Entwicklung eines miniaturisierten, kameragesteuerten Gaschromatographen für die Vor-Ort-Analytik



P. Neumann, G. Matz, A. Baermann, I. Radef, M. Schneppmüller

DR. BAERMANN & PARTNER

MIKROANALYTIK

ZIM – Kooperationsprojekt

Förderkennzeichen: KF 2780601MK0 und KF 2312402MK0

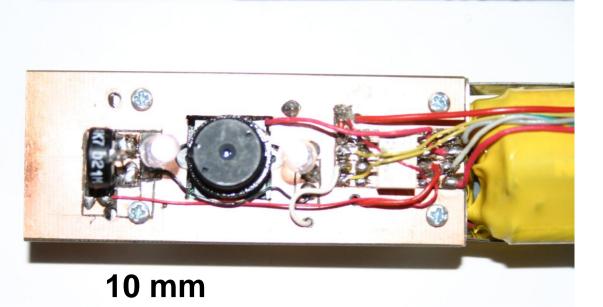


Einführung

Ziel ist die Entwicklung und der Bau eines miniaturisierten, kameragesteuerten Gaschromatographen (Mini-GC) zur direkten Erkennung und Erfassung von Schadstoffbelastungen bei Erkundungs- und Überwachungsmaßnahmen. Das Mini-GC-Sensorsystem ist modular aufgebaut und kann in verschiedene Erkundungstechniken eingebaut werden. Hierzu zählen speziell umgerüstete Rammkernsonden, die zusätzlich noch mit einer Mikro-Kamera ausgestattet sind. Das Kamera-System ist an der Sondenspitze unmittelbar vor dem Bodenluft-Einlass-System des Mini-GC positioniert. Dies ermöglicht vorab eine visuelle Einschätzung auffälliger Bodenhorizonte mit gezielter anschließender Direkt-Beprobung und Analytik. Als weitere Erkundungstechnik dienen mobile Hohlbohrschnecken-Systeme (MHBS), in denen der Mini-GC auch in schwer durchörterbaren Auffüllungsböden und Sedimenten auf Tiefe gebracht werden kann. Der Mini-GC ist hierfür in die Pilotspitze einer neu entwickelten Hohlbohrschnecke integriert worden und mit einer Bodenluft-Beprobungseinheit ausgestattet. Für direkte Messungen z.B. an Haufwerken, Halden oder von Bohrgut ist das Mini-GC-System als kleines Feldgerät mit einer entsprechenden "Messlanze" ausgerüstet worden.

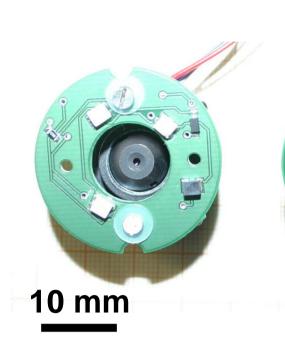
Entwicklung und Einbau von Mikro- und Funk-Kamerasystemen



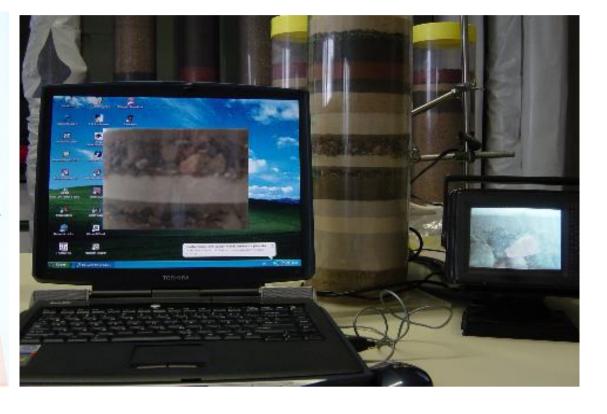




Platinenbau von 2,4 und 5,8 GHz-Funkkameras und LED-Beleuchtungseinheiten mit Akku-Stromversorgung



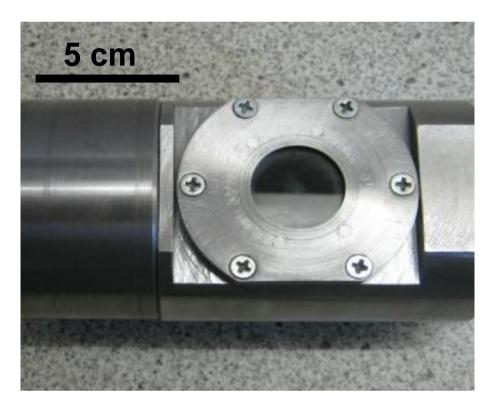




Platinenbau für CCD-Kameras, Sondengehäusebau sowie Bild- und Video-Speicherung auf dem Laptop

