

Der Einfluß der Bodenmakrofauna zentral- amazonischer Agrar- und Waldökosysteme auf Bodenmikromorphologie und Bodenchemie

von Raphael Knoll
vorgestellt von Prof. Dr. Dieter Burger

Rahmen der Doktorarbeit:

- die Arbeit lief innerhalb des SHIFT-Projekts (**S**tudies on **H**uman **I**mpact on **F**orests and **F**loodplains in the **T**ropics) in Zentralamazonien (Brasilien)
- Unterprojekt ENV 52: „Management pflanzlicher Bestandesabfälle und seine Auswirkungen auf Streuabbau und Boden-Makrofauna in zentralamazonischen Agrar-Ökosystemen“
- Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe und der EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) in Manaus

Inhalt des Vortrags:

- 1. Einführung und Hypothesen
- 2. Untersuchungsgebiet
- 3. Methodische Vorgehensweise
- 4. Farbtracer-Experimente und Auszählung biogener Strukturen
- 5. Bodenmikromorphologie u. -chemie biogener Strukturen
- 6. Statistische Datenauswertung
- 7. Diskussion

1. Einführung und Hypothesen

Problematik tropischer Böden: (siehe auch Vortrag BUTZ)

- stark und tiefgründig chemisch verwittert
- niedrige KAK ; Dominanz von Kaolinit
- keine Nährstoffnachlieferung aus dem Boden
- Bodenfruchtbarkeit hängt ab von von Menge und Qualität der organischen Bodenbestandteile
- Bodenmakrofauna (Termiten, Ameisen und Regenwürmer) können organischen Substanz ab- und einbauen

Hypothese 1:

Die Wasserversickerung in einem tropischen Ferralsol wird hauptsächlich durch biogene Strukturen, v. a. durch Gänge von Ameisen, Termiten und Regenwürmern sowie Wurzelkanäle geprägt.

Hier nebensächlicher Aspekt

Hypothese 2:

Die Bodenmakrofauna hat durch die Anlage von Gängen und Kammern sowie den Eintrag organischen Materials einen starken Einfluß auf bodenchemische Faktoren und die Porosität.

Grund für diese Annahme:

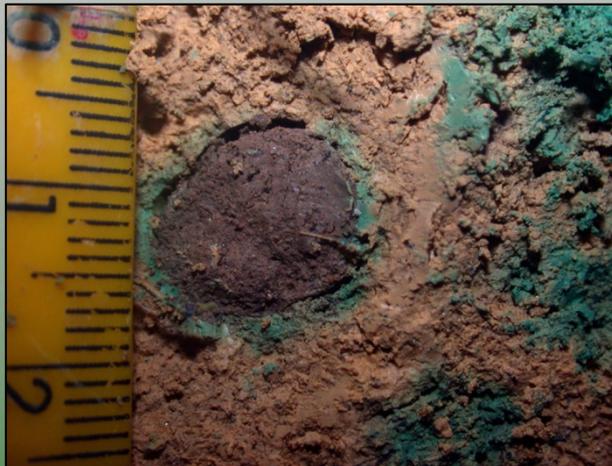
- Der Einbau organischer Substanz in einen nährstoffarmen Boden müßte durch ein zusätzliches Angebot an Austauschplätze für eine Erhöhung von KAK und C-Gehalten sorgen. Dieser Einbau müßte auch in Dünnschliffen erkennbar sein.

Neuer Aspekt dieser Arbeit:

Die Kombination von

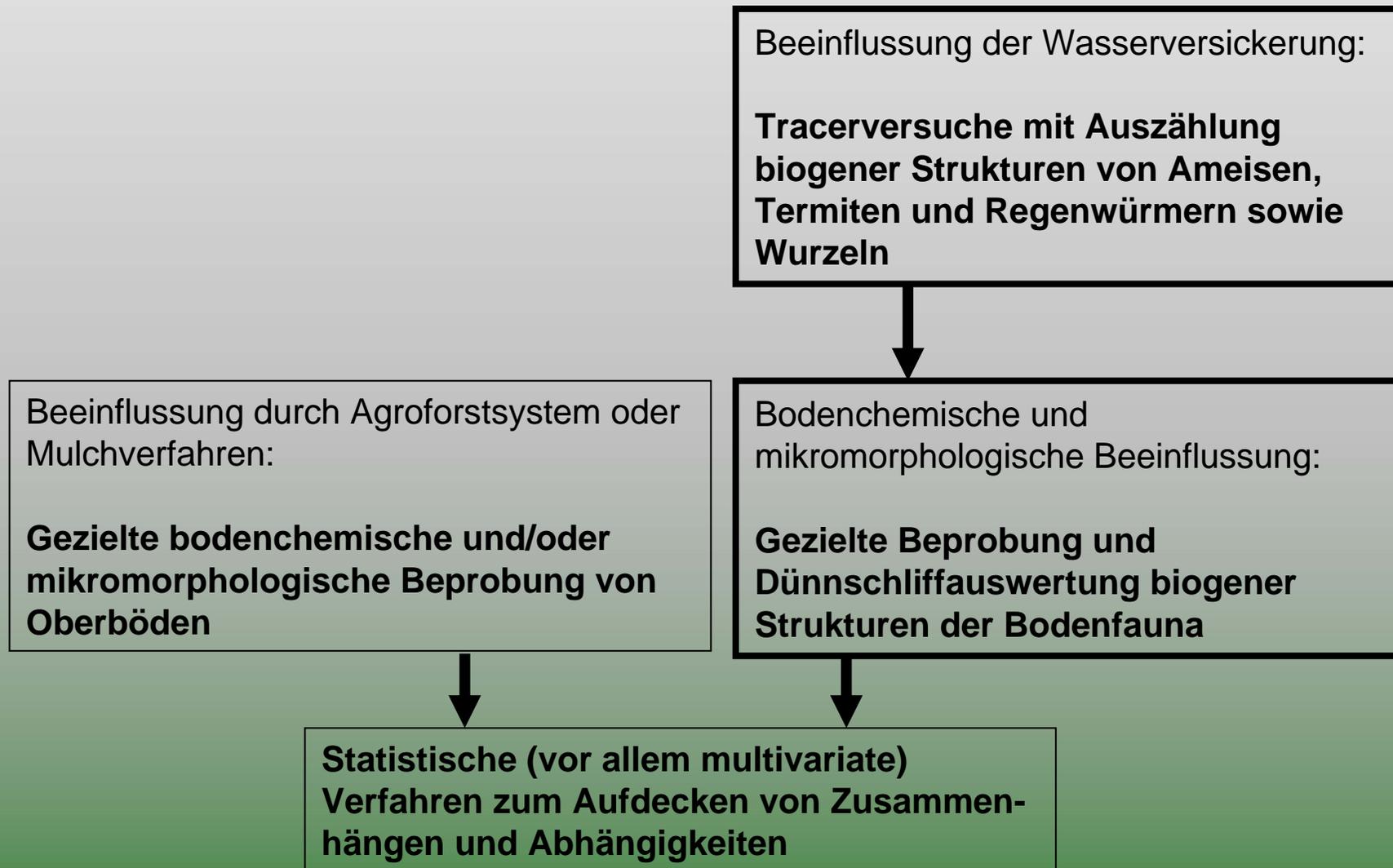
- Tracerversuchen zur Ermittlung makrofaunistischer präferentieller Fließwege mit Auszählung biogener Strukturen mit
- bodenchemischen (KAK und C/N) und mikromorphologischen Untersuchungen (Dünnschliffe) biogener Strukturen

wurde bislang noch nicht in dieser Form durchgeführt.

