



Ressourcen für die Energiegewinnung und Produktion:

Die Extraktion und Verarbeitung von Ressourcen verursacht die Hälfte der globalen Treibhausgase

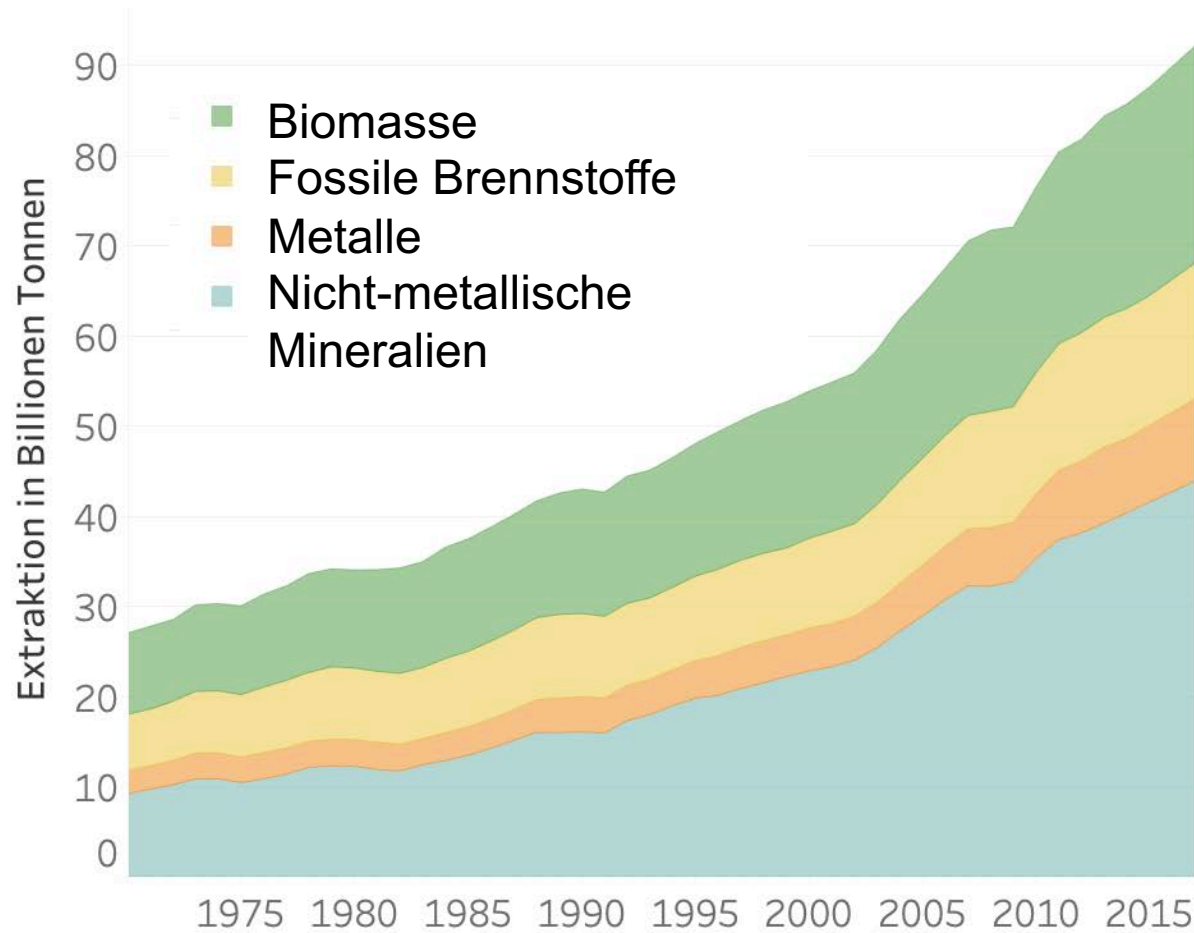
Forum VERA: Kann die Wirtschaft ökologisch wachsen?

Livia Cabernard – Institute of Science, Technology & Policy, ETH Zurich

11. September 2020

Warum sind Materialressourcen wichtig?

Die globale Nachfrage hat sich seit 1970 verdreifacht



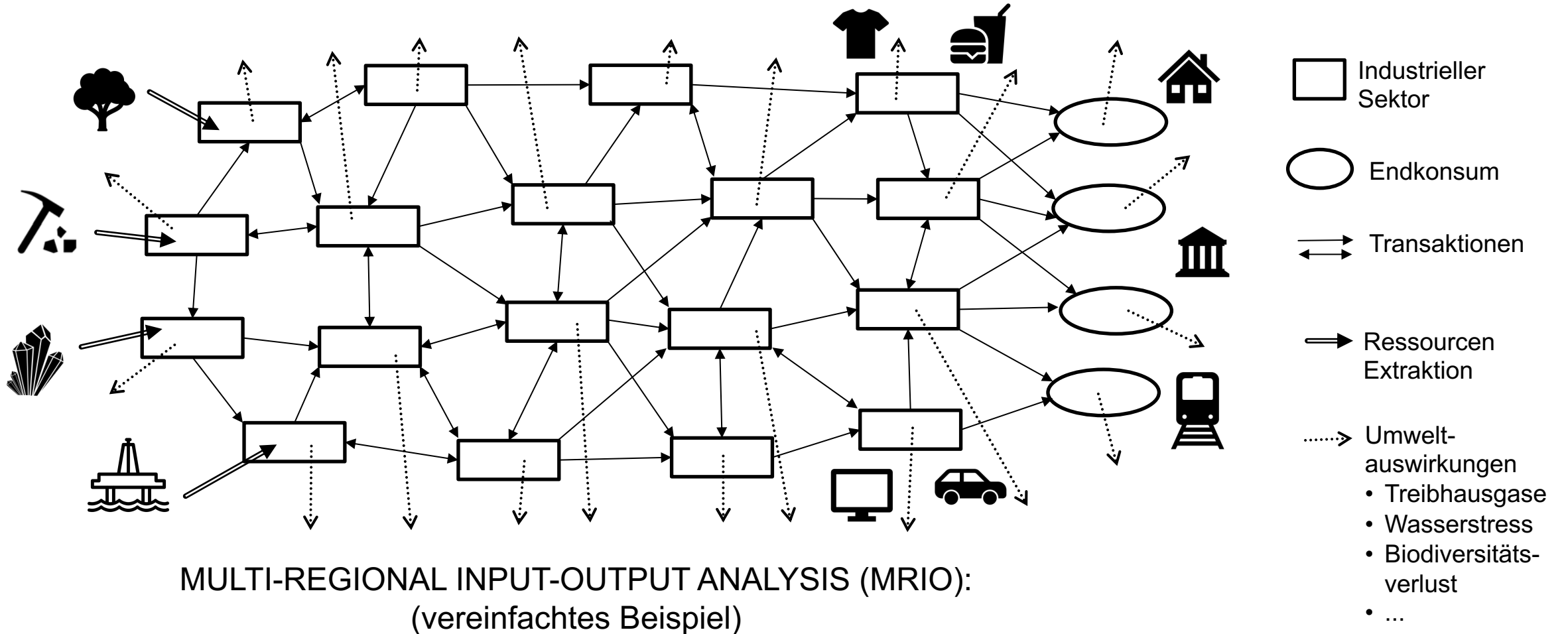
- Der Materialfussabdruck stieg von **7 auf 12 Tonnen pro Kopf und Jahr**
- Bis 2060 wird sich die Nachfrage nochmals verdoppeln (OECD, 2018)

Source: International Resource Panel 2019

Kann die Wirtschaft ökologisch wachsen?

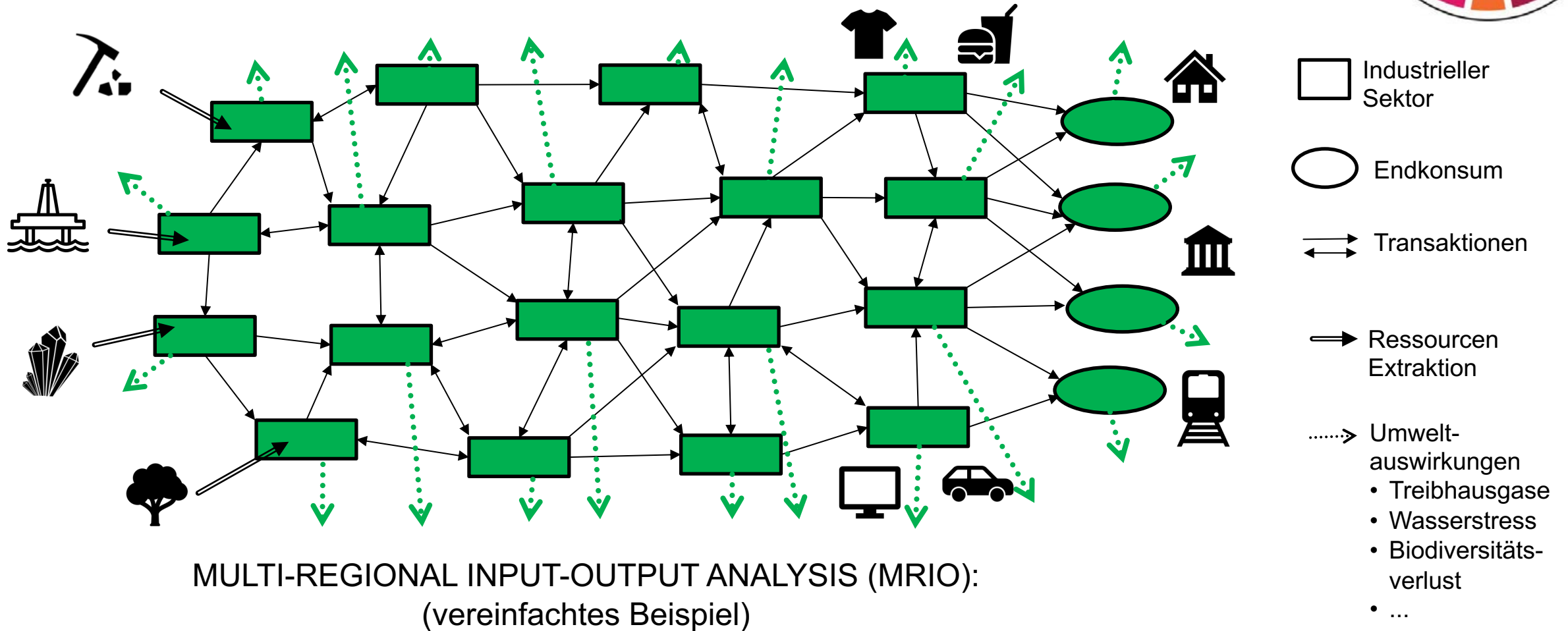
- Welche Umweltauswirkungen entstehen bei der Produktion von Materialressourcen?
- Wie haben sich diese über die letzten 20 Jahre verändert, was sind die Treiber und wie sind die Prognosen für die Zukunft?
- Inwiefern spielt Wohlstand eine Rolle?
- Wie beeinflusst der internationale Handel von Materialressourcen die Nachhaltigkeit?
- Wo sind die Hotspots der Umweltauswirkungen und wo besteht Potential zur Reduzierung der Emissionen?
- Wo steht die Schweiz und welche Rolle spielt sie beim internationalen Handel von Materialressourcen?
- Beispiel globale Plastikproduktion: Sind die Emissionen global relevant und wo besteht das grösste Potential zur Reduzierung der Emissionen?
- Mikroplastikverschmutzung: Was ist das Ausmass und inwiefern ist das problematisch für Mensch und Umwelt?

Methodischer Ansatz

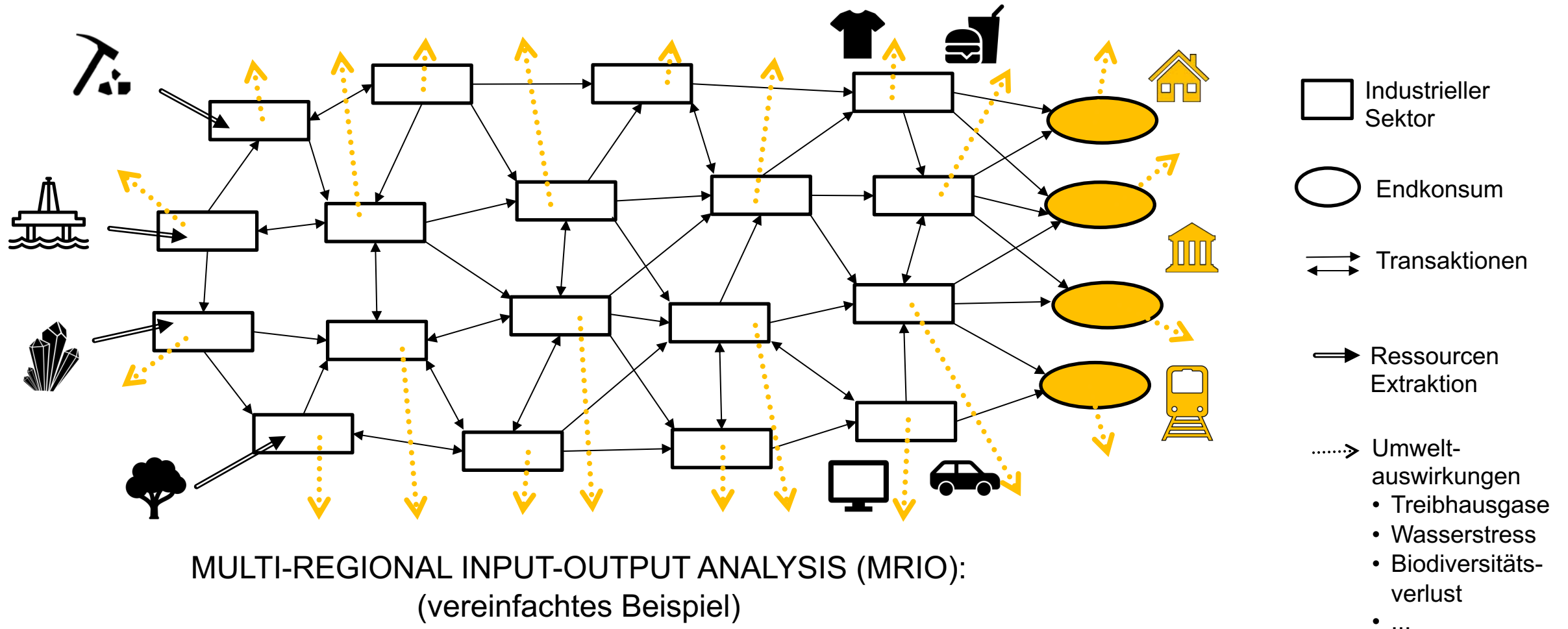


Methodischer Ansatz bisher: Einheimische Umweltauswirkungen (Produktionsperspektive)

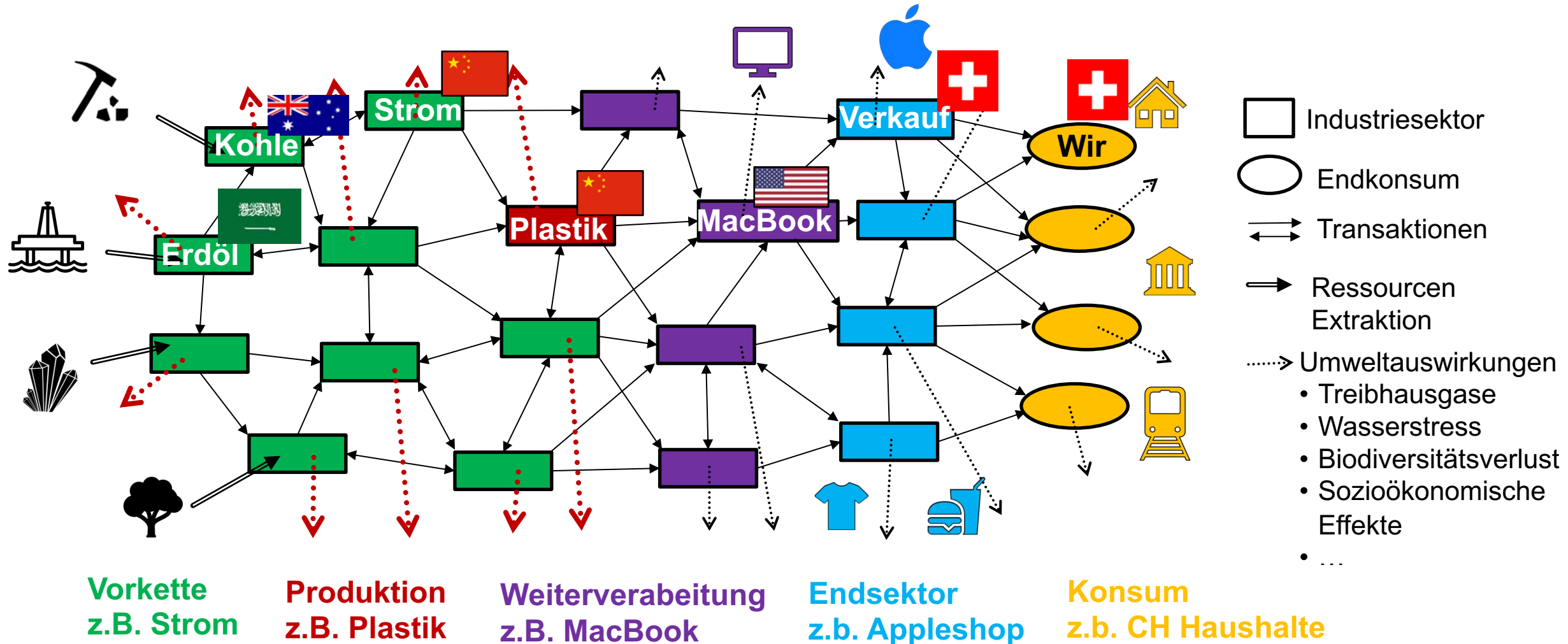
UNITED NATIONS
PARIS CLIMATE
AGREEMENT
SIGNING CEREMONY
— 22 APRIL 2016 —



Methodischer Ansatz: Konsum- oder Fussabdruckperspektive (schliesst die Umweltauswirkungen von Importen ein)



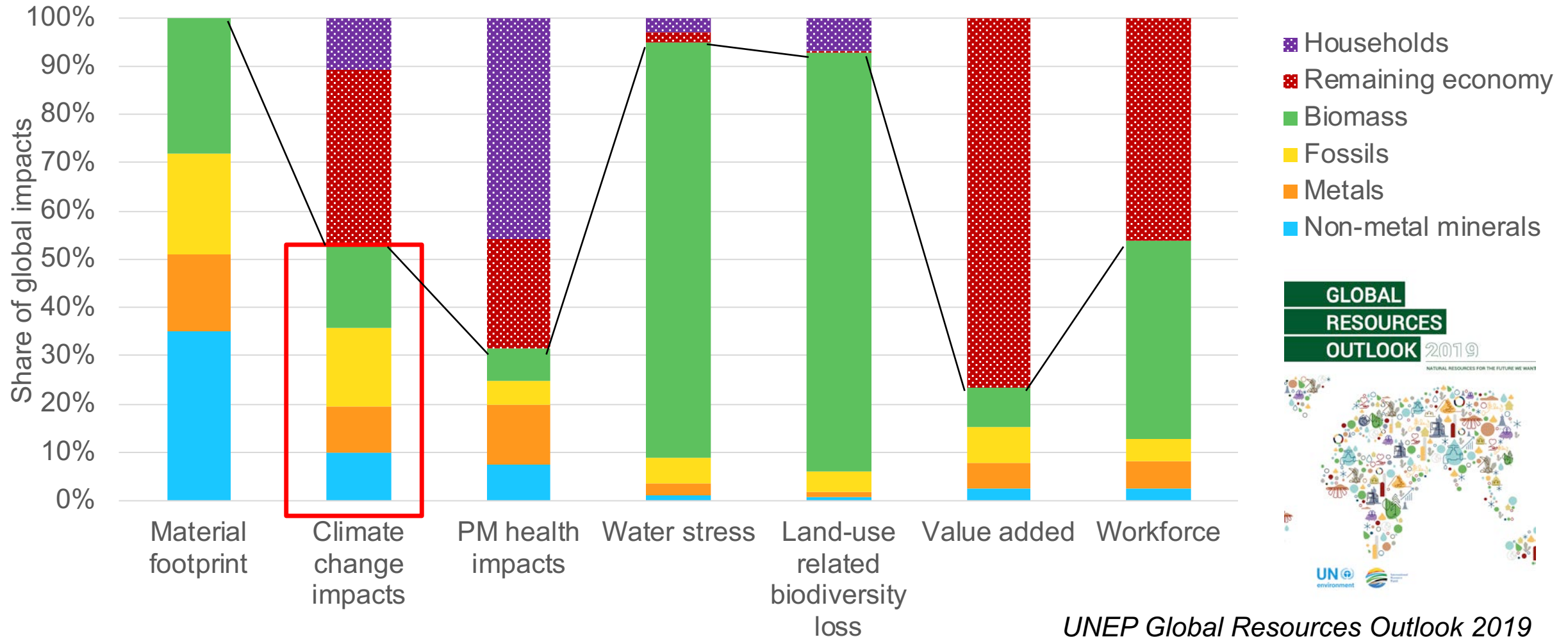
Methodischer Ansatz: Beurteilung der Umweltauswirkungen von **Materialressourcen** und Verfolgung entlang der gesamten Handelskette



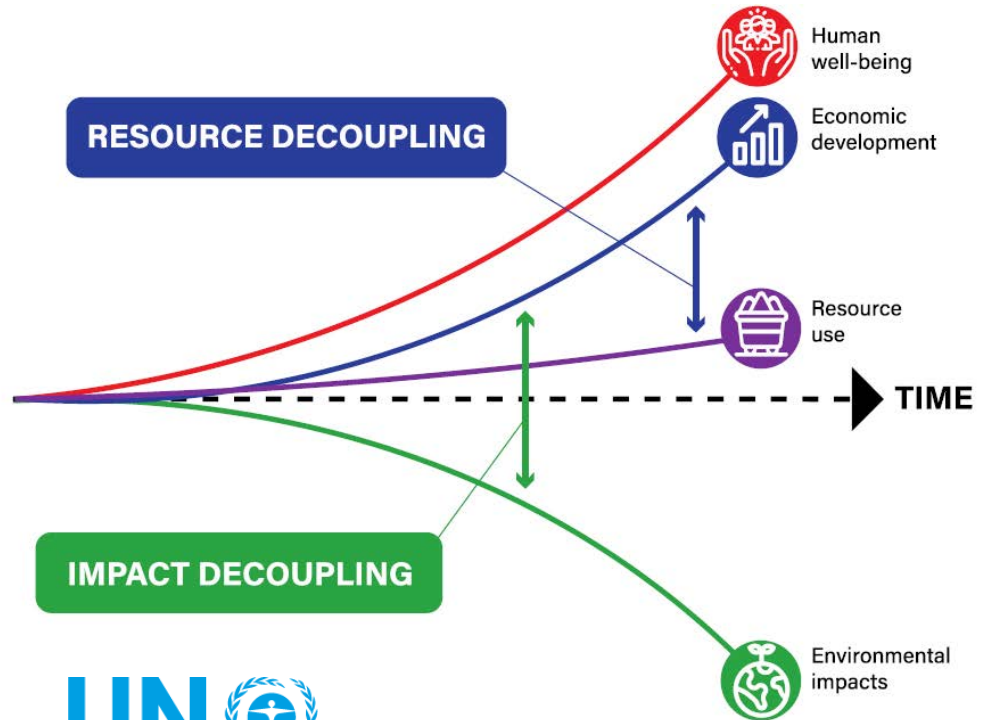
Methodischer Ansatz kann auf jedes beliebige Material, Industriesektor und Land angewendet werden

- Basiert auf “Environmentally-extended multi-regional input-output analysis”:
 - Globale Wirtschaft wird in 163 Sektoren und 49 Regionen resp. 189 Länder eingeteilt
 - Implementierung der von UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (UNEP, 2016) empfohlenen Wirkungsindikatoren:
 - Klimawandeleffekte (Treibhausgase)
 - Andere Wirkungen: Wasserstress, Biodiversitätsverlust, Gesundheitseffekte
Partikelemissionen sowie sozio-ökonomische Indikatoren
 - Verfolgung von Umweltauswirkungen entlang von globalen Handelsketten
-
- Softwaretool frei verfügbar: <http://dx.doi.org/10.17632/nddmgkm3cc.1>
 - Methodendokumentation: Cabernard L, Pfister S, Hellweg S, A new method for analyzing sustainability performance of global supply chains and its application to material resources, Science of the Total Environment 684, 2019, p. 164-177, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.434>

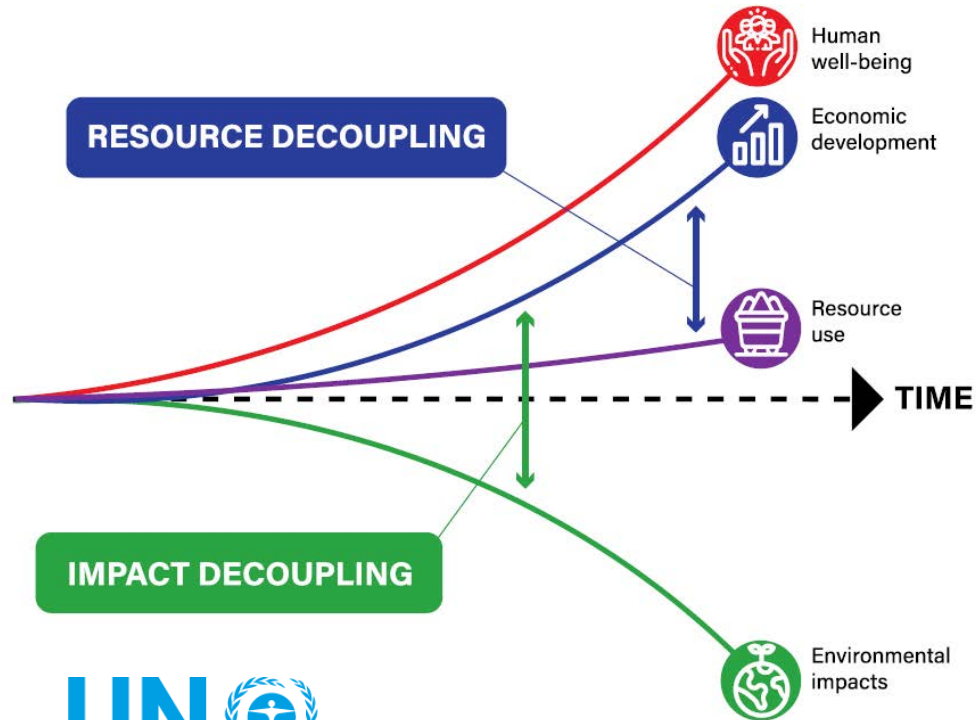
Die Extraktion und Verarbeitung von Ressourcen zu Materialien, Brennstoffen und Nahrungsmitteln verursacht mehr als die Hälfte der globalen Treibhausgasemissionen



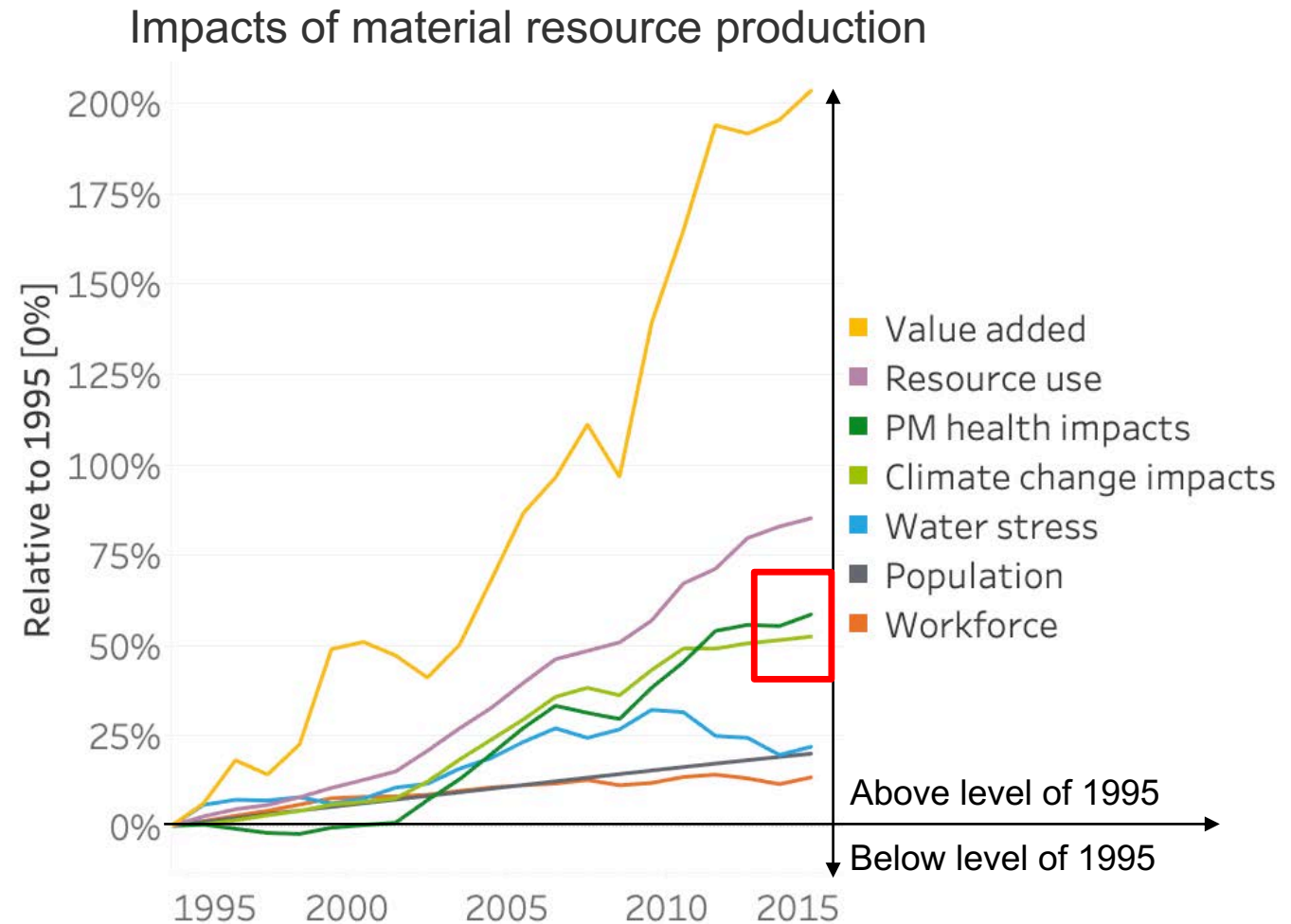
Kann die Wirtschaft ökologisch wachsen?



