

Teilprojekt A3**Funktionale Beziehungen zwischen raumzeitlicher Vegetationsdynamik und Wasserkreislauf**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. G. Menz (<u>Koordinator</u>) Geographisches Institut, Universität Bonn	Geographie, Fernerkundung
Prof. Dr. W. Barthlott Botanisches Institut und Botanischer Garten, Universität Bonn	Vegetationsökologie
Prof. Dr. H. Goldbach / Dr. J. Burkhardt Agrikulturchemisches Institut, Universität Bonn	Landwirtschaft: Ökophysiologie und Pflanzenernährung
Prof. Dr. S. Porembski Botanisches Institut und Botanischer Garten, Universität Bonn	Vegetationsökologie

Zusammenfassung

In Teilprojekt A3: „Funktionale Beziehungen zwischen raum-zeitlicher Vegetationsdynamik und Wasserkreislauf“ sind im ersten Projektjahr die folgenden Ziele erfolgreich erreicht worden:

- 1. Abklärung und Feinabstimmung der inhaltlich-methodischen Fragen,*
- 2. Lösung der organisatorisch-logistischen Probleme,*
- 3. Konkrete Absprachen über die zukünftige, interne Zusammenarbeit und*
- 4. Absicherung der externen Kooperationen mit Partnern in Benin durch bilaterale Kooperationsverträge.*

In Absprachen zwischen den Antragstellern (Barthlott/Porembski, Burkhardt/Goldbach und Menz) mit den neuen Mitarbeitern und in der gemeinsamen Diskussion der übergeordneten Projektziele von A3 ergaben sich teilweise leicht modifizierte Arbeitskonzepte mit entsprechend veränderten Geräteprioritäten (z.B. A3-2). Hier wird gegenwärtig auf die Entscheidung des Projektträgers bzgl. der eingereichten Umwidmungsanträge gewartet.

Insgesamt haben die hervorragend organisierte Projektkoordination, der gemeinsame Workshop mit allen potenziellen Projektpartnern in Cotonou (März 2000), die gemeinsame Vorexkursion in das Untersuchungsgebiet (ebenfalls im März 2000), der intensive Austausch aller Projektmitarbeiter in Köln und Bonn schon nach einer relativ kurzen Projektlaufzeit einen ausgezeichneten Rahmen für die erfolgreiche Durchführung der Forschungsarbeiten von A3 geschaffen.

Workpackage A3-1: Erfassung und Modellierung der Landbedeckung und –nutzung und ihrer Veränderung aus Fernerkundungsdaten

In der ersten Projektphase erfolgt eine raumzeitlich differenzierte Erfassung der aktuellen Landbedeckung und –nutzung mit Hilfe von multitemporalen und -sensoralen Fernerkundungsdaten (LANDSAT-MSS /-TM und NOAA-AVHRR). Durch die Regionalisierung bestehender Klassifikationsverfahren und die Entwicklung neuer Algorithmen sollen Landbedeckungskarten vom lokalen bis in den regionalen Maßstab abgeleitet werden. Aus dem Transfer der entwickelten Methodik auf „historische Datensätze“ (Zeitfenster 1975 bis heute) lassen sich so räumliche Verteilungsmuster in der Vergangenheit rekonstruieren und in einem weiteren Schritt die Vegetationsveränderung flächendeckend quantifizieren.

In Kooperation mit den Arbeitsgruppen aus A3 und A4 erfolgt während der Geländekampagnen eine systematische Aufnahme sowohl der naturnahen Vegetation wie auch der Kulturpflanzen. Aus den Modellergebnissen von Teilprojekt A1 werden atmosphärische Korrekturen in der optischen Daten gerechnet und umgekehrt Informationen zur Landbedeckung (z.B. Normalized Difference Vegetation Index) als Voraussetzung für die Initialisierung der mesoskaligen Klimamodelle bereitgestellt.

Die Aktivitäten des IMPETUS Teilprojektes A3-1 konzentrierten sich auf die *Organisation* der methodischen Arbeitsabläufe, die *Orientierung* im Untersuchungsgebiet und auf die *Beschaffung* der notwendigen Daten und Geräte. Bei den genannten Tätigkeiten wurde eine enge Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten angestrebt, ganz im Sinne des integrativen Ansatzes von IMPETUS, wie er in Abbildung. A3-1 schematisch dargestellt ist.

Einführung in das Untersuchungsgebiet im Rahmen der Vorexkursion

Eine genaue Kenntnis der Oberflächencharakteristik des Untersuchungsgebietes ist für die Auswertungen und Analysen mit Fernerkundungsdaten eine zentrale Grundvoraussetzung. Deshalb wurden im Jahr 2000 zwei Feldkampagnen in Benin durchgeführt. Die erste Vorexkursion im Frühjahr 2000 hatte unter anderem das Ziel, das IMPETUS-Projekt im Rahmen eines Workshops in Benin vorzustellen, u.a. auch um einen Kontakt mit mögliche Kooperationspartner herzustellen. Während des Workshops stellten die einzelnen Teilgruppen des IMPETUS Projektes ihre Forschungsziele die durchzuführenden Methoden vor. Auch Forschergruppen und staatliche Institutionen in Benin präsentierten dabei den Stand ihrer Arbeit. Die Arbeitsgruppe Fernerkundung intensivierte den Kontakt mit dem CENATEL, der Institution, die in Benin für Fernerkundungsaktivitäten verantwortlich ist.

