

Eine Darstellung der Fortschritte der anorganisch-chemischen und elektrochemischen Industrie auf Grund der deutschen Reichspatente findet sich bei Bräuer und D'Ans.<sup>230)</sup> [A. 141.]

## Beziehungen zwischen Konstitution und Geschmack von $\alpha$ -Aminosäuren.

Von ALFRED HEIDUSCHKA und ERNST KOMM.

### II. Mitteilung: Über die Abhängigkeit des Süßungsgrades wässriger Aminosäurelösungen von der Konzentration.

Bearbeitet von E. Komm und A. Simeons.

Aus dem Laboratorium für Lebensmittel- und Gärungsschemie der Technischen Hochschule Dresden und aus Dr. Lahmanns Laboratorium für physiologische Chemie und Ernährungsforschung Dresden-Weißen Hirsch.

(Eingeg. 14.6. 1925.)

Zur Erforschung der Zusammenhänge zwischen chemischer Konstitution und Geschmack bieten die Aminosäuren ein gutes Untersuchungsmaterial. In unserer ersten Abhandlung<sup>1)</sup> bestimmten wir den Süßungsgrad von Glykokoll, Sarkosin, d-Alanin und d, l-Alanin und zwar so, daß wir eine 10%ige Lösung dieser Stoffe mit einer Skala von Zuckerlösungen verglichen. Vor der weiteren systematischen Untersuchung anderer Aminosäuren war es nun von Wichtigkeit festzustellen, ob dieser an 10%igen Lösungen bestimmte Süßungsgrad eine konstante Größe ist, oder ob und in welcher Weise er sich mit der Konzentration des gelösten Stoffes ändert.

Wir untersuchten zu diesem Zweck wässrige Lösungen von Glykokoll und d, l-Alanin verschiedener Konzentration durch Vergleiche mit ein und derselben Skala von Zuckerlösungen gleicher Reizstufen. Als Meßmethodik benutzten wir wiederum die von Th. Paul<sup>2)</sup> empfohlene Konstanzmethode, die sich sehr gut bewährte. Als Maßeinheiten kamen die Begriffe Süßungsgrad (SG.) und Molekularer Süßungsgrad (MSG.) bezogen auf Zucker = 1 in Anwendung.

Es wurde festgestellt, daß der Süßungsgrad der untersuchten Aminosäuren Glykokoll und d, l-Alanin kein konstanter Wert ist, sondern von der Konzentration abhängt. Die folgenden Tabellen veranschaulichen dieses Ergebnis.

Tabelle 1.

Süßungsgrad und Molekularer Süßungsgrad von Glykokollösungen bei verschiedener Konzentration.

| Konzentration der Lösung          | Süßungsgrad | Molekularer Süßungsgrad |
|-----------------------------------|-------------|-------------------------|
| 2,5 g Glykokoll in 100 ccm Wasser | 1,19        | 0,26                    |
| 5,0 g " 100 " "                   | 1,03        | 0,22                    |
| 7,5 g " 100 " "                   | 0,85        | 0,18                    |
| 10,0 g " 100 " "                  | 0,78        | 0,17                    |
| 15,0 g " 100 " "                  | 0,64        | 0,14                    |
| 20,0 g " 100 " "                  | 0,55        | 0,12                    |
| 25,0 g " 100 " "                  | 0,46        | 0,10                    |

<sup>230)</sup> Fortschritte in der anorganisch-chemischen Industrie (Springer, Berlin 1921—1925).

Anmerkung bei der Korrektur: Stark gekürzte Auszüge aus einem Bericht von Andrieux in der „Industrie Chimique“ über die heutige elektrochemische Industrie werden z. Zt. in der „Chem. Industrie“ (1925, 590, 610 und weitere) veröffentlicht.

<sup>1)</sup> A. Heiduschka und E. Komm, Z. ang. Ch. 38, 291 [1925].

<sup>2)</sup> Th. Paul, Z. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel 43, 137 [1922].

Tabelle 2.

Süßungsgrad und Molekularer Süßungsgrad von d,l-Alaninlösungen bei verschiedener Konzentration.

| Konzentration der Lösung       | Süßungsgrad | Molekularer Süßungsgrad |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|
| 2,5 g Alanin in 100 ccm Wasser | 1,70        | 0,44                    |
| 5,0 g " 100 " "                | 1,28        | 0,33                    |
| 7,5 g " 100 " "                | 1,06        | 0,27                    |
| 10,0 g " 100 " "               | 0,93        | 0,24                    |

Die erhaltenen Werte, graphisch dargestellt, ergeben folgendes Bild:

Tabelle 3.  
Glykokoll.

