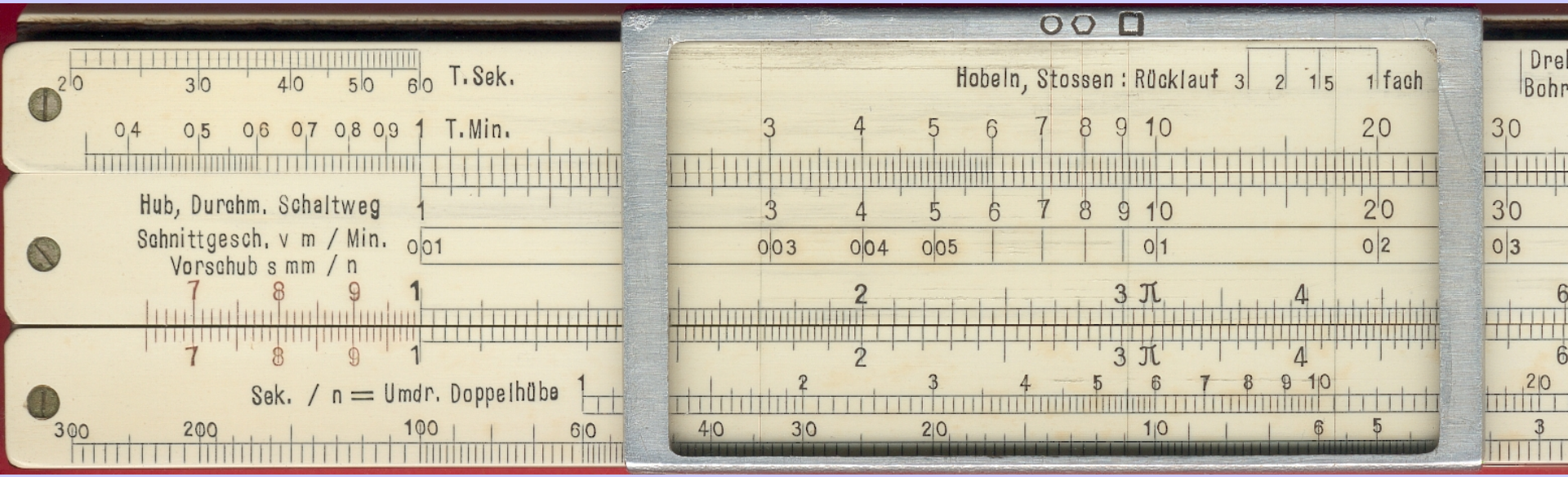
Betriebsrechenschieber für Werkzeugmaschinen



Ein Vergleich von Skalensystemen für Arbeitszeit- und Maschinenleistungs-Berechnungen

von

Jörn Lütjens

(RST Mannheim 1.4.2006)

Inhaltsverzeichnis

1 Historische Einordnung

1.1 Wozu wurden Betriebsrechenschieber benutzt?

1.2 Historische Einordnung und Werkstattfragen

1.3 Die von Taylor betrachteten Einflussgrößen

1.4 Rechenschieber von Taylor und Barth (1904)

2 Zerspanungsdaten (Beispiel Drehen)

2.1 Einstellgrößen an einer Drehbank

2.2 Bewegungsabläufe und Kräfte beim Drehen

3 Skalenbilder

3.1 Nestler 26 und 0260

3.2 Faber Castell 348, 1/48-348, 1/48 und 111/48

3.3 Betriebsrechenschieber in anderen Sprachen

3.4 Mantissa Maschinengrundzeit

3.5 AWF 701 und IWA SR 701M

3.6 Technischer Rechenstab System Kleppek

4 Berechnungsbeispiele

4.1 Berechnung der Hauptnutzungszeit

4.2 Berechnung der Schnitttiefe

1.1 Wozu wurden Betriebsrechenschieber benutzt?

In erster Linie für die effektive,

d.h. wirtschaftliche Nutzung

von Werkzeugmaschinen

- Nutzungszeit
- Leistungsberechnung
- Spanungsquerschnitt
- Zeitspanungsvolumen

1.2 Historische Einordnung und Werkstattfragen

- **Ausgangspunkt:** Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, insbesondere Stahlherstellung und Weiterverarbeitung der Halbfabrikate auf spanabhebenden Werkzeugmaschinen.
- Effektive und wirtschaftliche Nutzung der Werkzeugmaschinen und Arbeitsplanung waren noch nicht verbreitet.
- **Frederick Taylor** (1856 – 1915) war der erste, der in Philadelphia den Zerspanungsprozess unter technikwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht hat.
- Von 1880 an 25 Jahre Forschung: 30.000 bis 50.000 Versuche, 400.000 kg Stahl zerschnitten, 150.000 bis 200.000 $ Kosten verursacht.
- Mit welcher Schnittgeschwindigkeit sollen die Späne vom Stahl abgeschält werden?
- Welche Drehzahl, welcher Vorschub und welche Schnitttiefe sollen eingestellt werden, damit die Arbeit in der kürzesten Zeit und unter optimaler Werkstoff-ausnutzung verrichtet wird?

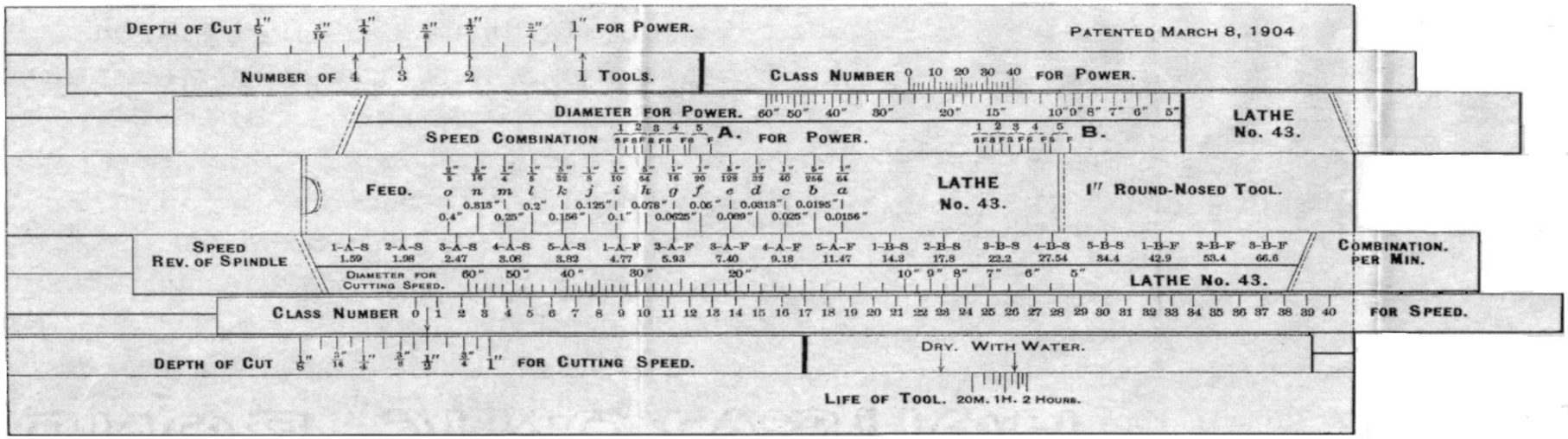
Einfach klingende Fragen, aber sehr komplizierte mathematische Aufgaben mit 12 Variablen!!

1.3 Die von Taylor betrachteten Einflussgrößen

- Qualität des Metalls (Werkstoffeigenschaften)
- Chemische Zusammensetzung des Stahls (Legierungsbestandteile)
- Spanstärke
- Form des Schneidwerkzeuges
- Kühlmittel
- Spanbreite
- Schneidedauer (Standzeit des Werkzeugs)
- Schneidwinkel (Zusammenhang aller Winkel an der Werkzeugschneide)
- Elastizität des Werkstücks
- Durchmesser des Guss- oder Schmiedestückes
- Druck des Stahls auf die Schneidfläche
- Durchzugskraft der Maschine

1.4 Rechenschieber von Taylor und Barth (1904)

mit 6 Zungen!



Quelle: Journal of the Oughtred Society, (9) Herbst 2000, Heft 2, Seite 34

2.1 Die wichtigsten vier Einstellgrößen an einer Drehbank

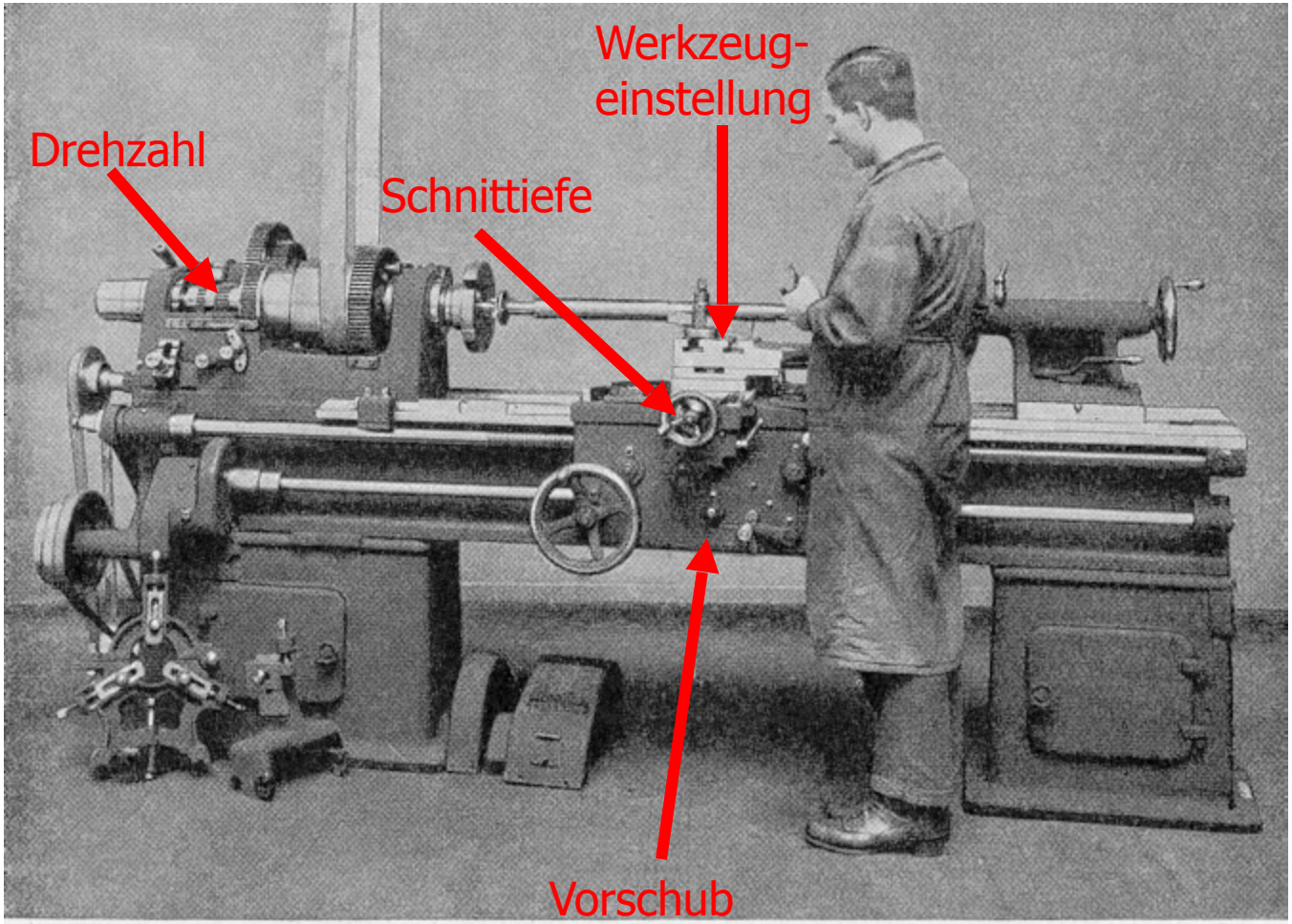
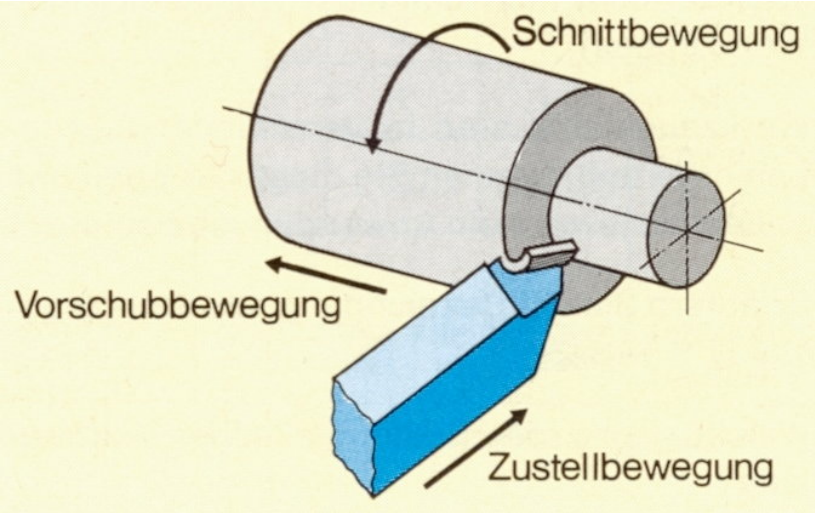
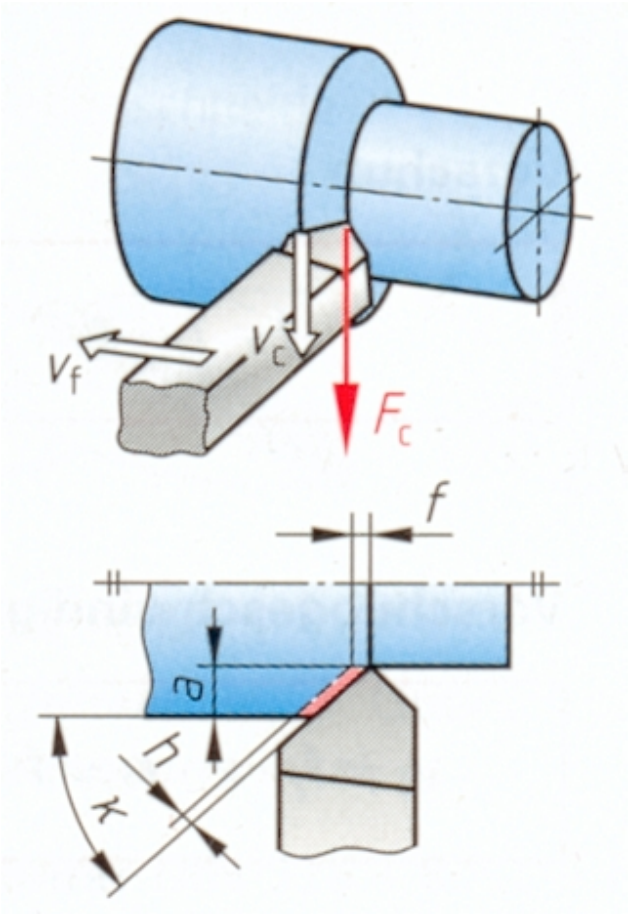


Abb. 240. Leit- und Zugspindeldrehbank. Ältere Bauart.

(ca. 1920)

2.2 Bewegungsabläufe und Kräfte beim Drehen





2.2.1 Schnittdaten-Tabelle von 1938

Schnittgeschwindigkeiten in m/min und Vorschübe in mm/Umdr.

		Flußstahl, Festigkeit in kg/mm²			Gußeisen, Temper- u. Stahlguß		Werkzeugstahl	Messing		Bronze, Rotguß		Aluminium u. Aluminium-legierungen
		40	60	80	mittel	hart		mittel	hart	weich	hart	
Schruppen	S	25	20	15	20	12	12	40	30	25	18	300
	W	12	10	8	12	6	6	24	20	18	12	
Schlichten	S	30	24	20	20	15	16	50	40	35	25	600
	W	18	15	12	15	8	8	40	32	30	20	
Gewinde-drehen	S	14	12	10	12	8	6	30	24	22	16	20
	W	10	8	6	8	4	4	20	15	12	8	
Vorschübe	S	0,5—5						0,2—3				0,1—1
	W	0,1—3										

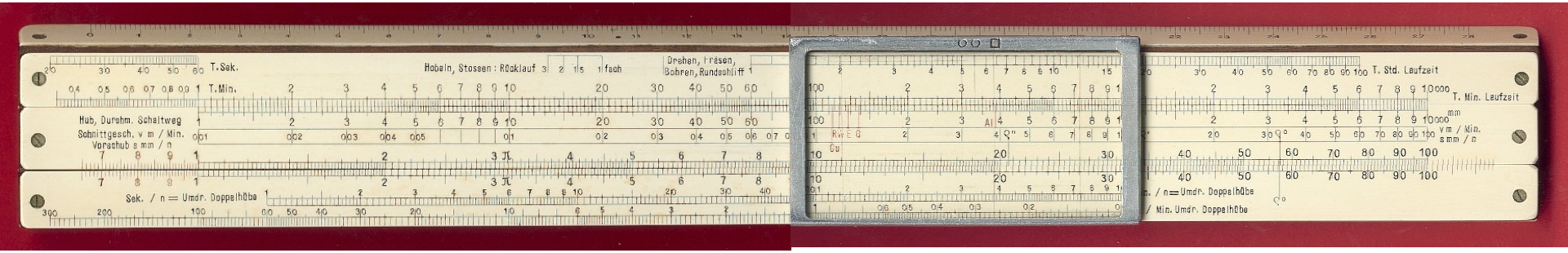
S = Schnellstahl; W = Werkzeugstahl.

