

Link

www.sfb607.de



Unternehmen Baum

**Kann ein Baum planen?
Hat ein Baum ein Gedächtnis?
Fühlt ein Baum?
Denkt er für die Zukunft?**

Bäume faszinieren nicht nur romantische Gemüter. Der Biologe verwirft solche Überlegungen – doch die Fragen, die der Wissenschaftler an den Baum stellt, sind umso spannender.



Im Kranzberger Forst bei Freising steht dem Sonderforschungsbereich 607 eine einzigartige Versuchsfläche zur Verfügung. Mitten im Wald wird an einem Mischbestand rund 60-jähriger Fichten und Buchen das Konkurrenzverhalten der Bäume untersucht







In den Baumgipfeln wurde die neue CO₂-Begasungsanlage installiert.



Freigelegtes Grobwurzelgeflecht von Buche und Fichte in einer Tiefe von etwa 5-20 cm. Die Wurzeln wurden mit Hilfe der neuen Technik „Air-spade“ freigeblasen



Experimentell erzeugte Lücke im Bestand. Ein Baum wurde hierfür entfernt. Nun wird beobachtet, wie die Lücke von den noch stehenden Nachbarbäumen geschlossen wird



Die klimatisierte Messkuvette dient zur Messung der Photosynthese der Pflanzen, hier an Buchenblättern



Die Gastwissenschaftlerinnen Prof. Dr. Nancy Grulke (USA) und Prof. Dr. Elena Paoletti (Italien) führen Messungen zur Empfindlichkeit von Buchenblättern auf Ozon durch

Ozon verursacht Interkostalnekrosen an Blättern von besonders empfindlichen Buchen-Individuen (Absterben des Gewebes durch plötzlichen Zelltod in Mikroaderbezirken des Blattes)

Wäre der Baum ein Mensch, könnte ihn ein Mediziner auf einen Untersuchungstisch legen, mit Messleitungen verkabeln und an Sensoren anschließen, um herauszufinden, wie er funktioniert. Doch der Baum ist kein Mensch, sondern ein Riese der Natur. Und für ihn ist nicht die Medizin oder die Psychologie, sondern die Forstwissenschaft zuständig: „Natürlich passt ein Baum nicht unter ein Mikroskop“, sagt Rainer Matyssek, Professor für Ökophysiologie der Pflanzen an der forstwissenschaftlichen Fakultät der TU München auf dem Campus in Weihenstephan/Freising. Deshalb rückt die Wissenschaft dem Baum eben im Wald zu Leibe. Da, wo er immer schon steht. Wo der Proband auch nicht weglaufen kann.

Zum Beispiel im Kranzberger Forst, einige Kilometer entfernt von Weihenstephan. Der Forst ist mit dem Fahrrad gut zu erreichen, über ein paar Hügel, durch reife Weizenfelder und auf einem Feldweg hinein in den Wald. 60 Jahre alte Buchen und Fichten wachsen hier, es rauscht in den Kronen. Ihr Blätterdach spendet an diesem Sommertag den ersehnten Schatten. Mächtig ragen hier etwa 30 Meter hohe Riesen in den Himmel, flüstern von vergangenen Zeiten: als Bäume für den Menschen wie Wesen aus Urzeiten waren, Schutz boten und zu heiligen Orten wurden. Als Bäume dem Menschen der Romantik wie verwandte Seelen schienen – von Stürmen gebeutelt und zum Licht hinstrebend. Der Baum gehört zu jenen Pflanzen, die über ein Menschenalter hinauswachsen. Die Faszination war immer schon groß.

Hightech trifft auf Erde, Holz und Laub

Doch wer sich dem Versuchsgelände im Kranzberger Forst nähert, merkt schnell: Hier wird kein Baum umarmt und nicht dem Raunen der Blätter gelauscht. Hier wird geforscht: Da der Baum an seinem Standort fest verwurzelt ist, kommt das Labor eben zum Baum. So wurde vor neun Jahren ein halber Hektar Mischwald mit Maschendraht umzäunt. Und wer heute durch die Eingangstür mitten im Wald das Versuchsgelände betritt, befindet sich in einer anderen Welt: Hier trifft Forschungs-Hightech auf Erde, Holz und Laub. Ein Brettersteig führt über den Waldboden, an Kabelbündeln und Schläuchen ▶



Foto: TUM

Thomas Feuerbach setzt mehrere Buchenblätter in die klimatisierte Messküvette ein

