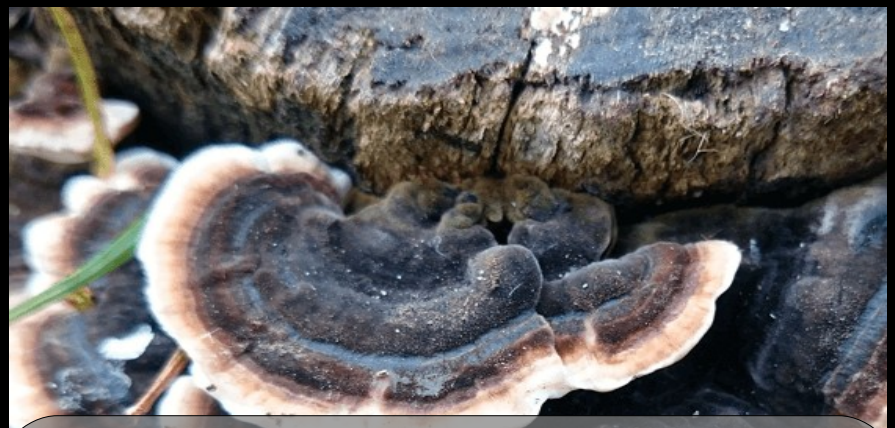
Die Treibstoff-fressende Pilzbarriere

Ein System zur angewandten Mykoremediation aquatischer Systeme bei Treibstoffkontaminationen

Städtisches St. Michael Gymnasium
Bad Münstereifel

Projektteilnehmer: Hannah Wagner-Gillen (21.12.2002)
& Johanna Bungart (24.01.2002)

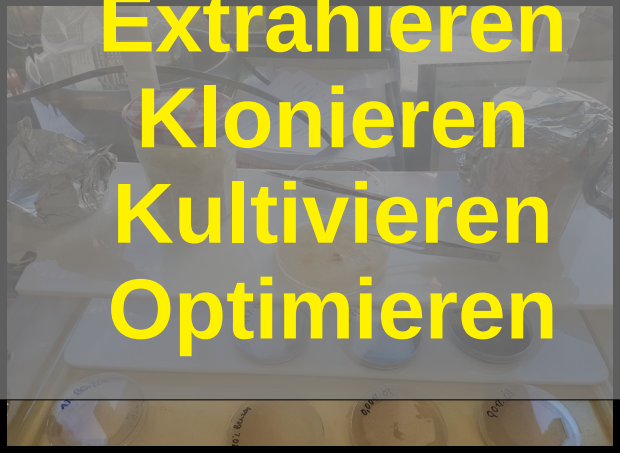
Projektbetreuer: Dennis Nebe

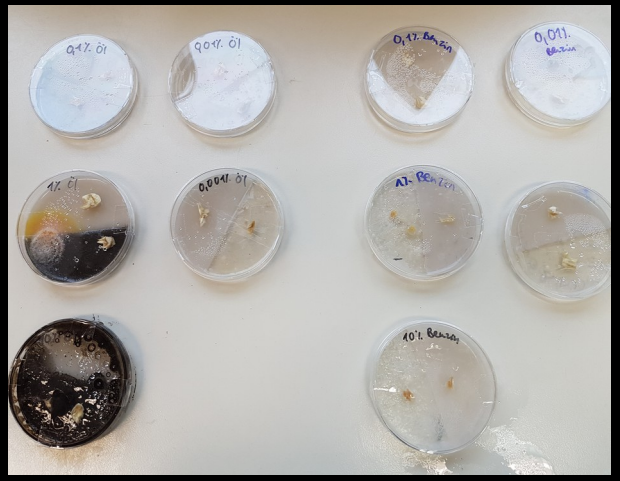


Die Schmetterlings-Trameten

Sie verfügt über ein beeindruckendes Abbaupotential für komplexe Kohlenstoffverbindungen

Wie bringt man an Land lebende Baumpilze dazu, Treibstoffkontaminationen im Wasser zu beseitigen?





