

Adhäsion und andere physikalische Vorgänge als primäre Auslöser von Schwarzstaub- Ablagerungen in Gebäuden



Dipl.-Chem. Dr. Wigbert Maraun
ARGUK-Umweltlabor GmbH
Kreismühle 1
61440 Oberursel

Inhalt

1. Was ist „Fogging“?
2. „Fogging“ ist...
3. Adhäsion
4. Dipol-Dipol-Wechselwirkungen
5. Chemische Prozesse
6. Physikalische Prozesse
7. Analytik der Fogging-SVOC
8. Phänomenologische Risiken
9. Quellenzuordnungen
10. „Fogging“-Lösungsansätze

1. Was ist „Fogging“?



1. Was ist „Fogging“?



1. Was ist „Fogging“?



1. Was ist „Fogging“?



1. Was ist „Fogging“?



1. Was ist „Fogging“?



2. „Fogging“ ist ...

Fogging in einer Wohnung ist...

- die durch **Transportvorgänge** in der Raumluft gestaltete
- Abscheidung von **Feinstaub** und
- Verbleib der Partikel auf der Raumbooberfläche
- unter Ausbildung lichtabsorbierender Schichten
- in Folge der **Adhäsion** durch die
- chemisch modifizierte Partikeloberfläche
- durch schwer flüchtige organische Verbindungen (**SVOC**)

- [Fogging anderer Genese – Kfz, Vitrinen...]

3. Adhäsion

Adhäsion

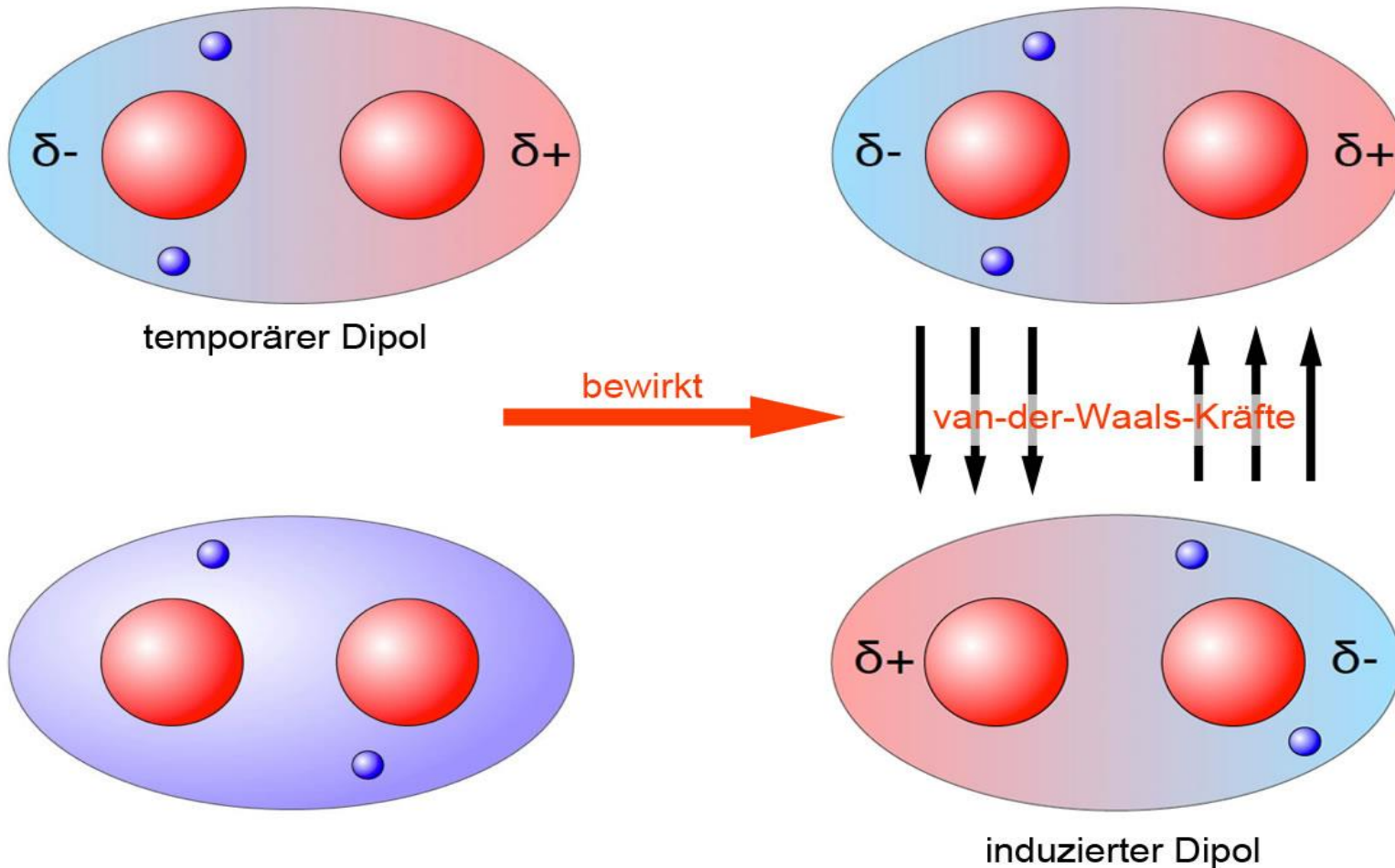
ist der Zustand einer Grenzflächenschicht, die sich zwischen zwei in Kontakt tretenden **kondensierten Phasen** ausbildet.

