

MIUSEION 2000

KULTURMAGAZIN GLAUBE, WISSEN, KUNST IN GESCHICHTE UND GEGENWART



Psychologie und Erziehung

Wichtige Grundbedürfnisse
von Kindern

Staatsführung

Anforderungen
an einen Politiker

Pflanzenphysiologie

Eine eindrucksvolle Lebensgemeinschaft
empfindet zahlreiche Bedürfnisse



PFLANZENPHYSIOLOGIE

**Eine eindrucksvolle
Lebensgemeinschaft empfindet
zahlreiche Bedürfnisse**



Ungefähr 300 000 verschiedene Pflanzenarten besiedeln unsere Landgebiete. Jede Art hat ihre ganz speziell ausgeprägten Eigenarten und Fähigkeiten. Die Venusfliegenfalle beispielsweise ist darauf spezialisiert, mittels modifizierter Blätter Insekten zu fangen. Ist ihr dies gelungen, sondern Drüsen in der Falle Enzyme ab, damit die Beute verdaut werden kann.

Im Pflanzenreich wird bei näherer Betrachtung das Gewöhnliche aussergewöhnlich, das Alltägliche bewundernswert. Vielfältigste Reaktionen lassen sich in dieser stummen Lebewelt beobachten, und mit Erstaunen stellt man fest, dass sich bei Lebewesen jeglicher Art – ob Pflanze, Tier oder Mensch – durchaus wesentliche Gemeinsamkeiten finden.

Die irdische Lebewelt ist abhängig von unzähligen Einflussfaktoren

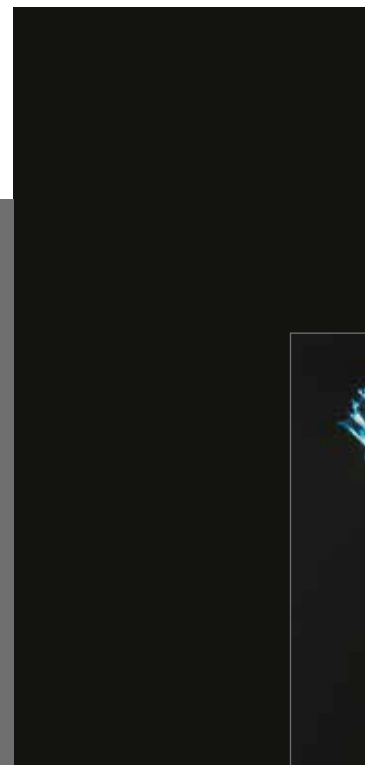
Es liegt im Forschergeist des Menschen, möglichst viel über die Entstehung der Lebewelt in Erfahrung zu bringen. Heute ist es im besonderen die Naturwissenschaft, welche neue Einblicke in bisher verborgene Bereiche ermöglicht und sich somit als zugkräftiger Wegbereiter einer differenzierteren Betrachtungsweise erweist. Wir haben uns im letzten Heft mit der Landnahme des Pflanzenreichs beschäftigt und festgestellt, dass dieser Prozess einen hohen Komplexitätsgrad aufweist. Es stellten sich angesichts dieses Sachverhalts nicht nur naturwissenschaftliche Fragen; vielmehr galt es, dem Leben, seiner Individualität ein besonderes Augenmerk zuzuschicken – sei es, um ein Beispiel zu nennen, auch 'nur' eine einfache Pflanze wie ein Moos. Die Wissenschaft spricht in diesem Zusammenhang von einer niederen Pflanzenart – und dennoch ist ein solches Lebewesen bereits auch in der Lage, sich geschlechtlich zu vermehren. Bei einem derartigen Zyklus entsteht ein neues Individuum, und dieses muss, so lehren es uns hohe Philosophen – *beseelt* werden, damit dem Pflanzenkörper Lebendigkeit innewohnt. Wird dieser indes nicht mit den lebensnotwendigen Nährsalzen aus dem Boden einschliesslich Stickstoff versorgt, wird ihm der Wasserhaushalt verunmöglicht, das Sonnenlicht verweigert oder die Kohlendioxidzufuhr aus der Luft entzogen, so stirbt die Pflanze – die Kraft des Lebens entweicht dann aus ihr.

Heute kann mit Hilfe der Naturwissenschaft sehr genau erklärt werden, was für Einwirkungen zum Tode einer Pflanze führen können. Was hingegen mit dem einer sterbenden Pflanze innewohnenden Leben geschieht oder wie Leben im Ursprung entsteht, vermag sie derzeit nicht zu erklären. Ergänzendes Wissen können in diesem Zusammenhang schöpfungkundige Philosophen liefern. Schenkt man

ihnen Verständnis und Einfühlungsvermögen, wird man feststellen: Die Naturwissenschaft steht nicht im Gegensatz zur Philosophie, vielmehr ergänzen sie sich in beeindruckender Art und Weise zu einem harmonischen Ganzen; ja eigentlich ist die Wissenschaft ohne Berücksichtigung von philosophischem Gedankengut sinnbildlich gesehen *geistig blind*. Hingegen eignet sich die Naturwissenschaft hervorragend, bestimmte Lebensprozesse vertiefter zu studieren. Gerade auf dem Gebiet der *Pflanzenphysiologie* wurden in den letzten Jahrzehnten beachtliche Fortschritte erzielt. Man weiss aus Forschungen immer mehr über die Lebensgemeinschaft der Pflanzen beziehungsweise über die vielfältigen Funktionen, die das Grün der Natur stetig übernimmt. Ziel dieses Aufsatzes ist es, dem Leser am Beispiel des Pflanzenreichs eine Betrachtungsweise aufzuzeigen, die den inneren Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Philosophie vertiefter ausleuchtet.

