M14 Viskosität

08.11.04

① Grundlagen:

Kohäsion: Wechselwirkungskraft zwischen den Molekülen innerhalb eines Stoffes

Adhäsion: Wechselwirkungskräfte zwischen den Molekülen eines Stoffes mit den Molekülen anderer Stoffe an Grenzflächen

Laminare Strömung: Strömt eine reale Flüssigkeit durch ein Rohr, so ist die Strömungsgeschwindigkeit wegen der inneren Reibung im Rohr-Innern größer als in der Nähe der Gefäßwand
Laminar ⇒ benachbarte Flüssigkeitsschichten werden parallel verschoben. Benetzende reale Fl. zeigt ein parabolisches Strömungsprofil

Viskosität η: Zwischen den Flüssigkeitsschichten tritt durch Kohäsion Reibung auf ⇒ η ist ein Maß für die innere Reibung

NEWTONsche Flüssigkeit: Die Viskosität dieser Flüssigkeiten hängt nicht von der Kraft, dem Druck und der Geschw. ab, sondern nur von der Temperatur (je größer T, desto geringer η).

Prinzip von ARCHIMEDES: Der Auftrieb ist gleich dem Gewicht des Flüssigkeitsvolumens, das von einem Körper verdrängt wird

STOKEsche Reibungskraft: Die Reibungskraft F_R ist proportional zur Geschw. v der Kugel (anfangs kurze Beschl., dann konstant)

ideale ↔ reale Flüssigkeiten: In idealen Flüssigkeiten wird die innere Reibung durch Kohäsionskräfte vernachlässigt im Gegensatz zu realen Flüssigkeiten

innere Reibung: In realen Flüssigkeiten verschieben sich Atome od. Moleküle gegeneinander, so dass Nachbarteilchen aufgrund der Kohäsion in ihrer Bewegung behindert werden. Die einzelnen Schichten können sich also nur reibend gegeneinander verschieben
→ innere Reibung

(2) Aufgabenstellung

Es ist die Viskosität von Rhizinusöl als Funktion der Temperatur mit einem HÖPPLER-Viskosität (Kugelfallmethode) zu bestimmen.

(3) Versuchsdurchführung

- η bei 5 verschiedenen Temperaturen zw. Raumtemperatur und 50 °C bestimmen
- Kugel soll zur Durchmischung einmal Messstrecke durchlaufen
- Messung der Fallzeit durch beide Studenten
  → 5 Messungen pro Temperatur
- Temperaturerhöhung in Schritten von 6-8 K, dann jeweils 10 min warten
- Viskosität η berechnen

$$\eta = K \cdot (p_1 - p_2)\, t$$

K = Kugelkonstante
p_1 = Dichte der Kugel
p_2 = " des Rhizinusöl (= 0,96 g/cm³)

und Darstellung als graphische Funktion der Temp. darstellen

- Fehlerdiskussion durchführen

(4.) Versuchsaufbau

Geräte : 1 HÖPPLER-Viskosimeter
2 Stoppuhren
1 Thermostat

(5.) Werte

bei 22°C halbe Fallstrecke:

Messung	1	2	3	4	5	∅
Fallzeit in s	122,~~44~~	119	120	118	118	119,4

bei 29°C halbe Fallstrecke:

Messung	1	2	3	4	5	∅
Fallzeit in s	71	70	72	71	70	70,8

bei 36°C

Messung	1	2	3	4	5	∅
Fallzeit in s	86	86	85	86	85	85,6

bei 43°C

Messung	1	2	3	4	5	∅
Fallzeit in s	55	54	55	54	55	54,6

bei

Messung	1	2	3	4	5	∅
Fallzeit in s	36	36	36	36	35	35,8

8.u. Wi

6. Auswertung

$K = 0{,}646\ \frac{mPa \cdot cm^3}{g}$

$\rho_1 = 8{,}136\ g/cm^3$

$\rho_2 = 0{,}96\ g/cm^3$

$\eta = K(\rho_1 - \rho_2) \cdot t$

η bei 22 °C: $\eta = 0{,}646\ \frac{mPa\,cm^3}{g}\left(8{,}136\ \frac{g}{cm^3} - 0{,}96\ \frac{g}{cm^3}\right) \cdot 238{,}8\,s$

$= 0{,}646\ \frac{mPa\,cm^3}{g}\left(7{,}176\ \frac{g}{cm^3}\right) \cdot 238{,}8\,s$

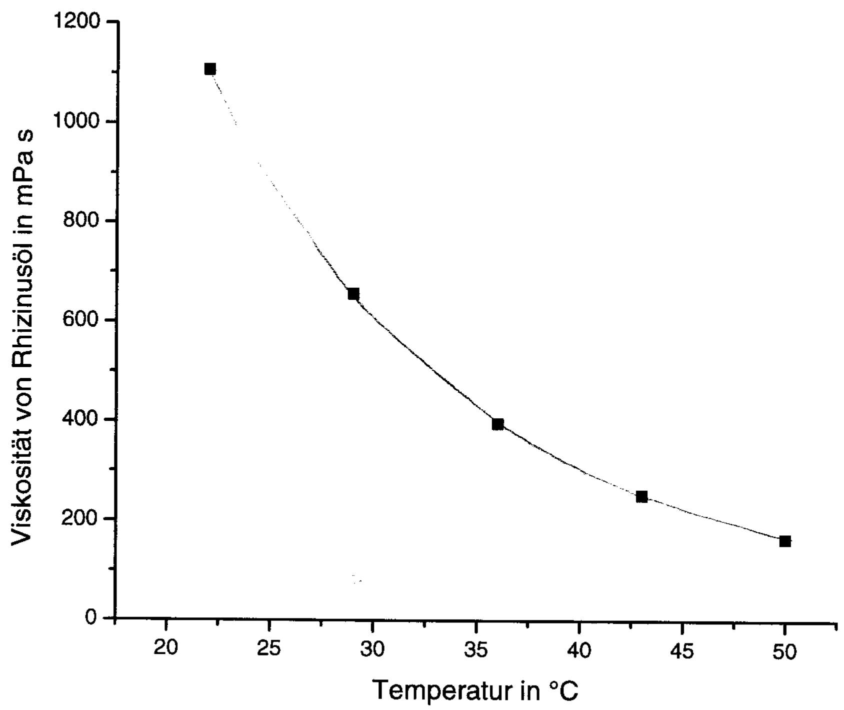
$= \underline{\underline{1107{,}00\ mPa \cdot s}}$

