

S 12 Ultrahallwellen und Debye-Secans

Verfasser
Michael Kopp
(Phy, BSC)

Gruppe

4-006

Mitarbeiter
Paul Marcol
(Phy, BSC)

Datum
19.11.09

Assistent
Julian Dietrich

Aufgabenstellung ON

Wir erzeugen mit Ultrahall eine schräge Welle in Flüssigkeiten und nutzen diese als optisches Gitter, auf den Beugungsbildern wird Laserlicht bestimmt um die Phasengeschw. der Ultrahallwelle in d. Flüssigkeit. ✓

Grundlagen (X)

Löst man eine Membran über Wasser (oder allg. Flüssig.) an, so werden Flüssigkeitsteilchen in Bewegung versetzt und so in Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen pflanzen sich in der Flüssigkeit in Form von Wellen fort.

Das was „Welle“ bedeutet hier, das die Flüssigkeitsteilchen periodisch um ihre „normale“ Position schwingen und die Schwing. benachbarte Teilchen eine feste Phasendiff. aufweisen.

Verdichtungen -
Unterdurchungen

Diese Welle - eine Longitudinalwelle ✓ - kann an festen Objekten reflektiert werden. Trifft eine Welle senkrecht auf eine gerade Oberfläche, wird sie nicht selbst zurückgeworfen und diese Reflexion interferiert mit der Welle. Bei einer best. Länge Welche? zw. Reflektor und Abstrahlung bildet sich eine schiefe Welle,

die nicht mehr fortwährend schwingt: Die Fl. teilchen haben jetzt die reelle mass. Amplitüde bei ihrer Schwingung in die Ausgangslage; so wie es mit Stellen, an denen die Fl. steht ruht, und solche, wo die Schwingung maximal ist! ✓

In zwei stetig bewegbaren Stellen maximaler Schwingung unterscheidet sich der Zeitbedingungsindex w. z. t. maximal, bei zwei unidirekt bewegbaren ist er gleich. ✓ Zusammenhang zur Schalldichte?

Bestrafft man die Nahende Welle mit Laservib., so wirken diese Stellen verschieden Brechungsindizes wie die Sägezähne / Schlitze beim Optischen Gitter: Es ergibt sich ein Interferenzbild abhängig von der „Gitterkonstante“, die hier mit der Schallwellen-Wellenlänge übereinstimmt. Für den Interferenzbild best. man also die Wellenlänge und mit dieser und der bekannten Frequenz der Schallwelle die Phasengeschw. w. Schallwellen in Flüssigkeit.

Bewegung

Fragen (X) ✅

(1) $c = \lambda \cdot v$ ✓

c: Phasen „Schall“ geschw., λ : Wellenlänge, v: Frequenz

(2) Lang. Schwingendsw.:

Fest: $c^2 = \frac{E(1-\nu)}{\rho(1-\nu-\nu^2)}$

✓ E: Elastizitätsmodul
ρ: Dichte
ν: Dauesszahl $\nu = \frac{\text{ad}}{\text{el}}$

$$\text{Flüssig: } c_{\text{fl.}} = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad \checkmark$$

K: Kompressibilität

$$\text{Gasform: } c_{\text{gas}} = \sqrt{K \frac{P}{\rho}} = \sqrt{K \frac{RT}{M}}$$

ideal Gas

$$\text{adiabaten Exp.} = \frac{c_p}{c_v}$$

fz: Kompressibilität
p: Druck
R: Mol. Gaskonst
T: abs. Temp
M: Molare Masse

(3) Bei einer stehende Welle liest

jedes Teilchen eine harmonische Schwingung ab. Die Amplituden (also max. Abw.) müssen dabei mit vom Ort ab; nahe Teilchen

