiger Einführung sollten jedoch die bisherigen Ergebnisse der Verkehrstests (trotz deren an sich großer Zuverlässigkeit) durch einige Kontrollmessungen und durch weitere Untersuchungen nochmals erhärtet werden.

2.5. Zu diesem Zeitpunkt waren am Institut für Fernmeldeanlagen der Technischen Hochschule Stuttgart schon eine Reihe verkehrstheoretischer Arbeiten entstanden oder in Arbeit (vgl. lit 1,2,3,4,5,6). Es lag deshalb nahe, die TH Stuttgart als neutrales Hochschulinstitut zu bitten, diese zusätzlichen Untersuchungen durchzuführen. Herr Professor Dr.-Ing. Wolman erklärte sich auf Bitte des FTZ gerne dazu bereit, Nachdem nun das neue Institut seine Tätigkeit aufgenommen hat, sind diese Untersuchungen, an denen ich in meiner Tätigkeit als Dozent schon seither Anteil nehmen konnte, auf uns übergegangen. Ich darf in diesem Zusammenhang nochmals dankend auf die große Unterstützung hinweisen, welche all diesen Arbeiten in den letzten Jahren durch das Institut von Prof. Wolman zuteil wurde.

3. Verkehrstests an "Sparschaltungen" nach den Mischplänen Nr. 88
(vollständige Rückmischung) und Nr. 90 (reine Überlaufmischung).

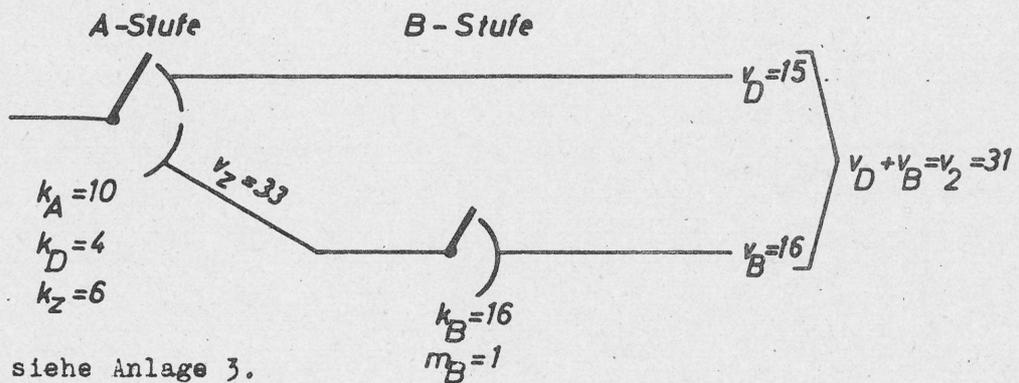
3.1. Rückmischung, Mp Nr. 88

Daten



Mischplan siehe Anlage 2.

3.2. Überlaufmischung, Mp Nr. 90



Mischplan siehe Anlage 3.

3.3. Testergebnisse

3.3.1. Es wurden je Mischplan 6 Werte des Verkehrsangebots getestet. Die Zufallszahlenfolge des ER 56 war für die entsprechenden Tests der Mp Nr. 88 und 90 dieselbe.

Die Meßergebnisse, welche für diese Mischpläne bei SuH mit Hilfe der Verkehrsmaschine gewonnen wurden sowie unsere eigenen Ergebnisse mit dem ER 56 sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Angebot A Erl.	Mischplan 88 (Rückmischung)			Mischplan 90 (Überlaufmischung)		
	Verlust B % Sicherheit S = 95 %	Überlauf zur B-Stufe $B_{\bar{U}}$ %	Zahl der Anrufe des Tests c_A	Verlust B % Sicherheit S = 95 %	% Überlauf zur B-Stufe \equiv Verlust B_k einstufig. mit $k = \frac{k}{4/\sqrt{2}} = 15$	Zahl der Anrufe des Tests c_A
1	2	3	4	5	6	7
21,98	1,61 \pm 0,35	23,96	50 000	2,44 \pm 0,84	45,30 \pm 1,66	25 000
24,64	4,13 \pm 0,52	33,87	50 000	5,12 \pm 0,56	49,76 \pm 0,69	50 000
27,30	7,78 \pm 0,57	42,75	43 616 SuH	8,91 \pm 0,59	53,9	43 616
32,30	16,42 \pm 1,78	56,3	12 267 SuH	17,46 \pm 1,91	59,99	12 267
32,62	16,89 \pm 1,37	57,40	50 000	18,08 \pm 1,32	60,00 \pm 0,94	50 000
42,00	31,92 \pm 2,29	72,1	21 000	32,92 \pm 1,70	67,94 \pm 0,90	30 000
49,98	41,76 \pm 1,30	78,68	50 000	42,57 \pm 1,28	72,52 \pm 0,72	50 000
70,00	57,59 \pm 0,99	86,44	30 000	58,20 \pm 1,37	80,1 \pm 0,95	21 000

3.3.2. Aus der Tabelle und den Diagrammen in Anlage 4 und 5 erkennt man die sehr gute Übereinstimmung der Meßergebnisse auf der Verkehrsmaschine von SuH mit denen auf dem Rechner ER 56 der TH Stuttgart.

Die Verlustdifferenz $B_{\bar{U}} - B_{\text{Rück}}$ bleibt im Bereich $B \approx 1 \dots 20$ % nahezu konstant ca. 1 %. Ähnliche Ergebnisse hatten auch die in der FTZ-Besprechung vom Januar 1960 behandelten Tests an den Mischplänen Nr. 91, 92 und $v_2 = 102/\sqrt{2} = 87$.

Es zeigt sich ferner, daß im ganzen gemessenen Bereich bis zu $B \approx 50$ %, $V \approx 100$ %, die effektive Erreichbarkeit der beiden Mischungen praktisch unverändert bleibt; d. h., es hat $B = f(A)$ denselben Verlauf wie beim einstufigen Vergleichsbündel mit $k = k_{\text{eff}}$.

3.3.3. Nach obigen Ergebnissen unserer Verkehrstests kann an der Zuverlässigkeit der SuH-Tests nicht gezweifelt werden. Ein nochmaliges Testen von weiteren Punkten, die bereits bei SuH gemessen wurden, scheint uns nicht erforderlich und im Hinblick auf die zeitlichen Engpässe für Rechenmaschinenstunden (und die Kosten der Rechenzeit) nicht ratsam.

3.3.4. Überlauf-Verhalten

Aus Anlage 5 geht hervor, daß die von mir befürchtete Überschneidung der Verlustkurven " B_{88} über B_{90} " auch bei sehr großem Angebot nicht eintritt.

Dagegen erkennt man deutlich, daß etwa von $A = 35,5$ Erl. an, also ab $B_{88} \approx 22\%$ bzw. $B_{90} \approx 23\%$, die Rückmischung tatsächlich weniger Verkehr über ihre 31 direkt abgesuchten Leitungen einstufig aufnimmt, als die Überlaufmischung über nur 15 Direktausgänge. Bei MW hinter RW mit Überlauf und in ähnlichen Fällen künftiger Linksysteme kann dieses Überlaufverhalten von Interesse sein; auch das Verlustverhalten einer Mischung bei Teilausfall des Abnehmerbündels kann davon beeinflusst werden. Weitere Verkehrstests an verschiedenen Bündelgrößen und verschiedenen Wertepaaren (k_A, k_B) werden aber notwendig sein, um über dieses Überlauf-Verhalten sichere Angaben zu erhalten.

3.3.5. Nach den Testergebnissen gem. Ziff. 3.3.1. bis 3.3.3. mit gleicher Verteilung des Angebots auf alle Zubringerteilgruppen bestünden also keine Bedenken, auf der Basis der bisherigen Tests endgültige Bemessungsrichtlinien für Überlaufmischungen auszuarbeiten.

Nachstehend werden jedoch noch eine Reihe bisher offener Fragen aufgezählt, deren Beantwortung ebenfalls noch Einfluß auf die endgültigen Bemessungsrichtlinien haben könnte. Es empfiehlt sich deshalb, bis zur Beantwortung dieser Fragen noch zu warten (s. nachstehende Ziff. 4). Dafür sprechen auch die interessanten Ergebnisse im Abschnitt III dieses Berichts (Einfluß von Mischungstyp und ungleich verteiltem Angebot auf die Verluste einstufiger Mischungen).

4. Weitere Faktoren, welche die Frage nach der optimalen doppelten Mischung beeinflussen können.

Wir halten es - nicht zuletzt im Hinblick auf die wichtigen Fragen der Bündelverluste im Ferndienst bei Teilausfällen infolge Ausfalls von Vielkanalsystemen - für dringend erwünscht, auch die Fragen des Verlustverhaltens bei "schieferm Angebot" und bei Teilausfall von Abnehmerleitungen durch eine grundsätzliche Untersuchung so rasch und so eingehend als möglich zu klären.

Die in der nachstehenden Tafel angegebenen Verkehrstests dürften in etwa das Aufwandsminimum darstellen, das hierzu notwendig ist.

Mischungsart	Test mit voller Abnehmerleitungs-zahl v_2	0,7. v_2 in Betrieb. Rest, etwa gleichvert., ausgefallen	0,7. v_2 in Betrieb. Rest, <u>einseitig</u> auf <u>wenigen</u> MW-Gruppen, ausgef.	0,7. v_2 in Betrieb. Rest, ² einseitig auf v_D Direktleitungen, ausgefallen
1	2	3	4	5
1a Sparschaltung mit Überlaufmischung, "gute Mischung" von A- zu B-Stufe	x	x	x	x
1b desgl. mit "primitiver Mischung" von A nach B	x	x	x	x
2a Sparschaltung mit vollst. Rückmischung "Gute Mischung" von A- zu B-Stufe	x	x	x	-
2b desgl. mit "primitiver Mischung" von A nach B	x	x	x	-
3a Vollständig doppelte Mischung "gute Mischung" von A- zu B-Stufe	x	x	x	-
3b desgl. mit "primitiver Mischung" von A nach B	x	x	x	-

Jeder mit x bezeichnete Versuch soll ausgeführt werden

- a) mit je 4 Werten eines gleichverteilten Angebots und
- b) mit mindestens 2 - 3 Werten eines "schiefen Angebots".

Da pro Meßpunkt ein Test mit 50 000 Anrufen eine reine Rechnerzeit von im Mittel 70 Min. erfordert, umfaßt dieser (im Hinblick auf den Untersuchungszweck sparsame!) Plan bereits rd. 150 Rechenmaschinenstunden. Für die vorbereitende Programmierung sind außerdem **w e n i g s t e n s** ca. 300 Arbeitsstunden erforderlich.

Wenn auch im Verlauf der Testreihen dank günstiger Teilergebnisse vielleicht einige Meßpunkte eingespart werden können, so ist der Arbeits- und Maschinen-aufwand doch sehr groß.

T e i l I I I
=====

Verkehrstests an einem einstufig unvollkommen abgesuchten

Bündel mit $k = 6$, $v_2 = 40$

mit 5 verschiedenen Mischungen

bei gleichverteiltem und "schiefer" Angebot.

Vorschläge für definierte Gütemerkmale einer Mischung

Übersicht

Die Tests zeigen, daß bei "Absuchen mit Nullstellung" die postüblichen Mischungen für Hebdrehwähler allen anderen getesteten Mischungsarten leistungsmäßig überlegen sind.

Ungünstige Staffelung der Abnehmerleistungen über die k Suchstellungen, insbesondere aber zu kleines Mischungsverhältnis und schlecht ausgeglichener Besetztseinfluß wirken ü b e r a u s verluststeigernd. Dies gilt insbesondere dann, wenn man das Verkehrsangebot, ähnlich den in der Praxis vorkommenden Fällen, in u n g l e i c h e r Verteilung an die Zubringerteilgruppen heranführt ("schiefes Angebot", "schiefer Kopfplan").

Das getestete Bündel ($v_2 = 40$, $k = 6$) lieferte bei "schiefer" verteilterm Angebot je nach Mischungsart Verluste zwischen $B = 1 \%$ und $B = 6,3 \%$.

Es werden d e f i n i e r t e G ü t e m e r k m a l e vorgeschlagen, die geeignet sind, einstufige Koppelanordnungen richtig zu bewerten und zu vergleichen.

1. Getestetes Bündel

Die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Mischungsarten für einstufige unvollkommen abgesuchte Abnehmerbündel werden umso deutlicher, je "unvollkommener" das Absuchen, d. h. je größer die Relation v_2/k ist. Wir haben deshalb folgende Mischungen mit $k = 6$ und $v_2 = 40$ gewählt:

2. Mischungsarten

- 2.1. Mischung mit Staffeln und Übergreifen nach Mischplan Nr. 1 (siehe Anl. 8/1), ausgelegt nach den Richtlinien des FTZ für Hebdrehwähler und für Absuchen von einer Nullstellung aus. Das gewählte Mischungsverhältnis $1,5 : 1$ ist für $k = 6$ nach den Richtlinien zu klein (Richtwert des FTZ $M \geq 2,5 : 1$).
- 2.2. Mischungsart wie bei Ziff. 3.1. jedoch nach Mischplan Nr. 2 und mit einem "guten" Mischungsverhältnis $3 : 1$ (siehe Anl. 8/2).
- 2.3. Mischung mit $M = 3 : 1$, jedoch ohne Übergreifen zu nicht-benachbarten Zubringerteilgruppen und lediglich mit "primitivem" Vielfachschalten von Suchstellungen gleicher Ordnungsnummer zwischen benachbarten Zubringerteilgruppen. Mischplan Nr. 3 (siehe Anlage 8/3).

- 2.4. Mischung mit $M = 3 : 1$ des Typs der seit einiger Zeit in Vermittlungsstellen der DBP angewendet wird, welche mit EMD-Wählern ausgerüstet sind. Mischplan Nr. 4, Anlage 8/4.
- 2.5. Mischungstyp wie Mp Nr. 1 und 2, jedoch mit dem hohen Mischungsverhältnis $M = 6 : 1$. Mischplan Nr. 5, Anlage 8/5.

3. Durchführung der Verkehrstests

- 3.1. Alle Tests wurden mit "Absuchen von einer Nullstellung" aus programmiert.
- 3.2. Gleichmäßig auf die Zubringerteilgruppen verteiltes Angebot und "schiefes" Angebot.

In der Praxis ist das Verkehrsangebot A nur sehr selten völlig gleichmäßig, häufig dagegen ziemlich ungleich auf die Zubringerteilgruppen (Koppelvielfache) einer Mischung verteilt. Das Verhalten jeder der 5 Testmischungen wurde deshalb bei gleicher und bei ungleicher (schiefer) Verteilung des Angebots auf die Zubringerteilgruppen untersucht.

3.3. Genormte "Schiefe" des Angebots.

Um bei verschiedenen Angebotswerten und verschiedenen Mischungen gut vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, mußte die ungleiche Verteilung des Angebots in irgendeiner Form definiert werden. Zu diesem Zweck haben wir uns für einen von der ersten bis zur letzten Zubringerteilgruppe in gleichen Stufen ΔA ansteigenden Verkehrswert des Teilangebots A_t pro Zubringerteilgruppe entschieden.

Als Schiefe des Angebots wird der Ausdruck

$$Sch_A = A_{t_{max}} : A_{t_{min}}$$

definiert.

Für einen vorgegebenen Wert Sch_A der Schiefe und eine vorgegebene Anzahl m von Zubringerteilgruppen errechnet sich dann das kleinste Teilangebot zu

$$A_{t_{min}} = \frac{A}{m} \cdot \frac{2}{(Sch_A + 1)}$$

und die "Stufenhöhe" von Zubringerteilgruppe zu Zubringerteilgruppe zu

$$\Delta A = \frac{A}{m} \cdot \frac{(Sch_A - 1)}{(Sch_A + 1)} \cdot \frac{2}{(m-1)} = A_{t_{min}} \cdot \frac{(Sch_A - 1)}{(m-1)}$$

Um die Eigenschaften einer Mischung bei schieferm Angebot deutlich zu erkennen, haben wir alle 5 Test-Mischungen mit dem Wert $Sch_A = 10 : 1$ getestet.

Diese "Schiefe" erscheint auf den ersten Blick übertrieben hoch. Ein Zahlenbeispiel zeigt, daß solche Fälle durchaus in der Praxis vorkommen können:

Es sei $m = 20$ und $A = 30$ Erl., also das mittlere Angebot je Zubringerteilgruppe $A_{tm} = 1,5$ Erl.

Dann wird für $Sch_A = 10 : 1$

$$A_{t_1} = 1,5 \cdot \frac{2}{11} \approx 0,273 \text{ Erlang}$$

$$\Delta A = 0,273 \cdot \frac{9}{19} =$$

$$\text{und } A_{t_{20}} = 10 \cdot A_{T_1} \approx 2,73 \text{ Erlang}$$

Das Schema der schiefen Angebotsaufteilung bei Mischplan Nr. 1 bis 5 zeigt Anlage 9.

Über die einheitliche Normung der "Schiefe" bei Verkehrstests siehe Ziff. 6.

4. Ergebnisse der Tests mit gleichverteiltem Angebot

4.1. In Anlage 10/1 bis 10/5 sind je Mischplan die Diagramme $B = f(A_{\text{gleich}})$ und $B = f(A_{\text{schief}})$ aufgezeichnet.

Schon hier sind die recht unterschiedlichen Eigenschaften der Mischungen erkennbar.

4.2. Gemeinsam für alle 5 Mischpläne zeigen die Diagramme in Anlage 11/1 und 11/2 den Verlust B als Funktion eines g l e i c h m ä ß i g auf die Zubringerteilgruppen verteilten Angebots A_{gl} .

In beiden Diagrammen sind außer den getesteten Verlustkurven auch noch gerechnete Verlustkurven eingetragen, und zwar

- a) $B = f(A)$ nach den Post-Richtlinien 503 FTZ Ta 1151/1161/1165,
- b) nach einem eigenen Rechenverfahren, das in Teil IV näher erläutert wird.
- c) In Anlage 11/2 ist ferner $B = f(A)$ nach dem (für k l e i n e Verluste bestimmten) Näherungsverfahren von C. Palm aufgetragen. Hierauf wird ebenfalls in Teil IV noch eingegangen.

4.3. Die größte Leistung, d. h. die kleinsten Verluste bei vorgegebenem Angebot, zeigen die Mischpläne Nr. 2 und 5, welche nach den alten, s. Z. für Hebdrehwähler ausgegebenen, Richtlinien des Fernmeldetechnischen Zentralamtes angefertigt wurden.

Eine Erhöhung des Mischungsverhältnisses von $3 : 1$ auf $6 : 1$ wirkt sich hier bei $B \approx V = 1\%$ Verlust noch als eine Leistungssteigerung um etwa 5% aus.

Deutlich schlechtere Leistung haben die Mischpläne Nr. 1, 3 und 4. Selbst bei dem in der Praxis für EMD-Wähler verwendeten Typ des Mischplans Nr. 4 liegt die 1% -Leistung etwa $17,5\%$ unter derjenigen von Nr. 5 und etwa $12,5\%$ unter derjenigen von Nr. 2.

Die "Verlustkurve eigener Rechnung" (siehe Teil IV) entspricht gut den Meßergebnissen bei Mp Nr. 2 und 5. Dagegen deckt sich der Verlust nach den Tafeln 503 FTZ 1151/1161/1165 besser mit den Meßergebnissen der leistungsschwächeren Mp Nr. 1, 2 und 4. Insoweit enthalten also die Bemessungsrichtlinien der Post eine gewisse Sicherheit.

4.4. Zum weiteren zahlenmäßigen Vergleich der 5 Mischungen - zunächst noch bei gleichverteiltem Angebot - wurde in Anlage 12 die verlustärmste Mischung Nr. 5 ($M = 6 : 1$) als Bezugsbasis gewählt und die "Relative Verlustdifferenz"

$$b_{gl} = \frac{B_{Mess} - B_{TH 5}}{B_{TH 5}} \cdot 100 \%$$

der anderen 4 Mischungen aufgezeichnet.