Das Licht erweist sich als lebensnotwendiger Kraftspender

Den von Lebewesen bewohnten Bereich der Erde nennt man *Biosphäre*; sie ist die Summe aller Ökosysteme mit ihren Lebensgemeinschaften. Pflanzen nehmen darin eine besondere Stellung ein; sie sind – wenn man die im Wasser lebenden Algen mitzählt – mit über 300 000 bekannten Arten sehr zahlreich vertreten (vgl. *Abbildung 1, Seite 42*) und bilden die infrastrukturelle Grundlage für höheres Leben wie das der Tierwelt und des Menschen. Fast alle Organismen beziehen Energie von der *Sonne*. Pflanzen verfügen über die Eigenschaft, mittels Photosynthese Sonnenenergie direkt zu verwerten – abgesehen von wenigen Spezialfällen können sie ohne Licht nicht leben. Wie gross die Konkurrenz um das tägliche Licht sein kann, lässt sich beispielsweise in Wäldern beobachten, wo das 'Laubdach' grosser Bäume neuem



Viperfisch



Seerratte

Raubtiere bevölkern die Tiefen der Ozeane



Tiefseeangler

Borstenmünder



In der Dunkelheit der Tiefsee

können keine Pflanzen leben

Befasst man sich mit der Entwicklungsgeschichte irdischen Lebens, könnte man voreilig meinen, dass im allgemeinen zuerst Pflanzen entstanden seien und sich erst darauf folgend eine Tierwelt entfaltet habe. Die Wissenschaft belehrt uns allerdings eines Besseren: Vor der Landnahme der Pflanzen entstand zuerst in den Wassern eine anfangs skurrile und später regelrecht räuberische Tierwelt. Jene Kreaturen waren also eindeutig vor den Landpflanzen da.

Heute weiss man aus der Tiefseeforschung, dass nur bis ungefähr 200 Meter Tiefe *autotrophe* Organismen wie *Algen* leben können. Die Grenze des Lichteinfalls ist bei etwa 500 Metern erreicht. Tiere wie der *Borstenmünder*, der *Tiefseeangler*, der *Viperfisch* oder die *Seeratte* leben teilweise in Meerestiefen bis unterhalb 5000 Meter. Wie das abscheuliche Aussehen dieser Fische erahnen lässt, handelt es sich da nicht etwa um harmlose, algenfressende Vegetarier. Diese Kreaturen mit ihren trüben Augen, übergrosser Mundöffnung – teils bewaffnet mit riesigen Fangzähnen – sind die gnadenlosen Räuber der Dunkelheit. Sie sind in der Regel Einzelgänger und haben Methoden der Fortpflanzung entwickelt, die abstossend wirken. So haben bei Tiefseeanglern Männchen die Eigenart, sich im Hinblick auf die Paarung am Körper des Weibchens festzubeissen. Eine solche Zwangsehe besteht dann lebenslang, denn das Männchen wird zum Parasiten; es verwächst an der Bissstelle mit dem Weibchen und ernährt sich nur noch durch dessen Blutkreislauf.

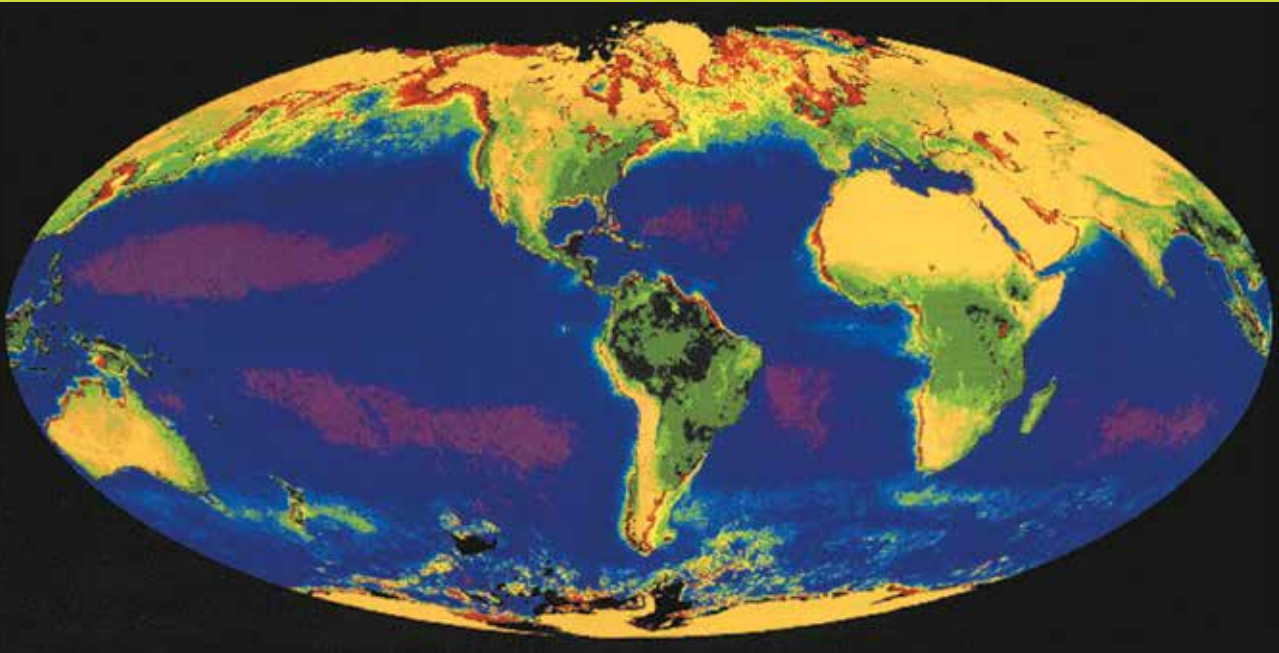
Vergleicht man das wunderbare Reich der Pflanzen mit seiner vielfältigen Farbenpracht mit Kreaturen, wie sie in der Tiefsee vorkommen, kann man schon fast von *Befreiung* sprechen, denn die Pflanzen wurden durch ihre Landnahme Wegbereiter eines weiteren, unermesslich grossen Fortschritts in der Entwicklung niederster Kreaturen zu höherem Leben.