schwingen maximal, andere geringt. ✓

Stehende Wellen entstehen, wenn

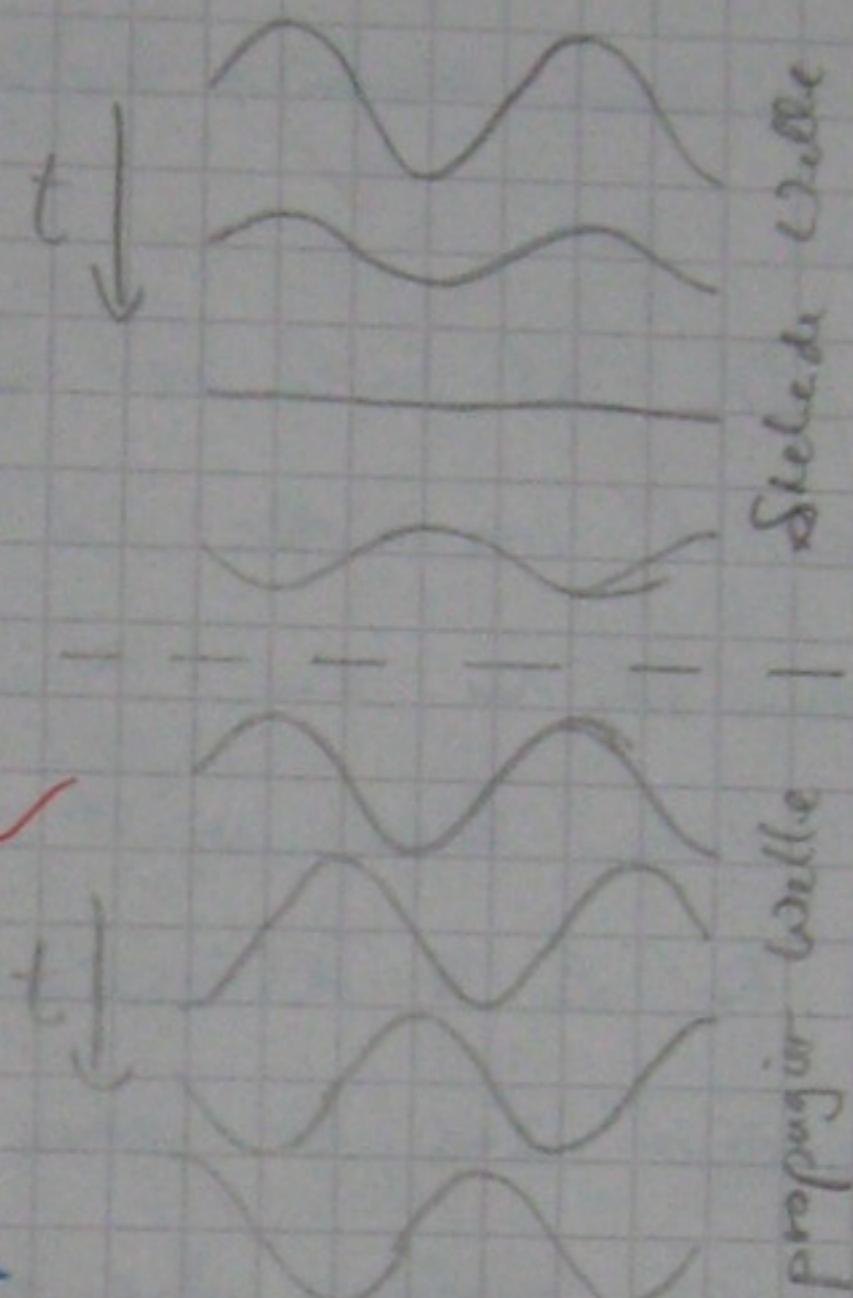
Wellen gleicher Amplitude,

Frequenz und Gestalt genau senkrecht aufeinander stehen, einander durchdringen und interferieren. ✓

Die "zweite" Welle kann realisiert werden, indem man eine (die "erste") Welle senkrecht zur Ausbreitrichtung reflektiert. ✓

