

DANIEL  
CHAMOVITZ

WAS WIE SIE HÖREN,  
SCHMECKEN UND  
SICH ERINNERN

PFLANZEN  
WISSEN



HANSER

herauszukommen. Außerdem müssen die Pflanzen überleben, das heißt, sie müssen wissen, wann sie aus ihren Samen »schlüpfen« müssen und wann sie sich vermehren sollen. Viele Arten von Pflanzen beginnen im Frühling zu wachsen, so wie auch viele Säugetiere im Frühjahr Junge bekommen. Woher wissen die Pflanzen, dass der Frühling gekommen ist? Das Phytochrom teilt ihnen mit, dass die Tage immer länger werden. Pflanzen blühen und samen auch aus, ehe der erste Schnee fällt. Woher wissen sie, dass es Herbst ist? Das Phytochrom sagt ihnen, dass die Nächte länger werden.

## Was Pflanzen und was Menschen sehen

Pflanzen müssen ihrer dynamischen visuellen Umgebung gewahr sein, um überleben zu können. Sie müssen wissen, aus welcher Richtung wie viel Licht für wie lange Zeit kommt und welche Farbe es hat. Pflanzen können zweifellos sichtbare (und auch für uns unsichtbare) elektromagnetische Wellen erfassen. Während wir Menschen nur ein relativ begrenztes Spektrum dieser Wellen wahrnehmen können, sind Pflanzen auch noch für längere und kürzere Wellen empfänglich als wir. Obwohl aber Pflanzen ein viel breiteres Spektrum sehen als wir, sehen sie nicht in Bildern. Pflanzen haben kein Nervensystem, das Lichtreize in Bilder übersetzt. Stattdessen verwandeln sie Lichtsignale in unterschiedliche Wachstumsreize. Pflanzen haben keine Augen, so wie wir keine Blätter haben.<sup>2\* 15</sup>

Aber sowohl sie als auch wir nehmen Licht wahr.

Sehen umfasst nicht nur die Fähigkeit, elektromagnetische Wellen zu *registrieren*, sondern auch die, auf diese Wellen zu *reagieren*. Die Stäbchen und Zapfen in unserer Netzhaut nehmen den Lichtreiz wahr, leiten diese Information zum Gehirn weiter, und wir reagieren auf die Information. Auch Pflanzen können das visuelle Signal in physiologisch erkennbare Instruktionen übersetzen. Es genügte Darwins Pflanzen nicht, das Licht an ihrer Spitze zu sehen, sie mussten es auch aufnehmen und irgendwie in eine Anweisung umwandeln, die den Pflanzen klarmachte, dass sie sich biegen sollen. Sie mussten auf das Licht *antworten*. Die komplexen Signale, die von den vielfältigen Photorezeptoren ausgehen, erlauben es einer Pflanze, ihr Wachstum in einer veränderlichen Umgebung optimal zu steuern, genau wie unsere vier Photorezeptoren es unserem Gehirn ermöglichen, Bilder zu

erzeugen, die uns wiederum befähigen, unsere wechselnde Umgebung zu deuten und auf sie zu reagieren.

Weiten wir unseren Blickwinkel ein wenig und halten fest: Pflanzliches Phytochrom und menschliches rotes Photopsin sind nicht identische Photorezeptoren – zwar absorbieren beide rotes Licht, aber sie sind verschiedene Proteine mit unterschiedlicher Chemie. Was wir sehen, wird durch Photorezeptoren vermittelt, die sonst nur bei Tieren zu finden sind. Was eine Narzisse sieht, wird durch Photorezeptoren vermittelt, die nur Pflanzen besitzen. Die pflanzlichen und die menschlichen Photorezeptoren gleichen sich lediglich darin, dass sie jeweils aus einem Protein bestehen, das mit einem chemischen Farbstoff verbunden ist, der das Licht absorbiert – eben in ihrer physikalischen Funktionsweise.

