

# Die Beeinflussung der Löslichkeit von Aminosäuren durch Neutralsalze.

Von

P. Pfeiffer und J. Würigler.<sup>1)</sup>

Mit zwei Kurvenzeichnungen im Text.

(Der Redaktion zugegangen am 9. März 1916.)

Bekanntlich wird die Löslichkeit der Eiweißkörper in Wasser stark durch Neutralsalze beeinflusst. Wie sich aus den grundlegenden Versuchen von Hofmeister,<sup>2)</sup> denen sich neuere Arbeiten von Pauli<sup>3)</sup> und Höber<sup>4)</sup> anschließen, ergibt, haben wir es hier mit einer charakteristischen Wirkung beider Ionenarten, sowohl der positiven wie der negativen zu tun. Ordnen wir die Ionen nach absteigender Größe ihrer Wirkung, so erhalten wir ganz bestimmte Reihen, deren Sinn sich beim Übergang der Lösungen von alkalischer zu saurer Reaktion umkehrt.

Wir haben nun festzustellen versucht, wie sich die Bausteine der Eiweißkörper, die Aminosäuren, gegen Neutralsalze verhalten. Ein Vergleich beider Tatsachenreihen mußte die Frage zur Entscheidung bringen, ob und wieweit sich die Löslichkeitsbeeinflussung der Eiweißkörper durch Neutralsalze auf den Chemismus einfacher Aminosäuren zurückführen läßt.

## a). Verhalten neutraler Aminosäuren gegen Salze.

Am eingehendsten haben wir das Verhalten des Glykokolls gegen Neutralsalze studiert. Glykokoll ist ein typisches Beispiel für solche Aminosäuren, deren Löslichkeit fast durchweg durch Neutralsalze erhöht wird. Diese Löslichkeitserhöhungen sind beim Glykokoll oft ganz erheblich. So erhöhen 0,005 Mole Baryumchlorid in 10 ccm gesättigter Glykokolllösung die Löslichkeit des Glykokolls um etwa 24,5%. 0,02

<sup>1)</sup> Einige ergänzende Versuche sind von Herrn Dr. Fr. Wittka ausgeführt worden.

<sup>2)</sup> Archiv exper. Path. u. Pharmak., Bd. 28, S. 210 (1891).

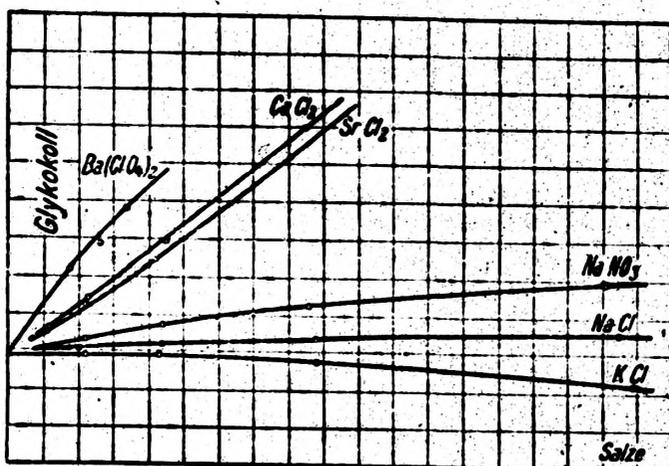
<sup>3)</sup> Pflügers Archiv, Bd. 78, S. 315 (1899); Hofmeisters Beiträge, Bd. 5, S. 27 (1903); Bd. 11, S. 415 (1908).

<sup>4)</sup> Hofmeisters Beiträge, Bd. 11, S. 35 (1907).

Mole Strontiumchlorid in 10 ccm Lösung geben sogar eine Löslichkeitserhöhung von rund 68%.

Als erstes Ergebnis unserer Untersuchung sei erwähnt, daß die Löslichkeitserhöhungen mit wachsender Konzentration der Salze mehr oder weniger stark ansteigen. Bei  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{SrCl}_2$  und  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  sind die Löslichkeitserhöhungen ziemlich proportional den Salzkonzentrationen; bei  $\text{NaCl}$  und  $\text{NaNO}_3$  nimmt die Löslichkeit weniger stark wie die Salzkonzentration zu; nur  $\text{KCl}$  salzt in größerer Konzentration etwas aus, bei geringer Konzentration ändert dieses Salz die Löslichkeit des Glykokolls kaum.

Am besten lassen sich die Verhältnisse an nachstehendem Kurvenbild überschauen:



Von besonderem Interesse ist ein Vergleich der einzelnen Salze in bezug auf ihre löslichkeitserhöhende Wirkung. Um den gesetzmäßigen Einfluß der verschiedenen Ionenarten ableiten zu können, seien unsere wichtigsten experimentellen Resultate in Tabellenform wiedergegeben; die Zahlenwerte bedeuten prozentuelle Löslichkeitserhöhungen.

#### Vergleich der Alkalisalze.

0,01 Mole Salz in 10 ccm an Glykokoll gesättigter Lösung.

—	—	—	LiBr	—	LiCl
			9,65		8,01
$\text{NaClO}_4$	$\text{NaNO}_3$	$\text{NaJ}$	$\text{NaBr}$	—	$\text{NaCl}$
12,19	12,19	7,80	5,85		3,93
—	$\text{KNO}_3$	$\text{KJ}$	$\text{KBr}$	$\text{KSCN}$	$\text{KCl}$
	5,94	4,48	2,74	1,59	0,95

## Vergleich der Erdalkalisalze.

0,005 Mole Salz in 10 ccm an Glykokoll gesättigter Lösung.

(Die mit einem Sternchen versehenen Zahlen beziehen sich auf 0,01 Mole Salz.)

—	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaBr <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> *
	35,63	31,31	24,06	39,46*
—	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SrBr <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub> *
	31,59	29,00	23,63	32,76*
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	BaBr <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	—
42,41	31,20	29,32	24,46	

Aus diesen Zahlenangaben läßt sich der wichtige Schluß ziehen, daß die Löslichkeitsänderungen des Glykokolls durch Neutralsalze durch beide Ionenarten, sowohl durch die Säureionen wie durch die Metallionen bedingt werden, daß wir es also hier, wie beim Verhalten der Eiweißkörper gegen Neutralsalze, mit einer additiven Ionenwirkung zu tun haben.

Ordnen wir nämlich die Salze nach ihrer Löslichkeitserhöhenden Wirkung, so ergibt sich für jedes Metallion die gleiche Reihenfolge der Säureionen und für jedes Säureion die gleiche Reihenfolge der Metallionen.

