

Schlussbericht
(um den Erfolgskontrollbericht gekürzte Fassung)

Projekttitlel:

**Analyse und Monitoring klimarelevanter Parameter zur
Entwicklung von Anpassungsstrategien an Klimawandel und
Landnutzungsveränderungen**

Laufzeit: 01.09.2008 - 31.03.2009

FKZ: 0330868

Projektleiter:

Dr. Frank Messner

Leiter der Stäbe des Wissenschaftlichen Geschäftsführers
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ
Permoserstraße 15
04318 Leipzig

Tel +49 341 235 -1273 (-1226)
Fax +49 341 235 -1387

frank.messner@ufz.de
www.ufz.de

Inhalt

| | |
|--|----|
| I. Kurzdarstellung | 3 |
| I.1 Aufgabenstellung | 3 |
| I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde | 5 |
| I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens | 6 |
| I.4 Anknüpfung an den wissenschaftlich-technischen Stand | 10 |
| I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen | 13 |
| II. Eingehende Darstellung | 15 |
| II.1 Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse | 15 |
| II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises | 25 |
| II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit | 26 |
| II.4 Voraussichtlicher Nutzen/ Verwertbarkeit der Ergebnisse | 29 |
| II.5 Fortschritt auf dem Vorhabensgebiet bei anderen Stellen | 31 |
| II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung nach Ziffer 11 der Nebenbestimmungen ... | 31 |
| III. Erfolgskontrollbericht (<i>in dieser Fassung nicht enthalten</i>) | 32 |

I. Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Anders als sonst üblich in BMBF-Projekten, wurde in diesem im Jahr 2008 bewilligten Projekt die Anschaffung und die Inbetriebnahme von vier Großgeräten bzw. Messplattformen zur Unterstützung der klimabezogenen Forschung des Forschungsbereiches „Erde und Umwelt“ im Rahmen des Helmholtz-Programms „Terrestrial Environment“ gefördert. Auf Basis dieser neuen Infrastruktur werden in vier Teilprojekten neuartige, im Hinblick auf die erreichbare quantitative Auflösung und qualitative Aussage hochinnovative Analyse- und Monitoringmethoden für klimarelevante Parameter entwickelt und erforscht. Damit sollen zukünftig die bereits stattgefundenen Folgen des Klimawandels besser erfasst, zukünftige Klimafolgen besser abgeschätzt und wirksame Vermeidungs-, Anpassungs- und Einflusstaktiken in Bezug auf Klimawandel und Landnutzungsveränderungen entwickelt werden. Einen Überblick über die vier Großgeräte bzw. Plattformen, ihre Einsatzschwerpunkte und die damit verbundenen Investitionsvolumina gibt Tabelle 2 in Abschnitt II.2 dieses Berichts (S. 25).

Obwohl das Hauptziel des Projektes darin bestand, diese Infrastruktur zu instrumentieren und zum Einsatz zu bringen, war die Vorbereitung und Planung ihres zukünftigen Einsatzes im Rahmen der Programm orientierten Förderung sowie ihre Einbettung in darüber hinausgehende Forschungsverbünde und –programme ein wichtiges Nebenziel. Denn die beschaffte Infrastruktur soll langfristig strukturelle Wirkung entfalten und klimarelevante Projekte fördern – auch über die Grenzen des UFZ und der Helmholtz-Gemeinschaft hinaus. Der Auf- und Ausbau der wissenschaftlichen Vernetzungen und Kooperationen mit anderen Helmholtz-Zentren sowie relevanten Universitäten (z.B. Leipzig, Bayreuth, Göttingen, Jena) und anderen nationalen und internationalen Partnern rückt damit auf den Plan.