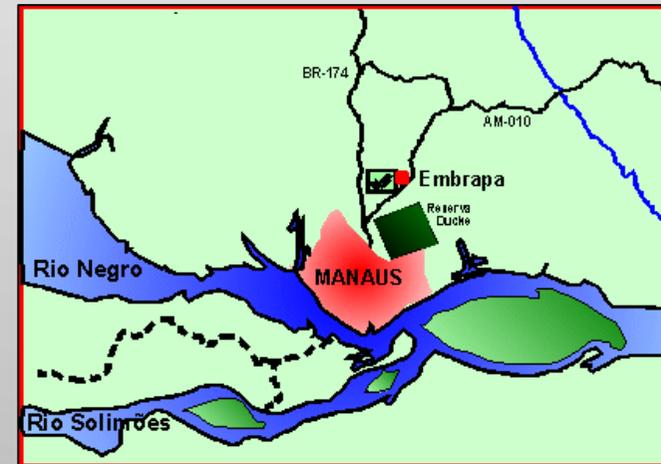
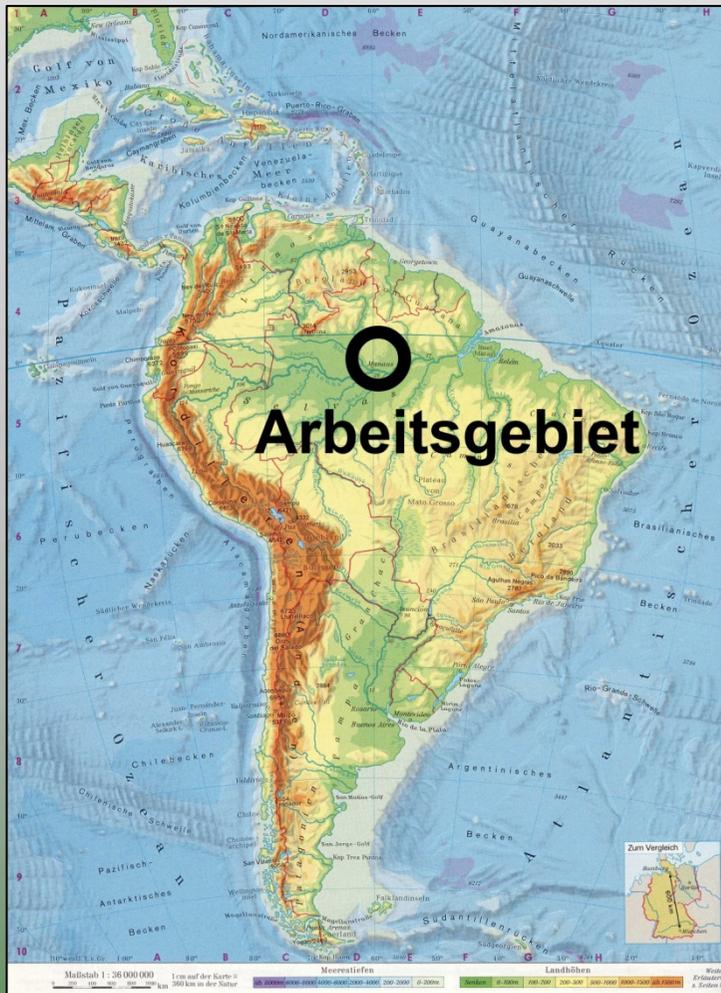


kotverfüllter Regenwurm-
gang mit Markierung
präferentieller Fließwege

Vorgehensweise bei dieser Arbeit:



2. Untersuchungsgebiet



Die SHIFT-Versuchsflächen liegen auf dem Gelände der EMBRAPA, etwa 30 km nördlich von Manaus im Bundesstaat Amazônia im Norden Brasiliens.

Abb. links: Diercke Weltatlas 1974

Abb. rechts: Höfer et al. 2000

Naturräumliche Verhältnisse:

