Universal-Rechenschieber

für den

Funktechniker

Eine Bau- und Gebrauchsanleitung

von

Hans-Joachim Schultze

Mit 10 Abbildungen und 2 Beilagen, darunter einem Satz Rechenschieberskalen in natürlicher Größe

Sonderdruck aus der FUNKSCHAU

FUNKSCHAU-VERLAG, MÜNCHEN 15

30.–

Zur Einführung

Der Universal-Rechenschieber für den Funktechniker unterscheidet sich von den bisher im Handel erhältlichen Rechenstäben grundsätzlich dadurch, daß mit ihm Rechnungen ausgeführt werden können, deren Werte zwischen 10^{-8} und 10^{8} liegen, *wobei die Stellenzahl des Resultats bereits berücksichtigt ist.* Die Kommastellung des Resultats braucht also nach Ausführung der Rechnung nicht mehr gesondert berechnet oder durch Überschlag gefunden zu werden, sondern liegt hier bereits fest. Dieser Vorteil ist besonders bei gemischten Berechnungen, wie sie in der Funktechnik sehr häufig vorkommen, von nicht zu unterschätzendem Wert. Will man z. B. mit dem normalen Rechenstab eine Rechnung von der Form $x = \sqrt{\frac{a \cdot b}{c \cdot d}}$ durchführen, so muß man auf den oberen Teilungen erst das Resultat unter der Wurzel errechnen, hiervon die Stellenzahl ermitteln, um zu wissen, in welcher Hälfte der oberen Skala das Resultat liegt, und dann erst aus diesem Wert die Quadratwurzel ziehen und die Stellenzahl nochmals bestimmen. Dies ist bei dem neuen Rechenstab sehr vereinfacht. Hier wird das Zwischenergebnis unter der Wurzel bereits auch stellenmäßig ermittelt, was in diesem Falle aber gar nicht interessiert, da man unter der „1" der unteren Zungenteilung gleich das Ergebnis - auch stellenmäßig - ablesen kann. Es liegt klar auf der Hand, daß durch das neue Verfahren ein ganz erheblicher Zeitgewinn erzielt wird, der namentlich in der heutigen Zeit eine nicht unbedeutende Rolle spielt.

Diesem großen Vorteil steht allerdings ein scheinbarer Nachteil gegenüber. Um von 10^{-4} bis 10^{8} (auf den oberen Teilungen) rechnen zu können, werden zwölf hintereinanderliegende logarithmische Leitern benötigt. Würde man nun jeder Leiter eine Länge von 12,5 cm geben, wie sie bei den normalen Rechenstäben üblich ist, so müßte dieser Rechenstab eine Länge von rund 1,5 m besitzen. Dies ist natürlich nicht möglich. Aus diesem Grunde wurde für jede Skala nur eine Länge von 4 cm gewählt, so daß der gesamte Rechenstab nur noch 48 cm lang wird. Rechnet man hierzu noch einen freien Raum rechts und links von je 1 cm, so wird der fertige Rechenstab eine Gesamtlänge von 50 cm aufweisen. Dieses Maß ist aber noch durchaus tragbar, wenn der Rechenstab nicht im Freien benutzt wird, was aber beim Funktechniker wohl kaum der Fall sein wird.

Durch das Zusammendrängen der Skalen auf den dritten Teil ergibt sich naturgemäß auch eine nicht mehr so große Einstell- und Ablesegenauigkeit von Zwischenwerten. Trotzdem arbeitet man mit diesem Rechenstab mit einer für die Praxis, insbesonders für die Bedürfnisse des Funktechnikers, *völlig ausreichenden Genauigkeit!* Gerade in der Funktechnik muß ja mit Werten gerechnet werden, die nicht genau bekannt sind. Die Werte von Widerständen, Kondensatoren usw. bewegen sich meist um eine Toleranz von $\pm$ 10%, in günstigen Fällen von $\pm$ 5%. Das besagt aber nichts anders, als daß z. B. ein Widerstand von 500 000 Ω mit der Toleranz von $\pm$ 10% einen Wert zwischen 450 000 und 550 000 Ω, oder ein Kondensator von 500 pF mit der Toleranz von $\pm$ 5% einen Wert zwischen 475 und 525 pF besitzen kann. Noch krasser liegt der Fall bei Spulen und Drosseln. Eine Drossel soll den Wert von 10 Henry haben. Die Hersteller haben aber nicht angegeben, bei welchem Strom diese Drossel den Wert von 10 Henry hat (die Induktivität einer Drossel hängt bekanntlich von dem sie durchfließenden Strom ab). Also wird auch hier nur mit einem Näherungswert gerechnet werden müssen. Hochfrequenzspulen ändern zudem noch ihren Wert durch Abschirmung, Kopplung und dergleichen. Also auch hier wieder nur Näherungswerte. Diese Reihe von Beispielen ließe sich noch weiter fortsetzen, was aber hier nicht die Aufgabe ist. Es sollte vielmehr gezeigt werden, daß dieser Rechenschieber - trotz der Verkleinerung der Skalen - immer noch den Anforderungen des Technikers vollauf genügt. Hinzu kommt noch, daß sich die Einstell- bzw. Ableseungenauigkeiten der einzelnen Werte bei zusammengesetzten Aufgaben, insbesondere bei abwechselnder Multiplikation und Division, zum größten Teil wieder aufheben. Die Einstell- oder Ablesefehler bewegen sich bei diesem Rechenstab dagegen nur um einen Bruchteil der Toleranz von Widerständen, Kondensatoren, Spulen und dergl. Selbst wenn sich die Skalen beim Aufziehen sehr verziehen sollten, was aber bei genauer Befolgung der Bauanleitung vermieden werden kann, so ist der Rechenstab aus oben angeführten Gründen noch nicht wertlos geworden. Allein schon zur Bestimmung der Stellenzahl oder zu überschlägigen Rechnungen wäre er auch dann noch ein nützliches und brauchbares Hilfsmittel.

Der Verfasser hat, bevor dieser Rechenstab der Öffentlichkeit übergeben wurde, umfangreiche Versuche, insbesondere Klebeversuche, durchgeführt, um die Brauchbarkeit des neuen Rechenstabes unter Beweis zu stellen. Leider verbieten es die Kriegsverhältnisse, die Skalen auf hochwertigem Material, etwa Zellhorn, zu drucken bzw. zu gravieren. Trotzdem kann man sich aber auch mit den gelieferten Papierskalen einen wirklich brauchbaren Rechenstab herstellen, wenn der Bau genau nach den aufgestellten Richtlinien vorgenommen wird.

Möge dieser Rechenstab ein nützliches und unentbehrliches Hilfswerkzeug für den konstruierenden und praktizierenden Funktechniker werden.

Hans Joachim Schultze.

Mit zwei Beilagen:

1. Skalen für den Universal-Rechenschieber
2. Ansichten des fertiggebauten Universal-Rechenschiebers

1944

Sonderdruck aus der FUNKSCHAU

Verantwortlich für die Schriftleitung: Ing. Erich Schwandt, Potsdam, Straßburger Str. 8 - Verlag: FUNKSCHAU-Verlag, München 15, Pettenkoferstr. 10b - Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, München 2, Luisenstraße 17.

Der Bau des Universal-Rechenschiebers

Zunächst schneide man mit einer scharfen Schere die zwei Skalenteile A und B des beiliegenden Skalenblattes genau an den Umgrenzungslinien aus, und zwar so, daß die Linien gerade noch mit abgeschnitten werden. Besondere Sorgfalt ist hierbei auf die linke Seite des Teiles B zu richten. Hierauf werden die Teile A und B aneinandergeklebt (linke Seite von Teil B an rechte Seite von Teil A). Zu diesem Zwecke bestreiche man die Rückseite der linken Seite von Teil B etwa 1 Zentimeter breit mit wasserfreiem Klebstoff (UHU, Cohesan oder dergl.) und füge ihn an die rechte Seite von Teil A so an, daß die Teilstriche 6, 10^2, 10^{-2} und 10^1 des Teiles A mit denen des Teiles B genau übereinstimmen. Zur Kontrolle lege man ein Lineal an die Gerade auf der mittleren Skala an. Sie muß nach dem Aneinanderfügen der zwei Teile eine durchgehende gerade Linie bilden (im anderen Falle sind die zwei Teile schief aneinandergesetzt worden!). Zweckmäßig führt man diese Kontrolle schon während des Aneinanderklebens durch. Bis zum restlosen Trocknen des Klebestoffes beschwere man die geklebte Stelle.

Die Anfertigung des Rechenstabkörpers kann auf verschiedene Arten erfolgen. Der grundsätzliche Aufbau ist aber bei allen Arten der gleiche und ist aus Bild 1 ersichtlich.

Die Hauptabmessungen des Rechenschiebers sind durch Länge und Breite der Zunge und der oberen und unteren Skalen festgelegt. Sie betragen 490×70 mm. Wie bereits gesagt, kann der Bau des Rechenstabkörpers auf verschiedene Arten erfolgen, er richtet sich ganz nach dem Vorhandensein von Maschinen, Werkzeugen und Material. Es folgen nun drei verschiedene Bauanleitungen.

