

Bericht über das Leopoldina-Symposium

Growth and Defence in Plants: Resource Allocation at Multiple Scales

4. – 6. Juli 2011 in Freising

Organisatoren:

Rainer Matyssek¹, Ulrich Lüttge² Heinz Rennenberg³

¹ Ecophysiology of Plants, Technische Universität München, D-85354 Freising, Germany

² Institut für Botanik, Technische Universität Darmstadt, Schnittspahnstrasse 3-5, D-64 278 Darmstadt, Germany

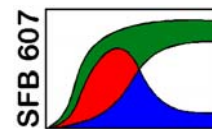
³ Professur für Baumphysiologie, Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie, Universität Freiburg, Georges-Köhler-Allee 53, D-79110 Freiburg, Germany

Logo des Sonderforschungsbereichs SFB 607 „Wachstum und Parasitenabwehr – Wettbewerb um Ressourcen in Nutzpflanzen aus Land- und Forstwirtschaft“, der kürzlich erfolgreich abgeschlossen nach 12-jähriger Laufzeit (1998 – 2010) als konzeptioneller Ausgangspunkt des Leopoldina-Symposiums fungierte und in seinem Rationale auf der *Growth-Differentiation-Balance Theory* basierte (Herms & Mattson 1992; s. Text). Die drei Funktionslinien symbolisieren entsprechend der konzeptionellen Erweiterung durch Matyssek et al. (2005) die pflanzliche Reaktion (Y-Achse des Logos) in Abhängigkeit von der Ressourcenverfügbarkeit (X-Achse des Logos). Hierbei stellen die oberste Funktionslinie die Brutto-Primärproduktivität und sowie die beiden anderen den *Trade-off* zwischen wachstums- und abwehrbezogener Stoffwechselaktivität dar (letztere nach der Theorie bei hoher Ressourcenverfügbarkeit erstere übertreffend – und *vice versa* bei niedriger Verfügbarkeit).

Rationale und Ausgangspunkt des Symposiums

Das internationale Leopoldina-Symposium mit Unterstützung durch die Deutsche Botanische Gesellschaft fand im Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München in Freising statt. Den thematischen Schwerpunkt bildete der „Konflikt“ in Pflanzen, unterschiedliche ökophysiologische Anforderungen und Funktionen während des Prozesses der Ressourcenallokation auszubalancieren. Besonderes Interesse lag vor allem auf dem *Trade-off* im Sinne der *Growth-Differentiation-Balance Theory* (Herms & Mattson 1992; Matyssek et al. 2005) zwischen dem Bedarf an Wachstum und der Streßabwehr zusammen mit den Kosten-/Nutzenverhältnissen des begleitenden Ressourcenumsatzes. Die Theorie postuliert Stimulierung des Wachstums bei steigender Ressourcenverfügbarkeit und Primärproduktion zulasten der Abwehrbereitschaft, wogegen sich bei Ressourcenlimitierung der *Trade-off* zugunsten der Abwehr – aufkosten des Wachstums – umkehren soll. Wachstum stellt hierbei die Voraussetzung für die Pflanze dar, hinsichtlich Ressourcenaufnahme konkurrenzfähig zu bleiben, und Abwehr, die inkorporierten Ressourcen dauerhaft einzubehalten. Auf diese Weise bilden die letzteren beiden Funktionen gemeinsam die Grundlage individueller pflanzlicher Fitneß. Die Regulation des *Trade-offs* erfordert von der Pflanze, die Ressourcenflüsse im Kontext interner Anforderungen und externer Verfügbarkeiten zu optimieren. Das mechanistische Verständnis dieser Regulation markiert gegenwärtig eine Frontlinie pflanzenwissenschaftlicher Forschung mit der Herausforderung, die funktionellen Grundlagen pflanzlicher Persistenz am Feldstandort an den Schnittstellen molekularer, ökophysiologischer und ökosystemarer Prozesse zu integrieren.

