



Die globale Umweltinanspruchnahme des deutschen Maschinenbaus

Fallstudie zu den weltweiten Wertschöpfungsketten

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:

Jungmichel, Norbert; Scholz, Johannes; Nill, Dr. Moritz
Systain Consulting GmbH
Brandstwierte 1
20457 Hamburg

Redaktion:

Fachgebiet I 1.5 Nationale und internationale
Umweltberichterstattung:
Michel Frerk

Satz und Layout:

Wegwerk GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

istockphoto

Redaktionsschluss:

November 2020

Stand:

März 2021

2363-832X

Dessau-Roßlau, November 2020

Dieses Vorhaben wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes – Forschungskennzahl 3716 12 105 2 („Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe: Teilvorhaben 2 Fallstudien und vertiefende Analysen“) erstellt und mit Bundesmitteln finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren



Die globale Umweltinanspruchnahme des deutschen Maschinenbaus

Fallstudie zu den weltweiten Wertschöpfungsketten

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung	6
3	Der deutsche Maschinenbau – eine global verflochtene Branche	7
	3.1. Spitzenplatzduell mit der Automobilindustrie.....	7
	3.2. Zwei Drittel des Umsatzes durch Exporte.....	8
	3.3. Maschinenexporte sind mehr als doppelt so hoch wie -importe.....	8
	3.4. Der deutsche Maschinenbau bezieht Vorleistungen vor allem aus Deutschland und Europa.....	9
4	Die globale Umweltinanspruchnahme entlang der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus	10
	4.1. Treibhausgasemissionen: Vierfache Emissionshöhe in der Lieferkette gegenüber den Emissionen Scope 1 + 2.....	10
	4.2. Luftschadstoff Stickoxid: Größter Treiber sind Transportemissionen.....	12
	4.3. Luftschadstoff Feinstaub PM10: Über 90 % der Emissionen entstehen auf der Vorstufe der metallverarbeitenden Industrie.....	13
	4.4. Luftschadstoff Feinstaub PM2,5: Drei Viertel der Emissionen entlang der Lieferkette entstehen außerhalb Deutschlands.....	15
	4.5. Säurebildner Schwefeldioxid und Sulfat: Emissionen fast ausschließlich in der vorgelagerten Produktionskette.....	16
	4.6. Wasser: Mehr als ein Zehntel des Wassers wird in Ländern mit erhöhtem Wasserstress entnommen.....	18
	4.7. Nachhaltiges Lieferkettenmanagement ist ein Wettbewerbsfaktor.....	20
	4.8. Schritte zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement.....	20
5	Rohstoffe für den deutschen Maschinenbausektor	22
6	Soziale Aspekte entlang der weltweiten Lieferkette des deutschen Maschinenbaus	27
	6.1. Aufkommen Arbeitsstunden: Arbeitsaufkommen von knapp 3 Mio. Vollzeitarbeitsplätzen.....	27
	6.2. Risikogewichtete Arbeitsstunden: 30 % der Arbeitsstunden mit erhöhtem Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards.....	29
7	Die globale Umweltinanspruchnahme der Exporte des deutschen Maschinenbaus	35
8	Abbildungsverzeichnis	36
9	Tabellenverzeichnis	37
10	Abkürzungsverzeichnis	37
11	Literaturverzeichnis	37

1. Zusammenfassung

Die Studie ‚Die globale Umweltinanspruchnahme des deutschen Maschinenbaus‘ untersucht die Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffe des deutschen Maschinenbausektors inkl. der gesamten Lieferkette sowie den Einsatz von ausgewählten Rohstoffen. Die Quantifizierung der Umweltbelastungen sowie die Analyse nach Treibern in der Lieferkette wurde mithilfe ökologisch erweiterter multiregionaler Input-Output-Modellierungen vorgenommen.

Entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen 58 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, d.h. von der Rohstoffgewinnung bis zu den eigenen Produktionsstandorten hierzulande. Die Treibhausgasemissionen in der Lieferkette sind um das Vierfache höher als an den eigenen Standorten (Scope 1+2). Je 1.000 EUR Umsatz des deutschen Maschinenbausektors werden etwa 215 Kilogramm an CO₂-Äquivalenten entlang der globalen Produktionskette verursacht. Der Automobil- und der Elektroniksektor liegen auf einem ähnlichen Niveau.

Bei den Luftschadstoffen entlang der Lieferkette machen die Emissionen an den eigenen Standorten max. 5 % aus. Ein Großteil der Luftschadstoffe wird in der Herstellung von Vorprodukten außerhalb Deutschlands ausgestoßen. Der Vorstufensektor mit der höchsten Luftschadstofffracht ist die metallverarbeitende und -erzeugende Industrie.

Die Analyse zum Einsatz von ausgewählten Rohstoffen mit hohen Umwelt- und Nachhaltigkeitsrisiken zeigt, dass der weltweite Maschinenbausektor ein großer Nachfrager dieser Rohstoffe ist. Sowohl beim industriellen Einsatz von Zink als auch von Tantal macht der globale Maschinenbausektor jeweils etwa ein Viertel aus. Der Anteil des deutschen Maschinenbaus beträgt dabei jeweils ca. 2 %. Bei anderen untersuchten Rohstoffen ergeben sich ähnliche Anteile. Oft werden Wasser und Böden beim Abbau mit Schwermetallen und anderen gefährlichen Substanzen schwer verunreinigt. Damit einher gehen potentielle Verletzungen von Menschenrechten, zum Beispiel durch verunreinigtes Trinkwasser.

In der Studie wurden zudem die Risiken von Verstößen gegen Arbeitsstandards untersucht. Der Anteil der Arbeitsstunden, die ein spezifisches Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards besitzen, an den insgesamt aufgewandten Arbeitsstunden in der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus beträgt 30 %. Die Risiken reichen von Verstößen bei Arbeitszeiten, bei der Vereinigungsfreiheit oder bei der Nicht-Diskriminierung. Dies betrifft nicht nur die Produktion von Vorleistungen in Schwellenländern, sondern auch in Industriestaaten. Besonders hohe Risiken menschenrechtlicher Verstöße sind in der Rohstoffgewinnung zu finden. In die Wertschöpfungskette des deutschen Maschinenbaus gehen Rohstoffe ein, die mit erhöhten Risiken verbunden sind.

2. Einleitung

Der Maschinenbau gilt als eine Schlüsselindustrie Deutschlands. Mit dem deutschen Maschinenbau sind Stichworte wie Innovationen, Mittelstand, Exportorientierung verbunden. Die Auftragseingänge im Maschinenbau gelten als Frühindikator für die konjunkturelle Entwicklung Deutschlands.

Gleichzeitig wäre unser Alltag ohne den Maschinenbau gar nicht möglich: keine Nahrungsmittel, kein Trinkwasser, keine Kleidung, kein Wohnen und Reisen u.v.m. ohne den meist verborgenen Anteil des Maschinenbaus. Erst der Maschinenbau ermöglicht die Herstellung von Gütern, die wir zum täglichen Leben benötigen.

Der Maschinenbau ist nicht nur ein Sektor, der Vorleistungen für andere Sektoren produziert. Auch im Privathaushalt finden sich Produkte des Maschinenbaus: Heizkessel, Durchlauferhitzer, Gas- und Elektroherde, Dunstabzugshauben, Kühlschränke, Waschmaschinen, Geschirrspüler und elektrische Werkzeuge wie Bohrmaschinen, Rasenmäher.

Der deutsche Maschinenbau ist global verflochten: Sowohl die Absatzmärkte als auch Lieferketten sind weltweit verzweigt. Die sich daraus ergebenden Umweltbelange betreffen daher nicht nur Produktionsstandorte des Maschinenbaus hierzulande. Aus unternehmerischer Sicht bedeuten sie Chancen und Risiken sowohl in der Lieferkette als auch in den Absatzmärkten. Die vorliegende Studie geht über die inländische Perspektive hinaus und untersucht die globale Umweltinanspruchnahme des deutschen Maschinenbaus:

- ▶ Welche Treibhausgasemissionen sind weltweit mit der Produktion des deutschen Maschinenbaus verbunden? Welche Emissionen von Luftschadstoffen? Welche Wassernutzung?
- ▶ Wo sind besonders relevante Bereiche in der Lieferkette - in welchen Ländern, in welchen vorgelagerten Sektoren („Hot Spots“)?

- ▶ Welchen Anteil besitzt der deutsche Maschinenbau an der Rohstoffnachfrage der deutschen Industrie? Welche Nachhaltigkeitsrisiken gibt es in der Rohstoffgewinnung und welche Rohstoffe sind diesbezüglich besonders relevant?

- ▶ Welcher Umweltinanspruchnahme ist mit den Exporten des deutschen Maschinenbaus verbunden?

Darüber hinaus untersucht die Studie die Arbeitsbedingungen entlang der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus.

Diese Publikation wurde als Teil des Projektes „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe“ (FKZ 3716 12 105 2) erstellt. Sie ergänzt weitere Veröffentlichungen des Vorhabens, u.a. „KonsUmwelt: Die globale Umweltinanspruchnahme unseres privaten Konsums“, „Von der Welt auf den Teller: Die globale Umweltinanspruchnahme unseres Nahrungsmittelkonsums“ und „Kleider mit Haken: Die globale Umweltinanspruchnahme durch die Herstellung unserer Kleidung.“

Methodisches Vorgehen

Die Berechnungen für diese Studie wurden von Systain Consulting im Forschungsvorhaben „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe“ (FKZ 3716 12 105 2) durchgeführt. Grundlage bilden volkswirtschaftliche Daten zu Produktion und Konsum sowie zu internationalen Wertschöpfungsverflechtungen der globalen Wirtschaft zwischen 82 Sektoren in 43 Ländern und 5 Regionen. Die ökonomischen Daten werden mit ökologischen und sozialen Daten verknüpft. Mithilfe dieser sog. ökologisch erweiterten multiregionalen Input-Output Modellierungen (Basis EXIOBASE 3.4) können die Umweltbelastungen in den einzelnen Wirtschaftssektoren und in ihren Wertschöpfungsketten und Verflechtungen quantifiziert werden. Darüber hinaus hat Systain auf Basis der erweiterten multiregionalen Input-Output Modellierungen die Arbeitsstunden entlang der Wertschöpfungskette des deutschen Maschinenbausektors quantifiziert und den Anteil der risikogewichteten Arbeitsstunden ermittelt, d.h. den Anteil an Arbeitsstunden mit spezifischen Risiken von Verstößen gegen Arbeitsstandards.

Für die Berechnungen stehen jeweils landes- und sektorspezifische Daten zur Verfügung. Die ökonomischen Daten, die den Berechnungen zugrunde liegen, wurden um Preiseffekte länderspezifischer Inflation korrigiert. Veränderungen von Finanzströmen sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung des methodischen Ansatzes und der Datenbasis können zu Abweichungen gegenüber früheren oder künftigen Erhebungen führen (z.B. im Vergleich zum ‚Umweltatlas Lieferketten‘ – vgl. Jungmichel et al. 2017).

Die Berechnungen liefern eine faktenbasierte Aussage zu den Umweltinanspruchnahmen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette und ermöglichen den Vergleich mit anderen Branchen.

3. Der deutsche Maschinenbau – eine global verflochtene Branche

3.1. Spitzenplatzduell mit der Automobilindustrie

Mit einem Umsatz von 249 Mrd. EUR im Jahr 2018 ist der deutsche Maschinenbau der zweitgrößte Industriesektor nach dem Automobilbau, der 2018 einen Umsatz von 426 Mrd. EUR aufwies¹. Beide Sektoren nehmen eine unangefochtene Spitzenposition im produzierenden Gewerbe ein. Erst mit größerem Abstand folgen die Chemieindustrie (142 Mrd. EUR) und die Nahrungs- und Futtermittelindustrie (139 Mrd. EUR).

Bei der Anzahl der Beschäftigten übertrifft der Maschinenbau den Automobilbau und rangiert in der Industrie an erster Stelle: 989.000. Beschäftigte wies der deutsche Maschinenbau im Jahr 2018 auf. In der Automobilindustrie waren es 834.000. Im Vergleich der Bruttolohn und -gehaltssummen liegen beide Sektoren gleichauf. Beide Sektoren haben über 56 Mrd. EUR Einkommen an die Beschäftigten gezahlt.

Beim Blick auf die Zahl der Betriebe zeigt sich ein typisches Merkmal des deutschen Maschinenbaus: Der Sektor ist mittelständig geprägt. Im Jahr 2018 waren 3.773 Maschinenbaubetriebe und 956 Betriebe des Automobilbaus registriert.

Tabelle 1 stellt die Kennzahlen für die vier umsatzgrößten Industriezweige Deutschlands dar.

Die Produktpalette des Maschinenbaus reicht vom Kraftwerk bis zur Herstellung kleiner Zahnräder. Gemessen am Umsatz nimmt die Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Straßenfahrzeuge) den höchsten Anteil ein (33,6 Mrd. EUR). Weitere große Bereiche sind die Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen (20,6 Mrd. EUR), Hebezeuge und Fördermittel (19,5 Mrd. EUR) sowie Werkzeugmaschinen für die Metallverarbeitung (18,6 Mrd. EUR) (DESTATIS 2019b).

¹ Im folgenden DESTATIS (2019a).

Tab.1

Kennzahlen der vier umsatzgrößten Industriezweige Deutschlands (2018)

Sektor	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte	Bruttolohn und -gehaltssummen (in Mio. EUR)	Umsatz (in Mio. EUR)	Exportanteil am Umsatz (in %)
Automobilbau	956	833.937	56.533	426.212	65 %
Maschinenbau	3.773	989.451	56.233	249.004	63 %
Chemieindustrie	1.082	320.211	20.219	142.346	62 %
Nahrungs- und Futtermittelindustrie	2.431	446.829	14.687	139.488	24 %

Quelle: DESTATIS (2019a): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Zweisteller

3.2. Zwei Drittel des Umsatzes durch Exporte

Der deutsche Maschinenbau hat im Jahr 2018 63 % des Umsatzes im Export getätigt (156,3 Mrd. EUR). Damit besitzt der Sektor eine ähnlich hohe Exportquote wie der Automobilbau (65 %), die Chemieindustrie (62 %) oder die Elektronikindustrie (63 %).

Mehr als die Hälfte der Exporte des Maschinenbaus ging 2018 in Europa-Staaten (57 %)². Die beiden größten Abnehmer sind Frankreich und Italien. Weitere wichtige Exportmärkte sind Großbritannien, Niederlande, Polen und Österreich.

Größte Exportländer für den deutschen Maschinenbau waren 2018 die USA und China mit einem Anteil von jeweils 11 % am Exportvolumen.

Der Export ist auch der große Wachstumstreiber des deutschen Maschinenbaus. Zwischen 2008 und 2018 wuchs das Exportvolumen um 24 %, der Inlandsumsatz hingegen um ‚lediglich‘ 9 %.

Verbrennungsmotoren und Turbinen führen die Exporte des deutschen Maschinenbaus mit einem Volumen von 22,4 Mrd. EUR an. Weitere wichtige Exportgüter sind Werkzeugmaschinen für die Metallverarbeitung sowie Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen mit einem Exportvolumen von jeweils ca. 11 Mrd. EUR.