Der Grieche *Origenes* war in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts n.Chr. ein herausragender Forscher und Lehrer der Christenschule in Alexandria. Er überliefert uns in seinen Werken, dass die körperhafte Schöpfung als eine wirksame Erziehungsmassnahme angesehen werden darf, die es mittels Zwischenstationen im Tier- und Pflanzenreich gestattet, die Seele von ihrer Boshaftigkeit zu befreien. Allerdings kann dem Grade der Vernunftlosigkeit entsprechend der Weg sehr lange und beschwerlich sein:

»Wenn die Seele vom Guten herabsinkt und sich zur Schlechtigkeit neigt und immer mehr in diese hineingerät, so wird sie [...] durch Vernunftlosigkeit viehisch und durch Bosheit tierisch. An der Stelle der schmerzhaften Strafe in der Glut des Feuers, der sie eigentlich verfallen wäre, entscheidet sie sich lieber für ein irdisches Leben als vernunftloses Tier; manche wählen, wenn ich das so sagen darf, für die Tierwerdung sogar ein Leben im Wasser.«

De principiis I 8,4

Pflanzliches Leben ist von verschiedenen Faktoren abhängig



1 Satellitenbild-Composing der Biosphäre

Die Illustration veranschaulicht die globale Verteilung pflanzlichen Lebens. Höchstwerte vertreten Regenwälder (dunkelgrün) und Tiefstwerte Trockengebiete sowie Eiswüsten (gelb). Im Meer sind hohe Dichten pflanzlichen Planktons rötlich, mittlere gelb und niedrige blau bis dunkelblau dargestellt.

Grün in Bodennähe die Lichtaufnahme und somit das Wachstum erheblich erschwert (vgl. Abbildungen 2 und 3). Auch in aquatischen Lebensräumen wie den Meeren ist die Verbreitung Photosynthese betreibender Organismen limitiert: Jeder Tiefenmeter Wasser absorbiert beispielsweise etwa 45 Prozent des durchstrahlenden solaren Rotlichts. Demzufolge kann die *Photosynthese* nur relativ nahe an der Wasseroberfläche stattfinden; dies heisst konkret für Wasserpflanzen wie Algen, dass sie in grösseren Wassertiefen nicht existieren können. Trotzdem gibt es dort viele Lebewesen, wie bestimmte Fischarten (vgl. *Kasten Seiten 40/41*), die ohne Sonnenlicht auskommen. Man weiss heute aus der Meeresforschung, dass Ozeane auch in sehr grossen Wassertiefen von ihnen besiedelt sind. In Regionen völliger Dunkelheit müssen diese Kreaturen sehr tiefe Temperaturen sowie extrem hohe Wasserdruckverhältnisse aushalten. Im Gegensatz zu diesen Tieren darf das

Pflanzenreich bereits von der Kraft einer lichten Umgebung profitieren.

Die Sonne – Sinnbild einer unerschöpflichen Kraftquelle

Befasst man sich mit den Lebensvorgängen und ihren Grundlagen in der Pflanzenwelt – die Wissenschaft nennt diesen Bereich *Pflanzenphysiologie* –, erhält der eingangs beschriebene Einflussfaktor Sonne einen ganz besonderen Stellenwert: Dieser uns nächstgelegene Stern ist in der Lage, soviel Kraft – beispielsweise in Form von Licht – abzugeben, dass alle Ökosysteme auf der Erde am Leben erhalten werden können. Licht ist aus Sicht der Physik eigentlich nur ein *winziger Ausschnitt* aus einem riesigen kontinuierlichen Spektrum elektromagnetischer Wellen – aber von elementarster Bedeutung für jegliche Lebewesen; denn alles Leben hängt letztlich von der Photosynthese ab, und diese wird durch Pflanzen ausgeführt. Die für irdische Lebewesen schädliche *Wellen-* und

Teilchenstrahlung der Sonne wird hingegen bereits grossenteils im oberen Bereich der Erdatmosphäre abgefangen. Es ist beeindruckend, was für unzählige Einflussfaktoren schöpfungstechnisch aufeinander abgestimmt werden mussten, damit Leben auf unserer Erde überhaupt erst entstehen konnte.

Steuerungssysteme der Pflanzen

Im Folgenden werden wir uns vertiefter mit der Physiologie beziehungsweise den *Regulationssystemen* der Pflanzen auseinandersetzen. Es ist ausdrücklich nicht das Ziel, Reaktionen von Pflanzen allein auf die Veränderung von Molekülen oder chemische Signale zurückzuführen. Vielmehr soll die Pflanze in ihrer Gesamtheit als *Lebewesen* betrachtet werden, welches – wie uns tägliche Beobachtungen lehren – sowohl Empfindungen als auch Bedürfnisse verspürt und entsprechend auf Veränderungen der



2 Wenig Sonnenlicht – karger Waldboden



3 Dringt genügend Licht bis in Bodennähe, kann sich auch dort eine reiche Vegetation entfalten

Umgebung angemessen reagiert. Es geht darum, sich in diese prachtvolle Lebewelt einzufühlen, damit Zusammenhänge in ihrer Tiefe besser erkannt und verstanden werden und nicht kurzerhand zu menschlich geprägten Evolutionstheorien verkümmern.

Pflanzen verfügen über die Eigenschaft, Lebensvorgänge zu koordinieren. In der Phase des Wachstums, wenn eine Endknospe am Pflanzenkörper austreibt, kann die Bildung von Seitenknospen unterdrückt werden, und dies selbst dann, wenn Knospen mehrere Meter von-

einander entfernt sind. Pflanzen nehmen, wie wir später feststellen werden, auch den Tagesrhythmus wahr, ebenso Schwerkraft und Licht; sie antworten auf Reize, sind empfindsame Lebewesen. Man stellt fest, dass derartige Reaktionen mit menschlichen Begriffen wie Bedürfnis, Wissen, Entscheidungsfähigkeit umschrieben werden können. Doch was treibt die Pflanze an, solche Reaktionen auszulösen? Einerseits kann man aus Beobachtungen auf Schutzmechanismen schließen, die auf wechselnde Umgebungsbedingungen zurückzuführen sind – andererseits reagieren Pflanzen ganz individuell auf gewisse Faktoren, die nicht immer unmittelbar voraussehbar sind: Es sind eben *eigenständige Geschöpfe*, die zwar noch nicht über eine Sinneswelt verfügen, wie dies bei höher entwickelten Tieren der Fall ist, aber bereits gewisse Grundbedürfnisse signalisieren können. Versuchen wir, mit Hilfe wissenschaftlicher Beobachtungen diesen Sachverhalt umfassender zu untersuchen.

