

Paper-ID: VGI\_193120



## Der Dehnungskoeffizient bei Invarbändern

Karl Lüdemann <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Freiberg-Sachsen*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **29** (6), S. 126–129

1931

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Luedemann_VGI_193120,  
Title = {Der Dehnungskoeffizient bei Invarb{"a}ndern},  
Author = {L{"u"}demann, Karl},  
Journal = {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u"}r Vermessungswesen},  
Pages = {126--129},  
Number = {6},  
Year = {1931},  
Volume = {29}  
}
```



$\bar{y}$	$\Delta\bar{y}$	$\bar{y}_{m+1} - \bar{y}_{m-1}$	$x_m$	$x_m(\bar{y}_{m+1} - \bar{y}_{m-1})$
1153·88	184·58	315·95	93·84	29648·75
1285·25	131·37	254·75	87·73	22349·22
1408·63	123·38	230·74	96·55	22277·95
1515·89	107·36	197·07	74·11	14604·86
1605·70	89·71	182·17	63·06	11487·64
1698·16	92·46	261·67	26·17	6847·90
1867·37	169·21	244·66	58·55	14324·84
<u>1942·82</u>	75·45			
1991·56	(48·74)	124·19	<u>329·61</u>	<u>40934·27</u>
			2496·02	-377858·63
		2496·02 · 200 =		<u>+499204</u>
				121345·63 = 2F

Als Probe muß die Spalte der  $\Delta\bar{y}$  das Produkt aus der Anzahl der Punkte und  $\frac{1}{2}z$ , hier -1500, die Spalte der  $\bar{y}_{m+1} - \bar{y}_{m-1}$  das Produkt aus der Anzahl der Punkte und  $z$ , hier -3000, zur Summe liefern.

W i e n, am 28. Juni 1931.

### Der Dehnungskoeffizient bei Invarbändern.

Von Karl L ü d e m a n n in Freiberg-Sachsen.

1. Meßbänder aus Stahl mit 36% Ni, der als französisches Erzeugnis in der Regel mit Invar, als deutsches mit Indilatans-Stahl (Krupp) bezeichnet wird, bedürfen wegen der mechanischen und strukturellen Empfindlichkeit des Werkstoffes beim Gebrauch und bei der Aufbewahrung einer sehr pfleglichen Behandlung. Bei der Messung muß die Bezugsspannung scharf eingehalten werden. Das macht bei der Verwendung von Spannstativen und der Bezugsspannung entsprechenden Gewichten [z. B. 1 und 2] keine besonderen Schwierigkeiten. Wird das Band von Hand unter Benützung eines Spannungsmessers gespannt, so ist die Kenntnis des Dehnungskoeffizienten dann notwendig, wenn mit von der Bezugsspannung abweichendem Zug gearbeitet wird.

Im nachstehenden werden daher einige Angaben über die Dehnungszahl gemacht.

2. Unter der Dehnungszahl  $\beta'$  verstehe ich die Längenänderung, die die Längeneinheit eines Bandes mit dem Querschnitt  $q$  in  $cm^2$  bei einer Änderung der Bandspannung  $P$  um  $\pm \Delta P$  in  $kg$  erfährt. Bezeichnet man den Dehnungs- oder Spannungskoeffizienten mit  $\beta$ , den Elastizitätsmodul mit  $E$ , so hat man

$$\beta' = \pm \frac{\beta}{q} \blacktriangle P = \pm \frac{1}{E \cdot q} \Delta P$$

3. Fr. Köhler [1 S. 23; 2 S. 59] gibt für ein Band mit dem Querschnitt  $6 \times 0,5 \text{ mm}$ , das aus England bezogen und wohl aus französischem Invar hergestellt war, an für  $P = 1 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \beta' &= 21 \mu \\ \text{Damit hat man} \quad \beta &= 0,63 \cdot 10^{-6} \\ E &= 1\,590\,000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

H. Löschner [3 S. 26] fand für ein Band  $7 \times 0,4 \text{ mm}$  aus französischem Invar mit einfachen Mitteln