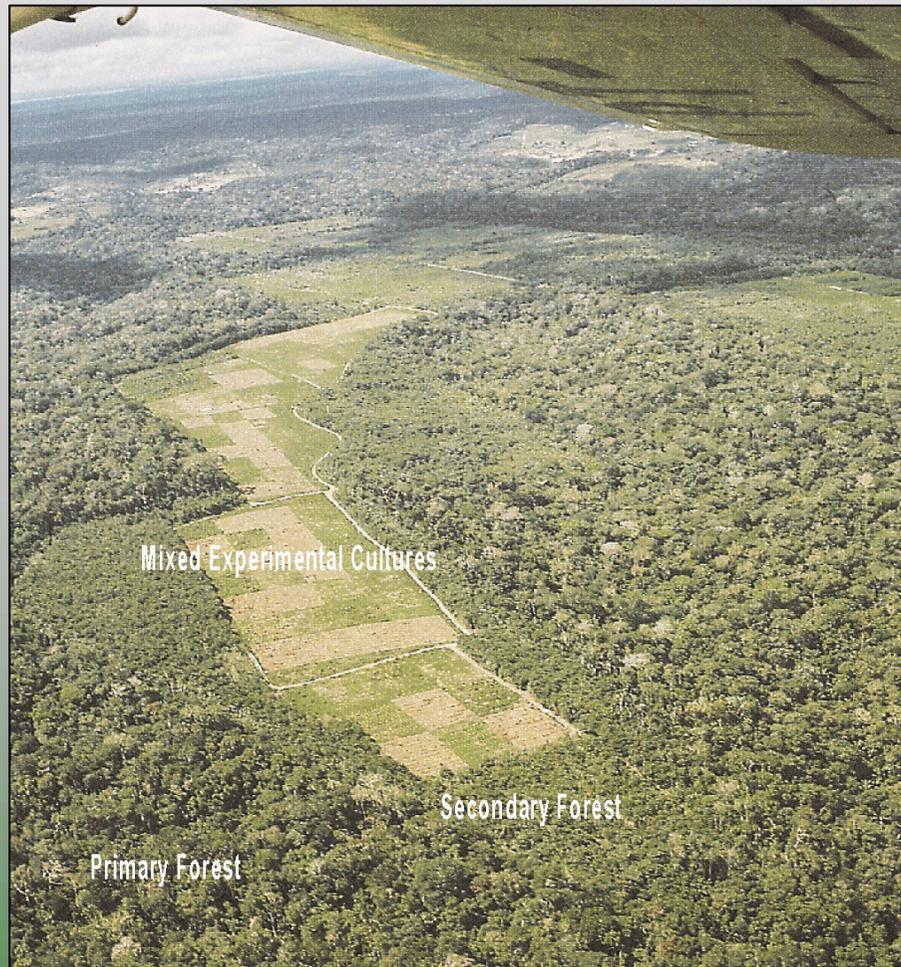
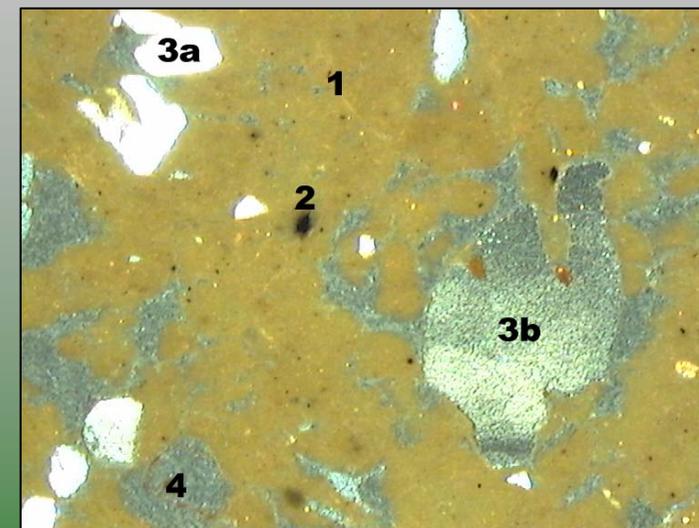
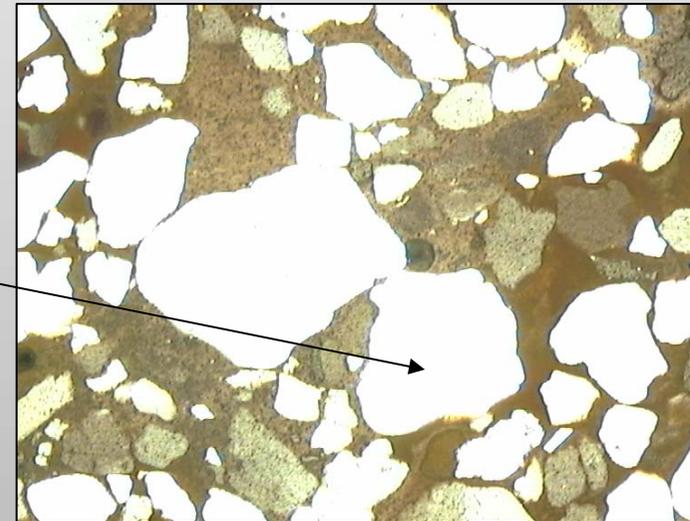


Abb.: Höfer et al. 2000

- EMBRAPA-Gelände liegt auf ca. 3° s.B. und 60° w.L., 40 bis 50 m ü. NN (*Terra-firme*).
- Größe 50 km²
- SHIFT-Flächen mit 19 ha Fläche (von immerfeuchtem tropischen Regenwald und Sekundärwald umgeben).

Naturräumliche Verhältnisse:

- **Geologie:** Sandsteine v. a. aus Quarz und Kaolinit
- **Boden:** extrem nährstoffarme, quarzhaltige, tonreiche Xanthic Ferralsols (FAO) mit Pseudosandstruktur, Gelbfärbung durch fortschreitende Transformation von Hämatit und Al-armem Goethit in Al-reichen Goethit (Fritsch et al. 2005)



Boden:

- Xanthic Ferralsols
- Tongehalte von 60 % Oberboden bis 80 % im Unterboden
- Dominanz von Kaolinit mit Gibbsit
- pH-Werte 3,8 - 4,5 (pH H₂O)
- KAK ist sehr gering. 6 und 11 mmol/100g
- der Primärwald erreicht aufgrund der Nährstoffarmut nur Kronenhöhen von etwa 30 m

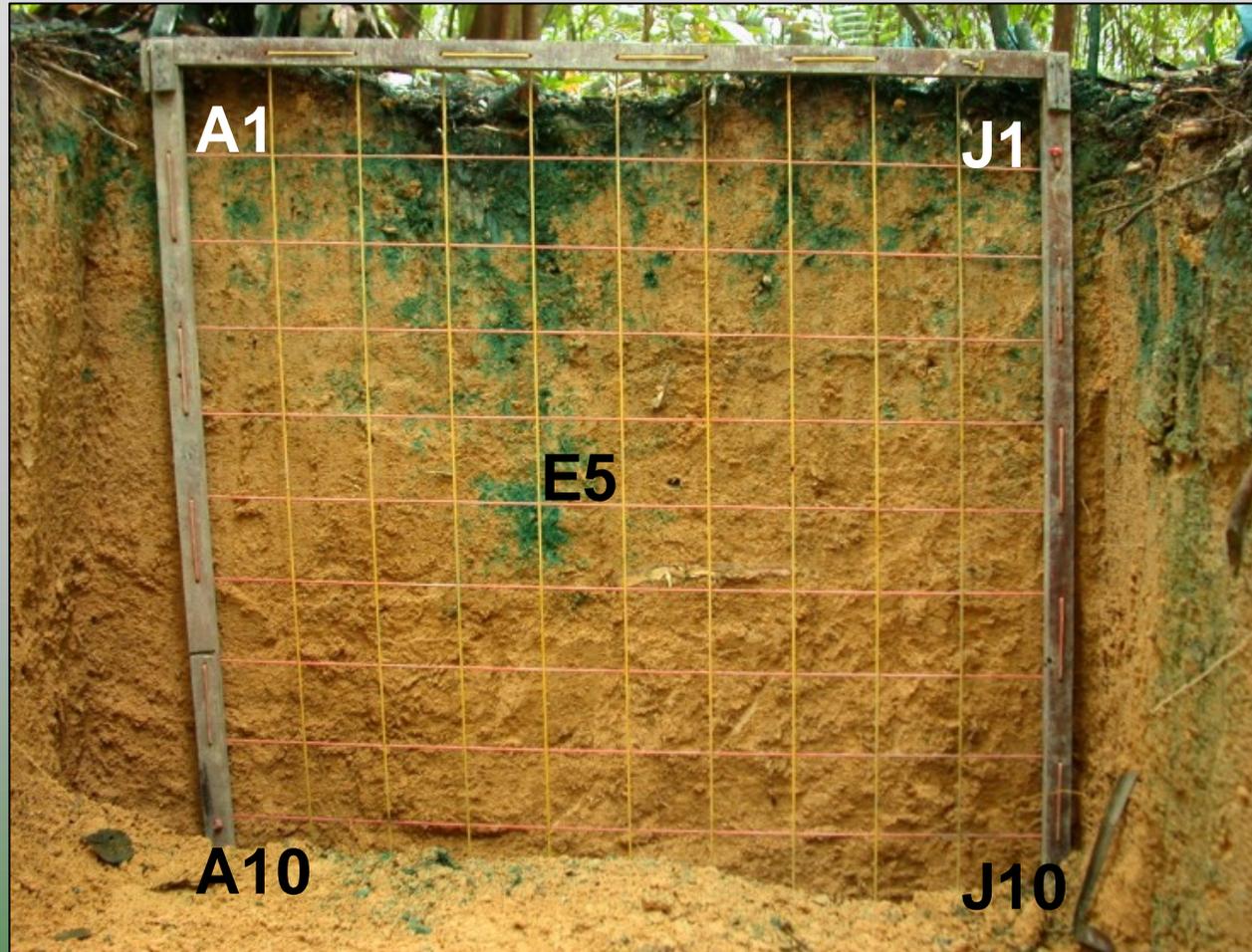
Farbtracer-Experimente:

