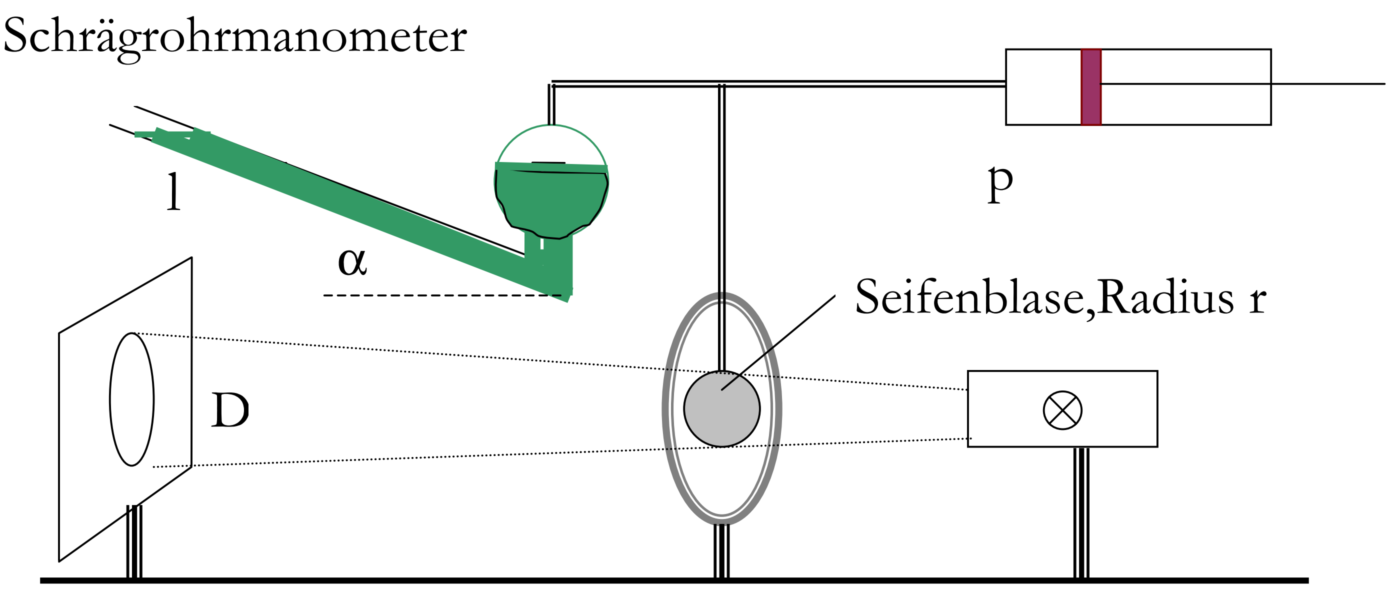
Protokoll zum Versuch 6 Physikpraktikum

Bestimmung der Oberflächenspannung einer Seifenblase:

Namen:	
Datum:	
Kurs/Gruppe:	
Temperatur:	°C
Luftdruck:	hPa

Versuchsaufbau



$$\boxed{p = \frac{4 \cdot \sigma}{r}}$$

Versuchsreihe:

s_l =	
s_D =	
a =	±
b =	±

Nach DIN V ENV 13005 1999-06 werden sog. Standardunsicherheiten $s_{...}$ angegeben. Bei der Messung mit Schieblehren ist $\mathbf{s_{Sch}}$ = 0.1 mm/√3; bei der Ablesung der Fadenlänge l in Skt. ist $\mathbf{s_l}$ = kleinster Skalenteil/√3 , bei der Messung von D ist $\mathbf{s_D}$= Unsicherheit der Durchmesserbestimmung/√3 .

