
TWK Karlsruhe

Messen und Messtechnik bei Kfz-Klimaanlagen und deren Komponenten – im Labor und auf der Straße

Photoakustische Methode zur Messung von Kältemittel-Leckageraten

J. Rosendahl & T. Knauf (Innova AirTech Instruments)



INNOVA
AirTech Instruments

Photoakustische Detektion

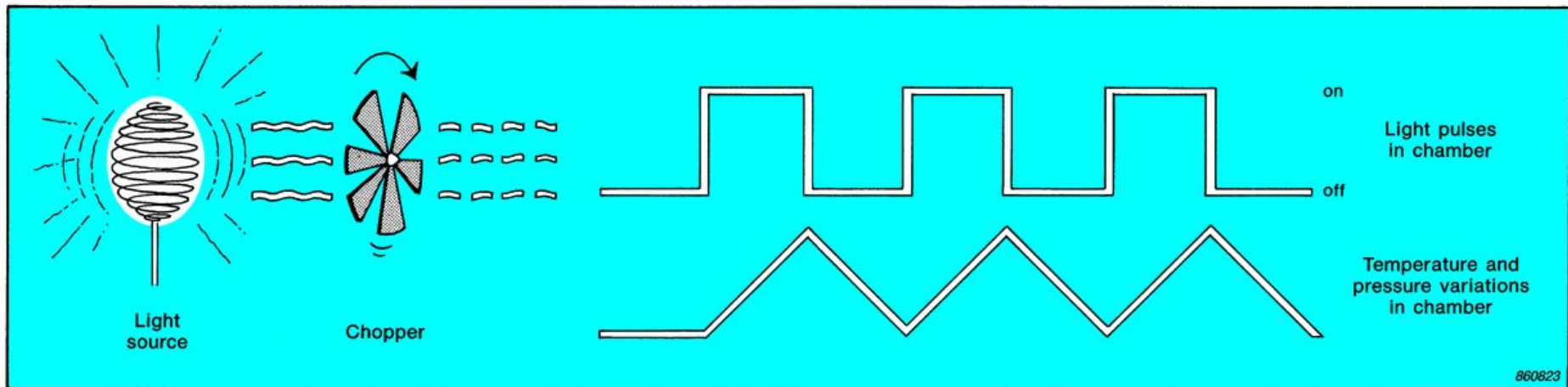
Alexander Bell's Experiment im Jahre 1880



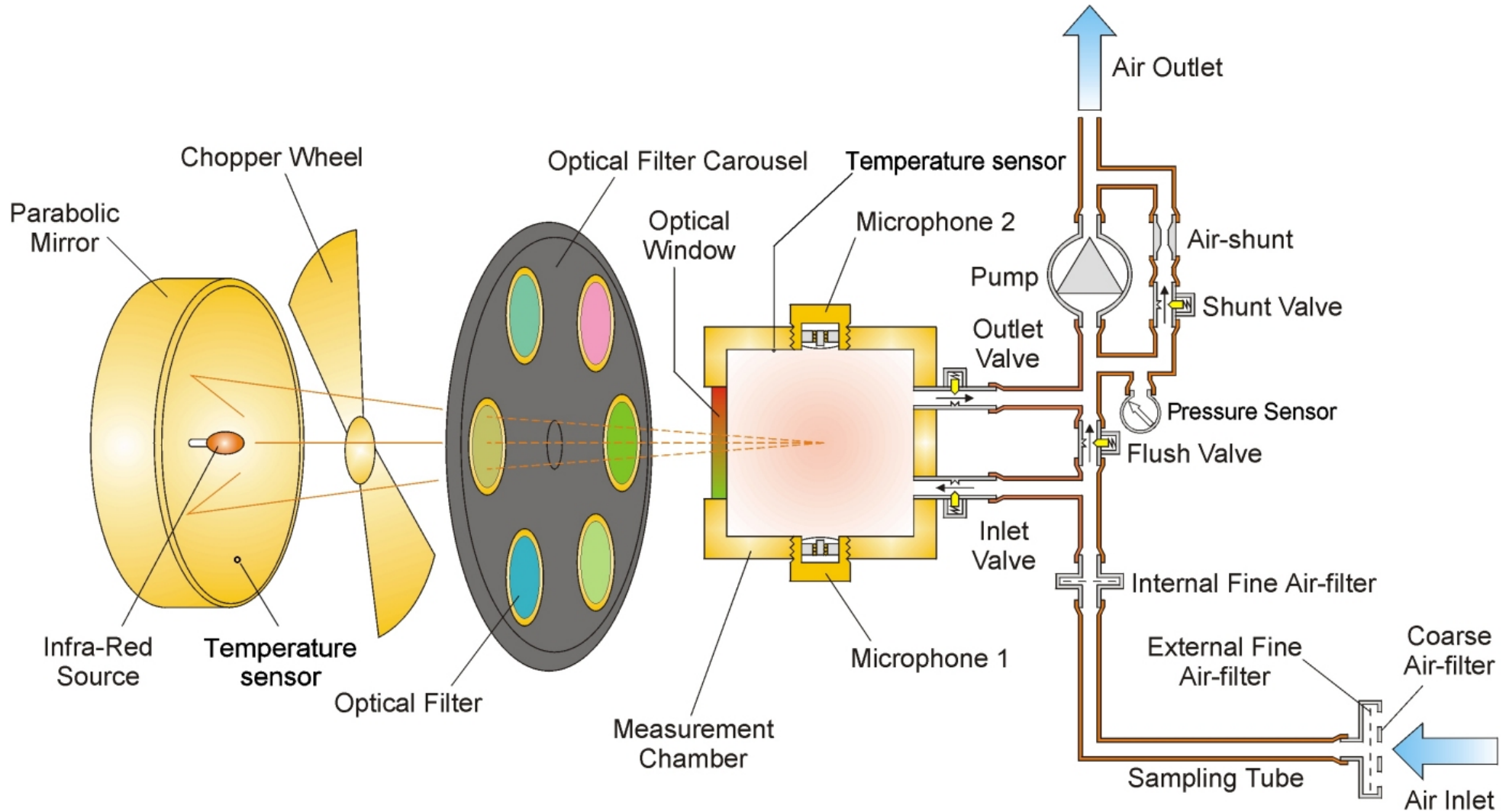
Der photoakustische Effekt

Sequenz

- Die Gasprobe wird in der Messzelle „eingeschlossen“
- Die Messzelle wird mit pulsierendem, schmalbandigem IR-Licht bestrahlt
- Das Gas absorbiert die Lichtenergie, proportional zur Konzentration und wandelt die Lichtenergie in Wärme um
- Das Gas erwärmt sich und kühlt sich ab mit der „Anregungsfrequenz“ (Chopper)
- Die Temperaturschwankungen erzeugen Druckwellen
- Die Druckwellen werden mit Mikrofonen erfasst