Doch obwohl Pflanzen und Tiere sich seit Milliarden von Jahren unabhängig voneinander entwickelt haben, besitzen ihre Sehsysteme auch einige Gemeinsamkeiten. Sowohl Pflanzen als auch Tiere und Menschen haben einen Rezeptor für blaues Licht, den man Cryptochrom nennt.<sup>3\* 16</sup> Cryptochrom hat keine Auswirkungen auf den Phototropismus von Pflanzen, hat aber eine Reihe von anderen Funktionen für die Regulierung des Pflanzenwachstums. Unter anderem kontrolliert es die innere Uhr einer Pflanze. Pflanzen haben, ebenso wie Tiere und Menschen, eine innere Zeitregulierung, die man als »circadiane Uhr« bezeichnet; sie ist auf reguläre Tag-Nacht-Zyklen abgestimmt. Bei uns regelt diese innere Uhr alle Bereiche unseres Lebens: wann wir hungrig sind, wann wir zur Toilette gehen müssen, wann wir müde werden, wann wir uns energiegeladen fühlen. Diese täglich auftretenden Wechsel im Verhalten unseres Körpers nennt man circadiane Rhythmen, weil sie selbst dann ungefähr im 24-Stunden-Rhythmus weiterwirken, wenn wir uns in einem geschlossenen Raum aufhalten, in den niemals Sonne dringt. Wenn wir um die halbe Welt fliegen, bringt das den circadianen Rhythmus aus dem Takt, weil die Tag-Nacht-Signale nicht mehr stimmen; dieses Phänomen bezeichnen wir als Jetlag. Die circadiane Uhr kann durch Licht wieder richtig eingestellt werden, aber das dauert einige Tage. Wenn wir viel Zeit draußen im Licht verbringen, hilft uns das daher, uns schneller vom Jetlag zu erholen, als wenn wir in einem dunklen Hotelzimmer bleiben.

Cryptochrom ist der Rezeptor für blaues Licht, der in erster Linie dafür zuständig ist, unsere circadianen Uhren bei Tageslicht neu zu stellen. Cryptochrom absorbiert blaues Licht und signalisiert den

Zellen, dass jetzt Tag ist. Auch Pflanzen haben innere circadiane Uhren, die viele Prozesse regeln, darunter die Bewegung von Blättern und die Photosynthese. Wenn wir den Tag-Nacht-Zyklus einer Pflanze künstlich verändern, erfährt sie ebenfalls einen Jetlag und braucht einige Tage, um sich umzustellen. Wenn sich beispielsweise die Blätter einer Pflanze am Spätnachmittag senken und am Morgen heben, führt eine Umkehrung ihres Tag-Nacht-Zyklus anfangs dazu, dass sie ihre Blätter im Dunkeln hebt (zur bisherigen Morgendämmerung) und sie bei Licht senkt (als es bisher Abend wurde). Doch innerhalb weniger Tage passt sich das Heben und Senken der Blätter an den neuen Hell-Dunkel-Rhythmus an.

Das pflanzliche Cryptochrom spielt wie das Cryptochrom von Fruchtfliegen und Mäusen eine wichtige Rolle bei der Koordinierung externer Lichtsignale und innerer Uhr.<sup>17</sup>

Auf dieser elementaren Ebene der Kontrolle des circadianen Rhythmus durch blaues Licht »sehen« Pflanzen und Menschen im Wesentlichen auf dieselbe Weise. Aus einem evolutionären Blickwinkel betrachtet, ist das gar nicht so überraschend. Circadiane Uhren haben sich sehr früh in der Evolution bereits bei einzelligen Organismen entwickelt, lange ehe sich Tier- und Pflanzenreich voneinander getrennt haben. Die ursprünglichen Zeitgeber hatten wahrscheinlich die Aufgabe, die Zellen vor Schäden durch UV-Strahlung zu schützen. In dieser frühen inneren Uhr überwachte ein Ur-Cryptochrom das Licht in der Umgebung und verwies die Zellteilung in die Nacht. Selbst heute finden sich in den meisten einzelligen Organismen, darunter auch Bakterien und Pilzen, noch relativ einfache Uhren. Die Evolution der Lichtwahrnehmung entwickelte sich aus diesem gemeinsamen Photorezeptor in allen Organismen und spaltete sich dann in die beiden verschiedenen Sehsysteme auf, die Pflanzen heute von Tieren und Menschen unterscheiden.

Noch überraschender ist aber vielleicht die Tatsache, dass Pflanzen auch riechen können ...

