

Abschlussbericht

**Zahlungsempfänger:
Susan Trumbore, Max-Planck Institute für Biogeochemie**

Förderkennzeichen: FKZ 2816ERA03W

Vorhabenbezeichnung:

**Agricultural Water Innovations in the Tropics
Landwirtschaftliche Wasserinnovationen in den Tropen
WaterWorks2015- AgWIT**

Dieses Projekt ist Teil einer ERA-NET COFUND innerhalb von JPI-Water JPI Water - Wasserherausforderungen für eine sich verändernde Welt ("Water Challenges for a Changing World"). Das Gesamtprojekt wurde von der University of British Columbia koordiniert und umfasste Partner aus Deutschland (unser Projekt), Costa Rica Dänemark, Schweden, Taiwan und Brasilien.

Vorhabenlaufzeit: 01.05.2017 bis 30.04.2020

Berichtszeitraum: 01.05.2017 bis 30.04.2020

Projektabschlussbericht

1. Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen des BMEL

Die Partnerschaft Agricultural Water Innovations in the Tropics (AgWIT) hat Strategien zur Verringerung der Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Wasserressourcen getestet, die gleichzeitig die Widerstandsfähigkeit tropischer Agrarsysteme gegenüber dem Klimawandel verbessern. Im Rahmen dieser Kooperation trugen wir zu Messungen der Wasser- und Kohlenstoffflüsse zwischen intakten und degradierten Wald- und Landwirtschaftsfeldern im südlichen Amazonasgebiet Brasiliens bei. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Ausbreitung der mechanisierten Landwirtschaft zur lokalen Erwärmung und Trocknung beiträgt, und deuten darauf hin, dass das Anpflanzen von Gräsern zwischen den Erntezyklen die Evapotranspiration erhöht.

In einem zweiten Teil des Projektes, wurden neue Methoden entwickelt, um die Beziehung zwischen den Wachstumsraten der Bäume, ihren Lagerreserven und der Mortalität durch Trockenheit zu bewerten. Ein Doktorand verwendete eine neue Färbemethode zur Quantifizierung der Kohlenstoffreserven in Baumstämmen von neun verschiedenen Arten und setzte diese mit Merkmalen wie Wachstums- und Sterblichkeitsraten, sowie Saffflüssen, in Beziehung.

Dies passt zu mehreren Zielen des BML, darunter:

Die Rolle einer nachhaltigen Forst- und Landbewirtschaftung für die Ernährungssicherheit und die Abschwächung des Klimawandels.

Ein Hauptziel des AGWIT-Projekts ist die bessere Planung von Kulturen für sich ändernde Wasserressourcen. In dieser Region hat die großflächige Abholzung die Landschaft in ein Mosaik aus Wald und großen mechanisierten landwirtschaftlichen Feldern verwandelt. Die lokalen Temperaturen sind gestiegen, ebenso die Länge der Trockenzeit. Unsere Forschung hat dazu beigetragen, diese Klimateffekte zu quantifizieren und wird für mesoskalige Modelle nützlich sein, die versuchen, das regionale und lokale Klima, das den Ernteertrag beeinflusst, mit Vegetationsmustern zu verknüpfen. Mit unseren Partnern am IPAM zeigten die Daten der Eddy-Flux-Türme, dass das Anpflanzen einer Grasdecke - im Gegensatz zum Brachliegenlassen von Feldern - die Verdunstungskühlung erhöht und lokalen Extremtemperaturen abmildern kann, zumindest über einen Teil des Jahres.

Unsere Forschung zu den Auswirkungen von Trockenheit und erhöhtem saisonalem Wasserdefizit auf die Baumproduktivität und Baumsterblichkeit liefert Informationen zu den

Mechanismen, die hinter der Degradierung von Waldrändern stehen, und zur Vorhersage, welche Baumarten längere Perioden heißer Trockenheit besser überstehen.