Schematische Darstellung

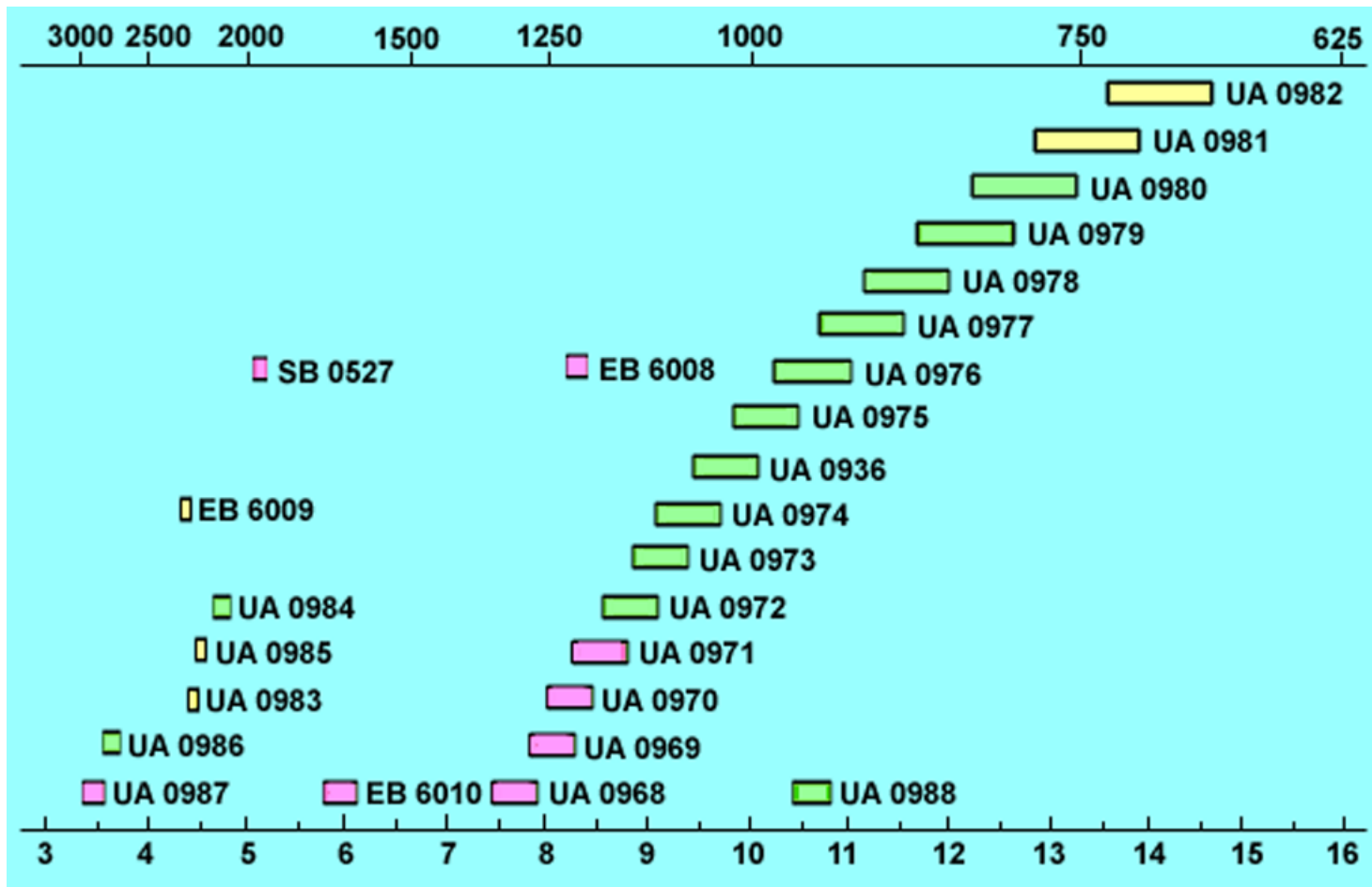


00084-01-980921



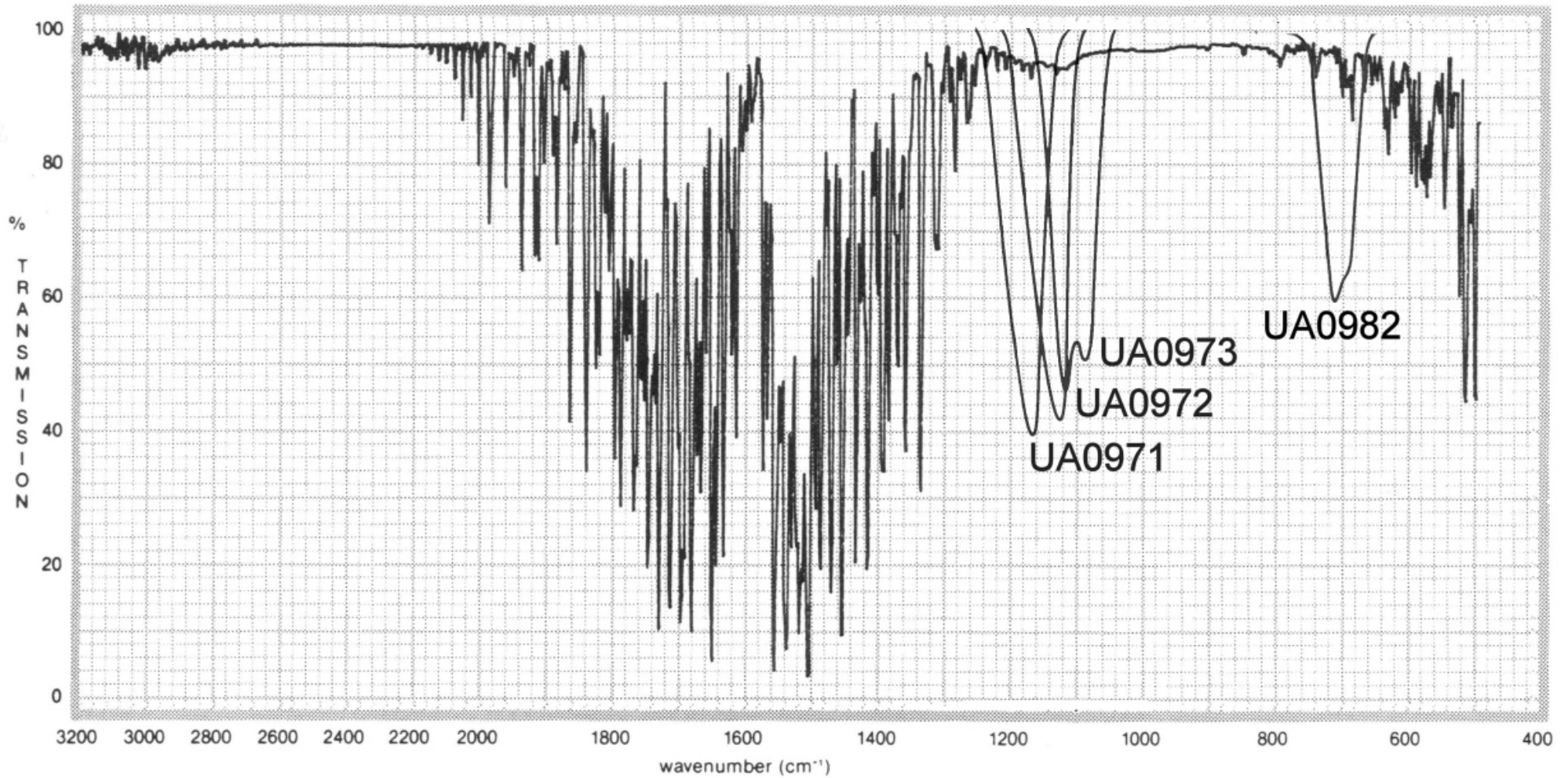
INNOVA
AirTech Instruments

Spektrale Verteilung der optischen Filter



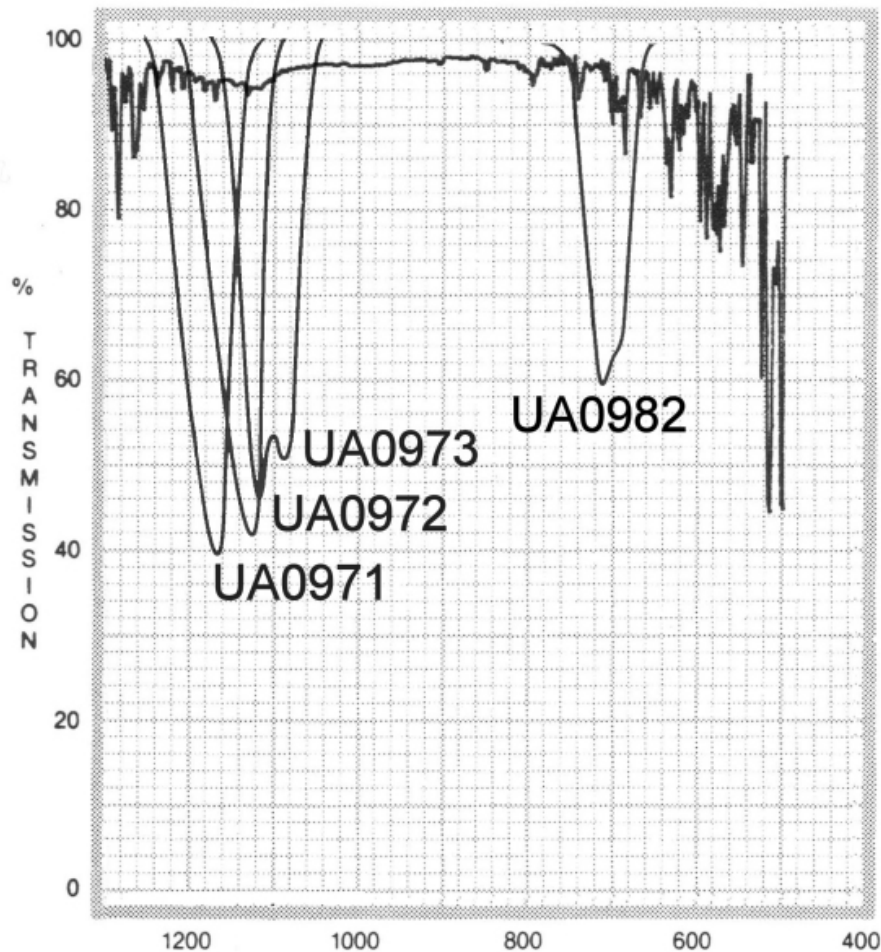
Wasser-Kompensation

“Water Vapour”



Verbesserte Genauigkeit durch Wasser-Kompensation

"Wassergehalt"



KEINE Wasser-Kompensation

Einfluss einer Wasserkonzentration von 10.000 ppm
~ T_{dew} of 7.4 °C (STP) in der Gasprobe:

UA0971: 0.4 ppm ~ 40 Detection Limits

UA0972: 0.5 ppm ~ 20 Detection Limits

UA0973: 0.5 ppm ~ 10 Detection Limits

UA0982 7.5 ppm ~ 20 Detection Limits

MIT Wasser-Kompensation

Der Einfluss wird zu mehr als 98 % kompensiert!

UA0971: 0.08 ppm ~ 0.8 Detection Limits

UA0972: 0.01 ppm ~ 0.4 Detection Limits

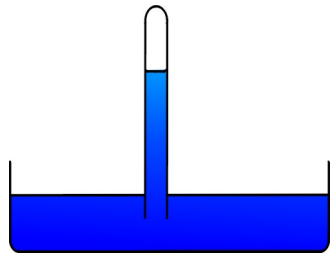
UA0973: 0.01 ppm ~ 0.2 Detection Limits