1. Ausführungsform

Als Material kann trockenes Hartholz, Aluminium oder Pertinax verwendet werden. Man fertige zunächst eine Grundplatte 500×85×10 mm, in deren Mitte zwecks Verminderung der Reibung der Zunge eine Nute eingefräst wird (siehe Bild 2a). Alsdann werden die Träger der oberen und unteren Stabteilungen gemäß Bild 2b und die Zunge gemäß Bild 2c hergestellt. Die Gesamtlänge beträgt ebenfalls je 500 mm. Selbstverständlich müssen hierbei alle Kanten genau parallel und gerade sein, um ein gutes Gleiten der Zunge zu ermöglichen. Der Zusammenbau geschieht nach Zeichnung (siehe Bild 2d). Es wird zweckmäßig erst ein Skalenträger auf die Grundplatte aufgeleimt oder geschraubt, dann die Zunge angelegt und auf die andere Seite der Zunge der zweite Skalenträger leicht gegengedrückt und ebenfalls auf der Grundplatte befestigt. Sind beide Skalenträger auf der Grundplatte befestigt, so schiebe man die Zunge ein und schleife die Oberseite vollkommen plan. Auf alle Fälle soll der Stabkörper so ausgeführt sein, daß die Zunge zügig - ohne größere Fugen zwischen Skalenträgern und Zunge zu bilden - verschoben werden kann. Um ein Verziehen des Stabkörpers bei Benutzung von nicht sehr trockenem Holz zu verhindern, ist es zweckmäßig, die Grundplatte aus zwei bis drei Lagen querverleimter Brettchen oder aus Sperrholz herzustellen.

Selbstverständlich kann der Rechenstabkörper (Grundplatte und Skalenträger) aus einem Stück gefräst werden. Man erspart sich dann die Mühe, die zwei Skalenträger auf die Grundplatte zu leimen. Die Abmessungen bleiben die gleichen.

Auf die beiden Skalenträger und auf die Zunge werden nun die Skalen geklebt, und zwar wie folgt:

Die ausgeschnittene und aus den Teilen A und B zusammengesetzte Skala wird der Länge nach in drei Teile zerschnitten. Hierzu lege man ein Lineal an die rechts und links oben befindlichen Markierungsstriche an und fahre an der Kante des Lineals mit einem Messer so oft entlang, bis das Papier restlos durchschnitten ist. Genau so verfährt man bei den rechts und links unten befindlichen Markierungsstrichen. Beim Schneiden muß das Messer genau senkrecht gehalten werden, da sonst die Maße nicht eingehalten werden! Somit hat man die obere Skala, die untere Skala und die Zunge erhalten. Die obere Skala wird nun auf den oberen Skalenträger, die untere Skala auf den unteren Skalenträger geklebt, und zwar derart, daß die Innenkanten der oberen bzw. unteren Skala mit den Innenkanten des oberen bzw.

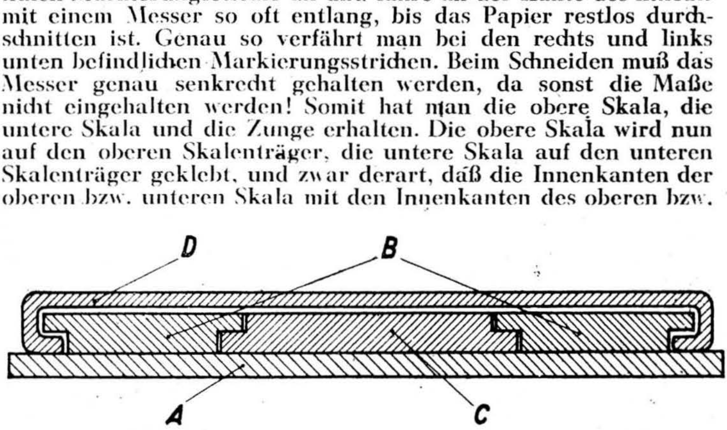


Bild 1. Der Rechenschieber im Querschnitt.

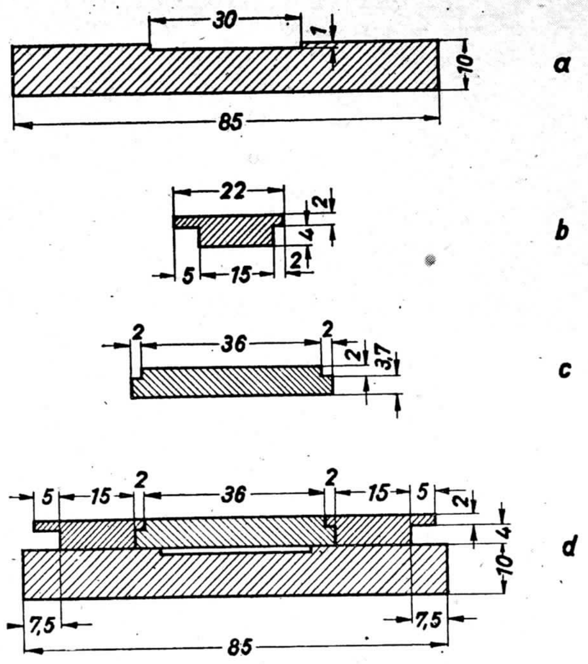


Bild 2. Die Teile des Rechenschiebers der 1. Ausführungsform und ihr Zusammenbau im Schnitt.

Bild 3. Der Läufer.

unteren Skalenträgers übereinstimmen. Ebenso wird die Zungenskala auf die Zunge geklebt. Bevor jedoch die untere Skala aufgeklebt wird, schiebe man die Zunge so weit ein, daß der obere Teilstrich „1" der Zunge dem Teilstrich „1" der oberen Skala genau gegenüberliegt. Dann wird die mit Klebstoff befeuchtete untere Skala so an die Zunge angelegt, daß sich der untere Teilstrich „1" der Zunge und der Teilstrich „1" der unteren Skala genau gegenüberliegen. Dann wird die untere Skala festgeklebt und die Zunge sofort ganz herausgezogen, um ein Festkleben bzw. Beschädigen der Skalen untereinander durch hervorquellenden Klebstoff zu vermeiden. Nachdem die untere Skala festgeklebt ist, müssen also auch die Teilstriche 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10^{1}, 10^{2}, 10^{3}, 10^{4} des unteren Skalenträgers den Teilstrichen 10^{-4}, 10^{-2}, 1, 10^{2}, 10^{4}, 10^{6} und 10^{8} des oberen Skalenträgers senkrecht gegenüberliegen.

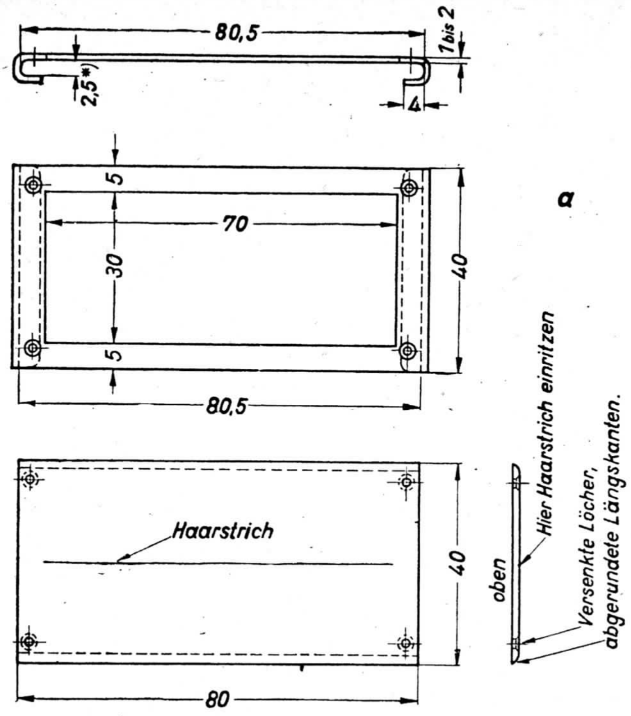
Die Herstellung des Läufers ist auf zwei verschiedene Arten möglich.

Die 1. Art: Die Gesamtansicht des Läufers zeigt Bild 3. Aus etwa 1 bis 2 mm starkem Aluminiumblech wird der Läuferrahmen nach den angegebenen Abmessungen zugeschnitten, gebogen und das Fenster ausgefeilt oder mit einer Laubsäge ausgesägt (siehe Bild 4a). Die 4 Befestigungslöcher für die Zelluloidscheibe werden gebohrt und von oben versenkt.

Die Zelluloidscheibe wird nach Bild 4b hergestellt. Die Stärke der Scheibe soll nach Möglichkeit nicht unter 1 mm betragen. Die vier Befestigungslöcher werden gebohrt und von unten versenkt. Außerdem müssen die zwei Längskanten an der Unterseite abgerundet werden, um ein stoßfreies Gleiten des Läufers über die Klebefuge der Skala zu gewährleisten. Der Haarstrich wird mit einer Nadel auf der Unterseite der Scheibe eingeritzt. Er soll sich also auf der der Skala zugewendeten Fläche der Scheibe befinden, um Ablesefehler durch Parallaxe zu vermeiden. Ein Färben des Haarstrichs erübrigt sich, da das Ablesen ohne ein solches genau so gut erfolgen kann. Der Haarstrich selbst soll möglichst dünn sein; eine Stärke von nur 0,1 bis 0,2 mm ist anzustreben. Die Zelluloidscheibe wird durch vier kleine Nieten oder Senkkopfschrauben am Läuferrahmen befestigt.

Es ist bei der Herstellung des Läufers besonders zu beachten, daß der Haarstrich genau senkrecht zu den Skalen verläuft.

Die 2. Art: Die Herstellung dieses Läufers ist wesentlich einfacher als die unter 1. genannte Art. Die Gesamtansicht des Läufers zeigt Bild 5.



*) *Maß ohne Zelluloidscheibe. Dieses Maß muß um die Dicke der verwendeten Scheibe vergrößert werden.*

Bild 4. Maßzeichnung für die Anfertigung des Läufers.

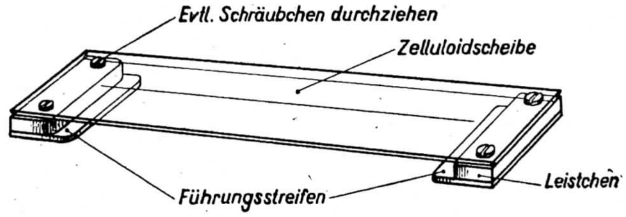


Bild 5. Eine einfachere Läufer-Bauart.

