

Für Mensch & Umwelt

Webinar

Umweltrisiken und -auswirkungen in den globalen Lieferketten des deutschen Maschinenbaus

Carolin Grüning
Managerin, adelphi research gGmbH

Norbert Jungmichel
Associate Director, Systain Consulting GmbH

Umwelt 
Bundesamt

adelphi 

 systain



Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024

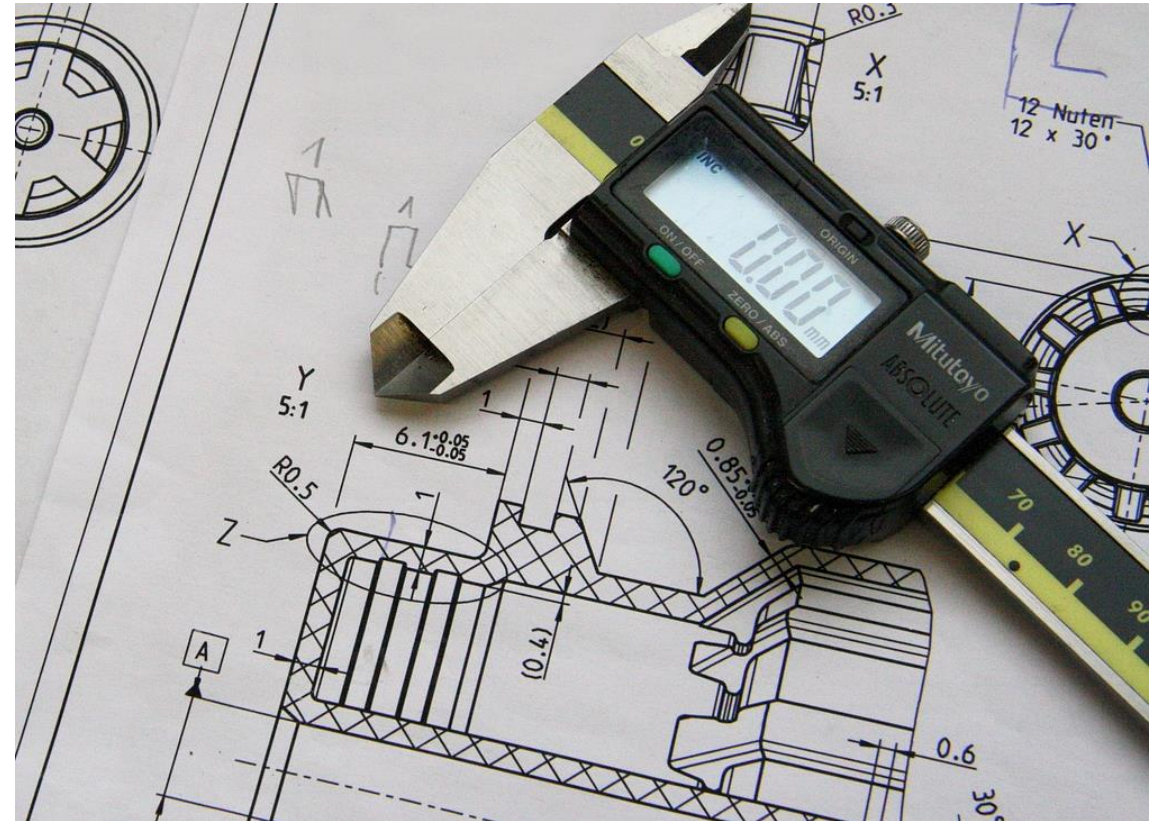
Branchenstudie Maschinenbau

- Forschungsprojekt „Innovative Werkzeuge für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement in der Wertschöpfungskette“ (FKZ 3720 14 103 0)
- Weitere Branchenstudien: Automobilindustrie, Elektronikindustrie, Chemisch-pharmazeutische Industrie, Lebensmittelverarbeitende Industrie, Bausektor, Metallerzeugende und -verarbeitende Industrie
- Download unter:



Gliederung

- 1 ZIELE, AUFBAU UND METHODIK
- 2 ÜBERSICHT INHALTLICHE ERGEBNISSE
- 3 TOOLS UND HANDLUNGSOPTIONEN



Quelle: Anyusha–pixabay.com



1 ZIELE, AUFBAU UND METHODIK

Einordnung in den Sorgfaltspflichtenansatz

- Einbettung in Sorgfaltspflichtenansatz (Due-Diligence-Prozess) des OECD Leitfadens für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht für verantwortungsvolles unternehmerisches Handeln (2018)
- Auseinandersetzung mit „tatsächlichen negativen Effekten oder potenziellen negativen Effekten („Risiken“)" auf die Umwelt und Menschenrechte, die aus Unternehmensaktivitäten entstehen
- Studie geht über die im Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) genannten umweltbezogenen Sorgfaltspflichten hinaus



Quelle: Eigene Darstellung, adelphi. In Anlehnung an OECD Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct (2018, S. 22).

Ziele der Studie

- Überblick über Risiken für negative Umweltauswirkungen auf den einzelnen Stufen der vorgelagerten internationalen Wertschöpfungskette für zwei Fokussektoren des deutschen Maschinenbaus und Beschreibung tatsächlicher negativer Auswirkungen.
- Analyse von Risiken für negative Umweltauswirkungen, die mit ausgewählten Rohstoffen, Prozessen und Wertschöpfungsstufen verbunden sind.
- Beschreibung der Verbindung zwischen (potenziellen) negativen Umwelt- und menschenrechtlichen Auswirkungen.
- Informationen zu Datenquellen und Handlungsmöglichkeiten.

➤ **INFORMATIONEN AUF BRANCHEN-EBENE ALS AUSGANGSPUNKT FÜR UNTERNEHMENSSPEZIFISCHE RISIKOANALYSE**

Betrachtung zweier Fokussektoren des „Maschinenbaus“ (WZ08-28 nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige des Statistischen Bundesamtes).

