FH University of Applied Sciences TECHNIKUM WIEN

Stadt Wien | Wirtschaft, Arbeit und Statistik

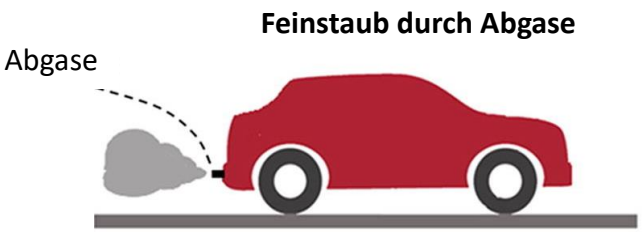
Sustainability Day 2024

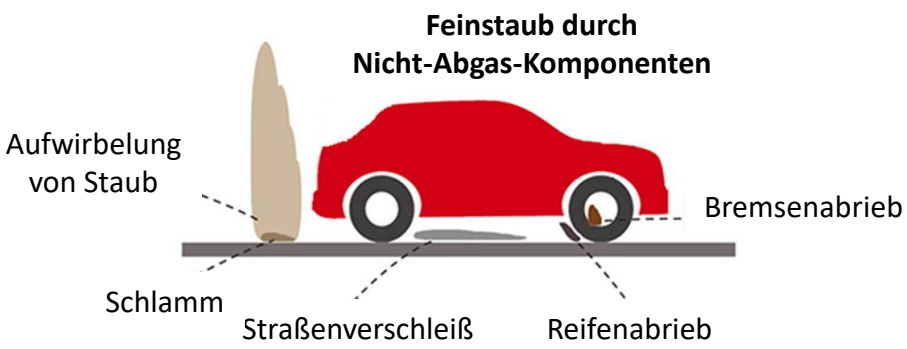
Elisabeth Simböck, FH Technikum Wien

23.04.2024

Gib Gummi!
Auswirkung von Reifenabrieb auf die Umwelt

Feinstaub-Emissionen durch Straßenverkehr





Feinstaub-Verschmutzung ist seit 1990 weltweit der sechstgrößte Risikofaktor für Umwelt und Gesundheit.

Die Emissionen von Straßenfahrzeugen sind der Hauptverursacher der Gesamtemissionen, insbesondere im urbanen Raum.

Reduzierung der Emissionen durch Abgase durch neue Technologien und e-Mobilität.

Emissionen durch Reifenabrieb nehmen zu und gewinnen an Bedeutung.

Euro-7-Norm: ab 2035 einheitlicher PM10-Grenzwert 3mg/km

Feinstaub-Emissionen durch Reifenabrieb

Reifenabrieb Emissionen sind ein komplexer physikalisch-chemischer Prozess, die durch Reibungsenergie an der Grenzfläche zwischen Reifenlauffläche und Straßenoberfläche entstehen und von vielen Faktoren (Fahrstil, Wetter, Gewicht, Reifen- und Straßeneigenschaften) abhängig sind.

Reifen können im Laufe ihrer Lebensdauer bis zu 10 % ihrer Masse verlieren.

Das Ausmaß der Reifenpartikel-Emissionen ist schlecht quantifiziert

Schätzungen von Reifenabrieb-Emissionen:

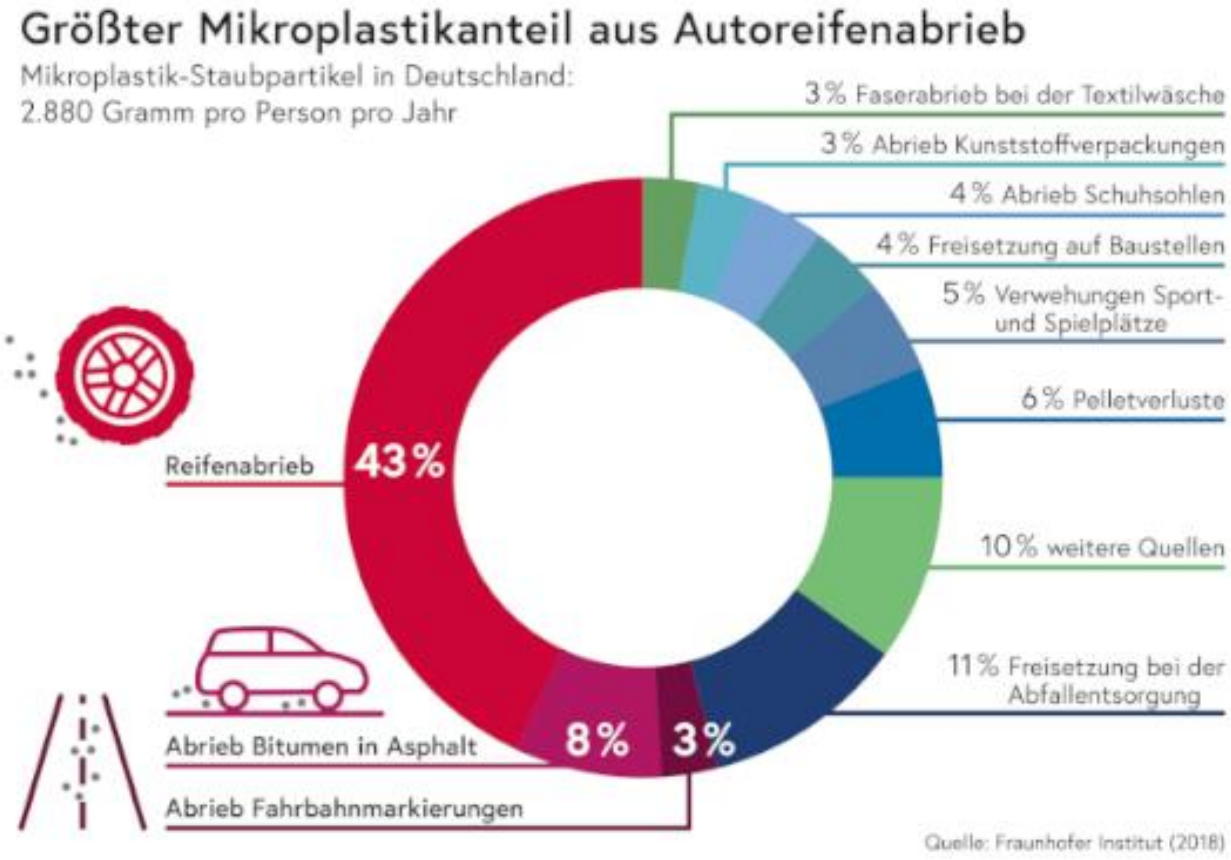
5,9 Millionen Tonnen weltweit pro Jahr

(Kole et al., Int. J. Environ. Res. Public Health, 2017)

