

## Inhaltsverzeichnis

<b>Programm</b> .....	<b>3</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>Welcome</b> .....	<b>7</b>
<b>Vorträge:</b>	
<b>Peter Waldner</b> (WSL Birmensdorf)..... Langfristige Forschung zum besseren Verständnis der Atmosphären-Interaktionen und biogeochemischen Kreisläufe schweizerischer Waldökosysteme	<b>9</b>
<b>Nele Rogiers</b> (PSI Villigen)..... Auswirkung von Mikroklima und Landnutzung auf die CO <sub>2</sub> -Flüsse über einem subalpinen Grasland	<b>11</b>
<b>Nina Buchmann</b> (ETH Zentrum Zürich)..... Zerlegung der Netto-CO <sub>2</sub> -Flüsse zwischen Wald und Atmosphäre mit Hilfe des stabilen Isotops <sup>13</sup> C	<b>13</b>
<b>Josef Zeyer</b> (ETH Zürich-Schlieren)..... Quantifizierung der mikrobiellen Oxidation von Methan im Boden	<b>14</b>
<b>Andreas Stampfli</b> (Universität Bern)..... Regeneration und Stabilität von artenreichen Wiesen - ein Feldexperiment mit simulierter Trockenheit	<b>15</b>
<b>Christof Ammann</b> (Agroscope FAL Reckenholz)..... CO <sub>2</sub> -Austausch und Kohlenstoff-Bilanz von Grasland-Ökosystemen unter intensiver und extensiver Bewirtschaftung	<b>16</b>
<b>Christine Alewell</b> (Universität Basel)..... Stoffkreisläufe zwischen Atmo- und Pedosphäre: Vorstellungen der Projekte des Instituts für Umweltgeowissenschaften der Universität Basel	<b>17</b>
<b>Atsumu Ohmura</b> (ETH Zürich-Irchel)..... Notwendige Grundlagenforschung in der atmosphärischen Grenzschicht, besonders für die Flux-Bestimmung	<b>18</b>
<b>Roman Zweifel</b> (Universität Bern)..... Das Mikroklima und die Regulation der Transpiration von Bäumen	<b>20</b>
<b>Bruno Neininger</b> (MetAir AG)..... CO <sub>2</sub> -Flüsse über den Wäldern der Médoc/Landes (F) und in Folgeprojekten	<b>21</b>

**Fortsetzung Inhaltsverzeichnis**

**Poster:**

<b>Eva Bantelmann</b> (PSI Villigen).....	<b>23</b>
Stable C isotopes reveal the effects of land use in mountainous ecosystems	
<b>Franz Conen</b> (Universität Basel).....	<b>24</b>
Evidence for N <sub>2</sub> O sinks in soil other than denitrification	
<b>Werner Eugster</b> (ETH Zentrum Zürich).....	<b>25</b>
CarboEurope IP: Die Kohlenstoffbilanz europäischer Ökosysteme	
<b>Sonja Keel</b> (PSI Villigen).....	<b>26</b>
Routes and rates of C-input in a temperate deciduous forest demonstrated by a large scale <sup>13</sup> C tracer experiment	
<b>Daniel Obrist</b> (Universität Basel).....	<b>27</b>
Quantification of elemental Hg emissions of the Basel urban area using vertical gradients and using <sup>222</sup> Rn during stable nocturnal surface layer conditions	
<b>Daniel Theis</b> (PSI Villigen).....	<b>28</b>
Partitioning of water vapor fluxes with the <sup>18</sup> O stable isotope approach	
<b>Karina Urmann</b> (ETH Zürich-Schlieren).....	<b>29</b>
New field method: Gas push-pull tests for the in-situ quantification of microbial activities in the vadose zone	

## Programm

**09:15 - 09:20** **Begrüssung und Einführung in die Thematik**

### ÖKOLOGIE UND AUSTAUSCHPROZESSE

**09:20 - 09:40** **Peter Waldner** (WSL Birmensdorf)  
Langfristige Forschung zum besseren Verständnis der  
Atmosphären-Interaktionen und biogeochemischen Kreisläufe  
schweizerischer Waldökosysteme

**09:40 - 10:00** **Nele Rogiers** (PSI Villigen)  
Auswirkung von Mikroklima und Landnutzung auf die CO<sub>2</sub>-  
Flüsse über einem subalpinen Grasland

**10:00 - 10:20** **Nina Buchmann** (ETH Zentrum Zürich)  
Zerlegung der Netto-CO<sub>2</sub>-Flüsse zwischen Wald und  
Atmosphäre mit Hilfe des stabilen Isotops <sup>13</sup>C

**10:20 - 11:00** **Pause und Postersession I**

**11:00 - 11:20** **Josef Zeyer** (ETH Zürich-Schlieren)  
Quantifizierung der mikrobiellen Oxidation von Methan im  
Boden

**11:20 - 11:40** **Andreas Stampfli** (Universität Bern)  
Regeneration und Stabilität von artenreichen Wiesen - ein  
Feldexperiment mit simulierter Trockenheit

**11:40 - 12:00** **Christof Ammann** (Agroscope FAL Reckenholz)  
CO<sub>2</sub>-Austausch und Kohlenstoff-Bilanz von Grasland-  
Ökosystemen unter intensiver und extensiver Bewirtschaftung

**12:00 - 12:20** **Christine Alewell** (Universität Basel)  
Stoffkreisläufe zwischen Atmo- und Pedosphäre:  
Vorstellungen der Projekte des Instituts für  
Umweltgeowissenschaften der Universität Basel

**12:20 - 13:20** **Mittagspause**

## **Fortsetzung Programm**

**13:20 - 14:00**

**Kaffee und Postersession II**

### **METEOROLOGIE UND AUSTAUSCHPROZESSE (gemeinsam mit Schweiz. Meteorologischer Gesellschaft)**

**14:00 - 14:20**

**Atsumu Ohmura** (ETH Zürich-Irchel)  
Notwendige Grundlagenforschung in der atmosphärischen  
Grenzschicht, besonders für die Flux-Bestimmung

**14:20 - 14:40**

**Roman Zweifel** (Universität Bern)  
Das Mikroklima und die Regulation der Transpiration von  
Bäumen

**14:40 - 15:00**

**Bruno Neininger** (MetAir AG)  
CO<sub>2</sub>-Flüsse über den Wäldern der Médoc/Landes (F) und in  
Folgeprojekten

**15:00 - 15:05**

**Schlusswort**

**15:10**

**Ende der Veranstaltung**

## Vorwort

### Biosphere–Atmosphere Exchange Research in Switzerland

Werner Eugster

*Institut für Pflanzenwissenschaften ETH Zürich, werner.eugster@ipw.agrl.ethz.ch  
Quästor der Kommission für Atmosphären-Chemie und -Physik (ACP) der SANW*

Dieses Symposium versucht erstmals, die in der Schweiz tätigen Forscherinnen und Forscher, die sich mit den Austauschprozessen zwischen Biosphäre und Atmosphäre beschäftigen, zusammenzubringen. Die Absicht ist, die Diskussion und den Austausch von Erfahrungen und Ideen über Disziplinengrenzen hinweg zu fördern.

Die Jahrestagung 2004 der SANW steht unter dem Thema „Limits“ oder „Grenzen“. Einerseits sind es genau diese Disziplinengrenzen, die häufig dazu führen, dass man erst an wissenschaftlichen Kongressen im Ausland erfährt, was die Kollegen nebenan genau machen. Diese Grenzen möchte dieses Symposium mindestens aufzuweichen versuchen. Andererseits befasst sich die Forschung im Bereich der Biosphären-Atmosphären-Austauschprozesse mit einer der wichtigen Grenzen in natürlichen Systemen, nämlich dem Übergang vom gasförmigen Medium Luft zum festen Medium Pflanze. Sonnenlicht, das rund 150 Millionen Kilometer bis hierher zurückgelegt hat, wird urplötzlich innerhalb von wenigen Mikro- bis Millimetern absorbiert und in lebensspendende Wärme umgesetzt, oder in der Photosynthese zu Biomasse und damit zu Nahrung für eine ganze Hierarchie von Lebewesen umgewandelt, die in einem feinverästelten Nahrungs-Netzwerk miteinander in Beziehung stehen.

Thematisch wurde versucht, die Prozessforschung aus verschiedensten Sichtwinkeln in diese Tagung einzubringen. Dieser Tagungsband umfasst nun die Zusammenfassungen beziehungsweise Kurzfassungen aller Vorträge sowie der Posterbeiträge. Die Vorträge wurden in drei Blöcke gegliedert, wobei der dritte in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie gestaltet wurde.

In den ersten beiden Blöcken, im Programm mit dem Untertitel „**Ökologie und Austauschprozesse**“ bezeichnet, werden die eher ökologisch motivierten Forschungsarbeiten und Methodiken vorgestellt, während im dritten Block, unter dem Untertitel „**Meteorologie und Austauschprozesse**“ die eher aus Sicht der Atmosphärenforscher und Meteorologen interessanten Aspekte beleuchtet werden sollen. Damit die Symposiumsbeiträge einen möglichst weiten Zuhörerkreis ansprechen, wurden in allen Blöcken angewandte Themen und Aspekte der Grundlagenforschung sowie eher methodische Teile gemischt.

#### ÖKOLOGIE UND AUSTAUSCHPROZESSE

Im **ersten Block** wird die langfristige Ökosystemforschung an Waldökosystemen in der Schweiz vorgestellt, gefolgt von den mehrjährigen Untersuchungen zur CO<sub>2</sub>-Austauschdynamik in subalpinen Wiesen und Weiden. Da jahrhundertealte Weiden wohl den grössten Kohlenstoffgehalt in der Bodensubstanz aufweisen, während die Wälder bei der Menge an Kohlenstoff, die in der Biomasse gebunden ist, ganz vorne stehen, sind diese Ökosysteme ganz speziell interessant für die nationalen Kohlenstoffbilanzen. Dass es aber gar nicht so einfach ist, die kurzfristigen Änderungen und Schwankungen im Kohlenstoffkreislauf eines Ökosystems mit langfristigen Trends zu vergleichen, wird im dritten Vortrag gezeigt. Vorgestellt wird, wie anhand stabiler Isotope, in diesem Fall <sup>13</sup>C, quantitative Aussagen möglich sind über die Prozesse der CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch die Photosynthese und die CO<sub>2</sub>-Abgabe durch Atmung oder Respiration der Pflanzen sowie der Boden-Mikroorganismen, die abgestorbene organische Substanz abbauen und damit wieder CO<sub>2</sub> freisetzen.