2. Wissenschaftlich-technischen Ergebnissen

Die ursprünglichen Ziele unseres Antrags waren die Bereitstellung von Daten zu Energie-, Kohlenstoff- und Wasserflüssen von den drei Eddy-Kovarianz-Türmen, die auf der Tanguro-Ranch in der Nähe von Canarana, Brasilien, betrieben werden (Abbildung 1). Dieses Ziel haben wir erreicht. Zusammen mit unseren lokalen Partnern (IPAM; Instituto de Pesquisa na Amazonia) liefert unser Projekt die folgenden Daten, die bis Ende 2021 an internationale Repositories (Ameriflux) übermittelt werden sollen.

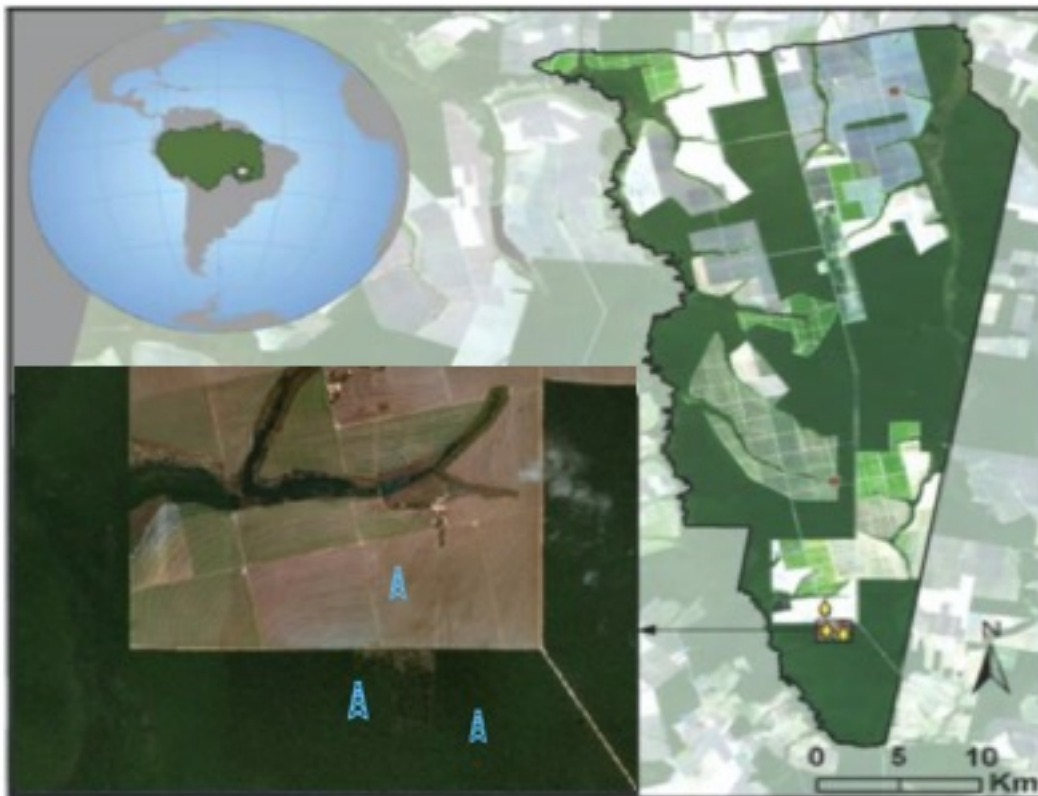


Abbildung1. Standort unseres Versuchsgebiets auf der "Tanguro Ranch" im südlichen Teil des brasilianischen Amazonasgebiets, im "Bogen der Entwaldung", der eine relativ lange (4-5 Monate) Trockenzeit hat. Die Ranch ist ein Flickenteppich aus Waldresten und ursprünglich für Weidezwecke gerodeten Flächen, die seit dem Jahr 2000 in mechanisierten Sojaanbau umgewandelt wurden. Die Ranch war Schauplatz mehrerer Experimente, darunter experimentelles Abbrennen (Plot links unten), wobei intakte (Kontrollplot) und durch Feuer degradierte Wälder zurückgelassen wurden. Die Standorte der drei Eddy-Flux-Türme, die auf

dem Gelände betrieben werden, sind dargestellt. Sie sammeln Proben in dem Kontrollplot, im feuerzerstörten und im landwirtschaftlichen Plot.

