

Inhalt

1. Grundlage: Sammeln von VOC und Formaldehyd
2. Prüfung
 - 2-1. VOC- und Aldehyd-Emissionen in Emissionsprüfkammern
 - 2-2. Formaldehydemissionen in Prüfkammern und im Gasanalyseschrank
 - 2-2. Probenahme in der Raumluft
3. Analytik
 - 3-1. VOC-Sorptionsröhrchen
 - 3-2. DNPH-Kartuschen
 - 3-3. Formaldehyd in wässriger Lösung
4. Formaldehyd-Schnelltests



1- Probenahme – „Fangen“ von flüchtigen Verbindungen

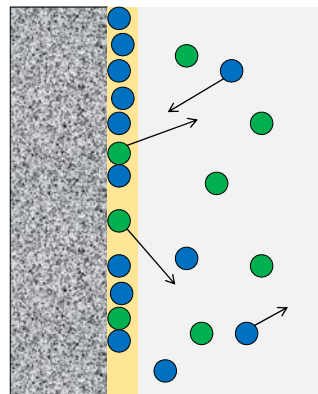


3 Möglichkeiten:

- Absorption von Verbindungen in geeigneten Flüssigkeiten
- Kondensation von Verbindungen bei niedrigen Temperaturen (Cryo-Fokussieren)
- Adsorption von Verbindungen an porösen Feststoffen

1- Physikalische Adsorption

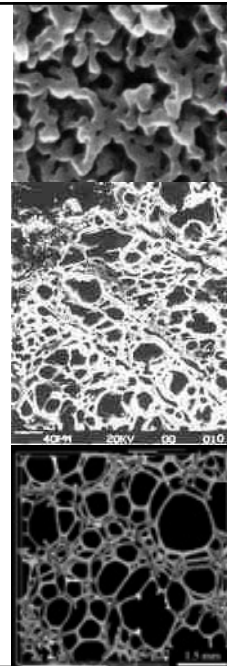
- Physikalischer Prozess: Anreicherung von Gasen o. Flüssigkeiten an Oberfläche eines Festkörpers
- Anhaftung durch physikalische Kräfte (van der Waal'sche Kräfte)
- Gleichgewichtszustand mit Desorption stellt sich ein
- Selektive Eigenschaften von Sorbentien können gezielt genutzt werden (z.B. Atemschutzfilter, Gasfilter, Probenahme etc.)



1- Feststoffe zur Adsorption von flüchtigen Verbindungen

1. Anorganische Stoffe (z.B. Aluminiumoxid)
2. Kohlenstoff-basierte Stoffe (z.B. Aktivkohle)
3. Poröse organische Polymere

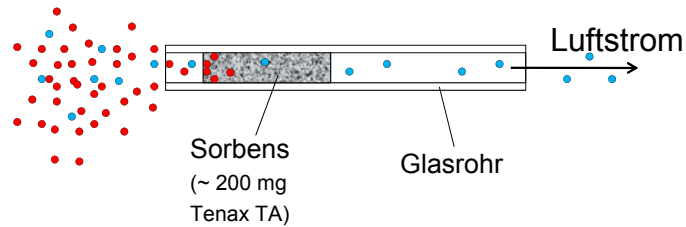
Oberfläche entscheidend für Quantität
 Entscheidend für Adsorptionseigenschaften:
 Polarität der OF



1. Feststoffe zur Adsorption von flüchtigen Verbindungen (Auswahl)

Typ	Struktur	Oberfläche (m ² /g)	Desorption	Probe-nahme von	Polarität	Therm. Stabilität
Anorg.	Silicagel	1-30	Lösemittel	Aldehyde	hoch	~400°C
Anorg.	Aluminium-oxid	~300	Lösemittel	KW	hoch	300°C
C-basiert	Aktivkohle	800-1000	Lösemittel, thermisch	Nicht- und leicht polare VOC	mittel	>400°C
Poröse Polymere	Phenyl-phenylen-oxid	20-35	thermisch	Nichtpolare VOC	niedrig	<350°C
Poröse Polymere	PU-Schaum		Lösemittel	Pestizide	niedrig	<200°C

