

BIOLOGISCH ASSOZIIERTE SUBSTANZEN

Workshop BSS-Tagung, Mai 2026

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem., Analytische Chemie

Von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen



Krebsmühle 1 | 61440 Oberursel
info@arguk.de



INHALT

1. Vergleich chemisch und biologisch assoziierte Substanzen
2. Bereich: Wasser
3. Bereich: Geruch
4. Sanierung
5. Fazit

CHEMISCH VS. BIOLOGISCH ASSOZIIERTE SUBSTANZEN

Chemische Substanzen:

Eher anwendungsbezogen: Stoffgruppen wie VOC, Aldehyde, PCB

Biologisch assoziierte Substanzen:

Prozess- bzw. anlassbezogen: Schimmelpilzsporen, MVOC, Harnstoff, Allergene

Es sollen chemisch nachweisbare Substanzen als Leitsubstanzen für biologische Prozesse dargestellt werden.

Zugang über den Prozess zur Substanz oder über den Substanz-Nachweis zum Prozess.

BEREICH: WASSER

2.
BEREICH:
WASSER

Wasser-/Feuchteschaden	Mikrobieller Befall, Cholesterol, Ergosterin, MVOC
Fäkalwasser	Coprostanol, Skatol
Abwasser/Kanal	Sulfide, Amine
Urin	Ammoniak, Trimethylamin, Harnstoff/Kreatinin

BEREICH: WASSER

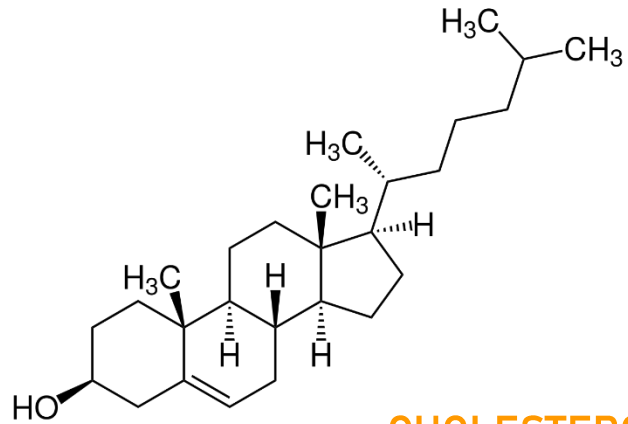
Bei biologischem Material stellt **Cholesterol** (Cholesterin) die Ausgangssubstanz zum Nachweis dar.

Cholesterol ist ein in allen **eukaryotischen** Zellen vorkommender **fettartiger Naturstoff**. Alle Tiere und Menschen können Cholesterol selbst herstellen und es ist ein essentieller Bestandteil aller tierischen **Zellmembranen**.

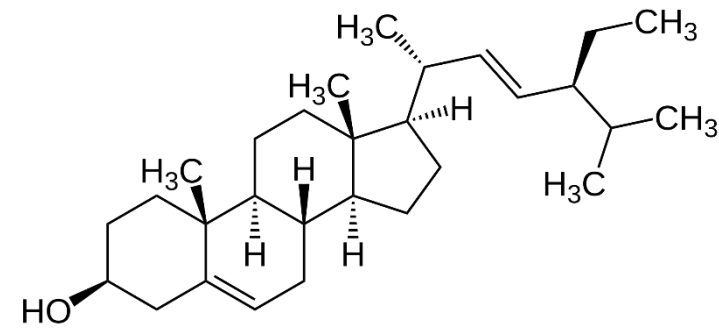
(aus Wikipedia)

(Eukaryonten besitzen einen echten Zellkern – im Gegensatz zu den Bakterien)