Sehr scharf gilt dieses Gesetz für die Säureionen; wir erhalten für diese immer die gleiche Reihenfolge, ob wir nun Lithium-, Natrium- und Kalium- oder Calcium-, Strontium- und Baryumsalze nehmen; ebenso hat das Gesetz volle Gültigkeit für die Alkalimetallionen. Hingegen läßt sich für die Erdalkaliionen nur sagen, daß das Calciumion wirksamer als das Strontium- und Baryumion ist; bei diesen Metallionen fallen die Unterschiede bei einer Salzkonzentration von 0,005 Molen pro 10 ccm fast innerhalb der Versuchsfehler.

Wir wollen nun bei der Aufstellung von Ionenreihen die Ionen ganz allgemein nach der Größe ihrer Löslichkeitserhöhenden Wirkung anordnen; es ergeben sich dann für Glykokoll die Ionenreihen:

negative Ionen



positive Ionen



Besonders interessante Löslichkeitsverhältnisse zeigt von den neutralen Aminosäuren d,l-Leucin. Während beim Glyko-

koll fast sämtliche Salze Löslichkeitserhöhungen geben, die Alkalisalze relativ geringe, die Erdalkalisalze relativ große, wird Leucin von den Alkalihalogeniden und -nitratn weitgehend ausgesalzen; die Erdalkalisalze erhöhen auch beim Leucin die Löslichkeit, allerdings nicht so stark wie beim Glykokoll.

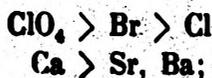
Über den Einfluß der Konzentration der Salze auf die Löslichkeit des Leucins sei kurz folgendes mitgeteilt:

Die Löslichkeit des Leucins in Wasser nimmt mit steigendem  $\text{CaCl}_2$ -Gehalt stark zu; die Löslichkeitskurve<sup>1)</sup> erscheint aber stark abgeflacht. Die  $\text{BaCl}_2$ -Kurve verläuft bei höherer Salzkonzentration fast horizontal, die  $\text{SrCl}_2$ -Kurve besitzt sogar ein Maximum. Für  $\text{NaCl}$  und  $\text{KCl}$  ist die aussalzende Wirkung ziemlich proportional der Salzkonzentration; beim  $\text{LiCl}$  schwanken die Löslichkeitsänderungen um die Nullage.

Um die für Leucin gültigen Ionenreihen kennen zu lernen, wollen wir zunächst die durch die Erdalkalisalze hervorgerufenen Löslichkeitserhöhungen mit einander vergleichen (sie beziehen sich auf 0,005 Mole Salz pro 10 ccm):

$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$	$\text{BaBr}_2$	$\text{BaCl}_2$
34,02	22,75	15,44
$\text{CaCl}_2$	$\text{SrCl}_2$	$\text{BaCl}_2$
17,62	14,13	15,44

Auf Grund dieser Zahlenwerte können wir die folgenden Ionenreihen aufstellen (die Unterschiede in den Werten für  $\text{SrCl}_2$  und  $\text{BaCl}_2$  liegen an der Grenze der Versuchsfehler<sup>2)</sup>):



sie decken sich mit den für Glykokoll gültigen Reihen.

Es war nun unter der Voraussetzung des additiven Verhaltens der Ionen zu erwarten, daß wir beim Vergleich der aussalzenden Wirkungen der Alkalisalze zu derselben Reihe der Säureionen kommen würden, die wir aus dem Vergleich

<sup>1)</sup> Die Löslichkeiten des Leucins als Ordinaten, die Salzkonzentrationen als Abszissen aufgetragen.

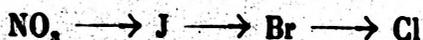
<sup>2)</sup> Vielleicht hat das Ba-Ion etwas stärkere Wirkung als das Sr-Ion; siehe auch die Zahlenangaben beim Glykokoll.

der Löslichkeitserhöhenden Wirkungen der Erdalkalisalze erschlossen hatten, wenn wir nur sinngemäß eine relativ starke Löslichkeitserhöhende mit einer relativ geringen Löslichkeitserniedrigenden Wirkung parallelisierten.

In der Tat ergibt ein Vergleich der Alkalisalze das nachstehende Bild (0,02 Mole Salz pro 10 ccm):

KCl	KBr	KJ	KNO <sub>3</sub>
— 34,46	— 27,06	— 17,59	— 4,73

aus dem die uns vom Glykokoll her bekannte Ionenreihe



folgt, wenn wir die Ionen nach zunehmender aussalzender (= abnehmender Löslichkeitserhöhender) Wirkung ordnen.

Entsprechend den Zahlenwerten (für 0,02 Mole Salz pro 10 ccm):

LiCl	NaCl	KCl
— 9,39	— 33,44	— 34,46

bilden die Alkalimetallionen beim Leucin die Reihe:



wenn wir auch hier wieder das obige Ordnungsprinzip anwenden. Auch diese Reihe stimmt mit der für Glykokoll gültigen überein.

Zusammenfassend haben wir folgendes:

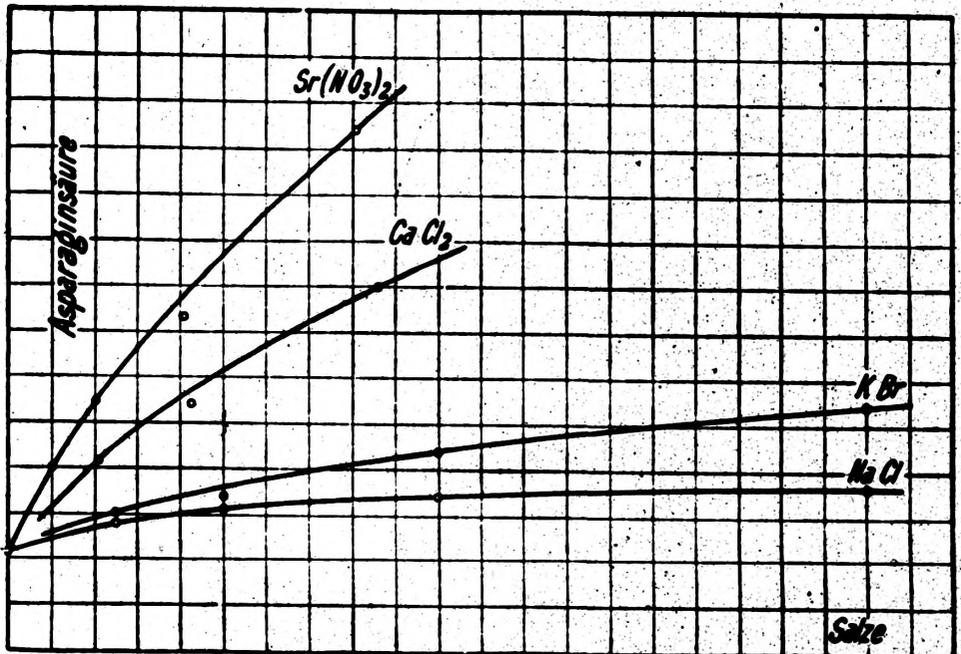
Die Löslichkeit neutraler Aminosäuren wird durch Neutralsalze bald erhöht bald erniedrigt. Unabhängig aber davon, ob es sich um Löslichkeitserhöhungen oder um Aussalzungen handelt, wirken die Ionen additiv und geben für die einzelnen Aminosäuren identische Reihen.