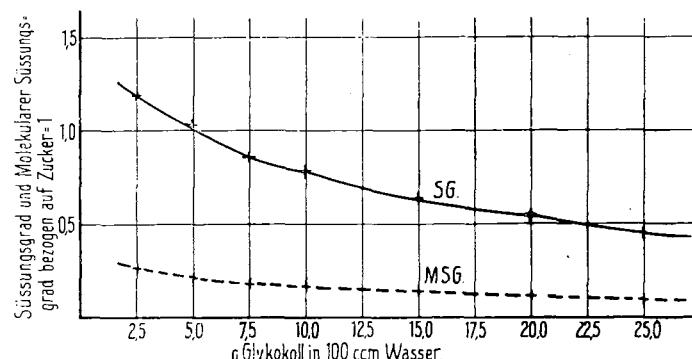
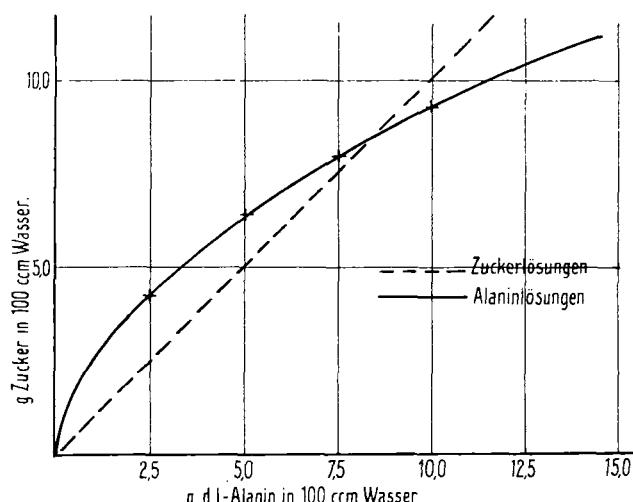


Tabelle 4.  
d, l-Alanin.



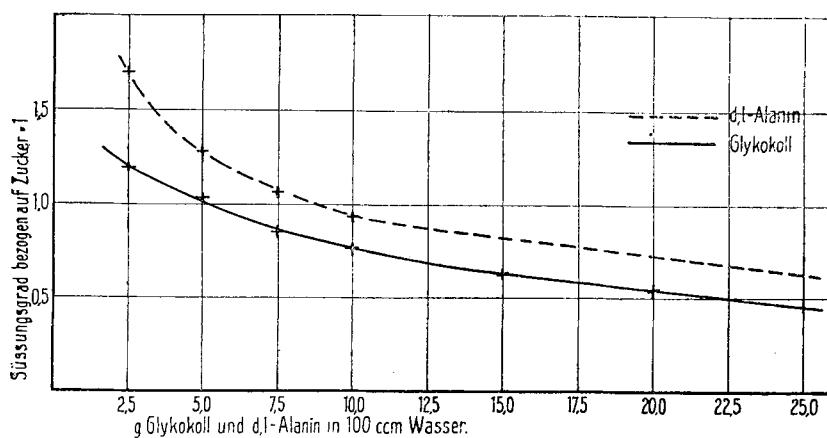
Aus den Tabellen geht hervor, daß der Süßungsgrad und der molekulare Süßungsgrad mit steigender Konzentration der Lösungen abnimmt. Der süße Geschmacksreiz, der sich durch das arithmetische Mittel aus der oberen und unteren Reizschwelle einer jeden Versuchsreihe darstellen läßt, nimmt an Stärke weit weniger zu, als es der Konzentrationszunahme entspricht (vgl. Übersichtstabelle 6, 7, 8 und 9 des Versuchsteils).

Vergleicht man nun die Süßungsgrade der beiden untersuchten Aminosäuren bei den einzelnen Konzentrationen ihrer Lösung in bezug auf die proportionale Veränderung untereinander, so findet man die größte Proportionalität zwischen den 5,0 und 7,5%igen Lösungen. Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht dieses.