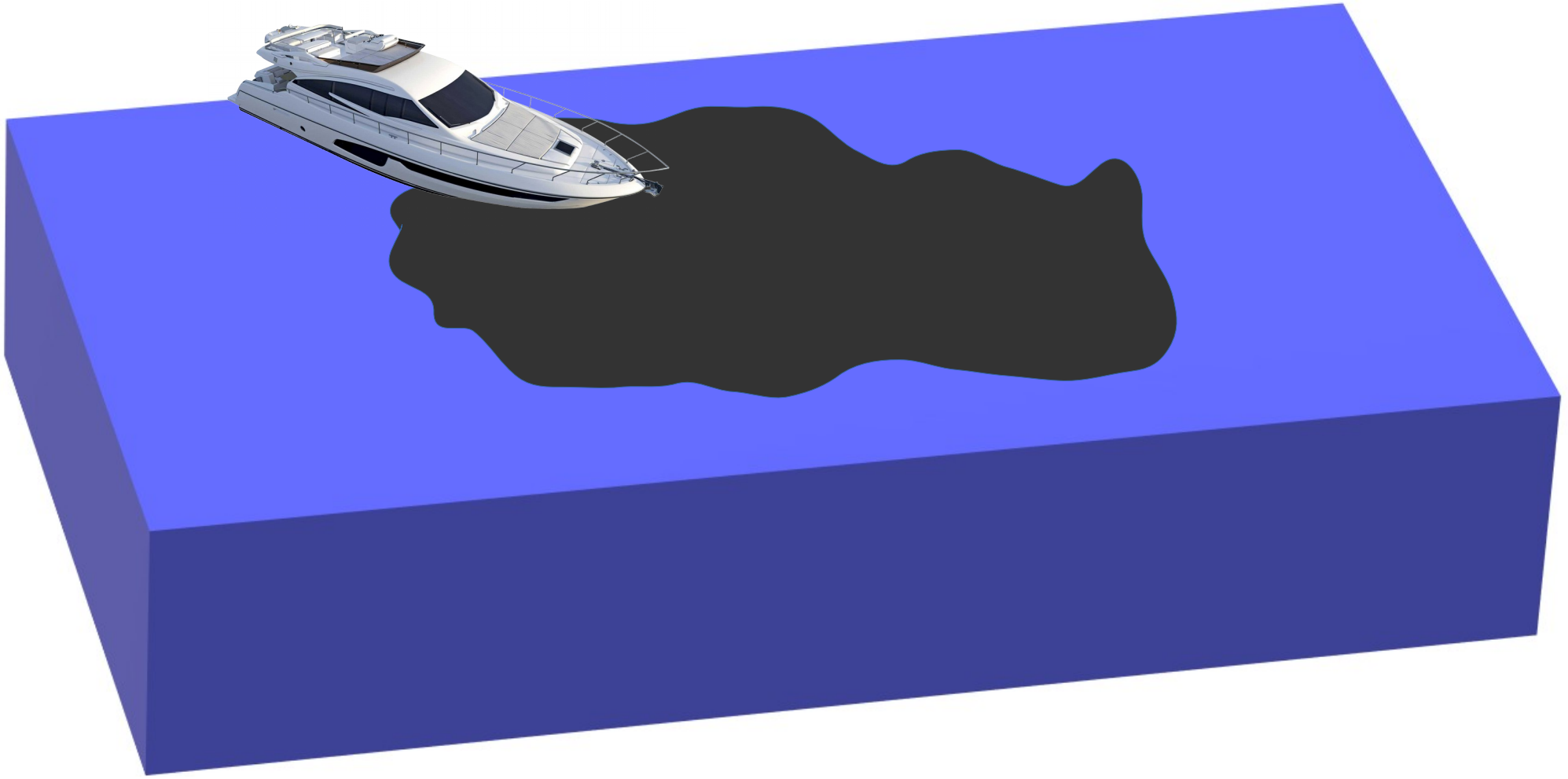
Extrahieren
Klonieren
Kultivieren
Optimieren

Herkömmliche Eindämmungsmethode: passive Plastikschwimmbarrieren + ggf. Skimmer

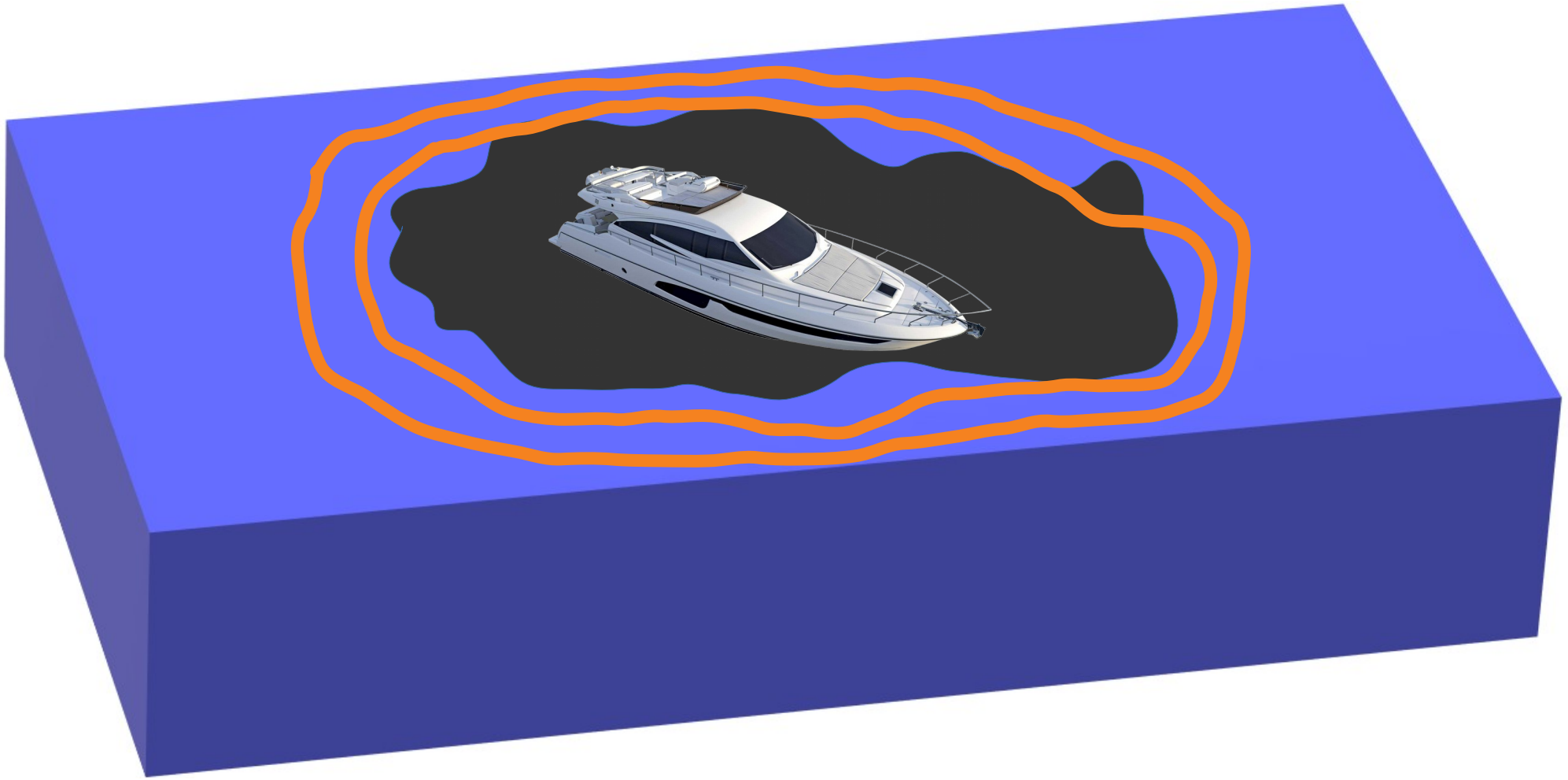
→ nur ein Teil der Verschmutzung wird entfernt

