



Pflanzenwurzeln als „Gehirn“

(The „Root Brain“ Hypothesis of Charles Darwin) oder – Müssen wir unser Pflanzenbild auf den Kopf stellen?

Vor etwa 450 Millionen Jahren besiedelten Wasserpflanzen das Land. Mit diesem Übergang vom Wasser- zum Landleben haben sich die beiden Systeme von Wurzel und Spross entwickelt und an die extrem unterschiedlichen Umweltbedingungen angepasst. Als ortsgebundene Organismen sind die Landpflanzen zudem den sich ändernden Bedingungen ausgesetzt und überleben häufig nur durch besondere Anpassungsmechanismen.

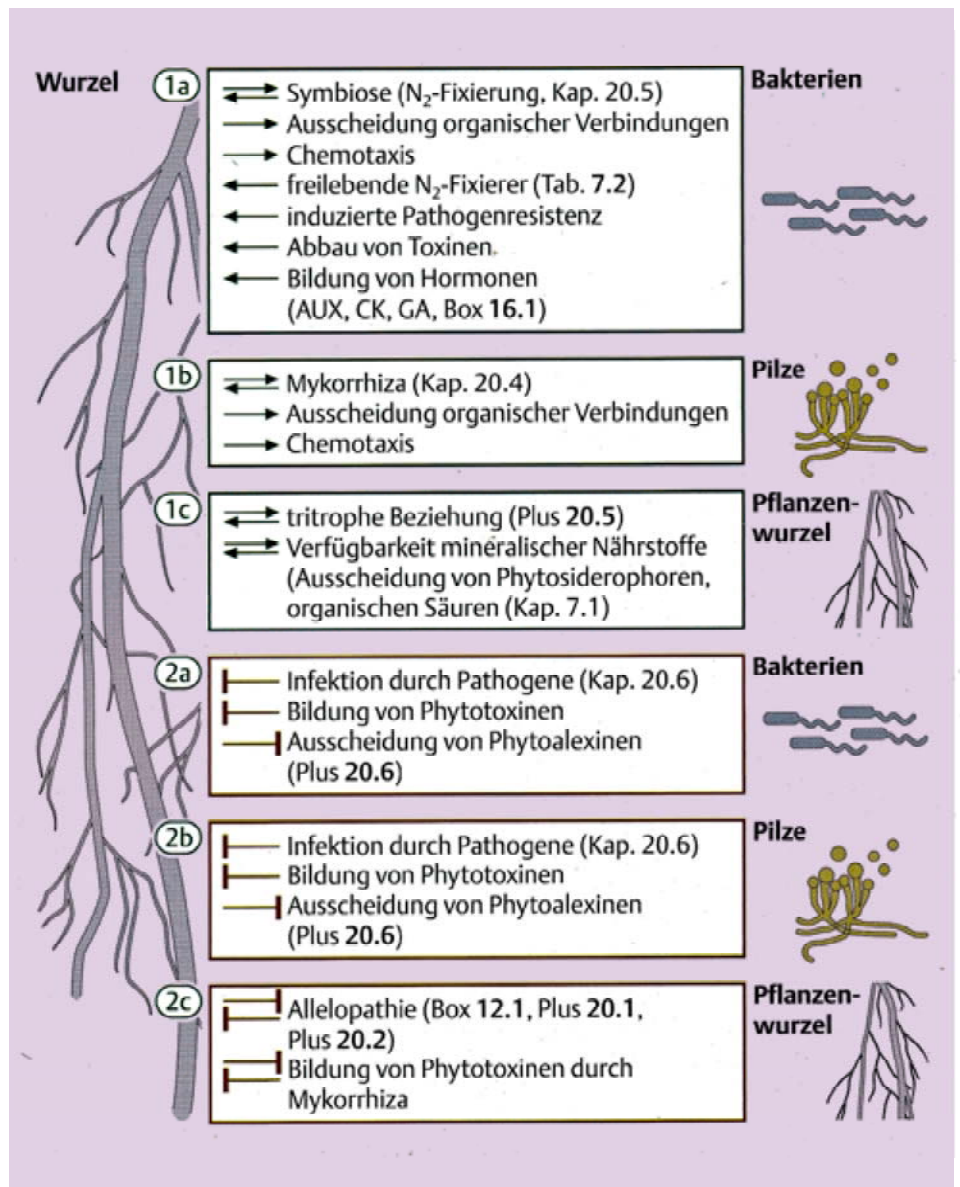
Zwischen Wurzel und Spross findet ständig ein Austausch von Stoffen und Information statt. Aber nicht nur innerhalb einer Pflanze kommunizieren einzelne Bereiche; Pflanzen kommunizieren auch untereinander, z.B. warnen sich Akazien durch das gasförmige Hormon Äthylen gegenseitig vor Fressfeinden. Die so gewarnten Bäume produzieren schon im Voraus den für die fressenden Tiere schädlichen, in manchen Fällen sogar tödlichen, Abwehrstoff Tannin. Weit komplizierter sind kommunikative Netzwerke, die sich im Laufe der Evolution zwischen Pflanzen einerseits und Bakterien, Pilzen, Insekten und ihren Larven, oder Würmern ausgebildet haben (vergleiche Abb. 1).