Aus Hartholz oder Pertinax werden zwei Leistchen 40×7,5×2,5 mm hergestellt (siehe Bild 6a). Die Kanten der an den beiden Skalenträgern gleitenden Flächen werden abgerundet und die Ober- und Unterseiten aufgerauht. Die Zelluloidscheibe wird auf die in Bild 6b angegebenen Abmessungen zugerichtet, die zwei unteren Längskanten abgerundet und der Haarstrich auf der Unterseite eingeritzt. Hierbei ist genau wie unter 1. angegeben zu verfahren.
Dann werden die zwei Leistchen auf die Unterseite der Scheibe mit einem gut bindenden Klebstoff (UHU, Cohesan oder dergl.) geklebt. Auf die andere Seite der Leistchen werden zwei Zelluloidstreifen (40×11,5 mm), deren Innenkanten ebenfalls abzurunden sind, als Führungen aufgeklebt. Der Läufer wird nun bis zum restlosen Trocknen des Klebstoffes beschwert bzw. eingespannt, damit alle Teile innig miteinander verbunden werden. Um dem Ganzen noch größere Sicherheit zu geben, kann man durch die Zelluloidscheibe, Leistchen und Zelluloidstreifen je zwei Schräubchen durchziehen, was namentlich bei Verwendung von nicht gut bindendem Klebstoff zu empfehlen ist (siehe Bild 5). Die Zelluloidscheibe und die Streifen sollen nicht unter 1 mm stark sein, da sonst der Läufer in sich nicht fest genug ist. Als Material für die Führungsstreifen kann an Stelle von Zelluloid natürlich auch jeder andere Werkstoff benutzt werden; meist aber wird bei der Herstellung der Zelluloidscheibe so viel abfallen, daß daraus noch die Streifen angefertigt werden können.
Ein nach obiger Anweisung hergestellter Läufer wird vom Verfasser benutzt und hat sich sehr gut bewährt.

2. Ausführungsform

Der Werkstoff für diese Ausführungsform besteht in der Hauptsache aus starkem Karton (Pappe). Die Grundplatte soll aber auch hier wegen der besseren Festigkeit aus querverleimtem Holz, Sperrholz oder aus trockenem Hartholz bestehen. Die Verwendung von Hartpapier (Pertinax) ist ebenfalls möglich. Man fertige zunächst eine Grundplatte 500×80×6 mm an (s. Bild 7b). Die Längskanten müssen genau parallel und gerade sein. Auf die Grundplatte klebe man zwei Kartonstreifen (Bild 7c) von je 500 mm Länge und 15 mm Breite als Zwischenlagen. Die Stärke des Kartons soll mindestens 2 mm betragen. Die fertig

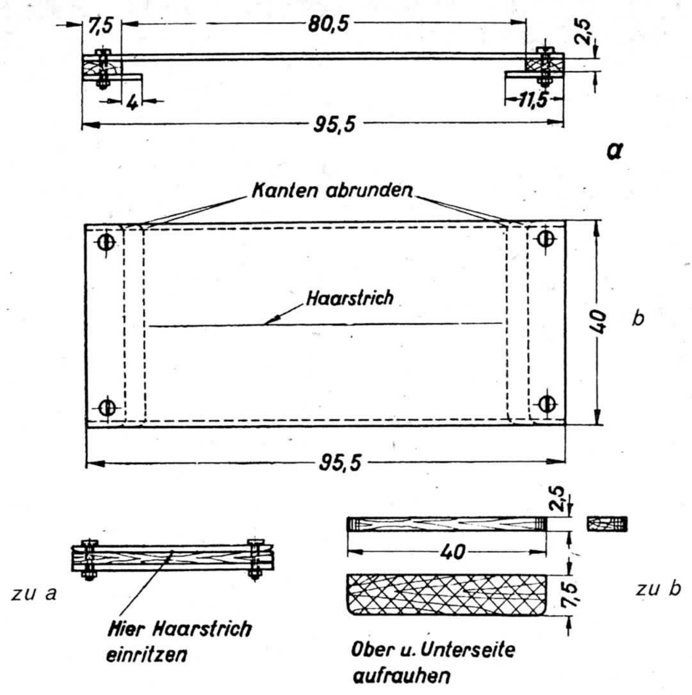


Bild 6. Maßzeichnung für den Läufer zweiter Art.

ausgeschnittene und zusammengeklebte Skala wird nun auf starken (nicht unter 1,5 mm) Karton aufgezogen. Um ein Verziehen der Skala zu verhindern, benutze man nach Möglichkeit wasserfreien Klebstoff (Uhu, Cohesan oder dergl.). Allerdings muß hierbei sehr schnell verfahren werden, da wasserfreie Klebstoffe sehr rasch trocknen. Ist die Skala aufgeklebt und getrocknet, so schneide man den überstehenden Karton mit einem Messer ab, und zwar so, daß rundherum noch ein Rand von je 5 mm Karton stehen bleibt. Die Skalenplatte hat dann die Abmessungen 500×80 mm.

Diese Skalenplatte wird nun der Länge nach in drei Teile zerschnitten. Hierzu lege man ein Lineal an die rechts und links oben befindlichen Markierungsstriche an und fahre an der Kante des Lineals mit einem Messer so oft entlang, bis der Karton restlos durchschnitten ist. Genau so verfährt man bei den rechts und links unten befindlichen Markierungsstrichen. Auf diese Weise hat man nun den oberen Skalenträger, die Zunge und den unteren Skalenträger erhalten. Unter die Zunge wird nun ein Haltestreifen aus Karton von 500×40 mm (siehe Bild 7 d) genau in die Mitte geklebt, so daß oben und unten noch je 2 mm Karton überstehen. Dieser Karton soll aber mindestens 0,5 mm schmaler als die Zwischenlagen sein, um ein reibungsloses Gleiten der Zunge zu ermöglichen. Der unter die Zunge geklebte Karton-

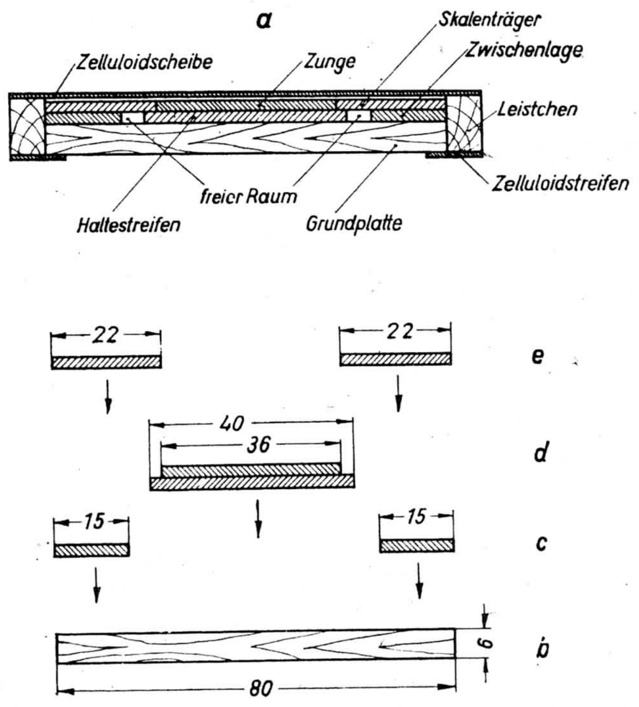


Bild 7. Der Aufbau des Rechenschiebers der zweiten Ausführungsform.

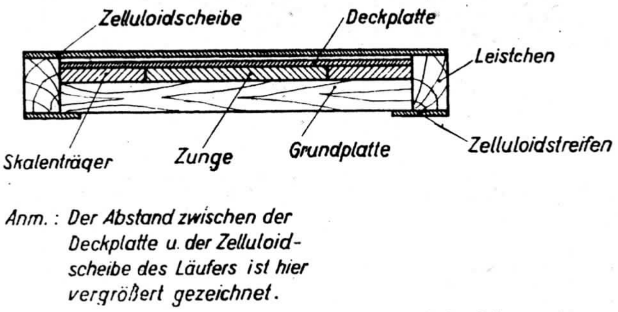


Bild 8. Der Aufbau des Rechenschieber' der dritten Ausführungsform

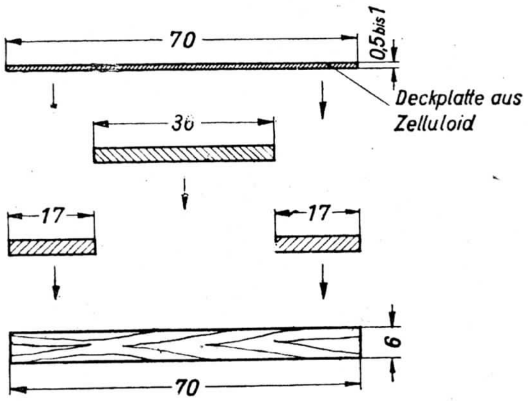


Bild 9. Die Maße der einzelnen Teile der dritten Ausführungsform.

streifen hat nur den Zweck, die Zunge gegen Herausfallen zu sichern. Der obere Skalenträger wird nun auf die Zwischenlage geklebt (siehe Bild 7a). Die Zunge wird eingeführt, und zwar so weit, daß der obere Teilstrich „1" der Zunge dem Teilstrich „1" der oberen Skala g e n a u g e g e n ü b e r l i e g t. Dann wird der mit Klebstoff befeuchtete untere Skalenträger so an die Zunge gelegt, daß sich der untere Teilstrich „1" der Zunge und der Teilstrich „1" des unteren Skalenträgers g e n a u g e g e n - ü b e r l i e g e n. Dann wird der untere Skalenträger festgeklebt und die Zunge sofort ganz herausgezogen, um ein Festkleben bzw. Beschädigen der Skalen untereinander durch hervorquellenden Klebstoff zu vermeiden. Nachdem der untere Skalenträger festgeklebt ist, müssen also auch die Teilstriche 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10^{1}, 10^{2}, 10^{3} und 10^{4} des unteren Skalenträgers den Teilstrichen 10^{-1}, 10^{-2}, 1, 10^{2}, 10^{4}, 10^{6} und 10^{8} des oberen Skalenträgers senkrecht gegenüberliegen. Es ist außerdem zu beachten, daß der untere Skalenträger nicht zu stark gegen die Zunge gepreßt wird, da sonst die Zunge zu stark eingeengt wird und nicht mehr zügig gleiten kann.

