HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 146

Das Verhalten der Teilnehmer einer Nebenstellenanlage
Teil 2: Zeitintervalle innerhalb der Belegungen

von

Dipl.-Ing. Rolf Evers

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung
Bücherei
Nr.
4680

Berlin
1971

Technischer Bericht Nr. 146

Das Verhalten der Teilnehmer einer Nebenstellenanlage

Teil 2: Zeitintervalle innerhalb der Belegungen

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Beobachtung des Verhaltens der Fernsprechteilnehmer einer Nebenstellenanlage sind auch die teilnehmerabhängigen Zeitintervalle innerhalb der Belegungen gemessen worden.

Der vorliegende Bericht beschäftigt sich zunächst mit der Verteilung der Intervalle zwischen Belegungsanfang und Wählende, d.h. dem Wählverzug und den Wählpausen.

Weiterhin werden die Intervalle zwischen Wählende und Belegungsende behandelt, d.h. Wartezeiten des A-Teilnehmers, Meldeverzug des B-Teilnehmers und Gesprächsdauern.

Die gemessenen Zeiten werden daraufhin untersucht, ob Unterschiede im Verhalten der Teilnehmer zwischen Intern- und Externverkehr, zwischen 1. Anrufversuchen und Wiederholungen bestehen.

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung

Der Bearbeiter

(Dipl.-Ing. R. Evers)

Der Abteilungsleiter

(Prof. Dr.-Ing. Erich R. Berger)

Der Institutsdirektor

i.V.

(Prof. Dr. phil. P. Matthieu)

Berlin-Charlottenburg, den 18. Oktober 1971

Inhalt

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Gemessene Werte und Art der Darstellung	1
2.1.	Gemessene Werte	1
2.2.	Art der Darstellung	2
3.	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	5
3.1.	Wählverzug	5
3.2.	Wählpausen	12
3.3.	Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bzw. Gesprächsbeginn	26
3.4.	Gesprächsdauern	45
4.	Literatur	47

1. Einleitung

Die Ergebnisse einer Messung des Teilnehmerverhaltens in der Nebenstellenanlage der Technischen Universität Berlin im Mai und Juni 1970 werden in drei Abschnitten dargestellt, von denen der erste als Technischer Bericht Nr. 143 /1/ erschienen ist.

2. Gemessene Werte und Art der Darstellung

2.1. Gemessene Werte

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit folgenden Zeitintervallen innerhalb der beobachteten Belegungen :

1. Wählverzug,
2. sämtliche Wählpausen,
3. Intervall von Wählende bis Auflegen bei erfolglosen, bis Gesprächsbeginn bei erfolgreichen Belegungen,
4. Gespräch.

Als Wählverzug wird die Zeit von der Anschaltung eines freien Anrufsuchers, d.h. vom Beginn des Wähltons, bis zum Beginn der Wahl bezeichnet. Die Zeit vom Abheben des Handapparates bis zum ersten Wählton ist nicht gemessen worden, da an der Meßstelle (Hauptverteiler) die c-Ader nicht zugänglich war.

Die Wählpausen sind definiert als Intervalle zwischen dem Ende einer Ziffernserie und dem Beginn der nächsten.

Die Intervalle nach Wählende beginnen mit dem Ende der letzten Ziffernserie und enden bei erfolglosen Belegungen mit dem Auflegen des Handapparates, bei erfolgreichen mit Gesprächsbeginn, der vom Hörton- und Gesprächsbeginn- Auswerter/2/ festgestellt wird. Dieser startet bei Empfang von Sprachsignalen die Sprechzeit-

messung, meldet aber Gesprächsbeginn erst, wenn die längste mögliche Pause zwischen zwei Freitönen verstrichen ist, ohne daß ein neuer Hörton aufgenommen ist. Auf diese Weise wird vermieden, daß Sprache des wartenden A-Teilnehmers als Gespräch fehlgedeutet werden. Bei der Auswertung des Meldeverzugs wird die Sprechzeit vom Intervall zwischen Wählende und Gesprächsbeginn - Meldung abgezogen.

Als Gesprächsdauer wird die Zeit von Gesprächsbeginn bis zum Auflegen des Handapparates durch den beobachteten Teilnehmer gewertet. Sie wird errechnet aus dem Intervall zwischen Wählende und Auflegen, vermindert um den Meldeverzug (siehe voriger Absatz).

Da die verwendete Meßeinrichtung keine Empfangsschaltung für das 25 Hz-Rufsignal hat, sind ankommende Anrufe und Belegungen des beobachteten Teilnehmers ohne Wahl nicht zu trennen; die Auswertung beschränkt sich daher auf abgehende Belegungen mit Wahl mindestens einer Ziffer.

2.2. Art der Darstellung

Teilnehmerabhängige Intervalle beim Verbindungsaufbau lassen sich, wie in früheren Messungen festgestellt wurde /3/, durch eine logarithmisch-normale Verteilungsfunktion der Form

$$H\,(<T) = \left(S_l \cdot \sqrt{2\pi}\right)^{-1} \cdot \int_{\ln t/t_h = -\infty}^{\ln T/t_h} \exp\left\{-\frac{1}{2 S_l^2} \cdot (\ln t/t_h - S_l^2)^2\right\} d \ln t/t_h$$

t_h häufigster Wert, S_l logarithmische Streuung

darstellen. H(<T) erscheint im Wahrscheinlichkeitsnetz mit logarithmischer Teilung der Zeitachse als Gerade. Diese Darstellung wurde für die gemessenen Werte

gewählt, weil Abweichungen von der als zugrundeliegend angenommenen logarithmisch-normalen Verteilung und Abweichungen der einzelnen Kurven voneinander in ihr sehr gut zu erkennen sind.

Die Belegungsdauer erfolgreicher Anrufe wird im wesentlichen durch die Gesprächsdauer bestimmt. Für beide Zeiten wird in der Fernsprechverkehrstheorie eine exponentielle Verteilung der Form

$$P\ (b < T) = 1 - \exp\left\{ - t/t_m \right\}$$

angenommen. Entsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, daß das Intervall nicht kleiner als eine vorgegebene Zeit T ist,

$$P\ (b \geq T) = \exp\left\{ - t/t_m \right\}$$

Durch Logarithmieren erhält man

$$L\ (b) = \ln\left\{ P\ (b \geq T) \right\} = - t/t_m$$

In einer Darstellung mit logarithmischer Ordinaten-und linearer Abszissenteilung ist also die Wahrscheinlichkeit für $b \geq T$ eine monoton fallende Gerade.

Die beschriebene Darstellung wurde zusätzlich zur Verwendung des Wahrscheinlichkeitsnetzes für die Gesprächsdauern gewählt, um zu überprüfen, wie gut sie sich durch eine Exponentialverteilung annähern lassen.

Die Intervalle sind für die ersten Anrufversuche, für die Wiederholungen und für alle Versuche dargestellt. Für alle Versuche sind nach dem Test von Kolmogoroff die zweiseitigen asymptotischen Schranken der maximalen Abweichung zwischen wahrer und empirischer Verteilung für 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit eingezeichnet :

$$\bar{\varepsilon}_{0,01} = 1,63 \cdot n^{-\frac{1}{2}} \qquad (\text{nach /4/, S. 337})$$

mit n Anzahl der Werte der Verteilung

Die Unterschiede zwischen den Verteilungsfunktionen der Intervalle in den ersten Versuchen und denen in Wiederholungen wurden mit dem Test von Smirnoff auf ihre statistische Signifikanz hin geprüft. Die asymptotische Schranke für die maximale Differenz zwischen zwei Verteilungen ist nach /4/, S. 268,

$$D_\beta \sim \left(-\frac{1}{2} \ln \beta \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{1/2}$$

mit β Irrtumswahrscheinlichkeit

n_1 Anzahl der Werte der 1. Verteilung

n_2 Anzahl der Werte der 2. Verteilung

D_β für $\beta = 1\ \%$ und die größte tatsächlich vorkommende Differenz zwischen den zu vergleichenden Verteilungen sind in die Abbildungen eingetragen.

Der Test von Smirnoff darf genau genommen nur dazu verwendet werden, die Verteilungen zweier voneinander unabhängiger Größen zu vergleichen; die ersten Anrufversuche und Wiederholungen des gleichen Teilnehmers sind jedoch sicher voneinander abhängig. Werden aber viele Teilnehmer in die Messung einbezogen, so ist die Abhängigkeit zwischen ersten Versuchen und Wiederholungen insgesamt sehr gering, da jeweils nur ein sehr kleiner Anteil der Werte der ersten Verteilung von einem sehr kleinen Anteil der Werte der zweiten Verteilung abhängt. Die Anwendung des Tests ist also für genügend große Teilnehmerzahlen gerechtfertigt.

In den Tabellen sind Mittelwert und quadratische Abweichung der Dauer der gemessenen Intervalle angegeben. Die Abweichung des gemessenen Mittelwertes vom angenommenen theoretischen Mittel ist nach Students Test :

$$\left| M - \hat{x} \right| = \frac{s \cdot t_\beta}{\sqrt{n}} \quad \text{(siehe /4/, S. 116)}$$

M gemessener (empirischer) Mittelwert

$\hat{x}$ theoretisches Mittel

n Anzahl der Werte der Verteilung

s empirische Streuung

t_β zweiseitige Schranke nach Students Test

β Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Abweichungen sind für 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet.

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Intervalle in ersten Versuchen und in Wiederholungen wurden nach Student auf ihre Signifikanz hin geprüft (Students Test zur Prüfung einer Differenz) :

$$|t| = \frac{|M_1 - M_2|}{\left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \cdot s^2\right]^{1/2}} \qquad \text{(nach /4/, S. 120)}$$

$$\text{mit } s^2 = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1)\, s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

und mit :	Mittelwert	empirische Streuung	Anzahl der Werte
der 1. Verteilung	M_1	s_1	n_1
der 2. Verteilung	M_2	s_2	n_2

Ist $t > t_\beta$ für eine Irrtumswahrscheinlichkeit $\beta = 1\ \%$, so wird der Unterschied als signifikant betrachtet.

Die beiden letzten Tests gelten nur näherungsweise, da die Werte der gemessenen Verteilungen nicht unabhängig normal verteilt sind.

3. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

3.1. Wählverzug

Die Ergebnisse der Messung der Wählverzugsdauer sind in den Tabellen 1 und 2 und in den Abbildungen 1 bis 4 dargestellt. Tabelle 1 zeigt für Extern- und Internverkehr die Abhängigkeit des Mittelwertes und der Streuung von der Ordnungszahl des Versuchs. Beim Externverkehr ist der Mittelwert in ersten Versuchen deutlich

Tabelle 1 Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung des Wählverzugs und der Wählpausen

Mittelwert: M (s)
Obere und untere Grenze des Mittelwertes nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit: M_{max} (s), M_{min} (s)
Mittlere quadratische Abweichung s (s)

Ordnungszahl des Versuches:	1				2				3				4				alle Versuche			
	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)
Externverkehr einer Nebenstellenanlage																				
Wählverzug	2,62	3,62	1,62	12,76	1,98	3,03	0,93	8,67	1,92	3,23	0,61	7,58	1,84	3,63	0,05	8,18	2,21	2,75	1,67	10,30
1.Wählpause	3,34	4,31	2,37	11,56	3,28	4,73	1,83	11,03	3,07	5,18	0,96	10,51	3,08	5,85	0,31	10,73	3,21	3,85	2,57	11,06
2.Wählpause	1,29	1,66	0,92	4,36	1,31	1,89	0,73	4,31	1,31	2,18	0,44	4,18	1,35	2,62	0,08	4,67	1,31	1,58	1,04	4,45
3.Wählpause	1,31	1,71	0,91	4,47	1,45	2,19	0,71	5,26	1,30	1,22	0,38	4,34	1,31	3,18	0	4,18	1,33	1,61	1,05	4,60
4.Wählpause	1,34	1,77	0,91	4,79	1,33	1,95	0,71	4,33	1,28	2,20	0,36	4,20	1,40	2,85	0	4,77	1,34	1,63	1,05	4,58
5.Wählpause	1,27	1,65	0,89	4,20	1,27	1,87	0,67	4,06	1,23	2,15	0,31	3,97	1,33	2,77	0	4,41	1,28	1,56	1,00	4,17
6.Wählpause	1,21	1,60	0,82	4,07	1,29	1,96	0,62	4,31	1,25	2,32	0,18	4,46	1,21	2,53	0	3,91	1,25	1,55	0,95	4,25
7.Wählpause	1,23	1,79	0,67	4,34	1,23	2,11	0,35	4,39	1,18	2,36	0	3,75	1,28	3,23	0	4,38	1,23	1,63	0,83	4,31
alle Wählpausen	1,64	1,86	1,42	6,29	1,67	2,01	1,33	6,20	1,59	2,08	1,10	5,87	1,67	2,36	0,98	6,20	1,65	1,80	1,50	6,22
Internverkehr einer Nebenstellenanlage																				
Wählverzug	2,54	3,47	1,61	13,52	2,50	4,59	0,41	13,82	2,34	4,80	0	10,00	2,02	6,30	0	11,69	2,48	3,25	1,71	13,13
1.Wählpause	1,11	1,37	0,85	3,69	1,17	1,76	0,58	3,87	1,18	2,20	0,16	4,09	1,13	2,47	0	3,60	1,13	1,35	0,91	3,78
2.Wählpause	1,20	1,48	0,92	4,03	1,22	1,84	0,60	4,04	1,28	2,53	0,03	4,94	1,20	2,63	0	3,78	1,20	1,44	0,96	4,06
3.Wählpause	1,16	1,45	0,87	3,90	1,16	1,76	0,56	3,76	1,09	1,99	0,19	3,40	1,32	3,47	0	5,28	1,16	1,40	0,92	3,91
alle Wählpausen	1,16	1,32	1,00	3,90	1,18	1,52	0,84	3,89	1,19	1,80	0,58	4,20	1,21	2,13	0,29	4,20	1,16	1,30	1,02	3,94

Tabelle 2 Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung des Wählverzugs bei Wiederholungen

Mittelwert M (s)

Obere und untere Grenze des Mittelwertes nach Students Test für 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit: M_{max} (s), M_{min} (s)

Mittlere quadratische Abweichung S (s)

	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)
Externverkehr einer Nebenstellenanlage				
Wiederholungen nach Anrufen mit:				
Gassenbesetzt	1,83	2,64	1,02	7,44
B-Teilnehmerbesetzt	2,11	3,61	0,61	9,14
Fehler des A-Teilnehmers	1,71	2,74	0,68	7,41
Keine Antwort des B-Teilnehmers	1,99	3,62	0,36	7,05
Internverkehr einer Nebenstellenanlage				
Wiederholungen nach Anrufen mit:				
B-Teilnehmerbesetzt	2,24	4,20	0,28	11,76
Fehler des A-Teilnehmers	2,49	5,71	0,0	11,82
Keine Antwort des B-Teilnehmers	2,36	4,86	0,0	12,99

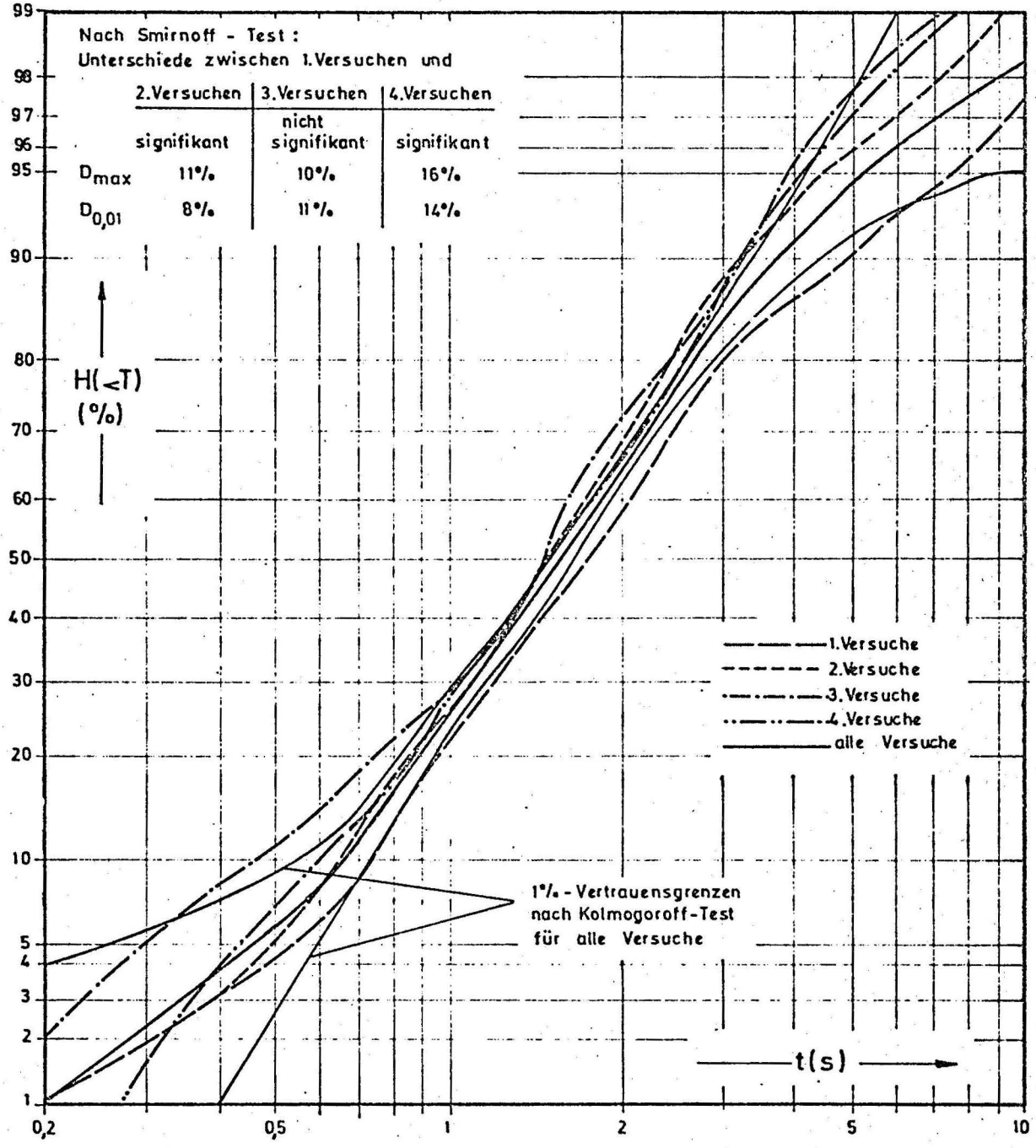

Abb. 1 : Verteilung der Wählverzugszeiten - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