Fokussektor 1

- Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen (WZ08-28.15)

Fokussektor 2:

- Herstellung von Werkzeugmaschinen (WZ08-28.41 und WZ08-28.49)

Aufbau

Kapitel	Inhalt
Fokussektoren im Überblick	<ul style="list-style-type: none">• Umsatz, Beschäftigte, Importanteile, Unternehmensstruktur• Lieferkettenstruktur,• Bezugspunkte zu anderen Branchen
Umweltthemen entlang der Lieferkette	<ul style="list-style-type: none">• Zusammenfassende Darstellung von Umweltauswirkungen (Themen- & Länderbezogen; bspw. Wasserverbrauch in der Lieferkette)• Basierend auf Input-Output-Modellierung
Darstellung von Fokusrohstoffen und -prozessen	<ul style="list-style-type: none">• Vertiefte Analyse von Rohstoffen und Prozessen• Ausgewählte metallische Rohstoffe und Metallverarbeitung, Galvanisierung/Metalllegierungen• Länder-Governance-Informationen• Beschreibung der Verbindung von Umwelt- und menschenrechtlichen Risiken
Tools/Datenbanken und Handlungsansätze für die Branche	<ul style="list-style-type: none">• Übersicht über geeignete Tools und Datenbanken• Ermittlung möglicher Maßnahmen für Umwelt- und Klimaschutz in der Wertschöpfungskette

Methodik

Methoden	Datengrundlage	Beschreibung
Quantitative multi-regionale Input-Output (MRIO)-Modellierung	Volkswirtschaftliche Daten	<ul style="list-style-type: none">• Einzelne Umweltbelastungen werden quantifiziert (u. a. Treibhausgasemissionen, Luftschadstoffe, Wasserverbrauch)• Sektorale sowie geografische Schwerpunkte innerhalb der vorgelagerten Wertschöpfungskette werden aufgezeigt
Qualitative Desk Recherche und Interviews	Ökobilanzen, Datenbanken, Studien, Experten und Expertinnen	<ul style="list-style-type: none">• Ergänzung der Modellierungsergebnisse• Strukturierte Interviews dienen zur Schließung von Lücken

Top-Down-Betrachtung mittels Erweiterter Multiregionale Input-Output Analyse (MRIO)

- Die Top-Down-Betrachtung der Umweltauswirkungen in den globalen Lieferketten des deutschen Maschinenbaus basiert auf der Methodik der **erweiterten multiregionalen Input/Output-Modellierung (MRIO)**.
- Die MRIO basiert auf **statistischen Daten zu Verflechtungen von Sektoren**, d.h. welche Vorleistungen bezieht ein Sektor – in welchem Umfang, in welchen Vorleistungssektoren, aus welchen Ländern. Auf diese Weise lassen sich globale Wertschöpfungsketten modellieren.
- Diese Daten sind **verknüpft mit ökologischen Daten der Vorleistungssektoren** in den jeweiligen Produktionsländern wie zum Beispiel Treibhausgasemissionen, so dass sich die damit die Emissionen entlang der gesamten Vorkette berechnen lassen.
- **Unternehmen können die Ergebnisse der MRIO** mit den Lieferantenländern und Verzweigungen der eigenen Beschaffung abgleichen, um Hot-Spots bzgl. Ländern und Vorleistungssektoren für die unternehmenseigene Analyse zu identifizieren.

Die Input-Output-Tabelle liefert monetäre Verlinkungen verschiedener Länder mit den Verzweigungen von Wertschöpfungsketten.

Identifizierung von Hot-Spots und Abgleich mit der eigenen Vorkette und deren Verzweigungen.



2

ÜBERSICHT DER ERGEBNISSE

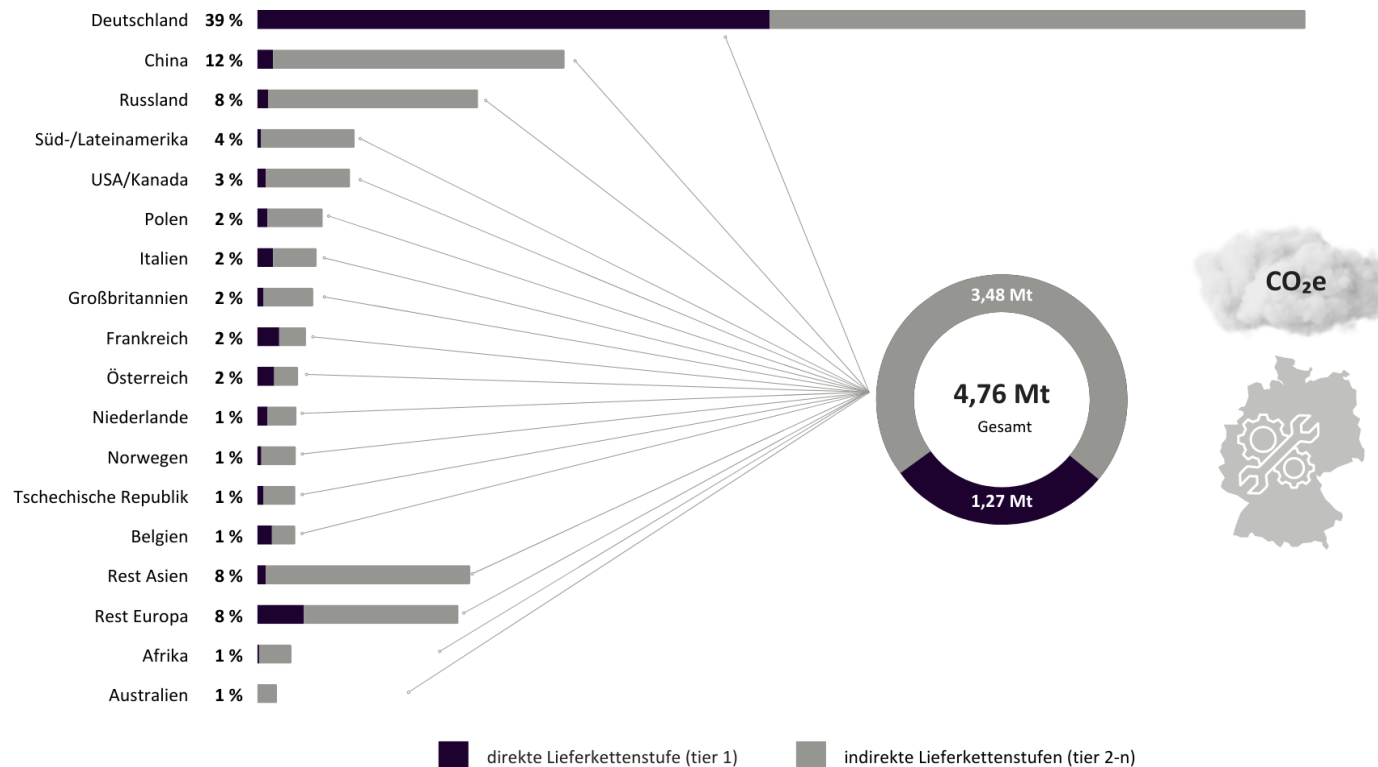
Überblick über untersuchte Umweltthemen

Umweltthema	Messgrößen
Treibhausgase	CO ₂ -Äquivalente
Luftschadstoffe	Versauerungspotenzial mit der Angabe in SO ₂ -Äquivalenten sowie die Angabe von gesundheitsschädlichen Feinstaubemissionen durch den Indikator der PM2,5-Äquivalente
Abiotische und biotische Rohstoffe	Biotische und abiotische Rohstoffe auf Basis des Indikators „Domestic Extraction Used (DEU)“, d. h. sämtliche aus der Umwelt gewonnene Rohstoffe für die weitere Verarbeitung (Materialinanspruchnahme)
Fläche	Beanspruchte Fläche für Gebäude, Infrastruktur, den Abbau von Rohstoffen sowie für die Belegung von Agrar- und Forstflächen
Wasser	Wasserverbrauch von sog. Blauem Wasser, d. h. Wasserentnahme aus Wasserreservoirs, regionalisierte Analyse von Wasserverbrauch in Regionen mit Knappheitsrisiken
Wassergefährdende Stoffe	Einträge von acht ausgewählten Schwermetallen, Analyse der regionalisierten Gewässerbelastung auf Basis des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BOD)
Abfälle	Abfallaufkommen klassifiziert nach gefährlichen und ungefährlichen Abfällen sowie Entsorgung und Recycling

Treibhausgasemissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette nach Ländern

Fokussektor 1: Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen

Fokussektor 2: Herstellung von Werkzeugmaschinen



FOKUSSEKTOR 1 (ABBILDUNG)

- Ein Viertel der Emissionen bei direkten Lieferanten, drei Viertel auf den tieferen Lieferkettenstufen
- 40 % der Emission in der Lieferkette innerhalb Deutschlands, ein Drittel im restlichen Europa
- 12 % der Emissionen in China

FOKUSSEKTOR 2

- Ein Drittel der Emissionen auf der Stufe der direkten Lieferanten, zwei Drittel in den Vorketten
- 42 % der Emission entlang der Lieferkette innerhalb Deutschlands, 30 % im Rest Europas
- 6 % in China, 8 % in Lateinamerika

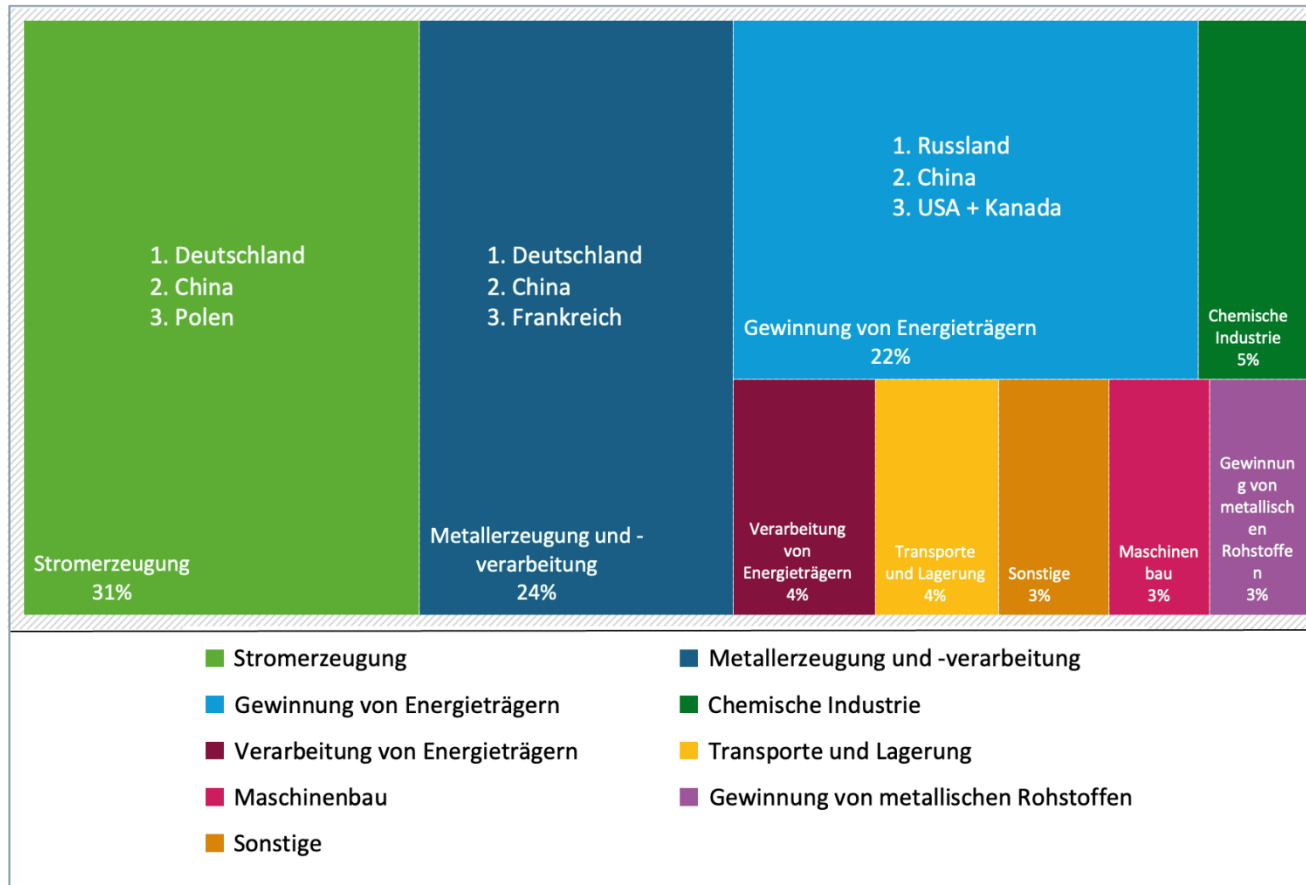
Fokussektor 1: Geografische Verteilung der GHG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette

Quelle: Eigene Darstellung, Systain auf Basis von MRIO mittel Exiobase 3.7 Modellierung für das Jahr 2019

Sektorale Verteilung der Treibhausgasemissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette

Fokussektor 1: Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen

Fokussektor 2: Herstellung von Werkzeugmaschinen



Fokussektor 1: Sektorale Verteilung der GHG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette

Quelle: Eigene Darstellung, Systain auf Basis von MRIO mittel Exiobase 3.7 Modellierung für das Jahr 2019

FOKUSSEKTOR 1 (ABBILDUNG)

- Ein Drittel der Treibhausgasemissionen geht auf die Stromerzeugung entlang der gesamten Vorkette zurück
- Ein Viertel im Sektor der Metallerzeugung und -verarbeitung
- 22 % gehen auf die Gewinnung von Energieträgern sowohl zur Energie-/Stromerzeugung als auch für die stoffliche Nutzung zurück
- Der Wechsel auf erneuerbare Energiequellen besitzt erheblichen Einfluss auf die Emissionen