1,3-2 kg pro Person pro Jahr

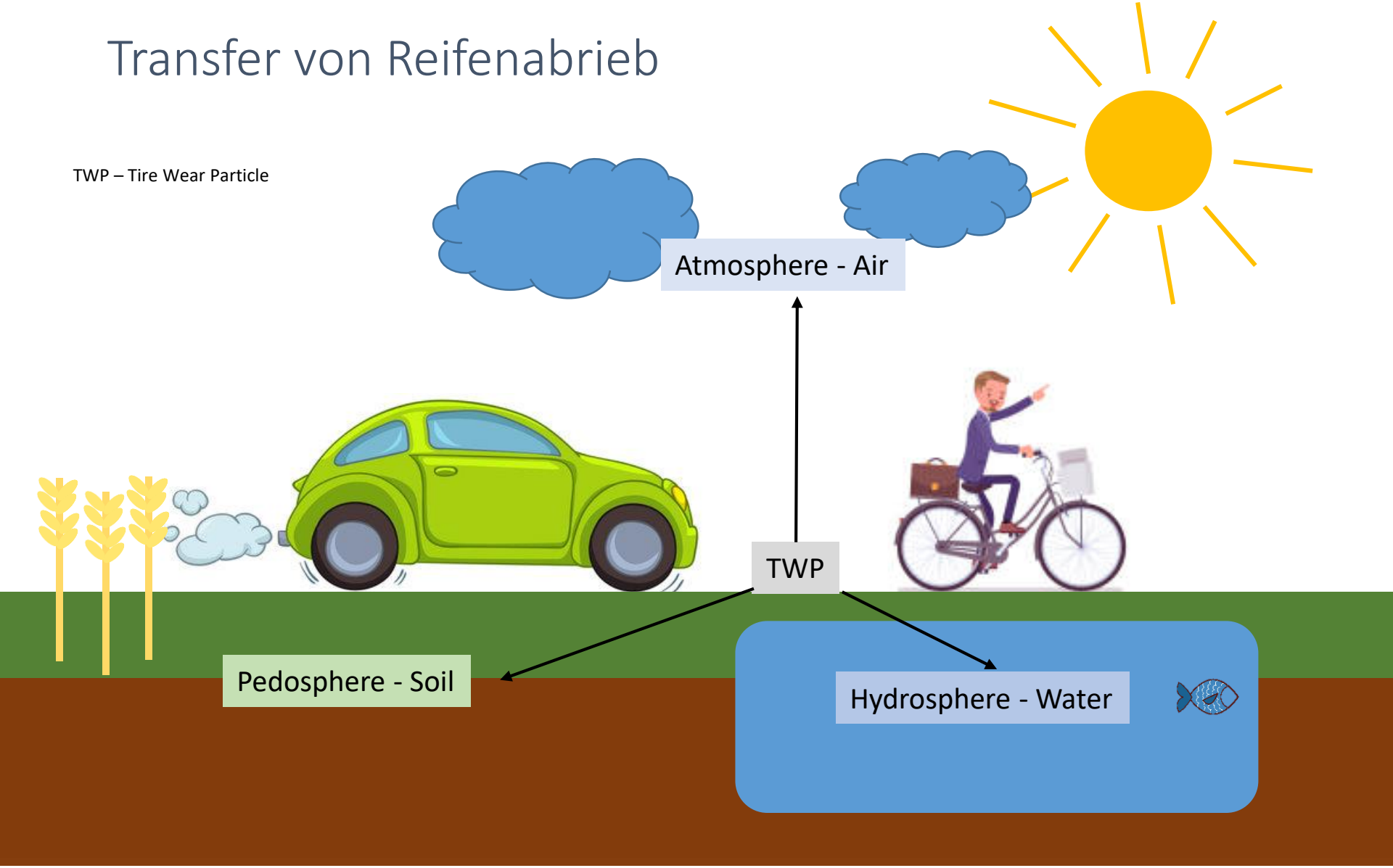
(Mennekes and Nowak, Science of Total Environment, 2022)

Reifenabrieb - Haupteintragsquelle von Mikroplastik



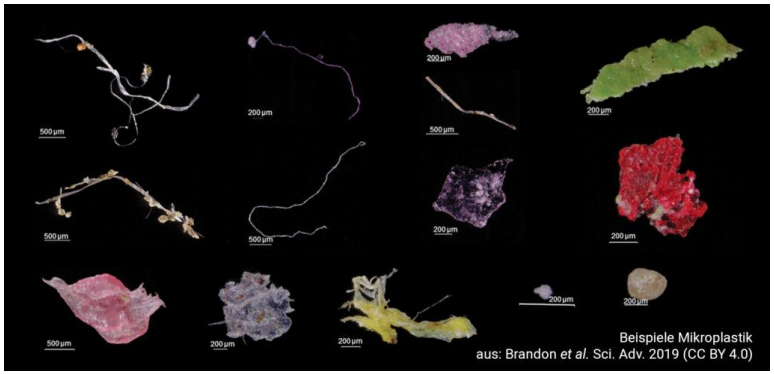
Transfer von Reifenabrieb

TWP – Tire Wear Particle

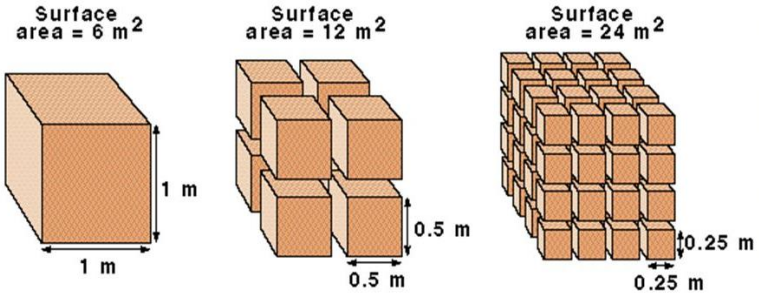


Gefahren von Mikroplastik (Reifenabrieb)

