

Jahrestagung der DBG  
Böden – eine endliche Ressource  
Kom. III/II/IV, Jahrestagung Bonn  
2009, Berichte der DBG (nicht be-  
gutachtete online-Publikation),  
<http://www.dbges.de>

## 10 Jahre Ökosystemforschung in Ecuador: Bergregenwald-Böden unter dem Einfluss klimaabhängiger Telekonnektionen

Wolfgang Wilcke<sup>1</sup>, Carlos Valarezo<sup>2</sup>,

### Zusammenfassung

Seit 1998 erfassen wir in einem tropischen Bergregenwald in Südecuador alle wichtigen Stoffflüsse. Der Standort ist ostexponiert und liegt im Einflussbereich des Nordostpassates. In den ersten fünf Messjahren konnten wir im Zusammenhang mit einem extremen La Niña-Ereignis Ca- und Mg-Einträge durch Ferntransport von Sahara-Staub nachweisen. In der Zeit außerhalb der Staubeinträge kam es zu N- und Säureinträgen aus Waldbränden im Amazonasbecken. Nach Auswertung der 10-Jahres-Datenreihe stellte sich heraus, dass es zwar zu wiederholten Saharastaubeinträgen während der La Niña-Ereignisse 2005 und 2007 kam, dass aber insgesamt die Bodenversauerung überwog, was sich in einem abnehmenden pH-Wert des Streuperkolates manifestierte. Die Versauerung wurde nicht nur durch direkte Säureinträge verursacht, sondern auch durch kontinuierlich ansteigende  $\text{NH}_4^+$ -Einträge.

### Schlüsselworte

Elementkreislauf, tropischer Bergregenwald, Bodenversauerung, Staubeinträge

<sup>1</sup>Johannes Gutenberg Universität Mainz, Forschungszentrum Erdsystemwissenschaften, Geographisches Institut, Professur für Bodenkunde/ Bodengeographie, Johann-Joachim-Becher-Weg 21, 55128 Mainz, Email:

[wolfgang.wilcke@uni-mainz.de](mailto:wolfgang.wilcke@uni-mainz.de) <sup>2</sup> Universidad Nacional de Loja, Dirección General de Investigaciones. Ciudadela Universitaria Guillermo Falconí, sector La Argelia, Loja, Ecuador.

## 1. Einleitung

Die besonders artenreichen nordandinen Bergregenwälder werden in Zukunft von ansteigenden Elementeinträgen betroffen sein. Allgemein wird ein Anstieg der N-Deposition in den Tropen erwartet (Galloway et al. 2004). Darüber hinaus konnten Boy und Wilcke (2008) nachweisen, dass es im Zusammenhang mit extremen La Niña-Ereignissen zum Transport von Sahara-Stäuben, die u.a. Ca und Mg enthalten, bis in das Untersuchungsgebiet in Südecuador gelangen. Die intensiven Waldbrände im Amazonasbecken führen dagegen zu N- und Säureinträgen in den Bergregenwald (Boy et al. 2008). Im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel könnte es sowohl zu einer Veränderung der El Niño Southern Oscillation (zu dem La Niña-Ereignisse gehören) kommen (Timmermann et al. 1999) als auch zu einer noch intensiveren Brandaktivität im Amazonasbecken.

Die Ziele unserer Arbeit waren (i) festzustellen, welcher der gegenläufigen Prozesse (Versauerung vs. Basendeposition) in dem beobachteten Zeitraum (1998-2008) überwiegt und (ii) welche Folgen sich daraus für den Boden ergeben.

## 2. Material und Methoden

Unser Untersuchungsstandort liegt im Süden von Ecuador auf der ostexponierten Seite der Ostkordillere – also am Rand des Amazonasbeckens – zwischen den Provinzhauptstädten Loja und Zamora (4°00' S, 79°05' W) auf 1850-2200 m ü. NN. Der Wald ist nur im unteren Teil gering anthropogen gestört und ansonsten naturnah bis natürlich. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt ca. 2500 mm, die mittlere Jahrestemperatur ca. 15°C (Bendix et al. 2008). Die vorherrschenden Böden sind saure Braunerden mit mächtigen Moder-Auflagen aus paläozoischen Tonschiefern und Metasandsteinen (Wilcke et al. 2001, 2002). Rutschungen treten häufig auf, sodass das Ausgangsmaterial der Bodenbildung oft aus Oberflächensedimenten besteht (Wilcke et al. 2003).