Materialprüfungen und Druckkammerversuche

Für eine einwandfreie Funktionsweise des Mess-Systems muss eine ausreichende Abdichtung z.B. gegenüber Bodensuspensionen und Wasseransammlungen innerhalb der Auffüllungshorizonte gewährleistet sein. In Laborversuchen erfolgten Materialprüfungen zur Auswahl geeigneter Kamerafenster sowie Druckkammerversuche zur Druckfestigkeit und Dichtigkeit der Gehäuse und Sondenbauteile. Hierzu wurde eine Druckkammer von 1,5 m Länge aufgebaut, die bis 4 bar druckstabil ist. Nach Optimierung der Flansche und Dichtungen ist das Sonden-System bis zu einem bis zu einem Wasserdruck von mindestens 3,5 bar ausreichend druckdicht. Die Praxistauglichkeit der Kamera- und Sonden-Gehäuse wird z.Z. auf verschiedenen Teststandorten geprüft.



A

N

 \mathbf{M}

0





Bau von Kamera-Gehäusen mit Saphir-Mineralglas-Fenstern für verschiedene Probenahme- und Rammkern-Systeme



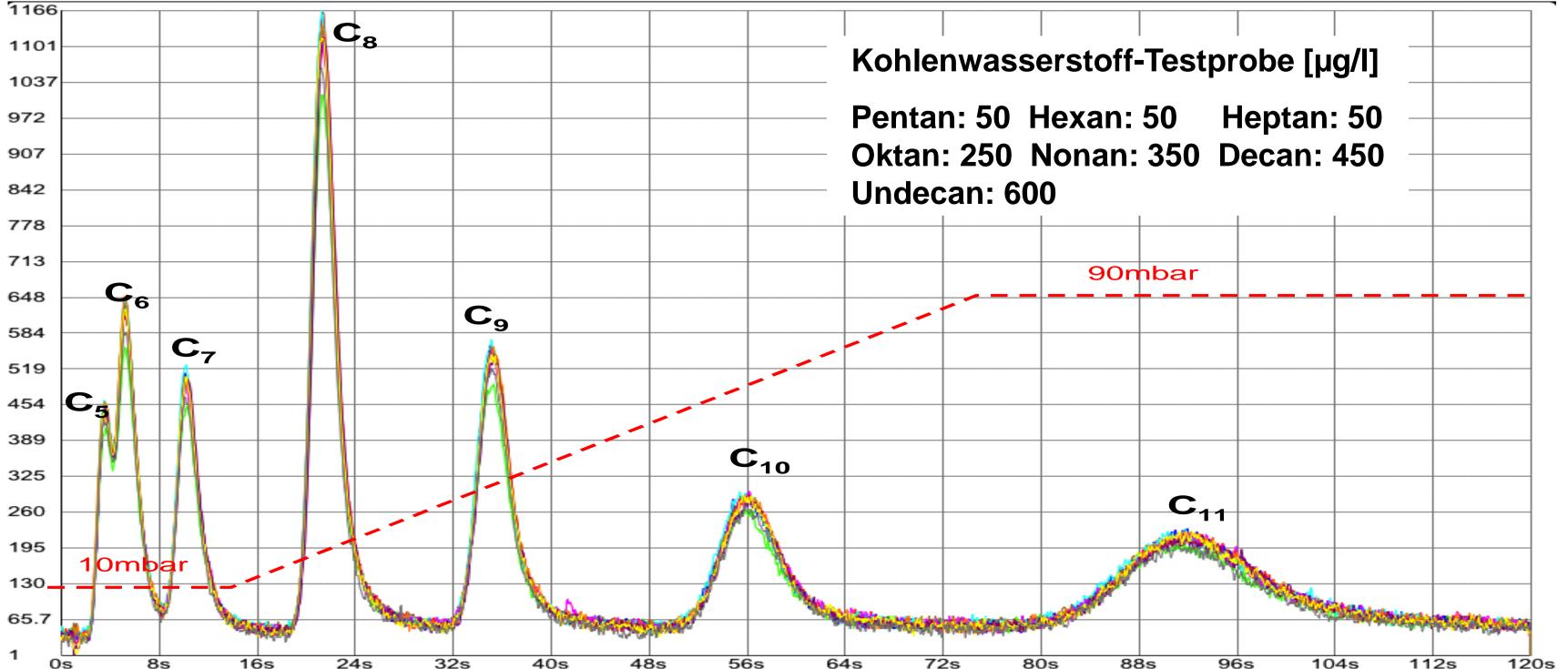
Druckfestigkeitsprüfungen an Kamera-Gehäusen- und Beprobungs-Systemen in einer Druckkammer