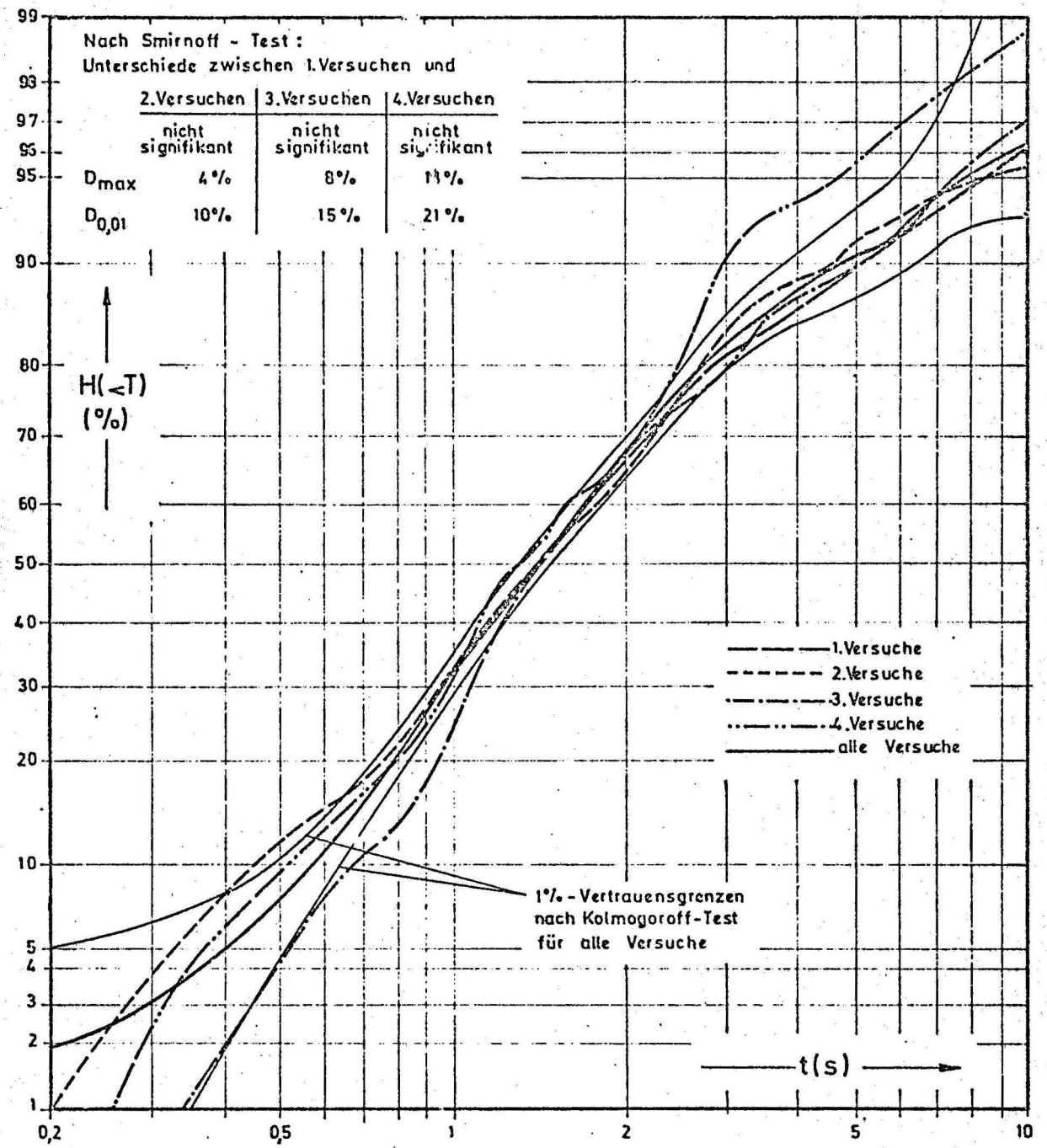

Abb. 2 : Verteilung der Wählverzugszeiten - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

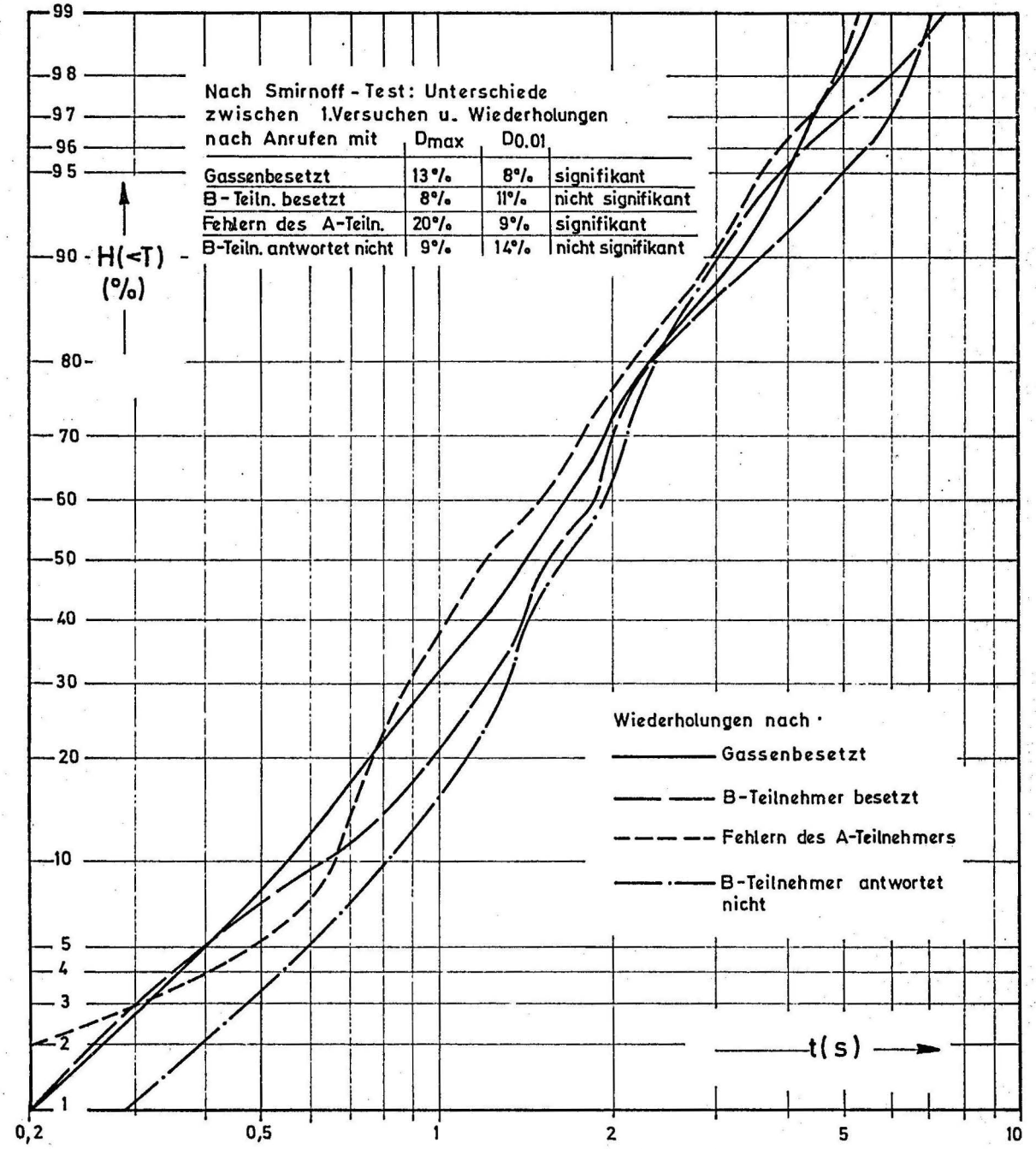

Abb. 3 : Verteilung der Wählverzugszeiten in Wiederholungen nach erfolglosen Anrufversuchen - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

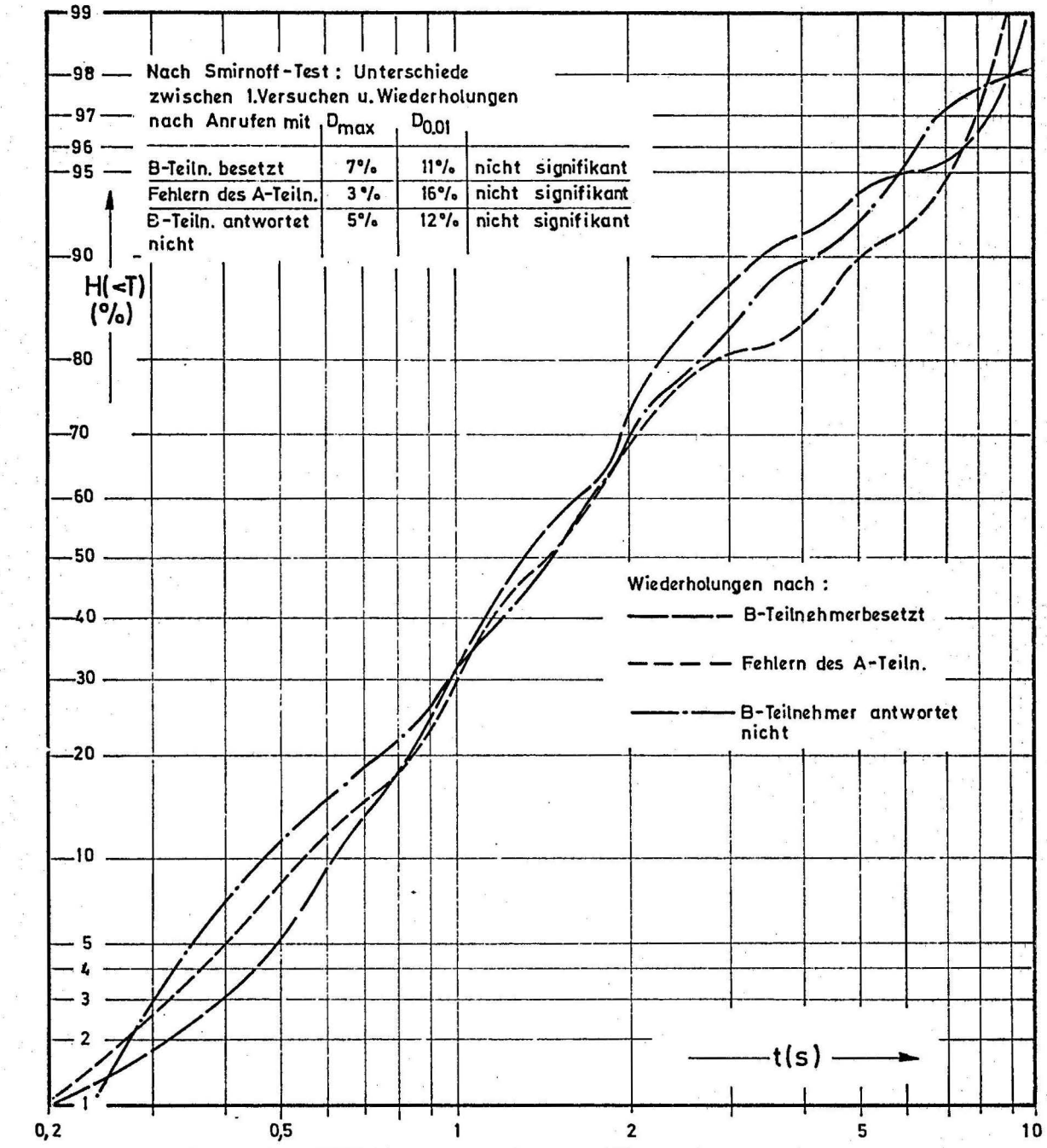

Abb. 4 : Verteilung der Wählverzugszeiten in Wiederholungen nach erfolglosen Anrufversuchen - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

größer als der in Wiederholungen, während beim Internverkehr kaum Unterschiede beobachtet werden (der niedrige Wert bei den vierten Versuchen ist aus einer so geringen Anzahl von Meßwerten errechnet, daß die Differenz nicht signifikant ist). Aus den Abbildungen 1 und 2 läßt sich das gleiche Ergebnis wie aus Tabelle 1 ablesen : Unterschiede zwischen den Verteilungen in ersten Versuchen und denen in Wiederholungen sind (mit einer Ausnahme) signifikant im Externverkehr und nicht signifikant im Internverkehr.

Es liegt nahe, den Grund für das unterschiedliche Verhalten der Teilnehmer darin zu suchen, daß im Externverkehr Wiederholungen vornehmlich aufgrund von Gassenbesetztfällen vorkommen, während der Hauptgrund im Internverkehr Nichtmelden des B-Teilnehmers ist (siehe /1/). Um diese Vermutung nachzuprüfen, ist eine zusätzliche Auswertung vorgenommen worden, deren Ergebnis in Tabelle 2 und in den Abbildungen 3 und 4 zu sehen ist. Tabelle 2 zeigt Mittelwert und Streuung der Wählverzugsdauer in Wiederholungen, geordnet nach Ursachen der Erfolgslosigkeit in den vorangegangenen Versuchen. Die niedrigsten Werte zeigen im Externverkehr Wiederholungen nach Gassenbesetzt und nach Teilnehmerfehlern; im Internverkehr sind dagegen keine deutlichen Differenzen erkennbar. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen ebenfalls nur zwischen ersten Versuchen und Wiederholungen nach Gassenbesetzt und Teilnehmerfehlern im Externverkehr signifikante Unterschiede. Berücksichtigt man, daß die externen Anrufe mit Fehlern im wesentlichen durch Wahl gesperrter Rufnummern zustandekommen (siehe /1/), so läßt sich das Ergebnis so formulieren: Die Wählverzugsdauer ist gegenüber anderen Anrufen signifikant kürzer in Wiederholungen nach Versuchen, die erfolglos sind infolge Blockierung oder Sperrung der Vermittlungseinrichtung.

3.2. Wählpausen

Die Ergebnisse der Messung der Wählpausendauer sind in Tabelle 1 und in den Abbildungen 13 bis 24 dargestellt. In Tabelle 1 sind Mittelwert und Streuung der Dauer der 1. bis 7. Wählpause und aller Wählpausen für den 1. bis 4. Versuch und alle

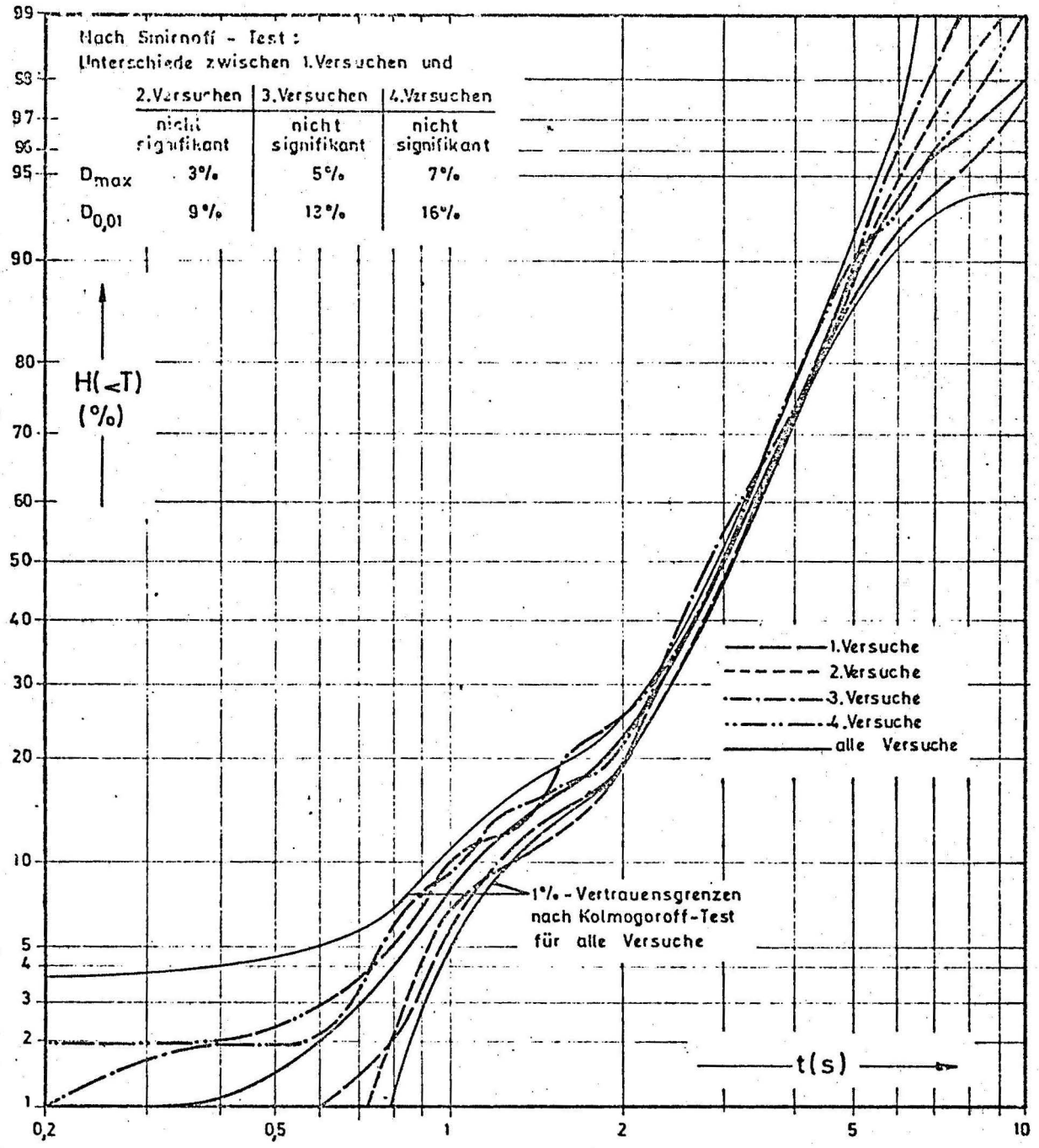

Abb. 5 : Verteilungsfunktion der Dauer der 1.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

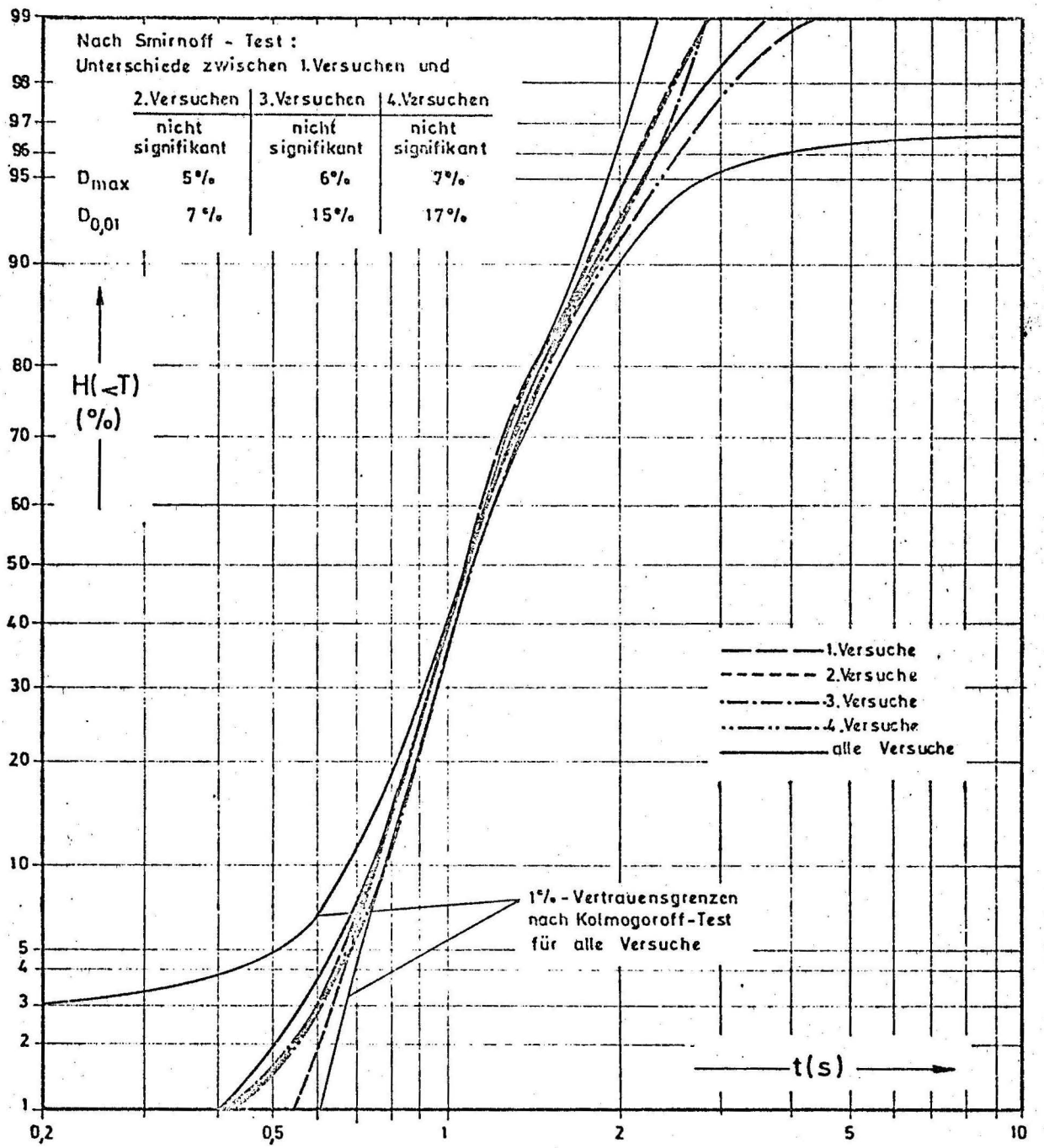

Abb. 6 : Verteilungsfunktion der Dauer der 2.Wählpause -. Externverkehr einer Nebenstellenanlage

