

Dilatometrische Untersuchungen über die Fällungen der Eiweißkörper.

Von
G. Galeotti.

Mit einer Abbildung im Text.

(Institut für Allgemeine Pathologie der K. Universität Neapel.)

(Der Redaktion zugegangen am 13. April 1912.)

Die hier folgenden Untersuchungen wurden zum Teil mit den gewöhnlichen Dilatometern, denselben, wie ich sie beim Studium der Volumschwankungen bei den enzymatischen Reaktionen¹⁾ verwendete, gemacht, zum Teil mit einem Dilatometer, welches gestattet, die bei der Mischung zweier Flüssigkeiten eintretenden Volumschwankungen mit Sicherheit und großer Leichtigkeit zu bestimmen.

Dieses Dilatometer (s. Fig. 1) besteht aus einer U-förmigen Röhre von ca. 12 mm Durchmesser, in welcher im Mittelpunkt der Krümmung eine 50 cm lange Kapillare *g* eingefügt ist; an den Enden der Schenkel befinden sich zwei kleine Röhren *c* und *d* von einem Durchmesser von ca. 2 mm. Man verschließt zunächst über der Flamme das spitze Ende *f* und führt dann mittelst Aspiration in *a* eine bestimmte Menge einer der Flüssigkeiten ein, die man miteinander vermischen will. Hierauf füllt man mit Toluol, wobei man dafür Sorge trägt, daß nur diese Flüssigkeit in der Röhre *c*



Fig. 1.

¹⁾ Galeotti: Dilatometrische Untersuchungen bei den hydrolytischen Spaltungen, Zeitschr. f. physik. Chemie, Bd. 76, S. 1.

bleibt. Man verschließt das spitze Ende e über der Lampe. Nun bricht man das Ende f auf, aspiriert in b die zweite zu vermischende Flüssigkeit, stets in bestimmter Menge, und füllt ganz mit Toluol, bis der Meniskus dieser Flüssigkeit eine angemessene Höhe in der Kapillare erreicht. Endlich wird das Ende f über der Lampe wieder geschlossen. Man muß dafür Sorge tragen, daß in keinem Teile des Dilatometers eine Luftblase zurückbleibt.

Alsdann bringt man den Apparat in einen Thermostaten. Man wartet, bis vollständiges Gleichgewicht der Temperatur eingetreten ist, und liest die Höhe des Meniskus in der Kapillare auf der beigefügten Skala ab. Hierauf nimmt man den Apparat aus dem Thermostaten und bewirkt durch geeignete Bewegungen die Mischung der beiden in a und b untergebrachten Flüssigkeiten. Die Mischung erfolgt sofort, leicht und vollständig. Alsdann bringt man das Dilatometer wieder in den Thermostaten und, nachdem man sich vergewissert hat, daß das thermische Gleichgewicht wieder eingetreten ist, liest man auf der Skala den neuen Standpunkt des Meniskus ab.

Die Vorteile dieses Dilatometers sind die folgenden: Große Einfachheit der Konstruktion und der Verwendung und Leichtigkeit der Füllung des Apparates: vollständige Sicherheit, daß während der Mischung keine Schwankungen der Kapazität des Dilatometers eintreten, wie dies geschehen kann, wenn Verschlüßungen mit Schmergel vorhanden sind.

Ich füge nun noch einige weitere Bemerkungen hinsichtlich der Technik hinzu.

Eine der wichtigsten Kautelen, die man bei dilatometrischen Bestimmungen beobachten muß, besteht darin, daß man die Gase, die sich in den zum Versuch dienenden Flüssigkeiten aufgelöst vorfinden, vollständig entfernt. Wenn man nicht dafür sorgt, während man das Dilatometer erwärmt oder die in ihm enthaltenen Flüssigkeiten vermischt, machen sich Gasbläschen frei, die bewirken, daß die im Apparat enthaltene Masse zunimmt. Um die aufgelösten Gase zu entfernen, kocht man die Flüssigkeiten, die sich auch bei hoher Temperatur nicht verändern: hinsichtlich der anderen genügt es, sie bei einer Tem-

peratur von ca. 40° eine halbe Stunde oder länger im Vakuum zu halten. So verfuhr ich bei den Lösungen von koagulierendem Enzym, beim Serum und beim Eialbumin.

Die Eialbuminlösungen wurden stets sorgfältig mit Essigsäure neutralisiert und dann filtriert.

