

Gerhard Gebauer

Partnertausch

Stabile Isotope geben neue Ernährungsverhalten



Die Breitblättrige Stendelwurz
(Foto: Bastian Burghardt)

Die meisten Pflanzen gehen mit Pilzen eine enge Partnerschaft ein – die Mykorrhiza. In der Regel versorgen dabei die Pflanzen den Pilzpartner mit Kohlenstoffverbindungen aus der Photosynthese und erhalten im Gegenzug mineralische Nährstoffe, die der Pilzpartner über sein Mycel aus dem Boden effizienter aufnehmen kann. Diese mutualistische Beziehung wird weltweit von einigen hundert Pflanzenarten unterlaufen, die chlorophyllfrei sind und somit keine Photosynthese mehr betreiben. Diese Ernährungsweise auf Kosten des Pilzpartners wird als Mykoheterotrophie bezeichnet. Sie ist insbesondere bei Orchideen verbreitet.

Trotz der bekanntermaßen mykoheterotrophen Ernährung mancher chlorophyllfreier Orchideenarten wird für adulte, grünblättrige Orchideen eine vollständig autotrophe Ernährung angenommen. Häufigkeitsanalysen der stabilen Kohlenstoff- und Stickstoffisotope liefern neuerdings Hinweise, dass viele der scheinbar autotrophen Orchideen sich teilweise auch auf Kosten des Pilzpartners ernähren. Diese teilweise Mykoheterotrophie ist mit einem Wechsel des Pilzpartners verbunden und erlaubt den Orchideen ein Vordringen in den dunkelsten Schatten von Wäldern.

Mit mehr als 20.000 bekannten Arten ist die Familie der Or-

chideengewächse die artenreichste Familie im Pflanzenreich. Im Laufe der Evolution ist es den Orchideen wie keiner anderen Pflanzenfamilie gelungen, ein breites Spektrum von Lebensräumen in den verschiedensten Klimaten zu besiedeln. Die Verbreitung der Orchideen erstreckt sich von den Tropen bis in die subarktische Tundra. Gleichzeitig sind viele Orchideenarten aber auch sehr selten und mancherorts vom Aussterben bedroht. Nicht nur aufgrund ihrer häufig faszinierenden Blüten sind Orchideen somit von besonderem Interesse in der gegenwärtigen Diskussion um Artenschutz und Biodiversität.

Ein Charakteristikum aller Orchideen sind ihre winzigen Samen, die keinerlei Speicherstoffe enthalten. Schon bei der Samenkeimung sind sie vollständig auf die Versorgung durch einen geeigneten Pilzpartner angewiesen. Bereits 1909 wurden von dem französischen Naturforscher Noel Bernard leicht kultivierbare, im Boden saprophytisch lebende Pilze aus der als *Rhizoctonia* bezeichneten Formengruppe als typische Pilzpartner der Orchideen-Mykorrhiza identifiziert. Diese Pilzpartner versorgen die Orchideen-Jungpflanzen vom Keimlingsstadium an mit Nährstoffen, indem sie bis in das Zellinnere der Orchideenwurzel wachsen und dort

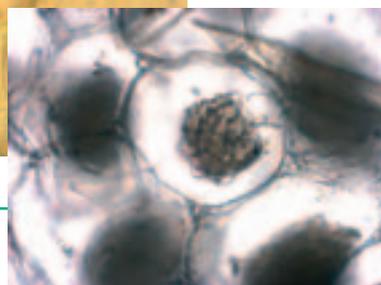
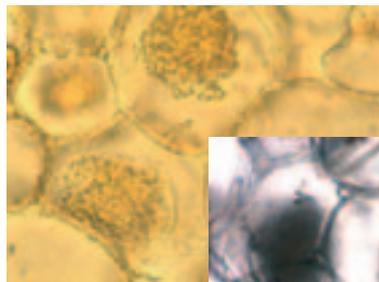
Mycelknäuel bilden. Sie werden von der Orchideen-Jungpflanze regelrecht "verdaut". Dieses Ernährungsverhalten wird von den chlorophyllfreien Orchideen auch im adulten Stadium beibehalten. Grünblättrige Orchideen sind dagegen nicht mehr zwangsläufig auf eine Versorgung durch den Pilzpartner angewiesen und geben häufig den Kontakt zum Pilz völlig auf. Manche unserer einheimischen Orchideen sind als extrem schattentolerante Waldbewohner bekannt. So kann man beispielsweise das Weiße Waldvögelein auch noch im tiefsten Dunkel dichter Buchenwälder ohne jegliche Begleitflora finden. Es stellt sich die Frage nach der Ursache dieser extremen Schattentoleranz.