Im **zweiten Block** wird der Blickwinkel vom CO<sub>2</sub> erweitert zum Methan, einem ebenfalls klimawirksamen Spurengas, das aber als Treibhausgas rund 23mal stärker wirkt als CO<sub>2</sub>. Hier spielen die Boden-Mikroorganismen eine wichtige Rolle, nicht nur bei der Produktion von Methan, was weitgehend bekannt ist (z.B. aus Feuchtgebieten und überfluteten Reisplantagen). Hier wird die etwas weniger bekannte Funktion der Mikroben, die Methan oxidieren und somit wieder aus dem Kreislauf entfernen, beleuchtet. Feuchte und Trockenheit entscheiden nicht nur über die Frage, ob eine Wiese eine Methan-Quelle oder eine Senke ist. Auch die Stabilität der Artenzusammensetzung und damit die Bedeutung im Kohlenstoffkreislauf allgemein wird dadurch beeinflusst. Nebst diesen Prozessen interessiert aber auch die Bilanz einer Bewirtschaftungseinheit, wie sie vom Agroscope Reckenholz unter Berücksichtigung verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten untersucht wurde. Dieser Beitrag leitet über zur generelleren Betrachtung, wie sich derartige Stoffkreisläufe überhaupt wissenschaftlich untersuchen lassen.

### **METEOROLOGIE UND AUSTAUSCHPROZESSE**

Der **dritte Block** schliesst an diese Thematik an, vertieft aber den Einblick in den Bedarf an Grundlagenforschung aus meteorologischer Sicht. Es hat sich heute die Ansicht stark verbreitet, dass die kleinräumige Variabilität im Boden so enorm ist, dass es oft sinnvoller ist, den Austausch an der Oberfläche nicht im Boden oder an der Bodenoberfläche selber zu untersuchen, sondern in der Atmosphäre darüber. Mit geschickter Auswahl der Methodik wird damit der Einfluss einer viel grösseren Oberflächeneinheit erfasst, was in Kombination mit andern Methoden zu einer auch in räumlicher Hinsicht statistisch gut abgesicherten Quantifizierung von Austauschprozessen führt. Ein Aspekt, der Meteorologen, Hydrologen und Ökologen immer wieder zusammenbringt ist die Frage der tatsächlichen Evapotranspiration von Pflanzenbeständen. Dabei ist der Anteil der Pflanzentranspiration, die in engem Verhältnis zur CO<sub>2</sub>-Aufnahme steht, von besonderem Interesse. Das Mikroklima eines Waldbestandes regelt einerseits diese Grösse, andererseits sind die Pflanzen selber aktive Organismen, die ihren Wasser- und CO<sub>2</sub>-Haushalt kontrollieren und damit wiederum das Klima beeinflussen können. Abschliessend wird gezeigt, wie man heute mittels Motorsegler-Messungen in der Lage ist, die CO<sub>2</sub>-Bilanz eines grösseren Gebiets zu ermitteln.

Die Posterbeiträge runden dieses Symposium ab und wir hoffen auf eine rege Diskussion vor den Postern, unter den Teilnehmenden, mit den Referierenden, und natürlich vorzugsweise über die Disziplinengrenzen hinweg mit Leuten, die man sonst wirklich nur im Ausland trifft.

## Welcome



Dear colleagues,

On behalf of the Commission for Atmospheric Chemistry and Physics (ACP) of the Swiss Academy of Sciences it is my pleasure to welcome you to the Symposium 'Biosphere-Atmosphere Exchange Research in Switzerland'. Exchange processes at the Earth surface as well as between different atmospheric layers belong to the prime research topics of the ACP Commission, as outlined in our by-laws. These processes are of course strongly influenced by meteorology, and it was therefore straightforward to plan a joint session with the Swiss Society for Meteorology on 'Meteorology and Exchange Processes'.

I hope that the theme of the Main Symposium '*Grenzen erkennen, analysieren, überwinden*' is also exemplified during the Symposium in the interaction between different disciplines. In this sense I wish you all a very successful meeting.

A handwritten signature in black ink that reads 'U. Baltensperger'. The signature is written in a cursive, flowing style.

Urs Baltensperger  
President ACP Commission



## **Langfristige Forschung zum besseren Verständnis der Atmosphären-Interaktionen und der biogeochemischen Kreisläufe in Waldökosystemen**

Peter Waldner, Anne Thimonier, Maria Schmitt, Marcus Schaub, Elisabeth Pannatier,  
Paolo Cherubini, Norbert Kräuchi

*WSL – Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, peter.waldner@wsl.ch*

Der Zustand des Schweizer Waldes ist unter anderem abhängig von einer Vielzahl von Einflüssen aus der Atmosphäre wie dem Wetter, dem Klima und den Stoffkonzentrationen in der Luft und im Niederschlag. Langfristige Veränderungen und Extremereignisse können in Waldökosystemen je nach Zusammenspiel der Prozesse aufgefangen werden oder unvermittelte Reaktionen hervorrufen. Im letzten Jahrhundert hatte die Emission von Schwefeldioxid, Stickoxid, Ammoniak und von anderen Stoffen zugenommen und in der Folge hat sich die Deposition von versauernden Stoffen und von Nährstoffen, die Ozonkonzentrationen und die Temperatur verändert.

Im Rahmen der langfristigen Waldökosystem-Forschung (LWF) werden in der Schweiz 17 Waldflächen permanent untersucht, um ein tieferes Prozessverständnis zu erhalten und allfällige ökologische Risiken von Umweltveränderungen frühzeitig erkennen zu können. In diesem Sinne werden die LWF-Flächen von gut zwei Dutzend Projekten mit unterschiedlichen Zielen als Forschungsplattform genutzt. Die Flächen sind Teil der Waldbeobachtung Schweiz (Sanasilva-Erhebungen; Landesforstinventar) und der europäischen Messnetze die mit der 1985 in Genf unterzeichneten UN-ECE Konvention über weitreichende Luftverschmutzung (LRTAP) vereinbart wurden. Im Rahmen der LRTAP werden einerseits gesamteuropäische Emissionen abgeschätzt, deren Verbreitung modelliert und die Immissionen gemessen (EMEP) und andererseits die Auswirkungen, beispielsweise auf die Wälder (ICP-Forests), untersucht.

Die atmosphärische Deposition von Stoffen auf Wälder erfolgt durch verschiedene Prozesse. Während die Deposition mit Regen oder Schnee (Nassdeposition) kaum von der Oberflächenbeschaffenheit abhängt, haben Baumkronen eine gegenüber Grassland höhere Auskämmwirkung von Aerosole und Gase aus der Luft (trockene Deposition) und ebenso von Nebeltröpfchen. Die Gesamtdeposition wurde für die Schweiz einerseits in Anlehnung an EMEP anhand von modellierten Gas- und Aerosolkonzentrationen in der Luft und Stoffkonzentrationen im Niederschlag für ein 1x1 km Raster dem Niederschlag und spezifischer empirischer Depositionsgeschwindigkeiten abgeschätzt. Andererseits wird auf den LWF-Flächen die Deposition oberhalb (bzw. ausserhalb) und unterhalb der Baumkronen gemessen (Abbildung 1 und 2) und die Gesamtdeposition mit Hilfe von Annahmen über den im Blätterdach ablaufenden Ionenaustausch ebenfalls bestimmt. Ein Vergleich für das Referenzjahr 2000 zeigt generell eine gute Übereinstimmung der beiden Methoden auf. Im Vortrag werden Unsicherheiten und mögliche Verbesserungen der Methoden diskutiert.



Abbildung 1: Bestandesniederschlagssammler auf der LWF-Fläche in der Gemeinde Celerina.

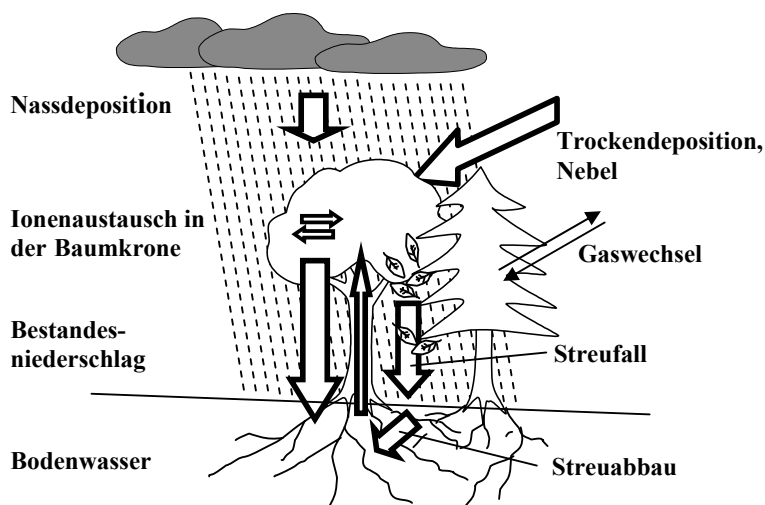


Abbildung 2: Schematische Darstellung der atmosphärischen Deposition, des Gaswechsels und des Nährstoffkreislaufes vom Bodenwasser zu den Blättern und zurück zur Streuauflage im Waldökosystem.