Als Läufer verwende man zweckmäßig die in der 1. Ausführungsform beschriebene Ausführung 2. Art, nur mit dem Unterschied, daß die Leistchen stärker werden. Sie müssen um etwa 0,5 bis 1 mm stärker sein als Grundplatte, Zwischenlage und Skalenträger einschl. der Papierskalen zusammen stark sind. Der Läufer umfaßt also bei dieser Ausführung des Rechenstabes den gesamten Stabkörper (siehe Bild 7a).

3. Ausführungsform

Die 3. Ausführungsform unterscheidet sich von der 2. nur dadurch, daß die Zwischenlage unter den Skalenträgern und der Haltestreifen unter der Zunge fehlen (siehe Bild 8).

Die fertig ausgeschnittene Skala wird - genau wie für die 2. Ausführungsform beschrieben - auf starken Karton (hier jedoch nicht unter 2 mm Stärke, da der Haltestreifen fehlt!) aufgezogen, ausgeschnitten und in drei Teile (oberen Skalenträger, Zunge und unteren Skalenträger) zerlegt. Beim Ausschneiden ist nur noch rechts und links ein Kartonrand von je 5 mm stehen zu lassen. Die Grundplatte hat hier nur eine Breite von 70 mm, bedingt durch das Fehlen der oben und unten überstehenden Kartonstreifen von je 5 mm Breite (siehe Bild 9). Die Länge von 500 mm bleibt auch hier erhalten. Nachdem der obere Skalenträger auf die Grundplatte geklebt ist, wird die Zunge eingelegt und der untere Skalenträger ebenfalls auf die Grundplatte geklebt. Hierbei verfahre man nach den in der 2. Ausführungsform aufgestellten Richtlinien.

Um ein Herausfallen der Zunge zu verhindern, befestige man über dem Ganzen eine Deckplatte aus Zelluloid (siehe Bild 8), deren Abmessungen wie die Grundplatte 500×70 mm betragen. Die Befestigung der Deckplatte erfolgt durch kleine versenkte Schräubchen, die durch den oberen bzw. unteren Skalenträger in die Holzgrundplatte eingeschraubt werden. Auf der Unterseite durchstoßende Schrauben sind abzufeilen und glatt zu schleifen. Bei Verwendung einer Deckplatte können Ablesefehler durch

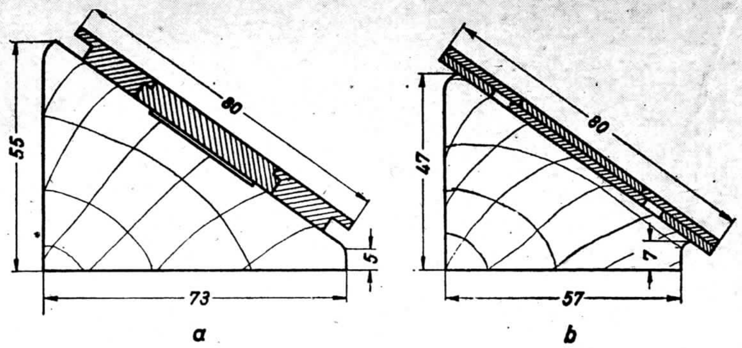


Bild 10. Für den Gebrauch am Schreibtisch empfehlen sich diese im Schnitt gezeichneten schrägen Grundplatten.

Parallaxe entstehen, wenn ein unter dem Läuferstrich stehender Wert abgelesen werden soll. Um diesen Fehler so gering wie möglich zu halten, soll die Deckplatte möglichst nicht über 1 mm stark sein. Selbstverständlich ist der Rechenstab auch ohne Deckplatte gebrauchsfertig. Allerdings besteht dann die Gefahr, daß die Zunge herausfällt, was aber beim Gebrauch am Schreibtisch nicht sonderlich ins Gewicht fällt. Als Läufer wird auch hier wieder der in der 1. Ausführungsform beschriebene zweiter Art verwendet. Die Stärke der Leistchen richtet sich nach der Stärke der Grundplatte, der Skalenträger bzw. Zunge und der Deckplatte (zuzüglich 0,5 bis 1 mm Spielraum).

Für den Gebrauch des Rechenstabes am Schreibtisch ist eine in Bild 10 angegebene Form der Grundplatte zu empfehlen. Die ganze Skalenfläche liegt dann schräg, und der Benutzer des Rechenstabes braucht sich dann nicht mehr über den Rechenstab zu beugen, sondern kann das Einstellen und Ablesen aus der bereits eingenommenen Haltung vornehmen.

Bild 10 a gibt die Form der Grundplatte für die 1. Ausführungsform, Bild 10 b die für die 2. und 3. Ausführungsform wieder.

Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, daß es noch mehrere Lösungen gibt, wie man sich den Universal-Rechenstab herstellen kann. Es sei an dieser Stelle noch besonders darauf hingewiesen, daß alle drei Ausführungsformen vom Verfasser praktisch erprobt worden sind.

Gebrauchsanweisung für den Universalrechenschieber

Das Rechnen mit dem neuen Universalrechenschieber für den Funktechniker hat grundsätzlich nach den gleichen Richtlinien zu erfolgen, wie sie für normale Rechenstäbe gelten. Es wird daher an dieser Stelle auf die umfangreiche Fachliteratur hingewiesen, die sich mit der Theorie und Praxis des logarithmischen Rechenstabes befaßt. Trotzdem muß hier noch näher auf das Rechnen mit dem neuen Rechenstab eingegangen werden. Die folgende Anleitung soll nicht nur gelesen, sondern an Hand des fertigen Rechenstabes richtig durchgearbeitet werden. Nur dann ist ein gutes Verständnis des Rechenstabes zu erreichen.

Betrachten wir uns den neuen Rechenstab, so fallen uns sofort **fünf Hauptskalen** auf:

1. Die obere, auf dem Körper befindliche und mit den Werten von 10^{-4} bis 10^{8} bezifferte Skala (im folgenden kurz mit „A" bezeichnet),
2. die obere, auf der Zunge befindliche und mit den Werten von 10^{-4} bis 10^{8} bezifferte Skala (im folgenden kurz mit „B" bezeichnet),
3. die mittlere, auf der Zunge befindliche und mit den Werten von 10^{1} bis 10^{-8} bezifferte Skala (im folgenden kurz mit „R" [Reziprokskala] bezeichnet),
4. die untere, auf der Zunge befindliche und mit den Werten von 10^{-2} bis 10^{4} bezifferte Skala (im folgenden kurz mit „C" bezeichnet),
5. die untere, auf dem Körper befindliche und mit den Werten von 10^{-2} bis 10^{4} bezifferte Skala (im folgenden kurz mit „D" bezeichnet).

Die Reziprokskala R stellt die reziproken Werte der Skala B und — **wenn der Teilstrich 1 von B (B1) unter dem Teilstrich 1 von A (A1) steht** — auch die reziproken Werte der Skala A dar und umgekehrt!

Um die Übersichtlichkeit nicht zu beeinträchtigen, trägt der größte Teil der Teilstriche überhaupt keine Bezifferung, während die bezifferten Teilstriche nur die Grundzahl tragen. Die Stellenzahl ist aus der zur Grundzahl gehörenden Zehnerpotenz zu ersehen. So ergibt z. B. der zwischen 10^{2} und 10^{3} mit 4 bezifferte Teilstrich den Wert 400 ($4 \cdot 10^{2}$), der zwischen 10^{-2} und 10^{-1} mit 8,5 bezeichnete (nicht bezifferte) Teilstrich den Wert 0,085 ($8{,}5 \cdot 10^{-2}$) usw. Um also mit dem Rechenstabe zu rechnen, zerlege man in Gedanken den Wert in Grundzahl und Zehnerpotenz nach folgender Regel:

0,0003	$= 3 \cdot 10^{-4}$	**Regel: Bei Werten kleiner als 1 ist die Zehnerpotenz gleich der Anzahl der Nullen, einschließlich der vor dem Komma stehenden Null.**
0,0075	$= 7{,}5 \cdot 10^{-3}$	
0,021	$= 2{,}1 \cdot 10^{-2}$	
0,1	$= 10^{-1}$	
5,0	$= 5 (\cdot 10^{0})$	
60	$= 6 \cdot 10^{1}$	**Regel: Bei Werten größer als 10 ist die Zehnerpotenz gleich der um 1 verminderten Anzahl aller vor dem Komma stehenden Stellen (einschließlich der Nullen!).**
3400	$= 3{,}4 \cdot 10^{3}$	
10 000	$= 10^{4}$	
7 500 000	$= 7{,}5 \cdot 10^{6}$	
usw.		

Das Steigen der Zahlenwerte auf den Skalen A, B, C und D erfolgt in **rechter** Richtung, während das Steigen der Zahlenwerte auf der Skala R in **linker** Richtung erfolgt!

Wie bekannt sein dürfte, erfolgt beim logarithmischen Rechnen eine Multiplikation durch Addition ihrer Logarithmen, eine Division durch Subtraktion ihrer Logarithmen. Da bei Rechenstäben die Logarithmen in Abhängigkeit von ihren natürlichen Zahlen graphisch aufgetragen sind, so werden also bei einer Multiplikation zwei Strecken addiert, bei einer Division zwei Strecken subtrahiert. Hierauf beruht das Rechnen mit dem Rechenstab.

