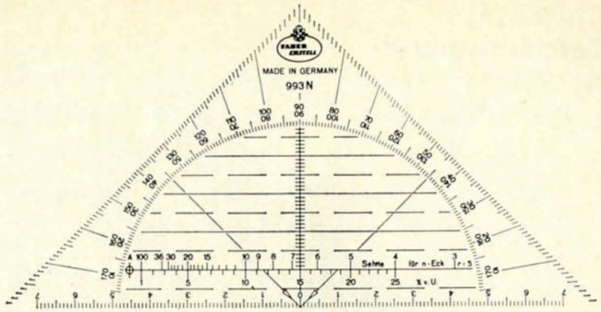
NEU

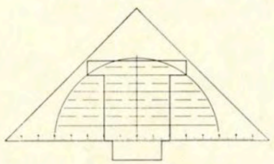
Parallel-Lineal
Winkelmesser
Vieleckzeichner
Maßstab



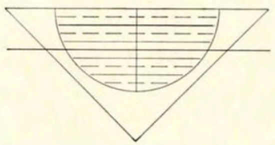
Kombidreieck 993 N. Eine zweckmäßige Kombination von Maßstab, Parallel-Lineal, Dreieck, Winkelmesser und Vieleckzeichner. Dieses durchsichtige, hellgrüne und maßbeständige Zeichendreieck trägt in einem Halbkreis die Winkelmaße, an der Basis einen Symmetriemaßstab und parallel hierzu eine Sonderskala für das Abgreifen der Sehnenlänge für Vielecke bei einem umschriebenen Kreis mit $r = 5$ cm. Eine zweite Hilfsskala ermöglicht die prozentuale Aufteilung eines Kreises mit dem Radius $r = 5$ cm.

993 N	Kombidreieck aus hellgrünem, transparentem und maßbeständigem Zelluloid. Schenkellänge 11,3 cm.

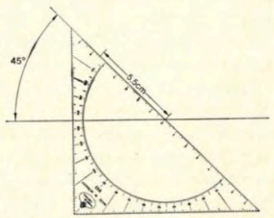
Anwendungsbeispiele:



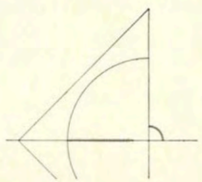
Zeichnen symmetrischer Figuren



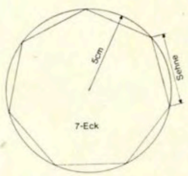
Zeichnen paralleler Linien (Schraffur)

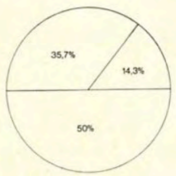


Gleichzeitiges Antragen von Winkel und Strecke (Polarkoordinaten)



Fällen eines Lotes bzw. Ziehen einer Senkrechten





Zum Zeichnen von Vielecken dient die obere Skala;
die untere Skala zur prozentualen Aufteilung der Kreisfläche bzw. des Kreisumfangs mit dem Radius $r = 5$ cm.

12
1968

FABER-CASTELL

Rechenstab-Brief

Berichte und Anregungen für das Stabrechnen

Aus dem Inhalt

FABER-CASTELL

Verantwortliche Schriftleitung:

Direktor Dr. Peter Pirchan

Ing. Harald Bachmann

Hinweis:

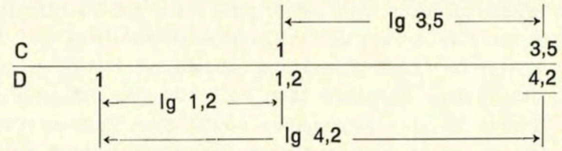
Der Castell-Rechenstab-Brief wird kostenlos an Interessenten verschickt
Weitere Druckschriften können angefordert werden.

Methodik des Stabrechnens unter besonderer Berücksichtigung der versetzten Skalen

von Helmut Rixecker, Saarbrücken

Nur sehr zögernd wird erkannt, daß die Benutzung der versetzten Skalen eine Überprüfung der Methodik des Stabrechnens nach sich ziehen sollte. Fast alle Lehrbücher (etwa das Rechenstab-Lehrbuch von Faber-Castell, 13. Aufl. 1965, das Westermann Programm „Rechnen mit dem Rechenstab" von G. und Ch. Schröter, 1. Aufl. 1967; „Das Rechnen mit dem Rechenstab" programmiert von A. Goetz, Faber-Castell), gehen von der Grundanschauung aus, daß das Multiplizieren auf dem Stab durch das Addieren der Logarithmen erfolgt. Beim Rechner setzt sich die Gewohnheit fest, beim Multiplizieren nach rechts und beim Dividieren nach links gehen zu müssen. Diese Gewohnheit haftet so stark, daß ein Lehrer, der im Rechnen und Unterrichten mit dem Stab versiert ist, nur mühsam den Nutzen und sinnvollen Gebrauch der versetzten Skalen erkennt und methodisch auswertet. Die folgenden Ausführungen sollen versuchen, eine neue Grundlage für die Methodik des Stabrechnens zu legen.

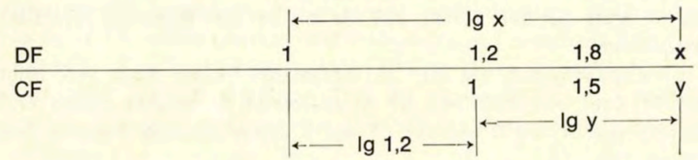
Der herkömmliche Einstieg in das Stabrechnen erfolgte über die Multiplikation. Um die Multiplikation $1{,}2 \cdot 3{,}5 = 4{,}2$ durchzuführen, logarithmierte man diese Gleichung und erläuterte dies an der Einstellung



Zur Umgewöhnung für den, der die alte Methode gelernt hat, wollen wir von dieser Einstellung ausgehen. Sie liefert auf den versetzten Skalen folgende Zahlenpaare:

DF	3,6	4,2	4,8	6	7,2	1,2	1,8	2,4
CF	3	3,5	4	5	6	1	1,5	2

Wer die logarithmische Skala (mit der Längeneinheit 25 cm) kennt, kann hieraus ablesen, daß für jedes Zahlenpaar die Gleichung $\lg x - \lg y = \lg \frac{x}{y} = \lg 1{,}2$, gilt.



Man erkennt, daß bei jeder Zungenstellung für alle übereinander stehenden Zahlenpaare die Konstanz ihres Quotienten gilt.

DF	a	c	e	. . .
CF	b	d	f	. . .

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} = \ldots$$

Die Gleitfuge zwischen Körper und Zunge erinnert an den Bruchstrich, daher ist diese Abbildung sehr einprägsam, sie sollte der Ausgangspunkt für das Stabrechnen sein, als goldene Regel ist sie ohnedies seit langem bekannt. Bei der Einführung des Stabrechnens in der Unterstufe, wo die Logarithmen noch nicht bekannt sind, finden die Schüler diese Quotiententreue übereinanderstehender Zahlenpaare empirisch als d a s Geheimnis des Rechenstabes.

Die Gleichungskette $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \ldots$ kann man auf verschiedene Arten am Rechenstab realisieren, etwa die Zähler auf CF und die Nenner auf DF oder dasselbe auf C und D, bzw. auf D und C. Wir verwenden nur eine Möglichkeit, die Einstellung auf DF und CF, und bemerken gleichzeitig, daß dabei auf D und C dieselbe Einstellung zu finden ist. Man darf daher vom Skalenpaar DF, CF umsteigen auf das Zahlenpaar D, C und umgekehrt. Man muß darauf achten, daß man beim Umsteigen auf demselben Stabteil, Körper, bzw. Zunge, bleibt. Die Einfärbung der Zungenskalen erweist sich hierbei als gute optische Hilfe.