Bei der Verdünnung der Lösungen, die ich verwendete, um das Albumin zu fällen, tritt immer eine Kontraktion ein. Ich habe in jedem Falle diese Zusammenziehung bestimmt und der erhaltene Wert diente mir dazu, das Resultat der Versuche mit Fällung des Eialbumins zu korrigieren.

Bei dieser Korrektur bleibt stets ein Irrtum übrig; denn wenn man eine präzipitierende Lösung mit einer Eialbuminlösung mischt, wird ein Teil der Moleküle des Reagens durch das Protein fixiert. Es bleibt also nach Eintreten der Fällung eine Lösung des Reagens übrig, die noch mehr verdünnt ist als diejenige, welche sich beim Experiment ergibt, das zur Bestimmung der Verdünnungskonzentration des Reagens diente. Man könnte die Grenzen dieses Irrtums feststellen, wenn man die Konzentration des Reagens im Filtrat der Mischung des letzteren mit dem Eialbumin bestimmte und dann die Volumabnahme berechnete, die durch die auf diese Weise erhaltene Verdünnung verursacht wurde. Da es sich aber um sehr kleine Werte handelt, habe ich diesen Irrtum unberücksichtigt gelassen.

Meine jetzigen Experimente beziehen sich auf die Wärmegerinnung des Blutserums und des Eialbumins, auf die Enzymgerinnung des Blutplasmas und der Milch und auf die Fällung des Eialbumins mit den sogenannten fällenden Reagenzien der Eiweißstoffe.

Beschreibung der Experimente.

A. Wärmegerinnung.

Ich verwendete ein einfaches, 13 ccm fassendes Dilatometer. Die Kapillare war 60 cm lang und jeder Zentimeter derselben entsprach einem Volumen von 0,008 ccm. Ich bringe ins Dilatometer 3 ccm Vaselineöl und fülle es dann mit der zu untersuchenden Eiweißlösung, wobei ich Sorge dafür trage, daß

der Meniskus des Öls in der Skala der Kapillare tief unten bleibt. Ich bringe das Dilatometer in den Thermostaten und lese, nachdem die Temperatur ins Gleichgewicht gekommen ist, auf der Skala die Höhe des Meniskus ab. Hierauf bringe ich den Apparat in ein Wasserbad, das ich langsam erwärme, bis das Eiweiß geronnen ist, und lasse dann das Bad sich ebenfalls sehr langsam abkühlen, so daß der Meniskus ganz langsam sinkt und kein Öl infolge der Viskosität längs der Wände der Kapillare anhaften bleibt. Nun bringe ich das Dilatometer in den Thermostaten bei 33° und lese, nachdem Wärme-gleichgewicht eingetreten ist, wieder die Höhe des Meniskus ab.

a) Experimente mit Blutserum.

1. Experiment. Ich fülle das Dilatometer mit Rinderblutserum.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	6,7
» » » nach » »	6,7

2. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	3,5
» » » nach » »	3,55

3. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	10,6
» » » nach » »	10,5

b) Experimente mit Eialbumin.

4. Experiment. Ich verwende geschütteltes und durch Baumwolle filtriertes Eialbumin.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	9,15
» » » nach » »	9,1

6. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	12,2
» » » nach » »	12,15

B. Enzymgerinnungen.

a) Gerinnung des Blutplasmas.

Ich verwende das oben erwähnte Dilatometer. In einen seiner Schenkel bringe ich 1 ccm einer 1%igen Calciumchlorid-lösung, in den anderen Schenkel 10 ccm Hundebloodplasma, das

durch Zusatz von Ammoniumoxalat ungerinnbar gemacht ist. Ich bringe das Dilatometer in den Thermostaten bei 33°. Die Gerinnung tritt bald nach der Mischung der beiden Flüssigkeiten ein.

7. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	28,5
» » » nach » »	28,5

8. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	32,6
» » » nach » »	32,6

b) Gerinnung der Milch.

Ich verwendete ein einfaches Dilatometer, dessen Kapazität 13 ccm beträgt. Ich bringe zuerst 1 ccm Toluol hinein und fülle dann mit Kuhmilch, die abgerahmt, gekocht und mit dem koagulierenden Enzym (Cynarase¹⁾) vermischt ist. Dieses ist ein Extrakt in physiologischer Flüssigkeit, von Blüten von *Cynara Cardunculus*, wie sie in den Käsereien gewisser Gegenden in Italien verwendet werden. Das Dilatometer wird in den Thermostaten bei 33° gebracht. Nach ca. 20 Minuten erfolgt die Gerinnung.

9. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	30,2
» » » nach » »	30,2

Die Höhe des Meniskus ändert sich nicht mehr, auch wenn das Gerinnsel sich zurückzieht und das Casein sich vom klaren Serum trennt.

10. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Gerinnung	29,7
» » » nach » »	29,7

C. Umkehrbare Fällung des Eieralbumins.

Fällung mit Ammoniumsulfat.

Ich verwende zur Vermischung der Flüssigkeiten das in

¹⁾ Rasetti, Cynarasi o l'enzima coagulante del *Cynara Cardunculus*. — L'Orosi, *Giornale di Chimica, Farmacia, e Scienze affini* — Firenze Settembre 1898.

Fig. 1 dargestellte Dilatometer. Zunächst bestimme ich die Kontraktion, die bei Vermischung einer gesättigten Ammoniumsulfatlösung mit Wasser eintritt.

In einen Schenkel des Dilatometers bringe ich 10 ccm einer gesättigten Ammoniumsulfatlösung, in den andern 8 ccm vorher gekochten Wassers. Das Dilatometer stelle ich in ein Bad, dessen Temperatur auf 14° erhalten wird.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	34,4
» » » nach » »	19,45

Die stattgefundene Kontraktion betrug 14,95 cm. Die Eieralbuminlösung enthält 0,5 g in 8 ccm. Sie wird mit einigen Tropfen Essigsäure neutralisiert, und behufs Extrahierung der Gase ins Vakuum gebracht. Die Experimente werden gemacht, indem ich in einen Schenkel des Dilatometers 10 ccm der gesättigten Ammoniumsulfatlösung und in den andern 8 ccm der Eieralbuminlösung bringe.

11. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	37,1
» » » nach » »	24,3

Kontraktion 12,8 cm.

12. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	38,1
» » » nach » »	24,3

Kontraktion 12,45 cm.

13. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	36,8
» » » nach » »	24,35

Kontraktion 12,65 cm.

Nimmt man das Mittel aus den bei diesen drei Experimenten erhaltenen Werten, so erhält man die Zahl 12,63 cm. Subtrahiert man diesen Wert von der Zahl, welche die Kontraktion bei der Vermischung der Lösungen von Ammoniumsulfat und Wasser repräsentiert, d. h. von 14,95, so erhält man 2,32 cm, eine Zahl, die einem Volumen von 0,0281 ccm entspricht.

Aber die Vermischung von 10 ccm einer gesättigten Ammoniumsulfatlösung mit 8 ccm einer Eieralbuminlösung fällt

doch nicht das ganze Eiweiß; ein Teil davon bleibt in Lösung. Diese Menge läßt sich mit hinlänglicher Annäherung leicht berechnen, wenn man die Tabelle benutzt, die sich auf Seite 469 meiner Arbeit «Über die Gleichgewichte zwischen Eiweißkörper und Elektrolyten-Gleichgewicht im System: Eialbumin, Ammoniumsulfat, Wasser» (Diese Zeitschrift, Bd. 44, Heft 5/6) befindet. Aus dieser Berechnung hat sich mir ergeben, daß 0,12 g Albumin von den mit 8 ccm Lösung in das Dilatometer gebrachten, 0,5 g in Lösung bleiben. Mithin kann man folgern, daß eine Volumzunahme von 0,0281 ccm infolge der Fällung von 0,38 g Eialbumin in 18 ccm Flüssigkeit stattgefunden hat.

D. Partiiell irreversible oder irreversible Fällungen.

Die Fällung des Eialbumins mit Kupfersulfat und mit Silbernitrat ist ein reversibler Vorgang für gewisse hohe Konzentrationen des Salzes oder des Eiweißes (vgl. meine auf S. 433 zitierte Arbeit); aber bei den jetzt verwendeten mittleren Konzentrationen ist die Fällung für einfache Verdünnung mit Wasser fast irreversibel. Die Fällungen mit Ferrocyankalium und Gerbsäure scheinen total irreversibel zu sein.

a) Fällung des Eialbumins mit Kupfersulfat.

Ich verwende das gewöhnliche Dilatometer. Ich präpariere eine $n/5$ -Kupfersulfatlösung und eine neutralisierte Eialbuminlösung, die 0,382 g Albumin in 8 ccm enthält. Die Bestimmungen werden bei der Temperatur von $12,6^{\circ}$ gemacht.