2.1 Dürre, Feuer und Stürme können zusammen tropische Wälder und die von ihnen erbrachten Ökosystemleistungen beeinträchtigen, aber wie sich diese Wälder nach katastrophalen Störungsereignissen erholen, ist relativ unbekannt. Wir analysierten mehrjährige Messungen der Vegetationsdynamik und -funktion (CO₂- und H₂O-Flüsse) in Wäldern, die sich von 7 Jahren kontrolliertem Feuer, gefolgt von einer Windstörung, erholten (Abbildung 2). Während der sechsjährigen Erholungsphase gingen sowohl die Überlebensrate als auch die Biomasse der Bäume nach dem Brand stark zurück, wobei die oberirdischen C-Vorräte entlang der Waldränder (0-200 m im Wald) um 70-94 % und im Waldinneren um 36-40 % abnahmen. Das Nachwachsen der Vegetation im Unterholz führte zu einem teilweisen Kronenschluss (70-80%) von 2010 bis 2015, und die Zusammensetzung und räumliche Verteilung von Gräsern, die in den degradierten Wald eindrangen, entwickelte sich schnell, wahrscheinlich aufgrund der verzögerten Mortalität. Vier Jahre nach dem Ende der experimentellen Brände (2014) nahmen die verbrannten Parzellen 36 % weniger Kohlenstoff auf als die Kontrollparzelle. Der Netto-CO₂-Austausch und die Evapotranspiration (ET) hatten sich jedoch 7 Jahre nach dem Ende der Versuchsbrände (2017) vollständig erholt. Die Erholung der Kohlenstoffaufnahme erfolgte größtenteils als Reaktion auf die erhöhte Lichtnutzungseffizienz und die verringerte Atmung nach dem Feuer, während der erhöhte Wasserverbrauch in Verbindung mit dem Wachstum der neuen Rekruten und der verbleibenden Bäume nach dem Feuer die Erholung der ET erklärte. Obwohl die Auswirkungen interagierender Störungen (z. B. Feuer, Waldfragmentierung und Windwurfereignisse) auf Mortalität und Biomasse viele Jahre lang anhalten, kann die schnelle Erholung der Kohlenstoff- und Wasserflüsse zur Stabilisierung des lokalen Klimas beitragen. Diese Ergebnisse wurden in Global Change Biology veröffentlicht.