UA0982 0.15 ppm ~ 0.4 Detection Limits



Typische Größenordnungen

Die Mikrophone sind sehr sensitiv. Typische Größen im Bereich der Nachweisgrenze:



Druckänderung: 10^{-5} Pa



Temperaturänderung: 10^{-8} K



Membranauslenkung: 10^{-14} m



Vorteile der photoakustischen Spektroskopie



Zahlreiche Anwendungen

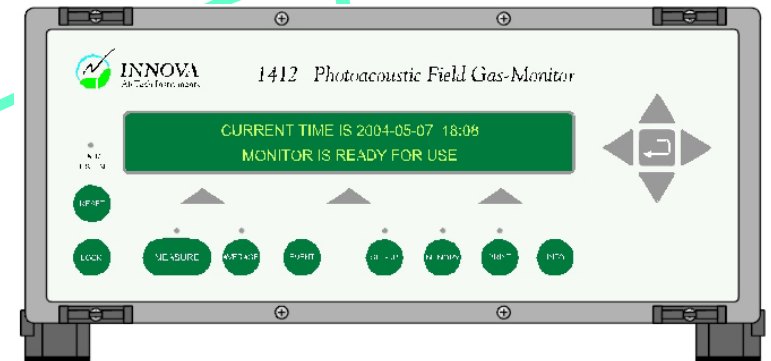
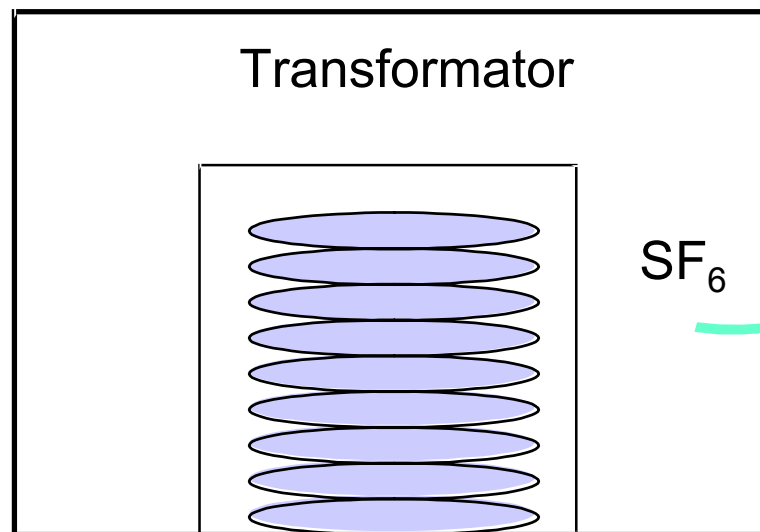
- Tierhaltung
- Atmosphäre
- Automobilindustrie
- Bodenkontamination
- Ethylenoxid Sterilisation
- Fermentation
- Nahrungsmittel
- Formaldehyd
- Brennstoffzellen
- Gasherstellung
- Treibhausgase
- “Headspace”
- Krankenhäuser
- Raumluft-Qualität
- “Industrial Hygiene”
- Photokatalyse
- Photo-Industrie
- Energieversorgung
- Halbleiter
- SF₆ in Trafos und Schaltern
- Lösemittel
- Effizienz v. Lüftungsanlagen
- Lüftungssysteme
- Kampfstoffe
- R134a/CO₂ in MAC-Systemen



