

Gibt es einen Zusammenhang zwischen Kupfergehalt und Humusgehalt im Boden?

H.-C. Fründ¹, C. Emmerling², C. Bossung², M. Vohland²,
H. Tülp², P. Hinsinger³

Abstract

Der Zusammenhang zwischen Cu, C_{org}, C/N und der mikrobiellen Biomasse im Boden wurde an umfangreichen Probenkollektiven aus einem Überschwemmungsgebiet sowie aus Weinbaugebieten des Moseltals und des Languedoc (Südfrankreich) untersucht. Es zeigte sich ein genereller Trend zu höheren Humusgehalten bei zunehmenden Kupfergehalten im Boden. Ein Effekt auf die mikrobielle Biomasse ergab sich nur bei Bezug auf die organische Substanz (C_{mik}/C_{org}-Verhältnis) – am deutlichsten im Überschwemmungsgebiet. Das C/N-Verhältnis war in den Weinbauböden bei steigender Cu-Belastung erweitert, jedoch nicht in der Flussaue. Es wird gefolgert, dass Depositionsgeschehen und direkte Schwermetalleffekte in den verschiedenen Gebieten unterschiedlich zusammen wirken. Humusanreicherung kann aus bodenökologischer Sicht toxischen Effekten der Schwermetalle auf Bodenfunktionen entgegen wirken.

Einleitung

Kupfer ist einer der Problemstoffe in organischen Düngern, in den Böden von historisch intensiv mit Cu-Fungiziden behandelten Böden und an Standorten unter dem Einfluss industrieller Immissionen. Die bodenökologische Bewertung von Kupferkontaminationen im Boden ist trotz der nachgewiesenen hohen ökotoxikologischen Wirksamkeit dieses Elements widersprüchlich (Wilke 2004). In vielen Fällen werden in Böden mit hohen Kupferbelastungen erhöhte Humusgehalte beobachtet (Sauvé 2006, Fründ & Gromes 2002). Es gibt jedoch auch widersprüchliche Befunde, die einen Zusammenhang zwischen Cu und C_{org} im Boden verneinen (Minnich & McBride 1986).

Für einen Zusammenhang von Schwermetall (Kupfer) und Humusgehalt sind verschiedene Ursachen denkbar:

1. Paralleler Eintrag von Cu und C_{org} in die Böden
2. Humusakkumulation durch toxische Hemmung der Humusmineralisation und/oder chemische Humusstabilisierung durch Cu²⁺-Wechselwirkungen
3. Anreicherung bzw. Stabilisierung von Cu an Humus (d.h. Cu-Akkumulation anstatt Humusakkumulation).

In der hier berichteten Studie wurde an Probenkollektiven aus drei Kupfer-Belastungsgebieten geprüft, ob eine Korrelation zwischen Cu und C_{org} im Boden besteht. Zusätzlich erhobene Daten zur Mikrobiellen Biomasse und dem C/N-Verhältnis der Böden werden als Indikatoren für eine mehr toxisch-biologisch oder mehr abiotisch-interaktiv bedingte Humusanreicherung bei Kupferbelastung gedeutet.

Untersuchungsgebiete und Methoden

Es wurden Proben aus einem Überschwemmungsgebiet (Hasetal bei Osnabrück) und zwei Weinbauregionen (Moseltal, Frankreich-Languedoc) untersucht (Tab.1). Die Wirkschwellen der Cu-Toxizität (100-200 mg Cu/kg Bo-

den; Fründ et al. 2005, Wilke 2004) werden in allen Probenkollektiven überstiegen.