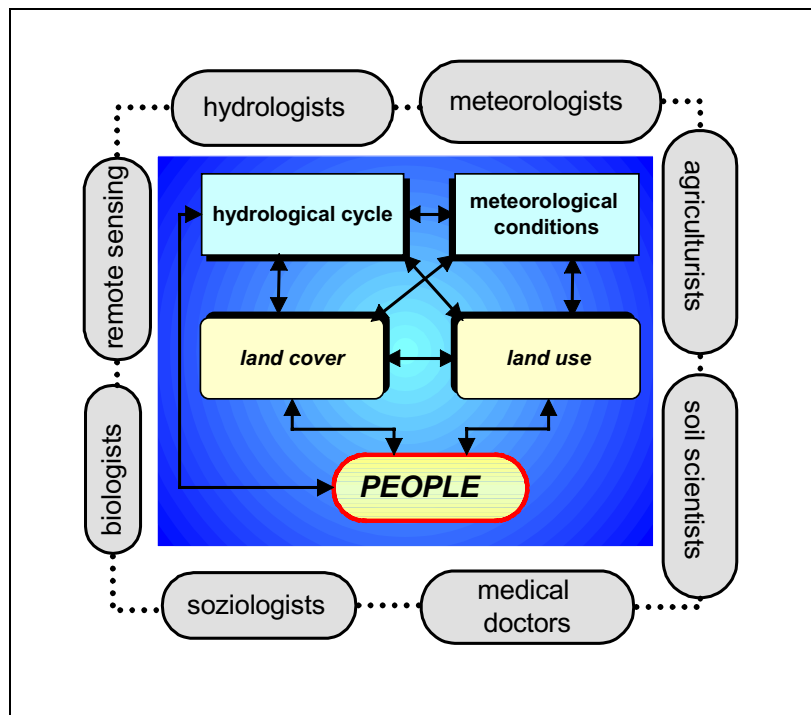


Abb. A3-1: Schema des integrativen Ansatzes von Teilprojekt A3-1

Auf der anschließenden Exkursion in das Catchment des „Upper Oueme“ wurden die ersten Eindrücke des zu untersuchenden Untersuchungsraumes gewonnen. Für das Teilprojekt A3 war die erste Aufnahme und Ansprache der verschiedenen Vegetationseinheiten von besonderem Interesse, hierbei wurde eng mit den Botanikern unter Prof. Porembski aus Rostock zusammengearbeitet. Des weiteren wurde ein Gebiet festgelegt, in dem eine Analyse des hydrologischen Kreislaufs unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussfaktoren (z.B. Vegetation, Boden, Geologie) in einer hohen räumlichen Auflösung durchgeführt werden sollen. Eine Anforderung an dieses „Super Test Site“ war eine möglichst naturnahe Vegetation, die weitgehend von Menschen unbeeinflusst ist. Obwohl das gesamte Einzugsgebiet des „Upper Oueme“ aufgrund des hohen Bevölkerungsdrucks immer stärker bewirtschaftet wird, gelang es ein Gebiet, das den geforderten Ansprüchen so gut als möglich entspricht, zu finden. Für das IMPETUS Teilprojekt A3 ist dabei besonders interessant, dass eine große Variabilität von Vegetationsgesellschaften in dem Untersuchungsgebiet auf kleinem Raum zu finden ist. Dies erlaubt die Ausweisung einer großen Anzahl von Testgebieten, ohne viel Zeit durch lange Wegstrecken zwischen den einzelnen Einheiten zu verlieren. Insgesamt war die Vorexkursion ein voller Erfolg, da sich die seltene Gelegenheit bot mit einer Vielzahl von Experten unterschiedlicher Fachrichtungen direkt im Feld die anstehenden Probleme zu diskutieren.

Zusammenstellung des verfügbaren Kartenmaterials und der Fernerkundungsszenen

Für die *Organisation* der Arbeiten war das Zusammentragen, Sichten und Bewerten der verfügbaren Flächendatensätze eine zentrale Tätigkeit.

Dabei ist voranzuschicken, dass Benin nicht unbedingt im Brennpunkt des Weltinteresses steht. Als Beispiel können die zur Verfügung stehenden Fernerkundungsszenen angeführt werden. Während für andere Gebiete West-Afrikas (z.B. den Sahel) eine große Anzahl von Fernerkundungsszenen vorhanden sind, gibt es für einige Gegenden in Benin im gesamten Zeitraum von 1975-2000 weniger als 5 verfügbare Szenen. Und von diesen Szenen weist nur eine einzige einen Bedeckungsgrad von weniger als 10 Prozent auf.

Da Benin aufgrund seiner schlecht entwickelten Wirtschaft auch nur über sehr beschränkte Finanzmittel verfügt, ist auch das zur Verfügung stehenden Kartenmaterial größtenteils veraltet und weite Teile des Landes werden nicht durch Karten abgedeckt die, einen Maßstab größer als 1:200 000 aufweisen.

Trotz der genannten Schwierigkeiten, gelang es das verfügbare Kartenmaterial des Untersuchungsgebietes zusammengetragen, zu scannen, zu georeferenzieren und den anderen Mitgliedern des Teilprojektes zur Verfügung zu stellen. Die Informationen über die vorhandenen Daten wurden in einer eigens dafür aufgebauten Datenbank abgelegt. Außerdem gelang es, einen kompletten Satz topographischer Karten von Benin im Maßstab 1:200 000, die von russischen Kartographen in den 1970er Jahren erstellt wurden, zu besorgen. Diese Karten wurden ebenfalls in eine digitale Form überführt, georeferenziert und auf einer CD zusammengestellt. Dies ist umso wichtiger, als die offiziellen Stellen in Benin solche Dienste nicht leisten können.

Fernerkundung

Die Arbeitsschritte der Fernerkundungsgruppe für die Analyse der raumzeitlichen Veränderung der Landbedeckung / Landnutzung innerhalb des IMPETUS-Projektes ist in Abbildung A3-2 schematisch dargestellt. Im Jahr 2000 wurde vor allem an den Vorarbeiten zur Erfassung der Landbedeckung / Landnutzung gearbeitet.

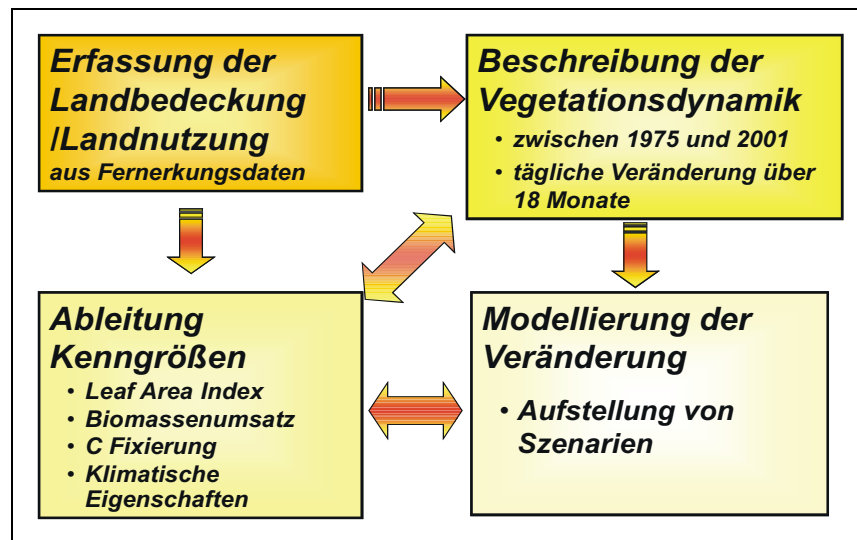


Abb. A3-2: Schematische Darstellung der Aufgaben der Fernerkundung innerhalb des IMPETUS Projektes

LANDSAT

Für die Untersuchung der Vegetationsdynamik innerhalb der letzten 25 Jahre, wurden nach zahlreichen Vorüberlegungen für 3 Zeitschnitte, 1975, 1986 und 2000 LANDSAT-Szenen beschafft, die Staatsgebiet von Benin weitgehend abdecken. Benin ist während der Regenzeit von April bis Ende Oktober sehr oft bewölkt, deshalb wurde auf LANDSAT-Szenen zurückgegriffen, die aus der Trockenzeit November bis März stammen.