$$\begin{aligned} \beta' &= 23,4 \mu \\ \beta &= 0,655 \cdot 10^{-6} \\ E &= 1\,526\,000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4. Die Abteilung I für Maß und Gewicht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin hat bei der Prüfung von Bändern aus französischem Invar, die von den Hildebrand-Werkstätten in Freiberg-Sa. angefertigt waren, die in Tafel 1 genannten Werte festgestellt [4 \*].

Tafel 1.

Nr.	Querschnitt <i>mm</i>	$\beta'$ $\mu$	$\beta$	$E \text{ kg/cm}^2$
1	$6,0 \times 0,5$	22,6	$0,68 \cdot 10^{-6}$	1 478 000
2	$6,4 \times 0,5$	22,6	0,72	1 383
3	$6,4 \times 0,5$	22,6	0,72	1 383
4	$6,5 \times 0,5$	21,8	0,71	1 411

5. In der gleichen Weise, wie ich es für andere Werkstoffe bereits früher [5, 6 S. 623—627] durchgeführt habe, ermittelte ich  $\beta'$  für Bänder aus französischem Invar mit dem Querschnitt  $6,4 \times 0,5 \text{ mm}$  und  $11 \times 0,4 \text{ mm}$ . Die Probe­stücke trugen 2 im Abstände von  $1000 \text{ mm}$  aufgetragene Teilstriche.

Zur Ausführung der Messungen am horizontalen Band wurde das zu untersuchende Stahlstück auf das glatte, ebene Stahlbett eines Komparators gelegt und am rechten Ende unmittelbar neben dem rechten Teilstrich so auf dem Bett festgeklemmt, daß eine Verschiebung auch bei der vollen Belastung mit  $15 \text{ kg}$  nicht vorkommen konnte. Zur Überwachung der festen Lage dieses Teilstriches diente ein Mikroskop (Mikroskop rechts). Das andere Ende des Stahlbandstückes wurde über eine mit möglichst geringer Reibung auf Kugellagern laufende bewegliche Rolle geführt und alsdann mit einer steigenden Zahl von Bleigewichten von genau  $1000 \text{ g}$  beschwert. Über dem zweiten Teilstrich stand wiederum ein Mikroskop (Mikroskop links), mit dem die Dehnung des Bandmaßes durch die Gewichtswirkung gemessen werden konnte. Beide Mikroskope waren einander gleich konstruiert. Eine Trommelumdrehung gab  $1/10 \text{ mm}$ . Da die Trommel in 100 Teile geteilt war, konnte  $1 \mu$  unmittelbar abgelesen,  $1/10$  bis  $1/20 \mu$  geschätzt werden. Die Gewichtsbelastung  $P$  wurde

\*) Am Schluß von [4 S. 373] ist bei den Werten für  $E$  versehentlich beim Druck eine Null fortgeblieben. Es muß natürlich heißen  $1416000 \text{ kg/cm}^2$  usw.

so gewählt, daß sie im Querschnitt des Teilungsstriches angriff, der sich unter dem Mikroskop links befand.

Die Beobachtungsreihe wurde so durchgeführt, daß von einer Belastung mit 5 kg ausgehend diese allmählich um je 1 kg bis zu 15 kg Höchstbelastung gesteigert wurde. War die Höchstbelastung erreicht, so erfolgte nach einiger Zeit die Beobachtung einer gleichen Reihe in rückläufiger Folge durch Abnahme der einzelnen 1 kg-Gewichte.

Der mittlere Einstell- und Ablesefehler eines Mikroskopes wurde zu  $\pm 0,3 \mu$  ermittelt.

Für jeden Querschnitt wurden drei Reihen gemessen. Die Mittel daraus zeigt Tafel 2, in der  $\beta'$  wieder die Dehnungszahl für 1 m und 1 kg ist.

Tafel 2.

<i>P</i> <i>kg</i>	6,4 × 0,5 mm	11,0 × 0,4 mm
	$\beta'$ $\mu$	$\beta'$ $\mu$
5		
6	19,0	11,0
7	21,6	12,6
8	22,5	15,3
9	22,3	14,5
10	17,6	14,2
11	26,9	13,9
12	21,1	15,2
13	20,1	11,5
14	23,2	12,0
15	16,0	15,5