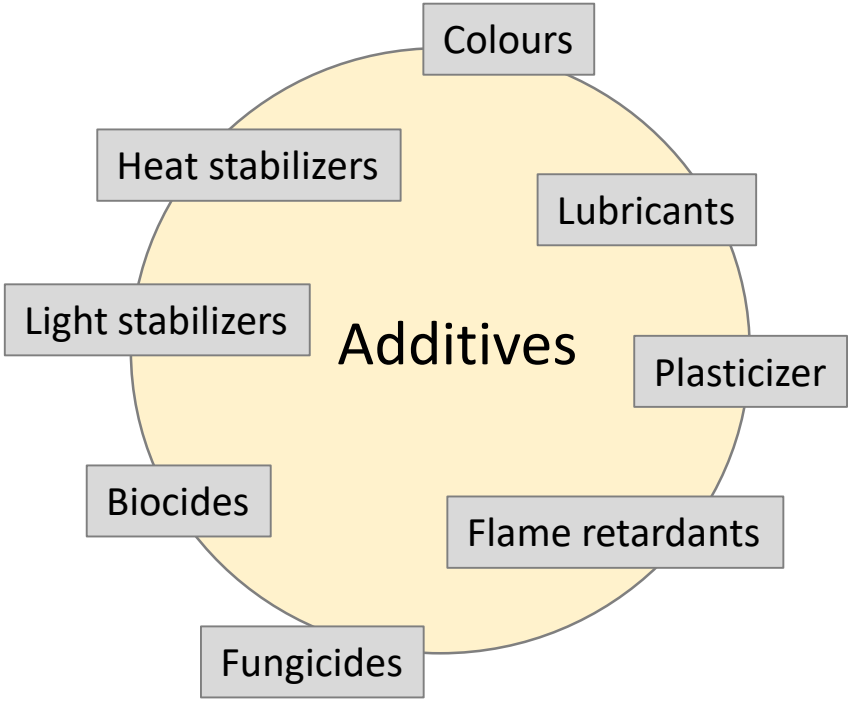
Physikalische Eigenschaften



Adhäsion von potenziellen Toxinen



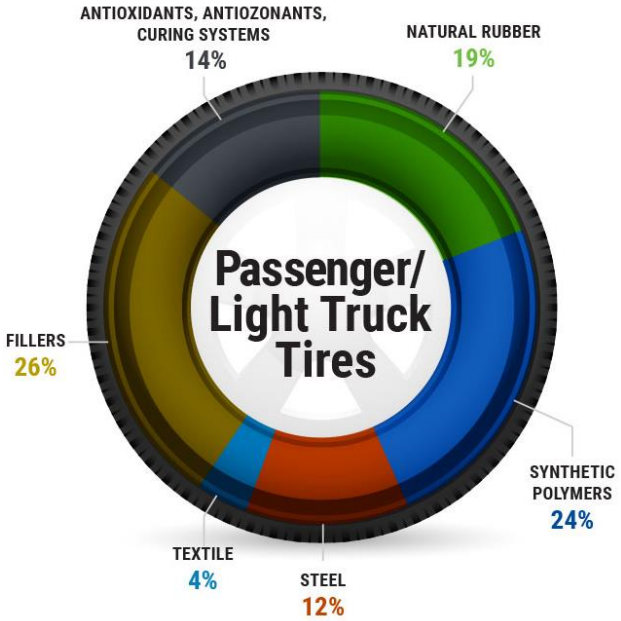
Extraktion von Additiven



Zusammensetzung von Reifen

Component/additive	Ingredients	Content (wt-%)
Rubber polymer	Synthetic and natural rubbers	40–60
Reinforcing agent (filler)	Carbon black and silica	20–35
Process oils/extender oils	Mineral oils[a]	15–20
Vulcanisation system		
vulcanisation agent	Sulphur	1
vulcanisation activators	Zinc oxide	1.5
	Stearic acid	1
vulcanisation accelerators	e.g. Sulphenamide or thiazoles	0.5
Protective agents	Antioxidants and antiozonants	1
Processing aids	Peptisers, plasticizers, and softeners	<1

Wik and Dave, Environmental Pollution, 2009



Marker für Reifenabrieb: Styrene Butadiene Rubber (SBR), Benzothiazole und Zink

Viele Substanzen (v.a. Zink und organische Verbindungen) sind toxisch und können sich leicht aus dem Reifen bzw. von Reifenabrieb lösen: Zink, Benzothiazol-Derivate, Phthalate, Phenol-Derivate, Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), Fettsäuren, etc.

Erschwerte Risikoabschätzung

Transformationsprodukte

- Aufnahme von Organismen und Metabolisierung
- Abiotische Einflüsse (z.B. UV, Salzgehalt, Temperaturänderungen)

Cocktaileffekte

- Interaktion mit anderen Chemikalien

> 2000 potenziell toxische Substanzen lösen sich aus Reifenabrieb

Bioakkumulation

- Aufnahme von Organismen und Anreicherung im Körper (v.a. von lipophilen Chemikalien)

Biomagnifikation

- Anreicherung entlang der Nahrungskette

Aquatische Toxizität von Reifenabrieb

Nach Starkwetterereignissen (Starkregen) gelangt Abrieb von Straßen vermehrt in Gewässer

6PPD N-(1,3-dimethylbutyl)-N‘-phenyl-p-phenylene-diamine

Reifen-Antioxidans

6PPD-Chinon

Entsteht bei der Verbindung von 6PPD mit Ozon

Toxisch für Fische (LC50 < 1mg/L)