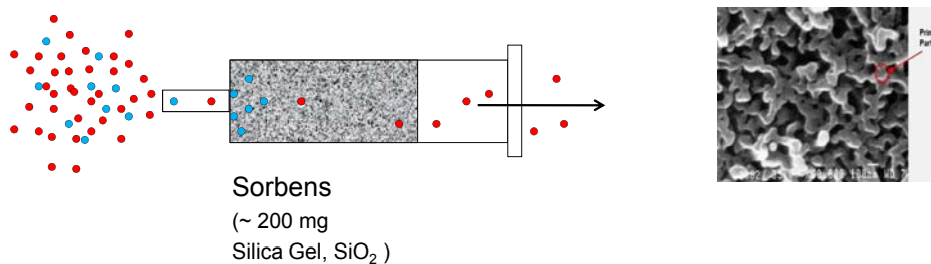
1. Aktive Probenahme von VOC durch Sorption auf Tenax TA (ISO 16000-6)



Probenahme unter definierten Bedingungen:

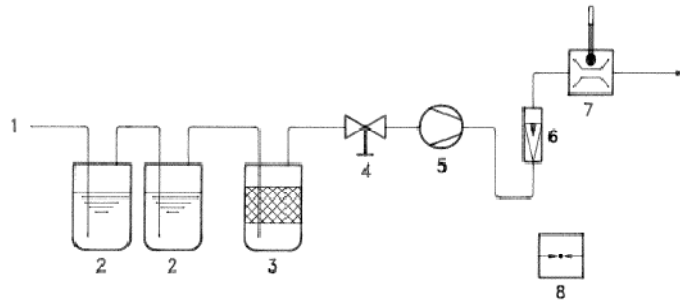
- Luftvolumenstrom 50-200 ml/min
- Volumen 1-5 l

1. Aktive Probenahme von Aldehyden durch Sorption auf Kieselgel/DNPH-Kartuschen (ISO 16000-3)



1. Probenahme von Formaldehyd durch Absorption in Wasser (EN 717-1/-2)

1m³-
Kammer-
Methode
nach
EN 717-1



Key	
1	sampling tube
2	gas washing bottle
3	silica absorber
4	gas flow valve
5	gas sampling pump
6	gas flow meter
7	gas meter with thermometer
8	air pressure meter

Figure 5 — Example of a sampling system for the determination of formaldehyde concentration in air

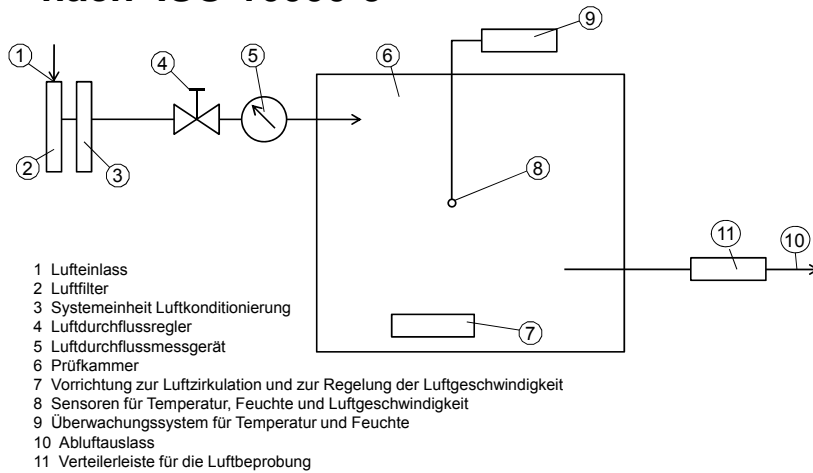
2-1. Prüfung von Baustoffemissionen nach dem Emissionsprüfkammerverfahren ISO 16000-9

Platzierung von Materialproben in
Emissionsprüfkammer

- Klima 23°C/50% rF, VOC-freie Luft
- Luftgeschwindigkeit an Probenoberfläche 0.1 – 0.3 m/s
- Flächenspez. Luftwechselrate 1.0 m³ m⁻²h⁻¹
- Kammervolumen 23 Liter bis über 30 m³
- Probenahme mind. nach 3 d und 28 d (jeweils Doppelbestimmung)



