

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung



04. Mai 2024



Extensive Dachbegrünung im Mai 2024
(Foto: Lucie Moeller)



Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Diese Baumaßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushalts.

Forschungspartner:



UNIVERSITÄT
LEIPZIG



Praxispartner:



Stadt Leipzig
Amt für Umweltschutz

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Nachdem im 17. Newsletter der UFZ-Gründachforschung die Besiedlung von Gründächern durch Pilze und deren Etablierung im Lebensraum Gründach im Mittelpunkt stand, soll es diesmal um die Fähigkeit solcher Pilze gehen, durch den Menschen eingetragene organische Umweltschadstoffe zu eliminieren oder unschädlich zu machen. Dabei werden zunächst allgemeingültige Grundlagen der biokatalytischen Umwandlung von organischen Schadstoffen durch Pilze näher beleuchtet. Anschließend wird auf organische Umweltschadstoffe eingegangen, die auf Gründächern (Abb.1) zu erwarten sind. Schließlich werden Potenziale von Pilzen auf Gründächern zur Eliminierung oder Umwandlung von Umweltschadstoffen anhand von Beispielen näher beleuchtet.

Autor des Beitrags: **Dr. Dietmar Schlosser**, UFZ, Department Angewandte Mikrobielle Ökologie



Abb. 1: Das UFZ-Forschungsgründach wird auch für die Suche nach neuen Biokatalysatoren (Organismen, Enzyme) für die zirkuläre Bioökonomie genutzt (Foto: Johanna Sehart).

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Abbau und Biotransformation organischer Schadstoffe in der Umwelt durch Pilze

Viele Pilze unterschiedlicher taxonomischer Gruppen und Lebensräume besitzen die Fähigkeit, organische Schadstoffe in der Umwelt, wie z.B. Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Dioxine, Sprengstoffe, Farbstoffe und auch Kunststoffe vollständig abzubauen oder in weniger giftige Verbindungen umzuwandeln [1-4]. Einige Umweltschadstoffe können von Pilzen als Nahrungsquelle genutzt werden. Eine Vielzahl der durch Pilze umgesetzten organischen Schadstoffe wird jedoch cometabolisch, d.h. in Gegenwart eines für das Wachstum und zur Energiegewinnung nutzbaren Substrats, umgewandelt. Die Fähigkeit zum vollständigen Abbau des natürlichen und komplex aufgebauten Makromoleküls Lignin bis hin zu CO_2 und H_2O stellt eine besondere Habitat-Anpassung einer Reihe höherer Pilze (Basidiomyceten oder Ständerpilze) dar und befähigt diese, viele organische Schadstoffe ebenfalls vollständig abzubauen. Verantwortlich dafür sind die unspezifischen extrazellulären Enzyme (Oxidasen und Peroxidasen) ihres sogenannten ligninolytischen Systems. Häufig ist die Nutzung eines Schadstoffes zur Gewinnung von Energie und Bausteinen für den Aufbau von Biomasse ebenfalls mit einem vollständigen Abbau zu CO_2 und H_2O verbunden. In anderen Fällen werden Schadstoffe nicht vollständig bis zum CO_2 umgewandelt, sondern es entstehen diverse organische Produkte. Hier wird häufig der Begriff "Biotransformation" anstelle von "Abbau" verwendet. Der Abbau bzw. die Biotransformation von organischen Schadstoffen durch Pilze erfolgt insgesamt oxidativ und erfordert die Anwesenheit von Sauerstoff. Einzelne Teilreaktionen können jedoch auch partielle Reduktionen beinhalten [3, 5, 6].

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Urbane Umweltschadstoffe und Gründächer

Typische urbane Umweltschadstoffe sind für Gründächer sowie auch für andere blau-grüne städtische Infrastrukturen (z.B. Baumrigolen, Grünflächen) relevant. Mögliche Eintragspfade werden z.B. durch die denkbare Reinigung von häuslichem Grauwasser mit Hilfe von Sumpfpflanzen-Gründächern (für die nachfolgende Nutzung zu Bewässerungszwecken), sowie durch die atmosphärische Deposition von partikulären Verunreinigungen und partikelgebundenen (z.B. sorptiv), gelösten oder gasförmigen Schadstoffen gebildet [7-9]. Entsprechende Verbindungen können ganz unterschiedlichen Quellen entstammen. Beispiele hierfür sind der städtische Verkehr in Form von Abgas-Verbrennungsrückständen (PAKs wie z.B. Naphthalin) und Reifenabrieb (Gummipartikel, Mikroplastik, 2-Mercaptobenzothiazol; letzteres dient als Vulkanisationsbeschleuniger bei der Reifenherstellung), Biozide (z.B. Carbendazin, Diuron, Mecoprop, Terbutryn in Putzmörtel und Farben als Bewuchs- und Holzschutz), sowie funktionale Kunststoffoberflächen (Weichmacher auf Phthalsäureester-Basis wie z.B. das als reproduktionstoxisch eingestufte Diethylhexylphthalat = DEHP) [7-9].

