

Aktuelle Ergebnisse aus den Bioaerosolmessungen des Thünen-Instituts

Marcus Clauß

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig



Aktuelle Ergebnisse aus den Bioaerosolmessungen des Thünen-Instituts

1. Thünen-Institut
2. Bioaerosole (in der Landwirtschaft)
3. Unsere Motivation
4. Tagesgänge
5. Partikelgrößenverteilung
6. Tenazität
7. Zusammenfassung

Brocken (1141 m) im Harz



Braunschweig

Hauptstandort Thünen-Institut

Google earth

14 Thünen-Fachinstitute im Forschungsbereich des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)



Fischerei

Seefischerei

Fischereiökologie

Ostseefischerei

Wald

Forstgenetik

Waldökosysteme

Int. Waldwirtschaft
und Forstökonomie

Holzforschung

Agrar

Ländliche Räume

Betriebswirtschaft

Marktanalyse

Agrartechnologie

Biodiversität

Agrarklimaschutz

Ökologischer
Landbau

Anteil der Landwirtschaft an Gesamtemission Feinstaub im Jahr 2014 ca. 23 %



Foto: Michael Welling

95 % des Feinstaubs in Tierställen
ist organisch



95 % des Feinstaubs in Tierställen
ist organisch





»Luftgetragene Partikel biologischer Herkunft«

Dachstein-Massiv in den österreichischen Alpen



Besteht maßgeblich aus Riffkalk
biologischer Herkunft

Kalkstaub = Bioaerosol?



Megalodonten



Foraminiferen

Definition von Bioaerosolen

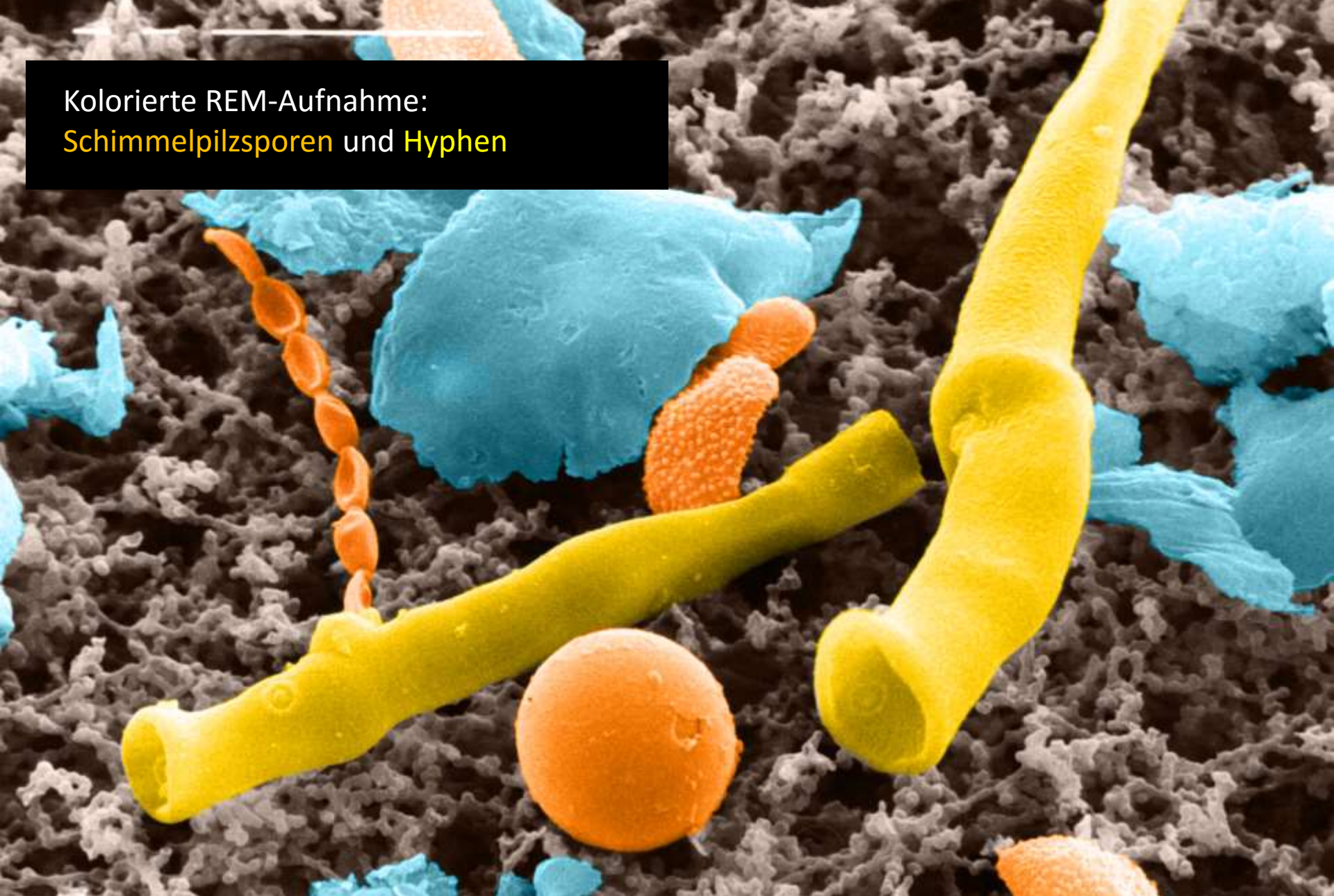
Nach DIN EN 13098 und VDI 4250 ff.:

»Luftgetragene **organische** Partikel biologischer Herkunft«

z. B. Viren, Bakterien, Schimmelpilze, Pollen, kleine Teile von Pflanzen oder Tieren ihre Fragmente (z. B. Endotoxine) und Stoffwechselprodukte (z. B. Mycotoxine), oder Partikel die diese beinhalten.

»Grau, teurer Freund, ist alle Theorie, und grün des Lebens goldner Baum.«
Mephisto aus Goethes Faust