Bestimmung der Kontraktion bei Verdünnung der Kupfersulfatlösung:

In einen Schenkel des Dilatometers bringe ich 8 ccm Kupfersulfatlösung, in den andern 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 27,85

» » » nach » » 27,65

Kontraktion 0,2 cm.

14. Experiment.

In einen Schenkel des Dilatometers bringe ich 8 ccm Kupfersulfatlösung, in den andern 8 ccm Albuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	28,6
» » » nach » »	29,2

15. Experiment. Auf dieselbe Weise ausgeführt.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	29,8
» » » nach » »	30,4

Bei beiden Experimenten ist also eine Volumzunahme von 0,6 cm eingetreten; diese Zahl ist um 0,2 zu erhöhen, weil dies die durch die Verdünnung der Kupfersulfatlösung bewirkte Kontraktion ist. Man kann also folgern, daß bei der Fällung des Albumins eine Volumzunahme von 0,8 cm der Kapillare, d. h. von 0,00968 ccm stattgefunden hat.

b) Fällung des Eieralbumins mit Sublimat.

Ich verwende eine $\frac{n}{5}$ -Sublimatlösung und eine 0,554 g Albumin in 8 ccm enthaltende Eieralbuminlösung. Die Bestimmungen werden bei der Temperatur von 13° gemacht.

Bestimmung der Kontraktion bei Verdünnung der Sublimatlösung. Ich bringe in die beiden Schenkel des Dilatometers 8 ccm Sublimatlösung und 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	13,6
» » » nach » »	13,6

Es findet also keine Kontraktion bei der Verdünnung statt.

16. Experiment.

Ich verwende 8 ccm Sublimatlösung und 8 ccm Eieralbuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	27,55
» » » nach » »	27,95

17. Experiment. Auf dieselbe Weise ausgeführt.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	22,55
» » » nach » »	22,9

18. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	32,5
» » » nach » »	32,9

Bei allen drei Experimenten ist bei der Fällung des Albumins Volumzunahme eingetreten und diese Zunahme betrug 0,4 bzw. 0,45 und 0,4 cm.

c) Fällung des Eieralbumins mit Silbernitrat.

Ich verwende eine $\frac{n}{5}$ -Silbernitratlösung und eine 0,548 g Eiweiß in 8 ccm enthaltende Eieralbuminlösung. Die Bestimmungen werden bei der Temperatur von $13,5^{\circ}$ gemacht.

Bestimmung der Kontraktion bei der Verdünnung der Silbernitratlösung.

Ich bringe in die beiden Schenkel des Dilatometers 8 ccm der Silbernitratlösung und 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 22,1

» » » nach » » 22,1

Es ist also keine Kontraktion infolge Verdünnung zu konstatieren.

19. Experiment.

Ich verwende 8 ccm Silbernitratlösung und 8 ccm Albuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 21,7

» » » nach » » 22,35

20. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 26,5

» » » nach » » 27,15

21. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 22,1

» » » nach » » 22,8

Bei allen drei Experimenten trat bei der Fällung des Albumins Volumzunahme ein, die 0,65 bzw. 0,65 und 0,7 cm, d. h. im Mittel 0,00786 ccm betrug.

Mit dem Silbernitrat wurden weitere Bestimmungen gemacht, um zu sehen, ob die Volumzunahme der Menge des gefällten Albumins proportional ist.

22. Experiment.

Ich vermische 5,3 ccm Eieralbuminlösung mit 2,7 ccm Wasser und bringe das Gemisch in einen Schenkel des Dilatometers. In den andern bringe ich 8 ccm Silbernitratlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 13,95

» » » nach » » 14,35

Abnahme des Volumens 0,4 cm.

23. Experiment.

Ich vermische 2,7 ccm Albuminlösung mit 5,3 ccm Wasser und bringe das Gemisch in einen Schenkel des Dilatometers. In den andern bringe ich 8 ccm Silbernitrat.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	19,95
» » » nach » »	20,15

Volumzunahme 0,2 cm.

Aus den Experimenten 19, 22 und 23 ergibt sich also, daß, während die Konzentrationen des Albumins sich wie 3 : 2 : 1 verhalten, die Volumzunahmen 0,65 bzw. 0,40 und 0,20 betragen. Und da ja bei den oben angegebenen Konzentrationen der größte Teil des Eieralbumins durch Silbernitrat gefällt wird, kann man die Schlußfolgerung ziehen, daß mit großer Annäherung die Menge des gefällten Albumins und die Volumzunahme einander proportional sind.

d) Fällung mit Ferrocyankalium.

