Chemische Kommunikation in der Natur. Einführung in das Rundgespräch

Markus Riederer

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

auch ich heiße Sie sehr herzlich an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften willkommen. Ich möchte beginnen mit einem Dank an die Referentinnen und Referenten, die ja den Kern dieses Rundgesprächs ausmachen. Es hat eine große Freude gemacht, dieses Rundgespräch zu organisieren, denn alle, die ich angefragt hatte, haben innerhalb von wenigen Tagen zugesagt. Das ist eine Erfahrung, die man als Organisator nicht oft macht und die zeigt, dass das Thema, das wir ausgewählt haben, nicht nur für ein breiteres Publikum, sondern auch für die Spezialisten auf diesem Gebiet interessant ist. Dies belegt auch, dass das Format des Rundgesprächs, das die Akademie jetzt bereits zum 45. Mal auf ein wissenschaftliches Thema aus dem Gebiet der Ökologie anwendet, ein gutes und richtiges Format ist.

Die Thematik unseres heutigen Rundgesprächs ist die Sprache der Moleküle, die die Kommunikation zwischen Organismen chemisch vermittelt. Ich möchte diese Einführung mit dem Gedanken beginnen, dass wir alle, wie wir hier sitzen, das Ergebnis einer gelungenen chemischen Kommunikation sind: Das Zusammenfinden der Eizelle und der Samenzelle, aus denen wir hervorgegangen sind, ist ein chemisch vermittelter Prozess, bei dem, wie man heute weiß, das Progesteron die anlockende Wirkung ausmacht. Lange Zeit hat man diese Geschichte so erzählt, dass es der Duft des Maiglöckchens ist, der die Spermienzelle zur Eizelle lockt. Aber das war nur ein Laborbefund, der sich unter natürlichen Bedingungen als nicht zutreffend erwiesen hat.

Jetzt stehe ich vor Ihnen und spreche zu Ihnen, kommuniziere mit Ihnen also ganz offensichtlich nicht über chemische Mittel. Ich sende keine chemischen Signale aus, denen Sie entnehmen können, dass ich Sie herzlich willkommen heiße. Vielmehr verwende ich Kommunikationskanäle, die über das Ohr und das Auge laufen. Die bewusste menschliche Wahrnehmung wird durch den Gesichts- und Gehörsinn dominiert. So übersehen wir leicht die rege Kommunikation um uns herum, die chemisch vermittelt wird. Und wie man immer genauer herausfindet, spielt auch diese beim Menschen eine bedeutende, wenn auch meistens unbewusste Rolle. Wenn wir in der Evolution zurückblicken, stellen wir fest, dass der chemische Sinn das phylogenetisch älteste Kommunikationsmittel ist, das Organismen miteinander verbindet, und dass auch die Duftwahrnehmung der Vertebraten, inklusive des Menschen, sehr weit in die Evolutionsgeschichte zurückgeht. Wenn wir uns selbst beobachten, erfahren wir immer wieder, dass die Geruchs- und die Geschmackswahrnehmung sehr eng mit unseren Emotionen, mit Lernen und dem Gedächtnis verbunden sind. Jeder von uns kennt irgendeinen Geruch, der bei ihm sofort eine Emotion oder eine Erinnerung auslöst, sei es positiver oder negativer Art. Die enge Verknüpfung dieses alten Sinnes mit unserem limbischen System ist dafür die Ursache.

✉ Prof. Dr. Markus Riederer, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Botanik II, Julius-Sachs-Institut für Biowissenschaften, Julius-von-Sachs-Platz 3, 97082 Würzburg;
riederer@botanik.uni-wuerzburg.de

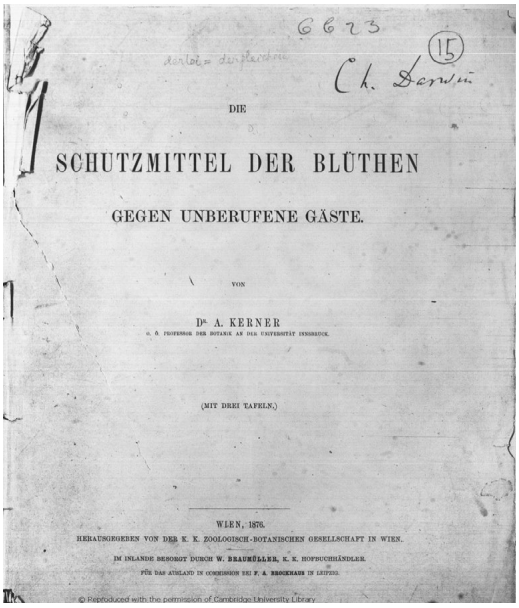
Rundgespräche Forum Ökologie, Bd. 45 »Die Sprache der Moleküle – Chemische Kommunikation in der Natur«, S. 13–16.
© 2016 Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München – ISSN 2366-2875 – ISBN 978-3-89937-214-4