Eine solche integrierte Sichtweise erfordert räumlich-zeitliche Prozeßskalierung, in Anerkennung der intensiven Ressourceninteraktion im Spannungsfeld der Pflanze mit ihrer abiotischen and biotischen Umwelt (hier vor allem Konkurrenten, Pathogene, Konsumenten und Organismen der Mykorrhizosphäre). Die biotischen Interaktionen erweisen sich hierbei als Determinanten im „Konflikt“ der Pflanze zwischen Wachstum und Abwehr und der zu leistenden Regulation der Ressourcenallokation. Dieser Sachverhalt gilt gleichermaßen für krautige Pflanzen und Holzpflanzen, Wildformen und Nutzpflanzen, unabhängig von deren ontogenetischem Stadium, Lebensspanne, struktureller Dimension und Habitat. Sind in einem solchen Kontext Pflanzen in einem „Dilemma“ während des Prozesses der Ressourcenallokation gefangen? In welchem Ausmaß ermöglicht funktionelle Plastizität der Pflanze, einem solches Dilemma zu durchbrechen oder dieses wenigstens



zu mindern? Dies waren zentrale Fragestellungen, die sich während des gesamten Symposiums durch Vortragspräsentationen und Diskussionsbeiträge zogen.

Das Symposium markierte den Schlußpunkt eines 12-jährigen (1998 – 2010), interdisziplinären Forschungsprogramms, das durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) als Sonderforschungsbereich“ SFB 607 mit dem Titel „Wachstum und Parasitenabwehr – Wettbewerb um Ressourcen in Nutzpflanzen aus Land- und Forstwirtschaft“ gefördert wurde (siehe auch Text zum Logo des SFB). Aktiv von 1998 bis 2010 wurde der SFB 607 von bis zu 20 Forschungsteams aus dem Forschungsraum München mit Expertise zur pflanzlichen Biologie (Molekulargenetik, Biochemie, Physiologie), Forst- und Agrarwissenschaften, Physik sowie Biomathematik und Modellierungstheorie getragen. Die Teams gehörten den drei großen Forschungsinstitutionen Technische Universität München (mit R.M. als Sprecher des SFB), Helmholtz-Zentrum München und Ludwig-Maximilians Universität München an. Eine integrierende Zusammenschau der Ergebnisse des SFB 607 im internationalen wissenschaftlichen Kontext befindet sich derzeit als Review-Band der Buchreihe *Ecological Studies* (Springer) mit gleichem Titel wie für das Leopoldina-Symposium im Druck (Matyssek et al. 2012a).

Mit 12 lokalen Referenten aus den Reihen des SFB 607 und 13 eingeladenen externen Keynotern hatte das Symposium die Aufgabe, den heutigen Kenntnisstand zur Thematik (gespeist durch den SFB 607) in künftige Forschungsfragen zu projizieren, d.h. den Forschungshorizont zu erweitern. Die Mehrzahl der lokalen Referenten waren hierbei Nachwuchswissenschaftler, die im Rahmen des SFB 607 ihre wissenschaftliche Laufbahn im Bereich der aktiven Forschung begonnen hatten. Hinsichtlich der Aufgabe des Symposiums ist die erlebte Interaktion mit den internationalen Referenten im Rahmen der Präsentationen, Diskussionen und persönlichen Gespräche als außerordentlich gewinnbringend zu werten.

Ergebnisse und Perspektiven des Symposiums

Die skizzierte Thematik bildete zunächst den Ausgangspunkt für die Prüfung, inwieweit heute verfügbare empirische Erkenntnisse und Theorien zur pflanzlichen Ressourcenallokation sich auf gesicherte mechanistische und ökologisch relevante Grundlagen stützen können. Es wurde herausgearbeitet, daß Pflanzen in der Tat Möglichkeiten besitzen, das skizzierte Dilemma zu mindern oder zu durchbrechen, etwa durch beschleunigtes Wachstum (sofern es die Ressourcenverfügbarkeit zuläßt) zur Kompensation von Organverlust oder geringe Abwehrleistung bei hoher Organ-Abundanz und damit geringer Organ-Wertigkeit. Ein erstaunlich hoher Grad der Plastizität pflanzlicher Reaktionsmöglichkeiten wurde in einer ganzen Reihe von Beiträgen deutlich. Insbesondere kann Abwehr neue Kohlenstoff-Sinks induzieren, die sodann die Photosyntheseleistung erhöhen und auf diese Weise den *Trade-off* mindern oder umgehen. Unabhängig von ihrer Ausprägung sind Ressourcen-*Trade-offs* räumlich-zeitliche Skalen umspannende Phänomene und Teil hierarchischer ursache-wirkungsbezogener Netzwerke. Durch das Abdecken der verschiedenen Ebenen in dem Symposium war zum ersten Mal klar zu erkennen, dass die Reaktionen der *Trade-offs* nicht Skalen-invariant sind. *Trade-offs* manifestieren sich nicht konsistent über benachbarte Skalen hinweg. Inkonsistenzen sind insbesondere an der funktionellen Verknüpfung zwischen der molekularen Ebene der Genregulation (*metabolic control*) und der biochemisch-physiologischen Prozeßebene (*metabolic activity*) zu erkennen. Mit wachsender Integration hierarchischer Ebenen gewinnt der Aspekt der Emergenz ein ganz neues Gewicht, und die Skalenabhängigkeit der *Trade-offs* muss bei zukünftiger Theoriebildung und Konzeption von experimentellen Ansätzen zur Ressourcenallokation berücksichtigt werden.