Experimente zum lichtabhängigen Pflanzenwachstum führten zur Entdeckung von Hormonen

Die Begriffsbezeichnung *Hormon* ist aus dem griechischen *hormain* abgeleitet und bedeutet antreiben, reizen. Heute weiss man aber, dass Hormone in der Regel nicht nur stimulierend auf den Körper wirken, sondern auch hemmend; sie haben einen regulativen Einfluss. Ein Beispiel: Eine Zimmerpflanze auf der Fensterbank wächst zum Lichte hin. Wird die Pflanze gedreht, orientiert sie sich mit ihrem Wachstum neu, bis sich ihre Blätter wieder dem Fenster zuwenden. Das Wachstum eines Sprosses zum Lichte hin nennt die Wissenschaft *Phototropismus*. Eine bemerkenswerte Eigenschaft zeigen diesbezüglich Sonnenblumen: So können die Blütenstände wie auch die Blätter *junger* Sonnenblumen durch eine Wachstumsbewegung den Umgebungsverhältnissen entsprechend dem Gang der Sonne folgen. Forschungen haben ergeben, dass die Sonnenblume auf diese Weise die Photosyntheseleistung um etwa 10 Prozent steigern und entsprechend mehr Pflanzensubstanz aufbauen kann. Befindet sich die Sonnenblume in fortgeschrittenem Wachstumsstadium, orientiert sie sich nicht mehr zur Sonne; in der Regel sind dann die Blüten vielfach nach Osten ausgerichtet (*Abbildungen 4 und 5*).

Es erhebt sich die Frage, wie eine Pflanze den Phototropismus steuern kann. Der niederländische Pflanzenphysiologe *Fritz W. Went* fand im Jahre 1926 heraus, dass an diesem Steuerungsmechanismus massgeblich eine bestimmte chemische Substanz beteiligt ist. Er extrahierte diese, und es gelang ihm, bei Pflanzen, die in völliger Dunkelheit verweilen, eine ähnliche Verlagerung des Pflanzenkörpers zu erreichen, wenn er ihr denselben chemischen Stoff verabreichte. Went konnte also

Verfügen Pflanzen über Talente?



4 Befinden sich Sonnenblumen im fortgeschrittenen Wachstumsstadium, richten sie ihre Blütenköpfe vielfach nach Osten aus

5 Die Blütenstände junger Sonnenblumen folgen je nach den Umgebungsverhältnissen dem Gang der Sonne



6 Das Wachstum der Neutriebe unterhalb der Knospe wird durch ein Hormon gehemmt



mit Hilfe dieses Experiments nachweisen, dass die Pflanze zum Lichte hinwächst, wenn sich eine höhere Konzentration dieser Substanz auf der beschatteten Seite befindet. Er nannte diesen chemischen Botenstoff *Auxin*, welcher heute zu den Pflanzenhormonen zählt.

Vorhin erwähnten wir, dass bei Pflanzen eine Knospe an der Sprossspitze das Wachstum darunter befindlicher Achselknospen hemmt (vgl. Abbildungen 6 und 7). Auch in diesem Fall ist es das Hormon Auxin, welches für die Wachstumskoordination mit verantwortlich ist. Im Bereich der Knospe an der Sprossspitze wird Auxin produziert, welches sich im Spross abwärts

bewegt und so das Wachstum von Seitensprossen hemmt. Stellt die Knospe die Auxinproduktion ein, können neue Triebe spriessen. Diese Einrichtung ermöglicht der Pflanze ein *koordiniertes Wachstum*.

Hormone können also 'Signale' im Pflanzenkörper übertragen. Eine Übersicht über die wichtigsten Pflanzenhormone und ihre Hauptfunktionen veranschaulicht die *Tabelle auf Seite 49*.

Stellen wir uns nun folgende Frage: Was spielen Pflanzenhormone gesamthaft gesehen genau für eine Rolle? Können sie für die gesamte Koordination des Wachstums verantwortlich gemacht werden? Bei grundlegenden Fragen, die die Le-

bewert betreffen, gilt es genauestens zu differenzieren. Wir haben festgestellt, dass eine Pflanze auf Lichteinfall reagiert. Weiter kann aufgezeigt werden, dass das Hormon Auxin bei diesem Vorgang eine massgebliche Rolle spielt. Aus schöpfungstechnischer Sicht wäre es äusserst verhängnisvoll, wenn das geschilderte Verhalten der Pflanze *allein* auf dieses Hormon zurückgeführt und somit zu einer rein biochemischen Angelegenheit erklärt würde. Es ist bekannt, dass Hormone nicht unabhängig voneinander wirken; vielmehr stehen sie in der Regel im Gleichgewicht. Pflanzen verkörpern eine eigenständige Wesensart, und so gilt es zu überlegen, ob es nicht einfach ihr Bedürfnis ist, kraft des in ihr *verankerten Lebens* dem Lichte näher zu rücken, und *infolgedessen* das Hormon Auxin in der richtigen Menge am richtigen Ort ausgeschüttet wird.



8 Eine Rote Zaurübe hebt sich mit Hilfe einer Ranke empor



9 Blüten und Blätter des Sauerklee bei Tag



10 Geschlossene Blüten und nach unten geklappte Blätter bei Nacht



7 Nach Entfernen der Knospe beziehungsweise der Blüte wachsen neue Triebe

Verfügen Pflanzen über Talente?