Als Konsequenz dieser Projektkonstellation wird in diesem Schlussbericht hauptsächlich Bericht erstattet über die Anschaffung der Gerätschaften, über die Entwicklung von spezifischen Methoden zur Inbetriebnahme für den wissenschaftlichen Einsatz, über die Einbettung in wissenschaftliche Programme und Projektverbünde, über erste Ergebnisse aus dem Testbetrieb sowie über die Netzbildung zur Nutzung der neuen Infrastruktur. Angesichts des erfolgreich verlaufenden Projektes kann eine erfolgreiche Weiterbearbeitung der im Projektantrag formulierten Arbeitspakete in den kommenden Monaten und Jahren erwartet werden.

Die Aufgabenstellungen der vier Teilprojekte werden im Folgenden zusammengefasst:

Teilprojekt 1 (Dr. M. v. Bergen, Department Proteomik):

Die Aufgabe im Teilprojekt 1 bestand in der Beschaffung und Inbetriebnahme eines Nano-LC ESI-Ionenfallen-Massenspektrometers (Investitionsvolumen: 0,75 Mio. €), mit dem Ziel der Analyse der Kohlenstoffflüsse sowohl im Methanzyklus, als auch bei der Entstehung von Treibhausgasen aus Böden sowie bei der Fermentationssteuerung in Biogasanlagen. Auf Grundlage der Ergebnisse können zukünftig Maßnahmen abgeleitet werden, um die Freisetzung von Treibhausgasen zu minimieren. Im Fokus stehen hierbei die mikrobiellen Gemeinschaften, die diese Prozesse bewirken. Manipulationen setzen das mechanistische Verständnis und dabei insbesondere die Identifizierung der metabolisch aktiven Spezies voraus. In Kombination mit funktionalen Tracern können diese mittels der hochauflösenden LC-MSn bestimmt werden.

Teilprojekt 2 (Prof. F. Buscot, Department Bodenökologie):

Aufgabe des Teilprojekts 2 war es, eine komplette Plattform zur Analyse metagenomischer Banken aus Böden am Department für Bodenökologie des UFZ zu etablieren (Investitionsvolumen: 0,99 Mio. €). Mit der Plattform sollen zukünftig im Rahmen des POF-Programms *Terrestrial Environment* in Kooperation mit anderen nationalen und internationalen Forschergruppen Analysen unternommen werden, um den Einfluss von Klimaänderungen auf mikrobiologisch gesteuerte Bodenprozesse aufzuklären. Auf der Basis dieses Prozessverständnisses werden dann Indikatoren für rationale und nachhaltige Landnutzungsstrategien abgeleitet.

Die zwei Kernstücke der beantragten Plattform waren:

- ein Pyrosequencer (Genomsequencer 454 FLX. (von der Fa. Roche) und
- eine Microarray Station (von Zinsser Analytic).

Der Pyrosequencer ermöglicht neben der kompletten Genomsequenzierung von einzelnen Organismen eine detaillierte Analyse der Zusammensetzung mikrobieller Lebensgemeinschaften auf der Basis von Hochdurchsatz-Gensequenzanalysen (Metagenomanalysen). Durch einen Vergleich solcher Lebensgemeinschaften zwischen Standorten unter variablen Klimabedingungen bzw. an experimentellen Plots, auf welchen das Klima manipuliert wird, können differentielle Muster in den mikrobiellen Gemeinschaften festgestellt sowie auch die Schlüsselorganismen erkannt werden, die klimasensitiv reagieren. Die Analyse kann sowohl auf Ebene der DNA als auch auf Ebene der RNA durchgeführt werden, so dass an dieser Stelle strukturelle aber auch funktionelle Informationen gewonnen werden.