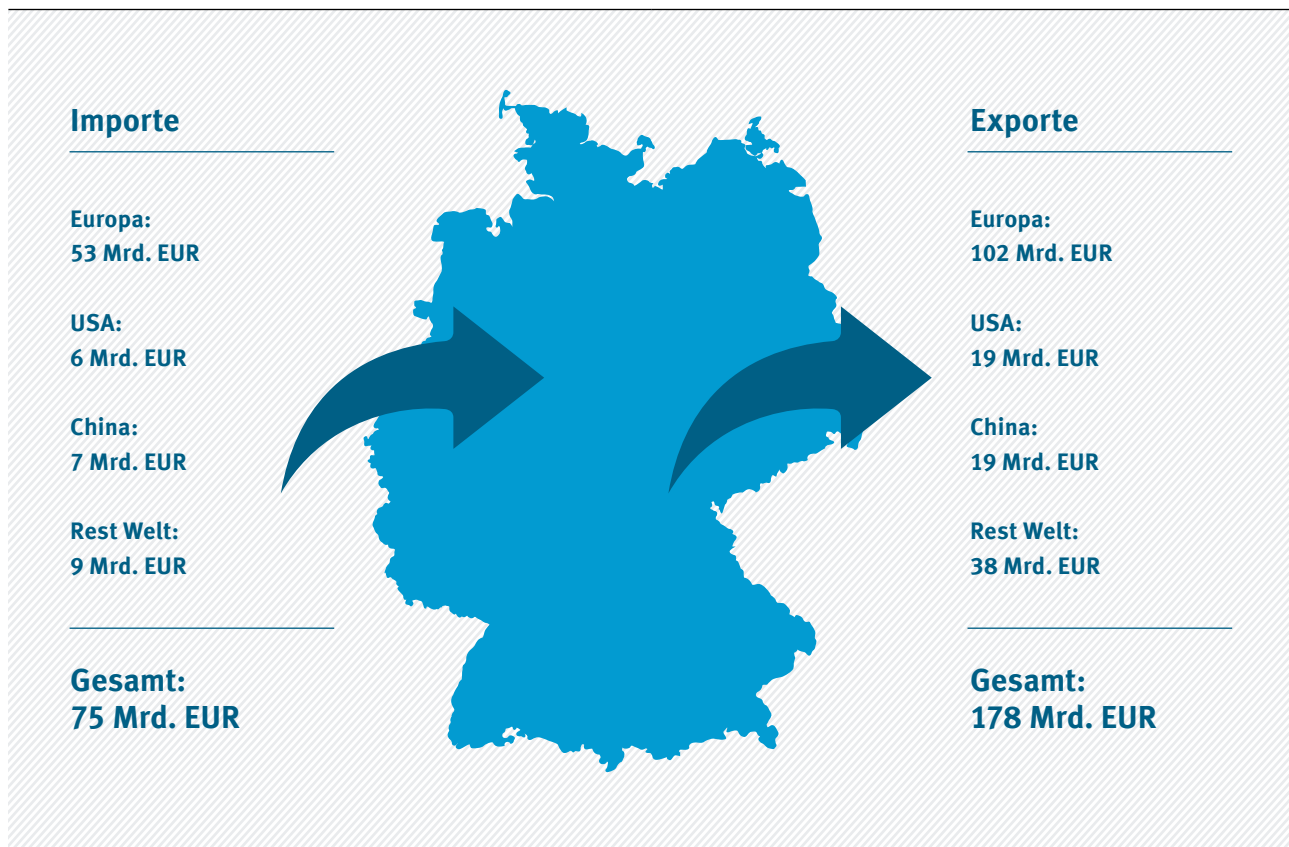
3.3. Maschinenexporte sind mehr als doppelt so hoch wie -importe

Nach den Branchendaten des Verbandes des Deutschen Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA) führte Deutschland im Jahr 2018 Maschinen und Anlagen im Wert von 75 Mrd. EUR ein. Im Vergleich dazu sind die Exporte von Maschinen und Anlagen um 2,4 fache höher (der VDMA geht für 2018 von einem etwas höheren Exportvolumen als DESTATIS aus: 177,8 Mrd. EUR).

Die meisten Maschinen importierte Deutschland im Jahr 2018 aus Italien und China (jeweils knapp 7 Mrd. EUR). Weitere wichtige Lieferländer für Maschinen und Anlagen nach Deutschland sind die Schweiz, USA, Frankreich, Tschechische Republik und Österreich. Aus dem europäischen Ausland importierte Deutschland Maschinen und Anlagen im Wert von insgesamt 53 Mrd. EUR. das entspricht 71 % des Importvolumens von Maschinen.

2 Im Folgenden für Export- und Importdaten DESTATIS (2019c) und VDMA (2019).

Die Exporte des deutschen Maschinenbaus sind 2,4 mal höher als Deutschlands Importe an Maschinen (Daten 2018)



* inkl. Russland und Türkei

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDMA (2019)

3.4. Der deutsche Maschinenbau bezieht Vorleistungen vor allem aus Deutschland und Europa

Die Vorprodukte und Vorleistungen, die der deutsche Maschinenbausektor bei Lieferanten beschafft, stammen größtenteils aus dem Inland³. Etwa 69 % des Beschaffungsvolumens wird in Deutschland bezogen. Etwa 16 % der bezogenen Vorleistungen werden im europäischen Ausland beschafft. Wichtigste Lieferländer sind Italien und Frankreich. Etwa 3 % der

Vorleistungen werden aus China bezogen. Auf den tieferen Lieferkettenstufen verzweigen sich die Lieferketten vor allem innerhalb Europas und nach Asien sowie in die USA.

Die wichtigsten Vorleistungssektoren, von denen der deutsche Maschinenbausektor Güter bezieht, sind der Maschinenbausektor selbst sowie die metallverarbeitende Industrie. Weitere wichtige Vorleistungssektoren sind der Transportsektor, die chemische Industrie und die Elektronikindustrie.

3 Im Folgenden Modellierung mit EXIOBASE 3.4.

4. Die globale Umweltinanspruchnahme entlang der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus

Das folgende Kapitel beschreibt die globale Umweltinanspruchnahme, die mit der Produktion des deutschen Maschinenbaus verbunden ist („Upstream“). Dieser wurde mithilfe ökologisch erweiterter multiregionaler und sektoraler Input-Output-Tabellen modelliert (EXIOBASE 3.4). Hierbei wurden ökonomische Statistiken zu Verflechtungen von Wertschöpfungsketten mit Umweltdaten der jeweiligen Sektoren und Länder verknüpft. Auf diese Weise werden Emissionen und der Einsatz von ausgewählten Rohstoffen sowie die Entnahme von Wasser, welche der deutsche Maschinenbau auslöst, quantifiziert. In EXIOBASE 3.4 liegen die Daten des Jahres 2015 zugrunde.

Im Folgenden wird zwischen den eigenen Produktionsstandorten des Maschinenbaus und der vorgelagerten Wertschöpfungskette unterschieden. Daten der eigenen Produktionsstandorte liegen mitunter im Unternehmen vor, zum Beispiel im Rahmen der Emissionsberichterstattung oder eines Umweltmanagements. Die Gegenüberstellung von Standortperspektive mit den Daten der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette verdeutlicht die Höhe der gesamten Umweltinanspruchnahme und die Relevanz der Lieferkette. Die vorgelagerte Lieferkette ist wiederum aufgeteilt in Inland und Ausland. Zudem werden besonders relevante Bereiche (sektoral, geografisch) beschrieben, die sich anhand der Modellierung zeigen.

Die jeweiligen Umweltbelastungen des Maschinenbaus werden zudem mit anderen Sektoren verglichen (umsatzbezogen). Die Umweltintensität zeigt die spezifische Umweltbelastung pro EUR an. Mithilfe dieser umsatzbezogenen Angabe können Unternehmen des Maschinenbaus die Umweltbelastung der eigenen Wirtschaftstätigkeit und deren Vorkette näherungsweise abschätzen, indem sie die spezifische Umweltbelastung mit dem eigenen Umsatz multiplizieren.

4.1. Treibhausgasemissionen: Vierfache Emissionshöhe in der Lieferkette gegenüber den Emissionen Scope 1 + 2

Absolute Emissionen: Die Treibhausgasemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. Lieferkette betrugen im Jahr 2015 etwa 58,3 Mio. Tonnen Kohlendioxid (CO₂)-Äquivalente. Die Menge entspricht den Pro-Kopf-Emissionen von ca. 5,3 Mio. Bundesbürgerinnen und Bundesbürgern (11,0 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Kopf) (Umweltbundesamt 2019).

Lieferkettenverteilung: Etwa 6 % der Emissionen entstehen an den eigenen Standorten des Maschinenbaus und 94 % in der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette. In der Treibhausgasbilanzierung von Unternehmen werden üblicherweise die Emissionen, die durch den Bezug von Energie (v.a. Strom und Fernwärme) entstehen, den Standortemissionen zugerechnet (sog. Scope 2-Emissionen)⁴. Bei dieser Betrachtung beträgt der Anteil der Emissionen von Scope 1 und 2 knapp 19 % im Vergleich zu 81 % Anteil der Emissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette. Damit sind die Scope 3-Emissionen in der Lieferkette mehr als viermal so hoch wie die Standortemissionen Scope 1 und 2.

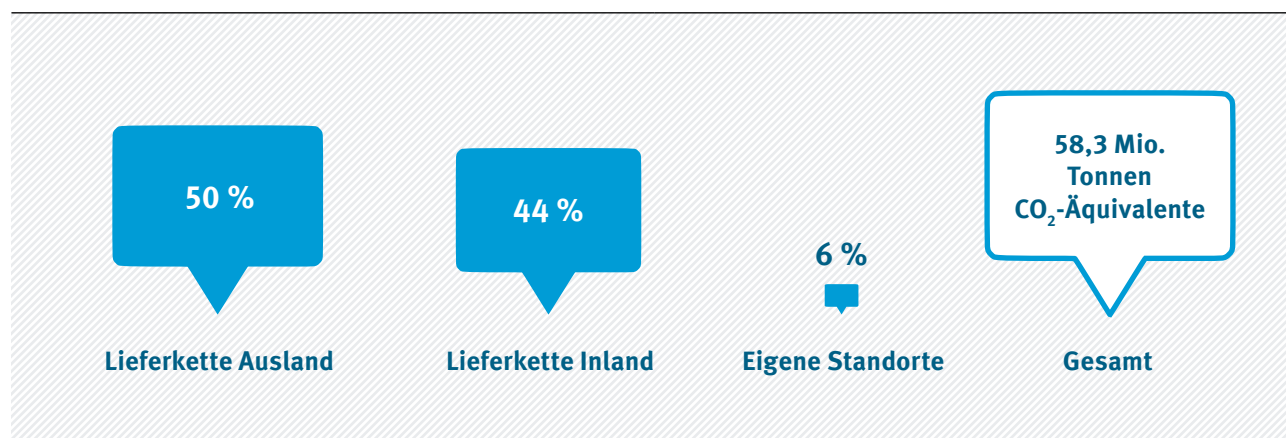
Geografische Verteilung: Die Hälfte der Treibhausgasemissionen des deutschen Maschinenbaus entsteht außerhalb Deutschlands, d.h. 29,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Den größten Anteil hiervon besitzt China mit knapp zwei Fünfteln der Emissionen (28 %). Dort nehmen der Stromverbrauch der Lieferanten und Vorlieferanten sowie die Metallverarbeitung den größten Anteil ein. Weitere 7 % der Emissionen außerhalb Deutschlands entstehen jeweils in Russland und in den USA. Der deutsche Maschinenbau importiert zwar wenige Güter aus Russland, jedoch verzweigen sich die tieferen Lieferkettenstufen in die metallverarbeitende Industrie und in den Rohstoffabbau des Landes. In den USA nehmen der Stromverbrauch bei Lieferanten und Vorlieferanten sowie die Rohstoffgewinnung den größten Anteil ein.

⁴ Gemäß Greenhouse Gas Protocol (World Resources Institute 2015). Scope 1-Emissionen sind direkte Emissionen durch die geschäftliche Tätigkeit, Scope 2-Emissionen sind indirekte Emissionen durch den Bezug von Energie. Scope 3-Emissionen umfassen weitere Emissionen durch die geschäftliche Tätigkeit, z.B. durch den Bezug von Vorprodukten, Transporte, Entsorgung von Abfällen, Nutzung der produzierten Güter etc.

Abbildung 2

Die Treibhausgasemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Die Hälfte der Treibhausgasemissionen entsteht außerhalb Deutschlands



Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

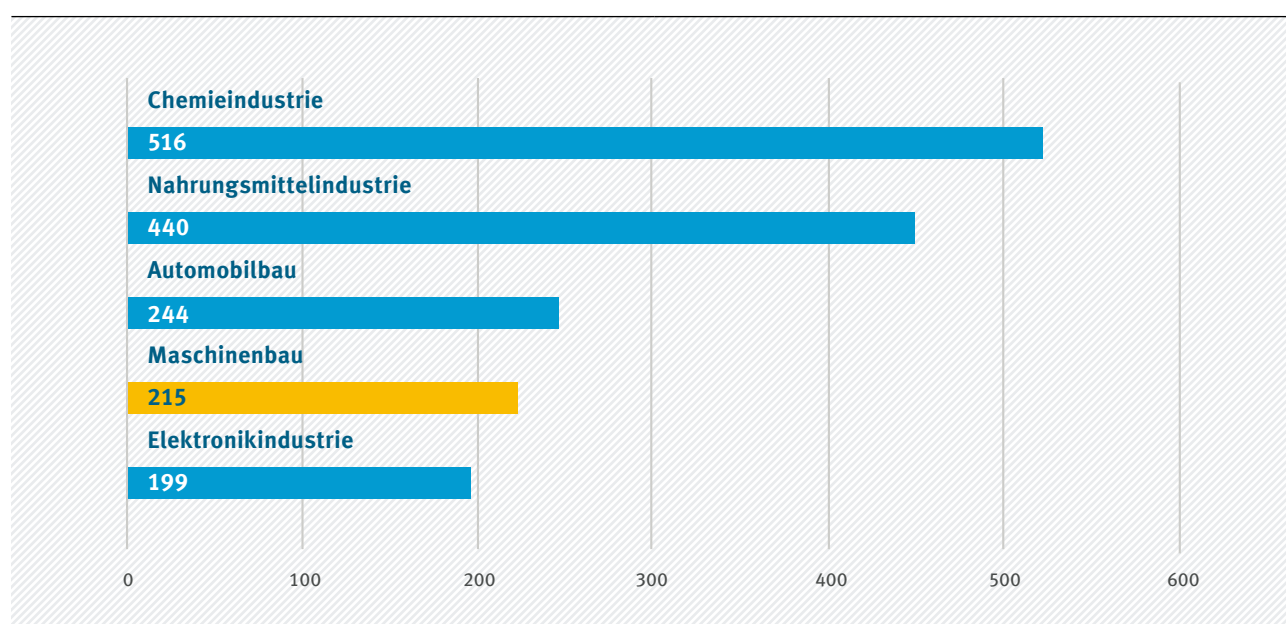
Sektorale Verteilung: Der dominierende Sektor in der Treibhausgasbilanz des deutschen Maschinenbaus ist die Strom- und Energieversorgung mit einem Anteil von insgesamt 40 %. Darin zeigt sich die Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen sowohl an den eigenen Standorten als auch bei Lieferanten und Vorlieferanten. Besonders in Ländern mit

einem hohen oder wachsenden Kohlestromanteil am Strommix, wie China, Indien, Polen und der Tschechischen Republik, sind Energieeffizienzmaßnahmen besonders wirkungsvoll bei der Reduktion von Treibhausgasen. Die Metallverarbeitung entlang der Wertschöpfungskette des Maschinenbaus macht ein Viertel der Treibhausgasemissionen aus. Auch

Abbildung 3

Die Treibhausgasemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Pro EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus entstehen 215 Gramm Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente)



Treibhausgasemissionen in Gramm pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

hier sind Energieeffizienzmaßnahmen entlang der Lieferkette ein geeignetes Handlungsfeld, ebenso die Steigerung der Ressourceneffizienz bei der Metallverarbeitung sowie die Steigerung des Anteils von Altmetallen bei der Metallerzeugung.