Die Haupteigenschaft dieses Zustandes ist der durch **molekulare Wechselwirkungen** in der Grenzflächenschicht hervorgerufene **mechanische Zusammenhalt** der beteiligten Phasen.

(zitiert aus Wikipedia)

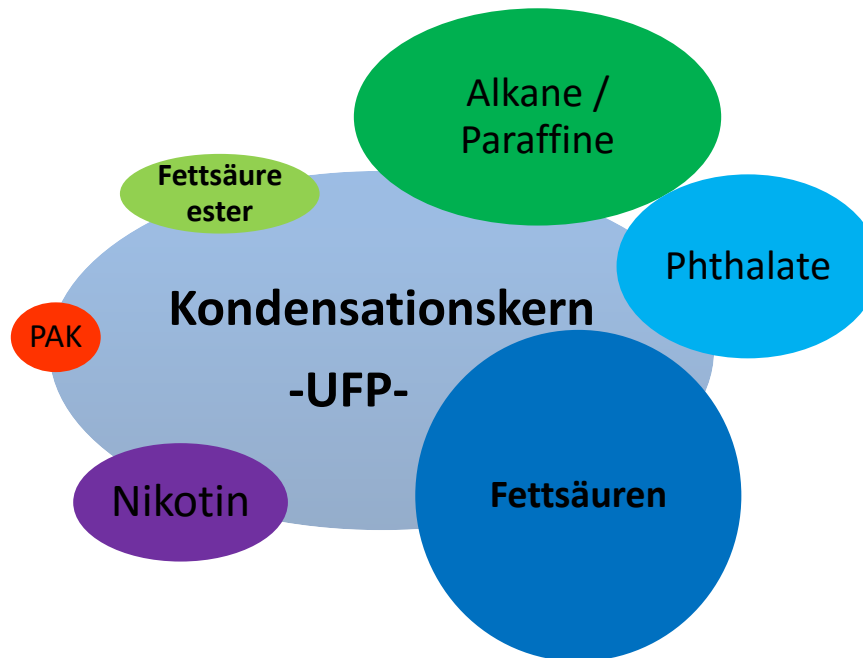
Die molekularen Wechselwirkungen beruhen auf **Dipol-Dipol-Wechselwirkungen**, wobei es sich um **permanente Dipole**, um **induzierte** oder um **temporäre (quantenmechanische) Dipole** handeln kann (als Keesom-, Debye oder **van der Waals-Kräfte** bezeichnet).