Während, wie Tabelle 5 (s. S. 942) zeigt, die Kurven für die Süßungsgrade des Glykokoll und Alanin bei den niedrigen Konzentrationen erheblich in ihrem proportionalen Verlauf voneinander abweichen, so verlaufen sie weiter von den 5 %igen Lösungen ab in ziemlich gleich-

mäßigen Abständen. Es ist wohl zu erwarten, daß dieses Ergebnis auch für weitere Aminosäuren und Aminosäurederivate Geltung haben wird. Bei unseren geplanten und zum Teil in Bearbeitung befindlichen vergleichenden Versuchen zur Erforschung des Verhältnisses zwischen chemischer Konstitution und Geschmacksreiz an geeigneten Aminosäuren und ihren Derivaten werden wir daher die Messung des Süßungsgrades vor allem an 5—10 % igen Lösungen vornehmen.

Tabelle 5.  
Süßungsgrade von d, l-Alanin und Glykokoll.



Es interessierte uns weiterhin die Frage, ob sich in Gemischen von Alanin und Glykokoll, ähnlich wie bei den Versuchen Th. Pauls mit Saccharose, Saccharin und Dulcin, die Süßungsgrade der Komponenten zueinander addieren. Wir konnten zur Klärung dieser Frage bisher nur eine Versuchsreihe durchführen und diese ergab, daß eine Addition allem Anschein nach nicht stattfindet.

#### Versuchsteil.

Die Ausführung der Meßversuche geschah in der gleichen Weise, wie in unserer ersten Abhandlung (l. c.) ausführlich beschrieben. Die Aminosäurelösungen wurden mit einer Reihe von Zuckerlösungen verglichen, deren Konzentrationsunterschiede (Reizstufen) gleich groß waren. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 15—21. Die Berechnung der oberen und unteren Reizschwelle geschah nach der Methode von Spearman und Wirth auf Grund der Formelgleichungen:

$$1) \quad S_0 = \frac{1}{2} (D_0 + D_0 + : ) - \frac{\epsilon_{St} \cdot i}{n}$$

$$2) \quad S_u = \frac{1}{2} (D_u + D_u + : ) + \frac{\epsilon_{Schw} \cdot i}{n}$$

Von einer Wiedergabe der Urteile auf den einzelnen Reizstufen in graphischer Form nahmen wir aus Raumangst Abstand, ebenfalls von einer graphischen Darstellung der Gleichheitszone. Es werden nur in tabellarischer Form in den Versuchsreihen die Anzahl der Urteilsarten („stärker“, „schwächer“- und „gleich“-süß) auf jeder Reizstufe wiedergegeben.

Zur Berechnung des Süßungsgrades und des molekularen Süßungsgrades wurde das Mittel aus den Werten der oberen und unteren Reizschwelle benutzt.

#### a) Glykokoll.

Das Glykokoll war synthetisch aus Monochloressigsäure und Ammoniak in der üblichen Weise gewonnen. Wir verglichen es in wässrigen Lösungen von 2,5—25 % mit Zuckerskalen, welche die Reizstufen 2,5 und 5 aufwiesen.

<sup>a)</sup> Z. ang. Ch. 38, 291 [1925].

#### 1. Ermittlung des Süßungsgrades einer 2,5 % igen Glykokollösung.

Aus den Vergleichen mit Zuckerlösungen des Konzentrationsunterschiedes 2,5 ergaben sich für die einzelnen Reizstufen die nachfolgend zusammengestellten Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 16; die Zahl der Urteile auf jeder Reizstufe 32.

| Urteile <sup>a)</sup> | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|                       | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer             | 32                                      | 12  | 1   | —   | —    | —    | —    |
| Stärker               | —                                       | 6   | 31  | 32  | 32   | 32   | 32   |
| Gleich                | —                                       | 14  | —   | —   | —    | —    | —    |

Aus der Zusammenstellung sind die Summen der einzelnen Urteile zu entnehmen:

Stärker-Urteile: 165

Schwächer-Urteile: 45

Gleich-Urteile: 14

Daraus errechnen sich die Werte:

$$\text{Obere Reizschwelle} = S_0 = \frac{1}{2} (15 + 17,5) - \frac{165 \cdot 2,5}{32} = 3,68$$

$$\text{Untere Reizschwelle} = S_u = \frac{1}{2} (0 - 2,5) + \frac{45 \cdot 2,5}{32} = 2,26.$$