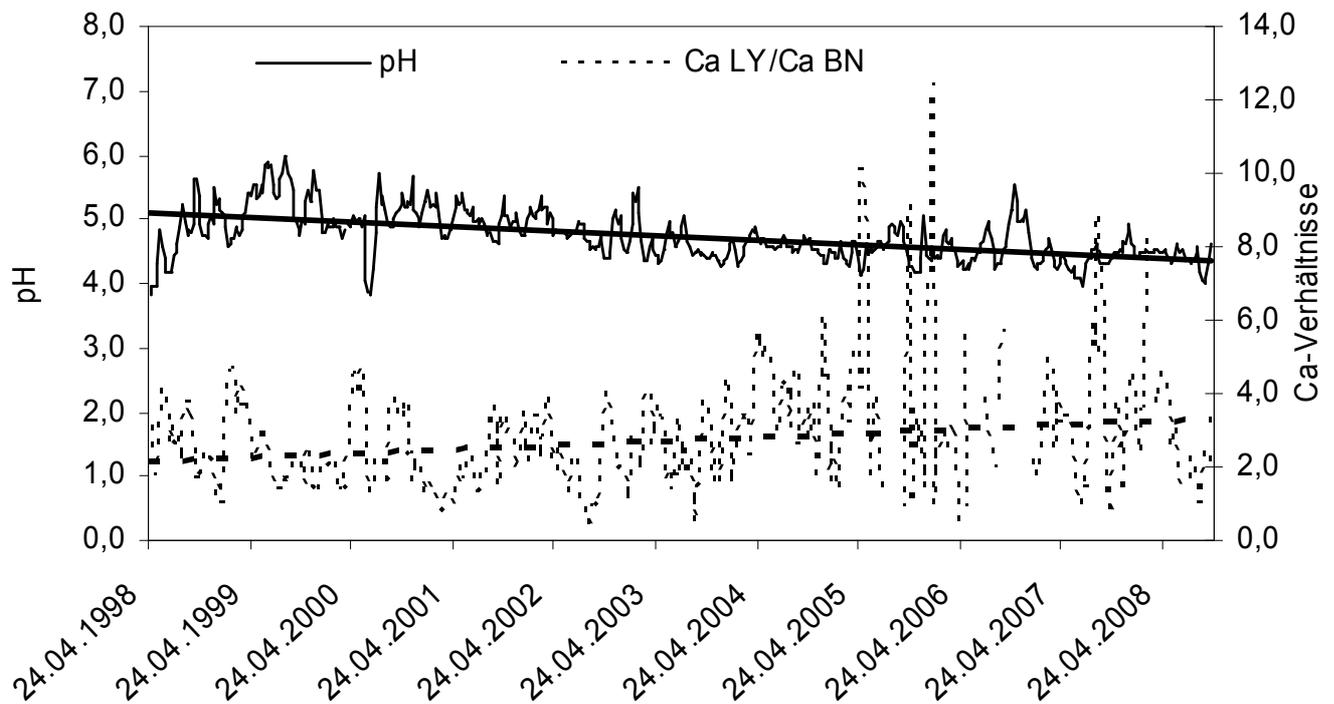


Abbildung 1: Verlauf des pH-Wertes und der Konzentrationsverhältnisse von Ca in Streuperkolat (LY)/Bestandesniederschlag (BN).