Tian et al., Science, 2020

Natur > Oekologie > Autoreifen vergiften ganze Fischpopulationen

GEO

UMWELTGIFTE

Rätselhaftes Lachssterben: Autoreifen vergiften ganze Fischpopulationen

Immer wieder kommt es im Nordwesten der USA zu Massensterben von Silberlachsen (*Oncorhynchus kisutch*)
© Troutnut / Shutterstock

von Peter Carstens
08.12.2020, 10:23

Terrestrische Toxizität von Reifenabrieb

Durch Wind, Regen, Klärschlamm und Abwasser kommt Reifenabrieb auf Felder

Urbaner Raum an vielbefahrenen Straßen stärker kontaminiert

HMMM (Hexamethoxymethyl-melamine)

6PPD N-(1,3-dimethylbutyl)-N‘-phenyl-p-phenylene-diamine

Substanzen werden durch die Wurzeln aufgenommen und in der Pflanze metabloisiert

Metabolite (Transformationsprodukte) mit unbekannten Wirkmechanismen

Castan et al., Environmental Science & Technology, 2022

DERSTANDARD

Wissen und Gesellschaft › Technik

SALAT À LA AUTOBAHN

Giftige Partikel aus Reifenabrieb in Gemüse nachgewiesen

Autoreifen produzieren Mikroplastik, das mitunter auf Feldern landet. Dabei können Giftstoffe von Salat aufgenommen werden, wie ein Laborexperiment zeigt

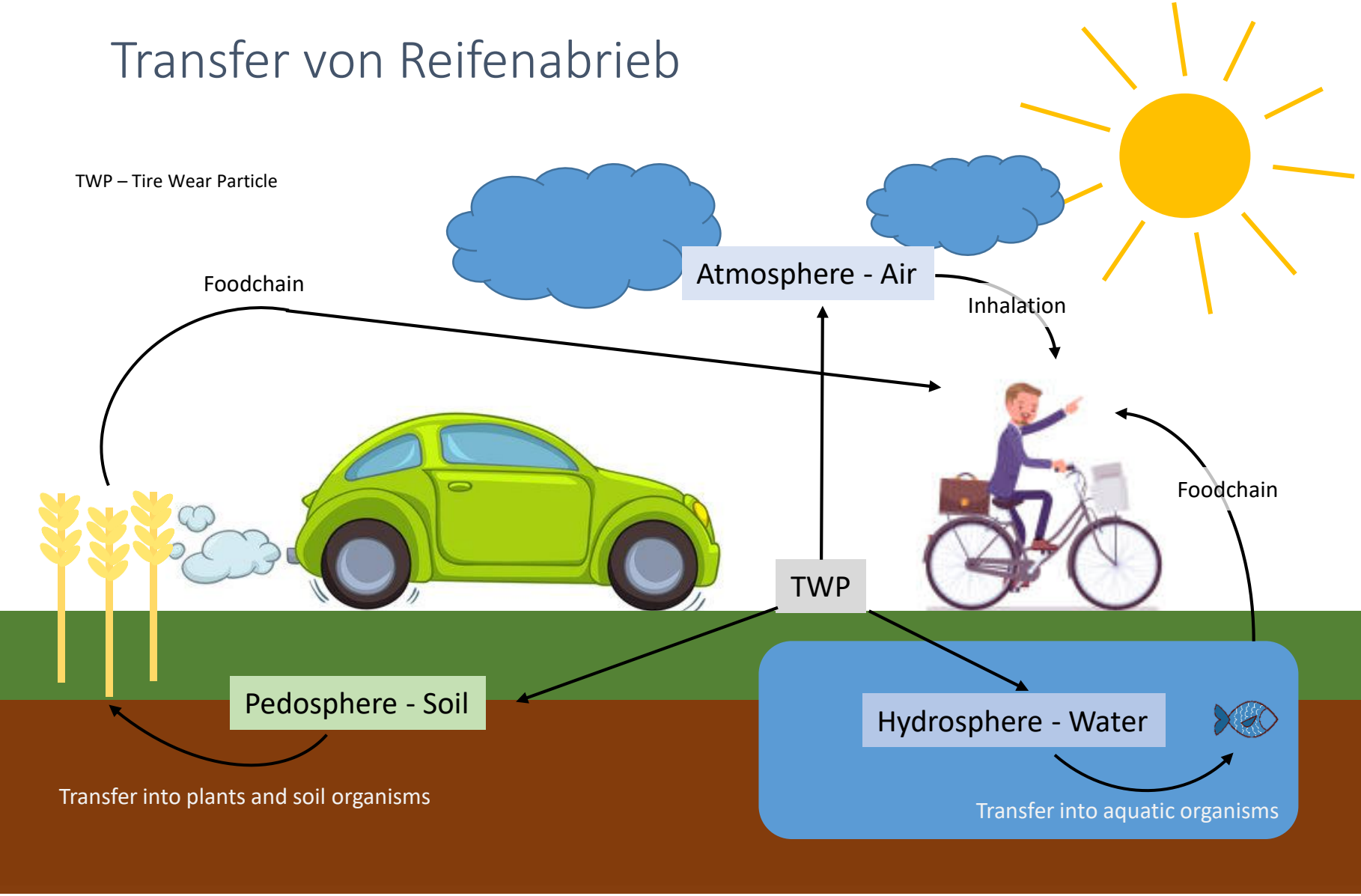
4. Jänner 2023, 16:51, 194 Postings

In diesem Versuchsaufbau – und anderen Variationen – prüfte die Forschungsgruppe, ob Reifenabrieb in Nährlösungen für Salat auch in der Pflanze landet.