2.2.2 Zerspanungswerte und deren (vereinfachte) mathematische Beziehungen zueinander

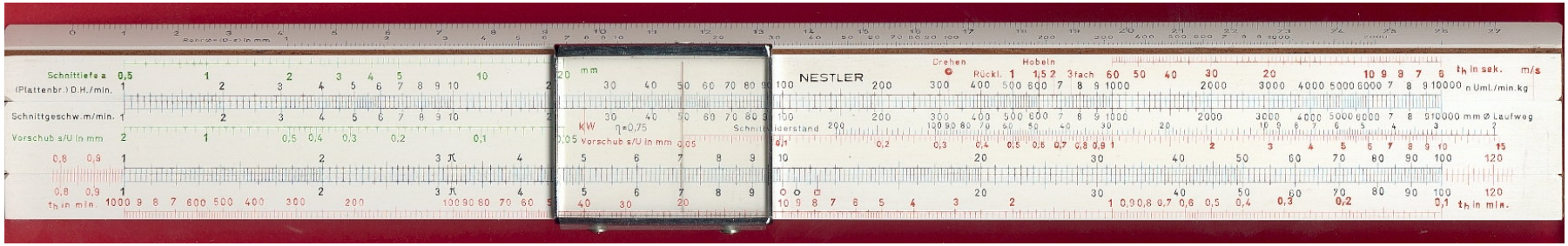
Benennung	Formel	Hinweis
F Schnittkraft	$F = A * k$	
A Spanungsquerschnitt	$A = a * s$	
a Schnitttiefe		wird an der Maschine eingestellt
n Drehzahl		Tabellenwert, wird an der Maschine eingestellt
v Schnittgeschwindigkeit	$v = d * \pi * n$	Tabellenwert
t_h Hauptnutzungszeit	$t_h = L / n * s$	
s Vorschub		Tabellenwert, wird an der Maschine eingestellt
Q Zeitspanungsvolumen	$Q = A * v = a * s * v$	
k spezifische Schnittkraft		Tabellenwert
P Schnittleistung	$P = F * v = Q * k$	Wirkungsgrad $\eta = 0{,}75$

3.1 Nestler „Betriebsschieber“

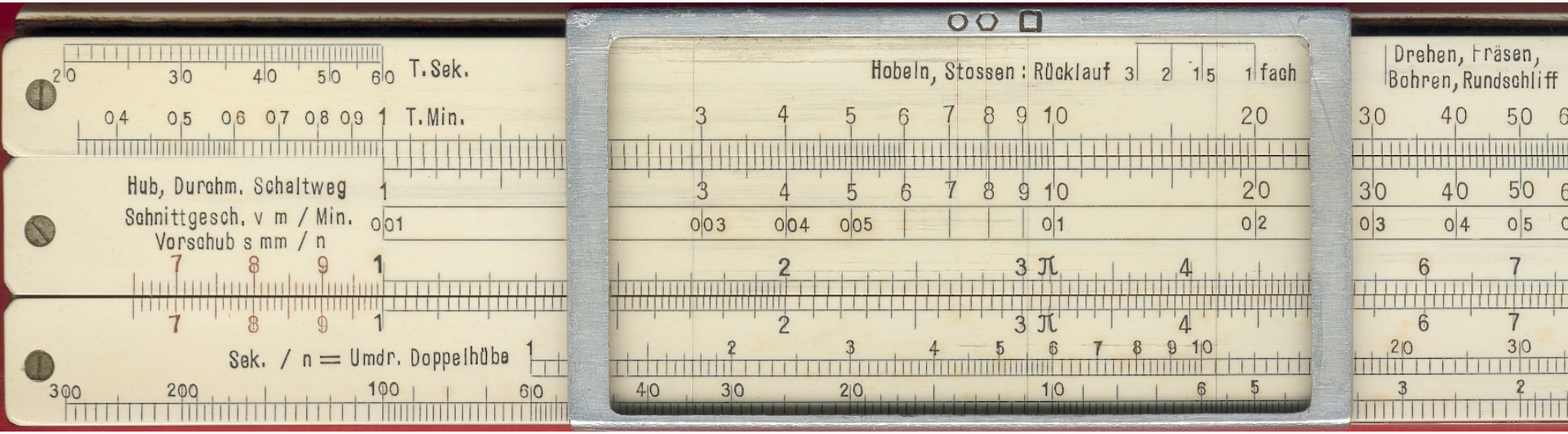
Nestler 26 „Betriebsschieber“ (ca. 1920 bis 1930)



Nestler „Betriebsrechenstab“ Mecanica 0260 (1955 bis 1973)



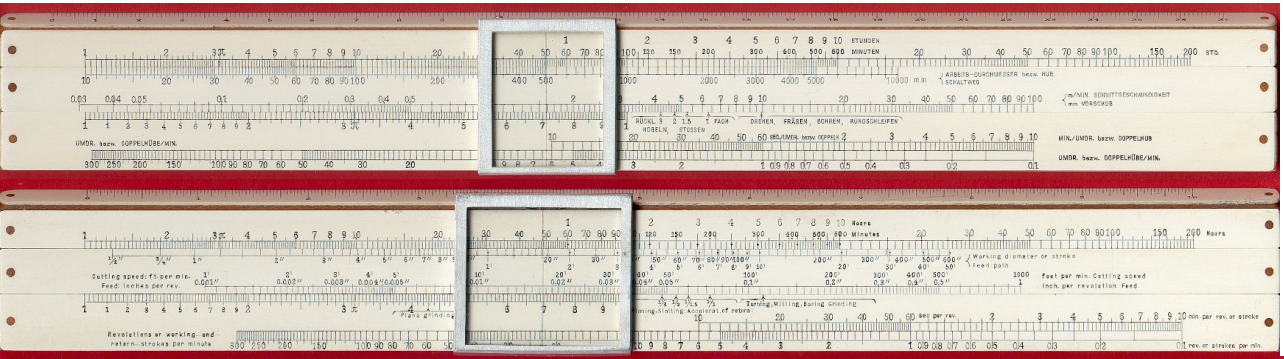
3.1.1 Nestler 26, Detail



Dieser Rechenstab hat keine Skalen für Leistung und spezifische Schnittkraft, daher sind auf Maschinenleistung bezogenen Rechnungen nicht möglich.

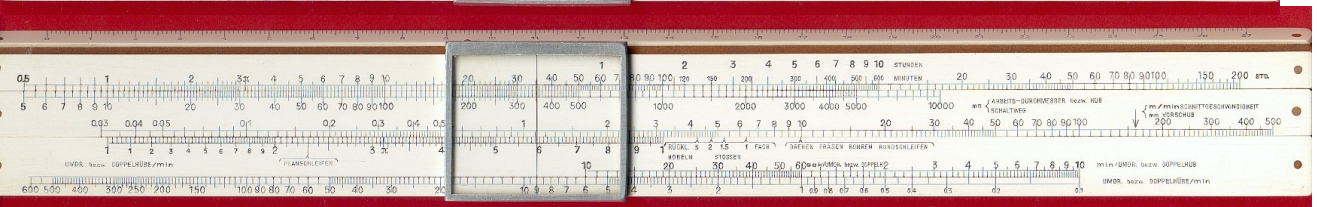
mit freundlicher Unterstützung von

3.2 Faber-Castell Maschinenzeit, System Dr. Winkel

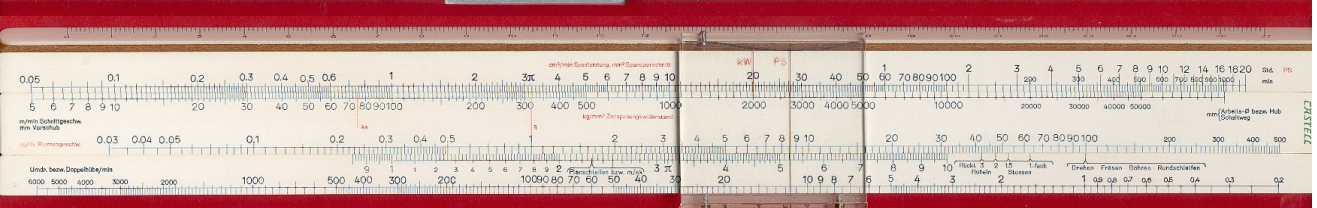


348 von 1928

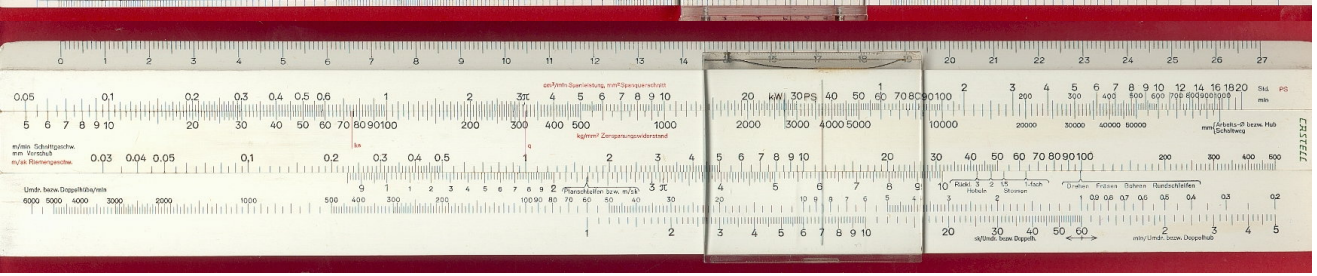
348-engl. von 1930



1-48/348 von ??



1-48 von 1958



111-48 von 1967

3.2.1 Vergleich der Skalenerweiterungen

Die Typen 348, 1/48 und 111/48 unterscheiden sich nicht im Skalensystem, sondern in den erweiterten Skalenbereichen.

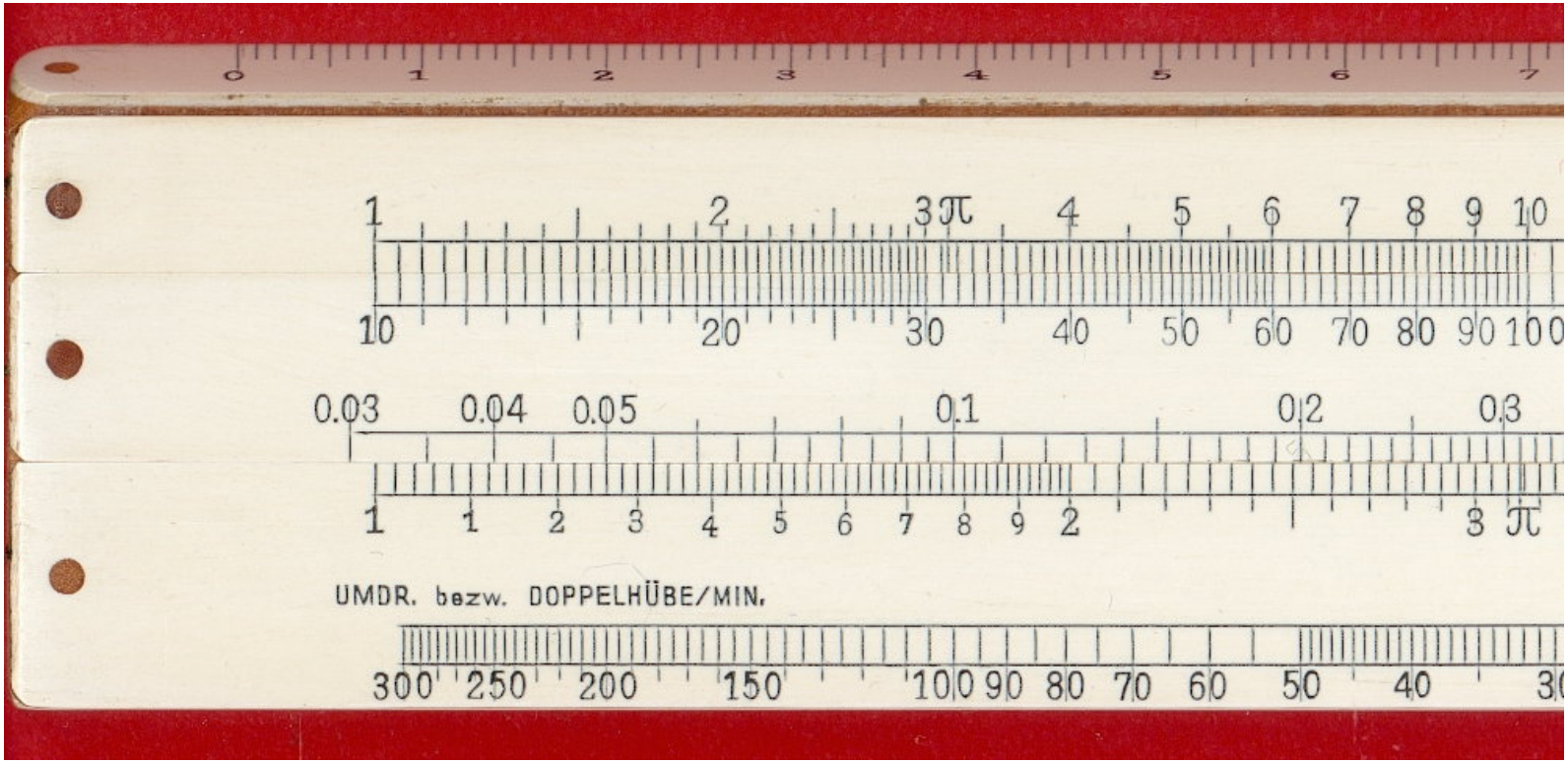
Dies ist eine Konsequenz aus den schnell voranschreitenden Weiterentwicklungen

a) im Werkzeugmaschinenbau (Maschinenleistungen, Antriebstechnik, Drehzahlbereiche, Schnittgeschwindigkeiten, Standzeit der Werkzeuge) und

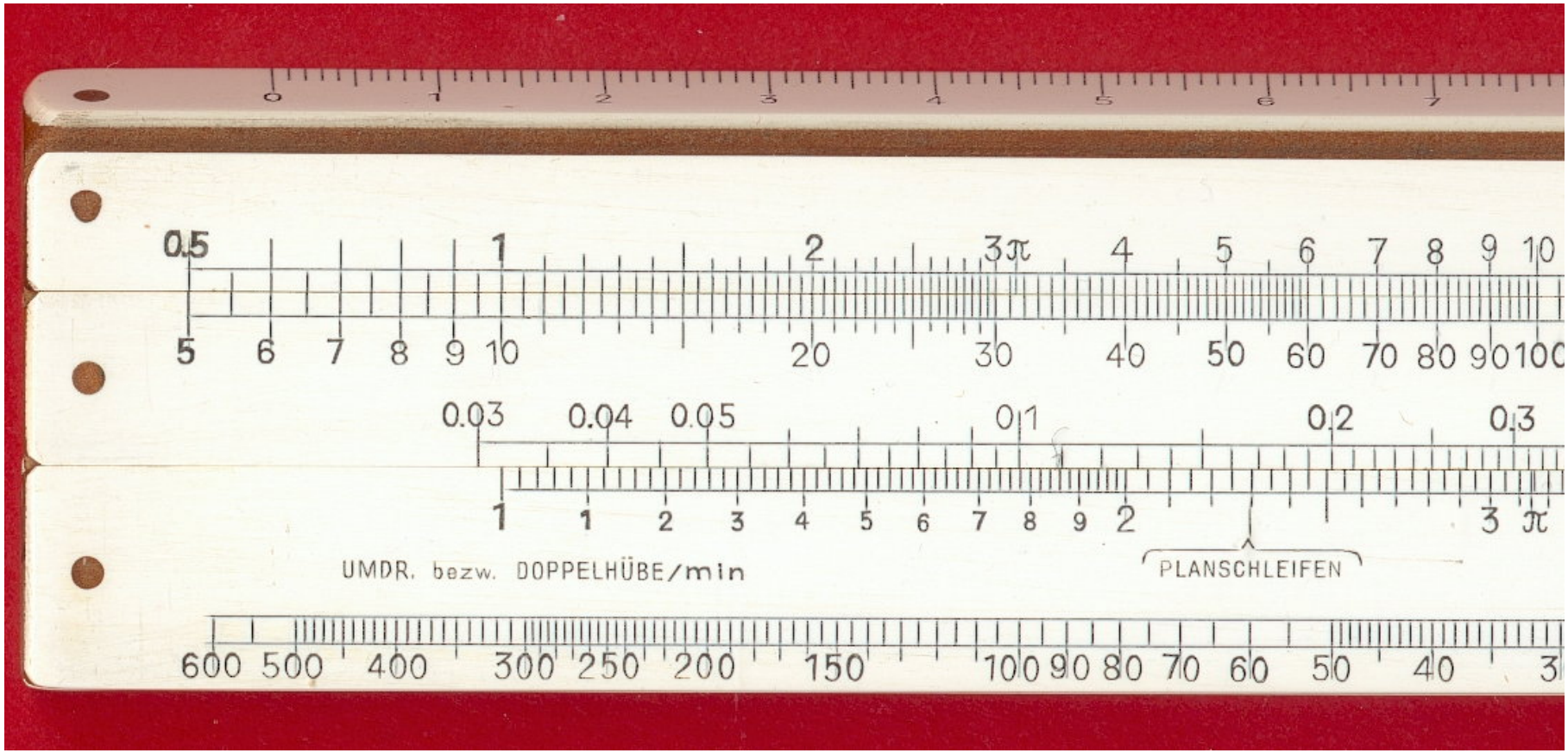
b) bei den Werkstoffen (Verbesserung der Zerspanungseigenschaften).