Die Chemische Ökologie »öffnet uns die Augen« für auf allen Ebenen der biologischen Organisation vorkommende Kommunikationssysteme, die chemisch vermittelt sind. Wir brauchen eine Art »Seh-Prothese«, um die Moleküle wahrzunehmen, und das ist – traditionell und immer noch extrem wichtig – die analytische Chemie.

Wie ist die Chemische Ökologie definiert? Man findet dazu verschiedene, allerdings in großen Teilen übereinstimmende Definitionen. Die International Society of Chemical Ecology definiert die Chemische Ökologie so, dass sie die Interaktionen zwischen Organismen und ihrer biotischen und abiotischen Umwelt erforscht, die durch natürlich vorkommende chemische Verbindungen vermittelt werden. Die Forschungsthemen innerhalb der Chemischen Ökologie sind sehr vielseitig. Unter anderem widmet sie sich

- der Chemie, Biochemie und Funktion von Naturstoffen,
- deren Bedeutung auf allen Ebenen der ökologischen Organisation,
- der Evolution dieser Kommunikationssysteme und auch
- der praktischen Bedeutung des chemisch vermittelten Informationsaustausches.

Als Botaniker hat es mich natürlich besonders interessiert, seit wie lange Wissenschaftler schon darüber nachdenken, wie chemische Stoffe in Organismen wirken, wenn Pflanzen mit anderen Organismen in Wechselwirkung stehen. Dabei bin ich unter anderem auf Anton Kerner von Marilaun (1831–1898) gestoßen, einen österreichischen Botaniker in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, der ein Buch über »Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste« geschrieben hat[1] – es wäre schön, wenn wir heute noch so schöne Titel für unsere Publikationen verwenden könnten. Auf der Suche im Internet nach der Titelseite dieses Buches habe ich einen Scan gefunden und darauf auf dem zweiten Blick die Signatur »Ch. Darwin« entdeckt (Abb. 1).[2] Offensichtlich handelt es sich um das Exemplar, das Charles Darwin gelesen hat, was nicht überrascht, denn er und Kerner waren in engem Austausch. Ich habe dann nachgesehen, ob Darwin Informationen aus Kerners Buch verwendet hat und bin tatsächlich in seiner Publikation "The different forms of flowers on plants of the same species" (1877) fündig geworden.[3] Dort steht in einer Fußnote auf Seite 6: "Kerner in his interesting essay (*Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste*, 1875, p. 19) insists that the petals of most plants contain matter which is offensive to insects, so that they are seldom gnawed, and thus the organs of fructification are protected." – Eine typische Beobachtung der Chemischen Ökologie, würden wir heute sagen.


6623

Ch. Darwin

DIE

SCHUTZMITTEL DER BLÜTHEN

GEGEN UNBERUFENE GÄSTE.

VON

Dr A. KERNER

WIEN, 1876.

© Reproduced with the permission of Cambridge University Library

Abb. 1. Titelbild des Werkes »Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste« von A. Kerner, 1876, mit Signatur von C. Darwin. – Quelle s. Fußnote 2.

Auf der Seite 19 des Darwin'schen Exemplars von Kerners Buch steht nun mit Originalunter-

1 Kerner, A. 1876. Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste. – Separat-Druck aus der Festschrift zur Feier des fünfundzwanzigjährigen Bestehens der k.k. zoolog.-botan. Gesellschaft in Wien. Holzhausen, Wien. (URL s. Fußnote 2).

2 http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=image&itemID=CUL-DAR139.15.1&pageseq=1

3 Darwin, C. 1877. Different Forms of Flowers on Plants oft he same species. – John Murray, London. http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1277&viewtype=image&pageseq=1

streichungen von Darwin: »Die Stoffe, durch welche die Blüthen manchen Thieren widerlich sind, und durch welche insbesondere viele weidende Thiere vom Genusse der Blüthenblätter abgehalten werden, sind theils Alkaloide, theils Harze, insbesondere aber ätherische Oele.« Das sind wichtige Verbindungsgruppen, die die Chemische Ökologie seither begleiten.

Diese kleine Geschichte zeigt, wie weit zurück die Thematik Chemischer Ökologie reicht, ohne dass man sie damals so genannt hat.