Die Prozessierung der Fernerkundungs-Daten aus Benin (siehe Schema in Abbildung A3-3) warf große Probleme auf. Selbst die Georeferenzierung, die in dichter besiedelten Gebieten in industrialisierten Ländern vergleichsweise schnell und unproblematisch durchzuführen ist, ist in Benin aufgrund von fehlender eindeutig zu erkennender Landmarken, die als Passpunkte dienen können, sehr schwierig. Auch der Versuch der Autokorrelation von Fernerkundungsszenen nach einem noch unveröffentlichten Verfahren mit dem Programm CDSAT von M. Canty (Forschungszentrum Jülich) scheiterten. Aus diesem Grund war das Ausscheiden und Einmessen von Passpunkten für die Georeferenzierung ein wichtiges Ziel während der Feldarbeiten (s.u.).

Neben der geometrischen Korrektur hatte die radiometrische Korrektur von Fernerkundungsdaten einen hohen Stellenwert. Gerade die Szenen von Benin stellen aufgrund der im allgemein hohen Luftfeuchtigkeit, den häufigen Dunstschleiern und während des Harmattan hohes Staubgehaltes der Atmosphäre hohe Anforderungen an eine radiometrische Korrektur. Deshalb wurden im Jahr 2000 in der Arbeitsgruppe Fernerkundung umfangreiche Untersuchungen für eine radiometrische Korrektur unternommen. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden die Möglichkeiten

und Grenzen einer Radiometrischen Korrektur mit dem Programmpaket ATCOR (Richter, 1999) und der Einfluß einer solchen Korrektur auf die Klassifikationsergebnisse ausgelotet (laufende Dipl.-Arbeit P. Poete). Eine andere Arbeit befasste sich mit der Atmosphärenkorrektur unter Verwendung des Programms STREAMER (Key, 1999) wobei als Eingangsdaten zur Initialisierung des Modells Re-Analysedaten verwendet wurden (Richters, 2000). Besonders zu hervorzuheben ist, dass die Bedienung der komplexen Programme mit einer einzigen, relativ benutzerfreundlichen Maske realisiert wurde. Dies erleichtert die unabdingbar notwendige radiometrische Korrektur der Fernerkundungsdaten.

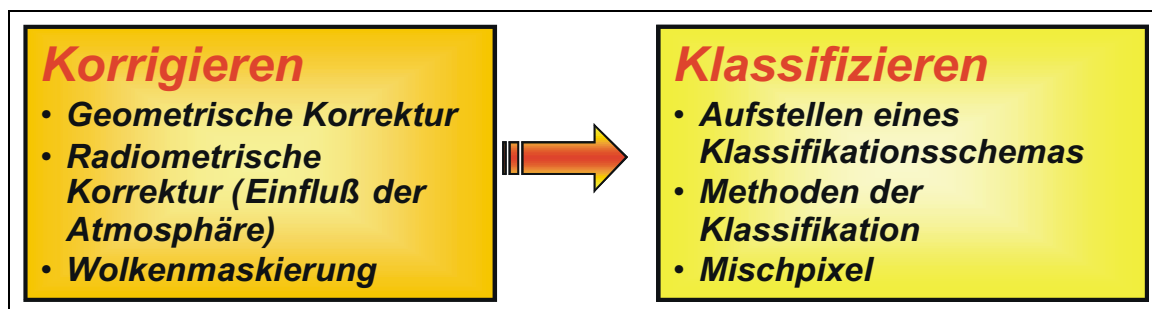


Abb. A3-3: Schematische Darstellung der Aufgaben der Fernerkundung innerhalb des IMPETUS Projektes

In einem zweitägigen Klassifizierworkshop, veranstaltet von der RSRG in Bonn, wurden die neusten Methoden zur Klassifizierung von Fernerkundungsdaten von international anerkannten Experten vorgestellt und von dem zahlreich anwesendem, interessierten Fachpublikum ausgiebig diskutiert. Die dabei gewonnen Erkenntnisse fließen nun in die Klassifizierung der FE-Daten ein. Besonders hervorzuheben ist hierbei der „Knowledgebased Classifier“, einer neuen Klassifizierungsmethode, die für die Klassifizierung der komplexen Vegetationsstruktur von Benin sehr geeignet zu sein scheint.

Ein wichtiger Schritt bei der Klassifizierung ist die Aufstellung eines Klassifizierungsschlüssel. Es wurden zahlreiche Ansätze für den Raum Benin aus der Literatur zusammengetragen und gesichtet. Eine Schwierigkeit ergibt sich dadurch, dass die Pflanzensoziologen Vegetationsklassen über die Zusammensetzung der Arten definieren, eine Aufgabe, die im Moment durch die Fernerkundung noch nicht geleistet werden kann. Dafür ist die räumliche Auflösung der Satelliten noch zu schlecht. Aber in intensiver Zusammenarbeit mit den Botanikern des Teilprojektes A3 in Rostock gelang es, ein Schema zu entwickeln, dass den vielfältigen Ansprüchen der im IMPETUS arbeitenden Wissenschaftlern der unterschiedlichen Disziplinen gerecht wird. Ein weiterer Arbeitsschritt, der begonnen wurde, ist die Aufstellung einer Web Seite, auf der das Klassifizierungsschema erklärt wird und zahlreiche Beispielphotos für die einzelnen Klassen erhält. Wenn dieses Projekt abgeschlossen ist, bieten dieses Seiten einen sehr guten Anhaltspunkt für in West-

Afrika arbeitenden Wissenschaftler die sich mit der Vegetation auseinandersetzen. Dieser Versuch einer Standardisierung wird als eine sehr wichtige Aufgabe erachtet und kann für weitere Arbeiten von großem Nutzen sein.