Relative Entkopplung von Treibhausgasemissionen und Bruttoinlandsprodukt, aber die Effekte steigen absolut gesehen an.

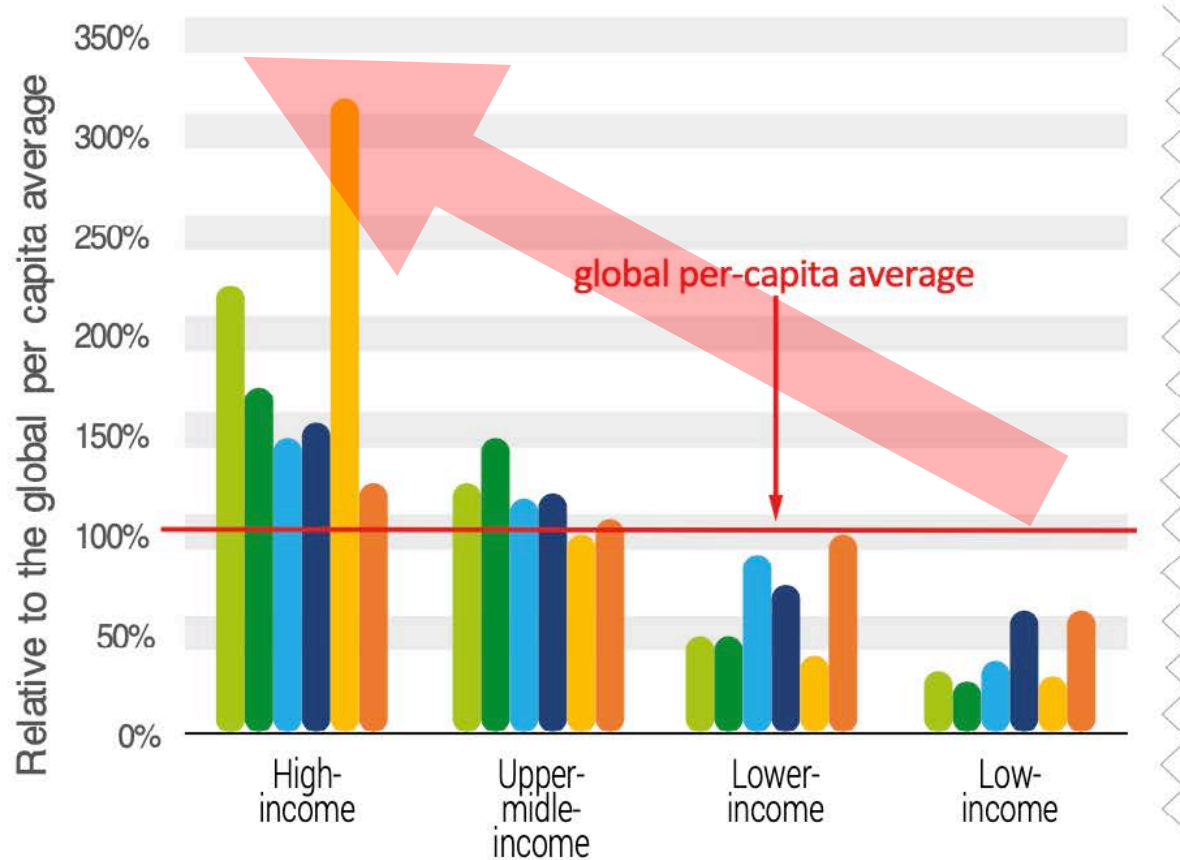


Global Resources Outlook 2019



Pro Kopf Fussabdrücke steigen mit Einkommen an

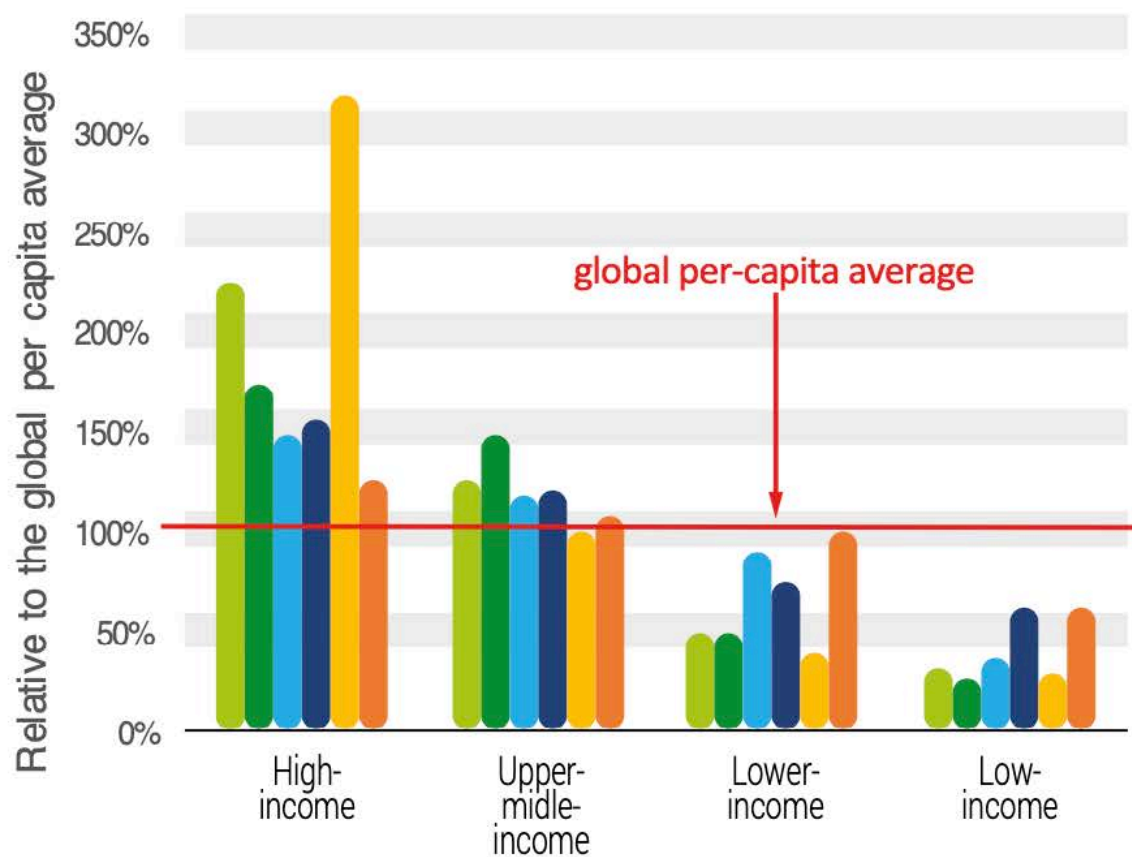
Pro Kopf Fussabdrücke aufgrund der
Produktion von Materialressourcen (Jahr 2015)



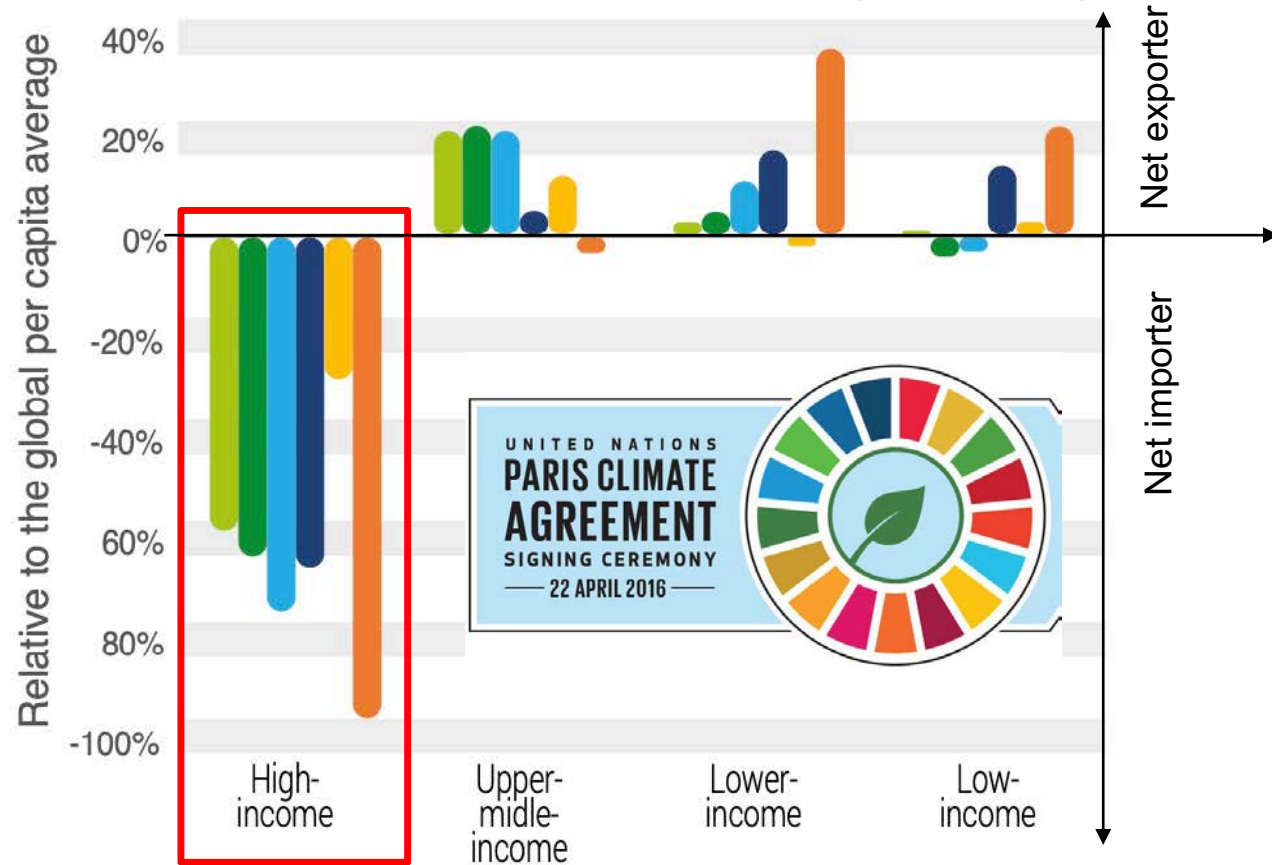
Climate change impacts PM health impacts Water stress Land-use related biodiversity loss Value added Employment

Einkommensstarke Länder lagern die Umweltauswirkungen ins Ausland aus

Pro Kopf Fussabdrücke aufgrund der Produktion von Materialressourcen (Jahr 2015)

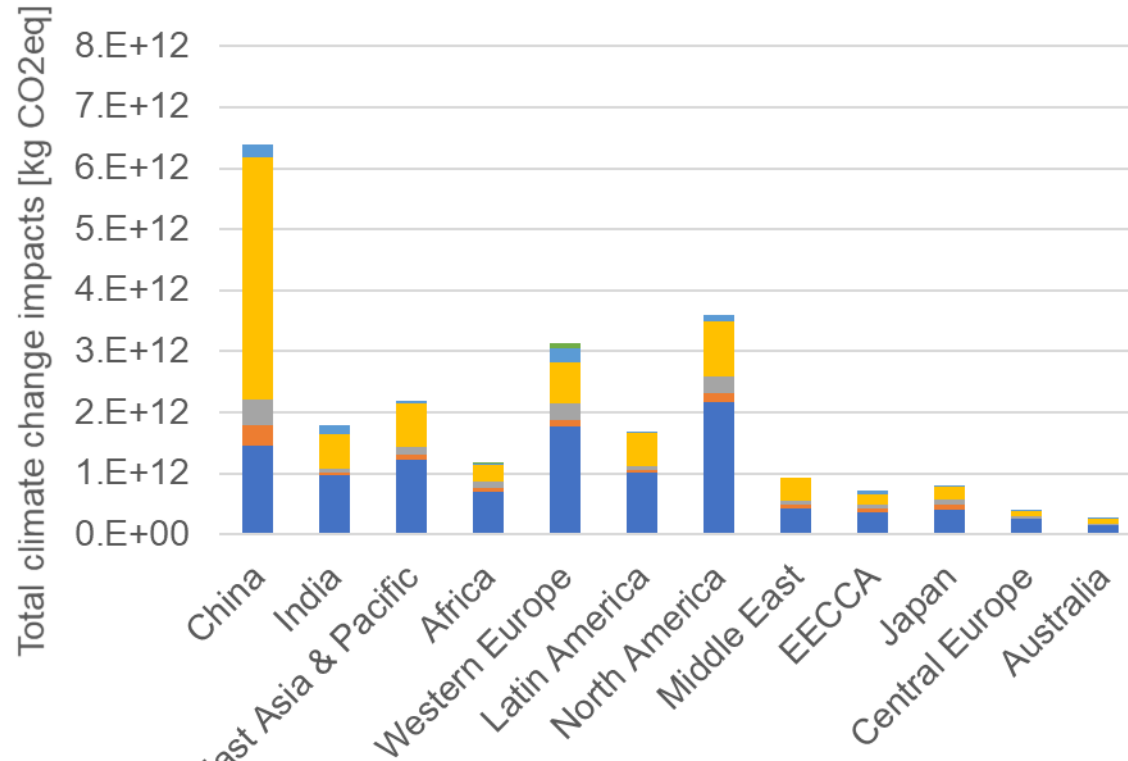


Netto Handelseffekte pro Kopf aufgrund der Produktion von Materialressourcen (Jahr 2015)

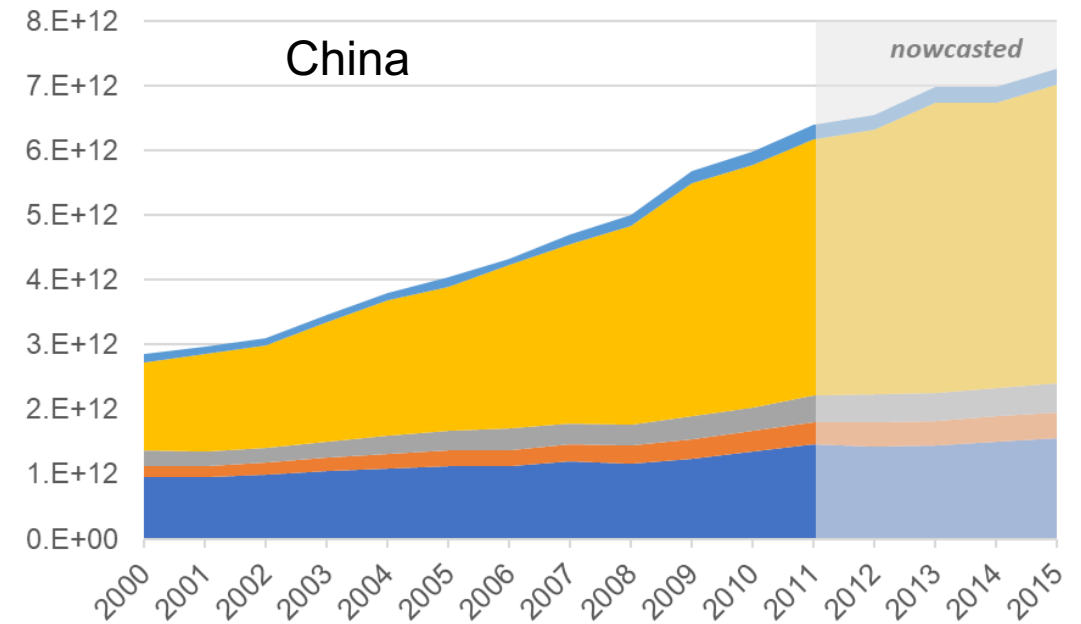


■ Climate change impacts
 ■ PM health impacts
 ■ Water stress
 ■ Land-use related biodiversity loss
 ■ Value added
 ■ Employment

In aufstrebenden Ökonomien wie China werden die Materialien zum Aufbau der Infrastruktur genutzt. In Industrieländern dominiert der private Konsum.

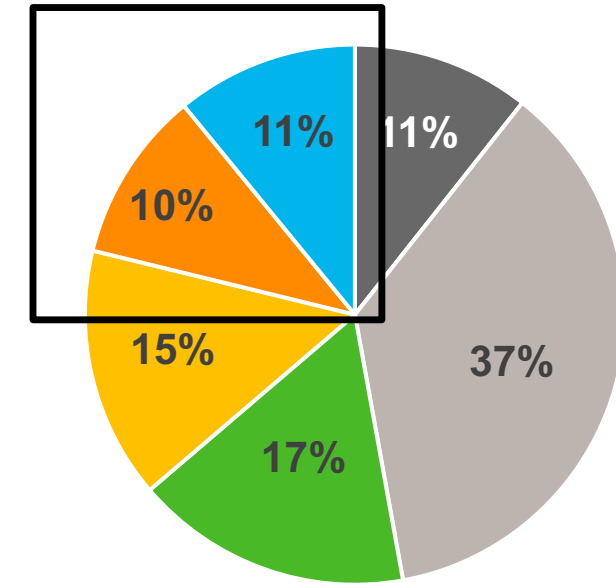
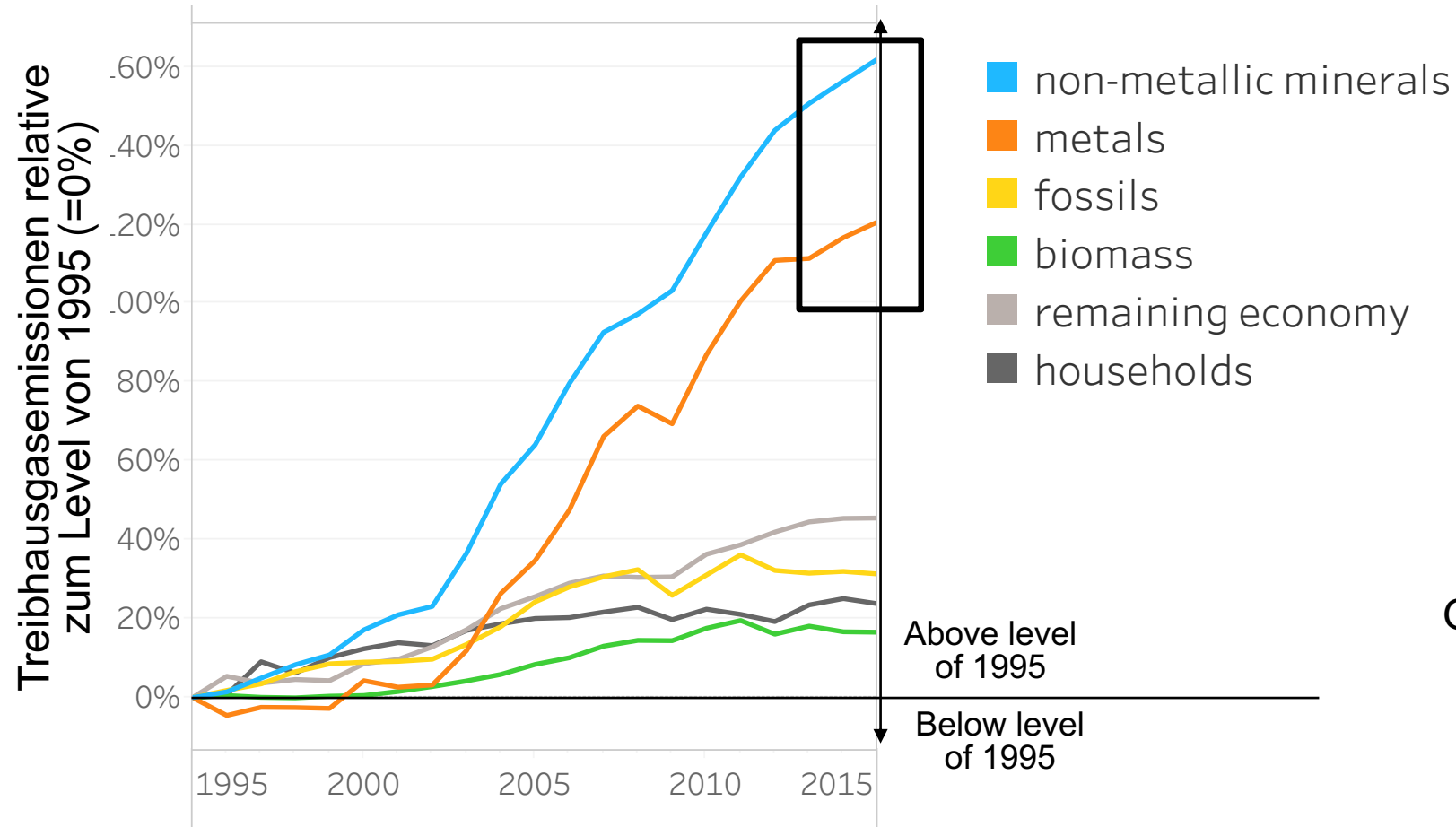


- Changes in valuables
- Changes in inventories
- Gross fixed capital formation
- Final consumption expenditure by government
- Final consumption expenditure by non-profit organisations serving households
- Final consumption expenditure by households



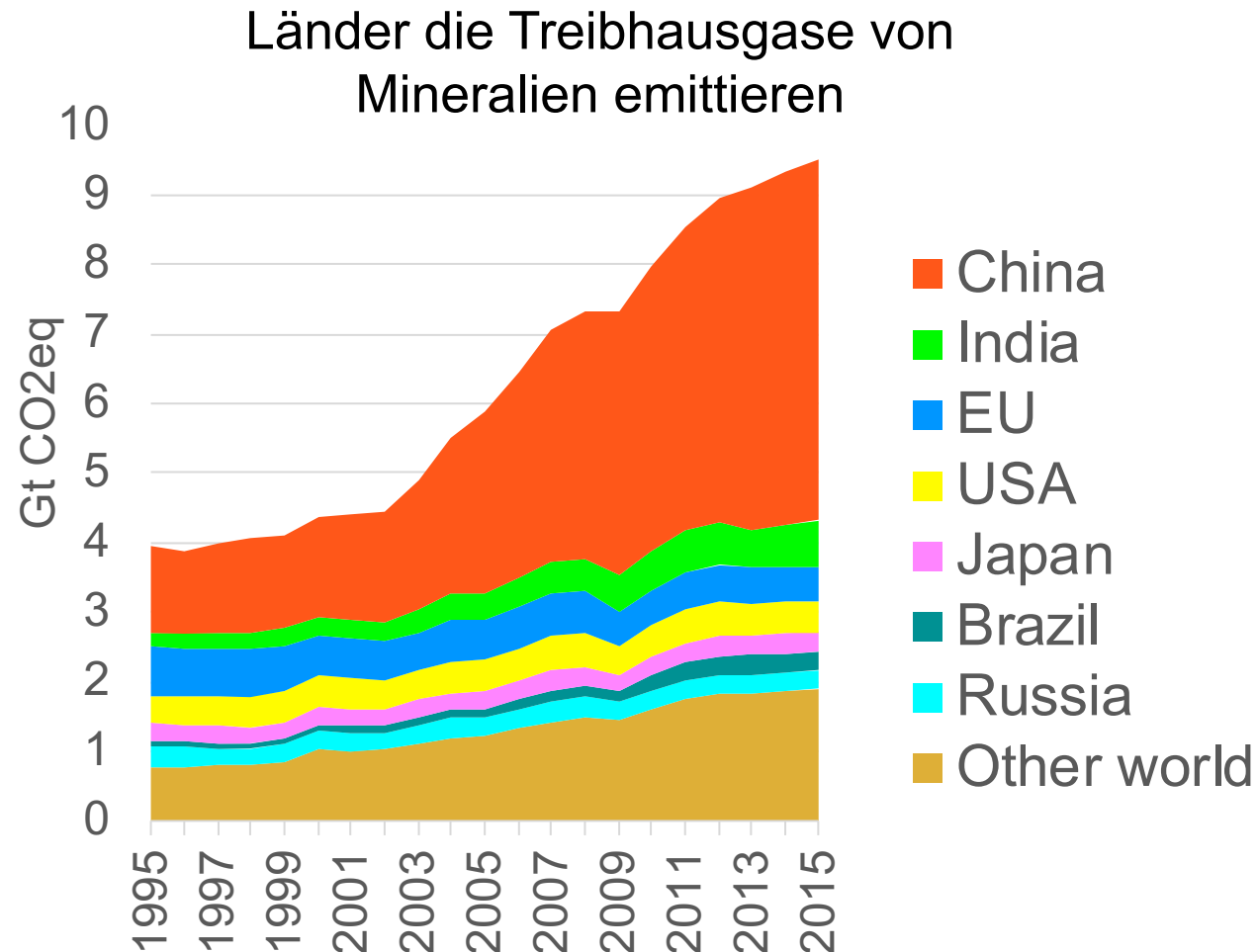
Cabernard et al. 2019

Mineralien zeigen relativ den stärksten Anstieg in den globalen Treibhausgasemissionen



