

Über den Einfluß von Gasen, im besonderen von Sauerstoff und Kohlensäure, auf die Autolyse.

V. Mitteilung.

Autolyse und Stoffwechsel.

Von

Ernst Laqueur.

(Aus den physiologischen Instituten in Königsberg i. P. und Halle a. S.)
(Der Redaktion zugegangen am 13. April 1912.)

In den vorhergehenden Mitteilungen habe ich die schon von den ersten Bearbeitern der Autolyse vertretene Vorstellung zu stützen gesucht, daß die Autolyse auch während des Lebens eine Rolle spielt, und zwar, daß eine Verringerung der Stickstoffausscheidung bei Eingabe gewisser Substanzen möglicherweise die Folge einer Hemmung intravitaler autolytischer Vorgänge, eine vermehrte und gegen die Norm veränderte Stickstoffausscheidung die Folge einer Förderung solcher Vorgänge ist. Die Frage, ob solche Substanzen unmittelbar auf das autolytische Ferment wirken, oder auf Umwegen, habe ich bisher offen gelassen, und ich komme am Schluß der Arbeit noch einmal darauf zurück.

Bereits in der II. Mitteilung erwähnte ich, daß im Laufe der letzten Jahre unsere Anschauungen auch durch Versuche mehrerer anderer Autoren neue Unterlagen erhalten haben, indem sich bei der Wirkung einer ganzen Reihe von Stoffen (Phosphor [Saxl], kolloidale Metalle und Salze [Ascoli und seine Schüler Izar, Preti, Truffi], Toxine [Hess u. Saxl]) ein Parallelismus von erhöhter intravitaler Stickstoffausscheidung und verstärkter postmortaler Autolyse ergeben hat.

Es existieren nun bekanntlich eine ganze Reihe von Zuständen, die ähnlich wie die Vergiftungen mit den genannten

¹⁾ Siehe die vorhergehenden Mitteilungen. Das Ergebnis der Versuche ist im Zentralbl. f. Physiol., Bd. 22, Nr. 23 (1908/09) und Januar 1909 im Berichte der Physik.-Ökon. Gesellschaft, Königsberg, Jahrg. 50, mitgeteilt.

Substanzen von einem verstärkten Eiweißzerfalle begleitet — korrekter: gefolgt — sind. Ich nenne hier nur Asphyxie, Bergkrankheit, sehr gesteigerte Muskelarbeit, Anämien, Kachexie, Coma diabeticum, Eklampsie und dergleichen. Da wir nach unserer Anschauung in allen diesen Fällen eine Steigerung der Tätigkeit des oder der autolytischen Fermente während des Lebens annehmen, so entsteht die Frage, ob sich nicht in diesen verschiedenartigen Zuständen — bei allen Verschiedenheiten im einzelnen — ein gemeinsames Moment finden läßt, das diese Steigerung hervorbringt. Bei den oben erwähnten Giften, Phosphor, Arsen, wozu wir noch andere, wie Kohlenoxyd, Chloroform usw., hinzufügen können, wird schon lange angenommen, daß sie nicht unmittelbar auf die Zellen wirken, sondern mehr oder weniger indirekt durch Schädigung ihrer oxydativen Leistungsfähigkeit. Besonders ist diese Auffassung von Otto Loewi im von Noordenschen Handbuch vertreten worden, und der Lektüre dieser Abschnitte verdanke ich auch die Anregung zu den folgenden Untersuchungen.

Auch bei den genannten pathologischen Zuständen ist mehrmals als gemeinsamer Faktor Sauerstoffmangel mit seinen Folgeerscheinungen genannt worden.

Unter Folgeerscheinungen sind teils die Entstehung unvollständig verbrannter saurer Produkte teils die hiervon abhängige Anhäufung von Kohlensäure in den Geweben zu verstehen.

Indessen ist gerade die Vermehrung der Kohlensäure im Gewebe keineswegs immer als Folge von Sauerstoffmangel angesehen worden. Man hat häufig von Fällen reinen Sauerstoffmangels gesprochen, und zwar, weil man nicht nur keine Vermehrung der Kohlensäure im Blut, sondern meist eine Verminderung erhalten hat. Aber einmal sind die Messungen in vielen Fällen nur im arteriellen Blut vorgenommen worden, dann aber ist selbst die mehr oder minder direkte Bestimmung der Kohlensäure im venösen Blut nicht ohne weiteres ein Maßstab für die Menge der Kohlensäure in den Geweben.

Da fast bei all den genannten Giften und auch den erwähnten pathologischen Zuständen die Blutalkalescenz stark

abnimmt, verschiedene Säuren in verstärktem Grade, Phosphor-, Schwefelsäure, ferner anormale, wie Milch- und Oxybuttersäure, nachgewiesen sind, so wird das Blut bekanntlich die Kohlensäure nicht in gleicher Menge, zum mindesten nicht mit derselben Geschwindigkeit wie in der Norm binden. Dieselbe Menge Kohlensäure hat auch im stärker sauren Blute eine höhere Spannung als im schwächer sauren, und da der Austausch der Kohlensäure zwischen Gewebe und Blut von der Spannungsdifferenz abhängt, so wird also die Menge der Kohlensäure, die in Blut von geringerer Alkaleszenz übertritt, kleiner sein, als die, welche in normales Blut übertritt, selbst wenn die gemessene Kohlensäurespannung in beiden Blutarten die gleiche ist.

Das Wesentliche dieser Vorstellung zusammenfassend heißt es: auch in den Fällen des sogenannten reinen Sauerstoffmangels kann es trotz des verminderten Kohlensäuregehaltes des Blutes in den Geweben neben der Sauerstoffarmut zu einer gewissen Anhäufung der Kohlensäure, also zu einer «Gewebsasphyxie» kommen. Diese liegt auch bei den erwähnten Vergiftungen und Zuständen vor und führt wohl zur Steigerung der Autolyse und so zu dem gemeinsamen Symptom der vermehrten Stickstoffausscheidung.

Ist die Sauerstoffversorgung der Gewebe eine reichliche, die Kohlensäureabfuhr eine genügende, so sind wohl die autolytischen Vorgänge im Leben gering, bezw. es wird ihnen durch die entgegengesetzt gerichteten Aufbauprozesse das Gleichgewicht gehalten; steigt der Kohlensäuregehalt in den Geweben und nimmt der Sauerstoffgehalt ab, so wird die Autolyse größer, der Abbau überwiegt den Aufbau; es kommt zum sogenannten Eiweißzerfall. — Der mächtige Zerfall aller Gewebe, wie er nach dem Tode eintritt, die eigentliche Autolyse, sie ist nicht durch ein plötzlich neu auftretendes, bis dahin gänzlich verborgenes Ferment verursacht, sondern das Ferment war gewiß vorhanden, nur hat es jetzt durch die mit dem Tode, nach Aufhören der Zirkulation, veränderten Bedingungen eine außerordentliche Steigerung der Wirksamkeit erfahren. Die wichtigste Veränderung scheint mir die im Leben in diesem Grade niemals vorkommende Verschiebung regulierender Faktoren: des

Sauerstoffs, der Kohlensäure und der Reaktion. Der Sauerstoff nimmt bis auf ein Minimum ab, die Kohlensäure nimmt zu, und auch die Menge anderer saurer Produkte wächst.

Daß die zuletzt genannte Reaktion große Bedeutung für die Autolyse hat, ist nach den Erfahrungen mehrerer früherer Autoren gewiß: ihr Umfang wird im Vergleich zu dem, den sie bei annähernd neutraler Reaktion (wie z. B. bei der des Blutes) hat, durch Säuren vergrößert, durch Alkalien bis auf Null verringert (siehe auch die letzten Versuche dieser Mitteilung). Was die beiden anderen regulierenden Faktoren anlangt, so war eine experimentelle Prüfung der Vorstellung, ob wirklich Sauerstoff und Kohlensäure auf die Autolyse einen besonderen Einfluß haben, möglich, und zwar müßte Sauerstoff hemmen, Kohlensäure fördern.¹⁾

Beides hat sich zeigen lassen.

Die Methode der Untersuchung der Autolyse war die gleiche, wie sie in der zweiten Mitteilung beschrieben ist.

In den ersten Versuchen wurde das Gas dauernd durchgeleitet, bei den späteren nur im Beginn der Versuche. Bei der dauernden Durchleitung wurde meistens ein geringer Überdruck von 4–6 mm Quecksilber aufrecht erhalten, indem die Ableitungsröhren aus den Autolysenflaschen unter Quecksilber mündeten. Die dauernde Durchleitung wurde auch während der Nacht kontrolliert.

Die Gase gingen aus der Bombe (nur Stickstoff und Kohlenoxyd wurden mehrmals selbst aus $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bzw. aus Oxalsäure hergestellt) zuerst durch einen Zylinder mit Wasser und Toluol, dann durch eine Vorlage mit steriler Watte, in den späteren Versuchen auch noch durch einen sterilen Berkefeldfilter. Alle Gefäße, Verbindungsstücke usw. wurden wieder sorgfältig sterilisiert. Flaschen, bei denen dasselbe Gas hindurchgeleitet wurde, waren hintereinander geschaltet, vor jeder, wenn nur zwei, vor jeder zweiten, wenn vier Flaschen hintereinander standen, befand sich eine Flasche mit Toluol. Da die dauernde Durchleitung im Brutschrank Schwierigkeiten machte, geschah

¹⁾ Während der Drucklegung der vorläufigen Mitteilung über diese Versuche erfuhr ich, daß Bellazzi (diese Zeitschrift, Bd. 54, S. 389) kurz vorher, von ähnlichen Gesichtspunkten ausgehend wie ich, ebenfalls die fördernde Wirkung reiner Kohlensäure bereits gezeigt hat; mit Sauerstoff einwandfreie Resultate zu erzielen, gelang ihm nicht; — kurze Zeit später und unabhängig von diesen Mitteilungen hat auch Salkowskis Schüler Yoshimoto (diese Zeitschrift, Bd. 58, S. 341) die Steigerung der Autolyse durch reine Kohlensäure nachgewiesen.

sie in den späteren Versuchen in einem besonders großen Wasserbade mit konstanter Temperatur von 37°, in dem sich auch alle Vorschaltflaschen befanden, um das Gas vorzuwärmen.

Wenn Luft zur Durchleitung benutzt wurde, so geschah dies meist mittels eines Gasometers, manchmal auch durch die Saugpumpe. Durch zwischengeschaltete Flaschen mit Kalilauge wurde für ihre Kohlensäurefreiheit gesorgt.

Der Stickstoff wurde, bevor er in die Vorlegeflasche mit Wasser und Toluol eintrat, durch alkalische Pyrogallollösung zwecks Absorption des Sauerstoffs geleitet.

Es zeigte sich, daß trotz dauernder Gasdurchleitung öfter Fäulnis eintrat, wenn nicht auch noch besonders geschüttelt wurde. Die Durchmischung des Breies mit dem Toluol durch die Gasblasen allein scheint noch nicht zu genügen.

Vor dem Aufkochen wurde jedesmal sorgfältig die Reaktion auf rotes und blaues Lackmuspapier bestimmt und in den Rohprotokollen vermerkt. Sie ist hier nur bei einzelnen Versuchen angegeben. —

Mit Ausnahme der beiden ersten Versuche und des Versuches XIV sind sämtliche Proben der andern Versuche bakteriologisch untersucht.

Versuch X. Hund, durch Halsschnitt verblutet. Leber von der Pfortader mit 0,9%iger NaCl-Lösung blutfrei gespült, auf dem Wiegebrett zerhackt, mit Glaspulver (24,7% des Lebergewichts) zerrieben. Zu jeder Probe 50 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. Hinter Flasche 3 und 5 eine Flasche mit 50 ccm $n/4$ -H₂SO₄ geschaltet. Dauer 48 Stunden bei 39° (bis auf 6 Stunden, in denen die Temperatur ca. 30° war). Reaktion auf Lackmus keine deutliche Unterschiede; alle Proben amphoter; die alkalische Seite schwächer. Mit $n/10$ -Essigsäure schwach angesäuert und aufgekocht; mehrmals mit kaltem Wasser dekantiert, filtriert. Filtrat (also exkl. Rückstand) auf 500 ccm aufgefüllt. Zur Analyse je 200 ccm.

Nr.	Brei in g	Bemer- kungen	Analysen- mittel in $n/4$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
1.	39,65	sofort verarbeitet	8,80	25,8	} 52,4	—
2.	40,12	—	26,90	77,6		
6.	40,35	—	27,37	78,8		
3.	40,02	Kohlensäure dauernd durchgeleitet	42,02	122,0	96,2	+ 83,6
5.	40,17	Sauerstoff dauernd durchgeleitet	25,06	72,6	46,8	— 10,8
4.	40,02	verloren	—	—	—	—

Die Schwefelsäureflaschen hinter Probe 3 und 5 mit $\frac{n}{4}$ -Kalilauge unter Congozusatz titriert, zeigten eine Abnahme der Acidität entsprechend 1,22 und 0,35 mg N; auf 10 g Leber wäre danach 0,4 bezw. 0,1 mg N ausgetrieben worden.

Versuch XII. Hund. Gleiche Behandlung wie in Versuch X. 16,1% Glaspulver. 120 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. — Dauer 22 Stunden. — In der Reaktion keine sicheren Unterschiede. Ansäuerung durch 1% KH_2PO_4 und $\frac{n}{10}$ -Essigsäure. Zusatz von 25 ccm 20%iger NaCl-Lösung vor dem Kochen. Auf 500 ccm vor dem Filtrieren (also inkl. Rückstand) aufgefüllt.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{n}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
1.	30 ¹⁾	} sofort verarbeitet	7,72 ¹⁾	?25,5	—	—
2.	29,73		7,83	26,0	} 26,0	—
10.	30,70		8,06	26,0		
7.	29,98	—	19,04	62,7	} 62,4	} 36,4
8.	29,82	—	19,00 ²⁾	63,2		
9.	20,10	—	12,27	61,3		
3.	30,25	} Kohlensäure dauernd durchgeleitet	27,84	90,7	} 95,4	} 69,4
4.	30,16		30,62	100,2		
5.	31,21	} Sauerstoff dauernd durchgeleitet	17,05	53,8	} 53,6	} 27,6
6.	29,93		16,25	53,5		

¹⁾ Bei Probe 1 Gewicht nicht genau aufgeschrieben; auf 503 ccm aufgefüllt.

²⁾ 8 auf 503,5 ccm aufgefüllt.

Versuch XIII. Hund. Gleiche Behandlung wie Versuch XII. 20,6% Glaspulver. 150 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. — Dauer 23 Stunden. — Alle Proben amphoter. Die CO_2 -Proben wohl etwas mehr, die O_2 -Proben etwas weniger sauer als die Kontrollproben.

Nr.	Brei in g	Bemer- kungen	Analysen- mittel in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
1.	19,65	} sofort	4,91	26,6	} 27,8	—
2.	21,25		5,77	28,9		
11.	21,08	} —	12,50	63,0	} 63,4	} 35,6
13.	19,75		11,85	63,9		
3.	19,75	} Kohlensäure dauernd durchgeleitet	19,98	107,6	79,8]	—
5.	21,50		21,27	105,0	77,2	+ 117
7.	20,21	} Sauerstoff dauernd durchgeleitet	11,06	58,1	30,3]	—
9.	22,35		12,14 ¹⁾	57,6	29,8	— 16,3

Die Proben außer 3 und 7 steril.