Nach der Identifizierung von Schlüsselorganismen bzw. von Schlüsselfunktionen werden entsprechende Gensonden produziert und auf Arrays gespottet. Solche Arrays werden eingesetzt, um ein Monitoring des Verhaltens der Schlüsselorganismen und -funktionen (Genexpressionsmuster) in einem engen Zeit-Raum-Raster zu realisieren. So kann die Dynamik der Antwort auf Änderungen im Klima und in der Landnutzung in diesem Zusammenhang sehr detailliert verfolgt werden. Aus dieser Analyse lassen sich die Prozesse feststellen, die die implizierten mikrobiellen Bodengemeinschaften regulieren. Neben einer besseren Vorhersage der Änderung von Bodenfunktionen und ökosystemaren Dienstleistungen im Zuge des globalen Wandels öffnen sich Perspektiven, besonders unerwünschte Prozesse, wie z.B. die Produktion von klimarelevanten Gasen, durch Managementmaßnahmen zu minimieren.

Teilprojekt 3 (Dr. W. Brack, Department Wirkungsorientierte Analytik):

Es wird erwartet, dass durch die Klimaänderung und die damit verbundene Änderung der Landnutzung in verstärktem Maße insbesondere polare toxische und ökotoxische Substanzen in Grund- und Oberflächenwässern auftreten werden. Aufgabe des Teilprojektes war es daher, ein LTQ Orbitrap mit UPLC-Kopplung (Investitionsvolumen: 0,8 Mio. €) zu beschaffen, in Betrieb zu setzen und mit Hilfe seines Einsatzes die Grundlagen zu legen für die Identifikation von polaren Schlüsselchemikalien, die Entschlüsselung ihrer Chemodynamik, ihres Abbauverhaltens und ihrer Wirkung sowie die Abschätzung für das Vorkommen, Verhalten und den Verbleib dieser Stoffe in der Umwelt. Basierend auf den Ergebnissen können politische Handlungsempfehlungen für die Regulierung von Schlüsselchemikalien abgeleitet werden. Die entsprechende weiterführende Forschung wird im POF-Programm *Terrestrial Environment* im Rahmen des Forschungsclusters „*Steering key functions of agroecosystems for optimizing their sustainable use*“ durchgeführt.

Teilprojekt 4 (Dr. P. Dietrich, Department Monitoring und Erkundungstechnologien):

Ziel von Teilprojekt 4 war die Entwicklung und der Aufbau einer Messplattform zur Luftüberwachung sowie zur Erfassung des Emissions- und Immissionsverhalten komplexer urbaner Systeme, wie ausgewählte Landschaftseinheiten, urbane Siedlungsräume, Deponie- und Altlastenbereiche. Basierend auf der Verwendung von Infrarotmethoden wurden Verfahren zur Untersuchung der Emission von Treibhausgasen (C_2O , CH_4 und N_2O) und anderer klimarelevanter Spurengase über verschiedenen Landnutzungsformen unter verschiedenen klimatischen, meteorologischen und anthropogenen Bedingungen entwickelt.

Das Emissions- und Immissionsverhalten komplexer urbaner Systeme erfordert die gezielte Überwachung mit nachfolgender Modellierung von Stoffströmen und deren Zusammensetzung sowie dreidimensionalen Veränderlichkeit im Kontext mit meteorologischen und jahreszeitlichen Schwankungen. Dabei ist die Erfassung des gasförmigen Austrages von klimarelevanten Spurenstoffen vor allem im mesoskaligen Bereich von besonderer Bedeutung – und zwar deshalb, weil hier in besonderem Maße Auswirkungen auf die Gesundheit und Lebensqualität von Populationen im urbanen Bereich zu erwarten sind, erhebliche Schädigungen von Biozönosen über den Luftpfad erfolgen und das komplexe Austragsverhalten weitestgehend unbekannt ist.