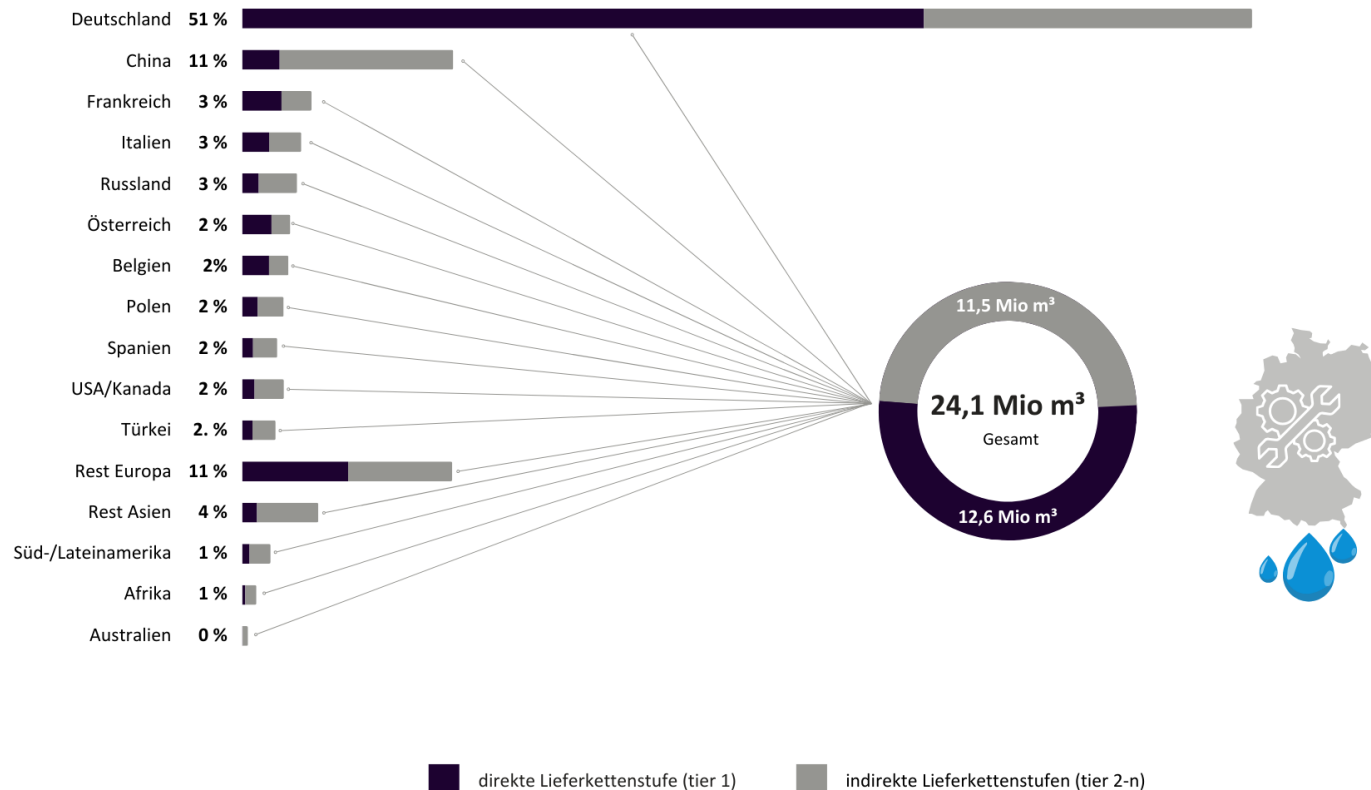
FOKUSSEKTOR 2

- Ein Drittel der Emissionen in der Stromerzeugung
- Jeweils ein Viertel geht auf die Metallerzeugung und -verarbeitung sowie auf die Gewinnung von Energieträgern zurück

Wasserverbrauch in der vorgelagerten Wertschöpfungskette nach Ländern I

Fokussektor 1: Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen

Fokussektor 2: Herstellung von Werkzeugmaschinen



Fokussektor 2: Wasserverbrauch entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Herstellung von Werkzeugmaschinen.

Quelle: Eigene Darstellung, Systain auf Basis von MRIO mittels EXIOBASE 3.7. Modellierung für das Jahr 2019.

FOKUSSEKTOR 1

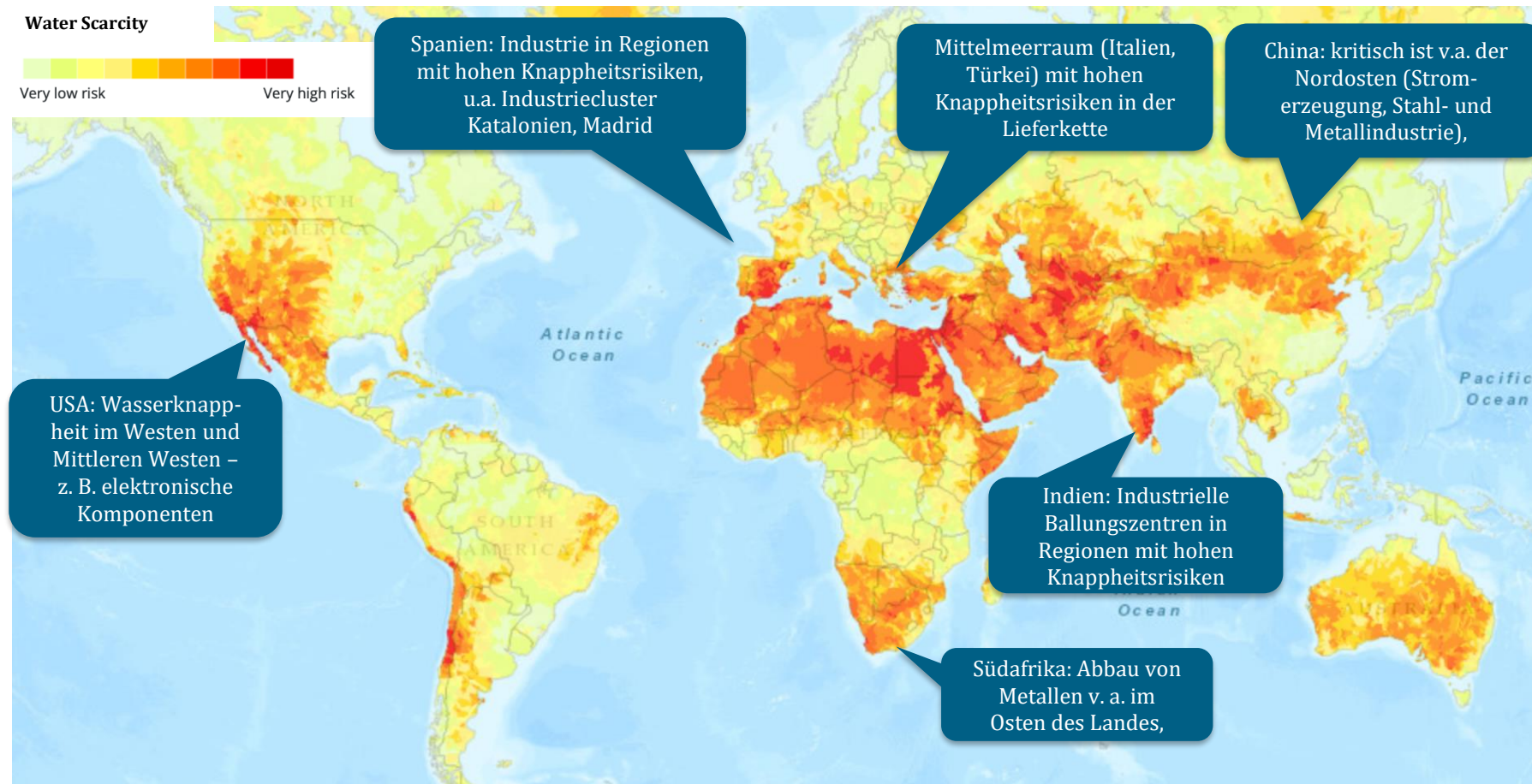
- Knapp 30 % des Wasserverbrauchs entfallen auf die direkte Lieferkettenstufe, 70 % auf Vorstufen
- 43 % des Wasserverbrauchs innerhalb Deutschlands, 28 % im Rest Europas sowie 23 % in Asien, darunter v. a. China und Indien
- Sektoral geht der Wasserverbrauch v. a. die Metallerzeugung und –erzeugung (42 %) sowie die Stromerzeugung entlang der Vorkette (21 %) zurück