Der Mittelwert aus beiden Reizschwellen beträgt 2,97, und der Süßungsgrad (bezogen auf Zucker = 1) errechnet sich zu:

$$SG = \frac{2,97}{2,50} = 1,19$$

und der molekulare Süßungsgrad zu:

$$MSG = \frac{75 \cdot 1,19}{342} = 0,26.$$

#### 2. Ermittlung des Süßungsgrades einer 5 % igen Glykokollösung.

Vergleiche mit Zuckerlösungen der Reizstufe 2,5 ergeben nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 20; die Anzahl der Urteile für jede Reizstufe 40.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 40                                      | 27  | 9   | 4   | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | 2   | 12  | 24  | 37   | 39   | 40   |
| Gleich    | —                                       | 11  | 19  | 12  | 3    | 1    | —    |

Stärker-Urteile: 154

Schwächer-Urteile: 80

Gleich-Urteile: 46

Reizschwelle:  $S_0 = 6,63$  und  $S_u = 3,75$

Reizschwellenmittelwert: 5,19

5 g Glykokoll entsprechen mithin 5,19 g Zucker. Der Süßungsgrad beträgt:  $SG = \frac{5,19}{5,00} = 1,03$  und der molekulare Süßungsgrad:  $MSG = \frac{75 \cdot 1,03}{342} = 0,22$ .

Die 5 % ige Glykokollösung mit einer Zuckerlösungs-skala der Reizstufe 5 verglichen ergab nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 15, die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 30.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 20,0 | 25,0 |
| Schwächer | 30                                      | 10  | —   | —   | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | 12  | 27  | 30  | 30   | 30   | 30   |
| Gleich    | —                                       | 8   | 3   | —   | —    | —    | —    |

<sup>a)</sup> Schwächer-Urteile geben an, daß Aminosäurelösung stärker süß ist als Zuckerlösung. Stärker-Urteile = Zuckerlösung ist stärker süß als Aminosäurelösung. Gleich-Urteile = beide Lösungen sind gleich süß.

Stärker-Urteile: 159  
 Schwächer-Urteile: 40  
 Gleich-Urteile: 11  
 Reizschwellenwerte:  $S_0 = 6,00$  und  $S_u = 4,16$   
 Reizschwellenmittelwert: 5,08  
 Süßungsgrad:  $SG = \frac{5,08}{5,00} = 1,02$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{1,02 \cdot 75}{342} = 0,22$ .

### 3. Ermittlung des Süßungsgrades einer 7,5 % igen Glykokollösung.

Bei Vergleichen mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 2,5 ergaben sich nachfolgende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen war 18; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 36.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 42                                      | 42  | 18  | 8   | 3    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 5   | 22  | 39   | 42   | 42   |
| Gleich    | —                                       | —   | 19  | 12  | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 150

Schwächer-Urteile: 113

Gleich-Urteile 31

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 7,32$  und  $S_u = 5,47$   
 Mittelwert 6,39

Süßungsgrad:  $SG = \frac{6,39}{7,50} = 0,85$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{75 \cdot 0,85}{342} = 0,18$ .

### 4. Ermittlung des Süßungsgrades einer 10 % igen Glykokollösung.

Bei Vergleichen mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 2,5 ergaben sich nachfolgende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 18; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 36.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 36                                      | 36  | 29  | 11  | 6    | 2    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 3   | 14  | 26   | 34   | 36   |
| Gleich    | —                                       | —   | 4   | 11  | 4    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 113

Schwächer-Urteile: 120

Gleich-Urteile 19

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 8,69$  und  $S_u = 7,08$   
 Mittelwert: 7,88

Süßungsgrad:  $SG = \frac{7,88}{10,00} = 0,79$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{0,79 \cdot 75}{342} = 0,17$ .

Bei Vergleichen mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 5,0 resultierten nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen war 18; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 36.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |      |      |      |      |      |
|-----------|---|-----|------|------|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 |
| Schwächer | 36                                      | 24  | 4    | —    | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | 3   | 25   | 33   | 36   | 36   | 36   |
| Gleich    | —                                       | 9   | 7    | 3    | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 169

Schwächer-Urteile: 64

Gleich-Urteile 19

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 9,10$  und  $S_u = 6,38$   
 Mittelwert: 7,74

Süßungsgrad:  $SG = \frac{7,74}{10,00} = 0,77$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{0,77 \cdot 75}{342} = 0,17$ .