¹⁾ Probe 9 auf 501,5 ccm aufgefüllt.

Aus diesen Versuchen X, XII, XIII geht schon das wichtigste Resultat: die starke Förderung durch Kohlensäure und die Hemmung durch Sauerstoff hervor.

In diesen wie in dem folgenden Versuche fällt auch äußerlich ein Gegensatz der Kohlensäure — und meist auch der Sauerstoffproben — zu den Kontrollproben auf. Und zwar ist die Substanz in den Kohlensäureproben gleichmäßiger, breiiger, als in den Kontrollproben, welche unter Luft standen, während umgekehrt die Sauerstoffproben meist körniger, fest, weniger verändert als die Luftproben sind.

Als ein ganz interessanter Nebenfund ist noch hervorzuheben, daß jedenfalls bei amphoterer bzw. neutraler Reaktion keine nennenswerten Mengen Ammoniak bei der dauernden Gasdurchleitung ausgetrieben werden (s. Vers. X); im Gegensatz steht hierzu das Resultat bei alkalischer Reaktion (s. Vers. XV, S. 114).

Es galt nun im einzelnen nachzusehen, ob bei Kohlensäure und Sauerstoff spezifische Einflüsse nachzuweisen sind.

Die Hemmung durch den Sauerstoff.

Die stark fördernde Wirkung zugeführter Kohlensäure läßt daran denken, daß die Hemmung durch den Sauerstoff

auf einem Fortschaffen von Kohlensäure beruht. Denn tatsächlich ist Kohlensäure bei der Autolyse stets vorhanden, einmal von vorneherein in den frischen Proben, dann aber vor allem entsteht sie während des Prozesses (Magnus-Levy,¹⁾ Lindemann.²⁾)

Die Austreibung der während der Autolyse entstehenden Kohlensäure spielt wohl eine gewisse Rolle, denn auch die Durchleitung von Stickstoff, einem gewiß indifferenten Gase, führt zu einer Hemmung der Autolyse.

Versuch XXII. Hund verblutet. Leber blutfrei gespült. Nach dem Zerschneiden mit gleichem Volumen Kieselgur und mit 10 ccm Toluol gemischt; unter 300 Atmosphären ausgepreßt. Zu jeder Probe, da zu wenig Saft erhalten worden, außer 2,5 ccm Preßsaft 12 g des Preßrückstandes gesetzt; ferner 50 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung und 5 ccm Toluol. — Dauer 18 Stunden. — Die Proben, durch welche CO₂ und O₂ geleitet war, blieben nicht steril, die mit O₂-Durchleitung sind aber doch angeführt, weil sie untereinander so gut übereinstimmen, daß die Bakterienwirkungen wohl gering zu veranschlagen sind.

Nr.	Inhalt	Bemerkungen	Analysenmittel in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
1.	2,5 Saft + 12 g Rückstand	sofort verarbeitet	6,77	26,7		—
2.	do.	—	11,99	99,8	} 71,7	—
13.	„	—	11,67	97,0		
3.	„	} Stickstoff dauernd durchgeleitet	11,09	92,3	65,6	— 8,5
4.	„		11,68	97,1	70,4	—
9.	„	} Sauerstoff dauernd durchgeleitet	10,29	85,6	} 58,5	— 18,4
11.	„		10,18	84,8		

Die Proben außer 4, 9, 11 steril.

(S. auch weiter unten Proben 3/4 in Versuchen XVI und XVIII, S. 116 u. 106). (Die beobachtete Hemmung in Versuch XVIII, bei dem aus Mangel an Stickstoff nur während der ersten 8 Stunden der Autolyse Stickstoff, während der letzten 14 Stunden aber Luft durchgeleitet wurde, wäre kleiner, wenn nur reiner Stickstoff angewandt worden wäre, denn Luft

¹⁾ A. Magnus-Levy, Hofmeisters Beiträge, Bd. 2, S. 261 (1902).

²⁾ Lindemann, Zeitschr. f. Biolog., Bd. 55, S. 37 (1911).

macht mit Ausnahme des Versuches XVI stets eine größere Hemmung, s. weiter unten.)

Es ergibt sich aus den Versuchen XVI, XVIII und XXII bei dauernder Durchleitung von Stickstoff eine Hemmung von durchschnittlich 11,6^o/_o, aus 6 Versuchen mit dauernder Durchleitung mit Sauerstoff eine durchschnittliche Hemmung von 14,8^o/_o.

(S. in den bereits angeführten Versuchen X, XI, XIII, Probe 5 bzw. 5/6 und 9; ferner im weiter unten stehenden Versuche XV, sowohl Probe 9, wie Probe 12 und endlich im Versuch XXIV, Probe 5/6.)

Schon diese etwas größere Hemmung durch Sauerstoff als durch Stickstoff läßt an einen spezifischen Einfluß des Sauerstoffs denken, wenn auch freilich die Differenz zu einem endgültigen Urteil nicht ausreicht.

Deutlicher tritt der Unterschied hervor, wenn wir die dauernde Durchleitung überhaupt vermeiden. Es ist dann nicht nur die eine Komplikation beseitigt: das Fortschaffen der sich entwickelnden Kohlensäure, sondern auch noch ein anderes störendes Moment, das zu Täuschungen Anlaß gibt: die Hemmung bei dem dauernden Schütteln durch die Gasblasen.

Schon in meiner Arbeit über den Einfluß des Chinins auf die Fermente¹⁾ habe ich darauf hingewiesen, daß das Schütteln besonders in Gegenwart eines Antiseptikums eine Schädigung des autolytischen Ferments mit sich bringt, wie es auch schon Grober²⁾ vorher bei Pepsin beobachtet hat, und wie seitdem in mehreren Fällen bestätigt wurde, so daß man ja von einer «Schüttelinaktivierung» spricht.³⁾ Auch in dieser Arbeit zeigt ein folgender Versuch (Probe 9/10 gegen 1/2 in Vers. LXIXb auf S. 102) die Hemmung der Autolyse durch wiederholtes Schütteln.

Die dauernde Durchleitung der Gase und damit das dauernde, wenn auch geringe Schütteln läßt sich leicht entbehren; es genügt, um den Einfluß der Gase zu zeigen, wenn man nur im Anfang des Versuches das Gas durchleitet, und dann die autolysierenden Proben in dieser Atmosphäre stehen

¹⁾ E. Laqueur, Arch. f. experim. Pharmakol. u. Pathol., Bd. 55, S. 240 (1906).

²⁾ Grober, Pflügers Arch., Bd. 104, S. 111.

³⁾ S. dazu auch E. Abderhalden u. M. Guggenheim, Diese Zeitschr., Bd. 54, S. 352 (1908); Signe u. Sigval Schmidt-Nielsen, ibid., Bd. 60, S. 426 (1909).

läßt. In dieser Weise ist auch Yoshimoto⁴⁾ vorgegangen. Ein gutes Beispiel hierfür ist Versuch XXIV, XXV.

Versuch XXIV. Zwei Katzen, durch Kehlschnitt verblutet. Leber blutfrei gespült. Nach dem Zerhacken gut gemischt und mit 24,9% Glaspulver verrieben. 85 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol + 1 ccm 10% Na salicylic. Dauer 19¹/₂ Stunden. Aufkochen usw. wie in Versuch XII (S. 87). Äußerlich unterscheiden sich die CO₂-Proben durch ihre größere Breiigkeit; die N₂-Proben stehen ihnen hierin am wenigsten, die O₂-Proben am meisten nach.

Nr.	Brei in g	Bemer- kungen	Analysen- mittel in ⁿ / ₄ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %	
17.	14,89	} sofort verarbeitet	3,72	27,5	—	—	
18.	11,54		2,85	28,0			27,7
15.	14,85	vergossen	—	—	—	—	
16.	14,85	} in ¹ / ₄ l Flaschen	7,86	58,3	28,0	—	
13.	14,84		—	7,50			55,7
14.	14,96		—	7,20			53,0
Stickstoff							
1.	15,03	} dauernd durchgeleitet	7,44	54,5	27,4	— 2,1	
2.	14,14		7,66	55,7			55,1
7.	14,84	} ³ / ₄ Stunden durchgeleitet	7,41	55,0	27,5	— 1,8	
8.	14,94		7,52	55,5			55,2
Sauerstoff							
5.	15,00	} dauernd durchgeleitet	7,25	53,0	24,1	— 13,9	
6.	15,01		6,92	50,7			51,8
11.	15,04	} ³ / ₄ Stunden durchgeleitet	6,78	49,6	25,1	— 10,4	
12.	14,85		7,52	56,0			52,8
Kohlensäure							
3.	15,00	} dauernd durchgeleitet	13,39	98,2	70,6	+ 15,2	
4.	14,93		13,35	98,4			98,3
9.	15,05	} ³ / ₄ Stunden durchgeleitet	13,35	97,9	70,6	+ 15,2	
10.	14,94		13,39	98,7			98,3

Alle Proben steril.

Die Proben sind in Flaschen von ³/₄ l Inhalt gefüllt außer Probe 15 und 16, welche in kleineren, nur ca. ¹/₄ l fassenden Flaschen enthalten sind.

⁴⁾ l. c.

Versuch XXV. Schwein. Leber sofort nach der Entnahme in Chloroformwasser; ca. 3 Stunden nach dem Tode zerhackt. 25% Glaspulver. 100 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol + 1 ccm 10%ige Na salicylic.-Lösung. — Dauer 42 Stunden. — Weitere Verarbeitung wie bei Versuch XII, nur wurden die Proben vor dem Filtrieren nicht auf 500 ccm. sondern auf 250 ccm aufgefüllt, und dementsprechend nur je 100 ccm zu den Analysen genommen.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
11.	20,00	} sofort verarbeitet	6,24	33,8	} 35,5	—
12.	20,12		6,91	37,2		
[7.	20,03	—	12,43	70,2	34,7]	—
8.	19,98	—	12,57	68,0	32,5	—
1.	19,88	} Stickstoff $\frac{1}{2}$ Stunde durchgeleitet	12,42	67,6	} 67,9	32,4
2.	20,00		12,60	68,2		
3.	20,00	} Sauerstoff $\frac{1}{2}$ Stunde durchgeleitet	12,32	66,6	} 64,8	29,3
4.	19,92		11,62	63,1		
[5.	20,00	} Kohlenoxyd $\frac{1}{4}$ Stunde durchgeleitet	12,60	68,4	} 32,9]	—
6.	20,06		verloren	—		

Die Proben, außer 7 und 5 steril.

Aus Versuchen, in denen nur vorübergehend, meist $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde im Anfang, das Gas durchgeleitet wird, ergibt sich, daß die Autolyse durch Sauerstoff eine durchschnittliche Hemmung von 8,1% (7 Versuche) erfährt, durch Stickstoff dagegen eine geringe Förderung von 4,5% (3 Versuche).

Sauerstoffversuche außer den unmittelbar vorhergehenden Versuchen XXIV, XXV, Proben 1/2 in Vers. XXVII, S. 100, Proben 2/7/11 in Vers. XXVIII, S. 97; Proben 3/7 in Vers. XXIX, S. 98; Proben 3/4 in Vers. LXXI S. 104; Proben 3/4 verglichen mit Proben 13/14 in Vers. LXb, S. 109; Stickstoffversuche, außer den unmittelbar vorhergehenden Versuchen XXIV, XXVI, Proben 6/8 in Vers. LXXI, S. 104).

Die Förderung von Stickstoff ist verständlich, da ja der Stickstoff im Vergleich zur Luft nicht ganz indifferent sein kann, indem in den Stickstoffproben der hemmende Einfluß des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs wegfällt (nur ein einziges Resultat, Probe 1/2 in Vers. XVI paßt nicht zu dieser Deutung, denn hier zeigt dauernde Stickstoffdurchleitung eine stärkere

Hemmung als dauernde Luftdurchleitung; ein Resultat, das möglicherweise in einer verschieden starken Gasdurchleitung und der damit verbundenen verschieden starken Schädigung des Ferments eine Erklärung findet:

In mehreren Versuchen ist auch Luft zur dauernden bzw. anfänglichen Durchleitung benutzt worden. Hierbei ergab sich mit Ausnahme eines Versuches (Probe 6 in Vers. XXVII, S. 100), Hemmung gegenüber den Kontrollproben. Diese Hemmung liegt, wie man aus dem Vorgegangenen schließen kann, an der Entfernung der Kohlensäure, wozu bei dauernder Durchleitung auch die Schädigung durch das Schütteln noch hinzukommt.

(Proben 1/2 in Vers. XVI, S. 116, Proben 3/4 in Vers. XIX, S. 108, Proben 1/20 in Vers. LXb, S. 109.)

Hier mag auch noch ein Versuch angeführt werden, der die Hemmung des Sauerstoffs im Vergleich zum Wasserstoff zeigt.

Versuch LXIV. Hund verblutet, Leber durch Fleischmaschine, mit 19% Glaspulver zerrieben. Zu jeder Probe 100 ccm Aq. + 5 ccm Toluol. Die H₂-Proben werden nach der Durchleitung noch besonders gedichtet. — Dauer 19 Stunden. — Nach Zusatz von 4 ccm 15% KH₂PO₄-Lösung 5 Min. im kochenden Wasserbad, auf 200 ccm aufgefüllt. Vom Filtrat je 50 ccm zur Analyse. (Eine ganze Reihe Proben mit verschiedenem Zusatz von FeSO₄ mit und ohne O₂-Durchleitung sind hier nicht aufgeführt, weil zum großen Teil unsteril.)

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysenmittel in ccm einer 0,1035-n-Lauge	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse
19.	7,63	} sofort verarbeitet	3,54	32,5	} 33,7
20.	7,50		3,75	35,0	
[1.	7,33	—	7,67 ¹⁾	73,5	39,8]
[2.	7,52	—	8,12	75,5	41,8]
[3.	7,69	} Wasserstoff 1/4 Std. durchgeleitet	7,97	72,5	38,8]
4.	7,52		8,27 ¹⁾	78,0	44,3
5.	7,48	} Sauerstoff 1/4 Std. durchgeleitet	zerbrochen	—	—
6.	7,42		6,49	61,3	27,6

Nur Probe 4 und 6 steril.

¹⁾ 1 auf 201 ccm, 4 auf 202,3 ccm aufgefüllt.

Die Mehrzahl der Proben in diesem Versuch sind nicht steril geblieben, indessen ist aus den beiden sterilen Proben der große Unterschied der Autolyse zwischen der Probe unter Wasserstoff und Sauerstoff gut zu erkennen.

Erwähnenswert ist hier auch endlich die Wirkung des Kohlenoxyds. Es scheint die Autolyse unbedeutend zu fördern, und das wohl darum, weil es nur als indifferentes Gas wirkt, nämlich die Luft und damit Sauerstoff und dessen hemmenden Einfluß entfernt, und so zur Förderung gegenüber den Luftproben führt.

(Probe 10 in Vers. XXVII, S. 100.)— Ein anderer Versuch mit Kohlenoxyd (Probe 5 in dem schon wiedergegebenen Vers. XXV, S. 92) ist nicht steril geblieben und darum nicht verwertbar.