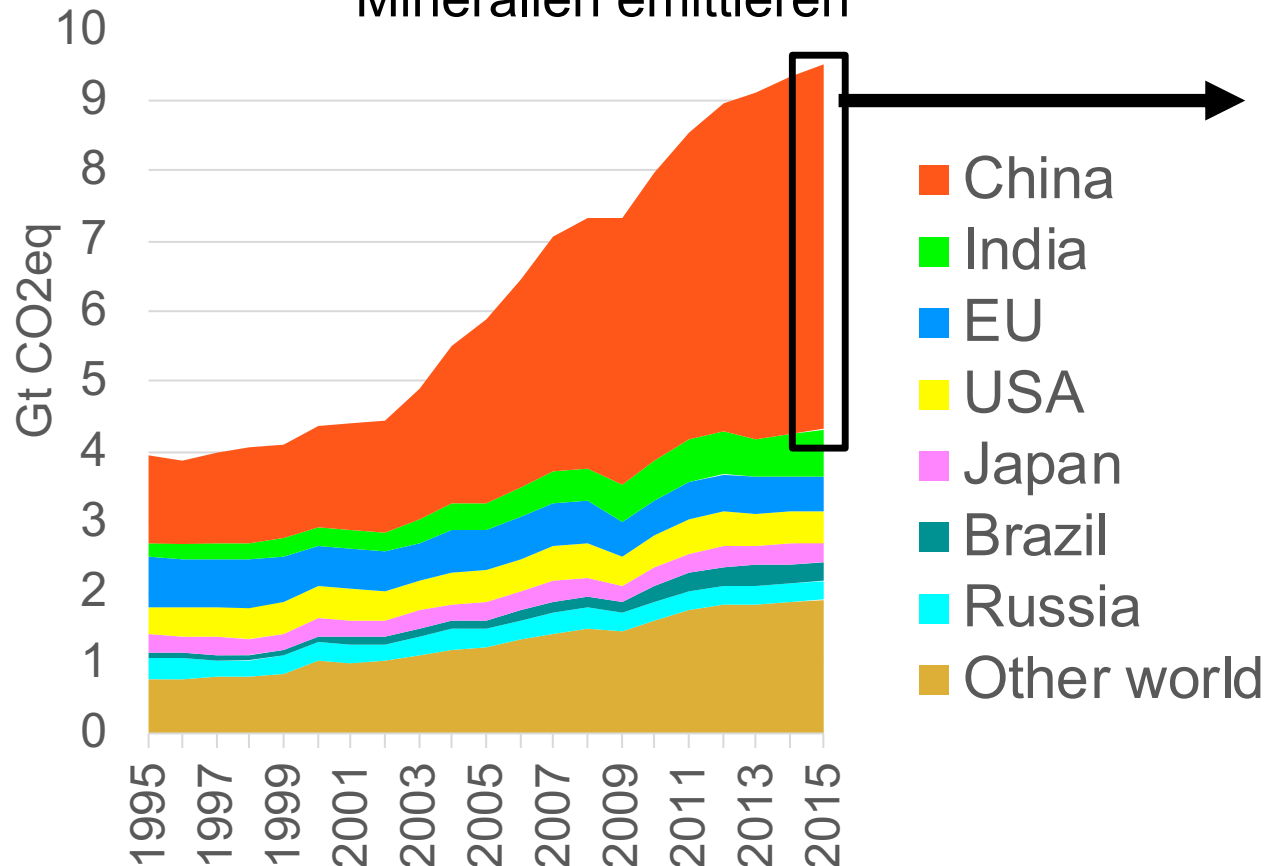
Global climate change impacts in 2015

China emittiert mehr als die Hälfte der globalen Treibhausgase von Mineralien (Jahr 2015)

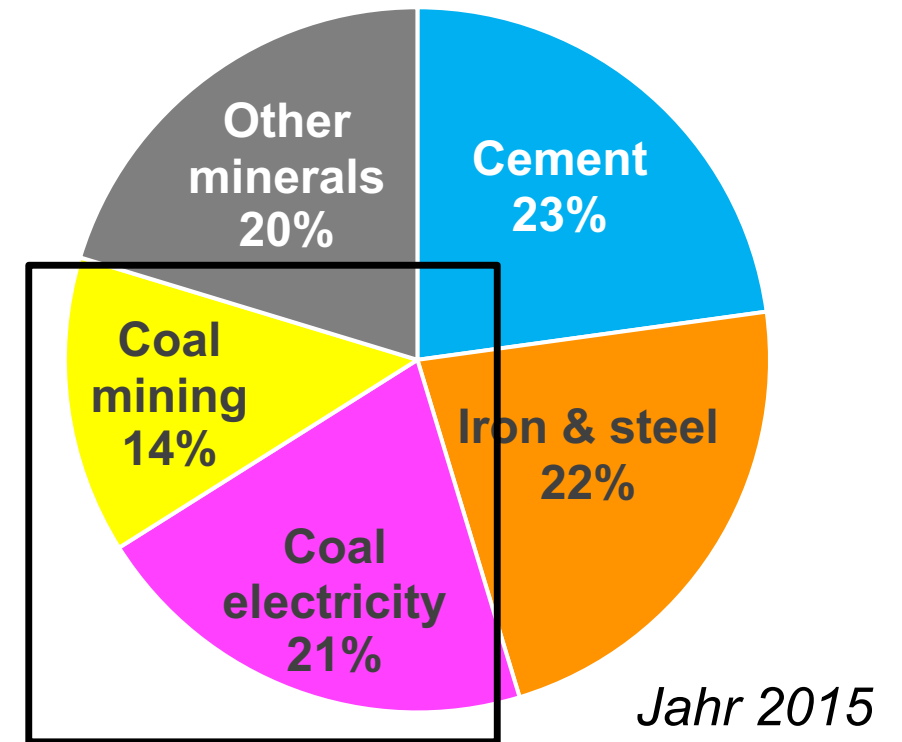


China produziert schmutzig: Kohle wird als Energiequelle zur Produktion von Mineralien verwendet

Länder die Treibhausgase von Mineralien emittieren



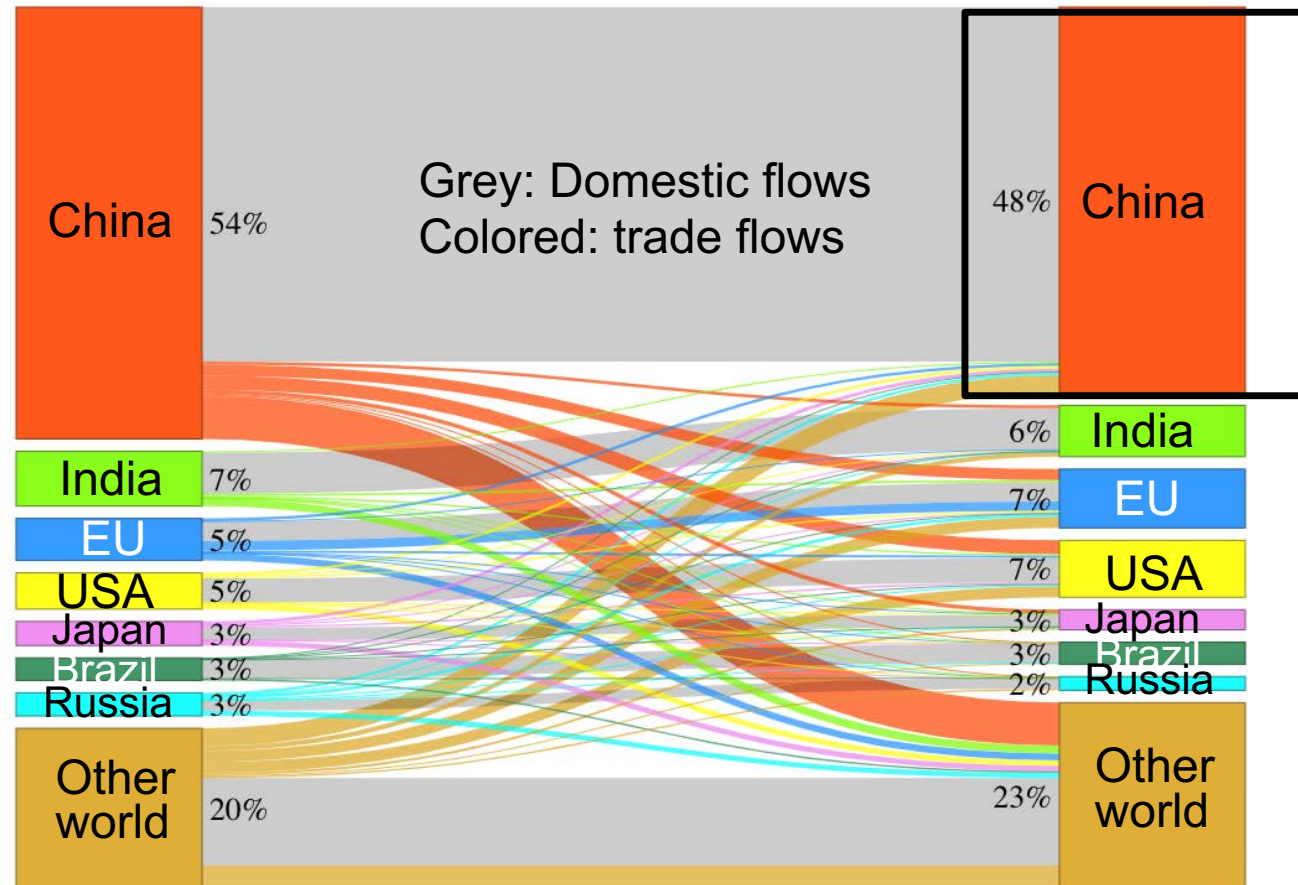
Sektoren in China, die die Treibhausgase für die Mineralien-Produktion emittieren



Die meisten Mineralien werden auch in China genutzt

Wo werden die
Treibhausgasemissionen emittiert?

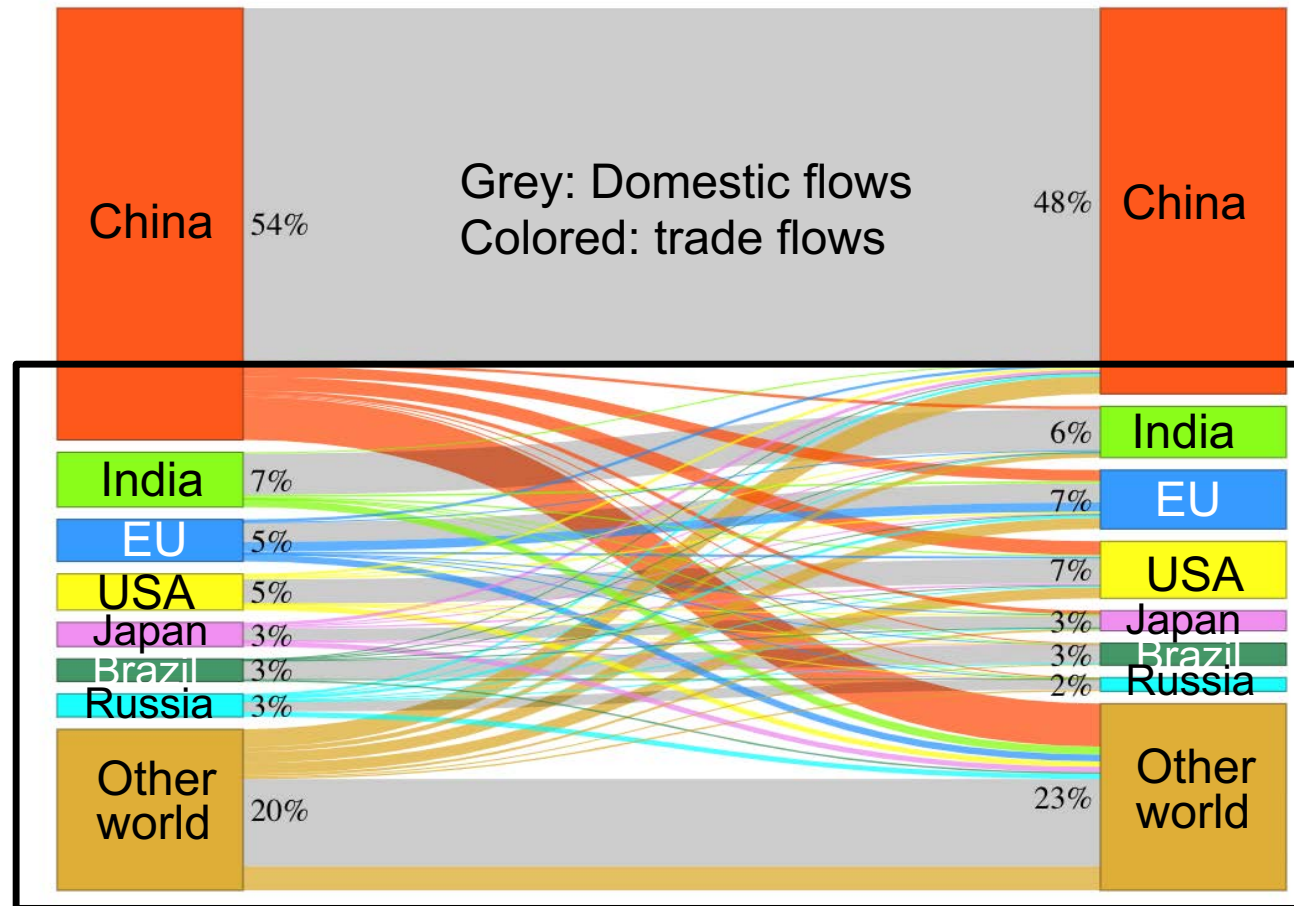
Wer nutzt die
Mineralien?



Ohne China: 50% der Treibhausgasemissionen von Mineralien aufgrund von internationalem Handel

Wo werden die
Treibhausgasemissionen emittiert?

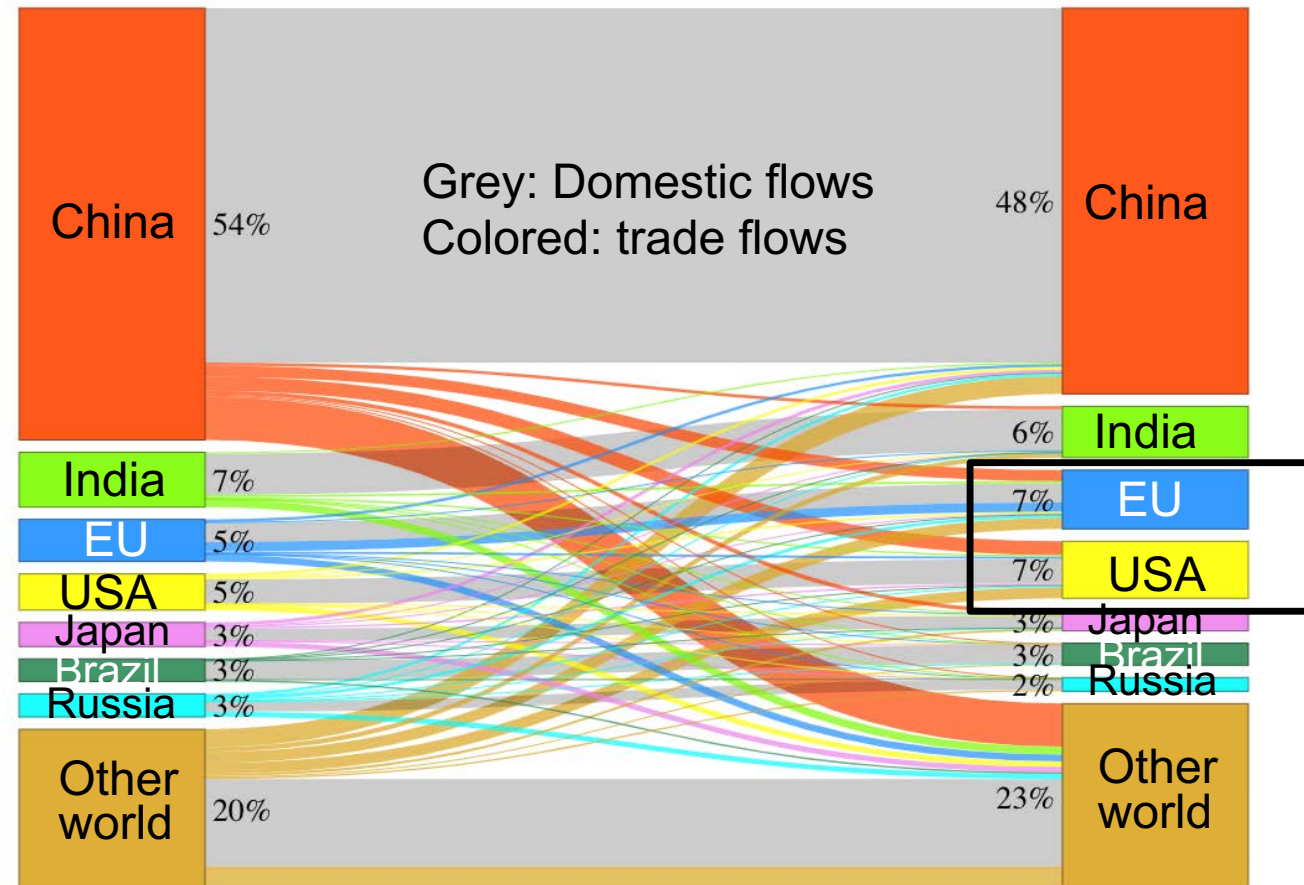
Wer nutzt die
Mineralien?



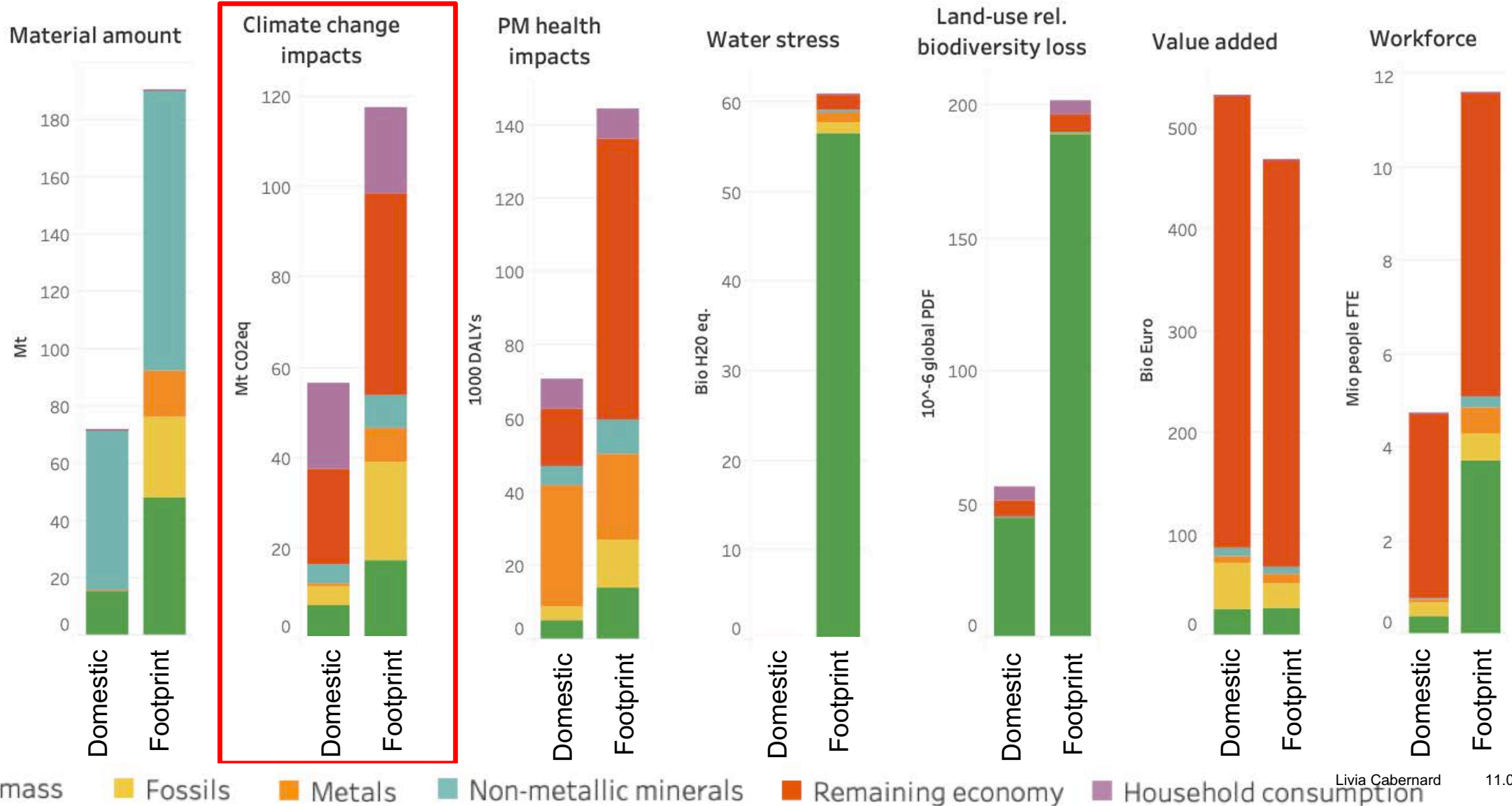
Reiche Länder wie die EU und die USA sind Importeure von Mineralien

Wo werden die
Treibhausgasemissionen emittiert?

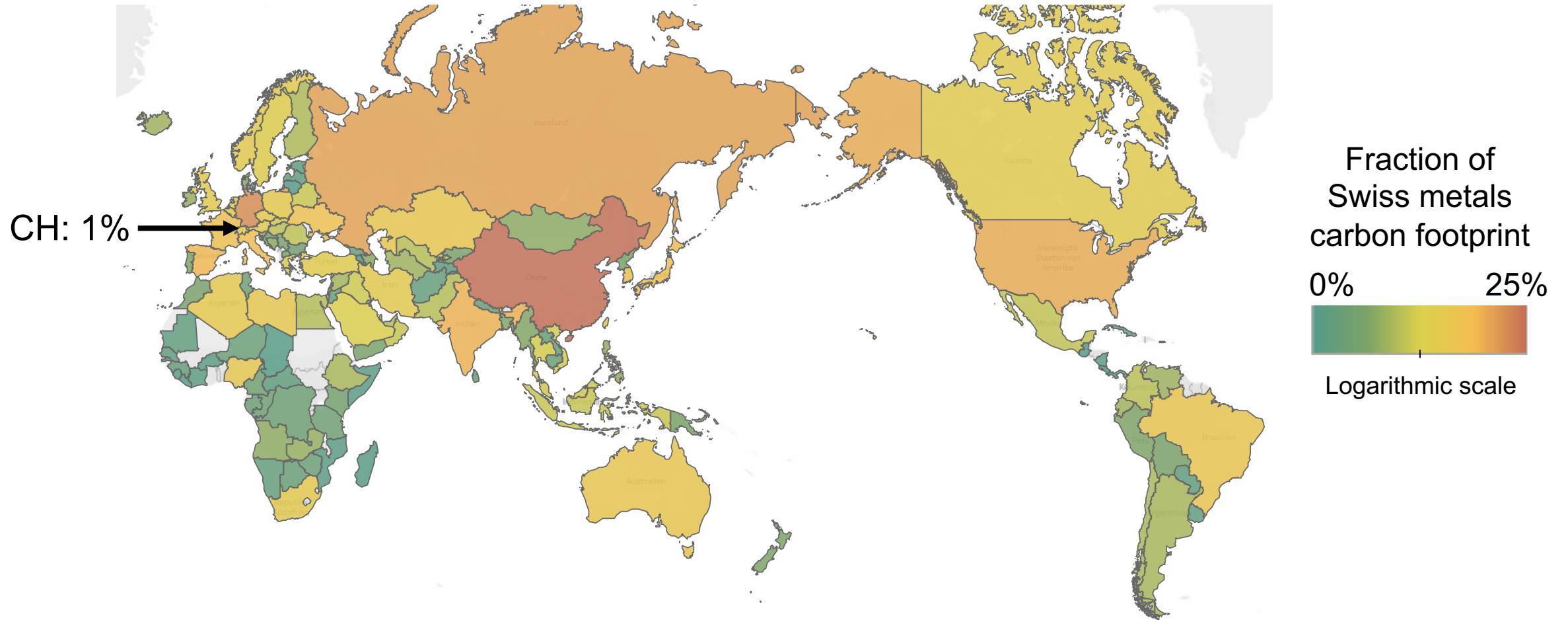
Wer nutzt die
Mineralien?