Beim 1 %-Angebot der Mischung Nr. 5 liegt der Verlust von Mp Nr. 2 bei $B = 1$, 36 %, also nicht wesentlich höher. Dagegen liegen die Verluste der Mp Nr. 1, 3 und 4 um 150 bis 185 % höher, d. h. bei $B = 2,5 \dots 2,85$ %.

5. Testergebnisse bei schiefem Angebot

Noch deutlicher als in Anlage 12 prägt sich das unterschiedliche Verhalten der 5 Mischungen bei schiefem Angebot aus:

5.1. Ein Vergleich der Diagramme in Anlage 11/1 und 11/2 (gleichvert. Angebot) mit Anlage 13/1 und 13/2 (schiefes Angebot) zeigt das "Auffächern" der 5 Verlustkurven nach kleinen B-Werten hin. Am besten verarbeiten die Mischungen Nr. 5 und 2 das schiefe Angebot. Mischung Nr. 1 und 3 zeigen sehr hohen Verlustanstieg, Nr. 4 liegt etwa in der Mitte. Zahlenmäßige Auswertung siehe Ziff. 5.2. ff.

5.2.1. In Anlage 14 ist die Leistung aller 5 Mischungsarten bei $B = 1 \% \approx V$ und bei $B = 20 \% / V = 25 \%$ auf die Leistung von Mischplan Nr. 2 bezogen werden. Dem "normalen" Mischplan Nr. 2 ist also die Mehrleistung $L = 0 \%$ zugeordnet worden. Es ist für $B = 1 \%$ bzw. 20%

$$L = \frac{y_{ist} - y_2}{y_{ist}} \cdot 100 \%$$

Für $B = 1 \% \approx V$ ergibt sich:

Eine Erhöhung des Mischungsverhältnisses von $M = 3 : 1$ auf $M = 6 : 1$ bringt zwischen Mp TH Nr. 2 und Mp TH Nr. 5 noch eine Leistungssteigerung von rd. 5 %.

Bei schiefem Angebot beträgt die Mehrleistung von Mp TH Nr. 5 sogar rd. 8 %!

Die Mischung Mp TH Nr. 4 leistet bei gleichverteiltem Angebot rd. ~~13,5~~%, bei schiefem Angebot rd. ~~13,5~~ % weniger als Mp TH Nr. 2. Ob danach die Verwendung dieses Mischungstyps für EMD-Wähler vom Standpunkt der Leistung aus zweckmäßig ist, scheint fraglich. Vielleicht ergeben weitere Tests mit $k = 10$ und $k = 20$, daß dort die relativen Unterschiede zu Mischungen des Typs Mp Nr. 2 geringer sind.

Die Mp Nr. 1 und 3 leisten 25 - 30 % weniger als Mp Nr. 2!
Für $B = 20 \%$ ergibt sich:

Dieser Verlust entspricht etwa den Überlaufwahrscheinlichkeiten, welche an Querleitungsbündeln in Fernwähllämpfern auftreten.

Bei dieser Betriebsweise sind die Mischpläne Nr. 5, 2 und 4 nahezu gleichwertig.

Die Mischpläne Nr. 1 (M nur 1,5 : 1) und Nr. 3 (schlechter Besetzttausgleich) liegen leistungsmäßig so weit unter den Mp Nr. 5, 2 und 4, daß sie für eine praktische Anwendung in einstufigen Koppelanordnungen u. E. ausscheiden.

5.3. Das Diagramm der "Relativen Verlustdifferenz bei schiefem Angebot"

$$b_{\text{Sch}} = \frac{B_{\text{Sch}} - B_{\text{TH 5}}}{B_{\text{TH 5}}} \cdot 100 \%$$

in Anlage 15 dient dem Vergleich mit dem entsprechenden Diagramm für gleichverteiltes Angebot in Anlage 12.

Auch in Anl. 15 erkennt man die Überlegenheit der Mischpläne Nr. 5 und 2 bezüglich ihrer Leistung und ihrer Fähigkeit ein sehr ungleich über die Zubringergruppen verteiltes Verkehrsangebot möglichst verlustarm zu verarbeiten. Beim $B = 1 \%$ -Angebot der Mischung Nr. 5 entstehen an Mischung Nr. 3 bereits 6,3 %, an Nr. 1 noch 5,2 % und an Nr. 4 noch 3,3 % Verlust.

5.4. Eine graphische Darstellung in Anlage 16 gibt eine Übersicht über das Verlustverhalten aller 5 Testmischungen.

6. Gütemerkmale (Kennwerte) einstufiger Mischungen

Bisher wurden die Eigenschaften der 5 Testmischungen nur untereinander verglichen (Anlage 11 bis 16). Die Ergebnisse der Verkehrstests legen es aber nahe, auch Gütemerkmale zu suchen, welche jede Mischung für sich allein zu charakterisieren erlauben.

Nachstehend machen wir diesbezüglich Vorschläge und bitten um die kritische Meinung der Leser dieses Berichts:

6.1. Der \mathcal{L} -Wert einer Mischung werde definiert als

$$\mathcal{L} = \frac{B_{\text{Sch}} - B_{\text{gleich}}}{B_{\text{gleich}}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Er gibt den prozentualen Anstieg des Verlusts an, der an einer Mischung entsteht, wenn dasselbe mittlere Angebot A den Zubringerteilgruppen statt in gleichmäßiger nunmehr in schiefer Verteilung zugeführt wird (einheitliche Festlegung der "Schiefe" siehe Ziff. 6.5.).

Anlage 17 zeigt die \mathcal{L} -Kennlinien der Mischpläne Nr. 1 bis 5. Die Mp 5, 2 und 4 verarbeiten (wie bekannt) ein schiefes Angebot wesentlich besser als Mp Nr. 1 und 3. Schlechte Verteilung des Besetztinflusses (Mp Nr. 3) wirkt sich noch ungünstiger aus als ein zu kleines Mischungsverhältnis (Mp Nr. 1).

6.2. Der β -Wert einer Mischung werde definiert als

$$\beta = \frac{B_{gl}}{B_k}$$

Er gibt an, um welchen Faktor β sich der tatsächliche, durch Verkehrstest ermittelte Verlust B_{gl} bei gleichmäßig verteiltem Angebot vom berechneten Verlust B_k eines Bündels mit gleichen Daten (k, v_2, A) unterscheidet. Anlage 18 zeigt die β -Kennlinien der Mischungen Nr. 1 bis 5. Der Verlust B_k wurde hier nach dem in Teil IV beschriebenen Näherungsverfahren berechnet (hierzu vgl. auch Ziff. 6.6.). Auch aus Anlage 18 erkennt man deutlich die unterschiedliche Leistung der verschiedenen Mischungsarten.

6.3. Der γ -Wert einer Mischung scheint uns als Gütemerkmal am wichtigsten zu sein. Er wird definiert als

$$\gamma = \frac{B_{Sch}}{B_k}$$

Der Wert γ gibt - analog β - den Faktor an, um den sich der tatsächliche, durch Verkehrstest bei schiefem Angebot ermittelte Verlust vom berechneten Verlust B_k (unter der Annahme gleichmäßig verteilten Angebots) unterscheidet. Anlage 19 zeigt die γ -Kennlinien der Mischpläne Nr. 1 bis 5.

Die Einführung des Kennwerts γ setzt (wie auch bei α) eine Verabredung darüber voraus, mit welcher Schiefe des Angebots der Verlust B_{Sch} getestet werden soll. Hierzu siehe Ziff. 6.5.

6.4. Da

$$\alpha = \frac{\gamma - \beta}{\beta} \cdot 100 \%$$

ist, genügen zwei der drei Kennwerte α, β und γ zur Kennzeichnung einer Mischung. Wir halten β und γ für die geeigneteren Kennwerte.

Für $B_k = \text{const.}$ als Parameter kann man auch die Eigenschaften eines Mischungstyps als Funktion der Bündelgröße anschaulich durch $\beta = f(v_2)$ und $\gamma = f(v_2)$ darstellen.

Werden keine Kennlinien, sondern einzelne Kennwerte mitgeteilt, so genügt ein Index, um den Bezugsverlust B_k anzugeben. Z. B. würde β_{10} den zu $B_k = 10\%$ gehörenden β -Wert bedeuten.

6.5. Genormte Schiefe Sch_A für die Bestimmung von β oder γ

Bei den Verkehrstests an Mp Nr. 1 bis 5 war $Sch_A = 10 : 1$ gewählt worden. Für eine Verabredung über Sch_A , die für alle Bündelgrößen brauchbar ist, muß noch folgendes berücksichtigt werden:

Für Mischungen mit sehr kleiner Anzahl von Zubringerteilgruppen wäre z.B. eine Schiefe $Sch_A = 10 : 1$ unbrauchbar. Sie würde bedeuten, daß z. B. für -/-

$m = 2$ die Zubringerteilgruppe 1 den Anteil $\frac{1}{11}$, die Zubringerteilgruppe 2 den Anteil $\frac{10}{11}$ des Angebots erhält. Eine derartig verzerrte Angebotsverteilung ist in der Regel sinnlos.

Mit der Anzahl m der Zubringerteilgruppen wächst auch die zu erwartende Ungleichheit der m Teilangebote $A_{t1} \dots A_{tm}$, d. h. die im praktischen Betrieb auftretende "Schiefe" des Angebots. Die Anzahl m wächst in der Regel mit v_2 . Sie wächst ferner mit $1/k$, weil kleinere Erreichbarkeiten k größere Mischungsverhältnisse $m \cdot k/v_2$ erfordern.

Zweckmäßig scheint daher, für Verkehrstests mit schiefem Angebot

$$Sch_A = C \cdot \frac{v_2}{k}$$

vorzuschreiben und den Faktor C zweckentsprechend festzulegen. Die untenstehenden Tafeln zeigen, daß $C = 1,5$ zu vernünftigen Werten der Schiefe und damit der Teilangebote $A_{t \min}$ und $A_{t \max}$ führt. Speziell für die Mischungspläne Nr. 1 bis 5 ergibt sich mit $C = 1,5$ der von uns benutzte Wert $Sch_A = 10 : 1$.

k = 4 und M \geq 3 : 1 nach FTZ-Richtlinie					
v_2	$Sch_A = \frac{1,5 \cdot v_2}{k}$	$m \geq \frac{M \cdot v_2}{k}$	Teilangebote in % von A_{ges}		
			$A_{t \text{ mittel}} \%$	$A_{t \text{ min}} \%$	$A_{t \text{ max}} \%$
10	3,75	8	12,5	5,26	19,7
30	11,25	23	4,35	0,71	8,0
60	22,5	45	2,22	0,189	4,25
100	37,5	75	1,33	0,069	2,6
150	56,25	113	0,88	0,031	1,74

k = 10 und M \geq 2 : 1 nach FTZ-Richtlinie					
v_2	$Sch_A = \frac{1,5 \cdot v_2}{k}$	$m = \frac{M \cdot v_2}{k}$	Teilangebote in % von A_{ges}		
			$A_{t \text{ mittel}} \%$	$A_{t \text{ min}} \%$	$A_{t \text{ max}} \%$
30	4,5	6	16,66 %	6,06	27,26
60	9	12	8,33 %	1,66	15
100	15	20	5 %	0,625	9,375
150	22,5	30	3,33 %	0,283	6,38

k = 30 und M \geq 1,4 : 1 nach FTZ-Richtlinie					
v ₂	Sch _A = $\frac{1,5 \cdot v_2}{k}$	m = $\frac{M \cdot v_2}{k}$	Teillagebote in % von A _{ges}		
			A _t mittel%	A _t min%	A _t max%
60	3	3	33,33	16,66	50,0
100	5	5	20,0	6,66	33,3
150	7,5	7	14,4	3,36	25,2

6.6. Die Berechnung des Angebotsverlustes B_k

Die Verwendung von β und γ als Kennwerte (Gütemerkmale) von Mischungen setzt eine Verabredung über die Berechnung des Verlustes B_k einstufiger Koppelanordnungen voraus.

Wir schlagen hierfür das in Teil IV näher erläuterte Rechenverfahren vor und begründen dies wie folgt:

- a) Die in der Praxis der DBP gut eingeführten Tafeln 503 FTZ 1151/1161/1165 enthalten für die auf Leistung y bezogenen Verluste V = 0,1/1/5 % die Leitungszahlen v₂ = 1 ... 200 bei den Erreichbarkeiten k = 3 bis k = 25 sowie k = 30, 34, 40, 45, 50.

Es wäre für die Bestimmung von β und γ aber erwünscht, auch für beliebige Wertetripel (A, k, v₂) den zugehörigen Verlust B_k einfach angeben bzw. ausrechnen zu können. Diese Möglichkeit bietet das Näherungsverfahren gem. Teil IV.

- b) Die zur Ermittlung von B_k notwendigen Tafeln (lit 9) der Erlang'schen Verlustformel $B = E_{v_2}(A)$ sind auch im Ausland überall vorhanden.
- c) Die FTZ-Tafeln 1151/61/65 sind nach (lit 11, 12) berechnet. Dieses Verfahren beinhaltet zwecks möglichst guter Annäherung an die Praxis "übliche" Anzahlen m von Zubringerteilgruppen, die je nach den Werten k und v₂ verschieden angenommen sind. Sie sind aus diesen Tafeln bzw. aus lit (12) aber nicht im einzelnen ersichtlich.

Nachdem die Kennwerte β und γ u. a. gerade Aufschluß geben sollen über den Einfluß verschiedener Mischungsverhältnisse $\frac{m \cdot k}{v_2}$, d. h. **v.e.r.s.c.h.i.e.d.e.n.e.r** Anzahlen m von Zubringerteilgruppen, scheint uns das in Teil IV. beschriebene Rechenverfahren günstiger zu sein, weil es **k.e.i.n.e** Annahmen über m enthält.

Unser Vorschlag schließt aber u. E. nicht aus, daß für Planungszwecke weiterhin die Tafeln 503 FTZ 1151/61/65 benutzt werden.

Eine Näherungsformel für den Verlust B_k einstufig
mit der Erreichbarkeit k abgesuchter Bündel

1. Für die wirklich e x a k t e Verlustberechnung einer einstufigen Mischung steigt der Rechenaufwand - von s e h r kleinen Bündeln abgesehen - rasch ins Ungemessene. Alle Fernmeldefirmen und Fernmeldeverwaltungen benutzen daher zur Verlustberechnung Näherungsverfahren.

Im Ausland wird häufig O'Dells-Verlustformel (lit 10) benutzt. Die Deutsche Bundespost verwendet Diagramme und Tafeln, die nach dem exakteren Verfahren von K. Rohde und H. Störmer (lit 11, 12) berechnet wurden.

2. Tafeln oder Diagramme zur Ablesung oder wenigstens Interpolation des Verlustes für b e l i e b i g e Wertetripel (A, k, v_2) oder (V, k, y) existieren aber noch nicht. Vielmehr sind nur für V und für $B = 0,1/0,2/0,5/1,0/2,0$ und $5,0 \%$ die Wertepaare (v_2, y) bzw. (v_2, A) für postübliche Werte von k und v_2 vertafelt. Ferner existieren für einige wenige Leitungszahlen und für $k = 10$ und $k = 20$ noch Diagramme $V = f(y)$ bis zum Wert $V = 100 \%$ (FTZ 503 Di 1180).

3. Das neue Näherungsverfahren

- 3.1. Das nachstehend beschriebene Näherungsverfahren zur Berechnung des Angebotsverlustes ist s e h r e i n f a c h z u h a n d h a b e n (vgl. Beispiel in Ziff. 7).

Es liefert Rechenwerte, die bei k l e i n e n b i s z u s e h r g r o ß e n Verlusten überraschend gut mit unseren Verkehrstests übereinstimmen.

- 3.2. Es kann ferner dazu benutzt werden, die Überlaufwahrscheinlichkeit von Querleitungsbündeln b e i b e l i e b i g e n Angebotswerten (wie sie z. B. bei Ausfall anderer Wege entstehen können) einfach zu berechnen.
- 3.3. Schließlich ist das Verfahren für die in Teil III beschriebene Bestimmung der Gütemerkmale β und γ von Mischungen sehr nützlich (siehe dort!).

4. Herleitung

- 4.1. Die Näherung geht von der Annahme aus, daß die Gleichzeitigkeitsverteilung $p(x)$ eines Verkehrswertes y in einem Bündel mit v_2 Abnehmerleitungen nicht wesentlich beeinflusst wird durch das Absuchverfahren, welches für die Erzeugung der Belastung y angewandt wurde. Mit anderen Worten: Die Gleichzeitigkeitsverteilung $p(x)$ einer vorgegebenen Belastung y ist stets e t w a dieselbe, gleichgültig, ob das Bündel vollkommen, unvollkommen einstufig oder zwei- bzw. mehrstufig abgesucht wurde.
- 4.2. Auf Grund der Näherungsannahme in Ziff. 4.1. kann man für ein gegebenes Wertepaar (y, v_2) als Verteilung $p(x)$ jene, einfach berechenbare, Verteilung annehmen, welche bei Erzeugung des Verkehrswertes y durch vollkommenes Absuchen mit einem Angebot A_0 exakt gelten würde.

Dieses Angebot A_0 hat also den Wert:

$$A_0 = \frac{y}{1 - B_0}, \text{ wo } B_0 \text{ der Verlust vollkommenen Bündels ist.} \quad (1)$$

und die Verteilung für $v_1 \gg v_2$ ist gegeben durch Erlangs Formel

$$p(x) = \frac{A^x}{x!} \quad \Bigg/ \quad \sum_{\xi=0}^{v_2} \frac{A^\xi}{\xi!} \quad (2)$$

- 4.3. Es werde (wie üblich) angenommen, daß sich das Verkehrsangebot A_k gleichmäßig auf alle Zubringerteilgruppen verteile.
- 4.4. Es werde angenommen (wie auch bei Erlangs Interconnexionsformel (lit 13), daß der eigene Beitrag y_t jeder Zubringerteilgruppe zum Verkehrswert y relativ klein sei und deshalb in der Herleitung nicht besonders berücksichtigt wird.
- 4.5. Fließt im Abnehmerbündel der Verkehrswert y und ist die Erreichbarkeit einer betrachteten Zubringerteilgruppe k , so ist mit den obigen Annahmen die Sperrwahrscheinlichkeit ("alle k belegt") in einem Zustand x der Gleichzeitigsbelegung des Abnehmerbündels

$$G(x) = \frac{\binom{x}{k}}{\binom{v_2}{k}} \quad (3)$$

Damit wird die Verlustwahrscheinlichkeit für ein Angebot, welches das Bündel mit der Erreichbarkeit k absucht

$$B_k = \sum_{x=0}^{v_2} G(x) \cdot p(x) \quad (4)$$

und mit (2) und (3) wird

$$B_k = \sum_{x=0}^{v_2} \frac{\binom{x}{k} \cdot \frac{A^x}{x!}}{\binom{v_2}{k} \cdot \sum_{\xi=0}^{v_2} \frac{A^\xi}{\xi!}} \quad (5 a)$$

nach einiger Umformung erhält man daraus

$$B_k = \frac{\frac{A_0^{v_2}}{v_2!}}{\sum_{\xi=0}^{v_2} \frac{A_0^\xi}{\xi!}} : \frac{\frac{A_0^{v_2-k}}{(v_2-k)!}}{\sum_{\xi=0}^{v_2-k} \frac{A_0^\xi}{\xi!}} \quad (5 b)$$

Dividend und Divisor stellen die von Erlang angegebenen und in (lit 9) tabellierten Verlustwahrscheinlichkeiten zweier vollkommener Bündel dar, welche dasselbe Angebot A_0 erhalten und deren Leitungszahl v_2 bzw. $(v_2 - k)$ ist.

Man kann also in den von Erlang benutzten Abkürzungen auch schreiben

$$B_k = \frac{E_{v_2}(A_0)}{E_{(v_2-k)}(A_0)} \quad (5 c)$$

4.6. Vorgegeben waren A_0 , v_2 und k . Nachdem nun y und der Angebotsverlust B_k berechnet sind, erhält man das tatsächliche Angebot A_k , das bei einer Erreichbarkeit $k < v_2$ zur Erzeugung der Belastung y notwendig ist, zu

$$A_k = \frac{y}{1 - B_k} \quad (6)$$

Je größer das Verhältnis v_2/k ist, desto größer wird auch A_k sein, verglichen mit dem zur Rechnung benutzten Angebot A_0 bei - gedachterweise - vollkommenem Absuchen.

