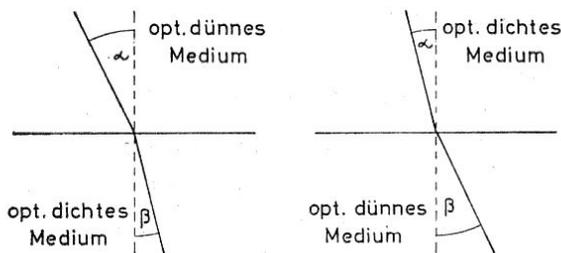


Lehrlingsberichte

Brechungsindex und Molrefraktion

Beim Übergang eines Lichtstrahles von einem optischen Medium in ein anderes wird der Strahl an der Grenzfläche gebrochen. Tritt der Strahl von einem optisch dünnen in ein optisch dichtes Medium über, so wird er zum Einfallslot hin gebrochen; tritt er von einem optisch dichten in ein optisch dünnes Medium über, so wird er vom Einfallslot weg gebrochen.



Für diese Tatsachen gilt das Brechungsgesetz von Snellius:

1. Der gebrochene Strahl liegt mit dem einfallenden Strahl und dem Lot in einer Ebene.

2. Einfallswinkel und Brechungswinkel stehen in einer festen Beziehung zueinander.

Setzt man den Sinuswert des Einfallswinkels α mit dem Sinuswert des Brechungswinkels β ins Verhältnis, so erhält man folgende Formel:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{konstant} = n$$

Der Brechungsindex n hängt von folgenden Faktoren ab:

1. Von der Art der beiden lichtdurchstrahlten Medien,
2. von der die Dichte der Medien beeinflussenden Temperatur,
3. von der Wellenlänge des Lichtes.

Vertauscht man die Reihenfolge der Medien, so kehrt sich das Brechungsverhältnis um, n geht in den reziproken Wert über.

Brechungszahlen beim Übergang vom Vakuum in das optische Mittel	
optisches Mittel	n
Luft	1,00028
Wasser	1,33
Quarzglas	1,46
Steinsalz	1,54
Schwefelkohlenstoff	1,63
Diamant	2,42

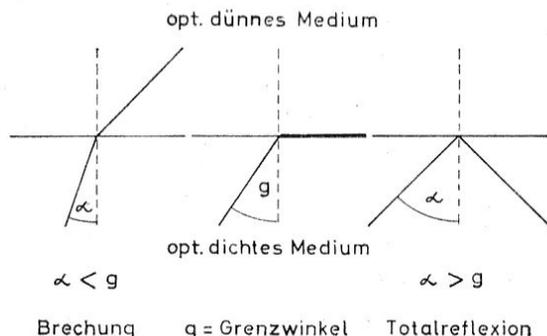
Wandert der Lichtstrahl vom dichteren ins dünnere Medium, so wird er vom Lot weg gebrochen. Der Brechungswinkel ist dann größer als der Einfallswinkel. Wird α größer, so wächst auch β . Erreicht β den Wert von 90° , dann fällt der gebrochene Strahl mit der Grenzlinie der Medien zusammen. Der dazugehörige Winkel α heißt dann Grenzwinkel g .

$$\frac{\sin g}{\sin 90^\circ} = n \quad \frac{\sin g}{1} = n$$

Der Grenzwinkel ist der Einfallswinkel, dessen Sinus gleich dem Brechungsindex ist.

Wird α nun größer als g , so wird β größer als 90° . Dadurch wird der die Grenzfläche erreichende Lichtstrahl vollständig in das dichtere Medium reflektiert. Es handelt sich um eine Totalreflexion. Für die Totalreflexion müssen also folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Der Lichtstrahl dringt vom dichteren gegen das dünnere Medium vor.
2. Der Einfallswinkel ist größer als der Grenzwinkel.



Wie erwähnt, hängt der Brechungsindex außer von der Art der lichtdurchstrahlten Medien noch von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes ab. Daher benutzt man zur Messung des Brechungsindex monochromatisches Licht, dessen Wellenlänge genau definiert ist.

Wie ebenfalls schon erwähnt, hängt der Brechungsindex außerdem noch von der Dichte der Substanz ab. Die Dichte ändert sich

1. mit der Temperatur,
2. mit dem Druck,
3. mit dem Reinheitsgrad des Stoffes.