Das Wesentliche der bisherigen Versuche ist also, daß die durch Sauerstoff bewirkte Hemmung auf einem spezifischen Einfluß des Sauerstoffs beruht.

Nach den im Eingang erörterten Vorstellungen war eigentlich zu erwarten, daß die Hemmung durch Sauerstoff eine noch größere sein würde: sollte doch die Tätigkeit des autolytischen Fermentes während des Lebens gerade durch die reiche Blutzirkulation, im besondern durch die gute Sauerstoffversorgung der Gewebe gering, bzw. für uns überhaupt nicht bemerkbar sein, weil sie durch die ihr entgegengesetzte Wirkung der Aufbauprozesse paralyisiert würde.

Nun ist aber unsere bisherige Versuchsanordnung weit davon entfernt, eine so ideale Sauerstoffversorgung, ja überhaupt eine solche Durchlüftung herbeizuführen, wie sie während des Lebens vorhanden ist. Diese ist ja so vollkommen, weil einmal einer jeden Zelle dauernd frischer Sauerstoff zugeht, weil ferner die entstandene Kohlensäure neben anderen, etwa die Autolyse fördernden, Abbauprodukten herausgeschafft wird, und weil endlich Sauerstoffüberträger immer neu herangebracht werden. Was diese letzteren anlangt, so fällt natürlich ihr Ersatz bei der postmortalen Autolyse fort, aber auch die Tätigkeit von vornherein vorhandener Oxydasen wird bei der anti-septischen Autolyse durch die Desinficienzen stark herabgesetzt bzw. sogar aufgehoben.

Es sei hier auch erwähnt, daß ich Herrn Brünecke Ver-

suche habe anstellen lassen, wobei in Gegenwart von Sauerstoff ein anorganischer Sauerstoffüberträger in Form von Ferrosalz in verschiedener Konzentration zu den autolysierenden Proben zugesetzt wurde. Aus Mangel an sterilen Proben ist aber bisher kein Urteil über die Wirkung dieser Substanz zu erlangen gewesen, und äußere Verhältnisse machten eine Fortsetzung und Ausdehnung der Versuche auf andere, etwa geeignetere Katalysatoren, wie Mangansalze, Kombination mit Peroxyden und dergleichen zurzeit unmöglich. —

Was die beiden anderen Punkte anlangt, die Menge des zugeführten Sauerstoffs und die Wegschaffung der Kohlensäure, so leistet die natürliche Zirkulation eine viel bessere Durchlüftung bezw. Sauerstoffversorgung als die bisherige Versuchsanordnung, denn selbst bei der dauernden Durchleitung von Gas durch die dickbreiige, aus kolloidalen Bröckchen bestehende Masse ist nicht zu erwarten, daß jedes Teilchen ständig mit Sauerstoff genügend versorgt, und die entstandene Kohlensäure sofort weggeführt wird. (Daß die Mischung wirklich eine recht unvollkommene ist, zeigt ja das oben erwähnte öftere Eintreten von Fäulnis in Proben mit Gasdurchleitung, wenn nicht noch besonders mehrmals stark geschüttelt wird.)

Es war nun aber möglich, den einen Mangel, was die Menge des zur Verfügung stehenden Sauerstoffes betrifft, dadurch zu verbessern, daß wir den Sauerstoff in erhöhter Konzentration darboten, mit anderen Worten, Sauerstoff unter Druck benutzten. Hiermit konnte weiterhin, wenn auch nicht die Beseitigung, so doch die Verringerung des zuerst erwähnten Mangels kombiniert werden: es sollten nämlich die von vornherein im Gewebe vorhandenen Sauerstoffüberträger durch keine Desinfizientien geschädigt werden, mit andern Worten, die Autolyse sollte aseptisch verlaufen.

Ich ließ mir darum einen besonderen Apparat¹⁾ herstellen, der gestattete, mehrere Proben auf einmal, sofort unter den Druck eines Gases bis zu 15 Atm. zu bringen. Die genauere

¹⁾ Der Apparat wurde im Juni 1909 in der Physikal.-Ökonom. Gesellschaft in Königsberg demonstriert und die damit angestellten Autolyseversuche vorgetragen (s. Ber. dieser Gesellschaft, Jahrg. 50).

Beschreibung des Apparates ist in der Zeitschrift für biologische Technik mitgeteilt — er besteht aus einem Kessel mit Glasfenstern (die für unsere Versuche garnicht nötig sind); ein aufschraubbarer Deckel trägt Stutzen für die Zu- und Ableitungen des Gases und ferner ein Manometer. — Die Methode der aseptischen Versuche war im wesentlichen die gleiche, wie sie Conradi¹⁾ angegeben hat.

Die aseptisch entnommene Leber wurde für einen Augenblick in kochendes Wasser gelegt, dann in steriles Wasser übertragen, darin Stücke mit der Schere abgetrennt, die Stücke nochmals für wenige Sekunden in kochendem Wasser gehalten und dann sofort in sterile, mit Watte verschließbare große Reagenzgläser gebracht. — Einige Male wurde eine weitergehende Zerkleinerung der Leber mittels einer kleinen, steril vorbereiteten Fleischmaschine versucht. Die Proben blieben aber nicht steril. Die Versuche sind hier nicht aufgeführt, weil — durch die verschieden starke Fäulnis — zwischen Proben gleicher Art Unterschiede von 60%₀ vorkamen. Der komprimierte Sauerstoff hat aber keinen besonders hemmenden Einfluß auf die Bakterienentwicklung, kenntlich an der Bildung löslichen Stickstoffs; jedenfalls fanden sich unter den fauligen O₂-Druckproben solche, die dasselbe Maximum von löslichem Stickstoff aufwiesen, wie gewöhnliche, unter Luft, faulende Proben.

Wie die Versuche XXVIII und XXIX zeigen, ist, der Erwartung entsprechend, die Hemmung des Sauerstoffs unter Druck bei der aseptischen Autolyse eine sehr bedeutende. Sie beträgt bis 50%₀. Schon äußerlich haben die O₂-Druckproben ein ganz anderes Ansehen: sie sehen ziemlich unverändert aus, haben noch die ursprüngliche Farbe, scharfe Ränder, fast unveränderte Konsistenz; es ist wenig Saft ausgetreten und kein Detritus gebildet.

Versuch XXVIII. Katze, verblutet. Leber aseptisch entnommen, Stücke in sterile große Reagenzgläser mit Wattestopfen. Je 3 bzw. 4 Gläser kommen in den Druckapparat bzw. in große Standgläser. Das eine Standglas wurde sogleich luftdicht geschlossen, das andere erst, nachdem O₂ eine Zeitlang durchgeleitet war. Die Standgläser enthielten ebenso wie der Druckapparat etwas Wasser, um Verdunstung aus den Reagenzgläsern zu vermeiden. Alle 3 Gefäße kommen in ein Wasserbad von 36—39°. Dauer 18½ Stunden. — Die Substanz wird in einer kleinen Reibschale mit Glaspulver verrieben, mit 15 ccm 20%iger NaCl-Lösung und 60 ccm Aq. (inkl. des Waschwassers für das zu-

¹⁾ Conradi, Hofmeisters Beiträge, Bd. 1, S. 145 (1901).

gehörige Reagenzglas) in Tiegel gespült, dann wird die Reaktion bestimmt, mit 2% KH_2PO_4 schwach angesäuert und gekocht. Auf 250 ccm aufgefüllt; vom Filtrat je 100 ccm zur Analyse. — Das Gewicht der Substanz wird als Differenz des leeren und des mit der Substanz gefüllten Reagenzglases ermittelt.

Nr.	Leber in g	Bemer- kungen	Analysen- mittel in n/4 ccm	N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %		
4.	8,86	} sofort	3,13	29,75	} 31,0	—		
13.	2,51		0,93	32,15				
[14.	4,58		1,46	> 27,0 ¹⁾				
[1.	3,78	} unter Luft	6,78	> 155,1 ²⁾	} > 124,1]	—		
6.	6,54		10,35	135,0				
8.	5,18		9,34	154,8			} 146,5	115,5
12.	4,41		7,68	149,8				
2.	3,84		} unter Sauerstoff	6,85			153,5	} 132,3	101,3
7.	2,97	4,60 ³⁾		135,1				
11.	3,36	4,16 ³⁾		108,3				
3.	4,98	} unter Sauerstoff von 11,5 Atm.	5,71	99,4	} 86,6	55,6		
5.	4,09		4,07	85,6				
9.	5,36		4,68	74,9				

Alle Proben bis auf 1 steril.

¹⁾ Bei 14 viel Bindegewebe und Fett, außerdem etwas verloren.

²⁾ Bei 1 etwas verloren.

³⁾ 7 auf 251,8, 11 auf 253 ccm aufgefüllt.

Versuch XXIX siehe auf der folgenden Seite.

Durch zwei Kontrollversuche sollte entschieden werden, ob der Druck als solcher eine schädigende Wirkung auf das Ferment hat. Es wurden daher aseptisch entnommene Proben in den Druckapparat unter ein indifferentes Gas, nämlich unter Stickstoff von ca. 12 Atm., gebracht. Da keine von diesen Proben steril blieben, lassen sich keine sicheren Resultate erkennen. In den Druckproben findet sich etwas weniger löslicher Stickstoff, indessen kann dies ebensogut in einer geringen Hemmung der Bakterienentwicklung, wie an einer Hemmung der Autolyse liegen. (Siehe Versuch XXXIII u. XXXIV auf S. 99).

Versuch XXIX. Katze verblutet. Aseptisch. Gleiche Behandlung wie in Versuch XXVIII. Dauer 44 Stunden (41 Stunden bei 37°, 3 Stunden bei 0°; 18 Stunden nach Beginn der Autolyse sprangen 2 Scheiben im Druckapparat; während neue eingesetzt wurden, kamen alle Proben in Eis).

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in n/4 ccm	N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %	Verhalten nach der Autolyse.	
15.	6,26	} sofort	2,74	37,3	—	—	Substanz mürbe, etwas zerfallen, wenig Saft. Kein besonderer Geruch. Schwach sauer bis amphot. Wie 1.	
16.	1,00		0,96 ¹⁾	41,8	39,5	—		
1.	3,32	} unter Luft	5,75	149,8	110,3	—	Fest: mit scharfen Rändern, nicht zerfallen. Kein Geruch. Amphot. Ziemlich fest. Viel Saft und Detritus. Deutlicher Geruch, faulig(?) Amphoter aber viel stärker nach der sauren Seite. Ähnlich wie 2; vielleicht etwas mehr verändert. Mürbe; stärker verändert als 1. Geruch aromatisch. Schwach sauer. Ähnlich wie 3; etwas weniger verändert. Geruch stark aromatisch. Wenig Saft, aber Detritus. Geruch etwas faulig.	
5.	4,53		7,36	139,7	100,2	—		
9.	enthält die ganze Gallenblase		—	—	—	—		
2.	4,25	} unter Sauerstoff von 9,2—11 Atm.	4,60	92,9	53,4	—	Fest: mit scharfen Rändern, nicht zerfallen. Kein Geruch. Amphot. Ziemlich fest. Viel Saft und Detritus. Deutlicher Geruch, faulig(?) Amphoter aber viel stärker nach der sauren Seite. Ähnlich wie 2; vielleicht etwas mehr verändert. Mürbe; stärker verändert als 1. Geruch aromatisch. Schwach sauer. Ähnlich wie 3; etwas weniger verändert. Geruch stark aromatisch. Wenig Saft, aber Detritus. Geruch etwas faulig.	
6.	11,81		15,17	106,9	67,4	—		
10.	6,33	} unter Sauerstoff	7,73	104,3	64,8	—41,2	Fest: mit scharfen Rändern, nicht zerfallen. Kein Geruch. Amphot. Ziemlich fest. Viel Saft und Detritus. Deutlicher Geruch, faulig(?) Amphoter aber viel stärker nach der sauren Seite. Ähnlich wie 2; vielleicht etwas mehr verändert. Mürbe; stärker verändert als 1. Geruch aromatisch. Schwach sauer. Ähnlich wie 3; etwas weniger verändert. Geruch stark aromatisch. Wenig Saft, aber Detritus. Geruch etwas faulig.	
3.	6,81		11,80	147,8	150,2	110,7		+0,4
7.	7,04		12,63	152,7	152,7	113,5		—
11.	6,07	10,88	153,0	153,0	113,5	—	—	

Die Proben bis auf 5, 9, 2, 6, 11 steril.

¹⁾ Bei 16 nur eine Analyse und zwar mit 200 ccm des Filtrats.

Versuch XXXIII. Katze, verblutet. Aseptisch. Gleiche Behandlung wie bei Versuch XXVIII. Dauer 23 Stunden bei 38—39,5°. — Der Rückstand wird auf 150 ccm aufgefüllt und zur Analyse zweimal je 50 ccm des Filtrats benutzt.

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{n}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
2.	6,65	} sofort verarbeitet	2,10	33,2	} 32,8	—
12.	7,48		2,30	32,4		
11.	5,30	} unter Luft	7,98	158,0	} 155,8	123,0
4.	4,46		6,25	147,2		
6.	3,83		5,92	162,1		
1.	5,95	} unter Stickstoff von 11 Atm.	8,49	149,8	} 145,7	112,9
3.	6,89		9,82	149,9		
5.	10,68		14,07	138,1		

In allen Impfproben Bakterien, darunter anaerobe, Gasbildner.

Versuch XXXIV. Katze, entblutet. Aseptisch. Gleiche Behandlung wie Versuch XXXIII. Dauer 23 Stunden bei 38—40°.

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{n}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
1.	3,81	} sofort verarbeitet	1,12	30,8	} 31,8	—
6.	4,55		1,42	32,8		
3.	—	stinkt faulig	—	—	} 204,9	173,1
5.	5,10	} unter Luft	9,82	202,2		
9.	2,75		5,49	208,0		
8.	—	stinkt faulig	—	—	} 192,6	160,8
10.	3,94	} unter Stickstoff von 10 Atm.	7,50	200,0		
14.	6,55		11,56	185,2		

Alle Proben riechen, 5 und 8 so stark, daß keine Bestimmung damit ausgeführt wurde. In allen Impfproben Bakterien.

Die aseptischen Versuche mit Stickstoff wurden nicht weiter verfolgt, da sich die Gleichgültigkeit des Druckes bei diesem indifferenten Gas für die antiseptische Autolyse hat zeigen lassen, also wir wohl annehmen dürfen, daß der

Druck als solcher auch bei der aseptischen Autolyse keine Bedeutung hat.

Bei den antiseptischen Druckversuchen war zunächst auffallend, daß sich überhaupt kein Einfluß des Sauerstoffs erkennen ließ, nicht einmal der, den er bei gewöhnlichem Druck ausübte.

Versuch XXVII. Hund verblutet. 23,5% Glaspulver. Die Proben in $\frac{3}{4}$ -l-Flaschen außer 3 und 4, die in weite Reagenzgläser, wie bei Versuch XXVIII, kommen; zu jeder Probe 50 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung und 9 ccm Toluol, + 0,6 ccm 10% salicyls. Na-Lösung. Dauer 19½ Stunden. — Weitere Verarbeitung, wie bei Versuch XXV (S. 92).