So oder so, erreichen oder überschreiten die erhaltenen Gesamtd deposition von Stickstoff ausser in abgelegenen inneralpinen LWF-Flächen in vielen Gebieten die kritischen Werte, welche von der Arbeitsgruppe Auswirkungen (WGE) des LRTAP aufgrund von Experimenten, Beobachtungen und Expertenwissen festgelegt worden sind. Auf den LWF-Flächen wird nun untersucht ob dies tatsächlich zu Veränderungen führt: regelmässig bestimmt werden das BC/Al-Verhältnis (Indikator für die Schwermetalltoxizität) und die Nitratkonzentration (Stickstoff-Auswaschung) im Bodenwasser, die Zusammensetzung der Bodenvegetation und das Wachstum, Zustand, Nährstoffumsatz- und -versorgung der Bäume. Dabei sind bei den gemessenen Parametern auf den LWF-Flächen bisher keine raschen Veränderungen festgestellt worden, jedoch sind die viele Zeitreihen wegen hohen Variationen von Jahr zu Jahr noch zu kurz, um auszuschliessen, dass langfristige Veränderungen stattfinden.

Hohe Ozonkonzentrationen wirken auf Pflanzen schädlich. Der kumulative AOT40 Index stellt die Summe aller stündlich berechneten Überschreitungen von 40 ppb dar. , Wird dieser Schwellenwert überschritten, können chronische Schäden auftreten. Auf den LWF-Flächen wurde die mittlere 2-wöchentliche Ozonkonzentration mit Passiv-Sammlern gemessen, diese Werte mit Hilfe des gemessenen Tagesganges von Temperatur und Strahlung disaggregiert und der AOT40 bestimmt. Jährlich aufgenommen werden visuelle Symptome für Ozonschäden an den Pflanzen bei den LWF-Flächen. Bei Trockenheit wurden an einigen Standorten trotz hoher Ozonkonzentrationen verhältnismässig wenig Symptome gefunden. Wie bereits auf einer Experimentieranlage in Lattecaldo bestätigt, schliessen einige Pflanzen bei Trockenstress ihre Stomata, reduzieren dadurch die Transpiration und die Photosynthese, nehmen aber auch weniger Ozon auf. Aus diesem Grund wird angestrebt, den Ozon-Fluss in die Pflanzen zu modellieren und anstatt dem AOT40f für diesen Ozon-Fluss kritische Werte zu bestimmen bzw. festzulegen.

Die aktuelle Luftbelastung stellt für die Wälder in der Schweiz zwar keine unmittelbare Bedrohung dar. Jedoch sind die derzeitige Deposition von versauernden Stoffen und von Stickstoff, sowie Ozon, langfristige ökologische Risiken. Ein vertieftes Prozessverständnis und lange Zeitreihen sind nötig um diese Risiken einschätzen zu können.

## **Auswirkung von Mikroklima und Landnutzung auf die CO<sub>2</sub>-Flüsse über einem subalpinen Grasland**

Nele Rogiers, Werner Eugster\*, Markus Furger

*Paul Scherrer Institut, nele.rogiers@psi.ch*

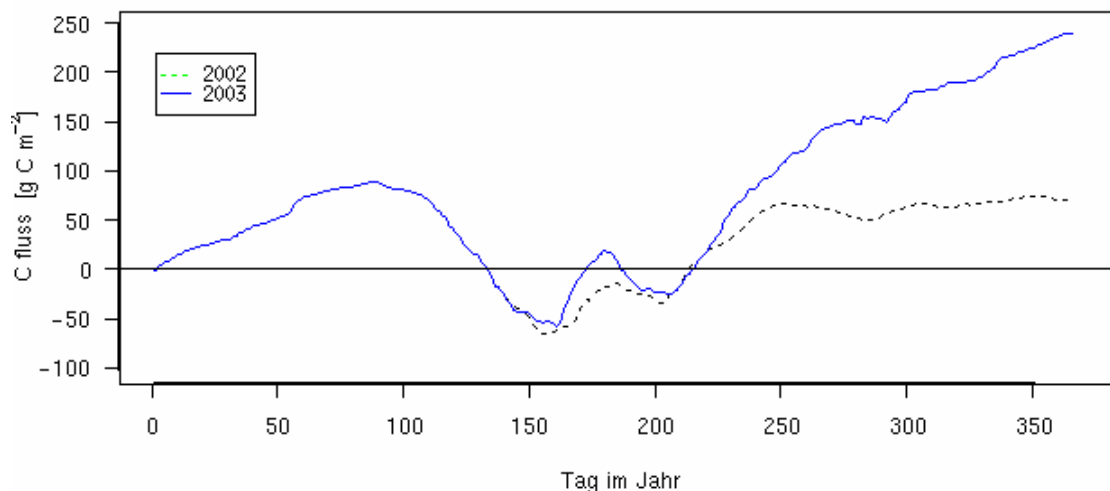
*\* Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich*

Die Schweiz hat das Kyoto-Protokoll ratifiziert und sich damit verpflichtet, den Ausstoss von Treibhausgasen, unter anderem Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), zu senken. Dieses Ziel kann entweder durch verminderte Emissionen erreicht werden, oder vorübergehend durch die Bindung von ausgestossenem CO<sub>2</sub>. Terrestrische Ökosysteme spielen eine wesentliche Rolle im globalen Kohlenstoffhaushalt. Grasländer und landwirtschaftlich genutzte Flächen gelten als Kohlenstoff-Senken im Sinne des Kyoto-Protokolls, wenn zusätzliches atmosphärisches CO<sub>2</sub> im Boden gebunden wird, oder wenn die aus dem Boden entweichenden CO<sub>2</sub> Emissionen vermindert werden können. In der Schweiz befinden sich flächenmässig die grössten Kohlenstoffvorräte in Böden unter Weiden und Dauergrünland. Obwohl organische Böden einen relativen kleinen Flächenanteil haben, spielen sie doch eine sehr wichtige Rolle, weil die Kohlenstoff-Dichte im Boden am grössten ist (Leifeld *et al.*, 2003). In dieser Präsentation zeigen wir, wie das Mikroklima und die Landnutzung die CO<sub>2</sub>-Flüsse von einem subalpinen Grasland auf einem organischen Boden beeinflussen.

Auf Rigi-Seebodenalp (1030 m ü. M.) in den Zentralschweizer Voralpen werden im Rahmen des CARBOMONT Projekts seit Mai 2002 Kohlendioxidflüsse gemessen. Die Flüsse werden mit der Eddy-Covariance Technik bestimmt und mit Standardsensoren für Flussmessungen (Solent Gill HS Ultrasonic Anemometer, LiCor LI-7500 Infrarot Gasanalysator) gemessen. Das Paul Scherrer Institut betreibt zwei Flussmessstationen, die mit einer Reihe konventioneller mikrometeorologischer Messfühler ergänzt sind. Die Hauptstation wird ganzjährig auf einer Fläche betrieben, die sowohl an Weide- als auch an Wiesenflächen mit zwei Grasschnitten pro Jahr angrenzt. Die Zweitstation wurde während der Sommerperiode zusätzlich in einem nicht bewirtschafteten Feuchtgebiet betrieben.

Der Netto-CO<sub>2</sub>-Fluss wird durch das Zusammenspiel von Bewirtschaftungsform, Mikroklima und pflanzenphysiologischen Mechanismen geprägt. Dabei sind zwei pflanzenphysiologische Prozesse entscheidend. Einerseits nehmen Pflanzen durch Photosynthese CO<sub>2</sub> auf (Assimilation), andererseits setzt die Veratmung (Respiration) durch Pflanzen und Bodenmikroorganismen CO<sub>2</sub> wieder frei.

Im Jahresgang der CO<sub>2</sub> Flüsse auf der ganzjährig bewirtschafteten Fläche (Fig. 1) sind die zwei Grasschnitte deutlich erkennbar. Sobald die Vegetation gemäht wird, reduziert sich die photosynthetische Kapazität enorm, was eine Reduktion der Aufnahme bedeutet. Das Gras der Kühe ist nicht sofort sichtbar im Jahresgang, weil es sich nicht um ein einmaliges Ereignis handelt, sondern um einen kontinuierlichen schwächeren Eingriff. Das Gras kommt aber gut zum Ausdruck, wenn man die mittleren CO<sub>2</sub> Tagesgänge von Perioden mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten und Formen vergleicht.



**Fig. 1: Kummulative Kohlenstoffflüsse für 2002 und 2003 wobei die 2 Grasschnitte im Sommer deutlich erkennbar sind.**

Die Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch Photosynthese wird angeregt durch die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR). Zwei Lichtabhängigkeitskurven konnten für die Vegetationsperiode 2002 (Rogiers *et al.*, 2004) unterschieden werden: eine für Perioden mit Interventionen (Mähen, Grasens), und eine für Perioden mit ungestörtem Vegetationswachstum. Höhere Bodentemperaturen stimulieren die Respiration, wobei aber kein Unterschied zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen gefunden werden konnte. Höhere Nachmittagstemperaturen sind mit höheren Respirationswerten verbunden und führen somit zu einer niedrigen Netto-CO<sub>2</sub>-Aufnahme bei anderweitig unveränderten Lichtverhältnissen.

Auch die Wasserverfügbarkeit im Boden und in der Luft beeinflussen den Kohlenstoffaustausch. Die Flussstation im Feuchtgebiet, wo immer genügend Bodenwasser vorhanden ist, zeigt vor dem Grasschnitt im Sommer 2003 eine leicht höhere CO<sub>2</sub>-Aufnahme als die Hauptstation. Nachts waren die Werte an beiden Stationen etwa gleich gross. Die Bilanz an der Hauptstation wurde jedoch durch den Grasschnitt massiv verändert: die CO<sub>2</sub>-Aufnahme brach vorübergehend praktisch zusammen, und der CO<sub>2</sub>-Fluss wurde durch die intensive Bodenatmung sogar positiv. Im Feuchtgebiet blieben die Werte praktisch unverändert.

Die Wassernutzungseffizienz (WNE) ist das Verhältnis von Kohlenstoffaufnahme zu Wasserabgabe. Je grösser die WNE, desto effizienter ist die Photosynthese der Pflanzen. Bei steigendem Dampfdruckdefizit aber nimmt die WNE ab, weil die Pflanzen ihre Spaltöffnungen teilweise schliessen, um nicht unter Wasserstress zu geraten. Das führt dazu, dass Pflanzen unter diesen Umständen mehr Wasser brauchen, um die gleiche Menge Kohlenstoff aufzunehmen.