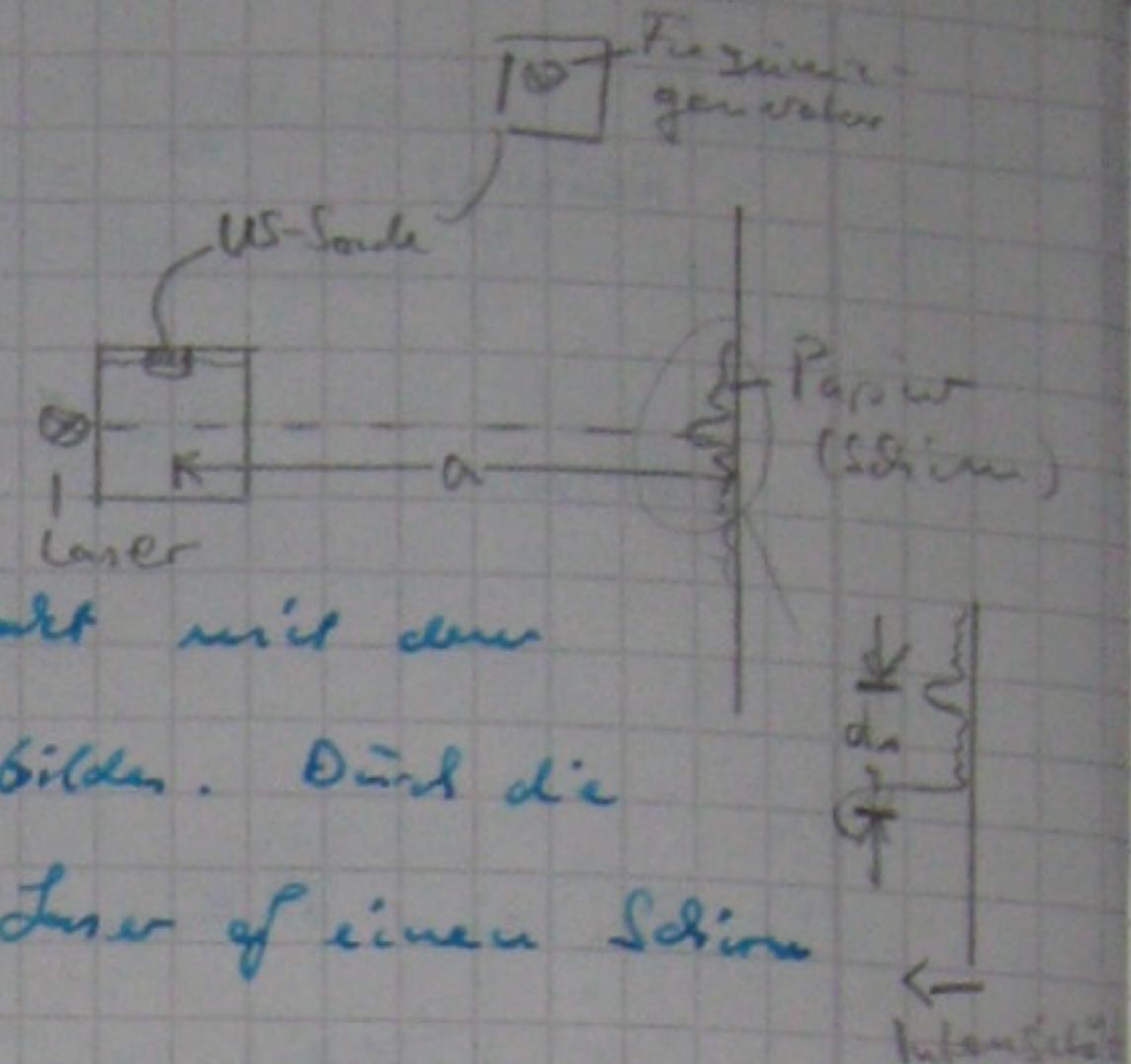
Druckwellen sind die Pkt bei Steh. Wellen, bei denen die zeitl. Druckschwankung stets am frühesten ist, bei Druckänderungen ändert sich der Druck nicht. Knoten und Brüche haben den Abstand $\lambda/2$, wobei es zwei Arten von Brüchen gibt: Die bei denen der Druck gleichzeitig nimmt liegen im Abz. λ (d.h. da mit ~~dem~~ gleichem Druck). ✓

Wo Druckknoten liegen, liegen gleichzeitig Geschwindigkeitsbrüche (und umgekehrt): Wo sich die Teilchen nicht bew. (Knoten), passen von beide Seiten andere Teilchen gegen (Druckausbildung). ✓



4.6a OU

Auf einer Wanne mit Wasser wird oben eine Ultrahochauflösende Sonde abgebaut, sodass sie ~~noch~~ voller Kontakt mit dem Wasser hat und diese dann mit ~~schwarzen~~ ^{grünen} Laserstrahlen Bildern bilden. Durch die blaue Wanne hindurch befindet sich ein (grüner) Laser auf einem Schirm im A.A. a.



Wie?

Die US-Sonde wird abgeworfen und in ihrer Auflösung so justiert (nur hierfür sind Wellenzähler vorhanden), dass sie auf dem Schirm ein - möglichst klarer - Beugungsbild eines Optiklinsen-Gitters erhält, mit möglichst vielen Maxima, einstellt.

Für die ~~die~~ ^{die} US-Frequenzen $3,4, \dots, 12 \text{ MHz}$ wird die US-Sonde so justiert und so positioniert zwischen den Optiken, dass überall Maxima vorhanden sind die zugehörige Abstimmung (z. acht) montiert. (Wichtig: Feinabstimmung für jede Frequenz einzeln möglich!)