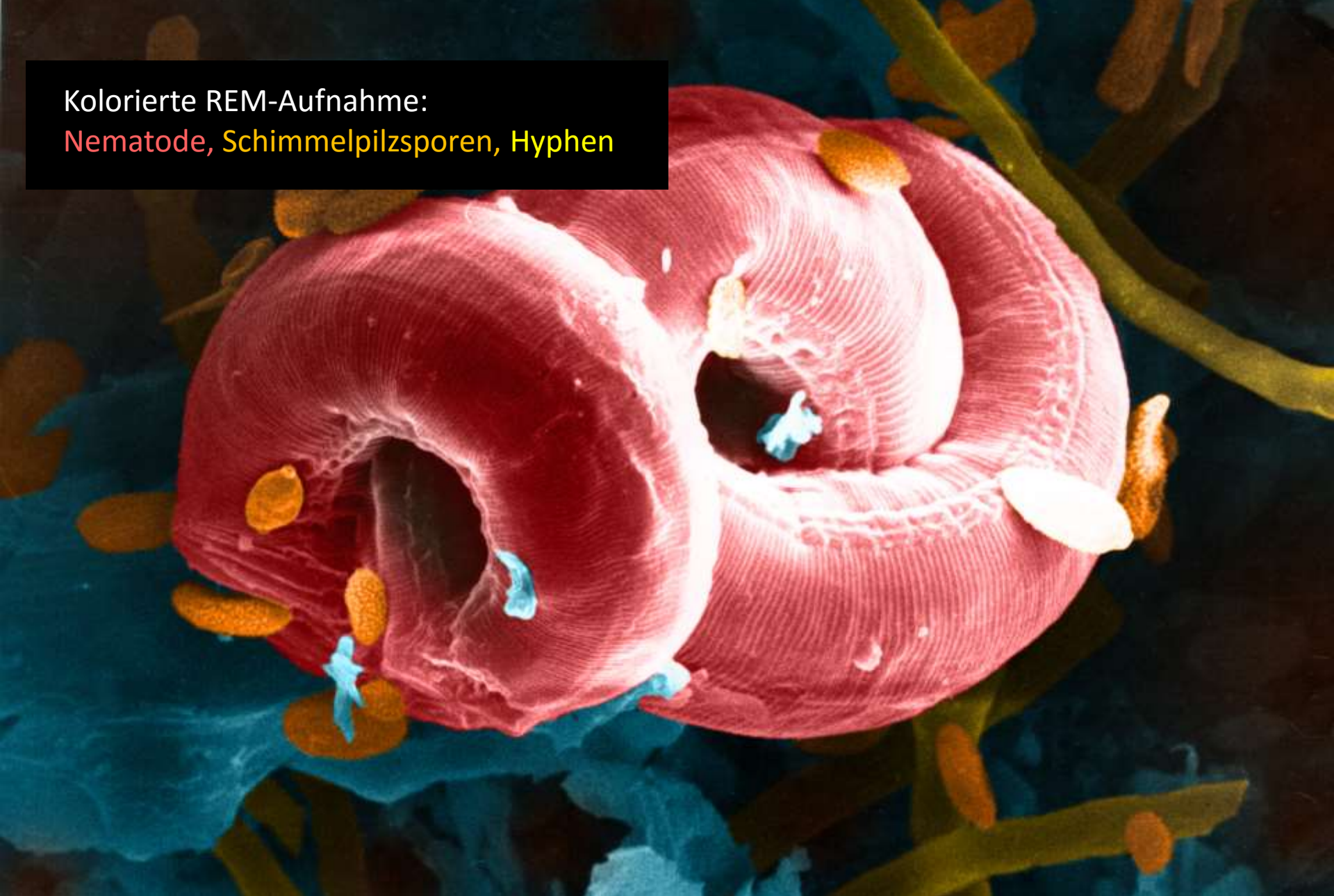
Kolorierte REM-Aufnahme:
Schimmelpilzsporen und Hyphen



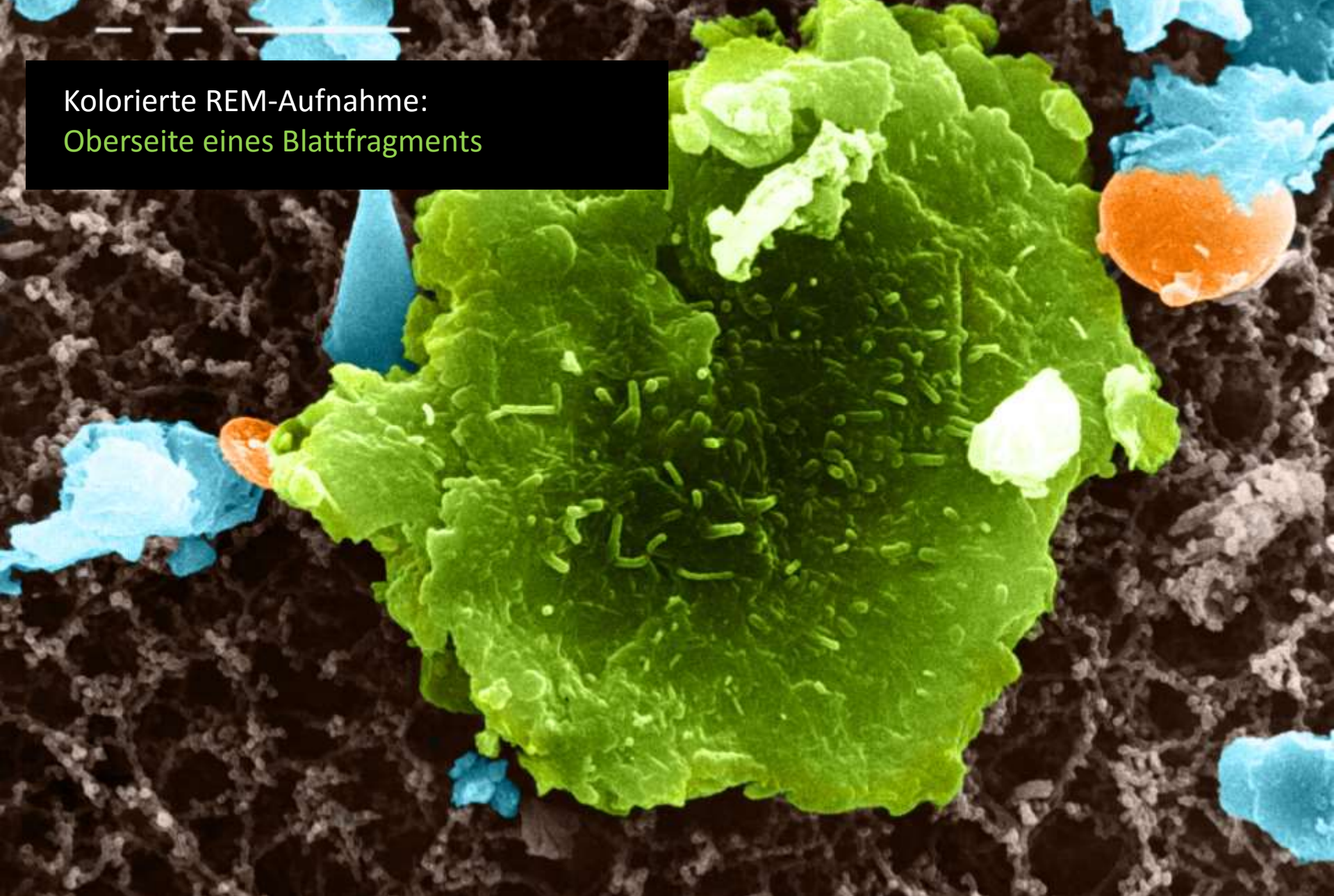
Kolorierte REM-Aufnahme:
Tasthaar eines Käfers, Schimmelpilzsporen