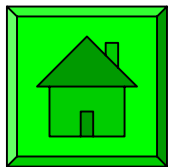
SF₆ in Transformatoren

Leckage an Transformatoren, Hoch- und Mittelspannungsschaltern

Messkammer



Photoakustischer Feldgas-Monitor 1412





Anwendungen in der Automobilindustrie

- Kammerkalibrierung mit Prüflecks
- Charakterisierung der Schlauchpermeation
- Transienter Verlauf von Emissionsraten
- Leckage von Kupplungs-/Verbindungselementen und Serviceanschlüssen
- Leckagen des Kompressors oder des Wärmetauschers
- Ethano emission im Abgas
- „Verdunstungs“-Emissionen in Fahrzeugen (inkl. R134a)
- Ventilationsmessungen (Luftwechsel, ...)
- Thermische Behaglichkeit



EPA- und CARB- Zulassungen für die Messung von Ethanol

 Winston H. Hickox Agency Secretary	Air Resources Board Alan C. Lloyd, Ph.D. Chairman 9528 Telstar Avenue • P.O. Box 8001 • El Monte, California 91731 • www.arb.ca.gov	 Gray Davis Governor
--	---	---

Mail-Out #MSO 2000-08

June 29, 2000

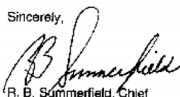
TO: ALL MANUFACTURERS OF PASSENGER CARS
ALL MANUFACTURERS OF LIGHT-DUTY TRUCKS
ALL MANUFACTURERS OF MEDIUM-DUTY VEHICLES
ALL OTHER INTERESTED PARTIES

SUBJECT: USE OF INNOVA PHOTOACOUSTIC MULTI-GAS MONITOR TO MEASURE ETHANOL EXHAUST AND EVAPORATIVE VEHICLE EMISSIONS

The Air Resources Board (ARB) received a vehicle manufacturer's request for approval to measure ethanol exhaust and evaporative emissions from vehicles using an INNOVA Model 1312 analyzer instead of the adopted method using midjet impinger samplers (aka bubblers) and gas chromatograph (GC) analysis as specified in ARB Method 1001 of the "California Non-Methane Organic Gas Test Procedures," last amended August 5, 1999. Based on the test data submitted and on further discussions with both the vehicle manufacturer and California Analytical (the manufacturer of the instrument), the ARB determined that the proposed use of the INNOVA instrument when specifically configured is an equivalent method of measuring ethanol exhaust and evaporative emissions. Consequently, the request was approved with certain qualifications.

The purpose of this Mail-Out is to inform all affected vehicle manufacturers that the INNOVA instrument (Model 1312, 1312-A or equivalent) can be used to measure ethanol exhaust and evaporative vehicle emissions as detailed in the attachment.

If you have any questions or comments regarding this Mail-Out, please call Mr. Duc Nguyen, Manager, Certification Section, or Mr. Shewen Chen, Staff Engineer, at (626) 575-6661, or by e-mail at schen@arb.ca.gov.

Sincerely,

R. B. Summerfield, Chief
Mobile Source Operations Division

Attachment

California Environmental Protection Agency
Printed on Recycled Paper



INNOVA
AirTech Instruments

Nachweisgrenzen für die relevanten Gase

- 0.01 ppm für R134a mit Filter UA0973
- 0.002 ppm für R152 mit Filter UA0972
- 1.5 ppm für R744 mit Filter UA0982*