Leifeld J., Bassin S. and Fuhrer J. (2003) Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland. Schriftenreihe FAL 44.

Rogiers N., Eugster W., Furger M. and Siegwolf R. (2004) Effect of land management on ecosystem carbon fluxes at a subalpine grassland site in the Swiss Alps. Theoretical and Applied Climatology, in press.

**Zerlegung der Netto-CO<sub>2</sub>-Flüsse zwischen Wald und Atmosphäre mit Hilfe  
des stabilen Isotops <sup>13</sup>C/Partitioning of net ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes  
between forest and atmosphere using <sup>13</sup>C**

Nina Buchmann

*Institut für Pflanzenwissenschaften, ETHZ, nina.buchmann@ipw.agrl.ethz.ch*

Partitioning the net ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes measured by eddy covariance technique into their components, i.e., assimilation and respiration, is crucial for understanding responses and feedbacks of terrestrial ecosystems to a changing climate. While measuring net ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes allows the quantification of biospheric carbon sinks and sources, the underlying physiological processes often remain unclear. Using stable carbon isotopes, the net ecosystem CO<sub>2</sub> flux during the day can be separated into its two large opposing gross fluxes, i.e., assimilation and respiration. Within the framework of CarboEuroflux (5<sup>th</sup> FP), we estimated the partitioning of daytime net CO<sub>2</sub> fluxes of a mixed deciduous forest in Central Germany over a three-week period. Thus, for the first time, we could study the impact of short-term environmental factors on the ratio of ecosystem assimilation to respiration during the day. We found clear diurnal cycles of ecosystem respiration, and a strong correlation of daytime respiration with soil temperature ( $r^2 = 0.69$ ). Although assimilation and respiration were isotopically linked, their flux rates were not. The ratio of respiration to assimilation was highly variable on a day-to-day basis, ranging from 15% to more than 35%, and was mainly controlled by soil temperature ( $r^2 = 0.72$ ). Thus, the partitioning using carbon isotopes indicated a strong sensitivity of ecosystem carbon dynamics to temperature changes and potential higher carbon uptake efficiency during cold days.

## Quantifizierung der mikrobiellen Oxidation von Methan im Boden

Josef Zeyer, Martin H. Schroth, Graciela Gonzalez-Gil, Karina Urmann

*Fachbereich Bodenbiologie, Institut für Terrestrische Oekologie  
ETH-Zürich, zeyer@env.ethz.ch*

Methan (CH<sub>4</sub>) entsteht im Untergrund unter strikt anaeroben Bedingungen durch den mikrobiellen Prozess der Methanogenese. Globale Bilanzen zeigen, dass rund die Hälfte des Methans, das in die Atmosphäre eingetragen wird, aus anaeroben Habitaten wie Reisfeldern, Sümpfen, Deponien und verschmutzten Grundwasserleitern stammt. Bemerkenswert ist aber, dass nur ein geringer Teil des im Untergrund produzierten CH<sub>4</sub> in die Atmosphäre eingetragen wird. Der weitaus grösste Teil des gebildeten CH<sub>4</sub> gelangt gar nicht an die Bodenoberfläche, sondern wird bereits im Untergrund durch methanotrophe Bakterien zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O oxidiert. Während der Flux von CH<sub>4</sub> in die Atmosphäre seit Jahren mit verschiedenen Methoden (u.a. *entrapment boxes*, *eddy correlation measurements*) zuverlässig quantifiziert werden kann, gibt es nach wie vor keine genauen Daten über die Raten der CH<sub>4</sub>-Oxidation im Untergrund. Ein Forschungsprojekt am Institut für Terrestrische Oekologie der ETH hat zum Ziel, Messverfahren zu entwickeln, um diese Oxidationsraten *in situ* zu bestimmen.

Das Messprinzip beruht auf der sogenannten Gas-Push-Pull Methode. Die Reaktionspartner CH<sub>4</sub> und O<sub>2</sub> werden simultan mit den nicht-reaktiven Edelgasen Neon und Argon in den Untergrund injiziert. Nach einer genau definierten Inkubationszeit werden im zurückgepumpten Gas die relativen Gasanteile analytisch bestimmt. Ausgehend von den Durchbruchkurven der Gase CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, Neon und Argon lässt sich mit Hilfe von mathematischen Verfahren die Kinetik der CH<sub>4</sub>-Oxidation berechnen.

Erste Feldversuche wurden im Bereiche eines ölkontaminierten und stark methanogenen Grundwasserleiters gemacht. Aufgrund der Tiefenprofile von CH<sub>4</sub> und O<sub>2</sub> liessen sich die Positionen der methanogenen und methanotrophen Populationen abschätzen. Anschliessend konnten mit der Gas-Push-Pull Methode die CH<sub>4</sub>-Oxidationsraten in verschiedenen Tiefen bestimmt werden. Parallel zu diesen Experimenten wurde mit Hilfe von Isotopenstudien ( $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in CH<sub>4</sub>) und Inhibitoren (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> als kompetitiver Inhibitor der methanotrophen Aktivität) nachgewiesen, dass die Elimination von CH<sub>4</sub> im Untergrund auf eine enzymatische Oxidation und nicht auf physikalische Prozesse zurückzuführen ist (Details siehe Literaturhinweis und Poster von K. Urmann *et al.* in diesem Symposium).

Zur Zeit laufen Feldversuche mit dem Ziel, die Oxidation von CH<sub>4</sub> nicht nur oberhalb von kontaminierten Grundwasserleitern, sondern beispielsweise auch in Hoch- und Flachmooren zu bestimmen. Begleitende Laborstudien konzentrieren sich darauf, die Gas-Push-Pull Methodik in Bezug auf die Pumpraten, Gasvolumina und Gaskonzentrationen zu optimieren und die Strukturen und Funktionen der methanotrophen Populationen mit molekularbiologischen Nachweisprotokollen zu bestimmen

### Literatur:

Urmann K., Gonzales-Gil G., Schroth M.H., Hofer M., Zeyer J., 2004, New field method: Gas push-pull test for the in-situ quantification of microbial activities in the vadose zone. *Environ. Sci. Technol.* (in press).

## **Regeneration and stability in species-rich meadows – a field experiment with simulated drought**

Andreas Stampfli

*Institute of Plant Sciences, University of Bern, andreas.stampfli@ips.unibe.ch*

Long-term records in a species-rich meadow (canton Ticino) showed that re-colonization after extreme drought was the primary driver of vegetation dynamics. After the summer droughts in 1990 and 1991, dominant grasses, which lacked high recruitment from seed, decreased in relative abundance. This effect persisted until now and may represent a lasting response to an extreme climatic event.

Since summer 2004 an experiment is in progress which tests hypotheses about the effects of drought in different seasons on regeneration. Different responses of species with different regenerative characteristics may result in different changes of the vegetation. A new site was equipped with instruments to manipulate the natural input of rainwater to the grassland ecosystem.

## **CO<sub>2</sub>-Austausch und Kohlenstoff-Bilanz von Grasland-Ökosystemen unter intensiver und extensiver Bewirtschaftung**

Christof Ammann, Chris Flechard, Jens Leifeld, Albrecht Neftel, Jürg Fuhrer

*Agroscope FAL Reckenholz, christof.ammann@fal.admin.ch*

Landökosysteme können durch Aufbau von Biomasse oder Vergrößerung des organischen Anteils im Boden CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufnehmen und speichern. Geschieht dies langfristig und nachhaltig, spricht man von Kohlenstoff-Sequestrierung, die zu einer Verminderung des CO<sub>2</sub>-Anstieges in der Atmosphäre beiträgt. Neben den Wäldern können in einem geringeren Masse auch landwirtschaftliche Flächen einen Beitrag zur Kohlenstoff-Sequestrierung leisten. Es wird angenommen dass eine Umwandlung von (gepflügten) Ackerfeldern in permanente Wiesen und eine optimierte Bewirtschaftung eine Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes im Boden zur Folge hat. Um diese Effekte experimentell zu untersuchen wurde 2001 in Oensingen ein zuvor in Ackerrotation bewirtschaftetes Feld in permanentes Grasland umgewandelt, das zur einen Hälfte extensiv und zur anderen Hälfte intensiv bewirtschaftet wird. Die intensive Bewirtschaftung umfasst 4-5 Schnitte pro Jahr und etwa ebenso viele Düngergaben, teils als Mineraldünger, teils als Vollgülle. Das mit einer vielfältigen Gras-, Klee- und Kräuter-Mischung angesäte extensive Feld, erhält keine Düngung und wird nur 3 mal pro Jahr geschnitten.

Seit April 2002 wird der CO<sub>2</sub> Austausch beider Flächen mit der Atmosphäre kontinuierlich mit Eddy-Kovarianz-Systemen gemessen. Wegen häufig auftretender Schwachwind-Bedingungen in der Nacht und anderer mikrometeorologischer Faktoren ist in vielen Fällen keine sinnvolle Flussbestimmung möglich, und es entstehen Lücken in den Messreihen. Diese werden mit einer kombinierten ‚Gap-filling‘-Methode ausgefüllt. Dabei werden einerseits empirisch bestimmte Abhängigkeiten von der Bodentemperatur, Globalstrahlung und der Bestandes-Höhe verwendet und in einem zweiten Schritt auch noch eine lokale Anpassung mit einem gleitenden Filter (über 5 Tage) durchgeführt. Die vervollständigten Zeitreihen des CO<sub>2</sub> Flusses werden aufintegriert und so ein jährliches CO<sub>2</sub> Budget bestimmt. Im Vergleich der Jahre 2002 und 2003 fällt vor allem der grosse Unterschied in den Sommermonaten (Juni bis August) auf. Während im Sommer 2002 auf beiden Feldern eine deutliche Netto-CO<sub>2</sub>-Aufnahme stattfand, war im Sommer 2003 ein Netto-CO<sub>2</sub>-Verlust zu beobachten, da wegen der geringen Bodenfeuchte und hohen Temperaturen die Assimilation am Tag stark reduziert war und von der Respiration insgesamt übertroffen wurde. Entsprechend blieb in dieser Phase auch das Graswachstum sehr gering. Allgemein war für das extensive Feld ein geringerer CO<sub>2</sub> Austausch (Aufnahme und Abgabe) zu beobachten als für das intensive Feld.