## b) Verhalten saurer Aminosäuren gegen Salze.

Von den sauren Aminosäuren wurden l-Asparaginsäure und d-Glutaminsäure auf ihr Verhalten gegen Neutralsalze untersucht.

Die Löslichkeit der Asparaginsäure in Wasser wird durch Neutralsalze ganz erheblich beeinflusst, weit stärker als die Löslichkeit der neutralen Aminosäuren Glykokoll und Leucin durch die gleichen Reagentien, und zwar geben alle bisher geprüften Alkali- und Erdalkalisalze Löslichkeitserhöhungen. Diese wachsen, wie nachstehende Kurventafel zeigt, mit stei-

gender Konzentration der Salze; jedoch erscheinen sämtliche Kurven mehr oder weniger stark abgeflacht:



Daß ebenso wie beim Glykokoll und Leucin auch bei der Asparaginsäure die Ionen die Löslichkeit additiv beeinflussen, war von vornherein anzunehmen. In der Tat erlauben uns die in den folgenden beiden Tabellen enthaltenen Zahlenwerte eindeutige Ionenreihen abzuleiten:

Vergleich der Säureionen.

0,01 Mole Alkali- resp. 0,005 Mole Erdalkalisalz pro 10 ccm.

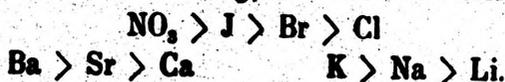
KCl	KBr	KJ	KNO <sub>3</sub>
31,71	35,61	37,82	54,39
CaCl <sub>2</sub>	—	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
51,86		85,37	
SrCl <sub>2</sub>	SrBr <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
55,61	57,46	94,39	

Vergleich der Metallionen.

0,01 Mole Alkali- resp. 0,005 Mole Erdalkalisalz pro 10 ccm.

LiCl	NaCl	KCl
16,09	28,78	31,71
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	—
85,37	94,39	
CaCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
51,86	55,61	68,29

Ordnen wir die Ionen wie üblich nach der Größe ihrer Löslichkeitserhöhenden Wirkung, so kommen wir zu den Reihen:



Von diesen Ionenreihen stimmt die der Säureionen vollständig mit derjenigen überein, die wir weiter oben aus dem Verhalten des Glykokolls und Leucins gegen Neutralsalze abgeleitet haben; hingegen enthalten die beiden Reihen der Metallionen die einzelnen Elemente in einer der Aufeinanderfolge nach gleichen, dem Sinne nach aber entgegengesetzten Anordnung, wie wir sie vom Glykokoll und Leucin her kennen.

Mit anderen Worten: Gehen wir von den neutralen Aminosäuren Glykokoll und Leucin zu einer sauren Aminosäure, der Asparaginsäure, über, so bleibt die Reihe der Säureionen erhalten, während die Reihen der Metallionen umgekehrt werden. Diejenigen Metallionen, welche die Löslichkeit des Glykokolls am stärksten erhöhen, haben auf die Löslichkeit der Asparaginsäure den geringsten Einfluß und umgekehrt.

Daß wirklich der saure Charakter der Asparaginsäure für die Umkehrung der Metallionenreihen maßgebend ist und nicht etwa ein spezifischer Einfluß dieser Säure, ergibt sich zunächst daraus, daß sich die d-Glutaminsäure in ihrem Verhalten gegen Neutralsalze ganz der Asparaginsäure anschließt:

0,02 Mole Salz pro 10 ccm Wasser.

LiCl	KCl	KNO <sub>3</sub>
5,68	31,24	80,12



Dann aber spricht besonders der Umstand für unsere Auffassung, daß die Löslichkeit der neutralen Aminosäure Leucin in salzsäurehaltigem Wasser durch Neutralsalze ganz im Sinne der für Asparaginsäure abgeleiteten Ionenreihen beeinflußt wird, indem durch die Wirkung der Wasserstoffionen die für neutrale Leucinlösungen gültige Metallionenreihe umgekehrt wird.

0,02 Mole Salz pro 10 ccm  $\frac{1}{10}$ -HCl.

LiCl	KCl	KNO <sub>3</sub>
— 36,37	— 17,57	— 9,67



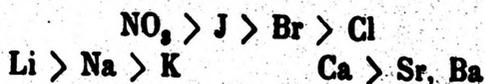
Es wäre nun von besonderem Interesse gewesen, festzustellen, wie sich Lösungen basischer Aminosäuren gegen Neutralsalze verhalten. Leider stand uns keine für solche Versuche geeignete Substanz zur Verfügung.<sup>1)</sup> Zu erwarten ist, daß basische Aminosäuren gegenüber neutralen eine Umkehrung der Säureionenreihe zeigen. Trifft diese Vermutung zu, so hätten wir beim Übergang von sauren zu basischen Aminosäuren eine Umkehrung beider Ionenreihen, ähnlich wie beim Übergang von sauren zu basischen Eiweißlösungen.

### c) Schlußfolgerungen.

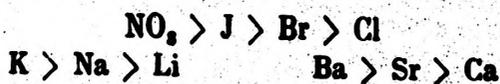
Zusammenfassend können wir das Verhalten der Aminosäuren in wässriger Lösung gegen Neutralsalze folgendermaßen charakterisieren:

Die Aminosäuren verhalten sich gegen Neutralsalze in der Beziehung individuell, daß bei den einen — Glykokoll, Asparaginsäure, Glutaminsäure — fast nur Löslichkeitserhöhungen, bei den anderen, wie Leucin und Phenylalanin,<sup>2)</sup> aber neben Löslichkeitserhöhungen auch ganz erhebliche Aussalzungen vorkommen. Unabhängig aber davon, ob wir es mit Löslichkeitserhöhungen oder Aussalzungen zu tun haben, liegt bei den Löslichkeitsänderungen ganz allgemein eine additive Wirkung der Metallionen und Säureionen vor, so daß wir charakteristische Ionenreihen aufstellen können.