Im Unterricht benutze ich sofort die Erkenntnis der Quotiententreue, um Aufgaben mit quotiententreuen Größen zu lösen. Aus der Angabe etwa, daß 25 l Benzin 15 DM kosten, werden die Kosten für eine Anzahl von verschiedenen Volumina und die Volumina für eine Anzahl von Kosten bei einer Einstellung abgelesen, hierbei wird das Umsteigen bereits kräftig geübt. Dieses Vorgehen setzt natürlich eine entsprechende Behandlung quotiententreuer Größen im vorangegangenen schriftlichen Rechnen voraus. Wenn man vorher solche Aufgaben nur im herkömmlichen Dreisatz gerechnet hat, verschiebt man die Lösung solcher Aufgaben auf einen späteren Zeitpunkt.

Wenn wir in der Gleichung $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ für d die Zahl 1 setzen, liefert c den Quotienten aus a und b. Dies liefert die Einstellung (1)

			Ablesen ▼
(1)	DF (oder D)	a	c = a : b
	CF (oder C)	b ▲	1
		Einstellen	

Es ist auch möglich, in der Einstellung (1) oben und unten zu vertauschen. Aus mnemotechnischen Gründen erscheint es aber zweckmäßig, nur e i n e der beiden Einstellungen zu lernen, die erste hat den Vorteil, daß sie mit der hergebrachten Einstellung auf C und D übereinstimmt.

Bei manchen Divisionsaufgaben, die man auf versetzten Skalen lösen will, zeigt sich, daß die 1 von CF über den Rand von DF hinausrutscht. In solchen Fällen muß man bei der Einstellung von DF auf D und von CF auf C umsteigen, das Ergebnis liest man wieder auf DF ab.

Bei der herkömmlichen Art zu dividieren mußte der Schüler lernen, daß notfalls der Quotient unter der 10 abgelesen wird. Diese Möglichkeit gilt zwar jetzt auch noch, ist aber entbehrlich. Die Notwendigkeit des Umsteigens ist übrigens viel seltener als der notwendige Übergang zur 10 bei der herkömmlichen Art. Bei 12 Divisionsaufgaben, die willkürlich aus einem Rechenbuch herausgegriffen wurden, war nur bei einer ein Umsteigen nötig, bei sieben mußte im herkömmlichen Rechnen von der 1 zur 10 übergegangen werden. Man macht sich leicht klar, daß beim Dividieren ohne versetzte Skalen insgesamt viel mehr Schubarbeit aufgewendet werden muß. Beim Dividieren und Multiplizieren mit einem Stab mit versetzten Skalen gilt die

Grundregel: Ziehe die Zunge nie mehr als zur Hälfte heraus.

Die Grundregel soll man sich fest einprägen.

Das Multiplizieren führt man zwanglos ein als Erweitern des Scheinbruchs $\frac{a}{1}$ mit b. Es ist $\frac{a}{1} = \frac{ab}{b}$ und man kommt unter Beachtung der Grundregel zur Einstellung (2)

			Ablesen ▼
(2)	DF (D)	a	c = ab
	CF (C)	1 ▲	b
		Einstellen	

Das lästige Durchstoßen, das bei Benutzung nur eines Skalenpaares oft notwendig war, entfällt immer, wenn man die versetzten Skalen benutzt und die Grundregel beachtet. Die Gleichung $\lg \frac{1}{a} = -\lg a$ zeigt, daß die inversen Skalen CIF bzw. CI aus den Grundskalen CF bzw C durch Spiegelung entstehen. Übereinanderstehende Zahlenpaare auf CF (C) und CIF (CI) sind Kehrzahlen (Reziproke) voneinander. Der Grundeinstellung

DF (D)	a	c	e	
CF (C)	b	d	f	mit $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f}$

entspricht also

DF (D)	a	c	e	
CF (C)	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{d}$	$\frac{1}{f}$	mit $\frac{a}{\frac{1}{b}} = \frac{c}{\frac{1}{d}} = \frac{e}{\frac{1}{f}}$
CIF (CI)	b	d	f	

oder $ab = cd = ef$

In der Unterstufe wird man diese letzte Gleichung empirisch als das Geheimnis der gegenläufigen roten Skalen finden lassen, etwa in der Einstellung

DF	4	4,8	6	8	12	. . .
CIF	3	2,5	2	1,5	1	. . .

Auch hier wird man sofort das Umsteigen üben.

Analog zum Rechnen mit quotiententreuen (direkt proportionalen) Größen kann man jetzt Aufgaben mit produkttreuen (umgekehrt-proportionalen) Größen behandeln. Als Beispiele seien Umrechnungen von Wellenlängen λ in Frequenzen f und umgekehrt genannt, wobei $\lambda \cdot f = c$ (Lichtgeschwindigkeit) ist. Diese Umrechnungen sind nur dann ohne Durchstoßen möglich, wenn der Stab die Skalen CIF und CI besitzt. Daher wird man nicht nur aus sachlichen, sondern auch aus methodischen Gründen Stäbe mit CIF-Skala verlangen.

Es ist einleuchtend, wie man mit der Skalenkombination DF (D) und CIF (CI) multipliziert. Dies zeigt Einstellung (3)

			Ablesen
(3)	DF (D)	a	c = ab
	CIF (CI)	b	1
		Einstellen	

Auch die Einstellung zum Dividieren findet man mit diesen Skalen. Erweitert man nämlich den Bruch $\frac{a}{b}$ mit b, so erhält man a.

Es ist $a \cdot 1 = b \cdot \frac{a}{b}$. Dies führt zu der Einstellung (4).

			Ablesen
(4)	DF (D)	a	c = a : b
	CIF (CI)	1	b
		Einstellen	

Es scheint zunächst überflüssig, die beiden letzten Einstellungen zu üben, da man ja schon mit den gleichläufigen Skalen auskommt. Ein Vergleich der Einstellschemata zeigt aber, daß man sie aneinanderfügen kann und so mit einer Einstellung Terme der Form abc, $\frac{ac}{b}$, $\frac{a}{bc}$ berechnen kann.

Die Kombination der Einstellungen (3) und (2) liefert $(a \cdot b) \cdot c = abc$

(5)	DF (D)	a	ab	abc
	CF (C)		1	c
	CIF (CI)	b	1	

Die Kombination der Einstellungen (3) und (4) liefert $(a \cdot b) : c = \frac{ab}{c}$

(6)	DF (D)	a	ab	(a · b) : c
	CF (C)		1	
	CIF (CI)	b	1	c

Wegen $(a \cdot b) : c = (a : c) \cdot b$ ist diese Einstellung (6) mit der folgenden (7) — unter Vertauschung von b und c — äquivalent.

Die Kombination der Einstellungen (1) und (2) liefert $(a : b) \cdot c = \frac{a \cdot c}{b}$

(7)	DF (D)	a	a:b	(a:b) · c
	CF (C)	b	1	c

Die Kombination der Einstellungen (1) und (4) liefert $(a : b) : c = \frac{a}{b \cdot c}$

(8)	DF (D)	a	a:b	(a:b) : c
	CF (C)	b	1	
	CIF (CI)		1	c

Vertauscht man noch die Rolle von DF (D) mit CF (C), so sind noch weitere Einstellungen möglich, etwa die Einstellung (9), die $a : (b \cdot c) = \frac{a}{b \cdot c}$ liefert, was mit (8) äquivalent ist.

(9)	DF (D)	b	b · c	a
	CF (C)		1	a : (b · c)
	CIF (CI)	c	1	

Diese Einstellungen haben das gemeinsame Merkmal, daß beim ersten Rechenschritt das Zwischenergebnis über der 1 von CF (C) steht. Dies leistet für die Division die Einstellung (1), für die Multiplikation die Einstellung (3). Der zweite Rechenschritt muß über der 1 von CF (C) beginnen, dies leistet für die Multiplikation die Einstellung (2), für die Division die Einstellung (4). Beachtet man die Grundregel, daß die Zunge nie mehr als bis zur Hälfte herausgezogen werden soll, dann läßt sich das Ergebnis stets ohne Zungenrückschlag ablesen, was nicht immer möglich ist, wenn der Stab nur die gegenläufige Skala CI, nicht aber CIF hat. Auch deshalb wird man aus sachlichen Gründen einen Rechenstab mit den Skalen DF, CF, D, C, CIF und CI verlangen.