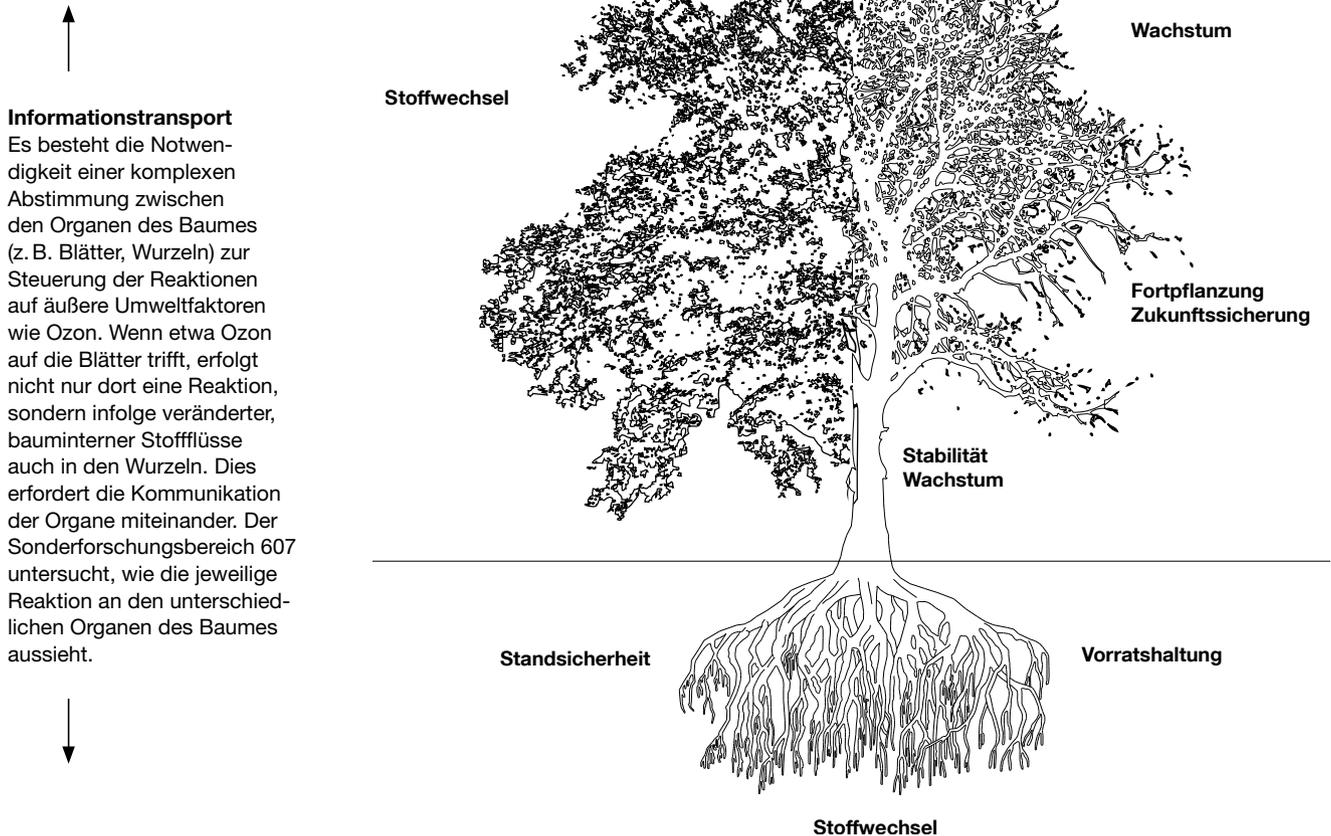
entlang. Zwischen den Fichten steht eine Holzhütte, ein laut brummender ehemaliger Straßenbau-Wagen und weiter hinten ein ausgedienter Camping-Wohnwagen, den ein Dutzend Bündel aus Messleitungen fast völlig bedecken. Aus einem grünen mobilen Feldlabor surrt es wie aus einem Rechenzentrum. Überall lehnen Geräte und Leitern zwischen den Zweigen, aus den Blätterkronen hängen über hundert Schläuche. Der Weg führt vorbei an mit rot-weißem Baustellenband umzäunten Bodenquadraten, in denen Messgeräte stecken, und um Erdaushebungen herum, aus denen Messleitungen führen, die mit anderen zusammengebracht schließlich unterm Laub verschwinden.