Ordnen wir nun die Ionen nach der Größe ihrer löslichkeitserhöhenden Wirkung und parallelisieren wir eine relativ starke Aussalzung mit einer relativ geringen Löslichkeitserhöhung und umgekehrt, so haben wir für die neutralen Aminosäuren die Ionenreihen:



und für die sauren Aminosäuren die Reihen:



<sup>1)</sup> Die Löslichkeit von Leucin in wässrigem Alkali wird von Neutralsalzen sehr wenig beeinflusst; auch sind die aufgefundenen Unterschiede zu gering, um definitive Schlüsse zuzulassen.

<sup>2)</sup> Siehe hierzu Ber., Bd. 48, S. 1041 (1915).

so daß beim Übergang von neutralen zu sauren Aminosäuren die Metallionenreihen umgekehrt werden, die Säureionenreihen aber erhalten bleiben.

All diese Gesetzmäßigkeiten erinnern uns lebhaft an bekannte Tatsachen aus der Chemie der Eiweißkörper.

Auch die Eiweißkörper zeigen erhebliche Unterschiede im Verhalten gegen Neutralsalze. Es braucht ja nur an die Albumine, die sich durch Neutralsalze leicht aussalzen lassen, und die Globuline, deren Löslichkeit durch Neutralsalze stark erhöht wird, erinnert zu werden.

Auch bei den Eiweißkörpern beeinflussen sowohl die positiven wie die negativen Salzionen die Löslichkeit (additives Verhalten) und auch bei ihnen stoßen wir auf charakteristische Ionenreihen. Während man aber, so weit die bisherigen Untersuchungen reichen, bei den Eiweißkörpern nur dann eindeutige Ionenreihen erhält, wenn ihre Lösungen ausgesprochen sauer oder alkalisch reagieren, können wir bei den Aminosäuren auch für die neutralen Lösungen eindeutige Ionenreihen aufstellen.

Die grundlegende Tatsache, daß beim Übergang von einer sauren zu einer basischen Eiweißlösung sowohl die Metallionen- wie auch die Säureionenreihe umgekehrt wird, finden wir bei unseren Aminosäuren in dem Sinne wieder, daß beim Ersatz einer neutralen Aminosäure durch eine saure eine der beiden Ionenreihen, und zwar die der Metallionen, ihre Richtung wechselt.

In bezug auf die gegenseitige Stellung der Ionen in den einzelnen Reihen ergeben sich allerdings bei Aminosäuren und Eiweißkörpern — vor allem in der Reihe der Säureionen — erhebliche Differenzen.

Alles in allem können wir sagen, daß das so charakteristische Verhalten der Eiweißkörper gegen Neutralsalze in den wesentlichen Zügen schon den Eiweißbausteinen, den Aminosäuren, zukommt. Damit ist aber gezeigt, daß weder die «komplexe» noch die «kolloidale» Natur der Eiweißkörper ihr Verhalten gegen Neutralsalze dem Wesen nach bestimmt. Für die Beziehungen zwischen Eiweißkörpern und Neutralsalzen ist vor allem der Aminosäurecharakter der ersteren maßgebend.

**Experimenteller Teil.<sup>1)</sup>****a) Ausführung der Versuche.**

Zur Bestimmung der Löslichkeit der Aminosäuren wurde wie folgt verfahren:

Die Lösung eines Neutralsalzes von bekanntem Gehalt wurde mit der betreffenden Aminosäure als Bodenkörper 2 Tage lang bei 20° im Thermostaten geschüttelt; dann wurde der Lösung eine erste Probe entnommen und der Rest nochmals einen Tag lang geschüttelt, worauf die Kontrollbestimmung erfolgte. Es zeigte sich, daß in 2 Tagen jedesmal vollständige Sättigung eingetreten war.

Die zu den Versuchen angewandten Salze wurden in möglichst reiner Form «zur Analyse» bezogen und auf ihren Reinheitsgrad geprüft. Von den hygroskopischen Salzen wurden Standard-Lösungen hergestellt.

Zur exakten Feststellung des Gehaltes der an Aminosäure gesättigten Lösungen an Salz und Aminosäure wäre es notwendig gewesen, beide Komponenten analytisch zu bestimmen. Wir begnügten uns aber in den meisten Fällen mit der direkten Bestimmung des Aminosäuregehaltes; Angaben hierüber siehe weiter unten. Der Salzgehalt der an Aminosäure gesättigten Lösungen ergab sich wie folgt:

Die Aminosäuren Leucin, Asparaginsäure und Glutaminsäure sind so wenig in Wasser löslich, daß sich die Konzentrationen der Salzlösungen durch Aufnahme einer dieser Aminosäuren nicht wesentlich verschieben; es genügt also für diese Fälle den Salzgehalt der angewandten Salzlösungen zu kennen. Anders aber liegen die Verhältnisse für Glykokoll. Glykokoll gibt beim Auflösen eine ganz erhebliche Volumenvermehrung, so daß die Konzentrationen der Salzlösungen bei der Sättigung mit Glykokoll stark abnehmen.

---

<sup>1)</sup> Einige in der Arbeit: «Über das Verhalten der Aminosäuren gegen Neutralsalze in wässriger Lösung», Ber., Bd. 48, S. 1938 (1915) mitgeteilte Zahlenangaben bedürfen der Korrektur; sie sind durch die entsprechenden Werte der vorliegenden Publikation zu ersetzen.

Um nun nicht jedesmal den Salzgehalt der an Glykokoll gesättigten Lösungen bestimmen zu müssen, haben wir die Volumenzunahme einer Reihe von Salzlösungen durch Glykokollaufnahme festgestellt; dann haben wir mit Hilfe der so gewonnenen Zahlen die Salzkonzentrationen der angewandten Lösungen umgerechnet. Die Volumenzunahmen sind in erster Annäherung proportional der zugesetzten Glykokollmenge und unabhängig von der Natur des gelösten Salzes. Wir haben für je 1 g Glykokoll eine Volumenzunahme von etwa 0,58 ccm. Wenn wir nun unter  $m$  die Anzahl Mole Salz in 10 ccm der ursprünglichen Salzlösung und unter  $n$  die Glykokollmenge in 2 ccm der an Glykokoll gesättigten Salzlösung verstehen, so erhalten wir für die Anzahl Mole Salz in 10 ccm der an Glykokoll gesättigten Lösung den Ausdruck:

$$x = m \frac{2-n \cdot 0,58}{2}$$

Die quantitative Bestimmung der Aminosäuren erfolgte nach der eleganten Titrationsmethode von Sørensen.<sup>1)</sup> Einzelheiten über die Ausführung der Titrationsversuche sind bei Sørensen nachzulesen. Hier sei nur folgendes mitgeteilt: Die Formolmethode Sørensens beruht auf der Tatsache, daß eine Aminosäure auf Zusatz einer wässrigen Formaldehydlösung in eine ausgesprochene Säure übergeht, die mit Baryt- oder Natronlauge titriert werden kann (Indikator Thymolphthalein). Nach Sørensen ist es zweckmäßig, Aminosäurelösungen zu verwenden, die etwa  $1/10$  normal sind. Beim Glykokoll wurden daher je 2 ccm der gesättigten Lösungen auf 50 ccm verdünnt; von diesen 50 ccm wurden 20 ccm abpipettiert und titriert. Die in den Tabellen angegebenen Kubikzentimeterzahlen von Baryt- resp. Natronlauge sind also mit 2,5 zu multiplizieren, um diejenigen Werte für Ba(OH)<sub>2</sub>, resp. NaOH zu erhalten, die 2 ccm der Glykokollösungen entsprechen. Bei den übrigen Aminosäuren war eine derartig starke Verdünnung der gesättigten Lösungen nicht notwendig; hier wurden direkt 10 ccm

<sup>1)</sup> Biochem. Zeitschr., Bd. 7, S. 45 (1907).

abpipettiert und nach dem Verdünnen mit 10 ccm Wasser auf einmal titriert.

Bei der praktischen Ausführung der Löslichkeitsbestimmungen wurde, entsprechend dem Zweck der vorliegenden Arbeit, besonderer Wert darauf gelegt, zuverlässige Vergleichswerte zu erhalten, um so die Löslichkeitsänderungen durch Neutralsalze einwandfrei einander gegenüberstellen zu können. Ob eine Serie von Vergleichswerten gleichmäßig etwas zu hohe oder zu niedrige Löslichkeitszahlen enthält, bedingt etwa durch die nicht vollkommene «optische» Reinheit unserer Aminosäuren oder durch eine etwas von 20° abweichende Temperatur des Thermostaten, ist von geringer Bedeutung.

Da sich die Angaben von Sörensen in der Hauptsache auf reine Aminosäuren und deren Gemische beziehen, so war noch zu prüfen, ob die Formolmethode durch Neutralsalze beeinflusst wird. In dieser Richtung mit den Salzen NaJ, KBr, KJ, SrCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, BaBr<sub>2</sub> angestellte Versuche ergaben weder für Glykokoll noch für Leucin und Asparaginsäure nennenswerte Änderungen der Titrationswerte.

Erwähnt sei noch, daß in zahlreichen Fällen durch besondere Versuche festgestellt wurde, daß in den gesättigten Lösungen als Bodenkörper nur reine Aminosäure und nicht etwa eine Verbindung derselben mit einem Neutralsalz vorhanden war.

#### b) Löslichkeit des Glykokolls in Salzlösungen.

Zum besseren Verständnis der Tabellen sei kurz folgendes bemerkt: In der ersten Rubrik der Tabellen befinden sich die in 10 ccm der angewandten Salzlösungen vorhandenen Mole Salz, während in der zweiten Rubrik die nach der Formel

$$x = m \frac{2 - n \cdot 0,58}{2} \text{ für 10 ccm der an Glykokoll ge-}$$

sättigten Lösungen berechneten Mole Salz angegeben sind. Dann folgen die bei der Titration der gesättigten Glykokollösungen verbrauchten Kubikzentimeter Barytlösung resp. Natronlauge (Angaben über die Durchführung der Titration siehe

weiter oben). Die nächsten drei Rubriken sind ohne weiteres verständlich.

Um vergleichbare Werte für die prozentuellen Löslichkeitszunahmen zu erhalten, sind die gefundenen Löslichkeitszunahmen in vielen Fällen auf gleiche Molzahlen der in den gesättigten Glykokollösungen vorhandenen Salze umgerechnet worden, und zwar auf 0,005 Mole Erdalkali- und 0,01 Mole Alkalisalz. Die Umrechnungen geschahen unter der Voraussetzung, daß innerhalb enger Grenzen die Löslichkeitszunahmen proportional den Salzkonzentrationen sind. Diese « korrigierten prozentuellen Zunahmen » sind in der letzten Rubrik zusammengestellt.

Die Löslichkeit des Glykokolls in reinem Wasser bei 20° beträgt nach unseren Versuchen 0,3923 g pro 2 ccm.

Vergleich der Lithiumsalze, Natriumsalze und Kaliumsalze.

Die mit einem Sternchen versehenen Werte beziehen sich auf Barytlauge (1 ccm = 0,01721 g Ba(OH)<sub>2</sub>), die übrigen auf <sup>n</sup>/<sub>10</sub>-NaOH.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	Mole Salz in 10 ccm der an Gl. ge- sättigten Lösung	Natron- lauge resp. Baryt- lösung ccm	Gly- kokoll in 2 ccm g	Löslichkeitszu- nahme		Korri- gierte Zu- nahme in %
				pro 2 ccm in g	in %	
LiCl 0,0096	0,00843	11,12*	0,4188	0,0265	6,75	8,01
LiBr 0,0097	0,00851	11,27*	0,4245	0,0322	8,21	9,65
NaCl 0,01	0,00883	21,65	0,4059	0,0136	3,47	3,93
NaBr 0,01	0,00880	22,0	0,4125	0,0202	5,15	5,85
NaJ 0,0096	0,00844	22,3	0,4181	0,0258	6,58	7,80
NaNO <sub>3</sub> 0,01	0,00874	23,15	0,4341	0,0418	10,65	12,19
NaClO <sub>4</sub> 0,01	0,00874	23,15	0,4341	0,0418	10,65	12,19
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,005	0,00439	22,35	0,4191	0,0268	6,83	—
KCl 0,01	0,00885	21,1	0,3956	0,0033	0,84	0,95
KBr 0,01	0,00883	21,43	0,4018	0,0095	2,42	2,74
KJ 0,01	0,00881	21,75	0,4078	0,0155	3,95	4,48
KNO <sub>3</sub> 0,01	0,00880	10,96*	0,4128	0,0205	5,23	5,94
KSCN 0,0098	0,00867	10,56*	0,3977	0,0054	1,38	1,59