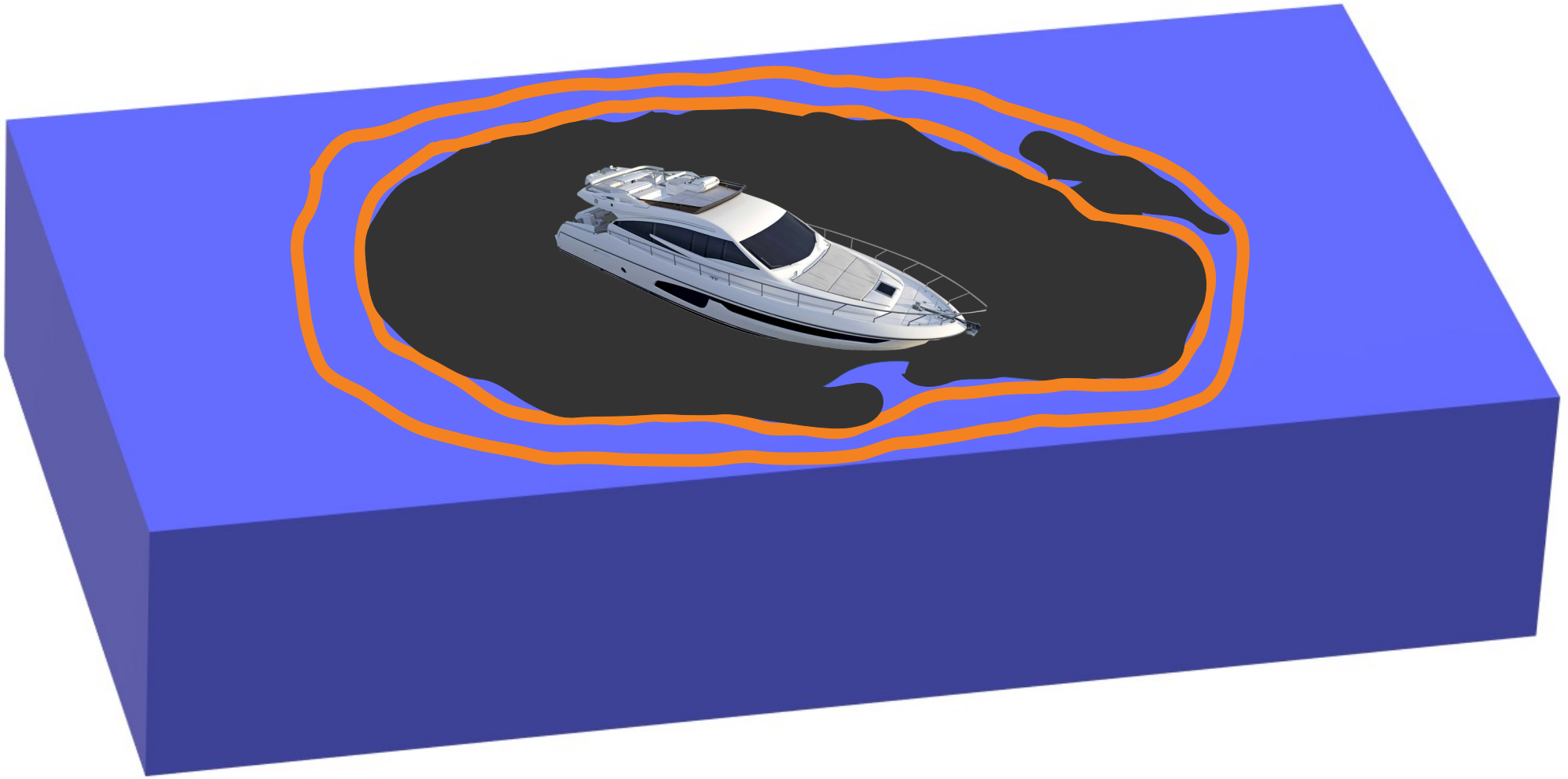
→ dieser Teil muss zudem als umweltbelastender Sondermüll entsorgt werden