Im Jahr 1998 haben wir Freiland- und Bestandesniederschlagssammler sowie Streulysimeter an der Grenze zwischen organischer Auflage und Mineralboden installiert. Außerdem begannen wir mit der Beprobung des Oberflächenabflusses. Im Jahr 2000 folgte die Installation von Saugkerzen aus Mullit in 0,15 und 0,3 m Bodentiefe.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Säureinträge aus dem Amazonasbecken führen zu einem Abfallen des pH-Wertes im Streuperkolat (Abb. 1). Der absinkende pH-Wert geht einher mit ansteigenden Konzentrationsverhältnissen von Ca in Lysimeter/Bestandesniederschlag. Die Normierung der Ca-Konzentrationen im Streuperkolat auf diejenigen im Bestandesniederschlag eliminiert den hochvariablen Ca-Eintrag über Sahara-Stäube aus der Atmosphäre. Die ansteigenden Konzentrationsverhältnisse von Ca in Streuperkolat/Bestandesniederschlag illustrieren eine zunehmende Auswaschung von Ca aus der organischen Auflagen. Da sich in der mächtigen organischen Auflage ein großer Teil der Wurzeln befindet (Soethe et al. 2006),

bedeutet der Verlust von Ca aus der Auflage eine Verminderung der Ca-Verfügbarkeit für die Pflanzen.

Die möglichen Quellen der  $H^+$ -Einträge in die organische Auflage sind (i) der Bestandesniederschlag, (ii) die verstärkte Nährstoffaufnahme bei gleichzeitiger Absonderung von  $H^+$  durch die Wurzeln und/oder (iii) ein ansteigender Eintrag von  $NH_4^+$ , das in der Waldkrone und im Boden durch Nitrifikation und Auswaschung des entstehenden Nitrats versauernd wirkt.

Der pH-Wert des Bestandesniederschlages zeigte keine systematische Veränderung im beobachteten Zeitraum (Abb. 2). Er betrug im Mittel 6,7 mit unsystematischen Variationen zwischen 4,3 und 7,4. Damit scheidet zunehmender  $H^+$ -Eintrag in den Boden als Ursache der Versauerung des Streuperkolates aus. Allerdings stiegen die Konzentrationsverhältnisse von Ca und Mg in Bestandes-/Freilandniederschlag an (Abb. 2), was darauf hindeutet, dass zunehmend Ca und Mg aus der Waldkrone ausgewaschen werden. Diese Auswaschung zieht wahrscheinlich eine verstärkte Aufnahme von Ca und Mg aus dem Boden, insbesondere aus der organischen Auflage, nach sich, die mit einer  $H^+$ -Freisetzung aus den Wurzeln verbunden ist und damit versauernd wirkt.

