

Über die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl und der Viskosität kolloidaler Lösungen.

Von

L. Lichtwitz und A. Renner.

(Aus der medizinischen Klinik zu Göttingen.)

(Der Redaktion zugegangen am 14. Juni 1914.)

I. Die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl.

Nach der von Zsigmondy angegebenen Methode der Bestimmung der Goldzahl wurde eine große Zahl kolloidaler Lösungen untersucht. ¹⁾

Eine kalt bereitete Lösung einer durch Dialyse salzfrei gemachten Gelatine hatte folgende Goldzahlen: ²⁾

22°	35°	50°
0,005 ccm	0,004 ccm	0,004 ccm

Die gleiche Lösung nach 24 Stunden:

20°	25°	30°	35°	40°	70°
0,007—0,008 ccm	0,007 ccm	0,006 ccm	0,005 ccm	0,005 ccm	0,005 ccm

Die Schutzkraft einer in der Kälte bereiteten Gelatine-lösung nimmt mit steigender Temperatur zu. Die Zunahme ist keine stetige; die größte Änderung der Goldzahl erfolgt zwischen 25 und 35°.

Von der gleichen, drei Tage alten Gelatinelösung wurden zwei gleich starke Verdünnungen angesetzt, die eine mit Wasser, die andere mit Salzsäure, so daß die Lösung $n/100$ war.

Die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl der sauren Gelatine war folgende:

20°	30°	40°	55°	70°	99°
neutrale G. 0,007 ccm	—	—	—	—	—
saure G. . 0,009	0,009 ccm	0,009 ccm	0,007 ccm	0,006 ccm	0,006 ccm

Also: die saure Gelatine schützt schlechter. Die Zunahme der Schutzkraft liegt bei der sauren Gelatine über 40°; zwischen 55 und 70° ist eine deutliche Besserung feststellbar. Feinere Unterschiede der Farbennüancen zwischen 20 und 40° sind

¹⁾ Die Untersuchungen sind ausgeführt von A. Renner (Inaug.-Diss. Göttingen 1913).

²⁾ Die in Kubikzentimeter ausgedrückten Goldzahlen sind die Mittelwerte von je 10 Bestimmungen, die nur wenig voneinander abweichen.

vorhanden; sie zeigen, daß auch in diesem Temperaturintervall ein Einfluß besteht.

Die Goldzahlen einer $n/100$ -NaOH-Gelatine:

20°	60°
0,006 ccm	0,006 ccm

Die Schutzkraft dieser Gelatine ist bei 20° höher als die von neutraler Gelatine (vgl. Schulz und Zsigmondy).¹⁾ Eine Zunahme der Schutzkraft mit der Temperatur ist nicht vorhanden.

Die Goldzahlen einer kaltbereiteten Lösung von dialysiertem Serumalbumin:

20°	40°	50°	70°
0,003 ccm	0,003 ccm	0,001 ccm	0,001 ccm

Ein besonderes Interesse verdient die Tatsache, daß bei 70° die Albuminlösung eine deutliche Trübung und dennoch eine bessere Schutzkraft zeigte als die klare Lösung von 40°. Die Schutzkraft hängt also nicht allein von der Teilchengröße ab. Daß keine chemischen Umänderungen die Verbesserung bedingen, ist dadurch bewiesen, daß bei raschem Abkühlen auf 20° die Schutzkraft auf den alten Wert zurückgeht.

Diese Untersuchungen zeigen, daß die Schutzwirkung kolloidaler Lösungen mit steigender Temperatur zunimmt. Besonders auffallend ist, daß bei der Gelatine sowohl als bei dem Serumalbumin die Zunahme keine stetige ist.

Zu einer Erkenntnis des Wesens der Temperaturwirkung reichen unsere Versuche nicht aus.

Folgende Veränderungen des kolloidalen Zustandes durch die Temperatur sind möglich: Änderung der Teilchengröße durch feinere Aufteilung; Änderungen des Wassergehalts; Änderung der Geschwindigkeit der Teilchen; chemische Veränderungen im Molekül (Hydrolyse oder dergl.). Der letzte Modus spielt bei der Gelatine und bei Temperaturen unter 50°, wie die Reversibilität der Schutzkraftänderung zeigt, keine Rolle. Die Teilchengeschwindigkeit läßt sich vielleicht ultramikroskopisch verfolgen.

Unsere Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit

¹⁾ Hofmeisters Beiträge, Bd. 3, S. 137, 1902.

der Goldzahl geben keinen Aufschluß über die Theorie. Aber als biologisch interessante Tatsache sei hervorgehoben, daß in kolloidalen Lösungen durch die Goldzahl nachweisbare Zustandsänderungen in dem Intervall der Temperaturen, in dem die Lebensprozesse ablaufen (38—42°), erfolgen.

II. Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität von kolloidalen Lösungen.

Starke,¹⁾ Rossi,²⁾ Bottazzi³⁾ und White⁴⁾ haben übereinstimmend an Eiweißlösungen, Serum, Plasma, Milch und Galle bei höherer Temperatur eine geringere Viskosität gefunden.

Wir verwandten zur Messung der Viskosität Ostwaldsche Kapillarviskosimeter, und zwar für dünne Lösungen feine Kapillaren, für konzentrierte gröbere. Es wurden stets 6 Messungen vorgenommen. Die Temperatur wurde zu Beginn und zum Schluß eines jeden Versuches gemessen und der mittlere Viskositätswert auf die mittlere Temperatur bezogen. Der Fehler der Messungen betrug etwas weniger als 1%.