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %
11.	11,00	} sofort verarbeitet	2,75	27,3	} 27,7	—
12.	11,25		2,67 ¹⁾	27,1		
7.	11,15	—	5,92	58,0	} 57,2	30,0
8.	11,07	—	5,72	56,5		
[5.	11,20	} Luft $\frac{1}{2}$ Stunde durchgeleitet	6,07	59,4	32,2]	—
6.	11,20		5,91	57,6	30,4	+ 1,3
1.	11,00	} Sauerstoff $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde durchgeleitet	5,41	53,8	} 53,4	26,2
2.	11,00		5,35	53,1		
3.	11,00	} unter Sauerstoff von 12 Atm.	verloren	—	—	—
4.	11,10		5,78	57,0	29,8	— 0,7
[9.	11,11	} Kohlenoxyd $\frac{1}{2}$ Std. durchgeleitet (aber nur 2—5 Min. in stärkerem Strom)	6,59	64,6	37,4]	—
10.	11,20		5,95	58,4	31,2	+ 4,0

Die Proben außer 5 und 9 steril.

¹⁾ 12 auf 510 ccm aufgefüllt, je 200 ccm zur Analyse.

Versuch XXXb. Kaninchen verblutet. 25% Glas. Der Brei wird in weite Reagenzgläser gefüllt, und diese in den Druckapparat bzw. ein Standglas gestellt (s. Versuch XXVIII, S. 97), zu jeder Probe 50 ccm mit Chloroform gesättigte 1%ige NaCl-Lösung + 2 ccm Chloroform + 5 ccm Toluol. — Dauer 22 Stunden. — Sonst wie der vorhergehende Versuch XXVII).

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in n/4 ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Änderung in ‰		
7.	10,10	} sofort verarbeitet	2,74	30,5	} 30,6	—		
15.	9,05		2,47	30,7				
1.	10,13	} unter Luft	4,18	46,5	} 45,8	15,2		
5.	9,92		3,98	45,2				
2.	10,03	} unter Sauerstoff von 11 Atm.	4,14	46,4	15,8	+ 3,9		
[6.]	10,42		4,14	44,8	14,2	—		
3.	10,00	} unter Luft	3,94	44,4	} 43,2	12,6		
11.	10,00		} Die Lösung ist 0,01% an Na ₂ HAsO ₃ . Auf 10 g Leber kommen 0,386 mg As	3,74			42,1	} (- 17,2) ¹⁾
4.	9,97			3,76			42,5	
8.	9,93	} Sauerstoff von 11 Atm.	3,87	44,0	43,2	12,6	+ 0,0 - (20,2) ¹⁾	

¹⁾ Der in Klammer gesetzte Wert der prozentigen Änderung gibt die Änderung durch den As-Zusatz an.

Dieser Versuch ergibt noch als Nebenbefund, daß große Dosen von Arsen (s. d. II. Mitteilung) auch dann eine starke Hemmung hervorrufen, wenn die Proben gleichzeitig unter komprimiertem Sauerstoff standen; dies Resultat war zu erwarten, wenn unsere obige Annahme richtig war, daß sehr große Dosen Arsen das Ferment direkt vergiften, nicht nur die Bedingungen zu seiner Wirksamkeit verändern.

Wie läßt sich aber das auffallende Ergebnis verstehen, daß bei diesen antiseptischen Autolyseversuchen der komprimierte Sauerstoff ganz wirkungslos ist?

Ich erwähnte schon oben, daß bei den antiseptischen Versuchen gewiß eine Schädigung der die Sauerstoff vermittelnden Faktoren vorliegt. In den eben angeführten Versuchen war Toluol, bzw. Toluol + Chloroform, als Antiseptikum verwandt worden. Es ist nun möglich, daß sich das stets im Überschuß befindliche Toluol unter Druck mehr löst und daher eine erhöhte Schädigung dieser Faktoren bewirkt. Ist dies richtig, so wird bei Benützung eines anderen, vollkommen gelösten Antiseptikums, für das der Druck jedenfalls keine Bedeutung haben kann, z. B. Fluornatrium in 0,3%iger Lösung, der Einfluß des Sauerstoffs auch unter Druck deutlich hervortreten. (Siehe Versuch LXIX b.)

Versuch LXIXb. Hund, verblutet 20,1% Glaspulver. Zu jeder Probe 100 ccm Ag. dest. + 5 ccm Toluol bzw. 100 ccm 0,3%ige NaFl-Lösung. Probe 1—8 in weite Reagenzgläser, je 4 in den Druckapparat bzw. in ein Standglas. — Dauer 18 Stunden. — Nach Zusatz von 5,3 ccm 15% KH_2PO_4 5 Min. im kochenden Wasserbade, auf 200 ccm aufgefüllt, vom Filtrat zweimal je 50 ccm bzw. je 20 ccm zur Analyse.

Nr.	Brei	Bemerkungen	Bestimmung nach Kjeldahl				Bestimmung nach Sörensen					
			Ana-lysen-mittel in ccm einer 0,1035-n-Lauge für 50 ccm Filtrat	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto-lyse	Änderung in %	Mittel in ccm 0,1035-n-Lauge für 20 ccm Filtrat	bezogen auf 10 g Brei	ge-fun-den	auf 10 g Brei bezogen	N in mg für das ganze Filtrat von 10 g Leber	Änderung in %
23.	10,19	} sofort verarbeitet	3,73	26,2	—	—	6,68	6,55	—	—	—	—
24.	10,04		3,55	24,6	—	—	6,65	6,63	—	—	—	—
9.	10,16	} wie üblich im geschlossenen Erlenmeyer-Kolben: 4 mal geschüttelt	11,37	77,9	—	—	8,62	—	2,03	2,00	—	—
10.	9,96		11,22	78,4	—	—	8,57	—	1,98	1,99	1,99	34,7
1.	10,02	} unter Luft	11,01	76,5	—	4,0 ¹⁾	8,73	—	2,14	2,14	2,26	39,4
2.	10,03		12,11	84,0	—	—	8,98	—	2,39	2,39	—	(+ 13,5 ¹⁾)
3.	10,09	} unter Sauerstoff v. 18,5 Atm.	11,23	77,5	—	—	8,67	—	2,08	2,06	—	—
4.	10,07		11,41	79,0	—	3,6	8,40	—	1,81	1,80	1,93	33,6
5.	9,95	} unter Luft	13,55	95,0	—	—	9,33	—	2,74	2,75	—	—
6.	10,03		14,30	99,3	—	—	9,47	—	2,88	2,87	2,81	49,0
7.	9,90	} unter Sauerstoff v. 13,5 Atm.	12,75	89,6	—	—	8,68	—	2,09	2,11	—	—
8.	10,09		11,97	82,5	—	15,5	8,65	—	2,06	2,04	2,07	36,0

Alle Proben steril.

¹⁾ Die in runder Klammer stehenden Werte sind die proz. Änderung der nicht geschüttelten Proben gegenüber den in üblicher Weise geschüttelten.

²⁾ Die in eckiger Klammer stehenden Werte sind die proz. Änderung der Fluornatriumproben gegenüber den Toluolproben.

Dieser Versuch bestätigt unsere Vermutung, und wir finden tatsächlich, daß die Fluornatriumproben 7 und 8 durch komprimierten Sauerstoff eine Hemmung von 15,5% erfahren, während die Toluolproben nur eine solche von 3,6% zeigen.

Dieser Versuch zeigt auch den in den vorigen Mitteilungen erwähnten Befund, daß die Autolyse unter Fluornatrium eine viel höhere (hier um 36%) ist als unter Toluol.

Bei Benutzung des Fluornatriums als Desinfizienz läßt sich nun auch leicht entscheiden, ob der Druck als solcher eine Schädigung der Autolyse bewirkt.

Setzen wir Fluornatriumproben dem Einfluß des komprimierten Stickstoffs aus, so sehen wir, daß dieser nicht nur keine Hemmung, sondern Förderung hervorruft. (Vers. LXXI auf der folgenden Seite.)

Die Förderung erklärt sich entsprechend den früheren Auseinandersetzungen durch Entfernen des Sauerstoffs. Es wurde nämlich aus dem Druckapparat zunächst, ehe der Stickstoff unter Druck gesetzt wurde, die Luft, also der hemmende Sauerstoff, durch Stickstoff verdrängt.

Ob die starke Hemmung der Autolyse durch komprimierten Sauerstoff in Beziehung mit Erfahrungen am lebenden Tier, das bekanntlich darin zugrunde geht,¹⁾ zu setzen ist, ob ferner ein Zusammenhang mit dem Befunde Wintersteins²⁾ besteht, wonach die Totenstarre des Muskels in komprimiertem Sauerstoff ausbleibt — diese Fragen lasse ich zurzeit offen.

Die Förderung der Autolyse durch die Kohlensäure.

Die zuerst erwähnten Versuche X, XII, XIII haben die Förderung durch die Kohlensäure deutlich erkennen lassen. Daß es sich hierbei um eine Wirkung auf das autolytische Ferment handelt, zeigt folgender Versuch. Danach hat die Kohlensäure auf die gekochte Leber, nach Vernichtung des autolytischen Fermentes, keinen Einfluß. (S. Vers. LXIIb auf S. 105.)

¹⁾ P. Bert, *La pression barométrique*, Paris 1878. K. B. Lehmann, *Pflügers Archiv*, Bd. 33, S. 173 (1884).

²⁾ H. Winterstein, *Pflügers Archiv*, Bd. 120, S. 225 (1907).

Versuch LXXI. Hand verblutet. 17.0% Glaspulver. Zu den Proben 100 cem 0.3% ige NaFl-Lösung; Probe 9—11 in weite Reagenzgläser, die andern in Erlenneyer-Kolben. Durch Proben 3—6 und 8 wird durch jede getrennt 1 l O₂ bzw. N₂ in ca. 8 Min. durchgeleitet. — Dauer 21 1/2 Stunden. — Weitere Verarbeitung wie im vorstehenden Versuch LXIX b. nur wird nach dem Aufkochen 5.1 cem % KH₂PO₄ hinzugefügt.

Nr.	in g	Bemerkungen	Bestimmung nach Kjeldahl				Bestimmung nach Sörensen						
			Analysenmittel in cem einer 0.1035-n-Lauge für 50 cem Filtrat	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %	Mittel in cem einer 0.1035-n-Lauge für 20 cem Filtrat	bezogen auf 9.0 g Brei	gefunden	Autolyse auf 9.0 g Brei bezogen	N in mg für das ganze Filtrat von 10 g Leber	Änderung in %	
7.	9.03	sofort verarbeitel	5.02	37.4	36.8	—	6.20	6.18	6.19	—	—	—	—
12.	9.01		4.87	36.2	—	6.20	6.20	—	—	—	—	—	—
1.	9.08	—	14.49	107.0	107.0	70.2	—	—	—	2.24	2.23	2.23	41.6
2.	9.05	—	14.46	107.1	107.0	—	8.43	—	—	2.24	2.23	2.23	—
3.	9.05	Sauerstoff je 1 l durchgeleitet	13.45	99.6	102.8	66.0	8.33	—	—	2.14	2.13	2.13	39.7
4.	9.05		14.31	106.0	102.8	—	8.33	—	—	2.14	2.13	2.13	—
5.	9.08	Stickstoff je 1 l durchgeleitet	14.79 ¹⁾	> 109.8 ²⁾	> 73.0	—	8.77	—	—	2.58 ²⁾	> 2.57 ²⁾	> 2.57 ²⁾	> 47.9
6.	9.00		15.63	116.8	118.0	81.2	8.81	—	—	2.62	2.62	2.61	48.6
8.	9.08		16.14	119.2	118.0	+ 15.7	8.81	—	—	2.62	2.61	2.61	+ 16.8
9.	9.02	unter Stickstoff	12.17 ²⁾	113.0	117.3	80.5	6.83 ²⁾	8.54	8.54	2.35	2.35	2.35	—
10.	9.02	von	13.04 ²⁾	121.2	117.3	+ 14.7	7.03 ²⁾	8.78	8.78	2.59	2.59	2.48	+ 11.0
11.	9.00	12.5 Atm.	12.49 ²⁾	117.6	117.6	—	6.88 ²⁾	8.69	8.69	2.50	2.50	2.50	—

Alle Proben steril.

¹⁾ Bei 5 etwas verloren.

²⁾ 5 auf 201 cem, 9 auf 250 cem, 10 auf 250 cem, 11 auf 252.5 cem aufgefüllt

Versuch LXIIB. Schwein. Leber ohne Glas fein zerhackt; 100 ccm Aq. + 5 ccm Toluol. Alle Proben 5 Min. im kochenden Wasserbade. Danach durch Probe 3 und 4 je 20 Min. CO₂ durchgeleitet. Nach 18 Stunden Aufenthalt im Brutschrank unter Zusatz von 5,2 ccm 15% KH₂PO₄ nochmals 5 Min. im kochenden Wasserbade. Auf 200 ccm aufgefüllt. Je 50 ccm zur Analyse.

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in n/10 ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Änderung in %
13.	10,08	—	6,40	33,8	} 33,45
14.	10,16	—	6,32	33,1	
3.	10,00	} unter Kohlensäure	6,31	33,6	} 33,55
4.	10,06		6,33	33,5		+ 0,29

Die Proben steril.

Es ist oben bereits erwähnt worden, daß die Wirkung der Gase, also auch der Kohlensäure, deutlich hervortritt, wenn nur im Beginn der Versuche das Gas eingeleitet wird, und die Proben dann in dieser Atmosphäre stehen bleiben. Der oben (S. 91) wiedergegebene Versuch XXIV zeigt, daß die Förderung eben so groß ist, wenn dauernd Kohlensäure durchgeleitet wird, wie wenn sie nur im Anfang, ca. ³/₄ Stunden, hindurchgeht. Es ist dies wohl so zu verstehen, daß einerseits bei nur vorübergehender anfänglicher Durchleitung die Sättigung mit Kohlensäure geringer ist als bei dauernder Durchströmung, und so die Förderung geringer wird, andererseits aber das schädigende Moment der dauernden Durchleitung (Schütteln) wegfällt, und so die Förderung größer wird. Die beiden Einflüsse würden sich also mehr oder weniger paralysieren. Wird die Sättigung verbessert, ohne die Schüttelschädigung allzusehr zu erhöhen, so werden sogar dauernd durchströmte Proben in der Autolyse gegen zeitweilig durchströmte zurückbleiben. Zu einer solchen Deutung führt der Versuch XVIII. Proben, durch die nur zweimal 2 Stunden Kohlensäure geleitet ist, haben eine höhere Autolyse als Proben mit dauernder Durchströmung.

