

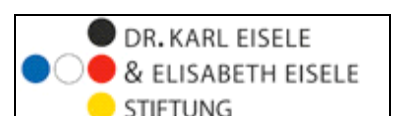


Wasserbewegung zwischen Boden, Pflanze & Atmosphäre

Nicht-invasive Messmethoden im Test

von Nele Sutterer

Vorgelegt bei der Eisele Stiftung, Fellbach
Januar 2009



ALLGEMEINE ANGABEN	3
FORSCHUNG AM CIRAD	4
DURCHFÜHRUNG	6
<i>LA MISSION ET LES MANIPS</i>	
KULINARISCHES & KOMMUNIKATION	8
<i>LA CANTINE ET LE CAFÉ</i>	
FAZIT	9

Nele Sutterer
Ludwig-Hofer Straße 5
70 192 Stuttgart

Vorhaben:

Praktikum bei der, in Montpellier ansässigen, Forschungseinrichtung CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) im Rahmen meines Studiums im Fach Bodenwissenschaften an der Universität Hohenheim.

Dauer:

23.10.2008 - 15.2.2009



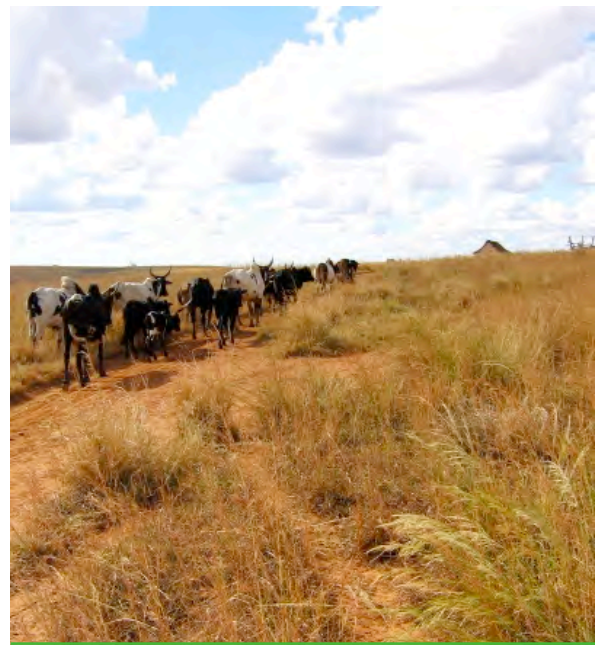
Aktuelle Forschung am CIRAD

Das CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) beschäftigt sich in besonderem Maße mit Forschung im Bereich tropischer und subtropischer Landwirtschaft. Im Gegensatz zu der großflächig mechanisierten Produktionsweise Mitteleuropas ist in diesen Regionen kleinbäuerliche Landwirtschaft Erwerbsquelle für die meisten Menschen im ländlichen Raum.

Die Ertragshöhe wird jedoch weltweit von den gleichen Faktoren bestimmt. Ein Hauptgrund für niedrige Erträge in wärmeren Gebieten der Erde ist die mangelnde Verfügbarkeit von Wasser. Im Zuge des Klimawandels wird sich dieses Problem noch verstärken. Deshalb rückt die Frage, wie viel Wasser eine Pflanze zur Erzeugung ihres Ertrags benötigt, in den Brennpunkt des Interesses.

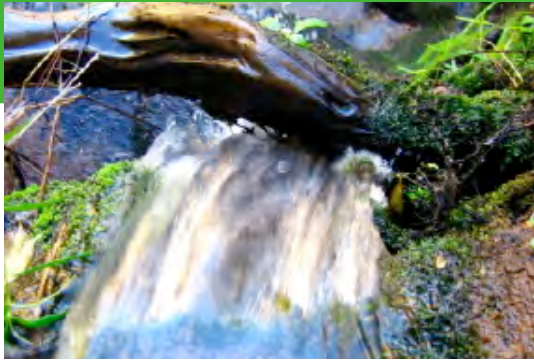
Vor diesem Hintergrund werden derzeit bei CIRAD großangelegte Versuchsreihen durchgeführt: Man setzt verschiedene Genotypen einer Pflanzenart zunehmendem Wasserstress aus. So werden Steckbriefe für die einzelnen Sorten erstellt, die deren Anpassungsstrategien an verminderte Wasserverfügbarkeit darstellen. Dies geschieht mit einem möglichst breiten Spektrum von Varietäten. Mithilfe unterschiedlicher Messmethoden (z.B. Porometrie, Biomasse Zuwachsraten, Stressindikationen wie Blattrollen, Verfärbungen) dokumentiert man die Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an Trockenheit und kann so Wassernutzungsstrategien nachvollziehen.

