11. *Ueber durch isotherme Destillation zu erzeugende Druckdifferenzen; von Max Reinganum.*

Zur Lösung des Problems, wie das Steigen des Saftes in den Pflanzen stattfindet, hat Hr. Prof. Askenasy¹⁾ bemerkenswerthe Versuche angestellt, die auch in rein physikalischer Hinsicht Interesse erwecken.

Prof. Askenasy schloss eine Glasröhre von etwa 1 m Länge an dem einen Ende, das sich in einen Trichter erweiterte, durch eine Gypsschicht ab, füllte die ganze Röhre mit Wasser und stellte sie, den durch die Gypskappe geschlossenen Trichter nach oben, in eine mit Quecksilber gefüllte Schale. Das zum Versuch benutzte Wasser war mit Gyps gesättigt, um eine Auflösung der Gypsschicht zu vermeiden. Das Wasser, welches in derselben stand, dampfte allmählich nach aussen ab, ein Vorgang, der durch Vorbeileiten von trockener Luft noch beschleunigt werden konnte. In dem Maasse nun, wie die Verdampfung stattfand, stieg das Quecksilber in der Röhre nach und erreichte Höhen, die beträchtlich die gleichzeitige Barometerhöhe überschritten.

So stieg bei einem der mitgetheilten Versuche das Quecksilber innerhalb 15 Stunden auf 89,3 cm bei einem äusseren Barometerdruck von 75,3 cm, und erreichte mit dieser Höhe die abschliessende Gypsschicht, wodurch der Versuch endete. Der Durchmesser des Rohres betrug 3,2 mm, die Verdunstung fand in freier Luft statt. Meistens endeten die Versuche damit, dass sich nach Erreichung ähnlicher Höhen unter dem Gyps eine Luftblase bildete, wobei dann die Gypskappe langsam austrocknete und das Quecksilber wieder allmählich sank.

1) Askenasy, Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. N. F. 5. Vgl. daselbst auch die Literatur über frühere Versuche ähnlicher Art.

Hr. Prof. Nernst war so liebenswürdig, meine Aufmerksamkeit auf diese Versuche zu lenken, und veranlasste mich zu überlegen, wie sich die Steighöhe des Quecksilbers unter gegebenen Umständen theoretisch ermitteln lasse.

Zu dem Zwecke denken wir uns das Versuchsrohr, ganz wie oben beschrieben, mit Wasser gefüllt, nur diesmal nicht in Quecksilber, sondern in eine mit Wasser gefüllte Schale gestellt. Das ganze System bringen wir in ein luftdicht geschlossenes Gefäß, in dessen Inneren in allen Punkten die constante (absolute) Temperatur T herrschen soll. Dann entspricht der Dampfdruck an der Oberfläche des in der Schale befindlichen Wassers der Temperatur T , er betrage p . Wenn H die Höhe der Gypsschicht über der Wasseroberfläche bedeutet, so muss der Dampfdruck des Wassers in dieser Höhe, den wir p' nennen wollen, kleiner sein als p und zwar um den hydrostatischen Druck der H cm langen Dampfsäule, die zwischen dem Wasserniveau und der Gypsoberfläche sich befindet. Dieser hydrostatische Druck $p - p'$ kann berechnet werden. Da der mittlere Druck der Dampfsäule H sehr nahe $(p + p')/2$ beträgt, so ergibt sich das mittlere spezifische Gewicht derselben aus der Gasgleichung zu

$$\frac{M}{1000 \cdot v} = \frac{M \left(\frac{p + p'}{2} \right)}{R \cdot T \cdot 1000},$$

wobei M das Moleculargewicht des Wasserdampfes, v das Volumen eines Grammmolecüls, $R = 0,0819$ die Gasconstante bedeutet und p und p' in Atmosphären ausgedrückt sind.

Demnach gilt, wenn σ das spezifische Gewicht des Quecksilbers bedeutet,

$$p - p' = \frac{H \cdot M(p + p')}{2 \cdot R \cdot 1000 \cdot T \cdot 76 \cdot \sigma} \text{ Atm.}$$

Ausserdem haben wir die Gleichung:

$$P = \frac{H \cdot \sigma}{76 \cdot \sigma},$$

worin P den Druck der im Rohre gehobenen Wassersäule H ,

ausgedrückt in Atmosphären und s das spezifische Gewicht des Wassers bezeichnet. Wir erhalten daraus:

$$(1) \quad P = \frac{(p - p') \cdot 2 \cdot R \cdot 1000 \cdot T \cdot s}{(p + p') \cdot M}.$$

Da nun der zweite Hauptsatz Gleichgewicht fordert, so muss p' auch der Dampfdruck des in der Gypsschicht stehenden Wassers sein.¹⁾ Somit giebt uns Gleichung (1) die Beziehung, die zwischen der Dampfdruckerniedrigung in der Gypsschicht und dem Druck der gehobenen Flüssigkeitssäule besteht. Wenn Quecksilber die gehobene Flüssigkeit ist, so wird:

$$P = \frac{H'}{76}$$

und wir erhalten:

$$(2) \quad H' = \frac{(p - p') \cdot 2 \cdot R \cdot T \cdot 1000 \cdot 76 \cdot s}{(p + p') \cdot M} = \frac{p - p'}{p + p'} \cdot s \cdot 691,6 \text{ Tcm.}$$

Gleichgewicht wird offenbar nur dann bestehen, wenn die Umgebung des Gypstrichters bis zum Drucke p' mit Wasser gesättigt ist. Betrug bei den Versuchen von Askenasy z. B. die Luftfeuchtigkeit ($= p'/p$) 0,9, so hätte das Quecksilber 10 500 cm hoch steigen müssen, ehe Gleichgewicht erreicht wäre ($T = 290$ gesetzt). — Wie mir Prof. Nernst mittheilt, erhält man die obige Formel direct, wenn man die bei der isothermen Destillation eines Grammmoleküles Wasser von p auf p' geleistete Arbeit ($= R T \ln p/p'$ absolute Einheiten) gleichsetzt der zum Heben eines gleichen Volumens Quecksilber verbrauchten Arbeit ($= H' M \sigma g/s$).

Der Askenasy'sche Versuch kann zur Messung äusserst kleiner Dampfdrucksdifferenzen von Lösungen benutzt werden. Denken wir uns nämlich den Trichter des Steigrohres von einer luftdichten Glocke umgeben, und in diese eine Lösung gebracht, deren Dampfdruck z. B. um 0,001 mm gegen den Dampfdruck des reinen Wassers, der bei $T = 300$ 26,47 mm be-

1) Vgl. hierzu die Ableitungen für den osmotischen Druck von Gouy u. Chaperon, Ann. chim. phys. (6) 13. p. 124. 1888; Arrhenius, Zeitschr. physik. Chemie. 3. p. 115. 1889.

trägt, niedriger ist. Dann ergibt sich, wenn wir diese Werthe in (2) einsetzen:

$$H = 3,92 \text{ cm.}$$

Die Steighöhe des Quecksilbers ist also in solchem Maasse von dem äusseren Dampfdruck an der Gypsschicht abhängig, dass wir in ihr ein Instrument von bisher noch nicht erreichter Empfindlichkeit zur Bestimmung von Dampfdruckerniedrigungen besitzen. Ebenso wird man, wenn das Trichterrohr mit einer beliebigen Lösung gefüllt wird, isosmotische Lösungen bestimmen und ähnliche Fragen auf diesem Gebiete behandeln können.

Göttingen, Physik. Chem. Institut.