Multiplikation

Um z. B. die Multiplikationsaufgabe $x = 3000 \cdot 0{,}04 (= 3 \cdot 10^{3} \cdot 4 \cdot 10^{-2})$ auf dem Rechenstab zu errechnen, stellt man B 1 unter A $3 \cdot 10^{3}$ und liest über B $4 \cdot 10^{-2}$ auf A das Ergebnis $\mathbf{1{,}2 \cdot 10^{2} = 120}$ ab.

Genau wie auf den oberen Skalen, kann auch auf den unteren Skalen C und D gerechnet werden. In diesem Falle stellt man C 1 über D $3 \cdot 10^{3}$ und liest unter C $4 \cdot 10^{-2}$ auf D das Ergebnis $\mathbf{1{,}2 \cdot 10^{2} = 120}$ ab.

Da die unteren Skalen doppelt so lang sind wie die oberen, so kann man hier naturgemäß genauer rechnen. Allerdings liegen hier die Zahlenwerte nur zwischen 10^{-2} und 10^{4}. Es ist deshalb vor der Rechnung festzustellen, auf welchen der zwei Skalenpaare gerechnet werden muß.

Multiplikationen mit 3 und mehr Faktoren werden so ausgeführt, daß zunächst die ersten zwei Faktoren miteinander multipliziert werden. Da dieses „Zwischenergebnis" aber nicht interessiert, so wird es lediglich mit dem Läuferstrich „festgehalten". Dann wird B 1 (oder C 1 — je nachdem ob auf den oberen oder unteren Teilungen gerechnet wird) unter den Läuferstrich gestellt, auf der gleichen Skala der dritte Faktor gesucht und über (oder unter) ihm das Ergebnis abgelesen. Soll noch mit einem weiteren Faktor multipliziert werden, so liest man das 2. Zwischenergebnis ebenfalls nicht ab, sondern stellt den Läuferstrich auf das 2. Zwischenergebnis, stellt B 1 (oder C 1) unter den Läuferstrich usw.

Beispiel:
$$x = 6300 \cdot 0{,}0002 \cdot 12 \cdot 0{,}9$$

B 1 unter A $6{,}3 \cdot 10^{3}$ einstellen, Läuferstrich auf B $2 \cdot 10^{-4}$ rücken, B 1 unter den Läuferstrich stellen, den Läuferstrich auf B $1{,}2 \cdot 10^{1}$ rücken, B 1 unter den Läuferstrich ziehen und über B $9 \cdot 10^{-1}$ auf A das Ergebnis $1{,}36 \cdot 10^{1} = 13{,}6$ ablesen.

Eine Multiplikation mit drei Faktoren kann man mit nur einer einzigen Zungeneinstellung, solche mit fünf Faktoren mit nur zwei Zungeneinstellungen usw., lösen. Hierzu wird die Reziprokskala R mitbenutzt.

Beispiel 1:
$$x = 540 \cdot 0{,}000\,033 \cdot 2500$$

Mit dem Läuferstrich A $5{,}4 \cdot 10^{2}$ aufsuchen, unter den Läuferstrich R $3{,}3 \cdot 10^{-5}$ einstellen und über B $2{,}5 \cdot 10^{3}$ auf A das Ergebnis $4{,}45 \cdot 10^{1} = 44{,}5$ ablesen.

Aus diesem Beispiel ist zu ersehen, daß mit dem neuen Rechenstab auch Multiplikationen ausgeführt werden können, wenn einzelne Faktoren kleiner als 10^{-4} sind.

Beispiel 2:
$$x = 0{,}000\,0075 \cdot 4600 \cdot 0{,}25 \cdot 36 \cdot 0{,}08$$

Da $7{,}5 \cdot 10^{-6}$ auf den Skalen A und B nicht, dagegen aber auf R vorhanden ist, so vertauscht man die zwei ersten Faktoren, damit $7{,}5 \cdot 10^{-6}$ auf R eingestellt werden kann.

Es wird A $4{,}6 \cdot 10^{3}$ mit dem Läuferstrich aufgesucht, R $7{,}5 \cdot 10^{-6}$ unter dem Läuferstrich gestellt, der Läuferstrich über B $2{,}5 \cdot 10^{-1}$ gerückt, R $3{,}6 \cdot 10^{1}$ unter den Läuferstrich gezogen und über B $8 \cdot 10^{-2}$ auf A das Ergebnis $2{,}5 \cdot 10^{-2} = 0{,}025$ abgelesen.

Aus diesem Beispiel ist wohl mit am deutlichsten die sehr große Zeitersparnis, die man mit dem neuen Rechenstab erzielen kann, zu erkennen!

Division

Divisionsaufgaben können - genau wie Multiplikationsaufgaben - auf den oberen und unteren Skalenpaaren gerechnet werden.

Eine Divisionsaufgabe von der Form $x = \frac{0{,}8}{250}$ wird errechnet, indem man unter A $8 \cdot 10^{-1}$ den Wert B $2{,}5\ 10^{2}$ stellt und über B 1 auf A das Ergebnis $3{,}2 \cdot 10^{-3} = 0{,}0032$ abliest.

Bei Divisionsaufgaben kann man sich merken, daß die Trennungsfuge zwischen den Skalen A und B als Bruchstrich aufgefaßt werden kann!

Benutzt man zur Lösung obiger Aufgabe die Skalen C und D, so stellt man fest, daß das Ergebnis nicht mehr abgelesen werden kann, da C 1 links außerhalb der Skala D steht. Es ist deshalb anzuraten, bei reinen Multiplikations- und Divisionsaufgaben hauptsächlich von den Skalen A und B Gebrauch zu machen. Geübtere Rechner werden übrigens auch auf der unteren Skala das Ergebnis obiger Aufgabe zu 0,0032 ermitteln können. Liest man nämlich den Endwert nicht unter C 1 sondern unter dem 10 mal größeren Wert C 10 ab, so wird das Ergebnis auch 10 mal größer sein ($3{,}2 \cdot 10^{-2}$) als es dem wirklichen Wert entsprechen würde. Man braucht daher dieses 10 mal größere Ergebnis nur noch durch 10 zu dividieren, um das wirkliche Ergebnis zu $3{,}2 \cdot 10^{-3} = 0{,}0032$ zu erhalten.

Ist der Nenner einer Division kleiner als 10^{-4}, so multipliziert man den reziproken Wert des Zählers mit dem Nenner.

Beispiel:
$$x = \frac{0{,}6}{0{,}000\,024} = \frac{1}{0{,}000\,024} \cdot 0{,}6$$

Man stellt B 1 unter A 1, rückt den Läuferstrich auf R $2{,}4 \cdot 10^{-5}$, stellt B 1 unter den Läuferstrich und liest über B $6 \cdot 10^{-1}$ auf A das Ergebnis $2{,}5 \cdot 10^{4} = 25\,000$ ab.

Ist dagegen der Zähler kleiner als 10^{-4}, so bildet man zunächst den reziproken Wert des Ausdruckes, errechnet den Wert $\frac{1}{x}$ und bildet hieraus in bekannter Weise das Ergebnis x.

Beispiel:

$$x = \frac{0{,}000\,07}{135}$$; man bildet hieraus den reziproken Wert,

also: $$\frac{1}{x} = \frac{135}{0{,}000\,07} = \frac{1}{0{,}000\,07} \cdot 135$$

Man stellt B 1 unter A 1, rückt den Läuferstrich auf R $7 \cdot 10^{-5}$, stellt B 1 unter den Läuferstrich und rückt den Läuferstrich auf B $1{,}35 \cdot 10^{2}$. Jetzt stellt man wieder B 1 unter A 1 und liest unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis $5{,}2 \cdot 10^{-7} = 0{,}000\,000\,52$ ab. Ist bei einer Divisionsaufgabe der Zähler = 1 und der Nenner ein Produkt aus mehreren Faktoren, so kann man auf drei verschiedene Arten zu einem Ergebnis gelangen.

Beispiel 1: $$x = \frac{1}{0{,}07 \cdot 125 \cdot 150}$$

Unter A 1 wird B $7 \cdot 10^{-2}$ eingestellt, der Läuferstrich über B 1 gesetzt. A $1{,}25 \cdot 10^{2}$ darunter gezogen, der Läuferstrich auf B 1 gerückt, B $1{,}5 \cdot 10^{2}$ unter den Läuferstrich gezogen und über B 1 auf A das Ergebnis zu $\mathbf{7{,}6 \cdot 10^{-4} = 0{,}000\,76}$ abgelesen.

Wesentlich einfacher und eleganter gestaltet sich die Rechnung bei Mitbenutzung der Reziprokskala. Zu diesem Zweck wird die Division zunächst in eine Multiplikation verwandelt, indem der reziproke Wert angenommen wird, also:

$$\frac{1}{x} = 0{,}07 \cdot 125 \cdot 150$$

Die Multiplikation kann - wie bereits beschrieben - auf zwei verschiedene Arten vorgenommen werden. Es wird die 1. Art gewählt, also:

B 1 unter A $7 \cdot 10^{-2}$ stellen, den Läuferstrich auf B $1{,}25 \cdot 10^{2}$ rükken, B 1 unter den Läuferstrich stellen und den Läuferstrich auf B $1{,}5 \cdot 10^{2}$ rücken. Unter dem Läuferstrich kann nun auf A der Wert $\frac{1}{x}$ abgelesen werden, der aber nicht interessiert. Deshalb wird B 1 unter A 1 gestellt und es kann unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis $\mathbf{7{,}6 \cdot 10^{-4} = 0{,}000\,76}$ abgelesen werden.

Man kann das Ergebnis auch mit nur 2 Zungeneinstellungen erhalten, wenn man die Multiplikation auf die 2. Art vornimmt. Man rückt den Läuferstrich auf A $7 \cdot 10^{-2}$, stellt R $1{,}25 \cdot 10^{2}$ unter den Läuferstrich und stellt den Läuferstrich auf B $1{,}5 \cdot 10^{2}$. Jetzt wird wieder B 1 unter A 1 gestellt und unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis $\mathbf{7{,}6 \cdot 10^{-4} = 0{,}000\,76}$ abgelesen.