Um ein komplettes Kohlenstoff-Budget für die beiden Grasland-Ökosysteme zu bestimmen, wurde der Netto-CO<sub>2</sub>-Austausch mit den anderen Kohlenstoff-Import/Export-Prozessen verrechnet. Diese umfassen einerseits den Biomasse-Export durch die Ernte und andererseits den Import von organischer Materie in der Vollgülle. Im Jahresbudget resultiert für 2002 eine Kohlenstoff-Aufnahme für das intensive Feld, während das extensive Feld tendentiell eine Verlust anzeigt. Für 2003 hingegen ist bei beide Felder gleichermassen einen Netto-Kohlenstoff-Verlust zu beobachten. Dies hängt wahrscheinlich mit dem aussergewöhnlich heissen Sommer zusammen, zeigt aber auch die beträchtliche Jahr-zu-Jahr Variabilität im Kohlenstoff-Budget und damit die Notwendigkeit von langfristigen Messungen.

## **Stoffkreisläufe zwischen Pedo- und Atmosphäre: Vorstellung der Projekte des Instituts für Umweltgeowissenschaften der Universität Basel**

Christine Alewell, Franz Conen, Daniel Obrist

*Institut für Umweltgeowissenschaften, E-Mail: vorname.name@unibas.ch*

Ziel des Vortrages ist, die laufenden und geplanten Projekte des Institutes für Umweltgeowissenschaften der Universität Basel vorzustellen. Neben ersten Ergebnissen der neuen Projekte werden zurückliegende Ergebnisse, auf denen die geplanten Projekte aufbauen, sowie Projektkonzepte präsentiert.

Wesentlicher Kern der Projekte am Institut ist der Austausch von Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Quecksilber zwischen Pedo-, Bio- und Atmosphäre. Neben dem natürlichen Kreislauf der Elemente und den wichtigsten Quellen- und Senkenfunktionen, wird vor allem auch der Einfluss von Bodendegradation und Klimawandel besonders berücksichtigt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem komplizierten Wechselspiel von Redoxprozessen zwischen aeroben Böden und Feuchtgebieten sowie der Boden Neubildung im Gletschervorfeld.

Hinsichtlich des Quecksilberkreislaufes ist ein erstes Ziel, die durch anthropogene Deposition beeinflusste Senken- und Quellenfunktionen von Ökosystemen und einzelnen Kompartimenten des Ökosystems zu erfassen. Stoffflüsse werden in-situ gemessen. Atmosphärische Messungen werden dabei mit der modifizierten Bowen-Ratio-Methode erfasst. Dabei wird als neuer Ansatz neben CO<sub>2</sub> als Tracer – Gas auch Radon zur Extrapolation der Hg – Flüsse genutzt. Ein zusätzliches Teilziel des Projektes ist der Einfluss von Redoxbedingungen im Boden auf die Quellen- und Senkenfunktion von Quecksilber. Hierzu werden sowohl Stoffflüsse von Methan und Lachgas im Boden wie auch stabile Schwefelisotope in der Bodenlösung untersucht.

Weiterhin werden im Vortrag erste Untersuchungen zur Senkenfunktion von Ökosystemen hinsichtlich Stickstoff und Kohlenstoff vorgestellt. Dabei werden neben Grassland – Ökosystemen, die nach ersten Untersuchungen eine Senke für N<sub>2</sub>O sein können, auch erste Ergebnisse der Kohlenstoff- und Stickstoffsinken von sehr jungen Böden in Gletschervorfeldern präsentiert. Der Einfluss der Bodendegradation auf den Stoffkreislauf von Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff soll in den Schweizer-Alpen mit Hilfe von stabilen Isotopen, Mineralanalysen sowie der Analyse von Nährelementen (Ca, Mg, K) untersucht werden. Besonders die Wechselwirkung von Bodenversauerung, Bodenerosion und Redoxbedingungen ist dabei im Fokus der Untersuchungen.

## Notwendige Grundlagenforschung in der atmosphärischen Grenzschicht, besonders für die Flux-Bestimmung

Atsumu Ohmura<sup>1)</sup>, Mathias W. Rotach<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>IAC-ETH, [atsumu.ohmura@env.ethz.ch](mailto:atsumu.ohmura@env.ethz.ch)

<sup>2)</sup>MeteoSchweiz, [mathias.rotach@meteoschweiz.ch](mailto:mathias.rotach@meteoschweiz.ch)

Die Planetare Grenzschicht (oder atmosphärische Grenzschicht, PBL) ist die unterste Schicht der Atmosphäre, die durch *Turbulenz* charakterisiert und bestimmt ist. Entsprechend wichtig sind *turbulente Austauschprozesse*, oder eben turbulente Flüsse, sei es in der Nähe der Erdoberfläche (bodennahe Grenzschicht, SL) oder innerhalb der PBL. Ein theoretisches Verständnis der Physik der turbulenten Prozesse wurde zuerst für den SL unter dem Begriff der Ähnlichkeitstheorie (Similarity Theory) von Monin und Obukhov entwickelt und später für verschiedene sog. Skalierungs-Regimes verallgemeinert. Grundlage all dieser Ansätze ist die Annahme (Voraussetzung) der Stationarität, der horizontalen Homogenität und der Abwesenheit von Topographie. Entsprechend gibt es für den (über Land) eher seltenen Oberflächentyp ‚flach und horizontal homogen‘ einigermaßen gut abgestützte und gut bekannte Beziehungen, die den turbulenten Austausch beschreiben. Grundlagenforschung auf diesem ‚traditionellen‘ Gebiet betrifft die Bestimmung der Rauigkeitslänge für Skalare (wie fühlbare Wärme) im Vergleich zu derjenigen für Impuls (Besonders wichtig in numerischen Modellen); die Bestimmung des Werts der v. Kármán Konstante; die Konsolidierung der Semi-empirischen Funktionen (z.B. Monin-Obukhov Funktion für Impuls). Ein wichtiges Gebiet der immer noch notwendigen Grundlagenforschung - auch unter idealen Oberflächenbedingungen - ist die *stabile Grenzschicht* (Zilitinkevich und Calanca 2000). Hier sind Messungen viel schwieriger und aufwändiger und damit halb-empirische Funktionen weniger genau (Ohmura et al. 2000). Zudem ist aber auch das theoretische Rüstzeug weniger komplett. Insbesondere die Fragen nach der Längenskala (Obukhov-Länge vs. *buoyancy length scale*) im SL, die Beschreibung der Turbulenz-Spektren in der stabilen PBL sowie dem Verhältnis zwischen der ‚nächtlichen Grenzschicht‘, also einer durch kurzzeitige Abkühlung entstehende stabile Schichtung, und der ‚permanent stabilen Grenzschicht‘ wie z.B. über einem grossen Eisschild (Ohmura 2001), ist nicht restlos beantwortet.

Grosse Anstrengungen müssen unternommen werden, um turbulente Austauschprozesse über *inhomogenen, nicht-idealen und nicht flachen Oberflächen* besser zu verstehen. Grundsätzlich sind dies die drei ‚generischen‘ Probleme der heutigen Grenzschichtforschung:

- *Die Oberfläche ist nicht ideal* (z.B. Waldbestand, Vegetation, Stadt). Selbst wenn ein Waldbestand, unendlich ausgedehnt‘ und ‚homogen‘ ist, findet der ‚Oberflächen-Austausch‘ nicht an der Oberfläche statt, sondern durch eine Rauigkeitsschicht (roughness sublayer, RS), die den eigentlichen Bestand umfasst (Rotach und Calanca 2002). Aktuelle Forschungsthemen umfassen die Charakterisierung der Höhe des RS, Bestimmung der Turbulenz-Charakteristik innerhalb des RS, Einfluss von minimalster Topographie auf die Austausch-Effizienz (v.a. nächtliches Abfließen), Charakterisierung des RS für grösser-skalige Prozesse (z.B. Nullflächenverschiebung).
- *Die Oberfläche ist nicht homogen* (z.B. Übergang Land-Wasser, Stadt-Land, Wald-Wiese). Idealisierte solcher *Settings* wurden mit Hilfe von numerischen Modellen untersucht, und es bestehen einfache Beziehungen über die Einflussgebiete. Allerdings wurde kaum eine dieser Beziehungen experimentell verifiziert. Die drängendste Frage ist diejenige nach dem *effektiven Austausch* einer bestimmten Fläche (z.B. ein Modell-Gitterquadrat) mit gegebener Anordnung von verschiedenen Oberflächentypen. Unterschiedliche Ansätze zur *Fluss-Aggregation* werden untersucht (Bünzli und Schmid 1998). Auf der experimentellen Seite wird versucht, mittels Scintillometern über eine bestimmte Strecke gemittelte turbulente Flüsse zu bestimmen (Weiss et al. 2001). Dies ist ‚gefährlich‘, weil die Scintillometer-Methode implizit auf der Annahme ‚flach und horizontal homogen‘ beruht. Trotzdem werden erstaunlich gute Resultate erzielt, sogar in

topographisch gegliedertem Gelände oder über einer Stadt-Oberfläche. Eng verknüpft mit der Inhomogenität der Oberfläche ist das Konzept des *Footprint*. Dieser gibt an, von welchem Teil der Oberfläche eine bestimmte Information (z.B. der turbulente Fluss sensibler Wärme auf einer bestimmten Höhe) beeinflusst ist. Modelle zur Bestimmung von Footprints bestehen vor allem für ideale (oder idealisierte ‚nicht-ideale‘) Oberflächen (Kljun et al. 2004). Sie müssen dringend auf reale Oberflächen erweitert werden.