$b/a_{(\text{Maßstab})}$=*Abbildungsverhältnis.* $\mathbf{s_a}$ **=** 0,05mm**/**√3
Der Druck p der Seifenblase wird mit dem Schrägrohrmanometer durch Ablesen der Fadenlänge l in Skt. mit der Unsicherheit $\mathbf{s_l}$ bestimmt nach

$$p = \rho \cdot g \cdot \ell'[m] \cdot \sin\alpha;$$

1/sinα heißt Neigungszahl und kann eingestellt werden, zB. NZ = 25;
Die Skala ist so gewählt, daß **p/Pa = Fadenlänge l in Skt./NZ** gilt.
(p/Pa heißt Druck p in Pa)

Blase I:

Nr.	Neigungs-zahl	Fadenlänge l	Bildgröße D,Ø/cm	p/Pa	r/m	1/r
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Blase II:

Nr.	Neigungs-zahl	Skalen-wert l	Bildgröße D,∅/cm	p/Pa	r/m	1/r
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Blase III:

Nr.	Neigungs-zahl	Skalen-wert l	Bildgröße D,∅/cm	p/Pa	r/m	1/r
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Blase IV:

Nr.	Neigungs-zahl	Skalen-wert l	Bildgröße D,∅/cm	p/Pa	r/m	1/r
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Blase V:

Nr.	Neigungs-zahl	Skalen-wert l	Bildgröße D,∅/cm	p/Pa	r/m	1/r
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Unsicherheitsrechnung:

Nach dem „*Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*„ Beuth-Verlag (1995) bzw. der daraus folgenden *DIN V ENV 13005 1999-06* werden Korrelationen zwischen Meßgrößen berücksichtigt, wenn das Meßergebnis aus mehreren unsicherheitsbehafteten Einzelgrößen bestimmt wird. (siehe Versuch E-Modul) Werden Korrelationen vernachlässigt, erhält man die frühere *Gauß´sche Fehlerfortpflanzung*. Die Unsicherheit der Einzelgrößen wird als *Standardunsicherheit s* angegeben; sie ist zB. bei der Schieblehre 0,1 mm/√3; man nimmt rechteckverteilte Werte im Bereich 0,1 mm an, deren Standardabweichung nach Statistik Intervall/√3 ist. Die Unsicherheit des Ergebnisses s_E heißt *kombinierte Standardunsicherheit*. Bei dem vorliegenden Versuch könnte die Oberflächenspannung σ aus einer einzigen Messung unter Annahme der Gültigkeit von $p = 4\sigma/r$ angegeben werden.Die Unsicherheit dieser *Einzelmessung* erhält man,indem man in die Bestimmungsgleichung für σ sämtliche tatsächlich gemessenen Größen einsetzt und die Unsicherheitsfortpflanzung anwendet:

$$\sigma = \frac{p \cdot r}{4} = \rho \cdot g \cdot \sin\alpha \cdot \frac{1}{8} \cdot \ell'[m] \cdot D \cdot \frac{a}{b} = \frac{\ell[Skt]}{NZ} \cdot \frac{D \cdot a}{8 \cdot b}$$

$$mit \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{D}{2r}$$

b/a ist das Abbildungsverhältnis,das zu Beginn des Versuches gemessen wird dh. a ist zB. 1 cm auf dem Maßstab in der Ebene der Blase und b dessen abgebildete Länge auf dem Schirm.