4. Dipol-Dipol-Wechselwirkung



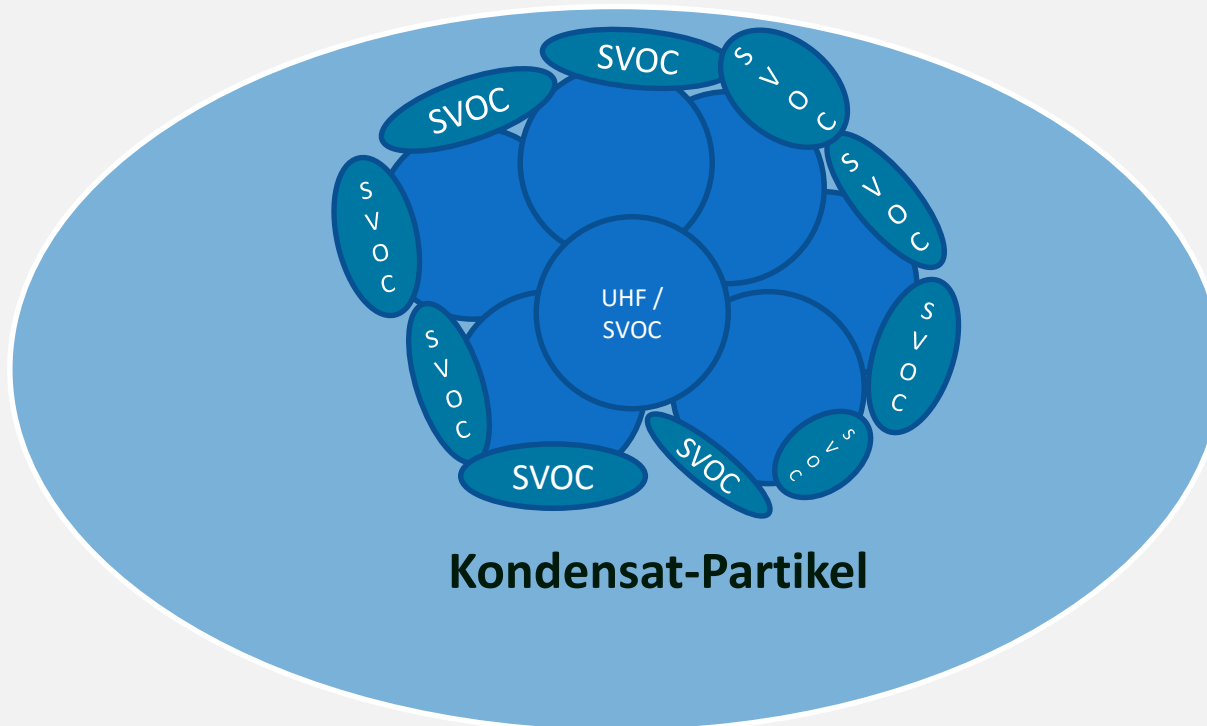
5. Chemische Prozesse

**Primäre Kondensation
schwerflüchtiger Verbindungen
durch Dipol-Dipol-Wechselwirkung**



5. Chemische Prozesse

Agglomeration (Wachstumsphase) von Kondensat-Partikeln



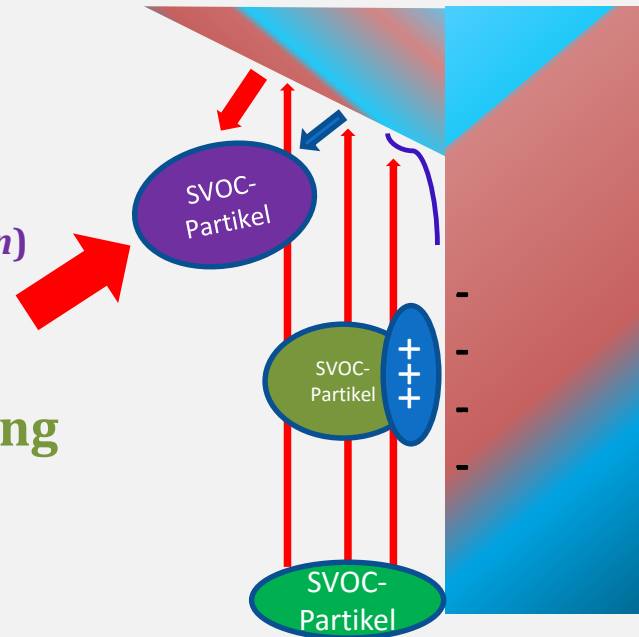
1. Was ist „Fogging“?



6. Physikalische Prozesse

Transport der Partikel

- **(Bildung von UFP)**
- **Konvektion**
- **Thermophorese**
(thermischer Effekt bei der Adhäsion)
- **Aufwirbelung**
- **Ruhende Grenzschicht**
- **Elektrostatische Anziehung**



- **Kontakt-Prozess: Adhäsion auch zwischen der Partikelphase und der Wandoberflächenphase**

6. Physikalische Prozesse

„Schwärze“

- Ausbildung einer **lichtabsorptiven Partikel-Schicht**
- Veränderung der Schichtdicke lässt die Ablagerung optisch in Erscheinung treten
- die „ölig-schmierige“ Konsistenz bei der „Fingerprobe“ beruht auf dem „Caramba-Effekt“