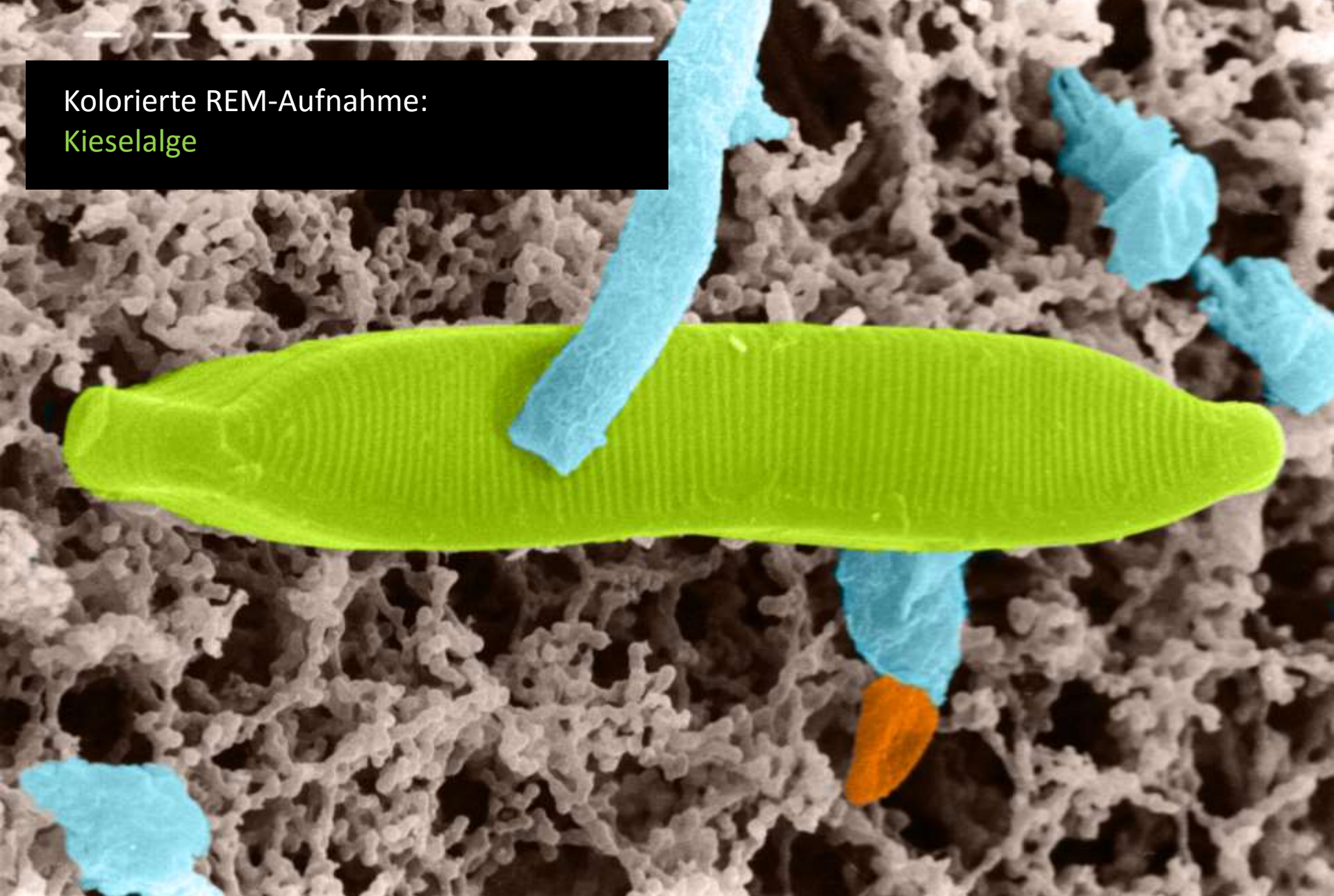
Kolorierte REM-Aufnahme:
Nematode, Schimmelpilzsporen, Hyphen



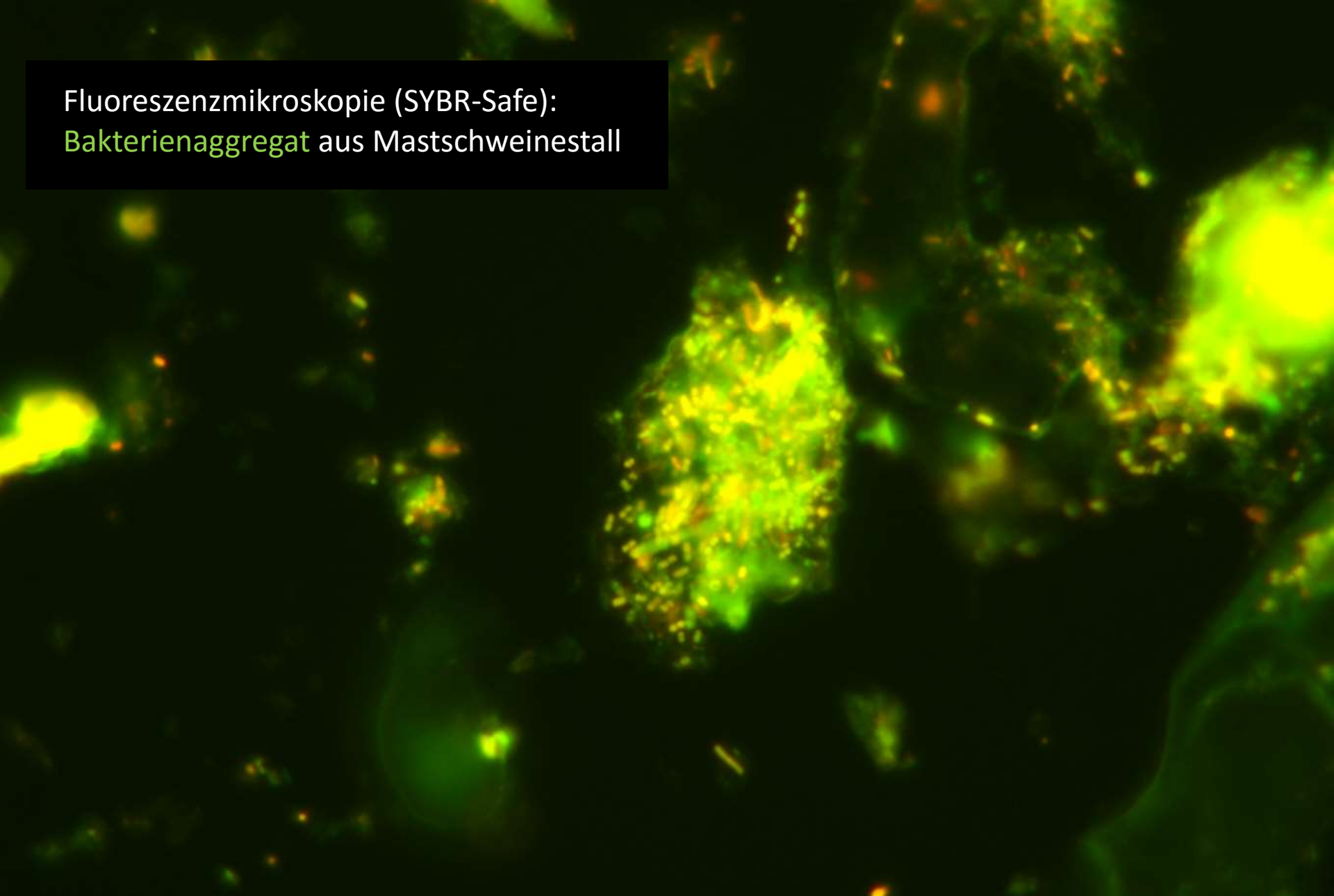
Kolorierte REM-Aufnahme:
Oberseite eines Blattfragments