## Vergleich der Calciumsalze, Strontiumsalze und Baryumsalze.

1 ccm Barytlösung enthielt 0,01521 g Ba(OH)<sub>2</sub>.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	Mole Salz in 10 ccm der an Gl. ge- sättigten Lösung	Baryt- lösung ccm	Gly- kokoll in 2 ccm g	Löslichkeitszu- nahme		Korri- gierte Zu- nahme ‰
				pro 2 ccm in g	in ‰	
CaCl <sub>2</sub> 0,0057	0,00490	14,56	0,4848	0,0925	23,58	24,06
CaBr <sub>2</sub> 0,0051	0,00436	15,00	0,4994	0,1071	27,30	31,31
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,005	0,00426	15,36	0,5114	0,1191	30,36	35,63
SrCl <sub>2</sub> 0,005	0,00432	14,19	0,4724	0,0801	20,42	23,63
SrBr <sub>2</sub> 0,0049	0,00421	14,66	0,4881	0,0958	24,42	29,00
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,005	0,00428	13,23*)	0,4983	0,1060	27,04	31,59
BaCl <sub>2</sub> 0,005	0,00431	14,27	0,4751	0,0828	21,11	24,46
BaBr <sub>2</sub> 0,005	0,00428	14,74	0,4908	0,0985	25,11	29,32
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,005	0,00428	14,93	0,4971	0,1048	26,71	31,20
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 0,00412	0,00351	15,29	0,5091	0,1168	29,77	42,41

\*) 1 ccm Lauge = 0,01721 g Ba(OH)<sub>2</sub>.

## Konzentrationseinfluß der Erdalkalisalze.

Die mit <sup>1)</sup> versehenen Zahlen beziehen sich auf Barytlösung (1 ccm = 0,01764 g Ba(OH)<sub>2</sub>), die mit <sup>2)</sup> versehenen Zahlen auf Barytlösung (1 ccm = 0,01337 g Ba(OH)<sub>2</sub>), die übrigen auf  $\frac{n}{10}$ -NaOH.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	Mole Salz in 10 ccm der an Gl. ge- sättigten Lösung	Baryt- lösung resp. Natron- lauge ccm	Gly- kokoll in 2 ccm g	Löslichkeitszu- nahme	
				pro 2 ccm in g	in ‰
NaCl 0,01	0,00881	10,62 <sup>1)</sup>	0,4099	0,0176	4,49
NaCl 0,02	0,0176	10,83 <sup>1)</sup>	0,4180	0,0257	6,55
NaCl 0,04	0,0351	22,7	0,4256	0,0331	8,43
NaNO <sub>3</sub> 0,005	0,00440	14,19 <sup>2)</sup>	0,4150	0,0227	5,75
NaNO <sub>3</sub> 0,01	0,00874	14,87 <sup>2)</sup>	0,4352	0,0429	10,94
NaNO <sub>3</sub> 0,02	0,0173	15,80 <sup>2)</sup>	0,4625	0,0702	17,89
NaNO <sub>3</sub> 0,04	0,0342	17,01 <sup>2)</sup>	0,4979	0,1056	26,92
KCl 0,005	0,00443	21,1	0,3956	0,0033	0,84
KCl 0,01	0,00886	21,1	0,3956	0,0033	0,84
KCl 0,02	0,0177	20,9	0,3920	— 0,0003	— 0,08
KCl 0,04	0,0359	19,0	0,3562	— 0,0361	— 9,2

## Konzentrations einfluß der Erdalkalisalze.

1) 1 ccm Barytlösung = 0,01555 g. 2) 1 ccm Barytlösung = 0,01337 g.

3) 1 ccm Barytlösung = 0,01521 g. 4) 1 ccm Barytlösung = 0,01721 g.

5) ccm  $n/10$ -NaOH.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		Mole Salz in 10 ccm an Gl. ge- sättigter Lösung	Baryt- lösung resp. Natron- lauge ccm	Glykokoll in 2 ccm g	Löslichkeits- zunahme	
					pro 2 ccm in g	in %
CaCl <sub>2</sub>	0,00267	0,00234	12,63 <sup>1)</sup>	0,4297	0,0374	9,53
CaCl <sub>2</sub>	0,00534	0,00461	13,81 <sup>1)</sup>	0,4697	0,0774	19,73
CaCl <sub>2</sub>	0,0107	0,00900	16,08 <sup>1)</sup>	0,5471	0,1548	39,46
CaCl <sub>2</sub>	0,0214	0,0170	20,62 <sup>1)</sup>	0,7016	0,3093	78,79
SrCl <sub>2</sub>	0,0025	0,00219	14,57 <sup>2)</sup>	0,4262	0,0339	8,64
SrCl <sub>2</sub>	0,005	0,00432	15,94 <sup>2)</sup>	0,4662	0,0739	18,79
SrCl <sub>2</sub>	0,01	0,00849	17,79 <sup>2)</sup>	0,5210	0,1285	32,76
SrCl <sub>2</sub>	0,02	0,0162	35,2 <sup>2)</sup>	0,6602	0,2679	68,29
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,00412	0,00351	15,29 <sup>3)</sup>	0,5091	0,1168	29,77
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,00617	0,00520	14,43 <sup>3)</sup>	0,5435	0,1512	38,54
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,00836	0,00693	15,66 <sup>3)</sup>	0,5898	0,1975	50,34

## Versuche mit 2 n-HCl als Lösungsmittel.

1 ccm Natronlauge = 0,9987 ccm  $n/10$ -NaOH.

Löslichkeit von Glykokoll in 2 n-HCl = 0,6911 g pro 2 ccm.

Mole Salz in 10 ccm angewandter Lösung		Für Glykokoll ver- brauchte NaOH ccm	Glykokoll in 2 ccm g	Löslichkeitszunahme	
				pro 2 ccm in g	in %
LiBr	0,02	37,20	0,6966	0,0055	0,80
NaBr	0,02	37,06	0,6941	0,0030	0,43
KBr	0,02	36,85	0,6900	— 0,0011	— 0,16
NaBr	0,02	37,06	0,6941	0,0030	0,43
NaNO <sub>3</sub>	0,02	40,12	0,7512	0,0601	8,70

## c) Löslichkeit des d,l-Leucins in Salzlösungen.

In den folgenden Tabellen befinden sich in der ersten Rubrik die Anzahl Mole Salz pro 10 ccm angewandter Lösung, in der zweiten die bei der Titration von je 10 ccm der an Leucin gesättigten salzhaltigen Lösungen nach der Methode von Sörensen verbrauchten Kubikzentimeter Baryt- resp. Natronlauge. In der nächsten Rubrik sind die Leucingehalte von je 10 ccm der titrierten Lösungen angegeben; die in der zweiten und dritten Rubrik links stehenden Zahlen entsprechen Proben, die nach zweitägigem Schütteln, die rechtsstehenden Zahlen Proben, die nach dreitägigem Schütteln den Röhrchen entnommen sind; die Zahlen in den übrigen Rubriken sind ohne weiteres verständlich.

