8. *Antwort an H. Hulshof;
von G. Bakker.*

Durch van der Waals wurde der ordentlichen Versammlung der naturphilosophischen Abteilung der Konink. Akad. van Wetensch. zu Amsterdam am 29. Januar 1900 eine Arbeit H. Hulshofs über Oberflächenspannung vorgelegt. Später ist diese Arbeit erschienen in dieser Zeitschrift am 30. Oktober 1900. Über diese Arbeit habe ich *nach Anregung durch eine Äußerung* Hulshofs eine Bemerkung gemacht.¹⁾ Hulshof gibt nun hierauf eine Erwiderung²⁾, worauf ich folgendes zu antworten habe. Hulshof schreibt: „Zuerst sagt Bakker, daß von ihm in der Zeitschr. f. phys. Chem. 28. p. 717. 1899 schon auf *ähnliche* Weise eine Beziehung deduziert sei, als sie von mir in den Berichten der Konink. Akad. van Wetensch. mitgeteilt worden ist. Diese Behauptung Bakkers erweist sich aber als falsch, wenn man sein Stück liest. Hier leitet Bakker den Wert des Molekulardruckes in einem Punkte der kapillaren Schicht aus der Vorstellung her, daß dieser Druck entstehe, indem die verschiedenen Schichten, woraus die Grenzschicht besteht, zufolge der gegenseitigen Attraktion nach innen getrieben würden. Also wird der Molekulardruck in einem Punkte durch Kräfte bestimmt, welche zum Teil weit außerhalb dieses Punktes wirken. *Bei dieser Auffassung ist der Molekulardruck eine Größe, welche in allen Richtungen denselben Wert hat.* Bakker gibt denn auch für den Wert des Molekulardruckes in diesem Punkte nur *einen einzigen Wert an.*“

1) H. Hulshof, Ann. d. Phys. 14. p. 609. 1904.

2) l. c. 16. p. 188.

Jeder, der unsere Arbeiten liest, wird finden, daß wir uns beide auf den Laplaceschen Standpunkt stellen. Da ich aber Gebrauch mache von schon bekannten Ausdrücken nach Rayleigh und van der Waals, so ist meine Ableitung der betreffenden Stelle kürzer gefaßt. Wie ich übrigens schon bemerkt habe, ist der Ausdruck Hulshofs für $p_1 - p$ unvollständig und es würde unschwer sein, zu zeigen, daß er niemals richtig sein kann. Daß für die durch van der Waals nachgewiesene Potentialfunktion der Laplaceschen Volumkräfte bei der Vernachlässigung Hulshofs die Kapillarkonstante identisch Null zum Wert haben würde, ist durch mich schon gezeigt worden. Es entsprach nun der Berechnung der Differenz $p_1 - p$ als ich sagte: „Hulshof berechnet erstens die Kohäsion in der Richtung senkrecht zur Flüssigkeitsoberfläche etc.“¹⁾ Ich habe also durch die Rechnung auf p. 711 und 717 meiner „Bemerkung zur Thermodyn. Theorie der Kapillarität von van der Waals“²⁾ gar keinen Molekulardruck in verschiedener Richtung berechnen wollen.

Hulshof hat weiter die Kohäsion in einer Richtung *parallel* der Oberfläche der Kapillarschicht berechnet. *Ich muß aber bemerken, daß ich mit Hilfe der Potentialfunktion, die durch van der Waals in seine thermodynamische Theorie der Kapillarität eingeführt ist* (und welche, wie ich gezeigt habe, allen Forderungen der Theorie genügt) *diese Berechnung der Kohäsion, parallel sowohl wie senkrecht zur Oberfläche der Kapillarschicht schon in den Abhandl. d. Konink. Akad. van Wetensch. zu Amsterdam vom November 1899 ausgeführt habe.* (Also vor der Erscheinung der Arbeit Hulshofs.) Wenn nun Hulshof sagt: „Meiner Auffassung nach bestimmt man den Molekulardruck in einem Punkte (als die direkte Folge der Attraktion der Teilchen) aus dem Zustande der unmittelbaren Umgebung dieses Punktes, und ist der Molekulardruck“³⁾ in Folge der nicht homogenen Stoffverteilung in der kapillaren Schicht

1) H. Hulshof, Ann. d. Phys. 14. p. 609. 1904.

2) G. Bakker, Zeitschr. f. phys. Chem. 28. p. 717. 1899.