Was auf den ersten Blick aussieht wie das Labor aus einer Science-Fiction-Welt, wie man es aus 007-Agentenfilmen kennt, ist in Wirklichkeit eine der Versuchsflächen eines umfangreichen Sonderforschungsbereichs, der sich insgesamt zwölf Jahre der Untersuchung von landwirtschaftlichen und forstlichen Nutzpflanzen widmet: Seit 1998 arbeiten in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereich 607 die Technische Universität München zusammen mit der Ludwig-Maximilians-Universität München und der GSF an diesem interdisziplinären Projekt. Arbeitsgruppen aus den Forst- und Agrarwissenschaften wie

Bodenökologen und Waldwachstumskundler und Wissenschaftler aus der biologischen Grundlagenforschung wie Molekularbiologen, Biochemiker oder Ökophysiologen forschen zusammen mit Kollegen aus der Physik, Informatik und Biomathematik.

Ein Forschungskonzept, weltweit einzigartig

Dabei ist der Kranzberger Forst Teil eines weltweit einzigartigen Forschungskonzeptes, in dem es darüber hinaus auch um Obstbäume, Ackerfrüchte, Getreide und Wiesenpflanzen geht. Von der Genregulation und biochemischen Prozessen, quasi im innersten Steuerungszentrum der Pflanze bis zu ihrem Zusammenleben mit Parasiten, Wurzelpilzen und Nachbarpflanzen, quasi im äußeren Raum des Pflanzenbestandes, reicht der Blick der Wissenschaftler des SFB 607. Die neun Jahre lange Phase der Experimente und Datensammlung ist nun gerade vollendet. Im Juli hat die Phase der Integration der Forschungsergebnisse sowie die Überprüfung und Neuentwicklung wissenschaftlicher Theorien begonnen. Mathematische Modellierungen, deren Konzepte ebenfalls im Sonderforschungsbereich erarbeitet wurden, begleiten das Projekt. In drei Jahren werden die Integration der unterschiedlichen Forschungsergebnisse und damit der Sonderforschungsbereich beendet sein. Eines der zentralen Themen der Wissenschaftler



Grafik: ecludssepp

in diesem Projekt ist die Frage nach den Mechanismen der Ressourcenverteilung: Wie effizient gestaltet die Pflanze solche Mechanismen? Wie steuert die Pflanze die Verteilung ihrer Ressourcen dorthin, wo es nötig ist: auf Wachstum, Konkurrenzverhalten gegenüber Nachbarpflanzen und Schädlingsabwehr? Und welchem Aufwand-Nutzen-Verhältnis folgt diese Steuerung?

Denn eines ist klar: Auch im Wald herrscht Darwins Prinzip des „survival of the fittest“. Aber was bedeutet hier Fitness? Fit ist nicht unbedingt der höchste und dickste Baum, sondern jener, der am effizientesten seine Ressourcen zwischen seinen physiologischen Bedürfnissen verteilt. Ähnlich einem Wirtschaftsunternehmen muss ein Baum bei der Verteilung seiner mehr oder weniger begrenzten Ressourcen nachhaltig wirtschaften. Setzt er sie für Wachstum ein, erhält er über der Erde mehr Raum und Licht gegenüber dem konkurrierenden Nachbarbaum und unter der Erde mehr Wurzelraum, um an Wasser und Nährelemente zu kommen. Setzt er die Ressourcen aber in der Abwehr von Schädlingen ein oder investiert er in die Interaktion mit der Pilzwelt an seinen Wurzeln? Dann muss er vom Wachstum Ressourcen abziehen: „No lunch for free“ – so heißt es in der Wirtschaft. Kosten-Nutzen-Bilanzierungen spielen also auch für den Baum eine zentrale Rolle. Die Frage lautet also:

Für welche Strategie entscheidet er sich? Und dann ist da auch noch die Notwendigkeit, Reservestoffe zu bilden und an die Nachkommen zu denken. Also denkt ein Baum? „Nein. Er betreibt Informationsverarbeitung“, sagt Professor Matyssek. Und schon sind wir wieder im Waldlabor. Da, wo er mit seinen Mitarbeitern dieser Informationsverarbeitung auf der Spur ist. Der Baum steht hier im Kranzberger Forst unter totaler Beobachtung, ganz und gar, von der Wurzel über den Stamm bis zur Blätterkrone.

Forschung von der Wurzel bis zur Krone

Sensoren sind im Stamm implantiert, die den Wasserstrom messen. Elektrische Maßbänder spannen sich um den Baum, um sein Wachstum zu verfolgen. Plexiglasbehälter mit Andockstellen für Vakuumspritzen zur Gasentnahme sind an die Rinde angeflanscht, um Daten über die Atmung des Baumes zu sammeln. Sogenannte Wurzelkäfige messen das Wachstum unter der Erde. Ein ganzes Bündel von Messleitungen vom Stamm und aus der Erde trägt im Minutentakt Informationen und Daten zu jenem surrenden grünen Wagen, in dem das Rechenzentrum des Waldlabors untergebracht ist. Und die Baumkrone? Die Blätter?