- acht Systeme (Cupuaçu, Kokos, Kudzu, Pupunha, Seringueira, Urucum, Primärwald und Grasland) à 3 Profile entsprechend 24 Profile
- In zwei Stunden auf einer Fläche von 1,5 x 1,5 m 80 Liter Wasser mit Farbstoff aufgebracht.
- Die Profile wurden ca. 1 m tief aufgegraben und mit einem oder mehreren bis 5 Profilschnitten auf biogene Strukturen untersucht.

abgegrenzte und
eingefärbte Fläche



Farbtracer-Experimente:



- Auszählung der biogenen Strukturen in allen Feldern von A1 (links oben) bis J10 (rechts unten) mit einem Auszählrahmen (100 x 100 cm)

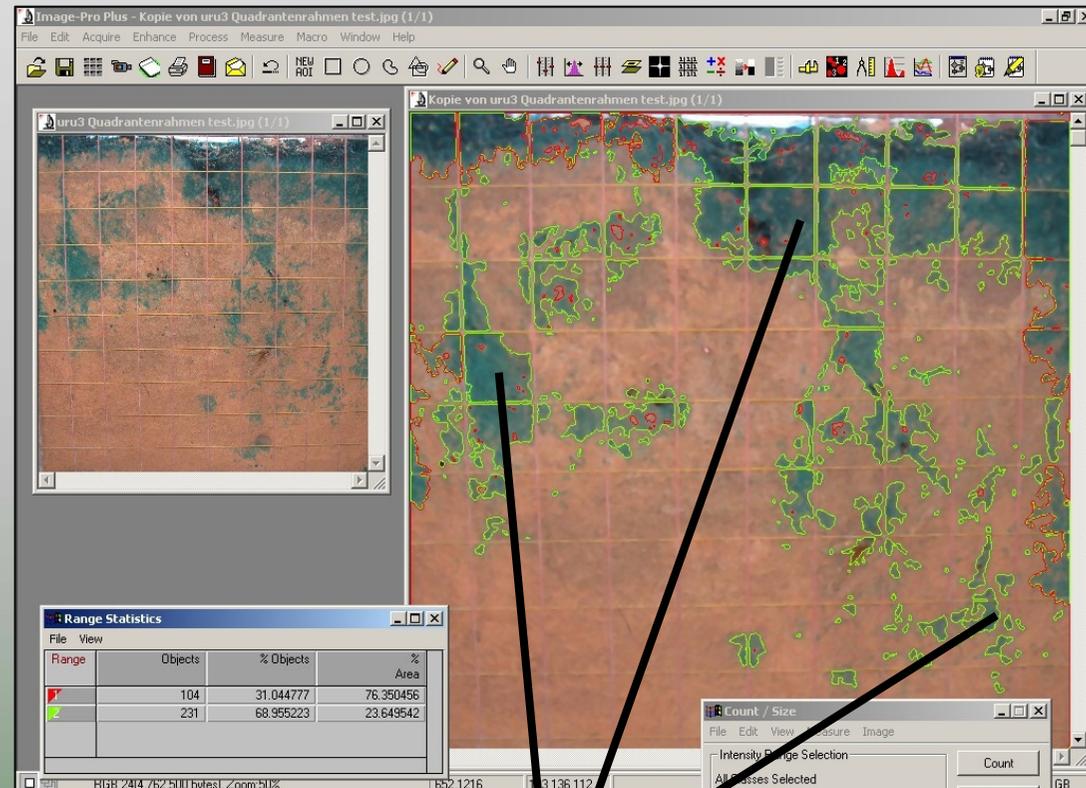
Foto: P. Walotek

Folgende Variablen wurden quadrantenweise bei der Auszählung biogener Strukturen mit einem Formblatt erfaßt:

- Anzahl lebender und toter Wurzeln
- Anzahl und Durchmesser biogener Gänge von Ameisen, Termiten und Regenwürmern
- Anzahl und Durchmesser von Ameisen- und Termitenkammern
- weitere Merkmale wie Poren, Holzkohle, Rostflecken, Säugetiergänge etc.

Farbtracer-Experimente:

- Die Auswertung der Profilschnitte erfolgte mit dem Programm „ImagePro Plus“.



Anteil der eingefärbten Fläche von 0 bis 99 % in 89 x 100 Quadranten

b) Mikromorphologische u. bodenchem. Probenahme:
an den Seitenwänden der Profilgruben (da Na im Tracer)

Beispiel:

verfüllte Termitenkammer

sorgfältiges Herauspräparieren einer ca. 5 cm großen Mikromorphologie-Probe, daraus Herstellung eines Dünnschliffs durch Einharzen der Probe (hergestellt von Martin Kull)

aus derselben Struktur Entnahme von mind. 10 g Material für bodenchem. Analysen (KAK nach DIN 19684-8, C_{org} und N-Geh.)

