

Untersuchungen über die Ionentheorie der Reizung.

III. Mitteilung.

Ionentheorie der Geschmacksreizung.

Von

Dr. P. Lasareff,

Mitglied der russischen Akademie der Wissenschaften zu Petrograd, Professor an der Universität und Technischen Hochschule zu Moskau.

(Eingegangen am 11. September 1921.)

Wie ich in meinen Arbeiten über die Ionentheorie der Reizung nachgewiesen habe¹⁾, müssen die Ionen die Reizung der Nerven, der Muskeln, der Netzhaut und des Cortischen Organs hervorrufen, wobei das Loeb'sche Gesetz

$$\frac{C_1}{C_2 + \alpha} = K = \text{Konst.} \quad (1)$$

erfüllt ist, wo C_1 ist die Konzentration der erregenden, C_2 diejenige der erregungshemmenden Ionen, α und K Konstanten bedeuten.

Wir wollen im weiteren eine Anwendung der allgemeinen Theorie auf die Geschmacksempfindungen ausdehnen und die von mir früher entwickelte Theorie der Geschmacksreizung²⁾ vervollständigen. Meine Untersuchungen über die Theorie der Reizungen haben gezeigt, daß die Geschmackerscheinungen auf einen physikalisch-chemischen Prozeß zurückgeführt werden können, wenn man sich folgender Schemata der betreffenden Erscheinung bedient. Im Einklang mit einer Reihe experimenteller Untersuchungen stellen wir uns vor, daß es in der Zunge Papillen gibt, die einzeln genommen, die Empfindung des Süßen, Sauren, Salzigen oder Bitteren erzeugen³⁾.

Eine jede dieser Papillenarten enthält eine geschmackempfindliche Substanz (Geschmackssubstanz), die durch entsprechende Erreger zersetzt wird, so daß die in den für das Süße empfindlichen Papillen enthaltene Substanz von allen süßen Stoffen zersetzt wird und dabei die

¹⁾ P. Lasareff, Pflügers Arch. **135**, 196. 1910; **154**, 459. 1913; **155**, 310. 1914; P. Lasareff, Recherches sur la théorie ionique de l'excitation. Moscou 1918.

²⁾ P. Lasareff, Recherches sur la théorie usw. S. 147; P. Lasareff, Berichte d. phys. Inst. des wissenschaftl. Instituts zu Moskau, **1**, 39. 1920.

³⁾ Oehrwall, Skandinav. Arch. f. Physiol. **2**, 1. 1891; Goldscheider und Schmidt, Zentralbl. f. Physiol. **4**, 10. 1890; Kiesow, Philosoph. Studien **14**, 591. 1898.

Nerven erregende, ionisierte Produkte gebildet werden. Eine entsprechende Substanz, die in den das Saure empfindenden Papillen enthalten ist, wird von sauren Stoffen zersetzt usw. Schmeckt eine Substanz süß, so zersetzt sie hauptsächlich den in den für das Süße empfindlichen Papillen enthaltenen Stoff, je nach der Art der Schmecksubstanz kann, wenn auch in geringerem Maße, eine Zersetzung anderer empfindlicher Stoffe eintreten. So kann z. B. ein süßer Stoff nicht nur die in den für das Süße empfindlichen Papillen befindlichen Substanz, sondern auch, wenn auch weniger energisch, solche Stoffe zersetzen, welche in für das Saure und Bittere empfindlichen Papillen enthalten sind. Die Zersetzung dieser Stoffe verleiht der Schmecksubstanz eine gewisse Nuance, den Klangfarben analog.

Die schmeckempfindlichen Stoffe, die sich unter dem Einfluß von Geschmackserregungen in ionisierte Substanzen verwandeln, scheinen zu den Eiweißstoffen zu gehören und für die Empfindung der oben genannten vier Geschmacksqualitäten verschieden geartet zu sein.