NOAA-Daten

Die Beschaffung der NOAA-AVHRR Daten für Benin, mit denen eine zeitlich hochaufgelöste Untersuchung der Vegetationsdynamik mit täglichen Aufnahmen über einen Zeitraum von 18 Monaten geleistet werden soll, war sehr aufwendig, da in West Afrika kaum eine zuverlässig arbeitenden Bodenstation existiert. Es wurde ein Vertrag mit der Universität in Accra geschlossen, die nun über eine solche Empfangsstation verfügt. Allerdings gibt es doch noch Probleme mit der Kontinuität bei der Datenübertragung. Aus diesen Grund sind die Arbeit mit NOAA wie noch nicht so weit fortgeschritten wie zuerst geplant. In Bezug auf die Prozessierung der Daten mit dem Programmpaket TERRASCAN wurden große Fortschritte erzielt. Die automatische Geokorrektur wurde deutlich verbessert und auch die selbstständige Wolkenerkennung verfeinert. Durch die Erstellung von Skripten können, sobald die Daten vorhanden sind die Analysen (Berechnung NDVI, LAI, Oberflächentemperatur) zügig durchgeführt und den anderen Teilgruppen überlassen werden.

Für die Datenhaltung wurde eine Metadatenbank aufgebaut die auf einer MYSQL Datenbank basiert und über die Skriptsprache PHP über normale Webbrowser angefahren werden kann. Diese Technik ist im Moment „State of the Art“ und sehr geeignet auch große Datenmengen zu verwalten. Dem Entstehen von berüchtigten „Datenfriedhöfen“ kann dadurch wirkungsvoll entgegengesteuert werden. Außerdem ist es dadurch möglich, in einer weiteren Ausbaustufe die Daten sämtlichen Projektteilnehmern einfach und benutzerfreundlich zur Verfügung zu stellen, ganz im Sinne der interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Feldarbeiten

Nach offiziellem Start des Projektes wurde im Herbst eine Feldkampagne durchgeführt. Dabei wurden zahlreiche Ziele verfolgt. Zum einen sollten Passpunkte für die Georeferenzierung der FE-Daten gefunden werden. Des weiteren galt es, Trainingsgebiete für die Klassifizierung anzusprechen und einzumessen. Außerdem wurde in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der anderen Teilprojekte (A4 und A5) Informationen über die Feldfrüchte, ihre Anbaumethoden, ihren Entwicklungszyklus und den Fruchtwechsel zusammengetragen.

Bei den Feldarbeiten wurden neue Techniken eingesetzt, mit denen die Effizienz der Arbeit deutlich gesteigert werden konnte. Dabei steht die Arbeitsgruppe Menz in engem Zusammenhang mit den entsprechenden Herstellern von Hard- und Software. Dadurch fließen die im Rahmen des IMPETUS Projektes gesammelten Erfahrungen in die Weiterentwicklung und Verbesserung von Produkten ein. Als Beispiel sei der GPS-Link von ERDAS/IMAGINE genannt, für den

der RSRG ein Vorserienmodell zur Verfügung gestellt wurde, um es ausgiebig unter harten Feldbedingungen zu testen.

Des weiteren konnten unter Verwendung eines speziellen Links die Positionsdaten aus dem GPS direkt in die Bilder einer Digitalen Kamera eingearbeitet werden. Das bietet den unschätzbaren Vorteil, dass die Information über den Aufnahmezeitpunkt und Ort der Aufnahmen direkt untrennbar mit dem Bild verlinkt sind. Das ermöglicht auch die Verortung der Bilder nach vielen Jahren ohne jeglichen weiteren Aufwand.

Zusammenarbeit mit anderen IMPETUS Gruppen

Durch den stark interdisziplinäre Ansatz des IMPETUS Projektes gibt es eine Vielzahl von Kontakten und Synergien mit den verschiedenen Wissenschaftszweigen. Diese alle aufzuzählen würde den Rahmen dieses Zwischenberichts bei weitem sprengen. Aus diesem Grund wird im Folgenden nur stichwortartig die wesentlichen Kooperationen mit den anderen Teilprojekten skizziert.

Mit der Gruppe A1 gibt es eine enge Zusammenarbeit. Die Fernerkundung wird die Landnutzungsklassifizierung als Input für die Klimamodelle in unterschiedlicher räumlicher Auflösung liefern. A3 erhält von A1 Informationen über die Zusammensetzung der Atmosphäre, die für eine radiometrische Korrektur benötigt wird.

Auch das Teilprojekt A2 hat Interesse an einer Landnutzungsklassifizierung die aus FE-Daten abgeleitet werden kann. Für die Fernerkundung wiederum sind Aussagen über die räumliche Verteilung von Bodentyp, Bodenart, Bodenwassergehalt, für die Interpretation der FE-Daten wichtig. Dies sind wichtige Eingangsparameter für die Beschreibung der Vegetationsdynamik.

Mit dem Teilprojekt A4 gibt es viele Berührungspunkte. Die von der Gruppe von Prof. Janssens gesammelten Aussagen über die Flächenanteile der einzelnen Landwirtschaftlichen Kulturen können durch die Fernerkundungsgruppe validiert werden. Die von dem Teilprojekt erhobenen Aussagen über die Art der Landwirtschaft, z.B. Fruchtfolge, Aussaat und Erntezeiträume, Feldgrößen, u.a. sind für die Interpretation der Fernerkundungsdaten von großer Wichtigkeit.

Durch die Unterstützung der Fernerkundungsgruppe kann es der Gruppe A5 möglich sein, besondere Landnutzungsformen wie z.B. die Lage von „heiligen Wäldern“ zu finden. Für A3 kann Information über die Art der Bewirtschaftung bei den unterschiedlichen Ethnien von Bedeutung sein.

Literatur

- Key,J. (1999): Streamer User's Guide, Technical Report 96-01. S. 1-99. Department of Geography, Boston University
- Richter,R. (1999): Atmospheric Correction Algorithm for Flat Terrain: Model ATCOR2.
- Richters,J (2000): Integration von globalen Reanalysedaten zur operationellen Atmosphärenkorrektur verschiedener Satellitensensoren. Diplomarbeit, Universität Bonn.