Spezialisierte Pflanzenarten sind in der Lage, besonders effizient auf den Kontakt eines festen Gegenstandes zu reagieren. Ein Beispiel zur Veranschaulichung: Eine Kletterpflanze verfügt über speziell modifizierte Blätter oder Sprossachsen, die sogenannten *Ranken*. Diese

spezialisierte Einrichtung ermöglicht es ihr, sich festzuklammern, indem sie sich um eine Stütze windet (Abbildung 8). Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, dass Reaktionen auf einen Berührungszreiz sehr rasch erfolgen können. Eine Ranke kann sich in weniger als einer Stunde ein- bis mehrmals um eine Stütze winden. Der Biologe *Mordecai J. Jaffe* konnte nachweisen, dass Pflanzen die 'Erinnerung' an Berührungszreize speichern können. Im Prinzip könnte man schon fast von einem *Talent* sprechen, über welches derartige Pflanzen aus schöpfungstechnischer Sicht verfügen: Sie sind in der Lage, sich mittels einer speziell angepassten Klettertechnik emporzuranken. Würde man versuchen, ein entsprechendes Gerät herzustellen, welches über ähnliche Klettereigenschaften verfügt, wären eine aufwendige Elektronik, Mechanik und Sensorik vonnöten. Die Steuersoftware müsste wahrscheinlich sogar über *künstliche Intelligenz* verfügen, damit spezifische Aufgaben wie das

Klettern erfolgreich bewältigt werden könnten. Es ist doch erstaunlich, dass bereitseineinfachePflanzeübereine so ausgeklügelte Infrastruktur verfügt, die von Menschenhand – wenn überhaupt – nur mit sehr grossem Aufwand in massiv eingeschränkter Form nachgebaut werden kann.

Die 'biologische' Uhr

Pflanzen wie der *Sauerklee* öffnen ihre Blüten am Morgen und schliessen sie bei Einbruch der Dunkelheit (Abbildungen 9 und 10). Zudem breiten verschiedene Arten ihre Blätter tagsüber zum Sonnenlicht aus und klappen diese nachts in einer Art *Schlafbewegung* nach unten zum Spross hin.

Es wurde lange Zeit angenommen, dass nur höher entwickelte Lebewesen einem regelmässigen, ungefähr 24 Stunden dauernden Tag-Nacht-Zyklus folgen. Heute weiss man, dass sogar einfachste Lebewesen wie die *Cyanobakterien* dazu in der Lage sind. Die

Wissenschaft spricht in diesem Zusammenhang von einer inneren, *biologischen Uhr*. Sie koordiniert alltäglich ablaufende Prozesse der Pflanze und ermöglicht zudem eine genaue Bestimmung der Tageslänge, damit sich das Grün auf die wechselnden Jahreszeiten einstellen kann. Manche Pflanzen benützen die innere Uhr, um das Blühen oder andere Aktivitäten auf jahreszeitlich bedingte Ereignisse wie Stürme oder Trockenperioden abzustimmen. Auf diese Weise können Pflanzen ihr Wachstum und ihre Fortpflanzung auf kommende Umweltveränderungen ausrichten. Die biologische Uhr läuft zudem – vergleicht man sie mit den Jahreszeiten – von Art zu Art unterschiedlich: Kurztagpflanzen blühen nur, falls die Tageslänge einen bestimmten kritischen Wert unterschreitet. So beginnt der bei uns als Zierpflanze bekannte *Weihnachtsstern* erst zu blühen, wenn er über mehrere Wochen hinweg weniger als 12 Stunden Tageslicht erhält. Eine weitere Kurztagpflanze, die gewöhnliche *Spitzklette*, bildet sogar keine Blüten mehr, so sie in der Nacht durch ein kurzes Blitzlicht gestört wird. Langtagpflanzen blühen hingegen erst, wenn eine Mindesttageslänge gewährleistet ist. Ein Beispiel dafür ist eine

aus Norditalien stammende *Glockenblumenart*, die erst zu blühen beginnt, sobald sie über eine Zeitspanne von mehr als 2 Monaten mindestens 15 Stunden Tageslicht erhält.

Es ist das Anliegen jedes gewissenhaften Wissenschaftlers, Erkenntnisse aus Forschung und Technik möglichst exakt und aussagekräftig darzulegen, damit bisher Verborgenes zutage gefördert und falsch Verstandenes richtiggestellt werden kann. Gerade in der Pflanzenwelt können physiologische Aspekte relativ einfach verständlich aufgezeigt werden, da grundlegende Zusammenhänge nicht so hochkomplex strukturiert sind wie bei Mensch und Tier – Pflanzen verfügen ja über *kein Gehirn*, wie dies bei höher entwickelten Lebewesen der Fall ist. Und trotzdem sind diese Organismen in der Lage, Ereignisse wahrzunehmen und entsprechende Reaktionen auszulösen. Bei Lebewesen, gleich welcher Gattung, finden sich nämlich erstaunliche

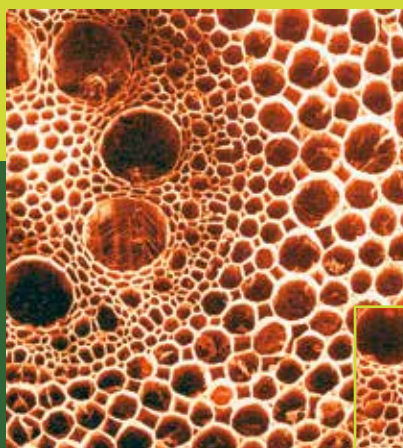
Gemeinsamkeiten: So ist beispielsweise *Stress* nicht nur ein Reaktionsmuster, welches Mensch und Tier bei erhöhter Beanspruchung erfahren, sondern vielmehr auch ein stehender Begriff, wenn es darum geht, Reaktionen der Pflanzenwelt auf wirkende Naturgewalten oder die zunehmende Umweltverschmutzung aufzuzeigen. Biologen sprechen in diesem Zusammenhang von *Stressfaktoren*, denen das Grün der Natur tagtäglich ausgesetzt ist. Einige Reaktionen auf Stress wollen wir im Folgenden eingehender behandeln:

1. Wassermangel

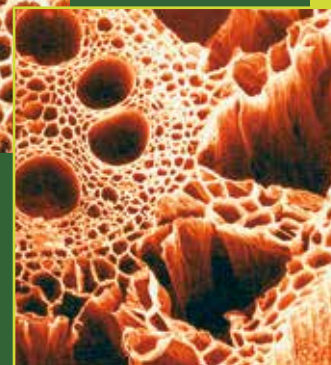
Sonnigwarme Tage mit andauernder Trockenheit können Pflanzen unter Stress setzen, da sie den nötigen Wasserbedarf nicht mehr aus dem Boden zuführen können. Eine Auswirkung kennen wir in Form des Welkens.