Der exemplarische Einsatz unserer Pilzbarriere

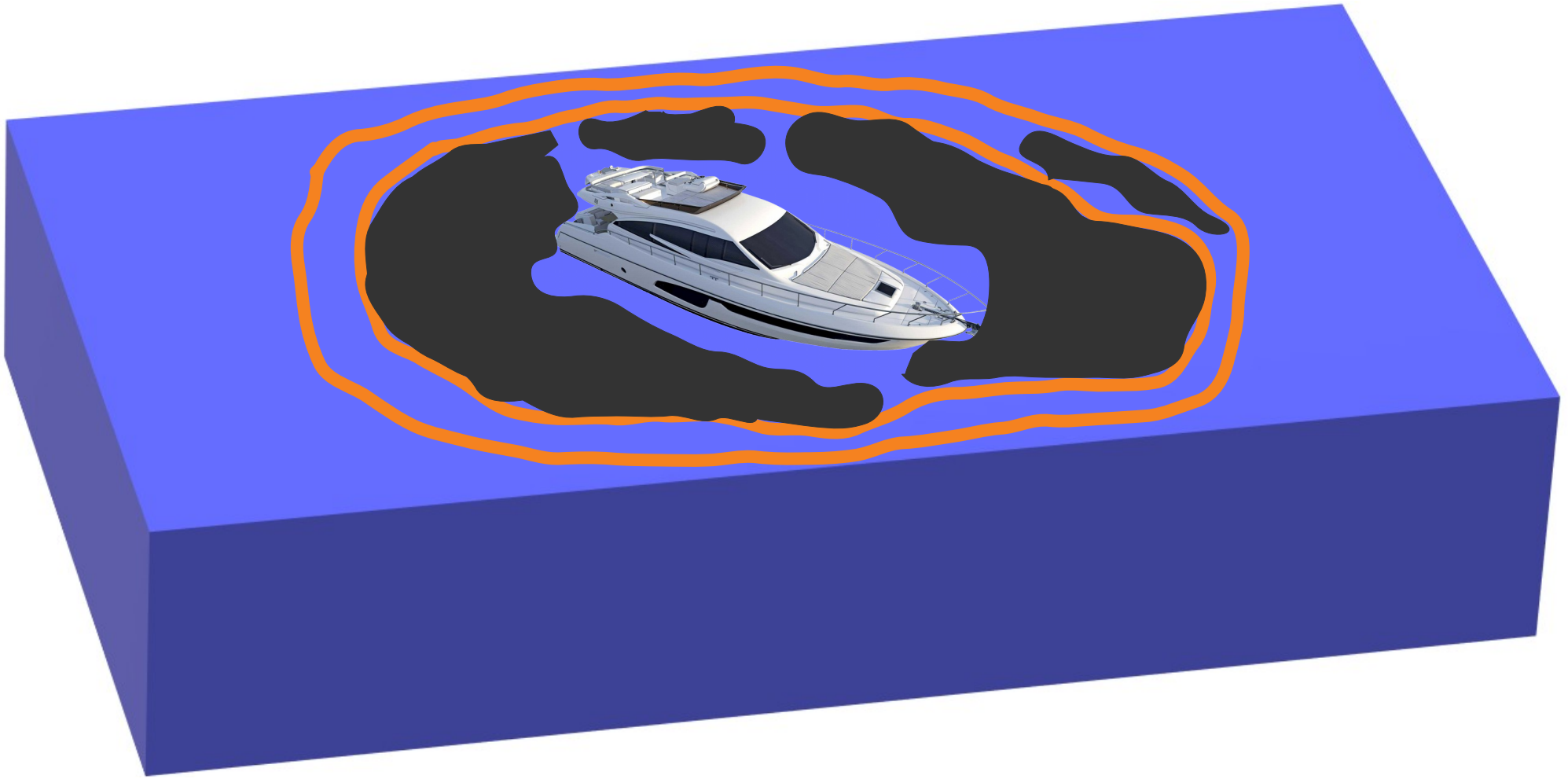


→ **Die Barriere wird als Doppelringsystem ausgebracht, um die gesamte Treibstoffkontamination einzudämmen**