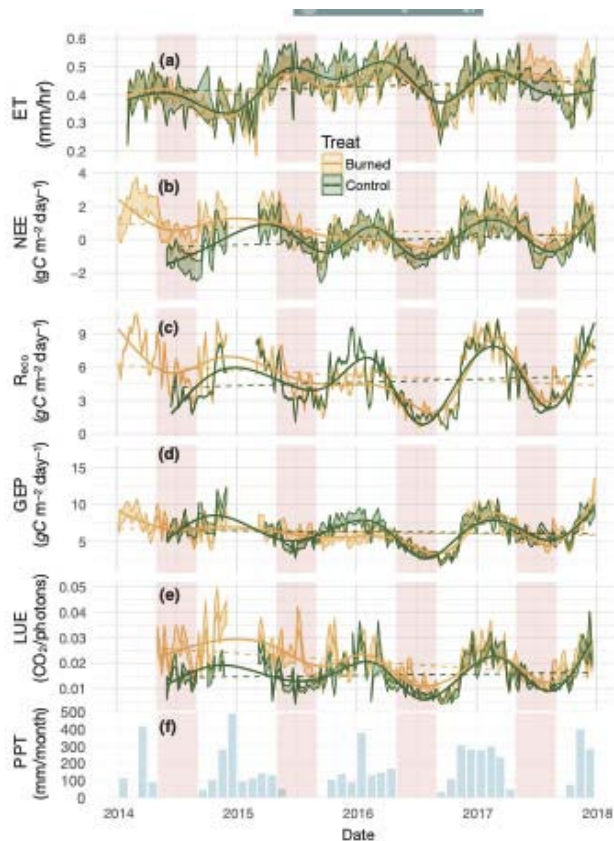


Abbildung 2. Eddy-Kovarianz-basierte Messungen verschiedener Eigenschaften und Niederschlag, gemessen an den Türmen auf den Kontrollplots- und degradierten Wald-Plots (Brando et al. 2019). Die Balken zeigen die temporale Variation der wöchentlichen Evapotranspiration (ET; a), des Netto-Ökosystemaustauschs von Kohlenstoff (NEE; b), der Ökosystematmung (Reco; c), der Bruttoprimärproduktivität (GPP; d) und der Lichtnutzungseffizienz (LUE;d). Die durchgezogenen Linien stellen verallgemeinerte addierte Modelle für jede der Variablen für die verbrannten Plots (orange) und Kontrollplots (grün) dar. Die halbtransparenten roten Balken repräsentieren die Monate der Trockenzeit (Juni bis September).

2.2 Zur Untersuchung des Wasserverbrauchs verschiedener Anbauformen wurden die Daten der Fluxtürme analysiert (Abbildung 3). Da auf dem untersuchten Plot seit 2015 eine Reihe von Kulturen in der Abfolge angebaut wurde (darunter Mais, Sojabohnen und Baumwolle sowie Gras anstelle statt Brache), konnten wir die Auswirkungen verschiedener Kulturen auf den Energie- und Wasserhaushalt des Feldes untersuchen.

Von 2015 bis 2020 hat unser EC-Anbausystem die Wasser- und Kohlenstoffflüsse während fünf Sojabohnen-Anbausaisons und über drei Behandlungsstrategien nach der Ernte (nackter Boden, Aussaat von Hirse und Aussaat von Grassamen) gemessen. Unsere Ergebnisse zeigten, dass Gräser unter den drei Nachernte-Deckfrüchten die höchste ET, GPP und LUE aufwiesen (Abbildung 4). Im Vergleich zu Wäldern zirkulierten alle diese Nutzpflanzen deutlich weniger Wasser und Kohlenstoff, insbesondere während der Dürre 2015-2016. ET und GPP waren zwischen Wäldern und Sojabohnen während der Vegetationsperiode ähnlich, wobei Dürreperioden während der Regenzeit kaum Auswirkungen auf die Wasser- und Kohlenstoffflüsse hatten. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Abholzung von Wäldern für die Ausweitung von mechanisierten Anbauflächen die ET und GPP von Ökosystemen signifikant verlangsamen kann, aber die Aussaat von Gras als Nacherntebehandlungsstrategie in Anbauflächen könnte einige dieser Effekte abmildern.

Ein Manuskript mit diesen Daten ist derzeit in Vorbereitung.



Abbildung 3. Turm im Soja-Agrarfeld (links), und Bilder des leeren Feldes nach dem Ernten (rechts oben) und am Ende der Anbausaison (rechts unten).