Zusammengesetzte Aufgaben (Multiplikation und Division)

Es sei die Aufgabe $$x = \frac{28\,000 \cdot 0{,}06}{0{,}15}$$ zu lösen.

Man beginnt stets mit der Division, um mehrere Zungeneinstellungen zu ersparen. Unter A $2{,}8 \cdot 10^{4}$ stellt man B $1{,}5 \cdot 10^{-1}$ und liest über B $6 \cdot 10^{-2}$ auf A das Ergebnis $\mathbf{1{,}12 \cdot 10^{4} = 11\,200}$ ab.

Man dividiert also zunächst 28 000 durch 0,15 und multipliziert - ohne den Quotienten abzulesen - sofort mit 0,06 weiter. Liegen die Faktoren aber ungünstig, so kann man nicht so einfach rechnen, wie in der obigen Aufgabe, sondern muß die einzelnen Faktoren teilweise in Gedanken umgruppieren.

Hier ein Beispiel:

Es soll $$x = \frac{125\,000 \cdot 175 \cdot 0{,}07}{0{,}0005 \cdot 75}$$

errechnet werden. Man teilt also in bekannter Weise 125 000 durch 0,0005. Will man nun mit 175 weitermultiplizieren, so stellt man fest, daß dies nicht möglich ist, da die Zunge zu weit nach rechts heraussteht. Man multipliziert daher zunächst mit dem Faktor 0,07, teilt weiter durch 75, multipliziert zum Schluß mit 175 und liest darüber auf A das Ergebnis $\mathbf{4{,}08 \cdot 10^{7} = 40\,800\,000}$ ab.

Das Umformen einzelner Faktoren, so wie das Bilden reziproker Werte kann bei einiger Übung leicht im Kopf geschehen.

Quadrat und Quadratwurzel

Da die oberen Skalen A und B im halben Maßstab der unteren C und D aufgetragen sind, so steht - analog den logarithmischen Gesetzen - auf A das Quadrat zu jeder Zahl auf D, ebenso auf B zu jeder Zahl auf C. Umgekehrt steht auf D bzw. C die Quadratwurzel zu jeder Zahl auf A bzw. B. Das Quadrat einer Zahl wird also gefunden, indem man den Läuferstrich oder C 1 auf die zu quadrierende Zahl auf D stellt und unter dem Läuferstrich oder über B 1 auf A das Quadrat abliest. Die zu quadrierende Zahl kann auch auf C eingestellt und das Quadrat auf B abgelesen werden.

Beispiel: $x = 0{,}4^{2}$

Man stellt den Läuferstrich auf D $4 \cdot 10^{-1}$ und liest auf A das Ergebnis $\mathbf{1{,}6 \cdot 10^{-1} = 0{,}16}$ ab.

Beispiel 2:

$$x = 125^2$$

Man stellt C 1 über D $1{,}25 \cdot 10^2$ und liest über B 1 auf A das Ergebnis $\mathbf{1{,}56 \cdot 10^4 = 15\,600}$ ab.

Beispiel 3:

$$x = 12^2$$

Man stellt den Läuferstrich auf C $1{,}2 \cdot 10^1$ und liest auf B das Ergebnis $\mathbf{1{,}44 \cdot 10^2 = 144}$ unter dem Läuferstrich ab.
Das Quadratwurzelziehen erfolgt in umgekehrter Weise. Es wird also

$$\sqrt{9} = 3; \sqrt{0{,}05} = 2{,}24 \cdot 10^{-1} = 0{,}224 \text{ usw.}$$

Es folgen nun einige Beispiele zusammengesetzter Aufgaben.

Beispiel 1:

$$x = 2{,}4^2 \cdot 165$$

Man stellt C 1 über D 2,4 und liest über B $1{,}65 \cdot 10^2$ auf A das Ergebnis $\mathbf{9{,}5 \cdot 10^2 = 950}$ ab.

Beispiel 2:

$$x = \frac{1700}{12^2}$$

Man stellt den Läuferstrich über A $1{,}7 \cdot 10^3$, zieht C $1{,}2 \cdot 10^1$ (und damit das Quadrat von C $1{,}2 \cdot 10^1$ = B $1{,}44 \cdot 10^2$) unter den Läuferstrich und liest über B 1 auf A das Ergebnis $\mathbf{1{,}17 \cdot 10^1 = 11{,}7}$ ab.

Beispiel 3:

$$x = \frac{350^2}{8\,500\,000}$$

Man stellt den Läuferstrich über D $3{,}5 \cdot 10^2$, zieht B $8{,}5 \cdot 10^6$ unter den Läuferstrich und liest über B 1 auf A das Ergebnis **rd.** $\mathbf{1{,}42 \cdot 10^{-2} = 0{,}0142}$ ab.

Beispiel 4:

$$x = \sqrt{\frac{390}{0{,}05}} \cdot 1{,}8$$

Bei dieser Aufgabe errechnet man zunächst in bekannter Weise den Quotienten unter der Wurzel, indem B $5 \cdot 10^{-2}$ unter A $3{,}9 \cdot 10^2$ gestellt wird. (Über B 1 auf A hat man dann das Ergebnis (Quotienten), was aber hier nicht interessiert. Unter C 1 auf D steht dann die Wurzel aus dem Quotienten, die hier aber ebenfalls nicht interessiert, da man ja das Produkt aus dem Wurzelfaktor und dem Faktor 1,8 erhalten will. Das Wurzelergebnis wird also gleich mit dem Faktor 1,8 multipliziert.) Unter C 1,8 liest man auf D gleich das Ergebnis **rd.** $\mathbf{1{,}6 \cdot 10^2 = 160}$ ab.

Die Reziprokskala

Wie eingangs erwähnt, stellt die Reziprokskala R die reziproken (umgekehrten) Werte der Skala B und — wenn B 1 unter A 1 steht — auch die der Skala A dar und umgekehrt. Man findet also über jedem Wert der Skala R seinen reziproken Wert auf Skala B (oder A).
Stellt man den Läuferstrich auf eine beliebige Zahl der Skala B, so steht unter dem Läuferstrich auf R der reziproke Wert der eingestellten Zahl und umgekehrt.

Beispiel:

$$x = 50; \frac{1}{x} = ?$$

Man stellt den Läuferstrich auf B $5 \cdot 10^1$ und findet unter ihm auf R den reziproken Wert zu $\mathbf{2 \cdot 10^{-2} = 0{,}02}$, oder man stellt den Läuferstrich auf R $5 \cdot 10^1$ und findet unter ihm auf B den reziproken Wert zu $\mathbf{2 \cdot 10^{-2} = 0{,}02}$. An Stelle der Skala B kann auch die Skala A benutzt werden, nur muß darauf geachtet werden, daß B 1 unter A 1 steht!

Wird der Wert $\frac{1}{2^2}$ gesucht, so stellt man den Läuferstrich auf C 2 und liest auf R den reziproken Wert des Quadrates $\mathbf{2{,}5 \cdot 10^{-1} = 0{,}25}$ ab.

Weiter wird nach obiger Regel $\frac{1}{12{,}5^2} = 6{,}4 \quad 10^{-3} = 0{,}0064$.

Wird der Wert $\frac{1}{\sqrt{9}}$ gesucht, so stellt man den Läuferstrich auf R 9 und liest auf C unter dem Läuferstrich den reziproken Wert der Quadratwurzel zu $\mathbf{3{,}33 \cdot 10^{-1} = 0{,}333}$ ab.

Weiter wird nach obiger Regel $\frac{1}{\sqrt{0{,}000\,064}} = 1{,}25 \cdot 10^2 = 125$

Aus diesen Beispielen ist wieder sehr gut zu erkennen, welche Vereinfachungen und damit auch Zeitgewinn die Benutzung der Reziprokskala mit sich bringt.

Die Skala der Briggschen Logarithmen

Am oberen und unteren Rande des Stabkörpers befindet sich je eine weitere Skala. Die obere soll im folgenden kurz „L“, die untere kurz „Z“ genannt werden. Senkrecht über den Werten der Skala Z stehen auf L deren Logarithmen zur Basis 10

(Briggsche oder dekadische Logarithmen) und umgekehrt stehen unter den Werten von L auf Z deren Numeri.

Es soll der Logarithmus der Zahl 1,54 gefunden werden. Wir stellen den Läuferstrich auf die Ziffernfolge Z 1-5-4 und lesen auf L die Ziffernfolge 1-8-7 ab. Dies ist die Mantisse. Da die Kennziffer 0,.... ist, so wird **log 1,54 = 0,187.** Ebenso wird der Logarithmus zur Zahl 375 = 2,574.

Umgekehrt finden wir zu einem gegebenen Logarithmus den Numerus. Es sei der Logarithmus 3,294 gegeben. Zunächst wird die Kennziffer 3 abgetrennt, dann der Läuferstrich auf L 2-9-4 gestellt und auf Z die Ziffernfolge 1-9-7 abgelesen. Da die Kennziffer 3 war, so ist die gesuchte Zahl = **1970.**

Die Marken M und $\frac{1}{M}$

Werden die natürlichen Logarithmen zu gegebenen Zahlen oder umgekehrt gesucht, so werden die festen Marken M und $\frac{1}{M}$ in Verbindung mit den dekatischen Logarithmen benutzt. Man errechnet die natürlichen Logarithmen aus ihren dekatischen Logarithmen nach der Formel

1. $\ln x = \frac{1}{M} \cdot \log x$; hierin ist $\frac{1}{M} = \frac{1}{\log e} = \frac{1}{0{,}4343} = 2{,}303$

2. $\log x = M \cdot \ln x$; hierin ist $M = \log e = 0{,}4343$

B e i s p i e l 1:

Zur Zahl 135 soll der natürliche Logarithmus gefunden werden. Es wird zunächst der dekadische Logarithmus der Zahl 135 in bekannter Weise ermittelt, indem man die Kennziffer mit 2 bestimmt, den Läuferstrich auf Z 1-3-5 stellt und auf L die Ziffernfolge 1-3 abliest. Der dekadische Logarithmus der Zahl 135 ist also **2,13.**

> An dieser Stelle sei gleich erwähnt, daß man zweckmäßig auf den unteren Skalen C und D die nun folgenden Multiplikationen bzw. Divisionen vornimmt, da es sich hierbei meist nur um kleinere Werte handelt, man also mit den Skalenwerten auskommt, und außerdem eine größere Genauigkeit erreicht wird!