η bei 29 °C: $\eta = \underline{\underline{656{,}41\ mPa \cdot s}}$

η bei 36 °C: $\eta = \underline{\underline{396{,}82\ mPa \cdot s}}$

η bei 43 °C: $\eta = \underline{\underline{253{,}11\ mPa \cdot s}}$

η bei 50 °C: $\eta = \underline{\underline{165{,}96\ mPa \cdot s}}$



Thomas Michel 08.11.04

7. Fehlerdiskussion

$\Delta \bar{t} \approx \pm 1 s$

- durch Behinderung aufgrund von Luftbläßchen in der zu bestimmenden Flüssigkeit könnte die zu ermittelnde Fallzeit der Kugel größer sein, als die Tatsächliche
- evtl. Nichteinhalten der Wartezeit beim Temp. ausgleich
- evtl. Verunreinigungen des Rhizinusöls
- Unregelmäßigkeiten bei der Zeitmessung
  (→ Abweichung bei 1s $\hat{=}$ 0,0046 Pa·s)

15.11. Weichel

M13 Dehnung

15.11.04

① Grundlagen:

Elastizität: Ein Körper ist dann elastisch, wenn er nach einer durch äußere Kräfte hervorgerufenen Gestaltsänderung seine ursprüngliche Gestalt wieder einnimmt, sobald diese Kräfte wegfallen. Elastische Veränderungen können durch Dehnung, Stauchung, Biegung oder Drillung (Torsion) auftreten.

Normalspannung σ: Kraft F steht senkrecht auf Fläche A. Normalspannungen können als Zug- oder Druckspannungen wirksam werden.

Tangentialspannung τ: Kraft F verläuft parallel zur Fläche A. Tangentialspannunge können als Scher- oder Torsionsspannungen wirksam werden.

Dehnung: Relative Längenänderung $\frac{\Delta l}{l_0}$ bei Wirkung einer Zugspannun

HOOKEsches Gesetz: Die elastische Verformung ist der verformenden mechanischen Spannung proportional

Plastizität bei Metallen: Wird die Elastizitätsgrenze überschritten kommt es zu Abweichungen vom HOOKEschen Gesetz → es entsteht eine irreversible Verformung

Plastizität bei biol. Materialen und Polymeren: Wird hier ebenfalls die Elastizitätsgrenze überschritten kommt es bei hohen Spannungen aufgrund des makromolekularen Aufbaus zu Verfestigungen, bedingt durch die Abweichungen vom HOOKEschen Gesetzt

Viskoelastisches Verhalten: Die Dehnung hängt nicht nur von der Spannung, sondern auch von der Zeit ab. Im Materialinnern treten geschwindigkeitsabhängige Reibungskräfte auf. Die maximale Dehnung wird bei Wirkung einer konstanten Spannung exponentiell erreicht.

Elastizitätsmodul E: Ist eine Materialgröße, sein Kehrwert stellt den Proportionalitätsfaktor zw. rel. Dehnung $\Delta l / l_0$ eines Stabes u. der anliegenden mechanischen Spannung F/A dar: $\varepsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma$

② Aufgabenstellung

Es ist der Elastizitätsmodul E von zwei Metallen und von Polyamid (Perlon) durch Dehnungsmessungen zu bestimmen.

③ Versuchsdurchführung

Metalldrähte: Zuvermessender Metalldraht wird eingehängt u. mit einem Massestück von 500 g vorbelastet. Stellung der Messuhr entspricht $\Delta l = 0$. Anfangslänge l_0 wird mit einem Maßband bestimmt. Der Durchmesser des Drahtes wird an 5 verschiedenen Stellen mit der Mikrometerschraube bestimmt. Nun wird der Draht mit versch. Massestücken (200g - 2000g in 200g-Schritten) belastet und die zugehörigen Längenänderungen Δl gemessen.

Perlonfaden: Da die Längenänderung des Perlonfadens wesentlich größer ist als die der Metalldrähte, wird sie mit dem Bandmaß gemessen. Der Perlonfaden wird eingehängt und mit 100g vorbelastet. Sein Durchmesser wird an 5 versch. Stellen mit der Mikrometerschraube und die Länge l_0 mit dem Bandmaß bestimmt. Eimer mit Schaumstofffüllung muss unter der Apparatur stehen, wenn Massestücke angehängt werden. Der Abstand a zwischen der Messuhrhalterung u. der Messmarke ist mit einem Lineal zu messen → Abstand entspricht $\Delta l = 0$. Faden wird schrittweise belastet (400g bis 2000g in 400g-Schritten) u. nach 5 min. der Abstand a bestimmt

Vorgesehene Versuchsauswertung

- Aus den Mittelwerten der Drahtdurchmesser sind die Querschnittsflächen zu berechnen.

$$\text{Querschnittsfläche } A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad [m^2]$$

- Im Falle des Perlonfadens sind aus den gemessenen Abständen a_x die Längenänderungen Δl zu berechnen. a_0 = Abstand vor der Messung

$$\Delta l = a_x - a_0$$

- Für jeden Messschritt werden die anliegende Zugspannung σ

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

$\downarrow$

Nebenrechnung: $F = m \cdot g$ $\quad g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$

F in N

und die Dehnung ε berechnet.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

- Berechnung des Elastizitätsmodul E:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

- Für jedes Material wird die Zugspannung σ als Funktion der Dehnung des ε grafisch dargestellt.
- Der Elastizitätsmodul E ist als Kurvenanstieg aus dem Diagramm zu ermitteln

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

- Mit Hilfe der ausliegenden Tabellen ist aus den ermittelten Werten auf das Material der Metalldrähte zu schließen.

