

**Bodenmikrobiologische und ökotoxikologische
Bewertung der Schadstoffbelastung von Böden
und Mangobäumen in dem Industriegebiet Pólo
Petroquímico de Camaçari im Nordosten
Brasiliens**

Universität Hohenheim

Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Fachgebiet Bodenbiologie
Prof. Dr. E. Kandeler

Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie
Priv. Doz. Dr. A. Fomin

Diplomarbeit

vorgelegt von

Therese Hintemann
Entringer Straße 36
70569 Stuttgart

Diese Arbeit wurde gefördert
aus Mitteln der Eiselen-Stiftung, Ulm

Stuttgart-Hohenheim, im Mai 2001

7. Zusammenfassung

In der Umgebung von Camaçari nordöstlich von Salvador im brasilianischen Bundesstaat Bahia, liegt der Industriekomplex Polo Petroquímico de Camaçari. Dieses Industriegebiet ist der Hauptverursacher für eine hohe Belastung der Luft mit SO_2 , CO , NO_x , organischen Substanzen und schwermetallhaltigen Schwebstäuben. Das Ziel dieser Untersuchung ist, die biologischen und ökotoxikologischen Folgen der Schadstoffbelastung des Bodens in der Emissionsreichweite der Kupferhütte Caraiba Metais S.A. zu untersuchen sowie die Schwermetall- und Schwefelanreicherung in Blätter von Mangobäumen zu erfassen und zu bewerten. Weiterhin wird auf der Basis der ökotoxikologischen Untersuchungen das Gefährdungspotential für die einheimischen Kleinbauern untersucht und dokumentiert.

Die Probennahmen fanden an vier Standorten statt, die in unterschiedlichen Einflussbereichen des Emittenten lagen. Bei der Probennahme wurden pro Standort jeweils vier Bodenproben gezogen und jeweils Blattproben von fünf Bäumen genommen. Untersuchungen der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften waren zuvor zur Charakterisierung der Standorte durchgeführt worden. Für die ökotoxikologische Bewertung des Bodens wurden folgende mikrobielle Eigenschaften untersucht: die mikrobielle Biomasse (mittels SIR), die Basalatmung und die Stickstoffmineralisation. Die Messungen der Aktivität der Enzyme Arylsulphatase, sauren Phosphatase, Urease und Xylanase erfolgten zur Charakterisierung der mikrobiologischen Aktivität der Böden.

Die Untersuchung der Schwermetallgehalte der Böden ergab, dass die Entfernung der Standorte zur Emissionsquelle die Gehalte an Kupfer und Schwefel im Boden beeinflusst. Am Standort Sítio, der am nächsten zum Emittenten in Hauptwindrichtung liegt, war die Belastung am höchsten, während der etwas weiter entfernte Standort Lamarão mittlere Gehalte aufwies. An den Referenzstandorten Hospital und Alagoinhas wurden deutlich geringere Kupfer- und Schwefelgehalte gemessen. Zink, Mangan und Eisen zeigten sich von der Entfernung zur Kupferhütte unbeeinflusst.

Die untersuchten bodenbiologischen Parameter zeigten unterschiedliche Reaktionen auf die Schadstoffbelastung an den vier Standorten, die zum einen mit

der Empfindlichkeit des Parameters bezüglich der Schadstoffe zu erklären ist und zum anderen durch die verschiedenen Standortfaktoren, insbesondere dem C_{org} -Gehalt, dem pH-Wert und der Nährstoffverfügbarkeit im Boden. Ebenso können Resistenzmechanismen oder eine veränderte Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation die Wirkung der Schadstoffe auf die Mikroorganismen bestimmen.

In dieser Untersuchung zeigten die Basalatmung, der metabolische Quotient (qCO_2) und die N-Mineralisierung keine signifikanten Unterschiede an den vier Standorten und eignen sich somit auch nicht für den Einsatz als Bioindikatoren.

Die SIR und das C_{mik}/C_{org} -Verhältnis ergaben teilweise signifikante Unterschiede zwischen den belasteten Standorten und den Referenzstandorten. Da die SIR jedoch auch stark durch den C_{org} -Gehalt der Böden beeinflusst war, eignet sich das C_{mik}/C_{org} -Verhältnis besser zum Einsatz als Bioindikator.

Die Arylsulphatase zeigte eine deutlich abnehmende Aktivität mit steigender Schadstoffbelastung. Sie weist eine sehr hohe Sensitivität gegenüber Schwermetallen auf und ist daher sehr gut als Indikator für Schwermetallbelastung in einem Biomonitoringprogramm einsetzbar.

Bei der sauren Phosphatase, der Urease und der Xylanase waren signifikante Unterschiede zwischen den Standorten erkennbar. Diese Unterschiede waren jedoch nicht auf die Schadstoffe, sondern hauptsächlich auf den C_{org} -Gehalt, den pH-Wert und die Nährstoffgehalte zurückzuführen. Von daher zeigten sich diese Enzyme nicht für den Einsatz als Indikator für Schwermetallbelastung geeignet.

Bezogen auf den C_{org} -Gehalt ergab sich sowohl bei der N-Mineralisierung als auch bei der Ureaseaktivität eine Tendenz zu verringerter Aktivität bei erhöhter Schadstoffbelastung. Die Xylanaseaktivität zeigte auf den C_{org} -Gehalt bezogen signifikant höhere Aktivitäten an den Referenzstandorten als an den belasteten Standorten und eignet sich daher möglicherweise für einen Einsatz im Biomonitoring.

Zur Ergänzung der hier untersuchten funktionellen Diversität könnte zukünftig auch die strukturelle Diversität der mikrobiellen Gemeinschaft als Parameter im Biomonitoring eingesetzt werden.

Die Blätter der Mangobäume wurden auf Gesamtgehalte an Kupfer, Zink, Arsen und Schwefel untersucht (weitere Schwermetallgehalte wurden erfasst, aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht weiter diskutiert).

In den Mangoblättern waren die Gehalte an Arsen, Kupfer und Schwefel deutlich durch die Entfernung zum Emittenten beeinflusst. Die Zinkgehalte konnten nicht mit den Emissionen der Kupferhütte in Verbindung gebracht werden.

Die erhöhten Arsen-, Kupfer- und Schwefelgehalte in den Mangoblättern sind in erster Linie auf die erhöhten Schadstoffgehalte der Luft und weniger auf die Anreicherung im Boden zurückzuführen. Ursache dafür sind sowohl die Regulierung der Stoffaufnahme über die Wurzeln als auch die geringe Verlagerung aus den Wurzeln in den Spross. Die Schadstoffgehalte in den Böden der belasteten Standorte waren zwar erhöht, liegen aber, - abgesehen vom Kupfergehalt am Standort Sítio -, im Normalbereich.

Die Gesamtgehalte an Arsen, Kupfer und Schwefel in den Mangoblättern erwiesen sich als sensitive Indikatoren, die sich besonders auf Grund ihrer praktikablen Durchführung für ein Biomonitoring eignen.

Um einen routinemäßigen Einsatz der Mangobäume als Bioindikatoren zu ermöglichen, sollten in zukünftigen Untersuchungen die optimalen chemischen, biochemischen und morphologischen Wirkungskriterien für ein Biomonitoring erarbeitet werden.

Sowohl für den kurzfristigen als auch den langfristigen Gesundheitsschutz der Bevölkerung ist es wichtig, in zukünftigen Untersuchungen das Gefährdungspotential auch durch schwermetallbelastetes Sickerwasser sowie Obst und Gemüse aus dieser Region zu erfassen.