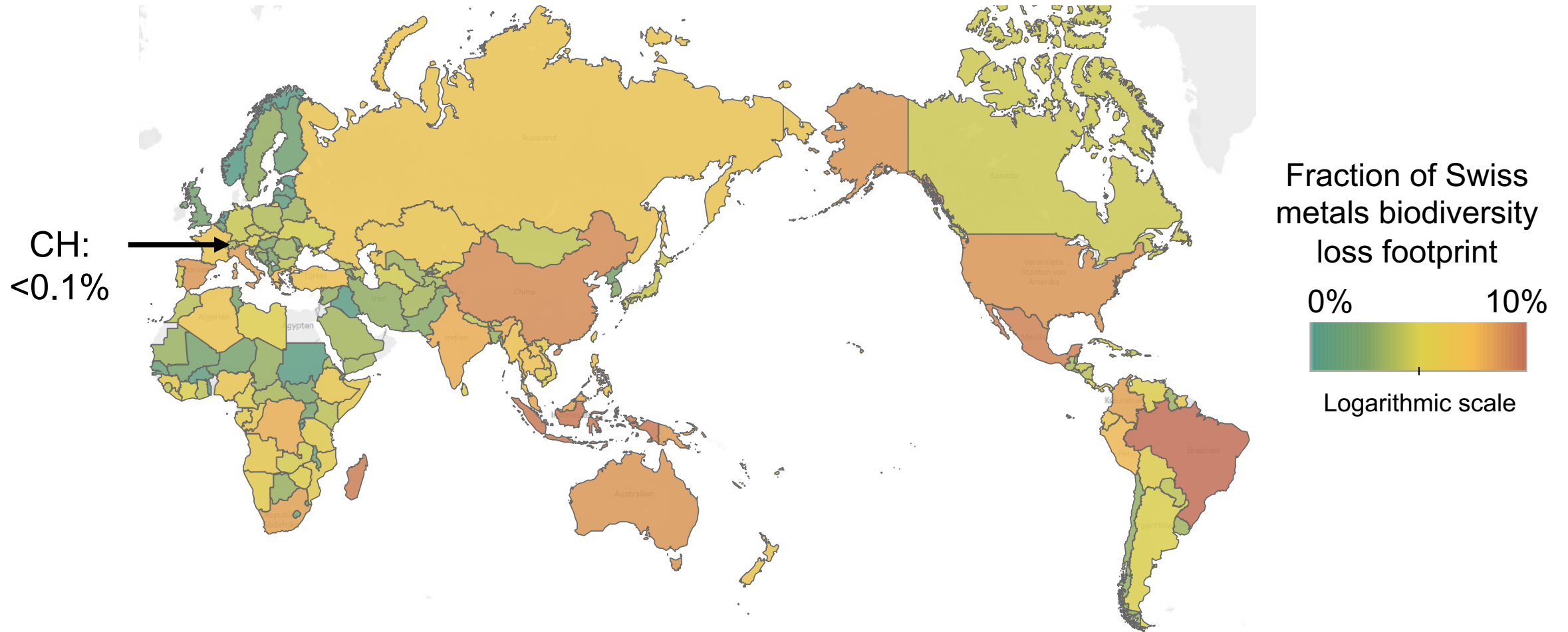
Die Produktion von Materialressourcen verursacht fast die Hälfte vom Schweizer Kohlenstoff Fussabdruck und >80% des Wasserstress und Biodiversitätsverlusts – mehrheitlich im Ausland



99% von den Treibhausgase von Schweizer Metallen werden im Ausland emittiert



Der Biodiversitätsverlust von Schweizer Metallen findet komplett im Ausland statt

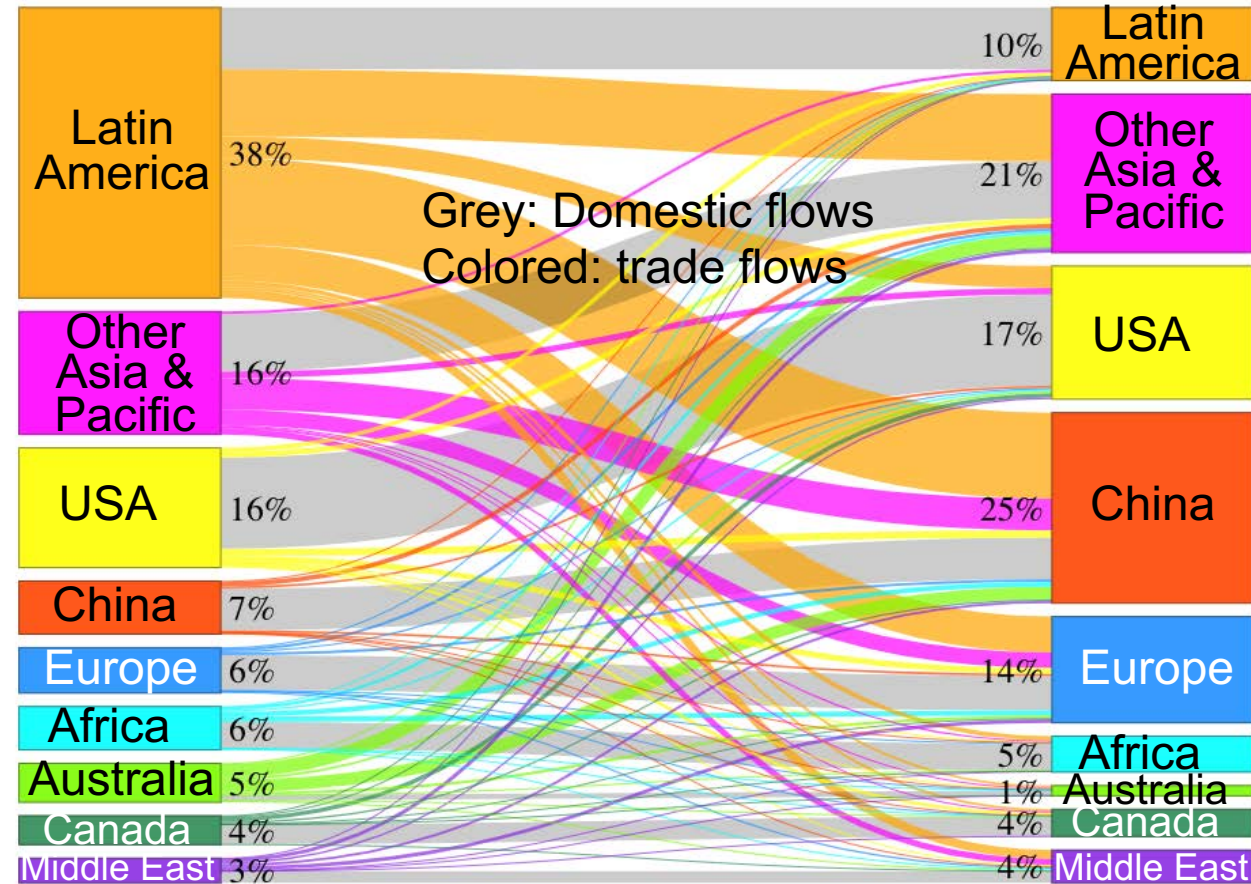


Kupfer ist eines der am meistgehandelten Materialien

Inwiefern spielt die Schweiz eine Rolle?

Copper extraction

Copper consumption





Schweizer Firmen handeln einen Grossteil der globalen Materialressourcen

Switzerland, the global commodity trading hub

Share of global trade handled by Swiss-based commodity trading companies

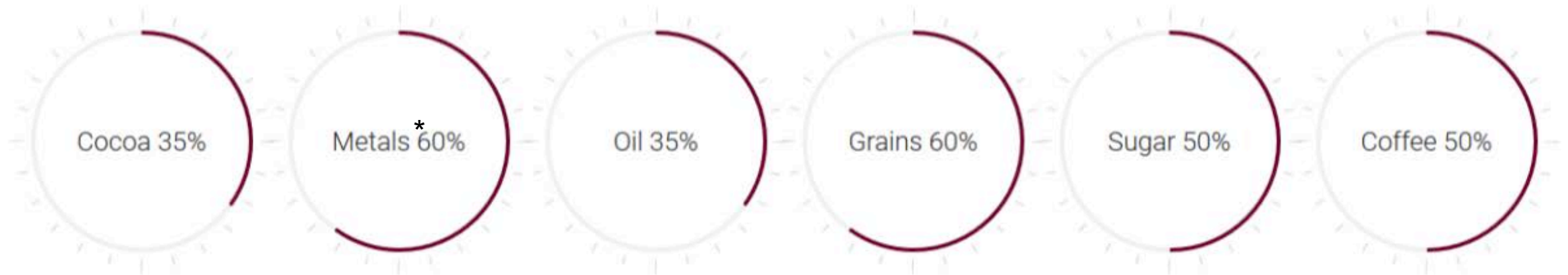


Fig. 3.1 Share of Swiss trading companies in total world trade ¹⁶

Jungbluth et al. 2018

*Iron, Alu, Copper: 60%

Diese Güter werden von Schweizer Firmen ausserhalb der Schweiz gehandelt, ausser bei Gold. Wieviel vom globalen Gold wird in der Schweiz raffiniert?

Switzerland, the global commodity trading hub

Share of global trade handled by Swiss-based commodity trading companies

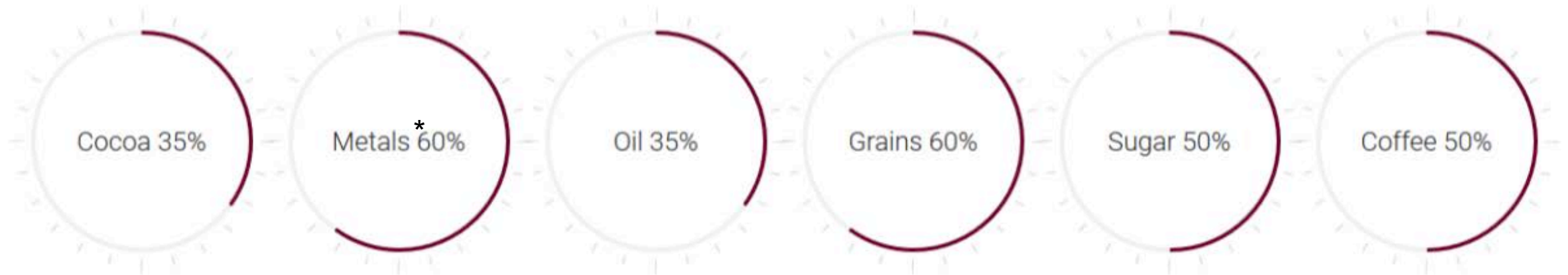
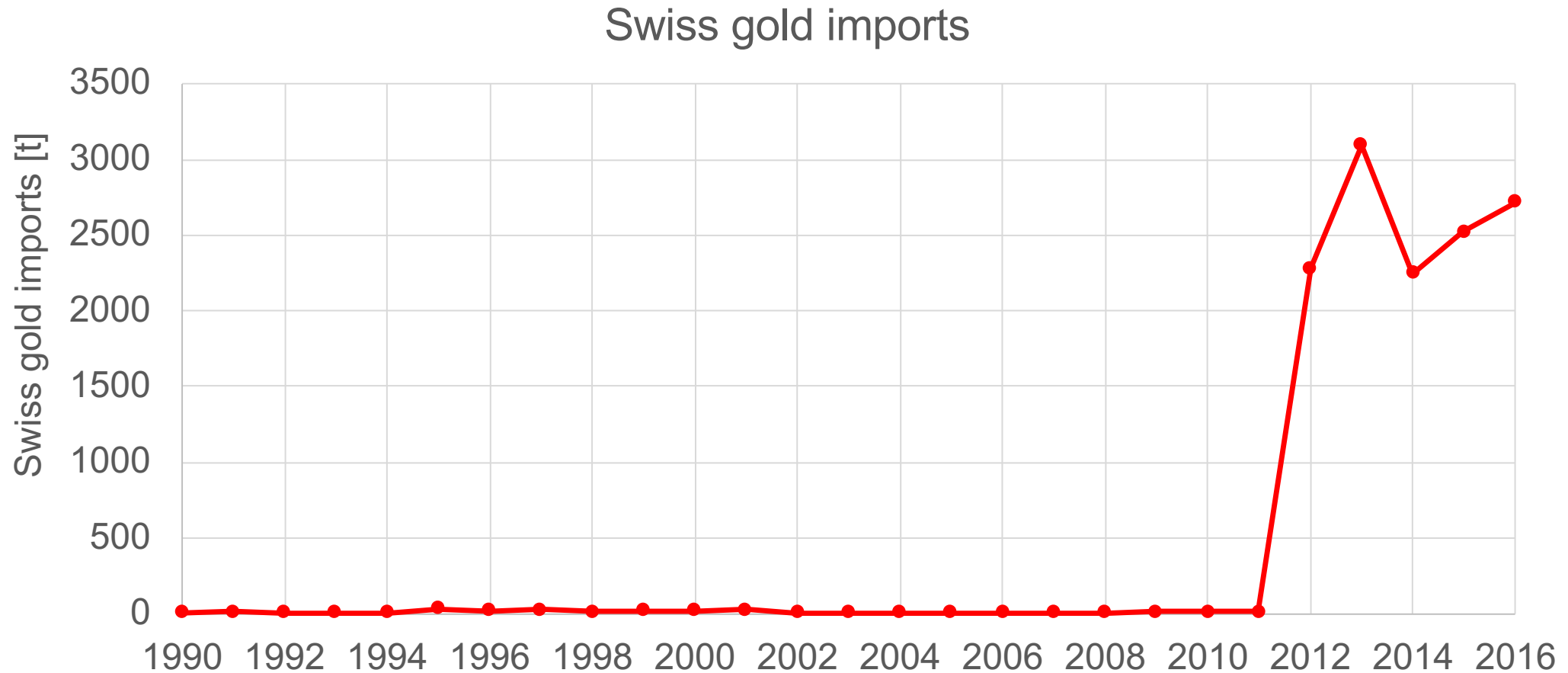


Fig. 3.1 Share of Swiss trading companies in total world trade ¹⁶

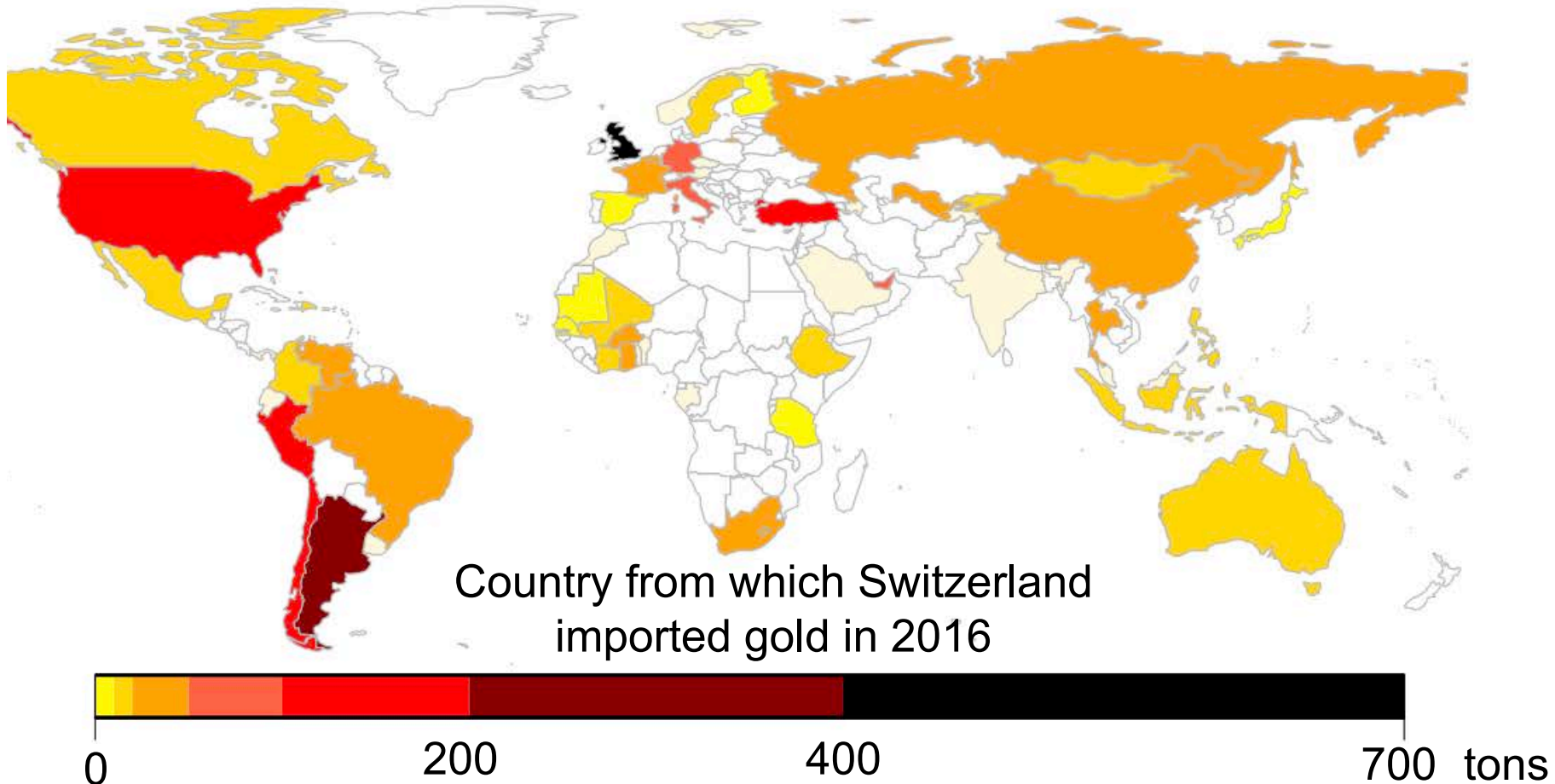
Jungbluth et al. 2018

*Iron, Alu, Copper: 60%
Gold?

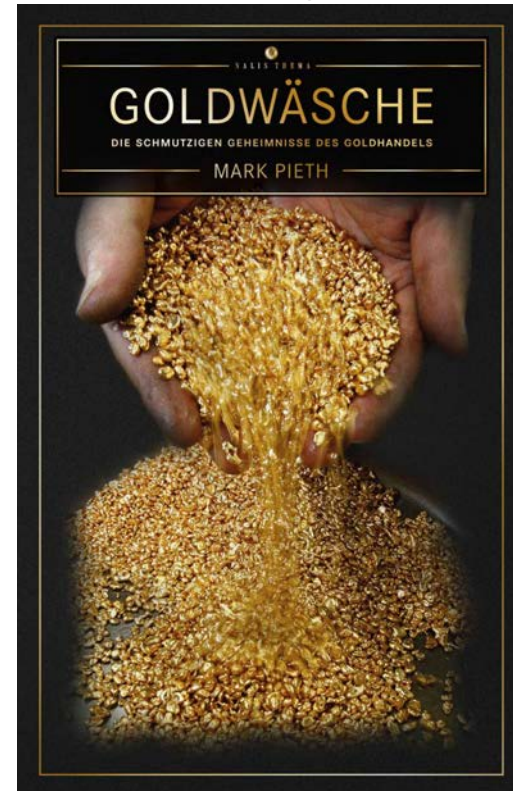
__% vom global abgebauten Gold wird in der Schweiz raffiniert, aber Schweizer Zollstatistiken erfassen Gold erst seit 2012



Schweizer Gold Importe: Der Handelspartner ist meist nicht das Land wo das Gold abgebaut wurde. Es fehlt Transparenz in der Herkunft.



Book from Mark Pieth about Swiss gold trade



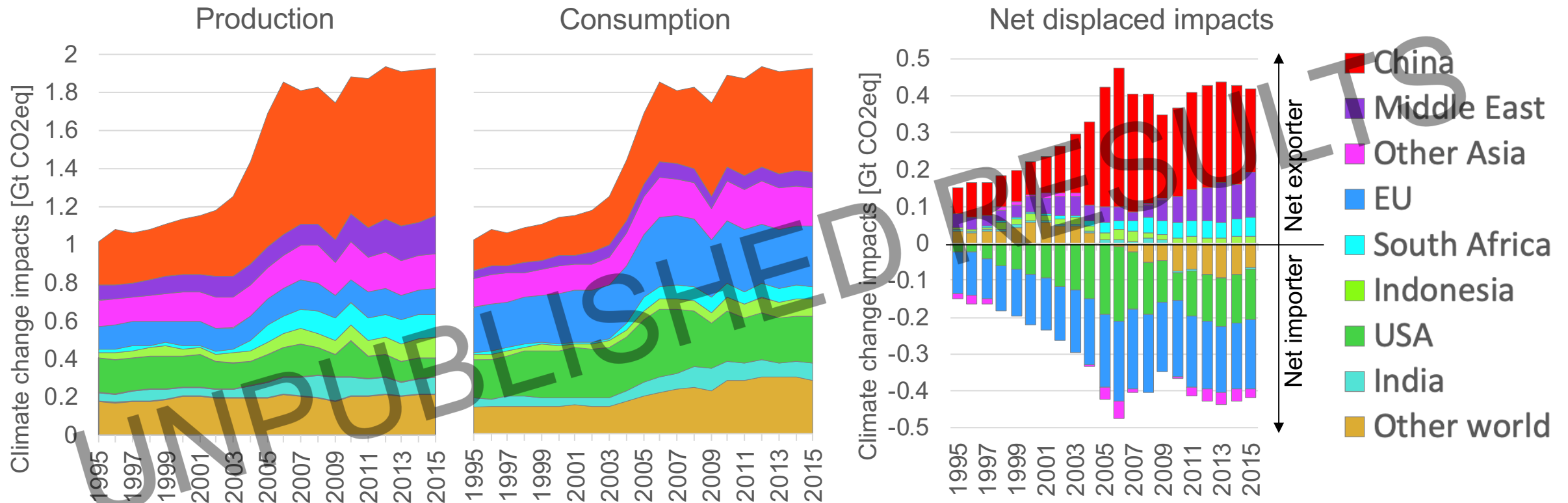
Wieviel der globalen Treibhausgasemissionen sind auf die Produktion von Plastik zurück führen im Jahr 2015?

- A) 1.5%
- B) 3.2%
- C) 4.5%
- ?

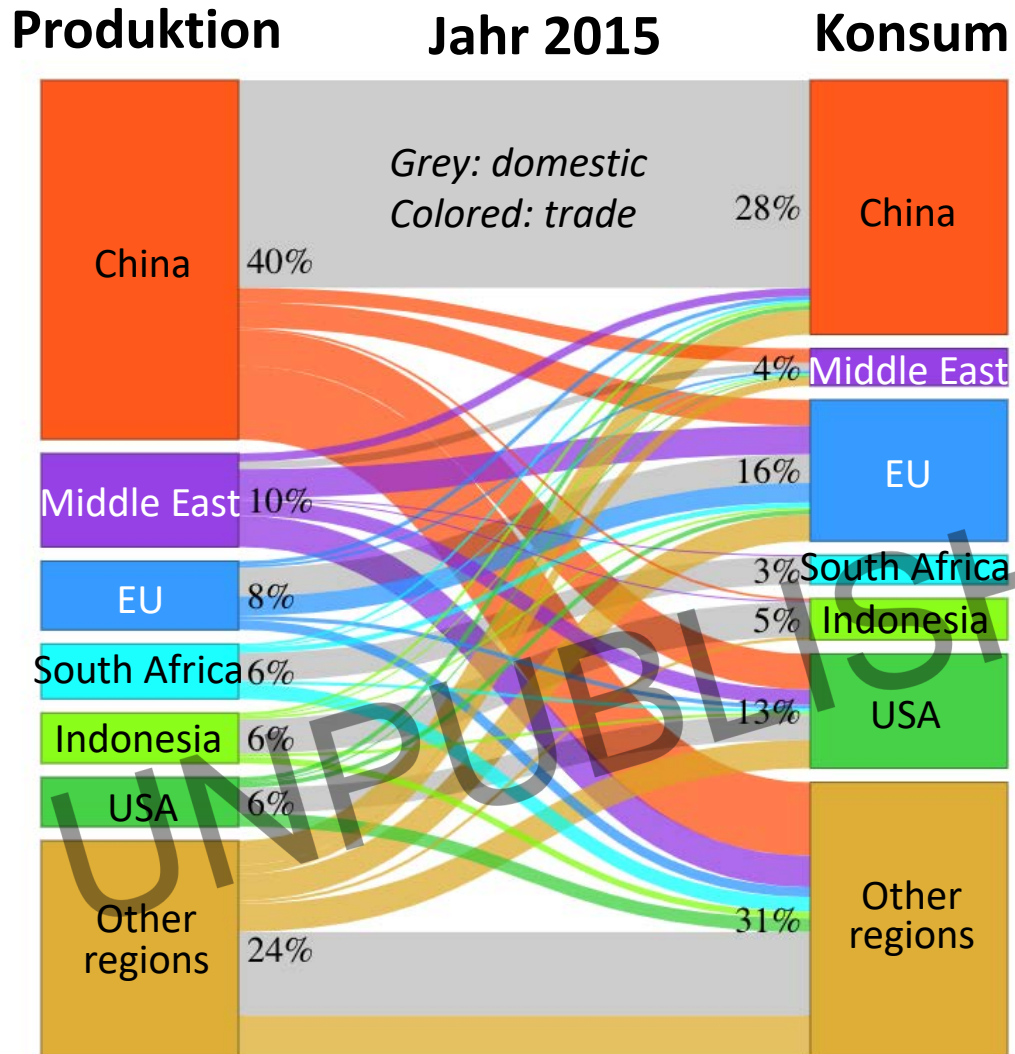
Wo werden die Treibhausgase der Plastikproduktion freigesetzt?



Wer verursacht die Treibhausgase aufgrund dem Konsum von Plastik?

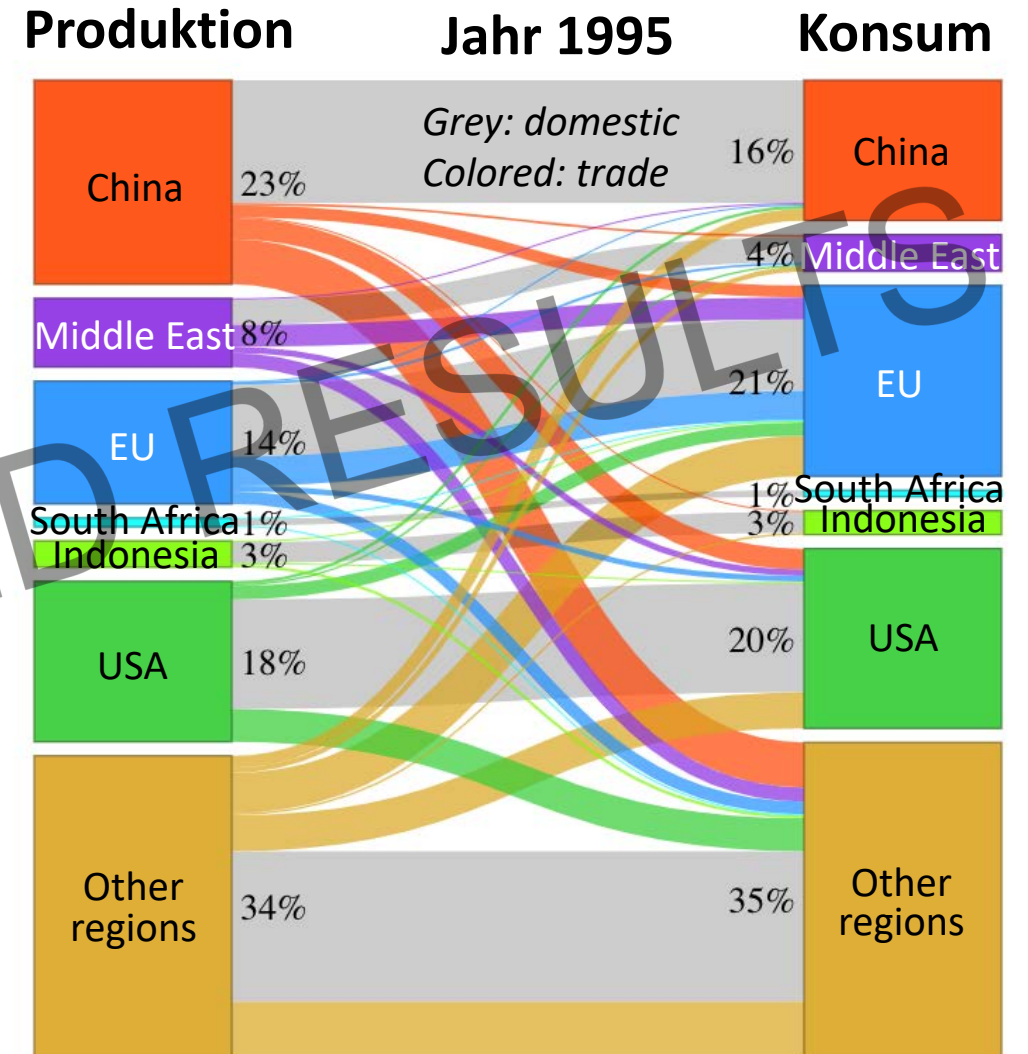
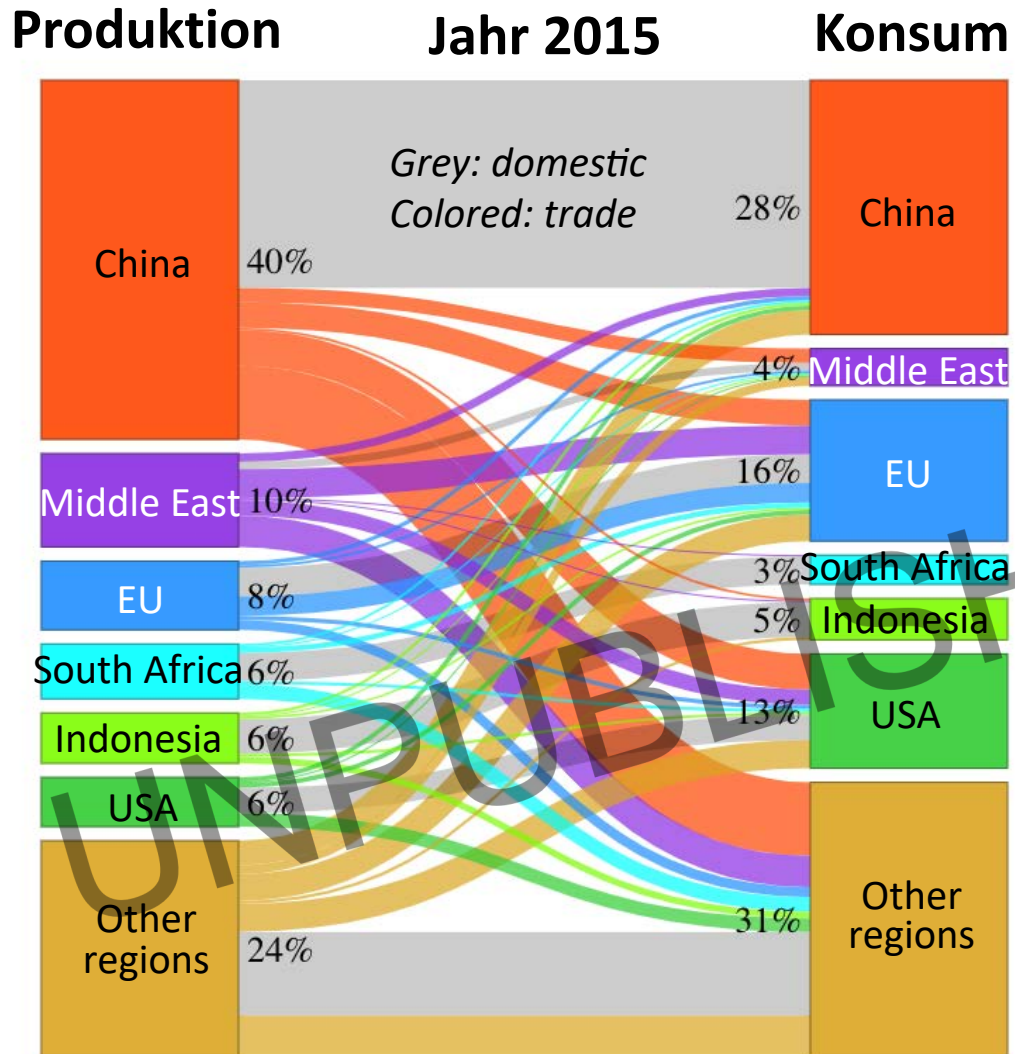


Inwiefern spielt Handel eine Rolle?