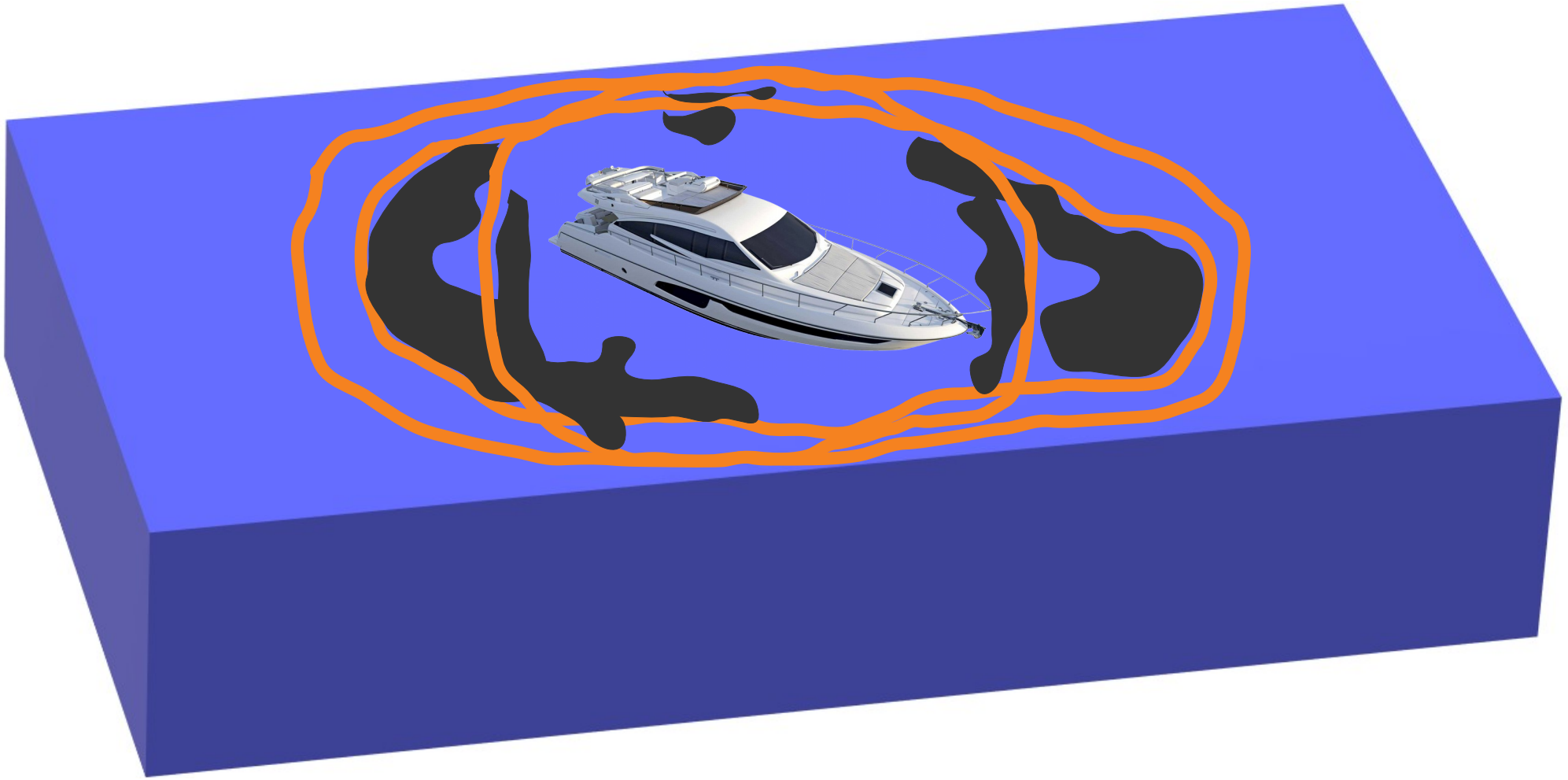




→ **Im Gegensatz zu passiven Plastikbarrieren saugt die Pilzbarriere AKTIV den Treibstoff aus der Umgebung auf und fixiert ihn in ihrem Inneren**



→ **Falls die Aufnahmekapazität der Inneren Barriere erreicht ist, kann diese entnommen werden und die äußere Barriere verengt werden.**



So ist gewährleistet dass kein Treibstoff ins Ökosystem entweichen kann. Zum anderen wird der verbleibende Treibstoff verdichtet und kann so effektiver aufgenommen werden.

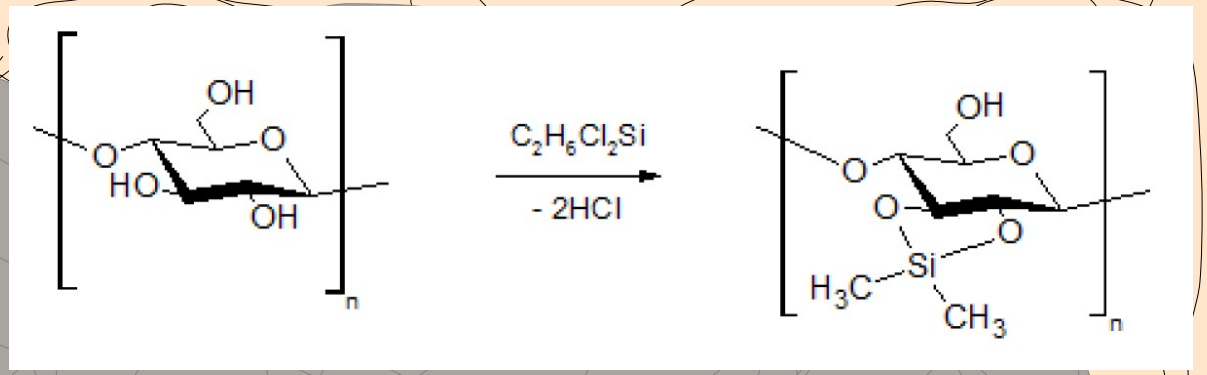
Nun zu den Details der Pilzbarriere

Die Barriere im Querschnitt.

Links befindet sich die Treibstoffkontamination auf dem Wasser

Das Äußere der Barriere ist silikonisiert.
(Kondensationsreaktion von Dichlordimethylsilan mit Cellulosestoff)

