

Untersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit von Industrieabwasser aus einem neuartigen Kautschukextraktionsprozess

Motivation und Grundlagen

- Nachhaltige Kautschukproduktion, Kautschukanbaugesamt erweitern und verlagern
- Prozesswasser als Ressource nutzen → Energie in Form von Biogas gewinnen und Wasser zurück in den Kreislauf führen
- Forschungsfrage der Bachelorarbeit: Inwieweit lassen sich organische Inhaltsstoffe vom Zu- und Ablauf des Versuchsreaktors in anaeroben und aeroben Batch-Versuchen unter Laborbedingungen biologisch abbauen?
- Ziel: Datengrundlage für die modellbasierte Konzeptentwicklung zur Prozessabwasseraufbereitung schaffen
- Proben: Zu- und Ablauf des anaeroben Versuchsreaktors sowie Prozesswässer aus drei Verfahrensschritten

Anaerober Batch-Test

Ziel: Ermittlung des maximalen Biogaspotenzials $Y_{BG,max}$, der Abbauratenkonstante k und des inerten chemischen Sauerstoffbedarfs $siCOD$

Hintergrund: Mikrobiologischer Abbau unter Sauerstoffausschluss erfolgte in vier Teilschritten: Hydrolyse → Acidogenese → Acetogenese → Methanogenese

Methodik:

- Versuchsdurchführung nach VDI 4630:
 - Analytik des ausgezehrten Inokulums (Faulschlamm) und Substrat durchführen (COD_{Sample} , $sCOD_{Inoc}$, VS_{Sample} , VS_{Inoc})
 - Inokulum + Substrat mit FM-Verhältnis $\leq 0.5 g_{VS} g_{VS}^{-1}$ ansetzen
 - Gärgefäß mit Druckmesskopf luftdicht verschließen, Verwendung des ANKOM RF Gas Production System (Messung und Kumulierung der entstehenden Gasdrücke)
 - Gäransätze auf 38 °C temperieren, die Versuchsdauer beträgt 21 Tage
 - Auswertende Analytik durchführen (sCOD, pH-Wert)
- Datenaufbereitung: Mit Hilfe der Open-Source-Software R, Aufbereitung der Druckkurven s. Abbildung 2: Korrektur der Druckkurven, Umrechnung der Drücke in Normvolumen mittels idealer Gasgleichung, Fittingkurve mit Reaktion erster Ordnung erstellt, Koeffizienten $Y_{BG,max}$ und k ermittelt