Je nachdem, welcher biologischen Nische und welchem Ökosystem die Pflanze angepasst ist, entspricht ihre Vorgehensweise bei einsetzender Trockenheit. So werden Pflanzen, die an wechselfeuchte Bedingungen und regelmäßige kurze Trockenperioden angepasst sind, ihr Wachstum und ihre Transpiration eher fortführen, während andere ihren Stoffwechsel einschränken und auf Mangel sofort mit „Sparsamkeit“ reagieren.



Trockenzeit im madagassischen Hochland. Die Gräser ziehen alle Energiereserven in ihre unterirdischen Bestandteile zurück.

Das Genotypen-Screening, sogenanntes „Phenotyping“, soll Pflanzen, die bestimmte Gene enthalten, selektieren. Eine daran anschließende molekularbiologische Beprobung dient der Identifizierung von Genen, die eine erhöhte Wassernutzungseffizienz ermöglicht.



Konkrete Projekte

Wasser, das dem Boden durch Niederschläge oder Bewässerung zugeführt wird, kann diesen auf unterschiedlichen Wegen wieder verlassen: Es kann perkolieren oder lateral abfließen, sprich unterirdisch „entrinnen“, oder oberirdisch verdunsten. Geschieht dies direkt von der Bodenoberfläche aus, spricht man von Evaporation, während Transpiration das Entweichen von Wasserdampf aus pflanzlichen Stomata bezeichnet. Da der Wasserhaushalt des Bodens durch Pflanzen und ihre Transpiration aktiv mit dem der Atmosphäre verbunden ist, erweist sich eine parallele Betrachtung aller Bestandteile des Boden-Pflanze-Atmosphären-Kontinuums als sinnvoll.

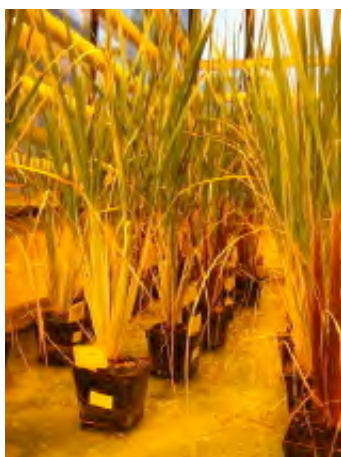
Während meines Praktikums arbeitete ich in einem Projekt mit, das in diesem Sektor angesiedelt war. Zwei Doktorandinnen untersuchten die Anpassungen von Reis- und Sorghumpflanzen an Wasserstress. Wie bereits erwähnt setzt man unterschiedliche Metho-

den ein, um den pflanzlichen Stoffwechsel bezüglich seines Wasserhaushalts zu charakterisieren. Generell lassen sich ober- und unterirdische Wasserbewegungen unterscheiden.

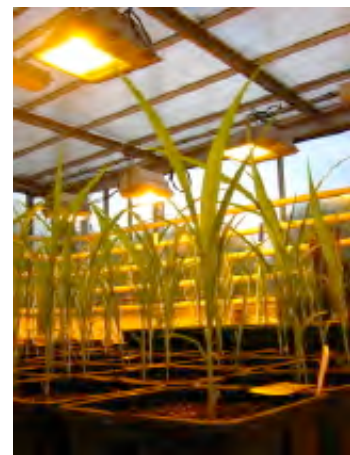
Im Rahmen sogenannter „Dry-down“ Experimente, bei denen man die Bewässerung einstellt und Evaporation unterbindet, werden verschiedene Teilaspekte des Wasserkreislaufs im Boden-Pflanze-Atmosphären Kontinuum untersucht. Sowohl der ober- als auch der unterirdische Wasserverlust werden beobachtet.

Der Teil oberhalb der Bodenoberfläche befasste sich mit der „Anwendbarkeit von Infrarot (IR) Fotometrie zum Nachweis von Wasserstress bei Reis- und Sorghumpflanzen“, während der Abschnitt darunter sich mit dem „Einsatz von Mikrowellen (MW) Sensoren zur Ermittlung des Bodenwassergehaltes“ beschäftigte.

Beides Techniken, die als non-invasiv gelten und es somit ermöglichen, Informationen über Wasserverluste an sensiblen Schnittstellen zwischen Boden, Pflanze und Atmosphäre zu gewinnen.



Reis- und Sorghumpflanzen, die bald mit zunehmender Trockenheit, dem allgegenwärtigen „stress hydrique“, konfrontiert werden.