Emissionsintensität: Je EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus entstehen im Durchschnitt 215 Gramm an CO₂-Äquivalenten. Der Automobil- und der Elektroniksektor liegen auf einem ähnlichen Niveau. Der Chemiesektor und die Nahrungsmittelindustrie ist hingegen deutlich emissionsintensiver, d.h. sie verursachen deutlich mehr Emissionen je EUR Umsatz.

4.2 Luftschadstoff Stickoxid: Größter Treiber sind Transportemissionen

Absolute Emissionen: Entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen 154.500 Tonnen Stickoxidemissionen (NO_x). Stickoxide (NO_x) reizen die Atemwege, tragen zur Bildung von Ozon bei und spielen eine Rolle bei der Entstehung von Feinstaub.

Lieferkettenverteilung: An den eigenen Standorten des deutschen Maschinenbaus entstehen 4 % der Stickoxidemissionen, während 94 % der Emissionen in der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette aufkommen. In der vorgelagerten Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen 900-mal so viele Emissionen wie an den eigenen Standorten.

Geografische Verteilung: Mehr als die Hälfte an Stickoxidemissionen des deutschen Maschinenbaus entsteht außerhalb Deutschlands (56 %). Ein Fünftel dieser Emissionen entfallen auf China (21 %), insbesondere in der Transportkette und in der Metallverarbeitung. Frankreich und Russland besitzen einen Anteil von etwa 5 % an den ausländischen Stickoxidemissionen des deutschen Maschinenbaus. Auch hier nimmt die Metallerzeugung und -verarbeitung den höchsten Posten ein.

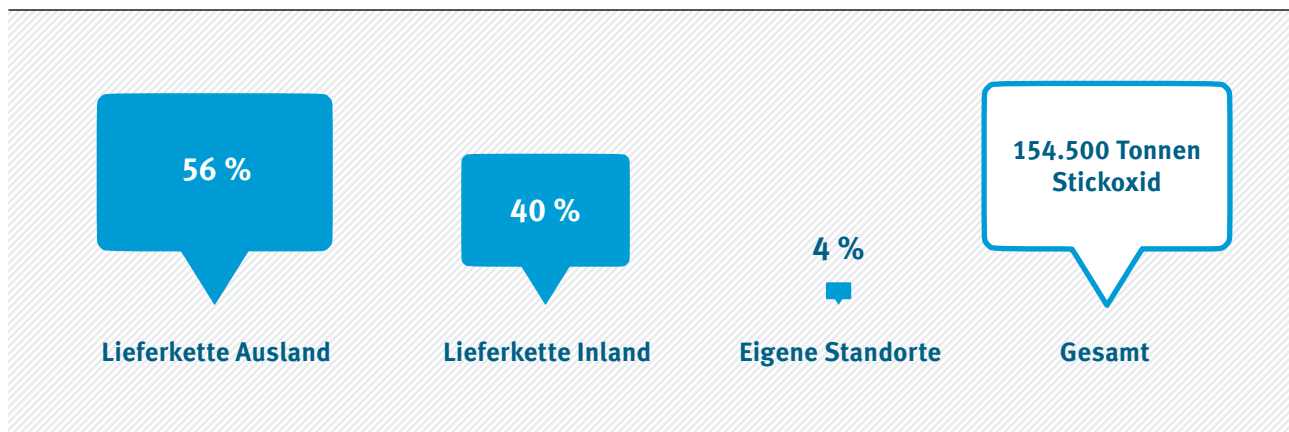
Sektorale Verteilung: Etwa 37 % der Stickoxidemissionen des deutschen Maschinenbaus gehen auf Transporte zurück. Schiffstransporte sind zwar das klimafreundlichere Transportmittel im Vergleich zur Luftfracht und zum Transport auf der Straße. Jedoch sind mit dem Schiffsverkehr erhebliche Schadstoffemissionen verbunden: neben Stickoxiden auch Feinstaub und Ruß. Ebenso tragen LKW-Transporte zum Ausstoß von Stickoxiden bei. Die Stickoxidemissionen in der Transportkette verteilen sich je hälftig auf das Inland und auf das Ausland. Weitere 31 % der Stickoxidemissionen in der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus sind auf den Sektor der Metallerzeugung und -verarbeitung zurückzuführen.

Emissionsintensität: Mit jedem umgesetzten EUR des deutschen Maschinenbaus sind 0,57 Gramm an Stickoxidemissionen verbunden. Im Vergleich dazu sind es im Automobilbau etwa 0,72 Gramm.

Abbildung 4

Die Stickoxidemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Mehr als die Hälfte der Emissionen an Stickoxid entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entsteht außerhalb Deutschlands

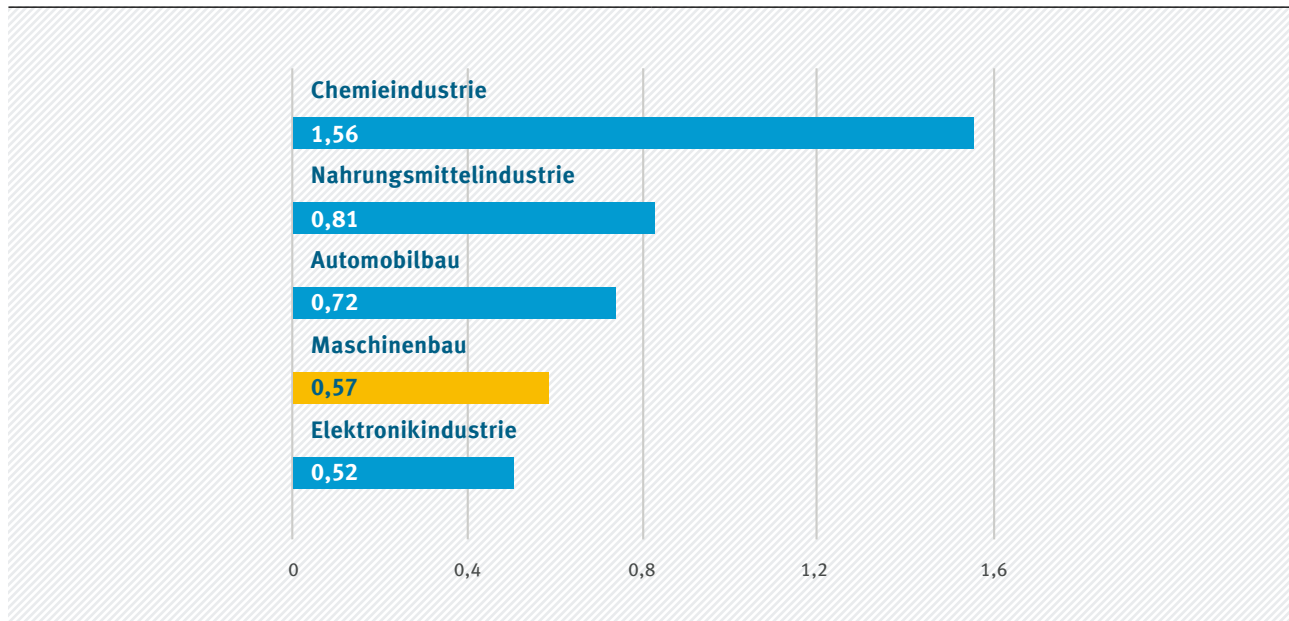


Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Abbildung 5

Die Stickoxidemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Pro EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus werden 0,57 Gramm Stickoxide entlang der Produktions- und Lieferkette ausgestoßen



Emissionen NO_x in Gramm pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

4.3 Luftschadstoff Feinstaub PM10: Über 90 % der Emissionen entstehen auf der Vorstufe der metallverarbeitenden Industrie

Absolute Emissionen: Im Jahr 2015 wurden 57.700 Tonnen Feinstaub der Partikelgröße 10 Mikrometer (PM10) entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus ausgestoßen. Feinstaub wird bei Verbrennungsprozessen freigesetzt. Feinstaub PM10 kann Schleimhautreizungen und Atembeschwerden hervorrufen.

Lieferkettenverteilung: Die Feinstaubemissionen in der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette sind um ein Vielfaches höher als an den eigenen Produktionsstandorten des deutschen Maschinenbaus. Gerade einmal 1 % machen die Feinstaubemissionen der eigenen Produktionsstätten an der Gesamtmenge der Emissionen entlang der Lieferkette aus.

Geografische Verteilung: Drei Viertel des Ausstoßes an Feinstaub PM10, der entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entsteht, fallen außerhalb Deutschlands an. Auf China entfallen 22 % der gesamten Feinstaubemissionen PM10. Damit entstehen in China fast genauso viel Emissio-

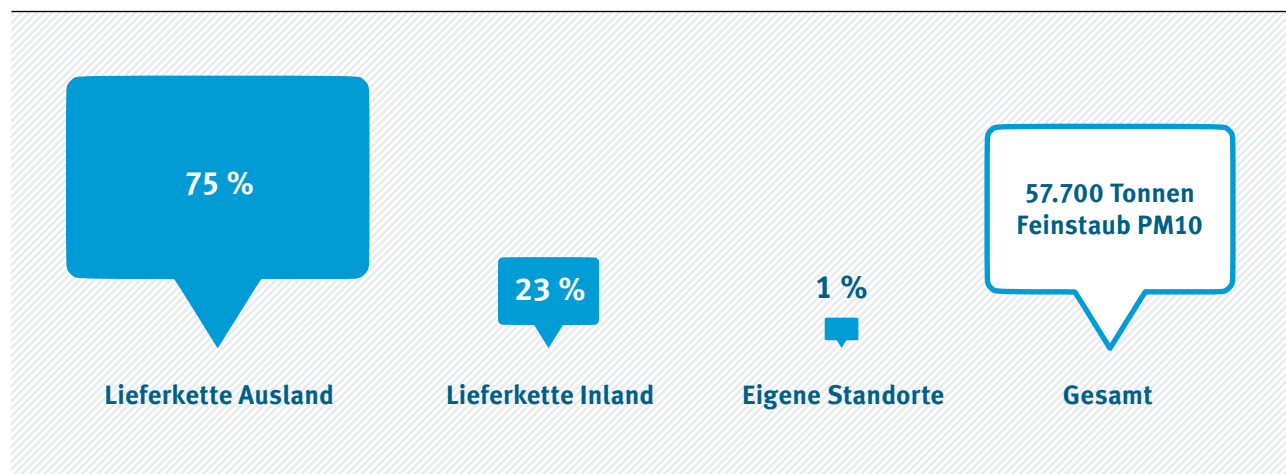
nen wie in Deutschland entlang der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus. Während in Deutschland der Großteil der Emissionen auf die Metallverarbeitung zurückzuführen ist (66 %), sind es in China neben der metallverarbeitenden Industrie auch die Emissionen der Stromerzeugung, die jeweils etwa ein Drittel ausmachen. Weiterhin entstehen Feinstaubemissionen in Russland (Anteil von 6 %) und Frankreich (5 %).

Sektorale Verteilung: Die Feinstaubemissionen PM10 entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus gehen fast ausschließlich auf die metallverarbeitende Industrie zurück. Dieser Vorstufensektor macht 91 % der Feinstaubaufkommens PM10 aus. Ansatzpunkte zur Verringerung der Feinstaubemissionen der Partikelgröße 10 Mikrometer können demnach Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei Lieferanten und Vorlieferanten von Metallkomponenten sowie die Steigerung der Ressourceneffizienz bei der Verwendung und Verarbeitung von Metallen sein. Auch die Steigerung des Anteils von Altmetallen bei der Metallerzeugung kann einen Beitrag leisten.

Abbildung 6

Die Feinstaubemissionen PM10 des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Entlang der Liefer- und Produktionskette des deutschen Maschinenbaus fallen drei Viertel der Feinstaubemissionen PM10 außerhalb Deutschlands an



Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

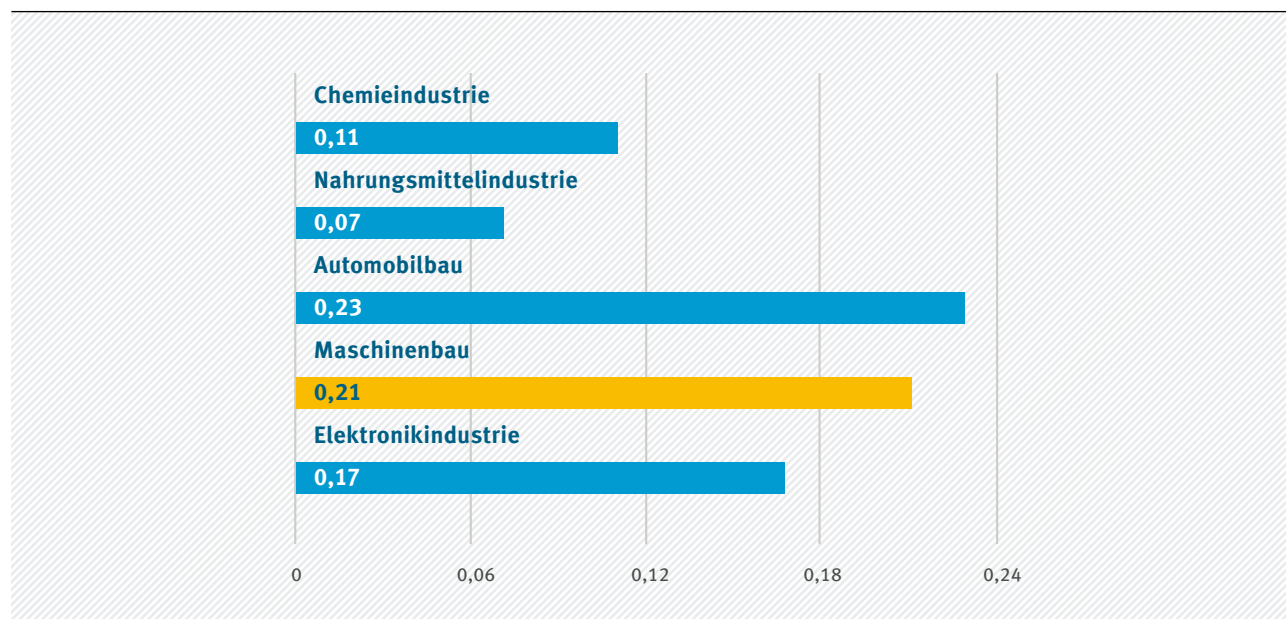
Emissionsintensität: Je EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus entstehen im Durchschnitt 0,21 Gramm an Feinstaub PM10. Im Automobilbau entstehen 0,23 Gramm Feinstaub PM10 je EUR Umsatz. Die Intensität an Feinstaubemissionen PM10 ist bei

beiden Sektoren größer als bei der Chemie- und Nahrungsmittelindustrie. Grund ist der hohe Anteil an metallischen Komponenten in den beiden Sektoren Maschinen- und Automobilbau.