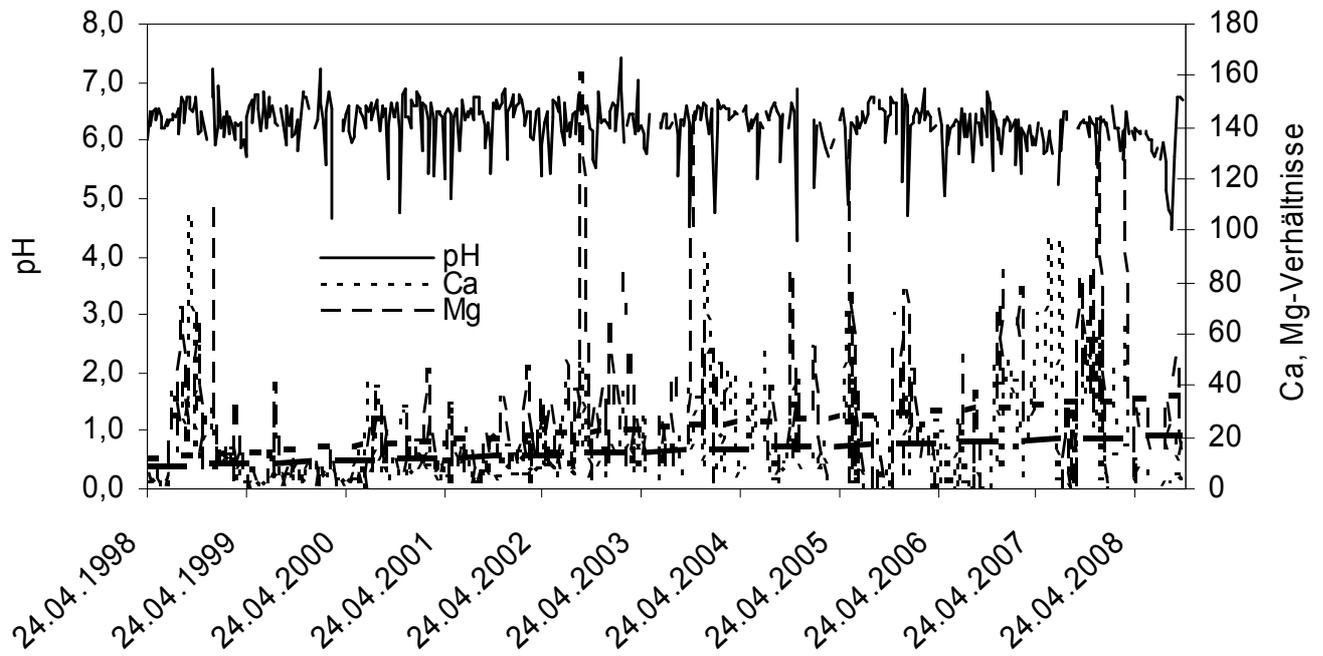


Abbildung 2: Verlauf des pH-Wertes im Bestandesniederschlag und der Ca- und Mg-Konzentrationsverhältnisse im Bestandesniederschlag/Freilandniederschlag.

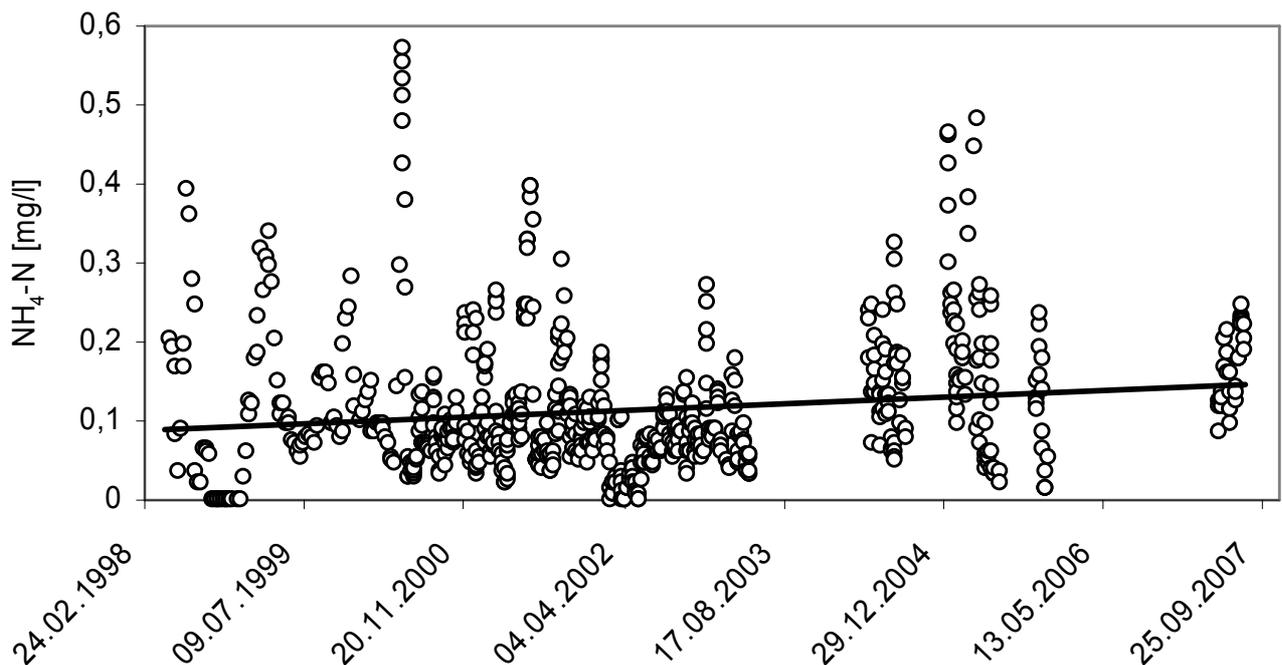


Abbildung 3: Verlauf der  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen im Freilandniederschlag.

Ursache der Basenauswaschung aus der Krone sind vermutlich nicht allein die  $\text{H}^+$ -Einträge, sondern zusätzlich  $\text{NH}_4^+$ -Einträge, die im Beobachtungszeitraum (2004) ebenfalls anstiegen und wahrscheinlich aus einer zunehmenden Besiedlung und Intensivierung der Landwirtschaft stammen (Abb. 3).