Fehlerbetrachtung

- mögliche Messfehler benennen und deren Einfluss abschätzen
- Angabe des statistischen Fehlers aus der linearen Regression für den Elastizitätsmodul

4. Versuchsaufbau

Geräte:
- Wandhalterung mit Messuhr
- 2 Metalldrähte und Perlonfaden mit Haken und Messmarke
- Bandmaß
- Mikrometerschraube
- Massestücke
- mit Schaumstoff gefüllter Eimer

5. Messdaten

Metalldraht 1

$l_0 = 1{,}048\ \text{m}$
$= 1048\ \text{mm}$

Stellung der Messuhr: mm

Durchmesser des Drahtes:

	1	2	3	4	5
d in mm	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

Mittelwert: $\bar{d} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{5} d_i$

$= 0{,}41\ \text{mm}$
$= 0{,}00041\ \text{m}$

Querschnittsfläche: $A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$= 1{,}32 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$

m in g	F in N	Δl in mm	ε	σ in $\frac{N}{m^2}$
200	1,96	0,08	$7{,}36 \cdot 10^{-5}$	$1{,}48 \cdot 10^{7}$
400	3,92	0,17	$1{,}62 \cdot 10^{-4}$	$2{,}97 \cdot 10^{7}$
600	5,89	0,25	$2{,}39 \cdot 10^{-4}$	$4{,}46 \cdot 10^{7}$
800	7,85	0,34	$3{,}24 \cdot 10^{-4}$	$5{,}95 \cdot 10^{7}$
1000	9,81	0,42	$4{,}01 \cdot 10^{-4}$	$7{,}43 \cdot 10^{7}$
1200	11,77	0,50	$4{,}77 \cdot 10^{-4}$	$8{,}92 \cdot 10^{7}$
1400	13,73	0,58	$5{,}53 \cdot 10^{-4}$	$10{,}40 \cdot 10^{7}$
1600	15,70	0,66	$6{,}30 \cdot 10^{-4}$	$11{,}89 \cdot 10^{7}$
1800	17,66	0,74	$7{,}06 \cdot 10^{-4}$	$13{,}38 \cdot 10^{7}$
2000	19,62	0,81	$7{,}73 \cdot 10^{-4}$	$14{,}86 \cdot 10^{7}$

Berechnung für $m = 200g$: $F = 0{,}2\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$

$$= 1{,}96\ N$$

$$\sigma = \frac{1{,}96\ N}{1{,}32 \cdot 10^{-7}\ m^2}$$

$$= \underline{\underline{1{,}48 \times 10^{7}\ \frac{N}{m^2}}}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$= \frac{0{,}08\ mm}{1048\ mm}$$

$$= \underline{\underline{7{,}63 \cdot 10^{-5}}}$$

Metalldraht 2

$l_0 = 1{,}045$ m
$= 1045$ mm

Stellung der Messuhr : mm

Durchmesser des Drahtes:

	1	2	3	4	5
d in mm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

$\bar{d} = 0{,}3$ mm
$= 0{,}0003$ m

$A = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2$
$= 7{,}06 \cdot 10^{-8}\ m^2$

m in g	F in N	Δl in mm	ε	σ in $\frac{N}{m^2}$
200	1,96	0,26	$2{,}49 \cdot 10^{-4}$	$2{,}78 \cdot 10^{7}$
400	3,92	0,58	$5{,}55 \cdot 10^{-4}$	$5{,}55 \cdot 10^{7}$
600	5,89	0,87	$8{,}32 \cdot 10^{-4}$	$8{,}34 \cdot 10^{7}$
800	7,85	1,18	$11{,}29 \cdot 10^{-4}$	$11{,}12 \cdot 10^{7}$
1000	9,81	1,44	$13{,}78 \cdot 10^{-4}$	$13{,}90 \cdot 10^{7}$
1200	11,77	1,75	$16{,}75 \cdot 10^{-4}$	$16{,}67 \cdot 10^{7}$
1400	13,73	2,03	$19{,}43 \cdot 10^{-4}$	$19{,}48 \cdot 10^{7}$
1600	15,70	2,33	$22{,}30 \cdot 10^{-4}$	$22{,}24 \cdot 10^{7}$
1800	17,66	2,61	$24{,}98 \cdot 10^{-4}$	$25{,}01 \cdot 10^{7}$
2000	19,62	2,93	$28{,}04 \cdot 10^{-4}$	$27{,}79 \cdot 10^{7}$

Perlonfaden

a_0 = Abstand a in vorbelastetem Zustand
$\hat{=}$
$l_0 = 4{,}7\ cm + 100{,}3\ cm$
$= 105\ cm$

Durchmesser des Perlonfadens:

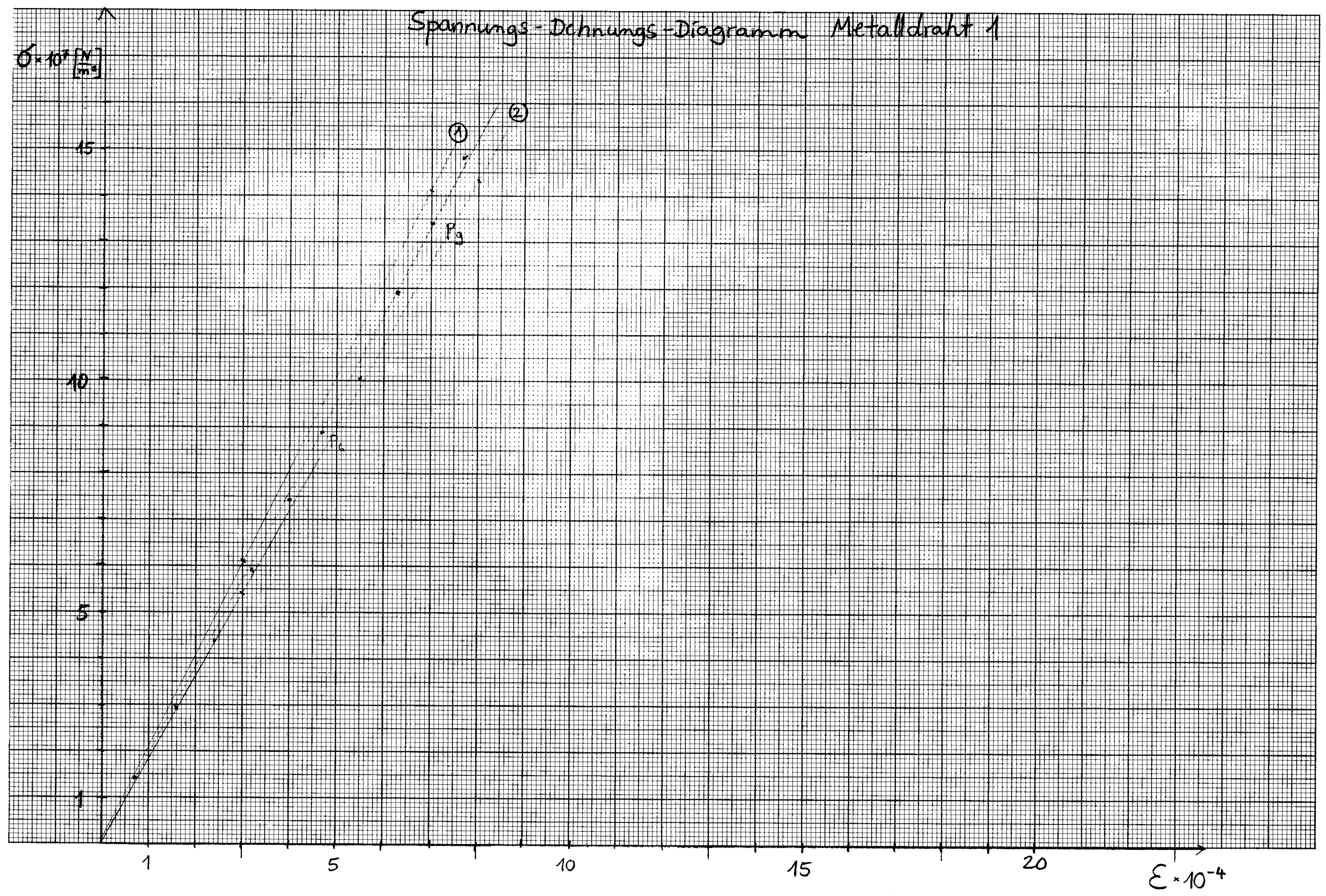
	1	2	3	4	5
d in mm	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