### 5. Ermittlung des Süßungsgrades einer 15 % igen Glykokollösung.

Die Vergleiche mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 2,5 ergaben nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen war 18; die Zahl der Urteile war für jede Reizstufe 36.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 36                                      | 36  | 27  | 17  | 10   | 4    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | —   | —   | 10   | 27   | 36   |
| Gleich    | —                                       | —   | 9   | 19  | 16   | 5    | —    |

Stärker-Urteile: 73

Schwächer-Urteile: 130

Gleich-Urteile 49

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 11,18$  und  $S_u = 7,83$

Mittelwert: 9,61

Süßungsgrad:  $SG = \frac{9,61}{15,00} = 0,64$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{0,64 \cdot 75}{342} = 0,14$ .

Bei Vergleichen mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 5 resultierten nachfolgende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 18; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 36.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |      |      |      |      |      |
|-----------|---|-----|------|------|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 |
| Schwächer | 36                                      | 21  | 7    | 4    | 2    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 9    | 31   | 34   | 36   | 36   |
| Gleich    | —                                       | 15  | 20   | 1    | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 146

Schwächer-Urteile: 70

Gleich-Urteile 36

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 12,23$  und  $S_u = 7,22$

Mittelwert: 9,72

Süßungsgrad:  $SG = \frac{9,72}{15,00} = 0,64$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{0,64 \cdot 75}{342} = 0,14$ .

### 6. Ermittlung des Süßungsgrades einer 20 % igen Glykokollösung.

Vergleiche mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 5 ergaben nachfolgend zusammengestellte Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 19; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 38.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |      |      |      |      |      |
|-----------|---|-----|------|------|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 |
| Schwächer | 38                                      | 37  | 12   | 4    | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 12   | 24   | 38   | 38   | 38   |
| Gleich    | —                                       | 1   | 14   | 10   | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 150

Schwächer-Urteile: 91

Gleich-Urteile 25

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 12,60$  und  $S_u = 9,47$

Mittelwert: 11,00

Süßungsgrad:  $SG = \frac{11,00}{20,00} = 0,55$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{0,55 \cdot 75}{342} = 0,12$ .

### 7. Ermittlung des Süßungsgrades einer 25 % igen Glykokollösung.

Bei Vergleichen mit einer Zuckerlösungsskala der Reizstufe 5 ergaben sich nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 21; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe war 42.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |      |      |      |      |      |
|---|---|-----|------|------|------|------|------|
|   | 0,5                                     | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 |
| Schwächer   | 42                                      | 39  | 21   | 4    | 1    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 10   | 32   | 38   | 42   | 42   |
| Gleich  | —                                       | 3   | 11   | 6    | 3    | —    | —    |
| Stärker-Urteile:  | 164                                     |     |      |      |      |      |      |
| Schwächer-Urteile:  | 107                                     |     |      |      |      |      |      |
| Gleich-Urteile:   | 23                                      |     |      |      |      |      |      |
| Reizschwellenwerte: $S_o = 12,98$ und $S_u = 10,24$               |   |     |      |      |      |      |      |
| Mittelwert: 11,61   |   |     |      |      |      |      |      |
| Süßungsgrad: $SG = \frac{11,61}{25,00} = 0,46$                    |   |     |      |      |      |      |      |
| Molekularer Süßungsgrad: $MSG = \frac{0,46 \cdot 75}{342} = 0,10$ |   |     |      |      |      |      |      |

## 8. Übersicht über die Glykokollversuche.

Eine tabellarische Zusammenstellung der erhaltenen Werte gibt nachfolgendes Bild:

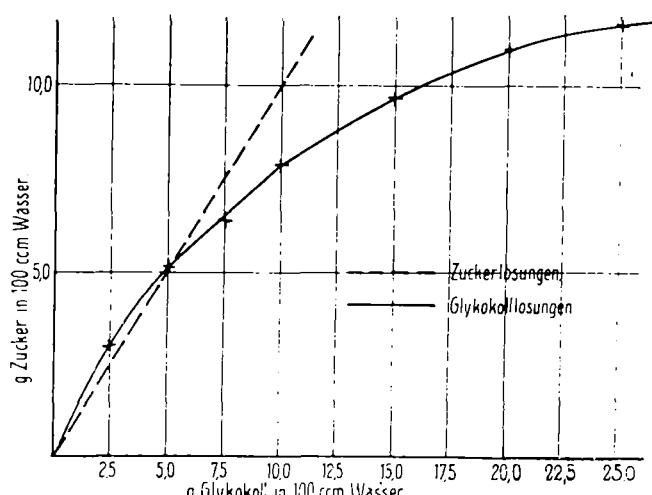
Tabelle 6.