Foto: Gabriel Sigmund

Transfer von Reifenabrieb

TWP – Tire Wear Particle



Humane Toxizität von Reifenabrieb

Expositionspfade

- inhalativ
- oral
- dermal

Asthma

Allergien

Immunschwäche

Lungenkrebs

Neurologische Erkrankungen

Endokrine Disruptoren

Stoffwechselerkrankungen

Herzkreislauferkrankungen

Entwicklungsstörungen

Eingeschränkte Fertilität

Nachhaltigkeit in der Reifenindustrie

stern

TECHNIK: NACHHALTIGE REIFEN DER ZUKUNFT

Grüner Gummi

Continental nutzt PET-Flaschen

© press-inform - das Pressebuero

Nachhaltigkeit in der Reifenindustrie

Ökologische Kriterien für Reifen

- CO_2-neutrale und klimaneutrale Produktion (erneuerbare Energie)
- Alle Materialien aus recycelten oder erneuerbaren Rohstoffen
- Umweltverträglichkeit und Sicherheit

Erneuerbare Rohstoffe:

- Kautschuk aus Birkenrinde oder Löwenzahn statt Erdöl
- Silika aus der Asche von Reishülsen statt Quarzsand

Recycelte Rohstoffe:

- PET-Flaschen

-> Fokus liegt in der Produktion von Reifen

Kriterien für nachhaltige Produkte

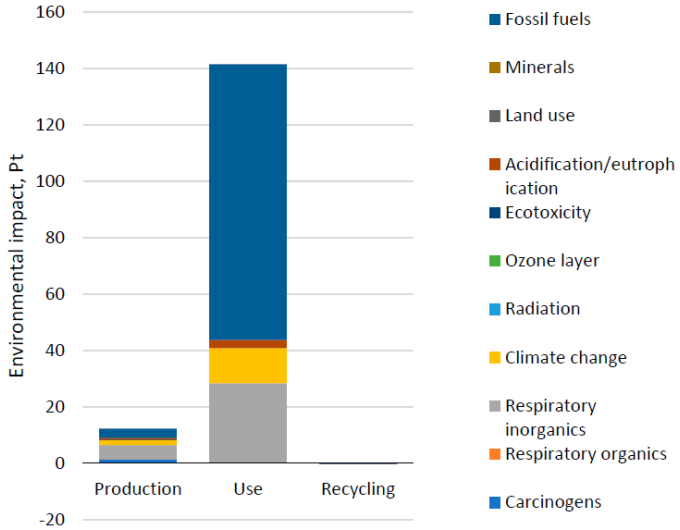
Umweltverträglichkeit der Reifen?

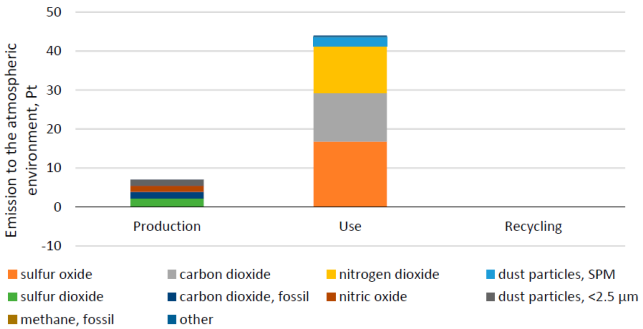
Lebenszyklusanalyse von herkömmlichen Reifen

Im Vergleich zur Produktion und zum Recycling hat die Nutzungsphase die stärksten Effekte auf

- Umweltbelastung
- Emissionen (Feinstaub inkl. Abrieb)
- Ökotoxikologische Wirkung

-> Fokus sollte auch auf der Nutzungsphase der Reifen liegen!





Piotrowska et al., Materials, 2019

Sind „grüne“ Reifen umweltverträglich?

Vergleich von einem herkömmlichen Reifen und einem nachhaltigen “grünen” Reifen (Continental)

Testen von Reifenabrieb auf Umweltverträglichkeit

Angewandtes Forschungspraktikum im Master-Studiengang „Ökotoxikologie & Umwelt-management“ an der FH Technikum Wien

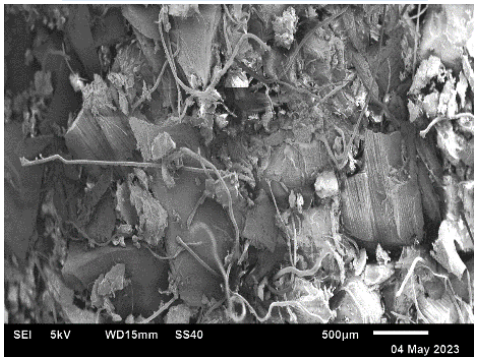
Tobias Förster, Caroline Gebert and Manfred Feigl