Daß die Skalen DF bzw. CF das π-fache der Skalen D und C liefern, ist nicht wichtig. Das Multiplizieren und Dividieren mit π gibt den versetzten Skalen keineswegs schon ihre Existenzberechtigung. Statt π hätte man auch $\sqrt{10}$ als exakte Stabmitte von D wählen können, da aber beide Zahlen sehr nahe beieinander liegen, nimmt man den kleinen Vorteil mit π als freundliche Zugabe mit. Im Anfangsunterricht erwähne man diese Eigenschaft der versetzten Skalen überhaupt nicht.

Auf die weiteren Skalen soll hier nur andeutungsweise eingegangen werden. Schüler, die mit 12 Jahren den geschilderten Lehrgang durchgemacht haben und im Mathematik- und Physikunterricht den Stab häufig benutzen, lernen bei passender Gelegenheit spielend den Gebrauch der anderen Skalen. Beim Ablesen zugehöriger Größenpaare mit der Verknüpfung $x^2 \cdot y = \text{constant}$ auf den Skalen A, B, C, D wird erstmalig der Zungenrückschlag notwendig. In Klasse 10 (Untersekunda) schließlich kann man die Herstellung einer logarithmischen Skala durchnehmen, wie ich es in einem früheren Aufsatz (Rechenstabbrief 8/1964) beschrieben habe. Der unvollständige empirische Beweis der Eigenschaft zueinanderstehender Skalen wird nun vervollständigt, wie eingangs ausgeführt. Die trigonometrischen Skalen bieten kaum Verständnisschwierigkeiten, und bei den LL-Skalen hat man nur auf Stellenwerttreue hinzuweisen.

Anwendung des Castell-Duplex 2/82 in der Bautechnik

von F. Storm, Baumeister BDB, Hemer

Der Rechenstab Castell-Duplex 2/82 hat insbesondere beim Bautechniker und Bauingenieur großen Anklang gefunden, was auf das erweiterte Skalenbild unter zusätzlicher Aufnahme einer beweglichen Kubenskala zurückzuführen ist.

Die wichtigsten Anwendungsbereiche aus der Bautechnik sind nachstehend in einigen Beispielen aufgezeigt.

1. Beispiel:

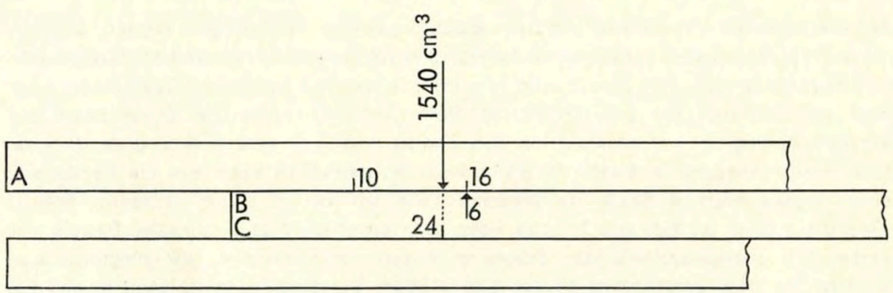
Die Berechnung des Widerstandsmomentes für Deckenbalken oder Sparren.

Die Formel lautet: $Wx = \frac{b \cdot h^2}{6}$

Es soll für einen Holzbalken von 16/24 cm das Wx ermittelt werden.

$$Wx = \frac{16 \cdot 24^2}{6} = 1540 \text{ cm}^3$$

Einstellen auf	A 16
darunter	B 6
Läufer auf	C 24
ablesen auf	A = 1540 cm³



2. Beispiel:

Der Fall, daß zu einem bekannten oder errechneten Wx der erforderliche Querschnitt gesucht wird, dürfte in der Praxis am häufigsten vorkommen.

Es sei für ein Wx = 1340 cm³ der günstigste Querschnitt zu ermitteln.
Einstellen mit Läufer auf A 1340

Fall a) angenommen wird eine Breite von 12 cm

Es wird nun	B 6
unter	A 12 (b = 12 cm) gestellt
abgelesen unter Läuferstrich auf	C = 25,9

das heißt: der Balken 12/26 cm erfüllt die Bedingung.

Fall b) angenommen wird eine Breite von 14 cm

Es wird wieder	B 6
unter	A 14 gestellt
ablesen unter Läuferstrich auf	C = 24,00

d. h. ein Balken von 14/24 cm ist ausreichend.

Durch einfaches Verschieben der Zunge kann somit der günstigste Querschnitt ermittelt werden.

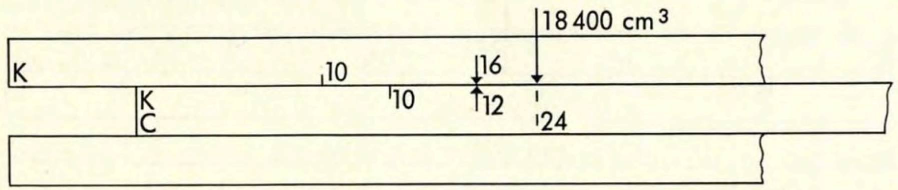
3. Beispiel:

Ermittlung der Trägheitsmomente für Holzbalken.

Die Formeln lauten: $Jx = \frac{b \cdot h^3}{12}$, $Jy = \frac{b^3 \cdot h}{12}$

Es soll für den Balken 16/24 cm das Jx ermittelt werden.

Einstellen auf	K 16
darunter	K' 12
Läufer auf	C 24
ablesen auf	K = 18400 cm³



Soll zu einem gegebenen Jx der erforderliche Querschnitt ermittelt werden, so wird sinngemäß wie bei der Ermittlung in Beispiel 2 verfahren werden.

4. Beispiel:

Bei der Berechnung von Druckstäben wird sehr häufig der Trägheitsradius ix bzw. iy erforderlich.

$$iy = \sqrt{1/12} \cdot b, \quad \text{bzw.} \quad ix = \sqrt{1/12} \cdot h$$

Für den Balken 16/24 cm ist das iy zu ermitteln.

Einstellen: $\sqrt{1/12}$	unter	A 100
	wird	B 12 gestellt
	ablesen unter	C 16
	auf	D = 4,62 cm

Die Einstellung $\sqrt{1/12}$ ermöglicht sofort das Ablesen der ix bzw. iy für sämtliche Breiten und Höhen.

Wie aus diesen Beispielen zu ersehen ist, können mit dem Rechenstab 2/82 für sämtliche Holzbalkenquerschnitte die erforderlichen Wx, Jx, ix ermittelt werden.

In den ersten Beispielen wurde die Ermittlung von den Widerstands- und Trägheitsmomenten für Holzbalken gezeigt. Nun soll im folgenden Beispiel die Ermittlung des Widerstandsmomentes für Stahlträger-Normalprofile gezeigt werden.

5. Beispiel:

Das Widerstandsmoment für NP-Träger wird nach der Formel

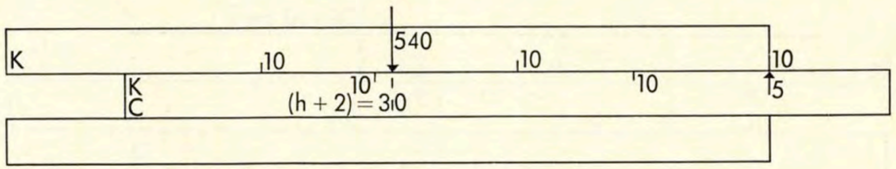
$$Wx = \frac{(H + 2)^3}{50} \quad \text{ermittelt.}$$

Hier bieten die Teilungen K und K' des „Duplex 2/82" wieder besonderen Vorteil. Es ist für ein NP 28 das Wx zu ermitteln.