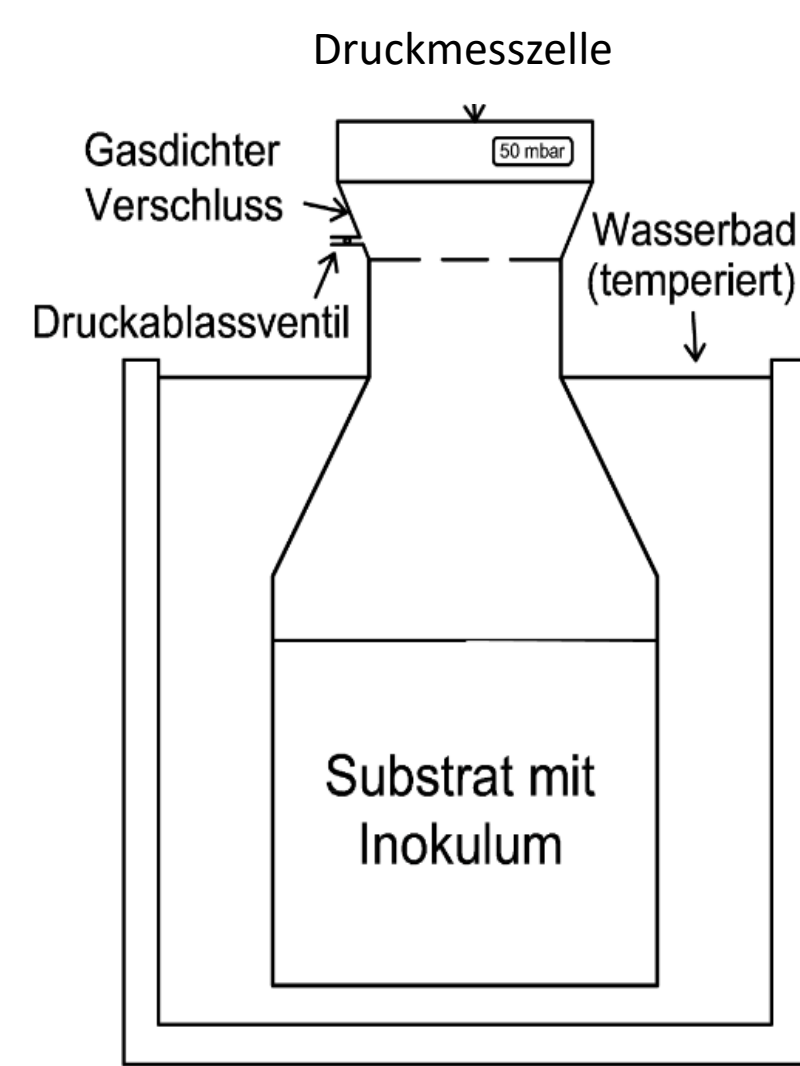


ABBILDUNG 1: VERSUCHSAUFBAU GÄRGEFÄß MIT DRUCKMESSZELLE (NACH DIN EN ISO 11734:1998, ANKOM TECHNOLOGY, 2022)

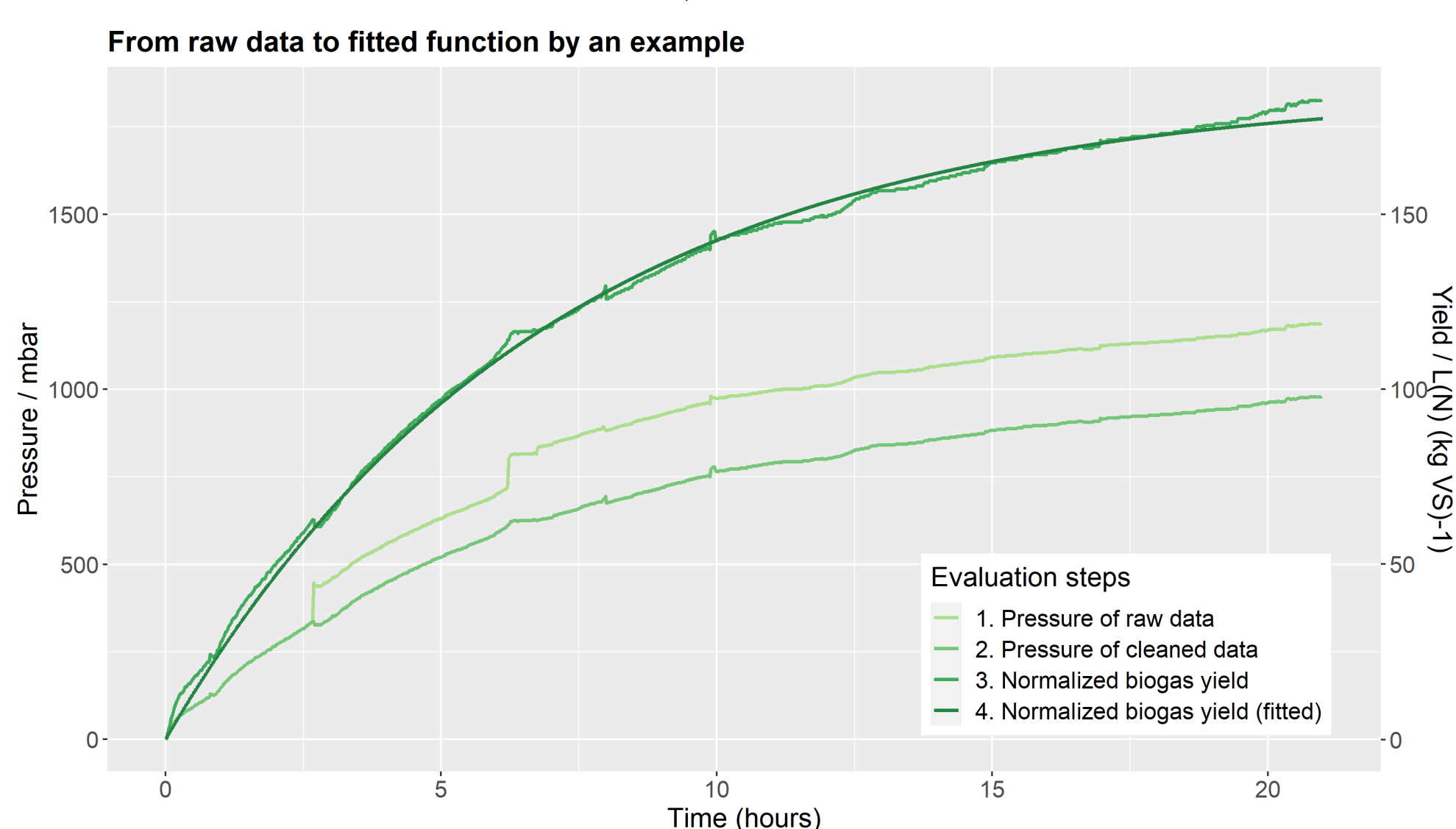


ABBILDUNG 2: SCHRITTWEISE DATENAUFBEREITUNG DER DRUCKKURVEN ERMITTELT MIT ANAEROBEN BATCH-TEST

Ergebnisse und Diskussion:

TABELLE 1: ERGEBNISSE DES ANAEROBEN BATCH-TESTS

Parameter	Zulauf	Ablauf	
$\varnothing Y_{BG,max}$	621 $L_N kg_{VS}^{-1}$	242.5 $L_N kg_{VS}^{-1}$	→ Energiereicher Zulauf, vergleichbar mit Grassilage
k	0.19 bis 0.42 d^{-1}	0.15 bis 0.37 d^{-1}	→ Schnellerer Abbau als bei anderem Obst- und Gemüseabbau
W_{siCOD}	7.6 bis 15.8 %	32.1 bis 67.4 %	

- Wirkungsgrad: 36.4 bis 87.4 % → schwankender Abbau im Versuchsreaktor
- Unterschiedliche Zusammensetzungen der Substrate
- Kein signifikanter Zusammenhang zwischen $siCOD$ und $Y_{BG,max}$
- Forschungsbedarf: Inwiefern unterscheidet sich das Energiepotenzial von $ssCOD$ und $xsCOD$? Wie entstehen die Sprünge in der Druckkurve und wie sind sie zu bewerten?

Aerober Batch-Test

Ziel: Fraktionierung des chemischen Sauerstoffbedarfs

Hintergrund: Mikrobiologischer Abbau unter Nutzung von Sauerstoff

Methodik:

- Versuchsdurchführung:
 - Analytik des Inokulums (adaptierter Belebtschlamm) und Substrat durchführen (COD_{Sample} , $sCOD$, NO_3-N VS_{Inoc})
 - Inokulum + Substrat im substrat-spezifischen FM-Verhältnis ansetzen
 - System mit Belüftungsintervallen und -stärke einstellen
 - Versuch beenden, wenn nur endogene Atmung zu verzeichnen ist
 - Auswertende Analytik durchführen (sCOD, NO_3-N)