- Auslagerung der Plastikproduktion nach China
- Treibhausgasemissionen von Plastik in der EU und USA findet mehrheitlich im Ausland statt

Wie hat sich der Handel über die Jahre verändert?



Wo besteht Potential die Treibhausgasemissionen der Plastikproduktion zu reduzieren?

a) Life-cycle stages

b) Fuel type

c) Domestic emissions (production perspective)

d) Plastics carbon footprint (consumption perspective)

e) End-use sector



Wo entsteht die Wertschöpfung der Plastikproduktion?

Where is the value added
of plastics generated?

Where is plastics
consumed?



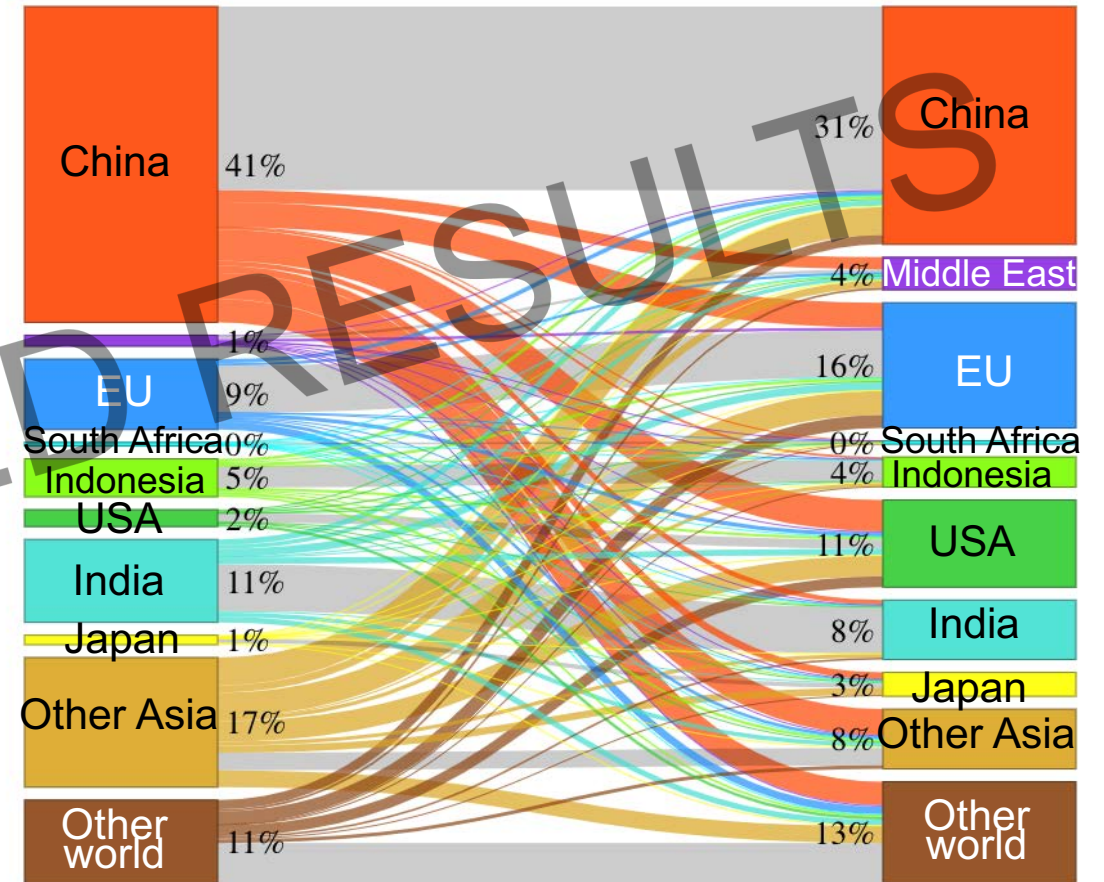
Wo sind die Arbeitskräfte für die Plastikproduktion angestellt?

Where is the value added of plastics generated?

Where is plastics consumed?

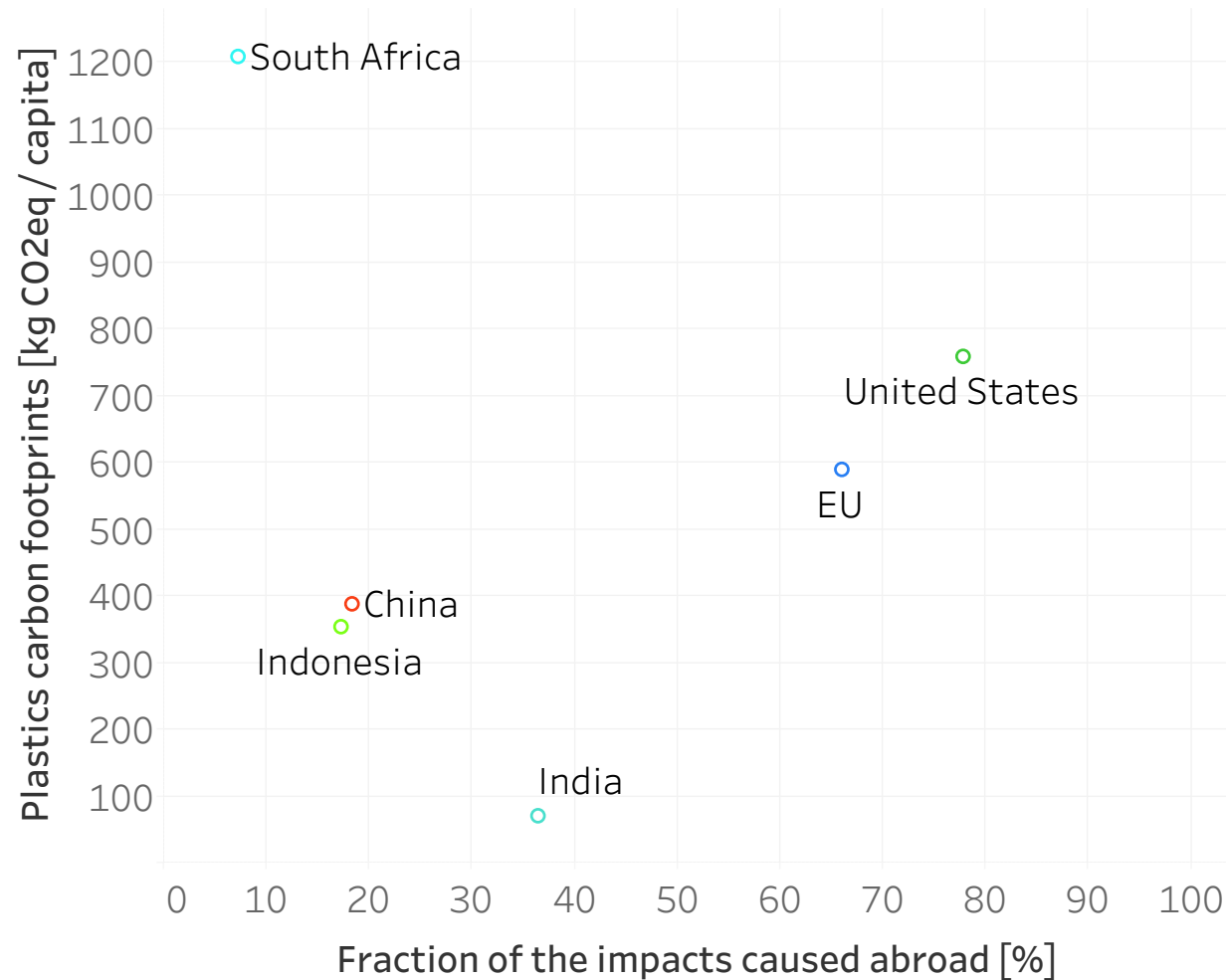
Where is the workforce for plastics occupied?

Where is plastics consumed?



Jahr 2015

Wie stehen die Länder bez. Plastik Kohlenstoff Fussabdrücke und wieviel wird jeweils ausgelagert? Wo steht die Schweiz?





Kanton Zürich
AWEL

1)



Praxisarbeit von Livia Cabernard beim AWEL in der Sektion Abwasserreinigungsanlagen

Betreuung: Edith Durisch-Kaiser & Jean-Claude Vogel

März – Dezember 2016

2) Quantifikation von Mikroplastik in der Nordsee mittels Raman & FTIR Spektroskopie

Masterarbeit

Oktober 2016 – April 2017

Alfred Wegener Institut, Helgoland

Betreuung: Gerhard Furrer, Gunnar Gerdt,

Sebastian Primpke, Claudia Lorenz







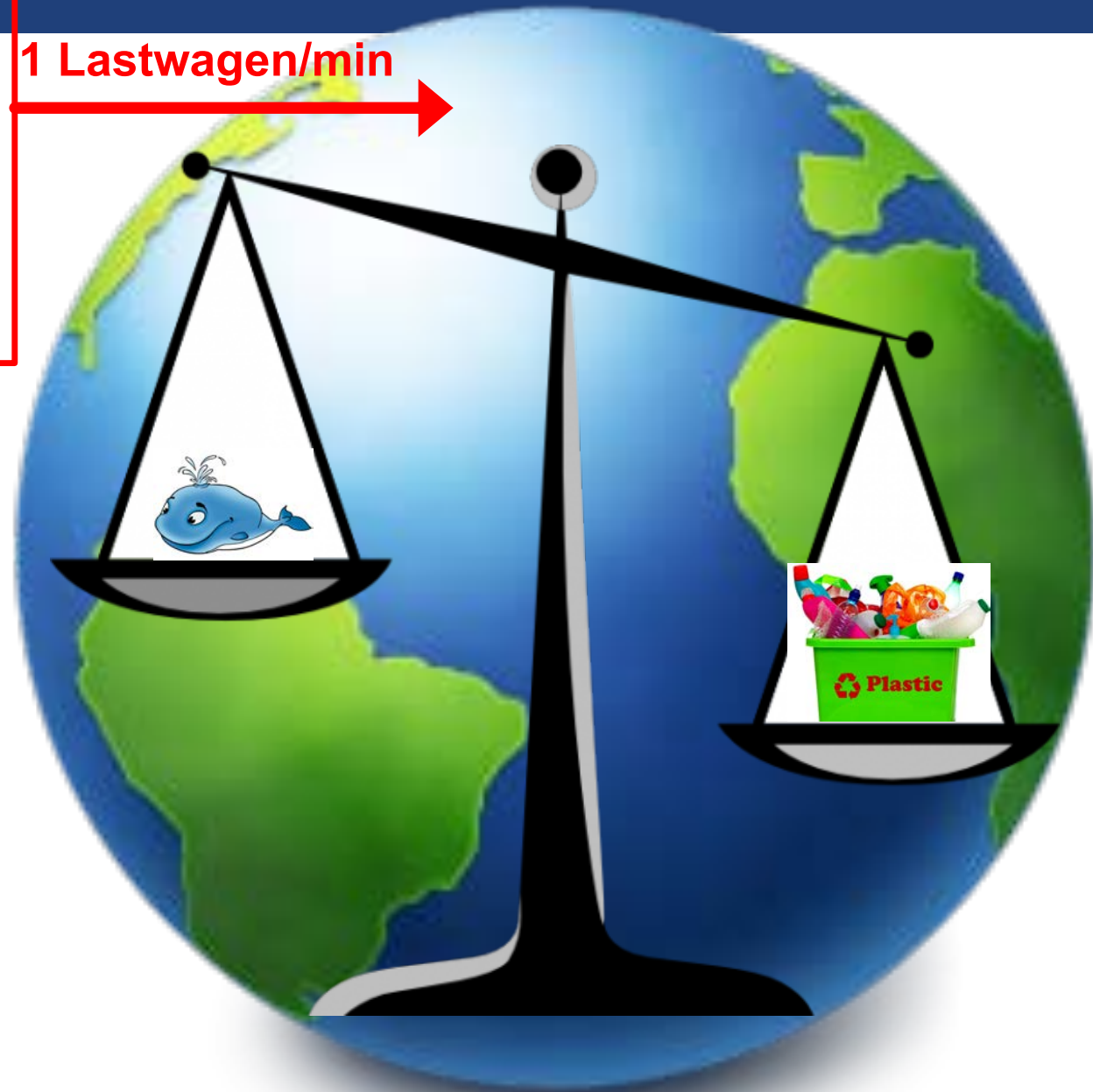


1 Lastwagen/min





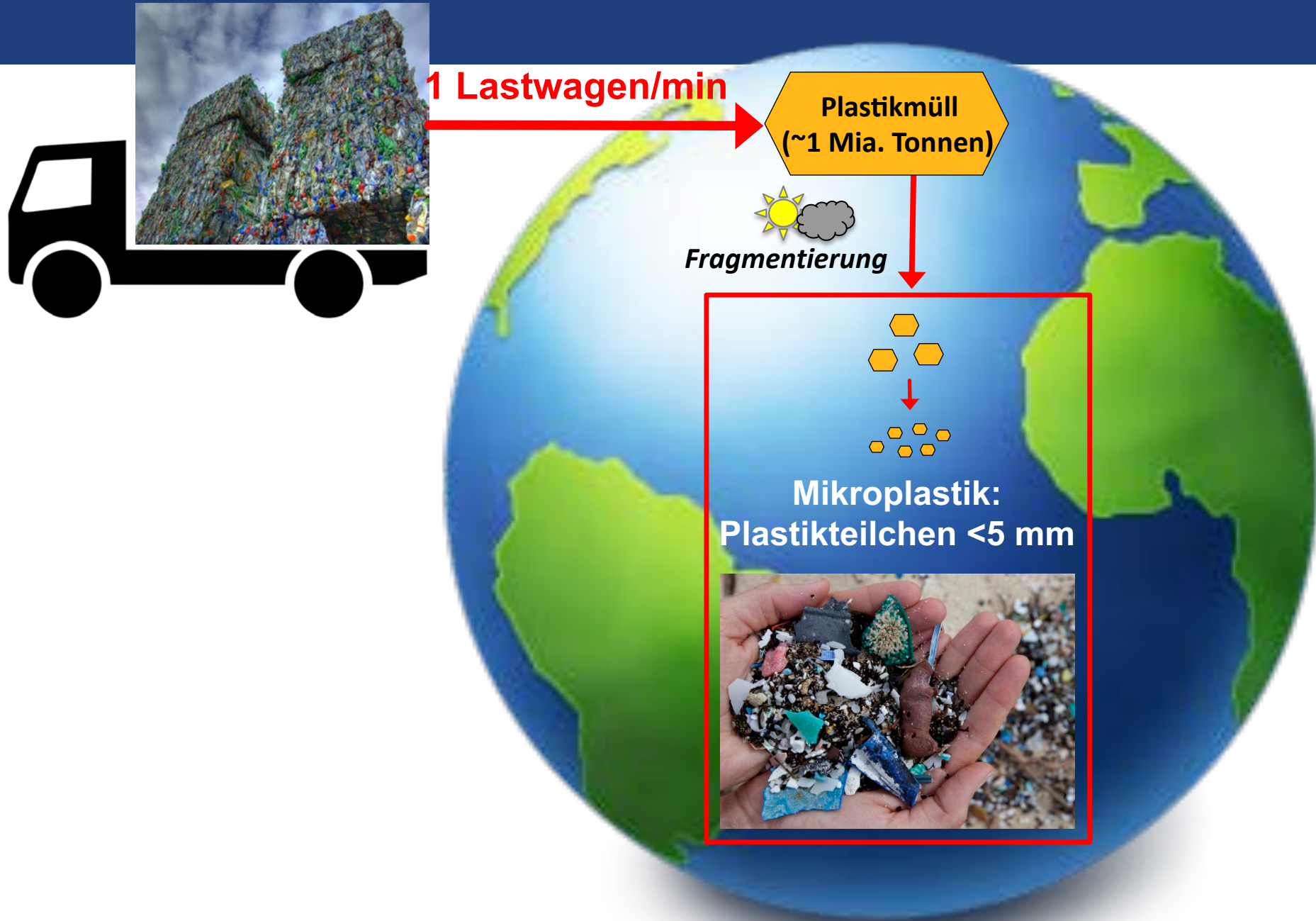
1 Lastwagen/min

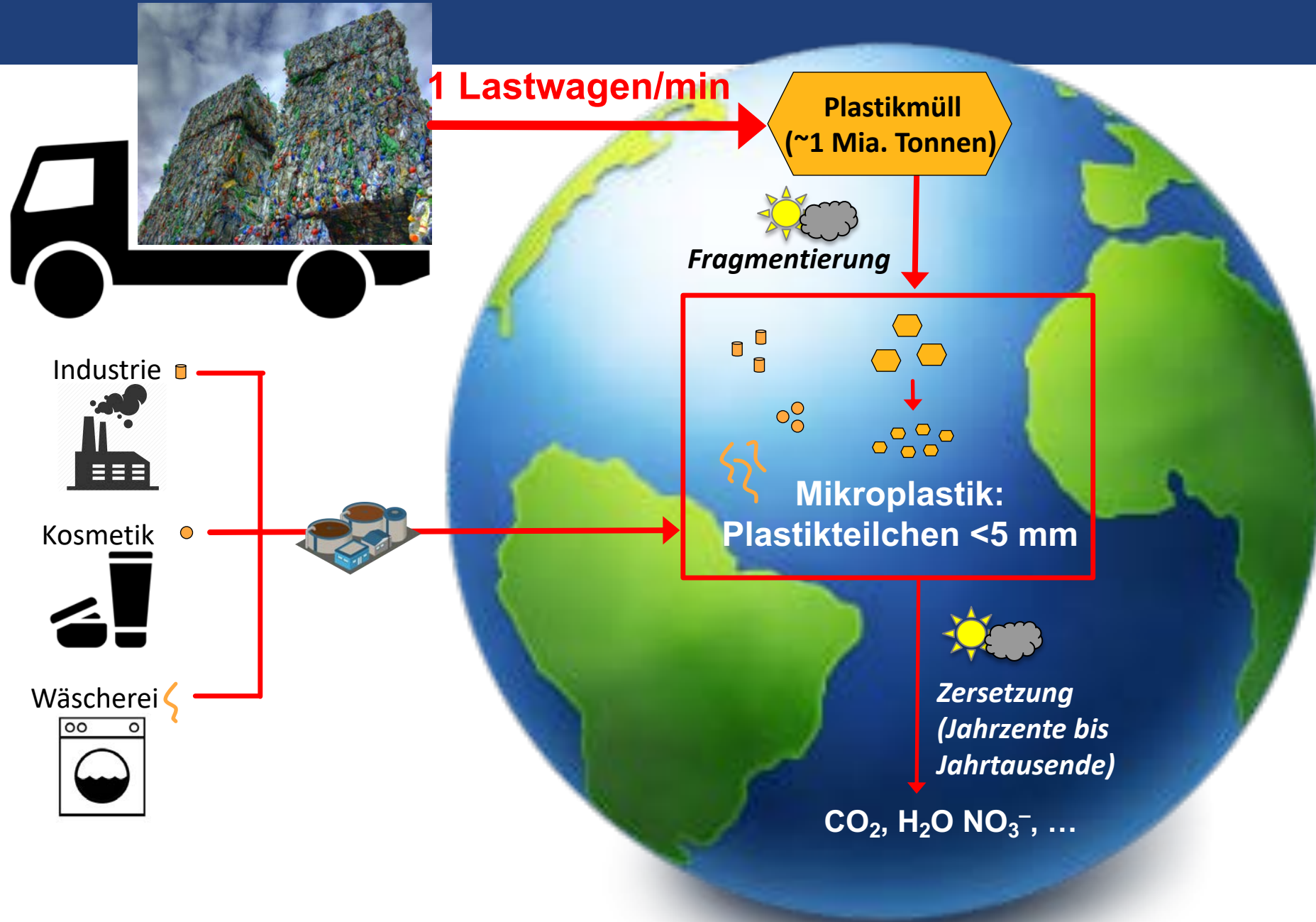




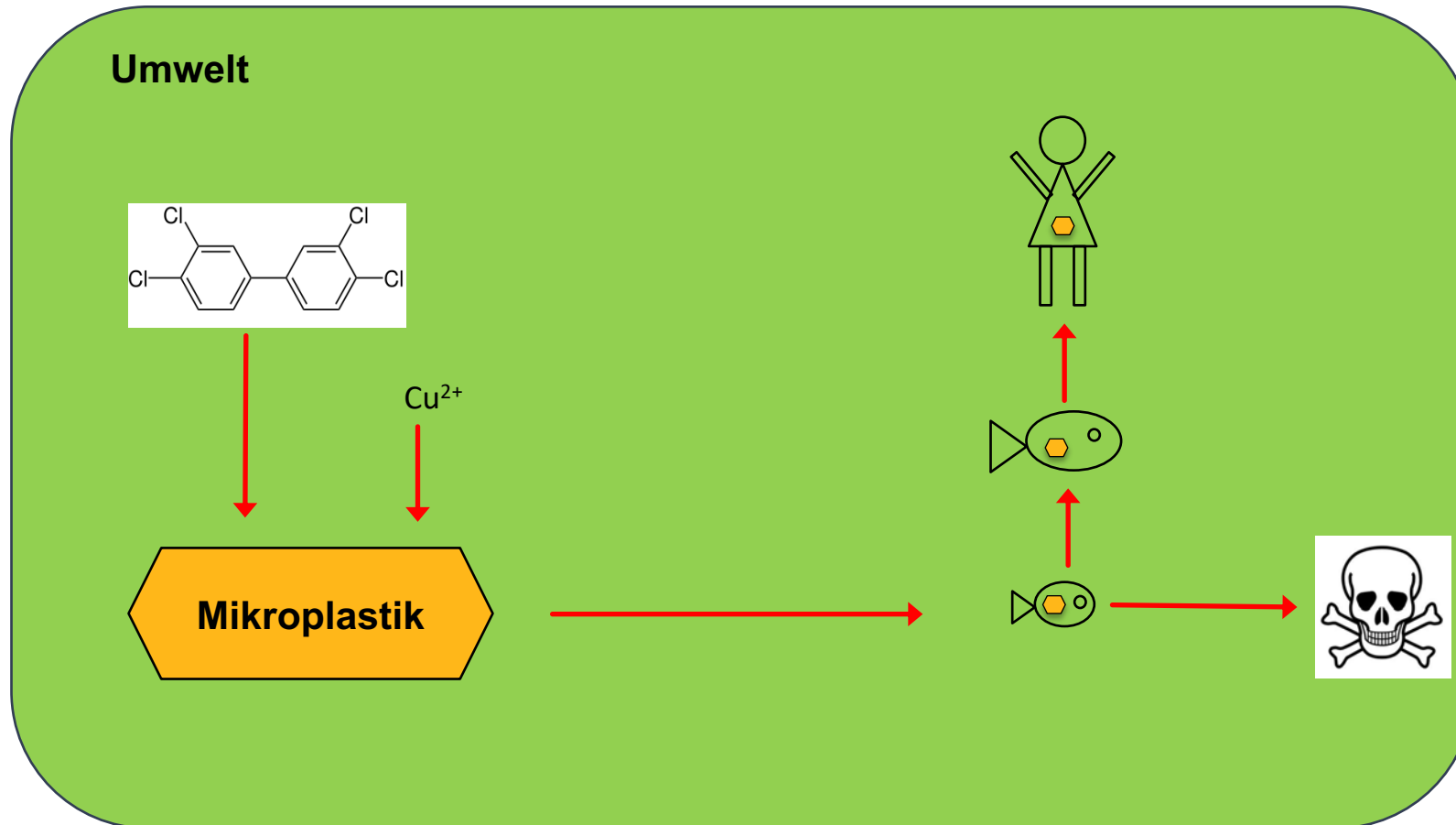
Plastikmüll
(~1 Mia. Tonnen)





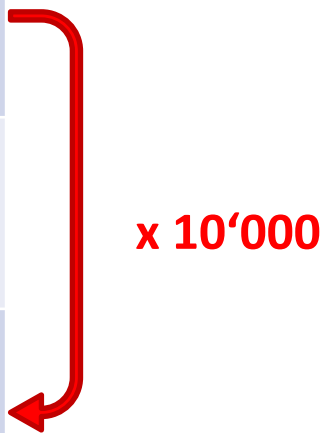


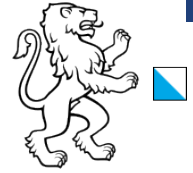
Risiken für Mensch und Umwelt



Nachweis von Mikroplastik in der Umwelt: Konzentrationen variieren sehr stark aufgrund unterschiedlicher Methodik

Studie	Partikel m ⁻³
Schweizer Seen	0.5
Rhein, Maas, Seine, Donau	0.5 – 150
Los Angeles River	14'000

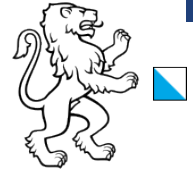




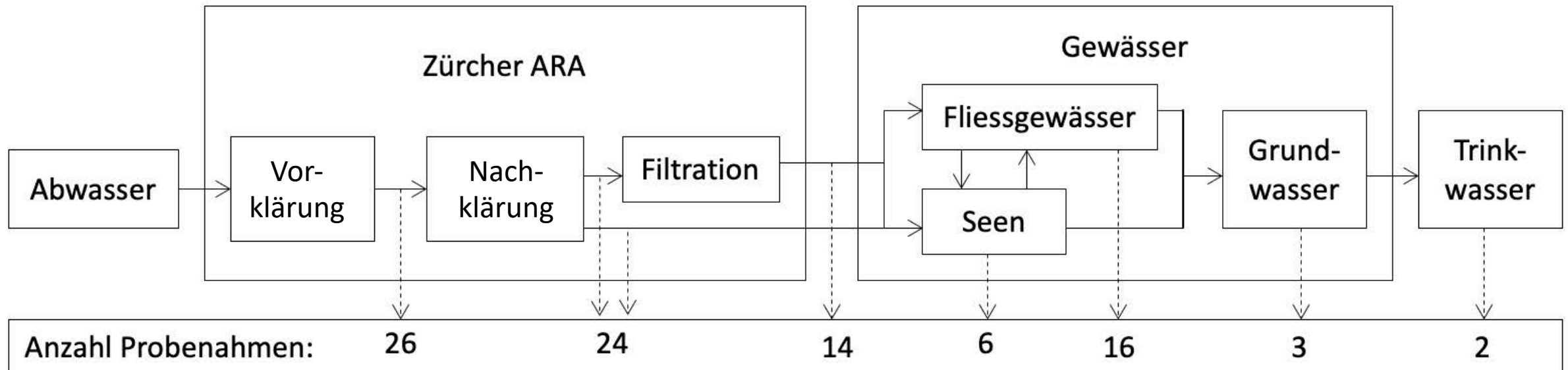
MIKROPLASTIK IN ABWASSER U. GEWÄSSERN

Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) hat erstmals die Abflüsse von Abwasserreinigungsanlagen (ARA), Oberflächengewässer sowie Grund- und Trinkwasser im Kanton Zürich auf Mikroplastik untersucht. Auf ARA werden durch die biologische Reinigung, Nachklärung und Filtration über 90% des Mikroplastiks aus dem Abwasser entfernt. Trotzdem tragen Zürcher ARA pro Tag insgesamt 30 Milliarden Teilchen Mikroplastik, umgerechnet 600 Gramm, in das Gewässersystem ein. Mikroplastik konnte in Oberflächengewässern, jedoch nicht im Grund- und Trinkwasser nachgewiesen werden.