Um auch an diese Stellen des Baumkörpers zu gelangen, haben die Forstwissenschaftler der TU Mün- ▶

SFB 607: Seine Bedeutung für die angewandte Forschung und Praxis

Nach neun Jahren der Methodenentwicklung und experimentellen Analysen in 20 Teilprojekten geht der Sonderforschungsbereich 607 in die vierte und letzte Phase. Jetzt folgt die übergreifende Datenintegration, Modellierung und Szenariosimulation. Ziel der Wissenschaftler ist es, die Empfindlichkeit von Nutzpflanzen gegenüber Umwelteinflüssen gesichert beurteilen zu können. Daraus ergeben sich wichtige Hinweise für die land- und forstwirtschaftliche Praxis. Beispielsweise über die Produktivität von Buche und Fichte, inwiefern bei Steigerung der Abwehrkraft eine Minderung der Ertragsleistung zu erwarten ist und welche Effekte Ozon und CO₂, die verfügbare Menge von Licht und Stickstoff sowie Pilzbefall bei verschiedenen Pflanzenarten auslösen. Es werden nämlich nicht nur Waldbäume, sondern auf weiteren Versuchsflächen auch agrarische Nutzpflanzen untersucht.

Potenzielle Zielkonflikte zwischen Wachstum (Ertragspotenzial) und Abwehr (Krankheitsresistenz) sind für die Züchtungsforschung von erstrangigem Interesse. Die Wissenschaftler stützen sich bei ihren Analysen auf die umfangreiche SFB-

Datenbank, die in der Experimentierphase angelegt und von den Teilprojekten mit Daten gefüllt wurde. Die Datenbank wird auch nach dem Abschluss der Phase IV und damit dem Ende des Sonderforschungsbereiches fortbestehen und Dritten zur Nutzung offenstehen.

Dabei wird es in der abschließenden Phase möglich sein, übergeordnete Leitfragen zu klären, die die Ergebnisse verschiedener Teilprojekte zusammenführen. Mit Hilfe von Computersimulationen können in der Agrar- und Forstwirtschaft Langzeitwirkungen hinsichtlich Ertrag, Nährstoffbilanz oder Bestandesstabilität prognostiziert werden. Für die Forstwirtschaft sind aus dem SFB 607 die Waldwachstumssimulatoren PLATHO und BALANCE hervorgegangen. Zusammen mit dem erweiterten SILVA-Modell lässt sich die Entwicklung von Waldbeständen für unterschiedliche Rahmenbedingungen über einen längeren Zeitraum prognostizieren. Mit SILVA kann die Forstwirtschaft auf ein modernes und flexibles Planungsinstrument zurückgreifen. Das System wird erfolgreich in der Praxis angewendet.

chen ein Gerüst aufgebaut, das in seiner Größe und Funktion einzigartig ist: Vier 27 Meter hohe Gerüsttürme, die durch Plattformen miteinander verbunden sind, geben Einblick in die Kronen der 30 Meter hohen Fichten und Buchen. In den letzten Jahren musste ein neues Stockwerk aufgesetzt werden, schließlich wachsen die Bäume, Waldlabor hin oder her. Auf den fünf Stockwerken können die Mitarbeiter zum Beispiel die Photosynthese messen und quasi online mitverfolgen, wie deren Produkte schließlich bis in den Wurzelraum transportiert werden. Überall sind Leitungen und Geräte angebracht. Mit einem Zugentlastungssystem ist eine Klimakammer für etwa fünf Liter Luft um einen Zweig so angebracht, dass der Ast nicht merkt, dass er in einem Kasten sitzt. Andere Messgeräte erfassen das Bestands-Mikroklima.

4,5 Kilometer Schlauch befördern das Ozon

Die Ingenieure und Forstwissenschaftler mit Erfindertalent standen in der Anfangszeit des Sonderforschungsbereiches 607 vor großen Herausforderungen. Eine ihrer Lösungen ist an dem Gerüst zu bewundern: eine Ozon-Begasungsanlage mit insgesamt 4,5 Kilometer Schläuchen, die etwa 2.000 Kubikmeter Luftraum, der Bäume kontinuierlich mit Ozon anreichert. Hergestellt wird der Störstoff eigens mit einer Art Ozonfabrik. Die aufwendige Anlage und ein großer Tank sind in einem Feldlabor, jenem brummenden orangefarbenen Wagen untergebracht. 150 fein perforierte Schläuche hängen von Antennen ähnelnden Stangen und Stahlseilen, die