FOKUSSEKTOR 2 (ABBILDUNG)

- Die Hälfte des Wasserverbrauchs auf der direkten Lieferkettenstufe
- 51 % innerhalb Deutschlands, 30 % im Rest Europas, 11 % in China
- Hauptsächlich Metallerzeugung und –verarbeitung (60 %) und Stromerzeugung (22 %)

Wasserverbrauch in der vorgelagerten Wertschöpfungskette nach Ländern II

WASSERVERBRAUCH IN REGIONEN MIT HOHEN WASSERKNAPPHEITSRISIKEN

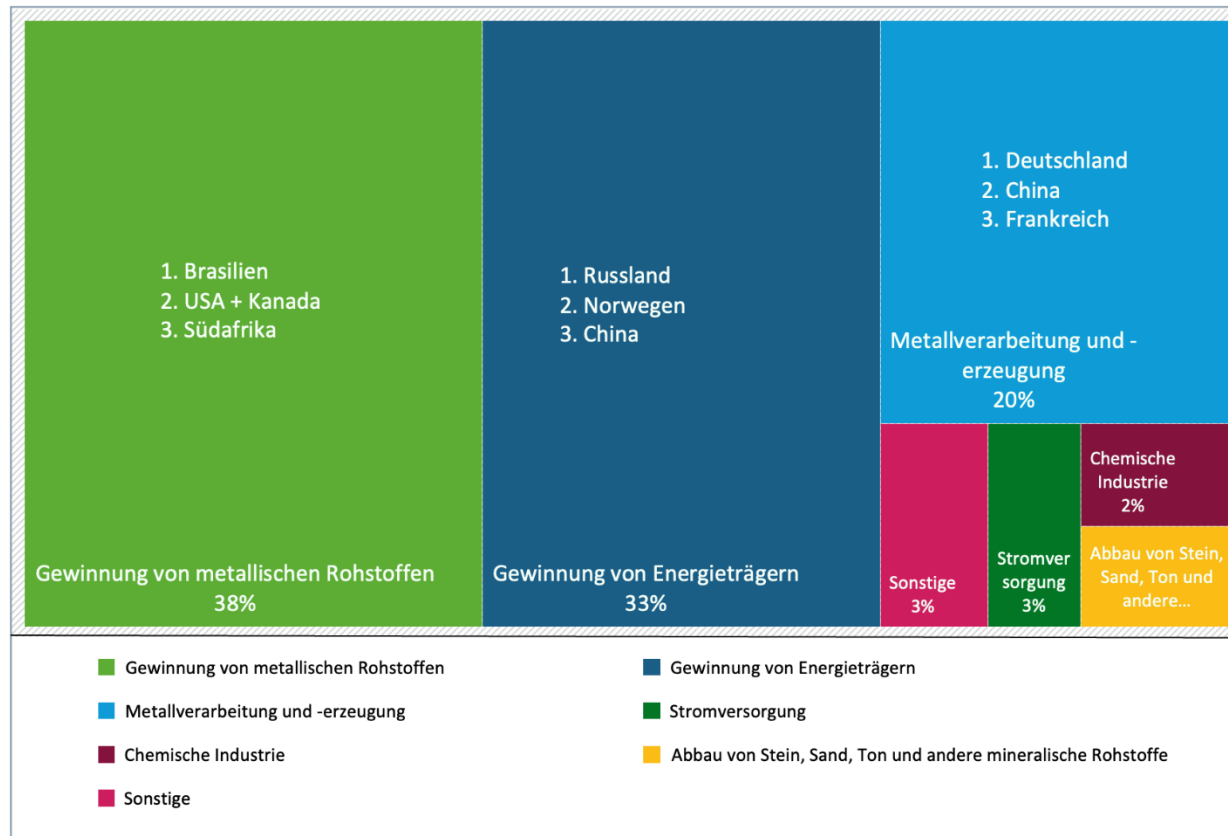


Quelle: WWF Risk Filter Suite (<https://riskfilter.org/water/explore/map>)

Abfallaufkommen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette

Fokussektor 1: Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen

Fokussektor 2: Herstellung von Werkzeugmaschinen



Fokussektor 2: Sektorale Verteilung des Abfallaufkommens entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Herstellung von Werkzeugmaschinen

Quelle: Eigene Darstellung, Systain auf Basis von MRIO mittels EXIOBASE 3.7. Modellierung für das Jahr 2019.

FOKUSSEKTOR 1

- Nur ein geringer Teil des Abfalls bei den direkten Lieferanten, 83 % der Abfälle in der Vorkette
- 6 % der Abfälle sind als gefährliche Abfälle
- Etwa ein Fünftel der Abfälle in Deutschland, etwa jeweils ein Zehntel in China und Russland
- Sektoral vor allem in der Gewinnung von Energieträgern und von metallischen Rohstoffen (jeweils ein Drittel)

FOKUSSEKTOR 2 (ABBILDUNG)

- 82 % der Abfälle entstehen auf den tieferen Lieferkettenstufen
- 5 % der Abfälle gelten als gefährliche Abfälle
- 19 % der Abfälle innerhalb Deutschlands, je 9 % in China und Russland
- Abfälle bei der Gewinnung von Energieträgern (38 %) sowie von metallischen Rohstoffen (33 %)