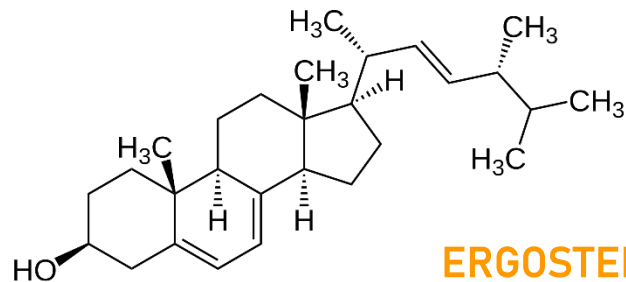
CHOLESTEROL UND SEINE ABKÖMMLINGE



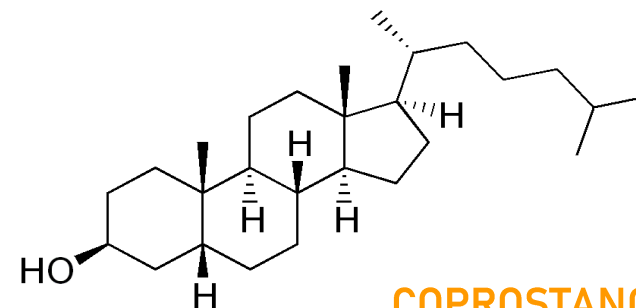
CHOLESTEROL
(Tier, Mensch)



STIGMASTEROL
(Pflanze)



ERGOSTEROL
(Pilze)



COPROSTANOL
(Fäkal)

CHOLESTEROL UND SEINE ABKÖMMLINGE

EVOLUTIONÄR BETRACHTET:

- Ergosterol** kommt in der Zellmembran von **Pilzen** vor.
- Stigmasterol** ist wichtiger Bestandteil von **pflanzlichen** Zellmembranen.
- Cholesterol** ist ein essentieller Bestandteil aller **tierischen** Zellmembranen
- Coprostanol** entsteht aus dem bakteriellen Abbau von Cholesterol im Darm vieler **höheren Tiere und Vögel**. Diese Verbindung wird häufig als Biomarker für das Vorhandensein **menschlicher** Fäkalien in der Umwelt verwendet.

WASSER-/FEUCHTESCHADEN

MIKROBIELLER BEFALL DURCH SCHIMMELPILZE INDIKATORSUBSTANZ: ERGOSTEROL

Im Gegensatz zur Lebendkeimzahl erfasst die Bestimmung von Ergosterol auch nicht keimfähige oder abgestorbene Pilzbestandteile, so dass davon auszugehen ist, dass die Ergosterolkonzentration die gesamt vorkommende Pilzmasse beschreibt (Toepfer I., 2010).

Der Gehalt an Ergosterol korreliert mit der Schimmelpilzmasse und damit indirekt mit dem allergenen Potenzial, stellt jedoch keinen trennscharfen Indikator für einen „Schimmelstatus“ eines Innenraumes dar:

Ergosterol-Vorkommen im Hausstaub lässt nicht zwischen einer „verschimmelten“ und einer „nicht verschimmelten“ Wohnung unterscheiden.

Referenzwerte: P50: 5 mg/kg

P90: 20 mg/kg

Ein Zusammenhang mit gesundheitlichen Beschwerden (über die Pilzbestandteile an sich) ist jedoch möglich.

MIKROBIELLER BEFALL

Schimmelbefall auf Holzoberfläche

INDIKATOR	Ergosterol [µg/g]	Schimmelpilz [KBE/g]	Verhältnis Ergosterol / KBE [µg /KBE]
Probe 1	2,8	25 x 10 ⁵	0,11 x 10 ⁻⁵
Probe 2	10,0	71 x 10 ⁵	0,14 x 10 ⁻⁵
Probe 3	0,20	2,0 x 10 ⁵	0,10 x 10 ⁻⁵

Massenbetrachtung: 1 Spore wiegt 1 – 10 x10⁻¹² g 70 x10⁵ KBE wiegen 70 – 700 x 10⁻⁷ g
 Ergosterol: 10 µg/g sind 100 x 10⁻⁷ g
 demnach entsprechen 1 µg Ergosterol 1-10 µg „Schimmel-KBE“ (Sporenmasse)
 Ergosterol-Gehalt im Pilz: ca. 1 %, d.h., es müssten pro µg Ergosterol 100 bis 1000 µg „KBE (Sporen)“
 gefunden werden.