Versuch XVIII. Hund verblutet. Trotz langer Durchspülung Leber nicht ganz blutfrei. Kein Glaspulver. Zu jeder Probe 120 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. — Dauer 21 Stunden. — Sonst wie

Versuch XII (S. 87). Die N-Durchleitung mußte aus Mangel an Gas nach 6 $\frac{1}{2}$ Stunden abgebrochen werden; die übrige Zeit wurde Luft durchgeleitet. — In der Reaktion keine deutlichen Unterschiede.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %
11.	12,06	} sofort verarbeitet	4,83	34,1	} 32,7	—
12.	12,07		4,42	31,3		
9.	11,85	—	14,21	102,9 ¹⁾	} 102,0	69,3
10.	12,15	—	14,36	101,1 ¹⁾		
3.	11,83	} Stickstoff 6 $\frac{1}{2}$ Stunden dann Luft 14 $\frac{1}{2}$ Stunden, durchgeleitet	14,15	102,1	} 98,8	66,1
4.	11,73		13,18	95,6		
1.	12,31	} Gemisch von 50% CO ₂ + 50% Luft dauernd durchgeleitet	16,95	117,7	} 85,0	+ 23,0
[2.	12,18		20,21	142,0			109,3]
5.	12,08	} Kohlensäure dauernd durchgeleitet	19,80	140,1	} 131,5	98,8
6.	11,75		16,90	123,0		
7.	12,50	} Kohlensäure zweimal 2 Stunden durchgeleitet	19,75	134,8	} 148,6	115,9
8.	12,04		22,87	162,4		

¹⁾ 9 und 10 auf 502,5 ccm aufgefüllt.

Es ist oben schon besprochen worden, daß bei der hemmenden Wirkung, welche die dauernde Durchleitung auch von indifferenten Gasen (z. B. von Luftdurchleitung gegenüber Proben unter Luft) hervorruft, neben der «Schüttelschädigung» auch die Austreibung der Kohlensäure in Betracht kommt; es war daher daran zu denken, ob nicht sogar eine verschiedene Größe der Gefäße, in denen sich die Autolyse abspielt, eine Bedeutung hat. In dem kleineren Gefäß müßte ja bei gleicher Menge autolisierender Substanz die Konzentration der Kohlensäure (sowohl der anfänglich vorhandenen wie der im Laufe des Prozesses entstehenden) eine größere sein. Ein Resultat in dem erwähnten Vers. XXIV (S. 91, Probe 16 gegen 13/14) schien für einen solchen Einfluß zu sprechen; Probe 16 befand sich in einer $\frac{1}{4}$ -Literflasche, die beiden anderen in $\frac{3}{4}$ -Literflaschen. Es wurde ein besonderer Versuch angestellt, bei dem sich aber kein Einfluß des Raumgehaltes nachweisen ließ.

Versuch XXVI. Katze, verblutet. 25% Glaspulver. Zu jeder Probe 100 ccm 0,9% NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol + 1 ccm 10% salicyls. Na. Dauer 20 Stunden. Weitere Verarbeitung wie Versuch XXV (S. 92).

Nr.	Brei in g	Bemer- kungen	Analysen- mittelwert in $\frac{1}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in %	
9.	16,00	} sofort verarbeitet	3,16	23,2	}	—	
10.	16,10		3,13	23,0			23,1
3.	16,20	} in $\frac{3}{4}$ l- Flaschen	4,76	34,7	} 11,6	—	
5.	16,05		4,80	35,3			35,0
[4.	16,10		4,84	35,5			12,4]
6.	16,05		4,72	34,7			11,6	+ 0,0
[7.	16,05	} in $\frac{1}{4}$ l- Flaschen	4,72	34,7	11,6]	—	
[8.	16,11		4,80 ¹⁾	35,2	12,1]	—	
1.	16,00	} in $\frac{3}{4}$ l-Flaschen $\frac{1}{4}$ Std. Luft durchgeleitet	4,53	33,4	} 10,3	— 11,2	
2.	16,15		4,57 ¹⁾	33,4			33,4

Die Proben außer 4, 7, 8 steril.

¹⁾ Bei 2 und 8 nur eine Analyse.

Die nächste Frage war, ob sich der Einfluß der Kohlensäure auch schon bei geringerer Konzentration, als sie durch Einleiten von reiner Kohlensäure entsteht, nachweisen läßt.

Der auf der vorigen Seite erwähnte Versuch XVIII hat gezeigt, daß eine Förderung von 23% (sie ist eigentlich noch höher zu veranschlagen, wenn man die Schädigung der dauernden Durchleitung in Betracht zieht) durch ein Gemisch, das gleiche Teile Luft und Kohlensäure enthält, hervorgebracht wird. Der folgende Versuch (Vers. XIX) zeigt eine Förderung von 27,6% bei dauernder Durchleitung eines Gemisches von Luft und Kohlensäure, dessen Gehalt an Kohlensäure zwischen 25 und 40% schwankte.

Versuch XIX. Hund verblutet. Leber blutfrei gespült. Kein Glaspulver. Zu jeder Probe 100 ccm 0,9% ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. — Dauer 21 Stunden. — Sonst wie Versuch XII (S. 87).

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in $\frac{n}{4}$ ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %
9.	6,94	) sofort verarbeitet	3,04	37,9 ¹⁾	} 36,6	—
10.	8,29		3,39	35,3 ¹⁾		
1.	7,25	) Stickstoff die ersten 8 Stunden dauernd durchgeleitet	7,62	90,8 ¹⁾	} 95,1	58,5
2.	7,18		8,17	99,5 ¹⁾		
3.	7,13	) Luft dauernd geleitet	7,78 ²⁾	94,0	} 91,3	54,8
4.	7,17		7,39	88,6		
5.	6,98	) Kohlensäure dauernd durchgeleitet	12,29	152,0 ¹⁾	} 141,9	105,3
6.	6,76		10,34	131,9 ¹⁾		
7.	6,80	) Gemisch von Luft + Kohlensäure (ca. 25–40% CO ₂) dauernd durchgeleitet	8,57	108,9	} 106,5	69,9
8.	7,23		8,71	104,2 ¹⁾		

¹⁾ 1, 9, 10, 5, 6, 8 auf 501 ccm, 2 auf 507 ccm aufgefüllt.

²⁾ 3 nur eine Analyse.

Indessen auch schon geringere Mengen Kohlensäure zeigen, wenn sie im Anfang der Autolyse zugeführt werden, und die dauernde Durchleitung vermieden wird, eine fast eben so große Förderung und, was besonders wichtig erscheint, selbst nur solche Konzentrationen, wie wir sie im Gewebe annehmen müssen, haben einen deutlichen Einfluß.

Nach den meisten Untersuchern schwankt der Gehalt an Kohlensäure im venösen Blut zwischen 35 und 40 ccm in 100 ccm Blut; die Kohlensäure hat dabei eine Spannung von 4–6% einer Atmosphäre. In dem Versuch LXb sehen wir, wie Kohlensäurezusätze zu einer Sauerstoffatmosphäre schon von 4,9% einen deutlich fördernden Einfluß haben, und wie dieser durch eine Steigerung auf 10% außerordentlich erhöht wird.

Versuch LXb. Hund, verblutet. 20,2% Glas. Zu jeder Probe 100 ccm Aq. + 5 ccm Toluol. Bei der Gasdurchleitung erhalten alle Proben mit geraden Nummern (außer 20) weniger Gas, werden also weniger geschüttelt, weil die zusammengehörigen Proben hintereinander geschaltet waren, der Verschuß der ungeraden Probe aber hierbei nicht dicht hielt, und so Gas entwich. — Dauer 18 $\frac{3}{4}$ Stunden. — Nach

Herausnahme aus dem Brutschrank standen die Proben mit geraden Nummern ca. 1½ Stunden länger bei Zimmertemperatur als die zugehörigen Proben mit ungerader Nummer, ehe sie aufgeköcht wurden. — Nach Zusatz von 8,4 ccm 15% KH_2PO_4 5 Min. im kochenden Wasserbade auf 200 ccm aufgefüllt, vom Filtrat je 50 ccm zur Analyse.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Analysen- mittel in 0,1035-n ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Ana- lyse	Änderung in %	
17.	15,96	) sofort verarbeitet	6,76	28,6	—	—
18.	15,85		6,85	29,2			
13.	16,02	) —	16,92	71,4	41,0	—
14.	15,78		16,03	68,5			
1.	15,91	) im Anfang Luft ca. 10 Min. durch- geleitet	15,30	64,9	37,0	—
2.	16,18		zerbrochen	—			65,9
20.	16,02		15,90	67,0			
3.	15,95	) im Anfang Sauer- stoff 100% durch- geleitet	15,70	66,5	38,6	(— 5,9)¹)
4.	16,18		16,45	68,6			
5.	16,13	) im Anfang Gemisch 95,1% O_2 + 4,9% CO_2 durchgeleitet.	16,72	70,0	41,1	+ 6,5
[6.	16,22		17,44	72,5	43,6]	—	
7.	16,22	) im Anfang Gemisch 90% O_2 + 10% CO_2 durchgeleitet	17,60	73,4	47,8	+ 23,8
8.	16,21		18,74	78,1			
9.	15,99	) im Anfang Gemisch 70% O_2 + 30% CO_2 durchgeleitet	18,41	77,8	50,8	+ 31,6
10.	15,88		19,22	81,6			
11.	16,13	) im Anfang Kohlen- säure 100% durch- geleitet	25,09	105,0	76,1	+ 97,0
[12.	15,90		25,93	110,2	81,3]	—	

Die Proben bis auf 6 und 12 steril.

¹) Der in runder Klammer stehende Wert gibt die proz. Änderung durch den Sauerstoff gegenüber den ruhig unter Luft stehenden Proben; die andern Werte die proz. Änderung durch den CO_2 -Zusatz.

Noch deutlicher zeigt Versuch LXVII (S. 120) den Einfluß geringer Kohlensäure zu einer Luftatmosphäre. Die Spannung des Sauerstoffs im venösen Blut beträgt ca. 20% einer Atmosphäre, also die Zusammensetzung des Gemisches (der Proben 2'12/22 in Vers. LXVII) aus 5% Kohlensäure mit 95% Luft

ist ungefähr, abgesehen von dem indifferenten Stickstoffgehalt, die gleiche, wie sie im venösen Blut vorliegt.

Man erkennt, wie eine Änderung des Gasgemisches im Sinne einer größeren Venosität, also Zunahme der Kohlensäurespannung bei Abnahme der Sauerstoffspannung, eine erhebliche Steigerung bewirkt.

Die Erhöhung der Kohlensäurespannung über eine Atmosphäre, auf 12,5 Atm., hat keine weitere Förderung der Autolyse zur Folge, sondern im Gegenteil: einen Rückgang der Steigerung. Es zeigt dies Versuch LXXc auf der folgenden Seite. — Dies Verhalten der Kohlensäure ist analog dem anderer Säuren; auch bei ihnen ist ein Optimum der Förderung bei einer gewissen Konzentration vorhanden, eine weitere Konzentrationszunahme läßt nach Arinkin¹⁾ die Autolysensteigerung klarer werden.

Derselbe Autor, ein Schüler Salkowskis, hat aber weiterhin festgestellt, daß dieses Optimum der Steigerung bei verschiedenen Säuren nicht bei gleicher äquimolekularer Konzentration liegt, und daß weiter das Maximum der Förderung überhaupt verschieden groß ist.

Für unsern Fall hatte es nun besonderes Interesse, die Wirkung der Kohlensäure mit der einer andern Säure (Schwefelsäure), die die Autolyse relativ stark beeinflußt, zu vergleichen, und so zu sehen, ob bei der Wirkung der Kohlensäure nur ihre Säurenatur in Betracht kommt, oder auch ein spezifischer Einfluß vorliegt. Ich hatte sogleich nach den ersten Versuchen vor vier Jahren, die mir überhaupt die Wirkung der Kohlensäure gezeigt hatten, auf einen spezifischen Einfluß gefahndet, da die durch Kohlensäure bewirkte Reaktionsänderung, kenntlich an der Farbenänderung von Lackmus, recht gering schien. Ich erwähnte schon oben, daß bei allen Versuchen in allen Proben die Prüfung auf rotes und blaues Lackmuspapier vorgenommen wurde, und sich dabei stets amphotere Reaktion gezeigt hatte, und zwar war vor der Autolyse die Reaktion meist nach der alkalischen Seite, nach stattgefunder Autolyse nach der sauren Seite mehr ausgesprochen. Ich kann daher in diesem Punkte

¹⁾ M. Arinkin, Diese Zeitschrift, Bd. 53, S. 192 (1907).

Versuch LXXc. Hund, verblutet. 20% Glaspulver. Zu den Proben 100 ccm 0,3%ige NaFl-Lösung. Proben 13 und 14 in weite Reagenzgläser, die in den Druckapparat kommen; die andern in die üblichen Erlenmeyer-Kolben. — Dauer 19 Stunden. — 5 Min. im kochenden Wasserbade, danach 5,3 ccm 15% KH_2PO_4 zugesetzt, auf 200 ccm aufgefüllt usw., wie Versuch LXXI (S. 104).

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Bestimmung nach Kjeldahl				Bestimmung nach Sörensen				
			Analysen- mittel in ccm einer 0,1085-n- Lauge für 50 ccm Filtrat	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse in %	Ände- rung in %	Mittel in 0,1095-n- Lauge für 20 ccm Filtrat	bezogen auf 9,0 g Brei	ge- fun- den	auf 9,0 g Brei bezogen	N in mg für das ganze Fil- trat von 10 g Leber	Ände- rung in %
15.	10,03	} sofort verarbeitet	4,08	28,22	—	—	7,07	—	—	—	—
20.	10,00		3,94	27,35			7,27					7,17
1.	10,00	—	11,62 ¹⁾	81,0	—	—	9,02	—	1,85 1,86	32,2	—
2.	10,21		12,12	82,4			9,08				
[16.	10,12	—	12,01	82,3	—	—	—	—	1,72 1,70	29,5	—
11.	10,01		19,65	136,2			10,91					3,74 3,74
12.	10,01	} 5 Min. lang Kohlensäure, je 1 l durchgeleitet	19,73	136,9	—	—	—	—	3,69 3,69	64,4	+ 100
[13.	9,98		15,35 ¹⁾	117,1			9,35					3,11 3,11
14.	10,17	} unter Kohlensäure von 12,5 Atm.	13,73 ¹⁾	117,0	—	—	10,28	—	3,19 3,14	54,0	+ 69,4
			13,73 ¹⁾	117,0			8,29					10,36

Die Proben bis auf 16 und 13 steril.

¹⁾ 1 auf 200,8 ccm, 13 auf 220 ccm, 14 auf 250 ccm aufgefüllt.

Yoshimoto¹⁾ nicht beistimmen, der angibt, daß die Autolyseproben nach Kohlensäuredurchleitung sauer werden: blaues Lackmus wird rot, aber stets ist auch auf rotem Lackmus, solange es feucht ist, eine gewisse Blaufärbung zu erkennen. Ich habe dies mit Lackmuspapier verschiedener Herkunft konstatieren können. — Vielleicht beruht die Differenz unserer Beobachtungen auf dem Zeitpunkt der Reaktionsbestimmung: Yoshimoto leitet Kohlensäure ein, wobei «die Mischung saure Reaktion annimmt», während ich die Reaktion in den CO_2 -Proben am Ende der Autolyse feststellte, wo also sicher ein Gleichgewicht zwischen der Kohlensäure und den Eiweißkörpern usw. eingetreten war.

Ein spezifischer Einfluß der Kohlensäure mußte sich zeigen, wenn durch andere Säuren die Reaktion deutlicher nach der sauren Seite verschoben wird, die Förderung aber hinter der durch Kohlensäure zurückbleibt, oder wenn sich auch noch bei alkalischer Reaktion, von der wir durch frühere Versuche mehrerer Autoren wissen, daß sie einen stark hemmenden Einfluß hat, die Kohlensäure eine Wirkung erkennen läßt.