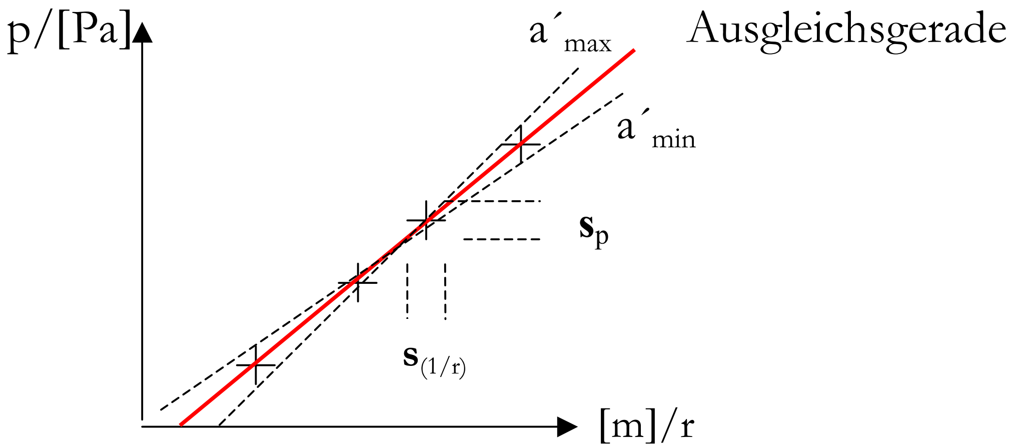
Aus

$$\boxed{s_\sigma = \sqrt{\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\ell} \cdot s_\ell\right)^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial D} \cdot s_D\right)^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial a} \cdot s_a\right)^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial b} \cdot s_b\right)^2}}$$

erhält man (es sind lauter Potenzprodukte vorhanden)

$$\boxed{\frac{s_\sigma}{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{s_\ell}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{s_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2}}$$

Im vorliegenden Versuch wird eine höhere Genauigkeit wie beim Einzelversuch dadurch erreicht, daß man σ aus der Auftragung von p gegen 1/r ermittelt, wobei sich wegen $p = 4\sigma/r$ Geraden mit der Steigung $a' = 4\sigma$ ergeben.



Es wird eine Ausgleichsgerade mit Steigung a´geschätzt oder berechnet (siehe S.7 E-Modul) und eine Gerade mit maximaler und eine mit minimaler Steigung, die jeweils durch alle Fehlerkreuze hindurchgeht, eingezeichnet. Daraus $s_{a'} = (a'_{max} - a'_{min})/2$ bzw. $s_\sigma = s_{a'}/4$ gemäß $p = 4\sigma/r = a'/r$ dh. $\sigma = a'/4$.