„Wiederfindung“ Schimmelpilzmasse über KBE ca. 1 %

FÄKAL-/FÄKALWASSERSCHADEN

INDIKATORSUBSTANZ: COPROSTANOL

Coprostanol ist zu ca. 6 % im Trocken-Human-Faeces enthalten, ist als Lipid gebunden.

Coprostanol stellt eine chemisch stabile Substanz dar (z.B. Indikator für Human-Fäkalien in der Archäologie)

ANWENDUNGSGEBIET:

- bei eingetrockneten Fäkalwasser
- zur Sanierungs-/Reinigungserfolgskontrolle
- Nachweis von Fäkalien in unbekanntem Material

FÄKAL-/FÄKALWASSERSCHADEN

FÄKALBELASTUNG

Qualitativ

Nachweis einer Fäkalbelastung

Quantitativ

Coprostanol-Bestimmung an Polystyrol oder Mauerwerk (in Verbindung mit Cholesterol)

In Verbindung mit Ergosterol

Hinweis auf Schimmelbefall
Kombi-Befund!

Daraus ableitbar

Fäkalausbreitung: Fäkalien und Coprostanol sind wasserunlöslich, daher partikuläre Ausbreitung / Anhaftungen beachten

SPEZIES-DIFFERENZIERUNG

Über die unterschiedlichen Verhältnisse von Cholesterol, Coprostanol, Ergosterin und Stigmasterin (und weitere Abkömmlinge) im Faeces lassen sich Spezies-Eingrenzungen treffen:

Mensch	viel Coprostanol
Katze	wenig Coprostanol, viel Sitosterol, wenig Campersterol
Hund	sehr wenig Coprostanol, viel Sitosterol, viel Campersterol
Geflügel	sehr wenig Coprostanol, sehr viel Cholestanol
Pflanzenfresser	wenig Coprostanol, viel Stigmasterol,
Mikrobiologisch	wenig Coprostanol, sehr viel Ergosterin

FÄKAL-SCHADEN

Anfrage: Prüfen, ob „braune Substanz im Wasserkocher“ Fäkalie sei
 Probe: „Wattestäbchen mit brauner Anhaftung“

INDIKATOR	MESSWERT [µg]	VERHÄLTNISSZAHL	REFERENZWERT	INTERPRETATION
FÄKAL-NACHWEIS: HUMAN-CHECK:		12	> 1,0	human-fäkale Kontamination
Coprostanol	22			
Cholesterol	1,9			
SPEZIES-CHECK:		38	> 5	Ursprung: Mensch / Allesfresser
Coprostanol	22			
Stigmasterol	0,58			
PFLANZEN-CHECK:		0,03	> 0,1	Kein Hinweis auf Pflanzenfresser
Stigmasterol	0,58			
Coprostanol	22			
PILZ-CHECK:		0,05	> 0,1	Keine mikrobiologische Belastung (keine natürliche Verrottung)
Ergosterol	1,2			
Coprostanol	22			

ABWASSER/KANAL

INDIKATORSUBSTANZEN: SULFIDE

Biologischer Abbau der schwefelhaltigen Aminosäuren (Cystin, Cystein) zu Sulfiden

Flüchtige und z.T. sehr geruchsintensive Substanzen mit unangenehm-widerlicher Note

Nachweis über Geruch (kohlartig-dumpf-süßlich) und/oder Raumlufuntersuchung

ANALYTISCHE PROBLEME:

Hohe Reaktivität der Thiole, z.T. sehr niedrige Geruchsschwellen (ng/m³)

URIN/KATZENURIN

INDIKATORSUBSTANZEN: AMINE UND SULFIDE

Biologischer Abbau von Aminosäuren zu Aminen und Sulfiden

Urin	Ammoniak, Amine, Harnstoff/Kreatinin
-------------	--------------------------------------

Katzenurin	Spezifisches Sulfid (Thiol)
-------------------	-----------------------------