3) Molekulardruck bedeutet hier Kohäsion.

in verschiedenen Richtungen verschieden“, so muß ich wieder auf meine oben genannten Aufsätze hinweisen. Die Maxwell'sche Auffassung, der ich gefolgt, läßt unmittelbar erkennen, daß auch für mich die Kohäsion in der Kapillarschicht ein Vektor war, welcher von der Richtung abhängig ist. Wenig Sinn hat es also, wenn Hulshof sagt: „Also sind eben in der Sache, um welche es sich bei der Erklärung der Oberflächenspannung handelt, unsere Meinungen prinzipiell und vollkommen verschieden, so daß statt *ähnlich* gelesen werden soll: *ganz verschieden*. Es ist aber höchst merkwürdig, daß Bakker im April 1904 so etwas schreiben kann, denn hieraus geht hervor, daß er den wirklich tiefgehenden Unterschied zwischen beiden Auffassungen nicht begreift, obwohl er einige Monate nach meiner Mitteilung an die Konink. Akad. van Wetensch. auf dieselbe Weise, wie ich es tat, den Molekulardruck¹⁾ in der kapillaren Schicht bestimmt hat.“ Im Jahre 1899 habe ich also wie Hulshof im Januar 1900 die Kohäsionen in einer Richtung senkrecht und parallel ihrer Oberfläche berechnet und Hulshof findet es nun höchst merkwürdig, daß ich später auf diese Weise fortfuhr, die Theorie der Kapillarschicht auszubilden. Ich bin der Meinung, daß es meine wissenschaftliche Pflicht war. Ebenso hat es wenig Sinn, wenn Hulshof bemerkt: „Dieses Resultat, daß in der kapillaren Schicht der Molekulardruck¹⁾ infolge der Attraktion in verschiedener Richtung einen verschiedenen Wert hat, welcher aber *nicht* neu war, wie Hulshof meinte etc. . . .“ Ich kann wieder nicht besser tun, als auf die *zwei* genannten Abhandlungen zu verweisen.

In bezug auf seine Bemerkung auf p. 191 oben: „Sonderbar ist es auch, daß Bakker behauptet, es sei mir unbekannt, daß bei genügend niedriger Temperatur der Druck in der Grenzschrift in der Richtung jener Schicht negativ sein muß“, lade ich den Leser der Annalen der Physik ein, diese Behauptung in meiner Abhandlung aufzusuchen, denn *ich kann sie nicht finden*.

1) Molekulardruck bedeutet hier Kohäsion.

Hulshof schließt seine Erwiderung auf merkwürdige Weise: „Er (Bakker) sagt zwar in einem Anhang zu seiner Bemerkung p. 619: Weiter ist die Kohäsion in der Richtung der Kraftlinien und also senkrecht zur Oberfläche der Kapillarschicht:

$$S_1 = - \frac{1}{8 \pi f} \left\{ \left(\frac{dV}{dh} \right)^2 - \frac{v^2}{\lambda} \right\}$$

und in der Richtung der Oberfläche:

$$S_2 = - \frac{1}{8 \pi f} \left\{ \left(\frac{dV}{dh} \right)^2 + \frac{v^2}{\lambda^2} \right\}$$

und verweist nun auf eine Mitteilung von seiner Hand an die Konink. Akad. van Wetensch. p. 322. 1899, aber wenn man hieraus schließen wollte, daß Bakker damals schon gewußt habe, daß der Molekulardruck (Kohäsion) in der kapillaren Schicht in verschiedener Richtung verschieden ist, dann würde man sich sehr irren. An angeführter Stelle spricht Bakker gar nicht von Kohäsion, und wie aus der vorigen Seite derselben Abhandlung hervorgeht, war der Molekulardruck für ihn damals noch eine Größe, die in allen Richtungen denselben Wert hat.“

Hulshof verweist also auf meine Mitteilung an die Konink. Akad. van Wetensch. zu Amsterdam 1899, welche oben mehrmals von mir erwähnt worden ist, und erkennt, daß ich *verschiedene* Werte für die Spannungen¹⁾ bez. in einer Richtung *senkrecht* und *parallel* der Oberfläche der Kapillarschicht finde, aber meint nun: „Ich soll nicht gewußt haben, daß nun auch die Kohäsion in der kapillaren Schicht in verschiedener Richtung verschieden ist!“

Indessen, wie kommt nun Hulshof zu dieser sonderbaren Äußerung? Ganz einfach: *er wirrt hier zwei Sachen durcheinander*. Bevor ich die Ableitungen der *verschiedenen* Ausdrücke für die Spannungen oder Kohäsionen bez. senkrecht und parallel der Oberfläche der Kapillarschicht gebe, sage ich l. c.: „Berechnen wir nun aber erstens den Molekular-

1) Ich nannte die Kohäsionen Spannungen im Sinne Maxwells.

druck, d. h. die Kraft, mit welcher ein Säulchen der kapillaren Schicht mit dem Durchschnitt Eins in der Richtung nach der Flüssigkeit hin durch die Materie ringsum nach unten gezogen wird etc.“ Diese Berechnung gab den Ausdruck: $a(\varrho_1^2 - \varrho_2^2)$. Hierauf folgen nun meine Berechnungen über die Spannungen (Kohäsionen) in der Kapillarschicht. Die vorhergehende Berechnung hat also nichts mit *diesen* Berechnungen zu schaffen.

(Eingegangen 21. Juni 1905.)