2-1. Aufbau Emissionsprüfkammer nach ISO 16000-9



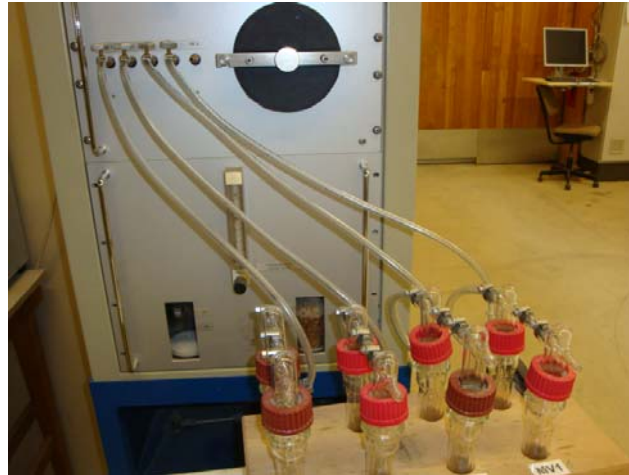
2-2. Formaldehydemission nach der Gasanalyse-Methode EN717-2

- Prüfstück 400 x 50 mm
- Temperatur 60°C
- Luftfeuchte < 3%rF
- Luftwechsel 60 Liter/h
- Überdruck: 1 – 1.2 kPa



2-2. Formaldehydemission nach der Gasanalyse-Methode EN717-2

Gasanalyse-
Methode
nach
EN 717-2



I. Mayer – Workshop: Messungen von
Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

13

2-3. Probenahme in der Raumluft gemäss ISO 16000

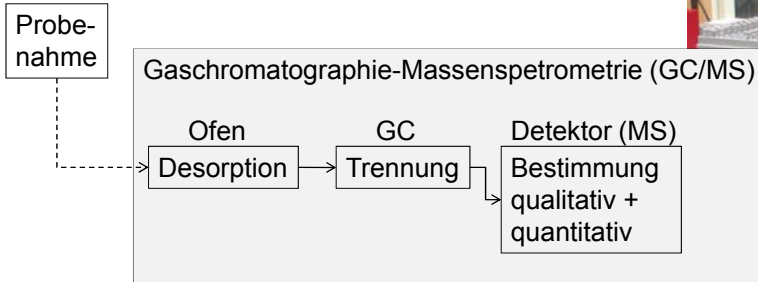
- 1: Allgemeine Aspekte der Messstrategie
- 2: Messen von Formaldehyd
- 3: Formaldehyd und andere
Carbonylverbindungen (DNPH-Kartuschen)
- 6: VOC (TENAX TA-Sorptionsröhrchen)



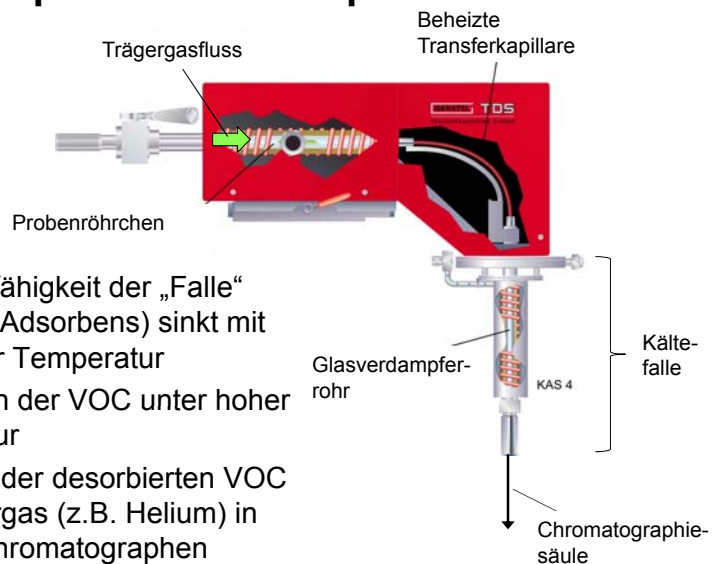
I. Mayer – Workshop: Messungen von
Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