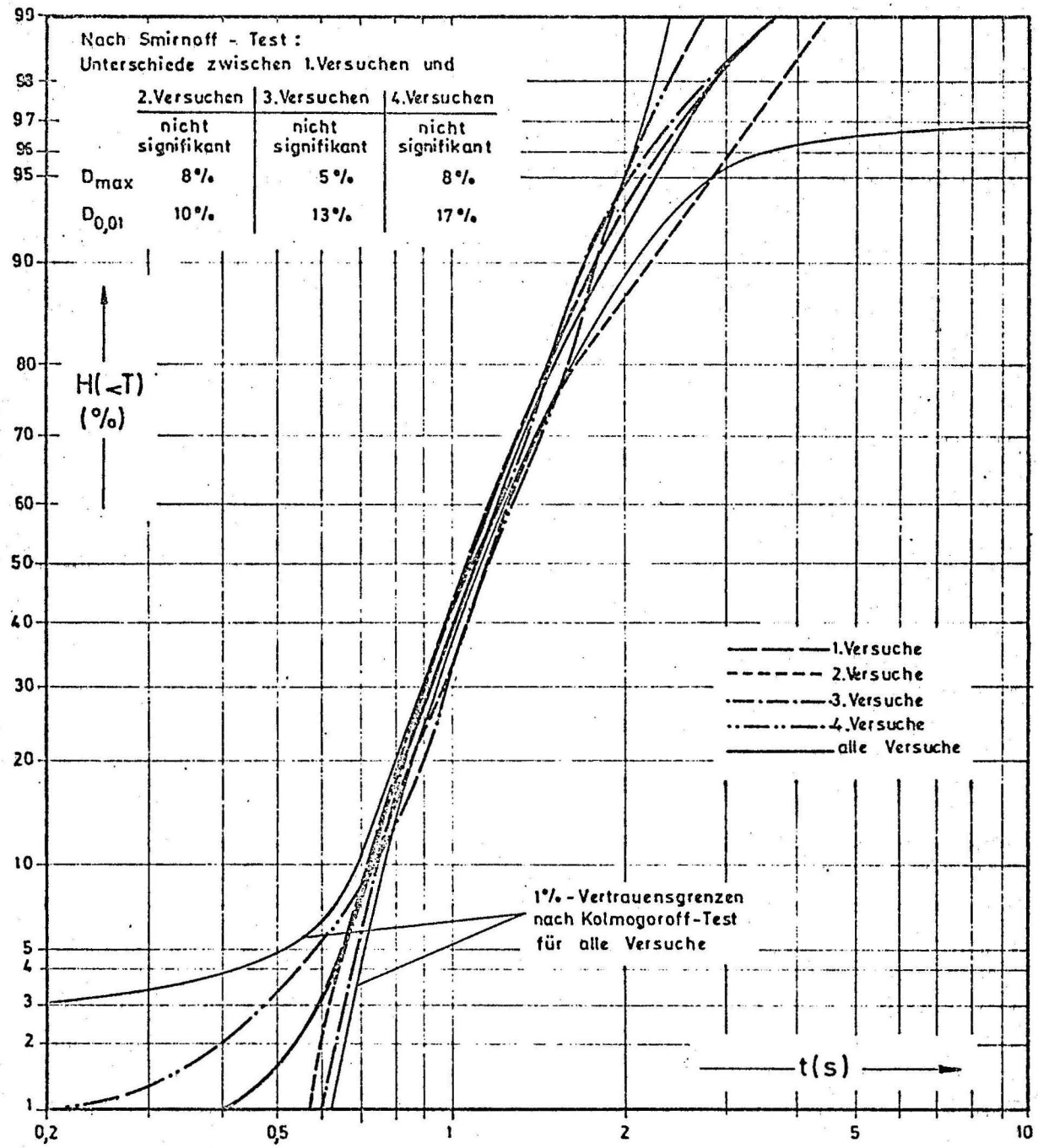

Abb. 7 : Verteilungsfunktion der Dauer der 3.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

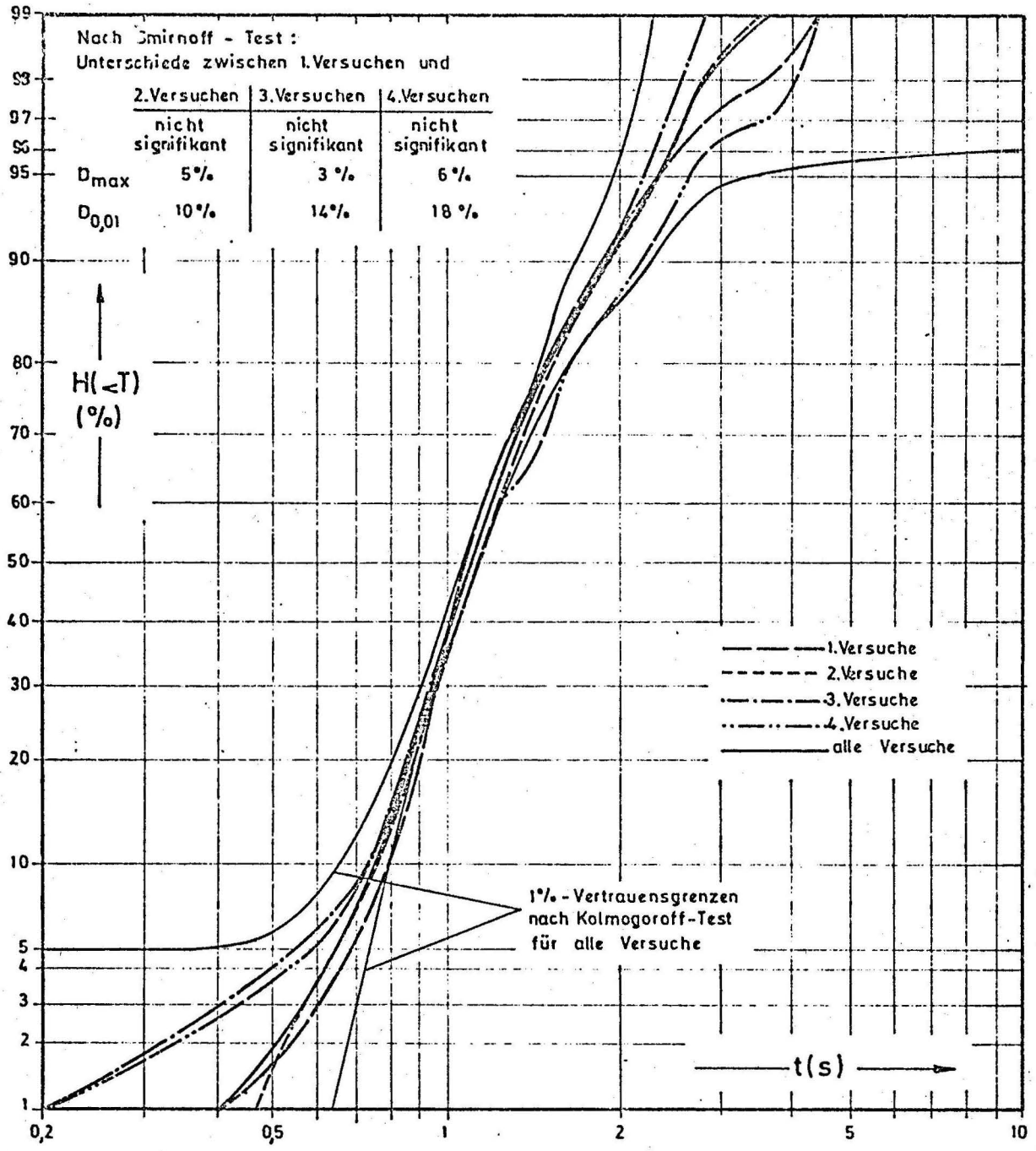

Abb. 8 : Verteilungsfunktion der Dauer der 4.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

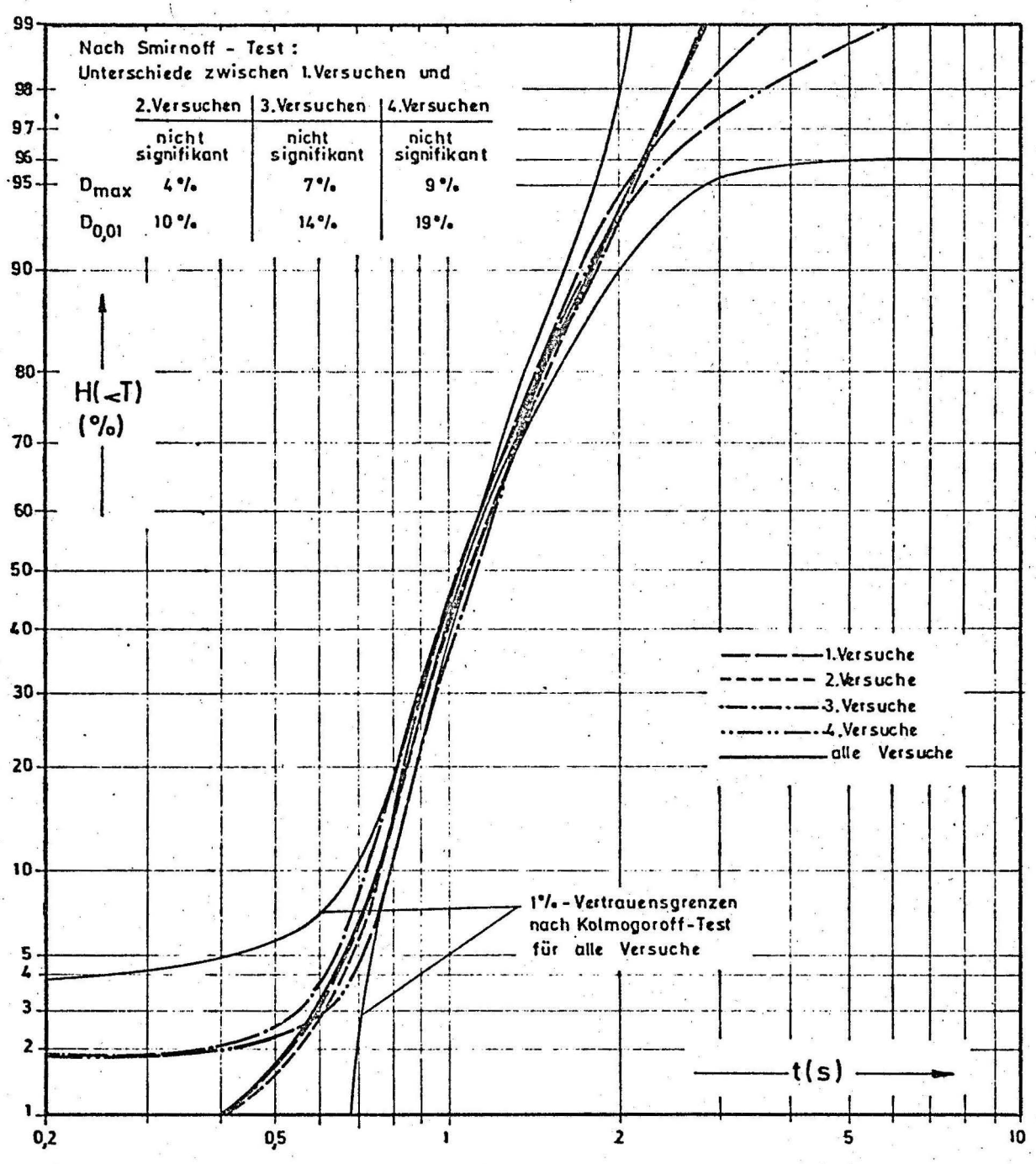

Abb. 9 : Verteilungsfunktion der Dauer der 5.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

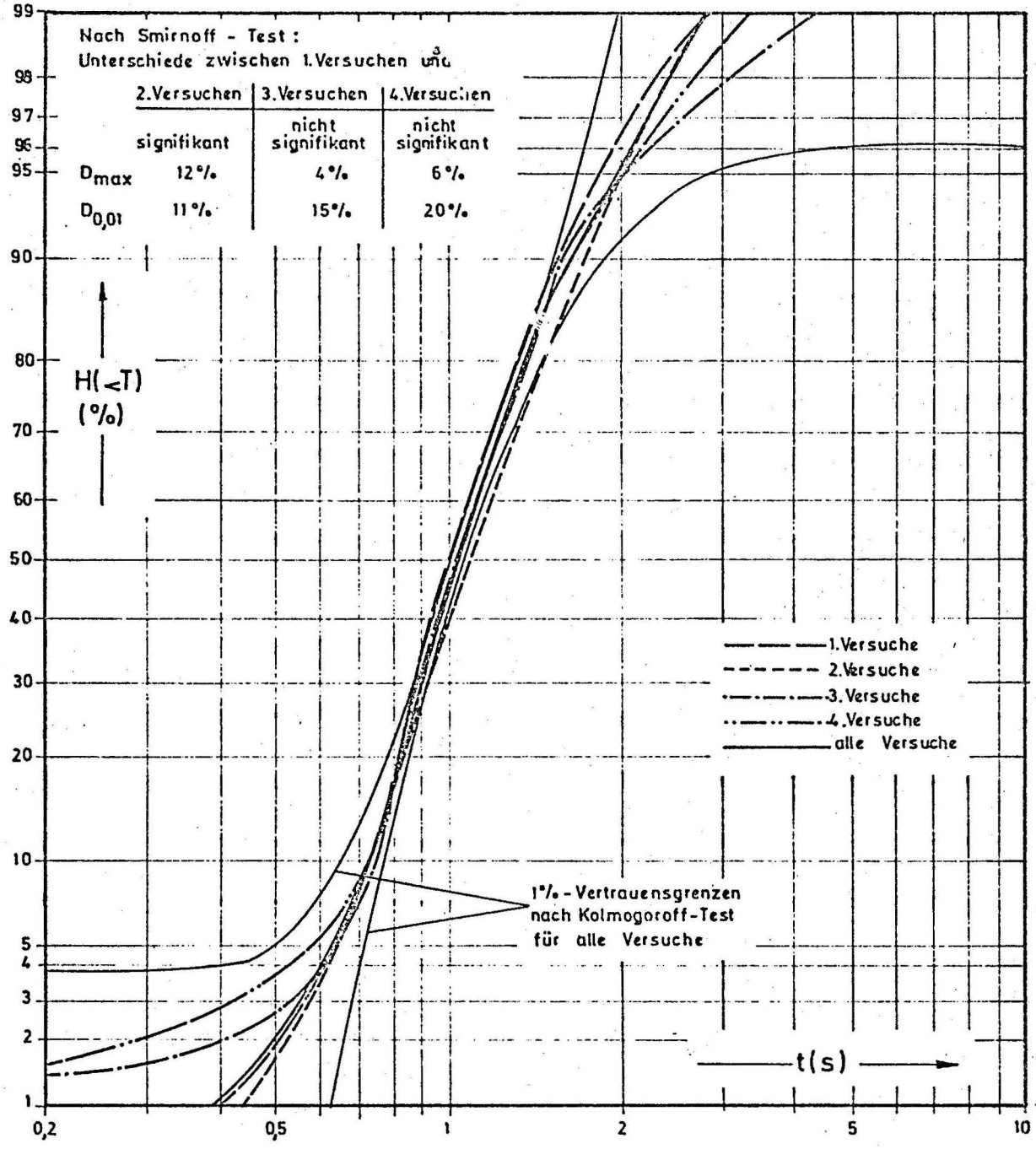

Abb. 10 : Verteilungsfunktion der Dauer der 6.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

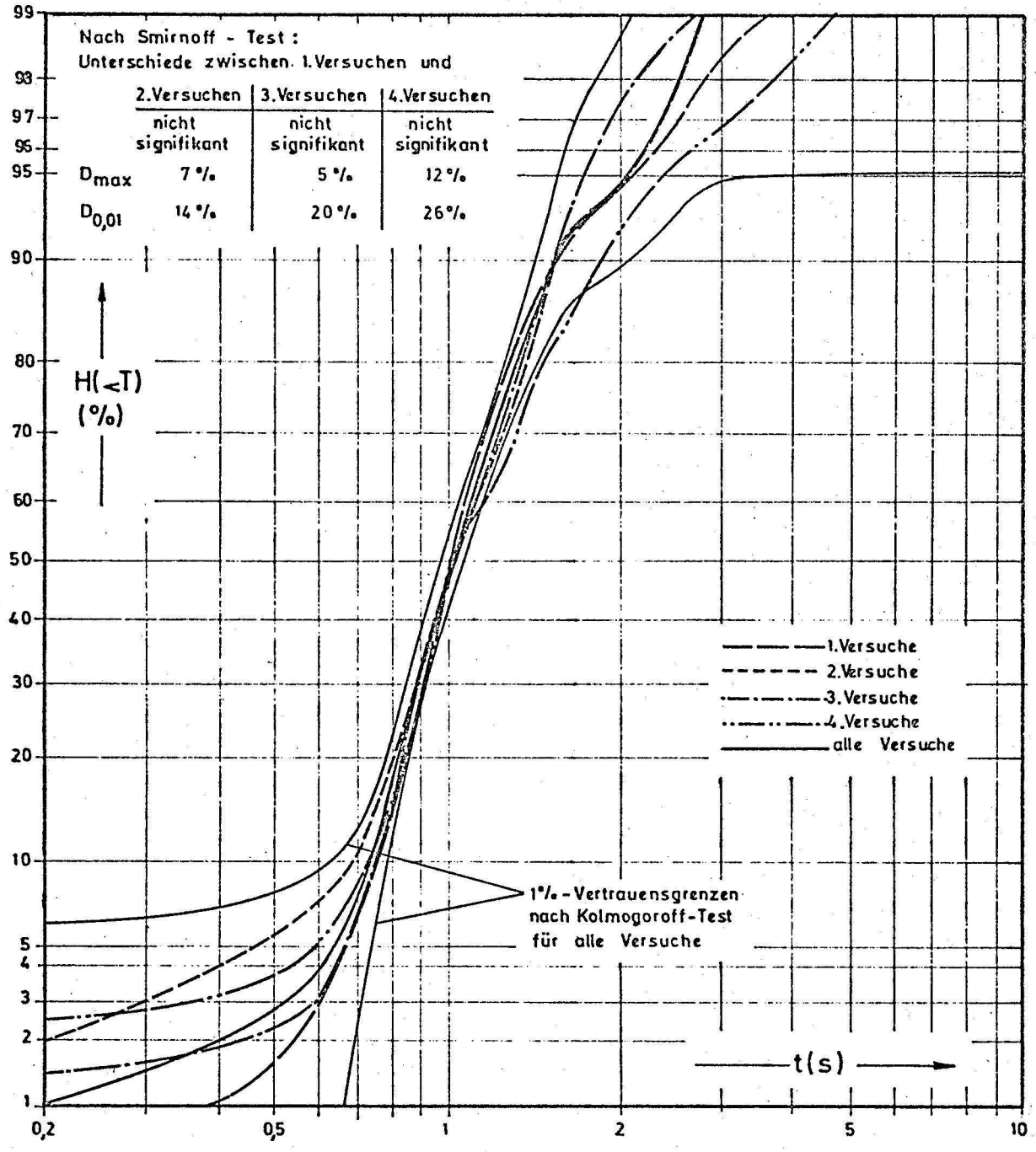

Abb. 11 : Verteilungsfunktion der Dauer der 7.Wählpause - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