*) Filter auch für andere Bereiche verfügbar

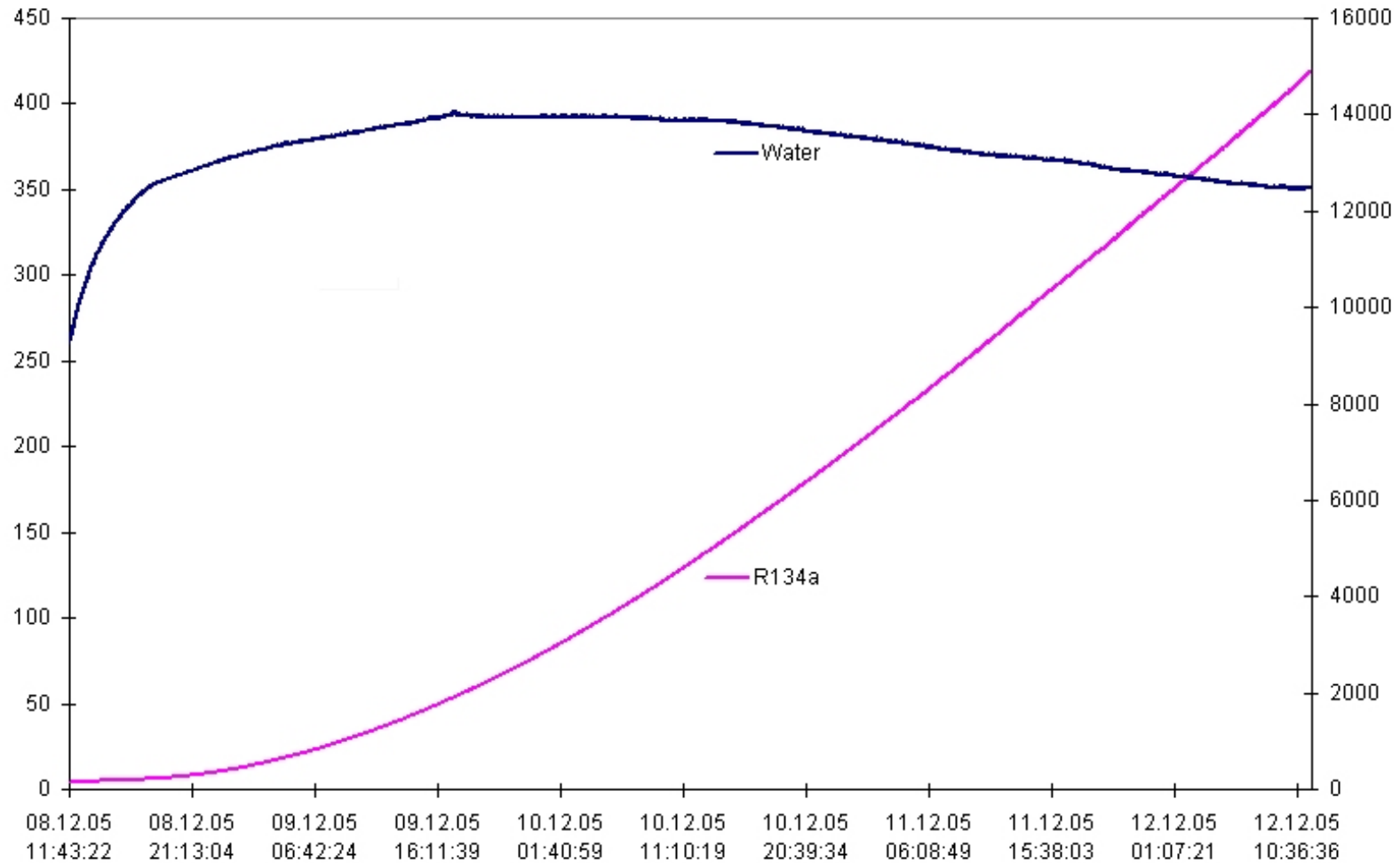


Delphi Messlabor



INNOVA
AirTech Instruments

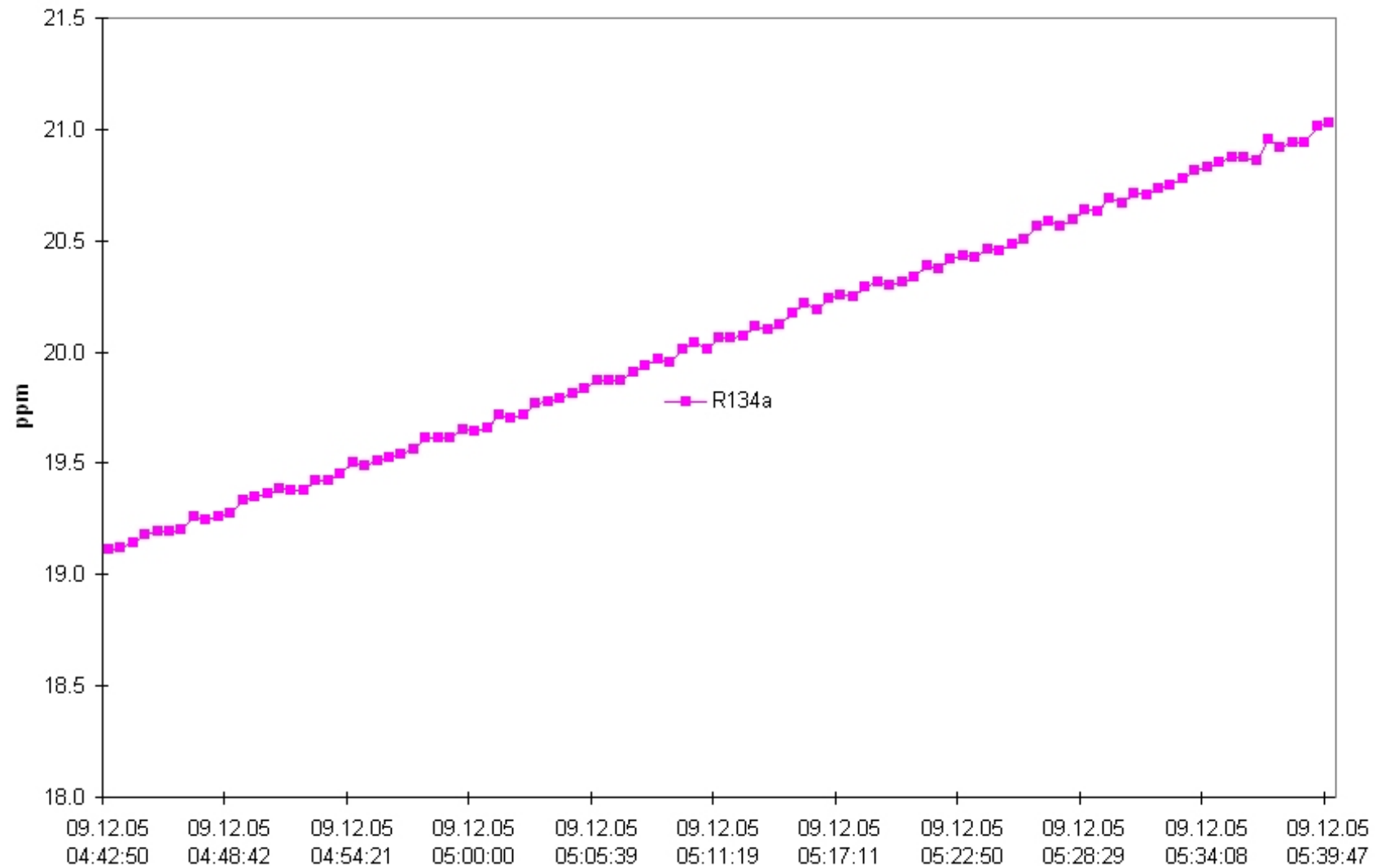