Nach Formel 1) muß nun der Logarithmus der Zahl 135 = 2,13 mit dem Wert $\frac{1}{M}$ multipliziert werden. Zu diesem Zweck wird C 1 über D 2,13 gestellt und unter der Marke C $\frac{1}{M}$ auf D das Ergebnis **4,9** abgelesen. Der natürliche Logarithmus der Zahl 135 ist also 4,9.

B e i s p i e l 2:

Zum natürlichen Logarithmus 6,42 soll die Zahl gefunden werden. Es wird nach Formel 2) gerechnet. Über D 6,42 wird C 1 gestellt und unter C M auf D der Wert 2,79 abgelesen. Dieser Wert stellt den dekadischen Logarithmus dar. Um die Zahl zu erhalten, wird die Kennziffer 2 abgetrennt, mit dem Läuferstrich auf L die Ziffernfolge 7-9 eingestellt und auf Z die Ziffernfolge 6-1-6 abgelesen. Da die Kennziffer 2 war, so wird die Zahl **616.**

Soll die Exponentialgleichung $e^x = 25$ gelöst werden, so werden zunächst beide Seiten der Gleichung logarithmiert und man erhält:

$$\log e \cdot x = \log 25$$

$$x = \frac{\log 25}{\log e} = \frac{\log 25}{M} = \log 25 \cdot \frac{1}{M}$$

Man braucht also nur den Logarithmus der Zahl mit dem Faktor $\frac{1}{M}$ zu multiplizieren und erhält x.

(Die Ableitung der Formel wurde nur zum besseren Verständnis der Rechnung gebracht!)

Um die Aufgabe ex = 25 zu lösen, muß also zuerst der Logarithmus der Zahl 25 in bekannter Weise ermittelt werden. Hierzu wird die Kennziffer mit 1 bestimmt. Man stellt nun den Läuferstrich über Z 2-5 und liest auf L die Ziffernfolge 3-9-7 ab. Die Kennziffer ist 1, also wird log 25 = 1,397. Nun stellt man C 1 über D 1,397 und liest unter C $\frac{1}{M}$ den Wert **x = 3,22** ab.

Gleichungen der Form $e^{0,14} = x$ werden berechnet, indem man den Exponenten 0,14 mit log e = M multipliziert. Man erhält dann den Logarithmus des Ausdruckes $e^{0,14}$, zu dem dann in bekannter Weise die Zahl, also x, ermittelt wird. Um also die Aufgabe $e^{0,14} = x$ zu lösen, stellt man C 1 über D $1{,}4 \cdot 10^{-1}$ und liest über C M auf D den Logarithmus des Ausdruckes $e^{0,14} = 6{,}1 \cdot 10^{-2} = 0{,}061$ ab. Man trennt die Kennziffer 0 ab und stellt mit dem Läuferstrich auf L die Ziffernfolge 0-6-1 ein und liest auf Z die Ziffernfolge 1-1-5 ab. Da die Kennziffer 0 ist, so wird die Zahl **x = 1,15.**

Die Marke c

Die auf der Skala C befindliche feste Marke c dient zum schnellen Umrechnen von Querschnitten in Durchmesser und umgekehrt. Sie ist nach folgender Formel entstanden:

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{d^2}{\frac{4}{\pi}} = \left(\frac{d}{\sqrt{\frac{4}{\pi}}}\right)^2 = \left(\frac{d}{2\sqrt{\frac{1}{\pi}}}\right)^2 = \left(\frac{d}{1{,}128}\right)^2$$

da aber 1,128 gleich bleibt, d. h. konstant ist, so wird

$$F = \left(\frac{d}{c}\right)^2$$

Um also aus einem gegebenen Durchmesser den Querschnitt (Kreisfläche) zu berechnen, braucht nur die Marke c über den gegebenen Durchmesser auf D gestellt und über B 1 auf A der Querschnitt abgelesen zu werden. Zu beachten ist, daß beide Werte in gleichen Dimensionen eingesetzt werden müssen! D in cm, dann auch F in cm²; D in mm, dann auch F in mm² usw.!)

Beispiel 1:

Gegeben sei ein Kupferdraht von 3,5 mm Durchmesser. Wie groß ist sein Querschnitt? Marke c wird über D 3,5 gestellt und über B 1 auf A der Querschnitt **F = 9,6 mm²** abgelesen.

Beispiel 2:

Gegeben sei ein Kupferdraht von 0,07 mm² Querschnitt. Wie groß ist sein Durchmesser?

B 1 wird unter A $7 \cdot 10^{-2}$ gestellt und unter der Marke c auf D der Durchmesser $\mathbf{D = 3 \cdot 10^{-1} = 0{,}3}$ **mm** abgelesen.

Zum Schluß folgen noch einige Beispiele aus der Funktechnik.

Beispiel 1:

Gegeben: $I = 0{,}005$ A
$R = 0{,}3\ \text{M}\Omega = 300\,000\ \Omega$

Wie groß ist die Belastbarkeit des Widerstandes?

Es gilt die Formel: $N = I^2 \cdot R$

Da der Wert $I = 5 \cdot 10^{-3}$ auf der Skala D nicht mehr vorhanden ist, muß auf andere Weise gerechnet werden. Hierzu zerlegt man in Gedanken die Formel in $N = I \cdot R \cdot I = 0{,}005 \cdot 300\,000 \cdot 0{,}005$ und beginnt, indem man B 1 unter A $5 \cdot 10^{-3}$ stellt, den Läuferstrich auf B $3 \cdot 10^5$ rückt, B 1 unter den Läuferstrich zieht und über B $5 \cdot 10^{-3}$ auf A das Ergebnis **N = 7,5 Watt** abliest.

Die zweite Möglichkeit ist die, daß der Läuferstrich auf A $3 \cdot 10^5$ gestellt wird. Unter den Läuferstrich zieht man R $5 \cdot 10^{-3}$ und liest über B $5 \cdot 10^{-3}$ auf A das Ergebnis **N = 7,5 Watt** ab.

Beispiel 2:

Gegeben: $C = 4{,}5\ \mu F = 4{,}5 \cdot 10^{-6}$ F
$f = 150$ Hz

Wie groß ist der kapazitive Widerstand von C?

Es gilt die Formel:

$$R_c = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 150 \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-6}}$$

Man bildet in Gedanken den reziproken Wert $\frac{1}{R_c} = 2\pi \cdot 150 \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-6}$ und beginnt, indem man den Läuferstrich auf A $1{,}5 \cdot 10^2$ stellt. Unter den Läuferstrich zieht man R $4{,}5 \cdot 10^{-6}$ und stellt den Läuferstrich auf B 2π. Jetzt wird, um den reziproken Wert zurückzubilden, B 1 unter A 1 gestellt und unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis $\mathbf{R_c = 2{,}4 \cdot 10^2 = 240}\ \Omega$ abgelesen.

Beispiel 3:

Gegeben: $C = 500$ pF
$L = 15\ \mu$H

Wie groß ist die Resonanzfrequenz bei Parallelschaltung von L und C?

Es gilt die Formel:

$$f_{kHz} = \frac{10^6}{2\pi\sqrt{L_{\mu H} \cdot C_{pF}}} = \frac{10^6}{2\pi\sqrt{15 \cdot 500}}$$

Diese Aufgabe zerlegt man zweckmäßig in zwei Rechengänge, indem man zuerst den unter dem Bruchstrich stehenden Wert errechnet und dann 10^6 durch diesen Wert teilt.

Man stellt B 1 unter A $1{,}5 \cdot 10^1$, rückt den Läuferstrich auf B $5 \cdot 10^2$, zieht C 1 unter den Läuferstrich und liest unter C 2π das Zwischenergebnis $5{,}5 \cdot 10^2$ auf D ab. Unter A 10^6 stellt man nun B $5{,}5 \cdot 10^2$ (das soeben gefundenen Zwischenergebnis) und liest über B 1 auf A das Ergebnis $\mathbf{f = 1{,}85 \cdot 10^3 = 1850}$ **kHz** ab.

Beispiel 4:

Wie groß ist die Wellenlänge der in Beispiel 3 ermittelten Frequenz f = 1850 kHz?

Es gilt die Formel: $$\lambda_m = \frac{300000}{f_{kHz}} = \frac{300000}{1850}$$

Man stellt B 1,85 · 10^3 unter A 3 · 10^5 und liest über B 1 das Ergebnis λ = **rd. 1,65 · 10^2 = 165 m** ab.

Beispiel 5:

Gegeben: $f = 225\,000$ Hz

Wie groß ist die Periodendauer in Sekunden?

Es gilt die Formel:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{225\,000}$$

Man stellt den Läuferstrich über B 2,25 · 10^5 und liest unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis **T = 4,4 · 10^{-6} = 0,000 0044 sec** ab.

Beispiel 6:

Gegeben: $L_1 = 5$ H
$L_2 = 0{,}7$ H
$M = 0{,}4$ (gegenseitige Induktivität)

Wie groß ist der Kopplungskoeffizient zweier Spulen mit der Induktivität L_1 und L_2?