Dort oben befindet sich ~~noch~~ mit Wasser mit einem roten und einem grünen Laser und anschließend mit beiden Lasern im (größtmöglichen) Salzwasser wiederholt.

Kennwerte

- Schinner - Mittelstandswelle: 145 cm,
- Schinner - Nachklangfarbe 155,5 cm } $a = 150,5 \text{ mm}$
- Wasserhöhe: 9,2 cm
- Wellenlängen: Grün: 532 nm, rot: 650 nm Temp.: 23,5°C

Frequenz kHz [MHz]	Maxima (dn, 2N) dpm mm			
	Dest Wasser rot	Min rot	Salzwasser rot grün	1775
2				
3	15,5 (8)	21,5 (16)	17 (18)	20,5 (14)
4	21,0 (8)	52,2 (25)	50,5 (22)	13 (10)
5	22,5 (7)	77,5 (29)	53,5 (18)	23,5 (10)
6	27,5 (7)	66,5 (23)	50 (14)	28,5 (10)
7	30,5 (11)	49,5 (13)	51,5 (13)	36,5 (11)
8	42,5 (9)	47,0 (11)	47 (10)	38 (10)
9	53,5 (9)	58,0 (12)	42,5 (8)	30 (7)
10	38,5 (6)	48,0 (5)	35,5 (7)	29 (6)
11	30,5 (4)	35,5 (6)	28 (6)	21 (4)
12	31,0 (4)	38,5 (6)	14,5 (2)	23 (4)

UT zu r

Formel 04

Wir brauchen mit einer Formel:

$$d = \lambda_{\text{Stahl}} \approx \frac{2N \cdot a \cdot \lambda_{\text{Licht}}}{dn} \quad (1)$$

Wobei λ_{Stahl} die Wellenlänge der Ul-Welle im Wasser ist, $2N$ ist die Ordnung der Maxima, dn damit die

Es ist Obergang von intern und extern Resonanz, da ist der Abstand zwischen Resonanz und Nichtresonanz die Wellenlänge des dazwischenliegenden Resonanzschwundes auf dem Resonanzwissen den äußeren Resonanz.

Die andere Formel ist momentan \rightarrow Frage 2:

$$c = \lambda \cdot v, \quad (2)$$

wobei c Phasengeschw., λ Wellenlänge und v Frequenz einer Welle ist.

Times (W) in (Q) wurde vergessen

Auswertung - 04

Berech. Für $\Delta\nu = 27,5 \text{ ppm}$, $\Delta\nu = 27$, Molt. H₂O, gründet davon, Schwingf. $a = 202 \cdot 1507,5 \text{ nm}$; $v = 5 \text{ MHz}$

$$\frac{\Delta}{\Delta_{\text{Schall}}} = \frac{29 \cdot 1507,5 \text{ nm}}{72,5 \text{ nm}} \approx 0,299 \text{ nm}$$

$$c = 0,299 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^6 \text{ m} = 1495 \text{ m}. \quad \left. \right| \text{ direkt einsetzen}$$

Bei dieser Welle wurde für jeden Resonanzschwund die Schallgeschwindigkeit bestimmt; siehe oben Tabelle.

Es wurden auch jeweils Mittelwerte der Schallgeschw. und die Resonanzschwundung bestimmt. Damit kommt man eigentlich auf:

- Schallgeschw. in best. Werte: $1486 \pm 26,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(dies entspricht ihrer Spannweite (Schwankung!) von 1,72%).

- Schallgeschw. im Durchschnitt: $1673 \pm 28,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (Spannweite: 1,72%).

Aus dem Raman Schott - c - Diagramm ist ersichtlich, dass die Abweichungen von der mittleren Blaulegerichtigkeit offensichtlich abhängig verhält sind; sie nehmen keinen einheitlichen Trend vor zu folgen (das wird auf Dispersion hindeuten). ✓

Man sieht hier mit, dass die Gruppen mit dem grünen Laser vergleichsweise besser abstimmen (hier ist also die Standardabweichung kleiner). An der größeren Intensität kann dies jedoch kaum liegen, weil die Intensität signifikant keinen Einfluss auf das Verhältnis bei Beugung am Gitter haben sollte; die Wellenlänge dagegen schon. Eine mögl. Erklärung ist die, dass rotes Licht am Gitter nun stärker gebrochen wird, dafür der breitere Gratima hat, die nicht so genau lokalisierbar sind. Das schwächer gebrochene grüne Licht hat näher beieinanderliegende, dafür bessere Gratima. ✓ □