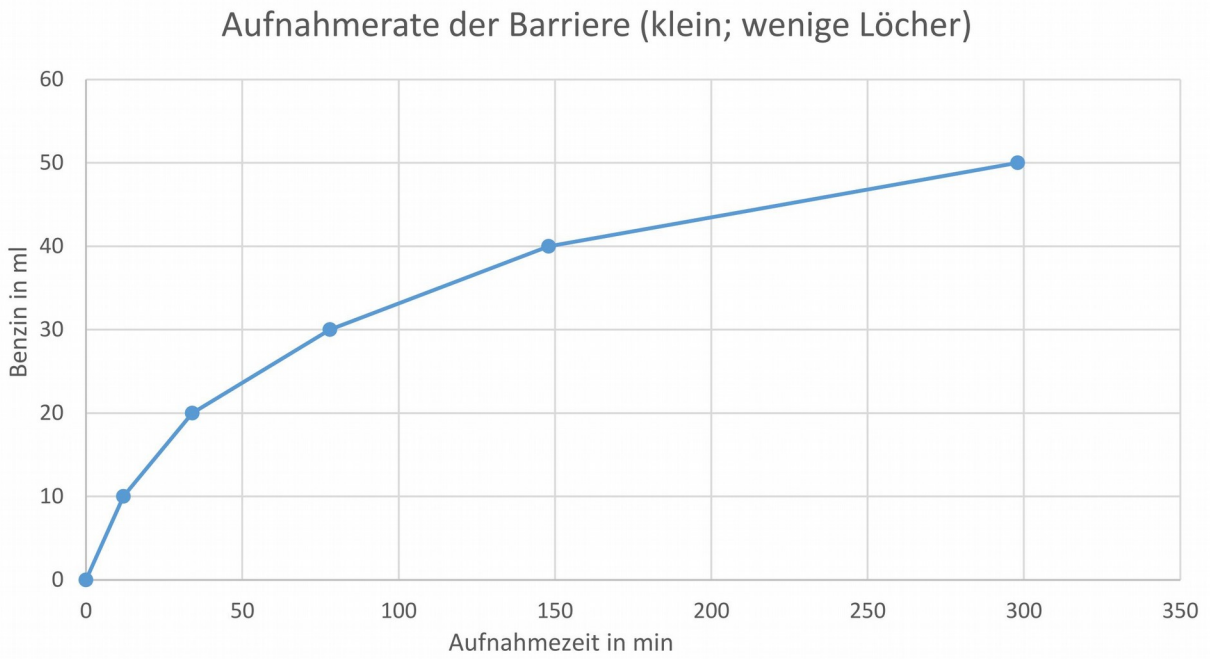
Hierdurch wird sie hydrophob und zugleich lipophil, so dass sie Verbindungen wie Öl und Treibstoffe aktiv aufsaugt, ohne dabei Wasser aufzunehmen

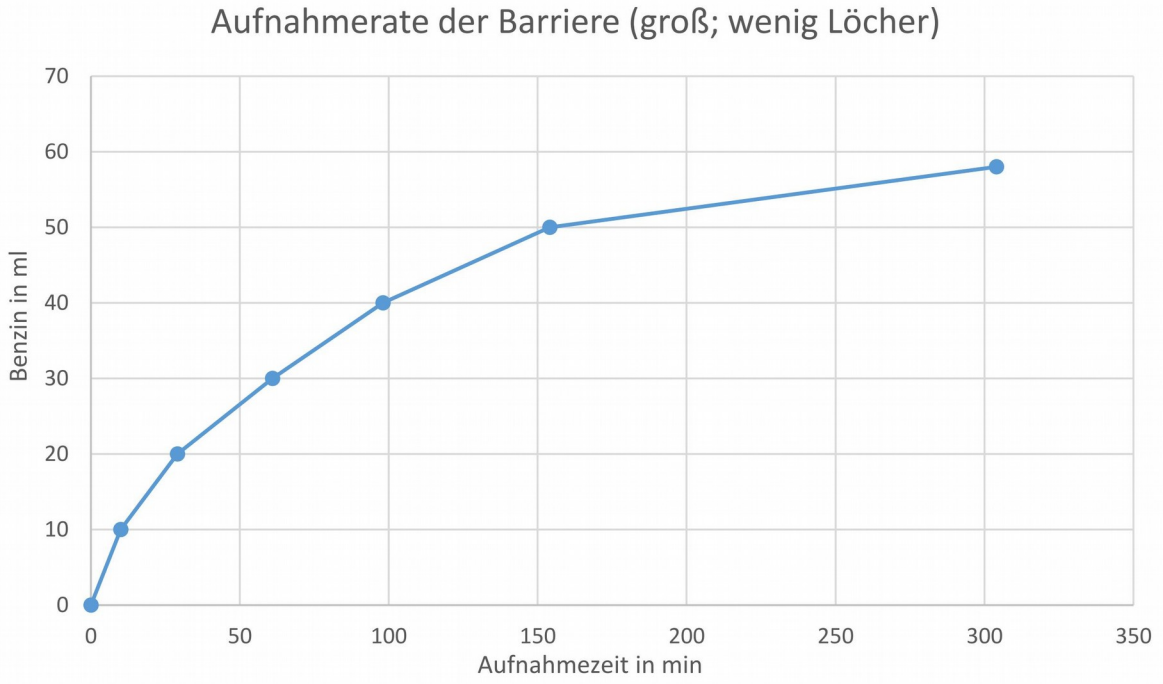


Im Inneren befindet sich das auf Hartholzsägespänen kultivierte Pilzmyzel der Schmetterlings-Tramete.

Dieses nimmt die Treibstoffkontamination auf und fixiert sie zunächst im Inneren.

$[CH_3]_2Si$


Aufnahmerate der Barriere (klein; wenige Löcher)
Benzin in ml
0
10
20
30
40
50
60
0
50
100
150
200
250
300
350
Aufnahmezeit in min


Aufnahmerate der Barriere (groß; wenig Löcher)
Benzin in ml
0
10
20
30
40
50
60
70
0
50
100
150
200
250
300
350
Aufnahmezeit in min

Der eigentliche Clou der Barriere kommt nun nach der Entnahme:

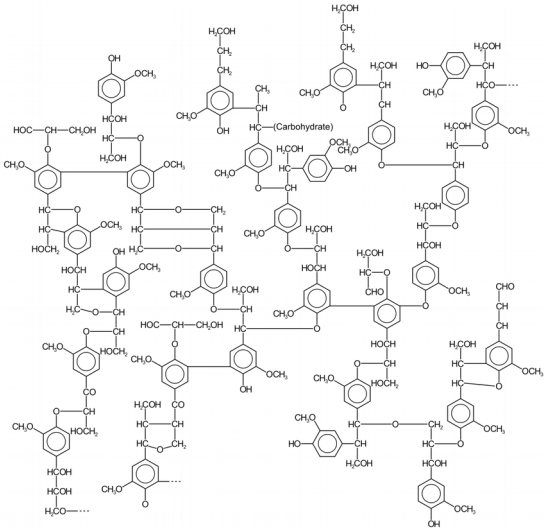
Das Pilzmyzel im Inneren baut die Treibstoffverbindungen - in Abhängigkeit der Lagerbedingungen - in einem Zeitraum von 90-180 Tagen komplett ab.