Nachweis über Geruch, Material- und/oder Raumluftuntersuchung

Harnstoff/Kreatinin (in Kombination!) über Material- oder Wischproben

LEITSUBSTANZEN

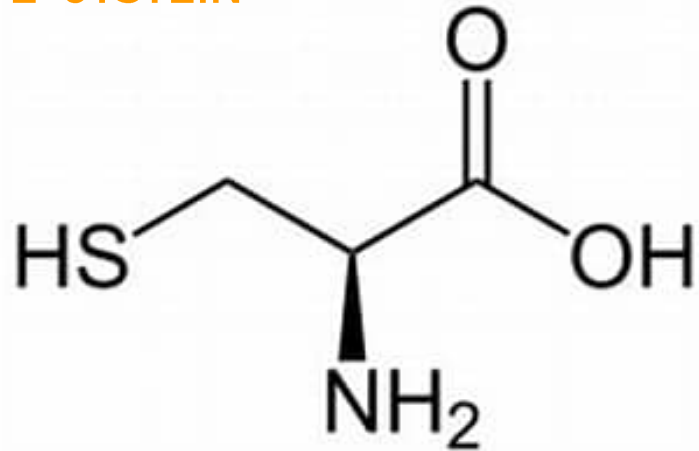
GERUCHS-LEITSUBSTANZEN: (nicht immer quellen-eindeutig!)

Verwesung	Sulfide, Amine
Katze	3-Mercapto-3-methyl-butan-1-ol
Fischig	Ammoniak, Amine
Kanal/Abwasser	Sulfide, Amine
Urin	Ammoniak, Trimethylamin
Schimmel	MVOC
Fäkal	Skatol, Cadaverin

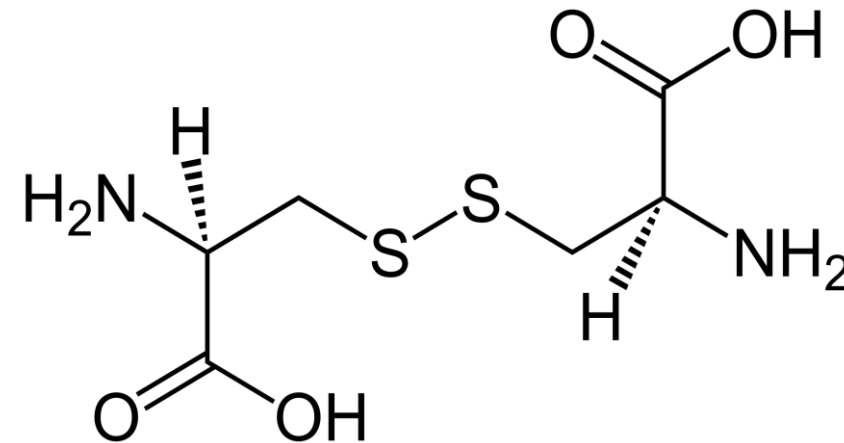
SULFIDE - HERKUNFT

Entstehen aus dem mikrobiellen Abbau von schwefelhaltigen Aminosäuren

L-CYSTEIN



L-CYSTIN



SULFIDE - VERTRETER

DABEI BILDEN SICH:

- Methanthiol (Methylsulfid, setzt sich zu Dimethyldisulfid um)
- Dimethylsulfid
- Dimethyldisulfid
- Dimethyltrisulfid

Niedrige bis extrem niedrige Geruchsschwellen im Bereich von weit unter $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

SULFIDE - QUELLEN

INDIKATOR FÜR BIOLOGISCHE PROZESSE WIE:

- Verwesung
- „Kanal / Abwasser“

ABER AUCH:

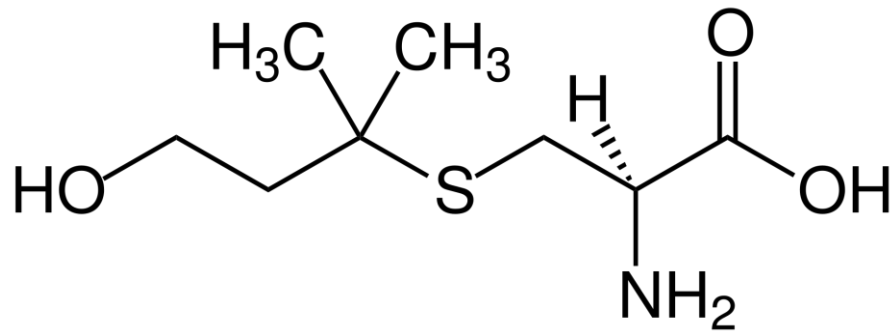
- Kochen (Kohlgeruch)
- Gastherme (Methanthiol als Odorierung)

KATZEN-URIN

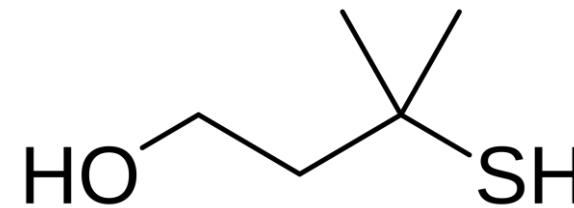
SONDERFORM „KATZENGERUCH“

Geruchs-Substanz: 3-Mercapto-3-methyl-butan-1-ol

Felinin (Aminosäure im Katzen-Urin)



3-Mercapto-3-methyl-butan-1-ol



KATZEN-URIN

SONDERFORM „KATZENGERUCH“

Nachweis von **3-Mercapto-3-methyl-butan-1-ol** im Material
(Gipskarton, Estrich, Tapeten) oder über Wischproben

Raumluftmessungen bislang nicht erfolgreich, wahrscheinlich
wegen Umwandlungsreaktionen mit anderen Luftinhaltsstoffen
(wie bei Methanthiol)

VERWESUNG

Bildung von stickstoff- und schwefelhaltigen flüchtigen und sehr flüchtigen Verbindungen.

LEITSUBSTANZEN: Sulfide, primäre, sekundäre und tertiäre Amine
Variables Spektrum, je nach Verwesungsbedingungen
(Temperatur, Luftfeuchte, Sauerstoff...).

Nachweis über Geruch und/oder Raumluftmessungen.

SANIERUNG: GRUNDLAGE

FESTSTELLUNGEN ZUM „BIOLOGISCHEN AUSGANGSPUNKT“:

- Wasserschaden (Art des Schadwassers)
- Biologischer Befall (Urin, Fäkalien)
- Ausbreitungsprüfung
- Daraus abgeleitet: Sanierungsmöglichkeiten

SANIERUNG: ASPEKTE

Bei **Urin**, insbesondere **Katzenurin** ist die Geruchsstoffquelle dort, wohin der Urin gelangt ist.

Bei **Fäkalschaden** sind ggfs. Darmbakterien nicht mehr nachweisbar; Ausbreitung von partikelgebundenem Faeces (Coprostanol) – Ab- und Anlagerungen!.

Bei **Verwesung** ggfs. Transport der Geruchsstoffe über den Luftpfad beachten.

SANIERUNG: KONTROLLE

PRÜFUNG ÜBER:

- GERUCH** durch Geruchsprüfer
- RAUMLUFT** sofern Geruchsleitsubstanzen analysierbar
- MATERIAL** bei Ausbreitung von (wässrigen) Fäkalien Besiedlung (durch Pilze/Bakterien) und Adsorption (von Partikeln) beachten
- BODENSTAUB** bei Fäkalschäden großflächige Reinigungserfolgskontrolle möglich (Coprostanol)

FAZIT

Biologische Prozesse können eine große Komplexität aufweisen.

Chemische Substanzen können als Leitkomponenten aber auch einen charakteristischen Nachweis derartiger Prozesse liefern.

Leider ist die Analytik nicht immer einfach.

Moderne Verfahren und die Verfahrensentwicklung zur chemischen Analytik liefern die Grundlagen zu entscheidungsrelevanten Feststellungen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!