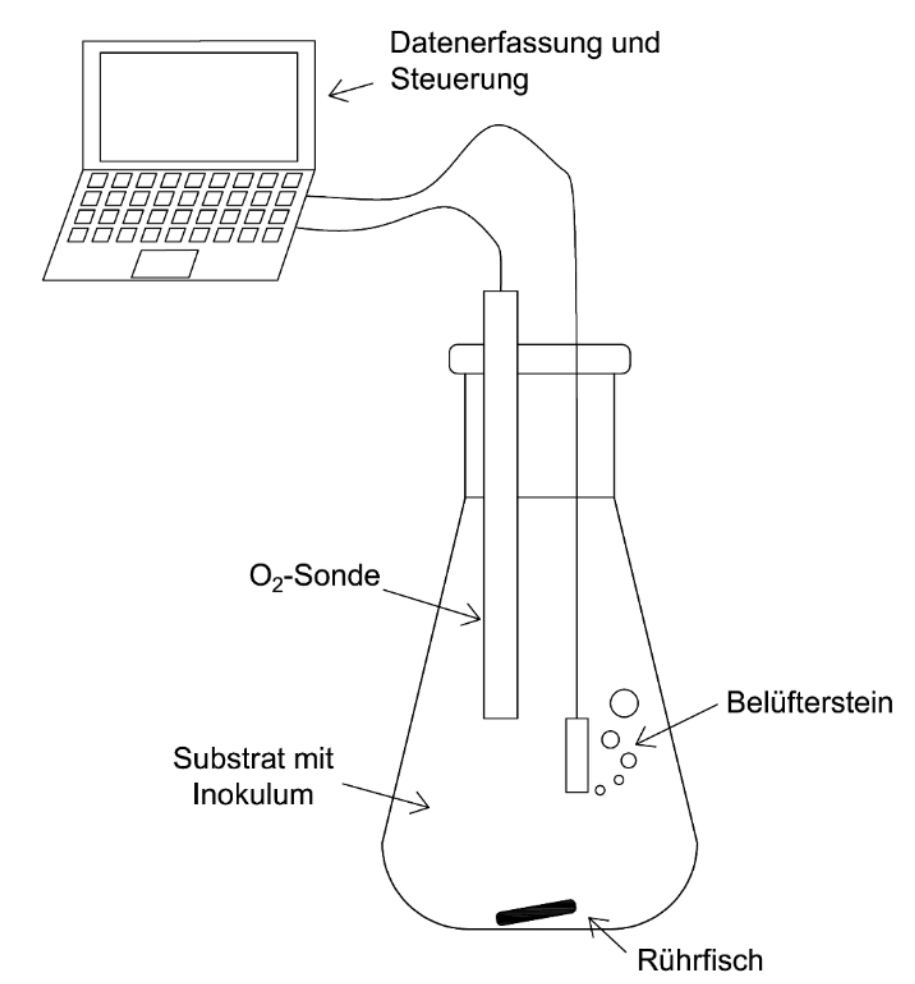


ABBILDUNG 3: VERSUCHSAUFBAU AEROBER REAKTOR

- Datenaufbereitung: Mit Hilfe der Open-Source-Software R, detektieren der Min- und Max-Sauerstoffkonzentrationen, Umrechnung der Geschwindigkeit der Sauerstoffkonzentrationsverringerung (erste Ableitung) in Sauerstoffverbrauchsrate OUR, Einteilung der OUR-Kurve in Fraktionen (s. Abbildung 4), Berechnung der COD-Fractionen und des produzierten Nitratsickstoffs

Oxygen usage Rate (OUR) and fractionation: Ideal_Data

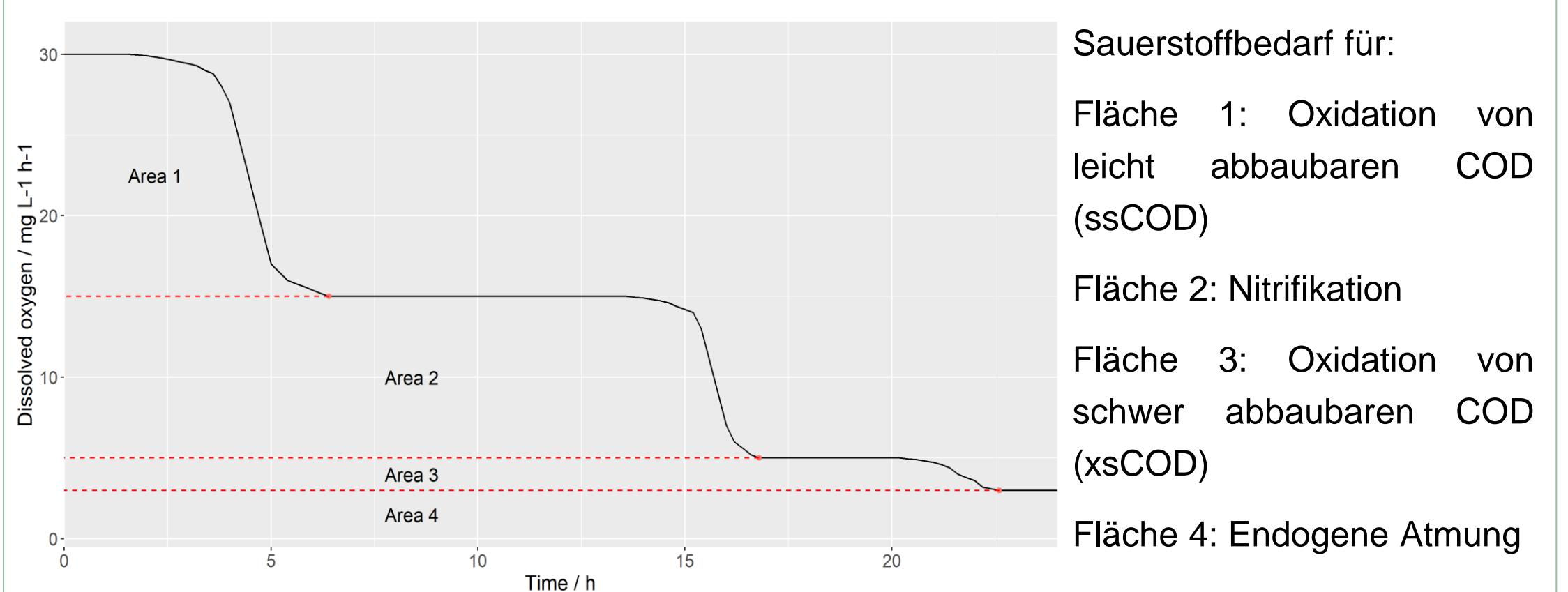


ABBILDUNG 4: IDEALE OUR-KURVE MIT EINTEILUNG IN FRAKTIONEN NACH MELCER ET AL., 2003, 7-2 UND EKAMA, DOLD UND MARAIS, 1986