Auf den folgenden Folien sind die Skalenerweiterungen auf den jeweils linken und rechten Rechenschieberseiten zu erkennen.

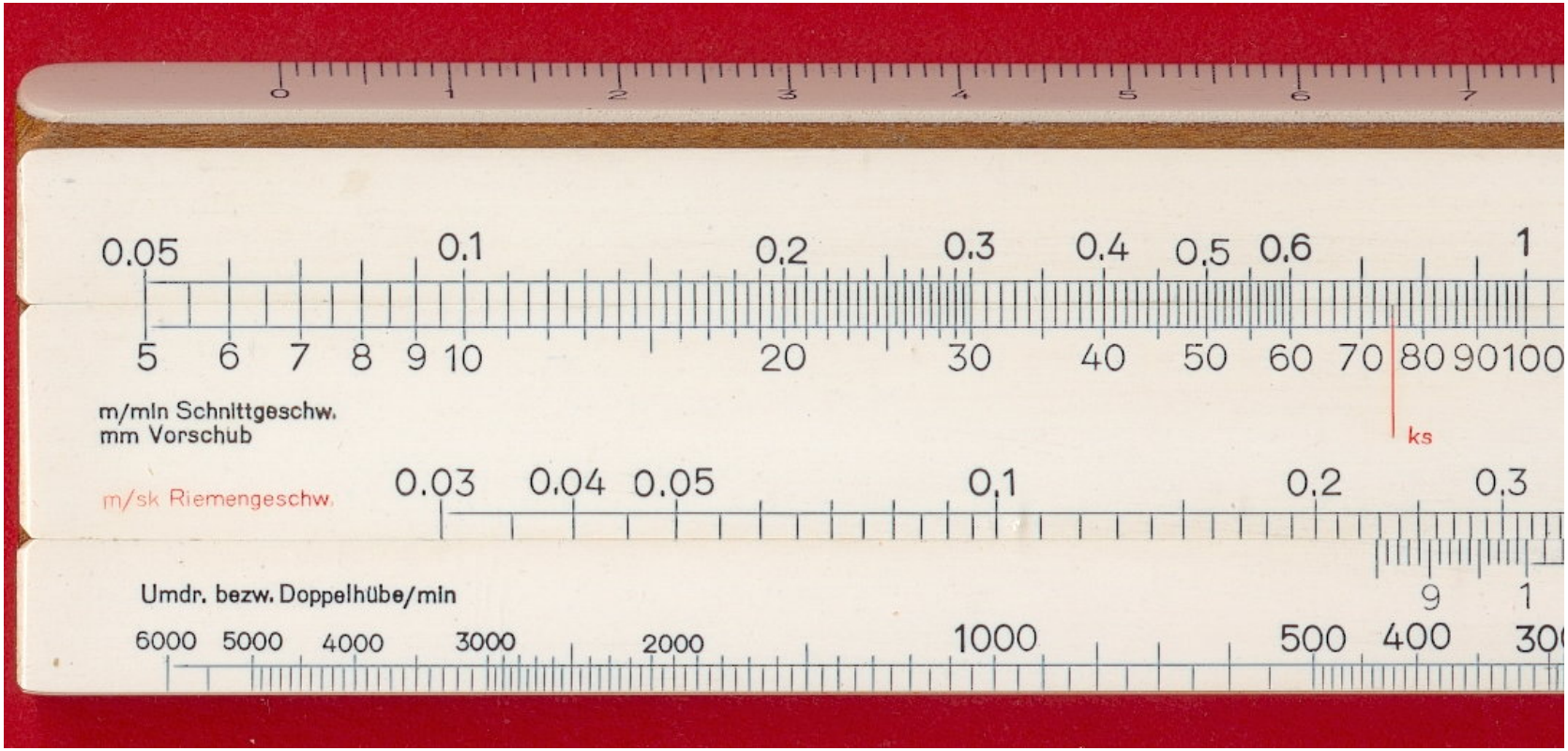
3.2.1.1 Faber-Castell 348 (linke Seite)



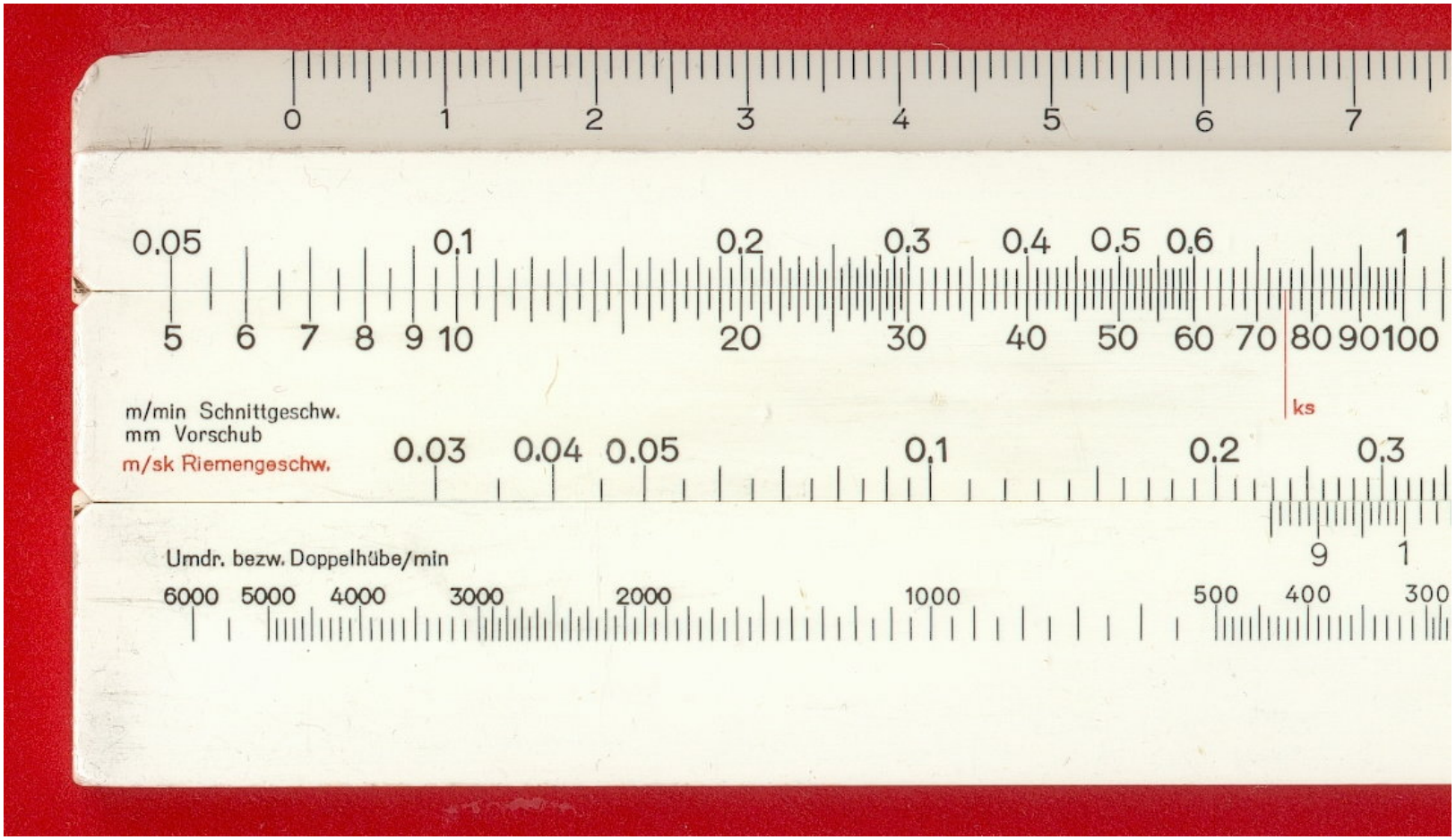
3.2.1.2 Faber-Castell 1-48/348 (linke Seite)



3.2.1.3 Faber-Castell 1-48 (linke Seite)

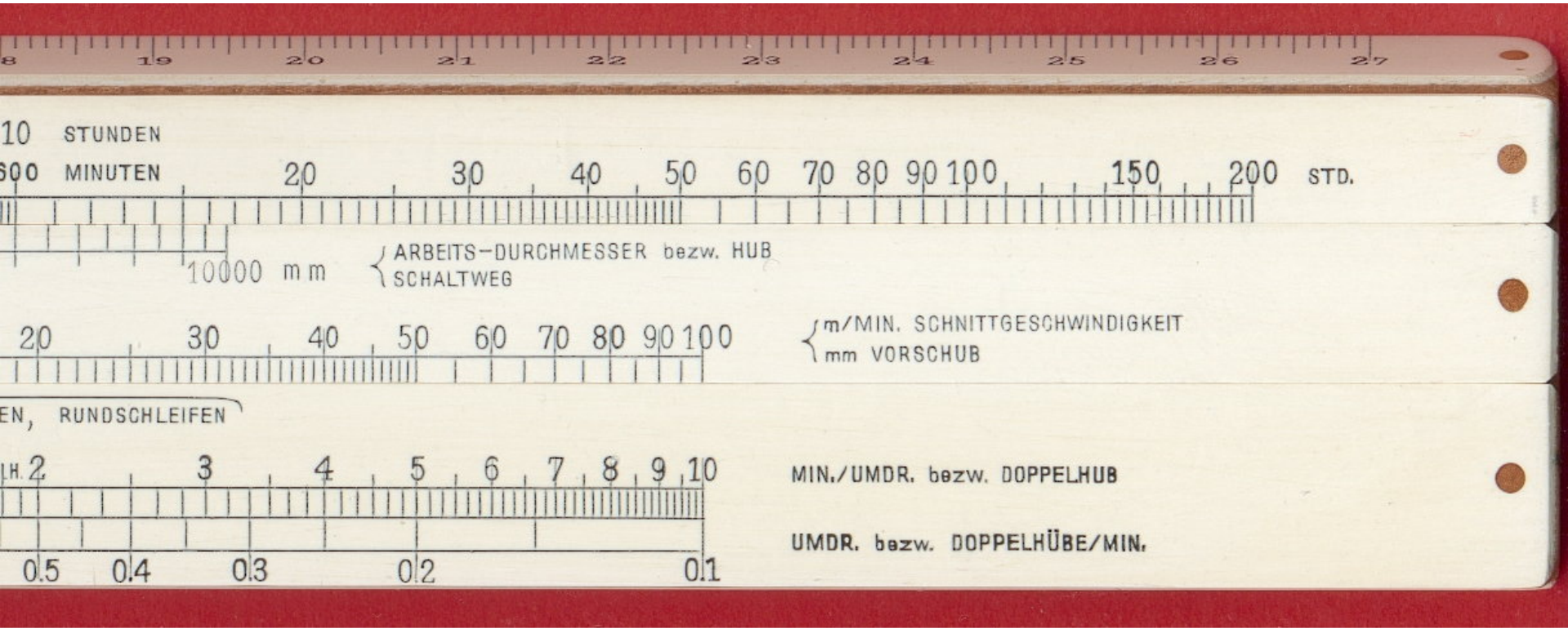


3.2.1.4 Faber-Castell 111/48 (linke Seite)

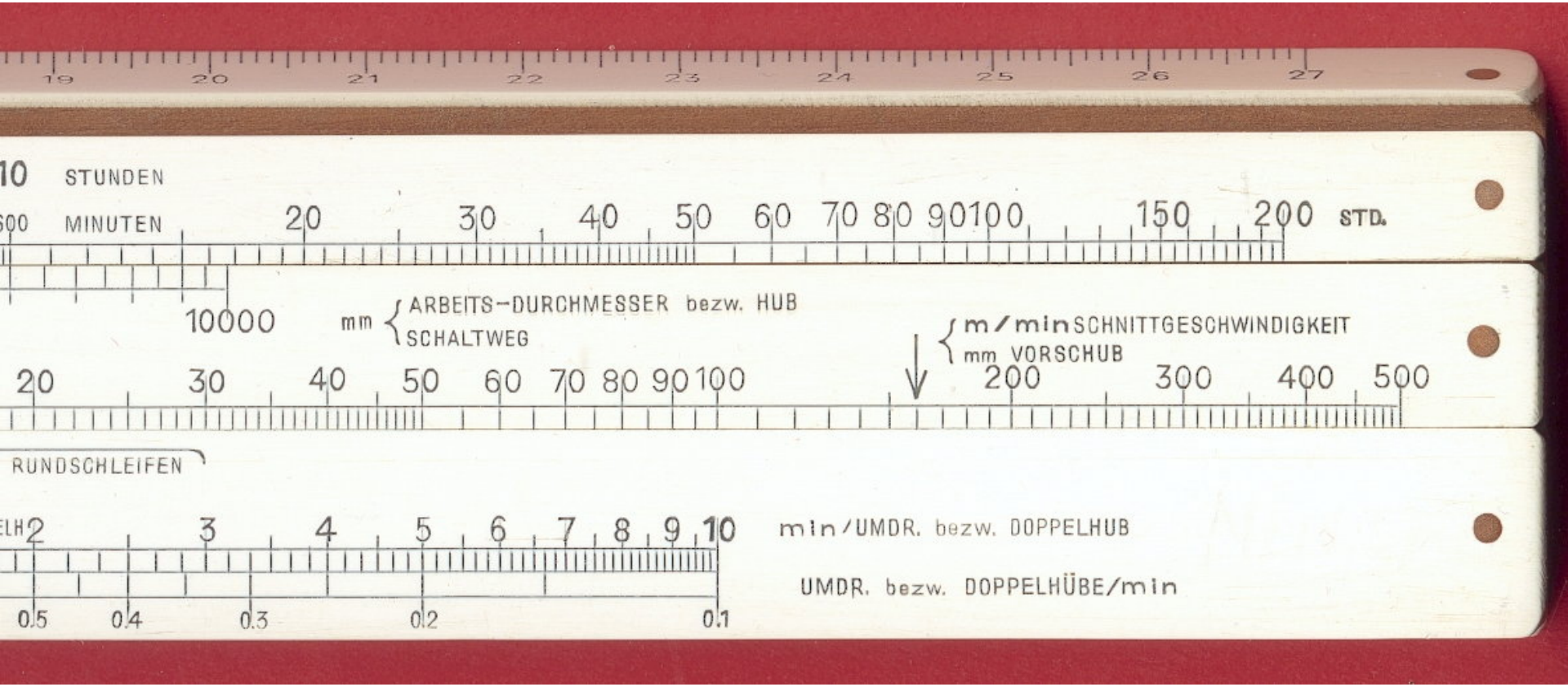


Der Typ 111/48 ist die Kunststoffversion des Typs 1/48

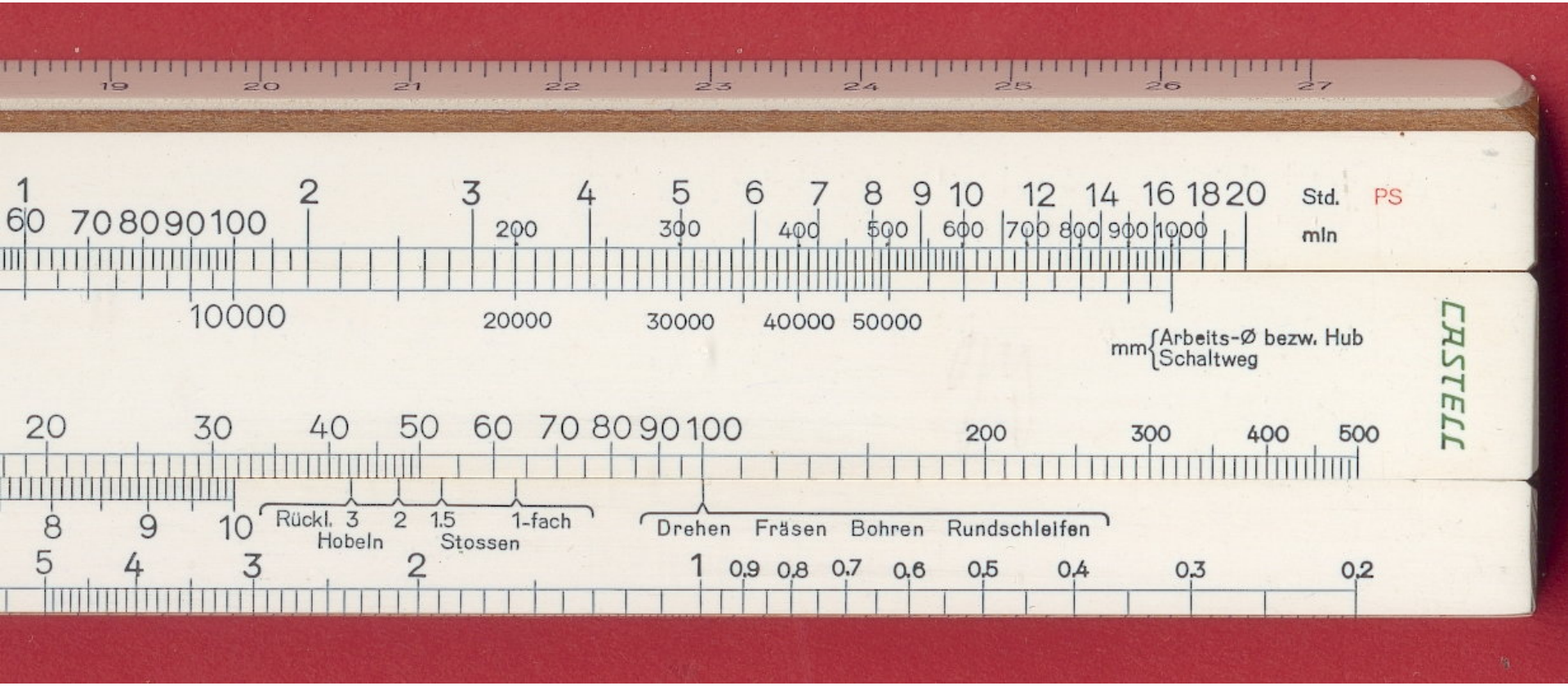
3.2.1.5 Faber-Castell 348 (rechte Seite)