Permeationsmessung EATON



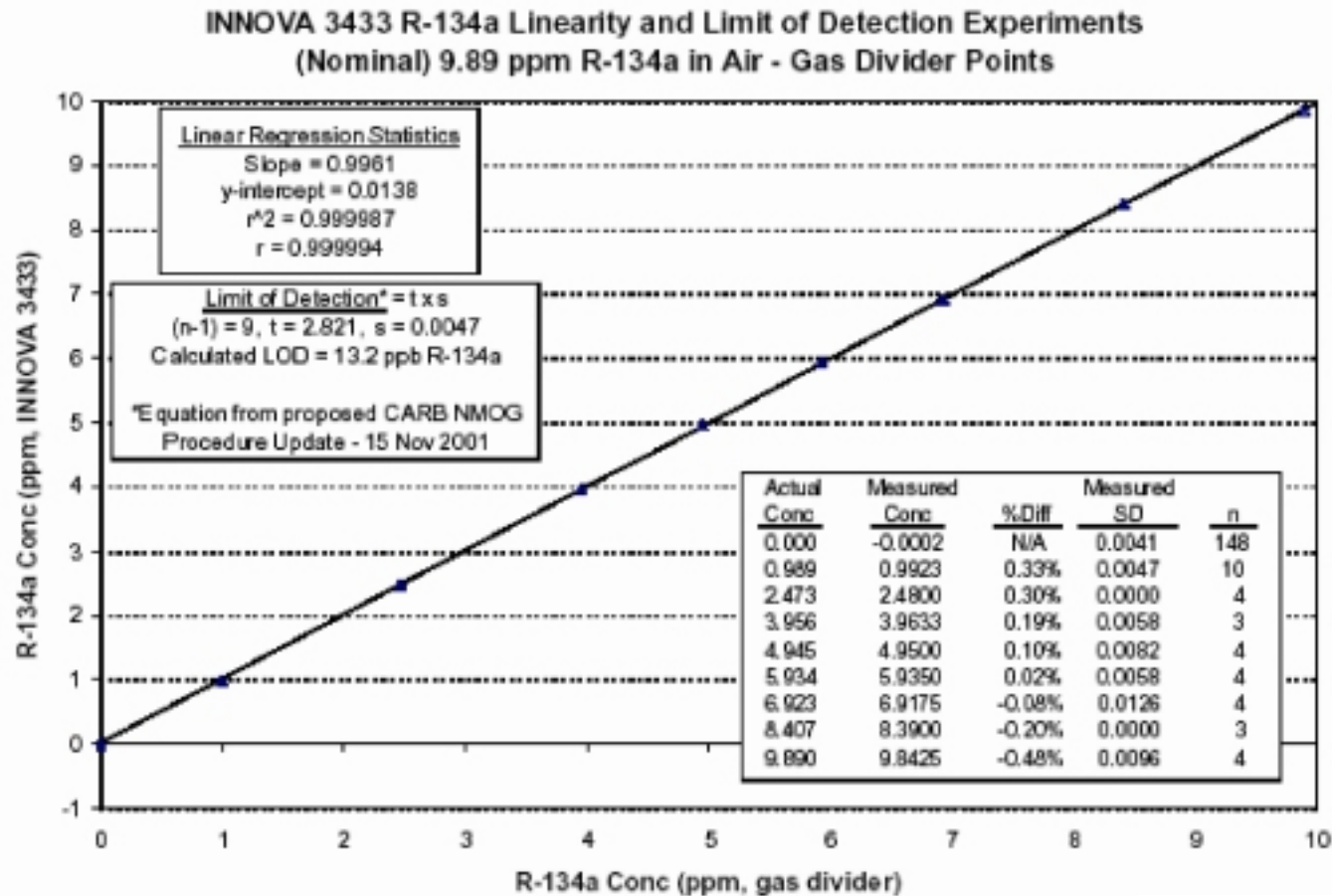
Measurement cycle: 34 seconds



Permeationsmessung



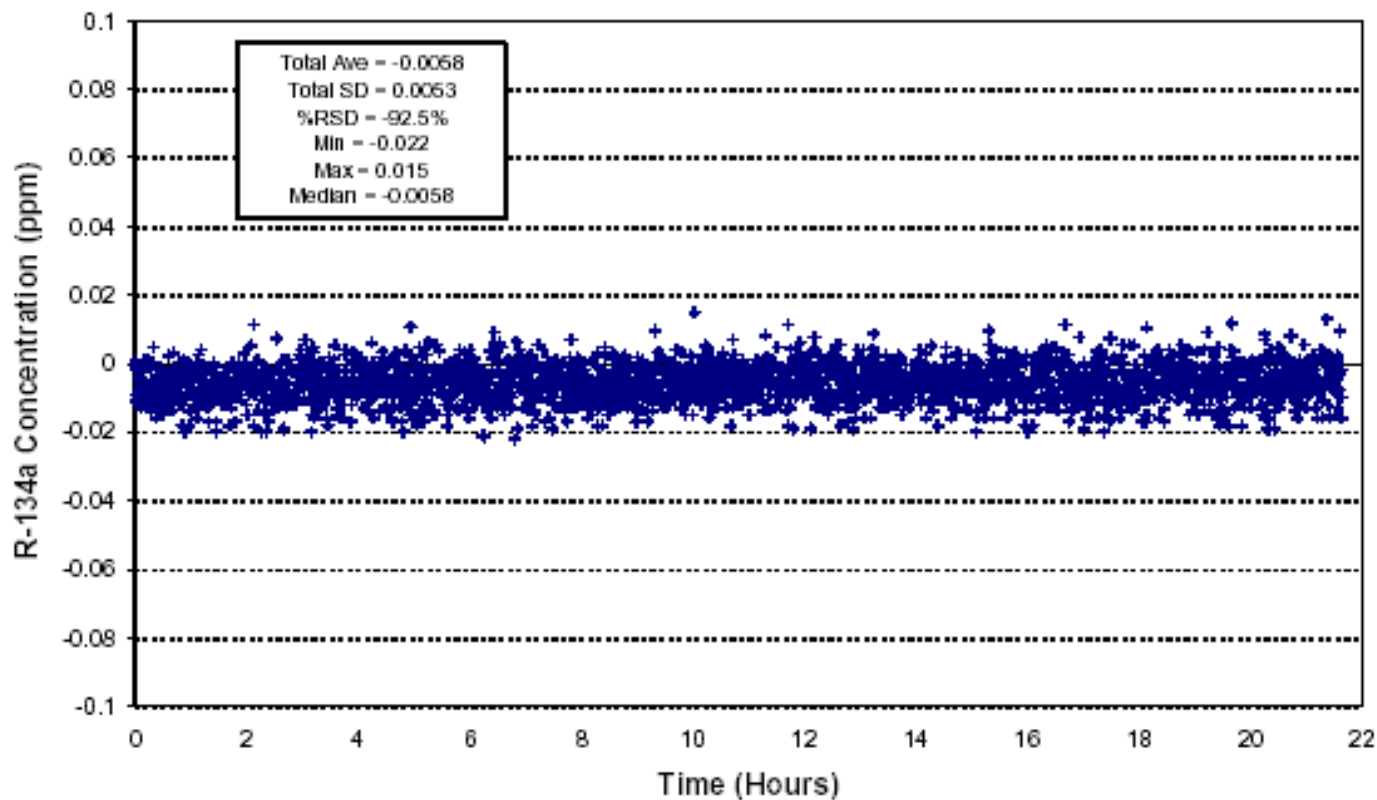