$\bar{d} = 0{,}41\ mm$
$= 0{,}00041\ m$

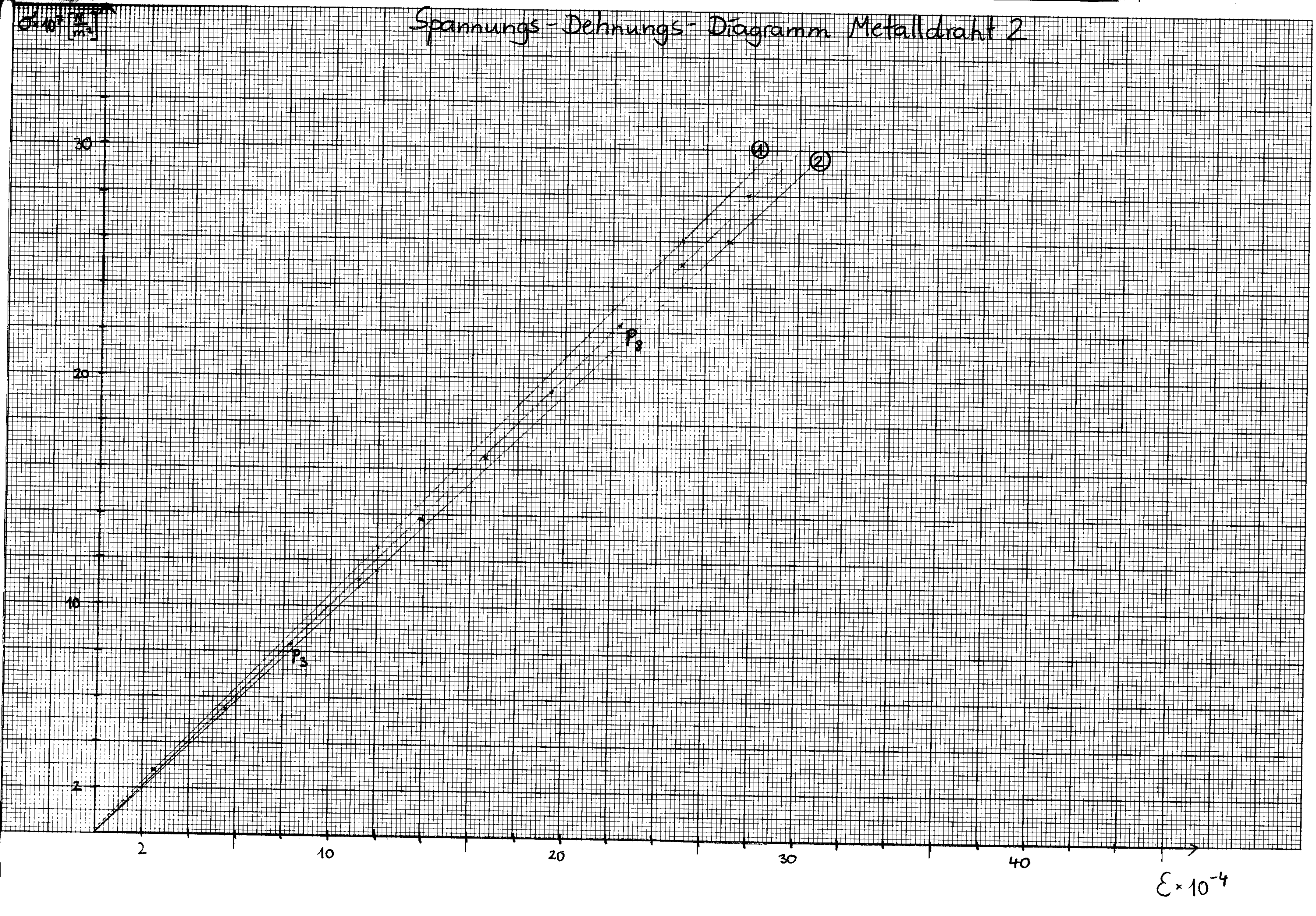
$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
$= 1{,}32 \cdot 10^{-7}\ m^2$