Beides ist der Fall und aus den unten folgenden Versuchen XIV, XV, XVI, LVIII und LXVII zu entnehmen.

Was zunächst das Hervortreten einer Kohlensäurewirkung auch bei alkalischer Reaktion anlangt, so zeigen dies die Versuche XIV und XV. In dem einen Falle ist, um einzelne Proben alkalisch zu machen, Na_2CO_3 , im anderen NaHCO_3 zugesetzt. Die Hemmung der Autolyse bei den unter Luft stehenden alkalischen Proben ist sehr stark (Proben 11/14 gegen 9/12 im Vers. XIV; Proben 15/18 gegen 16 im Vers. XV). In alkalischen Proben, durch welche Kohlensäure dauernd durchgeleitet wird, wodurch natürlich der Unterschied hinwegfällt, ob Na_2CO_3 oder NaHCO_3 ursprünglich zugesetzt war, bleibt die Reaktion bis zum Schluß alkalisch; trotzdem ist kein Unterschied der Autolyse gegen die amphoteren Kontrollproben zu erkennen, wenn man den bei alkalischer Reaktion und dauernder Durchleitung ausgetriebenen Ammoniak zu dem im Filtrat erhaltenen Stickstoff hinzurechnet (in Vers. XV, Probe 8).

¹⁾ l. c.

Versuch XIV. Katze, verblutet. Leber unvollkommen blutfrei gespült, zerhackt. 60 g in 900 ccm NaCl-Lösung unter 5 Min. langem Schütteln aufgeschwemmt. Für jede Probe je 60 ccm schnell im Maßzylinder abgemessen, dazu 40 ccm Flüssigkeit (Aq. bezw. H_2SO_4 bezw. Na_2CO_3 -Lösung) + 10 ccm Toluol. Die Gasdurchleitung unter einem Überdruck von ca. 60 mm Hg. — Dauer 22 Stunden. — Flascheninhalt mit 100 ccm Aq. + 20 ccm 20% iger NaCl-Lösung in Tiegel gespült, Reaktion bestimmt und zu den sauren bezw. basischen Proben soviel Base bezw. Säure zugefügt, daß die übliche amphotere Reaktion eintritt, darauf alle Proben mit KH_2PO_4 schwach angesäuert, und aufgekocht, auf 500 ccm aufgefüllt, je 200 ccm zur Analyse.

Nr.	Aufschwemmung in ccm	Bemerkungen	Normalität		Reaktion	Analysenmittel in n/4ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Änderung in Prozent Einfluß des der Re- Gases aktion	
			$\frac{H_2SO_4}{2}$ bezw. $\frac{Na_2CO_3}{2}$	Milli- mol. H_2SO_4 2 bezw. Na_2CO_3 2 auf 10 g Leber ¹⁾						
1.	60 ²⁾	} sofort ver- arbeitet	—	—	amphoter, mehr alk.	0,97	30,0	} 31,4	—	—
2.	60 ²⁾		do.	—	do.	1,06	32,8			
16.	60 ²⁾	sofort aufge- kocht, dann in Brutschr.	Base 0,025	11,2	stark alkal.	1,08 ³⁾	35,0	—	—	—
9.	60,5	—	—	—	amphoter, mehr sauer	2,38	51,1	19,7	—	—
12.	60,2	—	—	—	do.	ver- loren	—	—	—	—
3.	60	} dauernd Kohlen- säure	—	—	neutral	4,77	103,8	} 115,2	83,8	+ 326
6.	59,5		amphoter, mehr sauer	—	—	5,78	126,7			
15.	60	—	} Säure 0,01	2,5	sauer	5,23	103,6	} 110,4	79,0	— + 301
13.	59	—			deutl. sauer	5,29	117,2			
4.	61,5	dauernd Kohlen- säure			stark sauer	5,84	121,0			
7.	60	—	—	—	sauer	5,47	119,0	120	88,6	+ 12,1 + 5,5
11.	59	—	} Base 0,025	6,25	alkalisch	1,47	32,5	} 29,1 (?)	- 2,3 ⁴⁾	— — 111
14.	60	—			stark alkal.	1,19	25,8			
5.	59	dauernd Kohlen- säure			alkal. we- niger als 11	2,24	49,5			
8.	59,5	—	—	—	deutl. alkal.	2,29	50,1	49,8	18,4	+ 90 — 78

¹⁾ Hierbei ist angenommen, daß sich die ganze zugesetzte Säure bezw. Base auf die Leber verteilt; bei gleichmäßiger Verteilung zwischen Flüssigkeit und Leber wäre der Wert nur der 10. Teil des angegebenen. — ²⁾ Proben 1, 2, 16 enthalten eine schwächere Aufschwemmung 60 ccm = 2,8 g Leber. — ³⁾ 16 auf 530 ccm aufgefüllt. — ⁴⁾ Der negative Wert der Autolyse, der durch den niedrigen N-Gehalt der Probe 14 entsteht, liegt vielleicht an einer NH_3 -Abgabe dieser stark alkalischen Probe.

Versuch XV. Hund vorblutet. Leber fein gewiegt. Kein Glas. In jeder Flasche 150 ccm Flüssigkeit (Aq. bezw. H₂SO₄ — bezw. NaHCO₃-Lösung) + 10 ccm Toluol. Weitere Behandlung wie im vorhergehenden Vers. XIV. — Dauer 21 Stunden.

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Veratit an H ₂ SO ₄ ? bezw. NaHCO ₃	Millimol. H ₂ SO ₄ bezw. NaHCO ₃ auf 10 g Leber	Reaktion	Analyse- mittel in ml, ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Autolyse	Änderung in Prozent des Gases	Einfluß der Reaktion	
1.	10,05	sof. verarbit.	—	—	neutral	3,39	28,5	—	—	—	
[13.	15,02	—	—	—	neutr. bis alkal.	16,75	94,5	66,0]	—	—	
16.	15,14	—	—	—	amph. bis alkal.	14,00	78,4	49,9	—	—	
[3.	15,25	dauernd	—	—	schwach alkal.	23,23	129,3	100,8]	—	—	
6.	14,96	Kohlen- säure dauernd	—	—	mehr alk. als neutral	20,05	114,0	85,5	+ 71,3	—	
9.	15,09	Sauerstoff	—	—	schwach alkal.	13,54	76,2	47,7	— 4,4	—	
2.	10,35	sof. verarbit.	—	—	stark sauer	4,26 ¹⁾	35,4	—	—	—	
14.	15,08	—	—	—	sauer	25,01 ¹⁾	141,1	105,7	—	—	
17.	15,06	—	—	—	"	26,13	147,0	111,6	—	+ 118	
4.	14,90	dauernd	Säure { 0,0125	1,25	"	23,99	136,2	100,8	—	6,3	+ 19,1
7.	15,20	Kohlen- säure dauernd			"	24,77	138,2	137,2	102,8	101,8	—
12.	15,02	Sauer- stoff	—	—	"	21,82	123,2	87,8	— 19,2	+ 84	
10. + 11. ²⁾	15,10 + 15,03	—	0,0063	0,63	"	40,81	111,7	76,3	— 29,8	+ 60	
19.	10,05	sof. verarbit.	—	—	stark alkalisch	3,44	29,3	—	—	—	
15.	14,92	—	—	—	alkalisch	7,32	41,6	12,25	—	—	
18.	15,05	—	—	—	stark alkalisch	7,12	40,1	10,75	—	—	
[5.	15,27	dauernd	Base { 0,033	3,33	alkalisch	12,50	69,5	40,15]	—	—	
8.	14,97	Kohlen- säure			"	11,84	67,1 [79,8]	37,7 [50,5] ³⁾	+ 228 [+ 339]	— 56 [— 41] ³⁾	

Die Proben bis auf 13, 3 und 5 steril.

¹⁾ 2 auf 502 ccm, 14 auf 501 ccm aufgefüllt.

²⁾ Proben 10 und 11 sind während der Gasdurchleitung zusammengelaufen.

³⁾ Die in eckiger Klammer stehenden Werte zu Probe 8 ergeben sich, wenn man zu dem im Filtrat erhaltenen N noch

den hinzuaddiert, den man aus der Titration der Säure erhält, die während der Gasdurchleitung hinter 8 geschaltet war. Es sind hierbei 5,5 ccm n. 4-Säure entspr. 19,25 mg N verbraucht worden und zwar durch 14,97 g Leber, durch 10 g Leber also 12,8 mg.

Gleichzeitig ergeben diese Versuche, was durch die folgenden noch deutlicher wird, daß die Kohlensäure relativ stärker als eine andere Säure, als Schwefelsäure, wirkt.

Zu einzelnen Proben ist Schwefelsäure hinzugesetzt, und zwar soviel, daß die Reaktion deutlich sauer war. Die Reaktion ist im Gegensatz hierzu auch bei dauernder Kohlensäuredurchleitung, wie schon erwähnt, amphoter, freilich ist der Umschlag nach der sauren Seite mehr ausgesprochen. Es ist dies aber doch nicht so stark, daß es immer möglich wäre, die Reaktion einer unter Luft stehenden Probe von einer mit dauernder Kohlensäuredurchleitung zu unterscheiden. — Die Förderung in der soviel schwächer sauren CO_2 -Probe ist in dem einen Versuch sogar stärker als die in der stark sauren H_2SO_4 -Probe, im andern Falle kommt sie nahe an die Steigerung durch die H_2SO_4 -Probe heran. Zieht man die Schädigung in Betracht, die ja nach unsern obigen Erfahrungen die dauernde Durchleitung hervorruft, so ist eigentlich die Förderung durch die Kohlensäure im Vergleich zu den ruhig stehenden Proben mit Schwefelsäure noch größer.

Als ein Befund, der zu der oben behandelten Wirkung des Sauerstoffs gehört, sei hier nur noch angeführt, daß sich der Einfluß des Sauerstoffs auch bei saurer Reaktion geltend macht (in Vers. XV, Proben 12 und 10/11).

Der folgende Versuch XVI (S. 116) zeigt wiederum, daß die Förderung durch Schwefelsäure erst dieselbe Höhe erreicht, wie die durch Kohlensäure, wenn dadurch die Reaktion mehr nach der sauren Seite verschoben wird.

Das gleiche Resultat zeigt Versuch LVIII (S. 117), bei dem die Kohlensäure nur im Anfange des Versuchs durchgeleitet wurde. Die Förderung durch die Kohlensäure wird erst von einer relativ konzentrierten Schwefelsäure übertroffen.

Versuch XVI. Kern Glaspulver. Zu jeder Probe 100 ccm 0,9%ige NaCl-Lösung + 10 ccm Toluol. — Dauer 21 Stunden. — Weitere Behandlung wie bei vorhergehendem Versuch XV.

Nr.	Leber in g	Bemerkungen	Normalität an H_2SO_4 2	Millimol. H_2SO_4 2 10 g Leber	Reaktion	Analysen- mittel in n_{44} ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %
15.	9,83	sofort verarbeitet	—	—	amphoter	3,01	26,2	—	—
13.	9,97	—	—	—	amphoter, mehr sauer	8,79	75,6	—	—
14.	10,21	—	—	—	amphol., weniger sauer	8,47	71,1	47,1	—
1.	9,96	dauernd Luft durchgeleitet	—	—	wie 14	7,93	68,3	—	—
2.	10,17	—	—	—	amphoter	7,52	63,5	39,7	— 15,8
3.	10,03	dauernd Stick- stoff durchgeleitet	—	—	wie 14	7,43	64,3 ¹⁾	—	—
4.	10,50	—	—	—	do.	7,59	61,8	36,8	— 21,8
5.	10,05	dauernd Kohlen- säure durchgeleitet	—	—	amphoter	13,32 ²⁾	113,8	—	—
6.	10,15	—	—	—	wie 13	13,67 ²⁾	115,3	88,3	+ 123 ²⁾
9.	10,00	—	—	—	amphol., viel mehr sauer	12,92	111,1 ¹⁾	—	—
10.	9,87	—	0,0033	0,33	desgl. (deutlich saurer als 6)	13,59	118,0	88,3	+ 87,5
11.	10,32	—	—	—	neutral	10,79	89,6 ¹⁾	—	—
12.	9,60	—	0,00166	0,166	amphoter (weniger sauer als 10. mehr sauer als 6)	10,52	94,0	65,6	+ 39,2

¹⁾ Probe 3 auf 507 ccm; 9 auf 501,5 ccm; 11 auf 501 ccm aufgefüllt.

²⁾ Bei 5 und 6 nur je eine Analyse.

³⁾ Die prozentige Änderung der CO₂-Proben ist im Vergleich zu den Proben mit dauernder Luftdurchleitung berechnet.

Versuch LVIII. Hund verblutet. 20% Glaspulver. Zu jeder Probe 80 ccm Flüssigkeit (Aq. bezw. H_2SO_4 -Lösung) + 5 ccm Toluol. — Dauer 20 Stunden. — Weitere Verarbeitung wie in dem folgenden Versuch LXIII (S. 120).

Nr.	Brei in g	Reaktion auf Lackmus	Bemer- kungen	Nor- malität an H_2SO_4 2	Milli- mol. H_2SO_4 2 auf 10 g Leber	Ana- lysen- mittel in n_{10} ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %	
16.	8,58	amphoter	—	—	—	4,92	38,6	39,8	—	
18.	8,46	stark sauer	—	0,01	1,18	5,16	41,1			
1.	8,53	amphoter	—	—	—	8,81	69,5	78,9	29,7]	
6.	8,49	amphot. mehr alkal.	—	—	—	10,33	82,0			
11.	8,57	wie 6	—	—	—	9,65 ¹⁾	75,9	39,1	—	
2.	8,60	amphoter	} 10 Min. Kohlen- säure durch- geleitet	—	—	18,30	143,2	155,8	103,4]	
7.	8,54	wie 2		—	—	19,76	155,9			
12.	8,58	do.		—	—	19,82	155,7			
3.	8,53	stark sauer		—	—	23,21	183,1			
8.	8,60	wie 3	—	} 0,01	1,18	24,55	192,4	192,4	152,6	
13.	8,60	do.	—			—	24,56			192,5
14.	8,51	sauer	—	} 0,003	0,354	15,40	121,9	131,8	82,1]	
9.	8,50	wie 4	—			—	16,97			134,3
17.	8,67	do.	—			—	16,65			129,4
15.	8,50	—	—	} 0,001	0,118	9,90	78,5	78,7	38,7]	
10.	8,50	schwach sauer, vielleicht amphoter.	—			—	10,80			85,5
15.	8,50	wie 10	—			—	11,61			92,0

Alle Proben steril.

Proben 1, 2, 3, 4, 5 vor der Verarbeitung zu elektrométrischen Messungen benützt und hierdurch Verluste.

¹⁾ Bei 11 nur eine Analyse.

Wenn auch für die prinzipielle Frage, ob überhaupt eine spezifische Wirkung vorliegt oder nicht, die bisherigen Versuche ausreichen, so gestatten sie doch keinen quantitativen Ausdruck. Ich versuchte darum, die H-Ionenkonzentration zu bestimmen. In dem eben angeführten Versuch LVIII habe ich dies mit einer zu wenig einwandfreien Methode getan, als daß es lohnte, die Resultate hier anzuführen. Die Schwierigkeit besteht nämlich darin, die Kohlensäurespannung der Lösungen durch die Messung, also durch das Durchleiten von Wasserstoff, nicht zu verringern.