#### 4. Schlussfolgerungen

Unser Ergebnisse illustrieren, dass in dem untersuchten nordandinavien Bergregenwald die Säureeinträge überwiegen, sodass es im Verlauf der beobachteten ca. 10 Jahre zu einer Versauerung des Streuperkolates gekommen ist. Die Versauerungsfront hat allerdings noch nicht

den tieferen Mineralboden oder gar den Vorfluter erreicht (Ergebnisse nicht gezeigt). Dennoch bedeutet der damit verbundene Basenverlust aus der organischen Auflage eine weitere Reduzierung der ohnehin knappen Basenverfügbarkeit (insbesondere von Ca) während gleichzeitig N-Einträge möglicherweise den Boden eutrophieren. Beide Effekte – Basenverlust und N-Anreicherung – bedeuten unbekannte Risiken für den Artenreichtum des untersuchten Waldes. Die aktuelle Klimaänderung wird die Versauerung über verstärkte Waldbrände im möglicherweise trockeneren Amazonasbecken wahrscheinlich weiter anheizen.

## 5. Danksagung

Wir danken Richard Cuenca, Jaime García, Esthela Gonzales, Leticia Jiminez, Johana Muñoz, José Luis Peña, Darwin Pucha, Melania Quizhpe und Hector Valladarez von der Nationaluniversität Loja, Ecuador; Fabian Alt, Silvia Bondzio, Jens Boy, Katharina Frohnapfel, Christiane Geißler, Uli Hensler, Oliver Konter, Thorsten Pohlert, Martin Schwarz und Hans Wullaert von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Uwe Abramowski, Katrin Fleischbein, Rainer Goller, Andrea Schmitt, Myra Sequeira, Syafrimen Yasin, Wolfgang Zech und vielen studentischen Hilfskräften von der Universität Bayreuth, Hans-Jürgen Tobschall, Karin Wagner und Winfried Schädler von der Universität Erlangen-Nürnberg, Nature and Culture International, Loja, Ecuador, dem Umweltministerium der Republik Ecuador (Forschungsgenehmigung Nr. 002-IC-FLO-DFZ-MA), dem Forschungszentrum Erdsystemwissenschaften der Universität Mainz und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (FOR 402, Wi1601/5-1,-2,-3, FOR 816, Wi1601/8-1)

## Literatur

Boy, J. und W. Wilcke. 2008. Tropical Andean forest derives calcium und magnesium from Saharan dust. *Glob. Biogeochem. Cycle.* 22, GB1027, doi: 10.1029/2007GB002960.

Boy, J., R. Rollenbeck, C. Valarezo, und W. Wilcke. 2008. Amazonian biomass burning-derived acid und nutrient deposition in the north Andean montane forest of Ecuador. *Glob. Biogeochem. Cycle.* 22, GB4011, doi:10.1029/2007GB003158.

Galloway, J.N., F.J. Dentener, D.G. Capone, E.W. Boyer, R.W. Howarth, S.P. Seitzinger, G.P. Asner, C.C. Cleveland, P.A. Green, E.A. Hollund, D.M. Karl, A.F. Michaels, J.H. Porter, A.R. Townsend, und C.J. Vorosmarty. 2004. Nitrogen cycles: past, present, und future. *Biogeochemistry* 70, 153-226.

Soethe, N., J. Lehmann und C. Engels. 2006. The vertical pattern of rooting und nutrient uptake at different altitudes of a south Ecuadorian montane forest. *Plant Soil* 286, 287-299.

Timmermann, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif und E. Roeckner. 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398, 694-697.

Wilcke, W., S. Yasin, C. Valarezo und W. Zech. 2001. Change in water quality during the passage through a tropical montane rain forest in Ecuador. *Biogeochemistry* 55, 45-72.

Wilcke, W., S. Yasin, U. Abramowski, C. Valarezo und W. Zech. 2002. Nutrient storage und turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. *Eur. J. Soil Sci.* 53, 15-27.

Wilcke, W., H. Valladarez, R. Stoyan, S. Yasin, C. Valarezo und W. Zech. 2003. Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador. *Catena* 53, 79-95.