- Metallische Rohstoffe: **Eisen/Stahl**, Kupfer, Bauxit/Aluminium



- Metallverarbeitung

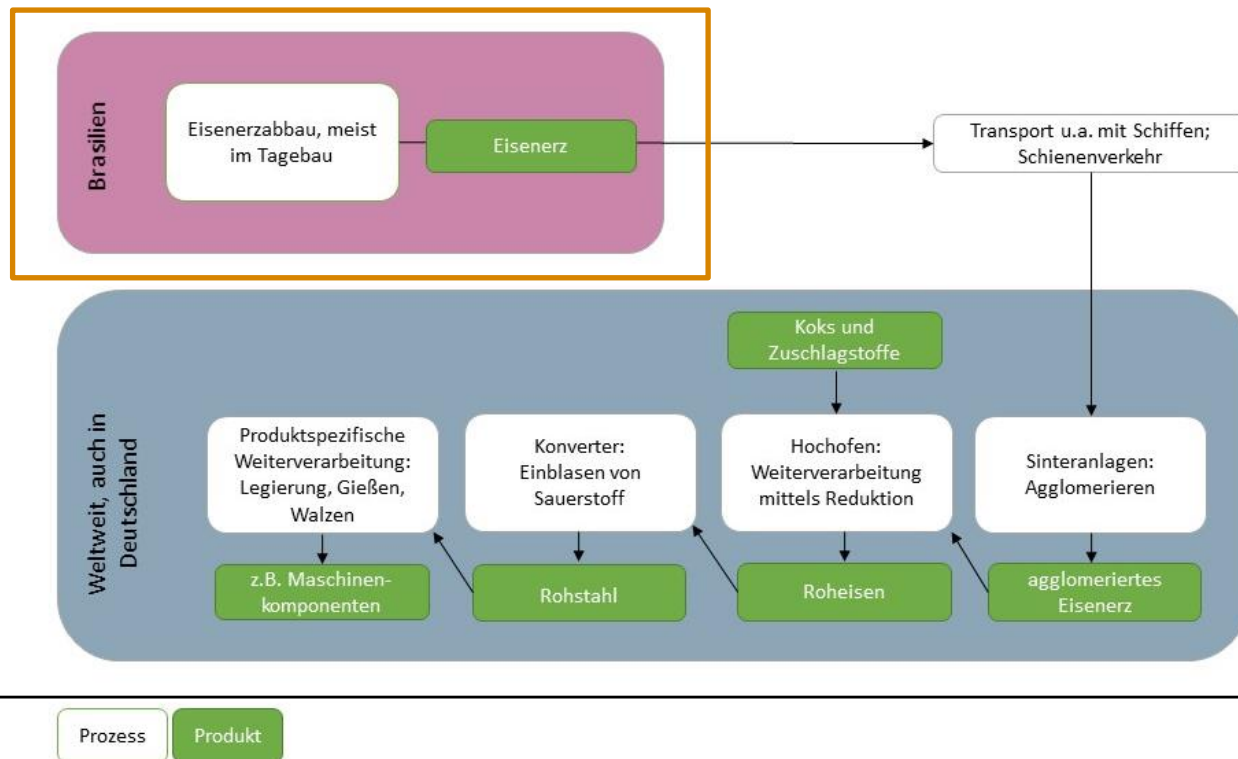


- **Galvanisierung**/ Metalllegierungen

3 FOKUSTHEMEN

Rolle von Eisen und Stahl im Maschinenbau

BEISPIELHAFTE LIEFERKETTE FÜR MASCHINENKOMPONENTEN AUS STAHL AUF BASIS VON EISENERZ AUS BRASILILIEN, KONVENTIONELLE HOCHOFENROUTE



Eisen ist mit 86 % das mit Abstand am meisten eingesetzte Metall im Maschinenbau.

Mit einem Bedarf von insgesamt 34,9 Mio. t lag die Nachfrage Deutschlands nach Stahlerzeugnissen 2020 global an siebter Stelle. Der Maschinenbau beanspruchte 2019 insgesamt 11 % des gesamten in Deutschland verarbeiteten Stahls.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung mit Informationen von Kerkow et al. 2012, Thyssenkrupp 2023.

Eckdaten zur (Umwelt)Governance – Eisenerz / Stahl

	Hauptproduktionsländer	EPI (Yale University)	Durchschnittswert der WGI (Weltbank)
Eisenerz- Produktion	Australien	60.1	1,48
	Brasilien	43.6	-0,21
	China	28,4	-0,25
	Indien	18,9	-0,12

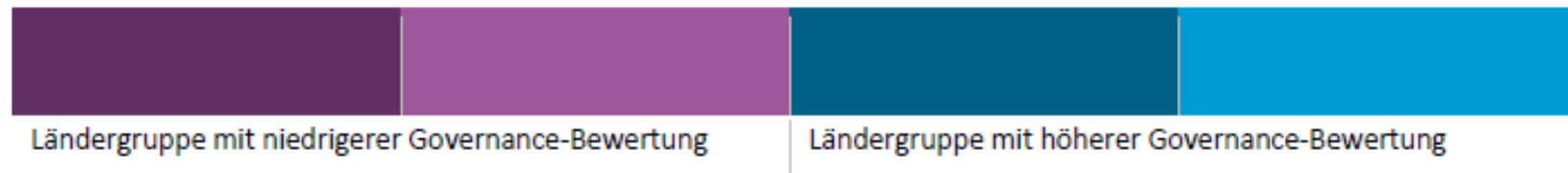
Hauptförderländer von Eisenerz (2019):

- Australien (38 %)
- Brasilien (17 %)
- China (14 %)
- Indien (8 %)

Hauptproduktionsländer vom Stahl (2020):

- China (56 %)
- Indien (5 %)
- Japan (4 %)

Quelle: Eigene Darstellung. Mit Informationen von EPI 2022 UND WGI 2020.



Eisenerzabbau: Umweltbezogene Risiken

WASSER:

- Nassverfahren im Aufbereitungsprozess; Entwässerung von Gruben
- Potentieller Beitrag zu Erschöpfung von Grundwasserleitern

FLÄCHE:

- Tagebau und Infrastruktur: hoher Flächenverbrauch
- Eingriff in Ökosystem und Biodiversität

ABFALL:

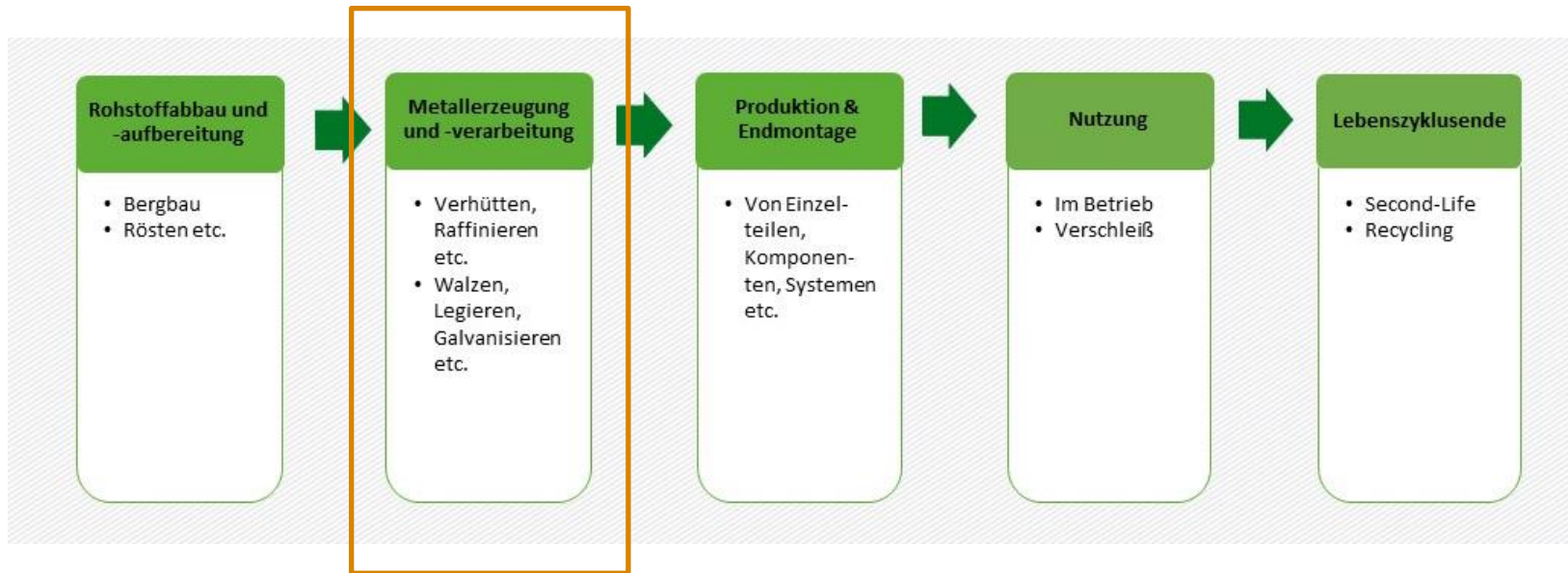
- Tailings (oftmals toxische Aufbereitungsrückstände) in Absetzbecken oder Schlamnteichen
- Risiko großflächiger Kontamination von Böden und Gewässern



Quelle: sarangib – pixabay.com

Galvanisierung

ÜBERBLICK ÜBER DEN LEBENSZYKLUS EINER MASCHINENBAUKOMPONENTE



3 grundlegende Verfahren der Galvanisierung:

- Schichtabtragen (Brennen, Beizen)
- Schichtauftragen (galvanische und chemische Abscheidung von Metallen und Metalllegierungen)
- Schichtumwandlung (Anodisieren, Chromatierung oder Phosphatieren)

Quelle: Eigene Darstellung.

Eckdaten zur (Umwelt)Governance – Galvanisierung

	Hauptfertigungsländer	EPI (Yale University)	Durchschnittswert der WGI (Weltbank)
Galvanisierung	Deutschland	62.4	1,40
Score Range: EPI: 0 bis 100; WGI: -2,5 bis 2,5 ²⁴			

- Galvanisierungsprozess findet teils als Zwischenschritt in metallverarbeitenden Betrieben, teils bei spezialisierten Dienstleistern statt.
- In Deutschland gibt es zum Stand 2017 etwa 2.400 Galvanisierungsbetriebe
- Da Galvanisierung u.a. auch für die Automobilbranche zum Einsatz kommt, ist kein branchenspezifischer Länderfokus für den Maschinenbau auszumachen

Quelle: Eigene Darstellung. Mit Informationen von EPI 2022 UND WGI 2020.



Galvanisierung: Umweltbezogene Risiken

LUFTSCHADSTOFFE

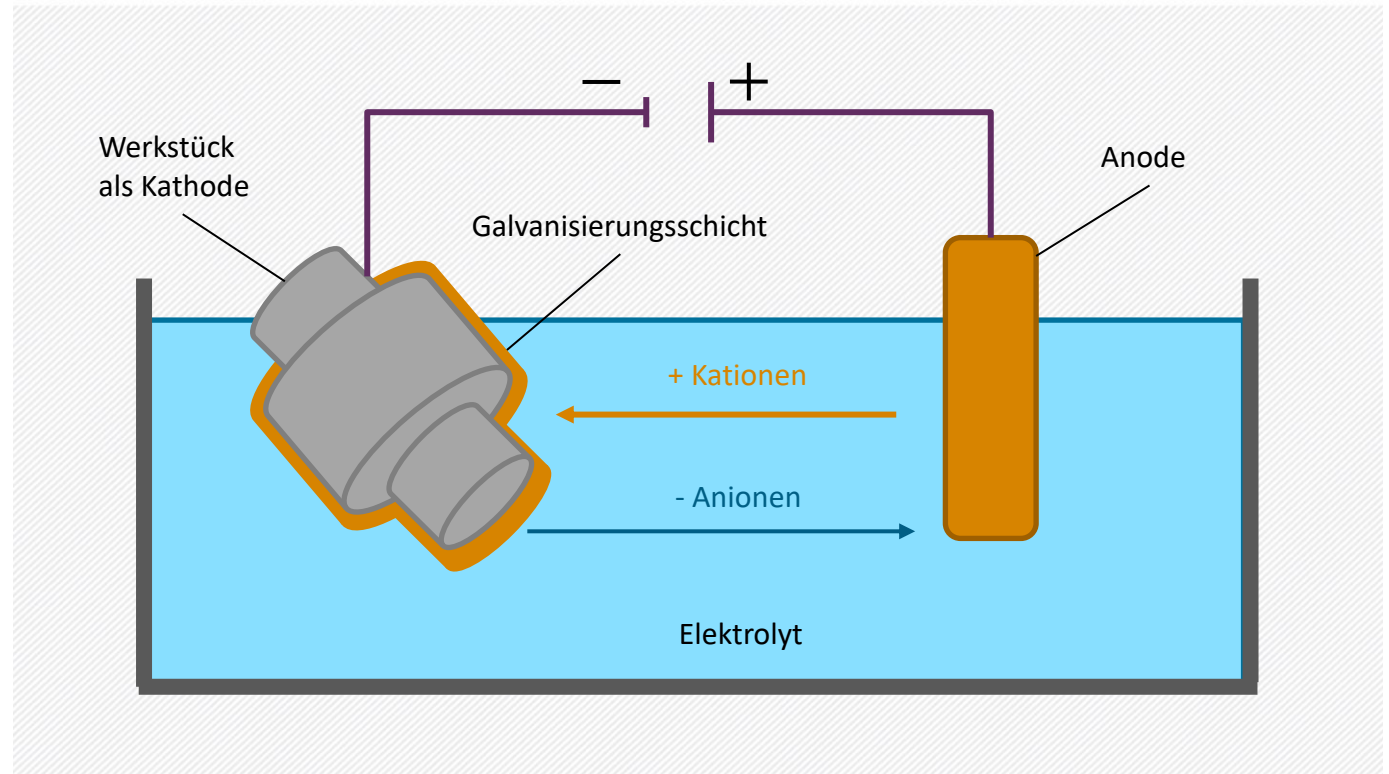
- Prozesslösungen und Verdunster emittierten u.a. Chromelektrolyte, NO_x, HCl, HF, SO_x
- Potentielle Gesundheitsgefährdung

WASSERGEFÄHRDENDE STOFFE:

- Einsatz von PFAS als Netzmittel; Abwasser enthält u.a. Metallionen und Neutralsalze
- Gefahr der Bioakkumulation und Gesundheitsgefährdung; Potentielle Kontaminierung von Böden und Gewässern

ABFÄLLE:

- Bei Reinigung des Abwassers entstehender Schlamm kann Schwermetallhydroxid und -sulfide enthalten
- Potentieller Beitrag zu Wachstums- und Stoffwechselstörungen



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ottim.de/galvanisieren/.