## Vergleich der Alkalisalze.

Löslichkeit des Leucins in reinem Wasser bei 20°: 0,0972 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	n/10- NaOH ccm	Leucin in 10 ccm g		Löslichkeits- zunahme		Zu- nahme für 0,02 Mole Salz
				pro 10 ccm in g	in %	
LiCl 0,0228	6,8 6,6	0,0892	0,0866	— 0,0093	— 9,57	— 9,39
NaCl 0,02	4,95 4,90	0,0650	0,0643	— 0,0325	— 33,44	— 33,44
KCl 0,02	4,85 4,85	0,0637	0,0637	— 0,0835	— 34,46	— 34,46
KBr 0,02	5,45 5,35	0,0715	0,0702	— 0,0263	— 27,06	— 27,06
KJ 0,02	6,1 6,1	0,0801	0,0801	— 0,0171	— 17,59	— 17,59
KNO <sub>3</sub> 0,02	7,1 7,0	0,0932	0,0919	— 0,0046	— 4,73	— 4,73

## Vergleich der Erdalkalisalze.

Löslichkeit des Leucins in reinem Wasser bei 20°: 0,0984 g pro 10 ccm.

1 ccm Barytlauge = 0,01757 g Ba(OH)<sub>2</sub>.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	Baryt- lösung ccm	Leucin in 10 ccm g		Löslichkeits- zunahme		Zu- nahme für 0,005 Mole Salz
				pro 10 ccm in g	in %	
CaCl <sub>2</sub> 0,00571	4,38 4,63	0,1176	0,1243	0,0198	20,12	17,62
SrCl <sub>2</sub> 0,005	4,09 4,28	0,1098	0,1149	0,0139	14,13	14,13
BaCl <sub>2</sub> 0,005	4,18 4,28	0,1122	0,1149	0,0152	15,44	15,44
BaBr <sub>2</sub> 0,00487	4,46 4,50	0,1197	0,1208	0,0218	22,15	22,75
Ba(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 0,00457	4,70 4,90	0,1262	0,1315	0,0306	30,39	34,02

## Konzentrationseinfluß der Alkalisalze.

Löslichkeit des Leucins in Wasser bei 20°: 0,0972 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	n/10- NaOH		Leucin in 10 ccm		Mittlere Zunahme	
	ccm		g		pro 10 ccm in g	in %
LiCl 0,0127	7,0	7,2	0,0919	0,0945	-0,0040	- 4,11
LiCl 0,0254	6,6	6,8	0,0867	0,0893	-0,0092	- 9,46
LiCl 0,0507	7,4	7,5	0,0972	0,0985	+0,0006	+ 0,6
LiCl 0,114	6,85	6,95	0,0900	0,0913	-0,0065	- 6,69
NaCl 0,005	6,65	6,75	0,0873	0,0886	-0,0092	- 9,46
NaCl 0,001	6,10	6,15	0,0801	0,0808	-0,0167	-17,18
NaCl 0,02	5,00	5,10	0,0657	0,0670	-0,0309	-31,79
NaCl 0,04	2,95	2,95	0,0387	0,0387	-0,0585	-60,19
NaCl (ges. Lsg.)	2,1	1,9	0,0276	0,0249	-0,0710	-73,04
KCl 0,005	6,8	6,8	0,0893	0,0893	-0,0079	- 8,13
KCl 0,01	6,2	6,1	0,0814	0,0801	-0,0165	-16,98
KCl 0,02	4,9	4,85	0,0643	0,0637	-0,0332	-34,16
KCl (ges. Lsg.)	2,7	2,7	0,0355	0,0355	-0,0617	-63,48

## Konzentrationseinfluß der Erdalkalisalze.

Die mit einem Sternchen versehenen Zahlen beziehen sich auf Barytlauge, die übrigen auf n/10-NaOH; 1 ccm Barytlösung = 0,01757 g Ba(OH)<sub>2</sub>.

Löslichkeit des Leucins in Wasser bei 20°: 0,0984 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	n/10-NaOH resp. Baryt- lösung		Leucin in 10 ccm		Mittlere Zunahme	
	ccm		g		pro 10 ccm in g	in %
CaCl <sub>2</sub> 0,00297	8,13	8,20	0,1066	0,1075	0,0086	8,74
CaCl <sub>2</sub> 0,00594	8,71	8,78	0,1142	0,1151	0,0162	16,46
CaCl <sub>2</sub> 0,0118	9,61	9,67	0,1260	0,1268	0,0280	28,45
CaCl <sub>2</sub> 0,0237	10,59	10,65	0,1388	0,1396	0,0408	41,46
SrCl <sub>2</sub> 0,0025	4,05*	3,85*	0,1087	0,1034	0,0076	7,72
SrCl <sub>2</sub> 0,005	4,08*	4,09*	0,1095	0,1098	0,0113	11,48
SrCl <sub>2</sub> 0,01	3,97*	4,03*	0,1066	0,1082	0,0090	9,15
SrCl <sub>2</sub> 0,02	3,88*	3,85*	0,1042	0,1034	0,0054	5,49
BaCl <sub>2</sub> 0,0025	8,03	8,09	0,1053	0,1061	0,0073	7,42
BaCl <sub>2</sub> 0,005	8,50	8,60	0,1115	0,1128	0,0137	13,92
BaCl <sub>2</sub> 0,01	8,48	8,52	0,1112	0,1117	0,0131	13,31

Versuche mit  $n_{/10}$ -HCl als Lösungsmittel.Löslichkeit von Leucin in  $n_{/10}$ -HCl bei 20° 0,2219 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		Von Leucin ver- brauchte $n_{/10}$ -NaOH ccm	Leucin in 10 ccm g	Löslichkeitszunahme pro 10 ccm in g		in %
LiCl	0,0194	10,78	0,1412	— 0,0807	— 36,37	
KCl	0,02	13,96	0,1829	— 0,0390	— 17,57	
KNO <sub>3</sub>	0,02	15,30	0,2004	— 0,0215	— 9,67	

Versuche mit  $n_{/10}$ -NaOH als Lösungsmittel.

(Die Leucinlösungen reagierten gegen Thymolphthalein nicht alkalisch.)

Löslichkeit von Leucin in  $n_{/10}$ -NaOH bei 20° 0,2274 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		Von Leucin neu- tralisierte $n_{/10}$ -NaOH ccm	Leucin in 10 ccm g	Löslichkeitszunahme pro 2 ccm in g		in %
LiCl	0,0206	16,22	0,2125	— 0,0149	— 6,55	
NaCl	0,02	14,59	0,1911	— 0,0363	— 15,96	
KCl	0,02	14,65	0,1919	— 0,0355	— 15,62	
KBr	0,02	15,01	0,1966	— 0,0308	— 13,55	
KNO <sub>3</sub>	0,02	15,72	0,2059	— 0,0215	— 9,45	

Versuche mit  $n_{/2}$ -NaOH als Lösungsmittel.