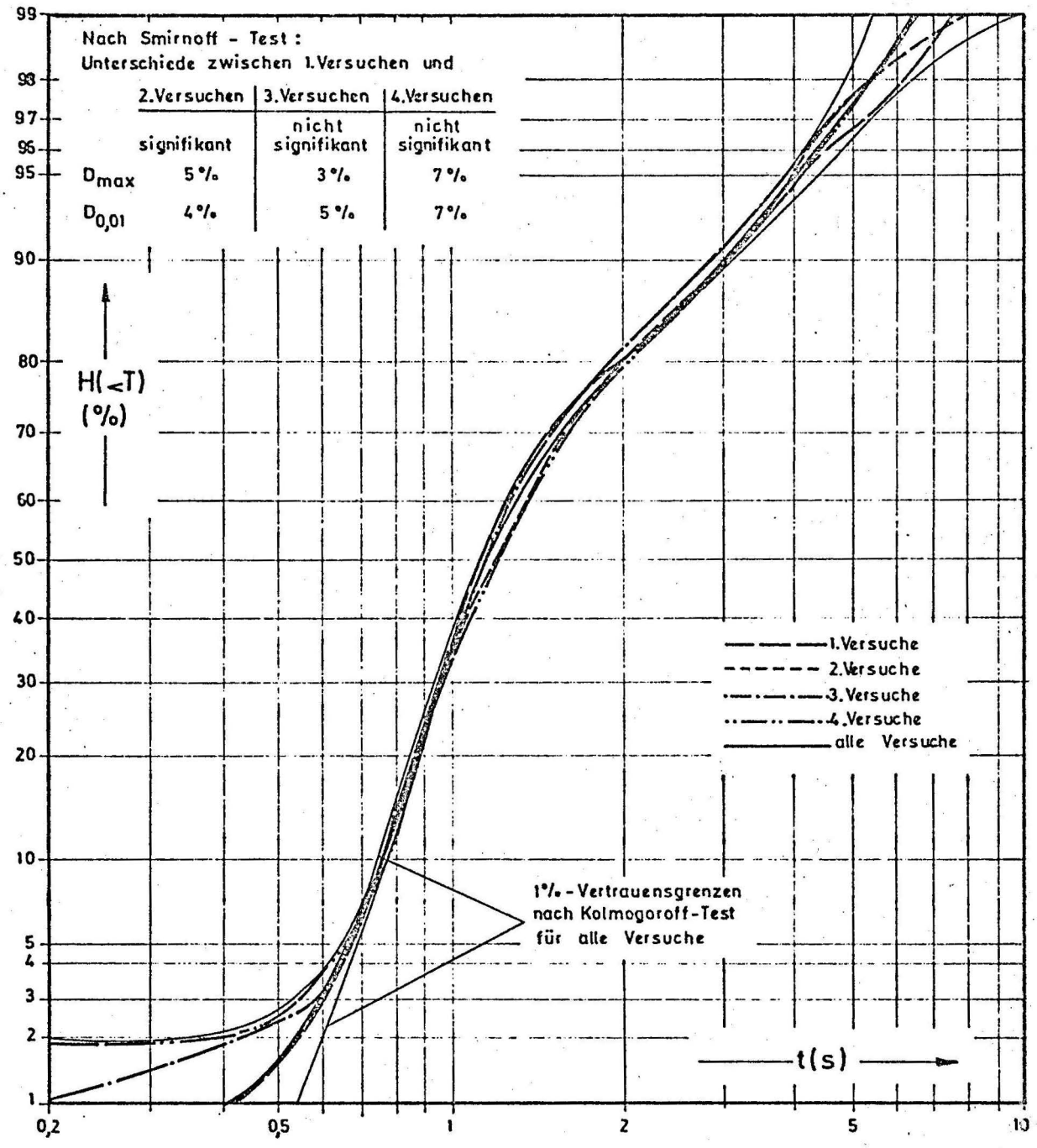

Abb. 12 : Verteilungsfunktion der Dauer aller Wählpausen - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

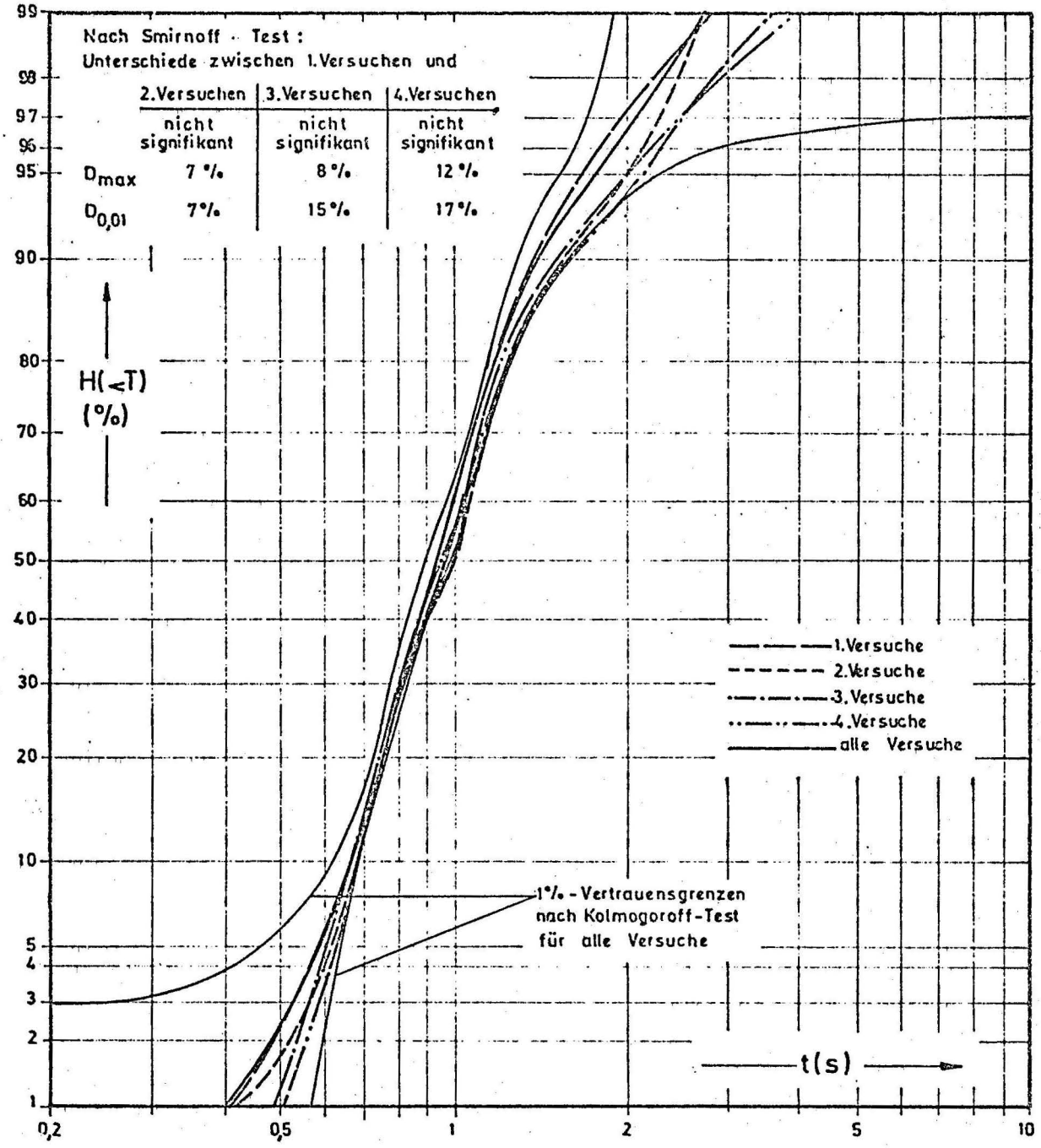

Abb. 13 : Verteilungsfunktion der Dauer der 1.Wählpause - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

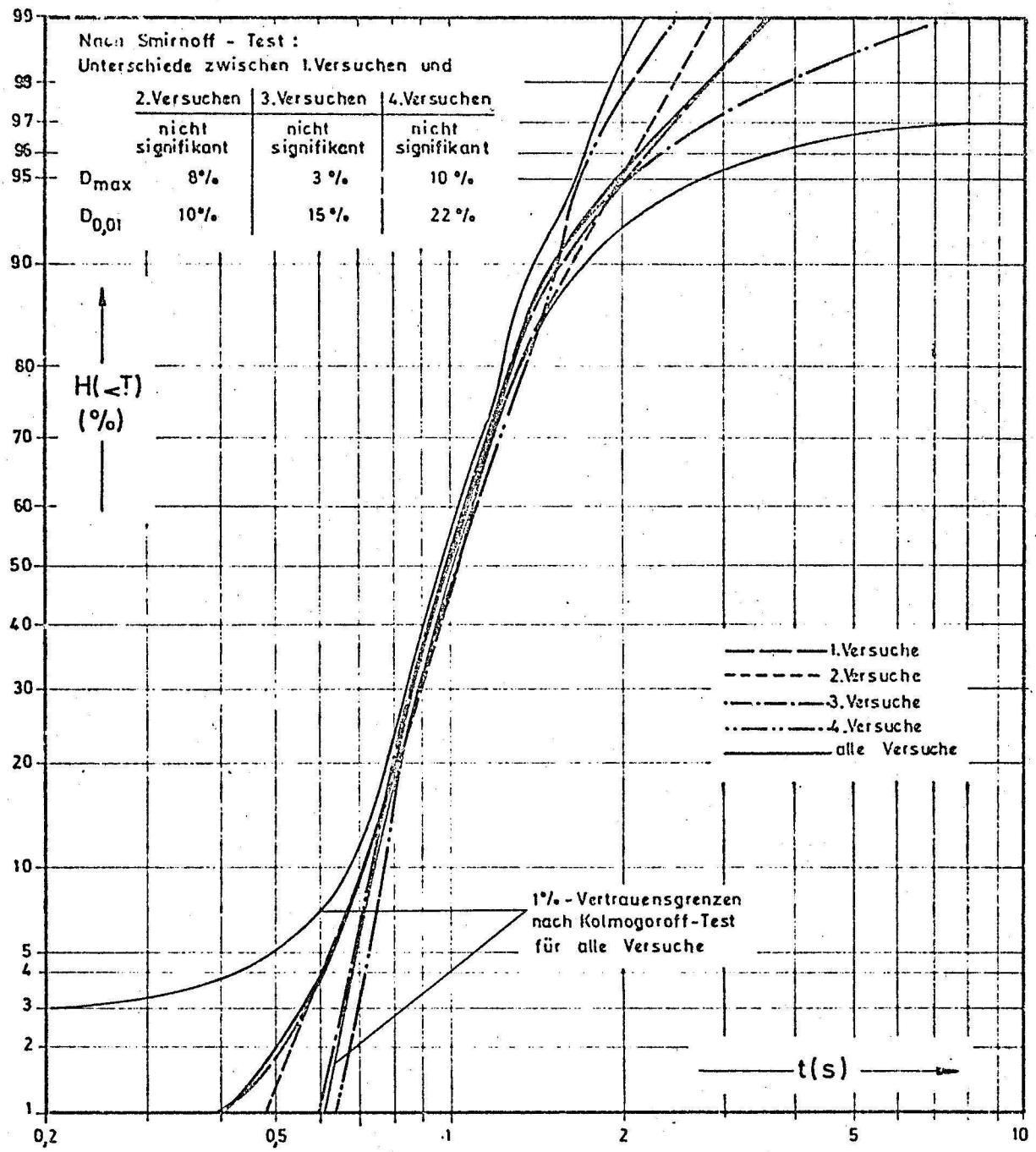

Abb. 14 : Verteilungsfunktion der Dauer der 2.Wählpause - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

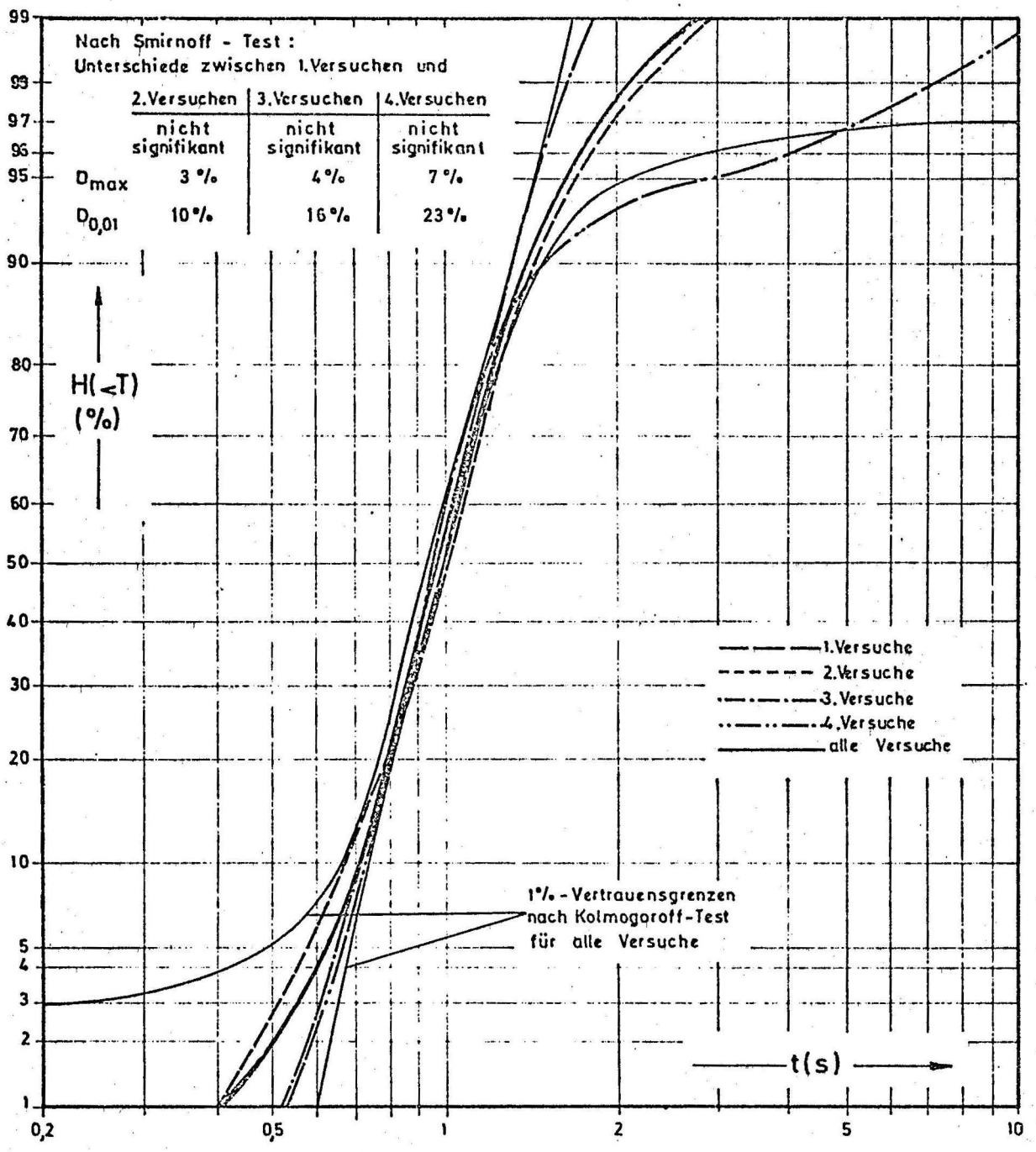

Abb. 15 : Verteilungsfunktion der Dauer der 3.Wählpause - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

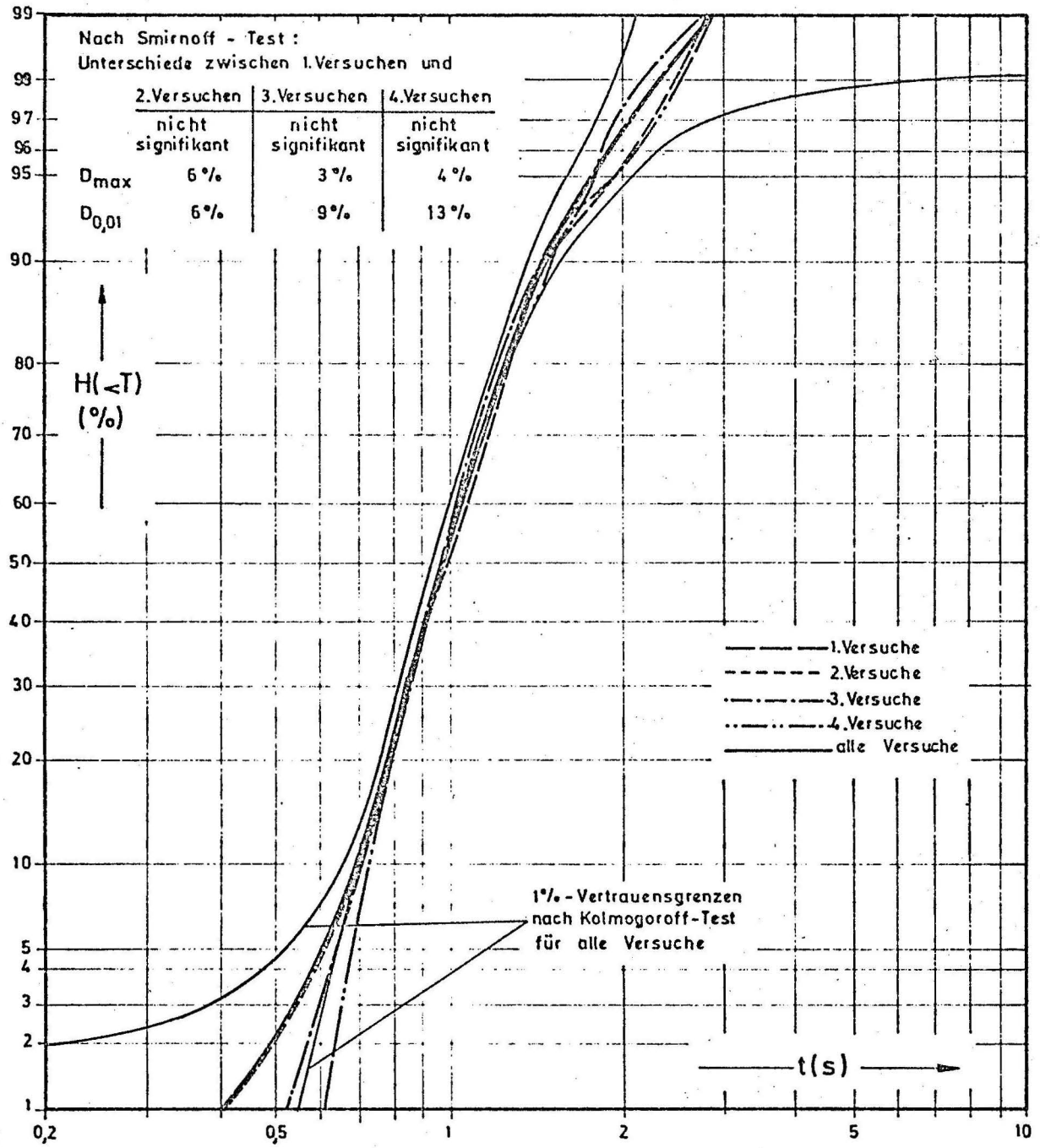

Abb. 16 : Verteilungsfunktion der Dauer aller Wählpausen - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

Versuche in externen Belegungen angegeben.