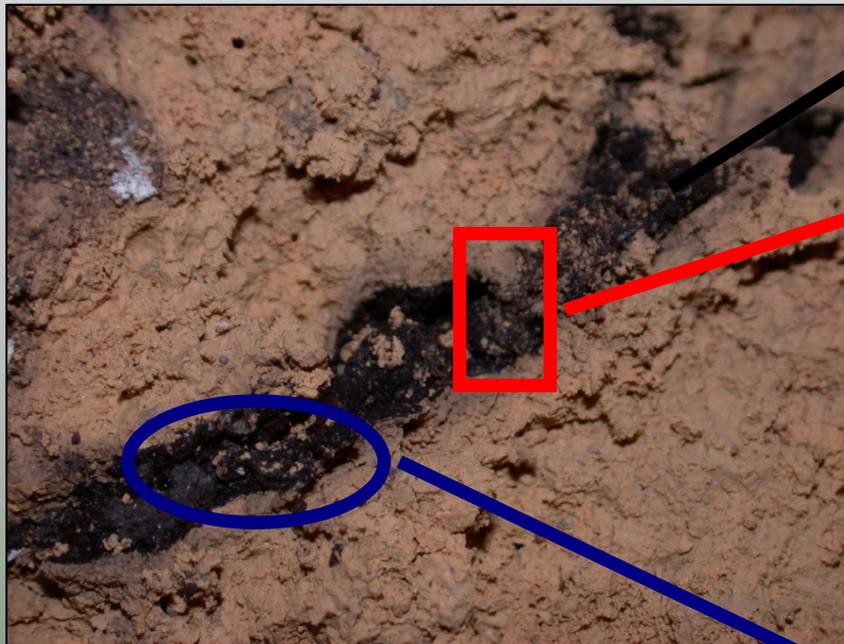
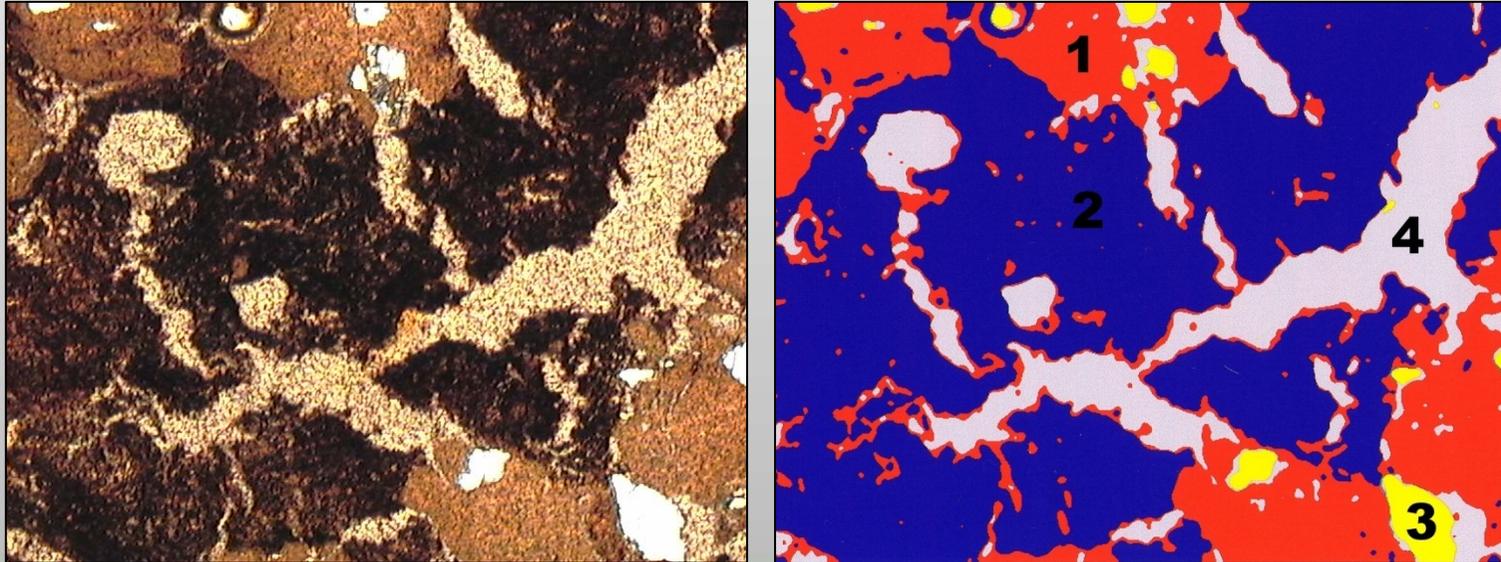


Foto: P. Walotek

Dünnschliffauswertung:



- für jeden Meßpunkt (ca. 2 x 2 mm) wurden manuell mit dem Programm „ImagePro Plus“ Farbgrenzwerte festgelegt und die Flächen umgefärbt
- dadurch Ermittlung der Flächenanteile von Bodenmatrix (1), organischem Material (2), Quarzen (3) und (Makro-) Poren (4) (Mittelwertbildung aus drei Meßwerten)

d) Statistische Datenauswertung:

Zur statistischen Auswertung der Farbtracer-Experimente und der mikromorphologischen und bodenchemischen Analysen wurden

- Korrelationsanalysen sowie
- Cluster- und Faktorenanalysen gerechnet (mit dem Programm „Statistica 6.1“).

4. Farbtracer-Experimente und Auszählung biogener Strukturen

- Exemplarisch für alle Farbtracer-Experimente werden nachfolgend drei (der insgesamt 89) Profilschnitte vorgestellt, die sich sowohl von der Einfärbung wie auch von Art und Anzahl der biogenen Strukturen stark voneinander unterscheiden.

Termiten-dominierter Standort unter Primärwald:



Foto: P. Walotek

- In oberen 30 cm homogenste Einsickerung, da dort verstärktes Vorkommen von Termitengängen und Wurzeln

- Profil bis 60 cm Tiefe eingefärbt, darunter nur noch Flecken

Im Primärwald sind **Termitengänge** am häufigsten (ca. 10 pro Profilschnitt).

- Termitengänge weisen rund doppelt so hohe KAK und Basensättigung im Vergleich zum benachbarten Unterboden auf

Regenwurm-dominierter Standort unter Pupunha:

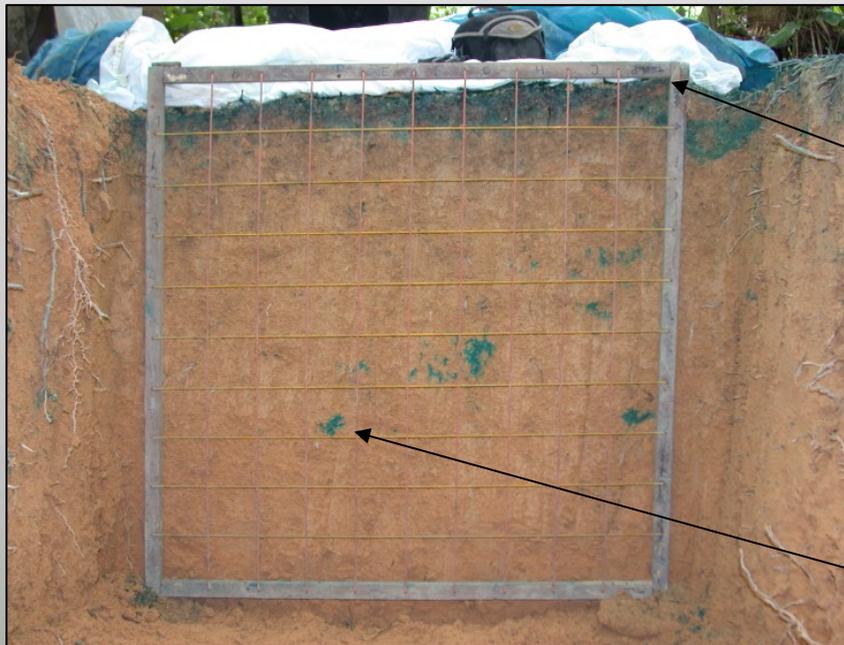


Foto: P. Walotek

Unter Pupunha dominieren **Regenwürmer** die Makrofauna (im Mittel über 20 Gänge pro Profilschnitt).