Im weiteren werden wir die Konzentration des sensiblen Stoffes mit C bezeichnen und mit C'_1 die Menge der unter der Wirkung der Schmecksubstanz sich bildenden ionisierten Produkte der Reaktion. Diese ionisierten Produkte wirken bei einer gewissen Konzentration $C'_1 = B$ als Erreger der Nervenendigungen; bezeichnen wir mit C_1 die Konzentration des Erregers und durch α_1 die Konstante der unter der Wirkung der erregenden Substanz verlaufenden Reaktion, α_2 die Konstante der Reaktion, die Neubildung der sensiblen Stoffe darstellt, so muß die Gleichung der Reaktion die folgende Form haben, wenn wir die Reaktionen als monomolekulare annehmen:

$$\frac{dC'_1}{dt} = \alpha_1 C_1 C - \alpha_2 C'_1. \quad (2)$$

α_2 ist streng genommen keine Konstante und muß, wie es wir für Dunkelsehen bewiesen haben¹⁾, von der Intensität des Erregers C_1 abhängen. Wir können auch bei den Geschmacksempfindungen annehmen, daß $\alpha_2 = f(C_1)$ ist; diese Funktion muß, wie es auch bei Dunkelsehen der Fall ist, nach unserer Annahme eine Eigenschaft haben, daß, wenn $C_1 = 0$ und die Neubildung nach vollkommener Ruheadaptation eintritt, $\alpha_2 = \alpha'_2$ sein muß. Wenn C_1 eine gewisse (sehr kleine) Grenze überschreitet, so muß α_2 auch eine konstante Größe sein, welche wir α_2 bezeichnen.

Die Neubildung der Geschmacks substanz muß eine um so größere Geschwindigkeit haben, je größer die Differenz zwischen der maximalen Konzentration C_0 und der zu der Zeit der Beobachtung t vorhandenen

¹⁾ P. Lasareff, Berichte d. physik. Inst. des wissenschaftl. Instit. zu Moskau **1**, 195. 1921.

Konzentration C ist. Daraus ist es leicht eine Gleichung der Neubildung des Pigments festzustellen. Die Gleichung muß eine Form

$$\frac{dC}{dt} = \alpha_3 (C_0 - C)$$

haben (α_3 ist eine Konstante). Aus der letzten Gleichung ist es leicht, die Größe C zu erhalten, indem wir $C = C'_0$ bei $t = 0$ setzen. In diesem Falle muß C gleich

$$C = C_0 - (C_0 - C'_0) e^{-\alpha_3 t} \quad (2a)$$

sein . . .

Wenn wir in der Gleichung (II) $\frac{dC'_1}{dt} = 0$ setzen, und damit eine Bedingung für den stationären Zustand feststellen, bekommen wir

$$C'_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} C_1 C,$$

oder wenn wir C aus der Gleichung (2a) nehmen, so verwandelt sich die Gleichung in die folgende

$$C'_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} [C_0 - (C_0 - C'_0) e^{-\alpha_3 t}] C_1.$$

Wenn wir nur minimale Erregung beobachten, die der Reizschwelle entspricht, so muß $C'_1 = B = \text{Konst.}$ sein, wobei B eine Konzentration bedeutet, die für Grenzureizungen eine Konstante sein muß. Daraus folgt unmittelbar

$$\frac{1}{C_1} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2 B} [C_0 - (C_0 - C'_0) e^{-\alpha_3 t}]. \quad (3)$$

$\frac{1}{C_1}$ ist eine der Reizschwelle entsprechende Empfindlichkeit, so daß, wenn wir mit E die Empfindlichkeit bezeichnen, so bekommen wir

$$E = \frac{\alpha_1}{\alpha_2 B} [C_0 - (C_0 - C'_0) e^{-\alpha_3 t}]$$

oder

$$E = \frac{\alpha_1 C_0}{\alpha_2 B} - \frac{\alpha_1 (C_0 - C'_0)}{\alpha_2 B} e^{-\alpha_3 t} \quad (4)$$

und

$$\frac{\left\{ \frac{\alpha_1 C_0}{\alpha_2 B} - E \right\}}{\left\{ \frac{\alpha_1 (C_0 - C'_0)}{\alpha_2 B} \right\}} = e^{-\alpha_3 t}. \quad (5)$$