Im Grenzfall des vollkommenen Bündels, also für $k = v_2$, wird $A_k \equiv A_0$ und $B_k \equiv E_{v_2}(A_0)$, wie auch aus (5 c) für $\lim_{k \rightarrow v_2} k$ hervorgeht.

5. Vergleich mit einer Näherungsformel von C. Palm

5.1. Von Jacobaeus wird in lit. (14) eine formal unserer Gleichung (5 c) ähnliche Näherungsformel aus einer in schwedischer Sprache veröffentlichten Arbeit von C. Palm (lit 15) zitiert. Dort lautet - nur für kleine Verluste - die Näherungsformel

$$B = \frac{E_{v_2}(A_k)}{E_{v_2-k}(A_k)} \quad (7)$$

Der sehr wesentliche Unterschied zu Gl. (5 c) ist die Verwendung des tatsächlichen Angebots A_k in Bl. (7) an Stelle des in Gl. (5 c) benutzten fiktiven Angebots A_0 (\equiv Angebot im Falle $k = v_2$). Deshalb kann (7) nur brauchbare B-Werte liefern, solange noch $A_k \approx y$ ist, d. h. bei kleinen Verlusten.

Dagegen liefert unsere Gleichung (5 c) sehr test-nahe Werte bis zu extrem hohen Verlusten.

6. Vergleiche zwischen Formel und Verkehrstest

6.1. Die zu Teil III gehörenden Diagramme $B = f(A)$ in den Anlagen 11 und 13, zeigen, daß B_k nach Gl. (5 c) z. T. näher an den gemessenen Verlusten guter Mischungen (bei $v_2 = 40$, $k = 6$) liegt, als die Tabellenwerte nach 503 FTZ 1151/61/65.

Die Diagramme in Anlage 11, 13, 18 und 19 zeigen ferner, daß die Test-Verluste gegen hohe Werte zu immer mehr gegen den Rechenwert konvergieren (plausibel, da für $A \rightarrow \infty$ $B_k = 100\%$ wird).

Anl. 20 zeigt für die - als einstufige Mischung mit $k = 4$, $v_2 = 15$ ausgewerteten - Direktausgänge von Mischplan 90 (Anlage 3) ebenfalls sehr gute Übereinstimmung von Test und Rechnung.

In Anlage 21 werden nochmals für $v_2 = 40$ und $k = 6$ Posttabellen, neues B_k , Palm's Formel und Verkehrstest miteinander verglichen. Man erkennt wiederum die gute Brauchbarkeit von Formel (5 c).

7. Rechenbeispiel

Gegeben sei $v_2 = 30$, $k = 10$, ferner werde $A_0 = 18$ Erlang angenommen. Aus den Tafeln der Erlang'schen Funktion (lit 9) liest man ab

$$E_{30}(18) = 0,002\ 622$$

$$E_{20}(18) = 0,109\ 213$$

also wird $y = 18(1 - 0,002\ 622) \approx 17,95$ Erl.

$$\text{und } B_k = \frac{0,002\ 622}{0,109\ 213} \approx 0,024 \hat{=} 2,4\%$$

$$\text{und } A_k = \frac{y}{1 - B_k} = \frac{17,95}{1 - 0,024} \approx 18,4 \text{ Erlang}$$

$$\text{Ferner ist } V = \frac{B_k}{1 - B_k} \cdot 100 = \frac{0,024}{0,976} \cdot 100 = 2,46\%$$

Für $y = 17,95/v_2 = 30$ liest man aus dem Diagramm FTZ 503 Di 1180 Bl. 3 ab:
 $V \approx 2,3\%$.

Literaturverzeichnis

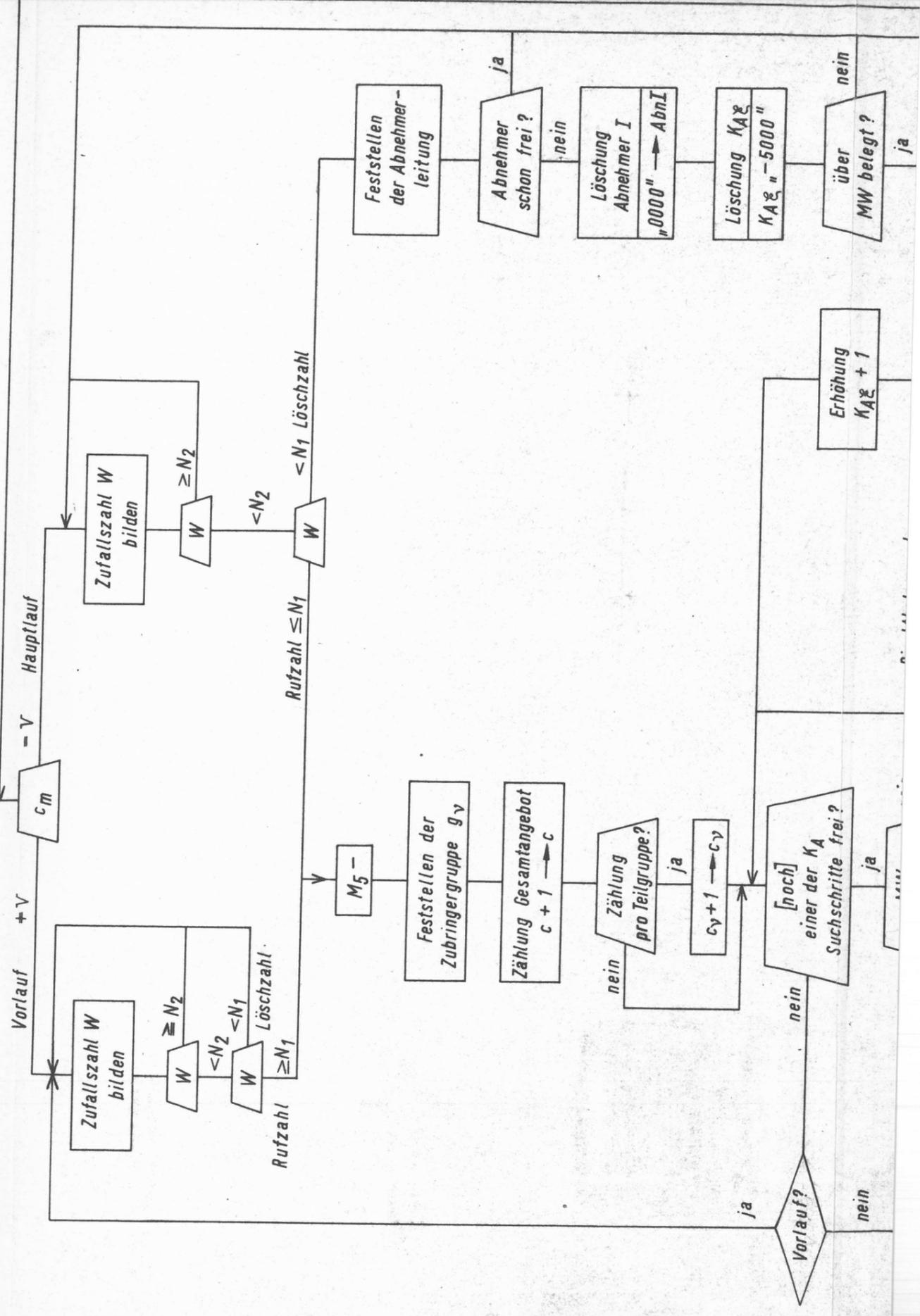
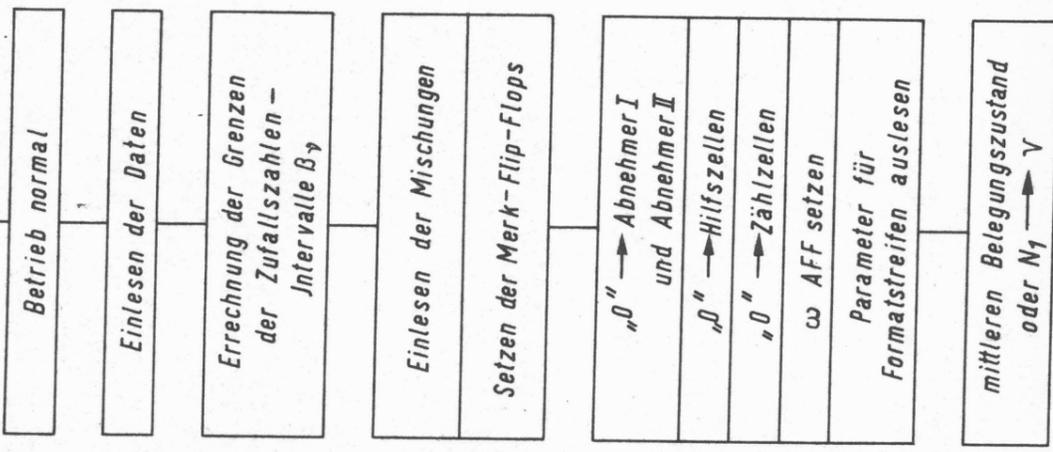
- (1) H. Busch, Elektronische Verkehrsmaschine (noch in Arbeit)
- (2) W. Ostertag, Über die Planung einer Verkehrsmaschine
- (3) W. Wagner, Simulierung von Fernsprechverkehr auf Rechenautomaten
- (4) W. Haug, Zufallsgenerator zur Verkehrsmaschine
- (5) H. Moeder, Reaktanzstufe zum Zufallsgenerator
- (6) M. Knoll, Fernschreibzusatz zur Verkehrsmaschine
- (7) A. Lotze, Zur Bemessung zweistufiger Koppelanordnungen, Het PTT-Bedrijf 1960, März, Deel IX, No 4
- (8) Bericht SuH an Fernmeldetechnisches Zentralamt der DBP vom 1. 10. 1959, nicht veröffentlicht.
- (9) C. Palm, Table of the Erlang Loss Formula, Sec. Ed. Kungl. Telestyrelsen Stockholm 1954
- (10) G. F. O'Dell, An Outline of the Trunking Aspect of Automatic Telephonie; IEE Journal No 362/1927, London
- (11) K. Rohde und H. Störmer, Durchlaßwahrscheinlichkeiten bei Vermittlungseinrichtungen der Fernmeldetechnik, Mitteilungsblatt für Mathematische Statistik 1953, S. 185 ff.
- (12) E. Hettwig und K. Rohde; Neue Berechnungsunterlagen für die Projektierung von Fernsprechanlagen, Siemens Zeitschrift 1956, Heft 1 und erweiterter Sonderdruck.
- (13) Brockmeyer, Halstrøm und Jensen; The Life and Works of A. K. Erlang, Kopenhagen 1948
- (14) C. Jacobaeus; A Study on Congestion in Link Systems, Ericsson Technics 1950/No 48
- (15) C. Palm: Några följsatser ur de Erlangske formlerna; Tekniska Meddelanden från kungl. Telegrafstyrelsen 1943, No 1 - 3, Stockholm

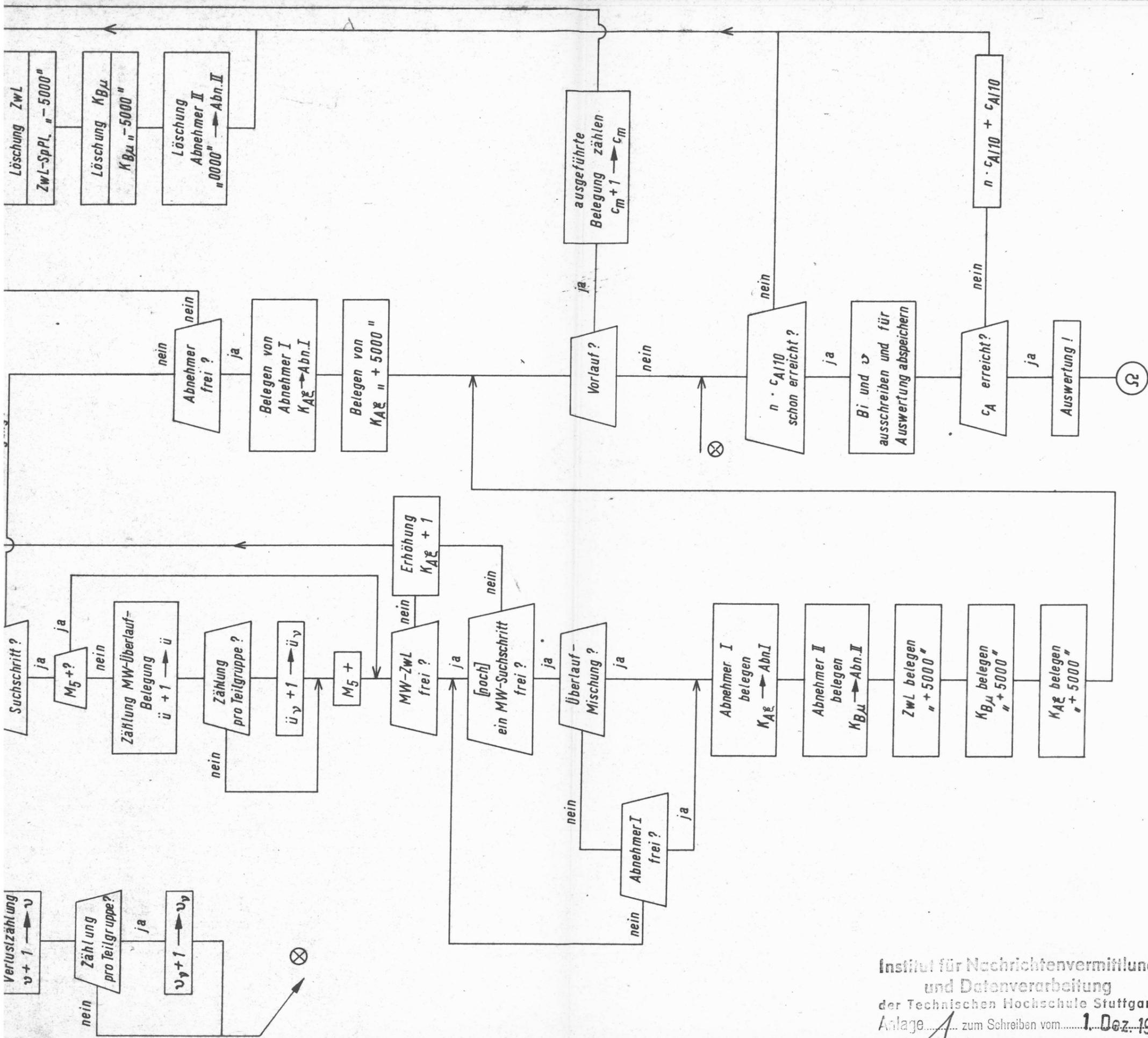
Diplom-
arbeiten
am Institut
für Fern-
meldeanlagen
der TH Stgt

A

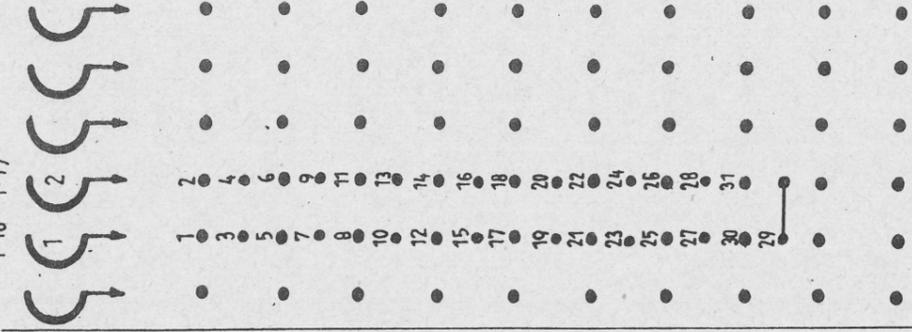
Blockdiagramm
zum
Mischwähler Programm

Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage zum Schreiben vom



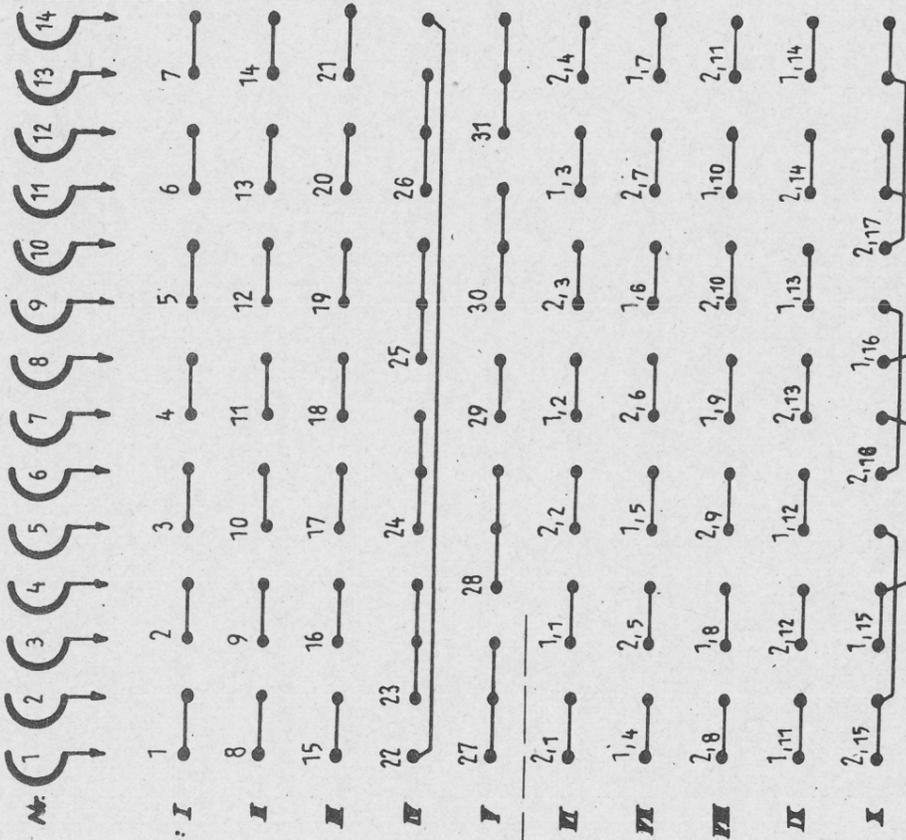


MW
1-16 1-17



$v_2 = 31$

$v_z = 33$



Drehschritt: I

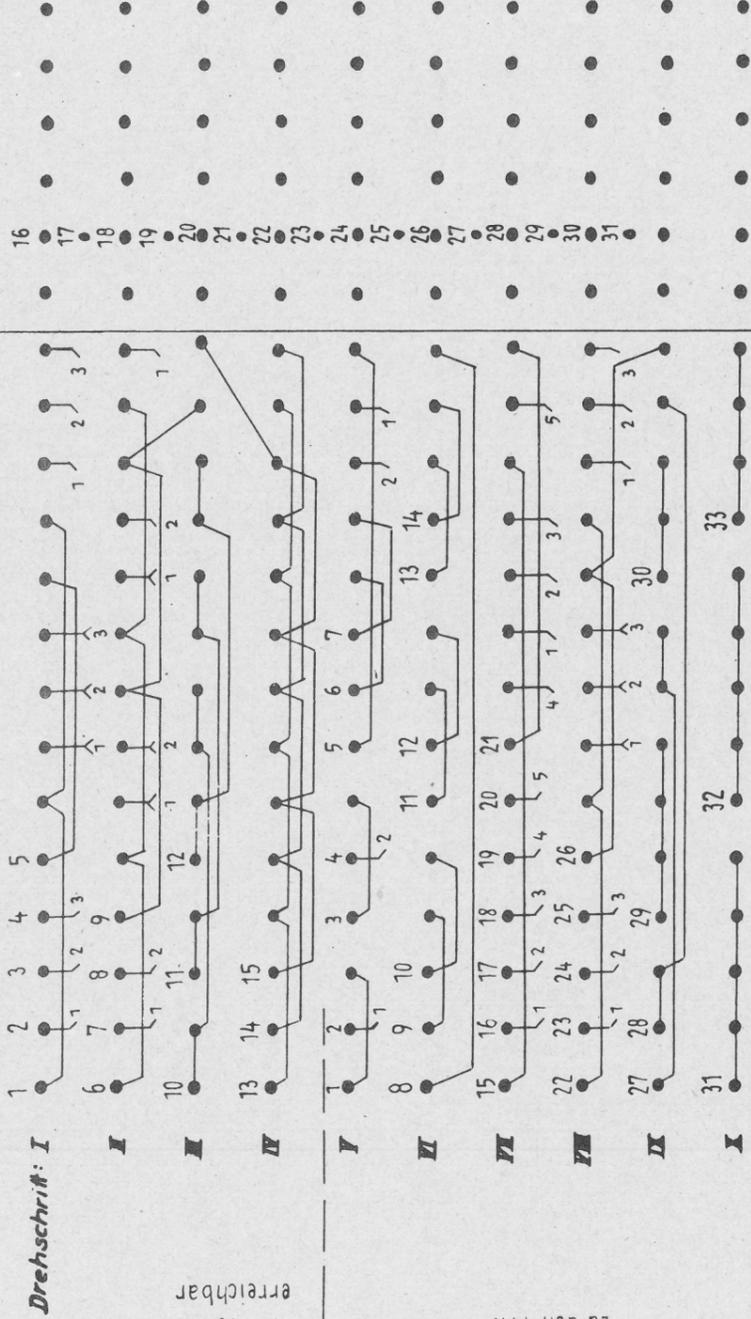
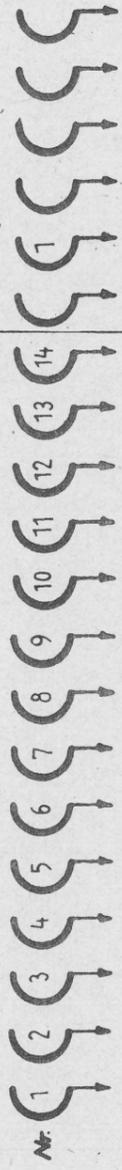
auch von MW
erreichbar

zu den MW

Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage 2 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

