

Verrottende Biomasse als Quelle von Kohlenmonoxid in Waldökosystemen

H. J. Hellebrand und Ch. Idler

Institut für Agrartechnik Potsdam Bornim e.V. (ATB)

Die mittlere atmosphärische CO-Konzentration der Nordhalbkugel liegt im Bereich 40-200 ppbV. Der direkte Beitrag von CO zum Treibhauseffekt ist unbedeutend. Durch die Beeinflussung der troposphärischen Ozonbildung trägt CO jedoch zur Smogentstehung bei und ist somit ein umweltrelevantes Gas. Die jährlichen CO-Einträge in die Atmosphäre werden gegenwärtig auf 1800-2700 Tg/a geschätzt. Davon sind 300-550 Tg/a auf die Verbrennung von fossilen Energieträgern zurückzuführen, die Biomasseverbrennung soll zu 300-700 Tg/a führen und 60-160 Tg/a werden biogenen Quellen zugeschrieben (IPCC 1994). Als biogene Quellen gelten Mikroorganismen, einige höhere Pflanzen, photochemische Umsetzungen von Biomasse und die Oxidation abgestorbener biologischer Stoffe in Böden und Ozeanen. Verschiedene Daten zu terrestrischen Kohlenmonoxidflüssen wurden in der Fachliteratur vorgestellt (Conrad 1996). Angaben zur CO-Bildung beim Verrotten von abgestorbener, oberirdischer Biomasse konnten nicht ermittelt werden.

Material und Methoden

Die Gasanalysen erfolgten mit einem hochauflösenden ($0,2 \text{ cm}^{-1}$) FTIR-Spektrometer (wahlweise 20m- oder 7m-Gasküvette; MCT-Detektor). Zur CO-Konzentrationsbestimmung wurde überwiegend die ungestörte CO-Linie bei $2103,2 \text{ cm}^{-1}$ ausgewertet. Kompostluft aus Grün-gutmieten wurde über Entnahmeröhre, die bis zur mittleren Schnittebene reichten, entnommen und analysiert. Mittels C-Bilanzierung konnten dann aus den Konzentrationsmessungen Emissionswerte abgeleitet werden (Hellebrand 1998). Bei der Untersuchung des Kompostverlaufes von Stallmist eines Biohofes wurden die Emissionsströme über den Konzentrationsanstieg in Gasflusskammern erfasst (Hellebrand und Kalk 2000). In Laborversuchen diente getrocknetes Landschaftspflegegut als Substrat für Rotteversuche. Durch Wasserzugabe wurde der Feuchtegehalt auf 70 % eingestellt. Der Substratbehälter wurde über ein Wasserbad thermostatiert und mit unterschiedlichen Raten Außenluft ventiliert. Die Abluft wurde online zum FTIR-Spektrometer geleitet und analysiert. Die Gasbildungs-raten wurden aus der Differenz zur Außenluftkonzentration und dem Volumenstrom ermittelt. Bei Experimenten mit sterilisiertem Substrat wurde der über $0,2 \mu\text{m}$ -Filter gegen Mikroorganismen geschützte Behälter für 180 Minuten auf $136 \text{ }^\circ\text{C}$ erhitzt und nach Auskühlung in den Gasmessplatz eingesetzt.

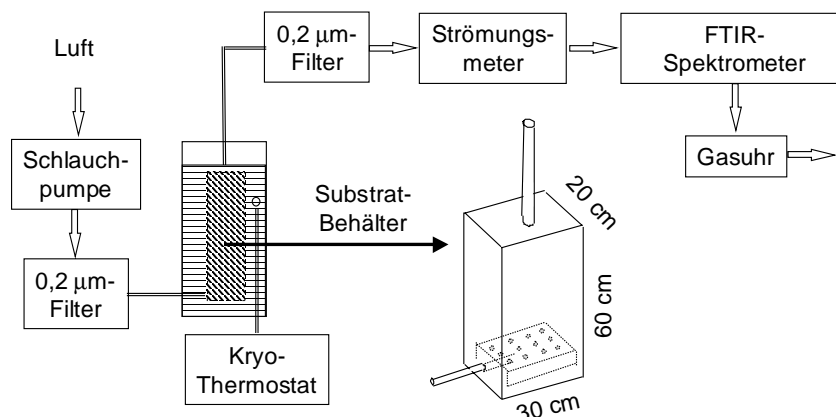


Bild 1 Schema zum Gasmessplatz mit thermostatiertem Substratbehälter und FTIR-Spektrometer