Es bleiben keinerlei umweltgefährdende Stoffe zurück.

Fachliche Erläuterungen

Die Schmetterlings-Tramete gehört zur Gattung der „White Rot Fungi“. Sie lebt und ernährt sich hauptsächlich von toten oder beinahe toten Bäumen und baut so in ihrem natürlichen Habitat vor allem Lignin, aber auch Cellulose und auch Hemicellulose ab.
Lignin besteht aus phenolischen Makromolekülen und somit unter anderem aus aromatischen Kohlenstoffverbindungen. Benzin und Diesel bestehen ebenfalls aus komplexen Kohlenwasserstoffketten, wobei Benzin meist ein Gemisch aus verschiedenen aromatischen- und nicht aromatischen Verbindungen ist. Diesel dagegen ist ein Kerosingemisch.
In Anwesenheit von Treibstoffen verstoffwechselt das Pilzmyzel vorrangig diese Verbindungen, da sie im Vergleich zum Lignin des Holzkulturmediums leichter zu verdauen sind.

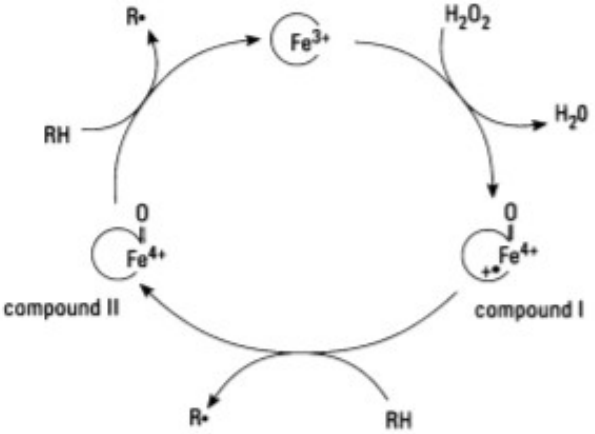
Die Fähigkeit zur Verdauung von Treibstoffen beruht auf dem speziellen Verdauungsmechanismus dieses Pilzes:
Um seine eigentliche Nahrung - das Lignin - zu zersetzten, muss der Pilz den Stoff oxidieren. Hierzu schüttet die Schmetterlings-Tramete organische Peroxide aus, die das Lignin aufspalten. Da Lignin jedoch ein komplexes Heteropolymer ist, muss der **Zersetzungsmechanismus unspezifisch und integrativ** [1] sein, denn die chemische Struktur des Stoffes bietet keinen spezifischen Angriffspunkt.



Struktur von Lignin

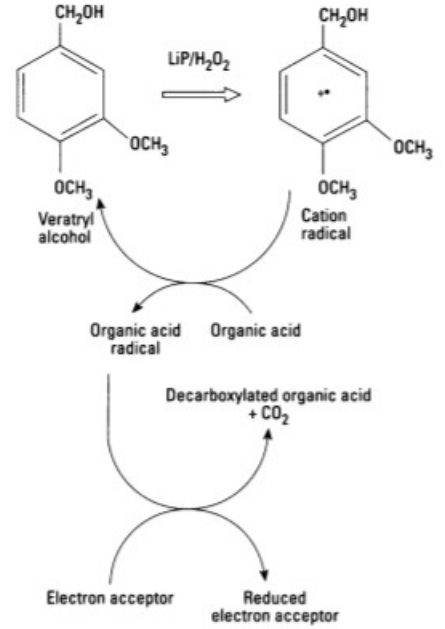
1. F.N.Emuh. „Mushroom as a purifier of crude oil polluted soil“. 2010, International Journal of Science and Nature.

Im Rahmen ihres Hauptverdauungsmechanismus schüttet die Schmetterlings-Tramete verstärkt Lignin-Peridoxasen aus. Die Bildung und Ausschüttung dieser Exoenzyme wird dabei durch die Anwesenheit von potentiellen Nahrungsquellen und Temperaturen über 10°C gefördert.
Innerhalb des Zersetzungsmechanismus liegt dieses Enzym in einer ferrischen, deaktivierten Form (dem sogenannten „resting enzyme“) vor. Durch das Vorhandensein einer Nahrungsquelle (sei es Lignin oder eben Treibstoff) wird dieses Enzym aktiviert. Das Enzym wird in Folge zweifach oxidiert, indem Wasserstoffperoxid (das die Schmetterlings-Tramete selber ausbildet) zu Wasser reduziert wird.
Dadurch entsteht das dargestellte „compound I“. Das Eisen-(IV)- Ion wird mit seinem freien Elektron dabei enzymatisch gebunden und so stabilisiert. Dieses Zwischenprodukt kann nun aufgrund seiner hohen Reaktivität andere Chemikalien (die sich in der Umgebung des Pilzes befinden) zu freien Radikalen oxidieren und so selbst zu Eisen-(IV) einfach reduziert werden. „Compound II“ wiederholt nun diesen Schritt und wird somit ebenfalls einfach zum Eisen-(III) reduziert. Das Enzym geht so in seiner ursprünglichen Form unverbraucht aus der Redoxkette hervor.[2]