Livia Cabernard; Edith Durisch-Kaiser; Jean-Claude Vogel; Daniel Rensch und Pius Niederhauser, AWEL Gewässerschutz*



Probenahme in Züricher Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Gewässern



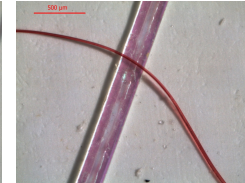
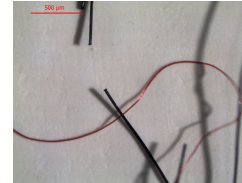
Methodik



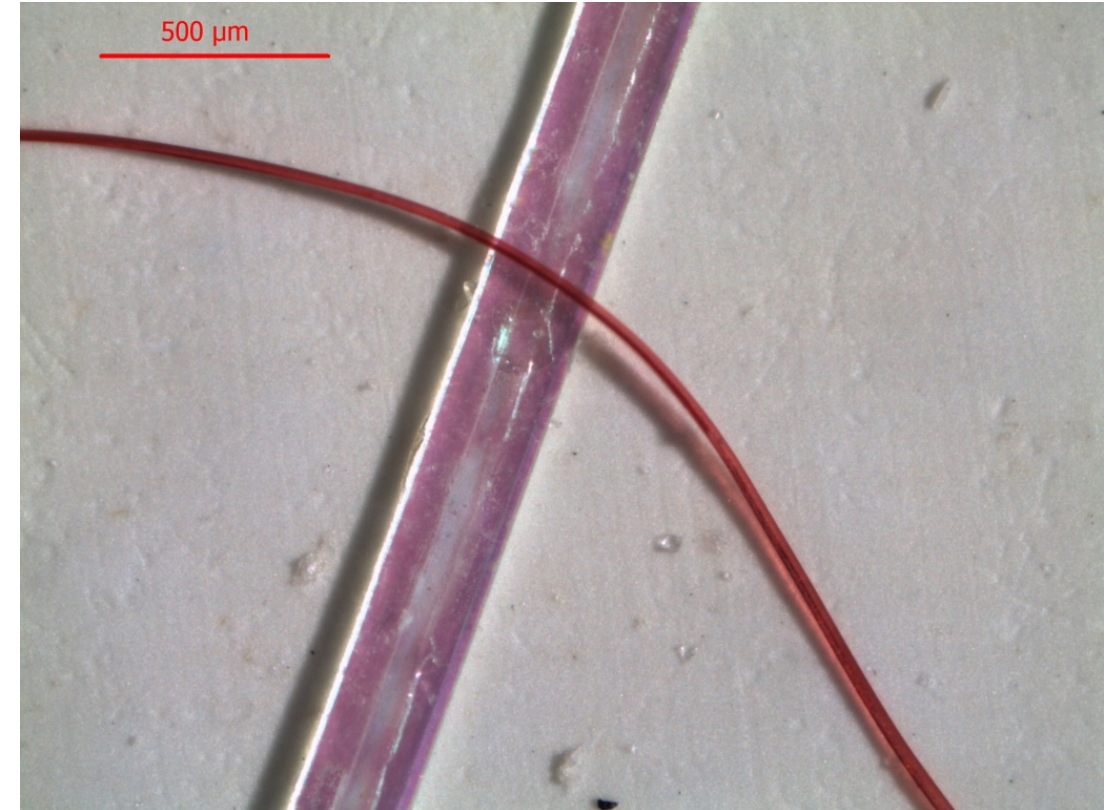
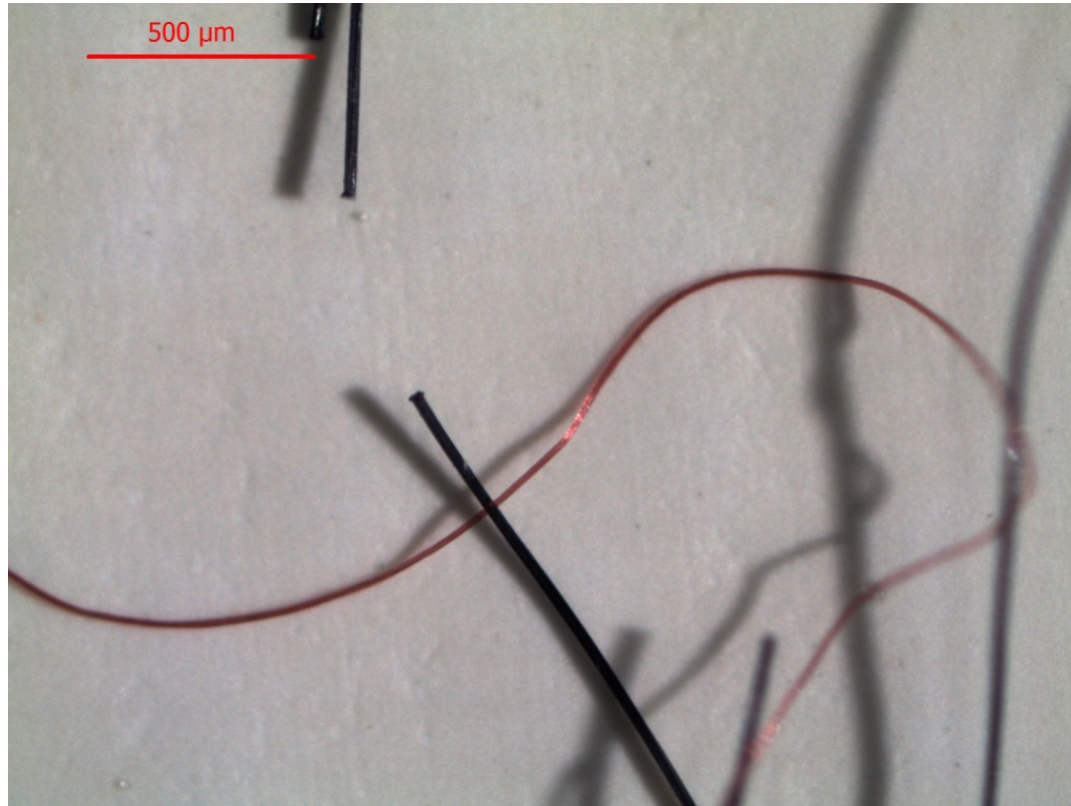
Proben



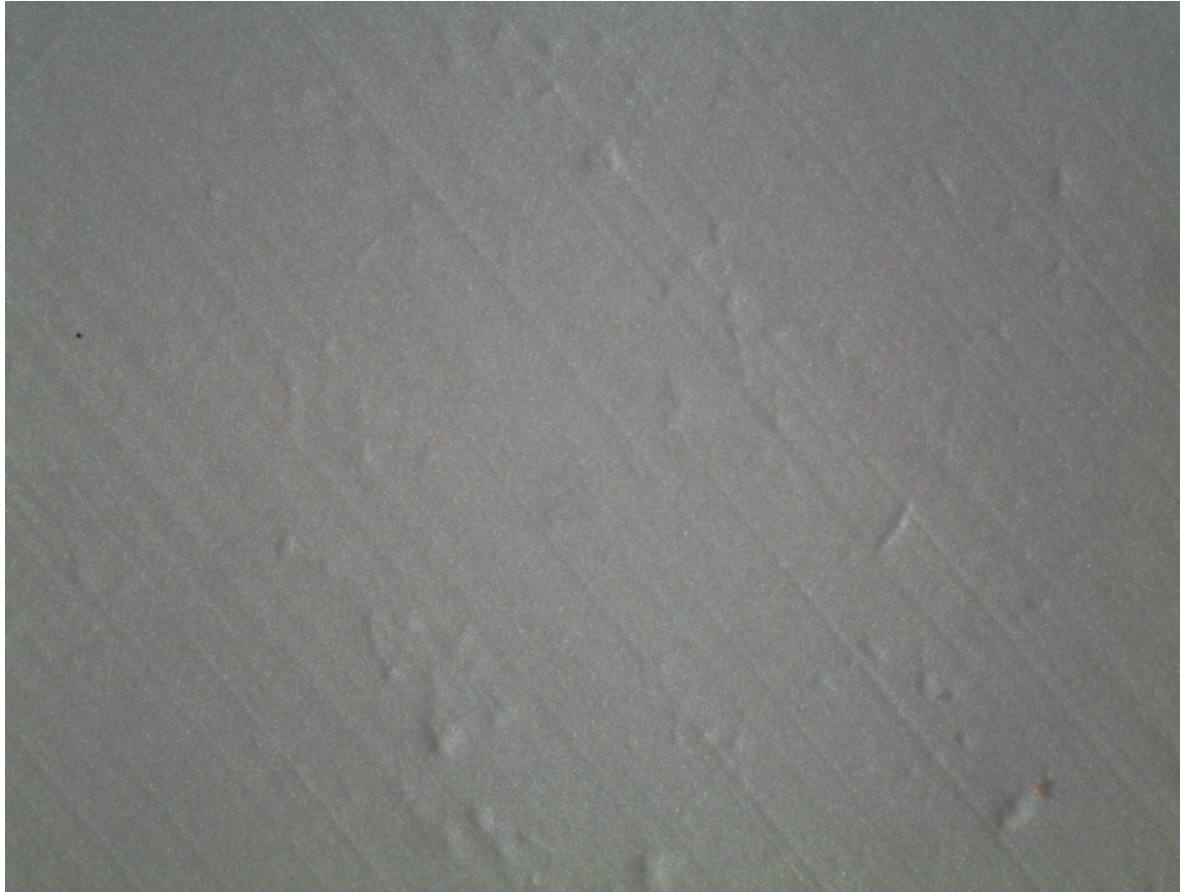
Behandlung mit starker Säure (60%- H_2SO_4)



Effekt von 60% H₂SO₄: Plastikfasern



Effekt von 60% H₂SO₄: Baumwollfasern



Methodik



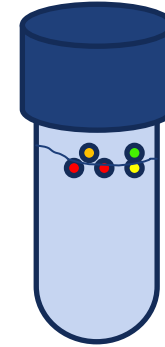
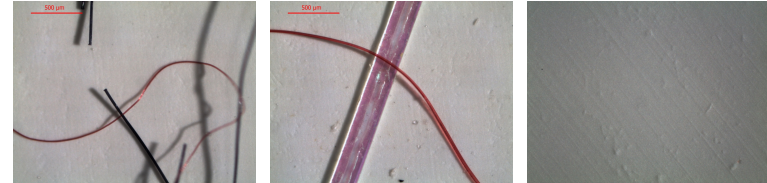
Proben



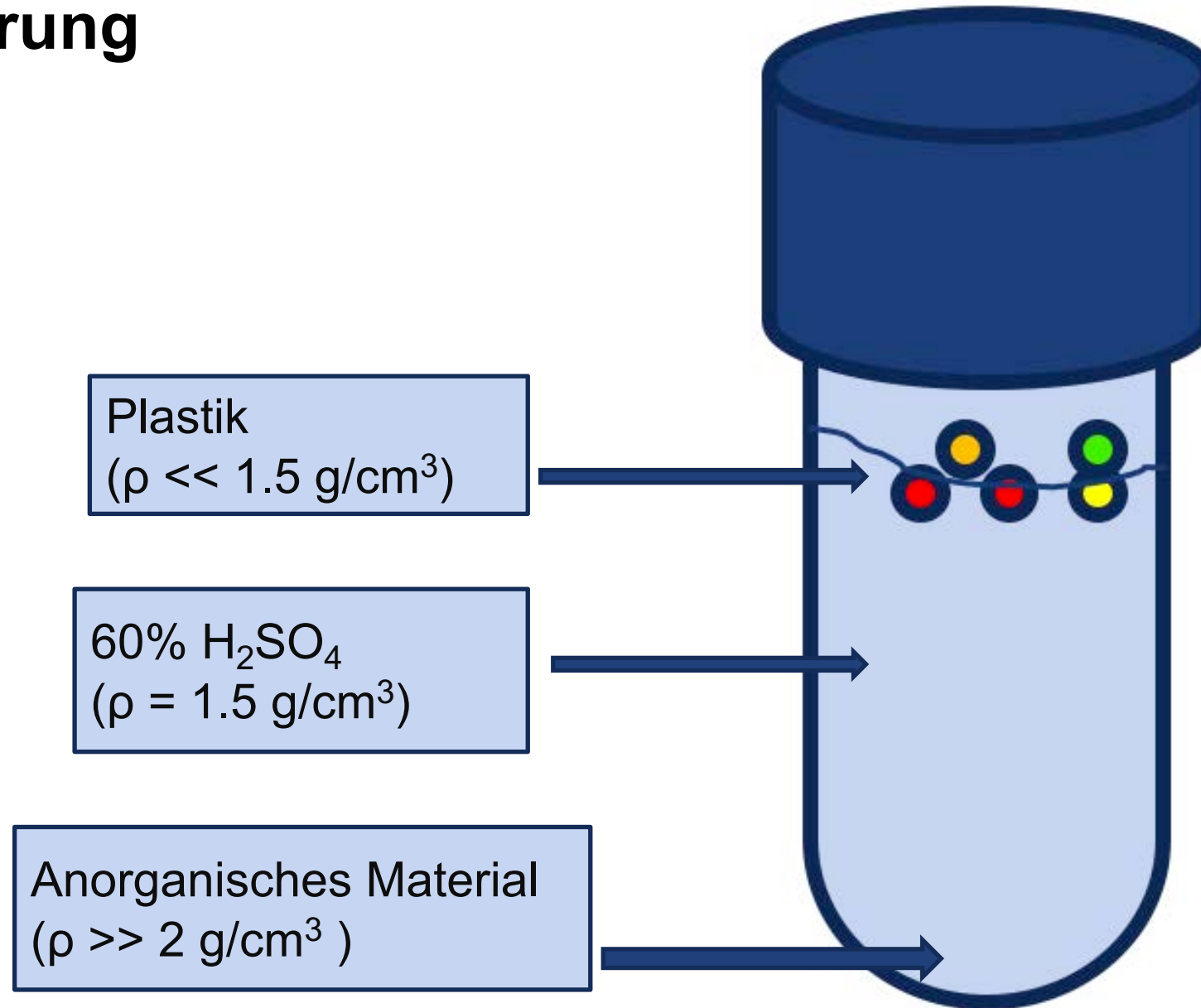
Behandlung mit starker Säure (60%- H_2SO_4)



Dichteseparation und Zentrifugieren



Zentrifugierung



Methodik



Proben



Behandlung mit starker Säure (60%- H_2SO_4)



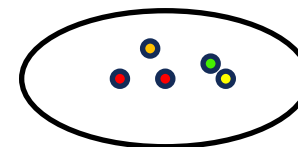
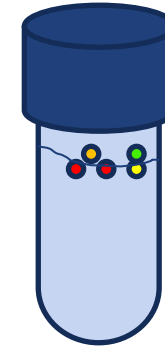
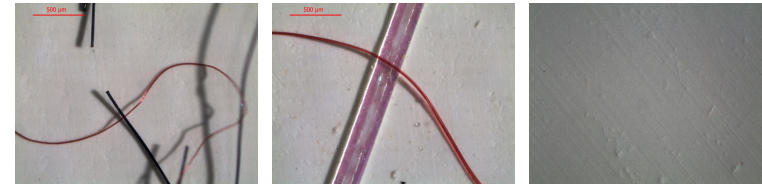
Dichteseparation und Zentrifugieren



Filtration von Überstand (0.45 μm)



Mikroskopische Analyse (100-fache Vergr.)