Infrarot-Fotometrie

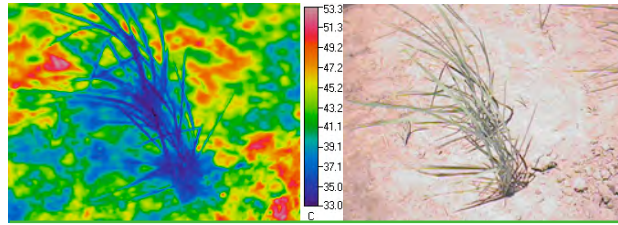
Als Infrarot (IR) Strahlung werden elektromagnetische Wellen im Spektralbereich zwischen 780 nm und einem Millimeter (10^6 nm) bezeichnet. Sie machen ein Teil der Wärmestrahlung aus. Bei der IR Fotometrie wird der Bereich zwischen 0,7 und 1,0 μm genutzt, den fotografischer Film aufnehmen kann. Die Anwendung beruht auf der Emission von Eigenwärme. Der IR Sensor der Kamera nimmt die von einer Oberfläche emittierte Strahlung auf, entsprechende Computersoftware erstellt mit Hilfe der gewonnenen Daten „Wärmebilder“. Temperaturunterschiede werden durch Farbgradienten verdeutlicht.

Die Temperatur von pflanzlichem Blattgewebe hängt hauptsächlich von Umweltfaktoren wie Aussentemperatur, Windstärke, Strahlungsintensität und von der Verdunstungskälte durch Transpiration ab.

Veränderungen der Wasserversorgung von Pflanzen lassen sich am Öffnungsgrad ihrer Stomata nachvollziehen. Sinkende Wasserverfügbarkeit veranlasst die Pflanze zum Schließen der Spaltöffnungen, verminderte Transpiration findet statt. Die stomatäre Leitfähigkeit gilt als Maß für die Transpirationsintensität von Pflanzen. Je höher die Leitfähigkeit desto mehr Wasser verdunstet und desto kühler die Oberfläche. Die Blattertemperatur ist also eine Funktion der stomatären Leitfähigkeit.

Aus diesem Zusammenhang ergibt sich nun die Frage, ob man nur von der Leitfähigkeit auf die Temperatur schließen kann oder ob auch die umgekehrte Schlussfolgerung möglich ist. Gegenüber den direkten Transpirationsmessungen durch Methoden der Porometrie, die nur Veränderungen der Luftfeuchtigkeit um ein einge-

schlossenes Blattstück feststellen können, bietet die thermische Fotografie den Vorteil einer hohen räumlichen Auflösung.



Links: Infrarot Foto einer Reispflanze.

Besonders bei der Quantifizierung der Wassernutzungskapazität verschiedener Pflanzenbestände sind Wärmebilder von großem Nutzen. Der Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit, Transpiration und Oberflächentemperatur von Beständen wird in ariden Gebieten genutzt, um mithilfe von Fernerkundungsbildern die Bewässerung zu steuern.

Im Rahmen von zwei Doktorarbeiten wurden die Fragestellung, ob die IR-Fotometrie ein geeigneter Ersatz zur Transpirationsmessung durch porometrische Methoden sein kann, beleuchtet und viele „heisse“ Fotos geschossen...

Ziel war eine Validierung und Kalibrierung der neuen Bildtechniken gegenüber klassischen physiologischen Analysen von Gaswechsel und Wassertransport.

Mikrowellen-Radiometrie

Der Begriff *Mikrowellen* (MW) fasst elektromagnetische Strahlung, deren Wellenlänge zwischen 1 mm und 1 m liegt, zusammen.

Elektromagnetischen Wellen zeigen die uns vom Licht bekannten Effekte in Bezug auf Interferenz, Beugung, Brechung, Reflexionen, stehenden Wellen und Polarisierbarkeit. Ob eine Welle an einem Körper reflektiert wird, ihn unter Beugung oder Brechung durchstrahlt oder von ihm absorbiert wird, hängt von dessen Mole-

külstrukturen ab. Mikrowellen werden an unpolaren Metallen reflektiert, durchdringen annähernd verlustlos Keramik, Glas oder Porzellan und werden von Nahrungsmitteln, menschlichem Gewebe oder auch polaren Materialien absorbiert.

Aufgrund ihrer Wellenlänge sind Mikrowellen besonders zur Anregung von Dipolschwingungen von Molekülen geeignet. So beruht beispielsweise die Erwärmung von wasserhaltigen Stoffen in einem Mikrowellenherd nicht auf der Erzeugung einer bestimmten Resonanzfrequenz, sondern auf einem dielektrischen Energieverlust der Wasserdipole, die sich nach dem elektrischen Wechselfeld ausrichten.