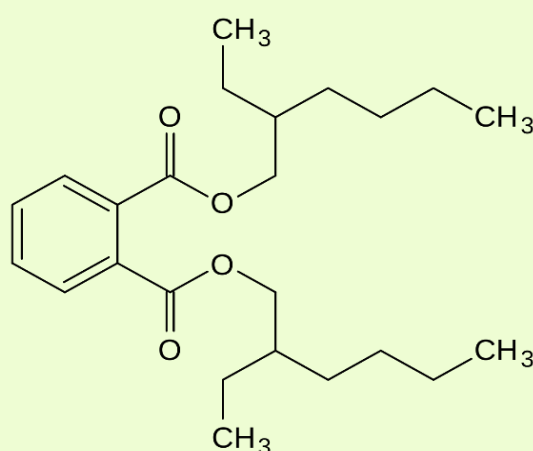


Abb. 2: Strukturformel von DEHP bzw. Bis(2-ethylhexyl)phthalat (= Diethylhexylphthalat) ohne Angaben zur Stereochemie (Von Dschanz - Eigenes Werk mittels: BKchem, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2850227>).

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Umwandlung organischer Umweltschadstoffe durch Pilze auf Gründächern

Eine Vielzahl von Pilzen unterschiedlicher taxonomischer Gruppen und Lebensweisen, darunter sowohl symbiontische (Mykorrhiza-) als auch nicht-symbiontische Pilze, wurden für Gründächer nachgewiesen [10, 11]. Auf den drei sich in Substrat, Begrünung, Bewässerung und Pflegeaufwand unterscheidenden Dächern des UFZ-Forschungsgründachs in Leipzig konnten bisher insgesamt 19 Pilze auf Artebene identifiziert werden [12]. Zusammen mit Pflanzen, Bakterien und Archaeen sind Pilze als entscheidende Akteure natürlich ablaufender Abbau- und Transformationsprozesse urbaner Schadstoffe auf Gründächern sowie in anderen blau-grünen Infrastrukturen anzusehen [7]. So waren mehrere vom UFZ-Forschungsgründach erhaltene Pilzisolat in Laborexperimenten in der Lage, die Phthalsäure-Ester DEHP (Abb. 2), Dibutylphthalat und Diethyl-phthalat, sowie den hormonell aktiven Mikroschadstoff Bisphenol A effektiv zu transformieren. In den Pilzkulturen nachgewiesene Phthalat-Esterasen sind dabei offenbar für die Hydrolyse der Phthalsäure-Ester verantwortlich [12, 13]. Daneben tragen auch Biosorptionsprozesse unter Einbeziehung der Pilzbiomasse in unterschiedlichem Ausmaß zur Entfernung der genannten Verbindungen aus der wässrigen Phase bei.

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Im Rahmen des von der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren geförderten fünfjährigen Forschungsprojektes FINEST (Use and management of finest particulate anthropogenic material flows in a sustainable circular economy) wird gegenwärtig nach neuen Biokatalysatoren gesucht, um Mikroplastik-Fractionen von feinstpartikulären Abfällen, für die es bislang kaum Verwertungsmöglichkeiten gibt, effektiv recyceln zu können (<https://finest-project.de/project/finest-microplastics/>). Unter anderem werden dabei Pilzgemeinschaften des UFZ-Forschungsgründaches (Abb. 3) als mögliche Quellen solcher Biokatalysatoren untersucht. Eine Reihe der dabei getesteten Pilzisolat ist in der Lage, Polyurethan sowie andere synthetische Polymere effektiv zu depolymerisieren [14], was als Voraussetzung für das Recycling solcher Materialien angesehen werden kann.

Pilze auf Gründächern können damit nicht nur einen potenziellen Beitrag zur Eliminierung von Umweltschadstoffen auf Gründächern leisten, sondern ebenfalls als wertvolle Bioressourcen die Suche nach neuen Biokatalysatoren für eine zirkuläre Bioökonomie unterstützen.



Abb. 3: Agarplattenkultur eines Pilzisolates vom UFZ-Forschungsgründach. Der Pilz wächst auf einer aliphatischen Polyester-Polyurethan-Dispersion als einziger Kohlenstoff- und Energiequelle. Die Pfeile bezeichnen Bereiche, in denen das Polyurethan depolymerisiert und die Trübung des Nährmediums dadurch beseitigt wurde (Foto: Stefanie Clauß, UFZ).

18. Newsletter der UFZ-Gründachforschung

Quellenverzeichnis

- [1] <https://doi.org/10.1007/s12268-011-0120-5>
- [2] <https://www.fluter.de/pilze-plastik-muell-nachhaltigkeit>
- [3] <https://doi.org/10.1038/nrmicro2519>
- [4] <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6879-4>
- [5] <https://www.taylorfrancis.com/chapters/mono/10.1201/9781315119496-45/fungal-community-organically-polluted-systems-john-dighton-james-white>
- [6] https://doi.org/10.1007/978-3-030-29541-7_2
- [7] https://doi.org/10.1007/978-3-662-66916-7_11
- [8] <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00547-2>
- [9] <https://doi.org/10.3390/w13192609>
- [10] <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058020>
- [11] <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00005>
- [12] Sehrt, Johanna (2021): Bachelorarbeit, Universität Leipzig.
- [13] Clauß, Stefanie (2021): Bericht zum Forschungsgruppenpraktikum, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- [14] Clauß, Stefanie: Unveröffentlichte Ergebnisse.