Einstellen:	K' 500
unter	K 1000
Läuferstrich über C 30 (28 + 2)	
Ergebnis auf der Teilung K = 540 cm³.	

In der Praxis ist der Fall vorherrschend, daß zum gegebenen Wx das erforderliche Profil zu suchen ist.

Wx gegeben zu 540 cm³



Einstellen: (wie in Beispiel 5)	K' 500
unter	K 1000
den Läuferstrich über	K 54

ablesen unter dem Läuferstrich auf C = 29,4, aufgerundet 30

H = (30 — 2) = 28 cm, das heißt, Profil 28 NP ist erforderlich.

Spezielle Anwendungen des „Novo-Duplex"-Rechenstabes im Gebiet der elektrischen Nachrichtentechnik

von Herbert Nitz, München

Die allgemeine Handhabung der verschiedenen Teilungen des „Novo-Duplex"-Rechenstabes kann als bekannt vorausgesetzt werden. Auf dem Rechenstab sind auch am rechten Ende der einzelnen Teilungen die Zusammenhänge zwischen der einen und anderen Teilung genau angegeben. Links, am Anfang der einzelnen Teilungen, findet man deren Kurzbezeichnungen, die in folgendem auch benutzt werden sollen.

Wesentlich für die hierunter beschriebenen Anwendungen sind in erster Linie die folgenden Teilungen:

1. Die normalen, einfach logarithmischen Teilungen „C" und „D" mit einer logarithmischen Einheit auf der einfachen Stablänge, sowie die Teilungen „W_1" und „W_2" mit einer über zwei Stablängen verteilten logarithmischen Einheit.
2. Die doppelt-logarithmischen Teilungen „LL".
3. Die reziprok-logarithmischen Teilungen „CI" und „CIF".
4. Die lineare Teilung „L".

In der Nachrichten-Technik spielen nun logarithmische Zusammenhänge zwischen verschiedenen Größen eine wesentliche Rolle. Man drückt z. B. Verhältnisse von Spannungen, Strömen, Leistungen u. a. in den logarithmischen Einheiten „Neper" (N) oder „Bel" bzw. „Dezibel" (dB) aus.

So ergibt sich z. B. für das Verhältnis zweier Spannungen $U_1 : U_2$ die logarithmische Größe:

$$a = \ln \frac{U_1}{U_2} \text{ in Neper (N)} \qquad \text{(Gl. 1)}$$

oder auch:

$$a = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \text{ in Dezibel (dB)} \qquad \text{(Gl. 2)}$$

Ferner gilt für die Betriebs-Dämpfung „a_B" zwischen der Leistung „N_{max}", die eine Stromquelle maximal abgeben kann, und der Leistung „N_2", die ein aus dieser Stromquelle gespeister Verbraucher — direkt, oder über eine dazwischengeschaltete Leitung — aufnimmt, die durch folgende Gleichungen gegebene Beziehung:

$$a_B = \frac{1}{2} \ln \frac{N_{max}}{N_2} \text{ N} \qquad \text{(Gl. 3)}$$

beziehungsweise:

$$a_B = 10 \lg \frac{N_{max}}{N_2} \text{ dB} \qquad \text{(Gl. 4)}$$

In diesen Gleichungen sind die logarithmischen Verhältnisse zwischen zwei Spannungen (Gl. 1 und 2) und zwischen zwei Leistungen (Gl. 3 und 4) ausgedrückt. Man benutzt nun diese Zusammenhänge auch, um Spannungen, Ströme und Leistungen ins Verhältnis zu einer Bezugsgröße zu setzen, die man z. B. mit „U_0" für die Spannung, „I_0" für den Strom und „N_0" für die Leistung bezeichnen kann. Als solche Bezugsgröße hat man international die Leistung von 1 mW = 10^{-3} Watt festgelegt. Diese Leistung wird im Pegelmaß mit „p_0" und als Leistungspegel „0" bezeichnet. Leistungen, die größer sind als 1 mW, ergeben somit im Pegelmaß positive Pegel; Leistungen, die kleiner als 1 mW sind, ergeben negative Pegel.

Diesem Leistungspegel von 1 mW entsprechen nun an verschiedenen Widerständen bestimmte Werte von Spannungen und Strömen; denn die in einem Widerstand „R" verbrauchte Leistung ist:

$$N = I^2 R = \frac{U^2}{R} \qquad \text{(Gl. 5)}$$

und wenn es sich um die dem Leistungspegel „0" entsprechenden Größen handelt, ist also:

$$N_0 = 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ Watt} = I^2 R = \frac{U_0^2}{R} \qquad \text{(Gl. 6)}$$

Daraus ergibt sich für „U_0" und „I_0":

$$U_0 = \sqrt{\frac{R}{10^3}} \text{ Volt} \quad \text{und} \quad I_0 = \sqrt{\frac{1}{R \cdot 10^3}} \text{ Amp.} \qquad \text{(Gl. 7)}$$

Und an einem Widerstand von R = 1000 Ohm ist somit:

$$U_0 = 1 \text{ Volt} \quad \text{und} \quad I_0 = 10^{-3} \text{ Amp.} = 1 \text{ mA}$$

In der Praxis sind jedoch d i e Spannungs- und Stromwerte von besonderer Bedeutung, die an einem Widerstand von 600 Ohm die Bezugsleistung von 1 mW ergeben. Diese Werte ergeben sich aus der Gleichung 7 zu:

$$U_0 = \sqrt{600 \cdot 10^{-3}} \text{ Volt} \quad \text{und} \quad I_0 = \sqrt{\frac{1}{600 \cdot 10^3}} \text{ Amp.} \qquad \text{(Gl. 8)}$$

d. s.

$$U_0 = \sqrt{0{,}6} \text{ Volt} \quad \text{und} \quad I_0 = \sqrt{\frac{1}{0{,}6}} \text{ mA} \qquad \text{(Gl. 9)}$$

$$U_0 = 0{,}775 \text{ Volt} \quad \text{und} \quad I_0 = 1{,}29 \text{ mA} \qquad \text{(Gl. 10)}$$

Der Spannungswert von 0,775 Volt, der an einem Widerstand von 600 Ohm eine Leistung von 1 mW ergibt, gilt bei der Darstellung in Pegelmaßen als der Spannungspegel „Null". Positive Spannungspegel entsprechen dann Spannungswerten über 0,775 Volt, negative Spannungspegel solchen unter 0,775 Volt. Spannungen, die an beliebigen Widerständen einer Leistung von 1 mW entsprechen (Leistungspegel „0"), lassen sich nun unter Benutzung der Teilung „C" für die Widerstandswerte und der Teilungen „W_1'" und „W_2'" direkt auf der Zunge des Rechenstabes nach folgenden Skizzen ablesen:

Teilg. „W_2'":	0,388	0,548	0,775	1,0	Volt
Teilg. „C":	150	300	600	1000	Ohm

Teilg. „C":	15	30	60	100	Ohm
Teilg. „W_1'":	0,1225	0,1733	0,245	0,316	Volt

Ganz analog findet man auch die Werte für die Ströme, die, in beliebigen Widerständen fließend, dem Leistungspegel „0" entsprechen.

Man stellt hierzu jedoch den Läuferstrich über Widerstands-Werte auf der Reziprok-Teilung „CI" (z. B. 600 Ohm) und liest auf der Teilung „W_1'" den Zahlenwert 1,29 ab, was in diesem Falle dem Strom von 1,29 mA entspricht. Es ist dann stets $I^2 \cdot R = 1$ mW; in obigem Beispiel: $1{,}29^2 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 1$ mW.