Workpackage A3-2: Analyse und Modellierung der raumzeitlichen Vegetationsdynamik im Haute Vallée de l'Ouémé in Abhängigkeit von klimatischen und anthropogenen Faktoren

Ziel der Arbeiten

In der ersten Projektphase erfolgt eine qualitative und quantitative Erfassung der aktuellen Vegetation ausgewählter Testgebiete in der Region „Haute Vallée de l'Ouémé. Im Detail wird in Kooperation mit den übrigen Arbeitsgruppen aus A3 und A2 die landwirtschaftlich nicht genutzte Vegetation im Aguima-Catchment bei Doguè untersucht. Das Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch ein kleinräumig wechselndes Mosaik verschiedener Wald- und Savannenformationen aus und ist somit repräsentativ für weite Teile der westafrikanischen Sudan- und Guinea-Savanne. Die auf die Inventarisierung folgende kausale Vegetationsanalyse beschäftigt sich mit den steuernden Faktoren, die die Zusammensetzung und Struktur der wichtigsten Vegetationstypen kontrollieren. Zu diesen Faktoren gehören neben abiotischen Faktoren verschiedenste anthropogene Einflüsse (u.a. Beweidung, Feuer, Holzentnahme), die die Vegetationsdynamik in weiten Teilen des wechselfeuchten Westafrika bestimmen. Eine präzise Vorstellung von der Vegetationsdynamik im Untersuchungsgebiet soll anhand der Analyse von Fernerkundungsdaten sowie durch ein regelmäßiges Monitoring von Dauerbeobachtungsflächen erzielt werden. In diesem Kontext soll das natürliche Regenerationspotential ausgewählter, dominanter Baumarten untersucht werden. Zu diesem Zweck werden phytodemographische Analysen der jeweiligen Arten vorgenommen, um modellhafte Vorhersagen über die Überlebenswahrscheinlichkeit einzelner Populationen machen zu können.

Themen der Dissertationen

Im Rahmen der eigenen Arbeitsgruppe werden gegenwärtig zwei Promotionsarbeiten durchgeführt:

Bettina Orthmann: „Untersuchung der aktuellen Ausprägung der Vegetation und der Vegetationsdynamik im Aguima-Catchment, Doguè, Benin“

Der Schwerpunkt der ersten Feldarbeiten lag auf der genauen Erfassung der Wald- und Savannenvegetation im Aguima-Catchment bei Doguè. Die detaillierte Beschreibung der Vegetation erfolgte anhand von Dauerbeobachtungsflächen (Größe 30x30m). Die Flächen wurden mit Metallmarkierungen abgesteckt und mittels GPS eingemessen. Auf jeder Fläche erfolgte die Analyse der Artenzusammensetzung (Baum- und Krautschicht) mittels pflanzensoziologischer Methodik. Die Vegetationsaufnahmen dienen zur Erstellung eines Klassifizierungsschemas, das in Zusam-

menarbeit mit A3-1 eine genaue Analyse der räumlichen Verteilung der Vegetationstypen erlauben soll.

Ludwig Martins: „Struktur und Dynamik von Galeriewäldern im Haute Vallée de l’Ouémé, Benin“

Im Mittelpunkt der Arbeiten steht die Analyse von Galeriewäldern im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen ihrer Struktur und Dynamik und den sie beeinflussenden abiotischen (Flußregime) und anthropogenen Faktoren. Erste Feldarbeiten wurden Ende Februar 2001 begonnen. Die bisher bearbeiteten Galeriewälder entlang des Aguima, Térou und des Aguimo weisen deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung und Struktur auf. Einflußfaktoren, wie Größe des Einzugsgebietes, Inklination des Wasserlaufs sowie unterschiedlich starke anthropogene Einflußnahme dürften für die beobachteten Unterschiede zwischen den Galeriewäldern in erster Linie verantwortlich sein.

Überblick über die verwendeten Methoden

Der große floristische Reichtum im Untersuchungsgebiet machte es erforderlich, dass von einem anfangs erheblichen Teil der vorgefundenen Pflanzen, die nicht direkt bestimmt werden konnten, Herbarbelege angefertigt werden mußten. Letztere konnten mit Hilfe von Spezialisten (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Brice Sinsin, UNB) identifiziert werden. Die qualitative und quantitative Erfassung der einzelnen Vegetationstypen in den Untersuchungsgebieten erfolgte vor allem mittels standardisierter pflanzensoziologischer Methoden. Beispielsweise erfolgte die Bestimmung der Deckungsgrade unter Verwendung der Dezimalskala nach Londo. Dauerbeobachtungsflächen (30x30m) wurden mittels üblicher Methodik eingemessen und inventarisiert. Auf den Dauerbeobachtungsflächen wurden sowohl die Artenzusammensetzung, wie auch Strukturmerkmale (z.B. Durchmesser und Höhe von Bäumen) im Detail erfaßt. Diese Arbeiten erfolgten zunächst in der Regenzeit 2000, sie werden in der Trockenzeit 2001 fortgesetzt um die phänologischen Unterschiede zu erfassen.

Im Rahmen der Promotionsarbeit von Frau Orthmann wurden erste Transektbegehungen (gemeinsam mit A3-1) durchgeführt, um eine auf Satellitenbildern basierende Vegetationskarte zu erstellen.

Erzielte Zwischenergebnisse

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der sich durch ganz Westafrika erstreckenden Sudanzone. Die potentielle natürliche Vegetation ist vor allem durch Trockenwälder und Savannen geprägt (Abb. A3-4). In der ersten Geländephase (September – Dezember 2000) wurden durch Frau Orthmann im Aguima-Catchment 39 Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet und pflanzensoziologisch erfasst. Erste Analysen der Artenzusammensetzung und Deckung zeigen, dass im Aguima-Catchment sechs Vegetationstypen dominieren. Es handelt sich um drei Savannenforma-

tionen (Savane herbeuse, Savane arborée, Savane boisée) und eine Waldformation in drei Varianten (forêt claire à *Isoberlinia doka*, forêt claire à *Uapaca togoensis* und forêt claire à *Anogeissus leiocarpus*). Kleinräumig finden sich daneben dichte Trockenwälder (forêt dense sèche), Galeriewälder (Abb. A3-5) und Dambos entlang der Wasserläufe und die Vegetation der Inselberge. Insgesamt zeigt sich, dass die wesentlichen Vegetationstypen sehr eng miteinander verzahnt sind und ein kleinräumiges Mosaik bilden.