14

3-1. Analyse von VOC nach ISO 16000 – Thermodesorption + GC/MS



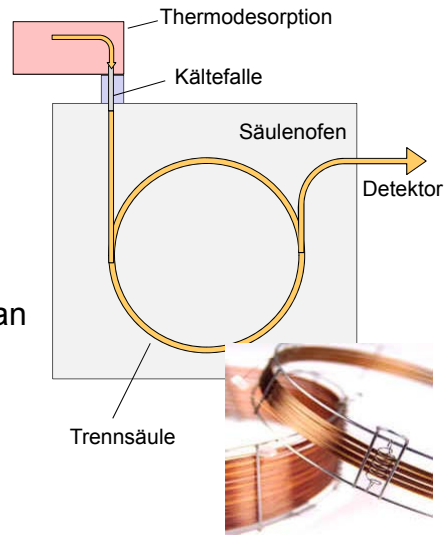
3-1. Desorption durch Temperatur



- Sorptionsfähigkeit der „Falle“ (Feststoff-Adsorbens) sinkt mit steigender Temperatur
- Desorption der VOC unter hoher Temperatur
- Transport der desorbierten VOC mit Trägergas (z.B. Helium) in den Gaschromatographen

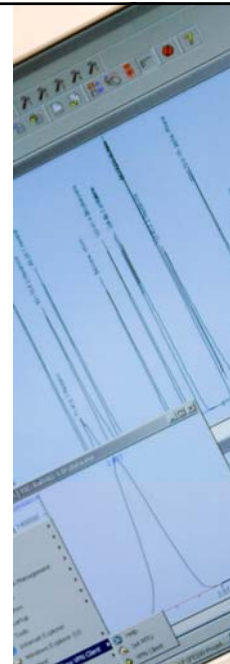
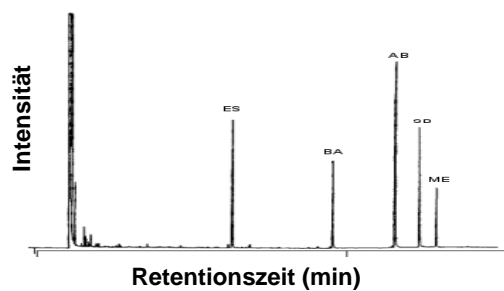
3-1. Gaschromatographie – Kapillar-Trennsäule

- Material: Quarzglas
- Länge: 10-200 m
- Innerer Durchmesser: 0.1-0.5 mm
- Stationäre Phase: Polyorganosiloxane
- Mobile Phase, Beschichtung an Säulen-Innenwand: Inertgas (z.B. Helium), Fluss meist 1-2 ml/min
- Steuerung der Temperatur durch Säulenofen



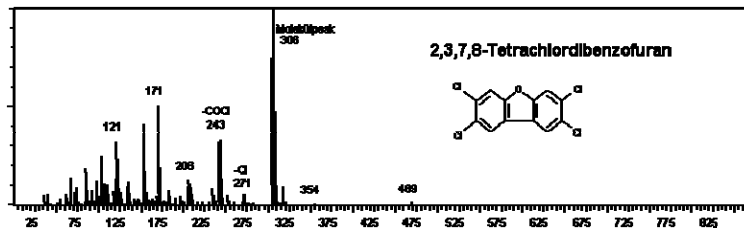
3-1. Gaschromatographie – Detektion von Substanzen im MS

- Einzelne Substanzen erscheinen als sog. Peaks im Gesamtionen-Chromatogramm
- Über die Fläche unterhalb eines Peaks kann die Konzentration einer Verbindung in einer Probe bestimmt werden (Kalibrierung vorausgesetzt)