die obersten Plattformen überspannen, 30 Meter lang zwischen den Bäumen herab. Über kleinste Löcher entlassen sie erhöhte Ozonkonzentrationen in die Baumkronen. „Ein Jahr lang haben die Kollegen an diesem Begasungssystem getüftelt“, berichtet Matyssek. Die erhöhte Ozonkonzentration ist am Geruch erkennbar. Dennoch, das betont Matyssek, hinterlässt das Experimentieren mit Ozon gesichert keine Rückstände in der Umwelt wie andere Schadstoffe – schließlich ist Ozon eine instabile Variante des Luftsauerstoffs. Die Reaktion des Baumes auf diese Störsubstanz aber gibt Auskunft über die Empfindlichkeit der Stoffwechselregulation und deren Mechanismen. Bäume in unveränderter Luft außerhalb der Anlage dienen als Kontrolle. Auch diese Begasungsanlage ist weltweit einzigartig. Wertvolle Erkenntnisse nicht nur für die Forstwissenschaft im Zusammenhang mit „global change“ werden dadurch ermöglicht. Zu Hochzeiten der Versuchsphasen waren insgesamt mehr als 20 Arbeitsgruppen beteiligt.

Für die Mitarbeiter ist das Waldlabor nicht nur aus wissenschaftlichen Gründen spannend. Wer in solch luftigen Höhen stundenlang auf dem Gerüst steht oder, mit Klettergurten versehen, noch näher an den Bäumen arbeitet, muss wirklich schwindelfrei sein. Das Gerüst schwankt, ein schwacher Wind weht hier oben. Doch der Schein trügt. Es sind die Bäume, die mehrere Dezimeter hin und her ausschlagen. Gegen Zusammenstöße mit dem Gerüst sind sie durch dicke Schaumstoffpols-



Foto: TUM

In rund 25 Meter Höhe hängen die Schläuche der Begasungsanlage. In der Versuchsstation im Kranzberger Forst werden Untersuchungen mit Ozon und CO₂ durchgeführt

ter geschützt. Das Gerüst selbst ist so stabil im Boden verankert, dass selbst die Stürme „Kyrill“ und „Lothar“, Schnee und Gewitter ihm in den letzten neun Jahren nichts anhaben konnten. Etwas Glück kam den Forschern auch zugute: „Ein Blitz in die Anlage und alles wäre umsonst gewesen!“ Für Matyssek ist dieses Forschungsprojekt ein Lebenswerk.

Zum Abschluss des Besuches im Kranzberger Forst geht es noch höher hinauf. Mit Hilfe eines Krans fahren wir in einer offenen Gondel am Seil geschwind nach oben. Der Kran mit einem Aktionsradius von 50 Metern wurde von Magdeburg vor sechs Jahren mit großem Aufwand in den Kranzberger Forst gebracht, der Weg durch den Wald musste extra befestigt werden. Von hier, 45 Meter über dem Waldboden, lassen sich die Bäume auch noch von oben beobachten. Die Kronen der untersuchten Fichten und Buchen schließen an die anderen Bäume des Forstes an, nur die Spitzen des Gerüsts ragen heraus. Die Perspektive ist auch für die Forscher immer mal wieder in jedem Sinne gut: Sieht man einmal vor lauter Bäumen den Wald nicht mehr – hier oben gewinnt man eine Übersicht. Der Blick kann über den Wald, über die Felder und Hügel bis nach Weihenstephan schweifen. Dort, wo in den kommenden drei Jahren die Forscher der Technischen Universität München anhand von Millionen von Daten zu erklären versuchen, wie das „Unternehmen Baum“ funktioniert.

Kathrin Kommerell

Stoffwechselfunktion des Blattes

Für den Stoffwechsel der Bäume haben Blätter und Nadeln große Bedeutung: In ihnen findet die Photosynthese zum Aufbau der Biomasse statt. In den Chloroplasten des Blattes befindet sich grüner Farbstoff, das Chlorophyll, das als „Energieumwandler“ mit Hilfe der auf das Blatt einwirkenden Sonnenenergie werden Kohlenhydrate – unter Freisetzung von Sauerstoff – aus Kohlendioxid aufgebaut.

Durch Spaltöffnungen an den Unterseiten nehmen die Blätter Kohlendioxid aus der Luft auf. Aus den gebildeten Kohlenhydraten entsteht Baustoff für den Biomassezuwachs der Pflanze, aber auch Reservestoffe (z.B. Stärke) werden abgezweigt und ein großer Teil wird „veratmet“, um mit der freigesetzten Atmungsenergie den Stoffwechsel aufrecht zu erhalten.

Grafik: edlundsepp