- Bodenoberfläche ist flächendeckend mit einer 5 cm mächtigen abdichtenden Schicht aus Regenwurm Kot bedeckt
- konzentrierte Tieferleitung des Tracers in Regenwurm-gängen bis in den Unterboden
- Regenwurm Kot hat im Vergleich zum Unterboden um das mehrfache erhöhte KAK und Basensättigung

Ameisen-dominierter Standort unter Grasland:

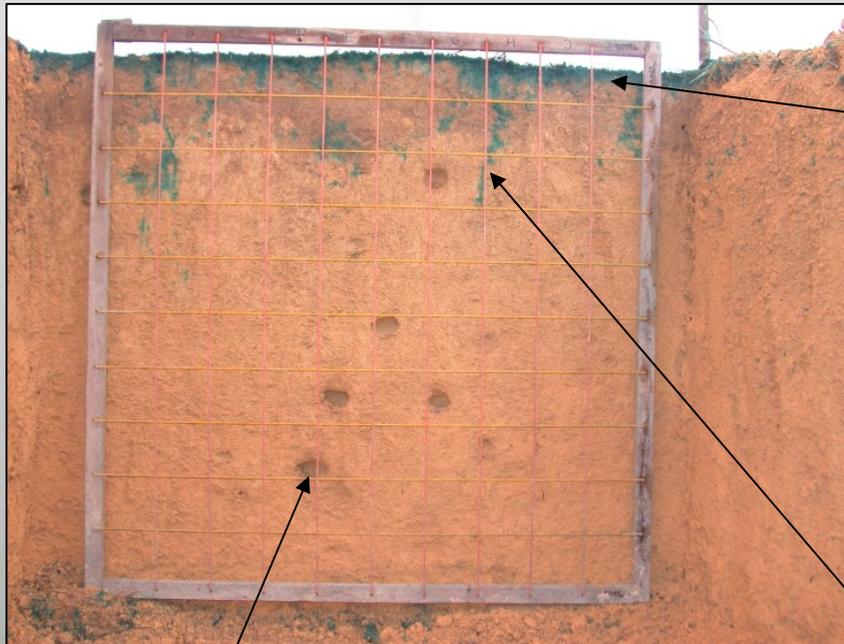


Foto: P. Walotek

Unter Grasland sind Gänge und Kammern von **Ameisen** dominierend (ca. 10 Gänge und 5 Kammern pro Profilschnitt).

- stärkere Einfärbung nur in den obersten 5 cm
- schlechte Einsickerung durch den geringen Durchmesser der Ameisengänge und das Fehlen von Holzgewächsen mit tiefreichenden Wurzeln
- Ameisenstrukturen haben ähnliche KAK und Basensättigung wie Unterboden

Querschnittsfläche von Tiergängen:

- im Vergleich zur Gesamtfläche der Profile relativ gering
- Berechnung der Querschnittsflächen aller 1.610 ausgezählten Tiergänge ergibt, daß diese nur ca. 0,35 % der Gesamtfläche der Profilwände ausmachen
- Tiergänge der Makrofauna tragen insgesamt nur gering zur Erhöhung der Gesamtporosität bei (Makroporenanteil beträgt ca. 14 %), spielen aber aufgrund ihrer Verbindung zur Bodenoberfläche die Hauptrolle für das präferentielle Fließen

5. Bodenmikromorphologie und -chemie biogener Strukturen

a) Bau der Termiten *Syntermes molestus*:

- die unterirdische Kammern anlegende Termitenart *Syntermes molestus* kommt in Zentralamazonien häufig vor und ist charakteristisch für die SHIFT-Flächen und den Primärwald.

Syntermes molestus:



Foto: P. Walotek

- angeschnittener Termitengang

Syntermes molestus:



Foto: P. Walotek

- Termitenkammer mit Soldaten und Larven. Bauten von *Syntermes* bestehen aus einer Vielzahl von verstreuten Gängen und Kammern und sind nicht klar zu gliedern.

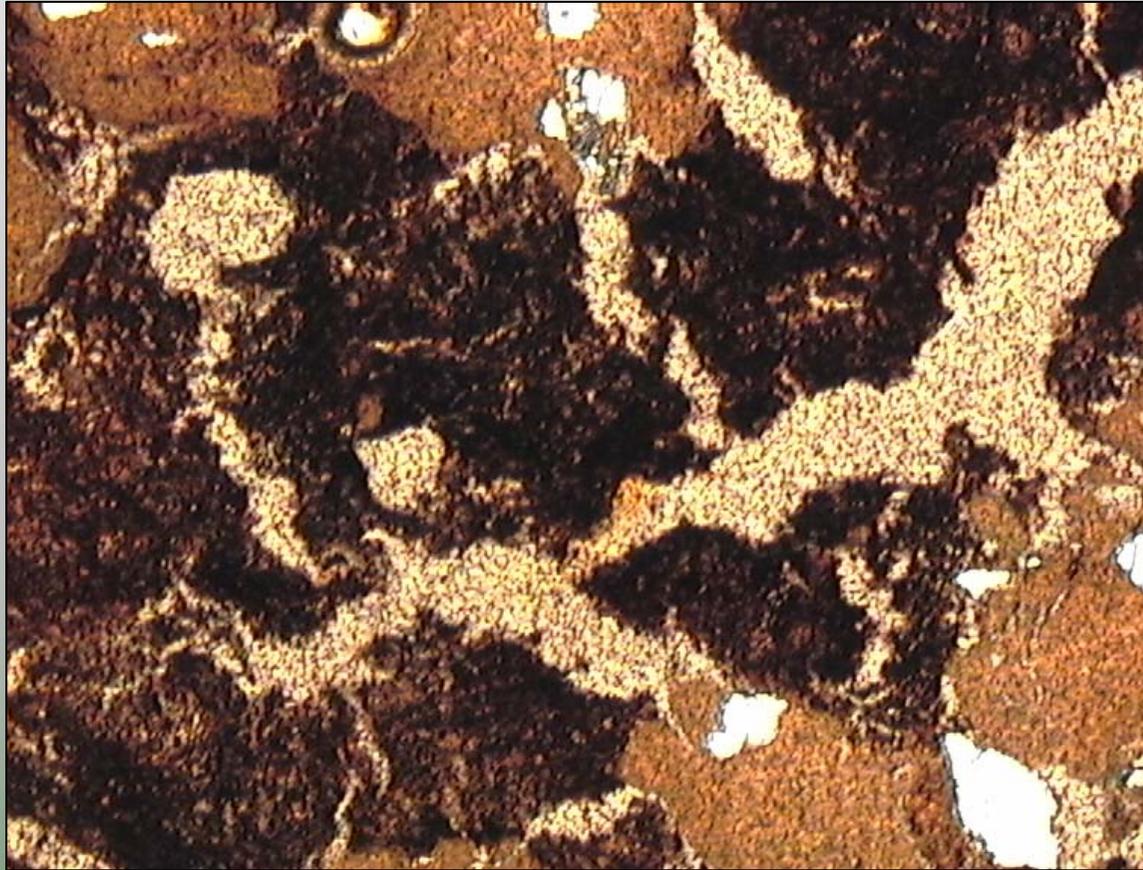
Syntermes molestus:



Foto: P. Walotek

- Kammer mit organischen Einlagerungen (Nahrung) von *Syntermes molestus*. Die Blätter sind noch als solche erkennbar.