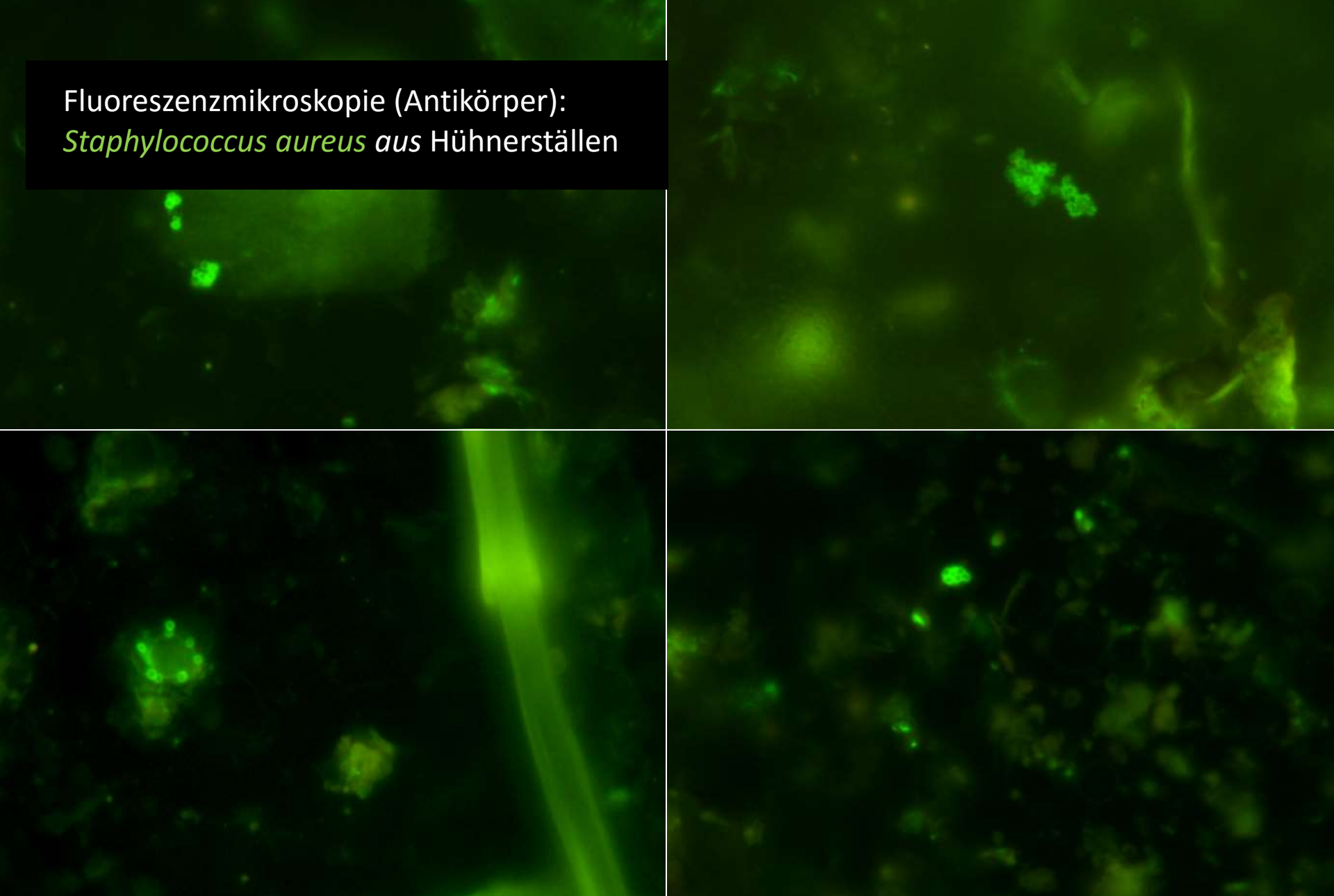
Kolorierte REM-Aufnahme:
Kieselalge



Fluoreszenzmikroskopie (SYBR-Safe):
Bakterienaggregat aus Mastschweinestall



Fluoreszenzmikroskopie (Antikörper):
Staphylococcus aureus aus Hühnerställen



Motivation

- Aus Tierställen emittieren Bioaerosole
- Darunter sind auch potentielle Krankheitserreger
- gesundheitliche Beeinträchtigung befürchtet (konkrete Gefahr bisher nicht belegt)
- Vorsorgeprinzip: Bei Stallneubauten/-umbauten => **Genehmigungsverfahren**



Motivation

im Rahmen von **Genehmigungsverfahren** meist Modellierung der zu erwartenden Immissionen und umweltmedizinische ‚Bewertung‘

*„Voraussetzung für die Durchführung einer Ausbreitungsrechnung (VDI 4251 Blatt 3) ist, dass **geeignete Eingangsdaten (vor allem Quellstärken, Emissionsfaktoren und Partikelgrößenverteilungen der Bioaerosole)** vorliegen.“ (VDI 4250 Blatt 1)*