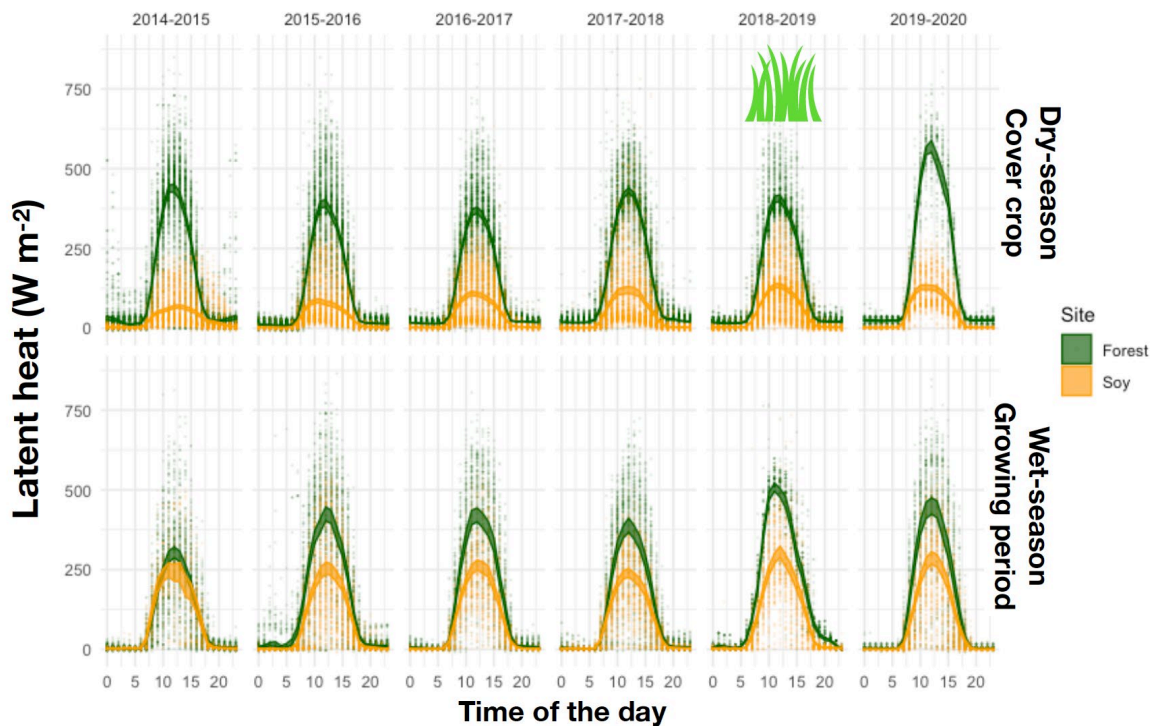


Abbildung 4. Vergleich der über eine 24-Stunden-Periode gemittelten latenten Energieflüsse für die Monate in der Trockenzeit (Nutzpflanzen oder kahles Feld) gegenüber der Wachstumsperiode (variable Länge in verschiedenen Jahren, verschiedene Nutzpflanzen). Die größten Unterschiede zwischen Nutzpflanzen- und Waldbedeckung treten während der

Trockenzeit auf, wenn die Nutzpflanzen absterben, während Wälder oft hohe Evapotranspirationsflüsse beibehalten.

2.3 Über die versprochene Forschung hinaus wurde ein Doktorand von der AGWIT gefördert. Er führte erste Messungen der nicht-strukturellen Kohlenhydratverteilung in Bäumen mit verschiedenen Strategien des Wasser-Kohlenstoff-Cycling durch. In Wäldern spielen Zucker, Stärke und Lipidspeicherung in Baumstämmen eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Stoffwechsels, des Wachstums und des Überlebens bei Belastungen, die die Photosynthese einschränken, wie z.B. Dürre. Ihre räumliche Verteilung im Holz könnte artspezifische Unterschiede in der Dynamik der Kohlenstoffspeicherung, des Wachstums und des Überlebens erklären. Wir identifizierten zwei Stärkespeicherstrategien: faser- und parenchym-speichernde Bäume. Die erste Gruppe hatte einen größeren Stärkepool, langsames Wachstum und eine geringere Sterblichkeitsrate als die zweite Gruppe. Die Lipidspeicherung wurde bei fünf Arten im Holzparenchym gefunden und war mit einer niedrigen Sterblichkeitsrate verbunden.

Diese Ergebnisse sind im *New Phytologist* veröffentlicht worden (Abbildung 5).