Syntermes molestus:



- Dünnschliffbild (25-fach) dieser Termitenkammer: Die gangförmige Kammer ist verfüllt mit zersetzten Blättern.

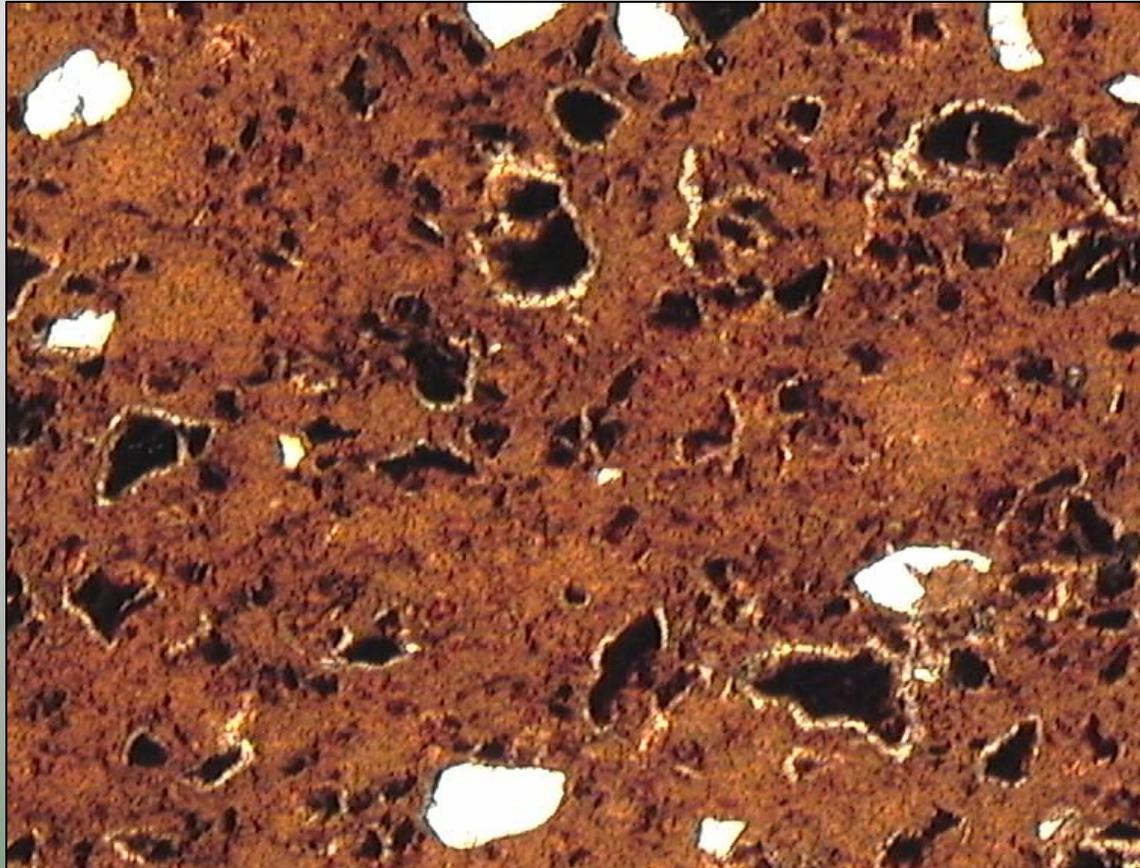
Syntermes molestus:



Foto: P. Walotek

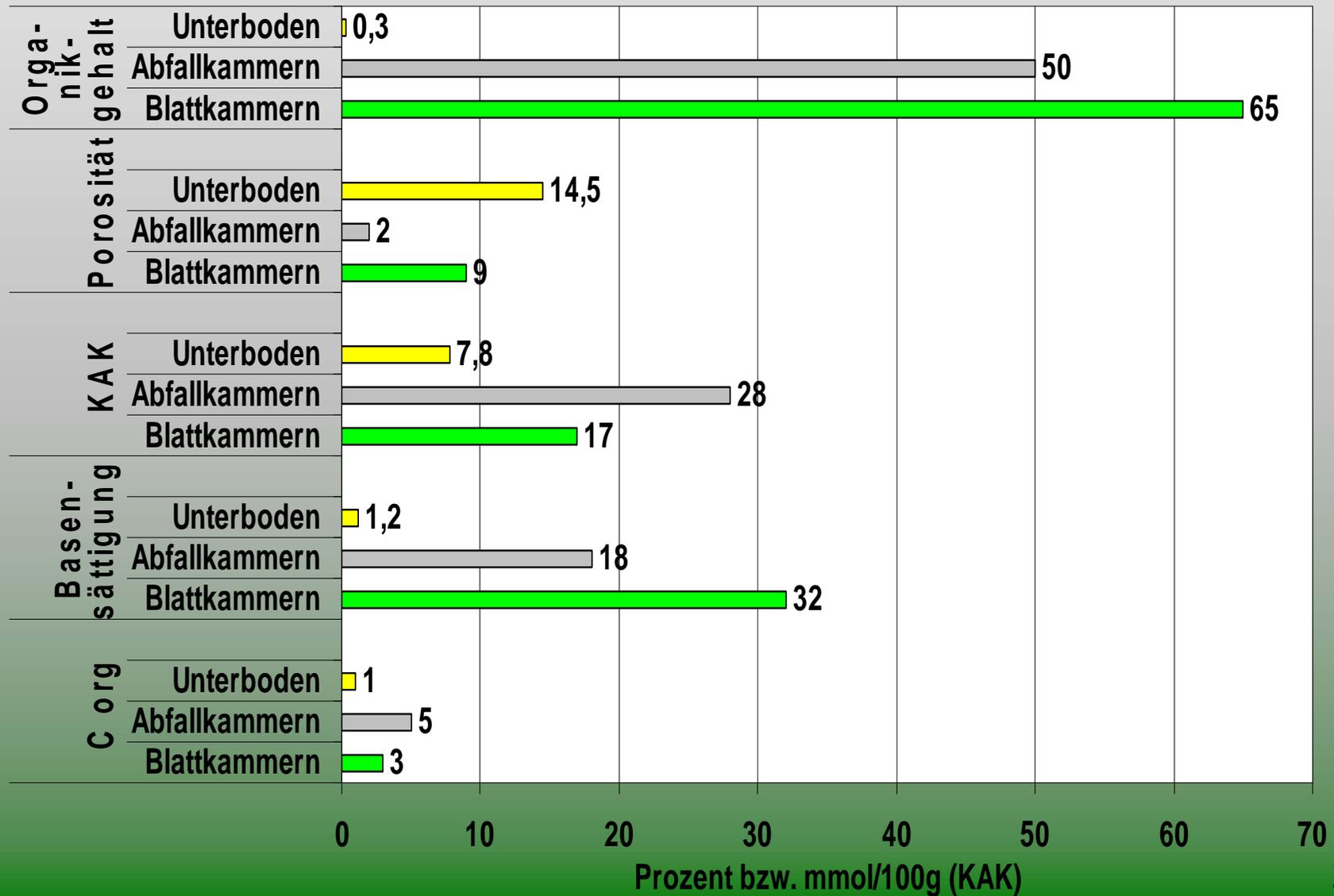
- Ein anderer Typ einer Termitenkammer von *Syntermes molestus*. Die Kammer mit geringer Porosität ist mit feinem organischen Material (Kot und Abfallstoffen) verfüllt.