Tab. 1 Untersuchte Probenkollektive

Gebiet, Proben-tiefe	Anzahl Proben	pH	C _{org} % Cu mg/kg
Hasetal (Osnabrück) 10-20 cm	120 ^{a)}	4.3-7.1	0.7-9.9 % 8-1824 mg/kg
Weinberge Mosel 0-15 cm	164 ^{b)}	3.7-7.5	0.9-8.5 % 16-656 mg/kg
Weinbau Languedoc 0-20, 0-2 cm	56	4.3-8.6	0.3-2.9 % 32-1030 mg/kg

^{a)} Einzelproben mit Marschen-Profilstecher (Eijkelkamp)

^{b)} Jeweils ein Schurf über 1 m Länge

Die Böden des Hasetals sind lehmig-schluffige Sande unter Grünland. Die Metalle (neben Cu auch Zn, Pb und Cd; Vohland et al. 2007, Bailly et al. 1993) stammen aus Überschwemmungssedimenten. Im Moseltal wurden 73 bewirtschaftete Weinberge und 91 Weinbergsbrachen aus acht Lokalisationen von Wincheringen (Obermosel) bis Hatzenport (Untermosel) untersucht. Aus dem Languedoc standen Proben aus einem weinbaulich genutzten Areal (FV, Chaignon et al. 2003) und zwei heute mit Getreide bestellten Weingärten zu Verfügung (FC, FMP). Die sandig-lehmigen alluvialen Böden sind z.T. carbonathaltig. Es wurden Cu-Gesamtgehalte nach HF-Totalaufschluss (Languedoc) bzw. nach HNO₃-Druckbombenaufschluss bestimmt. C_{org} wurde mittels IR-Detektion nach Verbrennung bei 1300°C bestimmt. Der mikrobielle Kohlenstoff (C_{mik}) und Stickstoff (N_{mik}) wurde mit der CFE-Methode bestimmt.

Ergebnisse

Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen in allen drei Untersuchungsregionen eine signifikante Korrelation zwischen dem Cu-Gesamtgehalt und dem C_{org}-Gehalt des Bodens (p < 0,01). Die Daten werden durch eine logarithmische Beziehung am besten beschrieben.

Bezogen auf die Bodenmasse war in keinem Fall eine signifikante Korrelation zwischen Cu-Gehalt und mikrobieller Biomasse (C_{mik}/g Boden) erkennbar. Ein negativer Effekt des Cu wurde jedoch deutlich, wenn die Biomasse auf die organische Bodensubstanz bezogen wurde (C_{mik}/C_{org}; Abb. 4-6). Ein Zusammenhang zwischen den Cu-Gehalten des Bodens und dem mikrobiellen C/N-Verhältnis (C_{mik}/N_{mik}) war nicht erkennbar (Daten nicht dargestellt).

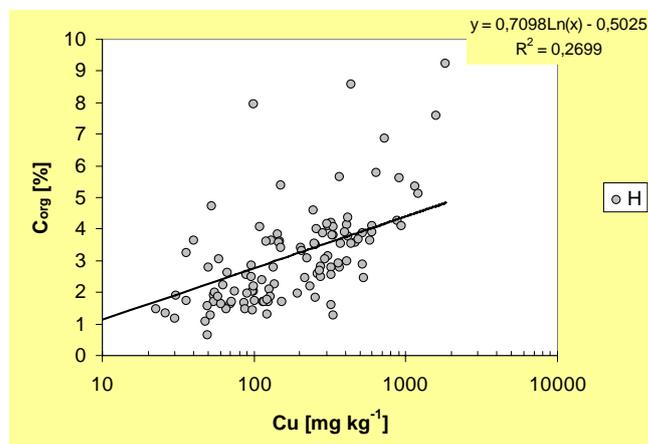


Abb. 1: Zusammenhang Cu-C_{org} im Überschwemmungsgebiet der Hase bei Osnabrück

¹ Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Postfach 1940, D-49090 Osnabrück, E-mail: hc.fruend@fh-osnabrueck.de