Ergebnisse und Diskussion:

- OUR-Kurvenverlauf abhängig vom FM-Verhältnis → mehrere Versuchsansätze notwendig, um ein günstiges Verhältnis herauszufinden
- COD-Fraktionierung in abbaubaren (degr.COD), gelöst inerten COD ($siCOD$) und partikulär inerten COD ($xiCOD$) unter der Annahme, dass $xsCOD$ vollständig gelöst vorliegt (s. Abbildung 5)

COD-Fraction Zulauf vs. Ablauf (mean of all tests)

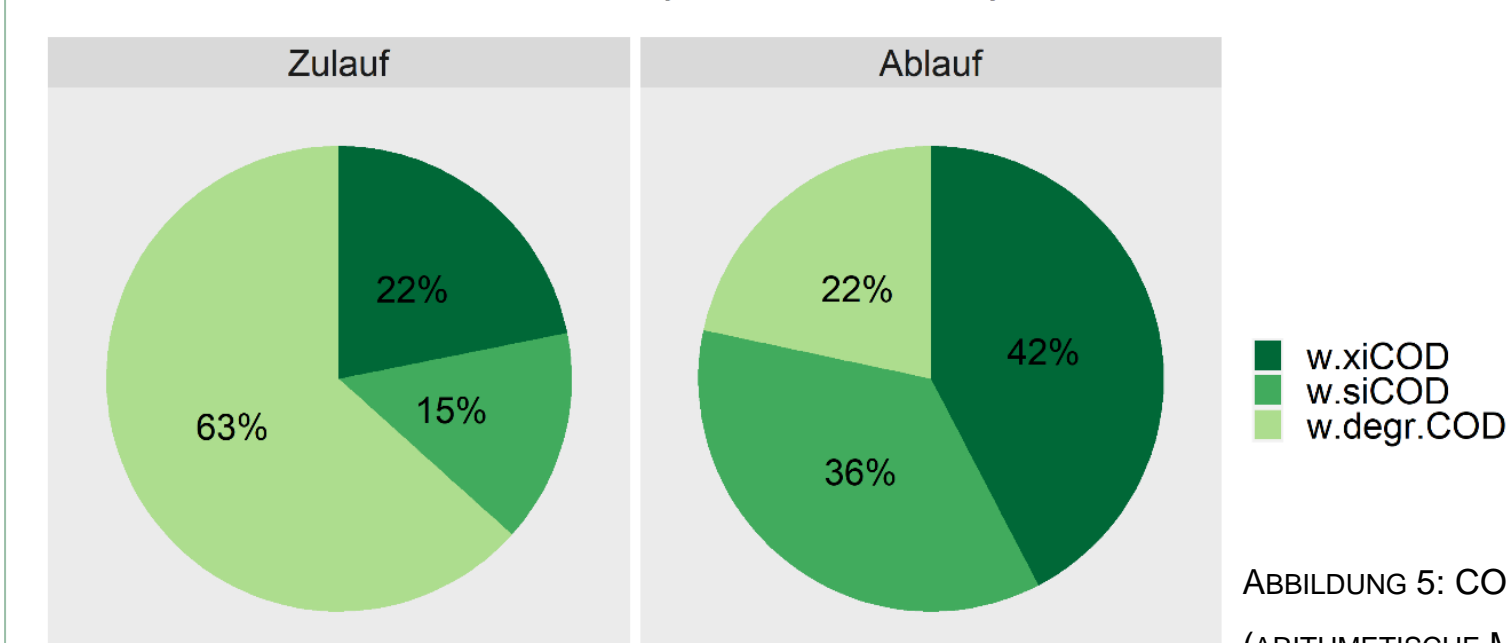


ABBILDUNG 5: COD-FRAKTIONIERUNG VON ZU- UND ABLAUF (ARITHMETISCHE MITTEL)

- Horizontale Einteilung der Bereiche beschreibt nicht ausreichend die biologischen Abbauvorgänge → Forschungsbedarf
- Heterotropher Yield konnte nicht ermittelt werden → Ermittlung des Yields (experimentell oder analytisch) in weiteren Untersuchungen notwendig