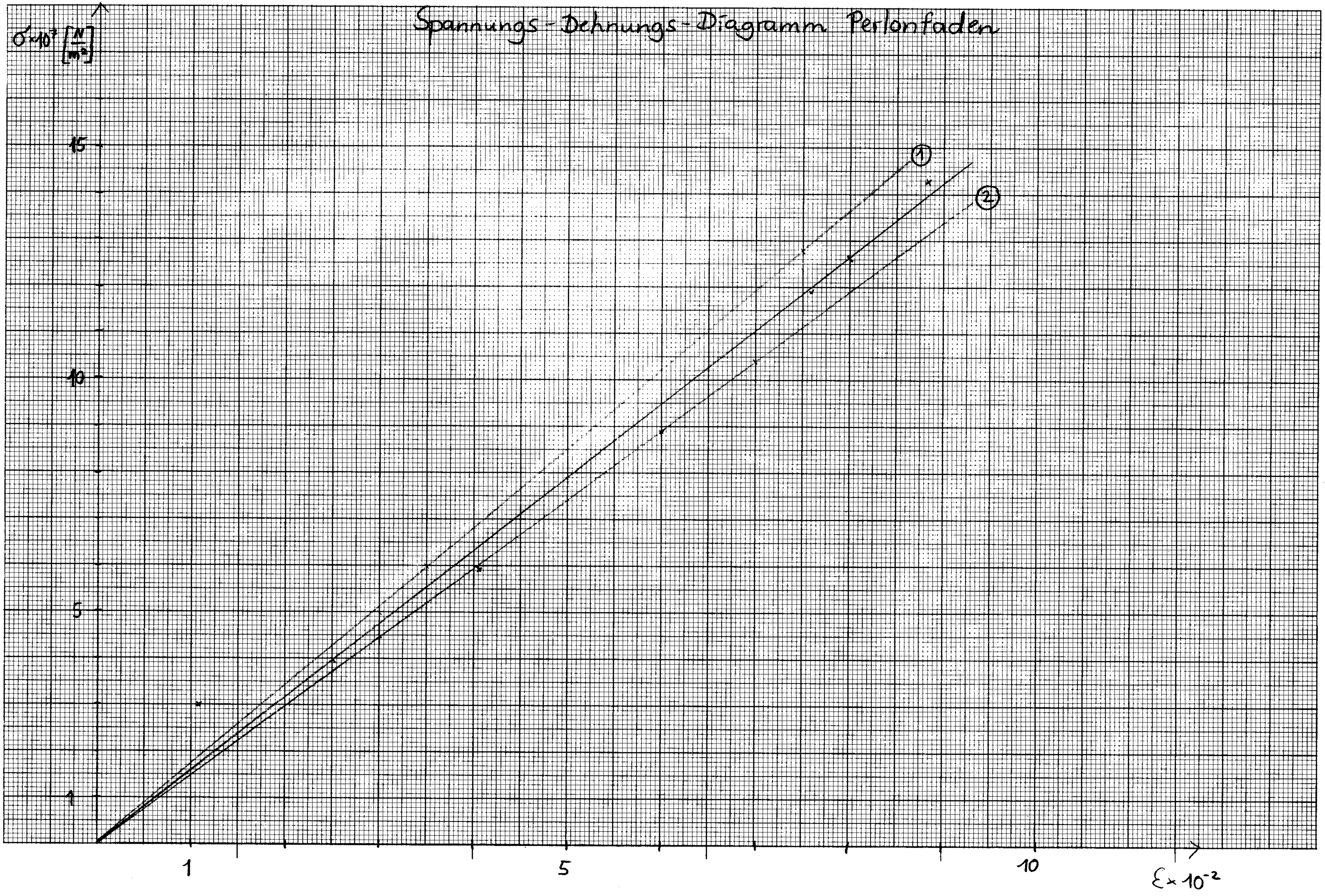
m in g	F in N	a_x in cm	Δl in cm	ε	σ in $\frac{N}{m^2}$
400	3,92		1,2	$1{,}14 \times 10^{-2}$	$2{,}97 \times 10^{7}$
800	7,85		4,3	$4{,}10 \times 10^{-2}$	$5{,}95 \times 10^{7}$
1200	11,77		6,3	6×10^{-2}	$8{,}92 \times 10^{7}$
1600	15,70		8,0	$7{,}62 \times 10^{-2}$	$11{,}89 \times 10^{7}$
2000	19,62		9,3	$8{,}86 \times 10^{-2}$	$14{,}86 \times 10^{7}$

15.11. Wi


Spannungs-Dehnungs-Diagramm Metalldraht 1
σ × 10⁷ [N/m²]
15
10
5
1
1
5
10
15
20
ε × 10⁻⁴
1
2
Pg
Pe

Spannungs-Dehnungs-Diagramm Metalldraht 2





Spannungs-Dehnungs-Diagramm Perlonfaden
$\sigma \times 10^7 \left[\frac{N}{m^2}\right]$
15
10
5
1
1
5
10
$\varepsilon \times 10^{-2}$
1
2

Kurvenanstiegsberechnung für die Metalldrähte

E = Kurvenanstieg

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Metalldraht 1

Metalldraht 2

Je 2 Punkte, die auf der Geraden liegen

Metalldraht 1

P_6 $\sigma_1 = 8{,}9 \cdot 10^7\ N/m^2$

$\varepsilon_1 = 4{,}7 \cdot 10^{-4}$

P_9 $\sigma_2 = 13{,}4 \cdot 10^7\ N/m^2$

$\varepsilon_2 = 7{,}0 \cdot 10^{-4}$

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

$$= \frac{13{,}4 \cdot 10^7\ N/m^2 - 8{,}9 \cdot 10^7\ N/m^2}{7{,}0 \cdot 10^{-4} - 4{,}7 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{4{,}5 \cdot 10^7}{2{,}3 \cdot 10^{-4}}\ N/m^2$$

$$= 1{,}957 \cdot 10^{11}\ N/m^2$$

$$= \underline{\underline{195{,}7\ GPa}}$$

$\Rightarrow$ Stahl

Metalldraht 2

P_3 $\sigma_1 = 8{,}3 \cdot 10^7\ N/m^2$

ε_1 $\varepsilon_1 = 8{,}3 \cdot 10^{-4}$

P_8 $\sigma_2 = 22{,}2 \cdot 10^7\ N/m^2$

ε_2 $\varepsilon_2 = 22{,}3 \cdot 10^{-4}$

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

$$= \frac{22{,}2 \cdot 10^7\ N/m^2 - 8{,}3 \cdot 10^7\ N/m^2}{22{,}3 \cdot 10^{-4} - 8{,}3 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{1{,}39 \cdot 10^8}{1{,}4 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 0{,}992 \cdot 10^{11}\ N/m^2$$

$$= \underline{\underline{99{,}3\ GPa}}$$

$\Rightarrow$ Messing / Bronze

Perlonfaden

$$E = \frac{12{,}6 \cdot 10^7\ N/m^2 - 4 \cdot 10^7\ N/m^2}{8 \cdot 10^{-2} - 2{,}5 \cdot 10^{-2}}$$

$$= \underline{\underline{1{,}53\ GPa}}$$

Statistischer Fehler aus der linearen Regression

Für Metalldraht 1:

1.