(Die Leucinlösungen reagierten gegen Thymolphthalein alkalisch.)

In diesem Falle wurden je 2 ccm der Lösungen titriert.

Löslichkeit von Leucin in  $n_{/2}$ -NaOH bei 20° 0,1441 g pro 2 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		Von Leucin neu- tralisierte $n_{/10}$ -NaOH ccm	Leucin in 2 ccm g	Löslichkeitszunahme pro 2 ccm in g		in %
LiCl	0,0204	10,50	0,1375	— 0,0066	— 4,58	
NaCl	0,02	10,24	0,1341	— 0,0100	— 6,95	
NaNO <sub>3</sub>	0,02	10,32	0,1352	— 0,0089	— 6,18	

## d) Löslichkeit der l-Asparaginsäure in Salzlösungen.

Über die Bedeutung der einzelnen Rubriken siehe die Bemerkungen beim Leucin.

Löslichkeit der l-Asparaginsäure in Wasser bei 20°: 0,0410 g pro 10 ccm.

## Vergleich der Alkalisalze.

Mole Salz in 1 ccm ange- wandter Lösung	n/10-NaOH ccm		Asparaginsäure in 10 ccm g		Mittlere Zunahme		Zu- nahme für 0,01 Mole Salz
					pro 10 ccm in g	in %	
LiCl 0,0117	7,25	7,40	0,0483	0,0493	0,0078	19,02	16,09
NaCl 0,01	7,95	7,90	0,0530	0,0526	0,0118	28,78	28,78
KCl 0,01	8,1	8,1	0,0540	0,0540	0,0130	31,71	31,71
KBr 0,01	8,35	8,35	0,0556	0,0556	0,0146	35,61	35,61
KJ 0,01	8,47	8,50	0,0564	0,0566	0,0155	37,82	37,82
KNO <sub>3</sub> 0,01	9,5	9,5	0,0633	0,0633	0,0223	54,39	54,39
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,005	10,3	10,3	0,0686	0,0686	0,0276	67,31	—

## Vergleich der Erdalkalisalze.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung	n/10-NaOH ccm		Asparaginsäure in 10 ccm g		Mittlere Zunahme		Zu- nahme für 0,05 Mole Salz
					pro 10 ccm in g	in %	
CaCl <sub>2</sub> 0,00528	9,46	9,60	0,0629	0,0638	0,0224	54,63	51,86
SrCl <sub>2</sub> 0,005	9,58	9,59	0,0637	0,0638	0,0228	55,61	55,61
BaCl <sub>2</sub> 0,005	10,36	10,39	0,0689	0,0691	0,0280	68,29	68,29
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,0049	11,25	11,40	0,0748	0,0758	0,0343	83,66	85,37
SrBr <sub>2</sub> 0,00486	9,61	9,59	0,0639	0,0638	0,0229	55,85	57,46
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,005	11,95	12,00	0,0795	0,0798	0,0387	94,39	94,39

## Konzentrations einfluß der Alkalisalze.

Mole Salz in 10 ccm angewandter Lösung	n/10- NaOH ccm		Asparaginsäure in 10 ccm g		Mittlere Zunahme	
					pro 10 ccm in g	in %
NaCl 0,005	7,14	6,98	0,0475	0,0464	0,0060	14,63
NaCl 0,01	7,73	7,72	0,0514	0,0514	0,0104	25,37
NaCl 0,02	8,35	8,14	0,0555	0,0541	0,0138	33,66
NaCl 0,04	8,48	8,57	0,0564	0,0570	0,0157	38,29
KBr 0,005	7,5	7,5	0,0499	0,0499	0,0089	21,71
KBr 0,01	8,15	8,20	0,0542	0,0545	0,0134	32,68
KBr 0,02	9,6	9,6	0,0638	0,0638	0,0228	55,61
KBr 0,04	11,10	11,15	0,0738	0,0742	0,0330	80,49

## Konzentrationseinfluß der Erdalkalisalze.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		$n/_{10}$ - NaOH ccm		Asparaginsäure in 10 ccm g		Mittlere Zunahme pro 10 ccm   in g   %	
CaCl <sub>2</sub>	0,00429	9,1	9,2	0,0605	0,0612	0,0199	48,54
CaCl <sub>2</sub>	0,00858	11,1	11,2	0,0738	0,0745	0,0333	81,22
CaCl <sub>2</sub>	0,01716	15,0	15,0	0,0998	0,0998	0,0588	143,4
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,00204	9,15	8,90	0,0608	0,0592	0,0190	46,34
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,00408	11,15	11,29	0,0741	0,0751	0,0336	81,95
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,00816	14,05	13,97	0,0934	0,0929	0,0522	127,3
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,01632	20,10	20,22	0,1337	0,1346	0,0932	227,3

Versuche mit  $n/_{10}$ -NaOH als Lösungsmittel.

(Die Lösungen reagierten sauer.)

Löslichkeit der l-Asparaginsäure in  $n/_{10}$ -NaOH bei 20°: 0,1669 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		Von Asparagin- säure neu- tralisierte $n/_{10}$ -NaOH ccm	Asparaginsäure in 10 ccm g	Löslichkeits- zunahme pro 10 ccm in   in g   %	
LiCl	0,0197	24,67	0,1640	- 0,0029	- 1,74
NaCl	0,02	25,67	0,1707	+ 0,0038	+ 2,28
KCl	0,02	26,41	0,1756	+ 0,0087	+ 5,21
KBr	0,02	26,50	0,1762	+ 0,0093	+ 5,57
KNO <sub>3</sub>	0,02	28,68	0,1907	+ 0,0238	+ 14,26

e) Löslichkeit der d-Glutaminsäure in Salzlösungen.

Löslichkeit der d-Glutaminsäure in Wasser bei 20°: 0,0669 g pro 10 ccm.

Mole Salz in 10 ccm ange- wandter Lösung		$n/_{10}$ - NaOH ccm	Glutaminsäure in 10 ccm g	Löslichkeits- zunahme pro 10 ccm   in in g   %	
LiCl	0,021	9,63	0,0707	0,0038	5,68
KCl	0,02	11,94	0,0878	0,0209	31,24
KNO <sub>3</sub>	0,02	16,39	0,1205	0,0536	80,12

Zürich, Chemisches Universitätsinstitut, Januar 1916.