| Konzentration<br>der<br>Glykokoll-<br>lösung<br>% ig | Obere Reizschwelle            |       | Untere Reizschwelle           |       | Reizstufe<br>der Zuckerlösung | Reizstufe<br>der Zuckerlösung |  |  |
|--|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|--|--|
|  | Reizstufe<br>der Zuckerlösung |       | Reizstufe<br>der Zuckerlösung |       |                               |                               |  |  |
|  | 2,5                           | 5,0   | 2,5                           | 5,0   |                               |                               |  |  |
| 2,5  | 3,68                          | —     | 2,26                          | —     |                               |                               |  |  |
| 5,0  | 6,63                          | 6,00  | 3,75                          | 4,16  |                               |                               |  |  |
| 7,5  | 7,32                          | —     | 5,47                          | —     |                               |                               |  |  |
| 10,0   | 8,69                          | 9,10  | 7,08                          | 6,38  |                               |                               |  |  |
| 15,0   | 11,18                         | 12,23 | 7,93                          | 7,22  |                               |                               |  |  |
| 20,0   | —                             | 12,60 | —                             | 9,47  |                               |                               |  |  |
| 25,0   | —                             | 12,98 | —                             | 10,24 |                               |                               |  |  |
| Mittelwert aus $S_o$ und $S_u$                       |                               |       |                               |       |                               |                               |  |  |
| Reizstufe<br>der Zuckerlösung                        | 2,5                           | 5,0   | 2,5                           | 5,0   | 2,5                           | 5,0                           |  |  |
| 2,5  | —                             | 1,19  | —                             | 0,26  | —                             |                               |  |  |
| 5,0  | 5,08                          | 1,03  | 1,02                          | 0,22  | 0,22                          |                               |  |  |
| 6,39   | —                             | 0,85  | —                             | 0,18  | —                             |                               |  |  |
| 7,88   | 7,74                          | 0,78  | 0,77                          | 0,17  | 0,17                          |                               |  |  |
| 9,61   | 9,72                          | 0,64  | 0,64                          | 0,14  | 0,14                          |                               |  |  |
| —  | 11,00                         | —     | 0,55                          | —     | 0,12                          |                               |  |  |
| —  | 11,61                         | —     | 0,46                          | —     | 0,10                          |                               |  |  |

Die Zunahme des süßen Geschmacksreizes von Glykokollösungen ansteigender Konzentrationen ist in nachfolgender Tabelle 7 veranschaulicht, in der die Mittelwerte aus den oberen und unteren Reizschwellen in ein Koordinatensystem eingetragen sind:

Tabelle 7.

Anstieg des süßen Geschmacks von Glykokollösungen verschiedener Konzentration.



### b) d, l-Alanin.

Das d, l-Alanin war synthetisch aus  $\alpha$ -Brompropionsäure durch Amidieren hergestellt. Es wurde in wässriger Lösung von 2,5–10% verglichen mit einer Zuckerskala der Reizstufe 2,5.

#### 1. Ermittlung des Süßungsgrades einer 2,5%igen Alaninlösung.

Bei Vergleichen mit einer Zuckerskala des Konzentrationsabstandes 2,5 ergaben sich die nachfolgenden Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 15; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 30.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 30                                      | 18  | 8   | 1   | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 16  | 29  | 30   | 30   | 30   |
| Gleich    | —                                       | 12  | 6   | —   | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 135

Schwächer-Urteile: 57

Gleich-Urteile: 18

Reizschwellenwerte:  $S_o = 5,00$  und  $S_u = 3,50$

Mittelwert: 4,25

Süßungsgrad:  $SG = \frac{4,25}{2,5} = 1,70$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{89 \cdot 1,7}{342} = 0,44$ .