Abbildung 7

Die Feinstaubemissionen PM10 bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Das Niveau der umsatzbezogenen Emissionen entlang der Lieferkette ist im Maschinenbau höher als in der Chemie- und Nahrungsmittelindustrie



Emissionen Feinstaub PM10 in Gramm pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

4.4 Luftschadstoff Feinstaub PM2,5: Drei Viertel der Emissionen entlang der Lieferkette entstehen außerhalb Deutschlands

Absolute Emissionen: Entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen 38.700 Tonnen an Feinstaubemissionen der Partikelgröße 2,5 Mikrometer (PM2,5). Wie auch bei Feinstaub PM10 sind Verbrennungsprozesse eine Hauptquelle von Feinstaub PM2,5. Jedoch sind Feinstaubpartikel PM2,5 deutlich feiner und können dadurch bis in die Lungenbläschen eindringen, was ernste gesundheitliche Schäden und ein erhöhtes Krebsrisiko zur Folge hat.

Lieferkettenverteilung: Wie auch bei Feinstaub PM10 machen die Emissionen von Feinstaub PM2,5 an den eigenen Standorten des deutschen Maschinenbaus 1 % an der Gesamtmenge der Emissionen entlang der Lieferkette aus.

Geografische Verteilung: Wie auch bei den Feinstaubemissionen PM10 fallen drei Viertel der Emissionen an Feinstaub der Partikelgröße 2,5 Mikrometer außerhalb Deutschlands an. Fast ein Fünftel der Gesamtemissionen Feinstaub PM2,5 entsteht in

der Produktionskette in China. Wesentliche Emittenten sind die dortige metallverarbeitende Industrie mit einem Anteil von 40 % und die Gewinnung von Energieträgern (32 %). Knapp 7 % der Feinstaubemissionen PM2,5 entstehen in Russland – dort hauptsächlich in der metallverarbeitenden Industrie. Weitere 5 % der Emissionen entstehen in Frankreich.

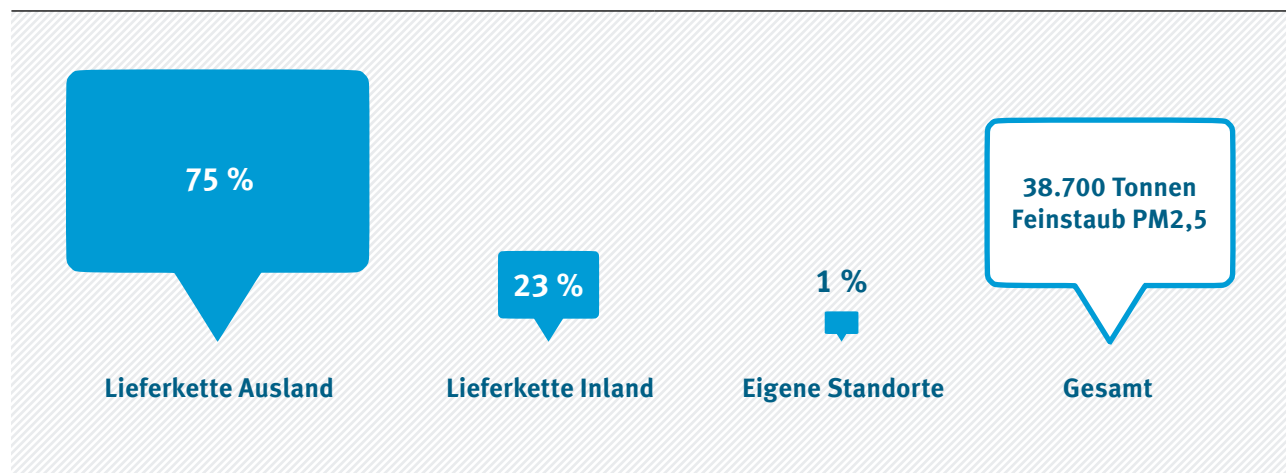
Sektorale Verteilung: Etwa 63 % der Emissionen an Feinstaub PM2,5 entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus sind den Vorstufen der metallverarbeitenden Industrie zuzuordnen. Der Sektor mit den nächsthöchsten Emissionen an Feinstaub PM2,5 ist der Transportsektor mit einem Anteil von etwa 10 % an den Gesamtemissionen.

Emissionsintensität: Mit jedem umgesetzten EUR des deutschen Maschinenbaus ist der Ausstoß von 0,14 Gramm an Feinstaub PM2,5 verbunden. Beim Automobilbau sind es knapp 0,16 Gramm je EUR Umsatz. Wie auch beim Luftschadstoff Feinstaub der Partikelgröße 10 Mikrometer ist das spezifische Emissionsniveau höher als beim Chemiesektor (0,07 Gramm pro EUR Umsatz) und der Nahrungsmittelindustrie (0,06 Gramm pro EUR Umsatz).

Abbildung 8

Die Feinstaubemissionen PM2,5 des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Drei Viertel der Feinstaubemissionen PM2,5 entlang der Liefer- und Produktionskette des deutschen Maschinenbaus fallen außerhalb Deutschlands an

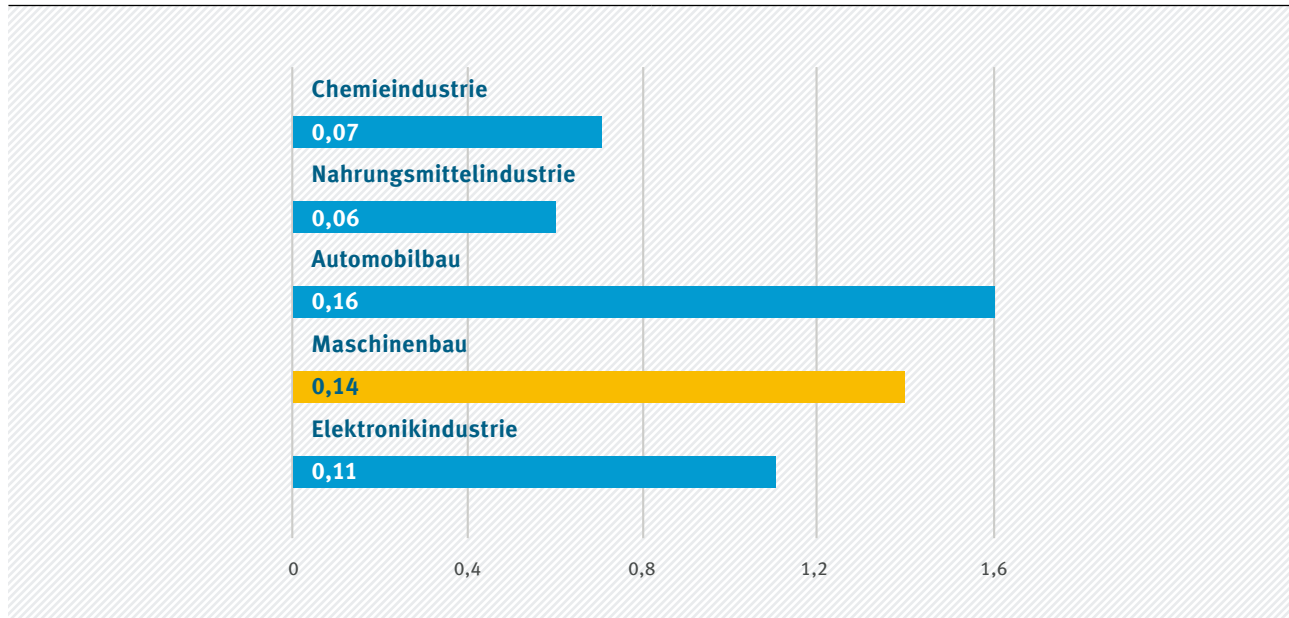


Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Abbildung 9

Die Feinstaubemissionen PM_{2,5} bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Entlang der Produktions- und Lieferkette des Maschinenbaus entstehen mehr Feinstaub PM_{2,5} Emissionen pro EUR Umsatz als in der Chemieindustrie



Emissionen Feinstaub PM_{2,5} in Gramm pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

4.5 Säurebildner Schwefeldioxid und Sulfat: Emissionen fast ausschließlich in der vorgelagerten Produktionskette

Absolute Emissionen: Entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen 182.000 Tonnen Emissionen des Luftschadstoffs Schwefeldioxid (SO₂). Es entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger und führt zur Versauerung von Böden, welches das Pflanzenwachstum schädigt.

Eine weitere Quelle für Säurebildner sind saure Grubenwässer beim Abbau von sulfidischen Erzmineralen für die Gewinnung von Kupfer, Zink, Antimon u.a.⁵ Die sulfathaltigen (SO₄) sauren Bergbauabflüsse, Haldenwässer und Sickerwässer führen zur Versauerung von Böden und Gewässern. Zudem begünstigen sie die Freisetzung von Schwermetallen aus den Erzen und den Reststoffen sowie die Mobilisierung von eingelagerten Schwermetallen aus Böden und Sedimenten. Die sauren und mit Schwermetall-

kontaminierten Wässer sind umweltgefährdend und stellen eine Gefahr für Menschen dar, wenn die Schwermetalle in landwirtschaftlich genutzte Böden oder Trinkwasserreservoirs gelangen.

Lieferkettenverteilung: Schwefeldioxidemissionen entstehen fast ausschließlich in der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus. An den eigenen Standorten des deutschen Maschinenbaus entstehen etwa 1 % der Schwefeldioxidemissionen.

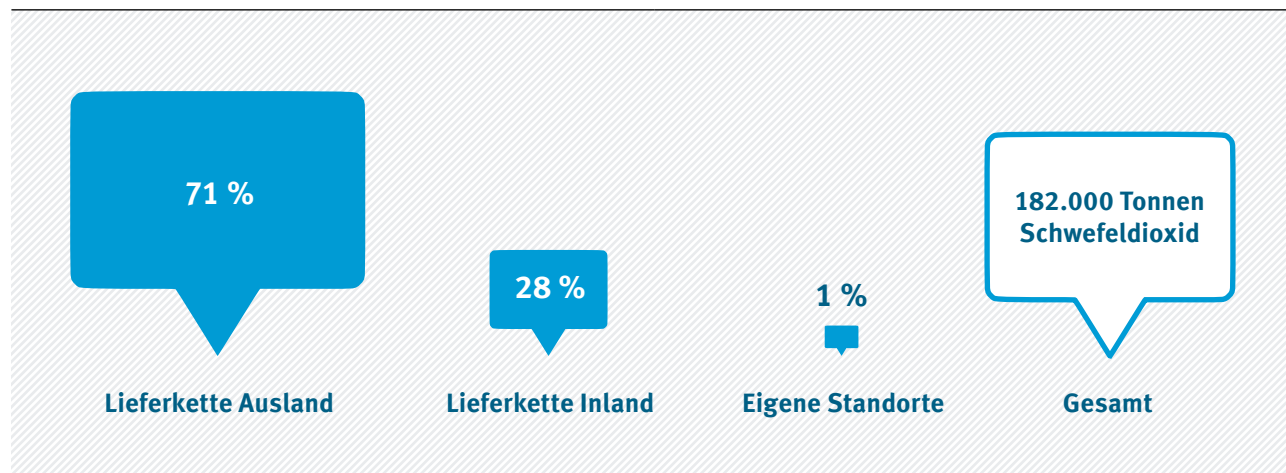
Geografische Verteilung: Etwa 71 % der Schwefeldioxidemissionen entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entstehen außerhalb Deutschlands. Fast ein Fünftel der gesamten Emissionen entfallen auf China (18 %), insbesondere in Strom- und Energieversorgung für Betriebe der vorgelagerten Wertschöpfungskette. Weiterhin entstehen Schwefeldioxidemissionen in Indien (4 % der Gesamtemissionen) sowie in Russland und in

⁵ Sog. Acid Mine Drainage (AMD). Vgl. hierzu den Abschlussbericht „Environmental Criticality of Raw Materials. An assessment of environmental hazard potentials of raw materials from mining and recommendations for an ecological raw materials policy“ (Dehoust et al., 2019) aus dem Vorhaben ÖkoRes II (FKZ 3715 32 310) des Umweltbundesamtes. In dem Bericht sind die Umweltbelastungen für 47 mineralische Rohstoffe bewertet, darunter das AMD-Potential und die Mobilisierung / Paragenese von Schwermetallen.

Abbildung 10

Die Schwefeldioxidemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Etwa 71 % des Luftschadstoffes Schwefeldioxid, welches in der Produktionskette des deutschen Maschinenbaus entsteht, werden außerhalb Deutschlands ausgestoßen



Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Südafrika (je 2 % der Gesamtemissionen), wohin sich die Produktions- und Lieferketten des deutschen Maschinenbaus verzweigen.

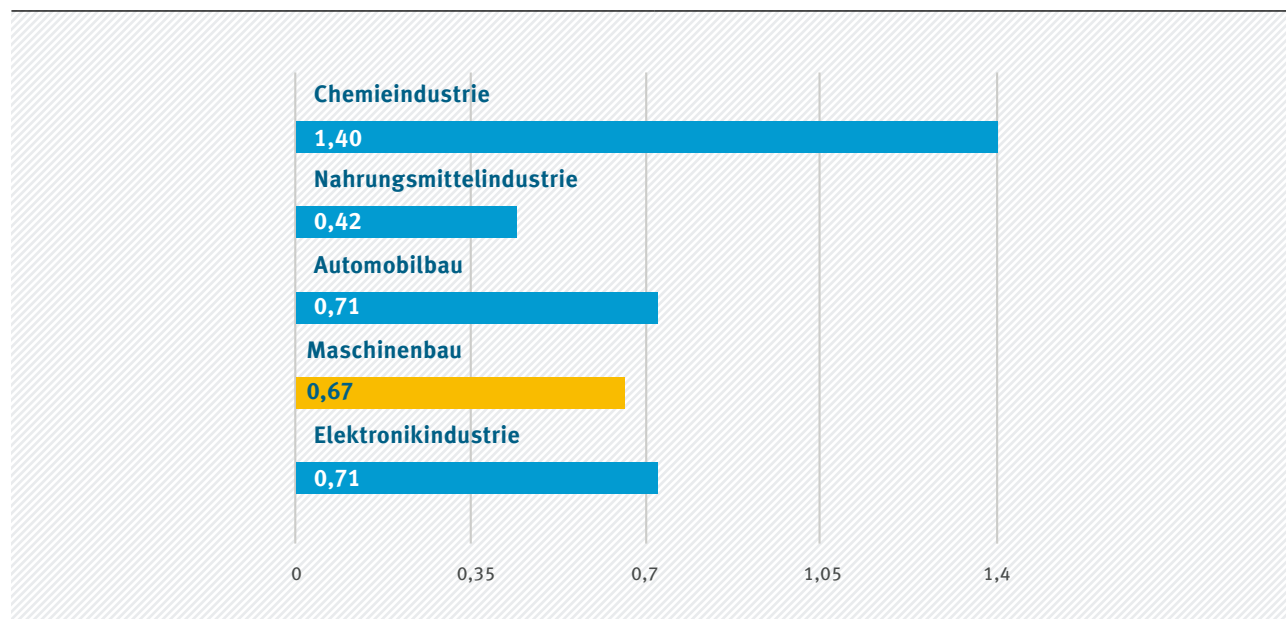
Sektorale Verteilung: Etwa 47 % der Schwefeldioxidemissionen des deutschen Maschinenbaus gehen

auf metallverarbeitende Vorstufen inkl. der Metallgewinnung zurück. Außerdem ist die Stromerzeugung ein weiterer wichtiger Sektor, der mit einem Anteil von 21 % zu den gesamten Schwefeldioxidemissionen entlang der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus beiträgt.