PAS Linearität



PAS Nullpunktdrift

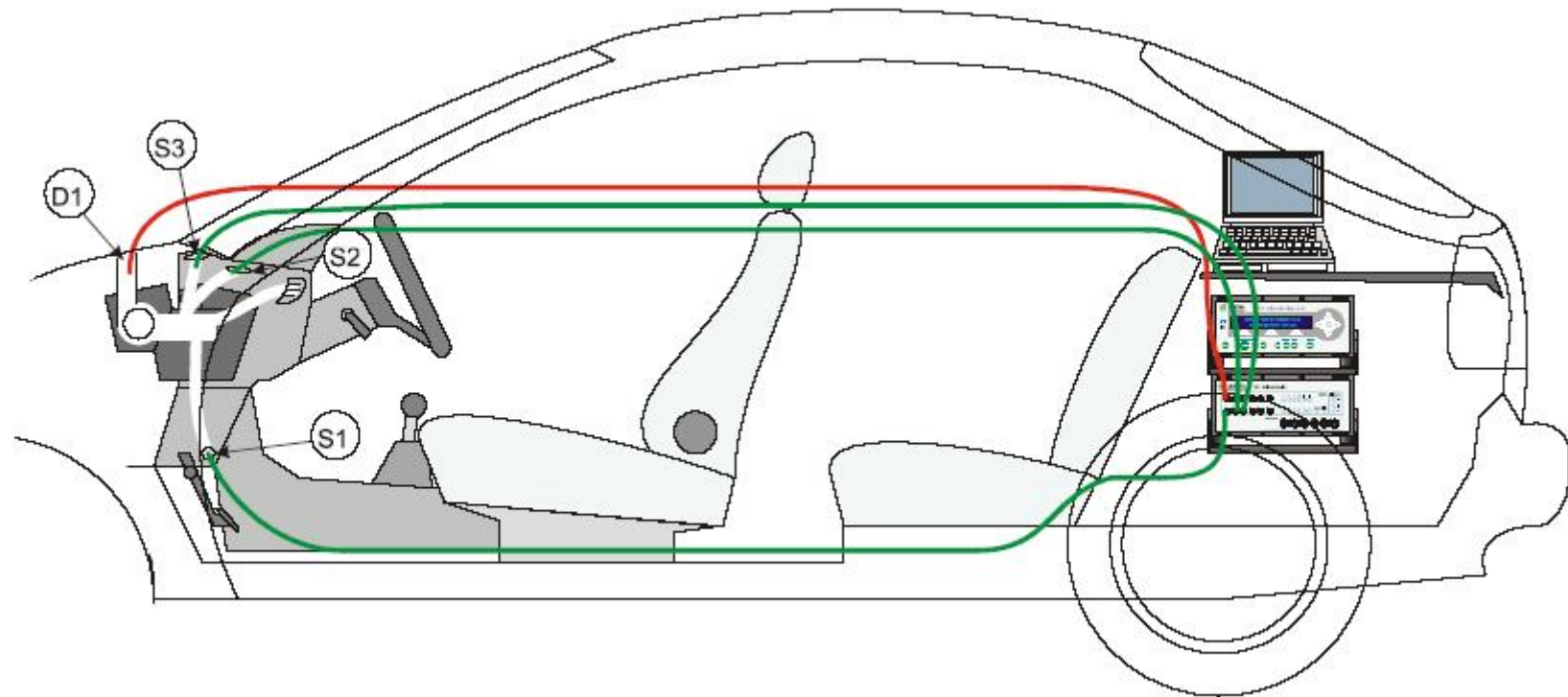
INNOVA 1312 - Zero Drift Experiment Zero Air - R-134a Readings - UA0971 Filter