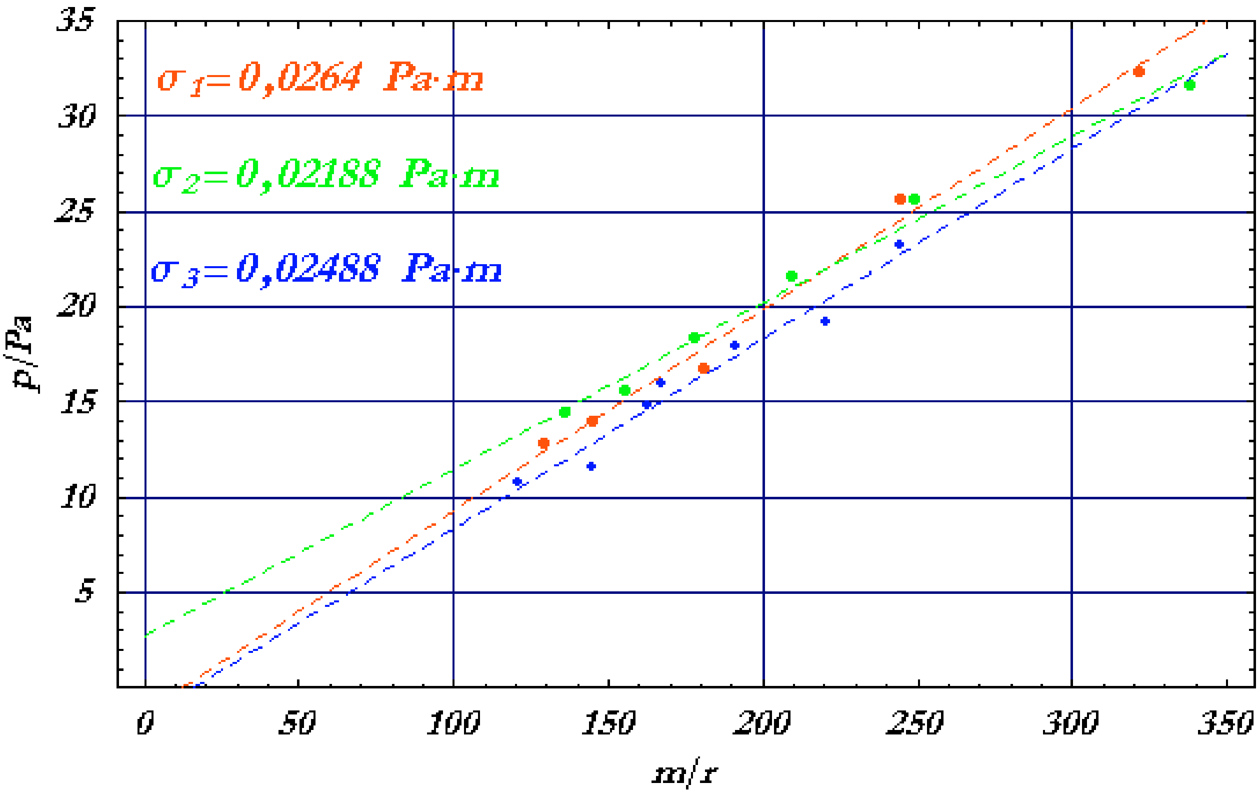
Ergebnis: $\sigma = a'/4 \pm s_{a'}/4$

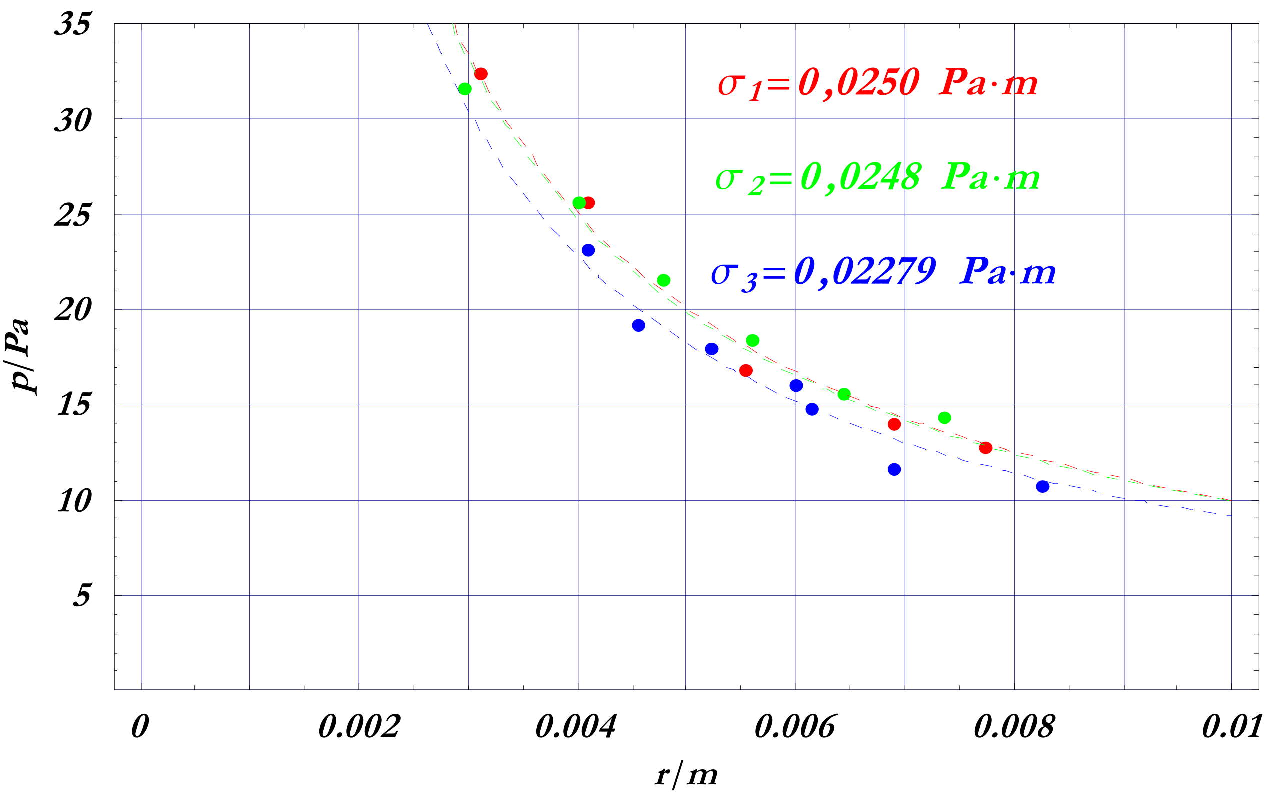
Die Fehlerkreuze ergeben sich aus den Unsicherheiten von p und 1/r.