² Universität Trier, FB VI, 54286 Trier

³ INRA Montpellier, Frankreich

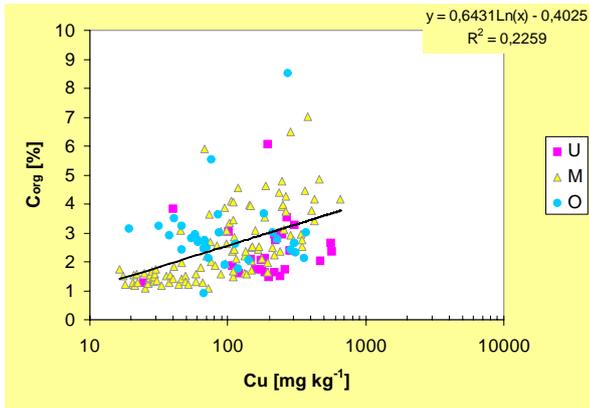


Abb. 2: Zusammenhang Cu-C_{org} in Weinbergsböden des Moseltals. U= Untermosel, M=Mittelmose, O=Obermosel

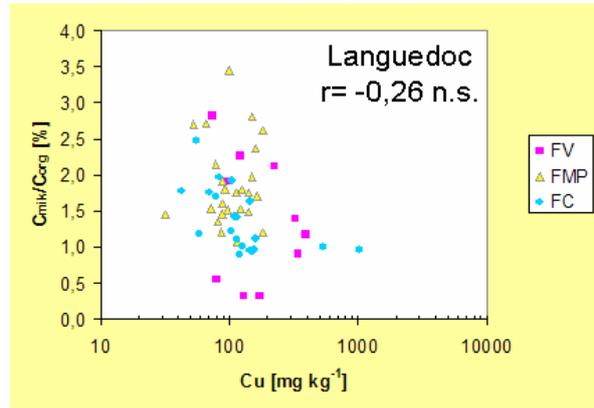


Abb.6: Zusammenhang zwischen Cu und C_{mik}/C_{org} in Weinbergsböden des Languedoc

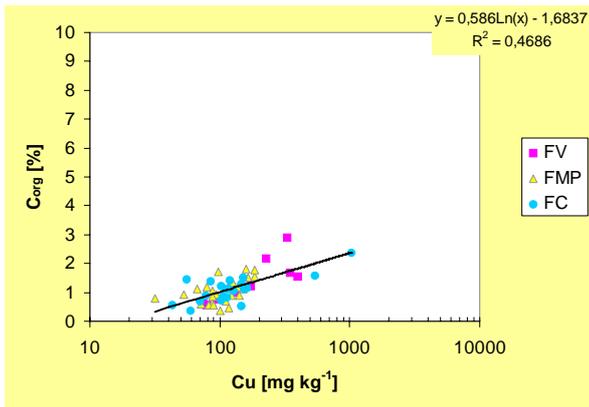


Abb. 3: Zusammenhang Cu-C_{org} in Weinbergsböden des Languedoc.

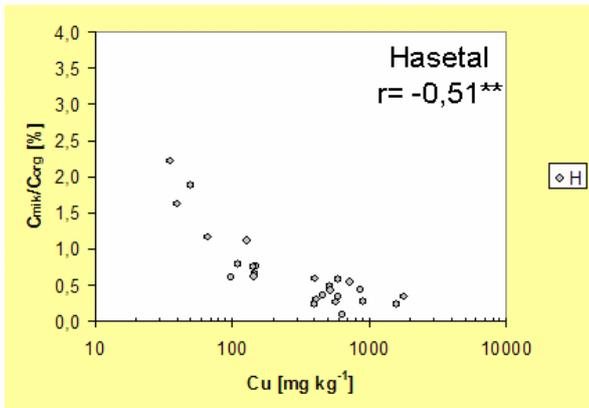


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Cu und C_{mik}/C_{org} im Überschwemmungsgebiet der Hase bei Osnabrück

