

## Einleitung

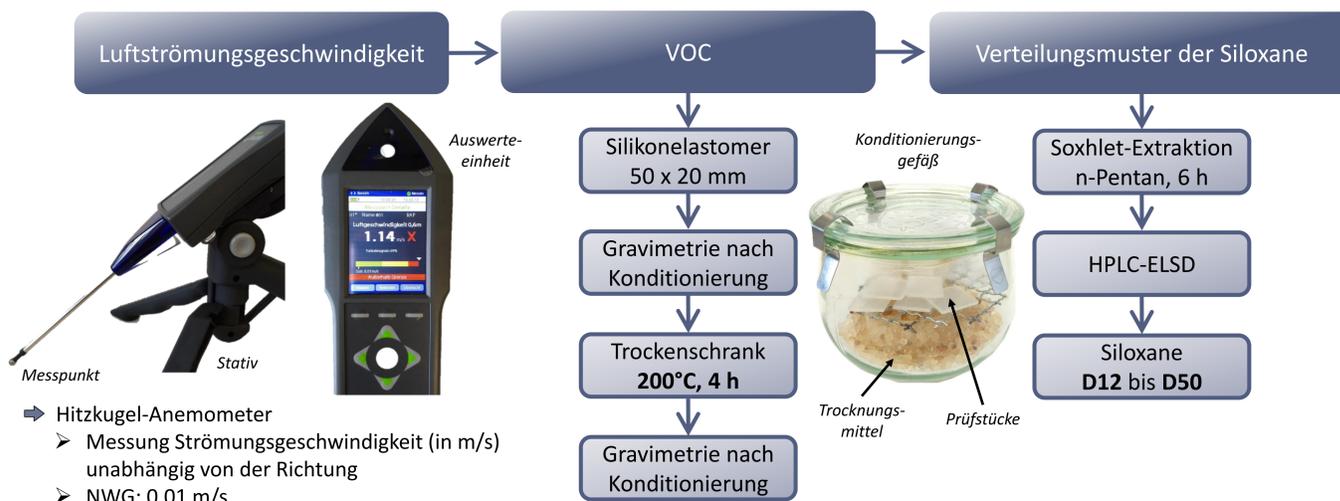
Die Entfernung von flüchtigen organischen Bestandteilen (VOC) aus Materialien durch Behandlung im Trockenschrank (TS) mit anschließender gravimetrischer Bestimmung spielt bei einer Vielzahl von analytischen Verfahren eine große Rolle. So dürfen Silikonelastomere als Lebensmittelkontaktmaterialien wie Backformen oder –utensilien nach der BfR-Empfehlung XV nicht mehr als 0,5 % VOC abgeben. In bisherigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass neben der Zeit und Temperatur auch die Luftströmungsgeschwindigkeit ( $v_A$ ) einen Einfluss auf die Entfernung der VOC aus Materialien besitzt. Darüber hinaus wurden bei Vergleichsuntersuchungen in verschiedenen Trockenschränken signifikant unterschiedliche VOC-Werte ermittelt.

Ziel der Untersuchungen war die Bestimmung von Luftströmungsgeschwindigkeiten in Trockenschränken mit unterschiedlicher Betriebsart (Umluft oder natürliche Konvektion) und weiterer Parameter wie die Anzahl der Einlegeböden oder die Stärke der Frischluftzufuhr und deren Auswirkung auf den VOC-Wert. Dazu wurden die Luftströmungsgeschwindigkeiten mittels Hitzkugel-Anemometer und anschließend VOC-Werte (200°C für 4 h) an ausgewählten Positionen mittels Gravimetrie nach Konditionierung bestimmt.

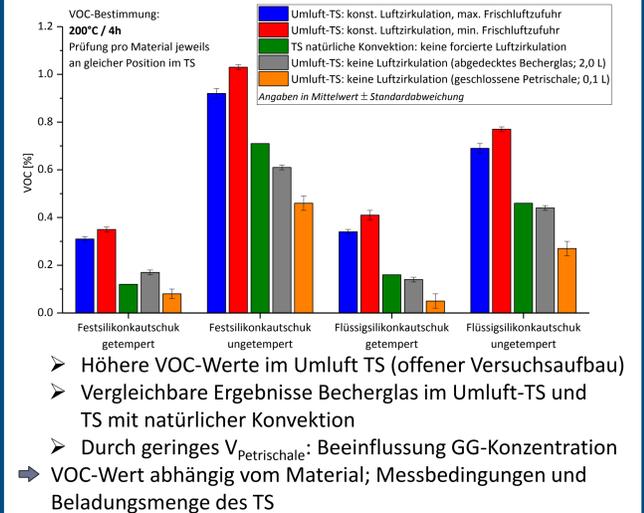
## Zusammenfassung

Am Beispiel von Umlufttrockenschränken zweier Hersteller wurden in Abhängigkeit der Position und Anzahl sowie Einschubhöhe der Böden Luftströmungsgeschwindigkeiten von 0,2 bis 4,3 m/s bestimmt, wobei sich die Verteilung als sehr inhomogen darstellt. Durch die Variation der Frischluftzufuhr kommt es zu einer geringfügigen Änderung der Luftströmungsgeschwindigkeiten im Ofen (1 bis 10 %). In einem Trockenschrank mit natürlicher Konvektion betragen die Luftströmungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Position < 0,01 bis 0,04 m/s. Die anhand von ungetemperten Silikonelastomeren (Schichtdicke: 2 mm) bestimmten VOC-Werte schwanken im Umlufttrockenschrank von 0,64 bis 0,85 %, während im Trockenschrank mit natürlicher Konvektion VOC-Werte von 0,59 bis 0,63 % ermittelt wurden. Mit steigender Luftströmungsgeschwindigkeit kommt es zu einer Abnahme des Gehaltes an niedermolekularen Siloxanen durch eine stärkere Desorption aus dem Material und daraus resultierend zu einem Anstieg der VOC-Werte.