More than 20 Hours of Continuous Readings, Every ~30 Seconds -- 25-26 April 2002

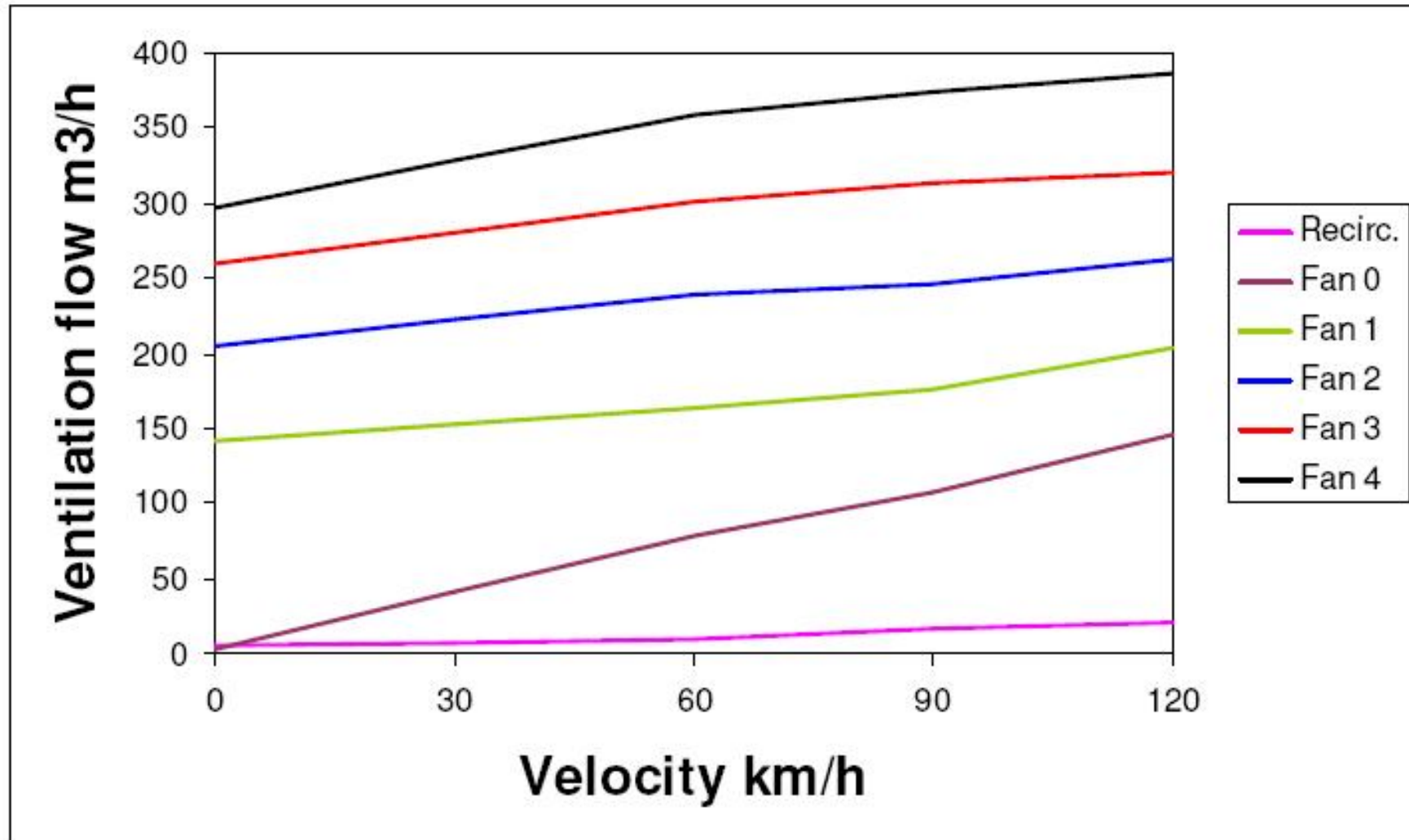


INNOVA
AirTech Instruments

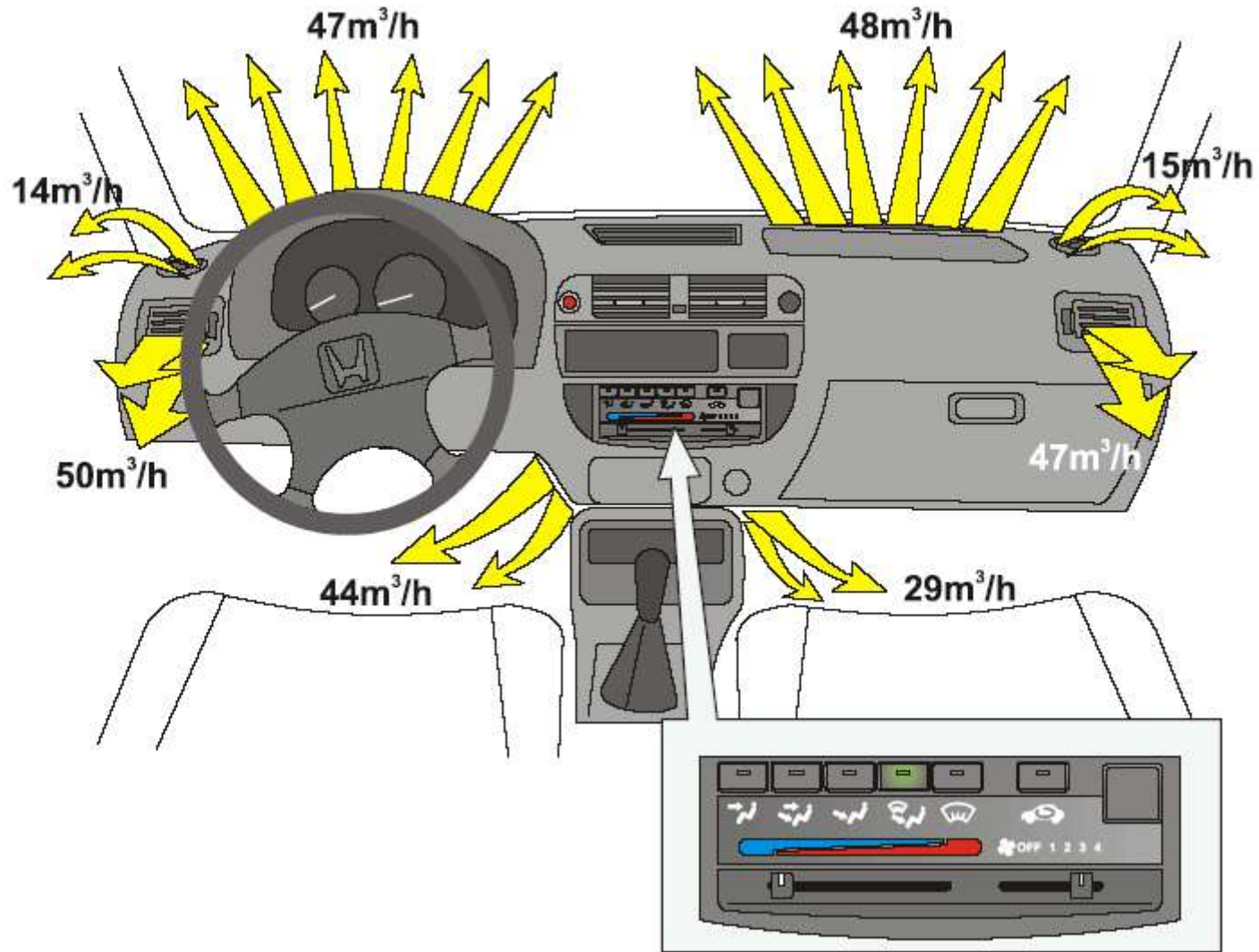
Messungen am Lüftungssystem in Fahrzeugkabinen



Messung der Gesamt-Zuluftmenge



Messung von Teilvolumenströmen



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

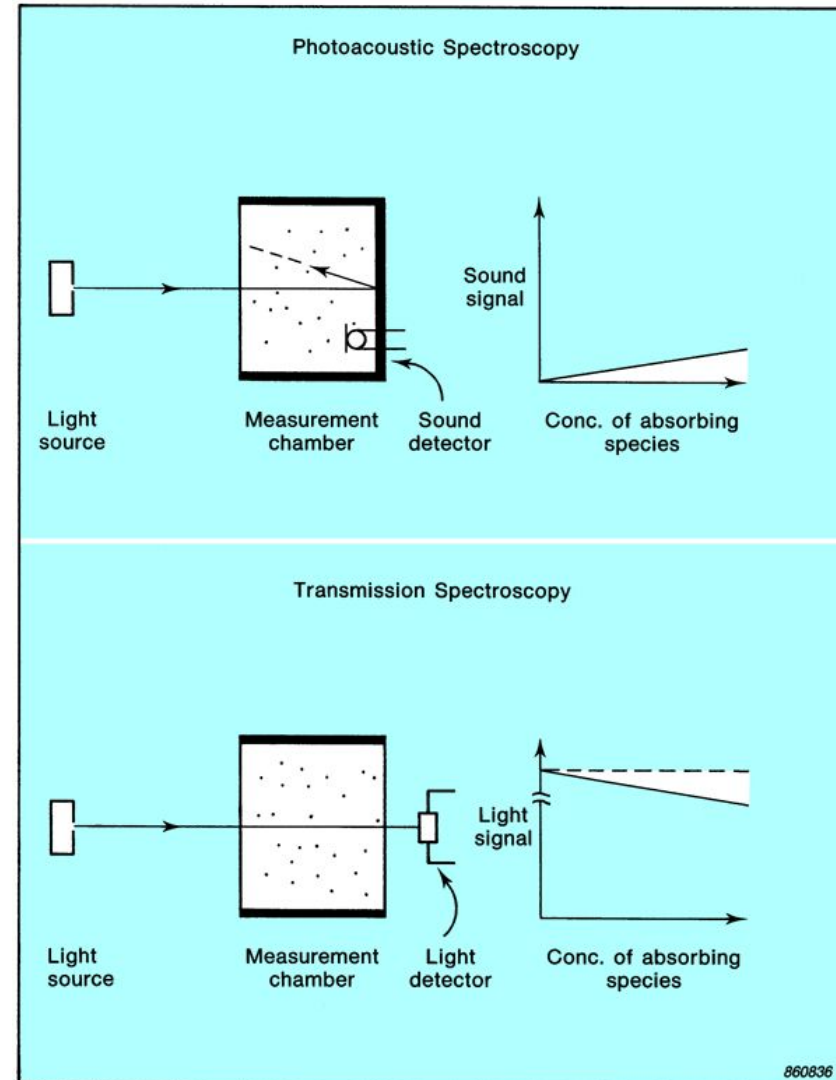


INNOVA
AirTech Instruments

PAS und Transmissions-Spektroskopie

In konventionellen Transmissions-Systemen wird der Lichtstrahl durch die Messkammer geführt, ein optischer Detektor misst die Menge der ankommenden Lichtenergie (Transmissionsgrad).

Bei sehr niedrigen Konzentrationen wird somit die Differenz aus zwei nahezu identischen Signalen gebildet. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist ebenfalls ungünstiger als bei der photoakustischen Spektroskopie PAS.



Thermal Comfort in Vehicles



Thermal Comfort Datalogger

- A Mannequin shaped as a human body holds 8 MM0057 Dry Heat Loss Transducers
- Cuts in body parts allows air movement and radiation to influence measurements
- Driven by 12 V power supply
- Specified by ISO14505

Measurement Results

Flatman with six Equivalent Temperature Transducers