Weniger bekannt sind das erstaunlich effizient arbeitende

Stressfaktoren tagtäglich ausgesetzt



12 Gesunde Zellstruktur (Wurzelquerschnitt)



13 Geschädigte Zellstruktur infolge Sauerstoffmangels



11 Geschlossene Spaltöffnungen am Pflanzenkörper reduzieren den Gasaustausch bei Wassermangel oder Hitzestress

Regulationssystem und die verschiedenen *Kontrollmechanismen*, mit denen Pflanzen einem Wassermangel entgegenwirken: Die Blätter verfügen über kleine Spaltöffnungen, die den Gasaustausch oder, vereinfacht ausgedrückt, die 'Atmung' sicherstellen. Diese Spaltöffnungen schliessen sich zum Teil (Abbildung 11), und so kann der Wasserverbrauch wirkungsvoll eingeschränkt werden. Im weiteren werden der Wachstumsprozess und das Treiben neuer Blätter am Pflanzenkörper vorübergehend gehemmt. Gewisse Pflanzengruppen rollen ihre Blätter zusammen, damit die Blattoberfläche verkleinert wird. Bei starkem Wassermangel infolge anhaltender Dürre sind Nutz- und Wildpflanzen allerdings nicht mehr in der Lage zu überleben.

2. Sauerstoffmangel

Die Wurzeln entziehen den zur Atmung nötigen Sauerstoff gewöhnlich direkt dem Boden. Bei Überschwemmungen, starkem Regen

oder übermässiger Bewässerung kann sich die Erde derart sättigen, dass sich die Bodenporen ganz mit Wasser füllen und es daher zu einer Hemmung der Stoffwechselforgänge kommt. Die Pflanze läuft somit in übertragenem Sinne Gefahr zu ersticken (vgl. Abbildungen 12 und 13). Leidet sie längere Zeit unter Sauerstoffmangel, wird der Spross am Pflanzenkörper geschädigt.

3. Hitze und Kälte

Die meisten Pflanzen besitzen ein Überlebenssystem, um Hitzestress bewältigen zu können. Steigt die Temperatur über 40 Grad Celsius, wird in den Pflanzenzellen eine relativ grosse Menge sogenannter *Hitzeschock-Proteine* synthetisiert. Dieser Vorgang ist auch bei Mensch und Tier bekannt. Er verhilft dazu, den Hitzestress zu mildern, indem *Enzyme* und andere Proteine vor Schädigung geschützt werden. Nur verhältnismässig wenige Pflanzen sind in der Lage, Temperaturen über 40 Grad dauerhaft zu ertragen.

Wie die Hitze kann auch Kälte schwerwiegende Schädigungen verursachen. Frost ist eine schwere Form von Kältestress (Abbildung 14). Sinken Temperaturen unter den Gefrierpunkt, bilden sich in den meisten Pflanzen Eiskristalle. Bleibt die Eisbildung auf Zellwände und Bereiche zwischen den Zellen beschränkt, kann die Pflanze überleben. Weiterreichende Frostschäden am Pflanzenkörper führen schliesslich zum Absterben. Holzige Pflanzen wie *Ahorn*, *Rhododendron* oder *Rose* haben spezielle Vorgehensweisen, um dem Kältestress zu begegnen: Sie verändern die Zusammensetzung löslicher Substanzen in den Zellen und können so die Eisbildung vermindern.

4. Schädlingsbefall und Luftverschmutzung

Schädlingen ausgesetzt zu sein ist eine Stressart, die Pflanzen in allen Ökosystemen erfahren (Abbildung 15). Sie begegnen übermässigem Frass mit physikalischen Abwehrmassnahmen, wie der Bildung von Dornen, und chemischer Gegenwehr, wie dem Aufbauen unangenehm schmeckender oder gar giftiger Verbindungen, die zuweilen

14 Frost ist eine extreme Form von Kältestress – eine Eisschicht über dem Pflanzenkörper kann aber auch isolierend wirken



15 Auch Schädlinge können bei Pflanzen Stress verursachen



sogar wirkungsvoll den Tod von Schädlingen verursachen können.

Einen weiteren Stressfaktor stellt die zunehmende Luftverschmutzung für die Pflanzenwelt dar. Photochemischer Smog entsteht, wenn Sonnenlicht und Stickoxide (NO_x) aus städtischen und industriellen Quellen mit flüchtigen organischen Substanzen, die insbesondere menschlichen Ursprungs sind, reagieren. Das dabei entstehende Gas Ozon (O_3) kann je nach Konzentration und Expositionsdauer Pflanzen, aber auch andere Lebensformen schädigen. Im weiteren überfordert übermäßig saurer Regen ihre Abwehrmechanismen so extrem, dass ganze Waldregionen absterben (*Abbildung 16*).

Die Geheimnisse der Natur gilt es mit Hilfe philosophischer Erkenntnisse möglichst umfassend zu entschlüsseln

Die Pflanzenphysiologie beschränkt sich auf die Untersuchung chemisch-physikalisch erfassbarer Vorgänge in lebenden Organismen.