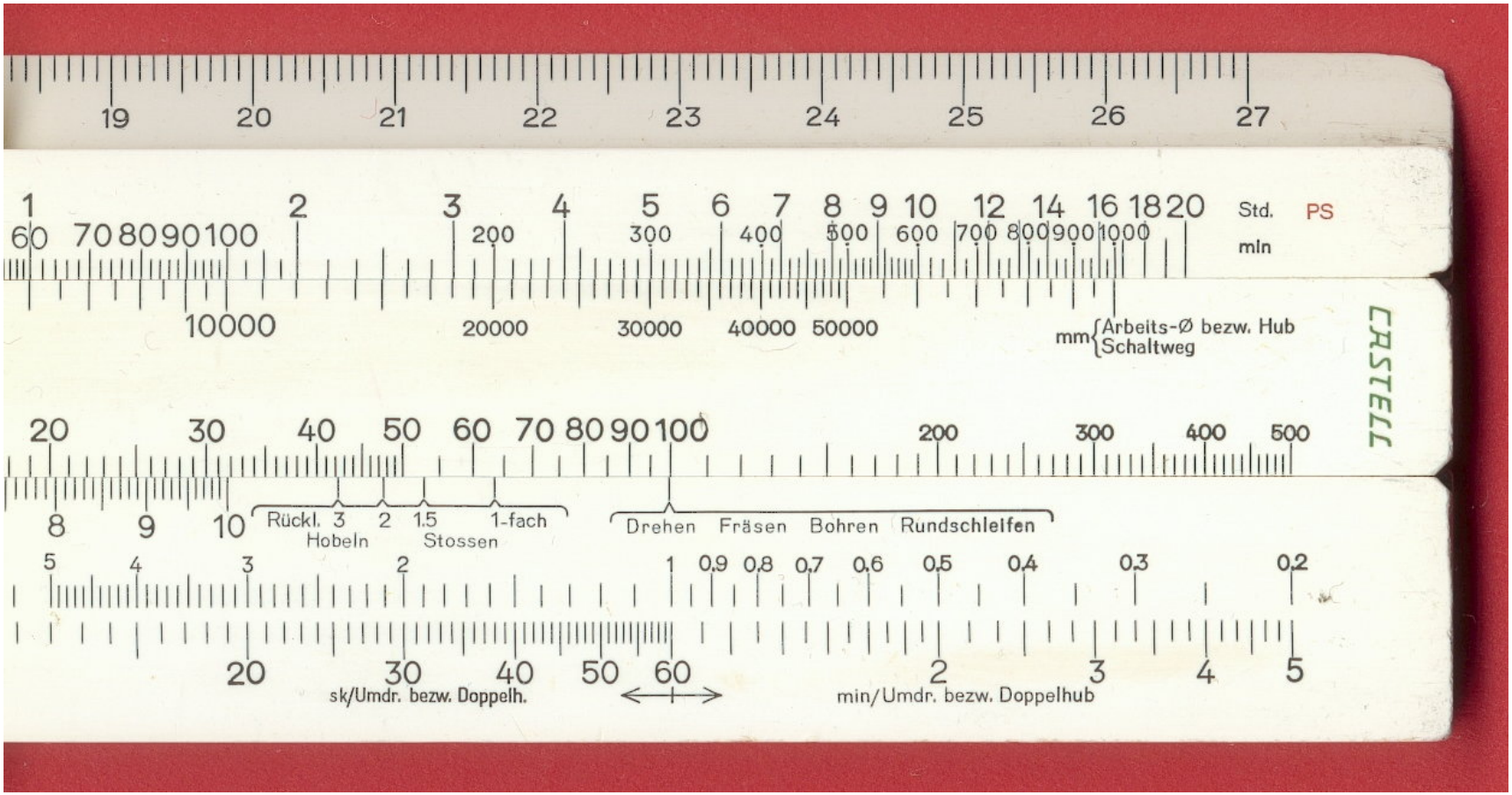
3.2.1.6 Faber-Castell 1-48/348 (rechte Seite)



3.2.1.7 Faber-Castell 1-48 (rechte Seite)



3.2.1.8 Faber-Castell 111/48 (rechte Seite)



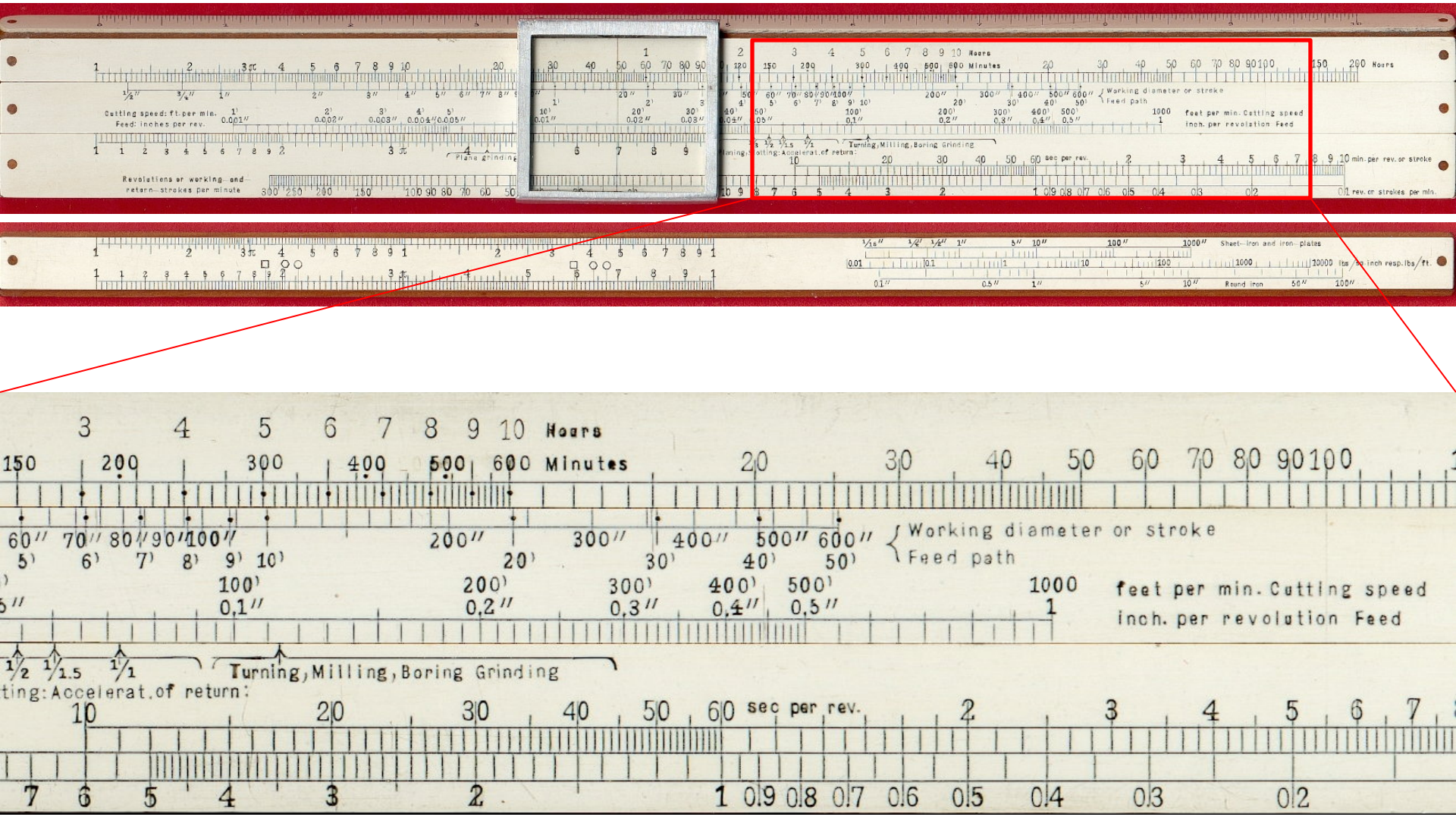
Der Typ 111/48 ist die Kunststoffversion des Typs 1/48 mit einer zusätzlichen Skala „Zeit/Umdr. bzw. Doppelhub"

3.3 Betriebsrechenschieber in anderen Sprachen

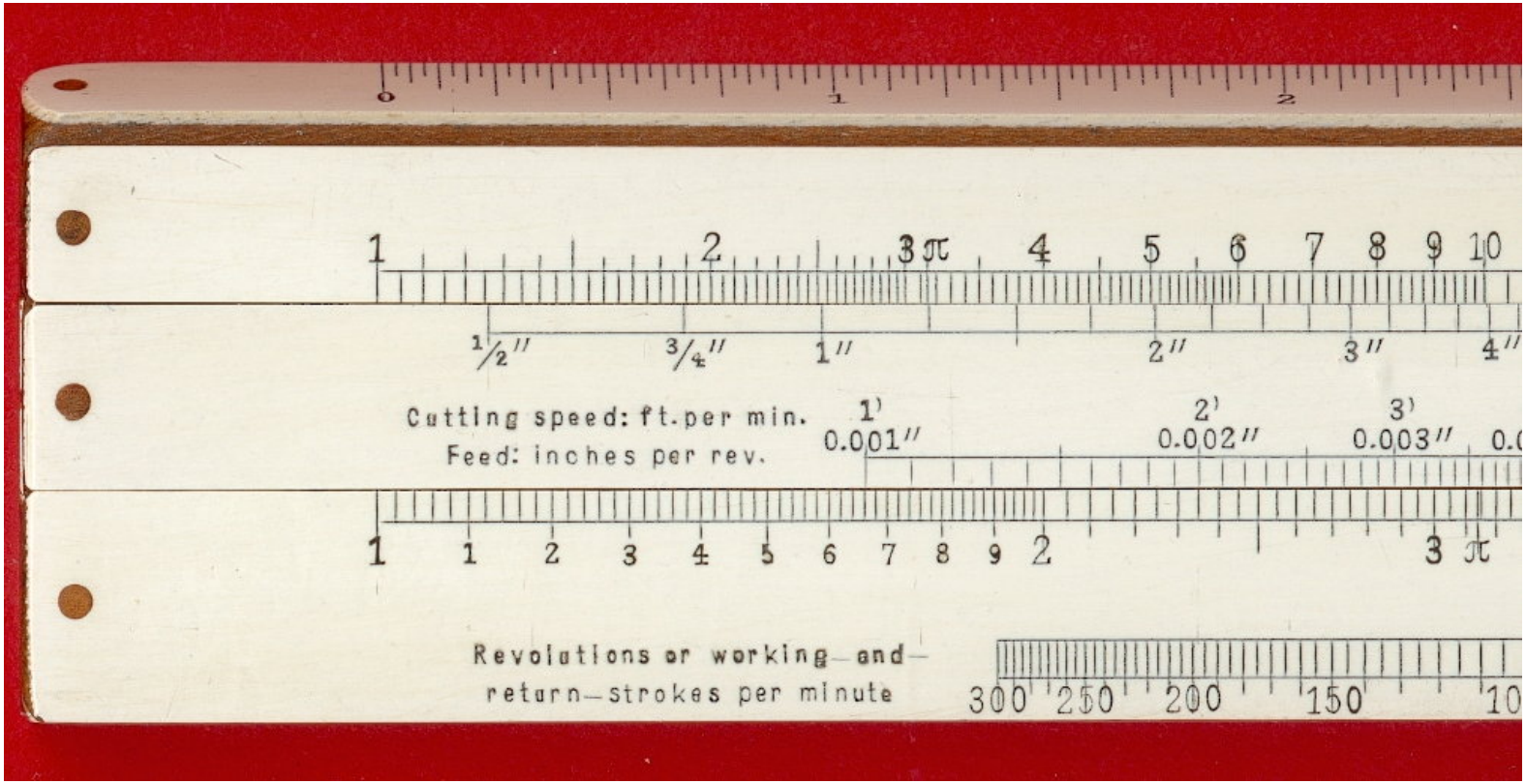
Abgesehen davon, dass Betriebsrechenschieber in verschiedenen Ländern hergestellt wurden, gab es auch fremdsprachliche Versionen von einigen deutschen Herstellern.

Beispielhaft wird auf den folgenden Seiten eine englische Version des Faber-Castell 348 und eine italienische Version des Nestler 0260 Mecanica gezeigt.