Mischung 88

MW
1-33



$V_2 = 31$

$V_2 = 33$

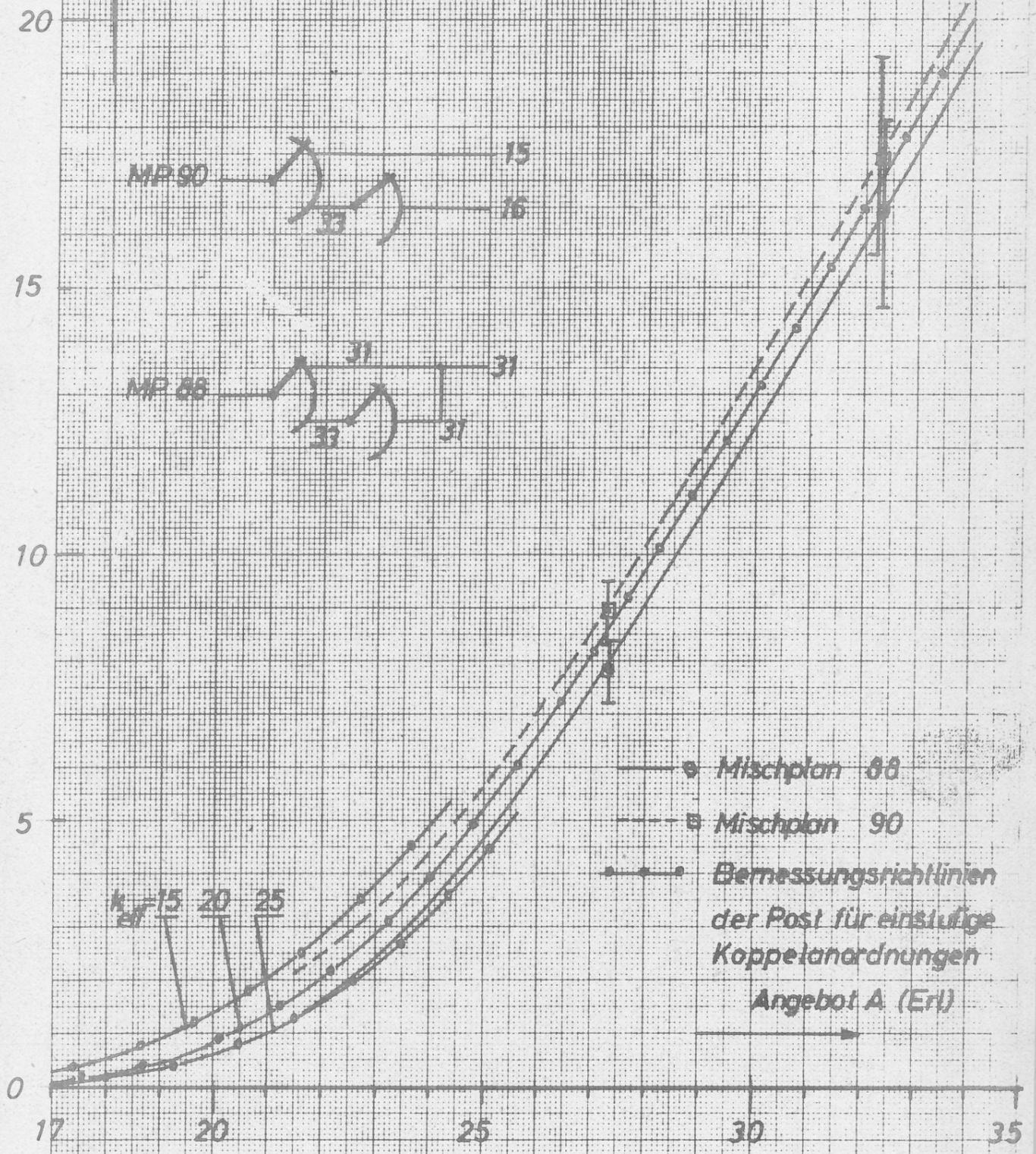
Drehschritt: I

nicht von MW
erreichbar

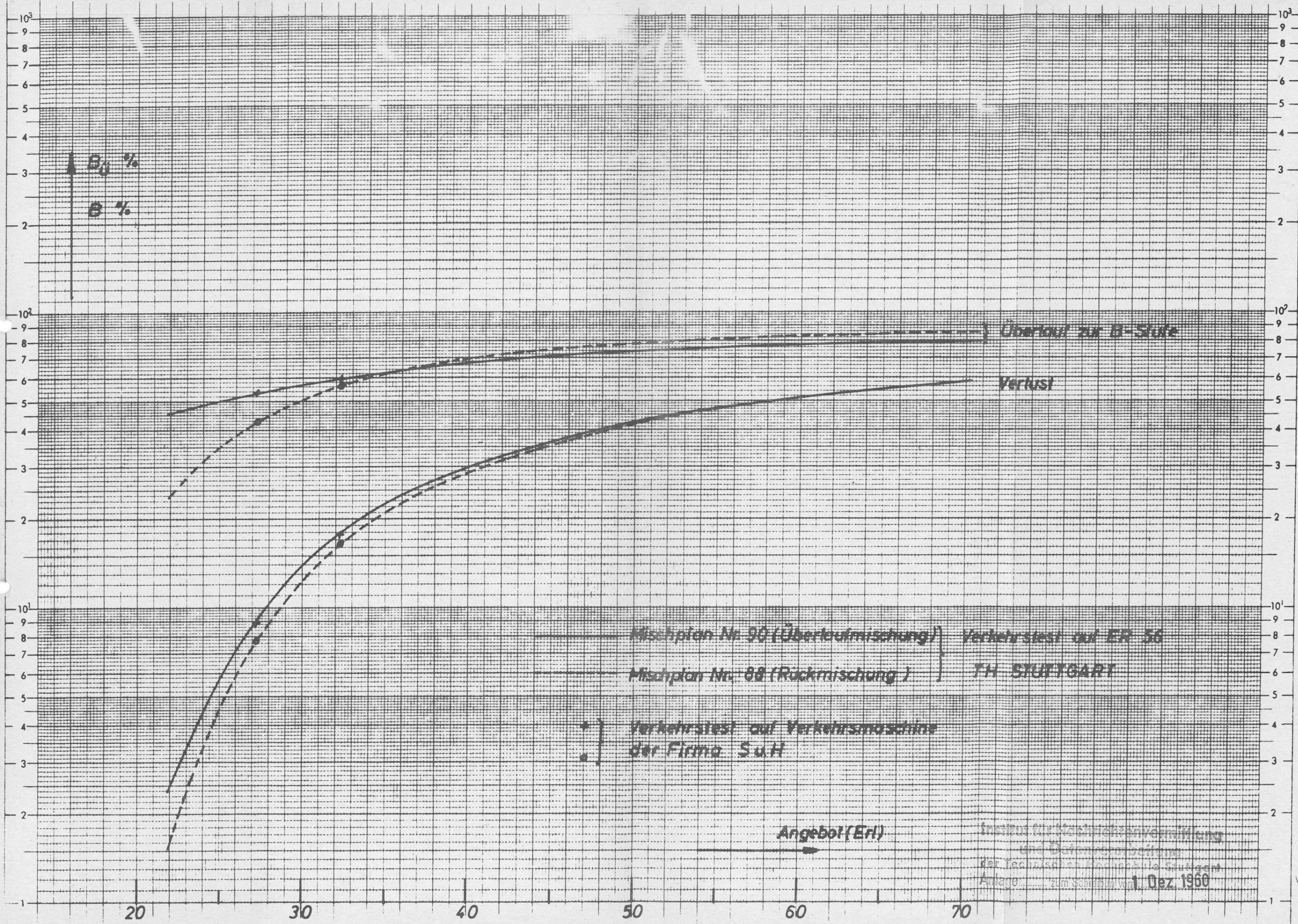
zu den MW

Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage 3 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

Mischung 90

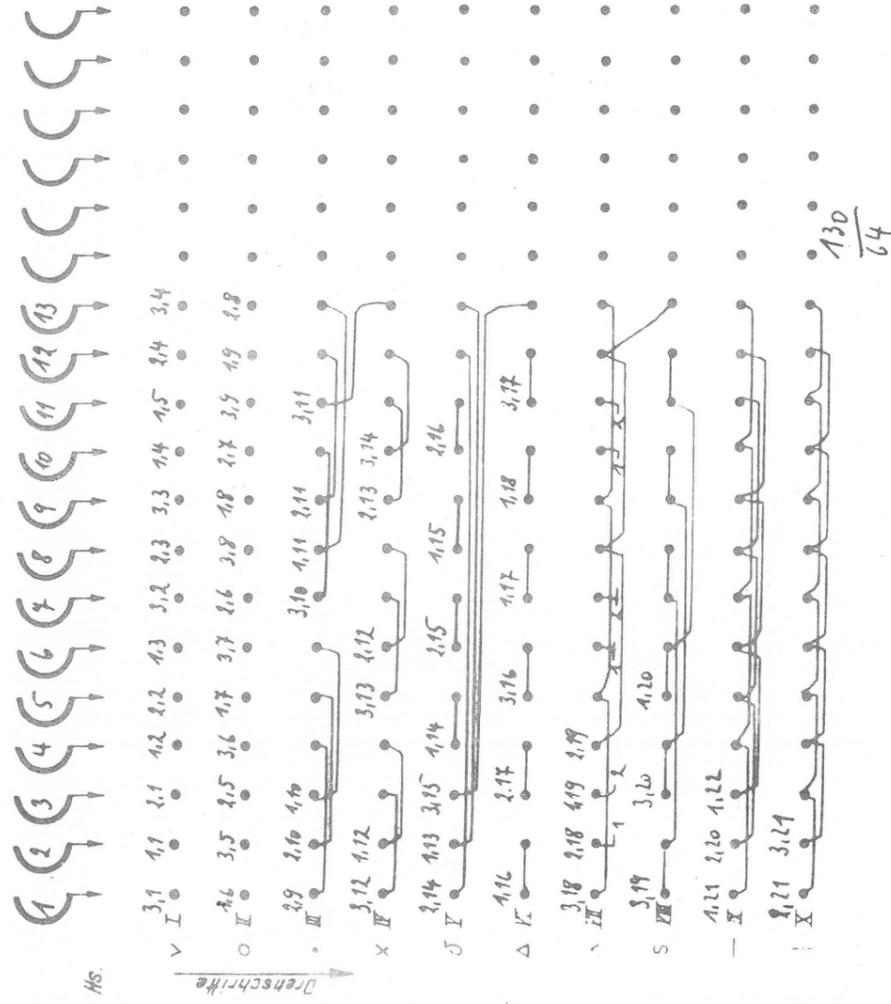


• • Messpunkte mit der Verkehrsmaschine der Firma SuH gemessen
 — Verkehrstest auf dem ER 56 der TH STUTTGART

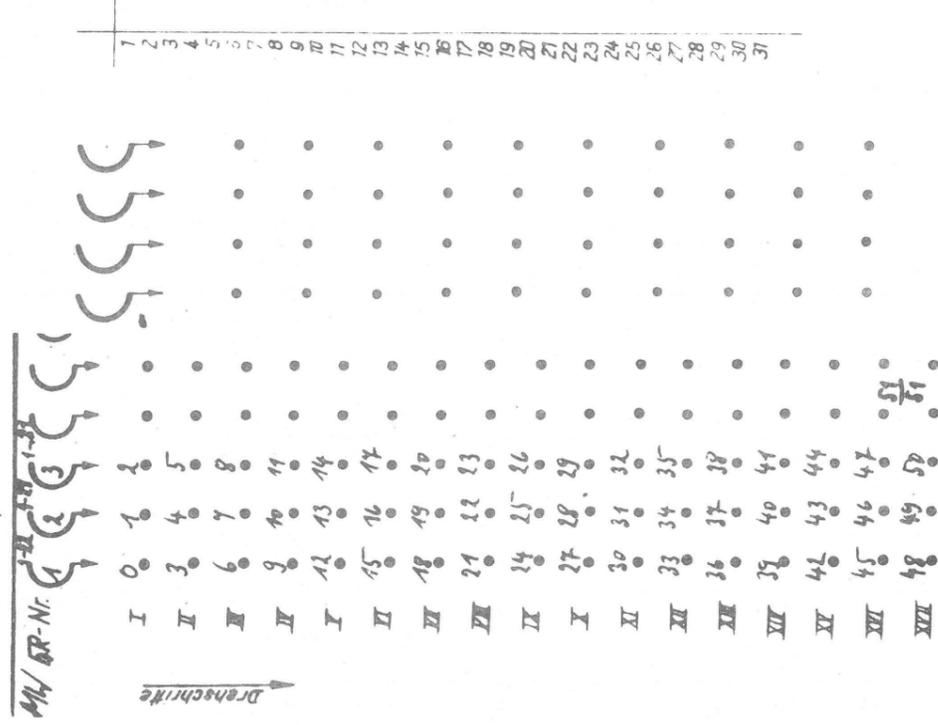


Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

A - Stufe



B - Stufe



Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

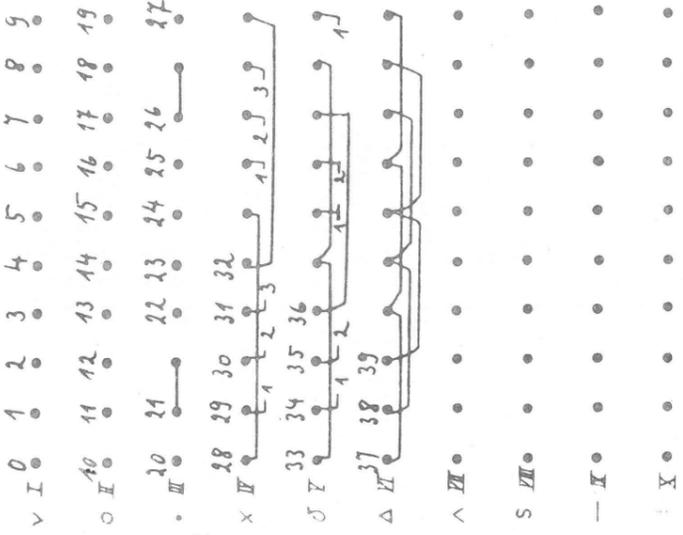
Mp TH 22

12.4.60

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Ms.

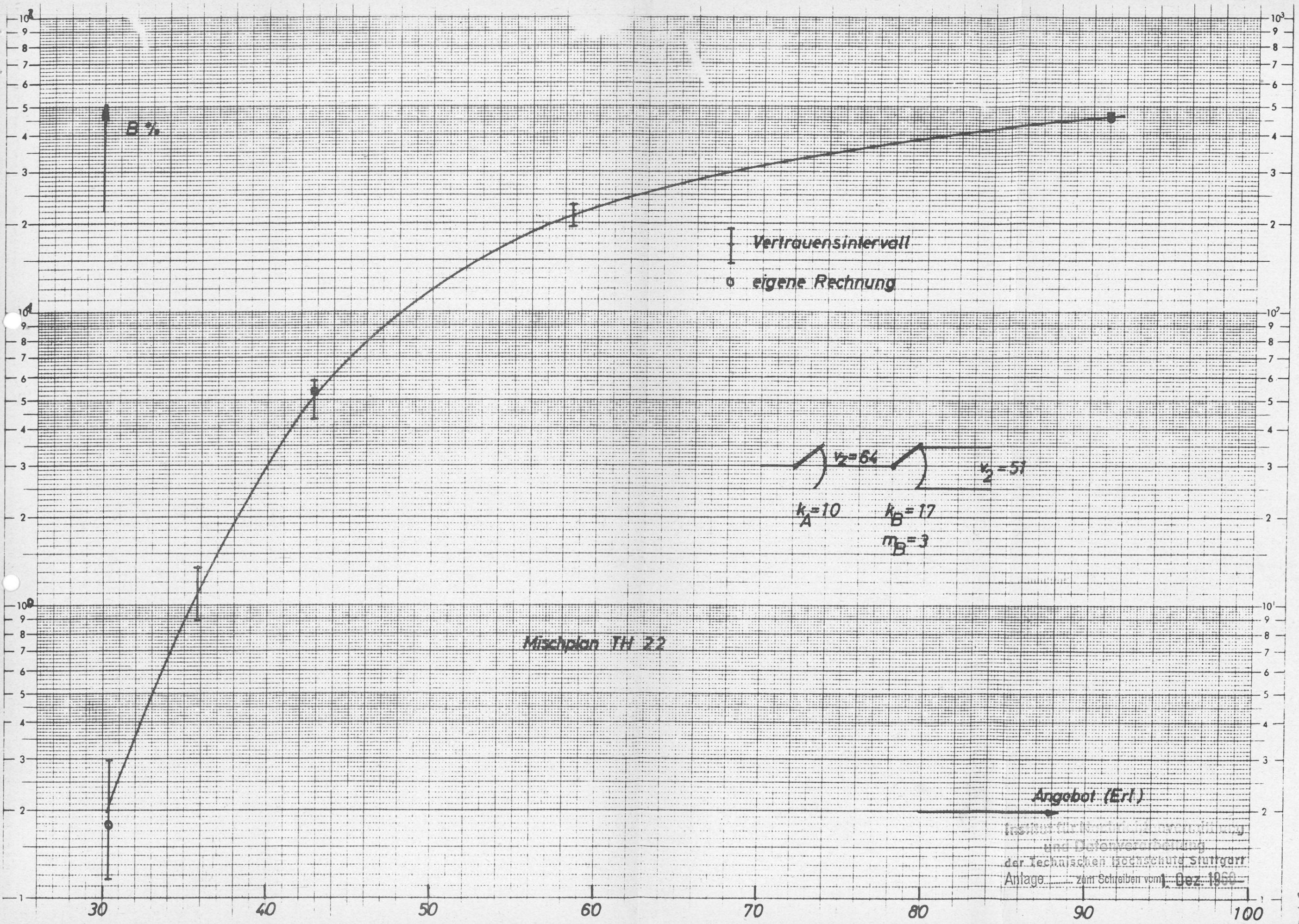
Drehschritte



Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 84 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