Die in den Gleichungen 1 und 2 angegebenen logarithmischen Verhältnisse lassen sich auch allgemein für jeden beliebigen Zahlenwert direkt auf den Teilungen des Rechenstabes ablesen, wenn man dazu den Läuferstrich über den Zahlenwert des Verhältnisses $U_1 : U_2$ auf einer der „LL"-Teilungen stellt und auf der Stabteilung „D" den zugehörigen logarithmischen Wert des Verhältnisses in der Einheit „Neper" unter dem Läuferstrich nach folgender Skizze abliest:

Teilg. „D":	1,0	2,3	4,6	6,9	Neper
Teilg. „LL_3":	2,718	10	100	1000	Verhältn.-Zahl

Stellt man nun den Teilstrich „2" der Zungenteilung „C" über den Teilstrich „10" der Teilung „LL_3", so kann man — wie folgt — auch den logarithmischen Wert des Verhältnisses in der Einheit „dB" nach der Gleichung (Gl. 2) direkt ablesen:

Teilg. „C":	10	20	40	60	dB
Teilg. „LL_3":	3,16	10	10^2	10^3	Verhältn.-Zahl

Wendet man nun den Rechenstab, so findet man, daß sich dort — in der eben beschriebenen Einstellung der Zunge — die Teilungen „C" und „D" so gegenüber stehen, daß der Teilstrich „2" auf „C" über „2,3" auf „D" steht, entsprechend der Gleichung:

$$20 \text{ dB} = 2{,}3 \text{ Neper} = 20 \lg 10 = \ln 10. \qquad \text{(Gl. 11)}$$

Man kann also zu den Verhältniszahlen auf der Teilung „LL_3" in dieser Stellung der Zunge die zugehörigen logarithmischen Zahlenwerte in Neper direkt auf der Stabteilung „D" ablesen und die entsprechenden Zahlenwerte in dB auf der Zungenteilung „C", wenn man die Zahlen auf letzterer mit 10 multipliziert.

Gleichzeitig erhält man so zwischen den sich gegenüberstehenden Teilungen „C" und „D" eine Umrechnungstabelle zwischen den beiden logarithmischen Einheiten „dB" und „Neper" nach folgender Skizze:

Teilg. „C":	10	20	26,1	40	60	dB
Teilg. „D":	1,15	2,3	3,0	4,6	6,9	Neper

Hat man es mit Verhältniszahlen zu tun, die kleiner sind als 2,5, so benutzt man die Teilungen „LL_2" und „LL_1". Die logarithmischen Zahlenwerte findet man wieder auf den Teilungen „C" und „D", nur muß man das Komma entsprechend um eine oder zwei Stellen nach links setzen.

Leistungs-Verhältnisse:

Leistungsverhältnisse lassen sich nach den Gleichungen 3 und 4 in die logarithmischen Maße „Neper (N)" und „Dezibel (dB)" umrechnen.
Der Rechenstab liefert auch hierfür, in der gleichen Einstellung wie zuvor, eine bequeme Umrechnungstabelle.
Es entsprechen sich dann folgende Zahlenwerte:

Teilg. „LL_3":	2,718	10	100	1000	Leistungs-Verh.
Teilg. „D":	$0{,}5 \cdot 1 = 0{,}5$	$0{,}5 \cdot 2{,}3 = 1{,}15$	$0{,}5 \cdot 4{,}6 = 2{,}3$	$0{,}5 \cdot 6{,}9 = 3{,}45$	Leistungspegel in Neper
Teilg. „C":		$5 \cdot 2 = 10$	$5 \cdot 4 = 20$	$5 \cdot 6 = 30$	Leistungspegel in dB

Diese Zahlenwerte in „N" und „dB" geben gleichzeitig auch die Leistungspegel an, die den auf „LL_3" gegebenen Leistungen — wie z. B. oben 10, 100 oder 1000 mW — entsprechen.
Der Leistungspegel von z. B. $5 \cdot 4 = 20$ dB gibt also an, daß es sich um eine Leistung handelt, die um 20 dB über 1 mW liegt, d. h. gleich $10^2 = 100$ mW ist.
30 dB über 1 mW sind dann gleich $10^3 = 1000$ mW,
40 dB über 1 mW entsprechen gleich 10^4 mW $= 10$ Watt, u. s. f.
In der Einheit „Neper" sind die sich entsprechenden Zahlenwerte nach obiger Skizze folgende:
Ein Leistungspegel von z. B. $0{,}5 \cdot 2{,}3 = 1{,}15$ Neper besagt, daß die entsprechende Leistung 1,15 Neper über 1 mW liegt und somit gleich $(e^{1,15})^2 = 3{,}16^2 = 10$ mW ist.
Bei entsprechender Berücksichtigung der Stellenzahl lassen sich auch für Leistungen
von 1,1 bis 3 mW auf der Teilung „LL_2"
und von 1,01 bis 1,11 mW auf der Teilung „LL_1"
die entsprechenden Leistungspegel in „dB" und „N" ablesen.
Für Leistungen, die kleiner sind als 1 mW, bildet man den reziproken Zahlenwert, stellt diesen mit Hilfe des Läuferstriches auf den Teilungen „LL" ein und liest jetzt den entsprechenden negativen Leistungspegel auf den Teilungen „C" bzw. „D" ab.

Hierzu auch einige Zahlenwerte in Tabellenform:

Leistung in „mW":	$\frac{1}{50{,}1}$	$\frac{1}{3{,}98}$	1.0	3,98	50,1
Leistungspegel auf Teilung „C":	$-5 \cdot 3{,}4 = -17$	$-5 \cdot 1{,}2 = -6$	0	$+5 \cdot 1{,}2 = 6$	$+5 \cdot 3{,}4$ dB $= 17$ dB
Leistungspegel auf Teilung „D":	$-0{,}5 \cdot 3{,}91 = -1{,}955$	$-0{,}5 \cdot 1{,}38 = -0{,}69$	0	$+0{,}5 \cdot 1{,}38 = 0{,}69$	$+0{,}5 \cdot 3{,}91 = 1{,}955$ Neper

Da die Pegel in „dB" auf Brigg'sche Logarithmen bezogen sind, kann man für die Umrechnung von Leistungs- und Spannungs-Verhältnissen in „dB"-Werte auch die Teilung „L" der Zunge des Rechenstabes benutzen, die in ihrer Beschriftung die Mantissen der Brigg'schen Logarithmen trägt.

Nach den allgemeinen Regeln zur Bestimmung Brigg'scher Logarithmen mittels dieser linear geteilten Teilung „L" findet man nach der Definitions-Gleichung für den Leistungspegel:

$$p = 10 \lg \frac{N}{10^{-3}} \text{ dB} \quad (N = \text{Leistung in Watt})$$

$$= 10 \lg \frac{N}{\text{mW}} \text{ dB} \qquad \text{(Gl. 12)}$$

z. B. bei einer Leistung von 3,98 mW den Leistungspegel:

$$p = 10 \cdot \lg 3{,}98 = 10 \cdot 0{,}6 = 6 \text{ dB}, \qquad \text{(Gl. 13)}$$