Zur Ausschaltung des Einflusses der Temperatur hat man nach einer Beziehung zwischen dem Brechungsindex und der Dichte gesucht, welche trotz Dichteänderung ihren Wert behält. Man errechnet aus dem Brechungsindex und der Dichte die „Refraktionskonstante“ R . Hierfür gibt es verschiedene Formeln, die sämtlich empirisch ermittelt sind. Multipliziert man nun die Refraktionskonstante R mit dem Molekulargewicht, so erhält man die Molekularrefraktion. Sie wird nach folgender Formel berechnet:

$$MR = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{MG}{d}$$

Hierin ist MR die Molekularrefraktion, n der Brechungsindex, MG das Molekulargewicht der Substanz und d deren Dichte. Anstelle von Molekularrefraktion spricht man auch von Molrefraktion.

Bei den nachfolgenden Berechnungen wird gezeigt, wie die Molrefraktion von der Art der Atome und ihrer Bindung abhängt und wie man auf Grund des Brechungsindex einer flüssigen Verbindung Aussagen über deren Strukturformel machen kann.

Die Brechungsindices wurden im Refraktometer nach *Abbé* der Firma *Zeiss* bestimmt.

Das Refraktometer besteht aus zwei Glasprismen, zwischen die die zu unter-

suchende Flüssigkeit gebracht wird. Voraussetzung ist, daß der Brechungsindex der Flüssigkeit kleiner als der des Prismenmaterials ist. Die Prismen werden mit diffusem Licht beleuchtet. Von diesem Licht tritt ein Teil durch die Prismen, und zwar der Teil der Strahlen, der einen steileren Winkel hat als der Grenzwinkel ist. Betrachtet man die Fläche Glas—Flüssigkeit mit einem Fernrohr, dann erscheint ein Teil hell und ein Teil dunkel. Diese Hell-Dunkel-Grenze liegt je nach Art der Flüssigkeit immer an einer anderen Stelle. Um diese Grenze auch in die Mitte eines Fadenskreuzes verschieben zu können, ist ein Spiegel angebracht, der mit einer Skala verbunden ist. An der Skala kann man den Brechungsindex ablesen.

Berechnung von Molrefractionen (MR) nach der angegebenen Formel

1. Methanol

$$\begin{aligned} MG &= 32,04 \\ n &= 1,3291 \\ d &= 0,7915 \end{aligned}$$

$$MR = \frac{1,3291^2 - 1}{1,3291^2 + 2} \cdot \frac{32,04}{0,7915}$$

$$MR = \frac{0,7664}{3,7664} \cdot \frac{32,04}{0,7915}$$

$$MR_{\text{Methanol}} = 8,237$$

2. Äthanol

$$\begin{aligned} MG &= 46,07 \\ n &= 1,3617 \\ d &= 0,7894 \end{aligned}$$

$$MR = \frac{1,3617^2 - 1}{1,3617^2 + 2} \cdot \frac{46,07}{0,7894}$$

$$MR = \frac{0,8542}{3,8542} \cdot \frac{46,07}{0,7894}$$

$$MR_{\text{Äthanol}} = 12,935$$

3. Wasser

$$\begin{aligned} MG &= 18,016 \\ n &= 1,333 \\ d &= 0,9982 \end{aligned}$$

$$MR = \frac{1,333^2 - 1}{1,333^2 + 2} \cdot \frac{18,016}{0,9982}$$

$$\text{MR} = \frac{0,7771}{3,7771} \cdot \frac{18,016}{0,9982}$$

$$\text{MR}_{\text{Wasser}} = 3,713$$

$$= \frac{1,253}{4,253} \cdot \frac{78,11}{0,8789}$$

$$= 26,18$$

Berechnung von Molrefraktionen (MR) von Atomgruppen und Berechnung von Atomrefraktionen (AR) von Atomen aus gegebenen MR und AR

$$\begin{aligned} = \text{CH}_2 & \text{MR}_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} - \text{MR}_{\text{CH}_3\text{OH}} \\ & 12,935 - 8,237 \\ & 4,698 \\ = \text{C} = & \text{MR}_{=\text{CH}_2} - 2 \text{AR}_{\text{H}} \quad (\text{AR}_{\text{H}} = 1,100) \\ & 4,698 - 2,200 \\ & 2,498 \\ - \text{OH} & \text{MR}_{\text{H}_2\text{O}} - \text{AR}_{\text{H}} \\ & 3,713 - 1,100 \\ & 2,613 \\ - \text{O} - & \text{MR}_{-\text{OH}} - \text{AR}_{\text{H}} \\ & 2,613 - 1,100 \\ & 1,513 \quad (\text{Hydroxyl-Sauerstoff}) \end{aligned}$$