Schema des Hauptabbauzyklus

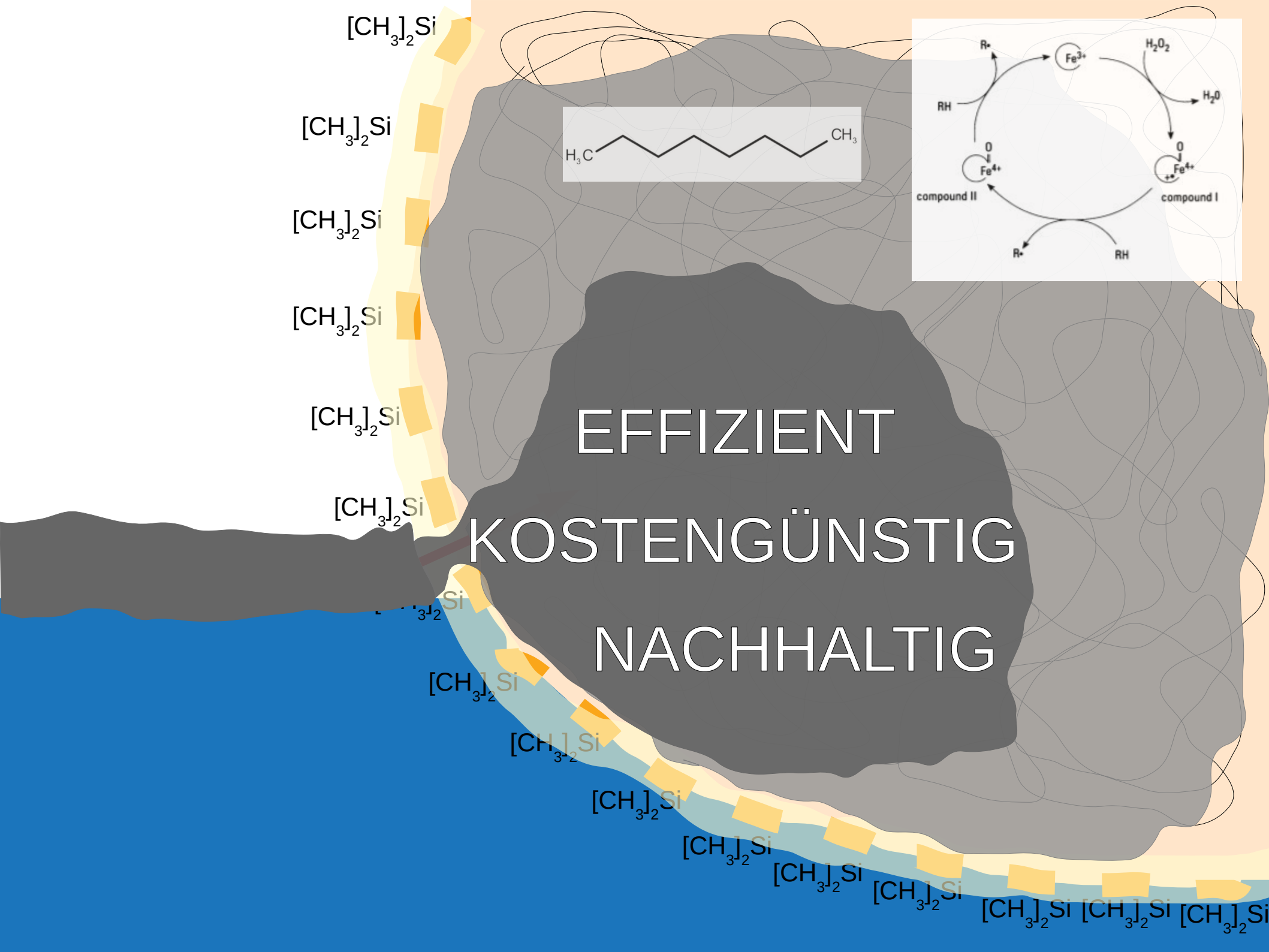
Die Abbaurate von Treibstoffen unterscheidet sich jedoch maßgeblich zur Verstoffwechselungsrate der natürlichen Nahrungsquelle Lignin: Da diese Verbindungen sehr viel einfacher abzubauen sind und durch den Verdauungsmechanismus des Pilzes gleichsam angegriffen werden, nutzt der Pilz sie als bevorzugte Kohlenstoffquelle. Nach Schenker (2014) werden innerhalb von 50 Tagen Inkubationszeit polyzylklische aromatische Kohlenwasserstoff (PAH) von dem Pilzmyzel der White Rot Fungi zu mehr als 97% zu CO_2 und andere, mindere und vor allem nicht umweltschädliche Stoffe zersetzt. [3]



Sekundäre Abbaumechanismen

---

2. D. Barr und S. Aust. 1994. „Pollutant Degradation by White Rot Fungi“. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 138:49-72
3. Jakob E. Schenker. 2014. „Ecological Remediation Using Bacterial, Fungal and Plant Microcosms: An Effective Solution for Crude Oil Bunker C Contaminations in Waterways“. Dissertation


[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
[CH3]2Si
H3C
CH3
R•
Fe3+
H2O2
H2O
RH
O
Fe4+
compound II
O
Fe4+
compound I
R•
RH
EFFIZIENT
KOSTENGÜNSTIG
NACHHALTIG