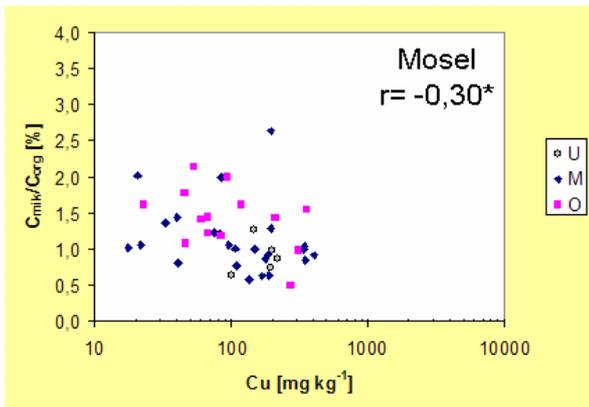


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Cu und C_{mik}/C_{org} in Weinbergsböden des Moseltals

Das C/N-Verhältnis des Bodens schwankte in den Proben aus dem Hasetal zwischen 10 und 14,7 (Mittelwert 12,0). Ein Zusammenhang zwischen Kupfergehalt des Bodens und C/N-Verhältnis war nicht erkennbar ($r = 0,13$ n.s.). In den Weinbergsböden des Moseltals wurden C/N-Verhältnisse zwischen 5,8 und 38,6 (Mittelwert 12,7) gemessen. Es ergab sich ein schwacher aber signifikanter Trend zu einer Erweiterung des C/N-Verhältnis mit steigenden Kupfergehalten des Bodens ($r = 0,39$; $p < 0,05$). Eliminiert man drei C/N-Extremwerte (5,8; 25,6; 38,6) sinkt der Korrelationskoeffizient auf 0,34, bleibt aber signifikant. In den Weinbergsböden des Languedoc lag das C/N zwischen 7,7 und 16,0 (Mittelwert 11,0). Auch hier wurde ein Trend zu weiterem C/N mit höherem Boden-Cu festgestellt ($r = 0,28$; $p < 0,05$).

Diskussion und Schlussfolgerungen

In allen drei Untersuchungsregionen gab es einen Trend zu höheren Humusgehalten bei höheren Cu-Gehalten im Boden. Der Anteil des mikrobiellen Kohlenstoffs am organischen Kohlenstoff nahm dabei ab. In den Weinbergsböden deutete sich außerdem eine Erweiterung des C/N-Verhältnisses bei höheren Cu-Gehalten an. Welche Ursachen kommen für die erhöhten Humuswerte bei hohen Cu-Gehalten in Frage? Im Überschwemmungsgebiet ist folgender Mechanismus der C_{org}-Anreicherung denkbar: 1) parallele Deposition von Metallen und organischem Kohlenstoff aus dem Sediment, 2) reduzierte mikrobielle Verfügbarkeit des C_{org} (niedriges C_{mik}/C_{org}) 3) reduzierte Mineralisierung. In den Weinbergsböden wird organische Substanz als Biomasse mit weitem C/N eingetragen. Dieses wird beim mikrobiellen Abbau verengt. Ein weiteres C/N in Cu-belasteten Böden spricht demnach für eine Mineralisierungshemmung.

Literatur

Bailly F, Gieske M, Kleinwort S, Wolf N, 1993, Osnabrücker naturwiss. Mitt. 19: 167 – 182. Chaignon V, Sanchez-Neira I, Herrmann P, Jaillard B, Hinsinger P, 2003, Environ. Pollut. 123: 229-238. Fründ HC, Gromes R, 2002, Erwerbsobstbau 44: 129-133. Fründ HC, Frerichs C, Rück F, 2005, Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 107: 191-192. Minnich MM, McBride MB, 1989, Plant and Soil 91: 231-240. Sauvé S, 2006, Environmental Toxicology and Chemistry 25: 854-857. Vohland M, Bossung C, Fründ HC, 2007, Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. (Tagungsband Dresden). Wilke BM, 2004, Stoffdatenblatt Kupfer. – In: Litz et al (Hrg): Handbuch Boden gefährdende Stoffe. Landsberg: Ecomed.