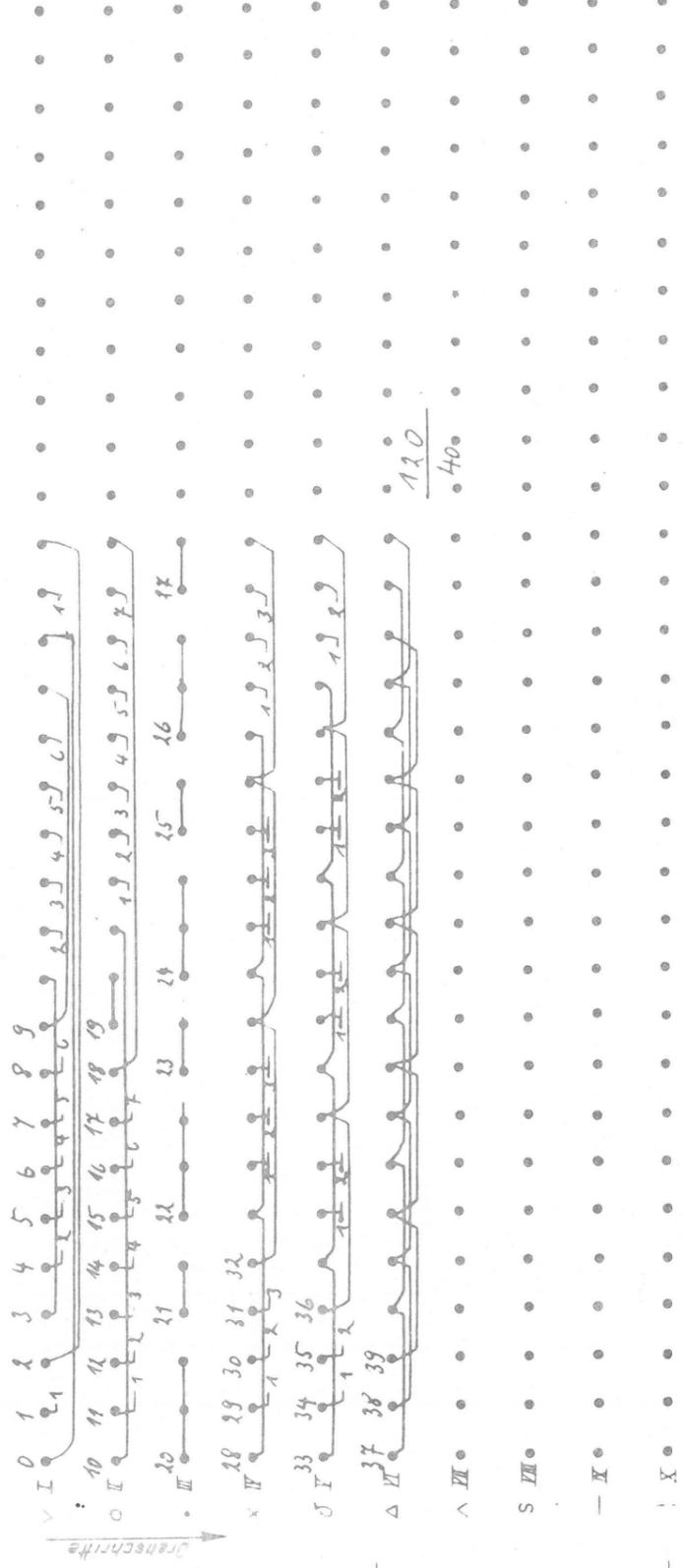
Mp TH 1

21.4.60





Hs



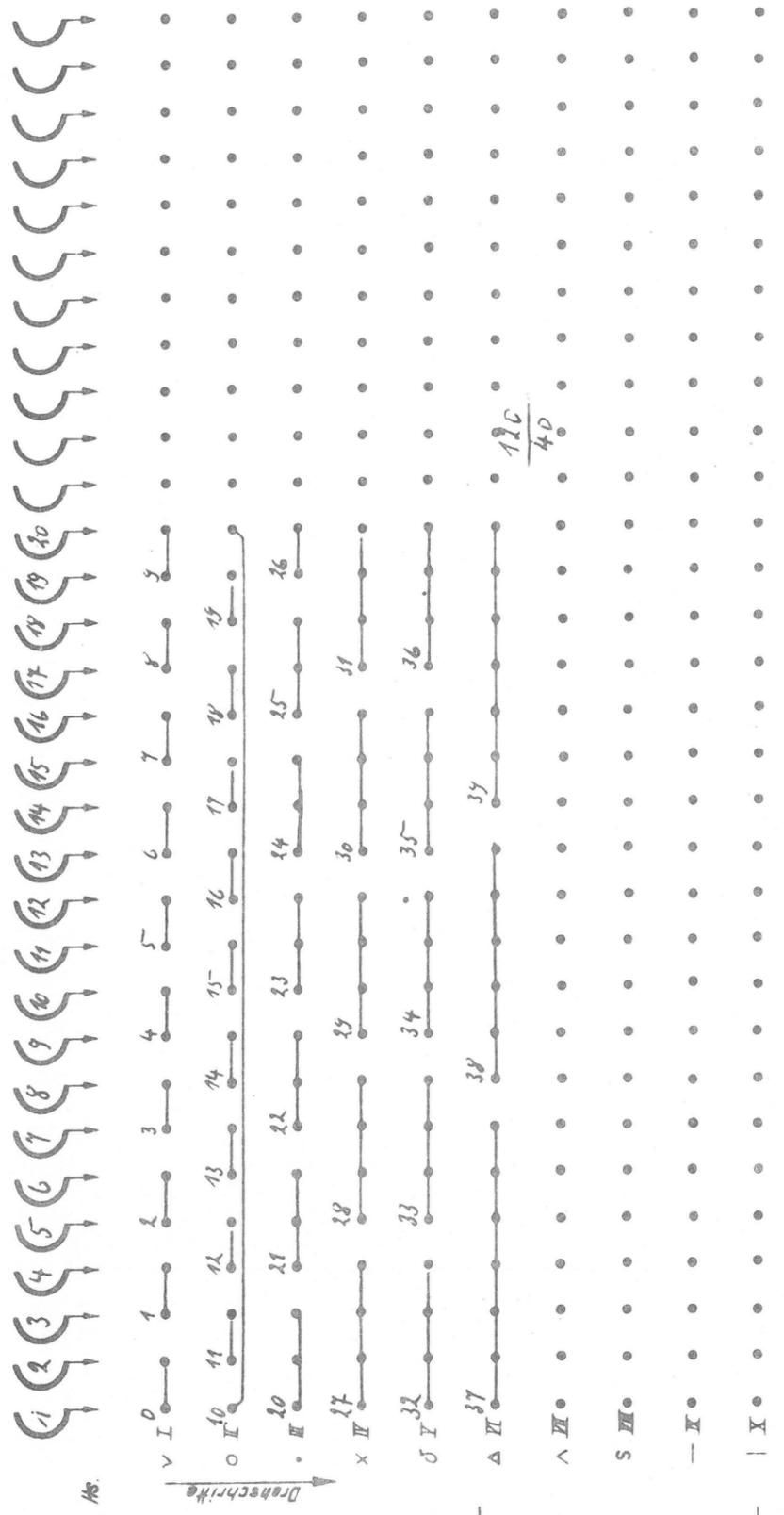
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage 8/2 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

Mp TH 2

21.4.60



Mp TH 3

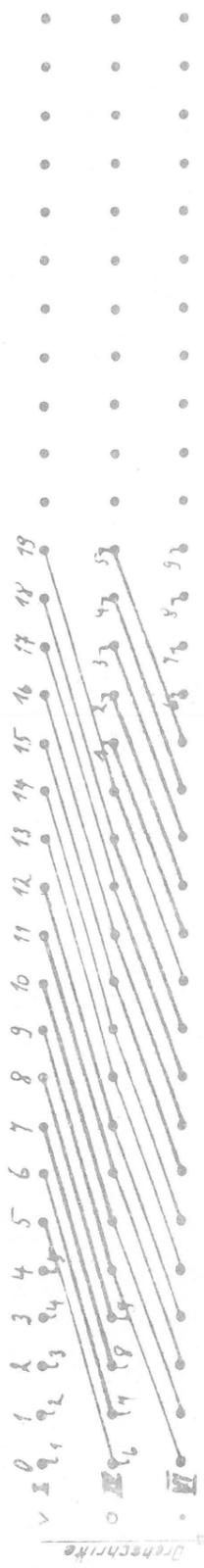
Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 8/5 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

21.4.60

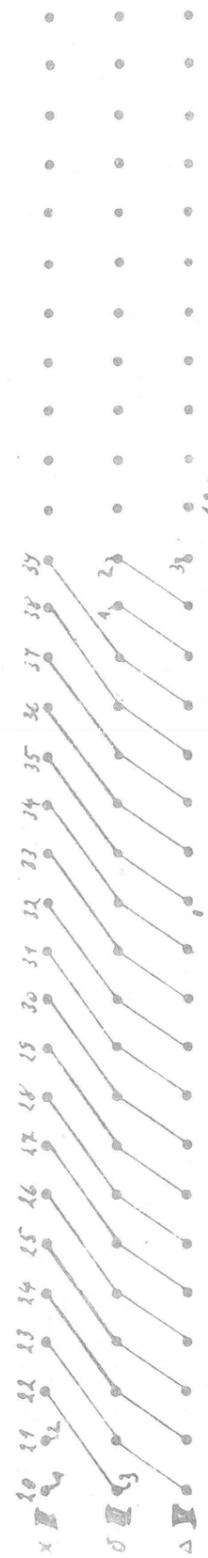
Blank lined area for writing.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

46



Drehschritte



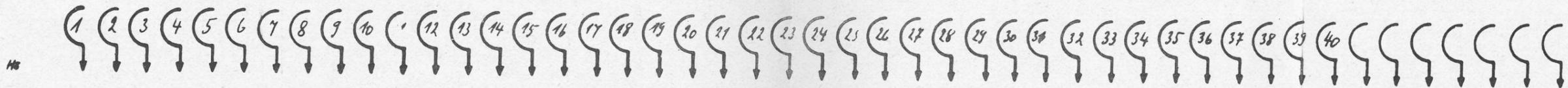
$\frac{120}{48}$



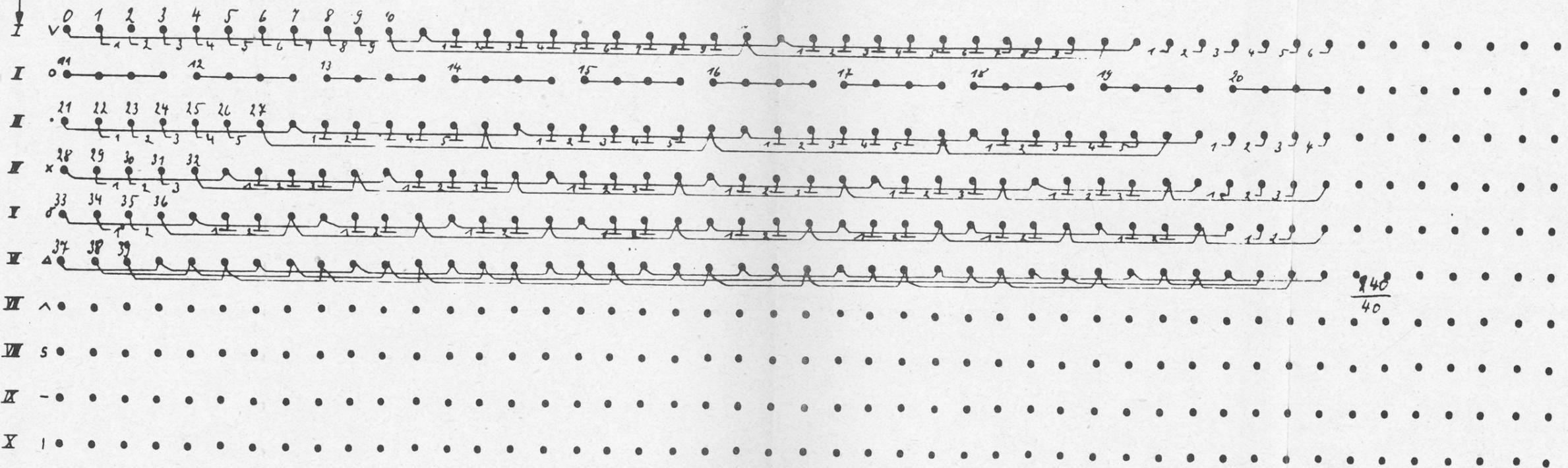
Mp TH4

Institut für Nachrichtenvermittlung
und Datenverarbeitung
der Technischen Hochschule Stuttgart
Anlage 8/4 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

11.4.60



Drehschr.



Mp TH 5

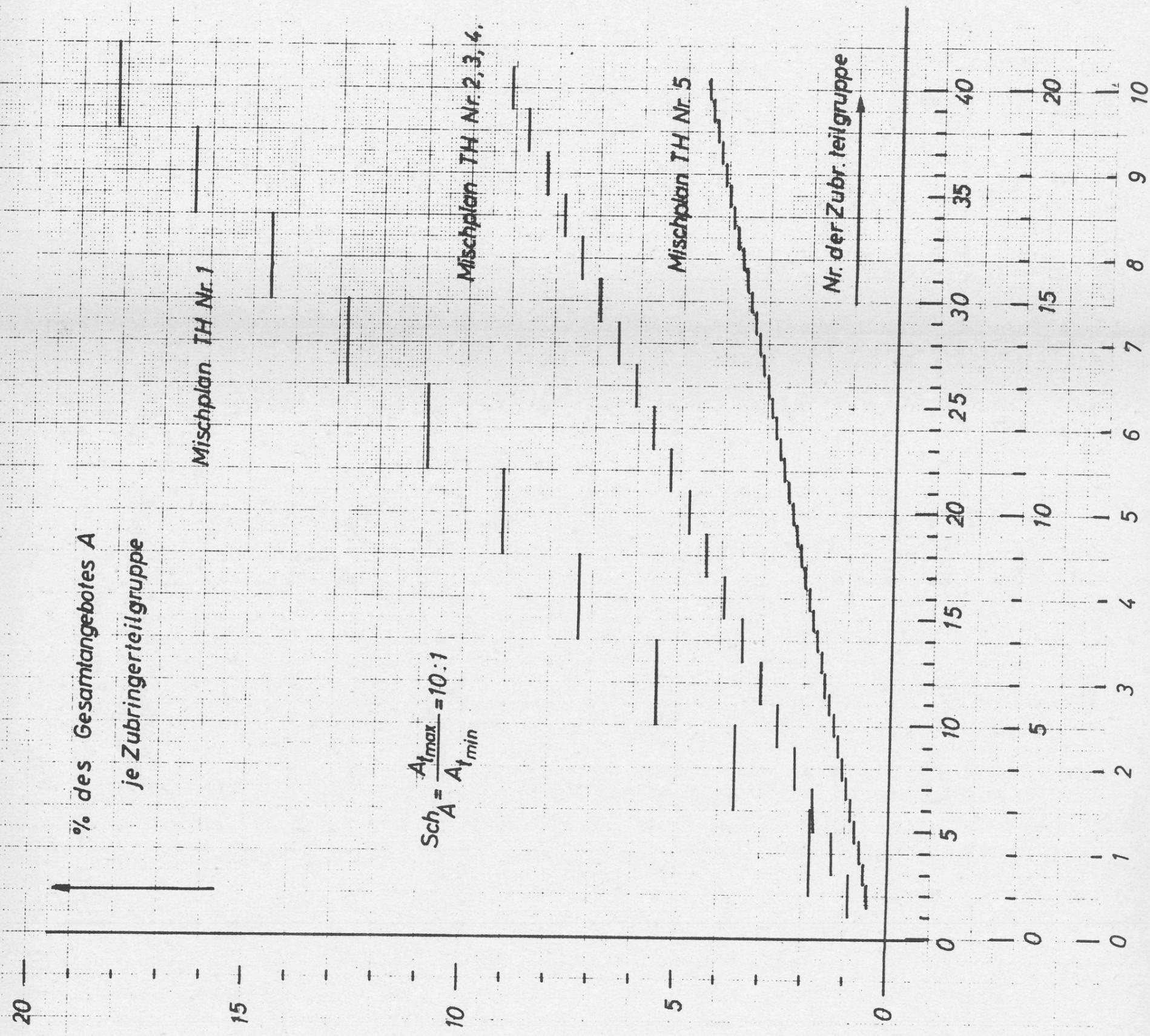
Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 8/5 zum Schreiben vom 1.12.60