Real gesehen bietet dieses Fachgebiet der Naturwissenschaft aber ein wesentlich breiter abgestütztes Wissen. Wir haben uns am Beispiel des Pflanzenreichs mit elementaren Einflussfaktoren wie Licht und Wasser befasst, spezialisierte Techniken wie das Klettern beobachtet, den Hormonhaushalt vertiefter betrachtet, Stressfaktoren näher erläutert und die Einwirkung einer inneren, sogenannten biologischen Uhr festgestellt. All diese Eigenschaften und Prozesse werden erstaunlich präzise untereinander koordiniert, und es fragt sich natürlich, wie dies genau geschieht. Es erscheint durchaus logisch, dass wesentliche Steuerungsmechanismen *chemisch* oder *physikalisch* erklärbar sind; gerade die Erkenntnisse der Pflanzenphysiologie belegen diesen Umstand jasehrendrücklich. Nureben: Auch Steuerungsmechanismen bedürfen einer *übergeordneten* Koordination. Und die Pflanzenwelt ist eigentlich ein hervorragendes Beispiel dafür, um aufzuzeigen, dass nicht ein Gehirn, wie wir es im irdischen Sinne bei Mensch und Tier

kennen, als Koordinationszentrum in Frage kommt. Es scheint daher angebracht, der chemisch-physikalischen, materiellen Betrachtungsweise mit der nötigen Weitsicht entgegenzutreten, damit die *Weisheit*, die offensichtlich hinter der Schöpfung Natur stehen muss, in ihrer Gesamtheit erfasst werden kann. Denn gerade pflanzliches Leben kann nicht völlig selbständig funktionieren: In übertragenem Sinne muss das Grün der Natur in 'gesunder' Erde verwurzelt sein, damit ein Gedeihen überhaupt erst stattfinden kann. Es ist zudem eine aufwendige Infrastruktur vonnöten, die man im Detail noch kaum kennt und daher gern unterschätzt. Vielleicht kann uns in dieser schwierigen schöpfungstechnischen Frage der Grieche *Timaios* weiterhelfen, denn dieser gebildete Denker verfügt in naturwissenschaftlich-philosophischen Fragen über ein aussergewöhnlich breit abgestütztes Wissen, und zudem scheut er sich nicht, schwierige Sachverhalte mit kurzen, treffenden Worten zu erklären:

16 Schadstoffe in Form von saurem Regen können zum Absterben ganzer Waldstriche führen



Übersicht über die wichtigsten Pflanzenhormone

Hormon	Ort der Bildung oder des Auftretens in der Pflanze	Hauptfunktionen
Auxine z. B. IAA	sich entwickelnde Samen, teilungsfähige Zellen an Sprossachsenspitzen, junge Blätter	stimulieren Sprosstreckung, Wurzelwachstum, Differenzierung und Verzweigung sowie Fruchtentwicklung; unterdrücken das Auswachsen von Achselknospen; sind beteiligt am Phototropismus und Gravitropismus
Cytokinine z. B. Zeatin	werden hauptsächlich in Wurzeln aufgebaut und zu anderen Pflanzenorganen transportiert	beeinflussen Wurzelwachstum und Differenzierung; stimulieren die Teilung und das Wachstum von Zellen, die Keimung und die Blüte; verzögern den Alterungsprozess
Gibberelline z. B. GA ₃	teilungsfähige Zellen an Sprossachsenspitzen und Wurzeln, junge Blätter, sich entwickelnde Samen	fördern Samenkeimung und Austreiben der Knospen, Sprosstreckung, Blattwachstum; stimulieren Blüte und Fruchtentwicklung; beeinflussen Wurzelwachstum und Differenzierung
Abscisinsäure	Blätter, Stengel, grüne Früchte, Samen	hemmt das Wachstum; schliesst bei Wasserstress Spaltöffnungen; wirkt dem Brechen der Ruhephase entgegen
Ethylen	Gewebe reifender Früchte, Sprossknoten, alternde Blätter und Blüten	fördert die Fruchtreife; wirkt einigen Effekten des Auxins entgegen; fördert oder hemmt je nach Pflanzenart Wachstum und Entwicklung von Wurzeln, Blättern oder Blüten



»Die Urheber der Schöpfung liessen im Auftrage Gottes auf der Erde ein Naturgebilde entstehen, das mit der menschlichen Natur in gewissem Sinne verwandt ist, doch eine andere Art von Wesen darstellt. Es sind dies die uns vertrauten Pflanzen wie Bäume, die unter Pflege des Menschen ihm dienstbar gemacht worden sind; während es vormals nur wilde Arten gab, die älter sind als die veredelten. Alles nämlich [Pflanzen], welches Anteil an der Natur hat, hat auch Anspruch darauf, ein lebendes Wesen genannt zu werden.«

»Nun ist aber das genannte Naturgebilde auch [auf seine ihm entsprechende Weise] beseelt, hat aber mit Überlegung, Urteilkraft und Vernunft gar nichts zu schaffen, wohl aber mit Empfinden des Angenehmen und Unangenehmen in Verbindung mit verschiedensten Bedürfnissen.«

Timaios 77 a–b

Timaios erklärt es einfach – vielleicht für menschliche Begriffe viel

zu einfach: Die Natur und demzufolge die gesamte ihr angegliederte Infrastruktur wurde wohlgeplant erschaffen. Jede Pflanze muss als ein lebendiges Wesen betrachtet werden: sie ist infolgedessen beseelt, empfindet Angenehmes beziehungsweise Unangenehmes und signalisiert eine Reihe von grundlegendsten Bedürfnissen. Erkenntnisse der Biologie und insbesondere der Physiologie untermauern gewisse Erklärungen des Timaios sehr eindrücklich – beispielsweise seine Feststellung, dass Pflanzen über Empfindungen verfügen, hat die Wissenschaft in ihren Forschungen längst bestätigt. Wenn man gemäss Timaios' Erläuterungen sogar davon ausgehen darf, dass selbst einfachstes Grün beseelt ist, könnte man sich berechtigterweise fragen, ob die Empfindungsfähigkeit einer Pflanze und die Möglichkeit, Koordinationsaufgaben vorzunehmen, nicht sogar seelischen Ursprungs sind. Ja sind wir denn so abgestumpft, dass es uns nicht mehr möglich ist, eine solch 'einfach' scheinende Erklärung von einer

Was zeichnet wirkliche Philosophen aus?