indem man unter dem Teilstrich „3,98" der Teilung „W_2'" den Zahlenwert „0,6" auf der Teilung „L" abliest und diesen mit 10 multipliziert.
Und für die Leistung von 2 mW findet man über dem Teilstrich „2" der Zungenteilung „W_1'" den Zahlenwert 0,301 und das 10fache dieses Wertes 3,01 ist dann der den 2 mW entsprechende Leistungspegel in „dB". Wie man leicht erkennt, liefert diese Möglichkeit der Bestimmung von Leistungspegeln wesentlich genauere Werte, als die zuvor beschriebene mit Hilfe der doppelt-logarithmischen „LL"-Teilungen. Es ist aber hierbei nicht möglich, gleichzeitg auch den Leistungspegel in Neper abzulesen.
Handelt es sich um Leistungen, die größer sind als 10 mW — also z. B. 50,1 mW — so muß man berücksichtigen, daß man unter dem Teilstrich 5,01 der Teilung „W_2'" auf der Teilung „L" nur die Mantisse des Brigg'schen Logarithmus von 5,01, also 0,7 findet; der Logarithmus von 50,1 ist jedoch gleich 1,7 und man hat mithin 1,7 mit 10 zu multiplizieren, um den Leistungspegel

$$p = 10 \cdot \lg 50{,}1 = 17 \text{ dB} \qquad \text{(Gl. 14)}$$

zu finden.
Entsprechend ergibt sich für eine Leistung von $\frac{1}{50{,}1} = 1{,}996 \cdot 10^{-2}$ mW unter dem Teilstrich 5,01 der Teilung „W_2'" der Wert $-10 \cdot 1{,}7 = -17$ dB, auf der Teilung „L" entsprechend der Gleichung:

$$p = 10 \cdot \lg \frac{1}{50{,}1} = 10 \cdot \lg 1 - 10 \cdot \lg 50{,}1 = -17 \text{ dB}. \qquad \text{(Gl. 15)}$$

Allgemein findet man also die den Leistungswerten auf den Teilungen „W_1'" und „W_2'" entsprechenden Leistungspegel auf der Teilung „L" nach folgender Tabelle:

Leistung in mW auf „W_1'" und „W_2'"	Leistungspegel in dB auf Teilung „L"
entsprechend	Pegel zwischen
den 1-fachen Zahlenwerten:	0 und 10 dB
den 10-fachen Zahlenwerten:	10 und 20 dB
den 10^2-fachen Zahlenwerten:	20 und 30 dB
den 10^3-fachen Zahlenwerten:	30 und 40 dB
den 10^n-fachen Zahlenwerten:	$10 \cdot n$ und $10 \cdot (n+1)$ dB

Die einfach-logarithmischen Teilungen „W_1'" und „W_2'" und die lineare Teilung „L" — letztere in zwei Stablängen — stehen sich mithin für obige Umrechnungen wie folgt gegenüber:

	c:	20	21,76	23,01	25	dB
	b:	10	11,76	13,01	15	dB
Teilung „L"	a:	0	1,76	3,01	5	dB
Teilung „W_1'"	a:	1	1,5	2	3,16	mW
	b:	10	15	20	31,6	mW
	c:	100	150	200	316	mW

und

	c:	316	500	700	1000	mW
	b:	31,6	50	70	100	mW
Teilung „W_2'"	a:	3,16	5	7	10	mW
Teilung „L"	a:	5	7	8,45	10	dB
	b:	15	17	18,45	20	dB
	c:	25	27	28,45	30	dB

Spannungs-Verhältnisse:

Will man nun mit Hilfe dieser beiden Teilungen die Spannungspegel bestimmen, wie sie sich aus der Gleichung:

$$p = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0} \text{ in „dB" ergeben,} \qquad \text{(Gl. 16)}$$

so muß man sich die Teilung „L" einer Stablänge linear in 10 Teile unterteilen; man erhält dann zu den Verhältniszahlen von Spannungen oder Strömen auf den Teilungen „W_1'" und „W_2'" die entsprechenden Spannungspegel in „dB" auf der Teilung „L" in folgender Zuordnung:

	c:	40	43,52	46	50	dB
	b:	20	23,52	26	30	dB
Teilung „L"	a:	0	3,52	6	10	dB
Teilung „W_1'"	a:	1	1,5	2	3,16	Sp.-Verh.
	b:	10	15	20	31,6	Sp.-Verh.
	c:	10^2	150	200	316	Sp.-Verh.

und

	c:	316	500	700	1000	Sp.-Verh.
	b:	31,6	50	70	100	Sp.-Verh.
Teilung „W_2'"	a:	3,16	5	7	10	Sp.-Verh.
Teilung „L"	a:	10	14	16,9	20	dB
	b:	30	34	36,9	40	dB
	c:	50	54	56,9	60	dB

Wie bereits weiter oben erwähnt, kann man — von den Spannungs- oder Stromverhältnissen auf den Teilungen „LL" ausgehend — die zugehörigen logarithmischen Verhältnisse auch auf den Teilungen „D" und „C" ablesen, wenn man den Anfangsstrich „1" der Teilung „C" über „1,15" der Teilung „D" stellt. Da man auf dem „Novo-Duplex"-Rechenstab drei Stablängen der doppelt-logarithmischen Teilung „LL" zur Verfügung hat, wird in folgender Tabelle noch eine Zusammenstellung einiger direkt ablesbarer Zahlenwerte gegeben.

Pegelwert auf Teilung „D"	Spannungsverhältnis auf den Teilungen „LL_1, LL_2 u. LL_3"	Pegelwert auf Teilung „C" nach obiger Einstellung:
0,01092 N	1,011 (Teilung „LL_1")	0,095 dB
0,0149 N	1,015 (Teilung „LL_1")	0,1295 dB
0,0392 N	1,04 (Teilung „LL_1")	0,341 dB
0,063 N	1,065 (Teilung „LL_1")	0,548 dB
0,1035 N	1,109 (Teilung „LL_2")	0,9 dB
0,115 N	1,122 (Teilung „LL_2")	1,0 dB
0,23 N	1,258 (Teilung „LL_2")	2,0 dB
1,0 N	2,718 (Teilung „LL_3")	8,7 dB
2,3 N	10,0 (Teilung „LL_3")	20,0 dB
4,6 N	100,0 (Teilung „LL_3")	40,0 dB
6,9 N	1000,0 (Teilung „LL_3")	60,0 dB
10,0 N	$2{,}2 \cdot 10^4$ (Teilung „LL_3")	87,0 dB

Potenzen, Wurzeln, Logarithmen

Die bisher für die Bestimmung von Pegelmaßen in nur zwei verschiedenen Stellungen benutzten einfach-logarithmischen Teilungen „C" und „D" zusammen mit den doppelt-logarithmischen Teilungen „LL" liefern in anderen Stellungen zueinander auch die Lösungen für beliebige Potenzen, Wurzeln und Logarithmen.

Wie in der Grundstellung der Teilung „D" gegenüber der Teilung „LL" natürliche Logarithmen und Potenzen zur Basis „e = 2,718" direkt abzulesen sind, so lassen sich mit anderen Einstellungen der Zungenteilung „C" gegenüber den Teilungen „LL" beliebige andere Potenzen, Wurzeln und Logarithmen einfach ablesen.