Im Zentrum der Chemischen Ökologie haben lange Zeit die so genannten »sekundären« Pflanzeninhaltsstoffe gestanden, die von Pflanzen weder im Energiestoffwechsel noch im aufbauenden oder im abbauenden Stoffwechsel produziert werden und die meistens nur in speziellen Zelltypen hergestellt werden. Hier hat es viel Verwirrung gegeben. Man hat sie historisch »Abfallprodukte« des Stoffwechsels genannt und gemeint, dass sie sich von primären Pflanzenstoffen dadurch abgrenzen, dass sie für die Pflanzen nicht lebensnotwendig sind. Erst um die Mitte des 20. Jahrhunderts hat man ihre ökologische Bedeutung in vollem Umfang erkannt. Heute weiß man, dass diese sekundären Pflanzenstoffe bei einer ganzen Reihe von Prozessen, meistens Interaktionen mit der abiotischen und mit der biotischen Umwelt, zum Beispiel bei Verwundung oder Pathogenbefall der Pflanze, eine große Rolle spielen.

Die Fortschritte in der Chemischen Ökologie sind sehr stark methodengetrieben, wie sich an der Entdeckung des Sexualpheromons des Seidenspinners gut dokumentieren lässt. Der Nobelpreisträgers Adolf Butenandt (1903–1995) schreibt dazu 1961, dass er 500 000 paarige Hinterleibsdrüsen (Sacculi laterales) weiblicher Seidenspinner (*Bombyx mori*) hat präparieren müssen, um daraus 12 Milligramm eines Stoffes zu isolieren, den er dann charakterisiert hat.[4] Er musste also 500 000 Seidenspinnerweibchen töten, um die Struktur von Bombykol (Abb. 2), einem relativ einfachen, zweifach ungesättigten C_{16}-Alkohol, aufzuklären.[5] Heute reichen teilweise Pikogrammmengen (1 pg = 10^{-12} g), weil die Fortschritte in der analytischen Chemie so groß sind. In den letzten Jahrzehnten erreichten neue Methoden die Chemische Ökologie, die Molekularbiologie und die so genannten »omics-Techniken«.

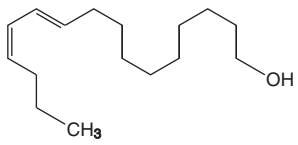


Abb. 2. Strukturformel von Bombykol ([10E,12Z]-10, 12-Hexadecadien-1-ol).

Die Chemische Ökologie besteht aus einer engen Verbindung zwischen der Chemie bzw. der Naturstoffchemie auf der einen Seite und der Biologie und insbesondere der Ökologie auf der anderen Seite. Beides zusammen liefert das Grundlagenwissen in der Chemischen Ökologie, kann aber auch zu Anwendungen führen, zum Beispiel in der Industrie, der Medizin oder der Landwirtschaft. Wie groß der Erfolg der Chemischen Ökologie inzwischen ist, sieht man, wenn man in Google Scholar »chemical ecology« eingibt und für diesen Suchbegriff etwa 155 000 Treffer erhält. Es handelt sich also um eine florierende, ja explodierende Wissenschaft, mit der wir es heute zu tun haben.

Das ist auch die Motivation für das heutige Rundgespräch, bei dem es darum geht, grundlegende Konzepte der Chemischen Ökologie zu erörtern und die wichtigsten Arbeitsweisen und Methoden kennenzulernen. Die Vortragenden werden Ihnen natürlich auch besonders interessante,

4 Butenandt, A., R. Beckmann & D. Stamm. 1961. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners, II. Konstitution und Konfiguration des Bombykols. – Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie. Band 324, 1: S. 84.

5 Butenandt, A., R. Beckmann & E. Hecker. 1961. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners, I. Der biologische Teil und die Isolierung des reinen Sexuallockstoffes Bombykol. – Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie. Band 324, 1: 71–83.

manchmal schier unglaubliche Geschichten erzählen, und Ihnen damit neue, exemplarisch wesentliche Erkenntnisse vermitteln. Was mir vor allem am Herzen liegt: Wenn Sie heute Abend nach Hause gehen, sollten Sie nicht den Eindruck mitnehmen, dass die Chemische Ökologie sich nur mit Interaktionen zwischen Pflanzen und Insekten beschäftigt. Wir haben uns vielmehr bemüht, ein möglichst breites systematisches Spektrum mit den Vorträgen abzudecken: Höhere Pflanzen, Algen, Insekten, Bakterien, Pilze und Schwämme spielen heute eine Rolle, und ich bin gespannt, was wir in diesen verschiedenen Systemen kennenlernen werden.