Ich verwende eine Ferrocyankaliumlösung, welche 0,6% dieses Salzes enthält, und säuere sie mit einigen Tropfen Essigsäure an. Die Albuminlösung enthält 0,646 g Eiweiß in 8 ccm, Temperatur 14,6°.

Bestimmung der Kontraktion infolge Verdünnung in der Ferrocyankaliumlösung.

Ich bringe in die beiden Schenkel des Dilatometers 8 ccm der Ferrocyankaliumlösung und 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	27,4
» » » nach » »	27,3

Kontraktion infolge Verdünnung 0,1 cm.

24. Experiment.

Ich verwende 8 ccm Ferrocyankaliumlösung und 8 ccm Eieralbuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	37,55
» » » nach » »	37,60

25. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	22,65
» » » nach » »	22,75

Mittel der Volumzunahme bei den beiden Bestimmungen 0,075 cm. Diesem Werte muß der Betrag der Kontraktion hinzugefügt werden, welche durch die Verdünnung der Ferrocyankaliumlösung verursacht wurde, nämlich 0,1 cm; mithin beträgt die Volumzunahme bei der Fällung des Albumins 0,175 cm, entsprechend 0,00202 ccm.

e) Fällung mit Phosphorwolframsäure.

Ich verwende eine 5,82%ige Phosphorwolframsäurelösung und eine Eieralbuminlösung, die 0,646 ccm Eiweiß in 8 ccm enthält. Die Bestimmungen werden bei der Temperatur von 14,6° gemacht.

Bestimmung der Verdünnungskontraktion der Phosphorwolframsäurelösung.

Ich bringe in die beiden Schenkel des Dilatometers 8 ccm der Phosphorwolframsäurelösung und 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	23,8
» » » nach » »	23,75

Verdünnungskontraktion 0,05 cm.

26. Experiment.

Ich verwende 8 ccm Phosphorwolframsäurelösung und 8 ccm Eieralbuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	18,4
» » » nach » »	18,75

27. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung	16,95
» » » nach » »	17,30

Die Volumzunahme bei den beiden Bestimmungen beträgt also 0,4 cm; diesem Werte muß der Betrag der Kontraktion hinzugefügt werden, die durch die Verdünnung der Phosphorwolframsäurelösung bewirkt wurde, nämlich 0,05 cm. Die Volumzunahme beträgt also 0,45 cm, d. h. 0,00544 ccm.

f) Fällung des Eieralbumins mit Gerbsäure.

Ich verwende eine 6%ige Gerbsäurelösung und eine Eieralbuminlösung, die 0,646 g Eiweiß in 8 ccm enthält. Die Bestimmungen werden bei der Temperatur von 14,6° gemacht.

Bestimmung der Verdünnungskontraktion der Gerbsäure.

Ich bringe in die beiden Schenkel des Dilatometers 8 ccm der Gerbsäurelösung und 8 ccm destilliertes Wasser.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 21,5

» » » nach » » 21,4

Verdünnungskontraktion 0,1 cm.

27. Experiment.

Ich verwende 8 ccm der Gerbsäurelösung und 8 ccm der Eieralbuminlösung.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 22,0

» » » nach » » 22,3

28. Experiment.

Höhe des Meniskus vor der Vermischung 27,95

» » » nach » » 28,25

Die Volumzunahme bei den beiden Bestimmungen beträgt 0,3 cm. Diesem Wert muß der Betrag für die durch das Dünnerwerden der Gerbsäure verursachte Kontraktion, nämlich 0,1 cm, hinzugefügt werden. Mithin beträgt die Volumzunahme 0,4 cm, entsprechend 0,00544 ccm.

Von der Auffassung ausgehend, daß die Volumschwankung bei der Fällung des Eieralbumins mit den oben erwähnten Reagenzien eine additive Eigenschaft der Moleküle des Albumins ist (und die Experimente 19, 22 und 23 scheinen diese Annahme zu bestätigen), dachte ich daran, die erhaltenen experimentellen Daten auf miteinander vergleichbare Werte zurückzuführen. So habe ich die Volumschwankungen berechnet, die in einem Liter der verwendeten Lösung eintreten würden, wenn darin 30 g Eieralbumin präzipitieren (bei den verschiedenen Experimenten verwendete ich wenig voneinander verschiedene Lösungen, d. h. solche, welche 0,4—0,6 g Eieralbumin in 8 ccm Flüssigkeit enthielten, die dann infolge der Vermischung mit dem Reagens 16 ccm wurden).