Abbildung 11

Die Schwefeldioxidemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Pro EUR Umsatz des deutschen Maschinebaus entstehen 0,67 Gramm des Luftschadstoffes Schwefeldioxid in der Produktionskette



Emissionen Schwefeldioxid in Gramm pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Emissionsintensität: Mit jedem umgesetzten EUR des deutschen Maschinenbaus sind 0,67 Gramm an Schwefeldioxidemissionen verbunden. Im Vergleich dazu sind es im Automobilbau etwa 0,71 Gramm.

4.6 Wasser: Mehr als ein Zehntel des Wassers wird in Ländern mit erhöhtem Wasserstress entnommen

Gesamtwasserverbrauch: Der deutsche Maschinenbau entnimmt entlang der gesamten Produktions- und Lieferkette eine Menge von 275,6 Mio. Kubikmeter an sog. ‚Blauem Wasser‘⁶. ‚Blaues Wasser‘ beschreibt Wasser, welches aus Wasserreservoirien entnommen wird, d.h. Grundwasser und Wasser aus oberirdischen Gewässern. Natürliches Niederschlagswasser, welches von Pflanzen aufgenommen wird (sog. ‚Grünes Wasser‘) ist nicht enthalten.

Lieferkettenverteilung: Das Wasseraufkommen entlang der Produktions- und Lieferkette ist um ein Vielfaches höher als an den eigenen Standorten. Die Wassermenge an den eigenen Standorten des deutschen Maschinenbaus macht 1 % der Gesamtentnahme von ‚Blauem Wasser‘ entlang der Lieferkette aus.

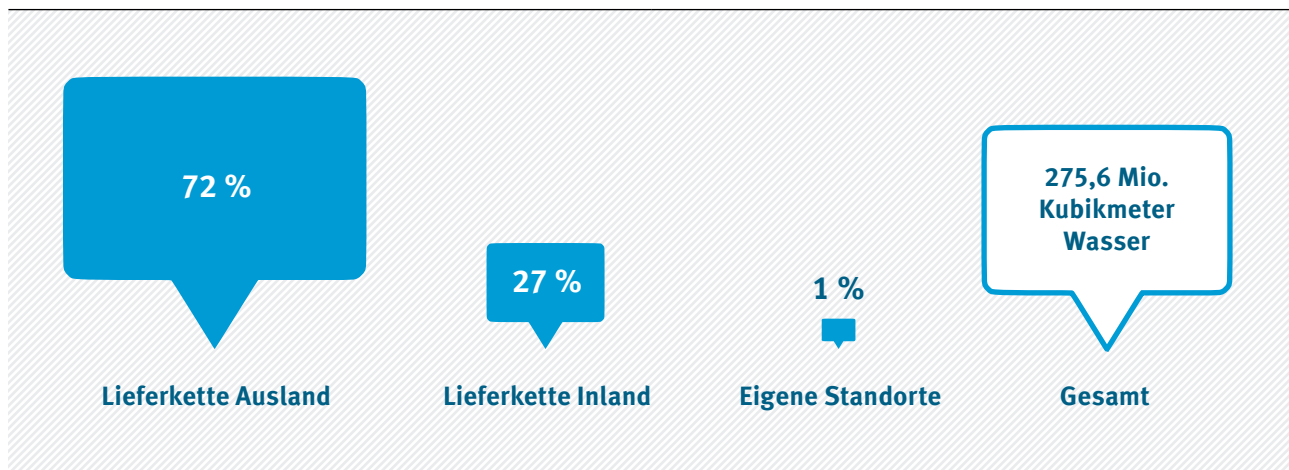
Geografische Verteilung: 91 Mio. Kubikmeter Wasser werden in China verwendet. Das ist ein Drittel des Gesamtwasseraufkommen und sogar mehr als in inländischen Lieferketten des deutschen Maschinenbaus (73 Mio. Kubikmeter). Etwa die Hälfte der Wasserentnahme in China geht auf die Vorstufen in der metallverarbeitenden Industrie zurück, ein Viertel auf den Maschinenbausektor in China, der in der Vorkette des deutschen Maschinenbaus enthalten ist. Anschließend folgt Indien mit einem Anteil von 4 %, größtenteils durch die metallverarbeitende Industrie.

Sektorale Verteilung: Der Großteil des Wasseraufkommens entfällt auf die metallverarbeitende Industrie (38 %). In der Metallverarbeitung werden – je nach vorliegenden Prozessen – Prozess-, Reinigungs- und Kühlwasser benötigt. Je weitere 11 % des Wasseraufkommens entfallen auf Maschinenbauunternehmen in der vorgelagerten Produktionskette und auf den Agrarsektor. Der Agrarsektor erstellt Rohstoffe, die in die Produktionskette des Maschinenbaus einfließen, zum Beispiel für industrielle Fette und Öle oder chemische Grundprodukte (z.B. Zellulose).

Abbildung 12

Die Entnahme von ‚Blauem Wasser‘ des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Fast drei Viertel des Wassers entlang der Produktionskette des deutschen Maschinenbaus wird außerhalb Deutschlands entnommen



Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

⁶ In Jungmichel et al. (2017) ist die Wassernutzung des deutschen Maschinenbaus mit 660 Mio. Kubikmetern ausgewiesen. Diese Daten wurden auf Basis der EXIOBASE Version 3.3 errechnet. In der neueren EXIOBASE Version 3.4, welche für diese Studie zugrunde gelegt wurde, wurde die Datenbasis für Wasser erheblich verbessert, so dass es zu teilweise signifikanten Abweichungen gegenüber der Vorgängerversion EXIOBASE 3.3 kommt. Dies wirkt sich auch auf die Ergebnisse zu den Verteilungen entlang der Produktions- und Lieferketten aus.

Wasserintensität: Je EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus wird entlang der Produktions- und Lieferkette ein Liter Wasser entnommen. Zum Vergleich: im Automobilbau sind es 1,1 Liter je EUR Umsatz. Im Chemiesektor sind es 20,1 Liter.

Wasserstress: Der ‚Wasserstress‘ gibt Auskunft, ob das Wasser in Regionen mit saisonaler oder sogar ganzjähriger Trockenheit verwendet wird. Diese Regionen stehen unter einem hohen oder sehr hohen ‚Wasserstress‘. Der Wasserstressfaktor (Water Stress Index, WSI) gibt Auskunft über die Wasserknappheit einer Region (Pfister et al. 2009). Der Indikator bewertet den Wasserstress auf einer Skala zwischen 0 und 1. Hoher Wasserstress gilt ab einem WSI-Wert von 0,5 und ein sehr hoher Wasserstress bei einem Wert über 0,9. Mehr als 13 % des entnommenen Wassers entlang der Produktions- und Lieferkette des deutschen Maschinenbaus entfallen auf Regionen mit einem hohen oder sogar sehr hohen Wasserstress. Das sind Vorkettenstufen in Indien, im Mittleren und Nahen Osten, Türkei, Spanien und Südafrika. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Wasserstress innerhalb eines Landes regional stark divergieren kann. China, welches ein Drittel am Gesamtwasseraufkommen des

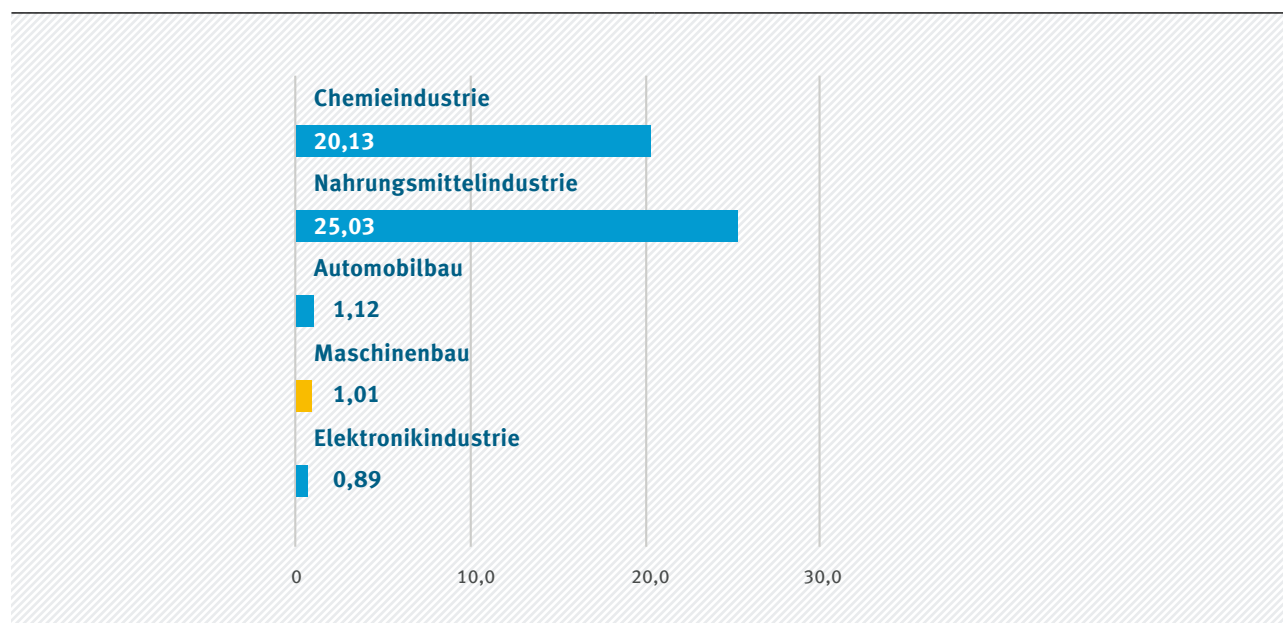
Maschinenbaus ausmacht, liegt mit einem WSI-Indikator von 0,48 nur knapp unter der definierten Grenze für ‚hohen Wasserstress‘.

Die Wasserentnahme in Ländern mit erhöhtem Wasserstress kann zum Sinken des Grundwasserspiegels beitragen und somit die Trinkwasserversorgung der lokalen Bevölkerung sowie den Eigenanbau von Lebensmitteln beeinträchtigen. Gleichzeitig ergeben sich unternehmerische Risiken, unter anderem Lieferausfallrisiken im Fall von fehlender Verfügbarkeit von Wasser oder behördlichen Wasserzuteilungen wie sie in einigen Ländern bereits (phasenweise) zu beobachten sind. Zudem bedeuten steigende Kosten für die Ressource Wasser Kostenrisiken in der Lieferkette.

Abbildung 13

Die Entnahme von ‚Blauem Wasser‘ bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Je EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus wird in der Produktionskette im Inland und Ausland 1 Liter Wasser aus Wasserreservoirs entnommen



Wasserentnahme in Liter pro EUR

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

4.7 Nachhaltiges Lieferkettenmanagement ist ein Wettbewerbsfaktor

Die Reduzierung der Umweltbelastungen in der Lieferkette ist nicht nur ein reines Umweltthema. Verbesserungsmaßnahmen können dazu beitragen, kosteneffizienter zu produzieren und Prozesse zu optimieren. Auch in wachsenden Nachhaltigkeitsanforderungen von Kunden, Investoren, Umweltorganisationen und der Öffentlichkeit spiegelt sich die Bedeutung des Themas wieder. Umweltmaßnahmen an den eigenen Standorten und in der vorgelagerten Wertschöpfungskette können zum Beispiel bei Ausschreibungen bessere Bewertungen erreichen und somit einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Ebenso rücken bei der Treibhausgasbilanzierung von Unternehmen zunehmend die Emissionen außerhalb der eigenen Standorte in den Fokus, d.h. sog. Emissionen im Bereich Scope 3, darunter Emissionen durch eingekaufte Waren und Dienstleistungen⁷.

Wer die Umweltbelastungen entlang der globalen Wertschöpfungskette verringert, minimiert auch die eigenen unternehmerischen Risiken. Dies kann folgende Risiken betreffen:

- ▶ Reduzierung von Kostenrisiken: Preisanstiege für Rohstoffe und Energie sind ein Kostenrisiko beim Bezug von Vorleistungen. Kostenrisiken können auch entstehen, wenn gesetzliche Umweltauflagen verschärft oder Treibhausgasemissionen künftig bepreist werden.
- ▶ Reduzierung des Risikos von Liefer- und Produktionsausfällen: das Eintreten dieses Risikos kann verschiedene Anlässe besitzen. Verstöße von (Vor-)Lieferanten gegen Umweltauflagen können zur (vorübergehenden) Stilllegung der Produktion durch lokale Behörden führen. Die Folge sind Störungen in der Produktionskette und Lieferausfälle, welche die eigene Produktion einschränken. Kritisch sind auch Wertschöpfungsstufen mit hohem Wasserverbrauch, vor allem wenn sie sich in trockenen Regionen befinden. Versorgungsengpässe bei der Wasserversorgung aufgrund von Trockenheit können ebenfalls zu Produktionsausfällen in der Wertschöpfungskette führen.

- ▶ Reduzierung von Reputationsrisiken: Hohe Umweltbelastungen in der Lieferkette können von Stakeholdern oder der Öffentlichkeit mit dem eigenen Unternehmen in Verbindung gebracht werden. Dies kann langfristige Folgen bei der Gewinnung von Aufträgen oder bei der Suche nach Investoren haben.

4.8. Schritte zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Umweltbelastungen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette um ein Vielfaches höher sind als an den eigenen Standorten von Maschinenbauunternehmen. Umwelt- und Klimaschutz sollte demzufolge über Maßnahmen an den eigenen Standorten hinausgehen. Welche Möglichkeiten gibt es, die Umweltinanspruchnahme in der Lieferkette zu verringern? Grundsätzlich können sieben Schritte unterschieden werden:⁸

1. Transparenz über die Lieferkette schaffen:

In einem ersten Schritt sollte man sich einen Überblick über die Lieferanten und deren Vorlieferanten verschaffen: Wer fertigt welche Vorprodukte, wo findet die Produktion statt und woher stammen die Rohstoffe? Oft sind nur direkte Vorproduzenten oder Zwischen- und Großhändler bekannt. Ziel ist es, das Bild über die eigenen Lieferkettenstrukturen zu verbessern und zu strukturieren.