Ergebnisse und Diskussion

Bei FTIR-Untersuchungen der Luft aus Kompostmieten, Laub- und Grashaufen bei der Grünflächenpflege wurden Konzentrationsdifferenzen zur Außenluft von 2 ppmV bis ca. 130 ppmV beobachtet. Als Bildungsraten bei Feld- und Laborexperimenten (Bild 2) ergaben sich Werte um 0,1 mg CO/h pro kg Rottemasse bei einer belüftungsabhängigen Dynamik der CO-Konzentration im Rottegut (positive Korrelation zum Sauerstoffpartialdruck; Hellebrand 1998). Bezogen auf die Freisetzung von CO₂ während der Rotte lag der Volumenanteil von CO im Bereich von 10⁻⁴ bis 10⁻².

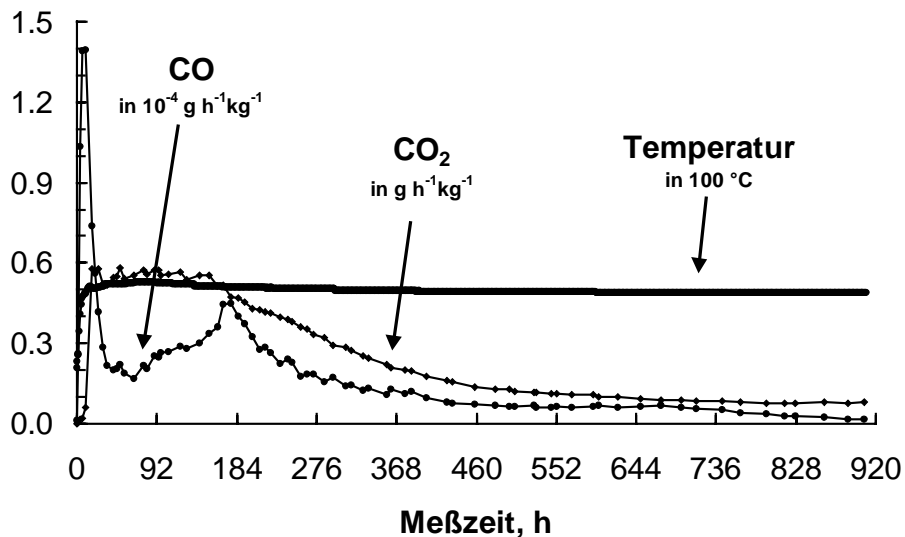


Bild 2 Beispielverlauf zu CO- und CO₂-Flussraten bei Labormessungen (nicht steriles Substrat Landschaftspflegeheu mit Feuchte 70%; T=50 °C; Belüftungsrate 25 cm³ min⁻¹ pro kg Substrat).