Die im Vergleich mit den übrigen Wählpausen längere Dauer der 1. Wählpause im Externverkehr ist dadurch bedingt, daß der Nebenstellenteilnehmer nach Wahl der Ausscheidungsziffer für externe Verbindungen, Null, auf den Wählton des Ortsnetzes warten muß, bis er mit der Wahl der gewünschten Teilnehmernummer beginnen kann. Die Wartezeit bis zum Empfang des Wähltons ist je nach Verkehrsbelastung der Amtsverbindungssätze unterschiedlich lang; die gemessene Zeit ist also nicht nur vom Teilnehmer abhängig (In einer zweiten Meßreihe, deren Ergebnisse in einem späteren Bericht zusammengestellt werden, ist zusätzlich die Zeit vom Ende der Wählserie bis zum Empfang des Wähltons gemessen, so daß systemabhängiger und teilnehmerabhängiger Anteil des Intervalls getrennt werden können).

Die Unterschiede zwischen den restlichen Wählpausen und zwischen Anrufversuchen verschiedener Ordnungszahl sind gering und liegen innerhalb der nach Students Test errechneten Schwankungen der Mittelwerte. Läßt man die 1. Wählpause außer Betracht, so ergibt sich für alle Anrufversuche eine mittlere Wählpausendauer von 1,30 s.

Für das Ortsnetz stellt die hier gemessene 1. Wählpause den Wählverzug, die 2. bis 7. Wählpause stellen die 1. bis 6. Wählpause dar.

Im Internverkehr ist die Wählpausendauer praktisch unabhängig von der Ordnungszahl der Wählpause und des Anrufversuchs. Der Mittelwert aller Intervalle ist 1,16 s.

Nach Students Test zum Vergleich zweier Mittelwerte ist der Unterschied zwischen Externverkehr (ohne 1. Wählpause) und Internverkehr signifikant ($| t | = 8,0$; $t_\beta = 2,576 \rightarrow | t | > t_\beta$).

Die Verteilung der Wählpausendauern im Externverkehr ist in den Abbildungen 5 bis 12 dargestellt. In Bild 5 erkennt man einen Anteil von etwa 10 % mit kurzer Dauer, die ungefähr der der übrigen Wählpausen entspricht. Da in dieser Messung

Versuche in externen Belegungen angegeben.

Die im Vergleich mit den übrigen Wählpausen längere Dauer der 1. Wählpause im Externverkehr ist dadurch bedingt, daß der Nebenstellenteilnehmer nach Wahl der Ausscheidungsziffer für externe Verbindungen, Null, auf den Wählton des Ortsnetzes warten muß, bis er mit der Wahl der gewünschten Teilnehmernummer beginnen kann. Die Wartezeit bis zum Empfang des Wähltons ist je nach Verkehrsbelastung der Amtsverbindungssätze unterschiedlich lang; die gemessene Zeit ist also nicht nur vom Teilnehmer abhängig (In einer zweiten Meßreihe, deren Ergebnisse in einem späteren Bericht zusammengestellt werden, ist zusätzlich die Zeit vom Ende der Wählserie bis zum Empfang des Wähltons gemessen, so daß systemabhängiger und teilnehmerabhängiger Anteil des Intervalls getrennt werden können).

Die Unterschiede zwischen den restlichen Wählpausen und zwischen Anrufversuchen verschiedener Ordnungszahl sind gering und liegen innerhalb der nach Students Test errechneten Schwankungen der Mittelwerte. Läßt man die 1. Wählpause außer Betracht, so ergibt sich für alle Anrufversuche eine mittlere Wählpausendauer von 1, 30 s.

Für das Ortsnetz stellt die hier gemessene 1. Wählpause den Wählverzug, die 2. bis 7. Wählpause stellen die 1. bis 6. Wählpause dar.

Im Internverkehr ist die Wählpausendauer praktisch unabhängig von der Ordnungszahl der Wählpause und des Anrufversuchs. Der Mittelwert aller Intervalle ist 1, 16 s.

Nach Students Test zum Vergleich zweier Mittelwerte ist der Unterschied zwischen Externverkehr (ohne 1. Wählpause) und Internverkehr signifikant ($| t | = 8,0$; $t_\beta = 2,576 \rightarrow | t | > t_\beta$).

Die Verteilung der Wählpausendauern im Externverkehr ist in den Abbildungen 5 bis 12 dargestellt. In Bild 5 erkennt man einen Anteil von etwa 10 % mit kurzer Dauer, die ungefähr der der übrigen Wählpausen entspricht. Da in dieser Messung

die Wartezeit bis zum Wähltonempfang nicht gemessen wurde, kann nicht entschieden werden, ob bei diesen Belegungen der Amtsverbindungssatz ohne Verzögerung durchgeschaltet oder der Teilnehmer weitergewählt hat, ohne auf den Wählton zu warten. In den Abbildungen 6 bis 11 sind keine wesentlichen Abweichungen von der logarithmischnormalen Verteilung zu erkennen. Unterschiede zwischen den ersten Versuchen und ihren Wiederholungen sind nicht signifikant außer in den Abbildungen 10 und 12. Eine Erklärung für diese Abweichungen kann nicht gegeben werden. Die Verteilung aller Wählpausen (Abbildung 12) stellt eine Mischverteilung dar; das Abknicken der Kurven oberhalb 70 % ist durch die Werte der 1. Wählpause verursacht.

Die Verteilung der Wählpausendauern im Internverkehr ist in den Abbildungen 13 bis 16 dargestellt. Wesentliche Abweichungen von der logarithmisch-normalen Form sind nicht zu erkennen, und Unterschiede zwischen den ersten Versuchen und ihren Wiederholungen sind nicht signifikant.

3.3. Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bzw. Gesprächsbeginn

Die Ergebnisse der Messung der Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bzw. Gesprächsbeginn sind in den Tabellen 3 u. 5 und in den Abbildungen 17 bis 28 dargestellt.

In Tabelle 3 sind Mittelwert und Streuung der gemessenen Zeiten zusammengestellt. Zunächst soll der Externverkehr diskutiert werden. Bei Anrufen mit Gassenbesetzt und mit " B-Teilnehmer besetzt " sind die Besetztton-Anhörzeiten der Wiederholungen kürzer als die der 1. Versuche. Der Teilnehmer ist offenbar bei den in kurzen Abständen folgenden Wiederholungen bereits darauf eingestellt, den Besetztton zu hören, erkennt ihn daher schneller und legt dann sofort auf. Auch bei Anrufen mit Teilnehmerfehlern ist eine Differenz zu erkennen; jedoch ist sie wegen der geringen Anzahl von Werten nicht signifikant. Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers zeigen keine Unterschiede zwischen 1. Versuchen und Wiederholungen ; d.h. der

Tabelle 3 Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung der Intervalle zwischen Wahlende und Auflegen des A-Teilnehmers bei erfolglosen und Gesprächsbeginn bei erfolgreichen Anrufen

	Mittelwert	Obere und untere Grenze des Mittelwertes nach Students Test für 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit		Mittlere quadratische Abweichung	Unterschied zwischen den Mittelwerten der 1.Versuche und der Wiederholungen nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit
	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	
Externverkehr einer Nebenstellenanlage					
Anrufe mit Gassenbesetzt					
1.Versuche	3,2	3,7	2,6	3,7	
Wiederholungen	2,5	2,9	2,1	3,9	signifikant
alle Versuche	2,7	3,1	2,4	3,8	
Anrufe mit B-Teilnehmerbesetzt					
1.Versuche	4,9	6,0	3,8	4,6	
Wiederholungen	4,0	4,4	3,7	2,2	signifikant
alle Versuche	4,3	4,7	3,9	3,2	
Anrufe mit Fehlern des A-Teilnehmers					
1.Versuche	5,6	8,5	2,7	13,3	
Wiederholungen	3,2	4,4	2,1	8,4	nicht signifikant
alle Versuche	3,9	5,1	2,8	10,1	
Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers					
1.Versuche	36,5	43,7	29,2	41,0	
Wiederholungen	38,8	44,5	33,0	28,9	nicht signifikant
alle Versuche	37,5	42,3	32,7	36,2	
Erfolglose Anrufe					
1.Versuche	11,8	14,9	9,7	24,8	
Wiederholungen	7,6	8,7	6,5	16,3	signifikant
alle Versuche	9,2	10,3	8,2	20,2	
Erfolgreiche Anrufe					
1.Versuche	12,9	14,1	11,7	12,1	
Wiederholungen	13,6	15,9	11,3	16,2	nicht signifikant
alle Versuche	13,2	14,4	12,0	13,8	
Internverkehr einer Nebenstellenanlage					
Anrufe mit B-Teilnehmerbesetzt					
1.Versuche	3,9	4,8	3,0	5,2	
Wiederholungen	3,3	4,0	2,7	3,9	nicht signifikant
alle Versuche	3,6	4,1	3,0	4,6	
Anrufe mit Fehlern des A-Teilnehmers					
1.Versuche	32,4	72,8	0	172,6	
Wiederholungen	8,6	14,3	2,9	14,6	signifikant
alle Versuche	25,8	54,9	0	147,1	
Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers					
1.Versuche	21,6	22,9	20,3	12,7	
Wiederholungen	20,0	22,2	17,8	12,5	nicht signifikant
alle Versuche	21,2	22,4	20,0	12,7	
Erfolglose Anrufe					
1.Versuche	18,1	23,0	13,2	61,1	
Wiederholungen	10,9	12,3	9,5	12,8	signifikant
alle Versuche	15,6	18,8	12,4	50,1	
Erfolgreiche Anrufe					
1.Versuche	9,2	9,9	8,5	7,8	
Wiederholungen	9,4	10,8	8,0	7,5	nicht signifikant
alle Versuche	9,3	9,9	8,7	7,7	

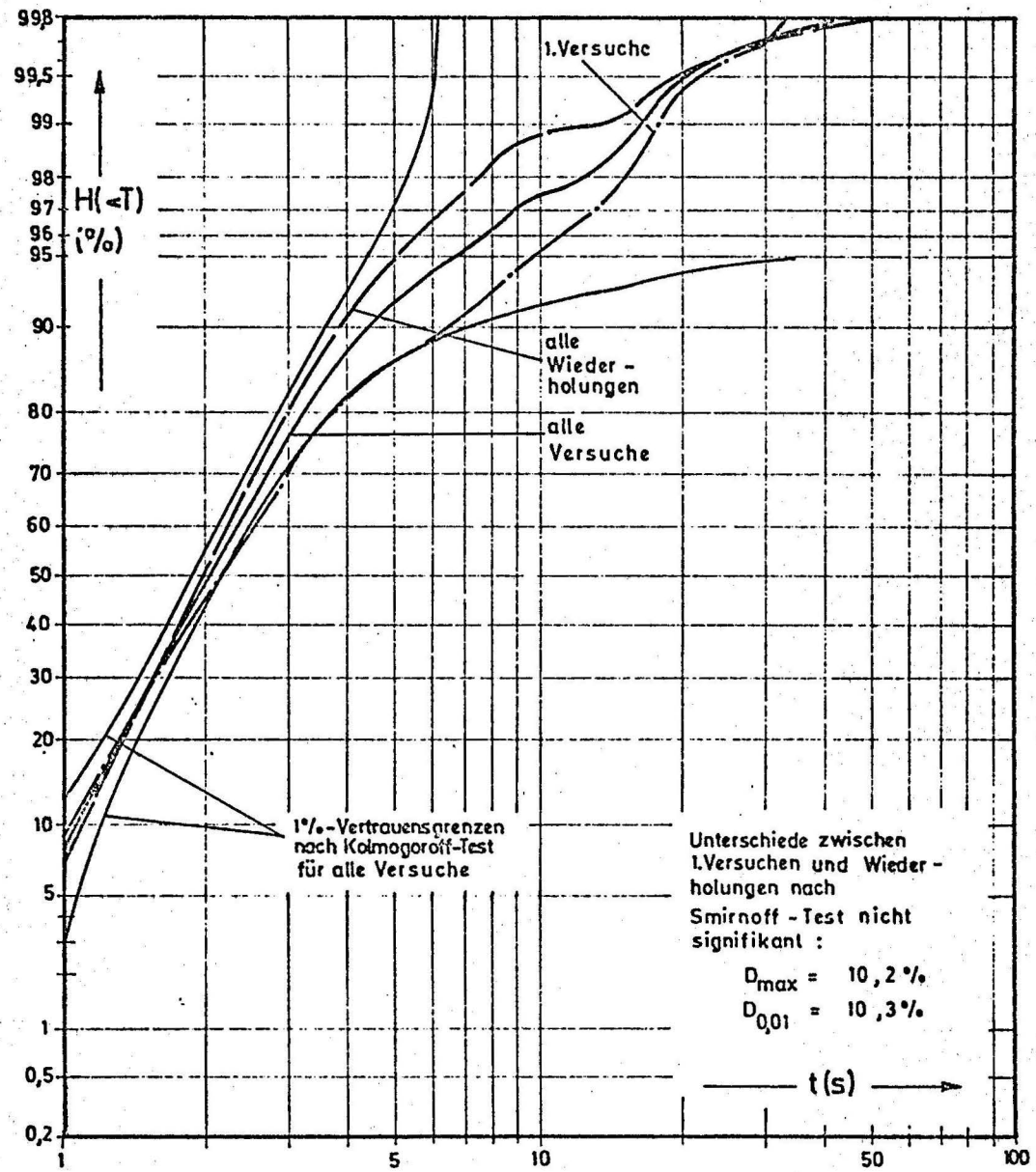

Abb. 17 : Verteilung der Hörtonanhörzeiten
bei Gassenbesetzt -
Externverkehr einer Nebenstellenanlage

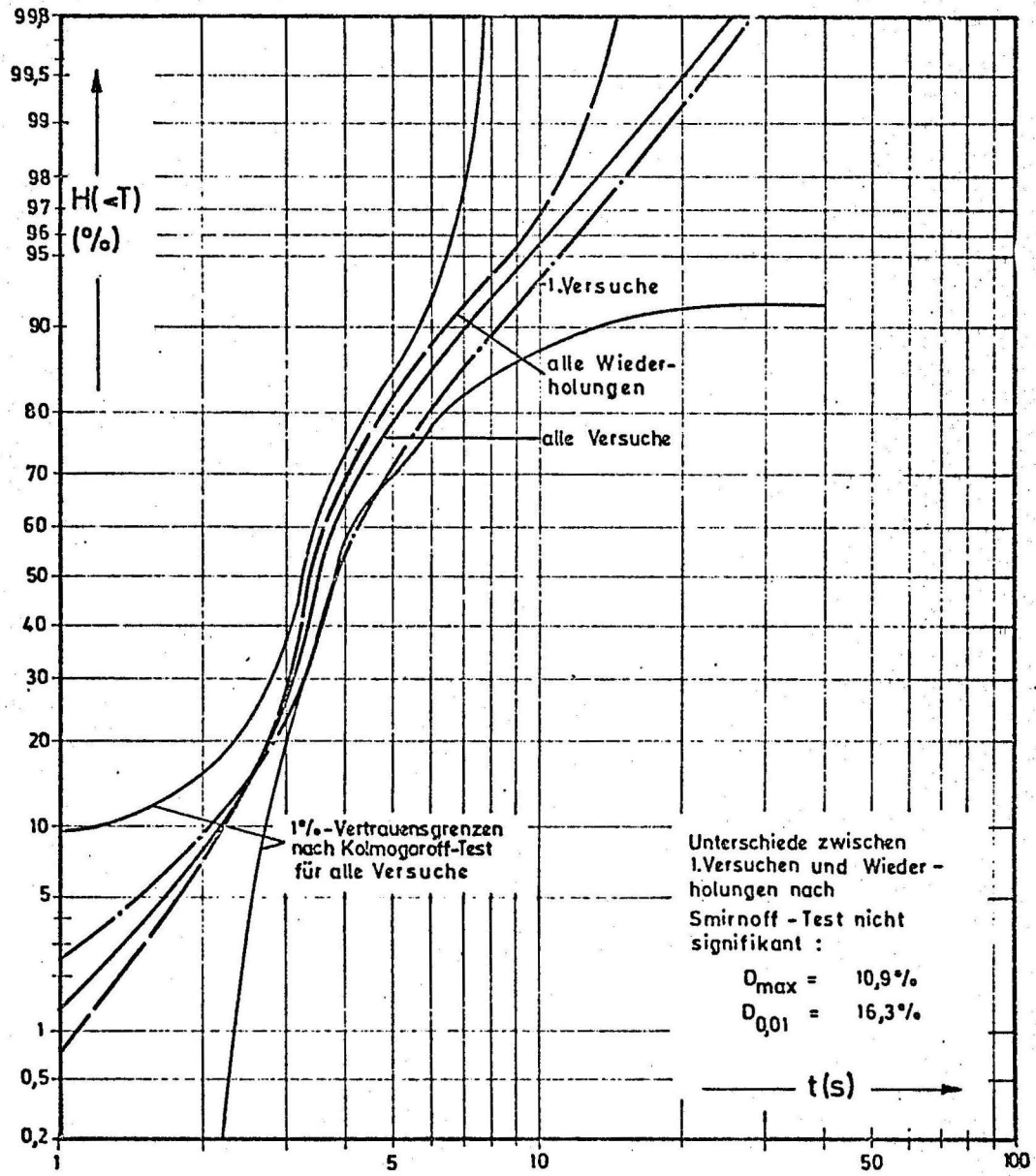

Abb. 18 : Verteilung der Hörtonanhörzeiten
bei B-Teilnehmerbesetzt -
Externverkehr einer Nebenstellenanlage