2. Umweltrisiken identifizieren: Darauf aufbauend sollten die Umweltrisiken erfasst und bewertet werden. Vorstufen mit besonders hoher Umweltbelastung sind zu identifizieren. Dies können zum Beispiel energieintensive Fertigungsschritte sein oder Prozesse mit hohem Wasserverbrauch in trockenen Regionen.

3. Maßnahmen zur Minderung ableiten: Hier gilt es zu prüfen, welche Ziele, Instrumente, Prozesse bereits bestehen und für ein nachhaltiges Lieferkettenmanagement genutzt werden können, beispielsweise Lieferantenfragebögen, regelmäßige Lieferantengespräche, Einkaufsrichtlinien. Diese sind ggfs. mit Blick auf Nachhaltigkeitsaspekte anzupassen und auf

⁷ Vgl. hierzu GHG-Protocol, 2020.

⁸ Vgl. im Folgenden die Broschüre des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 'Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement. Praxisleitfaden für Unternehmen' (Weiss et al., 2017).

Vorlieferanten auszuweiten. Zusätzlich sollten neue Maßnahmen wie Schulungen oder gemeinsame Projekte mit Lieferanten definiert werden. Zum Schluss sind die identifizierten Maßnahmen zu priorisieren.

4. Maßnahmen im Unternehmen verankern: Für die Umsetzung der abgeleiteten Maßnahmen müssen Verantwortlichkeiten, Ressourcen und Prozesse festgelegt werden. Die Maßnahmen sind in der Organisation zu verankern: von der Leitung bis zu operativen Verantwortlichkeiten. Den Verantwortlichen müssen die notwendigen Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Interne Strukturen und Prozesse müssen angepasst werden, zum Beispiel Berichtsstrukturen.

5. Maßnahmen in der Lieferkette verankern: Geeignete Instrumente sind bei den Lieferanten und Vorlieferanten zu etablieren. Dies reicht von der Entwicklung eines Lieferantenkodex oder der Integration von Anforderungen in Rahmenverträgen (z. B. Nachweis eines Umweltmanagements) bis zu Maßnahmen in der Lieferantenauswahl. Ebenso sollten Nachhaltigkeitsaspekte in den regelmäßigen Austausch mit Lieferanten einfließen, zum Beispiel in Zielvereinbarungen oder Jahresgesprächen mit Lieferanten.

6. Nachhaltigkeitsleistungen von Lieferanten prüfen und entwickeln: Die Einhaltung des Lieferantenkodex ist zu prüfen. Gleichzeitig sind die Lieferkettenakteure dazu zu befähigen, ihre Umweltbelastungen zu verringern. Beispielsweise können gemeinsam Maßnahmenpläne erarbeitet werden. Eigene Erfahrungen im Umwelt- und Klimaschutz können an Lieferanten weitergegeben werden. Vom Wissenstransfer über erfolgreiche Maßnahmen profitieren beide Seiten. Auch gezielte Trainings von Lieferanten sind eine geeignete Maßnahme, um Verbesserungen anzustoßen. Außerdem helfen oftmals gemeinsame Projekte, um die Umweltbelastungen zu verringern.

7. Fortschritt messen und Informationen offenlegen: Die Erfolgskontrolle ist notwendig, um Verbesserungen zu dokumentieren und bei Bedarf Maßnahmen zur Nachsteuerung einzuleiten, beispielsweise, wenn Projekte nicht umgesetzt werden. Grundlage hierfür sind geeignete Kennzahlen, zum Beispiel Anzahl der geschulten Lieferanten, Quote der Lieferanten mit etabliertem Energie- oder Umweltmanagement. Diese Kennzahlen sollten auch für die Berichterstattung geeignet sein, sodass sie in die Nachhaltigkeitsberichterstattung einfließen können.

Abbildung 14

Sieben Schritte zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement

- 1 Transparenz über die Lieferkette schaffen
- 2 Umweltrisiken identifizieren
- 3 Maßnahmen zur Minderung ableiten
- 4 Maßnahmen im Unternehmen verankern
- 5 Maßnahmen in der Lieferkette verankern
- 6 Nachhaltigkeitsleistungen von Lieferanten prüfen und entwickeln
- 7 Fortschritt messen und Informationen offenlegen

Quelle: Weiss et al. (2017). Eigene Darstellung

5. Rohstoffe für den deutschen Maschinenbausektor

Der deutsche Maschinenbau verbaut eine Vielzahl an Rohstoffen in den Produkten und Anlagen. Dies geht über Basismetalle und erdölbasierte Kunststoffkomponenten weit hinaus. Für Beschichtungen und elektronische Bauteile sind Seltene Erden und weitere Sonder- und Edelmetalle notwendig. Kautschuk wird für Gummiteile benötigt. Quarze sind in Glas- und Keramikteilen enthalten. Je nach Gütergruppe und Maschinenbausegment unterscheiden sich die eingesetzten Rohstoffe. Für die Herstellung von Maschinenwerkzeugen werden unter anderem Diamanten benötigt, wohingegen der Landmaschinenbau indirekt große Mengen an Kautschuk nachfragt, der Grundstoff für die Bereifungen von Traktoren und Ackergeräten ist.

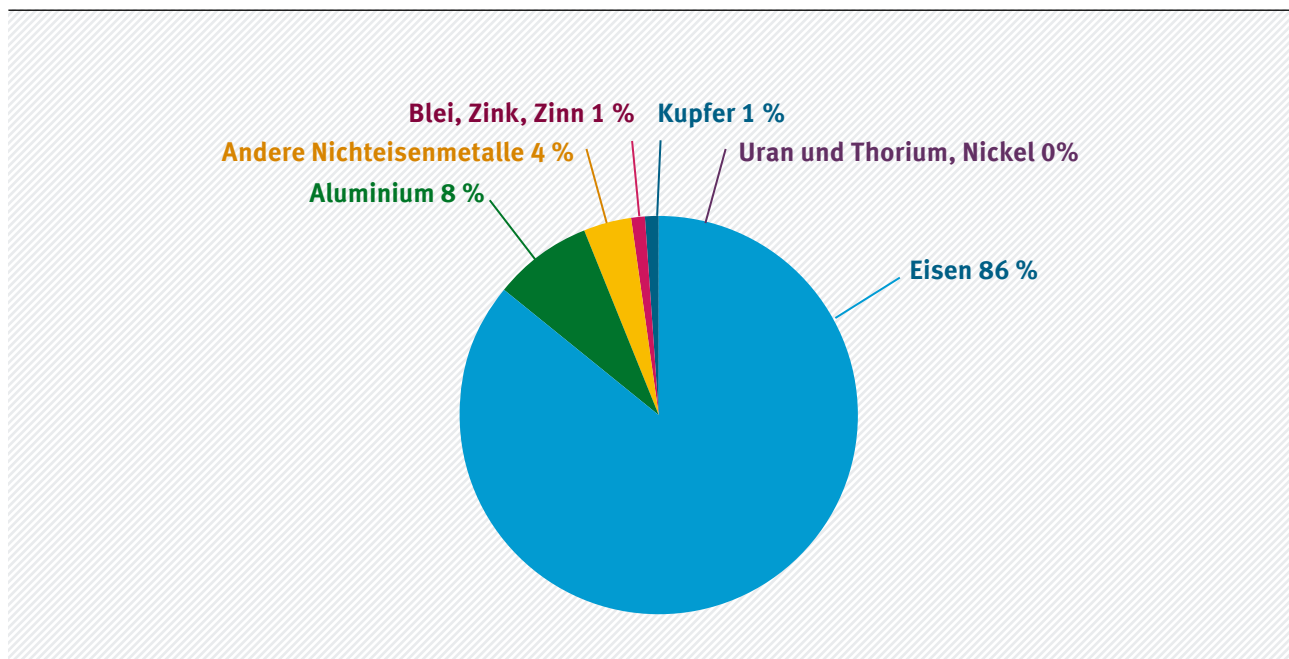
Die Verwendung von Metallrohstoffen im deutschen Maschinenbau

Der Maschinenbausektor ist ein bedeutender Nachfrager von metallischen Rohstoffen. Eine Untersuchung für das Land Baden-Württemberg zum Einsatz von Metallen zeigt, dass der Maschinenbausektor mit einem Metalleinsatz von 2,45 Gigatonnen an zweiter Stelle des Metalleinsatzes der deutschen Industrie liegt – nach dem Automobilsektor (2,82 Gigatonnen) und vor der metallverarbeitenden Industrie (1,92 Gigatonnen)⁹. Dabei handelt es sich größtenteils um Eisen (86 %). Aluminium macht knapp 9 % aus. Die Metalle stecken in den Vorprodukten des Maschinenbaus. Erst auf tieferliegenden Lieferkettenstufen findet die Metallgewinnung statt (Lieferkettenstufen 2 bis 4 bei Maschinenbau). Die metallischen Primärrohstoffe, die die gesamte deutsche Industrie einsetzt, stammten im Jahr 2011 größtenteils aus Brasilien mit einem Anteil von 29 %, China (18 %) und Australien (17 %).

Abbildung 15

Metalleinsatz des deutschen Maschinenbausektors nach Art des Metalls (Massenanteile; 2011)

Eisen und Aluminium sind die Metalle, die am meisten im Maschinenbau eingesetzt werden.



Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.2. Eigene Darstellung

⁹ Im Folgenden: Scholz et al., 2020. Die Daten wurden auf Basis erweiterter multiregionaler Input-Output-Tabellen (EXIOBASE 3 Hybrid und EXIOBASE 3 i*) Monetary) ermittelt und beziehen sich auf das Jahr 2011. Hinweis: Die Berechnung erfolgt auf einem nachfrageorientierten Modell, d.h. der Metalleinsatz von vorgelagerten Produktionsstufen ist in den Angaben enthalten. So steckt z. B. in der Menge von Automobil- und Maschinenbau auch der Metalleinsatz der vorgelagerten metallverarbeitenden Industrie.

Die Gewinnung der Rohstoffe im Bergbau geht zum Teil mit Menschenrechtsverletzungen und hohen Umweltbelastungen einher, an denen sich teils gewaltsame Proteste entzünden¹⁰. Der Dammbruch der Eisenerzmine Brumadinho in Brasilien am 25. Januar 2019 mit 270 Toten und einer großflächigen Zerstörung von Siedlungen, Gewässern und Landflächen hat das große Umweltgefährdungspotential des Bergbaus verdeutlicht (Watson 2020). Zum Teil werden mit dem Abbau von Rohstoffen auch bewaffnete Konflikte finanziert. Inzwischen adressieren einige Gesetzgebungsinitiativen in den Industrieländern einige dieser Themen. Beispielhaft ist hier der US-amerikanische Dodd-Frank-Act genannt, der Transparenzpflichten über die Herkunft der eingesetzten Rohstoffe Gold, Wolfram, Zinn und Tantal verlangt (Rüttinger 2015). Damit soll die Finanzierung bewaffneter Gruppen in der Demokratischen Republik Kongo und der Nachbarländer unterbunden werden. Das Projekt des Umweltbundesamtes ÖkoRess II (FKZ

3715 32 310) hat die Umweltaspekte von bergbaulich gewonnenen Rohstoffen wie Erzen, Steinen, Kohlen u.a. beschrieben und Umweltgefährdungspotentiale bei der Gewinnung für 57 mineralische Rohstoffe qualitativ bewertet (Dehoust et al. 2020).

Mithilfe der Rohstoffsteckbriefe können sich Unternehmen über Umweltrisiken des Bergbaus informieren und prioritäre Rohstoffe für das Lieferkettenmanagement identifizieren. Diese qualitativen Daten zur Umweltrelevanz des Bergbaus ergänzen die in Kapitel 7 genannten quantitativen Daten, die neben der Rohstoffgewinnung auch die Verarbeitungskette und die Herstellung von Vor- und Zwischenprodukten umfasst.

Im Folgenden wird exemplarisch der Einsatz von 5 Rohstoffen im deutschen Maschinenbausektor untersucht. Der Modellierung hierfür liegen multiregionale Input-Output-Modelle zugrunde¹¹. Die Angaben um-

Tab.2

Überblick über Rohstoff Zink

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	▶ Zink wird hauptsächlich zum Korrosionsschutz von Stahl- und Eisenteilen eingesetzt („verzinkte Stahlbleche“). ▶ Einsatz in Batterien.
Anteil Maschinenbau	▶ Weltweit werden 24 % des industriell eingesetzten Zinks vom Maschinenbau verwendet. Auf den deutschen Maschinenbau entfallen davon wiederum etwa 10 %. Er verwendet folglich etwa 2,4% des weltweiten Zinks. ▶ Zum Vergleich: der Automobilbau verwendet etwa 16 % des weltweiten Zinks.
Herkunft	▶ Der vom deutschen Maschinenbau eingesetzte Zink (Primärrohstoff) stammt zu 38 % aus China. Weitere wichtige Herkunftsländer sind Peru (11 %), Australien (7 %), USA und Indien (jeweils 6 %). Ein Großteil der Zinkminen befinden sich demnach in Ländern mit schwacher Umweltschutz-Governance
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	▶ Hohes aggregiertes Umweltgefährdungspotential (aggregated Environmental Hazard Potential aEHP), insbesondere durch die Gefahr saurer Grubenwässer (Acid mine Drainage) und in Folge die Freisetzung von geogenen Schwermetallen. Zudem kommen bei der Erzaufbereitung toxische Chemikalien zum Einsatz. Außerdem ist der Energieaufwand der globalen Zinkproduktion vergleichsweise hoch. ▶ Der Recyclinganteil (End-of-Life-Recycling) bei Zink wird auf 31 % geschätzt.

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten „Globale Umweltinanspruchnahme“ (2020) und Dehoust et al. (2020)

¹⁰ Siehe hierzu vor allem Conde, 2017 sowie die Spohr, 2016.

¹¹ Alle zugrundeliegenden Fördersummen bis auf Naturkauschuk beziehen sich auf das Jahr 2016 und stammen aus den Statistiken des „National Minerals Information Center“ des USGS und des British Geological Survey (BGS) Centre for Sustainable Mineral Development. Die Angaben zu Naturkauschuk beziehen sich auf das Jahr 2013 (Sen Nag, 2017).

Tab.3

Überblick über Rohstoff Tantal

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	▶ Tantal findet sich in elektronischen Komponenten und wird in Kondensatoren eingesetzt. ▶ Legierungen von Maschinenbauteilen, z.B. Schneidwerkzeuge.
Anteil Maschinenbau	▶ Anteil von 23 % des weltweiten Maschinenbausektors am Einsatz von Tantal bzw. Tantal-Vorprodukten. Zum Vergleich: Der Anteil des Automobilsektors weltweit beträgt 8 %. ▶ Der deutsche Maschinenbau verwendet etwa 2 % des Rohstoffes Tantal.
Herkunft	▶ Etwa 70 % des vom deutschen Maschinenbau verwendeten Tantals (Primärrohstoff) stammt aus dem Kongo und aus Ruanda – Länder mit schwacher Umweltschutz-Governance.
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	▶ Gewinnung im Kleinbergbau, oftmals verbunden mit mangelnder Kontrolle und unzureichenden Sicherheits- und Umweltstandards und ausbeuterischen Arbeitsbedingungen. In Zentralafrika verbunden mit der Finanzierung von lokalen Konflikten. ▶ Der Recyclinganteil (End-of-Life-Recycling) liegt unter 1 %.