Hierzu als Beispiel eine Einstellung nach folgender Skizze, also den Endstrich der Teilung „C" mit Hilfe des Läuferstrichs über den Teilstrich „2" der Teilung „LL_2" und damit über „1024" der Teilung „LL_3":

Teilung „C"	1	1,49	2	3	4	6	8	10
Teilung „LL_2"		1,109						2
Teilung „LL_3"			4	8	16	64		1024

Man erhält in dieser Stellung nun z. B. das Resultat „2" auf „LL_2" für die $\sqrt[3]{8}$ oder die $\sqrt[4]{16}$, die $\sqrt[6]{64}$ u.s.f.

und ferner das Resultat „1024“ für die $\sqrt[0,3]{8}$, die $\sqrt[0,6]{64}$ u.s.f.
Umgekehrt ergeben sich in dieser Einstellung auch die Logarithmen zur Basis „2“ wie z. B. $\log_2 16 = 4$, $\log_2 64 = 6$, $\log_2 1024 = 10$ u.s.f.
In diesem Zusammenhang sei noch die allgemein gültige Umrechnungsformel für die rechnerische Bestimmung des einen Logarithmus aus einem beliebigen anderen erwähnt; sie lautet:

$$\log_n x = \log_n z \cdot \log_z x \qquad \text{(Gl. 17)}$$

Hieraus ergibt sich auch die Umrechnungsformel zwischen natürlichen Logarithmen (ln) und Brigg'schen Logarithmen (lg) zu:

$$\ln x = \frac{\lg x}{\lg e} = \lg x \cdot \ln 10 \qquad \text{(Gl. 18)}$$

Anpassungsmaße

Um Fehlanpassungen in der Leitungstechnik zahlenmäßig ausdrücken zu können, rechnet man in der Nachrichtentechnik mit der Fehler- oder Reflexionsdämpfung „a_F“ oder mit dem Reflexionsfaktor „r“. Zwischen beiden Größen besteht die folgende Beziehung:

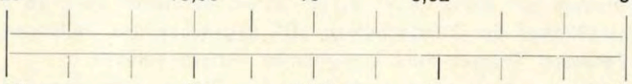
$$a_F = 20 \lg \frac{1}{r} \text{ dB} = \ln \frac{1}{r} \text{ Neper} \qquad \text{(Gl. 19)}$$

Dabei entspricht r = 0 einer idealen Anpassung und r = 1 einer Reflexion von 100%.
Für die Umrechnung von einer der beiden Größen in die andere kann auch wieder der Rechenstab gute Dienste leisten. Man verwendet hierfür wieder die lineare Teilung „L“ und die einfach logarithmische Teilung „C“, die beim „Novo-Duplex“-Rechenstab zusammen auf der Mitte der Zunge liegen. Es stehen sich dann die Zahlenwerte der Fehlerdämpfung „a “ auf der Teilung „L“ und die des Reflexionsfaktors „r“ auf der Teilung „C“ in folgender Weise gegenüber:

0,1 bis 1%	1 bis 10%	10 bis 100%	auf der Teilung „C“
60 bis 40 dB	40 bis 20 dB	20 bis 0 dB	auf der Teilung „L“,

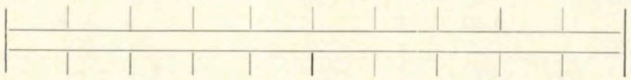
oder nach folgenden Skizzen mit den entsprechenden Zahlenwerten auf jeder der beiden Teilungen:

a_F = 20 13,98 10 6,02 0 dB Teilg. „L“



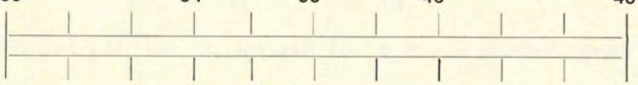
r = 10 20 31,6 50 100% Teilg. „C“

a_F = 40 34 30 26 20 dB Teilg. „L“



r = 1 2 3,16 5 10% Teilg. „C“

a_F = 60 54 50 46 40 db Teilg. „L“



r = 0,1 0,2 0,316 0,5 1% Teilg. „C“

Geräuschmaße:

Mit denselben Teilungen ergibt sich auch eine Zuordnung von Geräusch-Leistung — z. B. in Sprachkanälen — zu dem Geräusch-Abstand im logarithmischen Maß „dB“ von der Bezugsleistung 1 mW nach folgender Gleichung:

$$\triangle p_R = 10 \lg \frac{1\text{mW}}{N_{R/\text{mW}}} \text{ dB} \qquad \text{(Gl. 20)}$$

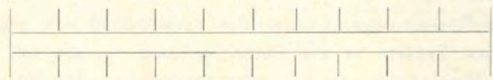
Da man die Geräuschleistung jedoch in pW = 10^{-9} ausdrückt, wird aus obiger Gleichung die folgende:

$$\triangle p_R = 10 \lg \frac{10^9}{N_{R/\text{pW}}} \text{ dB} \qquad \text{(Gl. 21)}$$

und es entsprechen somit den Geräuschleistungen von:	1	10	100	1000 pW
Geräuschabstände vom Bezugswert 1 mW von:	90	80	70	60 dB
und Geräuschabstände von der Geräuscheinheit 1 pW	0	10	20	30 dBrn

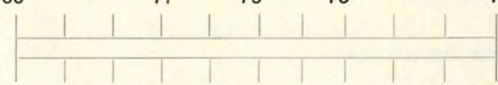
Und auf den Teilungen des Rechenstabes kann man sämtliche Zwischenwerte ablesen, wenn man wieder die Teilungen „C“ und „L“ benutzt und letztere in 10 gleiche Abschnitte nach den folgenden Skizzen teilt:

Teilg. „L“ 0 3 5 7 10 dBrn = dB über 1 pW
90 87 85 83 80 dB Ger.-Abstand v. 1 mW



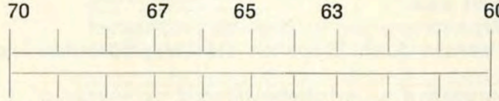
Teilg. „C“ 1 2 3,16 5 10 pW Geräusch-Leistung

Teilg. „L“ 10 13 15 17 20 dBrn = dB über 1 pW
80 77 75 73 70 dB Ger.-Abstand v. 1 mW



Teilg. „C“ 10 20 31,6 50 100 pW Geräusch-Leistung

Teilg. „L“ 20 23 25 27 30 dBrn = dB über 1 pW
70 67 65 63 60 dB Ger.-Abstand v. 1 mW



Teilg. „C“ 100 200 316 500 1000 pW Geräusch-Leistung

Der Castell-Duplex-Sonderrechenstab 2/31 für Stahlbeton-Berechnungen

von Ing. Harald Bachmann

Im Rechenstab-Brief Nr. 1 (1961) ist im Beitrag des Herrn Dipl.-Ing. Fr. Dworschak gezeigt, wie mit dem Castell-Duplex 2/82 die Bemessungsaufgaben im Stahlbetonbau vorgenommen werden können.

Da hierbei die beiden Stahlspannungen σ_b und σ_e als Veränderliche auftreten, muß zusätzlich zu dem Rechenstab noch eine Fluchtlinientafel verwendet werden, oder die Werte müssen in üblicher Weise den Tabellen entnommen werden.

Bei den früheren Sonderrechenstäben für Stahlbeton-Berechnungen konnte man zwar auf diese zusätzliche Benutzung von Tabelle und Fluchtlinientafel verzichten, indem man das Verhältnis $m = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$ einführte, aber der Rechengang wurde dadurch umständlicher, d. h. es wurden zwei Schieber- und zwei Läufereinstellungen erforderlich. Außerdem ging hierdurch der Überblick über den Rechnungsgang verloren.

Der neue Sonderrechenstab 2/31 ist nun so ausgebildet, daß bei **einer Schiebereinstellung** und je einer Läufereinstellung **die drei Hauptabmessungen ermittelt werden können.** Gleichzeitig ist sofort erkennbar, welche Abmessungsänderung die Änderung einer oder beider Spannungen bringt.

Erreicht wird dieser günstige Rechenvorgang durch die Verwendung von gruppenweise angeordneten, schräg liegenden Skalen für die Betonspannung σ_b, die mit kurvenförmigen Läufermarken für die Stahlspannungen σ_e zusammenwirken. Infolge dieser Anordnung lassen sich außerdem bei einem Rechenstab normaler Länge die Spannungsbereiche in breitester Ausdehnung unterbringen, so z. B. für einen σ_b-Bereich von 40 bis 180 kp/cm² und für einen σ_e-Bereich von 1,4 bis 3,6 Mp/cm².

Da für diese Berechnungen die Beziehungen

$$h = k_n \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} \; ; \; x = k_x' \sqrt{\frac{M}{b}} \text{ und } f_e = k_{f_e} \sqrt{\frac{M}{b}}$$

gelten, werden drei solche Skalengruppen erforderlich, die auf den Rechenstabwangen der Stabrückseite untergebracht sind.