Es gilt die Formel:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

Es wird etwas umgeformt, so daß wird

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1} \cdot \sqrt{L_2}} = \frac{0{,}4}{\sqrt{5} \cdot \sqrt{0{,}7}}$$

Man stellt den Läuferstrich auf D 4 · 10^{-1}, zieht B 5 unter den Läuferstrich, rückt den Läuferstrich auf C 1, zieht B 7 · 10^{-1} unter den Läuferstrich und liest über C 1 auf D das Ergebnis **k = 2,13 · 10^{-1} = 0,213** ab.

Beispiel 7:

Gegeben: Steilheit einer Röhre $S = 0{,}35$ mA/V = 0,00035 A/V
Innenwiderstand $R_i = 43\,000\ \Omega$

Welchen Durchgriff besitzt diese Röhre (in %)?

Es gilt die Formel:

$$D = \frac{1}{S \cdot R_i} = \frac{1}{0{,}00035 \cdot 43\,000}$$

Es wird in Gedanken der reziproke Wert der Formel gebildet. Man stellt B 1 unter A 3,5 · 10^{-4}, rückt den Läuferstrich auf B 4,3 · 10^4, stellt B 1 unter A 1 und liest unter dem Läuferstrich auf R das Ergebnis **D = 6,6 · 10^{-2} = 0,066 = 6,6%** ab.

Beispiel 8:

An einer EMK von $E = 80$ Volt liegt ein Kondensator $C = 5\ \mu$F in Reihe mit einem Widerstand $R = 1000\ \Omega$. Wie groß ist der Ladestrom i 6/1000 Sekunden nach dem Einschalten des Stromkreises?

Es gilt die Formel:

$$i = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{C \cdot R}}$$

Da $e^{-x} = \frac{1}{e^x}$ ist, so wird

$$i = \frac{E}{R \cdot e^{\frac{t}{C \cdot R}}} = \frac{80}{1000 \cdot e^{\frac{6 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}}}$$

$$= \frac{80}{1000 \cdot e^{\frac{6}{5}}}$$

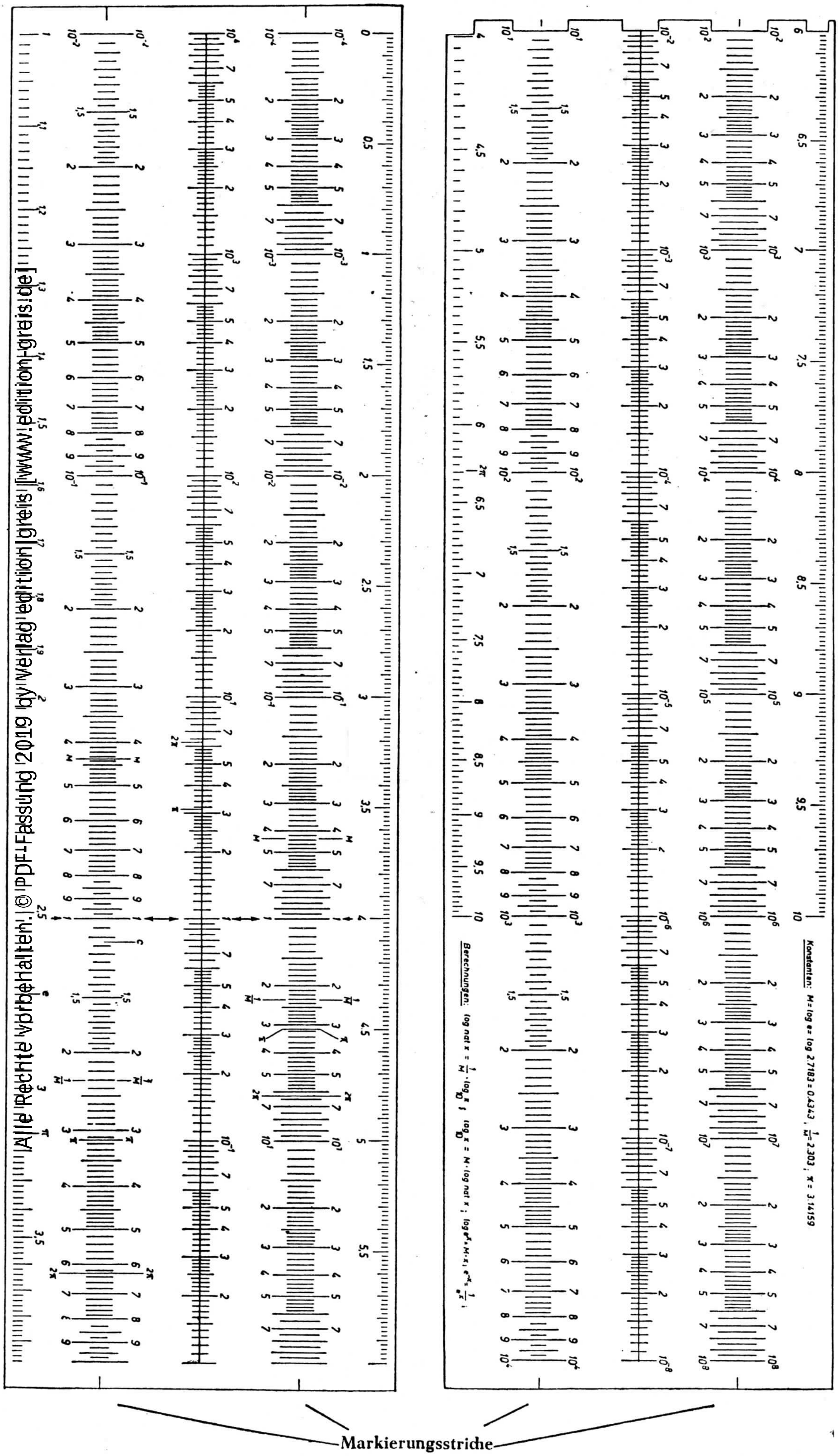
Um diese Formel auf dem Rechenstab rechnen zu können, zerlegt man sie zweckmäßig in zwei Rechengänge, indem man erst das Glied $e^{\frac{6}{5}}$ berechnet und dann die Rechnung in bekannter Weise zu Ende führt.

Man stellt C 5 über D 6 und liest unter der Marke CM auf D den Logarithmus 5,205 · 10^{-1} = 0,5205 des Exponentialausdruckes ab. Hiervon trennt man die Kennziffer 0 ab, rückt den Läuferstrich auf L 5-2-0-5 und liest auf Z die Ziffernfolge 3-3-2 ab. Die Kennziffer war 0, also wird die Zahl **3,32**.

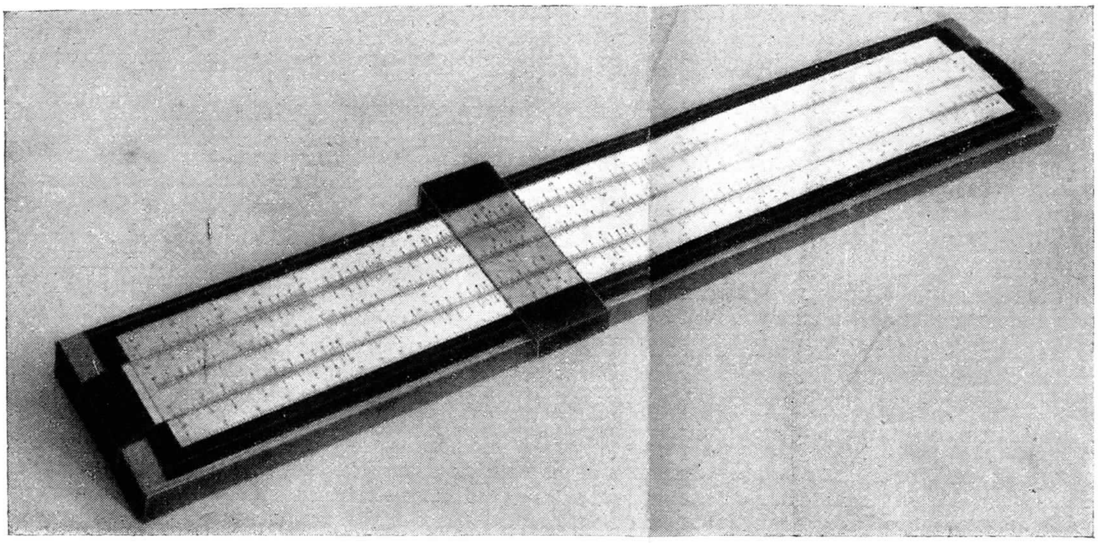
Über D 8 · 10^1 stellt man C 10^3, rückt den Läuferstrich auf C 1, zieht C 3,32 darunter und liest unter C 1 das Ergebnis **i = rd. 2,35 · 10^{-2} = 0,035 A = 35 mA** ab.

Skalen für den Universal-Rechenschieber

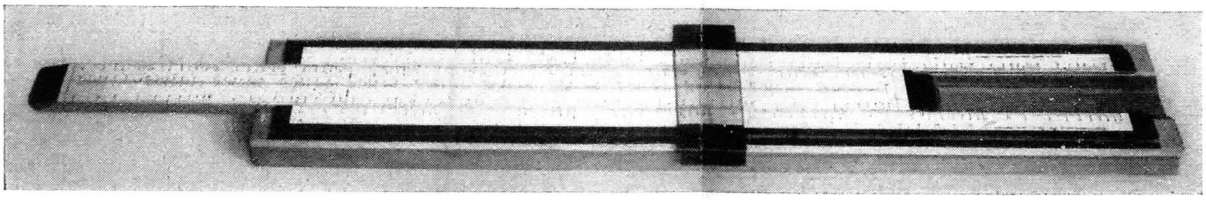
Teil A **Teil B**



Markierungsstriche



Der fertige Universal-Rechenschieber



Der Rechenschieber mit ausgezogener Zunge