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten „Globale Umweltinanspruchnahme“ (2020) und Dehoust et al. (2020)

Tab.4

Überblick über Rohstoff Lithium

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	▶ Lithium ist im Maschinenbau ein wichtiger Bestandteil in Schmiermitteln. ▶ Einsatz in der Batterietechnik und Keramikkomponenten
Anteil Maschinenbau	▶ Der Maschinenbau weltweit besitzt einen Anteil von 22 % am industriell eingesetzten Lithium. Etwa 2 % des weltweiten Lithiums verarbeitet der deutsche Maschinenbau. ▶ Zum Vergleich: Der globale Automobilsektor benötigt 10 % des weltweit eingesetzten Lithiums.
Herkunft	▶ Lithium, welches als Rohstoff oder in Vorprodukten vom deutschen Maschinenbau eingesetzt wird, stammt zurzeit vorrangig aus Australien (41 %). Weitere wichtige Lieferländer in der Lieferkette des deutschen Maschinenbaus sind Chile (34 %) und Argentinien (16 %).
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	▶ Die Lithiumgewinnung aus Salzseen gefährdet lokale Ökosysteme aufgrund des hohen Wasserverbrauchs durch die offene Verdunstung der dortigen Salzsole. ▶ Zudem besteht ein hohes Umweltgefährdungspotential durch Störfälle aufgrund von extremen Naturereignissen (Erdbeben). ▶ Bislang gibt es noch kein ausreichendes Recycling, z.B. aus Batterien.

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten „Globale Umweltinanspruchnahme“ (2020) und Dehoust et al. (2020)

Tab.5

Überblick über Rohstoff Kobalt

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	▶ Kobalt wird hauptsächlich in elektronischen Bauteilen in der Akkutechnologie verwendet. ▶ Ein weiterer Einsatz im Maschinenbau ist die Verwendung in Schneidewerkzeugen. Zudem wird es für korrosionsbeständige Legierungen bei Stahlkomponenten sowie bei Lacken und anderen Oberflächenveredelungen eingesetzt.
Anteil Maschinenbau	▶ Der globale Maschinenbausektor bezieht etwa 20 % des Bedarfs an Kobalt aller Sektoren. Zum Vergleich: Der Anteil des Fahrzeugbausektors beträgt 7 %. ▶ Der Anteil des deutschen Maschinenbaus am eingesetzten Kobalt beträgt 2 %.
Herkunft	▶ Das Kobalt, das sich in Gütern des deutschen Maschinenbaus findet, stammt zu 54 % aus der DR Kongo. Der Anteil anderer Lieferländer liegt im einstelligen Prozentbereich. Kobalt aus China für den deutschen Maschinenbau macht 8 % aus, Australien 5 %. Kobalt wird damit zurzeit überwiegend in Ländern mit schwacher Umweltschutz-Governance abgebaut.
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	▶ Die Gewinnung von Kobalt weist hohe Umweltgefährdungspotentiale durch saure Grubenwässer und die Freisetzung von geogenen Schwermetallen und Radionukliden in Gewässer und Böden auf. ▶ Kobalt wird auch im Kleinbergbau gewonnen. Damit verbunden sind geringe Arbeits- und Sicherheitsstandards, ungeordnete Bergwerksschließung und Nachsorge sowie teilweise die Finanzierung von Konfliktparteien, insbesondere im Kongo.

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten „Globale Umweltinanspruchnahme“ (2020) und Dehoust et al. (2020)

Tab.6

Überblick über Rohstoff Neodym

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	▶ Neodym zählt zu den Seltenen Erden und wird vor allem in Magneten eingesetzt, z.B. in elektrischen Motoren und bei Generatoren bei Windkraftturbinen.
Anteil Maschinenbau	▶ Der Anteil des Maschinenbausektors am Einsatz von Neodym aller Sektoren weltweit beträgt 21 %. Der Automobilsektor macht 10 % aus. ▶ Der deutsche Maschinenbau verwendet etwa 2,1 % des Rohstoffs Neodym.
Herkunft	▶ Knapp 80 % des Neodyms für den deutschen Maschinenbau stammt aus China. Etwa 11 % stammen aus Australien, 4 % aus den USA.
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	▶ Kontamination des Abwassers und von Böden beim Abbau, unter anderem durch radioaktive Verbindungen. ▶ Gewinnung teilweise in illegalen Minen in China.

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten „Globale Umweltinanspruchnahme“ (2020) und Dehoust et al. (2020)

Überblick über Rohstoff Naturkautschuk

Kategorie	Daten
Einsatz im deutschen Maschinenbau	Der Haupteinsatz von Naturkautschuk liegt in Bereifungen von Fahrzeugen, die der deutsche Maschinenbau herstellt, insbesondere für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge (z.B. Traktoren), Fahrzeuge für den Bergbau sowie für Hub- und Flurförderfahrzeuge (Kräne, Gabelstapler u.ä.).
Anteil Maschinenbau	- Der Anteil des Maschinenbaus an der Verwendung von Naturkautschuk weltweit beträgt 8 %. Der Automobilsektor hingegen benötigt 19 % des Naturkautschukbedarfs. - Der Anteil des deutschen Maschinenbaus am weltweiten Kautschukbedarf liegt unter einem Prozent.
Herkunft	Der Kautschuk für den deutschen Maschinenbau stammt hauptsächlich aus Südostasien. Ein Drittel wird in Thailand gewonnen (33 %), ein Viertel in Indonesien (24 %).
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Rohstoffgewinnung	- Naturkautschuk wird oft in großflächigen Monokulturen gewonnen. Damit einher gehen Risiken, dass natürliche Ökosysteme zerstört und die lokale Bevölkerung vertrieben werden. - Ein weiteres Risiko bilden unzureichende Sozialstandards bei der Kautschukgewinnung (Hustermann 2019).

Quelle: Umweltbundesamt, Projektdaten 'Globale Umweltinanspruchnahme' (2020) und Dehoust et al. (2020)

fassen sowohl den Rohstoff als auch Vorprodukte aus dem jeweiligen Rohstoff. Angaben zu den Risiken der Rohstoffe Zink, Tantal, Lithium und Kobalt stammen aus Dehoust et al. (2020).

Es zeigt sich, dass der (weltweite) Maschinenbausektor nennenswerte Mengen an Rohstoffen einsetzt, deren Gewinnung mit hohen Umweltgefährdungspotentialen und weiteren Nachhaltigkeitsrisiken behaftet ist. Bei einigen der Rohstoffe sind die Gesamtmengen für den Maschinenbau größer als die Gesamtmengen des Automobilsektors, wie dies beispielsweise bei Zink, Tantal, Neodym und Kobalt der Fall ist.

Die Gewinnung der Rohstoffe weist erhebliche Risiken von Umweltverschmutzungen und Verletzungen von Menschenrechten auf und trägt im schlimmsten Fall zur Finanzierung von bewaffneten Konflikten bei. Was können einzelne Unternehmen tun, um diese Risiken zu minimieren?

Ein erster Schritt ist die Bestandsaufnahme über Materialien und Rohstoffen, die in den verbauten Komponenten der produzierten Maschinen enthalten sind. Welche Materialien sind zu welchen Mengen enthalten? Gibt es Informationen darüber, wo diese herkommen? Studien und Leitfäden helfen bei der Prüfung, welche Rohstoffen besonders hohe Umwelt- und Nachhaltigkeitsrisiken in der Förderung besitzen.¹²

In einem nächsten Schritt gilt es, geeignete Maßnahmen zu definieren, um diese Risiken zu verringern. Grundsätzlich lassen sich die Maßnahmen strukturieren:

- ▶ **Reduktion des Materialeinsatzes** zum Beispiel durch verändertes Produktdesign
- ▶ **Steigerung des Recyclinganteils** der eingesetzten Materialien. Dazu gehört nicht nur der Einsatz von Recyclingmaterialien, sondern auch die Sicherstellung, dass die Materialien von ausgedienten Maschinen und Anlagen dem Recycling

¹² Zum Beispiel Dehoust, G. et al. (2020), Chapman et al (2013), die Leitfäden des International Council on Mining and Metals (ICMM), die Leitfäden der Weltbank (www.ifc.org/ehsguidelines).

zurückgeführt werden (können) und so der Anteil sekundärer Rohstoffe auf dem Rohstoffmarkt erhöht wird.

- ▶ **Zusammenarbeit mit (Rohstoff-)Lieferanten** zur Sicherstellung einer nachhaltigen Förderung der betreffenden Rohstoffe. Dies reicht vom direkten Bezug von Rohstoffen über gemeinsame Projekte mit Lieferanten bzw. Vorlieferanten bis hin zu regelmäßigen Schulungen und Prüfungen. Ein wichtiges Element hierbei können auch Abnahmegarantien bei Lieferanten sein, wenn diese Nachhaltigkeitsstandards implementieren (Dehoust et al. 2020, S. 35f.).

- ▶ **Bezug von zertifizierten Rohstoffen**, zum Beispiel zertifizierter Kautschuk (Hausman 2019, S. 40-45).

- ▶ **Mitwirkung in Brancheninitiativen**, die die nachhaltige Gewinnung von Rohstoffen adressieren, wie zum Beispiel die Aluminium Stewardship Initiative

Weiterhin gilt es Branchenlösungen anzustreben, wie zum Beispiel gezielte Partnerschaften mit Förderländern sowie Partnerschaften mit dem Bergbausektor (Dehoust et al. 2020, S. 36f.).

6. Soziale Aspekte entlang der weltweiten Lieferkette des deutschen Maschinenbaus

6.1. Aufkommen Arbeitsstunden: Arbeitsaufkommen von knapp 3 Mio. Vollzeitarbeitsplätzen

Gesamtaufkommen Arbeitsstunden: Die Arbeitsstunden entlang der Produktionskette des deutschen Maschinenbaus summieren sich auf 4,7 Mrd. Arbeitsstunden. Das entspricht etwa 2,9 Mio. Vollzeitarbeitsplätzen¹³.

Lieferkettenverteilung: Der deutsche Maschinenbau fragt etwa 1,7 Mrd. Arbeitsstunden in Deutschland und 2,2 Mrd. Arbeitsstunden außerhalb Deutschlands nach. Das entspricht etwa 1,1 Mio. Vollzeitarbeitsplätzen im Inland und 3,5 Mio. im Ausland.

Die geleisteten Arbeitsstunden an den eigenen Maschinenbaustandorten machen 17 % der Gesamtarbeitsstunden entlang der Wertschöpfungskette des deutschen Maschinenbaus aus. Demzufolge entfallen auf jede Arbeitsstunde im deutschen Maschinenbau 5 weitere Arbeitsstunden in der vorgelagerten Produktions- und Rohstoffkette (siehe Abb. 16).

Geografische Verteilung: Fast die Hälfte der Arbeitsstunden entlang der Wertschöpfungskette des

deutschen Maschinenbaus wird außerhalb Deutschlands aufgebracht. Das größte Arbeitsaufkommen entsteht im europäischen Ausland (ohne Türkei und Russland) mit 720 Mio. Arbeitsstunden: Vorrangig in Polen, Italien, der Tschechischen Republik und in Rumänien. Auf China entfallen etwa 450 Mio. Arbeitsstunden.

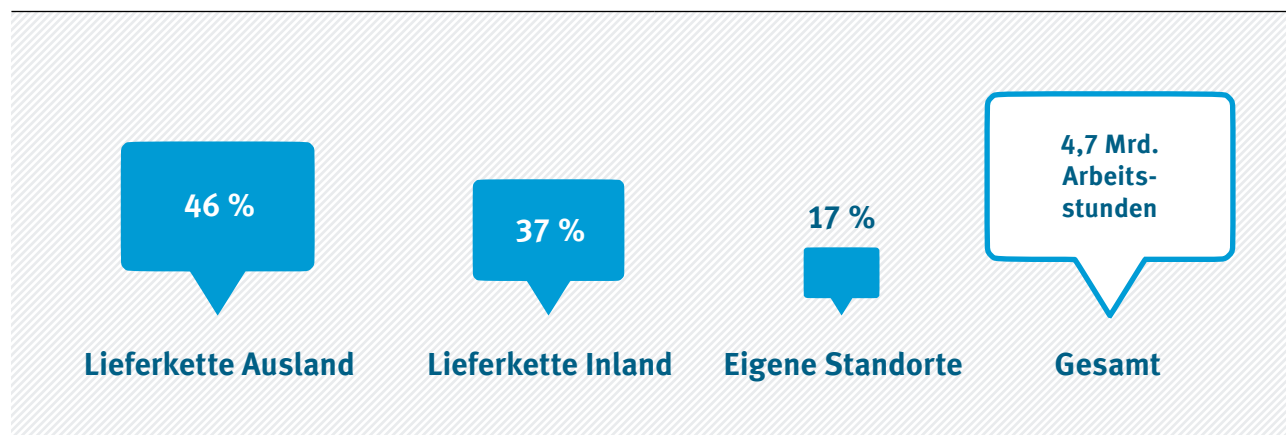
Sektorale Verteilung: Das größte Arbeitsaufkommen in der vorgelagerten Produktionskette entsteht im Maschinenbausektor. Das bedeutet, dass Maschinenbaubetriebe Vorleistungen von anderen Maschinenbauunternehmen beziehen. Weitere vorgelagerte Sektoren mit hohem Arbeitsaufkommen sind die metallverarbeitende Industrie und der Logistiksektor. Interessanterweise ist das Arbeitsaufkommen der vorgelagerten Metallindustrie Deutschlands mit 250 Mio. Arbeitsstunden höher als das Aufkommen von Maschinenbaubetrieben auf den Lieferkettenvorstufen in Deutschland (205 Mio. Arbeitsstunden). Bei Lieferanten und Vorlieferanten des deutschen Maschinenbaus aus China ist das Verhältnis hingegen umgekehrt: 90 Mio. Arbeitsstunden im metallverarbeitenden Sektor und 160 Mio. im Maschinenbausektor.

¹³ Bei einer Anzahl von angenommenen 1.600 Jahresarbeitsstunden je Vollzeitarbeitsplatz.