Daten aus der Häufigkeitsanalyse der stabilen Isotope des Kohlenstoffs und Stickstoffs in Verbindung mit molekularbiologischen Analysen geben eine Antwort. Pflanzen, die ihren Kohlenstoffbedarf aus der Photosynthese und ihren Stickstoffbedarf durch Aufnahme von Nitrat und Ammonium aus dem Boden decken, besitzen charakteristische Isotopenhäufigkeiten. Pilze dagegen

unterscheiden sich auffällig in ihrer Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen-



Grünes (li.) und Albino-Weißen Waldvögeleins



Mycelknäuel von Pilzen in den Wurzelzellen von Orchideen
(Foto: Markus Meyer o. und Cornelia Meyer, u.)

im dunklen Wald –

Einblicke in das geheimnisvolle von Orchideen



Exemplar (rechts) des
(Foto: M.-A. Selosse)

häufigkeit von der Mehrheit der Pflanzen. Chlorophyllfreie und damit mykoheterotrophe Orchideen, wie beispielsweise die in unseren Wäldern häufig anzutreffende Vogel-Nestwurz, besitzen Isotopenhäufigkeiten, die sie von grünen Begleitpflanzen grundlegend unterscheiden, die aber gleichzeitig den sie ernährenden Pilzen ähnlich sind.

Scheinbar autotrophe Waldorchideen, wie etwa Vertreter aus den Gattungen

Waldvögelein und Stendelwurz, weisen Isotopenhäufigkeiten auf, die eine auffällige Zwischenposition zwischen Nicht-Orchideen einerseits und offensichtlich mykoheterotrophen Orchideen andererseits einnehmen. Je lichtlimitierter der Standort dieser scheinbar autotrophen Orchideen ist, umso mehr nähert sich ihr Isotopenwert den mykoheterotrophen Orchideen an.



Das Rote Waldvögelein
(Foto: Gerhard Gebauer)

Es liegt nahe, aus den Isotopendaten zu folgern, dass viele unserer einheimischen Waldorchideen ein für Pflanzen bisher unbekanntes Ernährungsverhalten besitzen. Je nach Lebensbedingung können sie offenbar zwischen Photosynthese (autotrophe Ernährung) und Pilzverdauung (mykoheterotrophe Ernährung) wechseln. Abschätzungen aus den Isotopendaten deuten darauf hin, dass der Beitrag aus der mykoheterotrophen Ernährung bis zu 85% erreichen kann.

Die Interpretation der Isotopendaten wird durch zwei weitere Beobachtungen bestätigt:

- (1) Molekulargenetische Untersuchungen belegen, dass der Übergang von autotropher zu fakultativ mykoheterotropher Ernährung mit einem Tausch des Pilzpartners im Wurzelraum der Orchideen einhergeht. Wahlweise

oder obligat mykoheterotrophe Orchideen besitzen als Partner Pilzarten, die bekanntermaßen mit Bäumen eine Ektomykorrhiza eingehen. Es entsteht somit ein Stofffluss vom Baum über den Pilz zur Orchidee.

- (2) Vereinzelt lassen sich in Wäldern weißblättrige Varietäten von eigentlich grünblättrigen Orchideenarten finden. Diese Albino-Varietäten unterscheiden sich in ihrem Wachstum nicht von grünblättrigen Individuen und besitzen Isotopenhäufigkeiten, die sie einer vollständig mykoheterotrophen Ernährung überführen. Albino-Varietäten des Weißen Waldvögeleins wurden im letzten Sommer auch im Umland von Bayreuth gefunden. ■

Die Vogel-Nestwurz – eine chlorophyllfreie, mykoheterotrophe Orchidee der europäischen Wälder (Foto: Gerhard Gebauer)



Die Fliegen-Ragwurz - eine Orchidee lichter Kiefernwälder. Diese Art nutzt aufgrund der für die eigene Photosynthese günstigeren Lichtverhältnisse ihres Standorts vorwiegend Stickstoff aus der fakultativ mykoheterotrophen Ernährung (Foto: Gerhard Gebauer)