Zunächst wurde die Temperaturabhängigkeit der Viskosität des Wassers in 4 Viskosimetern bestimmt. In Tabelle I bedeuten die Zahlen die Durchlaufzeiten in Prozenten der Durchlaufzeit bei 15°.

Tabelle I.

Temperatur	Viskosimeter			
	I.	II.	III.	IV. ⁶⁾
15°	100 (100)	100	100	100
20°	89 (89)	89	89	89
25°	79 (79)	79	78	79
30°	71 (71)	71	70	71
35°	64 (64)	65	64	64
40°	58 (58)	59	58	58
45°	54 (54)	54	54	53
50°	50 (49)	50	50	50
55°	47 (46)	47	—	—

¹⁾ Biochem. Zeitschrift, Bd. 37, S. 482, 1911.

²⁾ Arch. di Fisiolog., Bd. 1, S. 500, 1904; Bd. 2, S. 599, 1905.

³⁾ Handb. d. vergl. Physiol., I, 1912.

⁴⁾ Arch. internat. de Physiol., IV.

Diese Werte stimmen gut überein. In der Kolonne I (eingeklammerte Zahlen) ist die Änderung des spezifischen Gewichtes mit der Temperaturänderung berücksichtigt. Die so berechneten Werte zeigen Abweichungen, die innerhalb der Fehlerbreite liegen. Wir haben daher bei unseren Versuchen den Einfluß der Temperaturabhängigkeit des spezifischen Gewichtes auf die Viskosität nicht berücksichtigt.

Versuche mit Serumalbumin.

Mehrfach umgefälltes und durch Dialyse elektrolytfrei gemachtes Albumin aus Pferdeserum.

Tabelle II.

Beobachtete Werte		Umgerechnete Werte		
Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	%
15,1	64,5	15,0	64,7	100
20,0	57,1	20,0	57,1	88
24,6	51,1	25,0	50,7	79
30,0	45,5	30,0	45,5	71
35,1	40,8	35,0	40,9	63
39,3	38,0	40,0	37,3	58
44,8	34,2	45,0	34,0	52,5
49,5	31,7	50,0	31,5	49
57,0	28,0	55,0	29,0	45

Die Viskosität der Albuminlösung nimmt also mit steigender Temperatur ab. Und die Zahlen in Stab 5, verglichen mit Tabelle I, zeigen, daß die Temperaturabhängigkeit bei der Albuminlösung innerhalb der Beobachtungsfehler dieselbe ist wie bei reinem Wasser. Es ist also die Änderung der Viskosität mit der Temperatur in verdünnten Albuminlösungen nur durch das Wasser und nicht durch das Kolloid bedingt.

Ebenso verhält sich menschliches Blutserum.

Tabelle III.

Beobachtete Werte		Umgerechnete Werte		
Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	Durchlaufzeit in ‰
15,7	101,6	15,0	103,2	100
20,3	90,3	20,0	91,0	88
24,7	81,0	25,0	80,4	78
30,2	71,4	30,0	71,8	70
35,3	64,3	35,0	64,9	63
39,5	58,9	40,0	58,5	57
44,3	54,1	45,0	53,5	52
49,3	49,7	50,0	49,2	47
58,9	42,5	55,0	45,2	44

Wasser hatte in diesem Viskosimeter bei 15° eine Durchlaufzeit von 57,8". Das Wasser hat trotz einer viel geringeren Viskosität die gleiche Temperaturabhängigkeit (vgl. Tabelle I mit Stab 5 der Tabelle III).

Tabelle IV.

Fettreiches Blutserum vom Menschen, bei dem trotz des Fettgehalts durch eine große Zahl von Beobachtungen übereinstimmende Werte gefunden wurden. Die Viskosität wurde mit steigender und dann mit fallender Temperatur untersucht.

Beobachtete Werte		Umgerechnete Werte		
Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	Temperatur	Durchlaufzeit in Sekunden	Durchlaufzeit in ‰
16,8	106,6	15,0	110,6	100
25,8	86,3	25,0	88,1	80
35,0	69,0	35,0	69,0	63
45,2	57,5	45,0	57,7	52
53,4	50,3	50,0	53,7	49
63,8	45,9	60,0	47,7	43
61,6	49,1	60,0	50,7	41
53,2	58,2	50,0	61,7	49
36,9	77,4	35,0	80,6	64
26,5	95,5	25,0	100,0	80
16,8	145,6	15,0	125,6	100

Bei der hohen Temperatur ist eine Zustandsänderung der Eiweißlösung (beginnende Koagulation) eingetreten, durch die die Viskosität zunimmt (Starke). Die Temperaturabhängigkeit der Serumviskosität ist beim Erwärmen und beim Abkühlen die des reinen Wassers.

Also auch im Blutserum ist die Veränderung der Zähigkeit mit der Temperatur allein durch das Wasser bedingt. Ebenso verhalten sich bekanntlich verdünnte Salzlösungen. Man nimmt an, daß die Ionen mit einer Wasserhülle umgeben sind, so daß die Reibung immer nur zwischen den Wasserteilchen stattfindet. Bei Hydrosolen von den von uns untersuchten Kolloidkonzentrationen würde diese Auffassung mit den Anschauungen über die Konstitution der Lösung eines reversiblen Kolloids übereinstimmen.

Nach Burton-Opitz nimmt bei defibriertem Blut die Viskosität mit steigender Temperatur stärker ab als bei Wasser.

Nach unseren Messungen ist die Viskositätsänderung des Serums (= der des Wassers) im Fieber eine recht beträchtliche, da zwischen 36° und 43° die Viskosität um 12% abnimmt.

Göttingen, 21. V. 1914.