3-1. Gaschromatographie – Identifikation von Substanzen

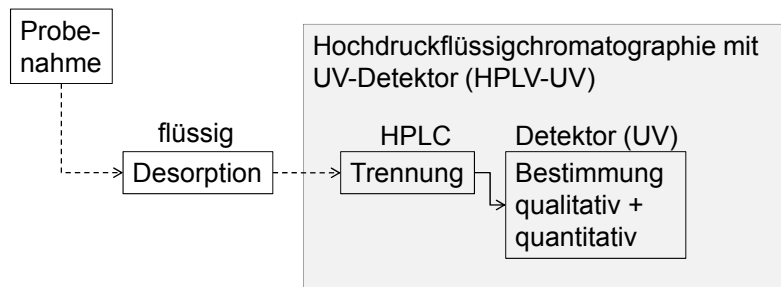
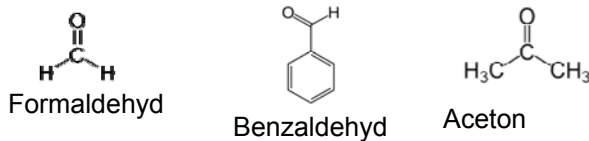
- Die Massenspektrometrie ermöglicht die Bestimmung eines Massenspektrogramms für einzelne Stoffe in der Probe
- Das Massenspektrogramm für jeden Stoff ist charakteristisch (→ Identifikation)



I. Mayer – Workshop: Messungen von Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

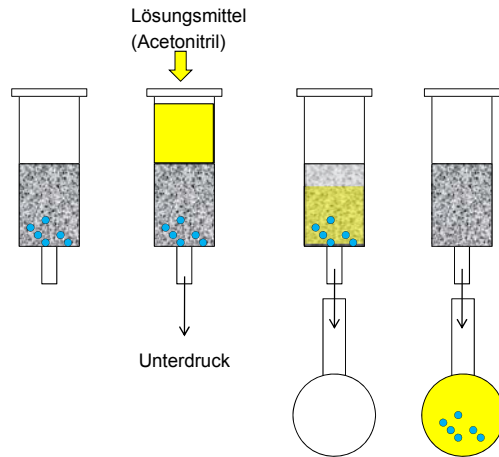
19

3-2. Analyse von Formaldehyd und weiteren Carbonylverbindungen ISO 16000-3 – HPLC-UV



I. Mayer – Workshop: Messungen von Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

3-2. Desorption mit Hilfe von Lösungsmitteln

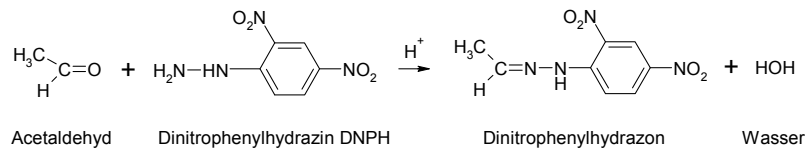


I. Mayer – Workshop: Messungen von Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

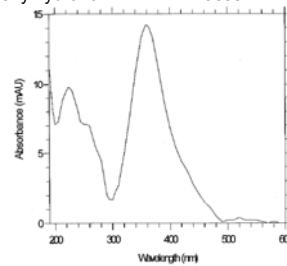
21

3-2. Reaktion von Aldehyden mit DNPH

Aldehyde werden zur Analyse mit DNPH zu den stabileren Hydrazonen umgesetzt und diese mittels Hochdruckflüssigchromatographie HPLC quantitativ bestimmt.



UV-Spektrum eines Dinitrophenylhydrazons:



I. Mayer – Workshop: Messungen von Schadstoffen in Baumaterialien und Raumluft

22

3-2. Trennsäulen für die Hochdruck-Flüssigchromatographie (HPLC)

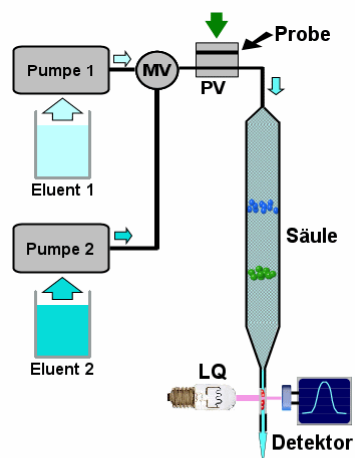
Stationäre Phase:

Häufig: Silika-Gel, das mit einer unpolaren Schicht aus Alkanen überzogen ist

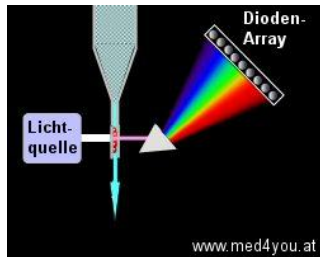
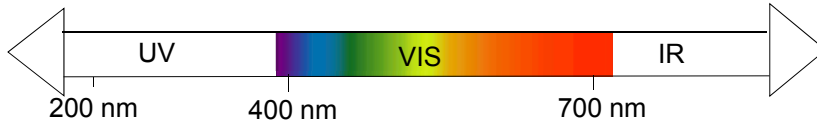
I.D.: 2-5 mm



3-2. Prinzip der Hochdruckflüssig-Chromatographie



3-2. Prinzip UV-Detektor, Lambert-Beersches Gesetz

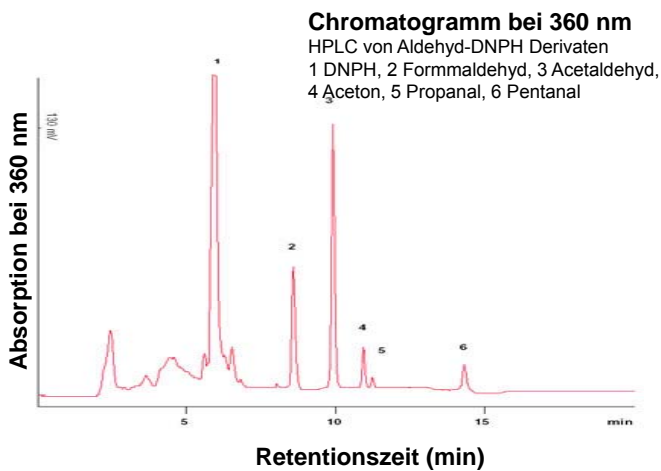


Lambert-Beersches Gesetz:

$$E_{\lambda} = -\lg\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \epsilon_{\lambda} \cdot c \cdot d$$

E_{λ} (Absorption) linear abhängig
von c (Konzentration)

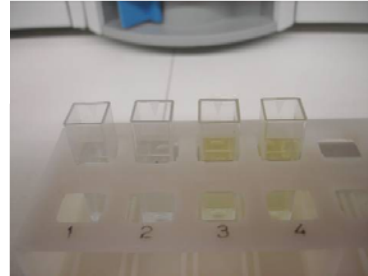
3-2. Detektion der DNPH-Derivate im UV-Detektor



3-3. Analyse von Formaldehyd in wässriger Lösung

Für folgende Methoden:

- Perforator-Methode EN 120
- 1m³-Kammer-Methode nach EN 717-1
- Gasanalyse-Methode EN 717-2
- Exsikkator-Methode EN 12460-4



Prinzip: Umsetzung mit Acetylaceton und Ammoniumacetat zu Diacetyldihydrulutidin

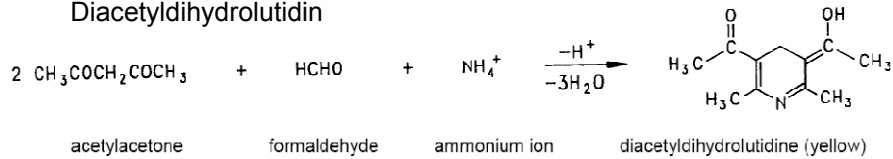


Figure 6 — Reaction scheme of the acetylacetone method

3-3. Analyse von Formaldehyd in wässriger Lösung

Auswertung im Spektral-Photometer



4. Formaldehyd-Schnelltest



- Die Probenahme über Diffusion
- Probenahmedauer: 2h
- Farbumschlag von weiss nach rosa bis rot nach enzymatischen Reaktion
- Auswertung erfolgt über einen Farbcode