$$E = \frac{14{,}1 \cdot 10^7\,N/m^2 - 6{,}1 \cdot 10^7\,N/m^2}{7 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 200 \cdot 10^9\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{200\ GPa}}$$

2.

$$E = \frac{14{,}3 \cdot 10^7\,N/m^2 - 6{,}1 \cdot 10^7\,N/m^2}{8 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 1{,}64 \cdot 10^{11}\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{164\ GPa}}$$

$\Delta y/y = 9{,}20\,\%$

$y = (195{,}7 \pm 18)\ GPa$

Für Metalldraht 2:

1.

$$E = \frac{26 \cdot 10^7\,N/m^2 - 12{,}6 \cdot 10^7\,N/m^2}{25 \cdot 10^{-4} - 12 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 103 \cdot 10^9\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{103\ GPa}}$$

2.

$$E = \frac{26 \cdot 10^7\,N/m^2 - 11{,}6 \cdot 10^7\,N/m^2}{27 \cdot 10^{-4} - 12 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 96 \cdot 10^9\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{96\ GPa}}$$

$\Delta y/y = 3{,}52\,\%$

$y = (99{,}3 \pm 3{,}5)\ GPa$

Für den Perlonfaden:

1.

$$E = \frac{12{,}8 \cdot 10^7\,N/m^2 - 6 \cdot 10^7\,N/m^2}{7{,}5 \cdot 10^{-2} - 3{,}5 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 1{,}70 \cdot 10^9\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{1{,}70\ GPa}}$$

2.

$$E = \frac{10{,}4 \cdot 10^7\,N/m^2 - 4{,}5 \cdot 10^7\,N/m^2}{7 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 1{,}48 \cdot 10^9\,N/m^2$$

$$= \underline{\underline{1{,}48\ GPa}}$$

$\Delta y/y = 7{,}19\,\%$ ☺ Lob

$y = (1{,}53 \pm 0{,}11)\ GPa$

22.11. Weichel

M 19 Ultraschall-Abbildungsverfahren

22.11.04

1 Grundlagen

Die Ausbreitung einer Schwingung wird Welle genannt. Dabei findet ein Transport von Energie, nicht aber Materie statt. Die Ausbreitung von Wellen ist ein räumlich u. zeitlich periodischer Vorgang

Wellenlänge: ist der Abstand zweier aufeinanderfolgender Punkte einer Welle, die sich im gleichen Schwingungszustand (gleiche Phase) befinden:

$\lambda = \frac{c}{f}$ c: Phasengeschwindigkeit
f: Frequenz der Schallwelle

Die Phasengeschw. ist die Geschwindigkeit mit der sich eine Welle längs der Ausbreitungsgeschw. fortpflanzt:

$c = \frac{\lambda}{T}$ T: Kehrwert d. Frequenz, Periodendauer

Resonanz u. Dämpfung: Resonanz ist die erzwungene Schwingung, die zustande kommt, wenn auf ein schwingungsfähiges physikalisches System eine sich periodisch ändernde äußere Kraft oder sich periodisch änderndes elektrisches Feld einwirkt, deren bzw. dessen Frequenzen gleich oder nahezu gleich einer der Eigenfrequenzen des schwingungsfähigen Systems sind.

Dämpfung: Aufgrund der Reibung geht bei jeder Schwingung ein Teil der Schwingungsenergie verloren, so dass die Amplitude in Form einer Exponentialfunktion im Laufe der Zeit abnimmt (→ Stärke der Dämpfung hängt von Versuchsbedgn., Material, Medium etc. ab)

Die Dämpfung kann mit Hilfe des Schwächungsgesetzes errechnet werden:

$Y = Y_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$ Y: Schwingungsamplitude Y_0: Amplitude bei $x=0$
x: Ausbreitungsrichtung μ: Schwächungskoeffizient

Das A-Bild-Verfahren: Schallstärke der reflektierten Ultraschallwelle ist als vertikale Auslenkung auf dem Bildschirm dargestellt in Abhängigkeit von der Laufzeit, sprich Eindringtiefe.

Zweck: Ortung von Organen u. Gewebsschichten

$l = \frac{c \cdot t}{2}$ c: Schallgeschwindigkeit
t: Laufzeit d. akustischen Impulses
l: Entfernung zw. Wandler u. reflektierender Struktur

B-Bild-Verfahren: Es liefert eine zweidimensionale Hell-Dunkel-Darstellung. Ultraschall erscheint als Funktion der Laufzeit auf dem Bildschirm. Helligkeit der erscheinenden Punkte ist der Schallstärke proportional. Anwendung: Ortung u. Beschreibung der Struktur von Organen u. Schichten.

Doppler-Verfahren: Bewegen sich Sender u. Empfänger relativ zueinander, so unterscheiden sich die Frequenzen von emittierter u. empfangener Welle. Dieser Doppler-Effekt tritt auch dann auf, wenn ortsfeste Sender u. Empfänger die von einer sich bewegenden Grenzfläche reflektierten Welle messen. Anwendung: Lokalisation von Gefäßoberflächen, Bewegungsmessung von Herzklappen- u. Wänden.

Impuls-Echo-Verfahren: Von einem Schwingquarz werden Impulse abgegeben. Diese treffen auf ein Medium und werden zum Teil reflektiert. Beim erneuten Auftreffen auf den Ultraschallwandler bewirken sie eine geringe Deformation des Wandlers, die als elektrische Spannung (Echo) registriert wird.

2. Aufgabenstellung:

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit u. der Wellenlänge von Longitudinalwellen in Polyethylen (PE), Berechnung d. Elastizitätsmoduls von PE.
Bestimmung der Anzahl und Lage von Bohrlöchern in einem PE-Körper, Anfertigung einer Lageskizze.