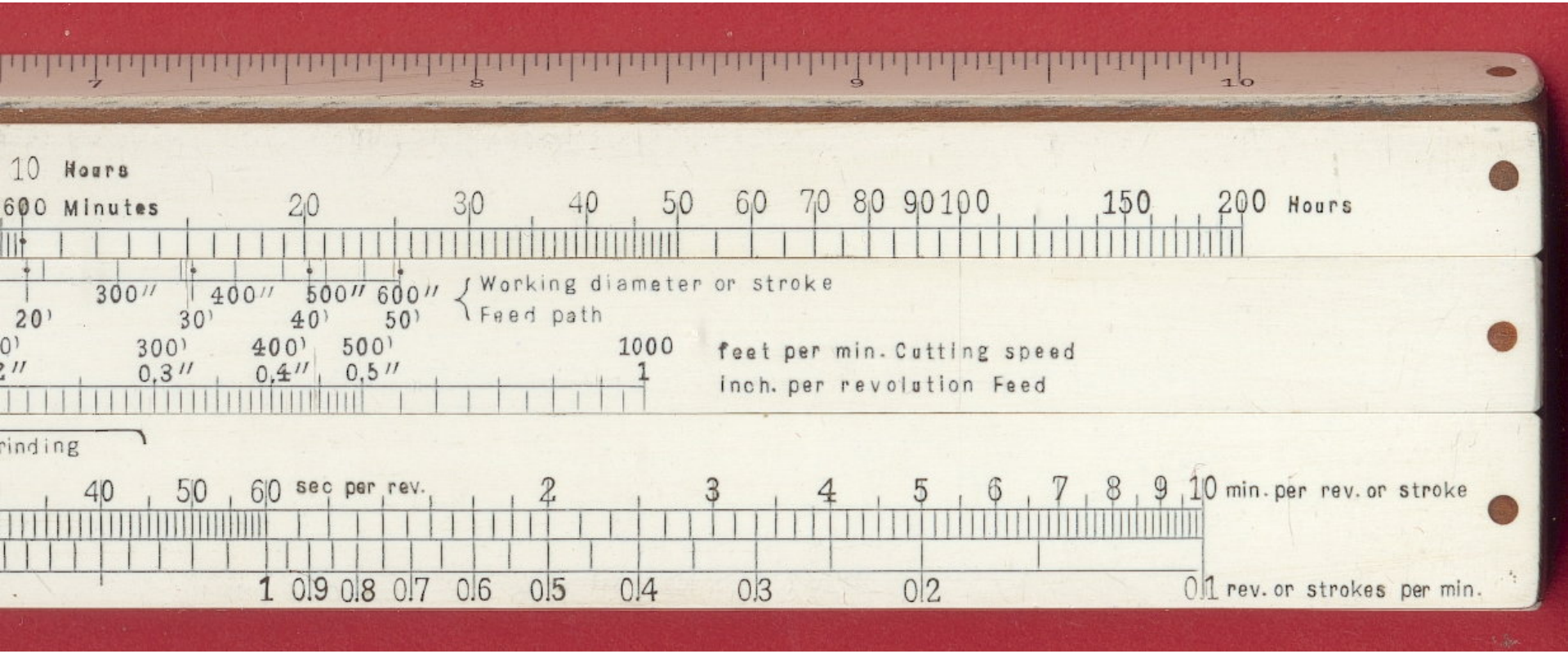
3.3.1 Faber-Castell 348 englisch (von ca. 1930)



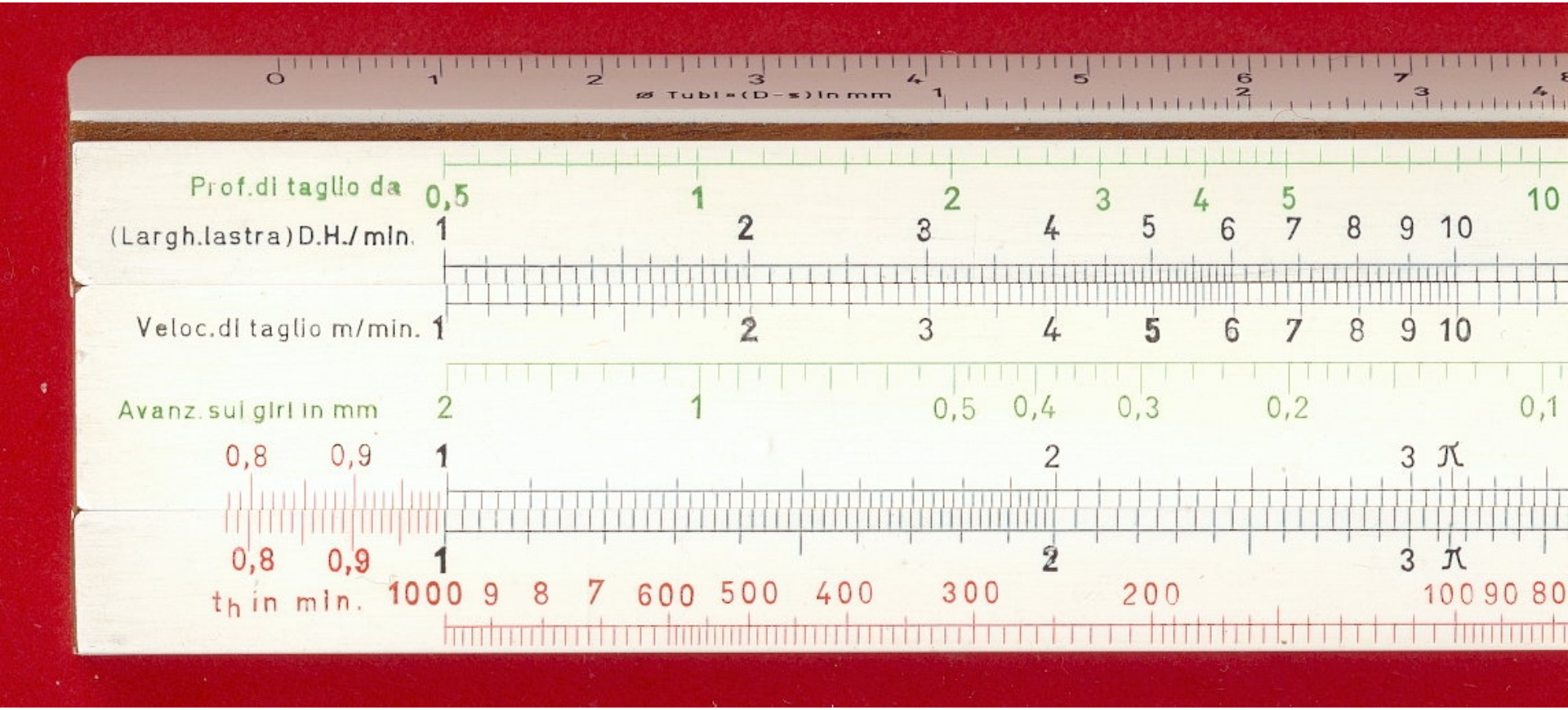
3.3.2 Faber-Castell 348 englisch (linke Seite)



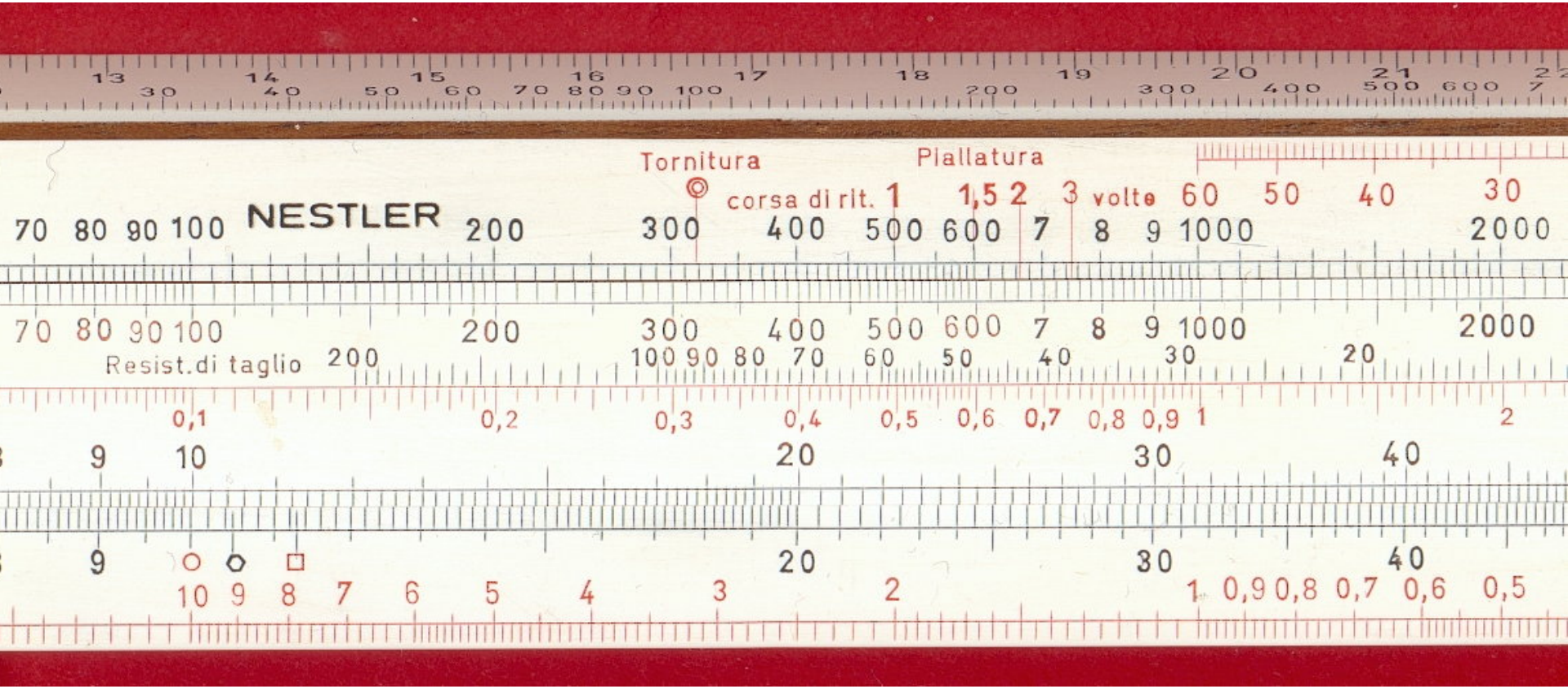
3.3.3 Faber-Castell 348 englisch (rechte Seite)



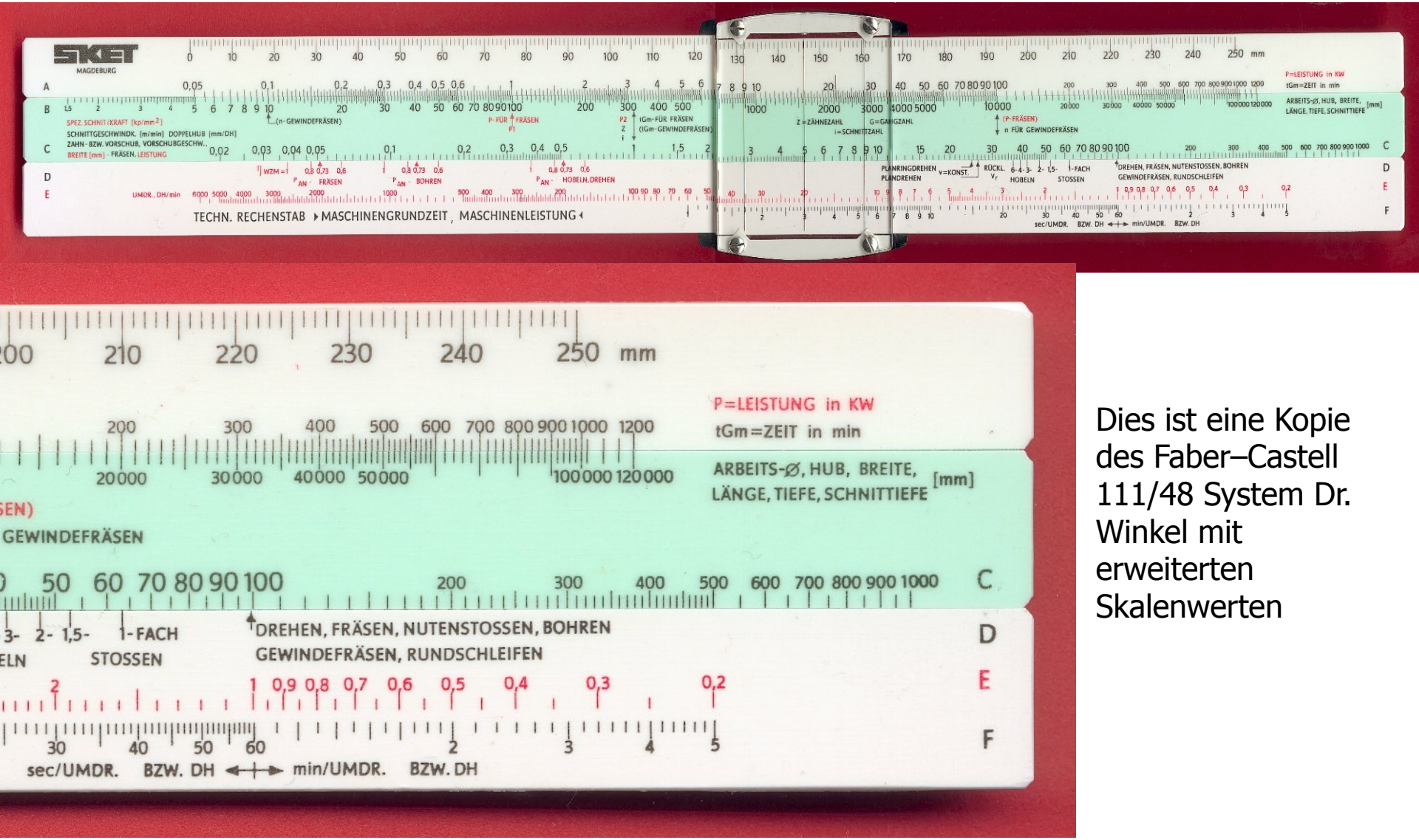
3.3.4 Nestler 0260 Mecanica italienisch (linke Seite)



3.3.5 Nestler 0260 Mecanica italienisch (Mittelteil)

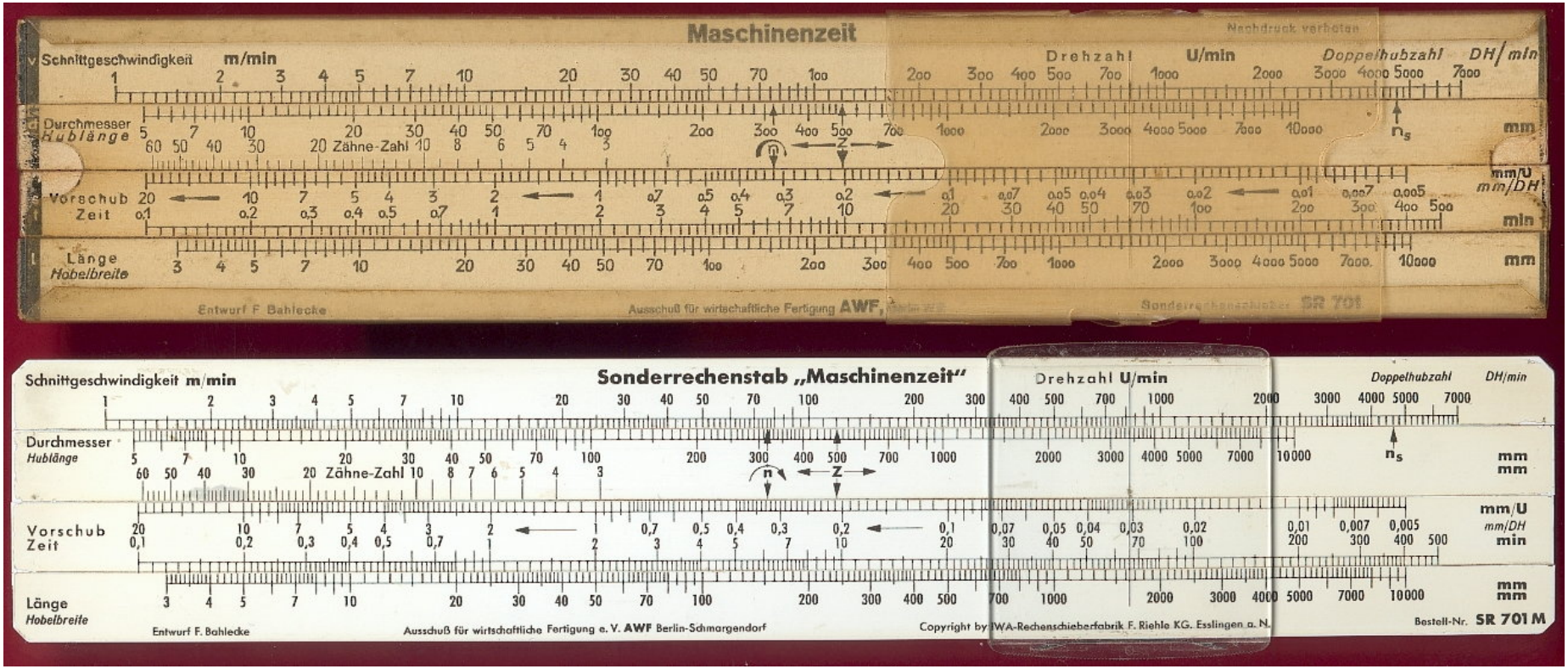


3.4 VEB Mantissa Maschinengrundzeit von ca. 1970

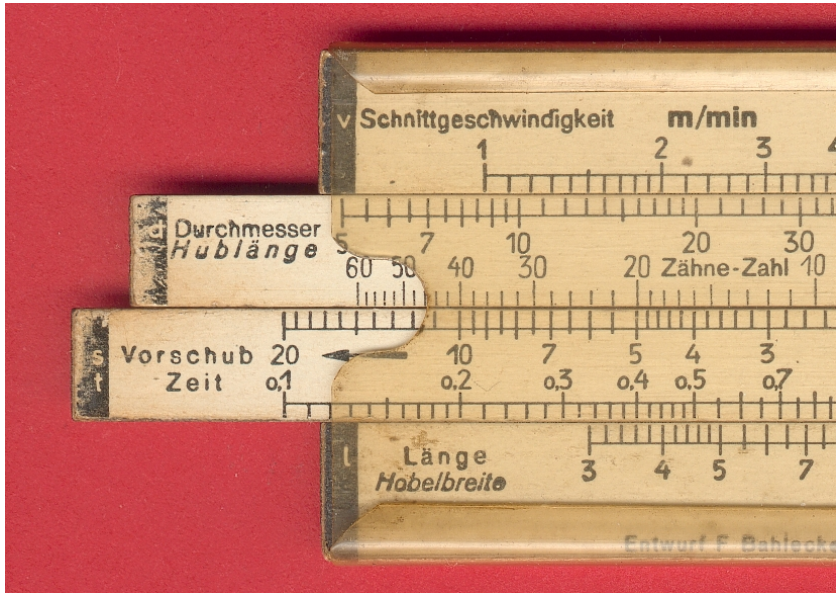


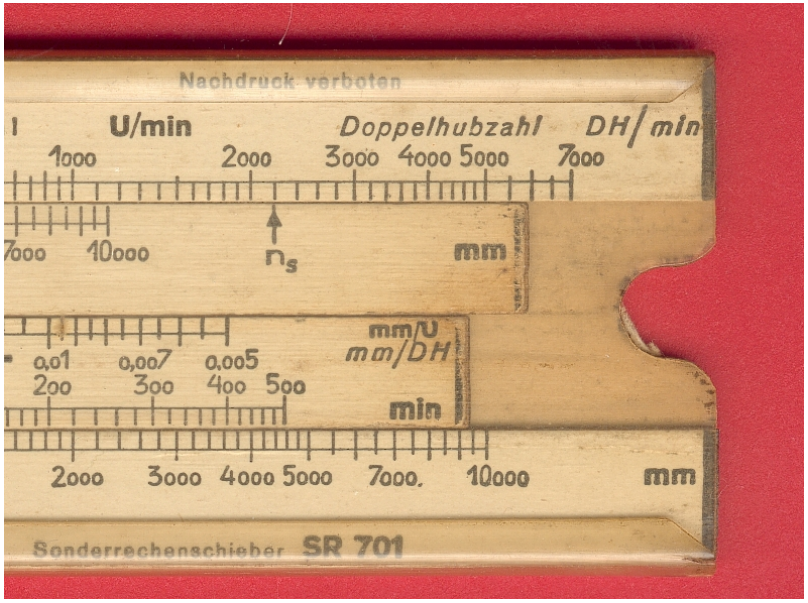
Dies ist eine Kopie des Faber–Castell 111/48 System Dr. Winkel mit erweiterten Skalenwerten