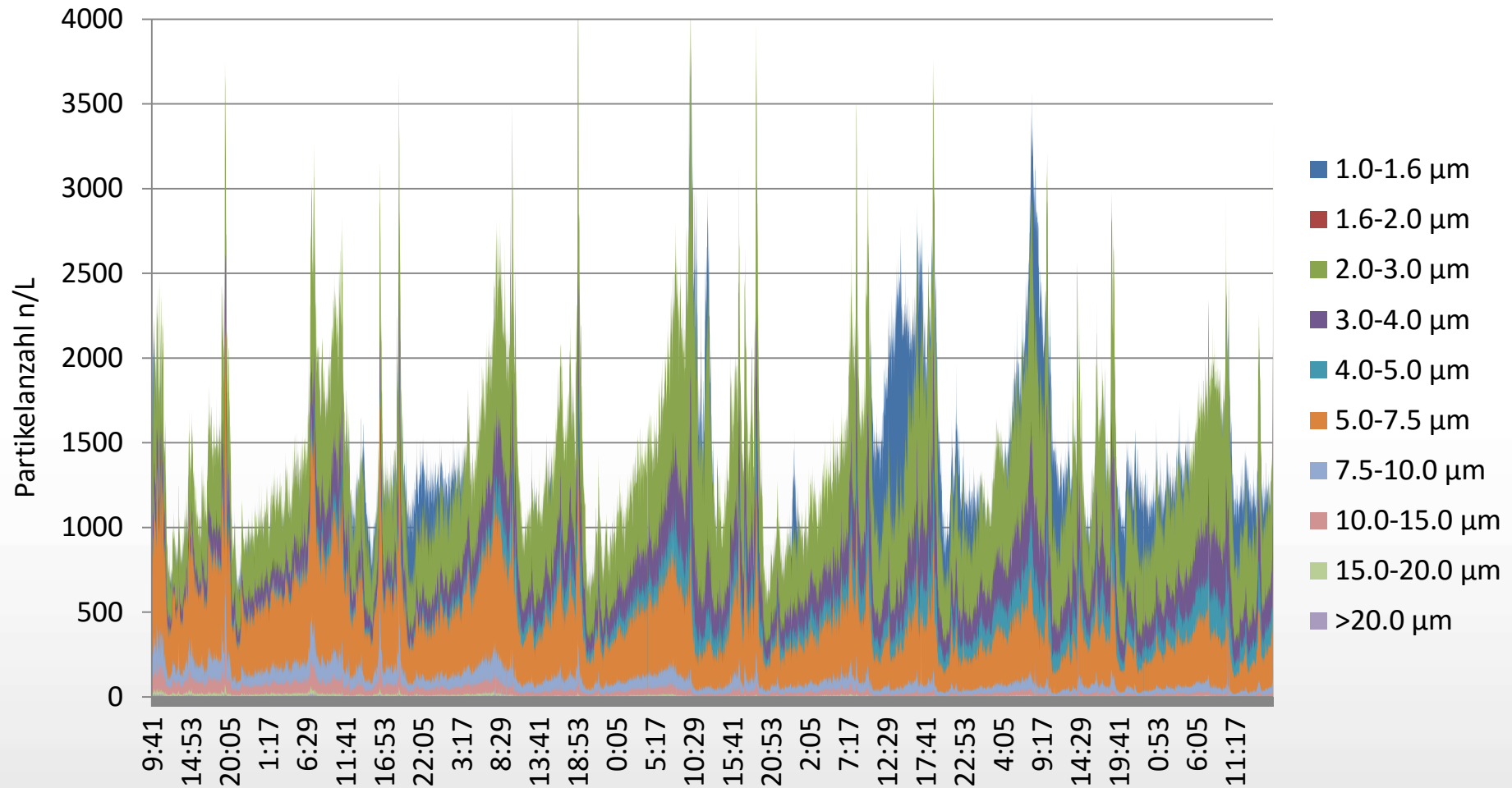
Motivation

Bisher fehlen wichtige Eingangsdaten bzw. bleiben unberücksichtigt:

- tageszeitlicher Verlauf der Konzentrationen
- Partikelgrößenverteilung
- Tenazität (Überlebensfähigkeit) der Mikroorganismen

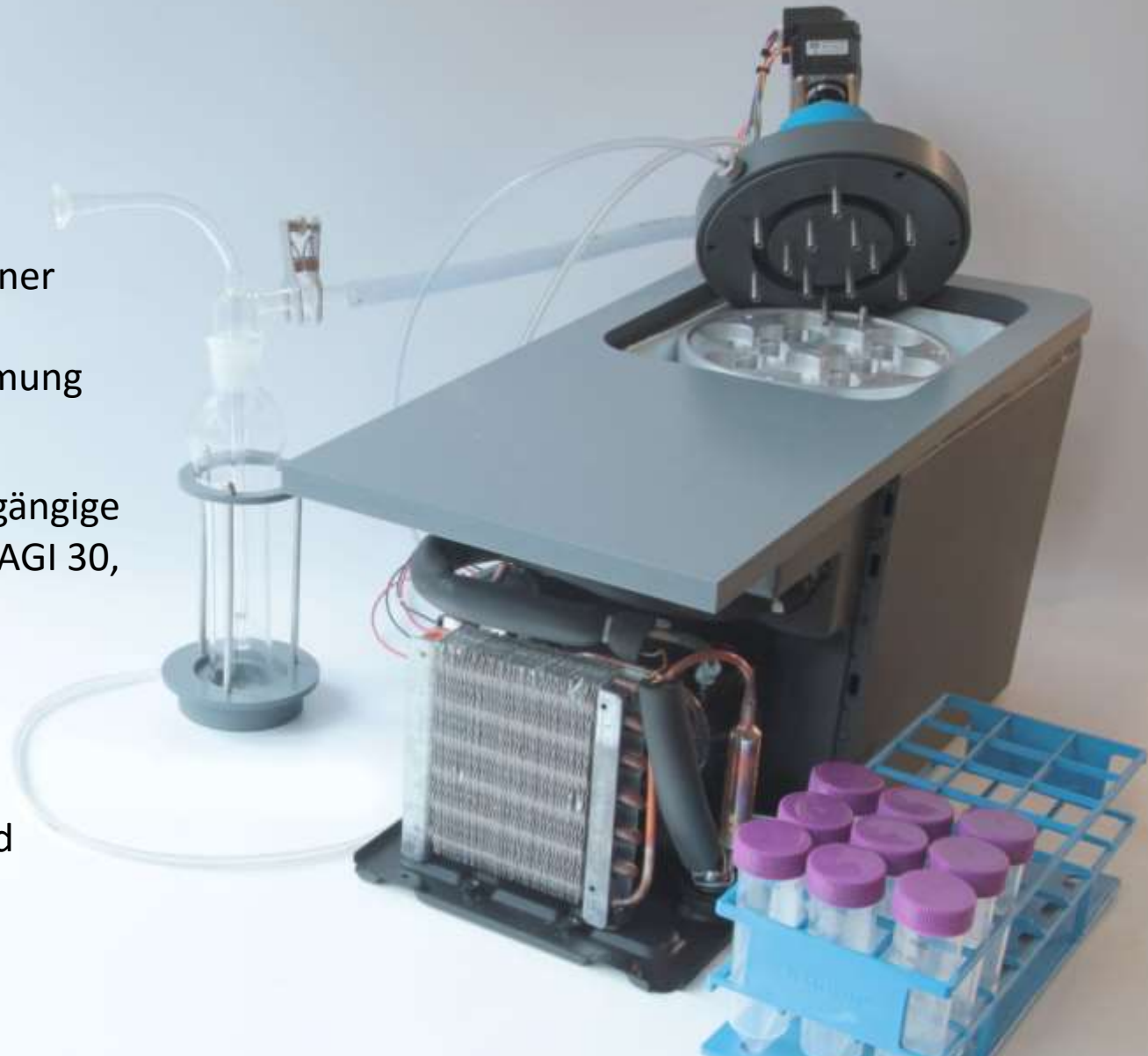


Wochenverlauf Feinstaubkonzentration (Emission) Mastschweinestall 2000 TP legt ähnliche Tagesgänge für Bioaerosole nahe



Automatischer Bioaerosolsammler

- Eigenentwicklung
- Sammlung luftgetragener Mikroorganismen in Flüssigkeit zur Bestimmung der KBE
- flexibel anpassbar an gängige Sammelsysteme, z. B. AGI 30, Coriolis®
- vollautomatische Probenahme, bis zu 12 Einzelmessungen hintereinander, 53 sind geplant