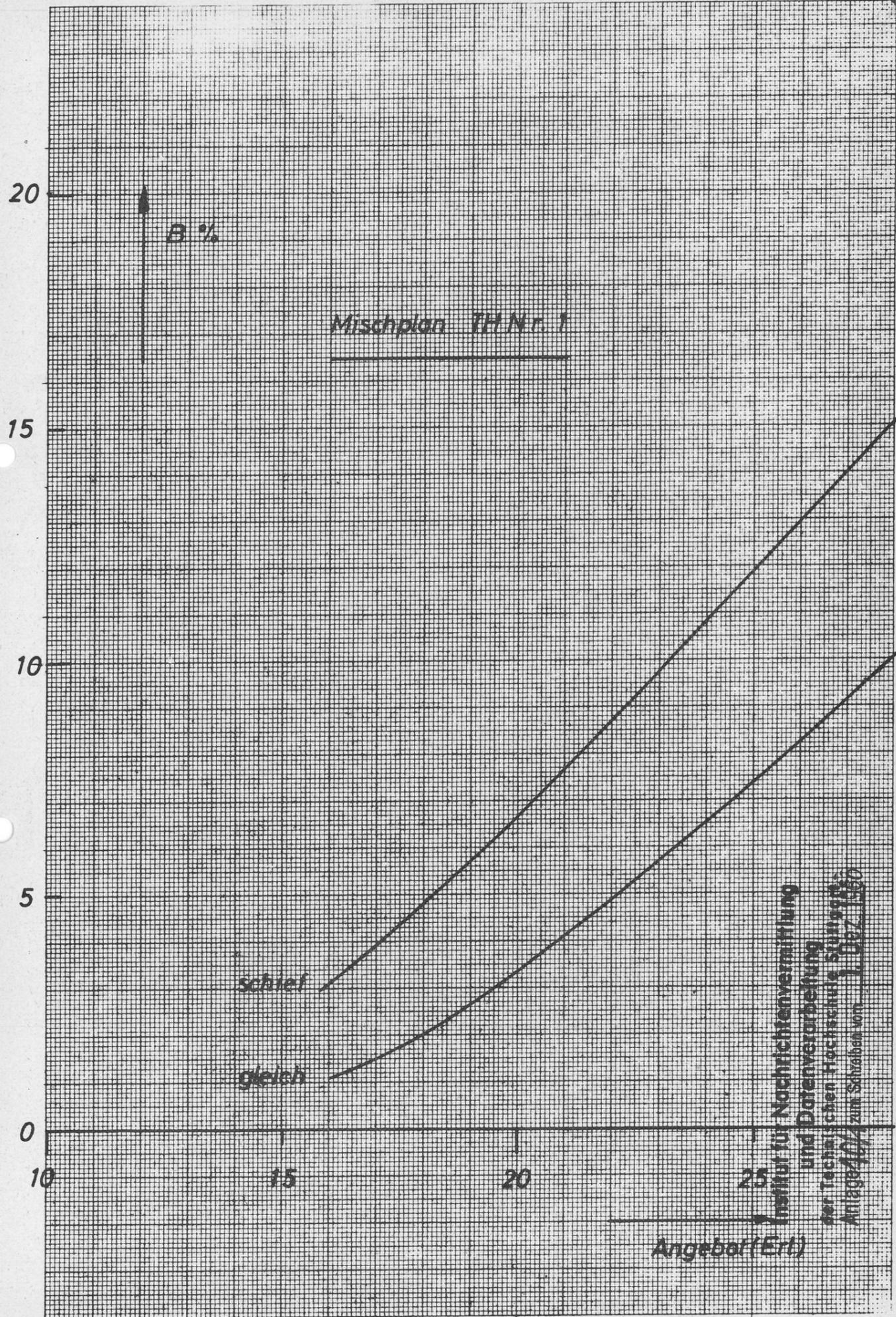
21.4.60

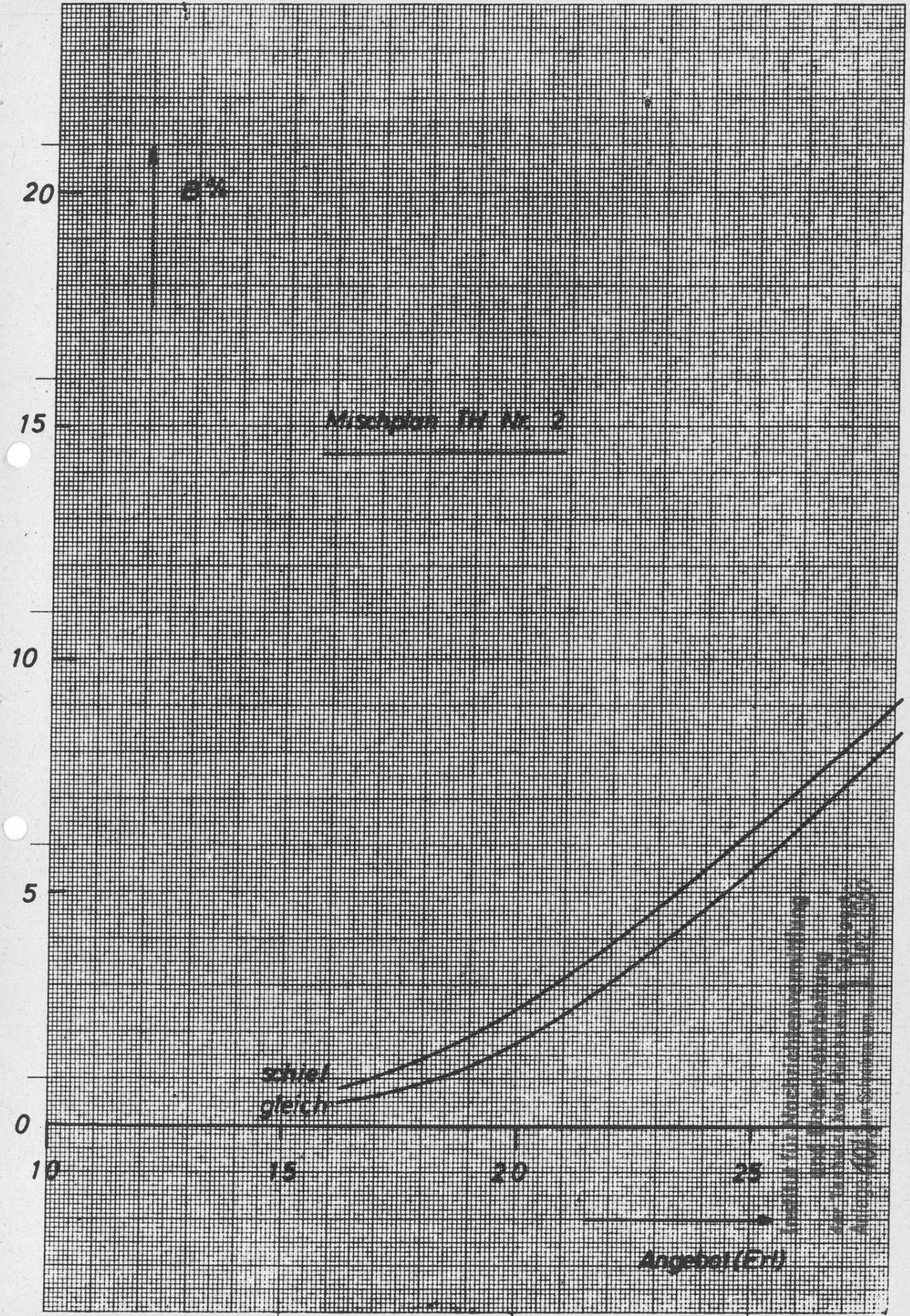
SKIZZE ZUR DEFINITION DER SCHIEFE Sch_A

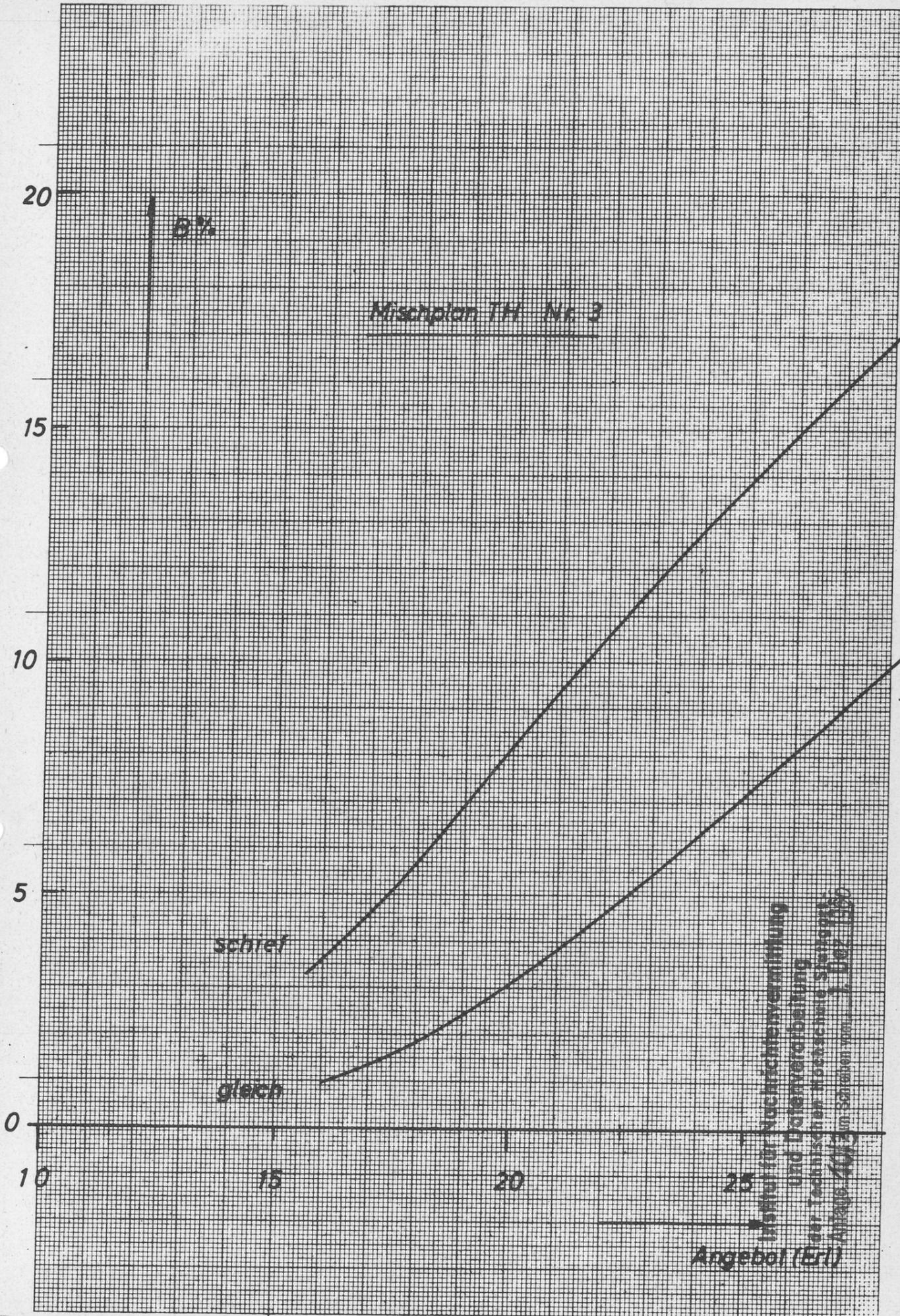
DES ANGEBOTES:

Hier $Sch_A = 10:1$

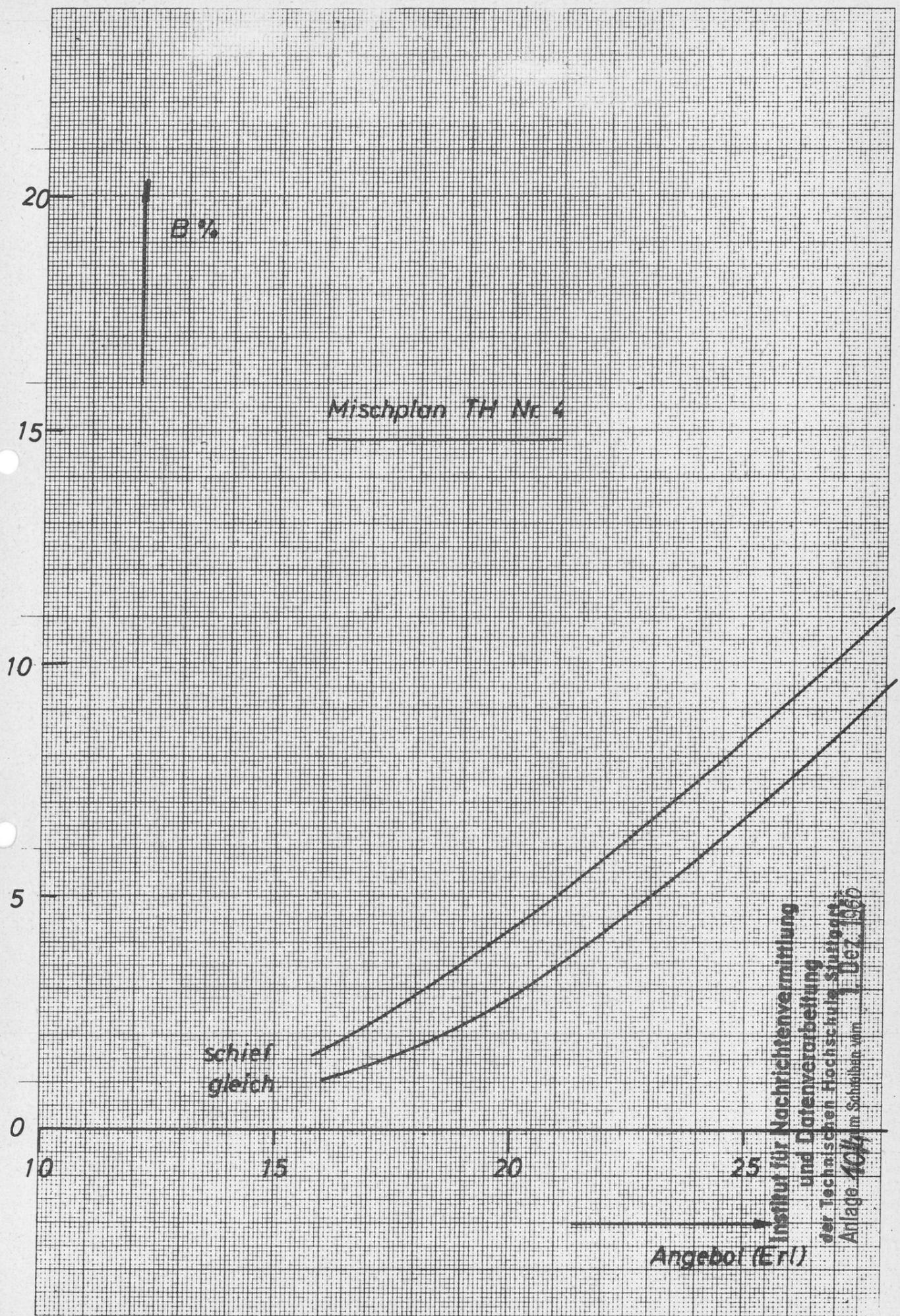




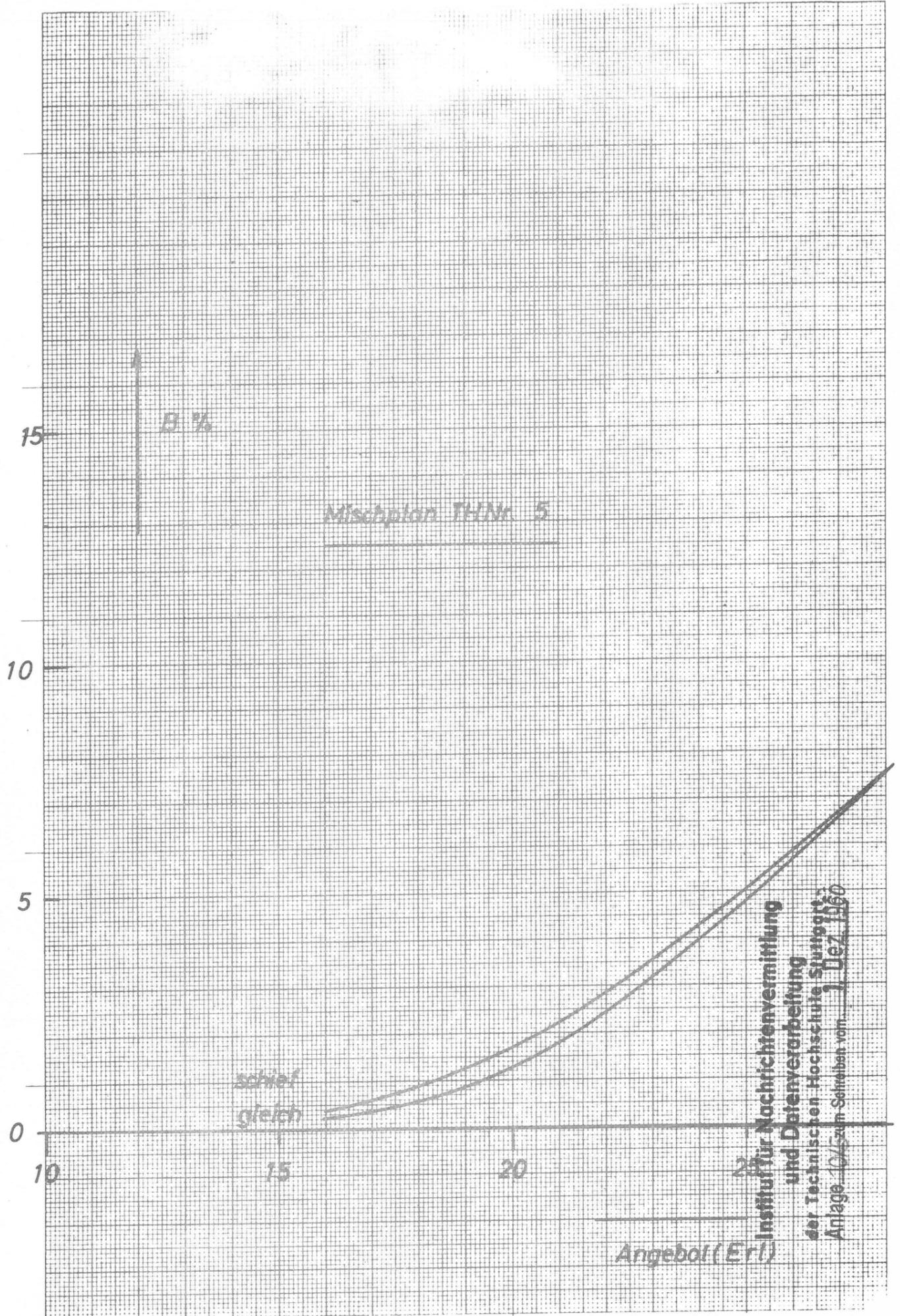


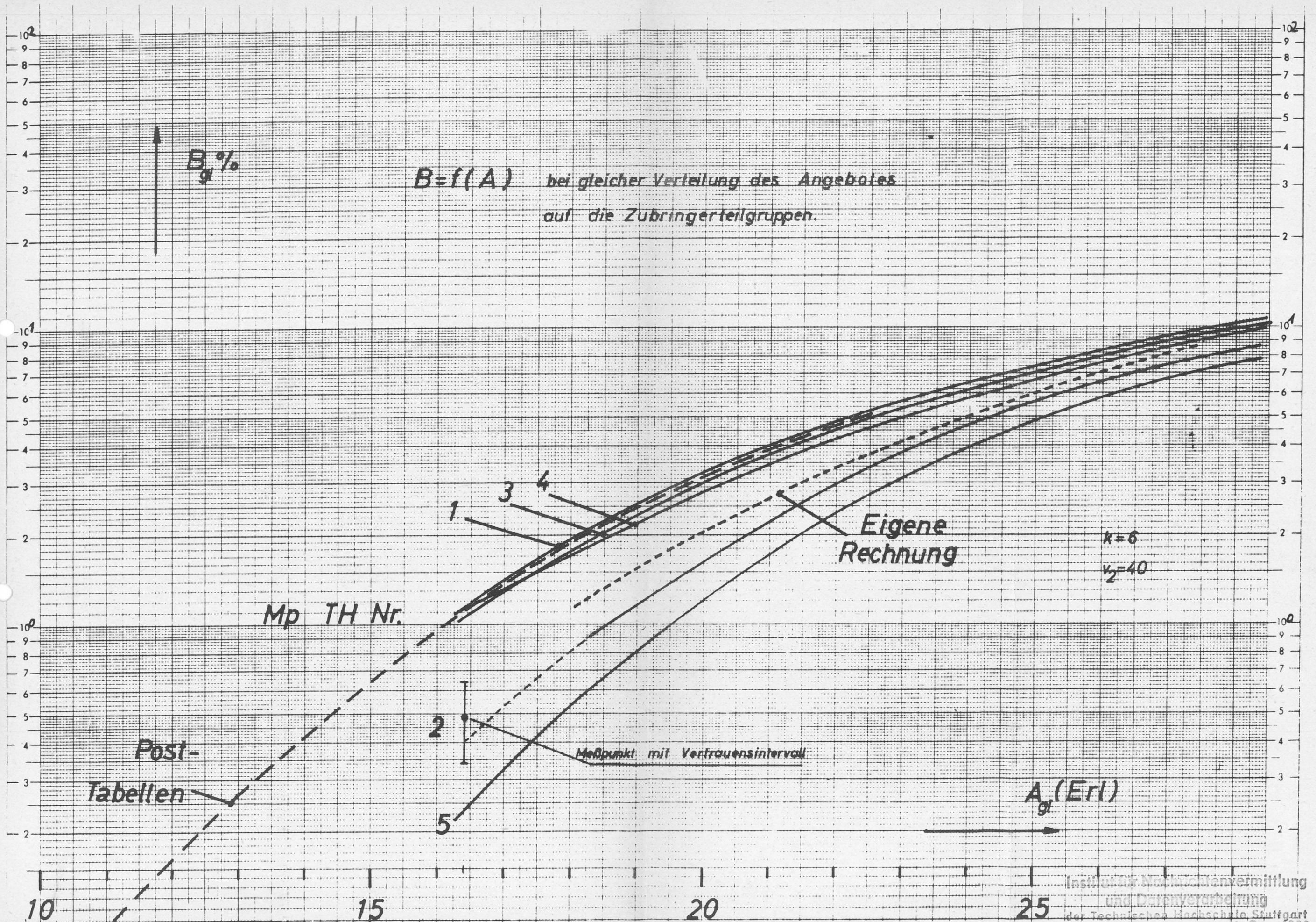


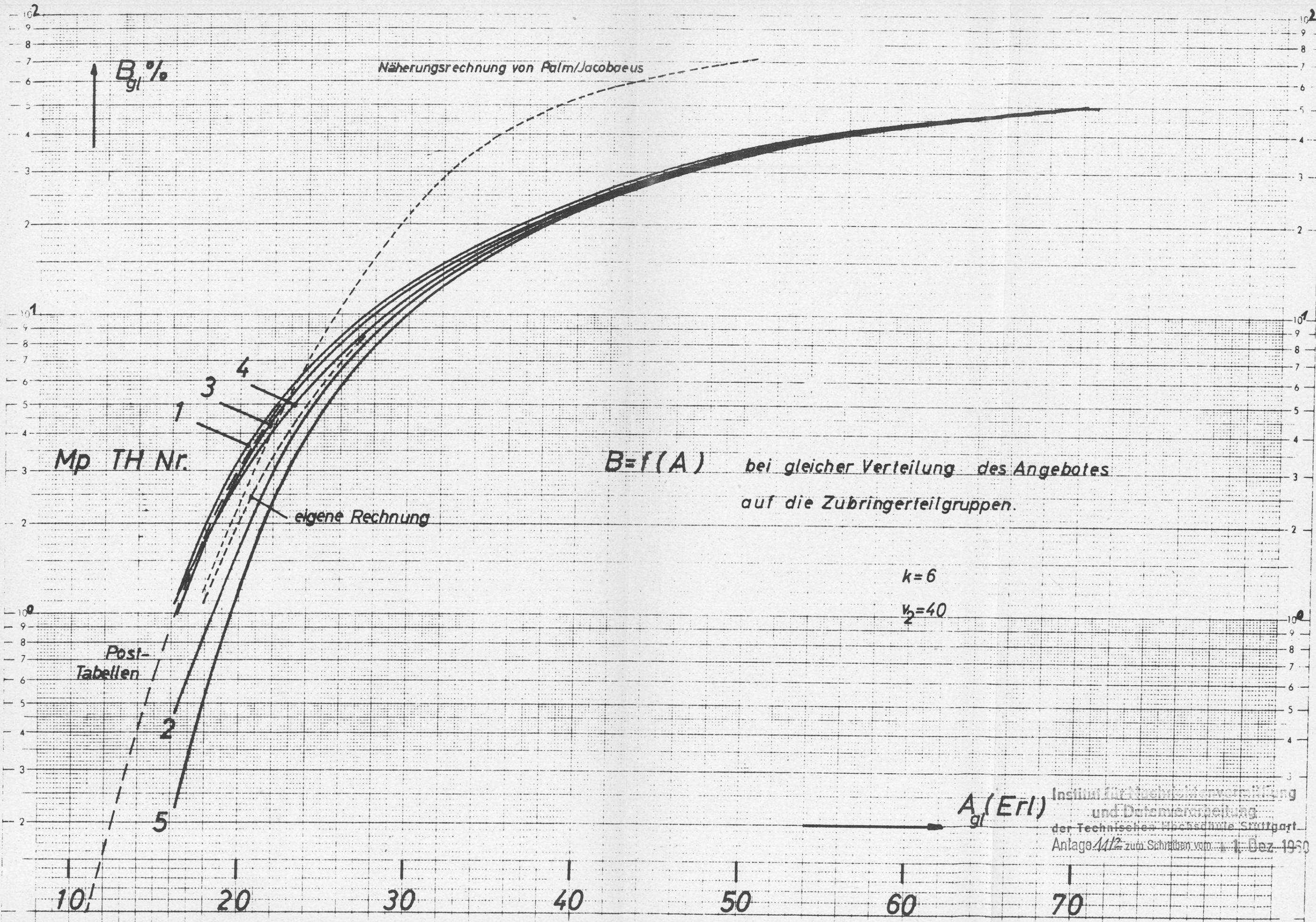
Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 7013 zum Schreiben vom 1.10.71



Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 10/4 im Schuljahr vom 1. Dez. 1960







$B_{gl} \%$

Näherungsrechnung von Palm/Jacobæus

Mp TH Nr.

$B=f(A)$ bei gleicher Verteilung des Angebotes auf die Zubringerteilgruppen.

eigene Rechnung

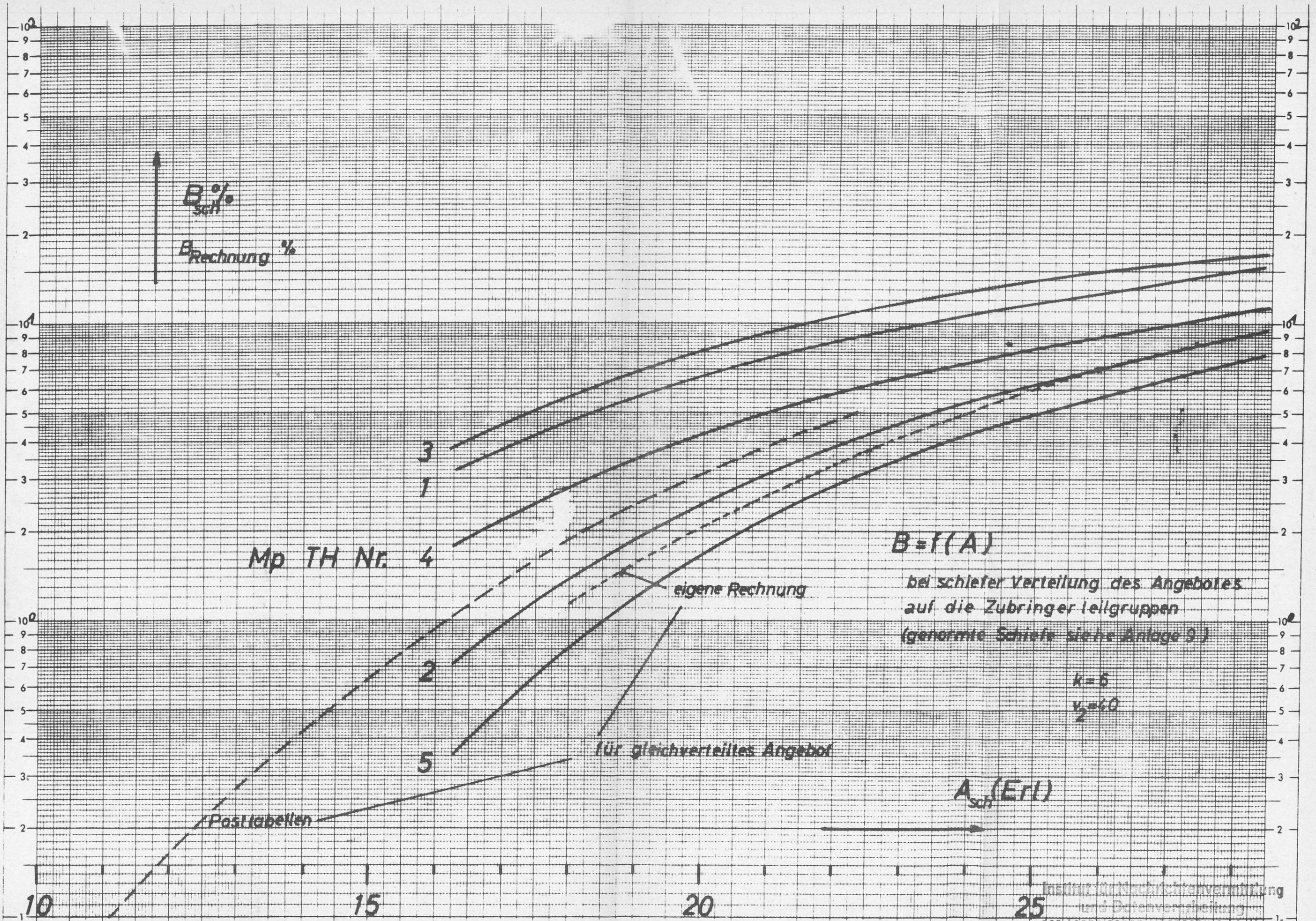
$k=6$

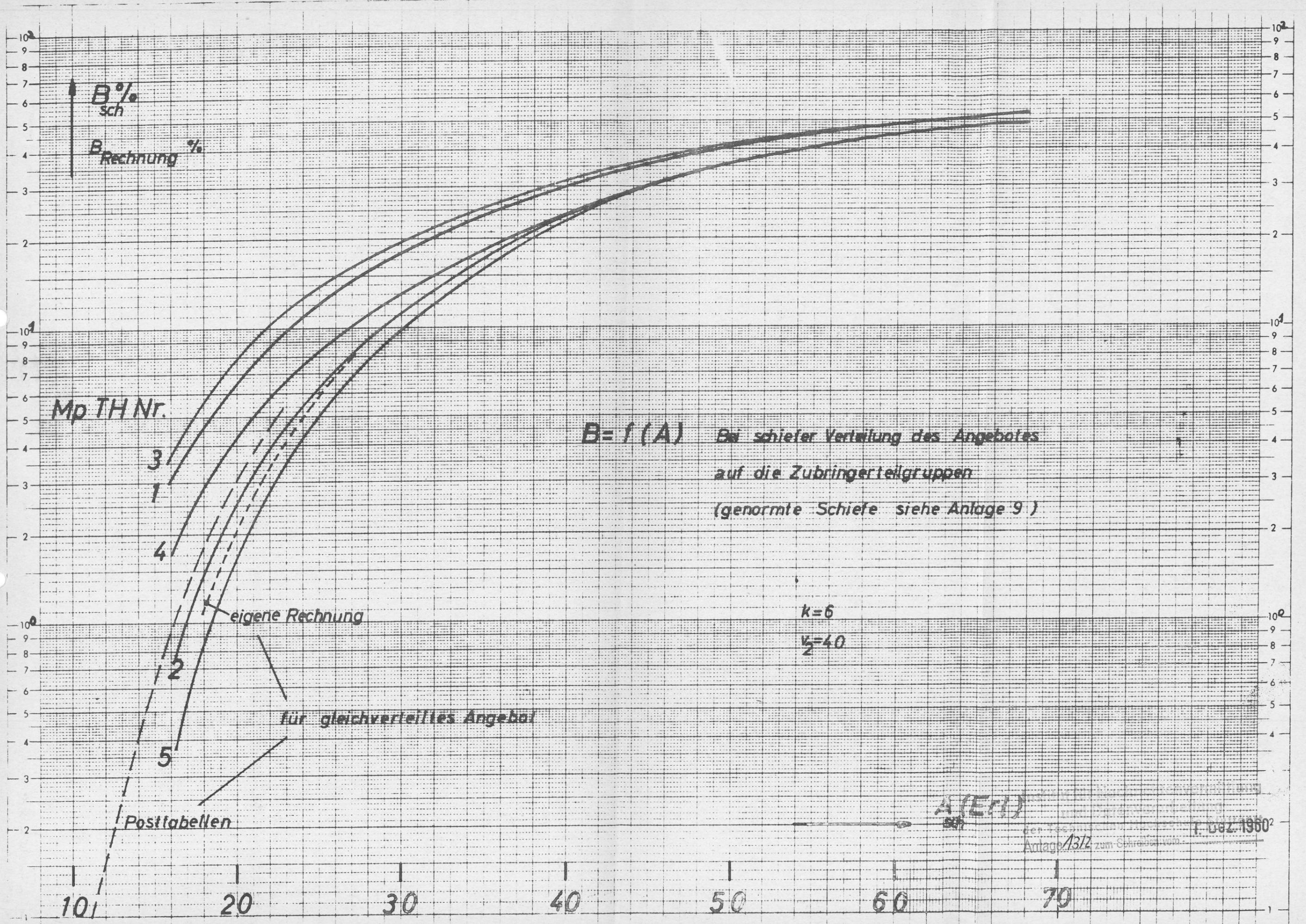
$v_2=40$

Post-Tabellen

$A(Erl)_{gl}$

Institut für Maschinenverarbeitung und Datenverarbeitung der Technischen Hochschule Stuttgart Anlage 4412 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960





$B\%_{sch}$

$B_{Rechnung}\%$

Mp TH Nr.

3

1

4

2

5

eigene Rechnung

für gleichverteiltes Angebot

Posttabellen

$B = f(A)$ Bei schiefer Verteilung des Angebotes
auf die Zubringerteilgruppen
(genormte Schiefe siehe Anlage 9)

$k=6$

$v_2=40$

$A(EH)$

1. Dez. 1960
Anlage 13/2 zum Schraub...

10

20

30

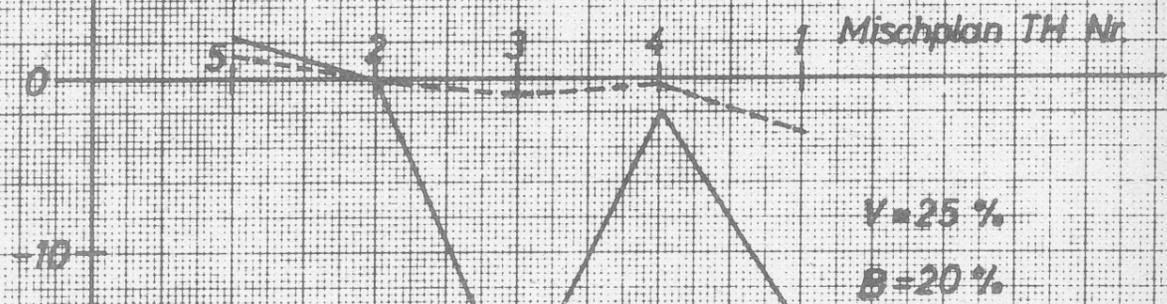
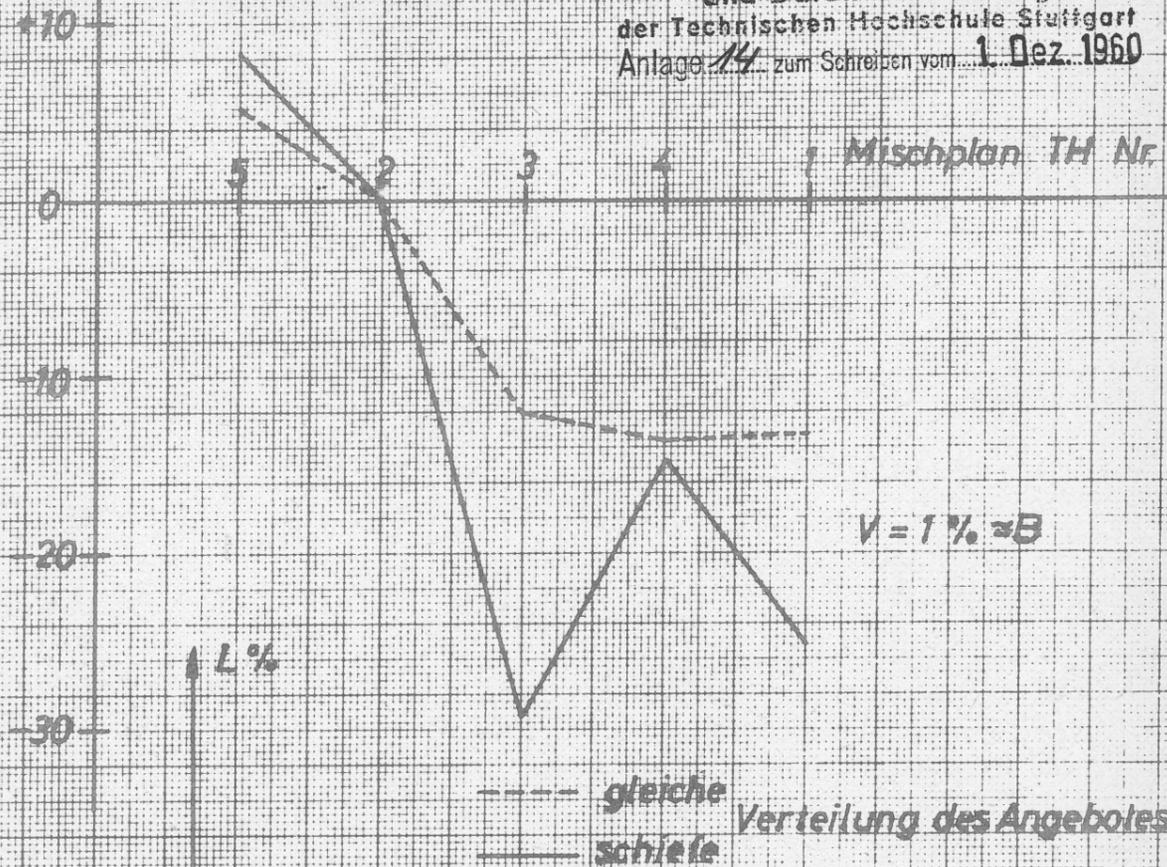
40