Bei dem eben genannten Versuch tat ich das dadurch, daß ich durch die Kohlensäureproben nicht reinen Wasserstoff, sondern ein Gemisch von ungefähr 75% CO_2 und 25% H_2 durchleitete. Nach Bestimmungen Höbers ist Kohlensäure elektromotorisch indifferent. Es wurden zwei solche Gemische in Gasometern hergestellt. Es ergaben sich aber bei der Durchleitung dieser fast ganz gleich zusammengesetzten Gemische so große Unterschiede in der elektromotorischen Kraft der Lösungen, daß ich von einer Wiedergabe der Versuche absehe.

Ich benutzte in einem anderen Versuche die Methode von Michaëlis und Rona.¹⁾ Hierbei wird in besondere Elektrodengefäße nur einmal nach ihrer Füllung mit der betreffenden Lösung Wasserstoff eingeleitet und zwar so wenig, daß die Platinspitze der Elektrode gerade in die Flüssigkeit eintaucht.²⁾ Da die von mir angewandten Elektrodengefäße ca. 14 ccm Flüssigkeit fassen konnten, und ca. 1,8 ccm H_2 eingeleitet wurde, so sank bei einer CO_2 -haltigen Lösung die ursprüngliche CO_2 -Konzentration um ca. 13%.³⁾

Nach Abschluß meiner Versuche erhielt ich Kenntnis von der vollkommeneren Methode Hasselbachs⁴⁾ zur Messung der H-Konzentration in CO_2 -haltigen Flüssigkeiten. Ich hoffe gelegentlich die Messungen hiermit nochmals zu wiederholen. Dann ist auch der Fehler zu vermeiden, den möglicherweise die Anwesenheit von Toluol hervorbringt. Nach Sørensen soll dies die Pt-Elektroden vergiften. Da indessen alle von

¹⁾ L. Michaëlis und Rona, Biochem. Zeitschr., Bd. 18, S. 317 (1909).

²⁾ Die Messungen wurden in der gewöhnlichen Weise nach dem Kompensationsverfahren mit einem d'Arsonvalschen Galvanometer und der Einrichtung nach Wilsmore vorgenommen, und zwar in der physikalisch-chemischen Abteilung des chemischen Instituts in Halle. Ihrem Vorsteher Herrn Professor Tubandt sage ich für sein freundliches Entgegenkommen auch an dieser Stelle meinen besten Dank.

³⁾ Es ist dies wohl der höchste Wert der Abnahme, der während der relativ kurzen Messungszeit (1—2 Stunden) in Betracht kommt. Soviel betrüge die Erniedrigung, wenn die Flüssigkeit ihren CO_2 -Gehalt entsprechend dem Sinken des Partiardruckes zu vollem Betrage verminderte. Bekanntlich bestehen aber bei wässerigen CO_2 -Lösungen sehr erhebliche Übersättigungserscheinungen. — Dementsprechend ist auch die Abgabe von CO_2 durch die freie Seite des Elektrodenrohres, die durch feuchte Wollfäden fest verstopft ist, während der Messungszeit unbedeutend.

⁴⁾ K. A. Hasselbach, Biochem. Zeitschr., Bd. 30, S. 314 (1911).

mir gemessenen Lösungen Toluol enthielten, hat dieser Fehler für den Vergleich der verschiedenen Proben untereinander kaum eine Bedeutung.

Versuch LXVII zeigt zunächst, wie schon oben erwähnt, die starke Beeinflussung durch relativ geringe Konzentrationen von Kohlensäure; ein Gehalt von 5% Kohlensäure bringt eine Steigerung von 35,1% hervor.

Weiter aber scheint mir die elektrische Messung, obwohl die Differenz in der H-Konzentration nicht so groß ist, als ich nach dem starken kolorimetrischen Unterschied erwartet hatte, das durch Lackmus erhaltene Resultat zu bestätigen, daß die Steigerung der Autolyse durch die Kohlensäure nicht nur von der hierdurch bewirkten Zunahme der Acidität abhängt, sondern auch noch ein spezifischer Einfluß vorhanden ist. Es ergibt sich dies, sowohl wenn man die Autolyse nach der Zunahme des nichtkoagulablen Stickstoffs wie nach der Menge freiwerdender Aminogruppen bestimmt. So bringt ein Zusatz von so viel H_2SO_4 , daß die Lösung daran 0,0011 normal ist, und $[H^+] = 5,6 \cdot 10^{-7}$, eine Steigerung von 44,9%¹⁾ (inkoagul.-N) bzw. 8,1% (Amino-N), eine anfängliche Durchleitung eines 10% CO_2 enthaltenden Gemisches mit $[H^+] = 4,5 \cdot 10^{-7}$ aber eine Steigerung von 50,4%, bzw. 10,7%, hervor. Noch deutlicher ist der spezifische Einfluß der Kohlensäure bei der anfänglichen Durchströmung mit reiner CO_2 zu erkennen. In einer solchen Probe ist $[H^+] = 21,4 \cdot 10^{-7}$ und die Steigerung der Autolyse 154%, bzw. 80,4%; H_2SO_4 -Zusatz, so daß die Lösung 0,0033 normal daran ist, bei $[H^+] = 33,9 \cdot 10^{-7}$, aber nur eine Steigerung von 122%¹⁾ bzw. 45,8%.

Ein dem hier konstatierten ähnlicher spezifischer Einfluß der Kohlensäure hat sich auch bei anderen biologischen Objekten ergeben. So konnte ich ihn vor kurzem in Gemeinschaft mit Verzár²⁾ bei der Wirkung der Kohlensäure auf das

(Fortsetzung S. 124.)

¹⁾ Diese Steigerung ist eigentlich noch etwas geringer, da die Ent-eiweißung in Gegenwart von K_2SO_4 , das bei der Neutralisation entsteht, nicht ganz so vollständig verläuft, wie ohne Gegenwart des Salzes. Es geht dies aus den Proben 33 und 34 hervor, ferner aus Probe 2, Vers. XV, S. 114, und aus Probe 18, Vers. LVIII, S. 117.

²⁾ E. Laqueur u. F. Verzár, Pflügers Arch., Bd. 143, S. 395 (1911).

(S. 120 und 121 als eine Seite zu lesen.)

Versuch LXVII. Hund. Leber mit 20% Glaspulver. Zu allen Proben — jede gesondert — mit dem betreffenden Gas durchströmt, und zwar immer so pneumatischen Wanne stehende Flasche festgestellt wurde. Die Durchleitung gasometern hergestellt; da diese ganz mit dem Gemisch gefüllt wurden, ist eine 18 Stunden. — Die Proben unterscheiden sich äußerlich deutlich voneinander. Die milchige Emulsion dar, dagegen ist in den andern Flaschen eine viel deutlichere bezw. H_2SO_4 zugesetzt ist, um so deutlicher; die Flüssigkeit ist dann ganz klar. tration, desto mehr geschwunden, völlig in den stärker konzentrierten Proben. Vor aus Wasser bezw. soviel Kubikzentimeter $n/10$ -Lauge, als vorher Säure zugesetzt wurden sofort nach der Herausnahme aus dem Brutschrank mit einer sterilen Pipette wurden dann vor dem Aufkochen nur 7,5 ccm Flüssigkeit (Aq. bezw. Lauge) und aufgefüllt wurden, sind natürlich die Analysenwerte für 50 ccm Filtrat kleiner als rechnet, aber bei den Mittel- und Autolysenwerten nicht berücksichtigt.

Bei der Berechnung der prozentischen Differenz in den Autolysenwerten sind sondern auf einen um 9,0% höheren Wert; denn nach früheren Erfahrungen ist (Proben 1 u. 2 in Versuch LXb [S. 109]; 1 u. 2 in Versuch XXVI [S. 107]; 6 in

Die zur Messung der H-Ionenkonzentration entnommenen Anteile werden in Luft mehr enthalten ist. Die Gläser stehen bis zur Messung in Eis. Zur Messung Form beschickt und abwechselnd gemessen.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Nor- malität an H_2SO_4 4	Milli- mol. H_2SO_4 2 auf 10 g Leber	Bestimmung nach Kjeldahl					
					Analysen- mittel in ccm 0,1035-n- Lauge	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %		
9.	7,49	} sofort verarbeitet	—	—	3,13	29,25	} 28,8 29,4	—	—	
19.	7,48		—	—	3,02	28,35				
33.	7,56		} 0,0011	0,183	3,35	31,0				
34.	7,55				3,12	29,0				
[29.	7,53	} sofort aufge- kocht, dann in den Brutschrank	} nach dem Auf- kochen	} 0,0011	} 0,183	2,20	26,6]	—	—	
10.	7,63					2,85	26,2	} 26,85	—	—
20.	7,53					2,95	27,5			
1.	7,57	} Reine Luft durchgeleitet	—	—	7,65	70,9	45,0	41,3	—	
21.	7,53		—	—	kpt.	—	—	—	—	
[11.	7,51		—	—	6,15	74,5]	—	—	—	
[30.	7,46		—	—	6,15	75,1]	—	—	—	

(Fortsetzung)

1) Ein Teil der elektromotorischen Messungen wurde nach längerem Aufent-
2.46 · 10⁻⁷; für Probe 15 nach 34 Stunden 34,7 · 10⁻⁷; bei den CO₂-Proben hatte
nommen und es ergaben sich niedrigere Werte, z. B. für 14 nach 32 Stunden (Gehalt

100 ccm Flüssigkeit (Aq. bezw. $+ n_{10}$ -H₂SO₄ und 5 ccm Toluol. Die Proben wurden ange, bis 1,3 l hindurchgegangen war, was durch eine nachgeschaltete in einer Schale stets in ca. 8 Min. Die Gasgemische wurden kurz vor dem Gebrauch in Absorption der Kohlensäure durch Wasser vermieden. — Dauer der Autolyse Luftproben sind am gleichmäßigsten, die darüberstehende Flüssigkeit stellt eine Trennung vom Bodensatz und Flüssigkeit kenntlich, und zwar ist sie, je mehr CO₂ bei den H₂SO₄-Proben ist die ursprüngliche rote Blutfarbe, je größer die Konzentration beim Aufkochen werden zu allen Proben 10 ccm Flüssigkeit hinzugefügt, bestehend aus: ferner 4 ccm 15% KH₂PO₄. — Aus den in eckiger Klammer stehenden Proben ungefähr 23 ccm zu elektrometrischen Messungen entnommen. Zu diesen Proben wurden 3 ccm 15% KH₂PO₄ hinzugesetzt. Da sie nach dem Kochen auch auf 200 ccm bei den andern Proben. Des Vergleichs halber sind sie zwar auch weiter ausge-

Die Werte der H₂SO₄-Proben nicht auf die Proben mit Luftdurchleitung bezogen, sondern auf die anfängliche Luftdurchleitung von einer Hemmung von ca. 9,0% gefolgt. (Versuch XXVII [S. 100].)

Die Reagenzgläser so gefüllt, daß darin, nach Verschuß mit einem Gummistopfen, keine Luft mehr vorhanden war. In jeder Probe wurden meistens gleichzeitig zwei Elektroden der Michaelis-Ronaschen

Bestimmung nach Sørensen						H-Ionen- konzentration [H ⁺] · 10 ⁻⁷)
Mittel in ccm 0,1035-n- Lauge für 10 ccm Filtrat	bezogen auf 7,50 g Brei	Autolyse				
		ge- funden	auf 7,50 g Brei bezogen	in mg N für das ganze Filtrat von 10 g Leber	Änderung in %	
5,09	5,10	—	—	—	—	—
5,10	5,11					
5,25	5,21					
5,25	5,21					
[3,72 (4,84)]	4,82	—	—	—	—	2,3
5,05	4,96	—	—	—	—	—
4,95	4,93					
	für die gleiche Verdünnung des Filtrats			40,7		
6,77	—	1,61	1,59	37,2	—	—
kpt.	—	—	—	—	—	—
[4,79]	6,22	1,06	1,06	—	—	3,24
[4,91]	6,38	1,22	1,23	—	—	2,95
						3,1

(bestehend.)
 Mit der Lösungen in Eis wiederholt: so ergab sich für Probe 30 nach 36 Stunden
 dann natürlich der CO₂-Gehalt entsprechend dem entstandenen Luftraum abge-
 4% CO₂) 2,98 · 10⁻⁷.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Nor- malität an H_2SO_4 4	Milli- mol. H_2SO_4 2 auf 10 g Leber	Bestimmung nach Kjeldahl				
					Analysen- mittel in ccm 0,1035-n- Lauge	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Ände- rung in %	
2.	7,57	Gemisch 5% CO_2 + 95% Luft durchgeleitet	—	—	9,50	88,0	85,2	55,8	+ 35,
22.	7,45				8,75	82,5			
[12.]	7,53				7,30	88,2			
3.	7,54	H_2SO_4 - Zusatz	0,0011	0,183	10,16	94,4	94,6	65,2	+ 47,
23.	7,62				10,30	94,8			
[13.]	7,52				8,03	97,2			
4.	7,47	Gemisch 10% CO_2 + 90% Luft durchgeleitet	—	—	9,80	91,6	91,5	62,1	+ 50,
24.	7,52				9,80	91,4			
[14.]	7,46				7,70	94,2			
5.	7,47	H_2SO_4 - Zusatz	0,0033	0,55	13,80	129,4	128,2	99,8	+ 122
25.	7,58				13,72	127,0			
[15.]	7,52				10,75	130,6			
6.	7,53	Gemisch 30% CO_2 + 70% Luft durchgeleitet	—	—	11,15	104,0	104,6	75,2	+ 82
26.	7,50				11,27	105,2			
[16.]	7,62				8,91	106,7			
7.	7,46	H_2SO_4 - Zusatz	0,010	1,666	17,77	167,0	170,1	140,7	+ 212
27.	7,49				18,50	173,2			
[17.]	7,56				14,20	171,1			
[32.]	7,56				14,25	172,0			
8.	7,57	Reine CO_2 durchgeleitet	—	—	13,67	126,8	134,3	104,9	+ 154
28.	7,52				15,20	141,8			
[18.]	7,54				11,22	135,6			
[31.]	7,54				11,65	140,8			

Alle Proben bis auf 12, 15, 18, 31 steril. Die Impfproben von diesen vier nicht sterilen Proben ausschließlich solche sind, bei denen nachträglich Inhalt mit hineingelangt sind.

Fortsetzung.