Grand Prix 5000

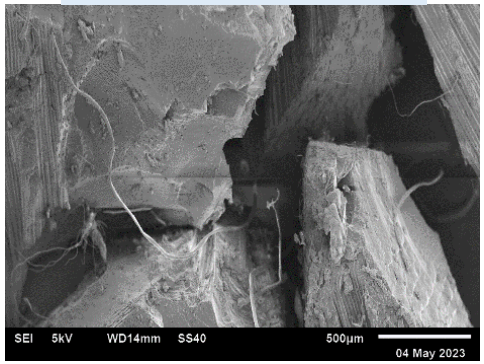
Taraxa Gum

Herstellung von Reifenabrieb

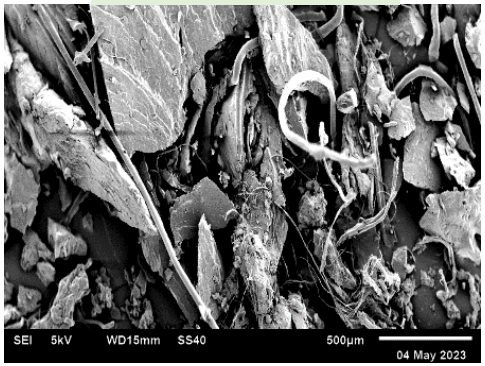
Grand Prix 5000 <800um



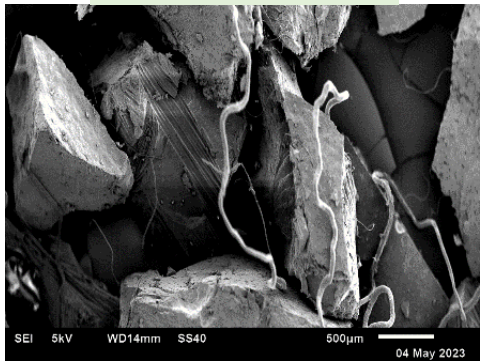
Grand Prix 5000 >800um



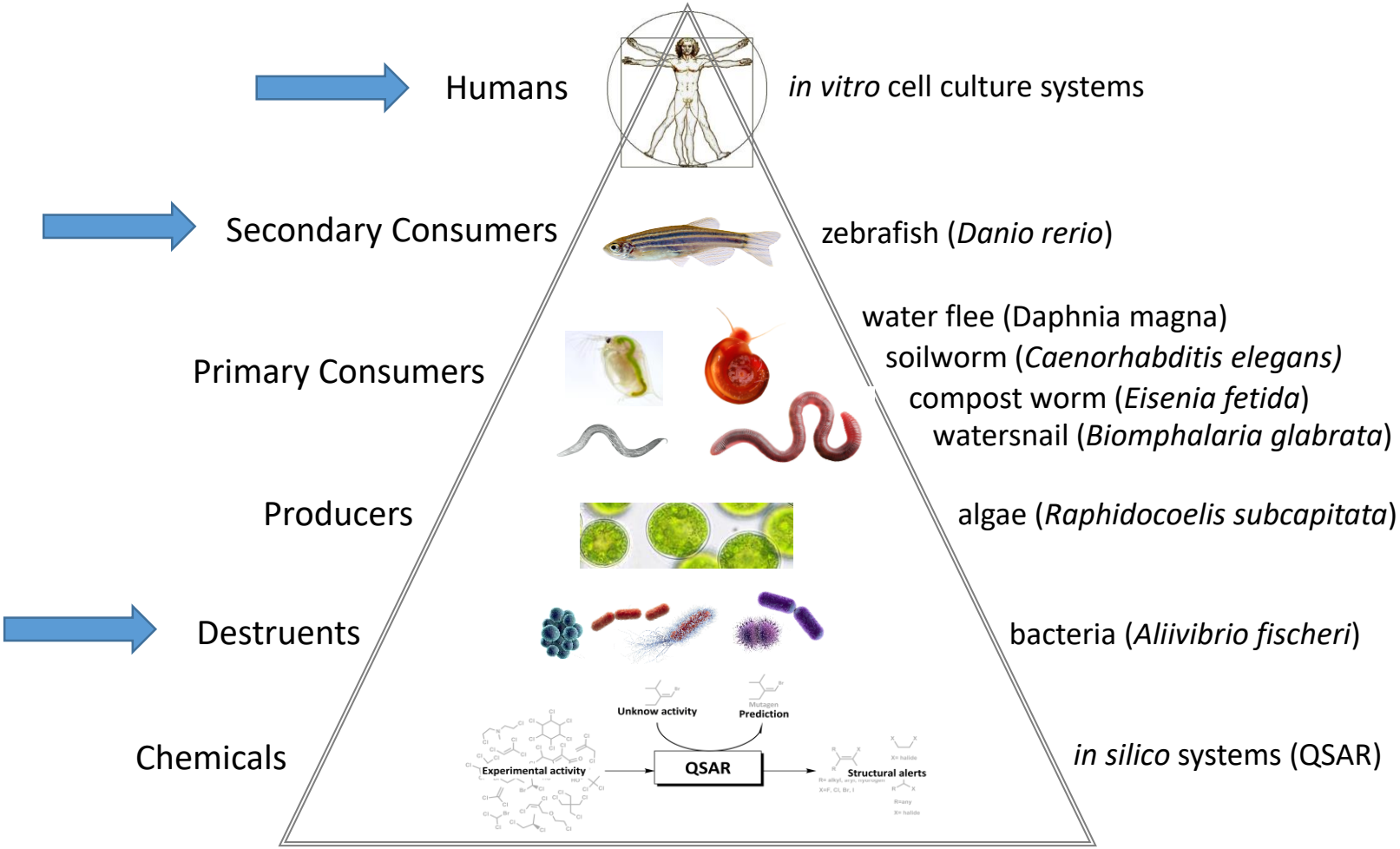
Taraxa Gum <800um



Taraxa Gum >800um



Ökotoxikologische Risikobewertung

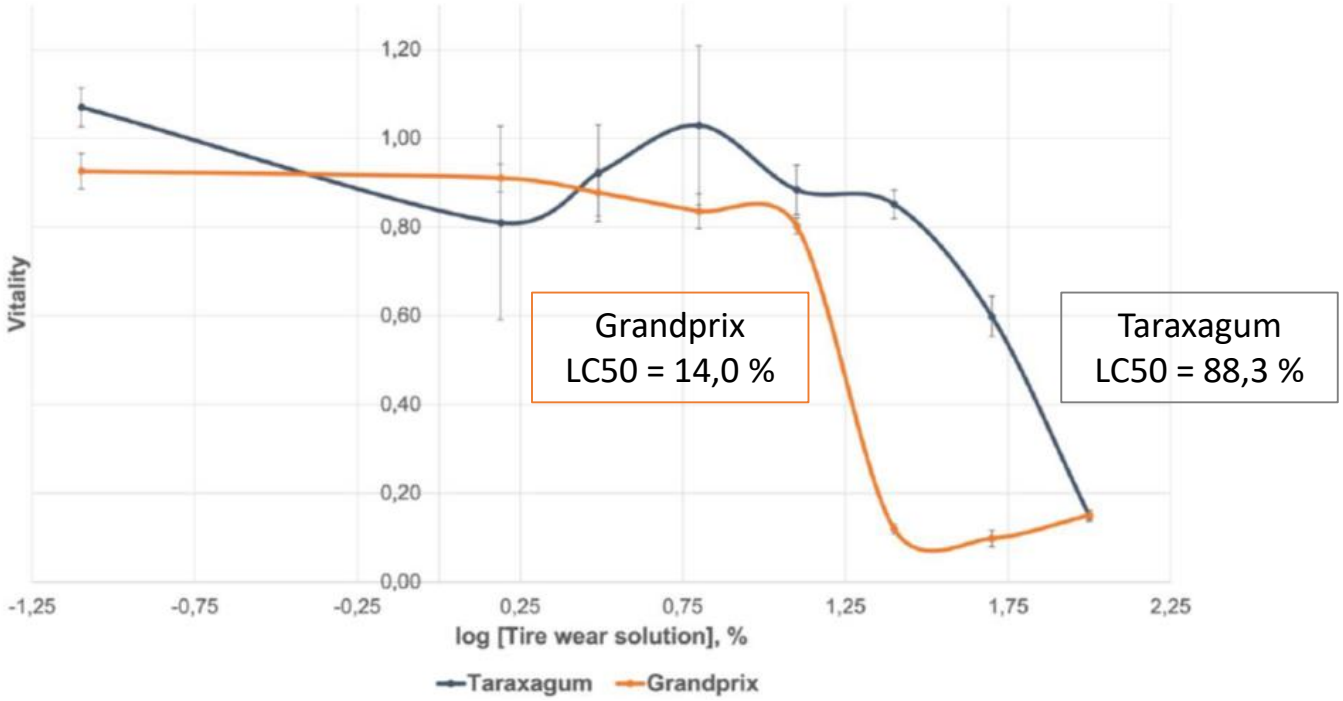


food chain along trophic levels

Zytotoxizitätstest in humanen Zellen

Exposition von humanen Zellen mit unterschiedlichen Konzentrationen von Extrakten von Reifenabrieb für 72h

Dosis-Wirkungskurve und Bestimmung von LC50



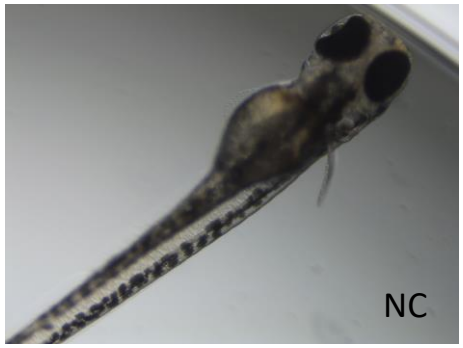
➢ Taraxagum Reifenabrieb ist etwas weniger toxisch auf menschliche Zellen