Der innovative, hier verfolgte Ansatz für das ungestörte Monitoring von Umweltkompartimenten komplexer urbaner Landschaften ist die Anwendung großskaliger optischer Verfahren ohne Systemeingriffe durch Beprobungen. Dabei sind vor allem aktive und passive FT-IR-Verfahren von ihren analytischen Eigenschaften her besonders für die breitbandige Erfassung gasförmiger Emittenten geeignet. Beide Verfahren arbeiten quasikontinuierlich und erlauben die Beobachtung der Veränderlichkeit von Stoffmustern im Tag- und Nacht-Rhythmus. Das liefert völlig neue Erkenntnisse über das Ausbreitungsverhalten klimarelevanter Spurenstoffe und deren Verteilungsprofilen. Die Verfahren gestatten auch nach methodischer Vorbereitung die Aufnahme von Luftfeuchteprofilen. Damit lassen sich sowohl bisher nicht gelöste und wissenschaftlich anspruchsvolle Fragestellungen zwischen Stoffbelastung im Untergrund und Übergangsverhalten in den urbanen Luftraum, als auch die Erfassung von Emittentenprofilen in urbanen Ballungsgebieten und die Lokalisierung von Quellen klimarelevanter Stoffe erfolgreich bearbeiten.

Darüber hinaus ist die integrative Bereitstellung peripheren Zubehörs, wie Energieversorgungseinheiten (Kopplung Notstromaggregat und Akkubetrieb), Transportbehälter, Seilwinden (Transport auf Hochstände und Aussichtsplattformen) und Fahrschienen für die vereinfachte Quellen-Detektor-Justierung für den Aktivmessmode erforderlich. Ein großer Teil dieser Peripherieelemente bedarf der Entwicklungsarbeit, da die wissenschaftlichen Fragestellungen und der damit verbundene experimentelle Lösungsansatz wissenschaftlich neuartig sind und damit Rückgriffe auf Standardzubehör nicht möglich sind.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Teilprojekt 1:

Im Department ist umfassende Expertise mit LC-MSn vorhanden, so dass die neue Technik nach Lieferung schnell praktisch vollumfänglich zur Verfügung stand. Außerdem wurde im Department mit der Entwicklung des Protein-SIP (Protein-stable isotope coding) schon 2008 ein neuartiger Messansatz entwickelt (Jehmlich et al., ISME Journal, 2008), für den bislang Messungen von Kooperationspartnern verwendet wurden. Die Auswertung der Daten war deshalb bereits vorher etabliert. Mit einem Wissenschaftler, der sich auf massenspektrometrische Analysen spezialisiert hat, stand außerdem ausreichend Personal für die Bedienung und die Einweisung der anderen Mitarbeiter des Departments zur Verfügung.

Teilprojekt 2:

Das Department hatte zum Zeitpunkt der Bewilligung bereits molekularbiologische Labore mit S1 biologischem Sicherheitsbereich und einem 96-Kapillar-Sequenzierer, allerdings fehlte noch Erfahrung in den Bereichen Pyrosequencing und Array-Technologie. Darüber hinaus stellte die Nutzung der Gerätekette die Akquisition eines neuen Know How im Bereich der Bioinformatik voraus, da eine Flut von komplexen Daten produziert werden, die nur mit Hilfe komplexer bioinformatischer Analysen auswertbar und nutzbar sind. Auch setzte die Akquisition der Plattformen Baumaßnahmen voraus, um die Stufe S2 im Bereich der biologischen Sicherheit zu erreichen bzw. um die Funktion der Haupt- und Peripheriegeräte durch die Einrichtung von Anschlüssen und die Klimatisierung mancher Räume überhaupt zu ermöglichen.

Neben diesen technischen und methodischen Voraussetzungen musste ein Nutzungskonzept für die Geräte erarbeitet sowie angemessenes Personal für die intensive technische Betreuung abgestellt werden.

Teilprojekt 3:

Umfangreiche Erfahrungen im Bereich der wirkungsorientierten Analytik zusammen mit erfahrenem Personal auch im Bereich der technischen Bedienung eines LC-MS war eine Grundvoraussetzung für die Erfüllung der Aufgabenstellung von Teilprojekt 3. Diese Voraussetzungen waren zu Projektbeginn vorhanden, sodass eine schnelle Etablierung der neuen Technik gewährleistet war.