Aufbau des Gaschromatographen

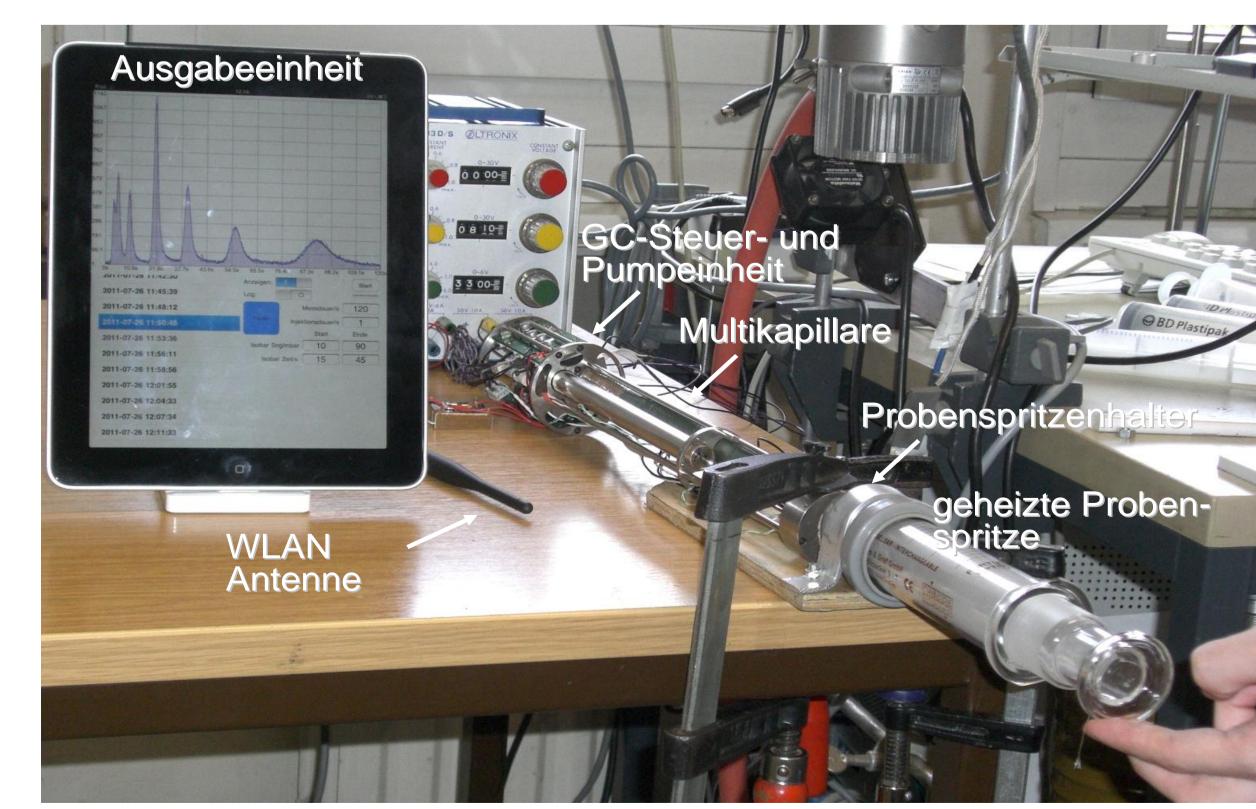
Bei dem System handelt es sich um einen GC-PID mit einer Multikapillare als Trennsäule. Die schnelle Analyse (Messzeit: 60 s) wird durch eine ventillose Gasinjektionseinheit in Kombination mit der sehr kurzen Kapillare (Länge: 30 cm) erzielt. Diese Multi-Kapillare besteht aus 38 parallelen GC-Kapillaren, um einen genügend hohen Fluss für den Betrieb des Photoionisationsdetektors (PID) sicherzustellen. Als Injektor dient ein Gegenspülinjektor, der in den Saugfluss der Kapillare entsprechende Probenvolumina injiziert. Die Trennsäule wird bei 40 °C betrieben. Die Injektionszeit beträgt 1 s. Die bisher eingebaute Saugpumpe erlaubt die Durchführung von Druckprogrammen zwischen 10 bis 90 mbar.



Mini-GC-PID mit der GC-Steuer- und Pumpeinheit sowie der Multikapillaren und dem Injektor-System



Reproduzierbarkeitstest an Kohlenstoff-Gemischen unter dem Druckprogramm, 15 s, 10 mbar mit Steigerung bis 90 mbar in 60 s. Die Kurven entsprechen Signalverläufen von 10 übereinander gelegten GC-Einzelmess-Läufen



Aufbau mit iPad als Steuer- und Ausgabeeinheit für Test-Messungen

Ergebnisse

Die Kameratechnik mit steuerbarer LED-Ausleuchtung konnte druckwasserdicht in die Rammkern- und MHBS-Technik implementiert werden. Die Bilddaten können je nach Messstellenaufbau und Rohrquerschnitt per Funk oder Kabel aufgenommen und gespeichert werden. Das neue GC-Messsystem besticht durch eine schnelle Analyse, hohe Trennschärfe und gute Reproduzierbarkeit. Die Steuerung des GC-PID mit dem iPad über die W-LAN Verbindung erweist sich als sehr bedienerfreundlich und störungsfrei. Die Datenübertragung vom iPad per E-Mail bietet weitere Auswerte-Möglichkeiten.