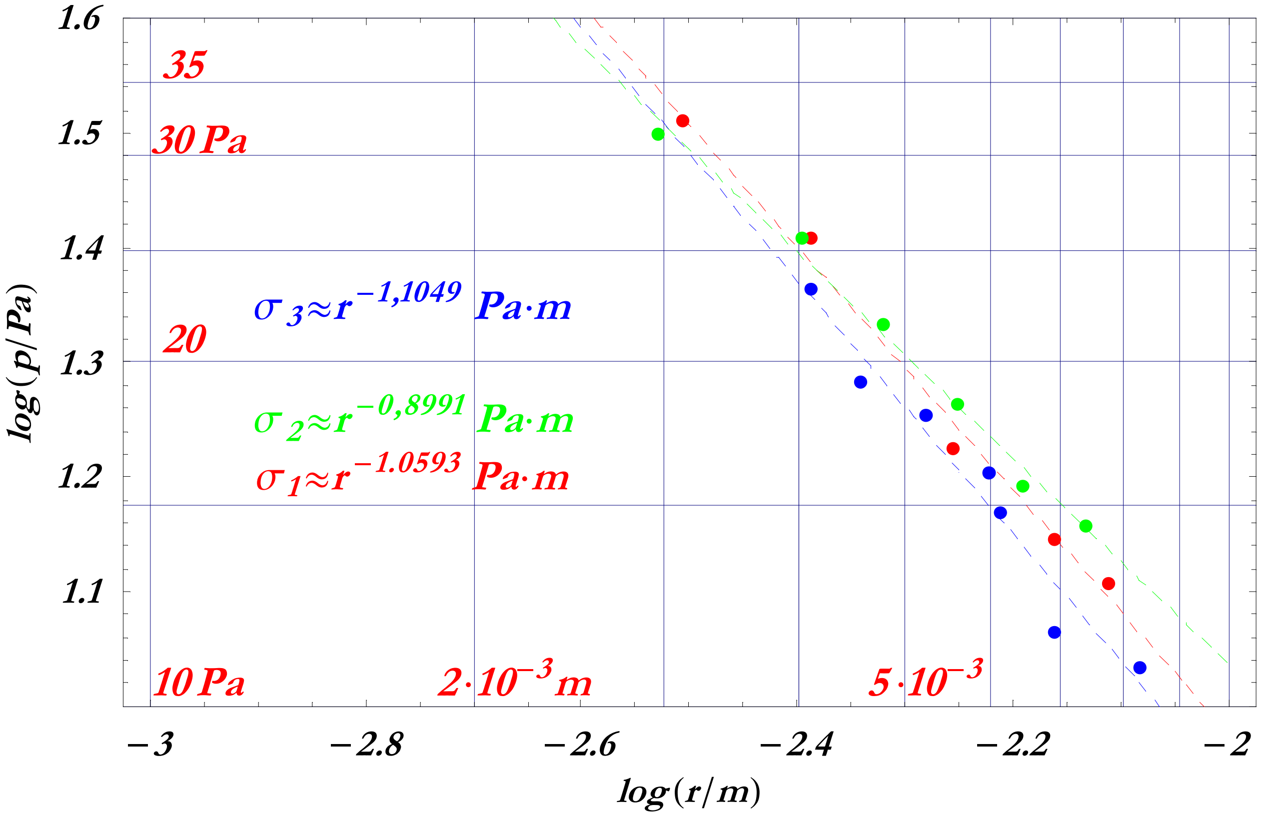
$$Wegen\ p = \frac{\ell[Skt]}{NZ}\ ist\ \frac{s_p}{p} = \frac{s_l}{l}$$