Die Fähigkeit von Mikrowellen, durch nicht leitende Stoffe zu laufen, kann zur Bestimmung des Wassergehaltes herangezogen werden. In bipolaren Materialien (z.B. Wasser) induzieren die Strahlen Oszillationen der Dipolmoleküle, was zu einem Energieverlust der elektromagnetischen Welle führt. Neben der Absorption

kann Wasser die elektromagnetischen Wellen auch reflektieren. Kombiniert man nun die Effekte von Absorption und Reflektion, so lässt sich der Wassergehalt eines von Mikrowellen durchstrahlten Mediums feststellen.

Mikrowellengestützte Sonden wie der Hydro Probe 2, werden derzeit im Bereich der Lebensmitteltechnik und im Baugewerbe zur Überprüfung von Wassergehalten verschiedenster Stoffe (z.B. Trockenfrüchte, Holzchips, Beton) eingesetzt. Mit ihrer Hilfe können Trocknungsprozesse überwacht und exakt gesteuert werden.

Da am CIRAD derzeit im Rahmen des Phenotypings eine große Anzahl von Pflanzen hinsichtlich ihrer Bodenwasser Extraktion untersucht wird, testeten wir einen MW Sensor auf seine Anwendbarkeit im Rahmen der Forschung. Nach den experimentellen Vorversuchen wird der Sensor nun bei sogenannten „Dry-down“ Versuchen weiter evaluiert.



Kulinarisches & Kommunikation

L’n’y a que des solutions!“ schmettert einem der Chef, der jeden Mitarbeiter, Praktikanten oder Besucher in seiner Muttersprache nach seinen Essenswünschen fragt, entgegen. Spezielle Anfragen speichert er ab und erkennt den Karnivoren aus der Entomologie, der die Würstchen mit Steak an Thunfischsalat möchte, genauso, wie die figurbewusste Sekretärin, die nur Beilagen und den Salat ohne Soße nimmt.

Die Kantine bei Cirad bietet im sogenannten „Forfait“ System eine beliebige Kombination von 3 Produkten aus Vorspeisen und Desserts sowie ein Hauptgericht. Jeweils eine Komponente ist Bio und eines der drei Menüs vegetarisch.

Absolut überraschend fand ich die Menügröße im Vergleich zur Körpervolumen. Bei den, für deutsche Verhältnisse unglaublich ausgedehnten Mittagessen, verspeiste selbst die 48 Kilo Botanikerin das komplette Spektrum: Suppe, Salat, Hauptspeise, Dessert und Käse, bien sûr! Das muss an den Genen liegen...



Wer au courant sein will, darf die Pause Café um zehn (open end...) auf keinen Fall verpassen. Dort erfährt man nicht nur, wer mit wem und vor allem, wer nicht (mit wem zusammenarbeitet), sondern lernt auch interessante linguistische Details (die ich allerdings unbestätigt fand):

„Comment appelle t’-on quelqu’un qui parle 3 langues?

Un trilingue!

Et quelqu’un qui parle 2 langues?

Un bilingue!

Et quelqu’un qui ne parle qu’une langue?

Un Français!“

Zitat: Nicole Sonderegger (Französin...)



Ob knackiger Quebecois oder fröhliche Französin, die Pause Café hat sie ALLE.

Fazit

Das CIRAD bietet zahlreiche Möglichkeiten, deren Inanspruchnahme häufig in meinem eigenem Ermessen lag. Manchmal erforderte das Disziplin, aber danach war es wie beim Sport: immer gut, sich motiviert zu haben...

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der „multi-kulti“ Equipe bei Cirad bereicherte mich mit einer Vielzahl von neuen Eindrücken und Inspirationen. Dank der Aufgeschlossenheit und Hilfsbereitschaft meiner Kollegen verbesserten sich auch meine Sprachkenntnisse deutlich (jedenfalls wurden die verständnislos-

verzweifelten Blicke meiner Gesprächspartner seltener...).

Zukünftigen Stipendiaten empfehle ich, sich rechtzeitig um finanzielle und administrative Fragen (z.B. zusätzliche Versicherungen) zu kümmern. Bezüglich der Wohnungssuche lohnt sich eine Anfrage via Intranet, da viele CIRADler diesbezüglich Kontakte haben.

Zum Abschluss noch ein dickes Dankeschön an alle, die mir geholfen haben, diesen fantastischen Forschungsaufenthalt zu ermöglichen. Und an all die guten Seelen in Montpellier!

Merci!