Grundlagen von kommunikativen Netzwerken sind die Wahrnehmung von biotischen und abiotischen Faktoren, ihre Verarbeitung in biologische Signale und schließlich gerichtete Antworten, die bei den Pflanzen meistens in Form von geändertem Wachstum erfolgen und damit Form und Gestalt der Pflanze bestimmen. Die Anzahl von Umweltfaktoren, die durch Landpflanzen wahrgenommen und verarbeitet werden, ist mit mehr als einem Dutzend deutlich höher als die der meisten Tiere und auch des Menschen. Daran ist wiederum das Wurzelsystem besonders beteiligt. Aus anatomisch-morphologischer Sicht ist dieses meistens sehr viel ausgeprägter entwickelt als das Sprosssystem (vergleiche Abb. 2). Damit könnte das Wurzelsystem als Ko-

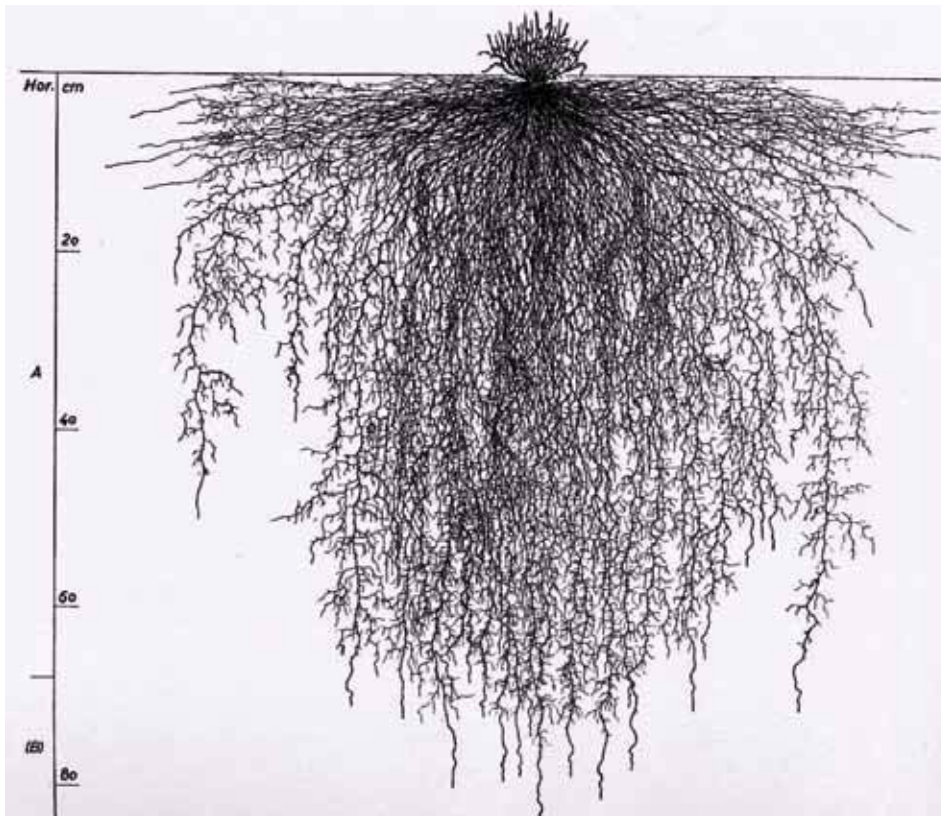
ordinations- und Kommunikationssystem besonders geeignet sein.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Prozesse, Strukturen und Moleküle in Pflanzen nachgewiesen, die bis dahin ausschließlich Tieren und dem Menschen