Syntermes molestus:



- Dünnschliffbild (25-fach) dieser Kammer: Dicht gepackter Kot und Abfallstoffe der Termiten. Die Porosität ist deutlich geringer als in der Blattkammer.

Syntermes molestus: Bodenkennwerte



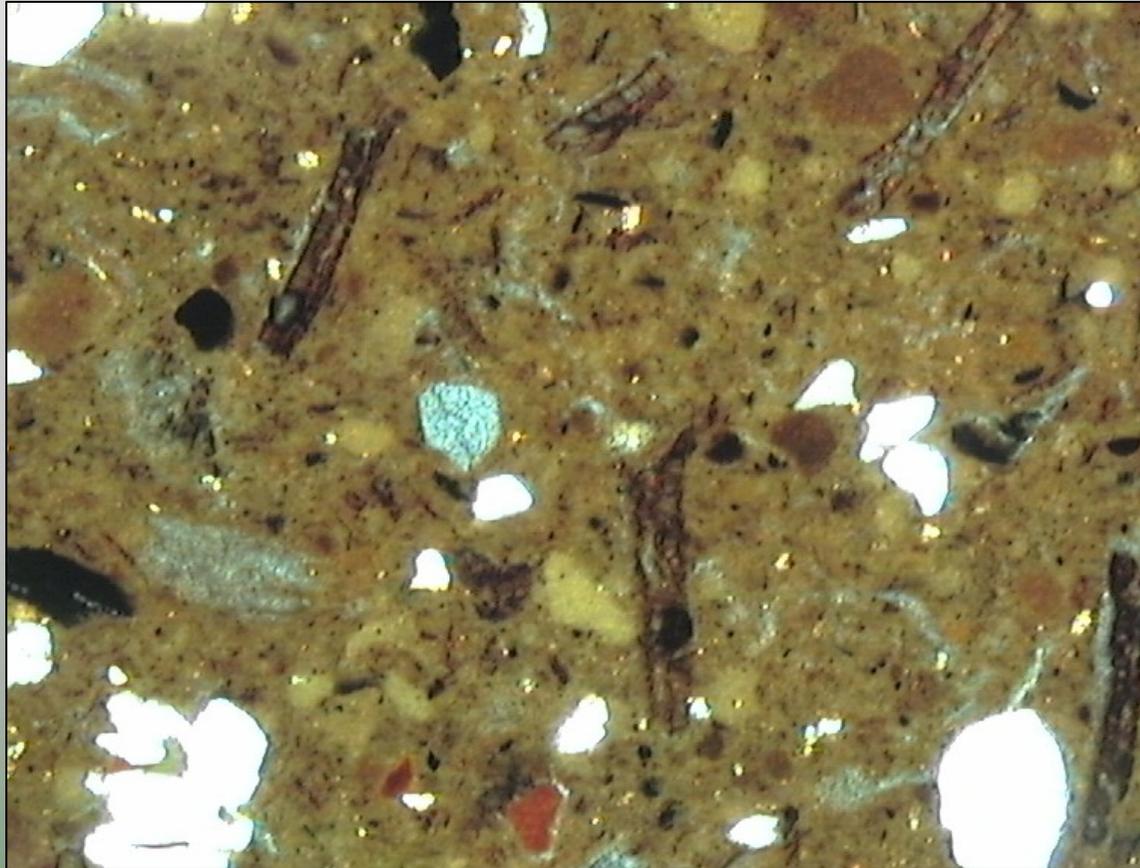
Fazit *Syntermes molestus*:

Organische Kammerverfüllungen von *Syntermes molestus* weisen im Vergleich mit dem umgebenden Boden deutlich günstigere bodenchemische Verhältnisse auf (auch im Vergleich mit dem Oberboden).

c) bodenchemische und mikromorphologische Daten des Regenwurms *Pontoscolex corethrurus*:

- v.a. in den Oberböden der Pupunha-Kulturen vorkommend
- Versiegelung der Bodenoberfläche durch Kotkruste
- die Organikgehalte des Regenwurmkots sind im Dünnschliff rund zehn mal so hoch wie die des Unterbodens
- reduzierte Porosität im Wurm Kot und an den Wänden der Wurmgänge durch Kompression des umgebenden Materials bei der Anlage der Gänge
- KAK im Wurm Kot ist rund doppelt so hoch wie im Unterboden, die Basensättigung fünf mal so hoch
- Regenwurmaktivität konzentriert sich (im Gegensatz zu Ameisen und Termiten) auf die obersten 30 cm des Bodens (Nährstoffe leicht pflanzenverfügbar)

Pontoscolex corethrurus:



- Dünnschliffbild (25-fach): Dichter Wurm Kot mit intensiver Durchmischung von organischem (Pflanzenreste) und mineralischem Material (Bodenmatrix und Quarze).

Ergebnisse der Cluster- und Faktorenanalysen:

- zwischen der KAK, den C- und N-Gehalten herrscht ein enger Zusammenhang → hervorgehobene Bedeutung der organischen Substanz für den Kationenaustausch
- bei den Regenwurmstrukturen ist ein enger Zusammenhang zwischen mikroskopisch bestimmten Organikgehalten, KAK und C_{org} -Gehalten ersichtlich
→ Hinweis auf die homogene Durchmischung von organischem und mineralischem Material im Wurm Kot

zusammengefasste Ergebnisse bezüglich Makrofauna

Ameisen

tragen nur zur
Erhöhung der
Porosität bei

Termiten

tragen zur
Erhöhung der
Porosität bei

und
zur Erhöhung
organischer
Substanz

Regenwürmer

tragen zur
Erhöhung der
Porosität bei

und
zur starken
Erhöhung
organischer
Substanz

Empfehlungen:

- eine Förderung der Makrofauna durch optimale ökologischer Bedingungen mittels naturnahem Ackerbau wichtig.
- Mulchen mit Grasmulch (Mulchversuche des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe mit *Bracharia* sp. und *Flemingia macrophylla*) ist sinnvoll
- höhere Mulchmenge ist vorteilhafter als eine höhere Mulchqualität.
- Der Ansatz des Projektes ENV 52 erweist sich (trotz kurzer Projektlaufzeit) als richtig: ein Aufbringen von Mulch führt zu einer Erhöhung der Makrofaunenaktivität.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.