Fehlerrechnung BN

In der Tabelle sind die Fehler per Fehlerfortpflanzung bestimmt worden: Es ist

$$c = c(N, a, \lambda_{\text{Licht}}, d_N, \nu_{\text{us}})$$

$$= \frac{2N \cdot a \cdot \lambda_{\text{Licht}}}{d_N} \nu_{\text{us}}$$

Die Mess/Ablesegenauigkeiten haben wir eingesetzt:

- $\Delta a = 10 \text{ mm}$ (weil nicht genau bestimmbar ist, wo genau im Winkel das „Grüte“ entsteht)
- $\Delta d_N = 0,25 \text{ mm}$: Das Maßband/Maßstab hatte eine Genauigkeit von mind. $0,5 \text{ mm}$, die Maxima waren aber als $0,5 \text{ mm}$; dies war eine große Schätzung.
- $\Delta \lambda_{\text{Licht}} = 2 \text{ nm}$: Die Angaben auf Script / Aufschrift auf Laser dienten dieses Δ .

(Dies trägt zum Fehler ca. $1/10$ bei!)

- $\Delta \nu = 0,000,000 \text{ Hz}$: So präzise konnte man ν_{us} einstellen (Trägt praktisch nichts bei).

⇒ Der entscheidende Faktor sind Fehler beim Ablesen / Ablesen!

(Wir können nicht ausschließen, dass wir um 6% N verzerrt waren; das würde erklären, warum der Fkt.

bei Rest. H_2O , roter Laser, $\nu_{\text{us}} = 11 \text{ MHz}$ so weit ausgezählt übersehen?)

Es gilt:

$$\Delta c = \left| \frac{2N \lambda_{\text{Licht}}}{d_N} \right| \cdot 10 \text{ mm} + \left| \frac{2N a \nu}{d_N} \right| \cdot 0,25 \text{ mm} + \left| \frac{2N a \lambda_{\text{Licht}}}{d_N^2} \right| \cdot 0,25 \text{ mm} . \quad \checkmark$$

(Vgl.: Fehlerballen).

Diese Werte stimmen relativ gut mit den statistisch bestimmten Standardabweichungen überein (mindestens bei

diskutieren Werte). (\Rightarrow Vgl. die Diagramme.)

Gün „intuitivem“ Fehler ergeht sich dadurch, dass Formel (1) eigentlich nur eine Näherung darstellt:

Wir nehmen dazu an, dass

$$\sin \varphi_N = \frac{dN}{a}$$

ist, obwohl eigentlich

$$\tan \varphi_N = \frac{dN}{a}$$

gilt. Eigentlich müsste (1) lauten:

$$d = \frac{2N \cdot \lambda_{\text{Welt}}}{\sin(\arctan(\frac{dN}{a}))} \quad (\tilde{1})$$

Der Fehler aus (1) und ($\tilde{1}$) ist

$$q = \frac{dN}{a} \left(\sin \arctan \frac{dN}{a} \right)^{-1}$$

Wobei $0.5 \frac{dN}{a} \leq 72.5 / 502.5 \leq 0.052$. Es folgt

$$0.9986 \leq q \leq 1,$$

d.h. diese Näherung macht bei unseren Messungen einen Fehler von höchstens 0,14% aus, und kann somit willkürlich fortgesetzt werden. ✓

Ein Literaturwert für die Schallgeschw. in Wasser ist

$$c = 1485 \text{ m/s},$$

in Zusammenfassung

d.h. wir haben c von seinem Mittelwert eine Standardabweichung von

$$\Delta c = 1 \text{ m/s} \Rightarrow \frac{\Delta c}{c} \approx 0.067\%.$$

Werte bei niedrige / hohe Frequenzen haben deutlich größeren Fehler
(im Fehlerbalkendiagramm / statistisch sichtbar), Standardabw. der Mitt.

Zusammenfassung - Oh

Wir brauchten den 99% Wert für Schallgeschwindigkeit in
Destilliertem und Salzwasser überwunden genügt be-
stimmen zu Haben St. abw. des Mittelwerts verwenden

$$c_{\text{DST}} \approx 1486 \pm 26 \text{ m/s}$$

$$c_{\text{SW}} \approx 1673 \pm 28 \text{ m/s}.$$

Wir konnten keine Dispersion feststellen, lediglich reziproke
Fehler, die wir mit den Abstraktionsatzen der
Fehlerfortpflanzung gut decken. ✓

ET γR