3.5 AFW 701 (ca. 1920) und IWA SR 701M (ca. 1950)

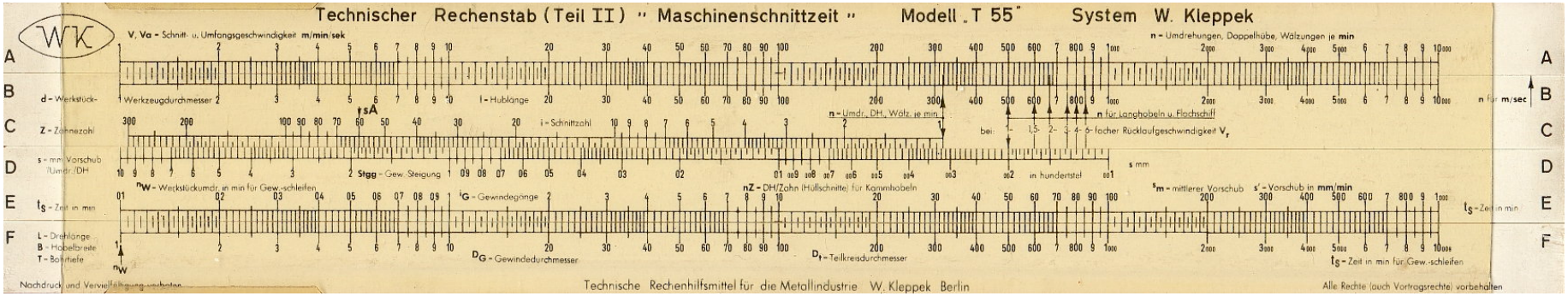


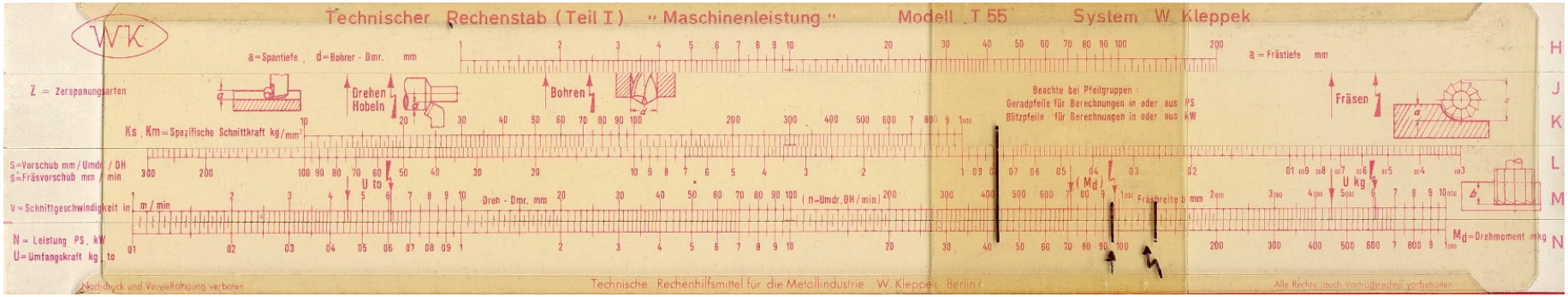
3.5.1 AWF 701 (linker und rechter Rand)



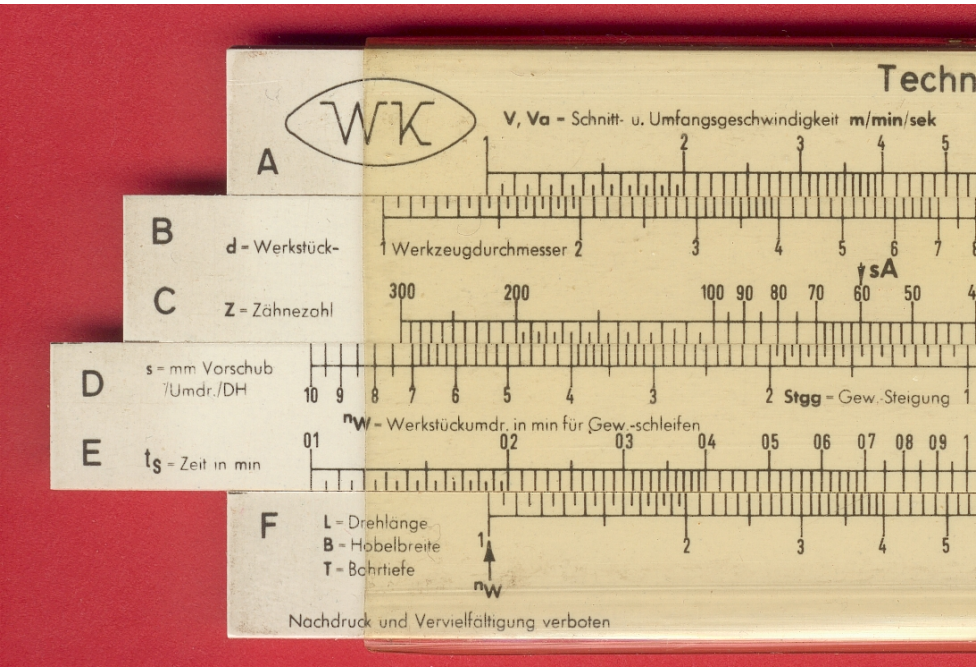


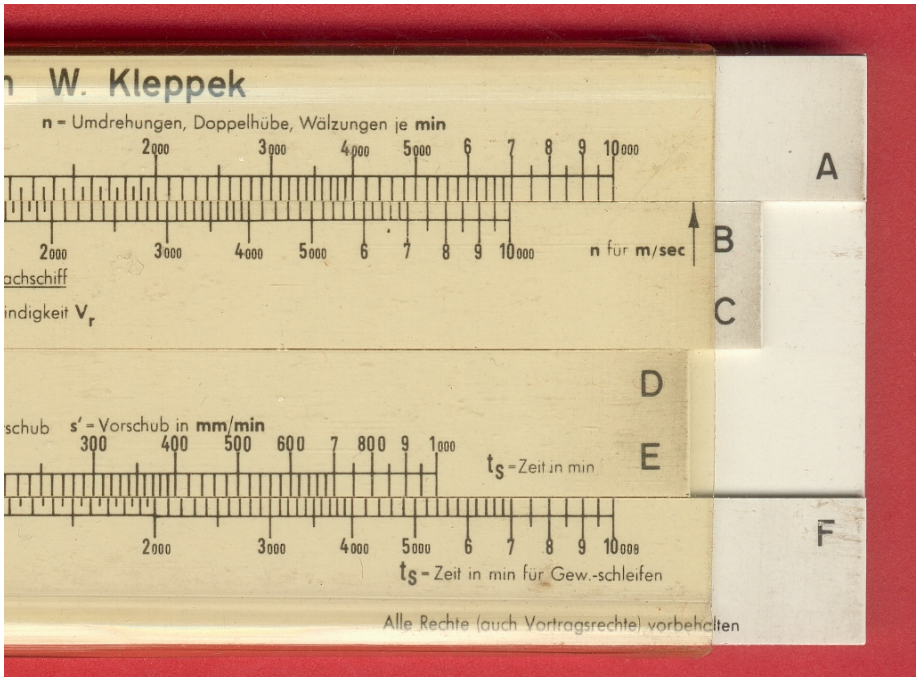
3.6 Technischer Rechenstab System Kleppek (ca. 1960)



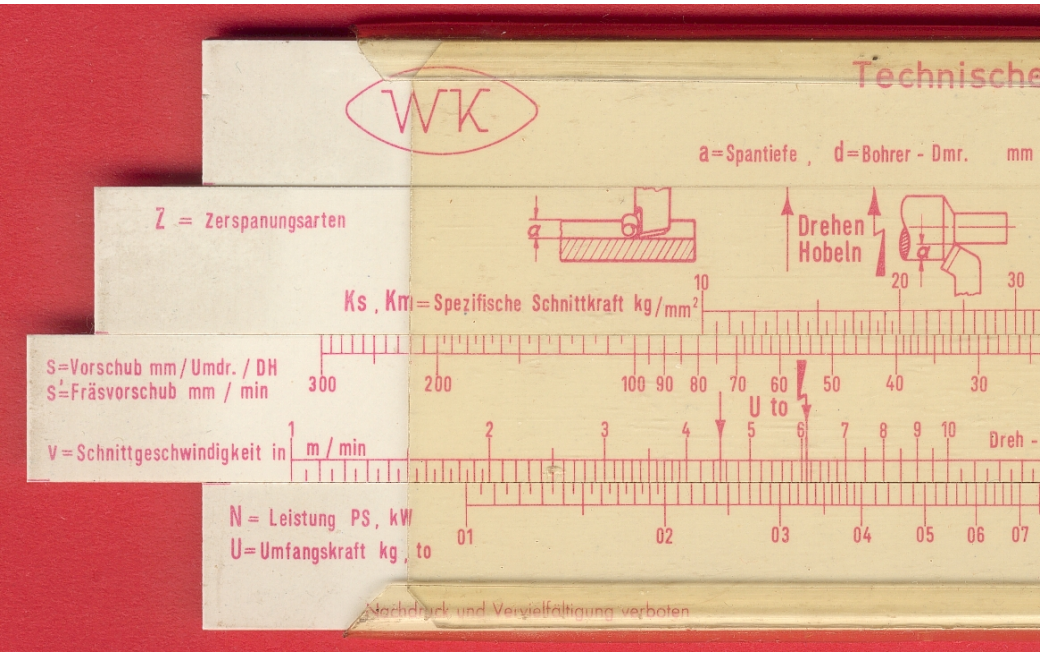


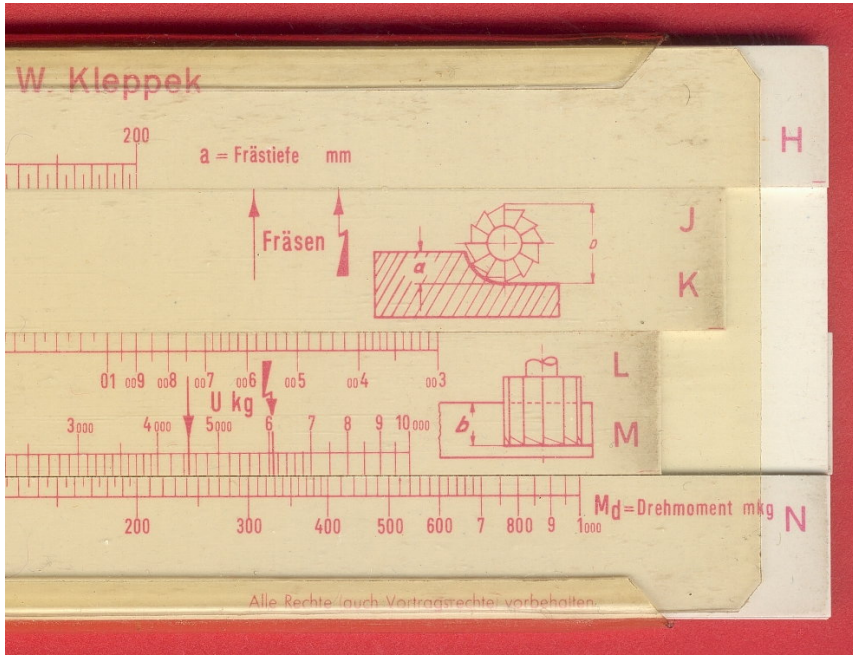
3.6.1 Kleppek (linker und rechter Rand der Seite II)





3.6.2 Kleppek (linker und rechter Rand der Seite I)





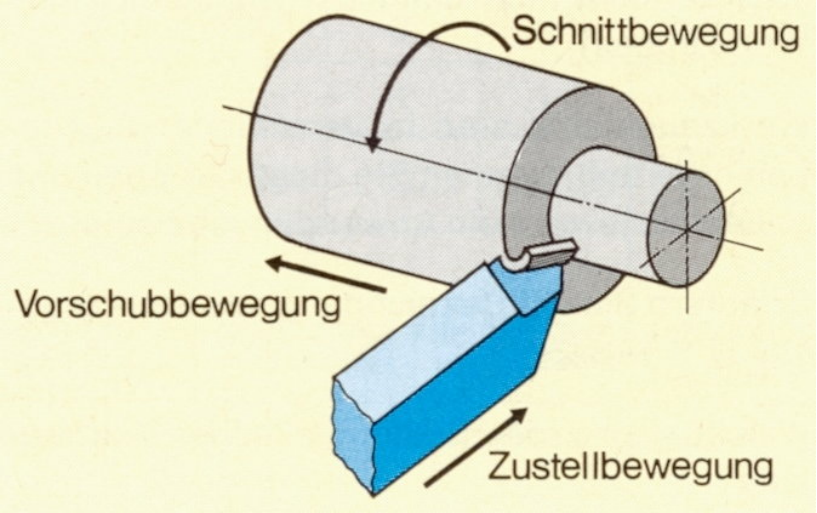
4 Berechnungsbeispiel: Hauptnutzungszeit t_h

Bekannt:

Länge L = 550 mm

Drehzahl n = 22,4 Umdr./Min.

Vorschub s = 0,8 mm / Umdr.