Ursache-wirkungsbezogene Prozeßinteraktionen zwischen den strukturell und funktionell definierten pflanzlichen und ökosystemaren Organisationsebenen wurden als Voraussetzung für übergreifende raum-zeitliche Mustererkennung von Ressourcenumsatz und Ressourcenverteilung erkannt. Von dieser Voraussetzung ausgehend näherte sich das Symposium in seinen Präsentationen und

Diskussionen einem neu definierten und über die molekulare Ebene hinausgehenden Verständnis der „Systembiologie“, die Pflanze in ihrer strukturellen und physiologischen Gesamtheit als Ökosystemkomponente integrierend. Dies war nur dadurch möglich, dass das Symposium Redner aus empirisch/analytisch, mathematisch/theoretisch und modellierend/simulierend arbeitenden Gruppen in jeweils einzelnen Sessions nebeneinander gestellt hat und dadurch mit einem bewussten Ansatz zu provoziertem Gedankenaustausch über die Fachgrenzen hinweg zu enger Wechselwirkung in den Diskussionen führen konnte. Der dadurch erarbeitete für künftige Forschung zur Thematik richtungsweisende Anspruch erfordert die Analyse multi-organismischer Genotypen- und Artennetzwerke hinsichtlich ihrer durch Ressourcenflüsse und einhergehende Signalkommunikation vermittelten Interaktionen. Methodologisch bedarf dies der Integration von Wissenschaftstheorie, Experiment, Biomathematik und Modellierung. Als eine zentrale Frage stellte sich, inwieweit Systeme innerhalb verschiedener räumlich-zeitlicher Skalen konsistente Interaktionsmuster zwischen Substrat-, Energie- und Informationsflüssen aufweisen. Existiert eine Befähigung zur Selbst-Organisation? Auf welche Weise wäre der evolutionäre Vorteil faßbar?

Diese Folgerungen und Fragen sind als ein Hauptergebnis des Symposiums mit Blick auf künftige Forschung zu werten. Es bestand Konsens, daß auf dem Wege systembiologisch integrativer, prozeßbezogener Forschungskonzepte ein skalenübergreifend mechanistisches Verständnis der Variabilität pflanzlichen Reaktionsverhaltens und somit ökologisch relevanter Fitneß erzielbar ist.

Die konzeptionelle Struktur des Symposiums entsprechend der dargestellten Differenzierung und Weiterentwicklung der Thematik spiegelt sich in den Inhalten der vier abgehaltenen Sessions wider:

- I. *The Objects: Hosts, Pathogens and Symbionts*
- II. *The Processes: Competition versus Facilitation*
- III. *The Scales: Spatio-Temporal Pattern Formation*
- IV. *The Systems: Holobionts and Hierarchy Theory*

Ein im Druck befindlicher Band der Nova Acta Leopoldina enthält zudem die schriftlichen Abfassungen der gehaltenen Vorträge und Synthese-Referate zu den vier Sessions (Matyssek et al. 2012b).

Angesprochene Publikationen

- HERMS, D.A. & MATTSON, W.J.: The dilemma of plants: to grow or defend. *The Quarterly Review of Biology* 67: 283-335 (1992)
- MATYSSEK, R., AGERER, R., ERNST, D., MUNCH, J.-C., OSSWALD, W., PRETZSCH, H., PRIESACK, E., SCHNYDER, H. & TREUTTER, D.: The plant's capacity in regulating resource demand. *Plant Biology* 7: 560-580 (2005)
- MATYSSEK, R., SCHNYDER, H., ERNST, D., MUNCH, J.-C., OSSWALD, W. & PRETZSCH, H. (eds) *Growth and Defence in Plants: Resource Allocation at Multiple Scales*. Ecological Studies, Springer, submitted (2012a)
- MATYSSEK R., LÜTTGE U. & RENNENBERG H. (eds.) *Growth and Defence in Plants: Resource Allocation at Multiple Scales*. Nova Acta Leopoldina, submitted (2012b)

Im Oktober 2011, Rainer Matyssek (Freising), Ulrich Lüttge (Darmstadt) & Heinz Rennenberg (Freiburg)