50

60

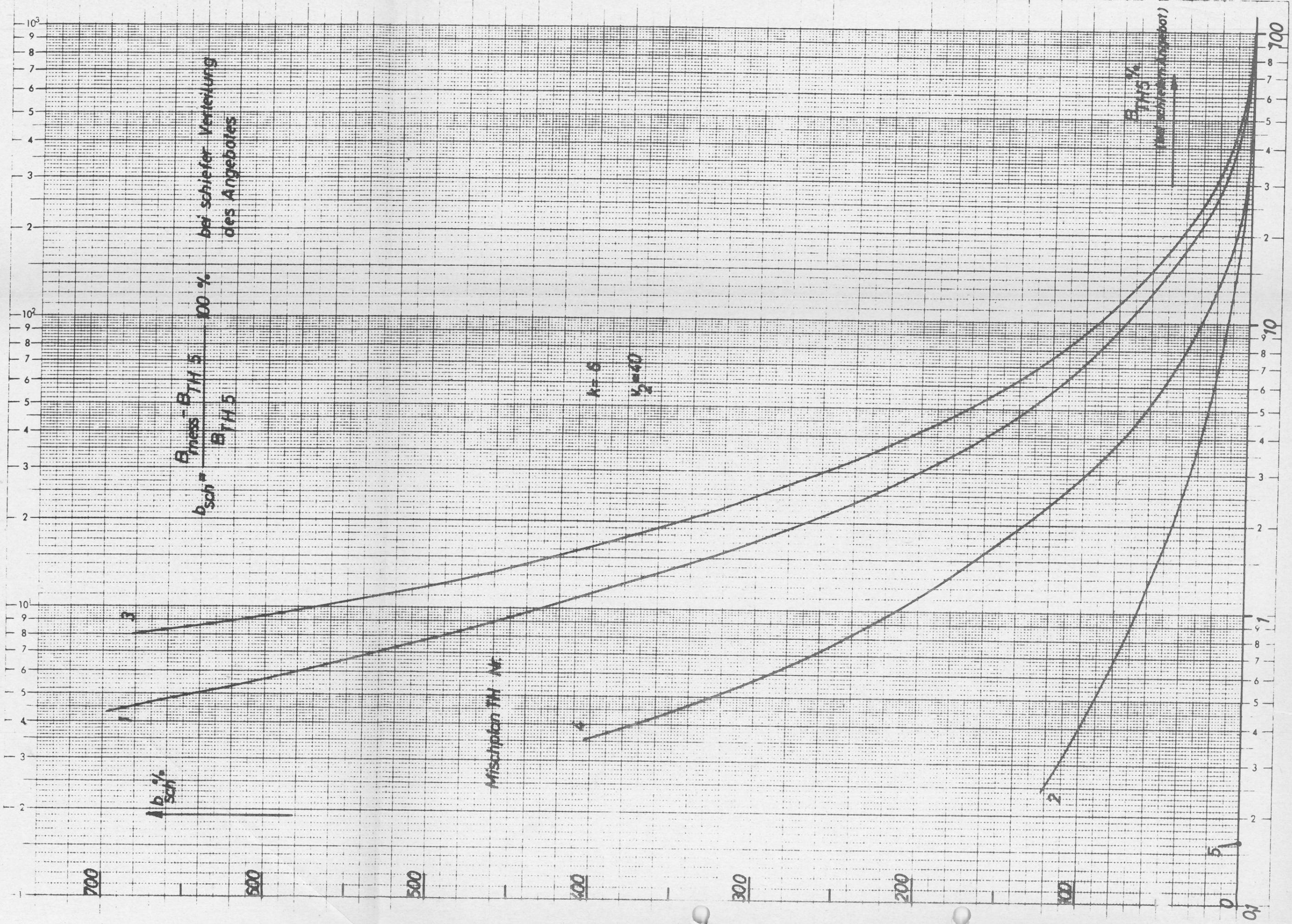
70

1



Mehr/Minderleistung
 der verschiedenen Mischungen
 bezogen auf Mischplan TH 2

$$L = \frac{y_{\text{meß}} - y_{\text{TH2}}}{y_{\text{TH2}}} \cdot 100\%$$



700

600

500

400

300

200

100

0

01

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10³

10

20

30

40

50

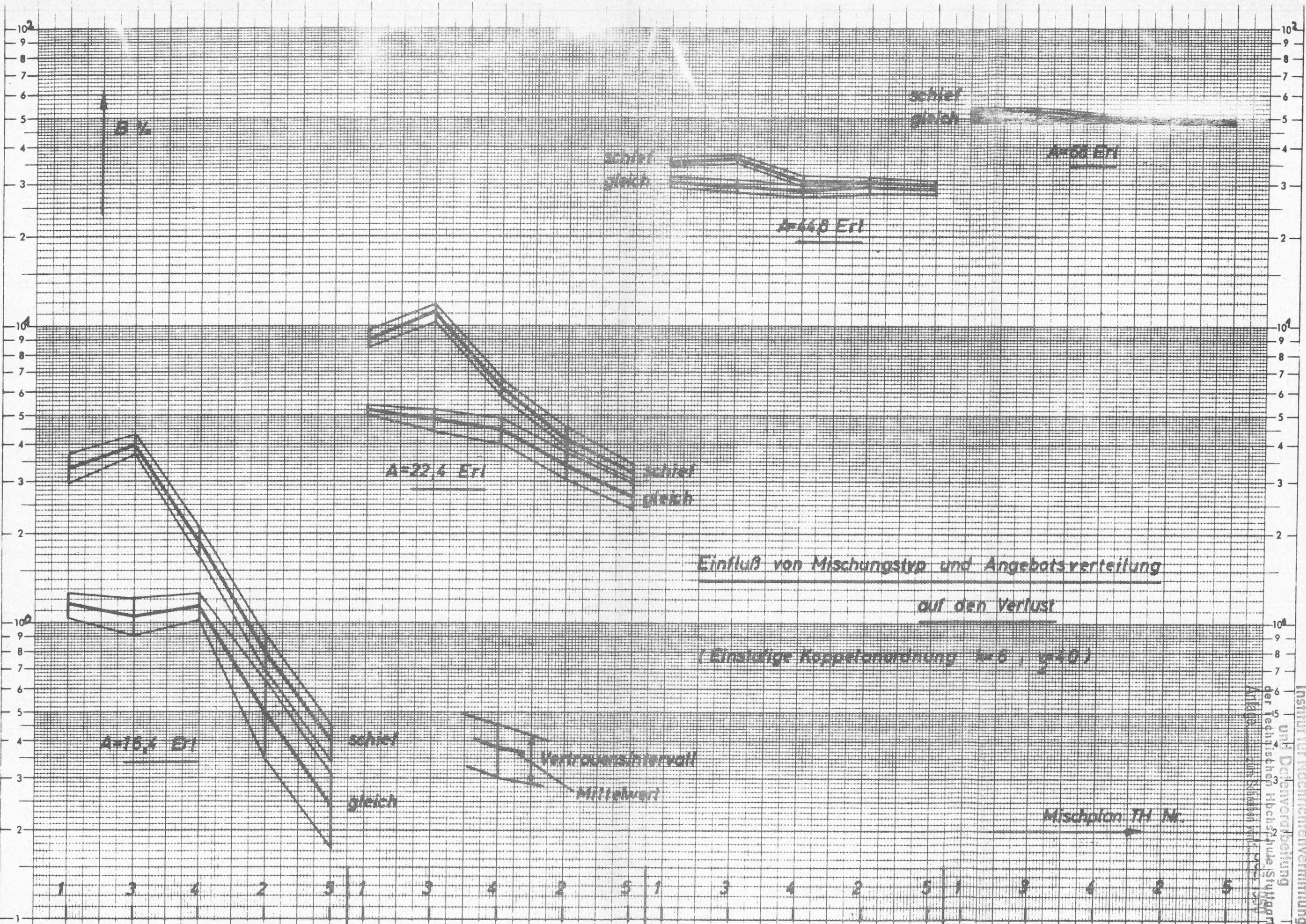
60

70

80

90

100



Einfluß von Mischungstyp und Angebotsverteilung
auf den Verlust

(Einstufige Koppelanordnung $k=6, \gamma=40$)

$$\alpha = \frac{B_{sch} \cdot B_{gl}}{B_{gl}} \cdot 100\%$$

Relativer Verlustanstieg α
 bei schiefer Verteilung des Angebotes
 auf die Zubringer Teilgruppen
 (gesamte Schiefe der Verteilung siehe Anlage 9)

300

200

100

0

Mp TH Nr.

3

1

4

2

5

$$\alpha = f(B_{gl})$$

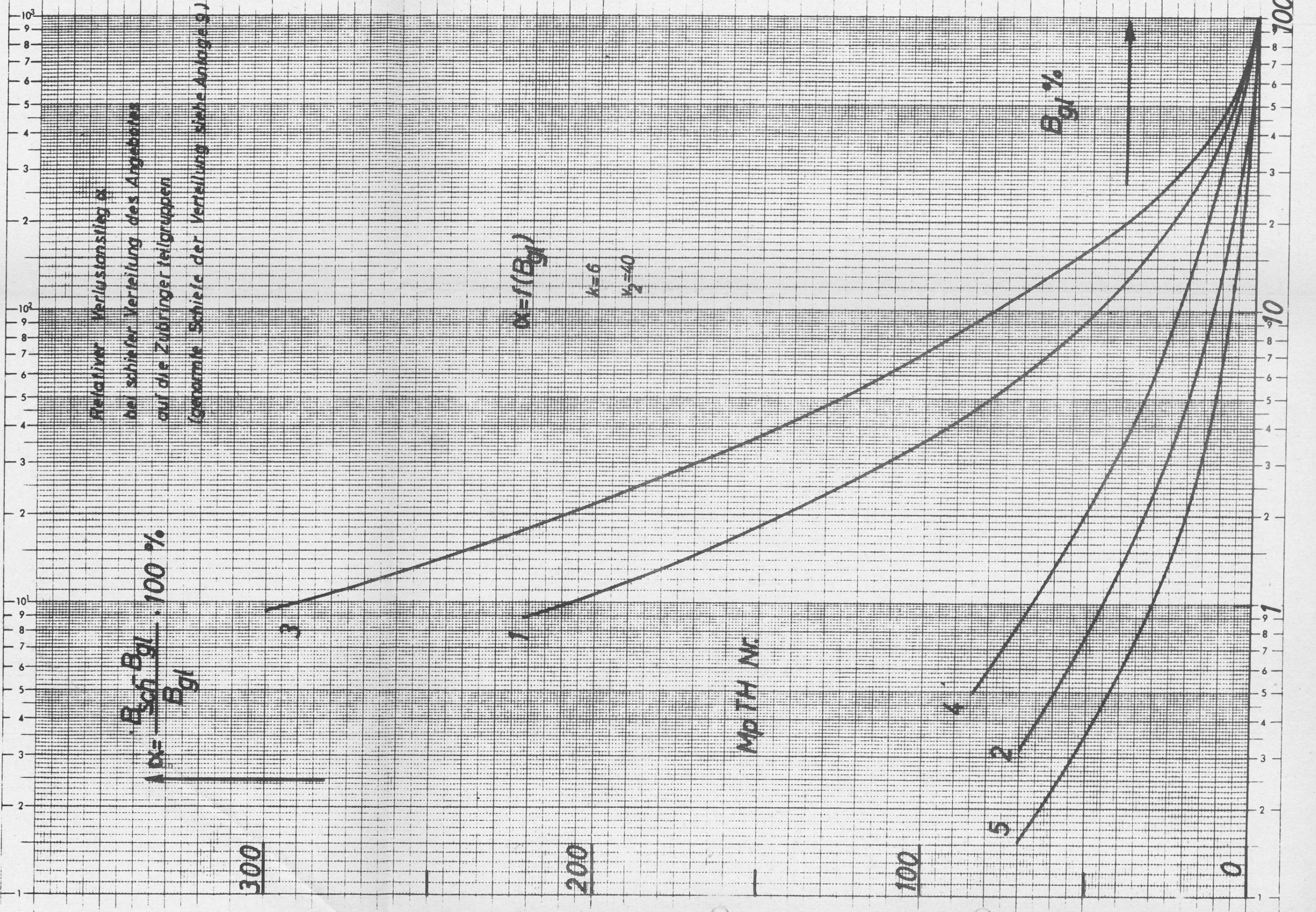
$$k = 6$$

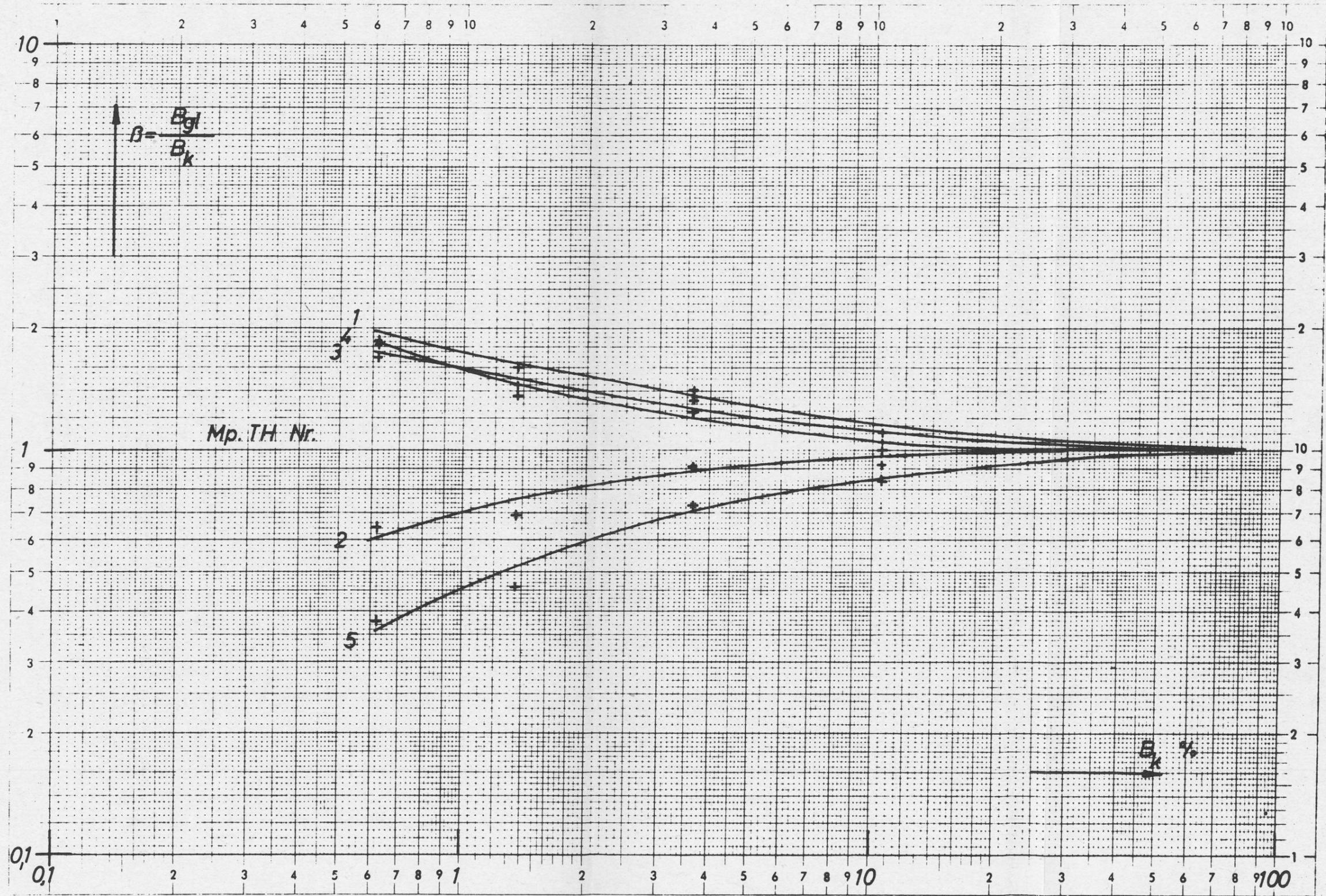
$$k_2 = 40$$

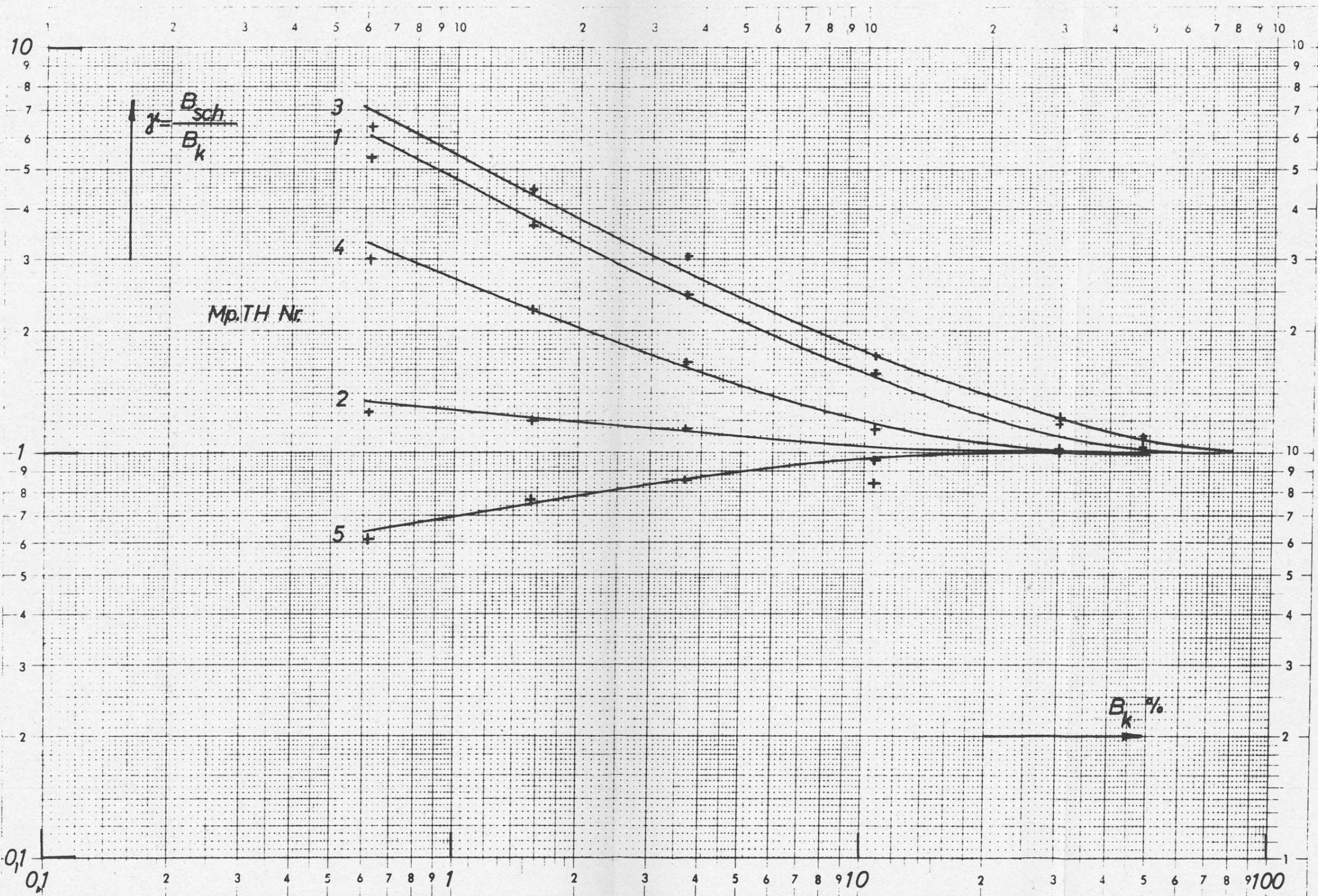
$B_{gl} \%$

10

100





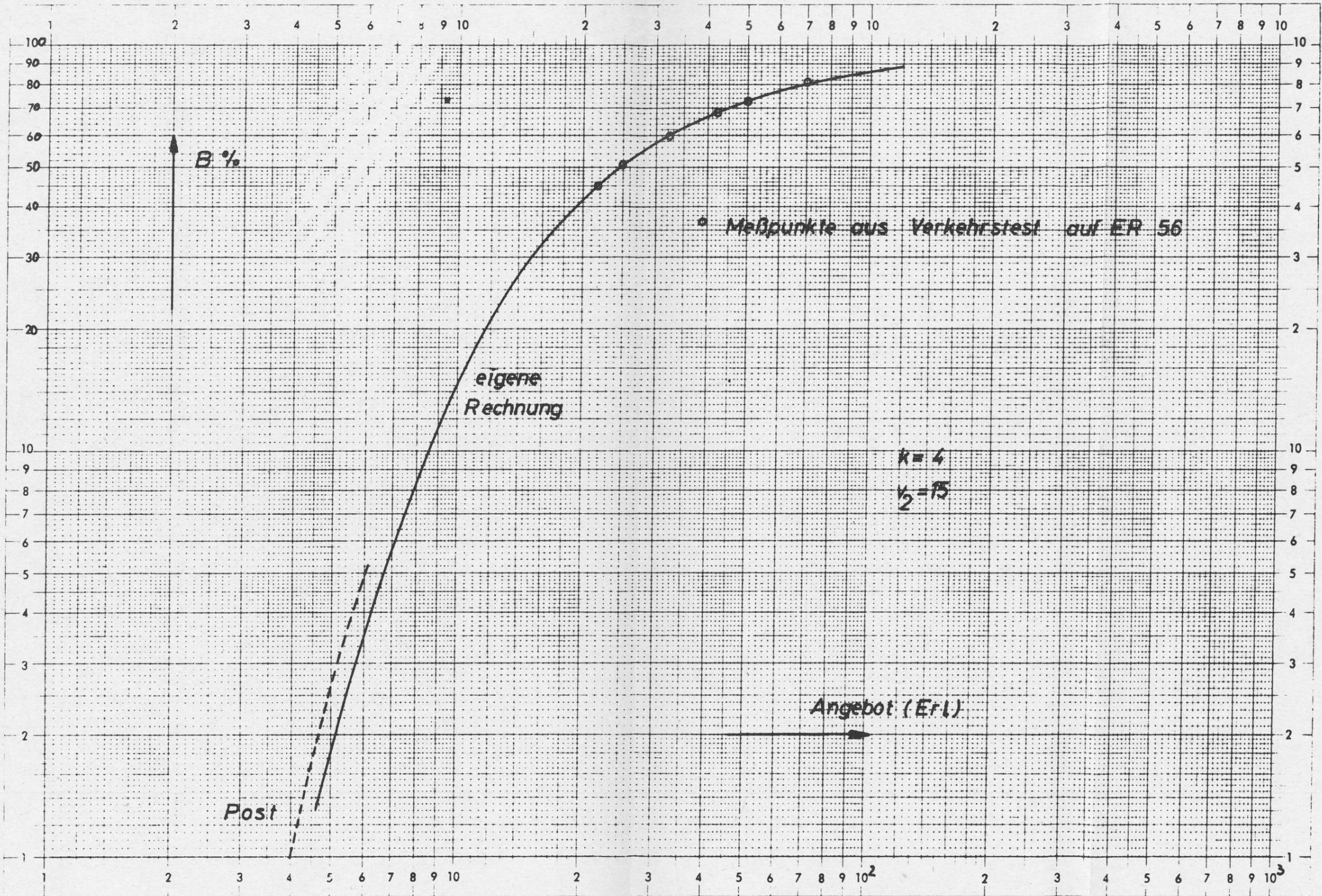


SELETA COPYRIGHT 1960

Nr.365 1/2 P

Beide Achsen logar. geteilt, eine von 1 bis 100, die andere bis 1000, Einheit 100 mm.

Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 19 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960



SELECA COPYRIGHT

Nr.365 1/2 P

Beide Achsen logar. geteilt, eine von 1 bis 100, die andere bis 1000, Einheit 100 mm.

Institut für Nachrichtenvermittlung
 und Datenverarbeitung
 der Technischen Hochschule Stuttgart
 Anlage 20 zum Schreiben vom 1. Dez. 1960

V₂f(y) einer einstufigen Mischung

Vergleich von Rechnung und Verkehrstest