Die Werte k_n, k_x' und k_{f_e} werden durch Einstellen der entsprechenden Läufermarken (σ_e) auf den Einstell-Skalengruppen (σ_b) erhalten, während der Ausdruck $\sqrt{\frac{M}{b}}$ durch Schiebereinstellung der Werte $\frac{M}{b}$ auf den Quadratskalen an der unteren Gleitfuge und Übergang auf die Grundskala (obere Schieberskala) erhalten wird.

An einem einfachen Beispiel sei dieser Rechenvorgang nochmals erläutert:

Biegungsmoment $M = 2$ Mp/cm²

Statisch wirksame Druckbreite $b = 40$ cm

Betondruckspannung $\sigma_b = 80$ kp/cm²

Stahlzugspannung $\sigma_e = 2$ Mp/cm²

An der unteren Gleitfuge wird das Moment 2 Mp/cm² über der Balkenbreite 40 cm eingestellt.

Dann wird die der gewünschten Stahlspannung 2 Mp/cm² entsprechende Läufermarke über den Teilstrich der Betonspannung 80 kp/cm² der rechten, unteren Skalengruppe gestellt und auf der oberen Schieberskala unter dem rechten Läuferstrich der Wert 19,52 cm für die statische Höhe h abgelesen (siehe Abb. 1).

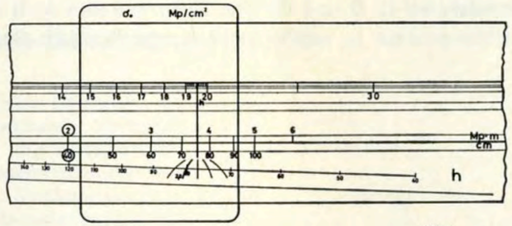


Abb. 1

Bei gleicher Schiebereinstellung wird gemäß Abb. 2 derselbe Vorgang unter Benutzung der oberen Skalengruppe durchgeführt und auf der oberen Schieberskala für f_e der Wert 14,6 cm² abgelesen. Damit erhält man für den Gesamtquerschnitt der Zugbewehrung $F_e = \frac{b}{100} \cdot f_e = 0{,}4 \cdot 14{,}6 = 5{,}84$ cm².

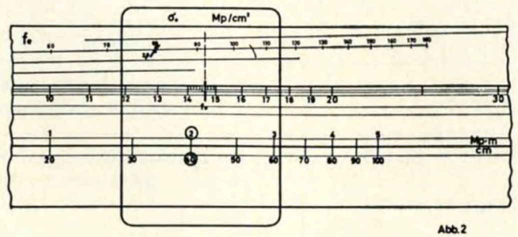


Abb. 2

Zur Ermittlung des Abstandes der neutralen Faser vom Druckrand benutzt man die untere linke Skalengruppe gemäß Abb. 3 und erhält x = 7,32 cm. Gleichzeitig liest man $\frac{x}{3}$ auf der mittleren Schieberskala mit 2,44 cm ab und erhält aus h — $\frac{x}{3}$ = 19,52 — 2,44 = 17,08 cm den Wert Z.

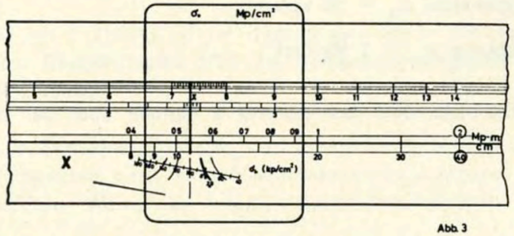
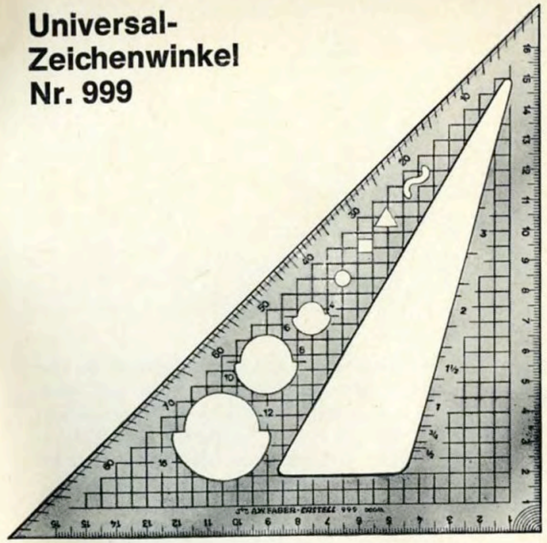


Abb. 3

Für die Berechnung T-förmiger und doppeltbewehrter Querschnitte ist ein Zusatzstreifen mit Diagrammen beigelegt, welche die Rechnung durch Benutzung eines Faktors auf den einfach bewehrten Rechtecksquerschnitt zurückführen.

Ein besonderer **Vorteil** dieses Sonderrechenstabes 2/31 ist darin zu erkennen, daß die Vorderseite dieses Stabes ein vollkommenes **Teilungsbild eines technischen Rechenstabes** mit den Grundskalen C, D und CI, den Quadratskalen A, B und BI, der Kubenskala K, der Logarithmenskala L, sowie den trigonometrischen Skalen T_1, T_2, S und ST aufweist.

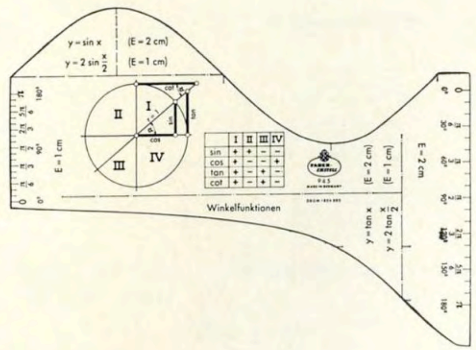
Universal-Zeichenwinkel Nr. 999



Der **Universalzeichenwinkel** besitzt Einrichtungen zum **Winkel- und Längenmessen,** zum **Koordinatenauftragen,** zum Ziehen **paralleler Linien** und enthält gleichzeitig Schablonen für **Ab- und Anrundungen** sowie **Bearbeitungszeichen.** Außerdem ist an der 75°-Zeichenkante eine **Normschriftskala** vorgesehen. Durch Sondermarken innerhalb der Winkelskala ist auch ein rasches müheloses Zeichnen in axonometrischer Parallelperspektive ohne weitere Zusatzeinrichtung möglich. Mit dem am Zeichenwinkel chemografisch aufgebrachten **Linienraster** mit 5 mm-Teilung läßt sich jede Zeichenarbeit auf ungeteiltem Zeichenpapier genau so vorteilhaft und einfach wie auf kariertem oder Diagrammpapier ausführen.
Schenkellänge 17 cm.

Sinus-Tangens-Schablone Nr. 945

Das ideale Gerät zum Zeichnen von Kurven und Kreisfunktionen, versehen mit Maßstäben für die Abszissenteilung in Grad und Bogenmaß und einem Schema über den Funktionsverlauf. Mit Hilfe der Funktionsgleichungen an den Ziehkanten können die Kurven von Sinus, Kosinus, Tangens und der zugehörigen Arcus-Funktionen gezeichnet werden. Bei der Darstellung der Funktionskurven wird der Winkel als unabhängige Veränderliche mit x bezeichnet und im Bogenmaß aufgetragen, d. h., man mißt den Winkel durch den Bogen des Einheitskreises. Die Maßstab-Skalen liegen am Rande der Schablone.



999	Universalwinkel aus glasklarem, transparentem Astralon	
945	Sinus-Tangens-Schablone aus grünem Zelluloid, hellgrün-durchsichtig	13,5 x 10 cm 1 mm stark

A. W. FABER - CASTELL · 8504 STEIN BEI NÜRNBERG