- *Die Oberfläche ist nicht flach.* Die Neigung einer Oberfläche bestimmt den turbulenten Austausch in vielerlei Hinsicht. Angefangen von der Strahlungsbilanz, die auf die geneigte Oberfläche bezogen werden muss, über lokale Strömungen (z.B. *slope/drainage winds*) bis zur Definition der Referenzrichtung (normal zur Oberfläche wie für Impuls) oder lotrecht (wie für Auftriebsflüsse): all diese Dinge sind entscheidend für den turbulenten Austausch. Für sehr moderate Steigungen gibt es linearisierte Theorie, die oft gut Resultate liefert (aber selten anwendbar ist). In Bezug auf turbulente Austauschprozesse müsste die Grundlagenforschung sicherlich zunächst die Fragen nach der Referenzrichtung (Koordinatensystem: *double/tripple rotation* oder *planar fit*?) sowie diejenige der grundsätzlichen Anwendbarkeit der Ähnlichkeitsprinzipien behandeln. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, Advektionsprozesse eingehend zu studieren (vgl. nicht geschlossene Energiebilanz in komplexer Topographie). Komplexe Topographie ist gerade in einem Land wie der Schweiz sicherlich die grösste und wichtigste Herausforderung an die Grenzschichtforschung der nächsten Zukunft. Über die Struktur des turbulenten Austauschs in der PBL (geschweige denn seine Beschreibung) unter solchen Bedingungen ist erst sehr wenig und Sporadisches bekannt (Rotach et al. 2004). Es ist dringend notwendig, durch gezielt experimentelle Anstrengungen in Kombination mit numerischer Modellierung unser Verständnis in dieser Hinsicht zu verbessern.

Bemerkenswert ist, dass insbesondere in gebirgigen Regionen die drei Schwierigkeiten natürlich zusammen auftreten.

## Referenzen

- Bünzli, D. and Schmid, H.P., 1998: The influence of surface texture on regionally aggregated evaporation and energy partitioning. *J. Atm. Sci.*, **55**, 1998, 961-972 .
- Kljun, N; Calanca, P. Rotach, M.W. and Schmid, H.P.: 2004, ‘A simple parameterization for flux footprint predictions’, *Boundary-Layer Meteorology*, **112**, 503–523.
- Ohmura, A., 2001: Summit Greenland Environment Observatory. *Memoirs of National Institute of Polar Research*, **54**, 153-159.
- Rotach, M.W. and Calanca, P.: 2002, ‘Microclimate’, in Holton, J.C., Pyle, J and Curry, J.A. (Eds.), ‘*Encyclopaedia of Atmospheric Sciences*’, Academic Press, 1301-1307.
- Rotach, M.W, P. Calanca, G. Graziani, J. Gurtz, D.G. Steyn, R. Vogt, M Andretta, A. Christen, S. Cieslik, R. Connolly, S.F.J. De Wekker, S. Galmarini, E.N. Kadygrov, V. Kadygrov, E. Miller, B. Neininger, M. Rucker, E. van Gorsel, H. Weber, A. Weiss, M. Zappa: 2004, ‘Turbulence structure and exchange processes in an Alpine Valley: The Riviera project’, in press *Bulletin of the American Meteorological Society* (planned Sept/04, Vol 85, No9).
- Weiss, A.; Hennes, M. and Rotach, M.W.: 2001, ‘Derivation of refractive index- and temperature gradients from optical scintillometry for the correction of atmospheric induced problems in highly precise geodetic measurements’, *Surveys in Geophysics*, **22**, 589-596.
- Zilitinkevich, S. and Calanca, P., 2000: An extended similarity theory for the stably stratified atmospheric surface layer. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **126**(566), 1913-1923.

## Die Bedeutung des Mikroklimas für die Stomata-Regulation von Bäumen

Roman Zweifel, *roman.zweifel@ips.unibe.ch*)

Der Austausch von Energie und Stoffen zwischen Boden und Luft in einem Waldökosystem wird zu einem wichtigen Teil durch die Spaltöffnungen (Stomata) in Blättern und Nadeln der einzelnen Bäume reguliert. Durch die Stomata entweicht Wasser aus der Pflanze in die Atmosphäre, durch dieselben Öffnungen wird aber auch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) für die Photosynthese aufgenommen. Beide Prozesse sind unabdingbar verknüpft mit einem Energieumsatz. Gerade in trockenen Gebieten wie dem Wallis müssen Bäume eine Balance zwischen einer optimalen CO<sub>2</sub>-Aufnahme, einer Kühlung der Blätter und einem begrenzten Wasserverlust finden, d.h. die Stomata müssen je nach Situation geöffnet oder geschlossen werden. Dabei zeigen verschiedene Baumarten innerhalb der gleichen Vegetation erstaunlich unterschiedliche Reaktionen auf das vorhandene Mikroklima.

Ökophysiologische Forschungsprojekte im Wallis (Salgesch und Jeizinen: *Quercus pubescens*, *Pinus silvestris* und *Juniperus communis*) und im Bündnerland (Davos: *Picea abies*) haben in den letzten 10 Jahren diese Unterschiede und die zu Grunde liegenden Mechanismen untersucht.

Zur Erfassung der nötigen mikroklimatischen und physiologischen Grössen im Feld wurden solarenergie-gespiesene elektronische Messstationen betrieben, die 365 Tage im Jahr im 10 Minutentakt Daten zu Luft- und Bodentemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung, Wind, Niederschlag, Bodenwasserpotential, Wasserflussraten in Stämmen und Ästen und die täglichen Stammradiusänderungen lieferten. Hinzu kamen zeitweise durchgeführte Messungen von akustischen Emissionen an Stämmen, Blattwasserpotentialen und phänologische Beobachtungen.

Diese Kombination von klimatischen und physiologischen Daten ermöglichten einen tiefen systemischen Einblick in die Regulationsmechanismen von Baumindividuen. Über Jahrzehnte ist versucht worden, Korrelationsmodelle zwischen Klimafaktoren und der Stomataregulation aufzustellen. Immer wieder hat man aber festgestellt, dass die Stomata von Bäumen nicht linear auf klimatische Faktoren reagieren und die entsprechenden Simulationen im besten Fall für bestimmte Mikroklima-Bedingungen befriedigend sind. Inzwischen ist man in weiten Kreisen zur Überzeugung gelangt, dass es für ein befriedigendes Verstehen von stomatären Reaktionen von Baumindividuen neben dem Mikroklima (anstatt Makroklima) vor allem auch ein konzeptionelles Verständnis darüber braucht, wie der physiologische Zustand in den Blättern mit dem Mikroklima zusammenhängt und wie dieser Blattzustand wiederum von hydraulischen Eigenschaften des Fliess- und Speichersystems des Baumes abhängt.

In dieser Kombination von baum-externen und baum-internen Faktoren lassen sich physiologisch-physikalische Modelle aufstellen, die mit Hilfe von Feedback-Mechanismen die Stomataregulation über ganze Vegetationsperioden hinweg zufriedenstellend simulieren können.

Die artspezifischen Unterschiede im Fliess- und Speichersystem eines Baumes in Kombination mit den antreibenden mikroklimatischen Bedingungen erklären unter anderem, warum Eiche, Föhre und Wachholder in südexponierten Trockenlagen des Wallis ganz unterschiedliche mikroklimatische Ansprüche haben, um optimale physiologische Leistungen zu erbringen. Während die Föhre in den feuchtesten Perioden eines Sommers besser abschneidet als die beiden anderen Arten, ist die Eiche bei mittlerem Trockenstress und der Wachholder an den Extremtagen am erfolgreichsten. Die Baumwasserdefizite zeigen hingegen eine erstaunliche Gleichläufigkeit zwischen Eiche und Föhre und können zu einem sehr hohen Prozentsatz aus den rein physikalischen Zuständen in Boden (Bodenwasserpotential) und Luft (Dampfdruckdefizit) erklärt werden.

## CO<sub>2</sub>-Flüsse über den Wäldern der Médoc/Landes (F) und in Folgeprojekten

Bruno Neininger<sup>1</sup>, Martin Bäuml<sup>1</sup>, Andreas Volz-Thomas<sup>2</sup>, Heiner Geiss<sup>2</sup>, Ingeborg Levin<sup>3</sup>,  
Bettina Löscher<sup>4</sup>, Rolf Neubert<sup>4</sup>, Uwe Rascher<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MetAir AG, bruno.neininger@metair.ch, mbaeumle@bluewin.ch

<sup>2</sup>Forschungszentrum Jülich, a.volz-thomas@..., h.geiss@..., u.rascher@fz-juelich.de

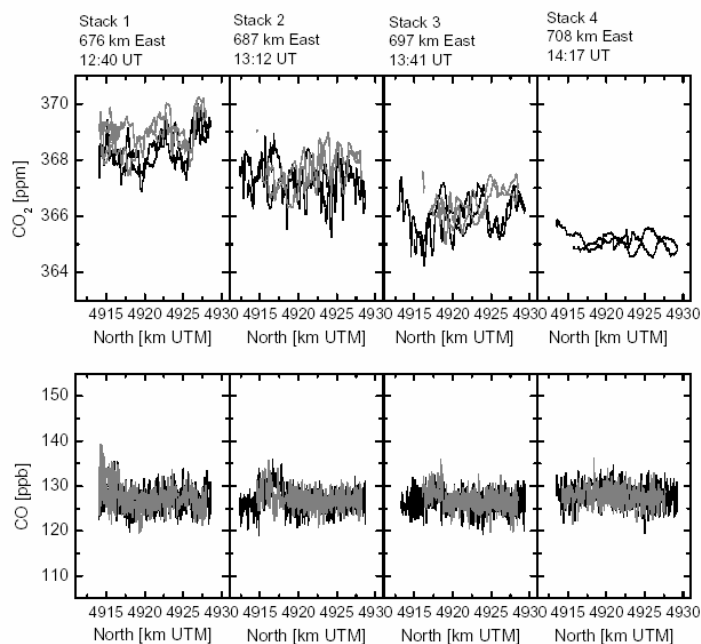
<sup>3</sup>Universität Heidelberg, ingeborg.levin@iup.uni-heidelberg.de

<sup>4</sup>Universität Groningen, b.loescher@..., r.neubert@phys.rug.nl

MetAir betreibt seit 14 Jahren ein Kleinflugzeug für die Umweltforschung. Der Schwerpunkt der Instrumentierung lag anfänglich in der Meteorologie und Photochemie (Ozon, Stickoxide und VOC's), wurde aber seit 2001 in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner FZJ und den zwei weiteren oben aufgeführten Institutionen mit Sensorik für CO<sub>2</sub> und CO ausgebaut, sowie für die manuelle und automatische Probenahme für Laboranalysen. Bisherige Anwendungen untersuchten in drei verschiedenen Zeit- und Raumskalen CO<sub>2</sub>-Umsätze in der Troposphäre:

- A) Saisonale/kontinental: Monatliche Vertikalsondierungen (in-situ und Laborproben) im Rahmen von AEROCARB/CarboEurope-IP.
- B) Regionale Bilanzen (Stunden/30 km).
- C) Kleinräumige Vertikalflüsse und Turbulenzstrukturen (Minuten/sub-Kilometer).