Der gesamte landwirtschaftlich nicht genutzte Untersuchungsraum wird in unterschiedlicher Intensität mit Zeburindern beweidet (Abb. A3-6) und jährlich gebrannt. Aus diesem Grund und bedingt durch Inkulturnahme unberührter Flächen (Abb. A3-7) sind dichte Trockenwälder (forêt dense sèche) kaum noch erhalten. Gegenwärtig findet sich dieser Waldtyp fast nur noch in Form sog. forêts sacrées, den heiligen Wäldern, in denen eine Nutzung stark eingeschränkt ist. In der Sousprefecture Bassila befinden sich die letzten großen, zusammenhängenden Waldbestände Benins. In dieser Region hat in den letzten Jahren die gezielte Holzentnahme stark zugenommen. Im Bereich des Aguima-Catchments werden insbesondere vier Baumarten (*Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Isoberlinia doka*, *Pterocarpus erinaceus*) in großem Maßstab gefällt (Abb. A3-8). Dies führt zur Fragmentierung ursprünglich geschlossener Bestände und dürfte für verschiedene biogeochemische Zusammenhänge in Zukunft von erheblicher Bedeutung sein.

Vernetzung mit anderen Teilprojekten

A1:

Nutzung der bereitgestellten Klimadaten.

A2-1 und A2-2:

Gemeinsame Entnahme von Stechzylinderproben zur Texturbestimmung. Absprache der Messungen zu Bodentemperatur und Bodenfeuchte sowie gemeinsame Auswahl der Meßstandorte. Nutzung des in A2-1 zu erstellenden digitalen Geländemodells. Bereitstellung von vegetationskundlichen Daten, die für das hydrologische Modell benötigt werden.

A2-3:

Gemeinsame Probenahme zur Bestimmung der bodenchemischen und –physikalischen Parameter. Nutzung der zur Verfügung gestellten Daten zu Aufbau, Eigenschaften und Verbreitung der Bodeneinheiten im Untersuchungsgebiet. Gemeinsame Auswahl der Vegetationsklassifizierung und dominierender Vegetationstypen und Pflanzenarten. Darüberhinaus Nutzung der geologischen Kartierung und der Untersuchungen zum Grundwasserstand.

A3-1:

Intensive Zusammenarbeit hinsichtlich der Vegetationsklassifizierung und der Erfassung der räumlichen Verteilung der Vegetation sowie der historischen Entwicklung und künftigen Vegetationsdynamik.

A3-3:

Absprache hinsichtlich der Messung von Strahlung und weiterer mikroklimatischer Parameter sowie der Labormethoden.

A4-2:

Nutzung der zur Verfügung stehenden Informationen zu Siedlungsentstehung und Siedlungsdynamik sowie Landnutzung. Gemeinsame Charakterisierung von Wald- und Savannenformationen, welche von den Migranten zum Ackerbau genutzt werden.

A4-3:

Gemeinsame Erarbeitung von Biomasseparametern in den nicht landwirtschaftlich genutzten Beständen.

A5-1:

Nutzung der Informationen zu Siedlungsentstehung, Siedlungsgeschichte, Bedeutung der animistischen Religionen, Bedeutung der heiligen Stätten. Gemeinsame Bestimmung der für die traditionelle Medizin bedeutsamen Pflanzenarten.

Abbildungen



Abb. A3-4: Wald- Savannenmosaik im Bereich des Haute Vallée de l'Ouéme nahe Ouari Maro.



Abb. A3-5: Galeriewälder zählen zu den artenreichsten Lebensgemeinschaften im Bereich des Aguima-Catchments.



Abb. A3-6: Die Beweidung durch Zebus führt zu einer nachhaltigen Veränderung der Vegetationsstruktur und –zusammensetzung im Untersuchungsgebiet.



Abb. A3-7: Anthropogene Einflüsse (hier die Neuanlage eines Yams-Feldes) führen zu einem rapiden Verlust naturbelassener Vegetationseinheiten.



Abb. A3-8: Im Bereich des Aguima-Catchments kommt es durch selektive Holzentnahme (hier *Khaya senegalensis*) zu einer drastischen Veränderung der Vegetationsstruktur.

Workpackage A3-3: Bestimmung der pflanzlichen Transpiration und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung

Allgemeine Projektabstimmung

Eine Ausdehnung landwirtschaftlich genutzter Flächen und Nachlassen der Bodenfruchtbarkeit stellen zusammen mit dem fortschreitenden Holzeinschlag eine der wesentlichen strukturellen Änderungen des Gebietes dar. In zwei Bereisungen durch die Antragsteller Burkhardt und Goldbach wurden in einer detaillierteren Planung der weiteren Arbeit die für die Untersuchungen in landwirtschaftlichen Kulturen vorgesehenen Ortschaften ausgewählt. Die Details der vorgesehenen Arbeiten werden im Bericht der Gruppe (siehe unten) näher ausgeführt.

Die Beschaffung der Geräte für die Klimastation ist weitgehend abgeschlossen, die Verschiffung findet zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes gerade statt. Die Ausstattung der Klimastation entspricht dem üblichen Standard. Sie wurde zusätzlich so bestückt, dass direkte und reflektierte Strahlung im kurzwelligen und langwelligen Bereich gemessen werden kann. Weitere Beschaffungen sind: Ein Saftflußmeßgerät, ein Wägelysimeter, Blattnässe-Sensoren mit Dataloggern sowie ein Sensor für die Grenzschichtmessung an Blattoberflächen zum Transpirationsverhalten, ein mobiles Photosynthese-Meßgerät zur Ermittlung von Photosynthese und Gasaustausch (kurzfristige water use efficiency).

Abstimmung mit anderen Teilprojekten: siehe unten.

Zusammenarbeit mit Organisationen in Benin

Im Bereich der Untersuchungen zum Einfluß von Bodenfruchtbarkeit und organischer Substanz sowie dem Ernährungszustand der Kulturpflanzen auf die Wassernutzungseffizienz wird in erster Linie mit dem *Institut National des Recherches Agromiques du Bénin (INRAB)* kooperiert. Diese Kooperation bietet sich in besonderem Maße an, da einer der Doktoranden an dieser Institution als Wissenschaftler tätig ist. Kontakte zur Universität (H.Prof.Dr.Nestor Aho) wurden zwischenzeitlich hergestellt, allerdings wird für das Teilprojekt Burkhardt/Goldbach das INRAB Direktor: Dr.J.Détongnon nach wie vor der Hauptansprechpartner bleiben.