Zur Prüfung der Theorie benutzte ich vier Kochsalzlösungen, deren Konzentrationen durch die Konzentration der Normallösung N folgendermaßen ausgedrückt wird.

$$0,1 N; \quad 0,07 N; \quad 0,05 N; \quad 0,03 N.$$

Nach einer kurzen Einwirkung von reinem Kochsalz auf die Zunge und kurzem Ausspülen des Mundes mit Wasser wurde von Zeit zu Zeit

die Empfindlichkeit mittels der vier Lösungen in absteigender Konzentration geprüft, wobei man den Moment, wann der salzige Geschmack empfunden wurde, anmerkte.

Tabelle I. Schwache Adaptation (Beob. P. Lasareff) die Einwirkung von NaCl (in Substantia) 2 Min.

$t(\text{sec})$	16	90	120	255
$\frac{\left\{ \frac{\alpha_1 C_0}{\alpha_2 B} - E \right\}}{\left\{ \frac{\alpha_1 (C_0 - C'_0)}{\alpha_2 B} \right\}} = \frac{103 - E}{94}$	0,99	0,95	0,88	0,74
$e^{-\alpha_3 t}, (\alpha_3 = 0,001)$	0,99	0,91	0,89	0,78

Tabelle II. Stärkere Adaptation (Beob. P. Lasareff) die Einwirkung von NaCl (in Substantia) 5 Min.

$t(\text{sec})$	120	180	260	360
$\frac{\left\{ \frac{\alpha_1 C_0}{\alpha_2 B} - E \right\}}{\frac{\alpha_1 (C_0 - C'_0)}{\alpha_2 B}} = \frac{103 - E}{102}$	0,91	0,87	0,81	0,68
$e^{-\alpha_3 t}, (\alpha_3 = 0,001)$	0,89	0,84	0,81	0,70

Wir sehen, daß alle theoretische Schlüsse durch den Versuch vollkommen bestätigt werden. Bei zahlreichen Versuchen stellte sich heraus, daß im Laufe von mehreren Stunden sowohl α_3 als auch C'_0 unverändert bleiben.

Wenn die Adaptation mit einer Substanz sehr groß ist, so können wir annehmen, daß $C'_0 = 0$ ist; in diesem Falle geht die Gleichung 4 in die folgende über

$$E = E_0(1 - e^{-\alpha_3 t}),$$

wo E_0 ist die maximale Empfindlichkeit bei $t = 0$.

Für diesen Fall wurden von meinem Mitarbeiter B. Efimov die Versuche mit der starken vorhergegangenen Einwirkung der süßen Substanzen gemacht, wobei als solche Substanzen (Adaptator) Saccharin oder Zucker dienten. Die Prüfung der Empfindlichkeit wurde in beiden Fällen mit der Zuckerlösung vorgenommen.

Die Resultate sind in der Tabelle III gegeben.

Tabelle III. (Beob. B. Efimov.)

Adaptator-Sacharin			Adaptator-Zucker		
t	E (beob.)	$E = 11,5(1 - e^{-0,16 t})$	t	E (beob.)	$E = 11,5(1 - e^{-0,16 t})$
1,5	4	2,5	1	2	1,7
7,5	8	8,0	5	6	6,4
16,5	10	10,6	9	8	8,8
48	12,5	11,5	13	10,5	10,0
			19	10,0	11,0
			40	12,1	11,5

Wir sehen, daß die Geschwindigkeit der Restitution der sensiblen Substanz in beiden Fällen die gleiche ist, so daß wir annehmen können, daß die beiden Adaptatoren die identischen Produkte in den Zellen hervorgerufen.

Besonders interessant ist der Umstand, daß die Adaptationserscheinungen für das Dunkelsehen, für das Gehör und den Geschmack denselben quantitativen Gesetzen folgen.

Meinem Assistent, Herrn B. Efimov spreche ich für seine Beihilfe hiermit meinen besten Dank aus.