#### 2. Ermittlung des Süßungsgrades einer 5%igen Alaninlösung.

Vergleiche mit einer Zuckerskala der Reizstufe 2,5 ergaben nachstehende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 20; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe 40.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 40                                      | 35  | 24  | 10  | —    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 4   | 21  | 39   | 40   | 40   |
| Gleich    | —                                       | 5   | 12  | 9   | 1    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 144

Schwächer-Urteile: 109

Gleich-Urteile: 27

Reizschwellenwerte:  $S_o = 7,25$  und  $S_u = 5,56$

Mittelwert: 6,40

Süßungsgrad:  $SG = \frac{6,40}{5,0} = 1,28$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{89 \cdot 1,28}{342} = 0,33$ .

#### 3. Ermittlung des Süßungsgrades einer 7,5%igen Alaninlösung.

Bei Vergleichen mit einer Zuckerskala der Reizstufe 2,5 resultierten die nachfolgend zusammengestellten Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 16; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe war 32.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 32                                      | 32  | 25  | 15  | 3    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | —   | 7   | 25   | 31   | 32   |
| Gleich    | —                                       | —   | 7   | 10  | 4    | 1    | —    |

Stärker-Urteile: 95

Schwächer-Urteile: 107

Gleich-Urteile: 22

Reizschwellenwerte:  $S_o = 8,83$  und  $S_u = 7,10$

Mittelwert: 7,97

Süßungsgrad:  $SG = \frac{7,97}{7,50} = 1,06$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{89 \cdot 1,06}{342} = 0,27$ .

#### 4. Ermittlung des Süßungsgrades einer 10%igen Alaninlösung.

Die Vergleiche mit einer Zuckerskala der Reizstufe 2,5 ergaben nachfolgende Urteile. Die Anzahl der Versuchspersonen war 15; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe betrug 30.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 30                                      | 30  | 30  | 20  | 5    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | —   | —   | 16   | 26   | 30   |
| Gleich    | —                                       | —   | —   | 10  | 9    | 4    | —    |

Stärker-Urteile: 72

Schwächer-Urteile: 115

Gleich-Urteile: 23

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 10,25$  und  $S_u = 8,33$

Mittelwert: 9,29

Süßungsgrad:  $SG = \frac{9,29}{1,00} = 0,93$

Molekularer Süßungsgrad:  $MSG = \frac{89,093}{342} = 0,24$ .

#### 5. Übersicht über die Alaninversuche.

Eine Zusammenstellung der erhaltenen Werte gibt die folgende Tabelle:

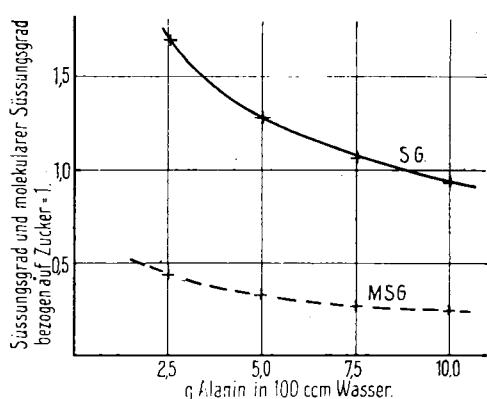
Tabelle 8.

| Konzentration der Alaninlösung %/ig | Obere Reizschwelle | Untere Reizschwelle | Mittelwert aus beiden Reizschwellen | Süßungsgrad | Molekularer Süßungsgrad |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|
| 2,5                                 | 5,00               | 3,50                | 4,25                                | 1,70        | 0,44                    |
| 5,0                                 | 7,25               | 5,56                | 6,40                                | 1,28        | 0,33                    |
| 7,5                                 | 8,83               | 7,10                | 7,97                                | 1,06        | 0,27                    |
| 10,0                                | 10,25              | 8,33                | 9,29                                | 0,93        | 0,24                    |

Die nachstehende Tabelle 9 veranschaulicht in graphischer Form die Zunahme des süßen Geschmacksreizes von Alaninlösungen verschiedener Konzentration im Vergleich zu Zuckerlösungen. Der Anstieg des Geschmacksreizes ist durch den Mittelwert aus den beiden Reizschwellen dargestellt. Die erhaltene Kurve verläuft ziemlich gleichmäßig (s. auch Tab. 7). Diese Tatsache ist als ein Zeichen für die gute Verwendbarkeit der Konzentrationsmethode zur Messung des Süßungsgrades zu betrachten.