Bestimmung nach Sørensen							H-Ionen- konzentration [H] · 10 ⁻⁷			
Mittel in ccm 0,1035-n- Lauge für 20 ccm Filtrat	bezogen auf 7,50 g Brei	Autolyse				Änderung in %				
		ge- funden	auf 7,50 g Brei bezogen	in mg N für das ganze Filtrat von 10 g Leber						
6,97	—	1,81	1,79	} 1,70	39,8	+ 7,0	—			
6,76	—	1,60	1,61							
[5,27	6,85	1,69	1,68]					—	—	? verloren
7,06	—	1,90	1,89	} 1,88	44,0	+ 8,1	—			
7,06	—	1,90	1,87							
[5,37	6,98	1,82	1,82]					—	—	5,6
6,88	—	1,72	1,73	} 1,76	41,2	+ 10,7	—			
6,95	—	1,79	1,79							
[5,31	6,90	1,74	1,75]					—	—	4,5
7,68	—	2,52	2,53	} 2,52	59,0	+ 45,0	—			
7,71	—	2,55	2,52							
[5,93	7,71	2,55	2,55]					—	—	33,9
7,26	—	2,10	2,09	} 2,17	50,8	+ 36,6	—			
7,41	—	2,25	2,25							
[5,64	7,33	2,17	2,14]					—	—	13,9
8,86	—	3,70	3,72	} 3,58	83,7	+ 105,0	—			
8,60	—	3,44	3,44							
[6,79	8,83	3,67	3,64]					—	—	1070 } 775 } 922
[6,49	8,42	3,27	3,24]					—	—	
8,03	—	2,87	2,84	} 2,87	67,1	+ 80,4	—			
8,08	—	2,92	2,91							
[6,19	8,05	2,89	2,98]					—	—	20,4 } 22,4 } 21,4
[6,03	7,84	2,68	2,67]					—	—	

Proben zeigen erst am 4. Tag nach der Impfung einige aerobe Keime. Da die
 er Piöette entnommen wurde, so ist wohl anzunehmen, daß erst hierbei Keime

(Fortsetzung von S. 119.)

Atemzentrum nachweisen. Bei Durchströmung junger Kaninchen von der Aorta her mit CO_2 -haltiger Ringerlösung, wie dies Winterstein¹⁾ angegeben hat, rufen die Kohlensäuregemische schon bei einer H-Ionenkonzentration Atmungen hervor, wo Gemische mit anderen Säuren, auch bei größerer H-Ionenkonzentration, noch wirkungslos sind.

Bei Gelegenheit dieser Versuche hatten wir auch schon auf die Overtonsche²⁾ Erklärung solcher spezifischer Wirkungen hingewiesen, nach der sie an der Lipoidlöslichkeit des Anions liegen sollten. Auch Herlitzka³⁾ hat jüngst, unabhängig von uns, unsere Ergebnisse über den spezifischen Einfluß der Kohlensäure auf das Atemzentrum bestätigt und in diesen wie in früheren Versuchen die Bedeutung der Lipoidlöslichkeit für diese Frage betont.

Kehren wir zur Autolyse zurück, so könnte man, nachdem eine spezifische Wirkung der Kohlensäure hierauf erwiesen ist, daran denken, ob nicht die steigernde Wirkung aller Säuren letzten Endes auf die der Kohlensäure, die aus den Geweben freigemacht wird, zurückzuführen ist. Dies ist aber nicht der Fall. Den Säuren als solchen, der Erhöhung der H-Ionenkonzentration, kommt ein stark steigernder Einfluß zu. Die Steigerung zeigt sich nämlich auch dann, wenn die entstehende Kohlensäure ausgetrieben wird. Der oben angeführte Versuch XV läßt dies erkennen: H_2SO_4 bringt eine Förderung der Autolyse hervor, wenn gleichzeitig Sauerstoff dauernd hindurchgeht. Die unmittelbare Bedeutung der H-Ionen für die Autolyse konnte man übrigens auch schon aus der Tatsache erkennen, daß durch relativ starke Säurekonzentrationen sich noch erheblichere Förderungen als durch reine Kohlensäure erzielen ließen.

Nach einem schon mehrere Jahre zurückliegenden Befunde Schryvers,⁴⁾ wonach Milchsäure eine größere Förde-

¹⁾ H. Winterstein, Pflügers Arch., Bd. 138, S. 164 (1911).

²⁾ Overton, Pflügers Arch., Bd. 92, S. 115.

³⁾ Herlitzka, A., Vorläuf. Mittlg., R. Academ., Torino 15. XII. 1911. — Herr Prof. Herlitzka hatte die Freundlichkeit, mich auf diese Mitteilung aufmerksam zu machen.

⁴⁾ S. C. Schryver, Biochem. Journ., Bd. I, S. 123 (1906).

rung der Autolyse hervorrief als Schwefelsäure, ein Befund, den Arinkin¹⁾ bestätigt hat, und nach den anderen Ergebnissen dieses Autors ist die Kohlensäure wohl nicht die einzige Säure mit einer spezifischen Wirkung; und es lohnte bei der Bedeutung gerade der erwähnten Säuren im Organismus, den Vergleich unter Messung der H-Ionenkonzentration genauer durchzuführen und noch durch Bestimmung der Wirksamkeit anderer organischer Säuren zu ergänzen. Hierbei würde sich auch von selbst die Frage, welche Rolle die Lipoidlöslichkeit dabei spielt, beantworten.

Aus den hier wiedergegebenen Versuchen ergibt sich also als wesentlichstes Resultat:

Sauerstoff bewirkt eine spezifische Hemmung, Kohlensäure eine spezifische Förderung der Autolyse. Das tatsächliche Verhalten entspricht also der in den Anfang dieser Mitteilung gestellten Annahme, daß diese beiden Faktoren einen bestimmt gerichteten Einfluß ausüben. Zu dieser Annahme wiederum waren wir von unserer Hypothese aus gekommen, daß das autolytische Ferment auch im Leben eine Rolle spielt. In der «Norm», bei reichlicher Sauerstoffzufuhr, bei geringer Kohlensäurespannung, bei einer gewissen, die Neutralität gerade übersteigenden Hydroxyl-Jonen-Konzentration, werden die autolytischen Vorgänge auf einer geringen Höhe erhalten, bezw. durch entgegengesetzte Aufbauprozesse paralytisiert; durch Sauerstoffmangel mit seinen Folgeerscheinungen: Kohlensäureanhäufung, Abnahme der Hydroxyl-Jonen-Konzentration, erreichen sie größeren Umfang. — Die schon von vielen Autoren geäußerte Annahme, daß die gesteigerte Eiweißzersetzung bei krankhaften Zuständen und Vergiftungen auf mehr oder weniger direkten Sauerstoffmangel der Gewebe beruht, erhält damit eine etwas schärfer umrissene Unterlage, die sich leichter experimentell angreifen läßt.

Freilich ist nun, was die Gifte anlangt, die eine Wirkung auf den Eiweißzerfall, also auf intravitale autolytische Vorgänge haben, in jedem einzelnen Falle zu untersuchen, wie weit ein direkter Einfluß auf die autolytischen Fermente vorliegt, wie

¹⁾ Arinkin, l. c.

weit die Gifte nur die Bedingungen zu deren größerer Wirksamkeit schaffen, wozu als wichtigste also Sauerstoffmangel gehörte. So wäre, um ein Beispiel anzuführen, die Tatsache, daß länger dauernde Narkose zu einer verstärkten Eiweißzersetzung führt, zum Teil durch eine indirekte Wirkung auf das autolytische Ferment zu deuten: die Narkotika schädigen die Sauerstoffversorgung — ich erinnere an die Theorie Bürkers¹⁾ und Mansfelds²⁾ — und fördern dadurch die autolytischen Vorgänge; zum Teil kommt aber auch eine direkte Aktivierung des autolytischen Fermentes in Betracht, denn Chiari fand in Hans Meyers Institut³⁾ die postmortale Autolyse erhöht, wenn die Tiere vor dem Tode stark narkotisiert waren. — Hier mag auch noch ein Versuch angeführt werden, der für eine indirekte Wirkung grade der Substanzen (Salicylsäure), die ich hinsichtlich ihrer Autolyse-Beeinflussung untersucht habe, sprechen könnte (s. Vers. XIIIa).

In diesem Versuche ist die Förderung der Autolyse durch salicylsaures Natrium relativ am größten in Proben, durch die Sauerstoff geleitet wird, relativ am geringsten in solchen, durch die Kohlensäure geht, während sie bei gewöhnlich unter Luft gehaltenen Proben eine mittlere Größe hat. Man kann dies so auffassen, daß die wesentliche Wirkung des salicylsauren Natriums darin besteht, die Hemmung durch den Sauerstoff aufzuheben; im Falle kein solcher vorhanden ist [CO₂-Durchleitung] wird dementsprechend auch die Förderung relativ am schwächsten sein. Ich will aber hier ausdrücklich betonen, daß dieser Schluß nur mit allem Vorbehalt im Hinblick auf weitere Versuche zu ziehen ist. —

Nach Abschluß dieser Versuche erschien vor kurzem eine Arbeit von Mansfeld und Müller,⁴⁾ wonach die vermehrte Stickstoffausscheidung bei geringem Sauerstoffmangel auf eine Hyperfunktion der Schilddrüse zurückzuführen sei. Wird die Schilddrüse extirpiert, so bewirkt der Sauerstoffmangel eher

¹⁾ K. Bürker, Zentralbl. f. Physiol., Bd. 24, S. 163 (1910).

²⁾ G. Mansfeld, Pflügers Arch., Bd. 129, S. 69 (1909).

³⁾ H. H. Meyer, Münch. Medizin. Wochenschrift, Bd. 56, S. 1577, (1909).

⁴⁾ G. Mansfeld und Fr. Müller, Pflügers Arch. Bd. 143, S. 157 (1911).

das Gegenteil, eine gewisse Verringerung der Stickstoffausscheidung.

Versuch XIIIa. Hund, verblutet. Behandlung wie in Versuch XII (S. 87). 20,6% Glaspulver. 150 ccm Flüssigkeit (0,9% NaCl + 1,0 Na salicylic.) + 10 ccm Toluol. — Dauer 23 Stunden.

Nr.	Brei in g	Bemerkungen	Na salicylicum		Analysenmittel in n/4 ccm	Lösl. N in mg für 10 g Leber	Auto- lyse	Änderung in %							
			Prozent- gehalt der Lösung	in mg auf 10 g Leber				Ein- fluß des Gases	Einfluß des Na salicylic.						
1.	19,65	} sofort verarbeitet	—	—	4,91	26,6	27,8	—	—						
2.	21,25				5,77	28,9									
11.	21,08	}	—	—	12,50	63,0	63,4	35,6	—						
13.	19,75				11,85	63,9									
12.	16,98	}	0,1	8,4	10,12	63,9	67,0	39,2	—						
14.	20,92				13,76	70,0									
[3.	19,75	} Kohlen- säure dauernd durch- geleitet	—	—	19,98	107,6	107,8	80,0	—						
5.	21,50				21,27	105,0									
4.	22,75				}	0,1				8,4	22,96	106,7			
6.	20,65										21,16	108,9			
[7.	20,21	} Sauer- stoff dauernd durch- geleitet	—	—	11,06	58,1	30,3]	—	—						
9.	22,35				12,14	56,8									
[8.	19,57				}	0,1				8,4	11,26	61,3	33,5]	—	—
10.	20,55										12,19	63,3			

Die Proben bis auf 3, 7 und 8 steril.

Ich glaube nicht, daß diese Versuche schlechthin meinen Ausführungen über die Wirkung des Sauerstoffmangels auf die Gewebe widersprechen. Einmal haben mir stets die Erfahrungen über stärkeren Sauerstoffmangel vorgeschwebt, dann aber ist auch ganz sicher, daß die autolytischen Fermente nicht in allen Teilen ein und desselben Organs, geschweige in den verschiedenen Organen die gleichen sind; und es ist darum gern zugegeben, daß bei geringem Sauerstoffmangel nur bestimmte Orgazellen ihre autolytischen Fermente aktivieren, wenn andere noch nicht betroffen werden.

Es ist interessant, daß auch Mansfeld und Müller diese Auffassung haben, und ausdrücklich bemerken, daß sie nicht glauben, daß durch Sauerstoffmangel die Schilddrüsenzellen etwa in gleicher Weise «erregt» werden, wie z. B. Speicheldrüsenzellen durch Pilocarpin, sondern daß man sich vielmehr zu denken hat, daß die Schilddrüsenzellen besonders leicht autolytisch zerfallen, und dies autolytische Produkt dann auf die anderen Körperzellen wirkt. Für diese Ansicht Mansfelds und Müllers könnte man noch ältere, und in diesem Zusammenhange noch nicht berücksichtigte Versuche Peisers¹⁾ anführen, wonach die Schilddrüse ein Organ darstellt, das Stoffwechselschädigungen mit Veränderungen seines Baues beantwortet, die als «modifizierte Autolyse» aufgefaßt werden. Ferner kommt ein Befund Schryvers²⁾ in Betracht, wonach die Leberautolyse von Katzen, die mit Schilddrüsen gefüttert worden sind, schneller verläuft. —

Wir haben bei den autolytischen Fermenten ausschließlich an solche gedacht, welche die komplexen stickstoffhaltigen Substanzen in den Zellen angreifen. Wie weit ähnliche Gesichtspunkte bei dem intracellulären Abbau der stickstofffreien Stoffe anzunehmen sind, muß weiterer Untersuchung vorbehalten sein. Erwähnenswert scheint mir aber die wichtige, letzthin von Lesser³⁾ gefundene, Tatsache, daß ähnlich, wie bei Sauerstoffmangel ein verstärkter Zerfall der Eiweißstoffe gefunden wird, hierbei auch eine außerordentliche Zunahme im Abbau der komplexen Kohlenhydrate eintritt: Frösche bauen unter Anoxybiose 17% mehr Glykogen ab als unter normalen Bedingungen gehaltene Vergleichstiere.

Zusammenfassung.

Entsprechend der Vorstellung, daß Sauerstoff- und Kohlen säurespannung in den Geweben zu den regulierenden Faktoren des Abbaues des Körpereißes gehören, üben Sauerstoff

¹⁾ J. Peiser, Zeitschr. für experim. Pathol. u. Therapie. Bd. 3. S. 515 (1906).

²⁾ S. B. Schryver, Journ. of physiol., Bd. 32, S. 160 (1905).

³⁾ E. J. Lesser, Ztschrft. f. Biolog., Bd. 56, S. 467 (1911).

und Kohlensäure einen spezifischen Einfluß auf das autolytische Ferment der Leber aus.

Sauerstoff hemmt, Kohlensäure fördert die Autolyse.

Der Einfluß des Sauerstoffs ist insofern spezifisch, als er sich nicht durch die Austreibung der ursprünglich vorhandenen und während des Prozesses entstehenden Kohlensäure erklären läßt und auch nicht durch ein anderes Gas (Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd) hervorzurufen ist. Diese Gase bringen vielmehr durch Verdrängung des Sauerstoffs eine geringe Förderung hervor. Die Hemmung der aseptischen Autolyse durch komprimierten Sauerstoff ist sehr groß.

Der Einfluß der Kohlensäure ist spezifisch, weil ihre Säurenatur, die zweifellos eine sehr wesentliche Ursache der Förderung darstellt, zur Erklärung nicht ausreicht: eine andere Säure bewirkt, auch wenn sie eine größere Acidität hervorruft (mittels Lackmus und elektrometrischer Bestimmung festgestellt), geringere Steigerung der Autolyse. Die Förderung der Autolyse durch Säuren beruht aber jedenfalls nicht ausschließlich auf der Austreibung von Kohlensäure aus dem Gewebe.

Kohlensäure hat schon in geringen Konzentrationen, die den normalen im Blut gemessenen Spannungen entsprechen (um 5% einer Atmosphäre) eine deutliche Wirkung, die sich bei weiterem Ansteigen der Konzentration sehr verstärkt.