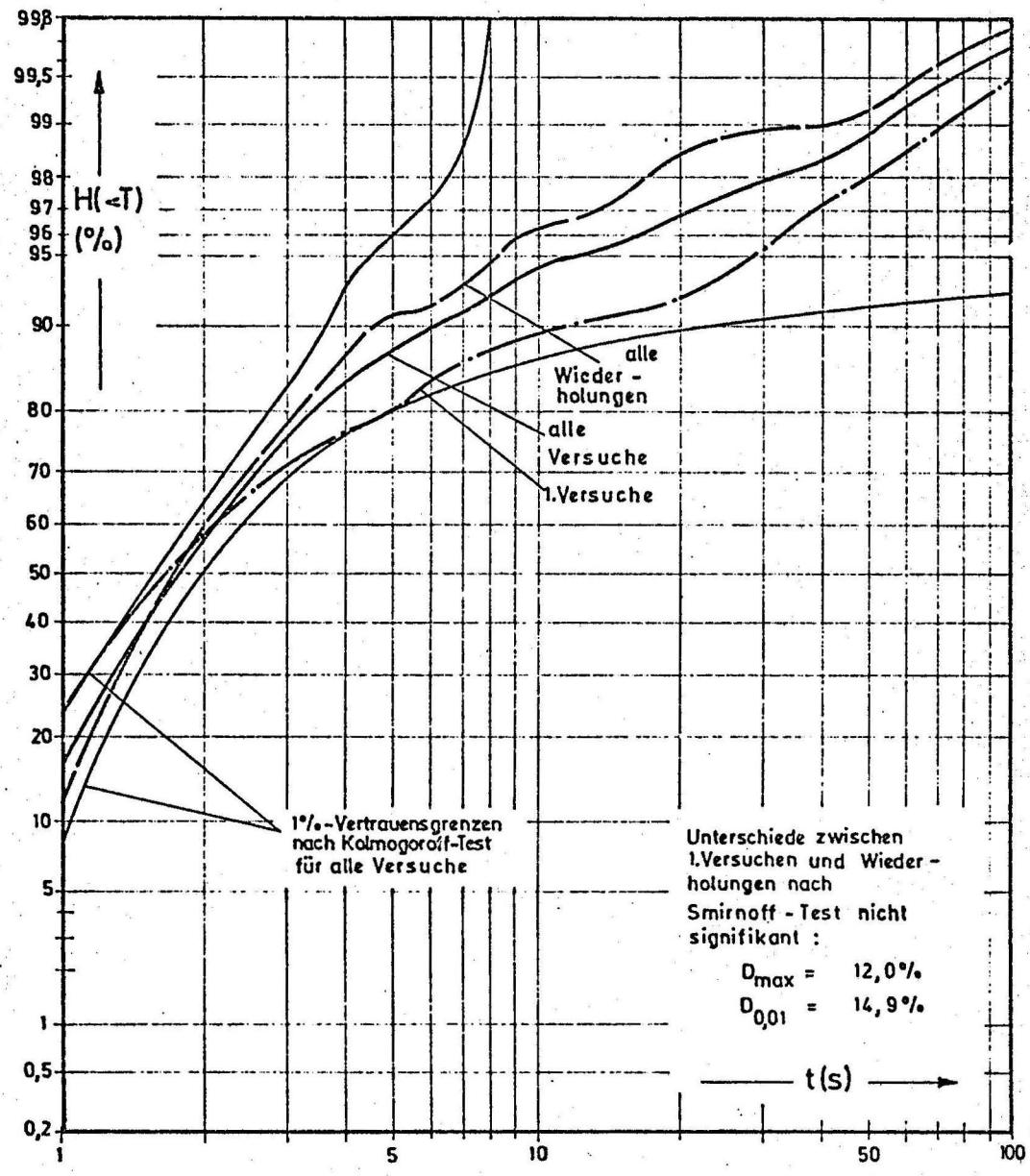

Abb. 19 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bei Fehlern des A-Teilnehmers - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

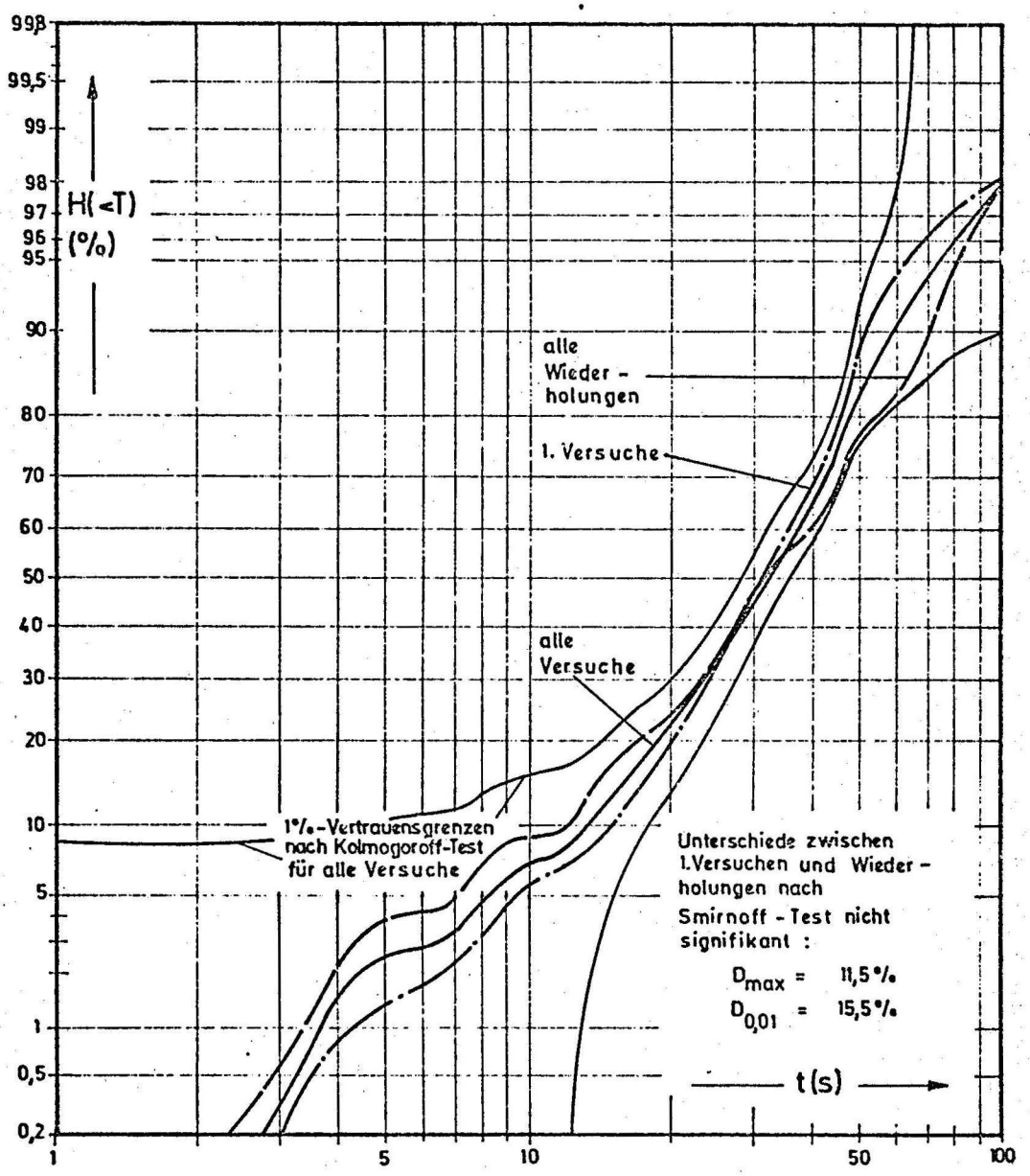

Abb. 20 : Verteilung der Hörtonanhörzeiten bei Anrufen ohne Antwort des B-Teilnehmers - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

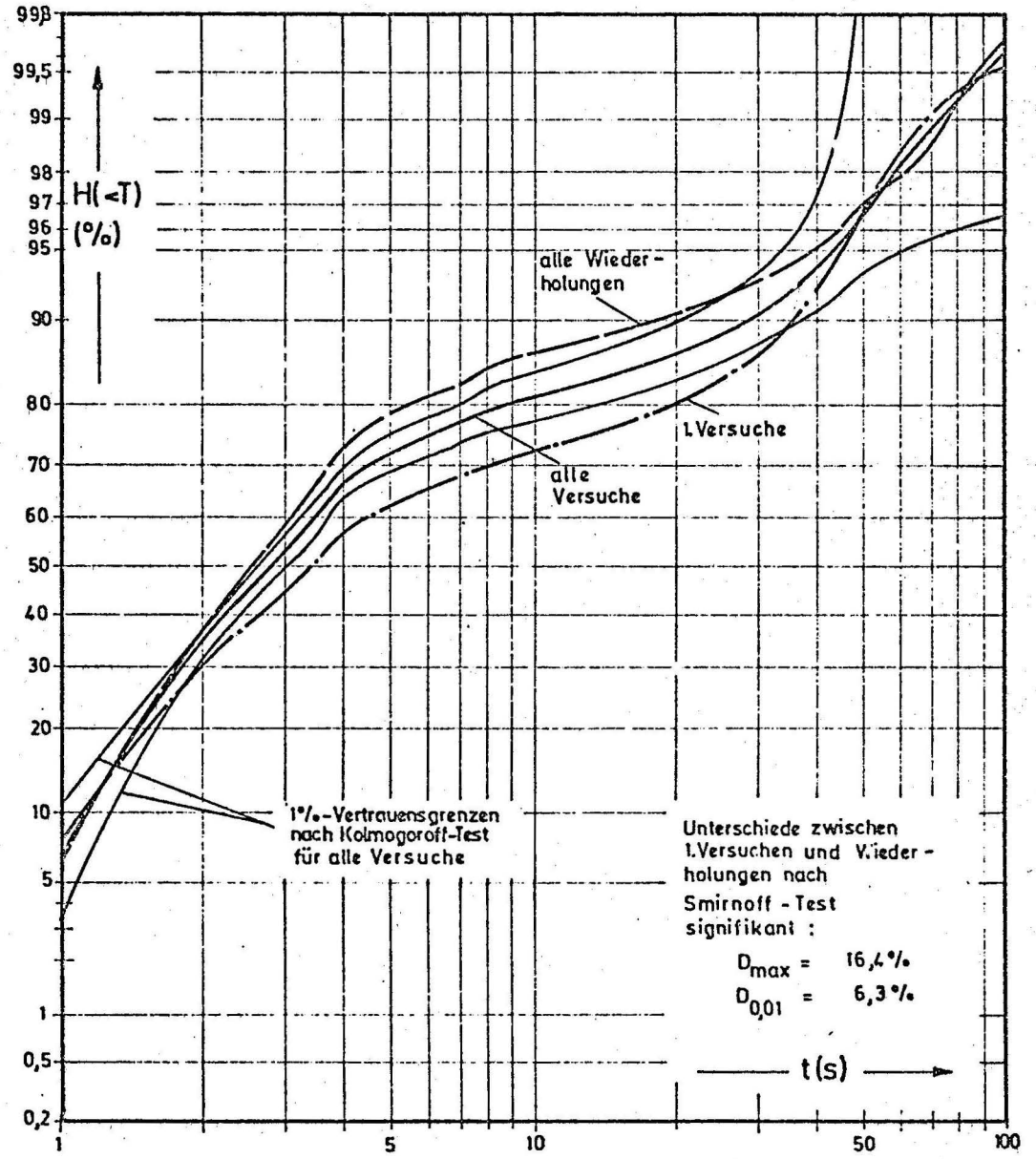

Abb. 21 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bei erfolglosen Anrufversuchen - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

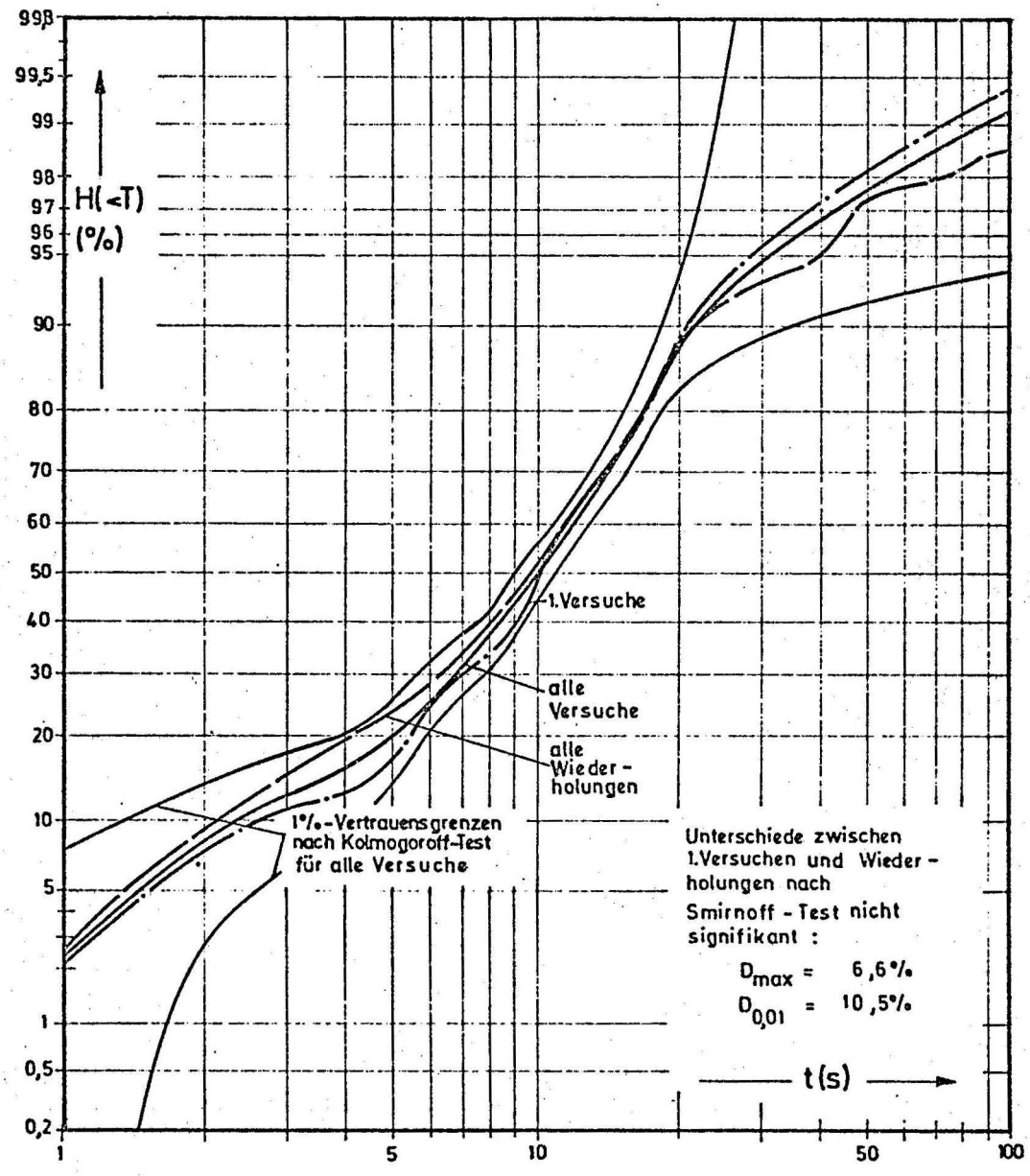

Abb. 22 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Gesprächsbeginn - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

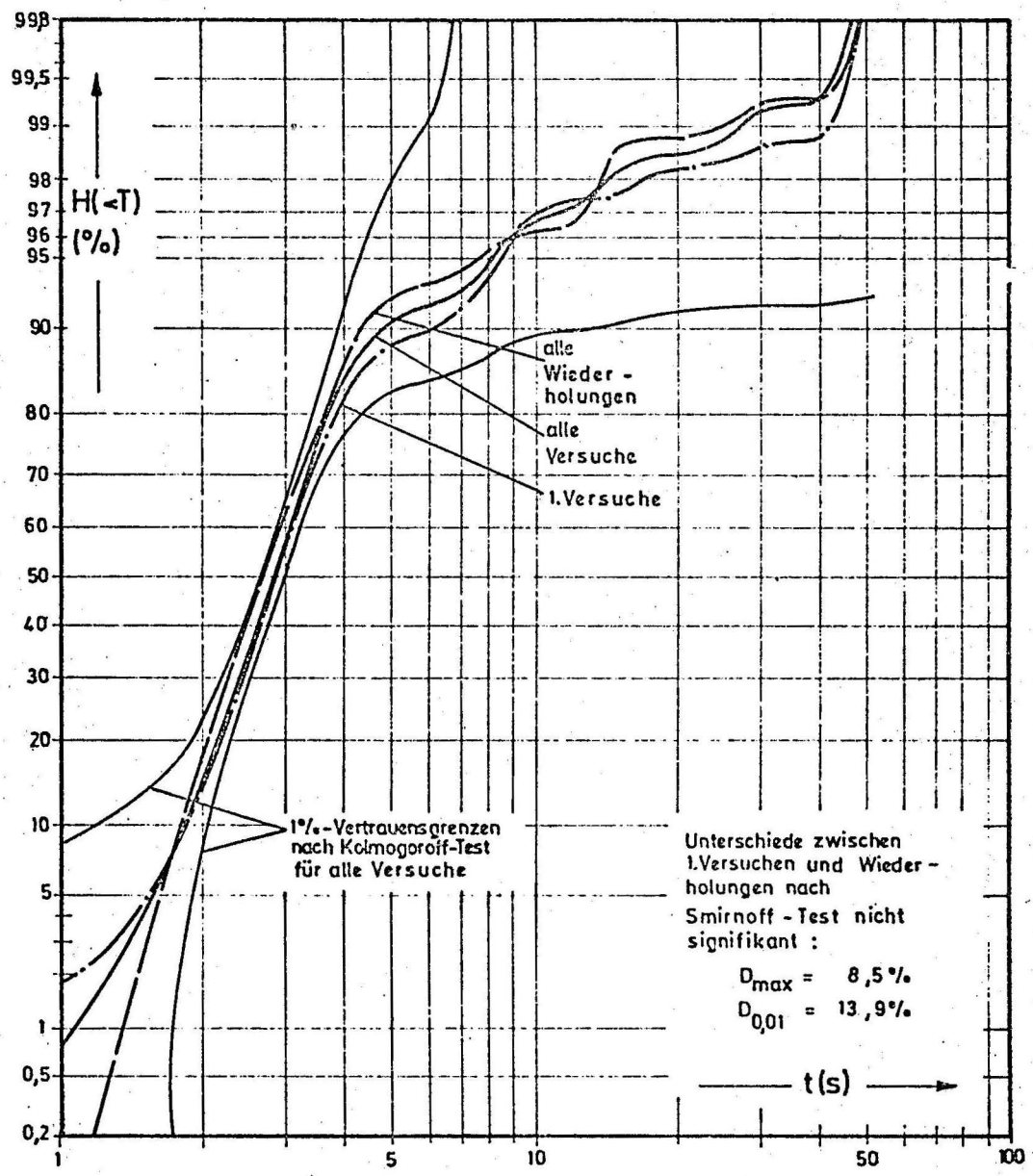

Abb. 23 : Verteilung der Hörtonanhörzeiten
bei B-Teilnehmerbesetzt -
Internverkehr einer Nebenstellenanlage