Mittel	21,0 ± 1,0	13,6 ± 0,5

Damit hat man	6,4 × 0,5 mm	11,0 × 0,4 mm	Mittel
$\beta'$	21,0 $\mu$	13,6 $\mu$	
$\beta$	0,67 · 10 <sup>-6</sup>	0,60 · 10 <sup>-6</sup>	0,635 · 10 <sup>-6</sup>
<i>E</i> kg/cm <sup>2</sup>	1488 000	1672 000	1575 000

Als Mittelwert aus den Tafeln 1 und 2 errechnet sich

$$\beta = (0,683 \pm 0,019) \cdot 10^{-6}$$

$$E = 1463000 \text{ kg/cm}^2$$

Geht man von dem horizontal gelagerten Band über zum vertikal freihängenden, so hat man erfahrungsgemäß

$$\beta \text{ horizontal} = 0,9 \beta \text{ vertikal}$$

und damit

$$\beta_v = 0,76 \cdot 10^{-6}$$

$$E = 1320000 \text{ kg/cm}^2$$

6. Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht in Berlin hat 1922 für ein 20 m-Band [7] mit dem Querschnitt  $11 \times 0,4 \text{ mm}$ , das von den Hildebrand-Werkstätten in Freiberg-Sa. aus Indilatans-Stahl von Krupp angefertigt war, den Spannungskoeffizienten festgestellt und gefunden:

Spannung	5 bis 10 kg	10 bis 15 kg	Mittelwert
$\beta'$	16,7 $\mu$	13,85 $\mu$	15,28 $\mu$
$\beta$	$0,74 \cdot 10^{-6}$	$0,61 \cdot 10^{-6}$	$0,67 \cdot 10^{-6}$
$E \text{ kg/cm}^2$	1 361 000	1 642 000	1 488 000

Ich habe gleichbehandelten Indilatans-Stahl mit dem Querschnitt  $11 \times 0,5 \text{ mm}$  1921 in vier vollen Beobachtungsreihen untersucht und für den Bereich  $P$  von 8 bis 20 kg gefunden:

Vertikale Bandlage:

$$\beta' = 14,2 \mu \quad \beta = 0,78 \cdot 10^{-6} \quad E = 1\,280\,000 \text{ kg/cm}^2$$

Horizontale Bandlage:

$$\beta' = 12,8 \mu \quad \beta = 0,70 \cdot 10^{-6} \quad E = 1\,430\,000 \text{ kg/cm}^2$$

Für das horizontal aufliegende Band kann man als Mittelwert ansetzen:

$$\beta = 0,68 \cdot 10^{-6} \quad E = 1\,450\,000 \text{ kg/cm}^2$$

Der Indilatans-Stahl stimmt also in den errechneten Mittelwerten für  $\beta$  und  $E$  mit Invar-Stahl gut überein. Bei Bändern aus beiden Werkstoffen empfiehlt es sich, die Bezugsspannung genügend scharf einzuhalten.

#### A n g e z o g e n e S c h r i f t e n .

1. Fr. Köhler: Eine neue Methode zur Längenmessung- und zwar Präzisions-, gewöhnlichen und flüchtigen Messung der Polygonseiten des untertägigen Grubenzuges. Sa. a. d. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1912 Nr. 26—30, 32—35 und 37. Wien 1912.
2. F. Köhler: Eine neue Methode zur Messung der Grundlinien für Katastral-, Stadt- und bergmännische Dreiecksnetze und zur Messung der Seiten eines Polygonzuges. Zeitschr. f. Vermessungswesen 43 (1914) S. 33—51, 57—82.
3. H. Löschner: Längenmessungen mit Invarband auf ebenem Boden. Österr. Zeitschr. f. Vermessungswesen 18 (1920) S. 25—31.
4. K. Lüdemann: Ersatz der Temperaturmessung durch elektrische Widerstandsmessung bei metallenen Bändern und Drähten. Zeitschr. f. Vermessungswesen 56 (1927) S. 372—373.
5. K. Lüdemann: Präzisionsmeßbänder aus nichtrostendem Stahl für untertägige Messungen. Mitt. a. d. Markscheidewesen 3. Folge, Jahrg. 1921, S. 66—71.
6. K. Lüdemann: Die Genauigkeit von Feinmeßbändern aus Stahl. Allgem. Vermessungsnachrichten 34 (1922) S. 594—606, 619—629, 651—658.
7. K. Lüdemann: Über die Genauigkeit feiner Längenmessung mit einem aufliegenden Band von 20 m Länge. Zeitschr. f. Vermessungswesen 60 (1931) S. 292—295.