3. Versuchsaufbau:

- Ultraschallgerät in PC integriert
- 2 Schallköpfe (1 MHz; 2 MHz)
- PE-Körper mit Fehlstellen
- Messschieber

4. Versuchsdurchführung:

- Schallköpfe werden an den PC angeschlossen
- Ankopplung des Schallwandlers an den PE-Körper mittels Wasser

Bestimmung der Werte zur Berechnung d. Schallgeschw.

a) Messung der Dicke l des PE-Körpers mittels Messschieber

$l_1 = 70{,}00\ mm = 0{,}07\ m \qquad l_2 = 90{,}00\ mm = 0{,}09\ m$

b) Zeitlichen Abstand t zwischen dem Beginn des Sende-Echos und dem Beginn des End-Echos bestimmen:

$t_1 = 65{,}4\ \mu s = 0{,}0000654\ s \qquad t_2 = \cancel{90{,}5}\ \mu s = \cancel{0{,}0000905}$
$\qquad\qquad 84{,}0\ \mu s = 0{,}000084\ s$

c) Bestimmung der Schallgeschwindigkeit:

$$c_1 = \frac{2 \cdot l}{t} = \frac{2 \cdot 0{,}07\ m}{6{,}54 \cdot 10^{-5}\ s} = \underline{\underline{2140{,}67\ \frac{m}{s}}} \qquad c_2 = \underline{\underline{2142{,}86\ \frac{m}{s}}}$$

$$\bar{c} = 2141{,}77\ \frac{m}{s}$$

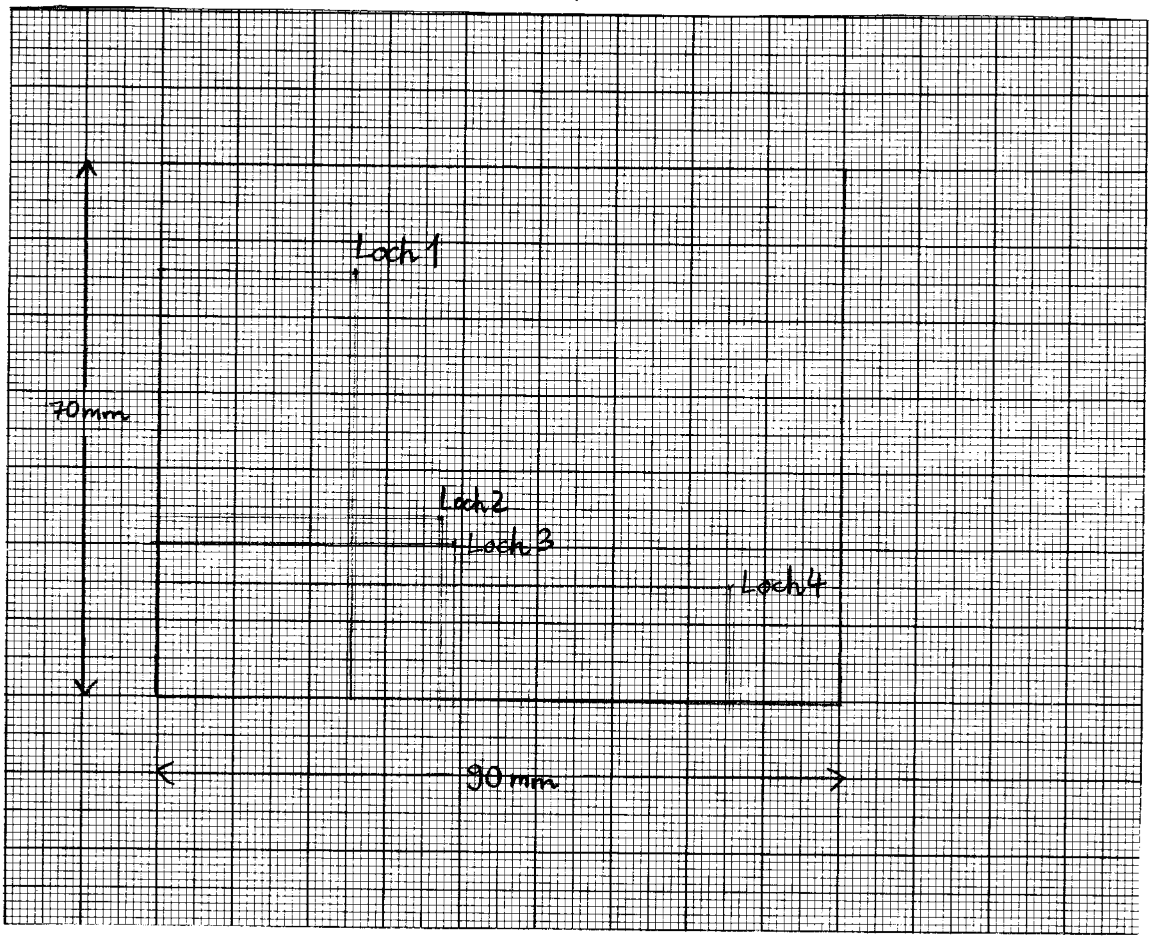
Untersuchung des PE-Körpers mit beiden Schallköpfen auf Fehlstellen und deren Struktur

- im Menüpunkt „Einstellungen" berechnete Schallgeschw. c eintragen
- x-Achse wird von Laufzeit auf Abstand umgestellt (→ Button „Tiefe")
- die Tiefe des Rückwandechos (End-Echos) muss gleich der gemessenen Dichte l des PE-Körpers sein
- mit LAV (Laufzeit-Abhängige-Verstärkung), Sendeleistung u. Empfangsverstärkung sind folgende Effekte auszugleichen:
  - das gewünschte Echo darf nicht vom Sende-Echo überdeckt sein
  - Ausgleichen der Schwächung
  - Keine Übersteuerung des Echosignals

- sind die Bohrlöcher gefunden → auf B-Bild-Modus umschalten
  → dadurch schneller Überblick über die Lage der Löcher
- einstellen von: - ungefähre Größe d. Körpers
  - Anfangs- u. Endwert der Farbskala
- Start/Stop-Button drücken
- Schallkopf langsam über den Körper führen
- B-Bild ausdrucken
- Lage d. Löcher durch das A-Bild ermitteln
- Bestimmung des Abstandes von der Oberfläche
- PE-Korper um 90° drehen
- Messungen wiederholen
- Strukturen auch mit 2 MHz-Schallkopf untersuchen → besseres Auflösungsvermögen

Loch	1 MHz Koordinate 1(x) mm	1 MHz Koordinate 2(y) mm	2 MHz Koordinate 1(x) mm	2 MHz Koordinate 2(y) mm
1	25,8	56,2	25,8	56,7
2	36,9	23,7	37,2	23,1
3	39,2	20,7	39,3	21,0
4	75,2	15,0	75,1	15,0