Tabelle 9.

Anstieg des süßen Geschmackes von Alaninlösungen verschiedener Konzentration.



#### c) Bestimmung des Süßungsgrades einer Mischung aus Glykokoll und d, l-Alanin.

Zu diesem Versuche wurden 3,75 g Glykokoll und 3,75 g Alanin in 100 ccm Wasser gelöst. Die Lösung wurde in bezug auf die Stärke ihres süßen Geschmacks mit einer

Zuckerskala der Reizstufe 2,5 verglichen. Die Anzahl der Versuchspersonen betrug 10; die Zahl der Urteile für jede Reizstufe war 20.

| Urteile   | Reizstufen (g Zucker in 100 ccm Wasser) |     |     |     |      |      |      |
|-----------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
|           | 0,5                                     | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 |
| Schwächer | 20                                      | 20  | 6   | 3   | 1    | —    | —    |
| Stärker   | —                                       | —   | 4   | 15  | 19   | 20   | 20   |
| Gleich    | —                                       | —   | 10  | 2   | —    | —    | —    |

Stärker-Urteile: 78

Schwächer-Urteile: 50

Gleich-Urteile: 12

Reizschwellenwerte:  $S_0 = 6,50$  und  $S_u = 5,00$

Mittelwert: 5,75

Süßungsgrad:  $SG = \frac{5,75}{7,5} = 0,77$ .

Auch an dieser Stelle danken wir vielmals Herrn Direktor Scheurer und Frl. Wolf für die Ermöglichung und für die tatkräftige Unterstützung bei der technischen Durchführung der Kostversuche in Dr. Laumanns Sanatorium. [A. 94.]

### Über die Zusammensetzung und Verarbeitung des technischen Steinkohlenschwelgases.

Von Dr. HEINRICH HOCK, Gelsenkirchen i. W.

Mitteilung aus dem Laboratorium der Gelsenkirchener Bergwerks A.-G., Abteilung Schalke, Gelsenkirchen.

(Eingeg. 15.6. 1925.)

In einer früheren Mitteilung<sup>1)</sup> wurde bereits kurz über die Zusammensetzung und Verarbeitung des technischen Steinkohlenschwelgases berichtet. Die folgenden Untersuchungen und Ausführungen bilden im einzelnen eine Erweiterung dieser Angaben und ebenso eine Grundlage für die Vorgänge und Zusammenhänge, wie sie allgemein bei der Kohlenentgasung herrschen. Auch mit Bezug auf die Eigenschaften der aus den Schwelgasen gewonnenen Erzeugnisse sollen einige ergänzende Angaben mitgeteilt werden.

Für die Beurteilung der bei der Verschwelung in der Drehtrommel erhältlichen Gasausbeuten bietet die Bestimmung der flüchtigen Bestandteile der zu verschwelenen Kohle lediglich einen rohen Anhaltspunkt. Nur die Verschwelung selbst kann ein genaues Bild abgeben. In dem für die Verschwelung in Betracht kommenden Temperaturintervall variiert die anfallende Gasmenge und Gasqualität bei einer bestimmten Kohlensorte beträchtlich mit der Schweltemperatur: Mit steigender Temperatur wächst die Gasmenge, der Heizwert des Gases sinkt, sein Prozentgehalt an Kohlenwasserstoffen geht gleichfalls zurück, was auf der andern Seite ein Ansteigen des Wasserstoffgehalts zur Folge hat. So kann man durch schrittweise Steigerung der Temperatur von etwa 500° ab Gase erhalten, die in bezug auf Menge und Zusammensetzung einen allmäßlichen Übergang zum Leucht- oder Koksofengas bilden.

Während also die Entzehrung der Kohle bei ihrer Verschwelung im wesentlichen bei etwa 500° zu Ende ist, ist ihr Entgasungsgrad bei dieser Temperatur nur bis zu einem Bruchteil fortgeschritten, der, auf das Volumen des Gases bezogen, im Mittel etwa rund 15% und auf das Gewicht des Gases bezogen etwa rund 30% betragen dürfte.

In den nachstehenden Zahlentafeln sollen einige der im Betriebe verschwelenen Kohlensorten hinsichtlich ihrer wichtigsten Eigenschaften und der ihrer Entgasungspro-

<sup>1)</sup> Z. ang. Ch. 37, 252 [1924].