## Bestimmungsmethoden



## VOC-Werte Silikonelastomere



## Luftströmungsgeschwindigkeiten in Trockenschränken + Einfluss auf VOC-Wert

### Umlufttrockenschränke (forcierte Luftzirkulation)

**Bedingungen:**

- I: Hersteller 1
- II: Hersteller 2
- A: unterer Boden, keine Frischluftzufuhr
- B: unterer Boden, max. Frischluftzufuhr
- C: mittlerer Boden, max. Frischluftzufuhr
- D: unterer Boden + mittlerer Boden, max. Frischluftzufuhr

Regelung Frischluftzufuhr über mechanische Klappe (Bedienelement)

Lüfter

Auswerteeinheit (für Messung: außerhalb TS)

Petrischale mit Messpunkt

Einlegeboden

### Natürliche Konvektion (keine forcierte Luftzirkulation)

**Bedingungen:**

- E: mittlerer Boden
- F: unterer Boden + mittlerer Boden

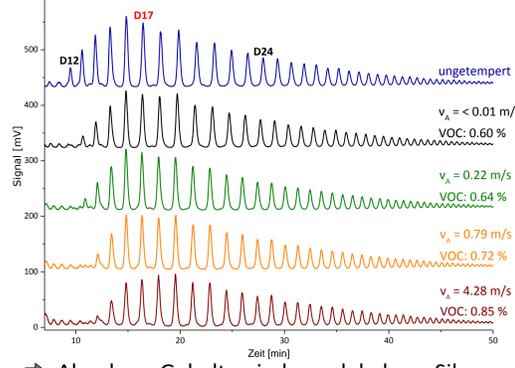
**Fazit Strömungsgeschwindigkeiten in Trockenschränken:** inhomogen, abhängig von:

- Bauart (I vs. II)
- Betriebsart (A-D vs. E-F)
- Bodenhöhe und –anzahl (B vs. C vs. D bzw. E vs. F)
- Frischluftzufuhr (A vs. B)
- Position im TS
- Füllvolumen

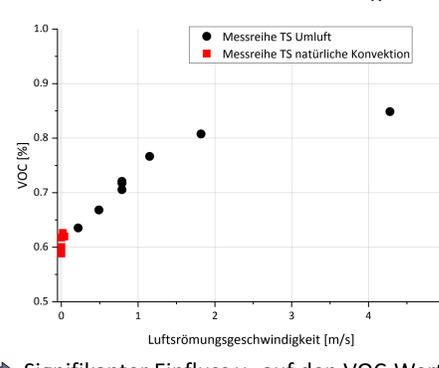
### Auswirkungen auf VOC

Nr.	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	VOC [%]
1	0,22	0,64
2	0,49	0,67
3	0,79	0,71
4	0,79	0,72
5	0,79	0,72
6	1,15	0,77
7	1,82	0,81
8	4,28	0,85
$\Delta$	4,06	0,21

### Verteilungsmuster Siloxane



### Abhängigkeit VOC von $v_A$



### Auswirkungen auf VOC

Nr.	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	VOC [%]
9	< 0,01	0,60
10	< 0,01	0,62
11	< 0,01	0,59
12	0,02	0,63
13	0,04	0,62
$\Delta$	0,04	0,04

## Fazit und Empfehlung

- VOC-Werte abhängig vom Volumen über der Probe (Beladungsmenge im TS); mit steigender Anzahl Proben: Verringerung der VOC (siehe Vergleich Becherglas und Petrischale) bei vergleichbaren Ergebnisse zwischen der Bestimmung im Becherglas im Umluft-TS und im TS mit natürlicher Konvektion
- Luftströmungsgeschwindigkeiten: signifikanter Einfluss auf Desorption flüchtiger Verbindungen aus Materialien (Siloxane aus Silikonbackformen) → VOC-Wert
- Inhomogene Strömungsgeschwindigkeiten in Umlufttrockenschränken in Abhängigkeit verschiedener Parameter (u. A. Bau- und Betriebsart, Bodenhöhe- und -anzahl, Position...)
- Aufgrund Einflussfaktoren: **reproduzierbare Bestimmungen von VOC** und damit Einhaltung Anforderungen BfR-Empfehlung XV nur in **Trockenschränken mit natürlicher Konvektion** möglich
- Empfehlung: die in der Praxis genutzten Toleranzen von 30 % beim VOC-Wert nicht weiter anwenden, keine absoluten VOC-Werte > 0,5 % (oder sogar 0,4 %) akzeptieren