Berechnungsformel:

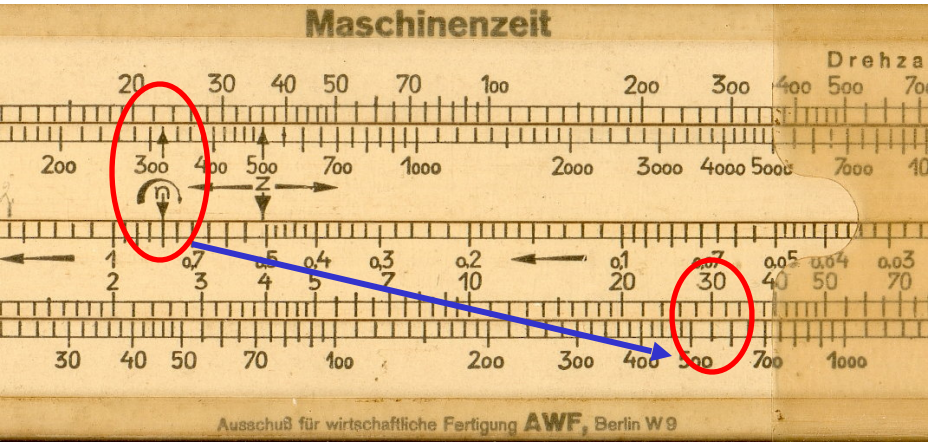
$$t_h = \frac{L}{n * s}$$

$$t_h = \frac{550}{22{,}4 * 0{,}8}$$

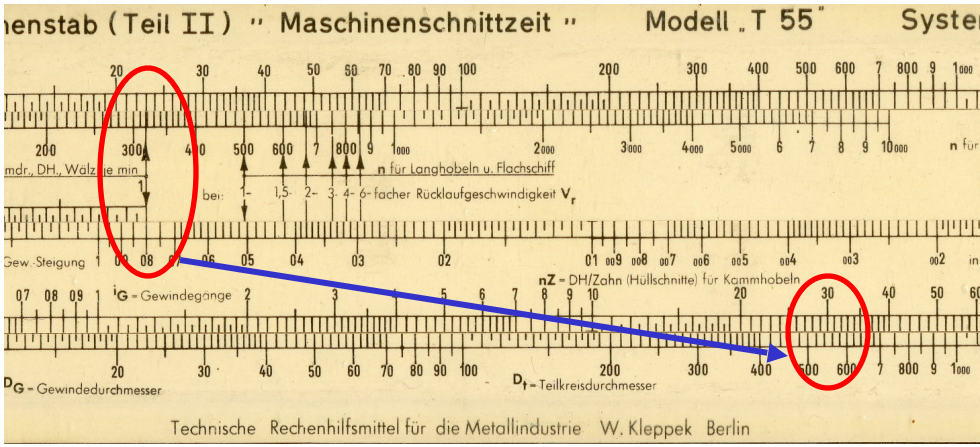
$$\mathbf{t_h = 30\ min}$$

4.1 Darstellung auf den Rechenschiebern

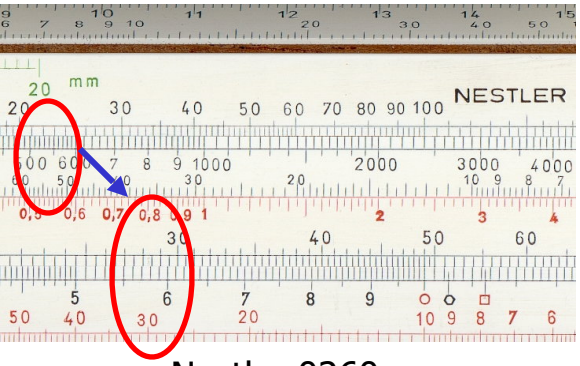
$$t_h = \frac{550}{22{,}4 * 0{,}8}$$



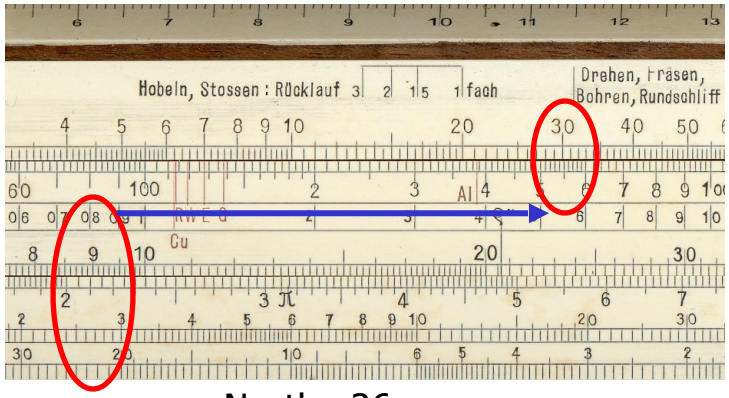
AWF



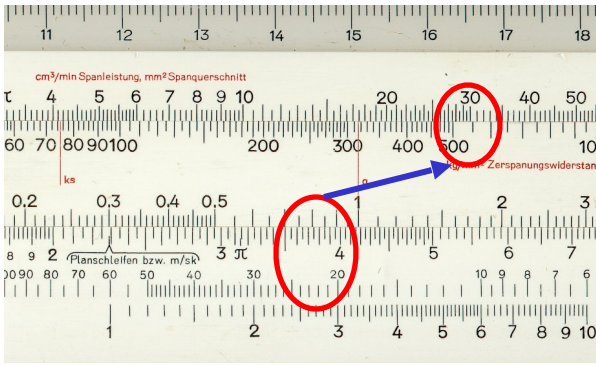
Kleppek



Nestler 0260



Nestler 26



FC 111/48

4.2 Berechnungsbeispiel: Schnitttiefe a

Für diese Berechnung müssen vorher folgende Werten angenommen werden:

Antriebsleistung = 4 KW

Bei einem Wirkungsgrad von η = 0,75 ist die Leistung am Werkzeug nur 3 KW (= 4 PS)

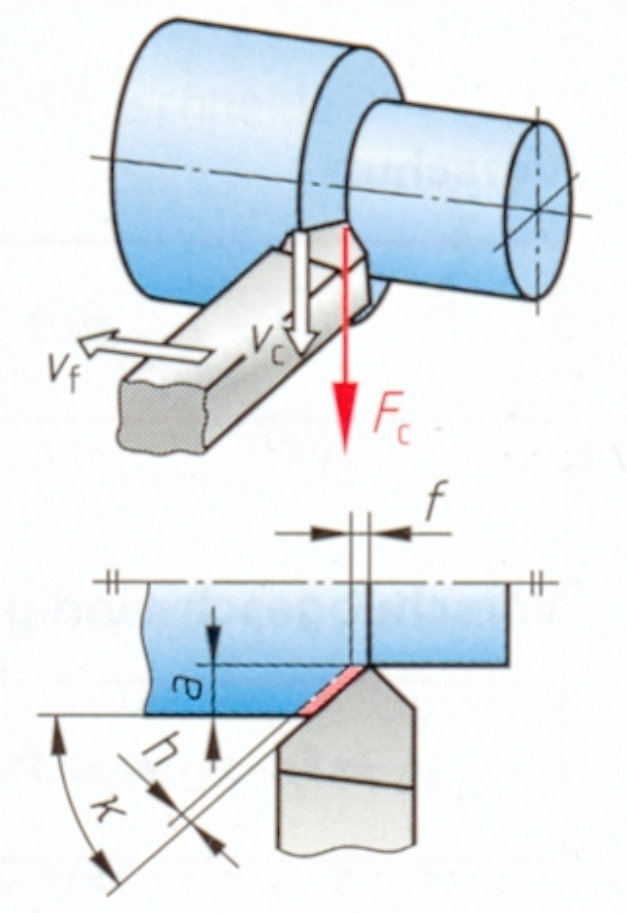
Vorschub s = 1,2 mm/Umdr.

Schnittgeschwindigkeit v = 20 m/min

Werkstoff: Stahl ST60 mit einer Zugfestigkeit von R_m = 59...77 kg/mm²

Spezifische Schnittkraft k = 185 kg/mm²

Zeitspanungsvolumen Q = 97 cm³/min



4.2.1 Unvermeidliche „Formel-Akrobatik“

Spanungsquerschnitt $A = a * s$

Zeitspanungsvolumen $Q = A * v = a * s * v$

Schnittleistung $P = F * v = Q * k$

$$P = a * s * v * k$$

Gleichung umstellen nach a

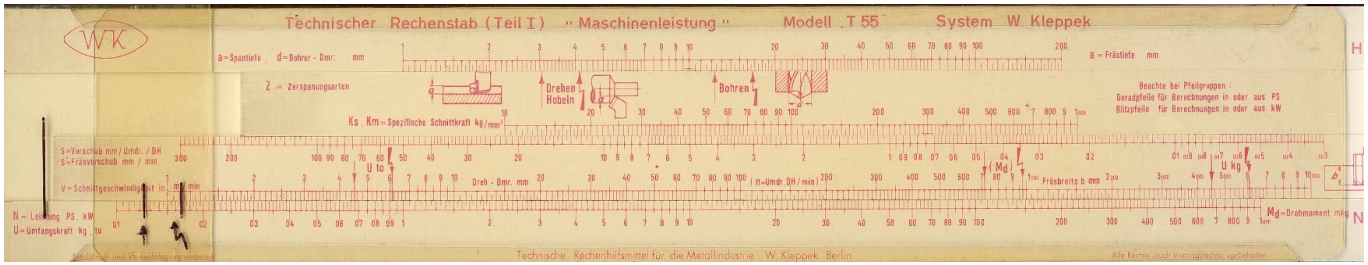
$$\boxed{a = \frac{P}{s * v * k}}$$

$$a = \frac{4000\ W * 0{,}75 * 60}{1{,}2\ mm * 20\ m/min * 185\ kg/mm^2}$$

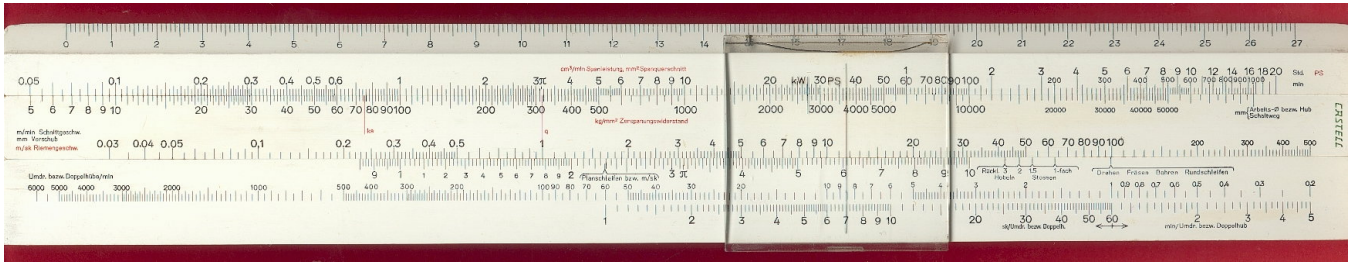
a = 4,05 mm

4.2.2 Darstellung auf den Rechenschiebern

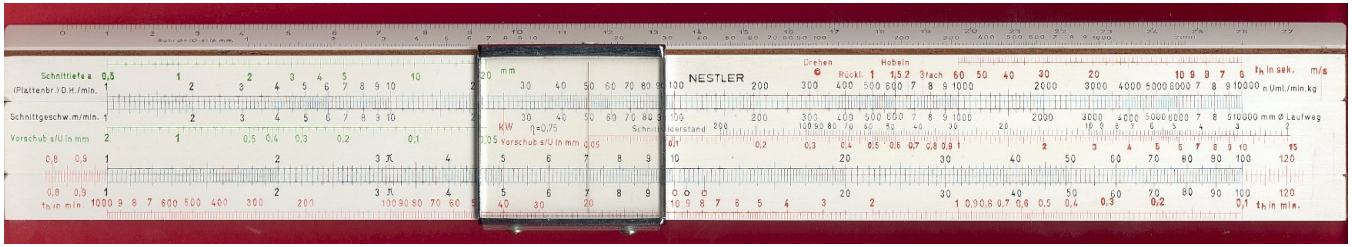
Kleppek



FC 111/48

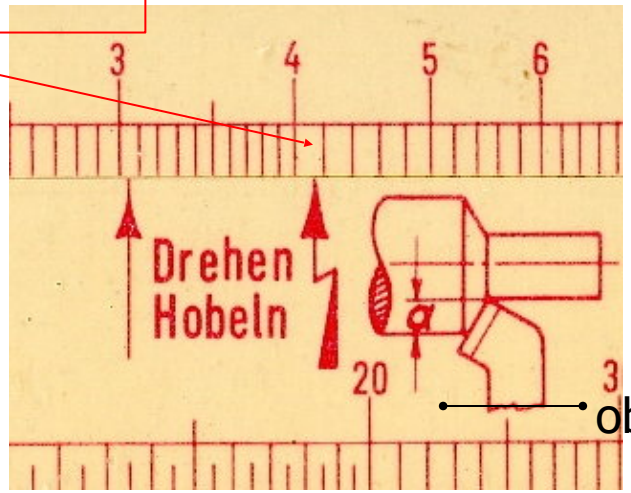


Nestler Mecanica



4.2.2.1 am Beispiel Kleppek

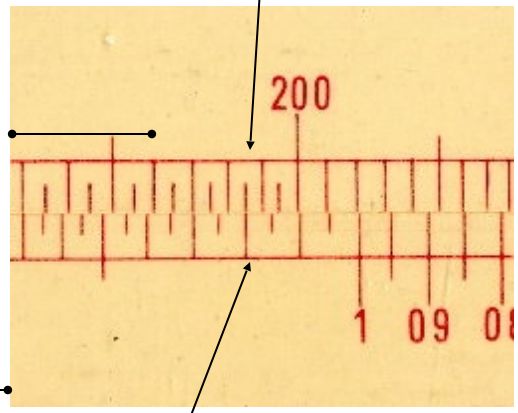
Ergebnis: Schnitttiefe a = 4,1 mm

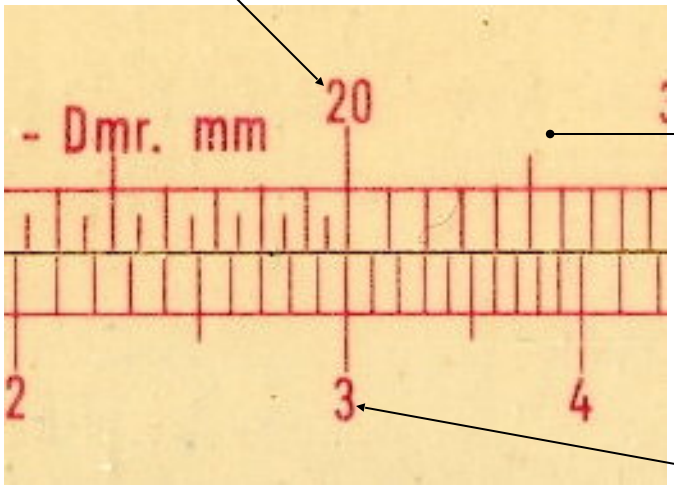


spezifische Schnittkraft 185 kg/mm²

Schnittge-schwindigkeit 20 m/min

obere Zunge



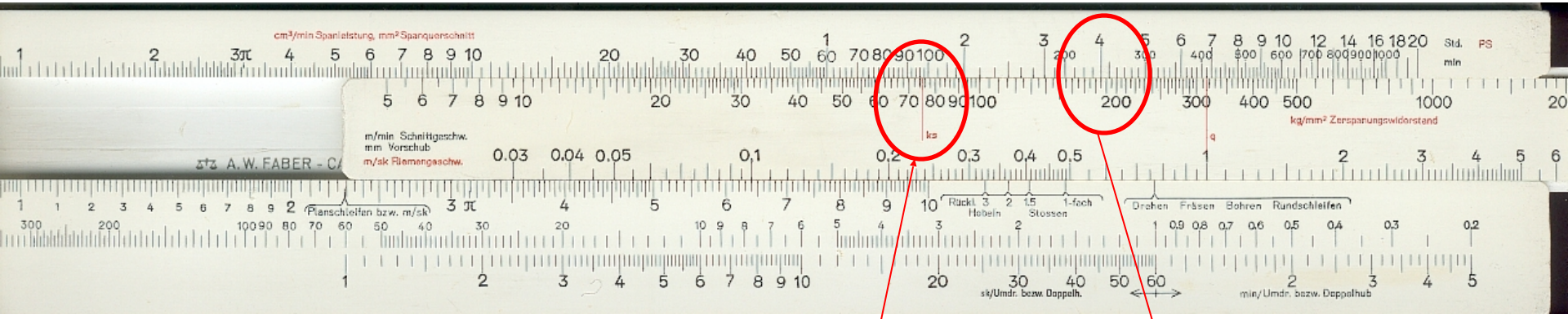


untere Zunge

Vorschub 1,2 mm/Umdr.