$$und\ r = \frac{D}{2}\cdot\frac{a}{b} \Rightarrow \frac{s_r}{r} = \sqrt{\left(\frac{s_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2}$$

s_p bzw. $s_{(1/r)}$ werden auf Ordinate bzw. Abszisse als Fehlerbalken eingetragen. $s_r/r = s_{(1/r)}/(1/r)$ (Begründung!)
Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Steigung der Ausgleichsgerade und ihre Unsicherheit zu berechnen. Die dazu notwendigen Formeln stehen auf Seite 7 *Versuch 3 Elastizitätsmodul.*

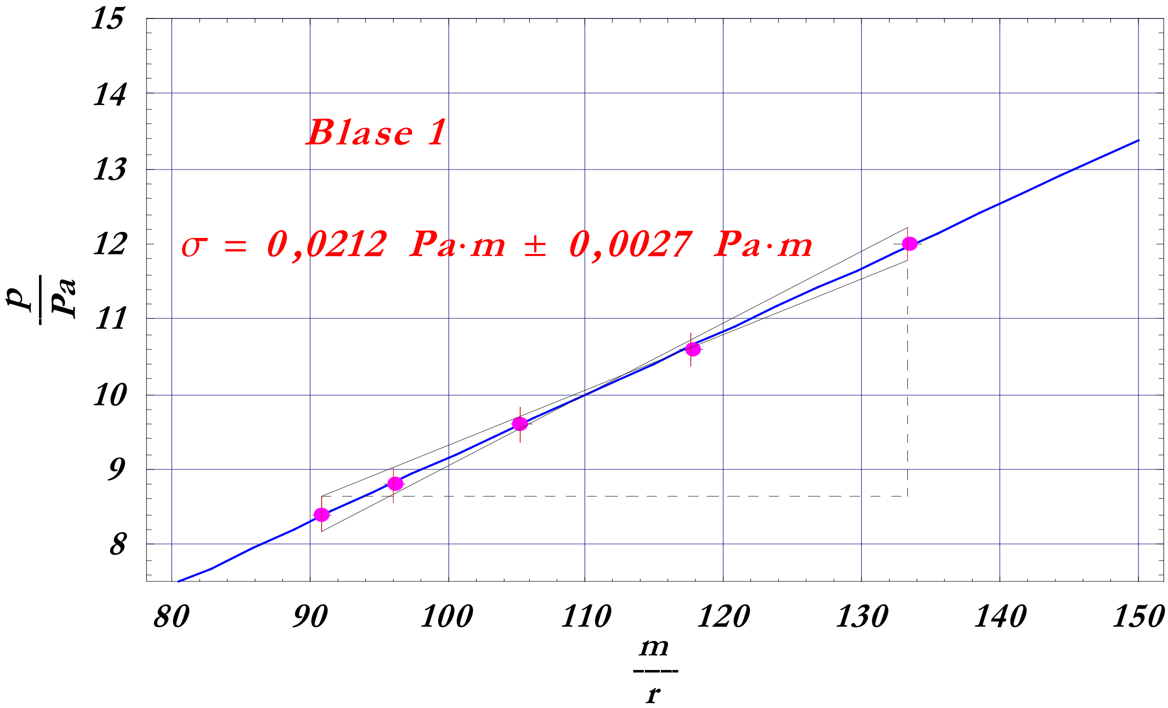





1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
log(p/Pa)
35
30 Pa
20
10 Pa
2·10^−3 m
5·10^−3
σ_3≈r^−1,1049 Pa·m
σ_2≈r^−0,8991 Pa·m
σ_1≈r^−1.0593 Pa·m
−3
−2.8
−2.6
−2.4
−2.2
−2
log(r/m)