Automatischer Bioaerosolsammler im Öko-Jungviehstall, frei belüftet, 120 Tiere



Automatischer Bioaerosolsammler

Im Mastschweinestall (Vollsp.), 1500 Tiere



Automatischer Bioaerosolsammler im Ziegenstall (Ökohaltung), 1000 Tiere



Automatischer Bioaerosolsammler im Legehennenstall (Voliere), 1400 Tiere



Automatischer Bioaerosolsammler

im Öko-Jungviehstall, frei belüftet, 120 Tiere

Durchschnittliche
Konzentrationen **im Stall**
tagsüber
ca. Faktor 1,3 höher

Automatischer Bioaerosolsammler

im Mastschweinestall (Vollspaltenboden), 1500 Tiere

Durchschnittliche
Konzentrationen **im Stall**
tagsüber
ca. Faktor 2 höher

Fütterungszeiten haben
großen Einfluss

Automatischer Bioaerosolsammler

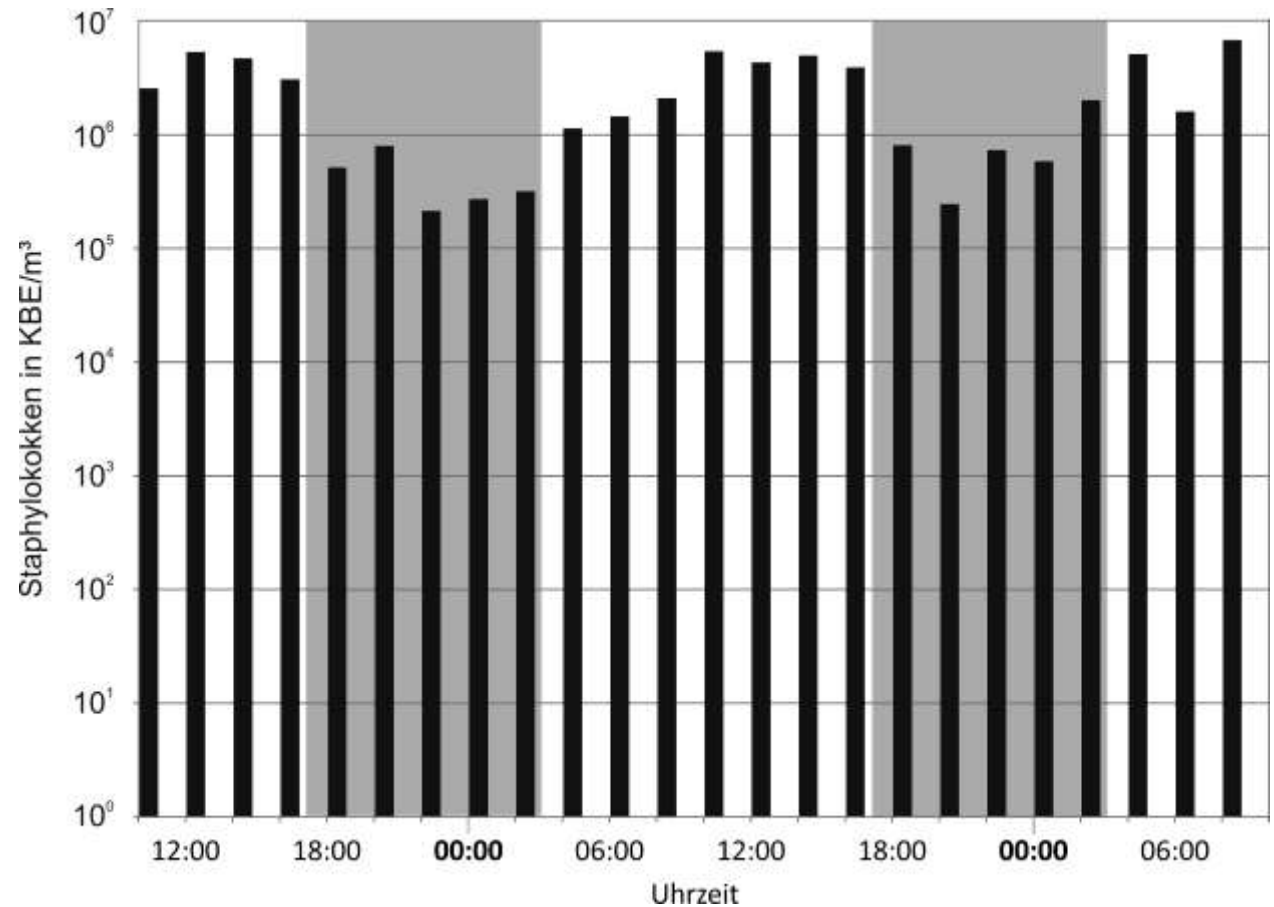
im Ziegenstall (Ökohaltung), 1000 Tiere

Durchschnittliche
Konzentrationen **im Stall**
tagsüber
ca. Faktor 3 höher

Automatischer Bioaerosolsammler

im Legehennenstall (Voliere), 1400 Tiere

Durchschnittliche
Konzentrationen **im Stall**
während Hellphase
ca. Faktor 10 höher



Automatischer Bioaerosolsammler, Emissionsmessungen

Laufendes Drittmittelprojekt „**Differenzierte Messung von Bioaerosolen in der Emission**“, finanziert vom Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SMUL)



Automatischer Bioaerosolsammler, Emissionsmessungen

Legehennenstall (40.000 Tiere), **Konzentration** Staphylokokken:

Sammelkopf
momentan
AGI-30 Impinger

Automatischer Bioaerosolsammler, Emissionsmessungen

Legehennenstall (40.000 Tiere), **Konzentration Staphylokokken:**

Parallelmessungen mit Emissionsimpingern

Sammelkopf
momentan
AGI-30 Impinger

Unterschied zum
standardisierten
Emissionsimpinger:
**1 Zehnerpotenz
weniger**



Automatischer Bioaerosolsammler, Emissionsmessungen

Legehennenstall (40.000 Tiere), **Konzentration** Staphylokokken:

Angepasste Konzentrationen



Sammelkopf
momentan
AGI-30 Impinger

Unterschied zum
standardisierten
Emissionsimpinger:
1 Zehnerpotenz mehr

Automatischer Bioaerosolsammler, Emissionsmessungen

Legehennenstall (40.000 Tiere), **Emissionsfaktoren** Staphylokokken:

Unterschiede bis zu
3 Zehnerpotenzen
zwischen Hell- und
Dunkelphasen

Sollte zukünftig
berücksichtigt werden

Partikelgrößenverteilung

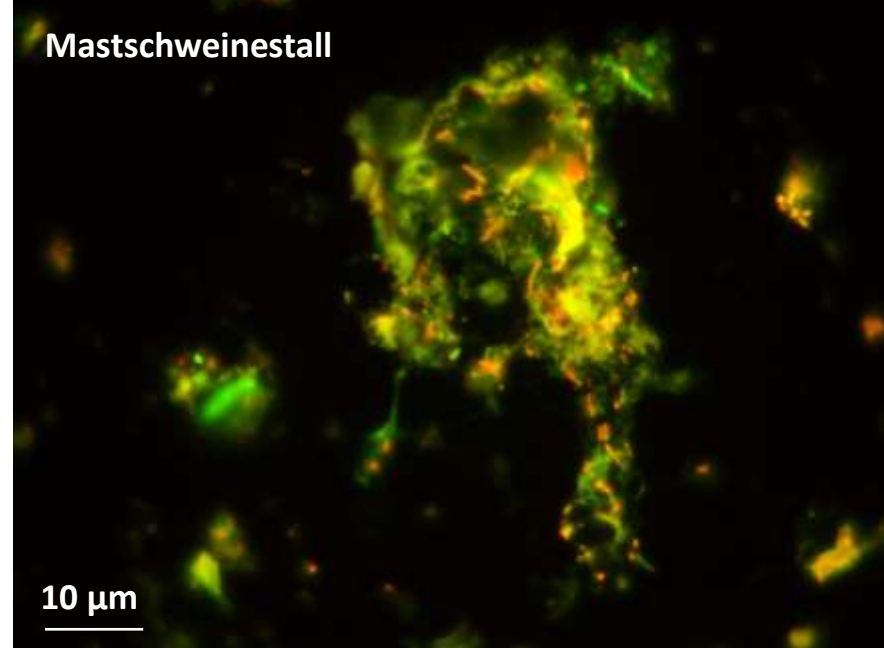
Bereits 1884 von Hesse experimentell nachgewiesen, dass Bakterien in der Luft hauptsächlich in Aggregaten vorliegen