Leistung 3 KW

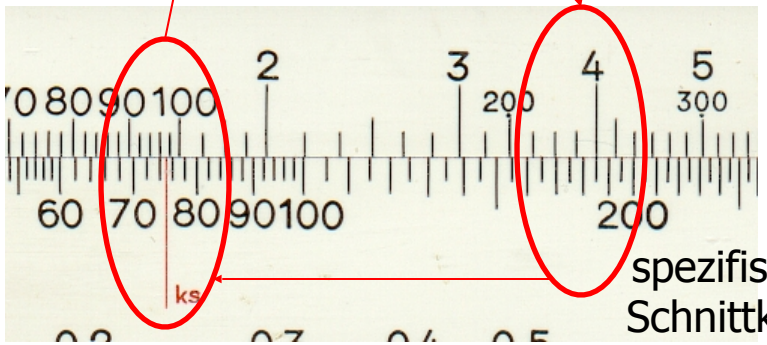
4.2.2.2 am Beispiel FC 111/48 (Einstellung 1)



Zeitspanungsvolumen
97cm³/min

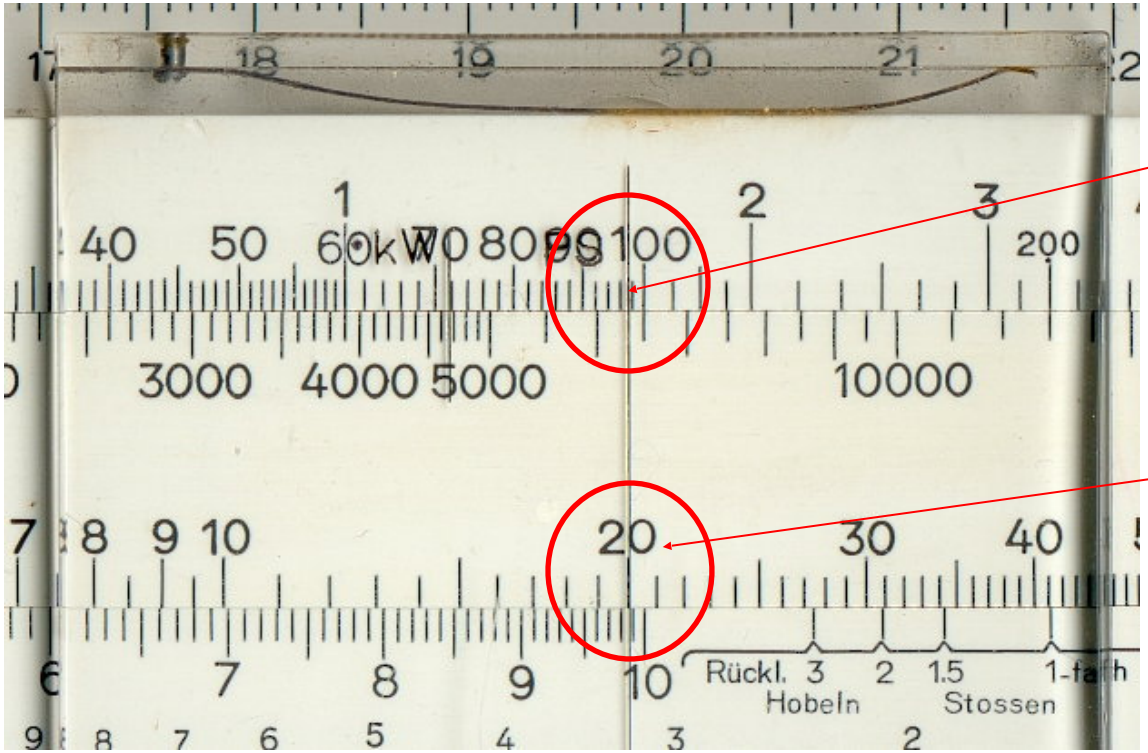
4 PS (= Leistung an der Werkzeugschneide)

Jetzt wird der Läuferstrich auf 97 gestellt



spezifische Schnittkraft
185 kg/mm²

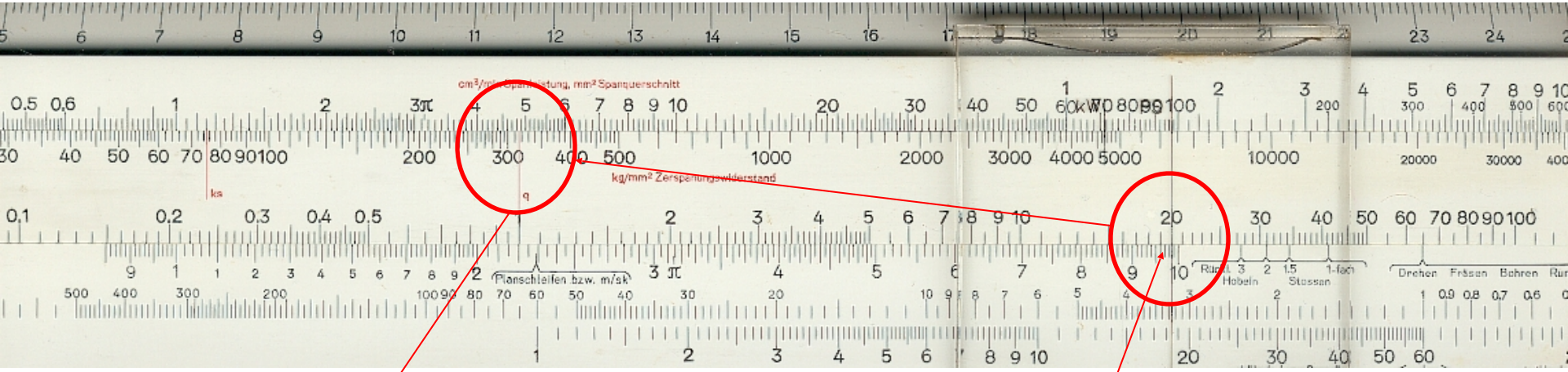
4.2.2.2 am Beispiel FC 111/48 (Einstellung 2)

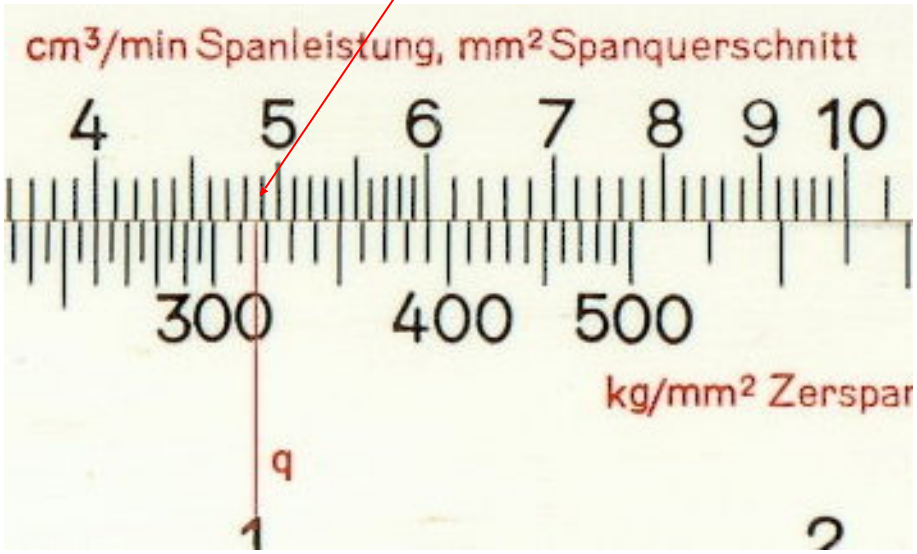


Läuferstrich auf 97 stellen

dann Zunge nach links verschieben und unter den Läuferstrich den Wert 20 der Skala „Schnittgeschwindigkeit" stellen

4.2.2.2 am Beispiel FC 111/48 (Einstellung 3)





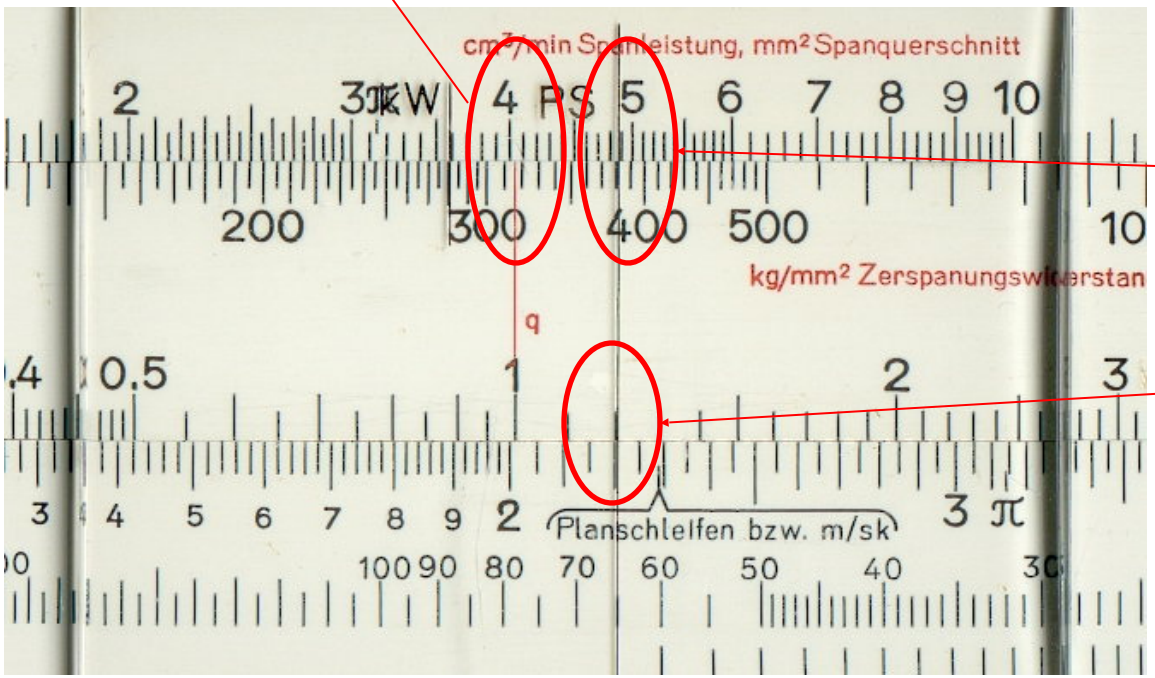
durch die eben verschobene Zunge mit dem Wert 20 unter dem Läuferstrich, zeigt die **rote Marke q** auf der oberen Zungenskala einen Spanquerschnitt von **4,85 mm²** auf dem Stabkörper an

4.2.2.2 am Beispiel FC 111/48 (Einstellung 4)

Das Ergebnis **a = 4,05 mm** wird über der roten Marke q abgelesen.

Spanquerschnitt A = a * s

also Schnitttiefe a = A/s

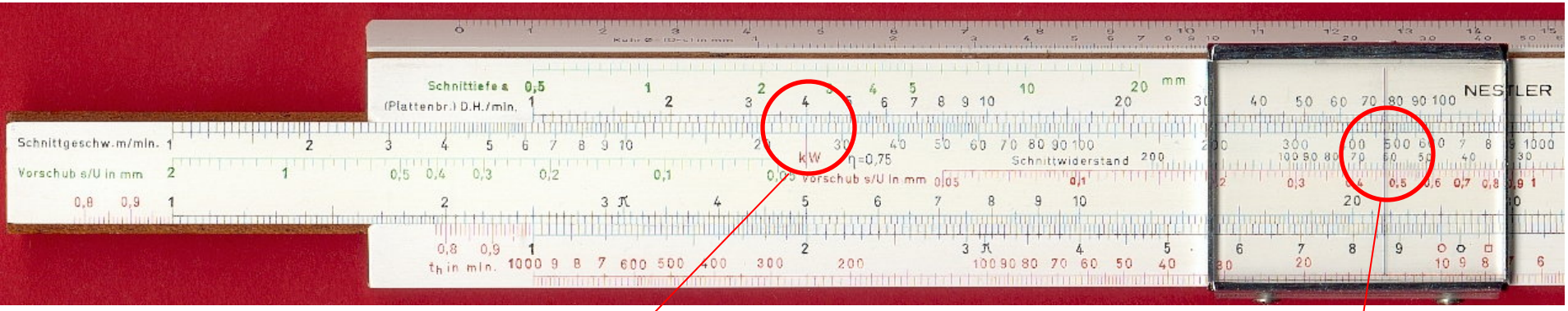


Läuferstrich auf den eben gefundenen Wert 4,85 stellen.

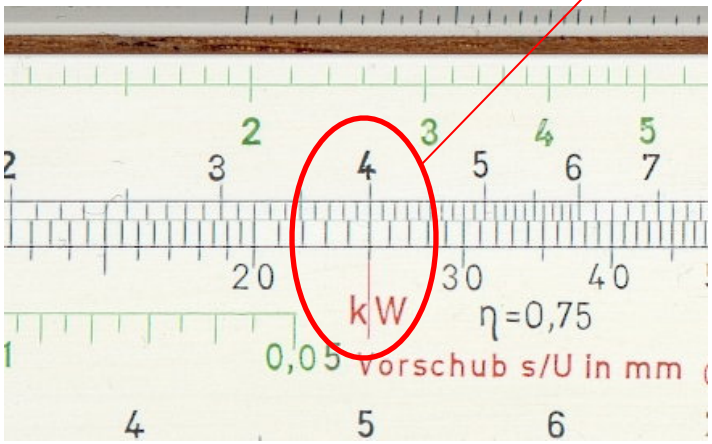
Dann Zunge etwas nach links verschieben, so dass der Vorschubwert 1,2 unter dem Läuferstrich steht.

Dadurch wurde die Rechnung 4,85/1,2 eingestellt.

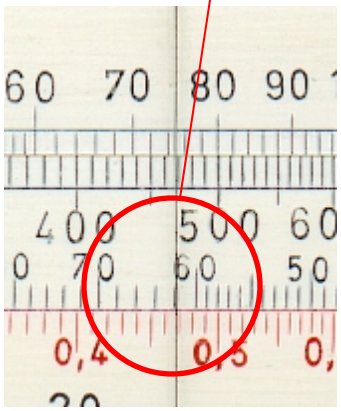
4.2.2.3 am Beispiel Nestler Mecanica (Einstellung 1)



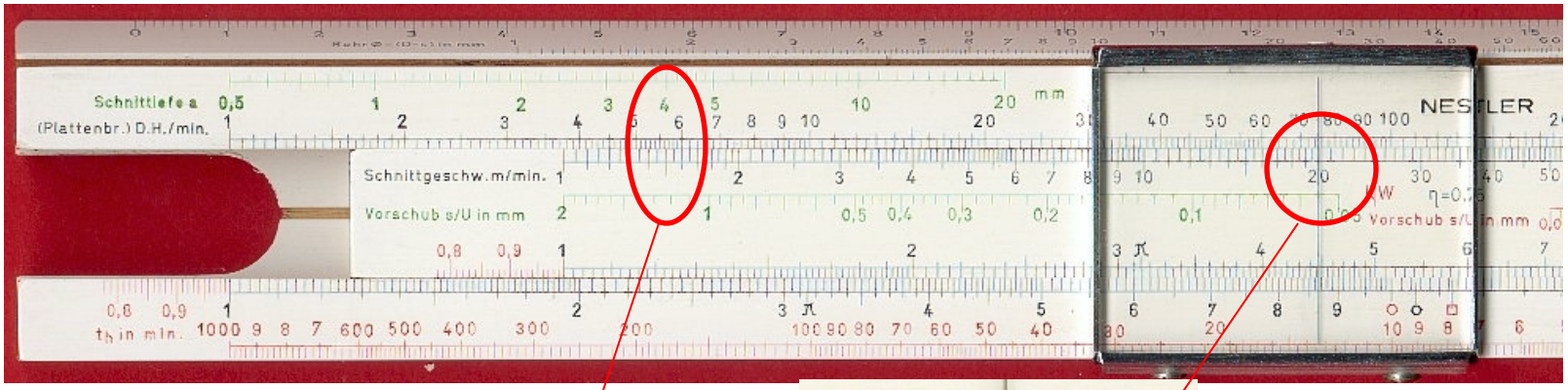
1. Schritt: KW-Marke unter 4 stellen



2. Schritt: Läuferstrich über 62 der Skala „Schnittwiderstand" schieben

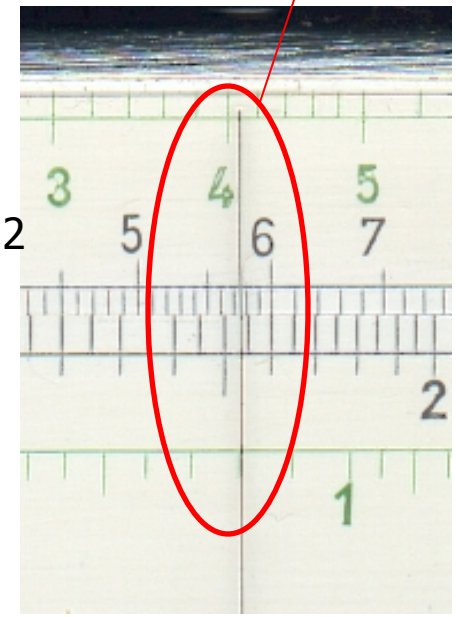


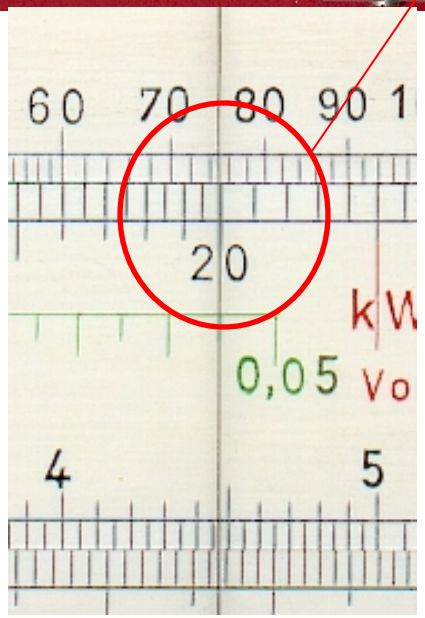
4.2.2.3 am Beispiel Nestler Mecanica (Einstellung 2)



4. Schritt:

Läufer nach links schieben, Strich auf 1,2 der grünen Vorschubskala stellen und oben auf der grünen Skala „Schnitttiefe" das Ergebnis 4,05 ablesen





3. Schritt:

Läufer bleibt stehen, dann Zunge mit dem Wert 20 der Skala „Schnittgeschwindigkeit" unter den Läuferstrich schieben

Das Ergebnis dieser weltbewegenden Rechenkunststücke ist sicherlich ein wirtschaftlich gefertigtes Drehteil, aber auch ....

viele

© Prof. Dr. Jörn Lütjens, Gartenholz 23, 22926 Ahrensburg. Rechenschieber-Onlinemuseum: www.joernluetjens.de