Beispiel zur graphischen Bestimmung der Oberflächenspannung:

l/Skt	D/cm	p/Pa	r/cm	$\frac{1}{r}\cdot m$	s_p/Pa	$s_{\frac{1}{r}}\cdot m$
210.0	11.0	8.4	1.10	90.91	0.23	0.63
220.0	10.4	8.8	1.04	96.15	0.23	0.68
240.0	9.5	9.6	0.95	105.26	0.23	0.75
265.0	8.5	10.6	0.85	117.65	0.23	0.86
300.0	7.5	12.0	0.75	133.33	0.23	1.00



$$\sigma = \frac{a'}{4} = \frac{0{,}0848\,Pa\cdot m}{4} = 0{,}0212\,Pa\cdot m$$

$$a'_{\max} = 0{,}0957\,Pa\cdot m;\; a'_{\min} = 0{,}0739\,Pa\cdot m;$$

$$a' = Steigung$$

$$s_\sigma = \frac{s_{a'}}{4} = \frac{\frac{a'_{\max} - a'_{\min}}{2}}{4}\left(Seite\,6\right) = 0{,}0027\,Pa\cdot m$$

Fehlerbalken:

$$p=\frac{l[Skt]}{NZ}\Rightarrow\frac{s_p}{p}=\frac{s_l}{l}\Rightarrow s_p=\frac{s_l}{l}\cdot p=\frac{s_l}{NZ}=\frac{\frac{10}{\sqrt{3}}}{25}=0{,}23\ Pa$$

$$r=\frac{D}{2}\cdot\frac{a}{b}\Rightarrow\frac{s_r}{r}=\sqrt{\left(\frac{s_D}{D}\right)^2+\left(\frac{s_a}{a}\right)^2+\left(\frac{s_b}{b}\right)^2}\ ;\ \frac{s_r}{r}=\frac{s_{\left(\frac{1}{r}\right)}}{\left(\frac{1}{r}\right)}\ (Seite\ 7)$$

$$s_{\left(\frac{1}{r}\right)}=\frac{s_r}{r}\cdot\frac{1}{r}=\sqrt{\left(\frac{s_D}{D}\right)^2+\left(\frac{s_a}{a}\right)^2+\left(\frac{s_b}{b}\right)^2}\cdot\frac{2\cdot b}{D\cdot a}=$$

$$=\sqrt{\left(\frac{\frac{0{,}05}{\sqrt{3}}cm}{D[cm]}\right)^2+\left(\frac{\frac{0{,}05}{\sqrt{3}}mm}{10mm}\right)^2+\left(\frac{\frac{0{,}5}{\sqrt{3}}mm}{b[mm]}\right)^2}\cdot\frac{2\cdot b[mm]}{10mm\cdot D[cm]}$$

$$s_{\left(\frac{1}{r}\right)}\left[\frac{1}{m}\right]=$$

$$\sqrt{\left(\frac{\frac{0{,}05}{\sqrt{3}}cm}{D[cm]}\right)^2+\left(\frac{\frac{0{,}05}{\sqrt{3}}mm}{10mm}\right)^2+\left(\frac{\frac{0{,}5}{\sqrt{3}}mm}{b[mm]}\right)^2}\cdot\frac{2\cdot b[mm]}{10mm\cdot D[cm]\cdot 10^{-2}}$$

$b=50mm\ in\ Tabelle$