Menschenrechtliche und ökologische Auswirkungen

Beispiel: Bauxit / Aluminium



ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN

Flächeninanspruchnahme, Belastung von Ökosystem und lokaler Biodiversität, Wasserverbrauch, Wasserverunreinigung



MENSCHENRECHTLICHE AUSWIRKUNGEN

Landnahme, unzureichende Kompensationen/Ersatzflächen, Entzug Lebensgrundlage, erschwerter Zugang zu Wasser



BETROFFENE MENSCHENRECHTE

- Recht auf Wohnung und Schutz vor Vertreibung (Art. 25 AEMR; Art. 11 UNO-Pakt I)
- Recht auf Wasser (Art. 11 UNO-Pakt I)
- Recht auf Nahrung (Art. 25 AEMR; Art. 11 UNO-Pakt I)
- Recht auf Gesundheit (Art. 25 AEMR; Art. 12 UNO-Pakt I)



3 TOOLS UND HANDLUNGSOPTIONEN

Beispiele für Tools und Datenbanken

Tool	Beschreibung
ENCORE	<ul style="list-style-type: none">• Bewertung der ökologischen Relevanz von Sektoren („Materiality-Ranking“)• Entwicklung durch Natural Capital Finance Alliance und der Finanz-Initiative des UN-Umweltprogramms• https://encorenature.org/en
MVO CSR Risk Check	<ul style="list-style-type: none">• Prüfung von Vorleistungssektoren• Identifizierung lokaler Risiken anhand der „World Map“, falls Produktions- und/oder Abbaustandorte bekannt sind• https://www.mvorisicochecker.nl/en
WWF Water Risk Filter	<ul style="list-style-type: none">• Regionalisierte Analyse von Wasserknappheitsrisiken• Standortbezogene Abfragen sind möglich• https://riskfilter.org/water/explore/map
Environmental Justice Atlas	<ul style="list-style-type: none">• Identifizierung von Informationen zu konkreten, lokalen negativen Verschmutzungen, Schadensfällen auf die Umwelt, Konflikten in Bezug zur Umwelt• Daten generiert durch Institute of Environmental Science and Technology (ICTA) der Universitat Autònoma de Barcelona• https://ejatlas.org/
Datenbank der OECD	<ul style="list-style-type: none">• Identifizierung von konkreten Fällen und gemeldete Beschwerden im Rahmen der OCED-Leitsätze für Multinationale Unternehmen• https://mneguidelines.oecd.org/database/
ÖkoRess II	<ul style="list-style-type: none">• Bewertung des aggregierten Umweltgefährdungspotentials von 47 mineralischen Rohstoffen bei der Rohstoffgewinnung• Darunter auch Dimension Wasser Stress Index (WSI) und Wüstengebiete• https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekoress-ii
ÖkoRess III	<ul style="list-style-type: none">• Bewertung der Umweltgefährdungspotenziale von 100 großen Bergbaustandorten für Eisenerz, Kupfer und Bauxit weltweit• Link zu interaktiver Karte: https://ubagdi.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=cf856d775d8744d299d1585baa8934d1• https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pilot-screening-of-the-environmental-hazard

10 Steckbriefe zu geeigneten Handlungsansätzen

1. **Steuerung:** Verankerung eines nachhaltigen Lieferkettenmanagements im Unternehmen
2. **Steuerung:** Definition von klaren Zielen für die Lieferkette
3. **Kommunikation:** Interner Wissensaufbau und Austausch zu Umweltthemen und Maßnahmen in der Lieferkette
4. **Kommunikation:** Transfer von Wissen zu Umweltthemen und Maßnahmen an (Vor-) Lieferanten
5. **Dialog:** Austausch mit (potenziell) Betroffenen als Input zur Risikoanalyse und zur effektiven Lösungsfindung
6. **Pilotprojekte:** Umsetzung von Veränderungen in der Lieferkette und anschließende Ausweitung
7. **Einkauf und Lieferantenmanagement:** Zertifizierungen und Standards bei Produzenten und/oder Rohstoffen
8. **Allianzen:** Unternehmens- und branchenübergreifende Ansätze zur Schaffung nachhaltigerer Lieferketten
9. **Stoffkreisläufe:** Einsatz von Sekundärrohstoffen und Recycling von Rohstoffen
10. **Produktgestaltung:** Schaffen der Voraussetzungen für eine langfristige Nutzungsphase

Beispiel: Definition von klaren Zielen in der Lieferkette

HANDLUNGSANSATZ

Festlegung von konkreten Zielen zur Verringerung negativer Umweltauswirkungen

BEITRAG ZUR VERRINGERUNG NEGATIVER AUSWIRKUNGEN

Konkrete Priorisierungen und Zielsetzungen - Voraussetzung für Ableitung von Maßnahmen und Initiativen

UMSETZUNG (BEISPIEL)

Ziele zum Bezug von Energie aus erneuerbaren Quellen in der Lieferkette

- Schwerpunkt auf Prozesse und Standorte in der Lieferkette mit einem hohen Energie- und Strombedarf und Länder mit einem hohen Anteil an fossilen Energieträgern
- Bspw. Anforderungen an (Vor-)Lieferanten zum Einsatz von erneuerbaren Energien, z. B. bei Vergabe für neue Projekte (nur) Produzenten mit zertifiziertem Strom aus erneuerbaren Quellen berücksichtigen
- Zielsetzungen von Herstellern zu Treibhausgasreduktionen in der Lieferkette (Scope 3) im Rahmen wissenschaftsbasierter Klimaschutzstrategien

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fachbegleitung UBA

Christoph Töpfer, Fachgebiet I 1.8 – Nachhaltige Unternehmen, Sustainable Finance, Umweltkosten, christoph.toepfer@uba.de

Jan Kosmol, Fachgebiet III 2.2 – Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie, jan.kosmol@uba.de

Forschungsteam

Carolyn Grüning, adelphi research gGmbH, gruening@adelphi.de

Norbert Jungmichel, Systain Consulting GmbH, norbert.jungmichel@systain.com

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen>



Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024