---

1\* Genauer gesagt hat *Arabidopsis* mindestens elf verschiedene Photorezeptoren, die in fünf unterschiedliche Klassen fallen (Phototropine, Phytochrome und Cryptochrome sowie zwei zusätzliche Klassen). Andere Pflanzen besitzen ebenfalls diese fünf Klassen von Photorezeptoren, aber in den jeweiligen Klassen mal mehr, mal weniger dieser Rezeptoren.

2\* Grünalgen, die primitivste Form von Pflanzen, haben eine Organelle namens Augenfleck, die den Algenzellen erlaubt, Veränderungen der Richtung und Intensität von Licht wahrzunehmen. Diese Augenflecke gelten als die einfachste Form von Augen in der Natur.

- 3\* Der Name »Cryptochrom« verdankt sich einem Scherz, den Jonathan Gressel einst am Weizmann Institute machte. Gressel hatte bei einer Gruppe von Organismen, zu denen Flechten, Moose, Farne und Algen zählten, die Reaktionen auf blaues Licht untersucht. Diese Pflanzen nennt man Kryptogame (»Geheimblüher«), weil sie sich ohne Blüte fortpflanzen. Wie alle anderen Wissenschaftler, die die Wirkungen von blauem Licht auf unterschiedliche Lebewesen erforschten, wusste er nicht, mit welchem Rezeptor das blaue Licht empfangen wurde. Trotz zahlreicher Versuche über viele Jahrzehnte hinweg war es noch niemandem gelungen, diesen Rezeptor zu isolieren; seine Natur war kryptisch. Als schlagfertiger Freund von Wortspielen schlug Gressel vor, man solle den nicht identifizierten Rezeptor doch einfach »Cryptochrom« nennen. Zum Leidwesen vieler seiner Kollegen wurde sein Scherz in die wissenschaftliche Nomenklatur aufgenommen, obwohl Cryptochrom 1993 endlich isoliert werden konnte und heute nicht mehr kryptisch ist.

# Was eine Pflanze riecht

*Man sah, dass Fels sich regt' und Bäume sprachen.  
Shakespeare, Macbeth*

Pflanzen riechen. Offenkundig senden Pflanzen Düfte aus, zu denen sich Tiere und Menschen hingezogen fühlen, aber sie riechen auch ihre *eigenen* Düfte und die ihrer Nachbarn. Pflanzen wissen es, wenn ihre Früchte reif sind, wenn ihr Nachbar vom Gärtner mit der Schere gestutzt oder von einem gefräßigen Käfer angefressen wird: Sie riechen es. Manche Pflanzen können sogar den Geruch einer Tomate vom Geruch des Weizens unterscheiden. Im Gegensatz zu der großen Bandbreite an visuellen Reizen, die eine Pflanze wahrnehmen kann, ist ihr Spektrum beim Riechen zwar begrenzt, aber ihr Geruchssinn ist hochsensibel und liefert dem lebendigen Organismus zahlreiche und vielfältige Informationen.

Wenn Sie das Wort »Riechen« in einem heutigen Wörterbuch nachschlagen, dann finden Sie es als die Fähigkeit definiert, »Duft oder Geruch durch Stimuli wahrzunehmen, die die olfaktorischen Nerven reizen«. <sup>18</sup> »Olfaktorische Nerven« kann man leicht als die Nerven verstehen, die die Riechrezeptoren in der Nase mit dem Gehirn verbinden. Bei der Geruchswahrnehmung sind die Reize kleine Moleküle, die in der Luft gelöst sind. An unserem menschlichen Geruchssinn sind diejenigen Zellen in der Nase beteiligt, die in der Luft schwebende chemische Stoffe empfangen, und außerdem unser Gehirn, das diese Information verarbeitet, damit wir auf die unterschiedlichen Gerüche reagieren können. Wenn Sie beispielsweise am einen Ende eines Raums eine Flasche Chanel N° 5 öffnen, dann riechen Sie es auf der anderen Seite, weil bestimmte Duftstoffe aus dem Parfüm entweichen und sich im Raum verteilen. Die Moleküle sind dann nur in sehr geringen Mengen vorhanden, doch damit der neue Duft wahrnehmbar wird, reicht es, dass sich ein einziges Molekül an einen einzigen Rezeptor bindet.

Die Ausstattung unseres Körpers für die Wahrnehmung von Gerüchen unterscheidet sich von der, die wir für den Empfang von Lichtreizen haben. Wie wir im letzten Kapitel gesehen haben, brauchen wir nur vier