Es ist zu bemerken, daß diese Zahlen nur für die Lösungen von verwendeten Reagenzien gelten, und daß sie einen gewissen Fehler insofern enthalten, als (wie ich bei der Fällung mit Ammoniaksulfat bemerkt habe) eine kleine Menge Albumin stets gelöst bleibt. Sicher ist, daß die Fällungen der Eiweiß-

stoffe auf verschiedene Weise erfolgen, je nach den Konzentrationen der verwendeten Lösungen, und daß, was sich in bezug auf einige Konzentrationen sagen läßt, nicht ohne weiteres in bezug auf andere wiederholt werden kann.¹⁾ Auf der folgenden Tabelle sind die Volumschwankungen eines Liters Flüssigkeit nach der Fällung des in ihm enthaltenen Eiweißes angegeben.

Zusammenfassende Tabelle.

Volumschwankungen, die ein Liter Flüssigkeit infolge der Fällung von 30 g Albumin in ihm erfährt.

Art der Fällung	Eiweißstoff	Reagens, das verwendet wurde, um die Fällung zu bewirken	Volumschwankung
Wärme gerinnung	Blutserum	—	0
do.	Eieralbumin	—	0
Enzymgerinnungen	Mit oxalsaurem Ammoniak versetztes Blutplasma	Calciumchlorid	0
do.	Milch	Koagulierendes Enzym	0
Reversible Fällung	Eieralbumin	Ammoniumsulfat (gesätt. Lösung)	+ 2,217
Partiell irreversible oder irreversible Fällungen	do.	n/5-Kupfersulfat	+ 0,762
do.	„	n/5-Sublimat	+ 0,263
„	„	n/5-Silbernitrat	+ 0,420
„	„	0,6% Ferrocyan- kalium	+ 0,095
„	„	5,82% Phosphor- wolframsäure	+ 0,254
„	„	6% Gerbsäure	+ 0,254

Man sieht also, daß sowohl bei der durch Wärme bewirkten Gerinnung als bei der Gerinnung infolge Einwirkung von Enzymen, das Volumen der Eiweißmoleküle nicht variiert.

¹⁾ Galeotti, Über die sogenannten Metallverbindungen der Eiweißkörper nach der Theorie des chemischen Gleichgewichtes. Diese Zeitschrift, Bd. 40, Heft 5 u. 6.

während hingegen bei jeder durch Säuren oder Salze bewirkten Fällung eine Volumzunahme eintritt.

Sehr unsicher sind die Hypothesen, die man vorbringen kann, um diese Erscheinung zu erklären. In meinen Arbeiten über die Volumschwankungen bei den enzymatischen und katalytischen Prozessen hatte ich gefolgert, daß Volumverminderung oder -zunahme eintritt, je nachdem Wassermoleküle in die Zusammensetzung der gelösten Moleküle so eintreten oder austreten, daß sie die Menge des Lösungsmittels vermindern oder erhöhen.

Diese Erklärung könnte man auch bei dem vorliegenden Falle annehmen und alsdann die Fällung des Albumins durch Säuren oder Salze als einen von Deshydratation des Albumins begleiteten Vorgang betrachten, infolgedessen Wassermoleküle sich von den Molekülen des Eiweißstoffes abtrennen.

Oder man könnte auch annehmen, daß die kolloidalen Eiweißteilchen, indem sie infolge Einwirkung der Salzmoleküle oder der Ionen, die sie absorbieren, ihre elektrische Ladung ändern, eine Volumzunahme erfahren.

So viel ist gewiß, daß die Erscheinung bei den Fällungen mit verschiedenen Reagenzien einen verschiedenen Grad zeigt, wie sich aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle ersehen läßt.

Schlußfolgerungen.

1. Bei der Wärmegerinnung und bei den Enzymgerinnungen der Eiweißstoffe treten keine Volumschwankungen ein.

2. Bei den Fällungen des Eieralbumins mittelst der sogenannten fällenden Reagenzien der Proteine erfolgt immer eine Volumzunahme.

3. Diese Volumzunahme ist verschieden, je nach den verwendeten Fällungsmitteln. Sie ist maximal bei der reversiblen Fällung mit Ammoniumsulfat, mittelgroß bei den Fällungen mit den Salzen der Schwermetalle, minimal bei den Fällungen mit Ferrocyankalium, Phosphorwolframsäure und Gerbsäure.