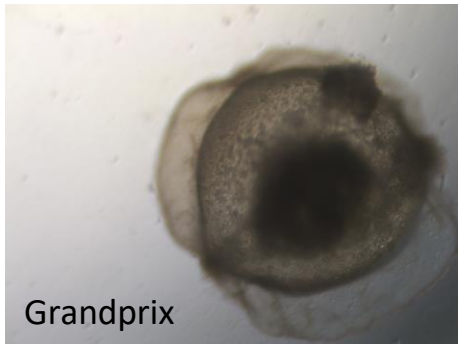
FET (Fish Embryo Acute Toxicity) Test

Exposition von Zebrafisch Embryos mit unterschiedlichen Konzentrationen von Extrakten von Reifenabrieb für 72h

Effekte auf Entwicklung der Larven werden beobachtet

Repräsentative Bilder von ersten Vorversuchen - mehr Versuche notwendig!





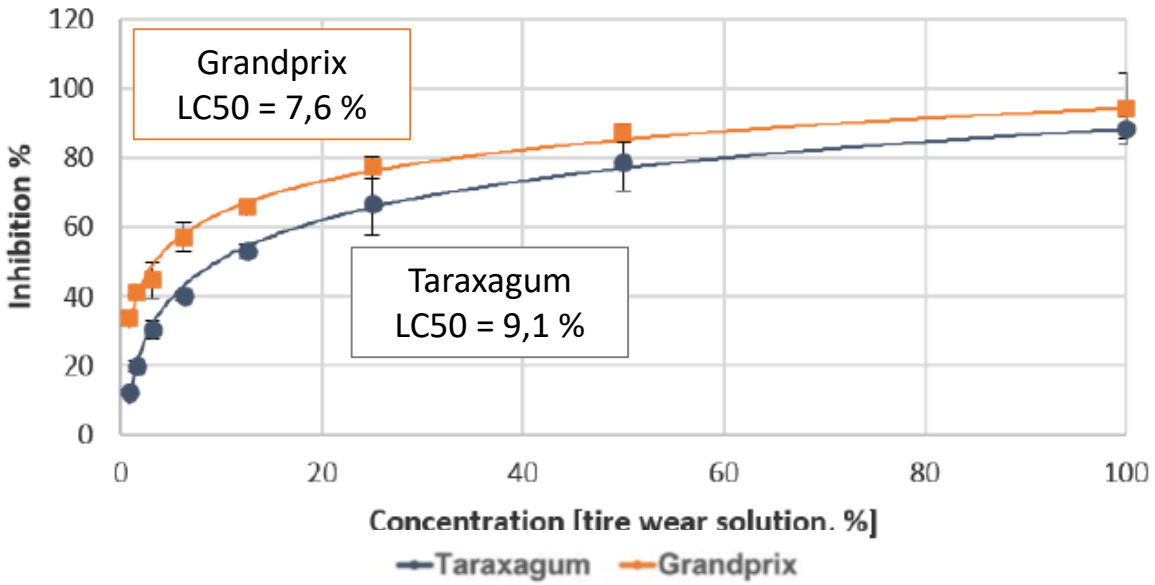
Neg. Ctrl	Taraxagum	Grandprix	
8 von 8 Larven Normale Entwicklung	3 von 8 Larven Ödeme	1 von 8 Larven letaler Effekt	2 von 8 Larven Ödeme

- Erste Ergebnisse vermuten toxische und teratogene Wirkung von Taraxagum und Grandprix Reifenabrieb

Akute Toxizität im Leuchtbakterientest

Exposition von Bakterien (*Aliivibrio fischeri*) mit unterschiedlichen Konzentrationen von Extrakten von Reifenabrieb für 30min