Vergleich von auf verschiedenen Wegen gefundenen Molrefraktionen

1. Tetrachlorkohlenstoff

$$\begin{aligned} \text{MG} &= 153,84 \\ n &= 1,4603 \\ d &= 1,5939 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MR} &= \frac{1,4603^2 - 1}{1,4603^2 + 2} \cdot \frac{153,84}{1,5939} \\ &= \frac{1,1325}{4,1325} \cdot \frac{153,84}{1,5939} \\ &= 26,45 \end{aligned}$$

Molrefraktion von CCl_4 aus Brechungsindex, Dichte und Molekulargewicht berechnet = 26,45.

Für die folgenden Berechnungen wurden nicht die oben berechneten AR, sondern die AR der Literatur benutzt.

$$\begin{aligned} \text{AR}_{=\text{C}=} &= 2,418 \\ 4 \text{AR}_{\text{Cl}} &= \frac{23,868}{26,286} \end{aligned}$$

Molrefraktion von CCl_4 aus Atomrefraktionen berechnet = 26,286.

2. Benzol

$$\begin{aligned} \text{MG} &= 78,11 \\ n &= 1,501 \\ d &= 0,8789 \end{aligned}$$

$$\text{MR} = \frac{1,501^2 - 1}{1,501^2 + 2} \cdot \frac{78,11}{0,8789}$$

Molrefraktion von Benzol aus Brechungsindex, Dichte und Molekulargewicht berechnet = 26,18.

Bei der folgenden Berechnung ist zu beachten, daß die Atomrefraktionen wegen des Einflusses der chemischen Bindung nicht streng additiv sind. Kommen Doppel- oder Dreifach-Bindungen vor, so addiert man zu den Atomrefraktionen des C-Atoms sogenannte Inkremente für die Bindungen. Im Benzol kommen drei Doppelbindungen vor.

$$\begin{aligned} 6 \text{AR}_{\text{H}} &= 6,600 \\ 6 \text{AR}_{=\text{C}=} &= 14,508 \\ 3 \text{Inkr. Doppelb.} &= \frac{5,199}{26,307} \end{aligned}$$

Molrefraktion von Benzol aus Atomrefraktionen berechnet = 26,307.

Bestimmung der Strukturformel eines Stoffes

Die gegebene Verbindung hat die Formel $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, ihre Dichte ist 0,708, ihr Brechungsindex 1,3528, beides bei 20 °C bestimmt. Es kommen Butanol oder Diäthyläther in Frage.

$$\text{MR} = \frac{1,3528^2 - 1}{1,3528^2 + 2} \cdot \frac{74,12}{0,708}$$

$$\text{MR} = \frac{0,8301}{3,8301} \cdot \frac{74,12}{0,708}$$

$$\text{MR} = 22,32$$

Diäthyläther

$$\begin{aligned} \text{AR}_{=\text{C}=} \cdot 4 &= 9,672 \\ \text{AR}_{\text{H}} \cdot 10 &= 11,000 \\ \text{AR}_{\text{Äther-O-}} &= \frac{1,643}{22,315} \end{aligned}$$

Butanol

$$\begin{aligned} \text{AR}_{=\text{C}=} \cdot 4 &= 9,672 \\ \text{AR}_{\text{H}} \cdot 10 &= 11,000 \\ \text{AR}_{\text{Hydroxyl-O-}} &= \frac{1,525}{22,197} \end{aligned}$$

Bei dem gesuchten Stoff handelt es sich um Diäthyläther, denn die errechnete Molrefraktion kommt der Molrefraktion von Diäthyläther am nächsten. *R. P.*