Sokrates' Erläuterungen zu den Meinungsliebenden

»Schöpfungskundige Philosophen sind diejenigen, die das Unvergängliche zu erfassen vermögen, während die, welche das nicht können, sondern nur in der Region des Vielen und Allgestaltigen herumschweifen, mit Philosophie nichts gemeinsam haben.«

»Diejenigen also, die jegliches Seiende (Unvergängliche) hochhalten, muss man doch wahrheitsliebende Philosophen, nicht aber Meinungsliebende nennen, [...] denn letztere haben nur eine Meinung, aber keinerlei tiefgründiges Wissen von dem, was sie meinen.«

Sokrates in Platons »Staat«:
484 b; 480 a, 479 e

schöpfungskundigen Person anzunehmen, nur weil es uns nicht vollends möglich ist, diesen Sachverhalt auf wissenschaftlichem Wege nachzuweisen? Konsultieren wir diesbezüglich eine Philosophin, die uns die Problematik menschlichen Denkens näher vor Augen führt:

»Die ganze Natur ist doch wahrhaftig zu bewundern – und im besonderen diese wirklich stumme Natur. So viel Leben ist überall; aber der Mensch, er geht achtlos vorüber. Da er die Gesetze nicht kennt, kann er keine Ehrfurcht und keine besondere Bedeutung finden an einem Blättchen, an einem Zweig. All dies ist für ihn so natürlich geworden, so selbstverständlich. Es ist in einem so grossen Masse immer wieder zu erleben, dass der Mensch abgestumpft wird.

Er empfindet keine Ehrfurcht, und er fragt nicht nach dem Woher und Wohin; weil er sich ja gar nicht nach den hohen Zielen des Lebens erkundigt. [...] Er zertritt das Blatt – es bedeutet ihm nichts.«

»Nun aber möchte ich euch erklären: Ist das Blatt abgefallen, so hat die Entseelung stattgefunden. [...] Selbst dieses niedere Leben findet in der 'Welt' des Seins seine – ich darf wohl auch sagen – liebevolle Aufnahme.«

»So besteht auch im Pflanzenreich ein stetiger Fortschritt.«
Beatrice Enel, Philosophin

Schenkt man dieser erhabenen Sichtweise Glauben, lässt sich schnell feststellen, dass wir trotz Fortschritt und wissenschaftlicher Bildung elementare Dinge schlicht und einfach übersehen, sie nicht verstehen. Es fällt uns schwer, einfachem Leben die gebührende Wertschätzung entgegenzubringen – es genügend differenziert zu betrachten. Doch anscheinend liegt nicht nur da das Problem: Zuweilen fällt es noch schwerer, grundlegendste Sachverhalte in bezug auf Lebensprozesse bis zum schöpferischen Ursprung nachvollziehen zu können.

Dies ist insofern bedauerlich, da neuste wissenschaftliche Erkenntnisse immer mehr von der sogenannten Stammbaumtheorie abweichen, die besagt, dass sich alles pflanzliche Leben aus einer einzigen Urpflanze entwickelt habe. Es wird heute von der Wissenschaft vermehrt die Ansicht vertreten, dass sich die Entstehung des Pflanzenreichsinparallelen, voneinander unabhängigen Entwicklungsschüben vollzogen hat (vgl. Heft 5/02, Seite 10). Jede Pflanzengruppe hat also ihren besonderen Ursprung, jede Art ihre darauf abgestimmte Entwicklungsgeschichte. Wer genau hinsieht, wird feststellen müssen, dass keine Pflanze ganz genau gleich aussieht wie eine andere – das Leben ist im wahrsten Sinn des

Wortes Träger einer unermesslich grossen Individualität. Diese neue Erkenntnis verhilft mit, die Entwicklungsgeschichte der Lebewelt besser zu verstehen, und es wäre in diesem Zusammenhang äusserst interessant zu wissen, wie denn die ersten pflanzlichen Vorfahren der verschiedensten Arten entstanden sind:

»Es gibt winzig kleine Kraftkerne, die für den Menschen unsichtbar sind. Diese Kerne sind durch die Kraft der Schöpfung entstanden. Es sind Keime zu neuem Leben, wie dem der Pflanzen, also beispielsweise Sträucher und Bäume.«
Josef Brunner, Philosoph

Beachtenswürdige Philosophen erkennt man unter anderem daran, dass sie – im Gegensatz zu gewissen Evolutionstheoretikern – nicht einfach ihre eigene Meinung in den Vordergrund stellen; vielmehr geht es ihnen darum, auf das Unvergängliche im Innern eines jeden Lebewesens hinzuweisen (vgl. Kastentext oben links). In jedem Fall ist die vorgängig erwähnte Erklärung sehr aufschlussreich, und, wer weiss, vielleicht gelingt es der Wissenschaft irgendwann, mehr darüber in Erfahrung zu bringen. Es scheint jedenfalls so, dass in elementaren Fragen rund um die Lebewelt die hohe Philosophie der Naturwissenschaft einen Schritt voraus ist. ☺

Bildquellen

S. 5 unten, 44 Mitte und re. sowie 45 u. li.: ABZ-Bildarchiv. S. 42: NASA. S. 43 und 47 li.: Corbis. S. 46 li.: SPL/Keystone. S. 46 re.: M. Drew. Alle übrigen Bilder: Okapia.

Literatur

Thomas Boller, Pflanzenphysiologie, Vorlesung, Universität Basel 2002 (Internetversion). Neil A. Campbell, Biologie, Heidelberg 2000. G. Czihak et al. (Hg.), Biologie, Berlin 1990. Rainer Froese et al., FishBase – A Global Information System on Fishes, 2002 (Internetversion). Wolfgang Hensel, Pflanzen in Aktion, Heidelberg 1993. Ulrich Lüttge et al., Botanik, Weinheim 1999. Peter H. Raven, Biologie der Pflanzen, Berlin 2000. Rolf Sauermost (Hg.), Lexikon der Biologie, Bde. 6 und 8, Heidelberg 1994. Lincoln Taiz und Eduardo Zeiger, Physiologie der Pflanzen, Heidelberg 2000.