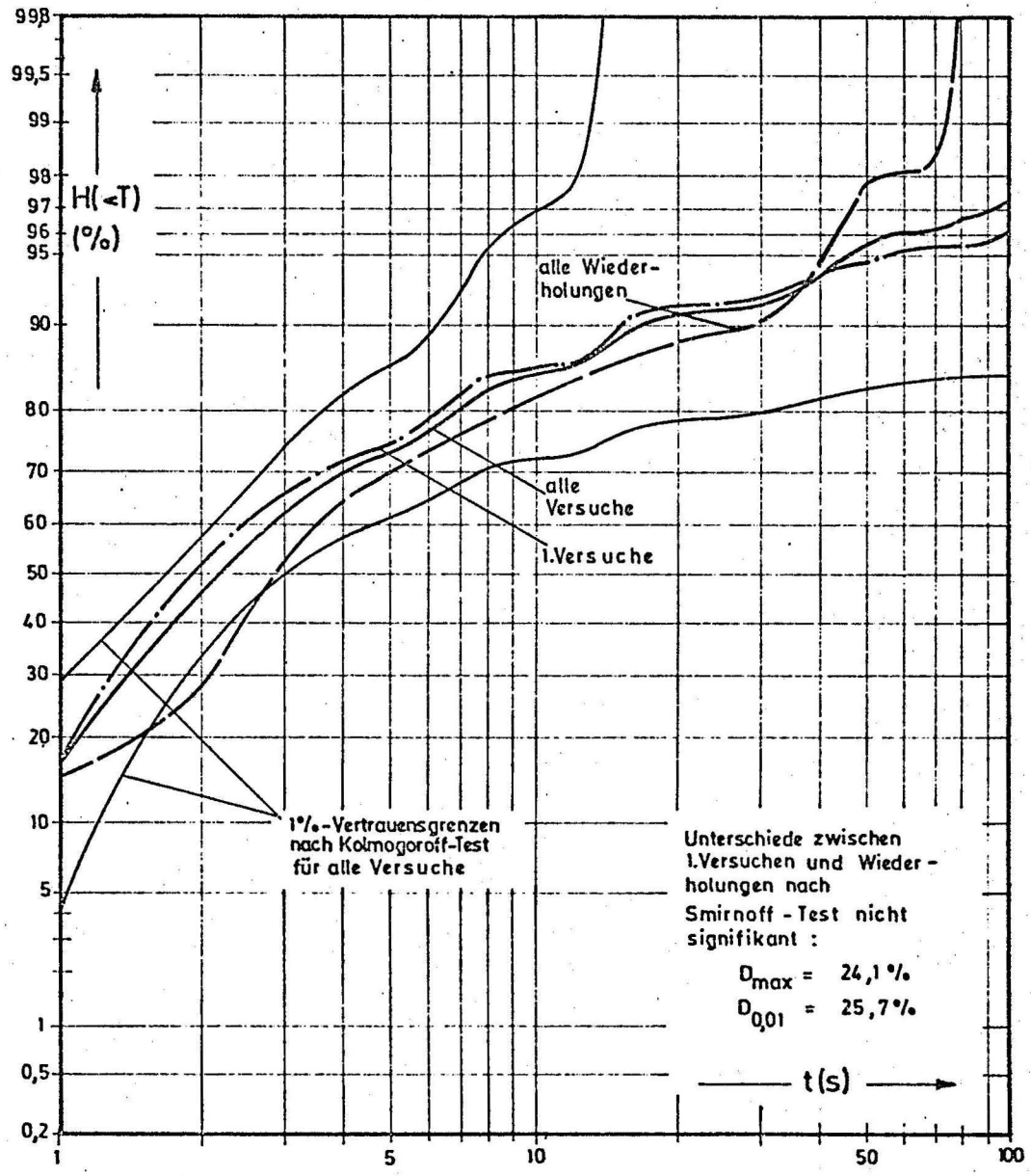

Abb. 24 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bei Fehlern des A-Teilnehmers - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

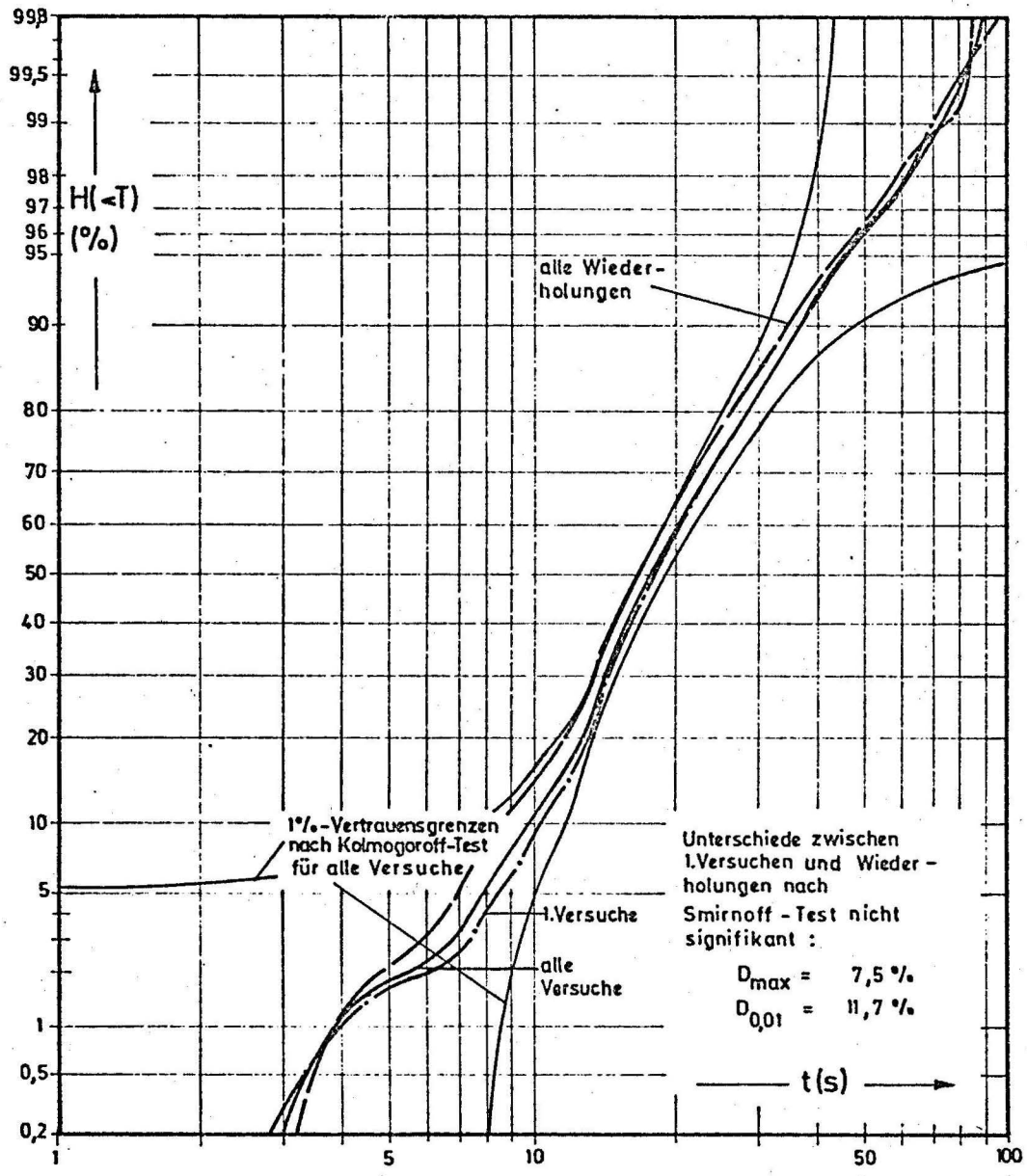

Abb. 25 : Verteilung der Ruftonanhörzeiten bei Anrufen ohne Antwort des B-Teilnehmers - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

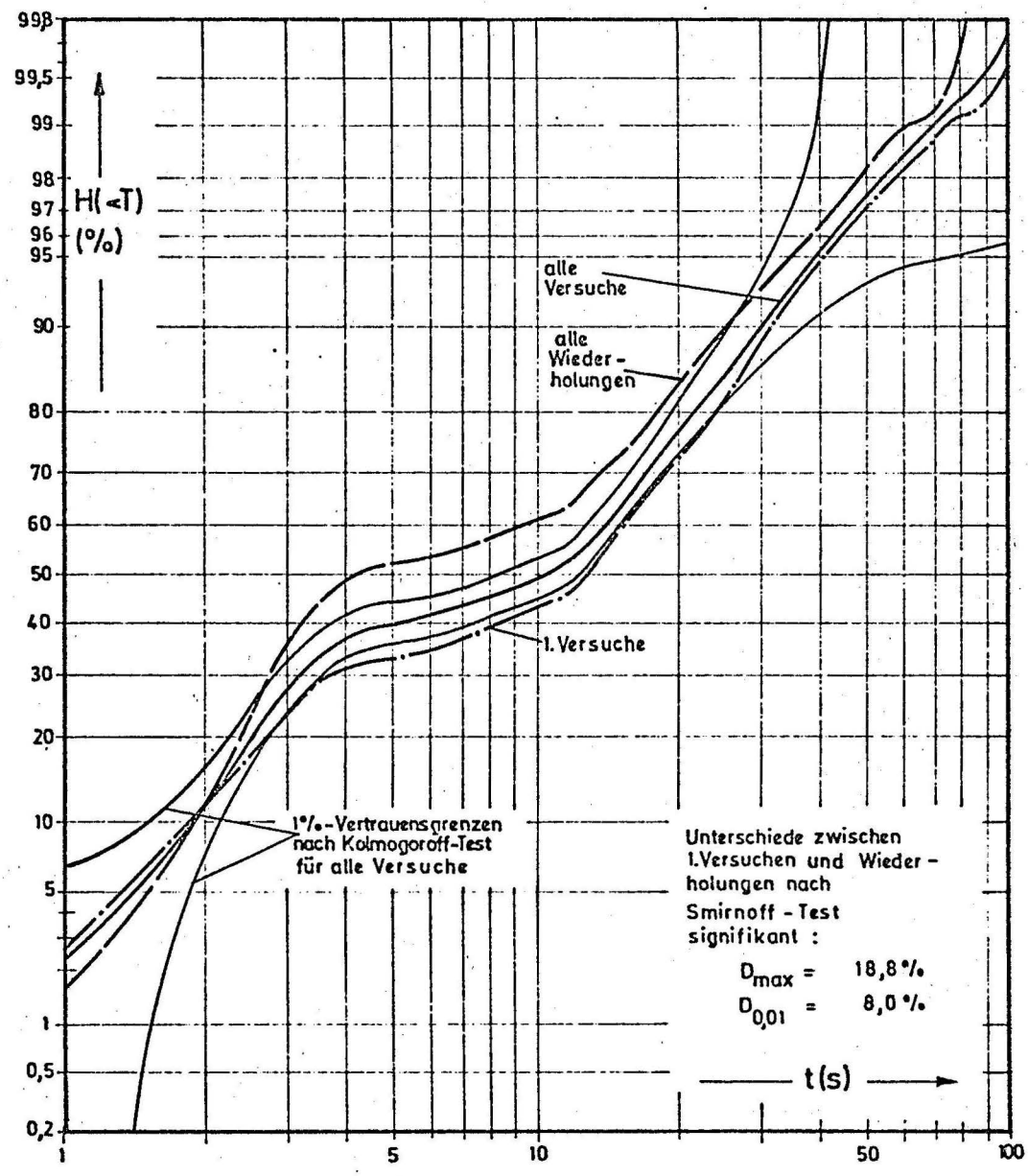

Abb. 26 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Auflegen bei erfolglosen Anrufen - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

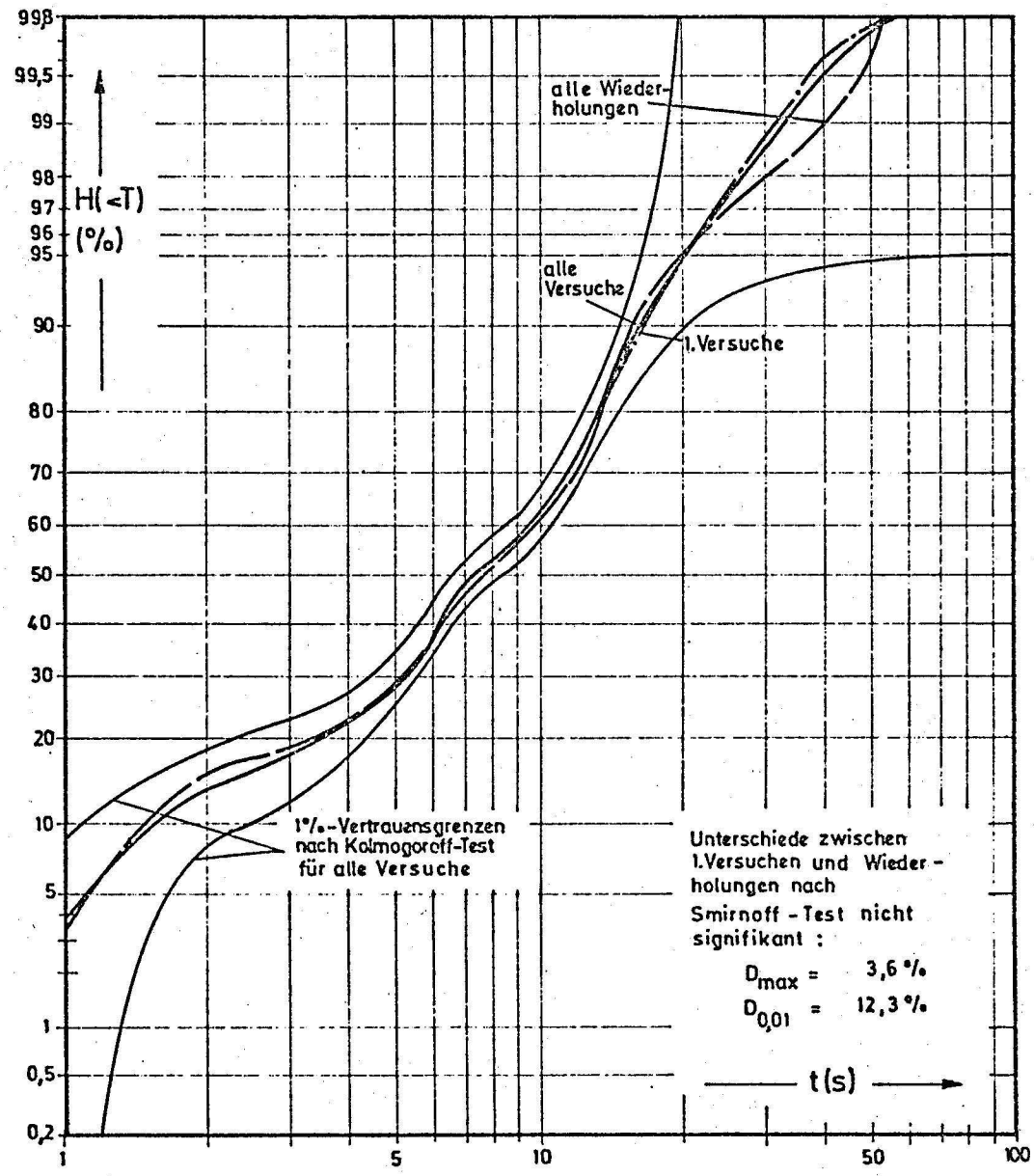

Abb. 27 : Verteilung der Intervalle zwischen Wählende und Gesprächsbeginn - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

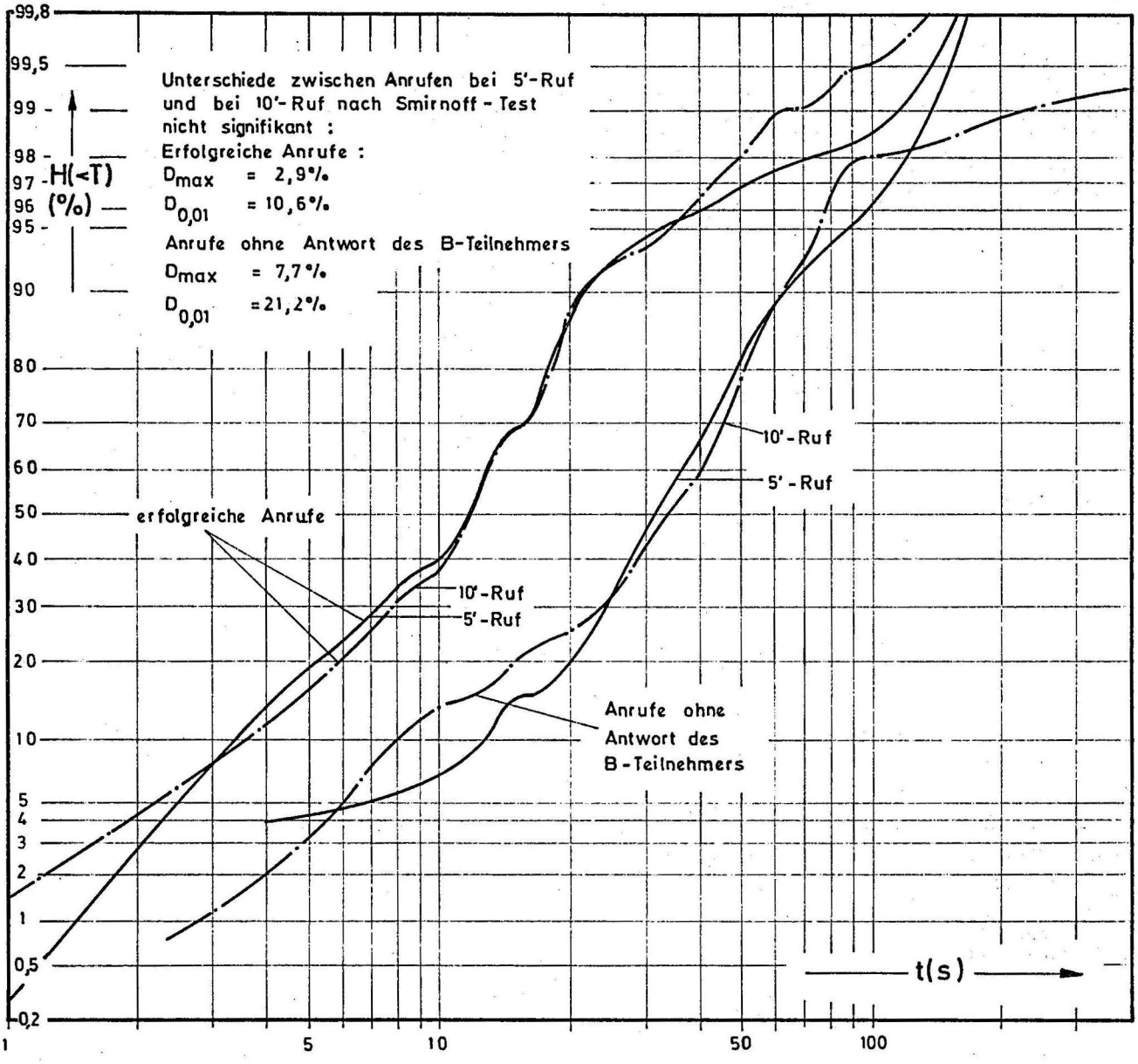

Abb. 28 : Verteilung der Freiton-Anhörzeiten bei 5'- und 10'-Ruf

Tabelle 4 Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung der Gesprächsdauern

	Mittelwert	Obere und untere Grenze des Mittelwertes nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit		Mittlere quadratische Abweichung	Unterschied zwischen den Mittelwerten der 1. ersuche und der Wiederholungen nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit
	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	
Externverkehr einer Nebenstellenanlage					
1.Versuche	202,0	227,9	126,1	266,0	
Wiederholungen	225,0	268,5	181,5	310,5	nicht signifikant
alle Versuche	211,0	235,8	186,2	284,0	
Internverkehr einer Nebenstellenanlage					
1.Versuche	100,3	114,1	86,5	152,1	
Wiederholungen	105,8	136,6	72,0	179,0	nicht signifikant
alle Versuche	101,3	118,0	84,6	157,9	

Tabelle 5 Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung der Freiton-Anhörzeiten bei 5'- und 10' - Ruf

	Mittelwert	Obere und untere Grenze des Mittelwertes nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit		Mittlere quadratische Abweichung	Unterschied zwischen den Mittelwerten der Intervalle bei 5'-Ruf u. denen bei 10'- Ruf nach Students Test für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit
	M (s)	M_{max} (s)	M_{min} (s)	s (s)	
Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers					
bei 10'- Ruf	40,3	98,2	0	220,0	nicht signifikant
bei 5'- Ruf	36,1	70,1	2,1	133,0	
Erfolgreiche Anrufe					
bei 10'- Ruf	14,1	23,2	5,0	65,4	nicht signifikant
bei 5'- Ruf	13,2	21,3	5,1	55,0	

A-Teilnehmer räumt dem B-Teilnehmer in allen Fällen die gleiche Zeit ein, seine Sprechstelle zu erreichen. Daß der Meldeverzug bei erfolgreichen Belegungen für alle Versuche gleich ist, leuchtet ein, denn dieses Intervall wird vom Verhalten des B-Teilnehmers bestimmt, und für diesen ist der ankommende Anruf keine Wiederholung. Erfolglose Belegungen insgesamt zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen 1. Versuchen und Wiederholungen. Dieser beruht hauptsächlich darauf, daß der Anteil von Anrufen mit kurzem Intervall nach Wählende (Gassenbesetzt usw) an den erfolglosen Versuchen bei Wiederholungen höher ist als bei 1. Versuchen (siehe /1/).