Dosis-Wirkungskurve und Bestimmung von LC50

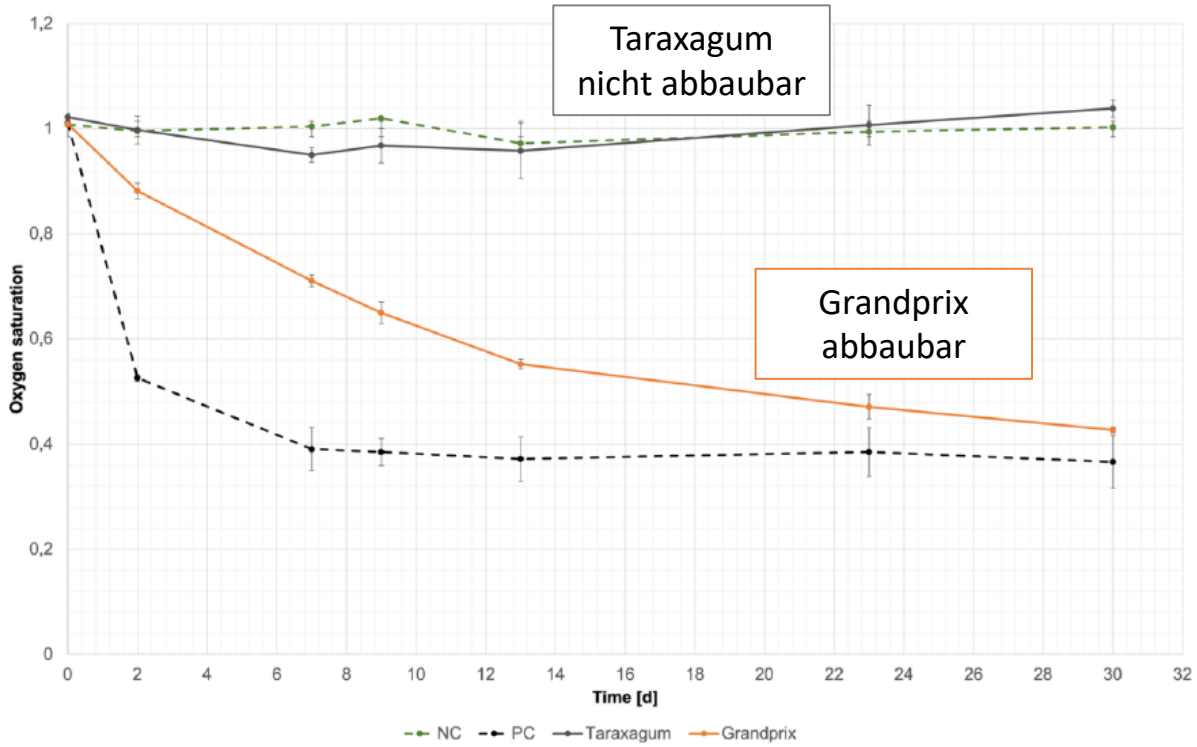


➢ Taraxagum und Grandprix Reifenabrieb ist ähnlich toxisch auf Bakterien

Biologische Abbaubarkeit

1% Extrakt des Reifenabriebs in „ready aerobic bio-degradibility test“ nach OECD 301D, unter Verwendung von Inokulum aus Klärschlamm, für 1 Monat

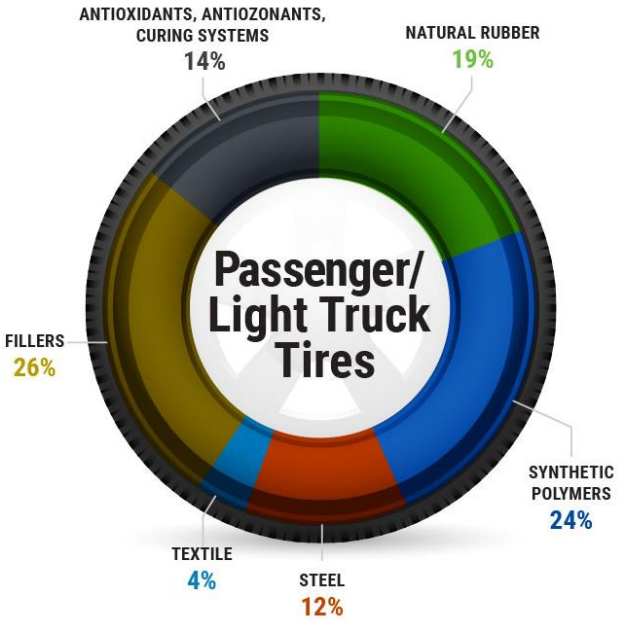
Verbrauch von Sauerstoff wird gemessen



➢ Grandprix ist biologisch abbaubar, Taraxagum nicht!

Schlussfolgerungen

- Nachhaltige „grüne“ Reifen aus Löwenzahn sind nur bedingt – in der Produktion – nachhaltiger als herkömmliche Reifen aus Industriekautschuk.
- Beide Reifen – Taraxagum und Grandprix – beinhalten Chemikalien, die sich leicht aus Abrieb lösen und bioverfügbar sind.
- Taraxagum Extrakte sind etwas weniger toxisch als Grandprix Ektrakte.
- Während Grandprix Extrakte Substanzen enthalten, die biologisch abbaubar sind, sind Taraxagum Extrakte persistenter.
- Dies könnte die leicht toxischere Wirkung von Grandprix Extrakte erklären.



LCA von beiden Reifenarten und Vergleich von unterschiedlichen Wirkungskategorien in der Produktion UND Nutzungsphase (inkl. Ressourcen, Emissionen, Wasserverbräuchen Ökotoxikologie, Abbaubarkeit etc.)

Outlook

„Safe and Sustainable by Design“ Konzept

- Änderung der Reifenzusammensetzung und Verwendung von „umweltverträglichen“ chemischen Additiven

Abfangen des Reifenabriebs

- Abflussrückhaltevorrichtungen als wichtiger Schutz von Oberflächengewässern
- Verbesserung der Kläranlagen und Abwasserbehandlungssysteme
- Klärschlamm thermisch verwerten

Reduktion von Reifenabrieb Emissionen

- Neue Technologie von Reifen mit geringerem Abrieb (weniger Bodenhaftung, Sicherheit)
- Fahrzeugtyp, Fahrstil, *etc.*
- Nutzen von öffentlichen Verkehrsmittel

v.a. im urbanen Raum
Nutzen von öffentlichen Verkehrsmittel

Danksagung

Angewandtes Forschungsprojekt Team

Tobias Förster

Manfred Feigl

Caroline Gebert

Masterstudiengangs „Ökotoxikologie & Umweltmanagement“

Kompetenzfeld „Chemical Engineering & Ecotoxicology“

Fakultät Life Science Engineering

Das Mikroplastik-Team

https://www.technikum-wien.at/forschungsprojekte/mikroplastik/