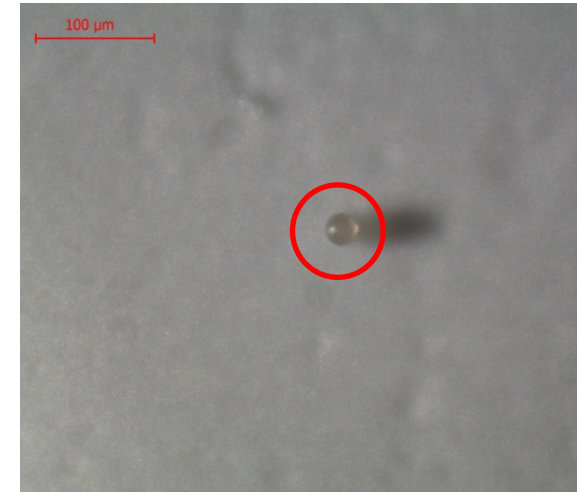
Auflichtmikroskop



Faser



Partikel

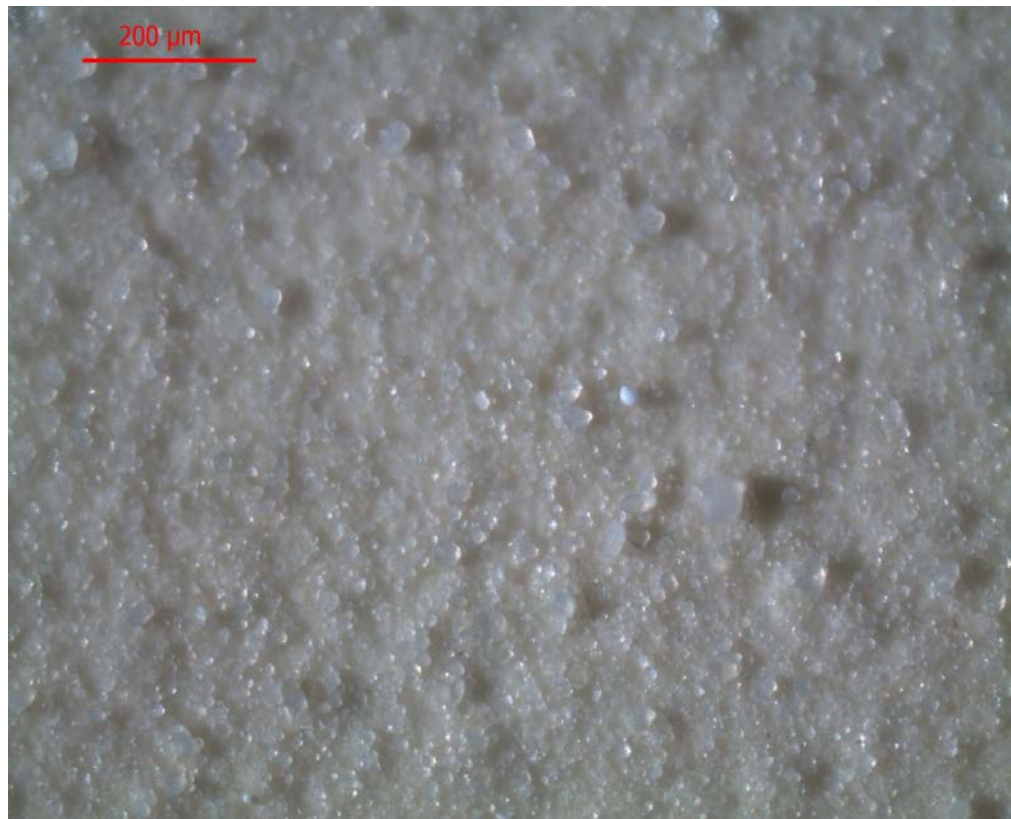


Kugel



Testläufe mit Mikroplastik

Zahnpasta



Hautpeeling





Mikroplastik im Ablauf der Vorklärung



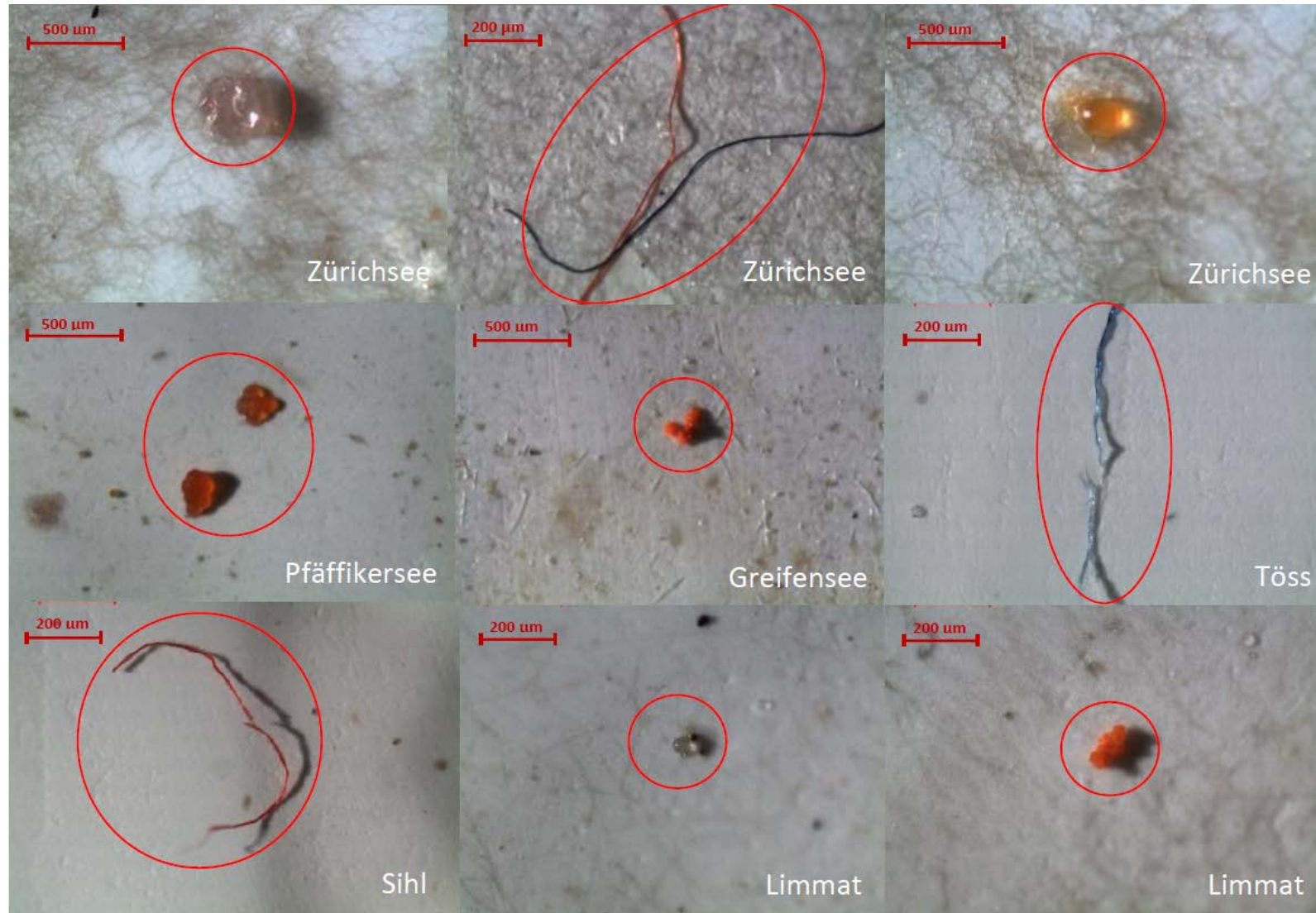
Mikroplastik im Ablauf der Nachklärung



Mikroplastik im Ablauf der Filtration

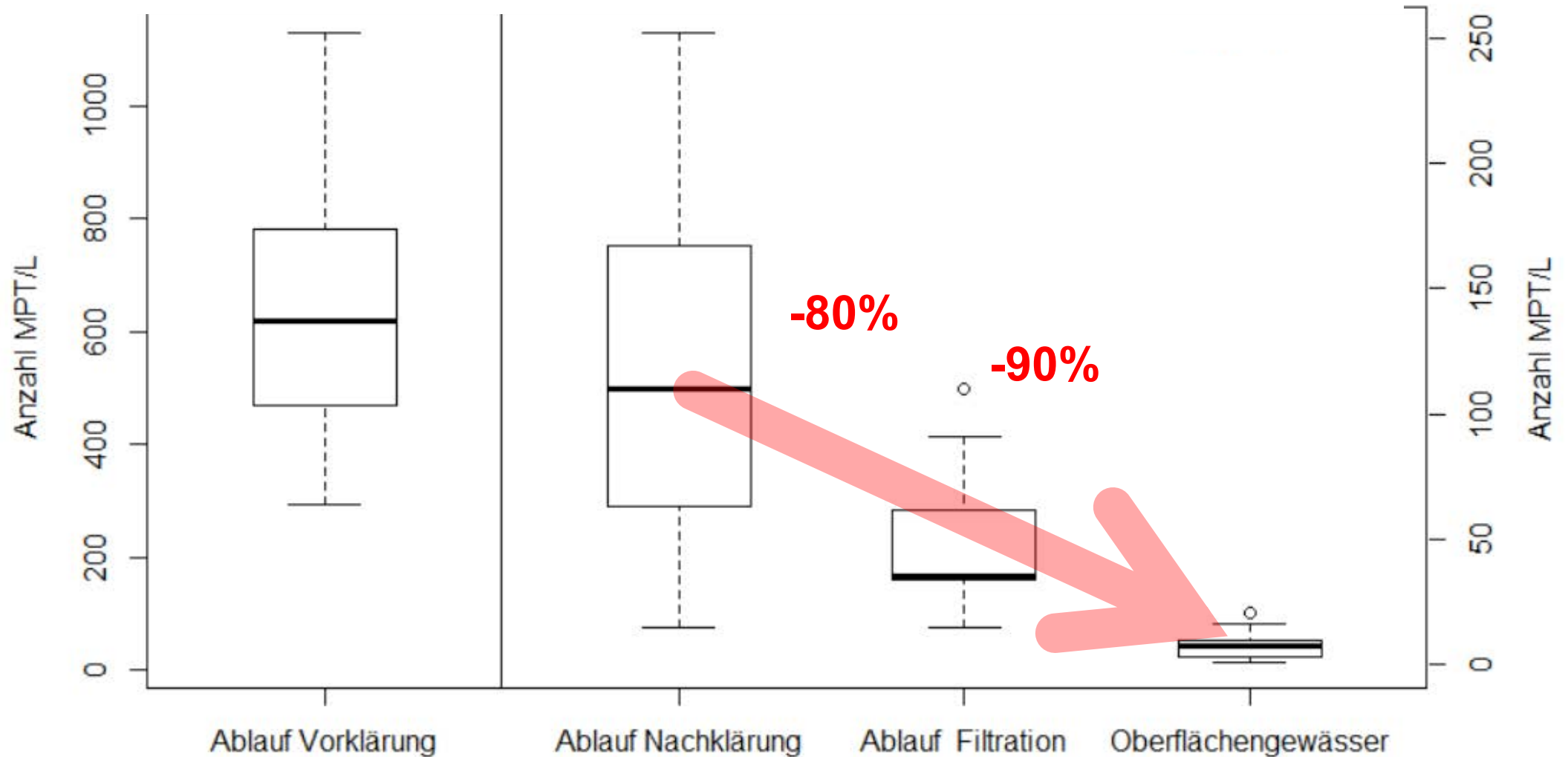


Mikroplastik im Gewässer

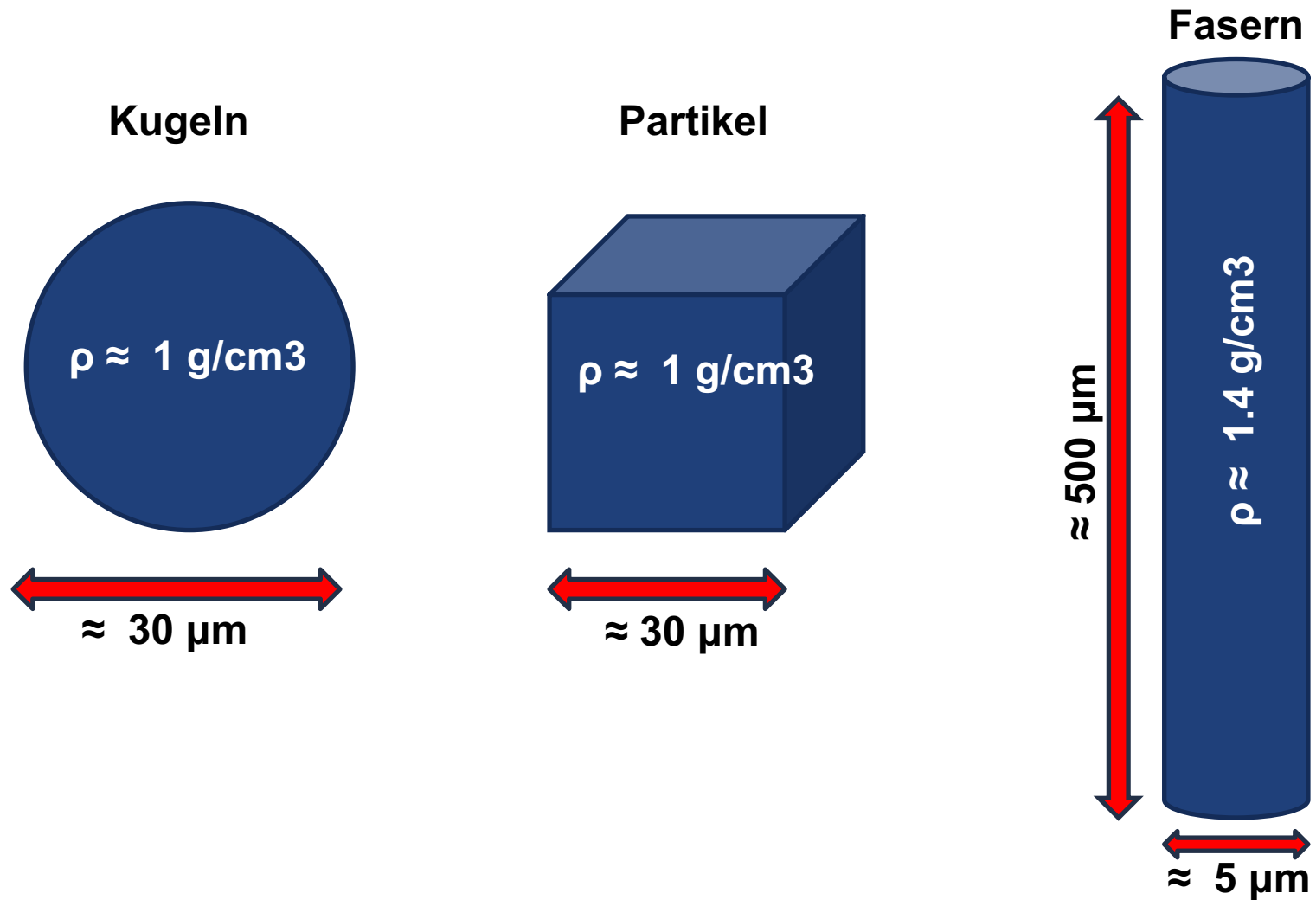
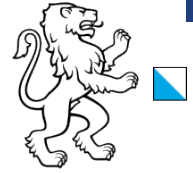




Mikroplastik in Abwasser und Gewässern



Gewicht und Oberfläche der täglichen Mikroplastik-Fracht von Zürcher Abwasserreinigungsanlagen berechnen





Tägliche Mikroplastik-Fracht

	Anzahl (Mia. Teilchen/d)	Gewicht (g/d)	Oberfläche (m ² /d)
Alle ARA im Kanton ZH (64)	31	610	180

Weltbevölkerung:
8 Mia. Menschen



Gewicht Basketball:
600 g



Fläche Tennisplatz:
250 m²



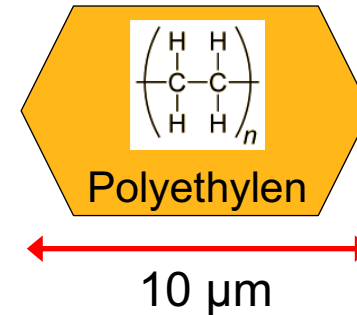
Schlussfolgerungen Praxisarbeit



- Entfernungseffizienz der Nachklärung und Filtration: 90%
- Tägliche Mikroplastik-Fracht aller Zürcher ARAs:
31 Mia. Teilchen, Oberfläche: 180 m², Gewicht: 600 g
- Identifikation mit Mikroskop unsicher.
→ Zuverlässige Identifikation mittels Raman oder FTIR Spektroskopie

Masterarbeit: Quantifikation von Mikroplastik in der Nordsee

- Anzahl
- Grössenverteilung
- Polymer-Typ



1. Anwendung einer neuen automatisierten Technik basierend auf Raman Spektroskopie
2. Vergleich Raman und FTIR

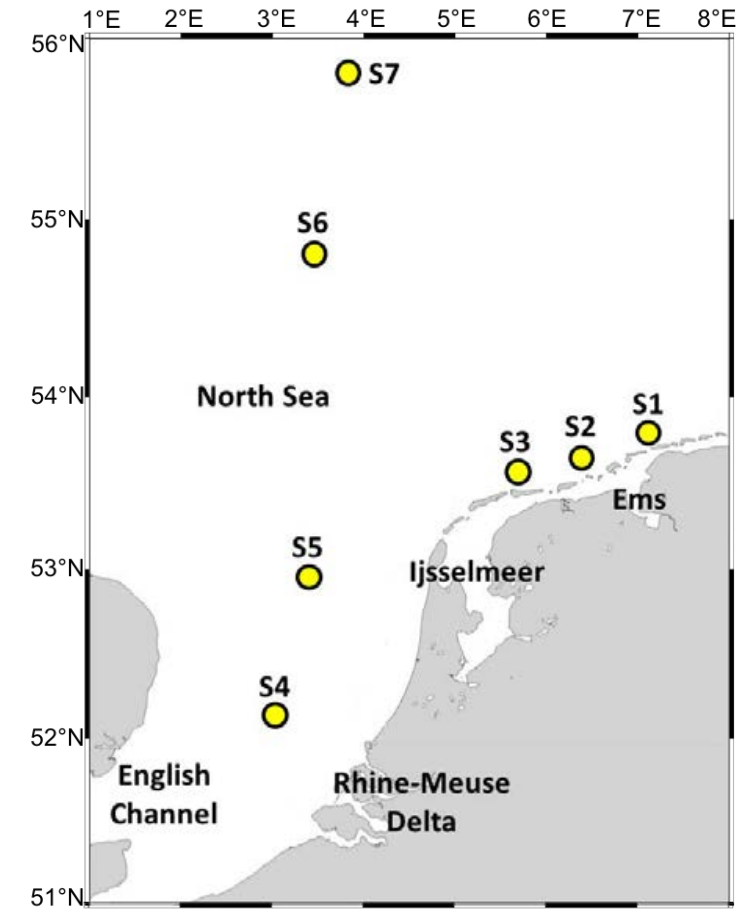
Mikroplastik in der Nordsee:

<https://doi.org/10.1021/acs.est.8b03438>

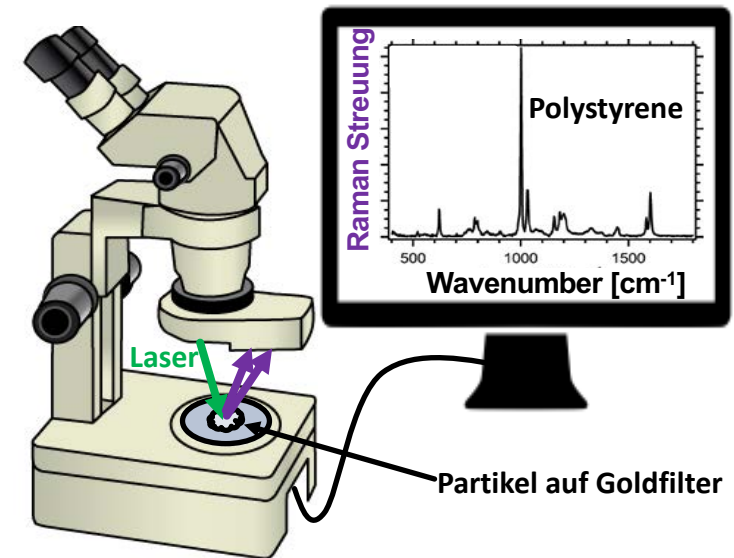
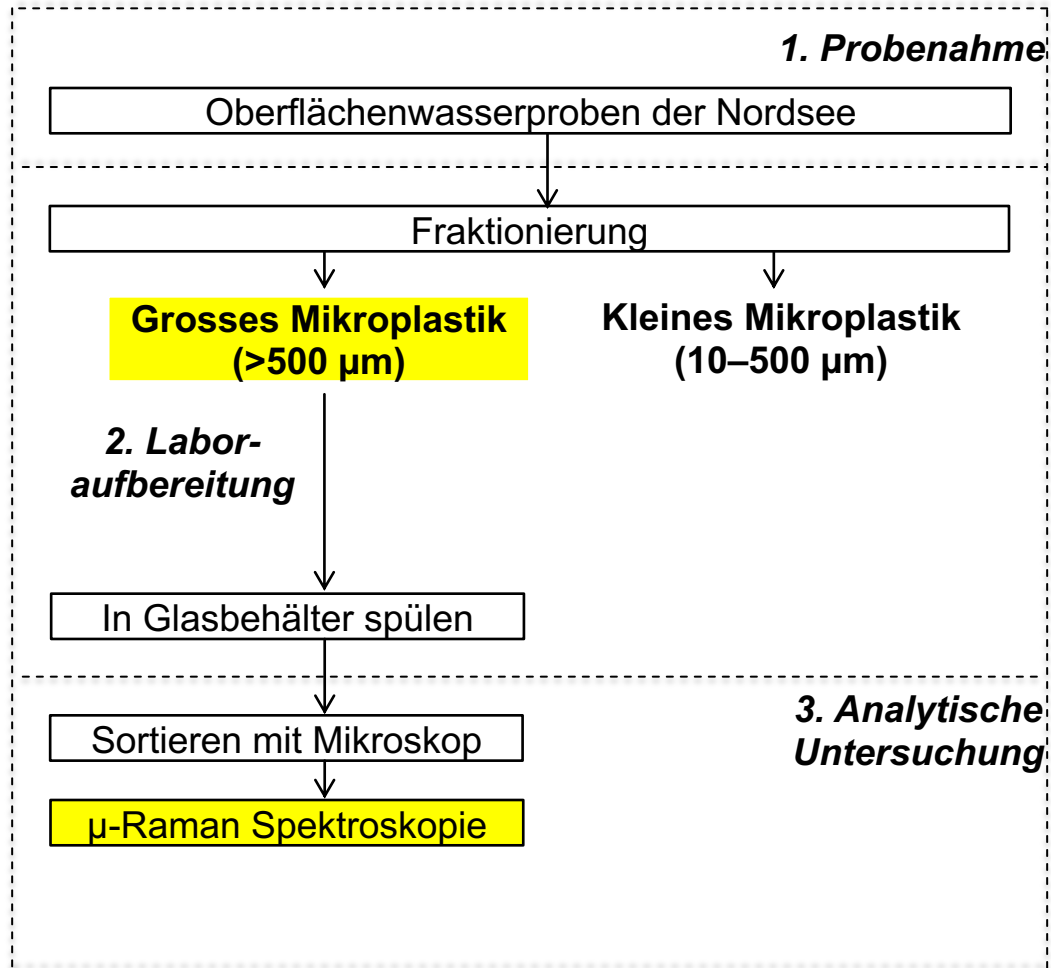
Methodik

1. Probenahme

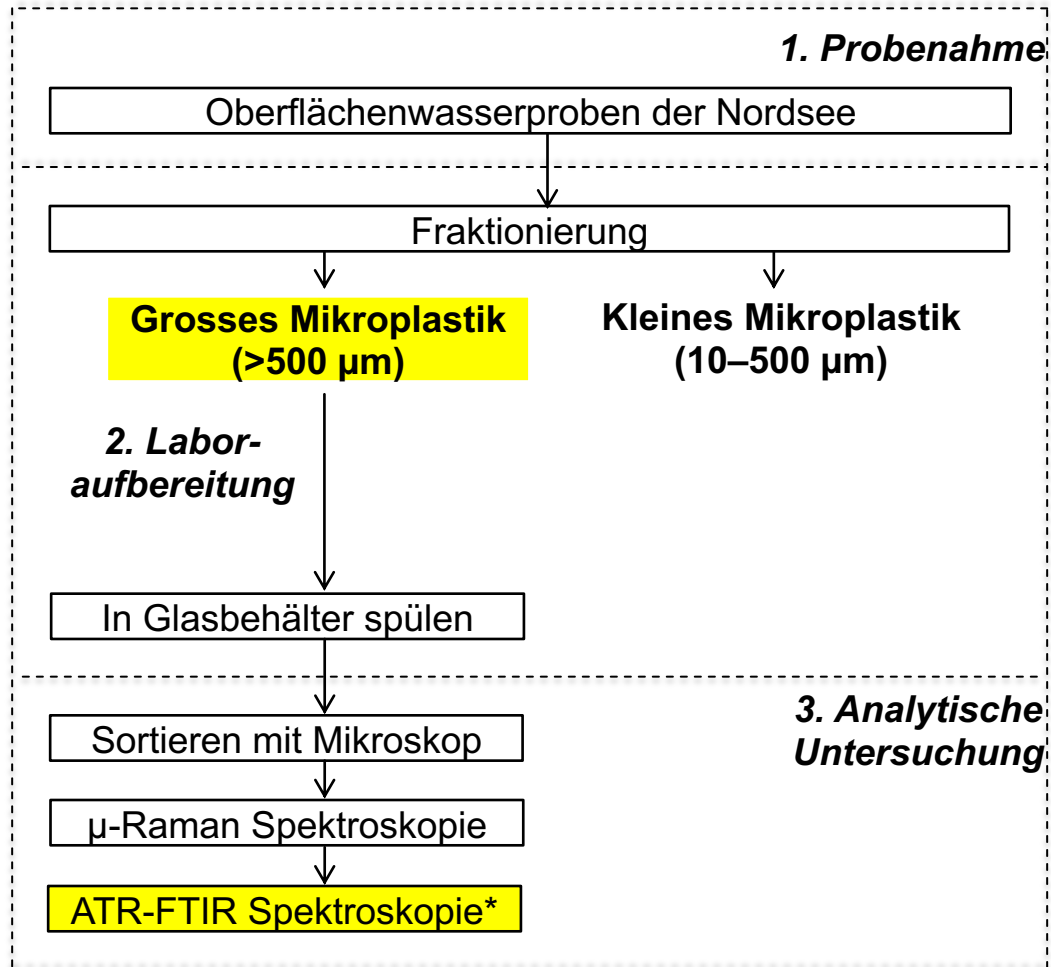
Oberflächenwasserproben der Nordsee



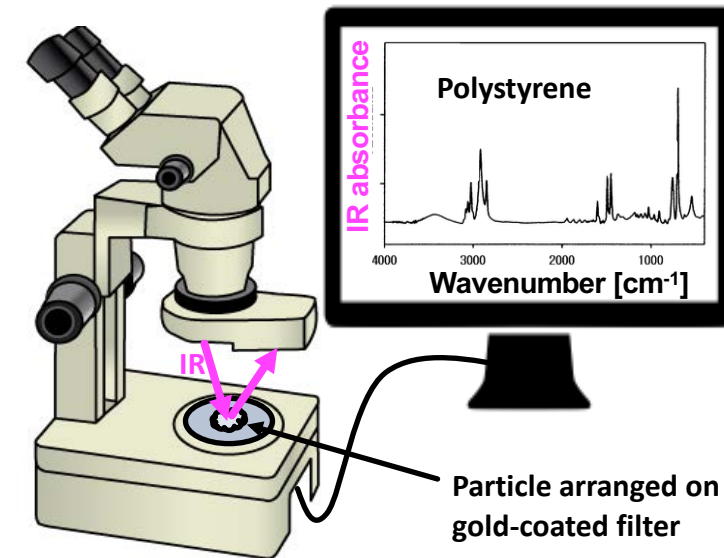
Methodik



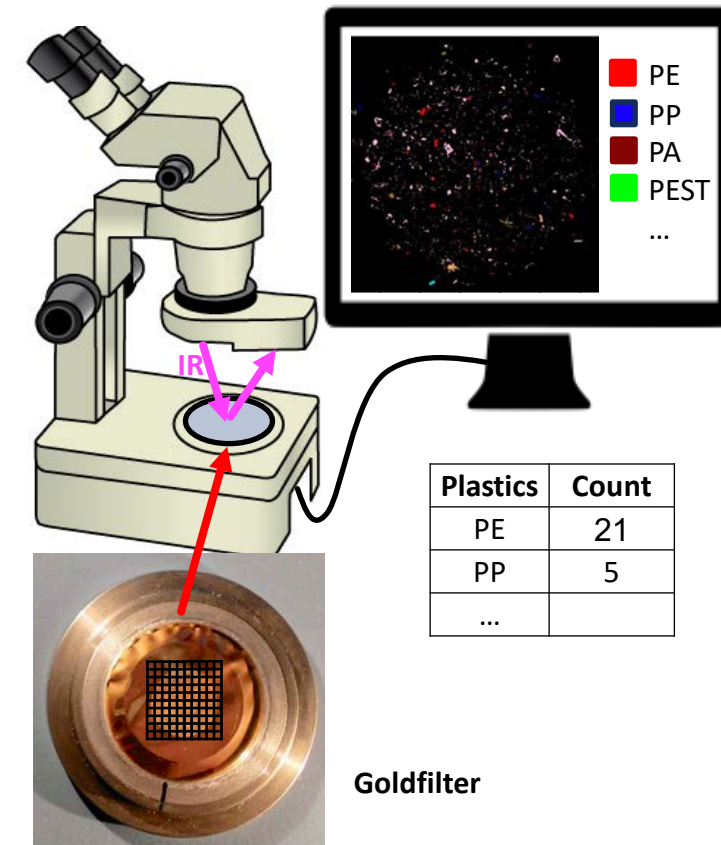
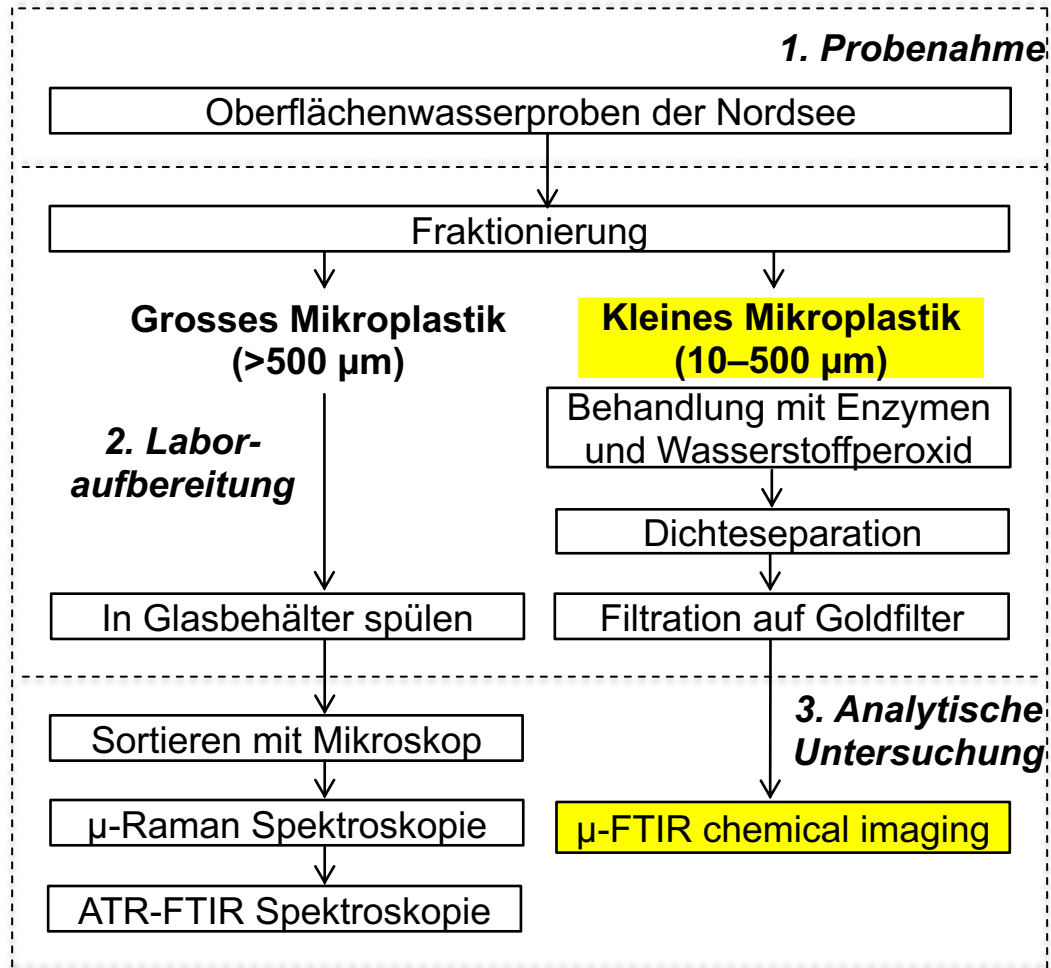
Methodik



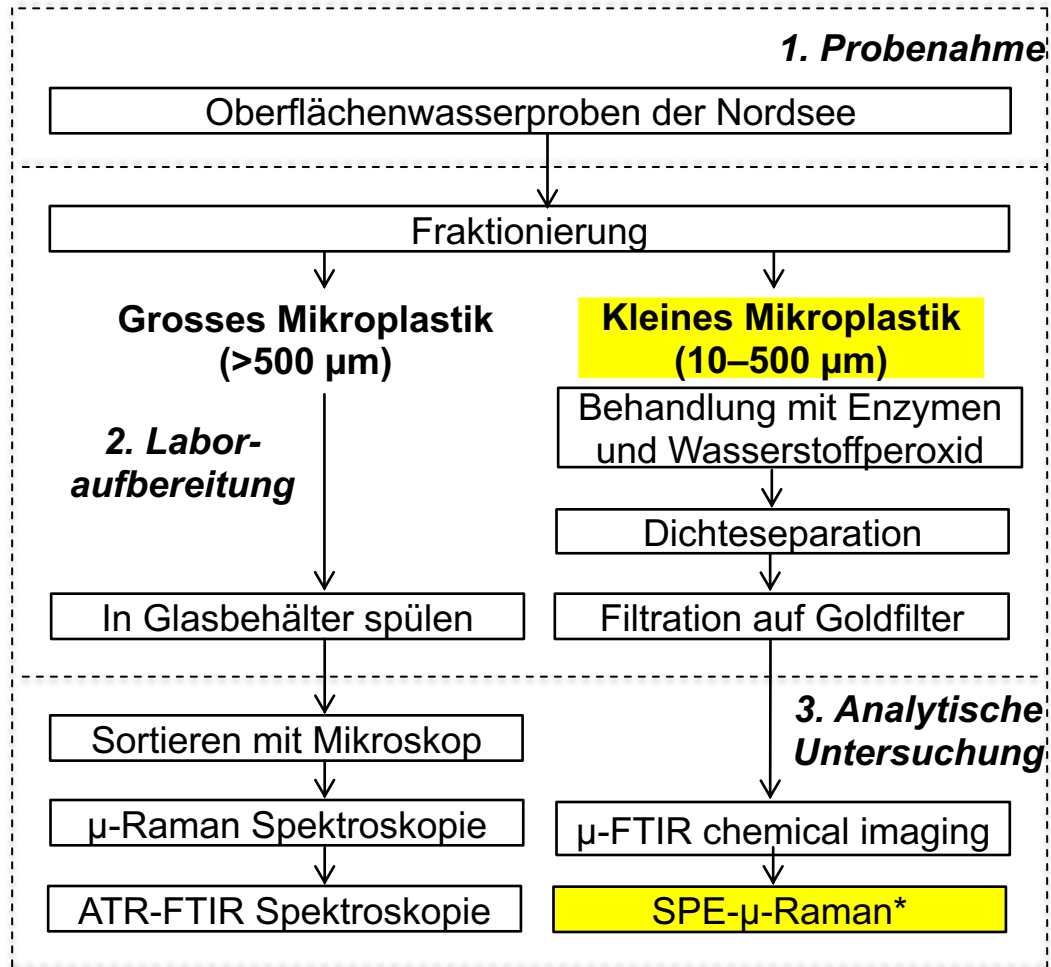
***Attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy**