konservative Annahme

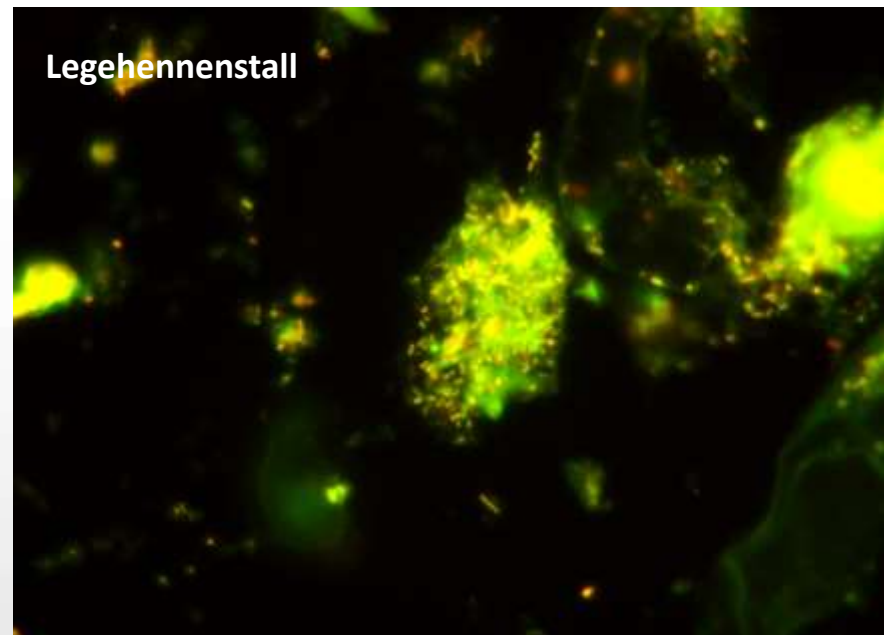
bei Ausbreitungsrechnungen:

Partikelgröße < 2,5 µm

Mastschweinestall



Legehennenstall



Partikelgrößenverteilung

Emissionsseitige (Abluftschacht)
Messung der Anzahlverteilung
kultivierbarer **Mikroorganismen**
in **PM_{2,5}**, **PM₁₀** und **„Gesamtstaub“**

- neuartige Probenahmestrategie mit 3 parallelen Sammelsystemen
- einzelne modifizierte Stufen (halbe Düsenzahl, sonst baugleich) des Johnas II Impaktors (VDI 2066) als Vorabscheider für den Emissionsimpinger (VDI 4257)
- Laufendes Drittmittelprojekt finanziert vom Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SMUL)

1. Emissionsimpinger →

Vorabscheider PM_{2,5} →

2. Emissionsimpinger →

Vorabscheider PM₁₀ →

3. Emissionsimpinger →

Ohne Vorabscheider →





Partikelgrößenverteilung Legehennen, erste Ergebnisse

Mit dem neuen Impingerverfahren gemessene prozentuale Anzahlverteilung von **Gesamtakterien und Staphylokokken** in den Partikelmassenfraktionen „Gesamtstaub“, PM10 und PM2,5 in der Emission eines **Legehennenstalls** (n = 4)

Partikelgrößenverteilung Mastschweine

Mit dem neuen Impingerverfahren und dem Johnas II Impaktor parallel gemessene prozentuale Anzahlverteilung von **Gesamtbakterien** in den Partikelmassenfraktionen „Gesamtstaub“, PM10 und PM2,5 in der Emission zweier **Mastschweineställe** (jeweils $n = 12$) sowie das Gesamtverhältnis ($n = 48$)

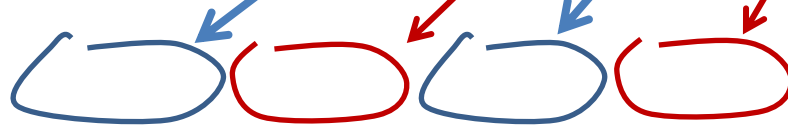
Partikelgrößenverteilung Mastschweine

Mit dem neuen Impingerverfahren und dem Johnas II Impaktor parallel gemessene prozentuale Anzahlverteilung von **Staphylokokken** in den Partikelmassenfraktionen „Gesamtstaub“, PM10 und PM2,5 in der Emission zweier **Mastschweineställe** (jeweils $n = 12$) sowie das Gesamtverhältnis ($n = 48$)

Partikelgrößenverteilung Mastschweine

Impinger vs Impaktor

Verhältnisse gleich,
Konzentrationen beim
Impingement doppelt
so hoch



Mit dem neuen Impingerverfahren und dem Johnas II Impaktor parallel gemessene prozentuale Anzahlverteilung von **Staphylokokken** in den Partikelmassenfraktionen „Gesamtstaub“, PM10 und PM2,5 in der Emission zweier **Mastschweineställe** (jeweils $n = 12$) sowie das Gesamtverhältnis ($n = 48$)

Partikelgrößenverteilung Mastschweine

Mit dem Johnas II Impaktor gemessene prozentuale Anteile von **PM10 und PM2,5** am „Gesamtstaub“, in der Emission zweier **Mastschweineställe** (jeweils $n = 12$) sowie das Gesamtverhältnis ($n = 48$)

Tenazität (lat. tenacitas)

- Fähigkeit von Mikroorganismen eine bestimmte Zeit lang unter suboptimalen Bedingungen zu überleben
- Tenazität verschiedener Mikroorganismen und auch verschiedener Stadien (vegetative Zellen, Sporen) sehr unterschiedlich

Die Tenazität beeinflussende Faktoren in der Außenluft:

- Lufttemperatur (T) und Feuchte (RH)
 - Globalstrahlung, UV-Strahlung
 - Ozon
 - Freie Radikale (z. B. $\text{OH}^\cdot$)
 - Ozon-Olefin-Reaktionsprodukte
- } 'open air factor' (OAF)

Synergistische Effekte zwischen den Faktoren!

Partikelgröße hat ebenfalls einen Einfluss!

Tenazität

Ausgewählte Literaturstudien

Literatur	Parameter	Versuchsbedingungen	90 % Reduktion
May & Druett 1968	<i>Escherichia coli</i>	Auf Spinnenweben in Außenluft, Partikelgrößenabhängig	3 – 20 min
Chapple et al. 1992	<i>Staphylococcus aureus</i>	Auf Nährbodenplatten Außen, stationäre Wachstumsphase	15 min
Hood 1971	<i>Escherichia coli</i>	Auf Spinnenweben in Außenluft, Partikelgrößenabhängig	30 – 120 min
Wathes et al. 1986	<i>Escherichia coli</i>	Geschlossene Kammer, abhängig von T und RH	Einige min - h

- Unterschiedliches Versuchsdesign
- **In keiner Studie reale Außenluftbedingungen**