Im Internverkehr ist der Unterschied bei " B-Teilnehmer besetzt" nicht signifikant ; jedoch zeigen die Werte die gleiche Tendenz wie im Externverkehr. Bei Anrufen mit Fehlern des A-Teilnehmers ist die Differenz zwischen 1. Versuchen und Wiederholungen außerordentlich groß. Der sehr hohe Wert bei 1. Versuchen wird verursacht durch eine Reihe von Teilnehmern, die nach der ersten Ziffer nicht weiterwählen und erst nach langer Pause auflegen; eine eindeutige Erklärung für dieses Verhalten konnte nicht gefunden werden. Belegungen ohne Antwort des B-Teilnehmers, erfolglose insgesamt und erfolgreiche zeigen in Bezug auf das Verhältnis 1. Versuche - Wiederholungen das gleiche Verhalten wie im Externverkehr.

Vergleicht man interne und externe Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers miteinander, so stellt man fest, daß der Teilnehmer im Mittel 16,3 s $\hat{=}$ 77 % länger auf das Abheben des Angerufenen wartet, bevor er den Versuch abbricht. Der Grund dafür ist, daß innerhalb der Nebenstellenanlage der A- den B-Teilnehmer im gleichen Raum wie die Sprechstelle vermutet und daher sofortiges Abheben erwartet. Diese Erwartung wird auch durch einen Vergleich des Meldeverzugs im Intern- und Externverkehr bestätigt: Extern meldet sich der Gerufene 3,9 s $\hat{=}$ 42 % später als intern.

In den Abbildungen 29 bis 39 sind die Verteilungen der Intervalle nach Wählende dargestellt. Nach dem Smirnoff-Test sind Unterschiede zwischen 1. Versuchen und Wiederholungen bei keiner der Klassifizierungen signifikant - abgesehen von er-

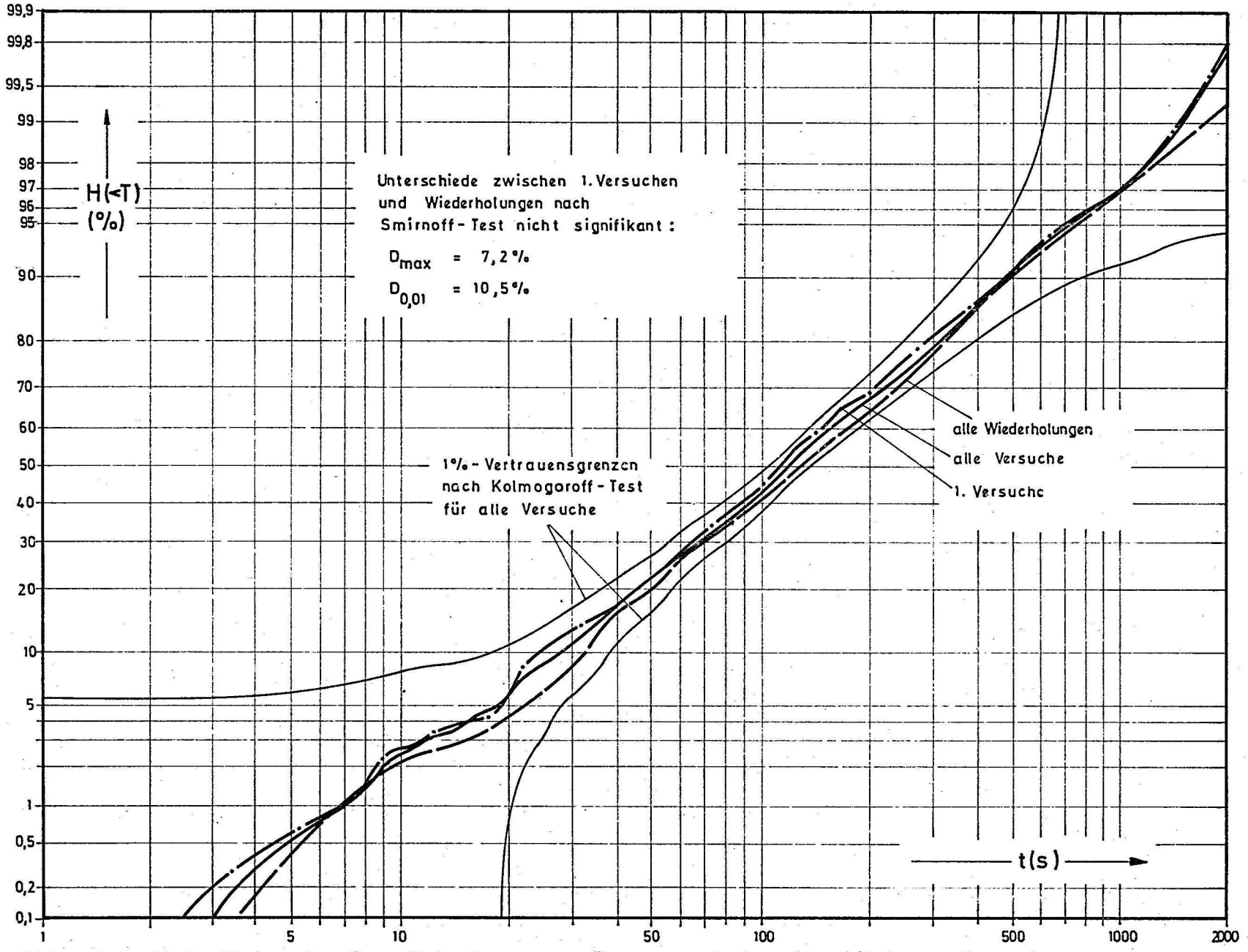

Abb. 29 : Verteilung der Gesprächsdauern - Externverkehr einer Nebenstellenanlage

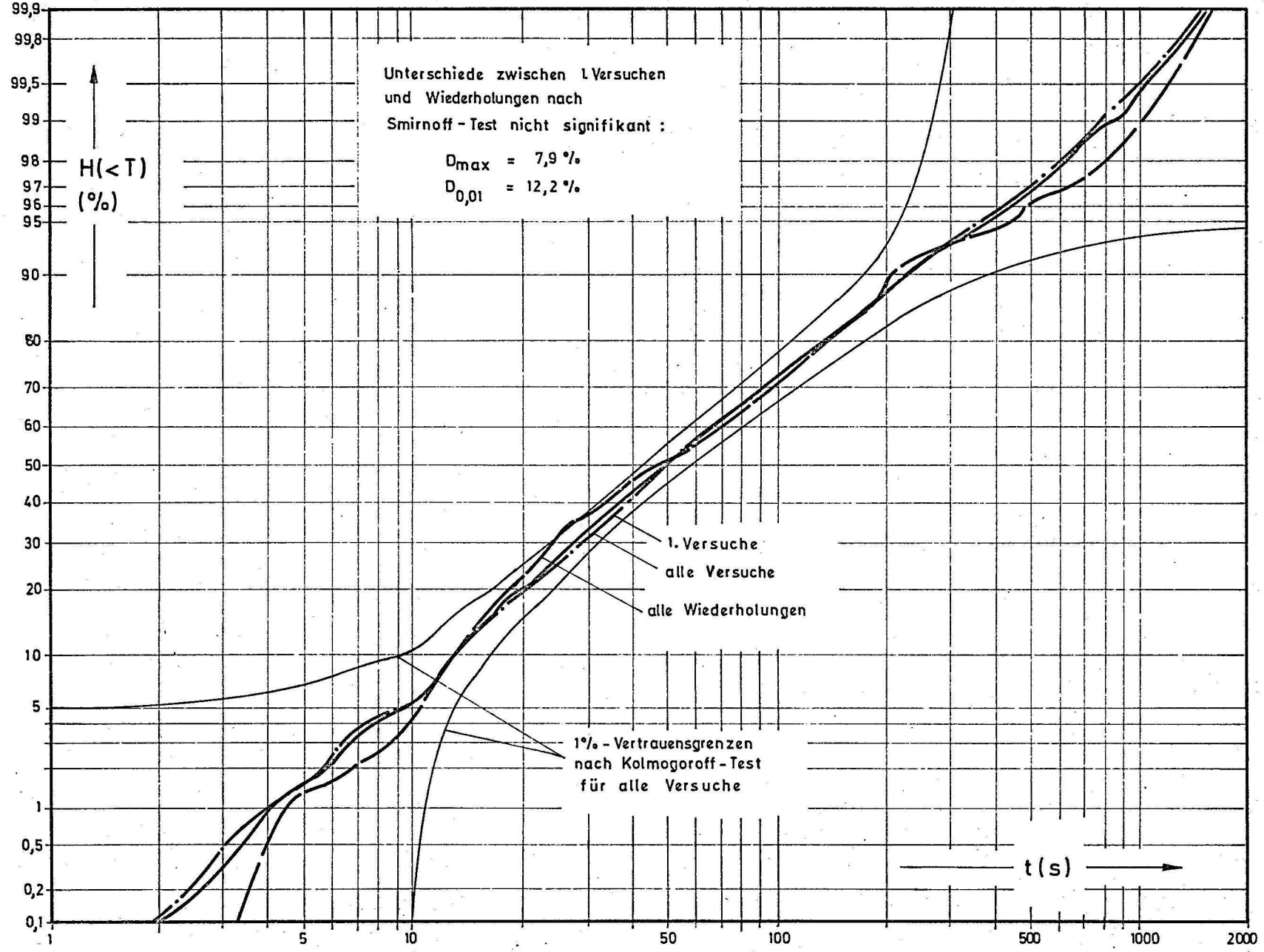

Abb. 30 : Verteilung der Gesprächsdauern - Internverkehr einer Nebenstellenanlage

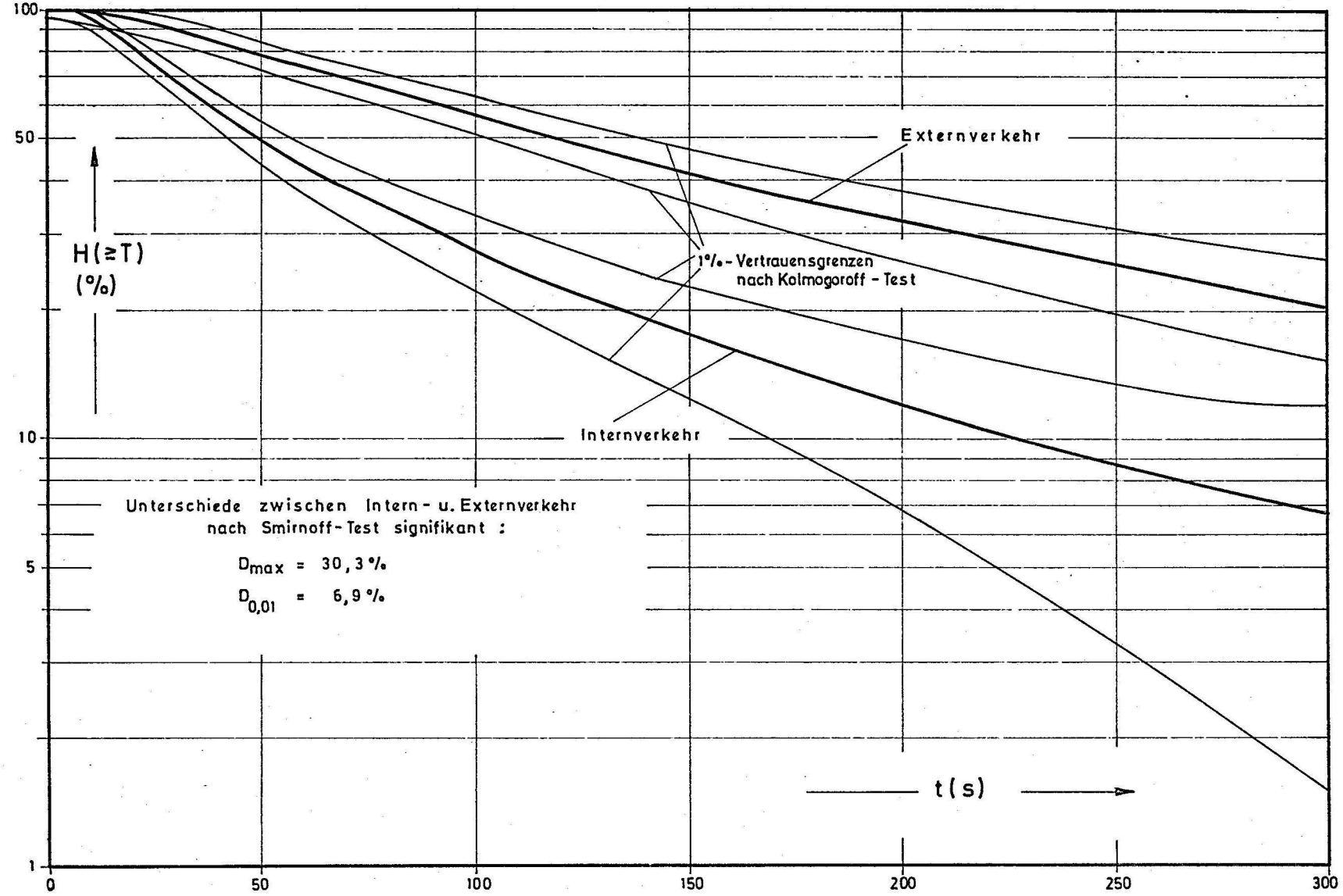

Abb. 31 : Wahrscheinlichkeit von Gesprächsdauern ≥ T - alle Anrufversuche, Intern -und Externverkehr einer Nebenstellenanlage

folglosen Anrufen insgesamt, was, wie oben erwähnt, durch die unterschiedliche Häufigkeit der Belegungen mit kurzem Intervall nach Wählende bedingt ist.

Im Netz der Deutschen Bundespost sind zwei verschiedene Pausenzeiten des Freitons und des Rufsignals üblich :

1. 5' - Ruf : $t_{pause} = 3850 - 3900$ ms
2. 10' - Ruf : $t_{pause} = 7600 - 8900$ ms.

Für Anrufe ohne Antwort des B-Teilnehmers und für erfolgreiche Belegungen wurden die Hörton-Anhörzeiten in Abhängigkeit von der Pausenzeit des Freitons ausgewertet; die Ergebnisse sind in Tabelle 5 und Abbildung 28 zu sehen. Beim 10' - Ruf sind die Intervalle 12 % bzw. 7 % länger als beim 5' - Ruf, jedoch sind die festgestellten Unterschiede weder nach Students Test (Mittelwerte) noch nach dem Smirnoff-Test (Verteilungen) signifikant.

3.4. Gesprächsdauern

Die Ergebnisse der Messung der Gesprächsdauern sind in Tabelle 4 und in den Abbildungen 29 bis 31 zusammengestellt. Unterschiede zwischen 1. Versuchen und Wiederholungen können nicht festgestellt werden. Aus dem Vergleich der Werte in Tabelle 4 geht hervor, daß externe Gespräche im Mittel doppelt so lang sind wie interne. Die Abbildungen 29 und 30 zeigen, daß die gemessenen Stichproben sehr gut durch logarithmisch-normale Verteilungen angenähert werden können. Aus Abbildung 31 ist aber zu ersehen, daß auch die Annäherung durch eine negative Exponentialverteilung möglich ist. Allerdings geht die Funktion nicht durch den Ursprung des Netzes, da ein Gespräch eine bestimmte Mindestdauer hat. Ferner ist bei internen Anrufen ein gewisser Anteil von Gesprächen sehr kurzer Dauer zu erkennen. Eine mögliche Erklärung für diesen Anteil ist, daß solche Anrufe nicht dem Informationsaustausch im eigentlichen Sinne dienen, sondern z. B. nur der Feststellung, ob der Angerufene sich an seinem Arbeitsplatz befindet. Insgesamt macht man aber bei der Beschreibung der Gesprächsdauern durch eine Exponentialverteilung keinen allzu großen Fehler.

Mein Dank gilt

Herrn J. Schlotter für die Anfertigung der zur Auswertung benötigten Programme, den Herren H. Brüggener und M. Konitzer für ihre Mitarbeit bei der Auswertung und Darstellung der Ergebnisse, dem Institut für Informationsverarbeitung (Leiter Herr Professor Dr.-Ing. W. Giloi) für die Genehmigung zur Benutzung der Rechenanlage, den Mitarbeitern an der Rechenanlage für ihre Unterstützung und der Siemens A. G., München, Bereich Fernsprechtechnik , für die finanzielle Förderung der Forschungsaufgabe.

4. Literatur

1. R. Evers — Das Verhalten der Teilnehmer einer Nebenstellenanlage - Teil 1 : Die Häufigkeit von Wiederholungen nach Anrufversuchen
Heinrich-Hertz-Institut Berlin-Charlottenburg
Technischer Bericht Nr. 143 (1971)

2. R. Evers
E. Meyenberg — Eine Untersuchung über die Möglichkeiten, durch Messung der Niederfrequenzsignale auf der Fernsprechleitung Hörtöne und Gesprächsbeginn zu erkennen.
Heinrich-Hertz-Institut Berlin-Charlottenburg
Technischer Bericht Nr. 128 (1970)

3. G. Rothert
H. Evers — Zeitintervalle beim Wählen von Fernsprechverbindungen
Nachrichtechn. Z. 16 (1963), S. 149 - 155

4. B. L. van der Waerden — Mathematische Statistik (1965)