Lageskizze



5. Auswertung

Berechnungen:

a) Schallgeschwindigkeit (s. 4c)):

$$c = 2141{,}77\ \frac{m}{s}$$

b) Wellenlänge λ für Wandler 1 (1 MHz) und Wandler 2 (2 MHz):

$$\lambda_1 = \frac{c}{1\ \text{MHz}} = \frac{2141{,}77\ m/s}{10^6\ 1/s} = \underline{2{,}14 \cdot 10^{-3}\ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{2\ \text{MHz}} = \frac{2141{,}77\ m/s}{2 \cdot 10^6\ 1/s} = \underline{1{,}07 \cdot 10^{-3}\ m}$$

c) Berechnung des Elastizitätmoduls:

$$v = 0{,}45\ ;\ \rho = 0{,}932\ g/cm^3 = 932\ kg/m^3$$

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-v}{(1+v)(1-2v)}}$$

$$c_L^2 = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-v}{(1+v)(1-2v)}$$

$$E = \frac{c_L^2 \cdot \rho \cdot (1+v)(1-2v)}{1-v}$$

$$= \frac{c_L^2 \cdot 932\ kg \cdot 1{,}45 \cdot 0{,}1}{m^3 \cdot 0{,}55}$$

$$= \frac{(2141{,}77\frac{m}{s})^2 \cdot 135{,}14\ kg}{0{,}55\ m^3}$$

$$= 1{,}127 \cdot 10^9\ Pa$$

$$= \underline{\underline{1{,}1\ GPa}}$$

6. Fehlerbetrachtung

Folgende Fehler sind zu beachten:

1. Mit dem Messschieber können die Werte nur bis zu einem Wert von 0,05 mm genau abgelesen werden

   $\Delta l = \pm 0{,}05\,mm$

   → daraus folgt, dass die weitere Berechnung der Schallgeschwindigkeit mit Fehlern behaftet ist

2. Meßunsicherheit bei festlegen der Laufzeit t

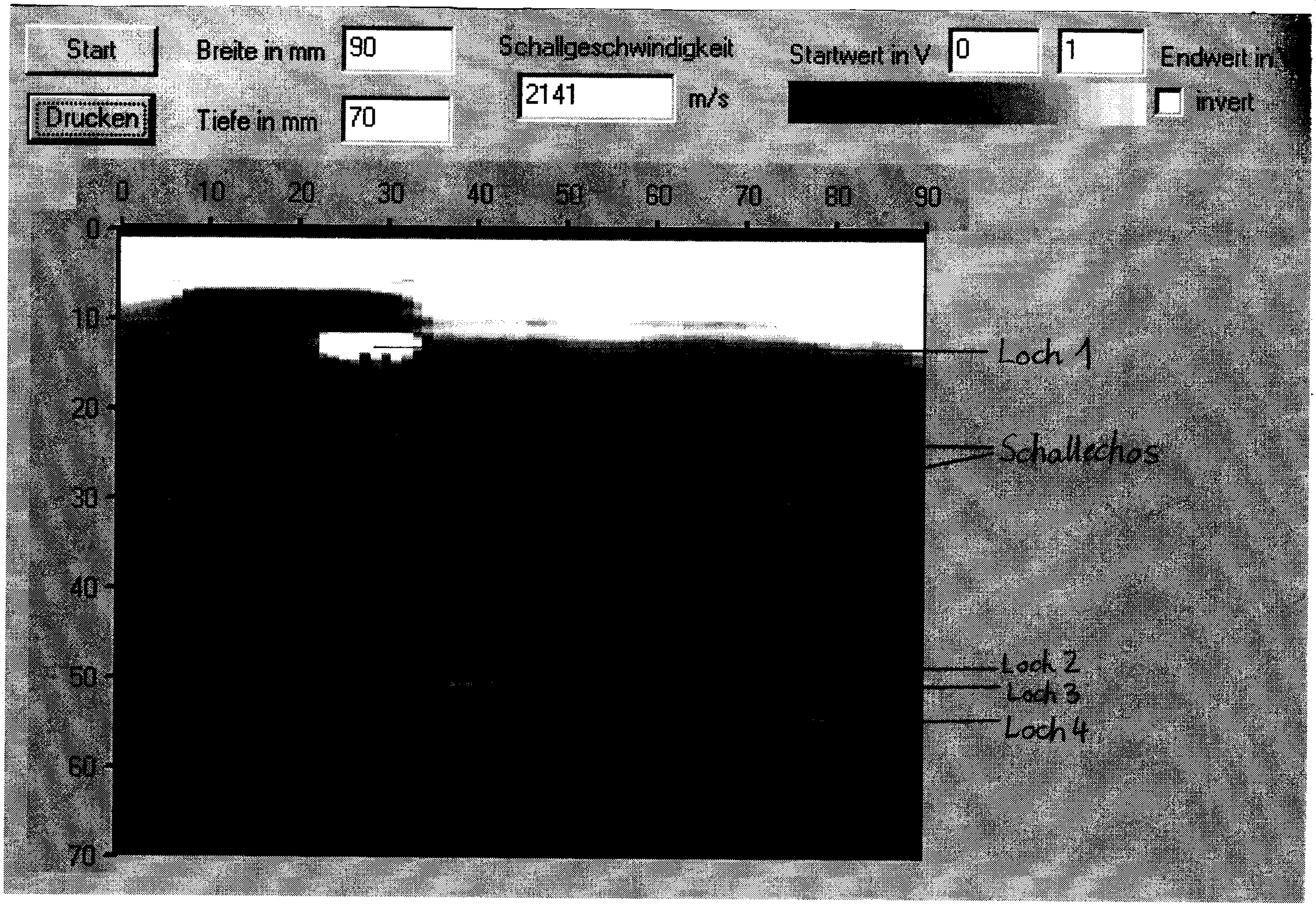
   $\Delta t = \pm 1\,\mu s$

   → durch Ungenauigkeit des Meßergebnisses setzt sich der Fehler über die Berechnung der Schallgeschw. c, sowie über die Berechnung der Wellenlänge λ und Elastizitätsmodul fort

3. Geringste Meßunsicherheit, die sich aus dem Mittelwert der berechneten Schallgeschwindigkeiten ergibt (Standardabweichung)

   $\Delta c = \pm 1\,\frac{m}{s}$

4. Auftreten von Schallechos (s. Loch 1) durch erneute Reflektion an der selben Fehlstelle.


Start
Drucken
Breite in mm
90
Tiefe in mm
70
Schallgeschwindigkeit
2141
m/s
Startwert in V
0
1
Endwert in
invert
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
0 10 20 30 40 50 60 70
Loch 1
Schallechos
Loch 2
Loch 3
Loch 4

12.11.04