Tenazität

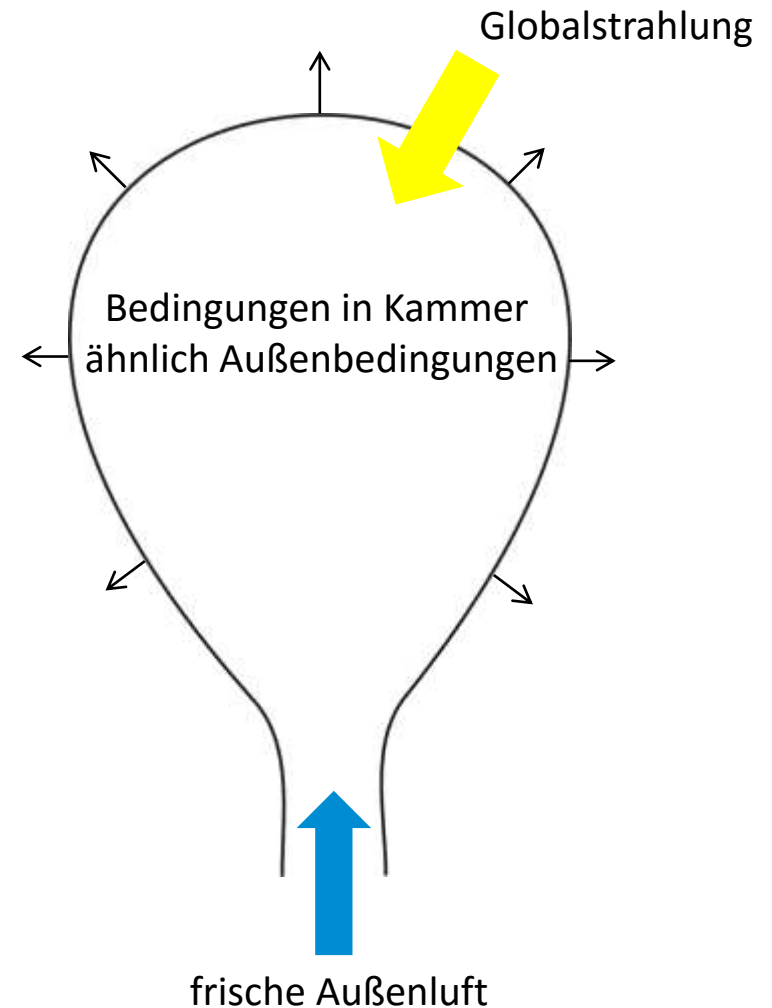
Ausgewählte Studien zur Tenazität in Bioaerosolkammern

Kammertyp	Referenz	Temp/Feuchte	UV	OAF
Edelstahlzylinder	Beard & Anderson 1967, Theunissen et al. 1993	✓	✗	✗
Plastik oder Alubox	Kundsin 1968	✓	✗	✗
UV-transparente Box	Paez-Rubio & Peccia 2005	✓	✓	✗
Rotierende kammer	Wathes 1986, Hess 1965	✓	✗	✗
Ventilierte Metallhohlkugel	Hood 1971	✓	✗	✓

In keiner Studie reale Außenluftbedingungen

Entwicklung einer unkonventionellen Bioaerosolkammer

- Mobile aufblasbare Kammer
- UV-transparentes Material
- Frische ungefilterte Außenluft geht direkt in die Kammer
- Verdopplung des Luftvolumens pro Zeiteinheit (z. B. alle 5 min)



Bioaerosolkammer in Funktion – Verdopplung des Luftvolumens alle 5 min

$t = 0 \text{ min}$

$V = 0.2 \text{ m}^3$



Bioaerosolkammer in Funktion – Verdopplung des Luftvolumens alle 5 min

$t = 10 \text{ min}$

$V = 0.8 \text{ m}^3$



Bioaerosolkammer in Funktion – Verdopplung des Luftvolumens alle 5 min

$t = 20 \text{ min}$

$V = 3.2 \text{ m}^3$



Bioaerosolkammer in Funktion – Verdopplung des Luftvolumens alle 5 min

$t = 30 \text{ min}$

$V = 12.8 \text{ m}^3$



Bioaerosolkammer in Funktion – Verdopplung des Luftvolumens alle 5 min

$t = 40 \text{ min}$

$V = 51.2 \text{ m}^3$



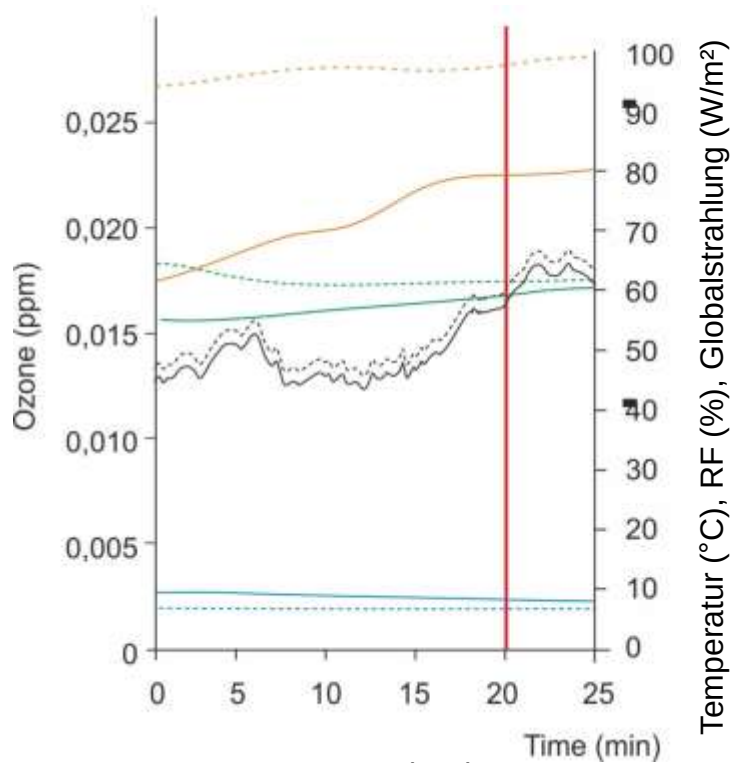
Kammerevaluierung– Erste Ergebnisse

Verdopplung des Luftvolumens
alle 2,5 min

Annähernd reale
Außenluftbedingungen
in Kammer

=> Erste Versuche
mit Bioaerosolen
in Vorbereitung

	Innen —	Außen - - -
Ø Globalstrahlung (W/m ²)	55	60
Ø Temperatur (°C)	9	8
Ø Relative Feuchte (%)	58	63
Ø Ozon (ppm)	0,020	0,027



Zusammenfassung und Ausblick

- Bioaerosolkonzentrationen schwanken im Stall und in der Emission im Tagesverlauf um bis zu 2 Zehnerpotenzen, Emissionsfaktoren um bis zu 3 Zehnerpotenzen
- Abhängig von der Tierart und vom Management sind nur 30 - 50 % aller kultivierbaren luftgetragenen Bakterien und stallspezifische Staphylokokken emissionsseitig in PM10
- Dies muss in Zukunft unbedingt bei der Modellierung von Bioaerosolimmissionen in Genehmigungsverfahren berücksichtigt werden!
- Voraussichtliche Absterberaten luftgetragener Bakterien während der Transmission sind laut Literatur nicht unerheblich, es fehlen jedoch bis heute valide Daten
- Erste Untersuchungen zur Absterberate von luftgetragenen Bakterien in einer neuartigen Bioaerosolkammer noch in diesem Jahr



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**