Ziele der Arbeitsgruppe

1. Untersuchungen zum Transpirationsverhalten von Nutzpflanzen und natürlicher Vegetation, mikrometeorologische Beobachtungen mit dem Ziel, im Gesamtprojekt Datengrundlagen für die Regionalisierung bereit zu stellen.
2. Feststellung des Einflusses von limitierenden Faktoren der Bodenfruchtbarkeit und der Nährstoffversorgung auf die Produktivität und Wassernutzungseffizienz von wichtigen

Kulturarten im Ouémé supérieur und Erarbeitung von Empfehlungen für die mineralische und organische Düngung.

Spezielle Ziele

Zu 1.: Unterziele des Teilvorhabens: An einem der landwirtschaftlich genutzten Standortes in Nachbarschaft zur sog. „supersite“ soll eine Klimastation alle wichtigen meteorologischen Parameter aufzeichnen. Die Klimastation soll weiterhin sowohl direkte als auch reflektierte Strahlung im kurzwelligen und langwelligen Bereich messen. Ferner sollen so festgelegten UTC-Terminen kontinuierliche Wolkenbeobachtungen gemacht und besondere Ereignisse (Gewitter, Squall-Line) zeitlich datiert werden. Transpirationmessungen sollen mit verschiedenen Techniken erfaßt werden. Diese umfassen: Saftflußmessungen über Bestimmung des Wärmetransfers, Grenzschichtmessungen an Blattoberflächen, Einsatz eines Wägelysimeters sowie Messungen der Transpiration und Photosyntheserate mittels konventioneller Porometermessungen.

Zu 2.: An mindestens 2, bevorzugt 3 Standorten im Projektgebiet sollen auf bereits ausgewählten Feldern mit unterschiedlicher Ausgangs-Bodenfruchtbarkeit 4 verschiedene Düngungsvarianten angelegt werden:

- a) Konventionell mineralisch,
- b) Konventionell mit organischer Düngung (Mist, Gründüngung),
- c) Mineralisch optimiert und
- d) Mineralisch optimiert und organisch.

Der Einfluß der Behandlungen auf Transpirationsverhalten und momentane sowie langfristige „water use efficiency“ soll untersucht werden. Ab dem 2. Versuchsjahr werden zudem einzelne Felder zweigeteilt, auf welchen einmal praxisübliche Nährstoffversorgung mit optimierter Düngung verglichen werden soll. Die Größe der Teilschläge soll über 30 mal 30 Meter liegen, damit eventuelle Unterschiede in Bestandesdichte und Biomasse sowie Chlorophyllgehalt für die Fernerkundung sichtbar werden.

Themen der Dissertationen

Die folgenden Dissertationen sollen im Projekt angefertigt werden (Arbeitstitel):

1. Ansätze zur Regionalisierung des Transpirationsverhaltens von Kultur- und Wildpflanzen im Ouémé supérieur (Bearbeiter: Herr Michael Schulz)
2. Influence of soil fertility and nutritional status of crops on transpiration and water use efficiency (Bearbeiter: Thema 1: Herr Dipl. Met. Michael Schulz; Thema 2: M. Cs. Agr. Gustave Dagbenobakin)

Beschreibung der verwendeten Methoden und Ziele

Zu Themenbereich 1:

Die Erfassung der Transpiration von Pflanzen über einen längeren Zeitraum stellt eine besondere Herausforderung dar. Während Porometer-Messungen nur den aktuellen Öffnungszustand der Stomata anhand der Gasaustausch-Raten feststellen können, und da diese Messungen nicht für Langzeit-Beobachtungen durchgeführt werden können durch den Einfluß der Meßkammer, müssen weitere Techniken zum Einsatz kommen. Die Saftflußmessungen, bei denen der Transport von Wärmepulsen gemessen wird, kann über längere Zeit hinweg angewendet werden, besitzt aber den Nachteil, daß diese Messungen auf kleinere Stammdurchmesser von maximal 3,5 cm beschränkt sind. Daher können an älteren perennierenden Pflanzenarten nur einzelne Zweige gemessen werden. Des weiteren soll durch mikrometeorologische Messungen und verschiedene Modellansätze bei gleichzeitiger Bestimmung der volumetrischen Wassergehalte in Böden mittels TDR die Transpiration der Pflanzen berechnet werden. Als weitere Methode kommen sog. Blattnässe-Sensoren zum Einsatz, welche durch Messungen der Veränderungen von Oberflächen-Leitfähigkeiten und nach Abzug der Signale für Schwankungen der relativen Feuchte in der Lage sind, Stomatabewegungen aufzuzeichnen. Vorteil dieser Methode ist der relativ geringe Aufwand und die Möglichkeit, entweder mehrere Pflanzen gleichzeitig oder an einer Pflanze gleichzeitig eine ganze Reihe von Blättern zu messen. Begrenzend ist hier in erster Linie die Verfügbarkeit von Data-Loggern. Ferner erfolgt der Einsatz eines Wägelysimeters, um unter anderem auch Einflußgrößen wie Tau neben der pflanzlichen Transpiration zu bestimmen. Durch Kombination mit dem Saftfluß-Meßgerät ergeben sich hier ebenso auf dem Einzelpflanzen- wie auch Bestandesniveau gute Daten, die in Kombination mit den weiteren genannten Methoden und Plausibilitätsprüfungen eine vergleichsweise gute Informationen über das Transpirationsverhalten liefern. Es ist geplant, daß neben den selektierten Kulturarten (s.u.) auch die wirtschaftlich bedeutsamen perennierenden Arten *Anacardium occidentale* (Cashew) und *Tectona grandis* (Teak) zumindest episodisch geprobt werden sollen.

Insbesondere für die weiteren Teilprojekte unter A3 sowie Projekte in A1 und A2 sollen zusätzlich zu den Klimadaten mittels des Netto-Radiometers, das mit 2 Pyranometern und 2 Pyrgeometern bestückt ist, direkte und reflektierte Strahlung im kurzwelligen und langwelligen Bereich gemessen werden. Abhängig von den Installationsmöglichkeiten vor Ort soll die Station voraussichtlich am Standort Dogué aufgebaut werden, um hier die beste Anbindung an die anderen Teilprojekte zu erreichen. Herr Michael Schulz wird zudem versuchen, an festgelegten UTC-Terminen eine kontinuierliche Wolkenbeobachtung durchzuführen und besondere Ereignisse wie Gewitter, Squall-Line zeitlich zu datieren. Ein weiterer Punkt, der in Zusammenarbeit mit der zweiten Dissertation bearbeitet wird, ist die momentane Wassernutzungseffizienz (WUE) auf den unterschiedlich Nährstoff-versorgten landwirtschaftlichen Kulturen (s.u.). Aufgrund der Vielzahl der verschiedenen Felder und der Anzahl an Variablen kann nicht für jede Behandlung eine detaillierte kontinuierliche Beobachtung durchgeführt werden, sondern es soll durch Porometer-