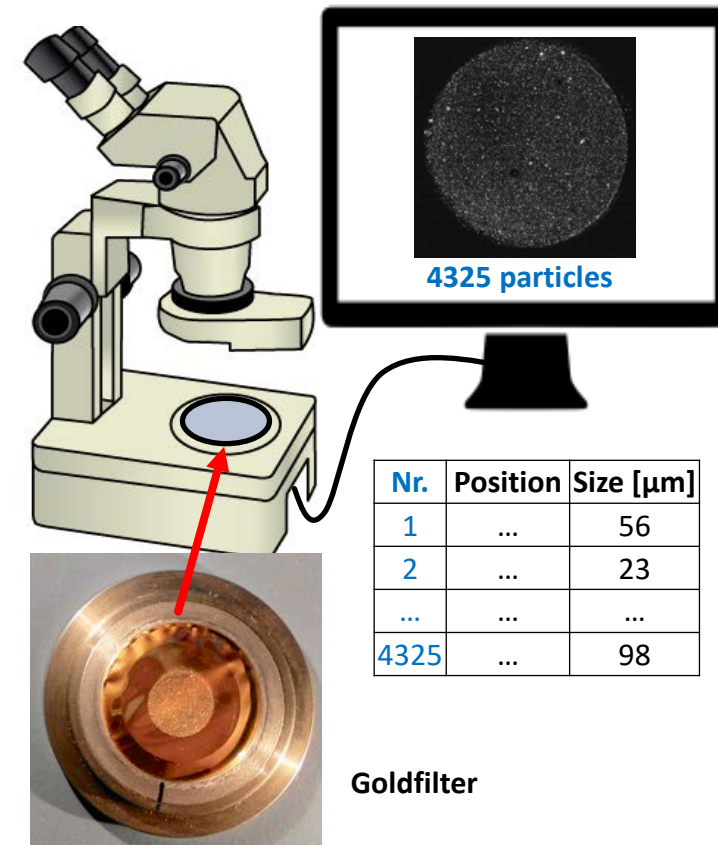
Methodik



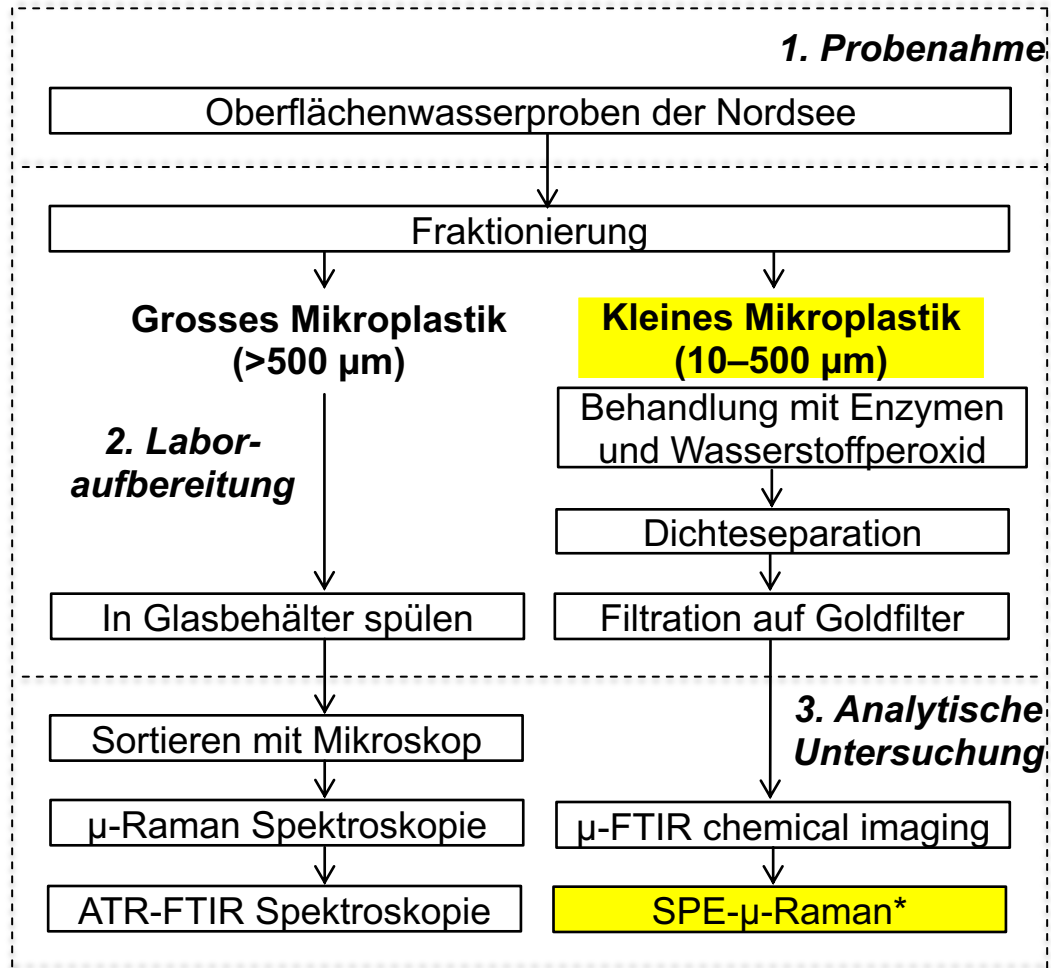
Methodik



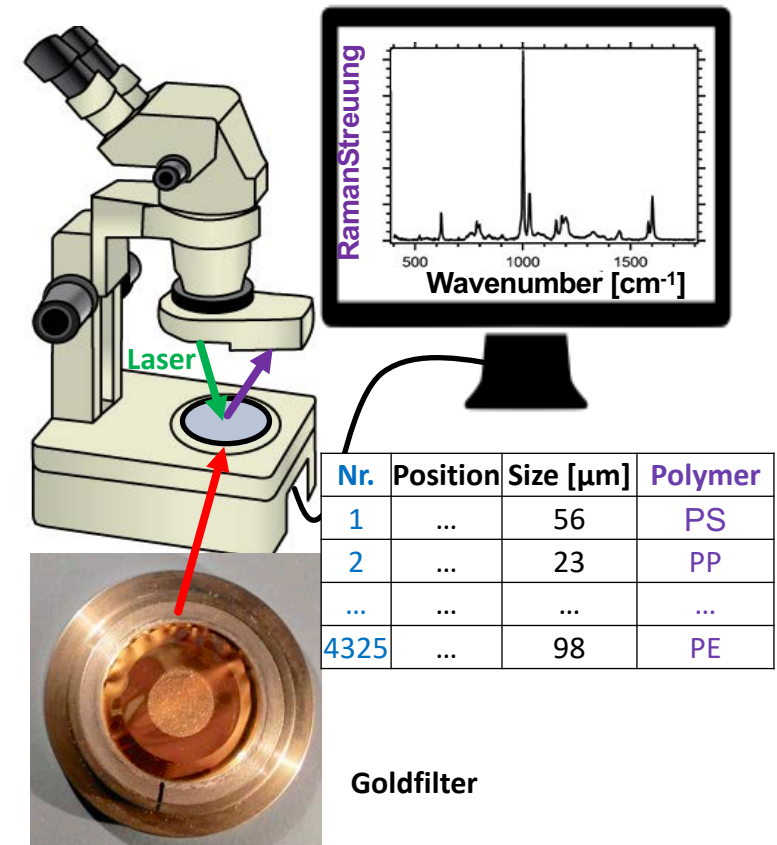
***Single-particle exploring coupled to μ -Raman spectroscopy**



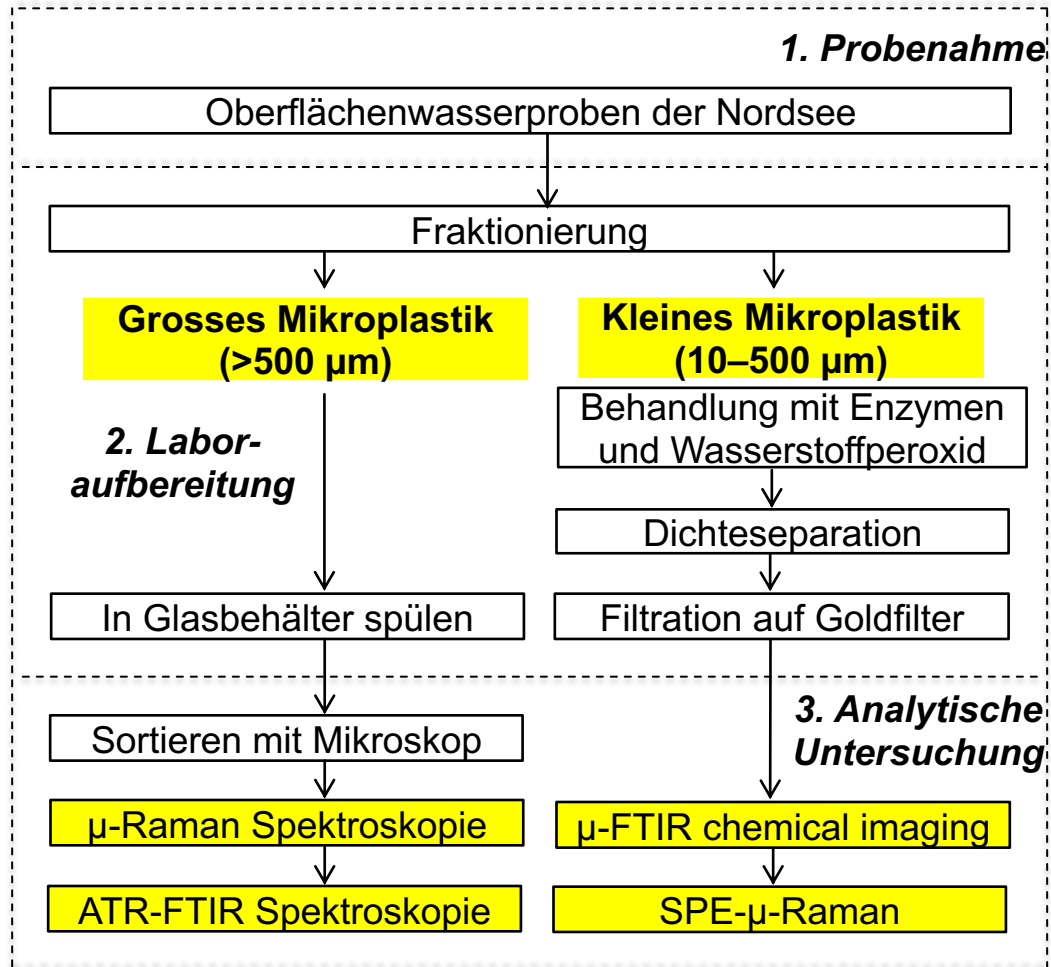
Methodik



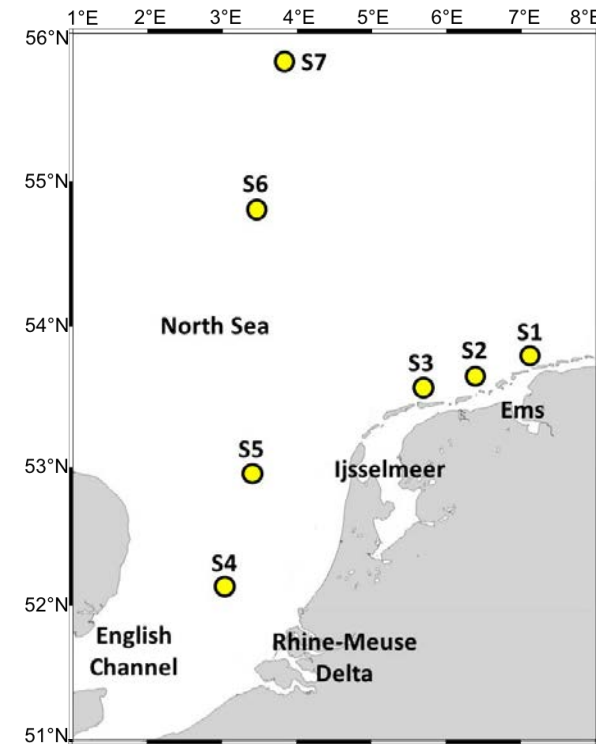
*Single-particle exploring coupled to µ-Raman spectroscopy



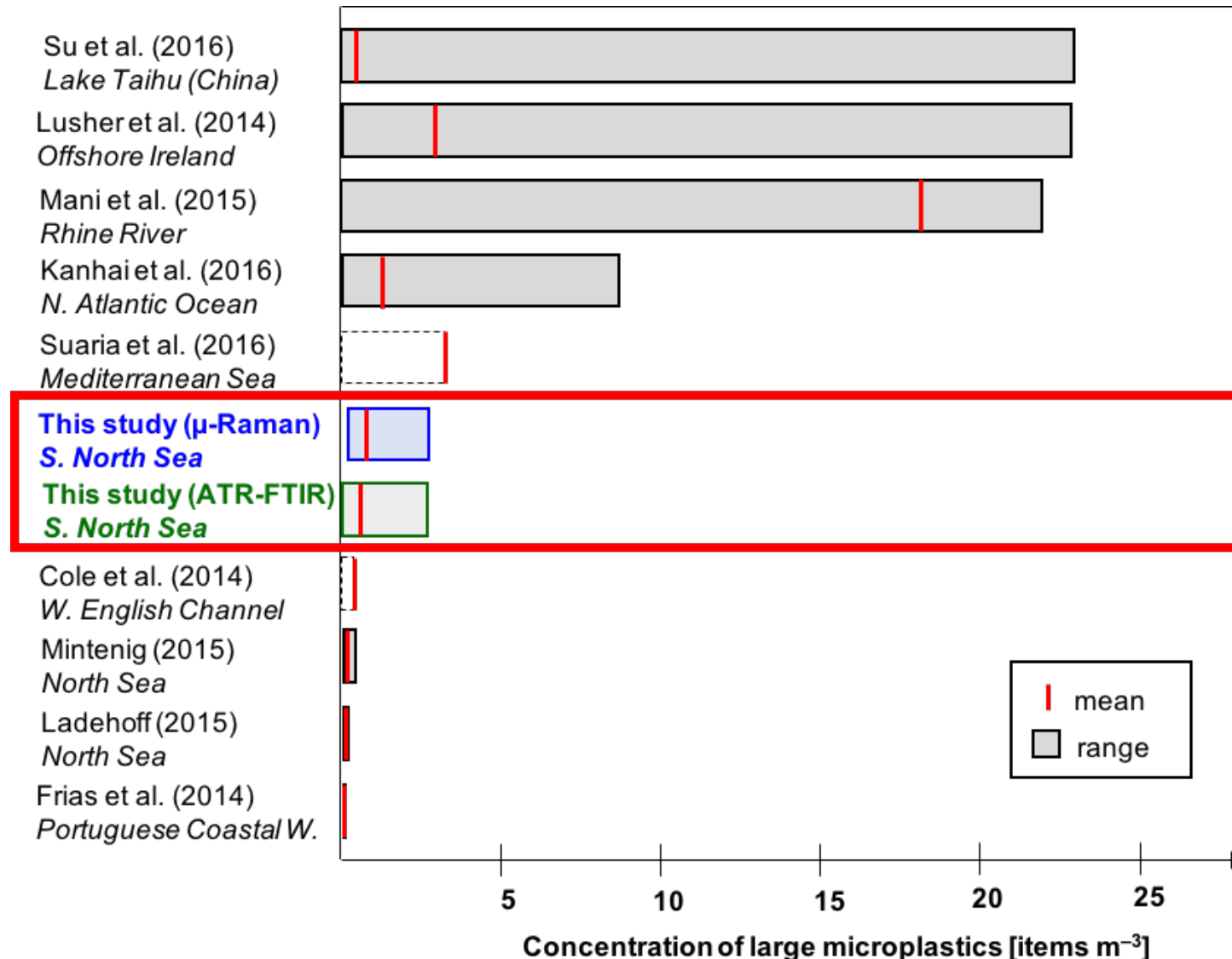
Methodik



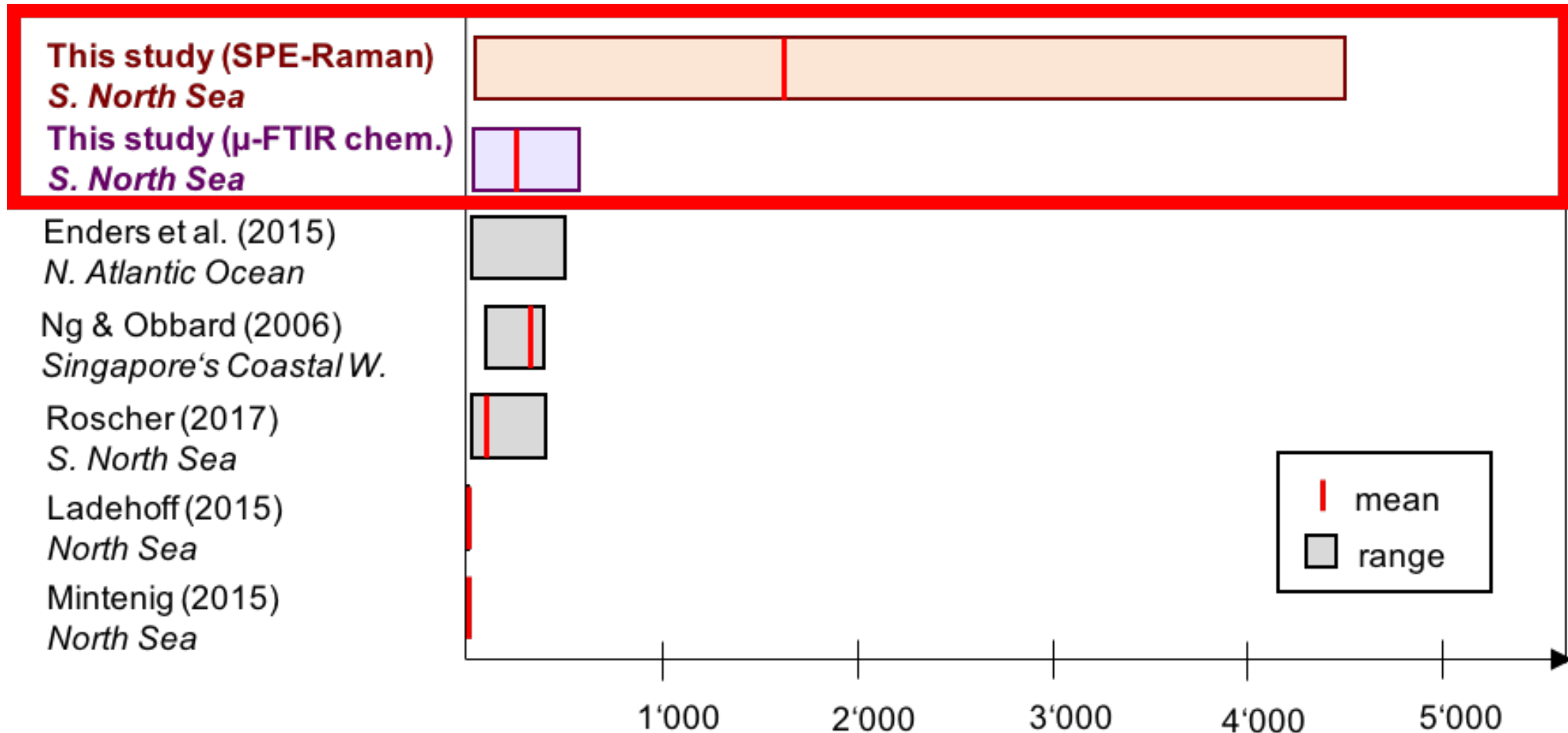
- Konzentration
- Grössenverteilung
- Polymerzusammensetzung



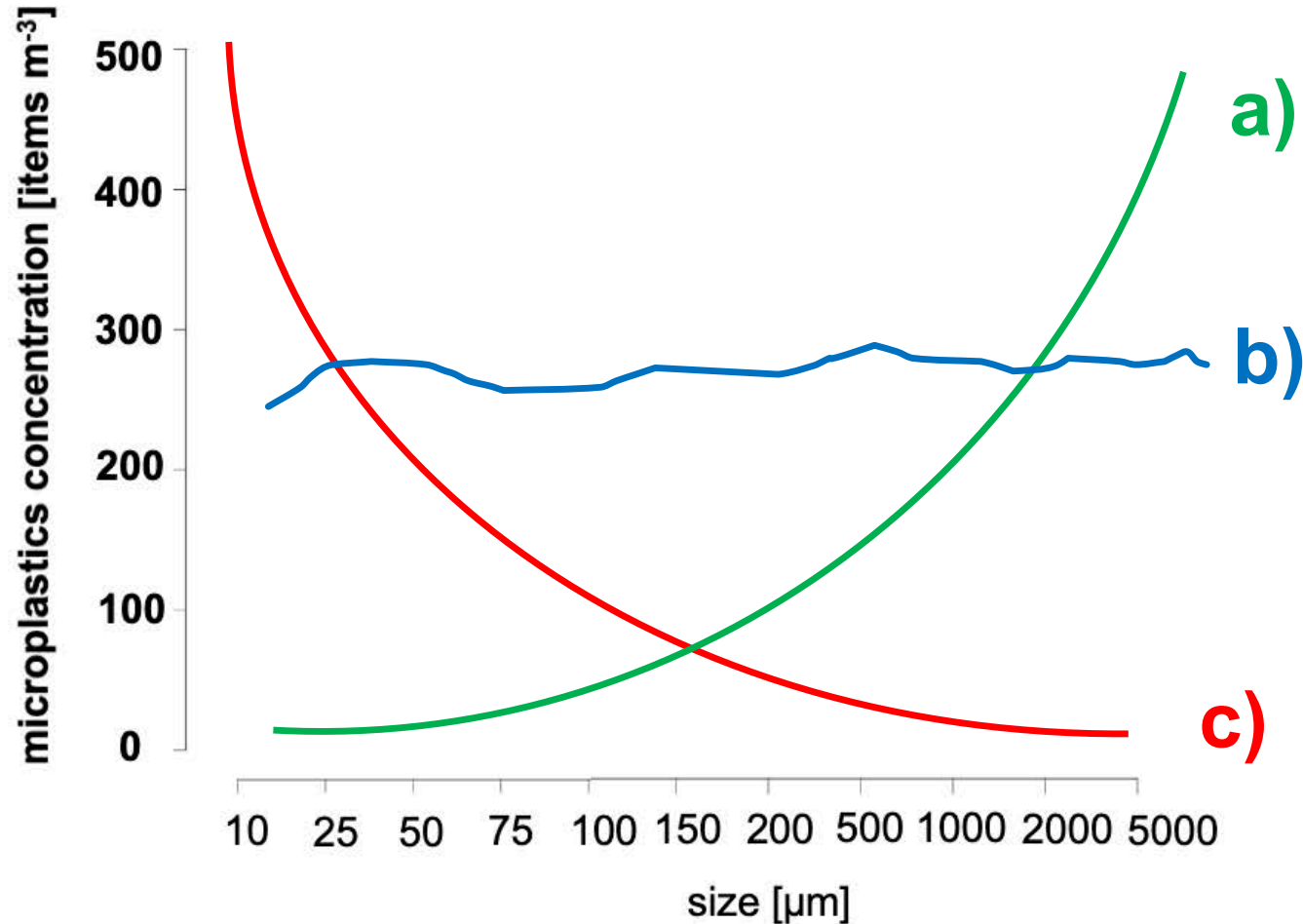
Die Konzentration vom grossen Mikroplastik ist ähnlich für beide Techniken und liegt im Bereich bisheriger Studien



Die Konzentrationen vom kleinen Mikroplastik ist signifikant höher mit der neuen Raman Technik und wurde bisher stark unterschätzt



Wie sieht die Grössenverteilung der Mikroplastikkonzentration aus?



?

Fazit: Kann die Wirtschaft ökologisch wachsen?

- Relativ ja, absolut nein → Absolut ist das Ziel, denn wir haben nur einen Planeten
- Treibhausgasemissionen sind eine Funktion von Bevölkerungszahl, Wohlstand und Technologie.
- Mehr Wohlstand kann das Bevölkerungswachstum reduzieren und zu Technologie-bedingten Effizienzgewinnen führen. Diese Reduktionen werden jedoch immer durch zunehmenden Konsum übertroffen.
- Zukunftsprognose: Starkes Wachstum (Bevölkerung und Wohlstand) in Afrika, Asien und Lateinamerika → Nachfrage nach Materialressourcen wird sich verdoppeln und bei business as usual auch die Umweltauswirkungen
- Auch erneuerbare Energien, Elektrifizierung, CO₂ capture & storage etc. steigern die Nachfrage von Materialressourcen (vorallem Mineralien)
- Es braucht dringend konkrete und wirksame Massnahmen

Was sind konkrete und wirksame Massnahmen? (eine Auswahl)

- Ausstieg aus Kohle und Umstellung auf erneuerbare Energien entlang der gesamten Handelskette (global)
- Substitution von Materialien mit hohen Umweltauswirkungen (z.b. Stahl und Zement durch nachhaltig abgebautes Holz)
- (Mikro)-Plastikverschmutzung: Sachgemässe Entsorgung und Verbrennung von Plastik
- **Politik:** Aufklärung, Investitionen, Anreize und regulierende Gesetze schaffen
- Externalisierung der Umweltkosten → realistische CO₂ Steuer
- Absolute (nicht relative) Ziele setzen (innerhalb der planetaren Grenzen)
- Paris Agreement auf die Konsumperspektive erweitern: Reiche Länder in saubere Handelsketten investieren
- Internationale Zusammenarbeit: Reiche Länder in der Vorreiterrolle
- **Gesellschaft:** Umdenken von ökonomisch auf nachhaltig, eine Änderung im Konsumverhalten sowie Druck auf die Politik entscheidend

Was können Sie als Lehrer/In bewirken?

Bildung und Aufklärung bezüglich Umweltproblematik ist zentral

- Wir Konsumenten tragen eine Verantwortung
- Verstärktes Umweltbewusstsein und Änderung im Konsumverhalten wichtig
- Umdenken von ökonomisch auf nachhaltig: Wenn etwas billig ist zahlt oft die Umwelt den Preis oder es kommt zur sozialen Ausbeutung → Mehr Qualität statt Quantität
- Die Politik versagt: Druck auf die Politik enorm wichtig, z.b. durch Klimastreik
- Schüler/innen auf die politische Mitbestimmung durch Abstimmen aufmerksam machen



PERSPECTIVE

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16941-y>

OPEN

Scientists' warning on affluence

Thomas Wiedmann ^{1✉}, Manfred Lenzen ², Lorenz T. Keyßer ³ & Julia K. Steinberger ⁴



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontakt: livia.cabernard@istp.ethz.ch

Methodik verfügbar als Tool: <http://dx.doi.org/10.17632/nddmgkm3cc.2>

Studie dazu: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.434>

Global Resource Outlook: <http://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>

G20 factsheets on natural resource use: <https://www.resourcepanel.org/reports/natural-resource-use-group-20>

Mikroplastik in Zürcher ARA und Gewässern: https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserschutz/abwasserreinigungsanlagen-ara/mikroplastik_in_abwasser_gewaessern.pdf

Mikroplastik in der Nordsee: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b03438>