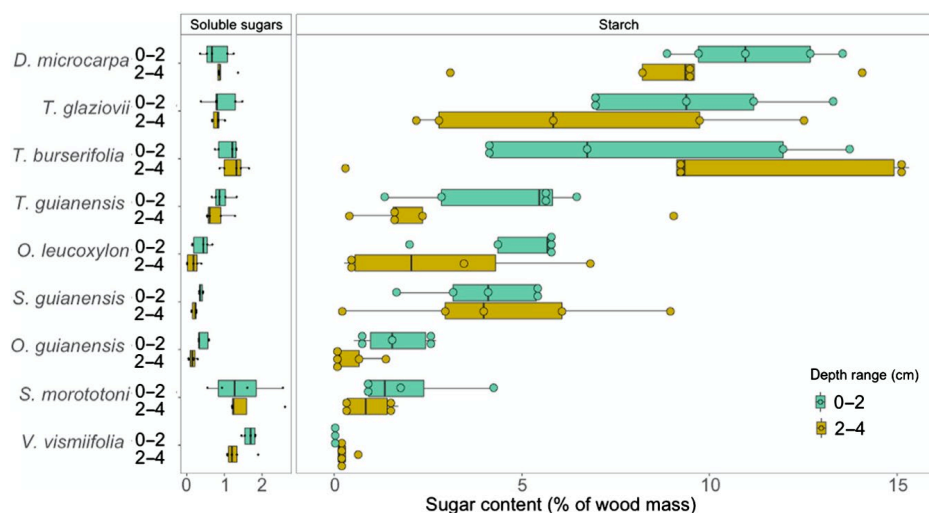


Abbildung 5. Zucker- und Stärkegehalt (%), gemessen mit der histologischen Methode für verschiedene Baumarten in den beiden ausgewerteten Holztiefenbereichen (0-2 cm und 2-4 cm tief im Holz). Die Boxen der Boxplots stellen die 25 , 50 und 75 Perzentile von links nach rechts dar. Die Antennen (Whisker) des Boxplots repräsentieren 1,5 × den Interquartilsbereich unterhalb des 25. Perzentils (linker Whisker) und 1,5 × den Interquartilsbereich oberhalb des 75. Perzentils (rechter Whisker). Die gemessenen Werte werden durch die gefüllten Kreise dargestellt.

Damit haben wir mehr erreicht als ursprünglich für dieses Projekt geplant, mit nur wenigen Monaten Datenverlust aufgrund von Windwurfschäden an unserem Turm, die erhebliche Reparaturen erforderten. Für eine nächste Phase setzen wir unsere Arbeit in Tanguro mit anderen Finanzierungsquellen fort (Balzan-Preisgelder an Trumbore).

3. Sind inzwischen von dritter Seite (FE-)Ergebnisse bekannt geworden, die für eine mögliche Fortführung des Vorhabens relevant sein können?

Nicht zutreffend.

4. War der Einsatz der Bundesmittel für die Erreichung des geplanten Vorhabenziels ursächlich oder wäre dieses Ziel auch ohne Bundesmittel erreicht worden (einschließlich Bewertung evtl. Mitnahmeeffekte)?

Die Bundesmittel stellten einen entscheidenden (aber nicht ausreichenden) Teil der Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung der Messtürme dar.

5. Auflistung der erfolgten und geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Brando, P. M., Silvério, D., Maracahipes-Santos, L., Oliveira-Santos, C., Levick, S. R., Coe, M. T., Migliavacca, M., Balch, J. K., Macedo, M. N., Nepstad, D. C., Maracahipes, L., Davidson, E., Asner, G., Kolle, O., **Trumbore, S. E.** (2019). Prolonged tropical forest degradation due to compounding disturbances: Implications for CO₂ and H₂O fluxes. *Global Change Biology*, 25(9), 2855-2868. doi:[10.1111/qcb.14659](https://doi.org/10.1111/qcb.14659).

Herrera-Ramirez, D., Sierra, C., Römermann, C., Muhr, J., **Trumbore, S. E.**, Silvério, D., Brando, P. M., Hartmann, H. (in press). Starch and lipid storage strategies in tropical trees relate to growth and mortality (2021) *New Phytologist*. 230(1), 139-154. doi:[10.1111/nph.17239](https://doi.org/10.1111/nph.17239).

6. Durchgeführter Maßnahmen des Wissenstransfers bzw. Bildung/Weiterbildung im Einzelvorhaben und – sofern erfolgt – im Kontext des EU-Gesamtvorhabens

6.1. Der Projekt PI (Trumbore) ist Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des „Science Panel for the Amazon“. Das „Science Panel for the Amazon“ (SPA) wird unter der Schirmherrschaft des Sustainable Development Solutions Network (SDSN) einberufen. Das

Hauptziel des SPA ist es, auf einer umfassenden, objektiven, offenen und transparenten Basis Informationen für eine rigorose wissenschaftliche Bewertung des Zustands der vielfältigen Amazonas-Ökosysteme, der Trends und der Auswirkungen auf das langfristige Wohlergehen der Region bereitzustellen sowie Möglichkeiten und politisch relevante Optionen für den Schutz und die nachhaltige Entwicklung des Amazonas zu erkunden.

6.2 Dieses Projekt unterstützte die Ausbildung von zwei Doktoranden, einer in Deutschland und einer in Brasilien.