7. Analytik der Fogging-SVOC

Alkane/Paraffine		
C14–C31		
Fettalkohole		
Dodecanol	Isopropylmyristat (C14-IPE)	Adipinsäurediisobutylester [DIBA]
Tetradecanol	Methylpalmitat (C16-ME)	Adipinsäurediethylhexylester [DEHA]
Hexadecanol	Isopropylpalmitat (C16-IPE)	Tri-2-ethylhexyltrimellitat [TEHT]
Octadecanol	Butylpalmitat (C16-BE)	Tributylcitrat [TBC]
	Hexadecylpalmitat (C16-HDE)	Tributyl-Acetyl-Citrat [ATBC]
	Methylstearat (C18-ME)	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol-monoisobut. [TXmIB]
Fettsäuren	Butylstearat (C18-BE)	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol-diisobutytrat [TXIB]
Hexan-Säure	Methyloleat (C18en-ME)	Tripropylenglykolmonobutylether [TPGMB]
Heptan-Säure	Ethyloleat (C18en-EE)	Dipropylenglykoldibenzoat [DPGDB]
Octan-Säure	Methylarachidonat (C20-ME)	Dibutylmaleinat [DBM]
Nonan-Säure	Weichmacher: Phthalate	Di-2-ethylhexylmaleinat [DEHM]
Decan-Säure	Dimethylphthalat [DMP]	Dibutylfumarat [DBF]
Undecan-Säure	Diethylphthalat [DEP]	Di-2-ethylhexylfumarat [DEHF]
Dodecan-Säure	Di-isobutylphthalat [DiBP]	Phthalsäureanhydrid
Tridecan-Säure	Di-n-butylphthalat [DBP]	Hexahydrophthalsäureanhydrid [HHPA]
Tetradecan-Säure (Myristinsäure)	Benzylbutylphthalat [BzBP]	Methylhexahydrophthalsäureanhydrid [MHHPA]
Pentadecan-Säure	Di-2-ethylhexylphthalat [DEHP]	Zigarettenrauch
Hexadecan-Säure (Palmitinsäure)	Di-2-ethylhexyl-terephthalat [DEHTP]	Nikotin
Heptadecan-Säure	Di-i-heptylphthalat [DiHpP]	Fettindikatoren
Octadecan-Säure (Stearinsäure)	Di-2-propylheptylphthalat ([DPHP])	Squalen
Octadecen-9,12-dien-Säure (Linolsäure) /	Di-i-octylphthalat [DIOP]	Cholesterol
Octadecen-9,12,15-trien-Säure (Linolensäure)	Di-i-nonylphthalat [DiNP]	PAK-Leitkomponenten
Octadecen-9-en-Säure (Ölsäure)	Di-i-decylphthalat [DiDP]	Phenanthren
		Benzo[a]pyren (BaP)

8. Phänomenologische Risiken

- a.) vorausgegangene Renovierungsarbeiten bzw. Neubau:
In ca. 86% der beobachteten "Fogging"-Fälle handelte es sich um **renovierte** Wohnungen
- b.). Zeitlicher Verlauf
Das Auftreten des Fogging findet in 41% der Fälle innerhalb von 12 Monaten nach der letzten Renovierung bzw. nach dem Einzug statt.
- c.). Heizphase
In 92% der Fälle trat das Staubphänomen in der **Heizphase** auf
- d.). Wohnungsnutzung
Häufig nach längerer Abwesenheit; i.d.R. **Einzelpersonen** bzw. Wohnungen **ohne Kinder** : **Fehlen von Grobstaub**
- e.). Nutzerverhalten
Kerzenabbrand, Latexwandfarbe, hohe **Reinigungsaktivität (Fettalkohole, Nanopartikel?)**, Vinyltapeten, **Zigarettenrauch**, glatte oder PVC-Bodenbeläge

9. Quellenzuordnungen

- **ARGUK-Standard-Verfahren:**
 - Wischprobe von Fensterscheibe und Bodenstaub-Probe
 - Vergleich von auffälligen Gehalten und Substanz-Muster
 - Probenahme an ungereinigter Fensterscheibe!
 - Im Sommer sinnlos!
- **Bei Verdachtsfällen/Streitbehauptungen:**
 - „Kerzenabbrand“: Brand-Emissionsprüfung
 - „Vinyl-Tapete“: Materialentnahme
 - „neuer Fußboden“: Materialentnahme/Bodenstaubprobe
 - „neue Möbel“: Wischprobe
 - „Wandfarbe“: i.d.R. ohne Befund!

10. Fogging - Lösungsansätze

- 1. Reduzierung des SVOC-Aufkommens
 - u.a. bei Renovierung, Reinigungsaktivität, Zigarettenrauch, Kerzenabbrand
- 2. Reduzierung des Feinstaub-Aufkommens
 - Kerzenabbrand, Senkenbildung durch Grobstaub oder Luftreiniger
- 3. Physikalische Bedingungen
 - Verzicht auf Latex-Wandfarbe, keine hohen Heizungstemperaturen (Pyrolyse)

Fogging

- Fogging:

Was wir sehen ist Physik – und was es bedingt ist Chemie!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!