*Fig. 1: CO<sub>2</sub>- und CO-Konzentrationen am 23. Juni 2001 an vier quer zur mittleren Strömung liegenden Traversen (Stacks, je drei Höhen), welche zeitlich so aufeinander folgten, dass jedes Mal die selbe Luftmasse durchquert wurde (Lagrange'sche Messung). CO<sub>2</sub> (obere Reihe) nahm um rund 3 ppm ab, während CO konstant blieb. Letzteres zeigt (zusammen mit anderen, hier nicht gezeigten Fakten), dass keine anderen Luftmassen eingemischt wurden und dass die Messung nicht durch anthropogene Quellen beeinflusst war. Die aus dem Windfeld (im Flug gemessen) und der Konzentrationsabnahme errechnete CO<sub>2</sub>-Aufnahme (NEE) betrug  $16 \pm 2.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (gegenüber  $18.8 \pm 3.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  aus Eddy Korrelation an einem Turm und  $14.1 \pm 3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  aus Modellrechnungen).*



Der Vortrag diskutiert primär ein erstes, nun abgeschlossenes und publiziertes Feldexperiment zum Thema "Regionale Bilanzen" über dem ausgedehnten Waldgebiet südlich von Bordeaux (Schmitgen et al., 2004). Dieses homogene, mit maritimer Luft angeströmte, bereits durch lokale Flussmessungen an einem Turm gut untersuchte Gebiet erlaubte es, eine neue Methode zu testen: Statt Vertikalflüsse mit "eddy covariance" wurden integrale Box-Bilanzen gemessen, was sehr hohe Messgenauigkeit erfordert. Eine Luftmasse wurde mit mehreren Quertraversen von ca. 20 km Länge über eine Strecke von ca. 30 km verfolgt und die CO<sub>2</sub>-Aufnahmerate aus der CO<sub>2</sub>-Konzentrationsabnahme ermittelt. Um Verdünnungseffekte oder anthropogene Emissionen zu detektieren und allenfalls auszufiltern, wurde nicht mit den CO<sub>2</sub>-Konzentrationen alleine gearbeitet, sondern mit deren Verhältnis zum CO, welches nicht an den biogenen Umsätzen beteiligt ist und im einfachsten Fall (Figur 1) konstant war. Das Resultat des besten Messtages (perfektes Lagrange-Pattern und andere ideale Randbedingungen) ist in Figur 1 zusammengefasst.

Nebst den hier dargestellten Konzentrationen von CO und CO<sub>2</sub> wurden weitere Substanzen wie Stickoxide und VOC's (Kohlenwasserstoffe von C<sub>4</sub> bis C<sub>10</sub>, mit Gaschromatograph im Flugzeug) gemessen, was weitere Einblicke in die Austauschprozesse erlaubt (z.B. zusätzliche Charakterisierung von anthropogenen Einflüssen oder Isopren-Emissionen parallel zur CO<sub>2</sub>-Aufnahme).

Auch die unter A) und C) erwähnten Skalen werden kurz mit Resultaten vorgestellt: Monatliche Vertikalsondierungen am Schauinsland (Freiburg i.Brsgr.) seit August 2001, mit ihren typischen saisonalen Strukturen, inklusive der O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> -Verhältnisse und Vergleiche mit der Bodenstation Schauinsland. Ab August 2003 wurden diese Sondierungen in die Region Jungfraujoch auf 4000 mMSL ausgedehnt.

Das letzte Experiment fand im August 2004 über dem durch aktive Zuckerrübenfelder und abgeerntete Getreideflächen geprägten Gebiet südöstlich von Jülich statt. Dort wurden die Skalen B) und C) kombiniert, indem einerseits Boxen befliegen wurden, welche eine Bilanzierung erlauben (diesmal unter erschwerten Bedingungen, mit markanten anthropogenen Emissionen aus einem Braunkohlekraftwerk). Andererseits wurden kleinskalige Strukturen gesucht, mit der Arbeitshypothese, dass sich der markante Wechsel von CO<sub>2</sub>-Aufnahme (Zuckerrüben) und – Abgabe (Getreidestroh) in den turbulenten Flüssen von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O auf 100 bis 300 mGND zeigen sollte. Dieses Experiment wurde mit einer Fernerkundungsmethode (Hyperspectral Scanner plus Video) unterstützt.

Der Vortrag soll auch zeigen, wie die Flugzeugmessungen (skalenübergreifend, multi-Parameter, nicht ortsgebunden) für regionale Kohlenstoffbilanzen in der Schweiz – z.B. in Gebirgsgegenden – eingesetzt werden könnten.

Schmitgen, Sandra; Geiß, Heiner; Ciais, Philippe; Neininger, Bruno; Brunet, Yves; Reichstein, Markus; Kley, Dieter; Volz-Thomas, Andreas (2004): Carbon dioxide uptake of a forested region in southwest France derived from airborne CO<sub>2</sub> and CO measurements in a quasi-Lagrangian experiment. *J. Geophys. Res.*, 109, D14, 2004 ( doi:10.1029/2003JD004335)

## **Stable C isotopes reveal the effects of land use in mountainous ecosystems**

Eva Bantelmann<sup>1</sup>, Nele Rogiers<sup>1</sup>, Werner Eugster<sup>2</sup>, Nina Buchmann<sup>2</sup>, Rolf Siegwolf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Laboratory for Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen PSI*

<sup>2</sup>*Institute of Plant Sciences, ETH Zentrum, LFW C56, Universitätsstrasse 2, CH-8092 Zürich, Switzerland, eva.bantelmann@psi.ch*

Within the EU-project CARBOMONT (Effects of land use change on sources, sinks and fluxes of **carbon** in European **mountain** areas) the source/sink relationship of biogenic carbon fluxes and its flux components are investigated in European mountainous ecosystems. In this project, the Net Ecosystem Exchange (NEE) of carbon and water in grassland ecosystems is measured with the eddy covariance method at 13 sites in Europe.

NEE alone does not allow a detailed analysis of changes in the carbon fluxes of an ecosystem. A separation of NEE into the component fluxes (assimilation, ecosystem respiration of plants and soil) will provide a more thorough view on how land use change affects the carbon budget. At the Swiss study site Seebodenalp, we partitioned the measured NEE with the help of stable carbon isotopes. Each CO<sub>2</sub> flux component has typically a specific isotopic signature. Therefore we analyzed air samples as well as plant and soil materials of the different compartments of our grassland ecosystem for their  $\delta^{13}\text{C}$  values and separate NEE into net assimilation and respiration. Thus, we will get an insight into the dynamics of the carbon exchange processes with respect to the ability of the ecosystem having a carbon source or carbon sink potential.

In the presentation, first results of NEE-partitioning of two adjacent grasslands, one extensively used and one abandoned, will be compared throughout the vegetation period.

## **Evidence for N<sub>2</sub>O sinks in soil other than denitrification**

Franz Conen, Albrecht Neftel, Chris Flechard

*Institute of Environmental Geosciences, University of Basel, franz.conen@unibas.ch*

Sporadic observations of small rates of N<sub>2</sub>O uptake by soil have so far been explained by diffusion of atmospheric N<sub>2</sub>O into anaerobic microsites and subsequent reduction to N<sub>2</sub> by denitrifying bacteria. This explanation is insufficient to account for our observations of preferential uptake, relative to atmospheric concentrations, of N<sub>2</sub>O over O<sub>2</sub> by more than one order of magnitude. Our evidence points to the existence of other soil processes consuming atmospheric N<sub>2</sub>O.

## **CarboEurope IP: Die Kohlenstoffbilanz europäischer Ökosysteme**

Werner Eugster, Nina Buchmann

*Institut für Pflanzenwissenschaften ETH Zürich, werner.eugster@ipw.agrl.ethz.ch,  
nina.buchmann@ipw.agrl.ethz.ch*

Gemeinsam mit der Forschungsanstalt für Agroökologie und Landbau (Agroscope FAL) Reckenholz ist die Schweiz im Europäischen 6. Rahmenprogramm am Integrierten Projekt (IP) **CarboEurope** beteiligt. Dieses Projekt umfasst alle wichtigen langfristigen Beobachtungsstandorte für CO<sub>2</sub>-Austausch. Die Schweiz ist mit einem Hauptstandort beteiligt, der aus drei Messstandorten besteht: (1) **Ackerbau** in Oensingen, (2) extensive und intensive **Wiese** in Oensingen und (3) **Mischwald** am NABEL-Standort Lägeren oberhalb Wettingen.