Messungen in Kombination mit der Erfassung der aufwachsenden Biomasse und Einsatz von Aktionsmodellen wie Ceres (sofern für die Kulturen verfügbar) die Transpiration im Verlauf der Vegetationsperiode sowie über die Berechnung des gesamten Wasserverbrauchs anhand von durchschnittlichen Transpirationskoeffizienten der Wasserverbrauch abgeschätzt werden. Diese Aufgabe ist vor allen Dingen unter Dissertation 2 angesiedelt, wobei Messungen vor Ort gemeinsam durchgeführt werden. Es ist ferner geplant, an Blattoberflächen Grenzschichtmessungen durchzuführen zur Ermittlung des Transpirationsverhaltens. Inwieweit hier belastbare Daten erhalten werden, muß sich erst noch unter den Bedingungen vor Ort zeigen.

Zu Themenbereich 2:

Die Vorgehensweise entspricht klassischen landwirtschaftlichen Versuchsanstellungen, wobei hier die folgenden Faktoren für die Versuche ausgewertet werden:

- A. Bodenfruchtbarkeit, d.h. die inhärente Ertragsfähigkeit eines Bodens, wobei im Untersuchungsgebiet die Differenzierung in erster Linie durch eine unterschiedliche Dauer der Bodennutzung nach Absprache oder in Kulturen nach Rodung bedingt ist.
- B. Düngung: Hier werden verglichen: a) betriebsüblich, b) betriebsüblich mit zusätzlicher Zufuhr von organischem Material in Form von Mist oder Ernterückständen bzw. zusätzlich eingebrachten Ernterückständen und Gründüngung, c) Mineraldüngung, im zweiten Jahr optimiert entsprechend der Boden- und Pflanzenanalysen, d) optimiert mit zusätzlicher organischer Düngung.

Die Versuchsflächen wurden in Zusammenarbeit mit den örtlichen Landwirten durchgeführt, wobei die Wahrnehmung des komplexen Faktors Bodenfruchtbarkeit auf der Einschätzung der Landwirte beruhte. Versuchsflächen an 3 Orten (Bétérou: 9 Flächen, Dogoé: 2 Flächen, Wéwé: 2 Flächen). Auf diesen Flächen finden Versuche mit zusätzlicher organischer Düngung statt. Düngung mit Ernterückständen bzw. Mulch oder Grünmaterial wurden an den jeweiligen Standorten 9 (Bétérou), 8 (Bogoé) und 6 (Wéwé) ausgewählt.

Erzielte Zwischenergebnisse:

- 1. Bereich 1: Aufgrund der späten Einstellung von Herrn Michael Schulz und der fehlenden Forschungsgenehmigung konnten im Bereich 1 unseres Teilprojektes noch keine Ergebnisse erzielt werden. Die Zeit wurde genutzt zur Beschaffung und Instrumentierung der Wetterstation und der Prüfung und Kalibrierung sämtlicher Geräte. Der Aufbau der Station wird in den kommenden Wochen stattfinden.
- 2. Bereich 2: Der Arbeitsplan, soweit er nicht bereits umgeschrieben wurde, ist zwischenzeitlich fertiggestellt, wobei aufgrund finanzieller Beschränkungen und der noch nicht erfolgten Umwidmung von Mitteln bislang nur eingeschränkte Arbeitsmöglichkeiten gegeben sind. In allen 3 genannten Ortschaften wurden die kooperierenden Landwirte ausgewählt und die Flächen ausgesucht. Die Versuchsflächen wurden umzäunt und im Dogué habe sich 2 Landwirte

zusammengeschlossen, um ein größeres Viehgehege anzulegen, das den Mist für die organische Düngung liefern soll. In allen Dörfern stellen die Bauern auf ihren Flächen mindestens 3 der 5 ausgewählten Kulturen für Versuchsflächen zur Verfügung, so daß alle 5 wichtigen Kulturarten angebaut und beprobt werden können.

Von der letztjährigen Ernte wurden 350 Proben aus den 5 Kulturen: Sorghum, Erdnuß, Mais, Yams und Baumwolle gesammelt, die zusätzlich in verschiedene Fraktionen wie Stengel, Stroh/Spreu, Verkaufsfrucht und Rest-Sproß getrennt. Die Proben wurden bereits auf N, P, K, Ca und Mg untersucht. Ebenso wurde der Trockemasseeertrag bestimmt. Die Auswertung der Analysen ist noch nicht erfolgt, da bislang die Analysenrohdaten noch nicht verrechnet werden konnten. Die Verrechnung wird dann ab Ende März 2001 erfolgen. Dies wird erlauben, für die nächste Vegetationsperiode die Düngung zu optimieren.

Der Gebrauch organischer Dünger ist bislang bei den Landwirten noch nicht üblich, so daß es ein wichtiger erster Schritt war, in einem kooperativen Ansatz die Landwirte in den Gebrauch von organischen Düngemitteln einzuführen.

Vernetzung mit anderen Teilprojekten

Die erhobenen und zu erhebenden Daten aus dem Bereich 1 sind von besonderer Bedeutung für die Teilprojekte A 3 und A 4, und es wurde bereits vorab sichergestellt, daß die Datenweitergabe für alle interessierten Gruppen nutzbar erfolgt.

Im Bereich der agronomischen Untersuchungen ergibt sich eine direkte Verknüpfung mit der Arbeitsgruppe Janssens/Mulindabigwi, wobei bereits die Auswahl der Untersuchungsflächen in Zusammenarbeit zwischen Herrn Mulindabigwi und Herrn Dagbenonbakin erfolgte. Ferner wurde abgestimmt, daß ab dem zweiten Versuchsjahr die Großparzellen, die größer als 30 m x 30 m gewählt werden, eine direkte Auswertung durch die Gruppe Fernerkundung (Thamm/Menz) erlauben. Zudem soll in Zusammenarbeit mit der Gruppe A 4 und der Fernerkundung eine Extrapolation bzw. Regionalisierung der Daten von stehender Biomasse und Transpirationsleistung/-Wasserverbrauch durch Vegetation erlauben. Dieser Datentransfer wird als zentrale Bedeutung für den weiteren Erfolg des Projektes angesehen.