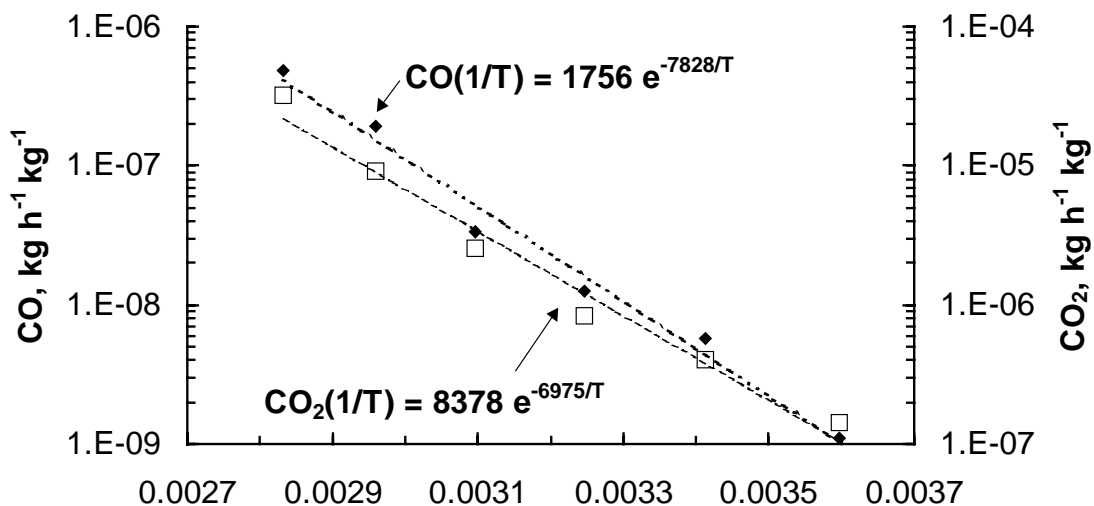


Bild 3 Arrhenius-Plot der CO- und CO₂-Bildungsraten von sterilisiertem Substrat (Landschaftspflegeheu mit Feuchte 70%; T=50 °C; Belüftungsrate 25 cm³ min⁻¹ pro kg Substrat; Messtemperaturen 5° C, 20° C, 35° C, 50° C, 65° C, 80° C).

Aus der Temperaturabhängigkeit (278 K bis 353 K) der CO-Bidungsraten in sterilisierter Biomasse konnte eine Aktivierungsenergie der CO-Bildung von 65 kJ mol⁻¹ bestimmt werden (Bild 3). Die CO-Bildung ist als physikalisch-chemisch ablaufender Oxydationsprozeß zu interpretieren. Im Gegensatz zu nicht sterilisiertem Rottesubstrat, in dem biologische Aktivität

den Sauerstoffpartialdruck verringert und damit zu belüftungsabhängigen Flußraten führt, konnte bei sterilisiertem Substrat kein Einfluß der Belüftungsrate auf die CO- und CO₂-Flüsse gemessen werden.

In sterilisiertem Material lag das massebezogene Verhältnis von CO-Fluß zu CO₂-Fluß im Bereich um 10⁻² und erwies sich im Rahmen der Meßgenauigkeit als temperaturunabhängig. Zum Abschätzen der Größenordnung der CO-Bildung in Waldgebieten kann deshalb dieses Verhältnis verwendet werden. Da offensichtlich physikalisch-chemische Reaktionsabläufe die CO-Freisetzung bestimmen, kann die Schätzgenauigkeit über die absoluten CO-Bildungsraten gesteigert werden. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um den Einfluß von Sauerstoffpartialdruck und Wassergehalt auf die physikalisch-chemisch determinierten CO- und CO₂-Bildungsraten zu bestimmen.

Schlussfolgerungen

Bei der Belüftung von sterilisiertem Pflanzenmaterial wird CO₂ und CO gebildet. Die Bildungsraten wachsen exponentiell mit der Temperatur. Die gemessene Temperaturabhängigkeit spricht für eine CO-Bildung über physikalisch-chemische Reaktionsabläufe. Aus dem Arrhenius-Plot wird eine Aktivierungsenergie im Bereich um 60 kJ mol⁻¹ für die CO- und CO₂-Bildung abgeleitet (CO₂ - 58 kJ mol⁻¹; CO - 65 kJ mol⁻¹).

Aus den Labormessungen folgt, dass bei 5 °C jährlich ca. 20 mg Kohlenmonoxid pro kg abgestorbener Biomasse entstehen. Das entspricht einer CO-Kohlenstoffoxidationsrate von 7 · 10⁻⁵ a⁻¹. Ein Temperaturanstieg auf 20 °C verdreifacht diese Bildungsrate. Es ist daher mit kontinuierlichen CO-Freisetzungen aus Waldgebieten zu rechnen, die in den Sommermonaten die höchsten Bildungsraten aufweisen.

Literatur

Conrad, R., 1996: Soil micro-organisms as controllers of atmospheric trace gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O, and NO). *Microbiological Reviews* 60: 609-640

Hellebrand, H. J., 1998: Emission of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste. *Journal of Agricultural Engineering Research* 69, 4, S.365-375

Hellebrand, H. J. und Kalk, W.-D., 2000: Emissions Caused by Manure Composting. *Agrartechnische Forschung* 6 2, S. E26-E31

IPCC, 1994: Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 1994 - Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1995