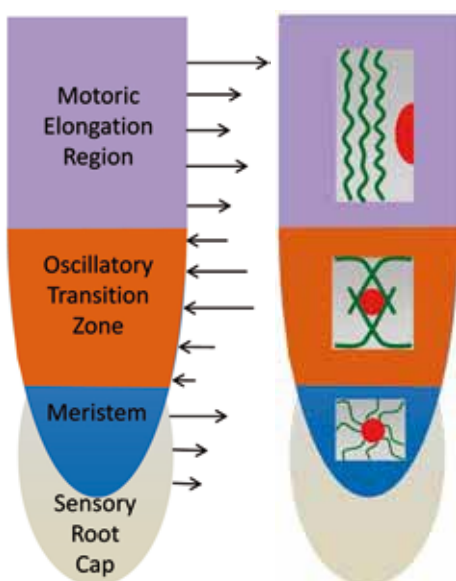
vorbehalten waren, z.B. wurde die Leitung von elektrischen Signalen in Pflanzen wiederentdeckt, es wurden Kontaktstellen im Wurzelsystem beschrieben, die tierischen und menschlichen Synapsen entsprechen könnten und Moleküle wie Acetylcholin, Glutamat, Melatonin und Serotonin, die für



Wechselwirkungen (WW) zwischen dem Wurzelsystem der Pflanzen und seiner Umgebung: grün positive WW, rot negative WW (aus: Allgemeine und molekulare Botanik, Seite 806, E. Weiler und L. Nover, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2008).



Unten: Gliederung einer Wurzel in vier unterschiedliche Zonen, Pfeile geben die Richtung des Stromflusses an (links); (rechts) zugeordnet zelluläre Strukturen: Zellkern (rot) und Zellskelett (grün). Aus: František Baluška and Stefano Mancuso (2013) HYPOTHESIS AND THEORY ARTICLE, *frontiers in plant science*, doi: 10.3389/fpls.2013.00354, www.frontiersin.org.



die Funktion unseres Nervensystems von Bedeutung sind.

Die eindeutige Gliederung der Wurzelspitze (vergleiche Abb. 3) in vier Zonen, eine sensorische (Wahrnehmung), meristematische (Zellerneuerung), oszillatorische (Verarbeitung) und motorische (Zellstreckung und Antwort) mit dem Nachweis der genannten Strukturen und Moleküle führte uns zu der Hypothese, dass im Bereich der Wurzelspitze die dezentrale Koordination der biotischen und abiotischen Signale stattfindet. Dabei ist zudem zu bedenken, dass jede Landpflanze Tausende oder gar Millionen solcher Regionen (Wurzelspitzen) entwickelt (siehe auch Abb. 2), und diese sind in der Lage, Informationen auszutauschen.

Damit besitzen Landpflanzen Möglichkeiten, sich mit ihrer Umwelt auseinanderzusetzen, die denjenigen von Tieren, wenigstens einfach organisierten Tieren, entsprechen. Inzwischen wird intensiv diskutiert, ob Pflanzen ein Gedächtnis besitzen, vorausschauende Strategien entwickeln können oder gar intelligent sind. Eines ist sicher: Pflanzen leisten viel mehr, als wir bisher annehmen durften, sie sollten

Links: Spross- und Wurzelsystem von *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras), mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Monika Sobotik, Pflanzensoziologisches Institut, Klagenfurt (Kärnten), Österreich

in Zukunft mehr (Be)Achtung erfahren, wie es Darwin vor mehr als 130 Jahren schon in seinem Buch „The Power of Movement in Plants“ formulierte:

“It is hardly an exaggeration to say that the tip of the radicle ... acts like the brain of one of the lower animals; the brain being seated within the anterior end of the body, receiving impressions from the sense-organs, and directing the several movements.” Darwin, C.R. (1880) *The Power of Movements in Plants*. (Assisted by F. Darwin), London: John Murray.

Übersetzung:

Es ist wohl kaum eine Übertreibung, wenn wir sagen, die derart ausgestattete Wurzelspitze funktioniert wie das Gehirn eines niederen Tieres; das Gehirn ist lokalisiert am vorderen Ende des Pflanzenkörpers, es erhält Signale von einem wahrnehmenden Organ und führt verschiedene Bewegungen aus.

Literatur

František Baluška, Stefano Mancuso, Dieter Volkmann, Peter W. Barlow (2009). The ‘Root-Brain’ Hypothesis of Charles and Francis Darwin. *Revival after more than 125 years*. *Plant Signaling and Behavior* 4, 1121-1127



Dr. Dieter Volkmann, Prof. (i.R.)

Institut für Zelluläre und Molekulare Botanik (Abt. Zellbiologie) der Universität Bonn

✉ unb110@uni-bonn.de