Das Ziel des Projekts ist es, unser Verständnis der CO<sub>2</sub>-Austauschprozesse von land- und forstwirtschaftlich genutzten Ökosystemen besser zu verstehen und gleichzeitig eine europaweite Datenbasis aufzubauen, die es erlaubt, mittels Interpolationsalgorithmen die Netto-CO<sub>2</sub>-Aufnahme oder -Abgabe europäischer Ökosysteme zu quantifizieren. Die Messungen werden an allen Standorten nach einem harmonisierten Protokoll ausgeführt. Als Messmethodik wird die Eddy-Covarianz-Methode verwendet, die nebst den CO<sub>2</sub>-Flüssen auch Auskunft über die gleichzeitig ablaufende Evapotranspiration, die Energiebilanz der Erdoberfläche und die meteorologischen Rahmenbedingungen erlaubt. An ausgewählten Standorten wird zudem der Bodenkohlenstoffgehalt anhand eines intensiven Beprobungsprogrammes jetzt und später in 5 Jahren nochmals erfasst.

Nebst dem Verständnis der gegenwärtigen Bedingungen des CO<sub>2</sub>-Austauschs bilden diese Daten des CarboEurope-Netzwerkes auch eine ganz wichtige Grundlage, um mittels Computermodellen so genannte Szenarien mit veränderter Landnutzung, veränderten grossräumigen Klimabedingungen usw. zu entwickeln. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls, das die Schweiz mit unterzeichnet hat, sind nämlich nur CO<sub>2</sub>-Senken anrechenbar, die zu einem langfristigen Einlagern von Kohlenstoff in die Bodensubstanz führen, der so genannten „Sequestrierung“.

Wir betreuen die beiden Standorte Ackerbau in Oensingen (Daten seit 22.12.2003) und Mischwald an der Lägeren (Daten seit 31.03.2004; Waldbodenstation seit 07.09.2004).

## Routes and rates of C-input in a temperate deciduous forest demonstrated by a large scale $^{13}\text{C}$ tracer experiment

Sonja Keel<sup>1</sup>, Rolf Siegwolf<sup>1</sup>, Christian Körner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Paul Scherrer Institut, [sonja.keel@psi.ch](mailto:sonja.keel@psi.ch)

<sup>2</sup>Botanisches Institut Basel

We traced the fate of new carbon (C) in a temperate deciduous forest, which is exposed to elevated,  $^{13}\text{C}$  depleted  $\text{CO}_2$  since 2001 (530 ppm,  $\delta^{13}\text{C}$  ca. -15‰). Sampling different compartments during subsequent years after the  $^{13}\text{C}$  tracer was first introduced, provides insight into the rate of C input, which is related to pool size and turnover rate.

Based on mixing equations, we expect a logarithmic increase of new C in all compartments, which is measured as the difference in  $\delta^{13}\text{C}$  between samples collected in the control area and the area exposed to elevated  $\text{CO}_2$  ( $=\delta^{13}\text{C}_d$ ). As a reference for  $\delta^{13}\text{C}_d$ , we grew a C4-grass (*Cynodon dactylon*) in flasks placed in the tree crowns. Because their entire biomass is synthesized from recently fixed  $\text{CO}_2$ , they show the most pronounced  $\delta^{13}\text{C}_d$  that can be expected for the study site.

After applying the  $^{13}\text{C}$  tracer for three years (2001-2003), the  $^{13}\text{C}$  label was found in all compartments investigated except in saprobic fungi.

Leaves and soil air both showed the same logarithmic increase in new C. However,  $\delta^{13}\text{C}_d$  in soil air was consistently lower (-2‰), indicating that a considerable amount of the respired C is still old and unlabelled. In leaves of *Tilia platyphyllos* a  $\delta^{13}\text{C}_d$  of 8‰ was observed already in the first year of  $\text{CO}_2$  enrichment, which is similar to the difference measured in the C4-grass. The reasons why  $\delta^{13}\text{C}_d$  in *T. platyphyllos* is higher than in other species, are subject to further investigations.

In accordance with leaf data, a  $\delta^{13}\text{C}_d$  of 4‰ was found in phloem sap-feeding aphids, as well as in mycorrhizal fungi - both representing rapidly transformed C pools, because they feed on recently assimilated C. Similar  $\delta^{13}\text{C}_d$  of leaves and aphids/mycorrhiza in 2003 suggest that after 3 years the C pool used for leaf formation is nearly replaced by new C.

Since no label was found in saprobic fungi, we conclude that they use very slowly transformed C from unlabelled pools.

## **Quantification of elemental Hg emissions of the Basel urban area using vertical gradients and using $^{222}\text{Rn}$ during stable nocturnal surface layer conditions**

Daniel Obrist, Franz Conen, Roland Vogt

*Institute of Environmental Geosciences, University of Basel, daniel.obrist@unibas.ch*

Atmospheric mercury is an important environmental pollutant which is readily distributed even to pristine and remote ecosystems due to its long atmospheric residence. Anthropogenic sources of atmospheric Hg which include coal combustion, municipal and medical waste incineration are primarily quantified using inventories rather than direct measurements. The objective of this study was a first attempt to directly measure Hg emissions in the urban airshed of Basel. During one month, we measured concentration gradients of Hg at 23 m and 28 m above ground to test if methods based on vertical concentration profiles such as Bowen Ratio methods can be applied to calculate Hg fluxes in urban airsheds. We also measured  $^{222}\text{Rn}$  to test if the Hg/ $^{222}\text{Rn}$  ratios together with a known  $^{222}\text{Rn}$  reference flux will allow quantification of Hg fluxes during stable nocturnal boundary layer periods.

Hg gradients were very small and only significant during 10 days ( $-0.04 \pm 0.01$ ; mean  $\pm$  SE). The measured Hg gradients were always negative with concentrations at 23 m higher than at 28 m indicating Hg emissions to the atmosphere. Because of the small gradients prolonged time periods (e.g., half a day) are necessary for statistically significant detection which prevents shorter time resolutions. On the other hand, the accumulation of Hg during stable atmospheric boundary layer conditions was much more pronounced and easy to detect as concentration of Hg rose higher than  $10 \text{ ng m}^{-3}$  which is five times the level of normal background concentrations. Comparison of the accumulation of Hg to the accumulation of  $^{222}\text{Rn}$  together with a known  $^{222}\text{Rn}$  emission of  $52 \text{ Bq m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$  measured around Basel yielded Hg emissions between  $2.8$  and  $16.7 \text{ ng m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ . While night-time accumulation of Hg is easy to detect, we observed stable nocturnal boundary layers only during 11 nights. We conclude that direct measurement of Hg emissions in urban areas using micrometeorological methods such as gradients and accumulation rates during stable boundary layer conditions are possible. Continuous quantification of Hg emissions, however, will prove difficult because of the detection limits of Hg gradients and because stable atmospheric conditions are relatively infrequent. Nonetheless, the fact that highest Hg emissions were measured during periods when winds came predominantly from the highly industrialized sections around Basel (e.g., Schweizerhalle in the east/south-east direction) indicates that micrometeorological measurements have the potential to locate point sources of Hg in urban environments.

## Partitioning of water vapor fluxes with the $^{18}\text{O}$ stable isotope approach

Daniel E. Theis<sup>1</sup>, Alfred Ayieye<sup>1</sup>, Herbert Blum<sup>2</sup>, Emmanuel Frossard<sup>2</sup>, Rolf Siegwolf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Paul Scherrer Institut, daniel.theis@psi.ch*  
<sup>2</sup>*Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH-Zürich*

Water, as an important factor in plant growth, moves into focus since it is a diminishing resource in certain regions of the world. Being coupled to photosynthetic  $\text{CO}_2$  uptake by using the same entry/exit system in plants (stomates), rising  $p\text{CO}_2$  in the atmosphere is bound to have an impact on water use efficiency (WUE) of plants.

Isotope effects that occur at evaporation sites of water cause fluctuations and gradients of the isotopic composition of water ( $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ ). Thus, acting as a “natural tracer”,  $^{18}\text{O}$  can be used to quantify individual flowpaths of water vapor fluxes. The main goal is to quantify and separate evapotranspiration of an ecosystem into evaporation and transpiration.

Net ecosystem exchange (NEE) of water was measured with gas exchange chambers on a managed grassland site in Eschikon (ZH) treated with different nitrogen regimes. To separate the NEE into evaporation and transpiration water vapor was sampled by cryotrapping and analyzed for  $^{18}\text{O}$  stable isotopic composition. In combination with soil water and leaf water samples the partitioning of the NEE can be approached mathematically. First results of a field study done in May 2004 are discussed.

## **New field method: Gas push-pull tests for the in-situ quantification of microbial activities in the vadose zone**

Karina Urmann, Graciela Gonzalez-Gil, Martin H. Schroth, Josef Zeyer

*Fachbereich Bodenbiologie, Institut für Terrestrische Oekologie  
ETH-Zürich, karina.urmann@env.ethz.ch*

Soils can act as sources or sinks for greenhouse gases. To better understand the underlying processes it is important to quantify microbial activities in situ. Methane is a significant greenhouse gas that is produced by methanogenic microorganisms in different ecosystems under anoxic conditions. At the anoxic/oxic interface methanotrophic bacteria can oxidize the methane to carbon dioxide, which is 21 times less effective as a greenhouse gas. Using the example of methane oxidation, we developed a new field method, the “gas push-pull test” (GPPT) to quantify microbial activities in situ in the vadose zone. A GPPT consists of two phases: the injection of a gas mixture of reactants (e.g. methane, oxygen) and non-reactive tracer gases (e.g. Neon, Argon) into the vadose zone and the extraction of the injection gas mixture together with soil air from the same location. Rate constants of gas conversion are calculated from breakthrough curves of extracted reactants and tracers.

In a first application we quantified methanotrophic activity above the methanogenic zone of a petroleum-contaminated aquifer in Studen, Switzerland. At 2.7 m depth, close to the groundwater table, a steep gradient of methane in a previously measured soil gas profile indicated an active zone of methane consumption. In this zone we determined a first-order rate constant of  $2.19 \text{ h}^{-1}$  whereas at 1.1 m below soil surface it was only  $0.68 \text{ h}^{-1}$ . Co-injection of acetylene as a specific inhibitor for methanotrophs and measurements of the carbon stable isotope fractionation in methane confirmed that the observed methane consumption was microbially mediated. In the future, gas push-pull tests should provide useful quantitative information for a range of different microbial processes in the vadose zone.