Abbildung 16

Die Verteilung der Arbeitsstunden des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Auf jede Arbeitsstunde im Maschinenbau kommen 5 Arbeitsstunden zur Produktion von Vorprodukten im In- und Ausland



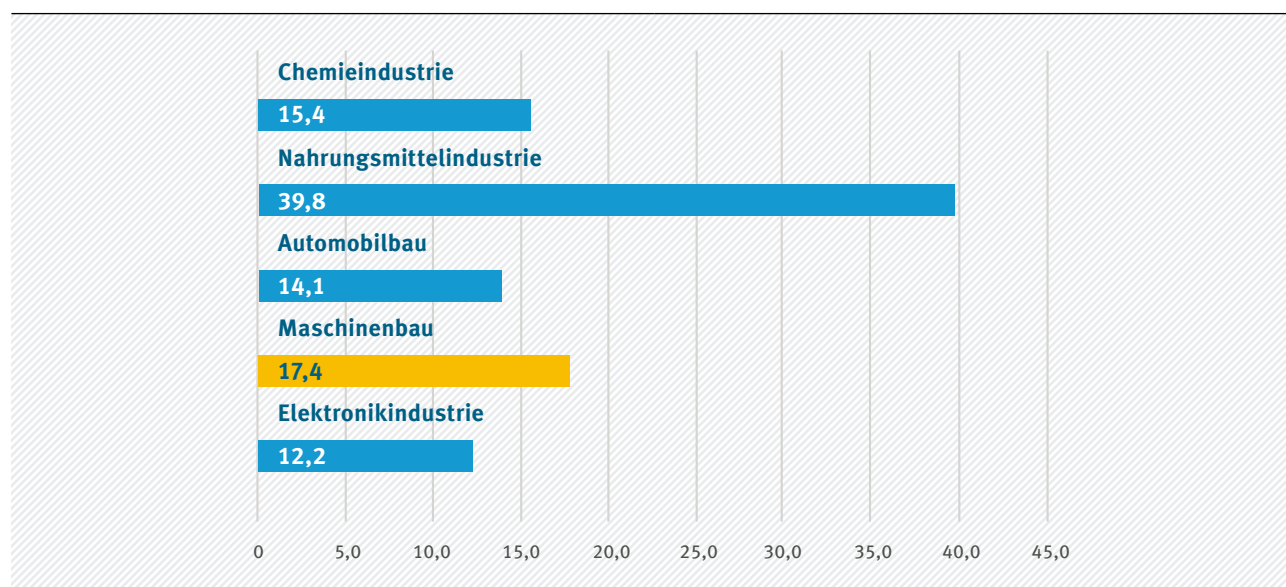
Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Arbeitsintensität: Je 1.000 EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus werden 17,4 Arbeitsstunden aufgewandt. Der Aufwand an Arbeitsstunden bezogen auf den Umsatz entlang der Lieferkette ist demzufolge höher als im Automobilbau, der Chemieindustrie und der Elektronikindustrie.

Abbildung 17

Arbeitsaufwand bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Akkumulierte 17,4 aufgewandte Arbeitsstunden je 1.000 EUR Umsatz im Maschinenbau



Aufgewandte Arbeitsstunden pro 1.000 EUR Umsatz

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4 und WIOD. Eigene Darstellung

6.2. Risikogewichtete Arbeitsstunden: 30 % der Arbeitsstunden mit erhöhtem Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards

Die Arbeitsbedingungen in globalen Wertschöpfungsketten rücken zunehmend in den Blickpunkt der Öffentlichkeit und gesetzlicher Initiativen. Dies reicht von gefährlichen und gesundheitsgefährdenden Arbeitsbedingungen und Kinderarbeit bis zu fairen Löhnen der Arbeiterinnen und Arbeiter. Einige Länder haben in den letzten Jahren Berichtspflichten zu menschenrechtlichen Risiken von Unternehmen auf den Weg gebracht, wie zum Beispiel der U.K. Modern Slavery Act in Großbritannien, dem Modern Slavery Act in Australien, das Devoir de Vigilance in Frankreich oder die Berichtspflichten in einigen skandinavischen Ländern. Zahlreiche Staaten haben einen Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP) erarbeitet, darunter Deutschland. Ziel der Aktionspläne ist es, die Arbeitsbedingungen in den globalen Wertschöpfungsketten zu verbessern und das Risiko von Verstößen gegen Menschenrechte und Sozialstandards in den Produktions- und Lieferketten zu minimieren. Im NAP Deutschlands werden u.a. Erwartungen an Unternehmen formuliert, Prozesse zur Wahrnehmung und Umsetzung der sog. menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht in der Lieferkette zu etablieren. Dies bedeutet somit auch, Menschenrechtsrisiken in der Lieferkette bzw. in den eigenen Tätigkeiten weltweit zu identifizieren, Maßnahmen umzusetzen und schließlich Rechenschaft über diese Aktivitäten abzulegen (Auswärtiges Amt 2016). Somit stellen sich auch dem Maschinenbau folgende Fragen: Wie hoch sind die Risiken des deutschen Maschinenbausektors von Verstößen gegen menschenrechtliche Belange? Um welche Risiken handelt es sich? Und wo treten diese auf?

Indikator Risikogewichtete Arbeitsstunden

Grundlage für die Ermittlung der Risiken von Menschenrechtsverstößen in der Lieferkette bilden, wie auch bei der Analyse der Umweltinanspruchnahme, Modellierungen auf Basis multiregionaler Input-Output-Tabellen. Diese werden um Daten zu Arbeits- und Sozialbedingungen ergänzt, unter anderem Daten der Internationalen Arbeitsorganisation (ILOSTAT) zu tödlichen Arbeitsunfällen, Einkommensdaten oder

Arbeitszeiten¹⁴. Diese umfassen sieben Themenfelder: Kinderarbeit, Zwangsarbeit, Diskriminierung, Vereinigungsfreiheit, Bezahlung, Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie Arbeitszeit. Themenfeldern wurden jeweils vier Risikostufen abgeleitet. Diese einheitliche Risikoabstufung erlaubt es, die Risiken in den einzelnen Themenfeldern zu einem aggregierten Risikoindikator von Verstößen gegen Arbeitsstandards zusammenzuführen. Das aggregierte Risikoniveau wird anteilmäßig den Daten zu Arbeitsstunden zugeordnet. Der aggregierte Indikator bildet sektor- und länderspezifisch die ‚risikogewichteten Arbeitsstunden‘ ab, d.h. die Höhe des Anteils der Arbeitsstunden, die ein spezifisches Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards besitzen, an den insgesamt notwendigen Arbeitsstunden in der Lieferkette der nachgefragten Gütergruppe. Abbildung 18 stellt die Herleitung des vorgeschlagenen Indikators schematisch dar.

Menschenrechtsrisiken im Bergbausektor¹⁵

Im Bergbausektor sind wiederholt Verletzungen von Menschenrechtsrisiken festzustellen. Im industriellen Bergbau sind es Fragen der gerechten Landnutzung und des Umweltschutzes sowie Rechte indigener Bevölkerungsgruppen, die sich auf die Lebensbedingungen im lokalen Umfeld auswirken (Verschmutzung von Wasser, Abfälle etc.). Im Kleinbergbau stehen schlechte Arbeitsbedingungen und Kinderarbeit im Vordergrund. Konfliktbedingte Menschenrechtsverletzungen treten sowohl im industriellen als auch im Kleinbergbau auf, d.h. gewaltsame Auseinandersetzungen bei neuen Bergbauprojekten, Konflikte um Bodenschätze oder die Finanzierung von (lokalen) bewaffneten Konflikten. Konflikte um Bergbauprojekte können sich z.B. entzünden, wenn die lokalen Umweltauswirkungen die Einkommensstruktur der lokalen Bevölkerung einschränken, z.B. in der Landwirtschaft und der Fischerei. Neben Regulierungen der EU und den USA zielen freiwillige Initiativen der Wirtschaft auf die Unterbindung der Konfliktfinanzierung durch den Bergbau. Derartige menschenrechtliche Risiken betreffen auch den Maschinenbausektor, da Rohstoffe in die Wertschöpfungskette

¹⁴ Zur Herleitung des Indikators ‚Risikogewichtete Arbeitsstunden (Verstöße gegen Arbeitsstandards) vgl. die ebenfalls im Vorhaben ‚Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe‘ erarbeitete Untersuchung Dittrich et al. (2019): Die Umweltinanspruchnahme der Deutschen vor dem Hintergrund ökologischer Grenzen und Ziele.

¹⁵ Vgl. im Folgenden Spohr, 2016 und Purr et al., 2019. Die menschenrechtlichen Risiken in Bezug zu den lokalen Lebensbedingungen sind nicht im Indikator der risikogewichteten Arbeitsstunden enthalten, da er sich auf die Arbeitsbedingungen bezieht.

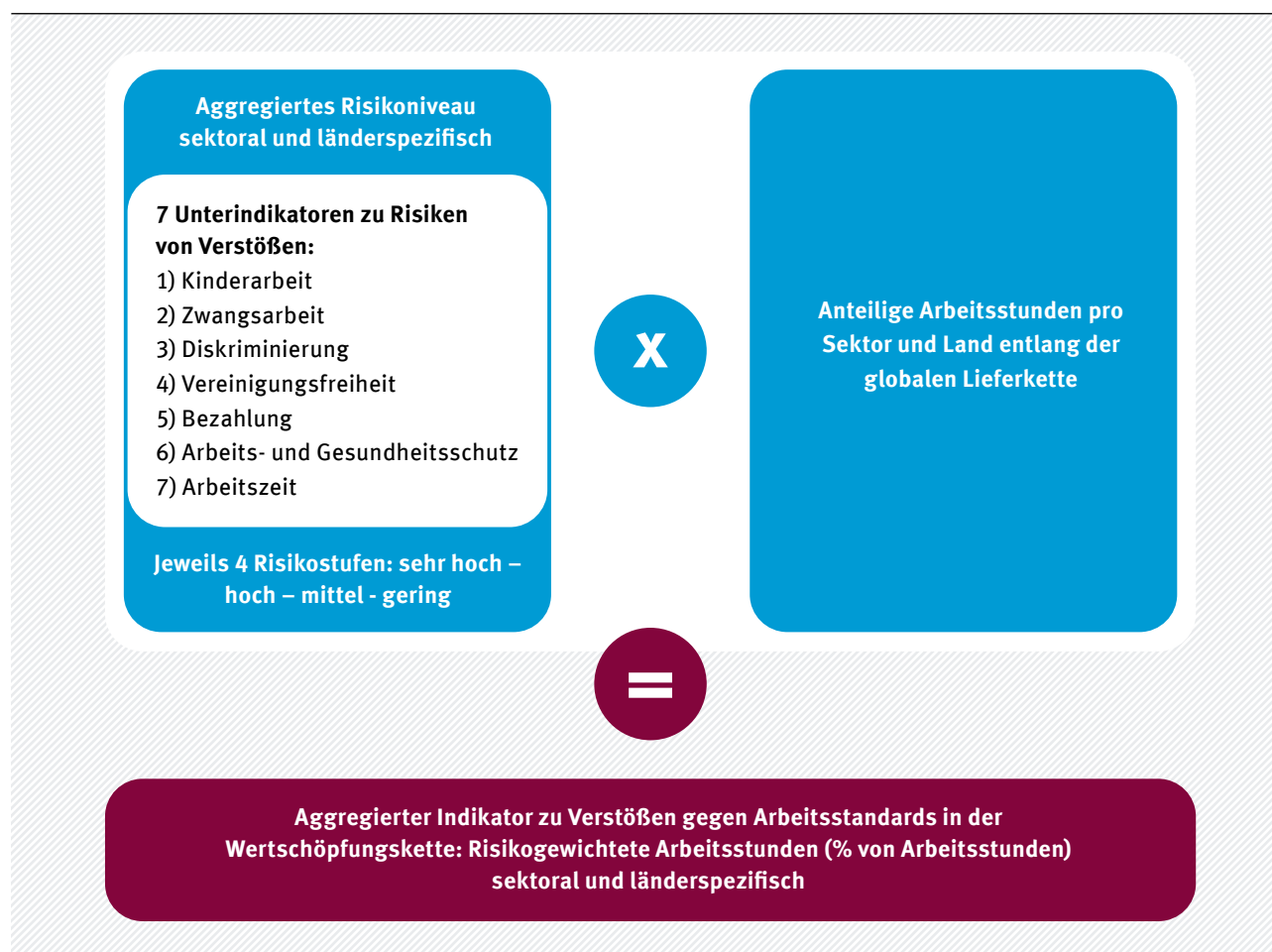
eingehen, bei deren Förderung von Verletzungen von Menschenrechten grundsätzlich auszugehen ist. Grundlage für die Ermittlung der Risiken von Menschenrechtsverstößen in der Lieferkette bilden, wie auch bei der Analyse der Umweltinanspruchnahme, Modellierungen auf Basis multiregionaler Input-Output-Tabellen. Diese werden um Daten zu Arbeits- und Sozialbedingungen ergänzt, unter anderem Daten der Internationalen Arbeitsorganisation (ILOSTAT) zu tödlichen Arbeitsunfällen, Einkommensdaten oder Arbeitszeiten¹⁶. Diese umfassen sieben Themenfelder: Kinderarbeit, Zwangsarbeit, Diskriminierung, Vereinigungsfreiheit, Bezahlung, Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie Arbeitszeit.

In allen sieben Themenfeldern wurden jeweils vier Risikostufen abgeleitet. Diese einheitliche Risikoabstufung erlaubt es, die Risiken in den einzelnen Themenfeldern zu einem aggregierten Risikoindikator von Verstößen gegen Arbeitsstandards zusammenzuführen. Das aggregierte Risikoniveau wird anteilmäßig den Daten zu Arbeitsstunden zugeordnet. Der aggregierte Indikator bildet sektor- und länderspezifisch die ‚risikogewichteten Arbeitsstunden‘ ab, d.h. die Höhe des Anteils der Arbeitsstunden, die ein spezifisches Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards besitzen, an den insgesamt notwendigen Arbeitsstunden in der Lieferkette der nachgefragten Gütergruppe. Abbildung 18 stellt die Herleitung des vorgeschlagenen Indikators schematisch dar.

Abbildung 18

Zusammensetzung des Indikators ‘Risikogewichtete Arbeitsstunden’ zur Abbildung der Verstöße gegen Sozialstandards

Indikator ‚Risikogewichtete Arbeitsstunden (Verstöße gegen Arbeitsstandards)‘



Quelle: Systain, eigene Darstellung

¹⁶ Zur Herleitung des Indikators ‚Risikogewichtete Arbeitsstunden (Verstöße gegen Arbeitsstandards) vgl. die ebenfalls im Vorhaben ‚Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe‘ erarbeitete Untersuchung Dittrich et al. (2019): Die Umweltinanspruchnahme der Deutschen vor dem Hintergrund ökologischer Grenzen und Ziele.

Aggregierte Risikogewichtete Arbeitsstunden (Verstöße gegen Arbeitsstandards): Etwa 1,4 Mrd. Arbeitsstunden entlang der Produktionskette des deutschen Maschinenbaus sind mit Risiken von Verstößen gegen Arbeitsstandards verbunden. Das sind 30 % der aufgewandten Arbeitsstunden des deutschen Maschinenbaus inkl. der Vorkette (vgl. 8.1).

Lieferkettenverteilung: Etwa drei Viertel der risiko-basierten Arbeitsstunden fallen außerhalb Deutschlands an (1,04 Mrd. Stunden). Abb. 19 zeigt, dass fast jede zweite Arbeitsstunde, die für den deutschen Maschinenbau außerhalb Deutschlands aufgebracht wird, ein erhöhtes Risiko besitzt - bei einem Arbeitsaufkommen von 2,19 Mrd. Arbeitsstunden in der vorgelagerten Wertschöpfungskette außerhalb Deutschlands. In Deutschland ist es fast jede sechste Arbeitsstunde, die ein erhöhtes Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstunden mit sich trägt.

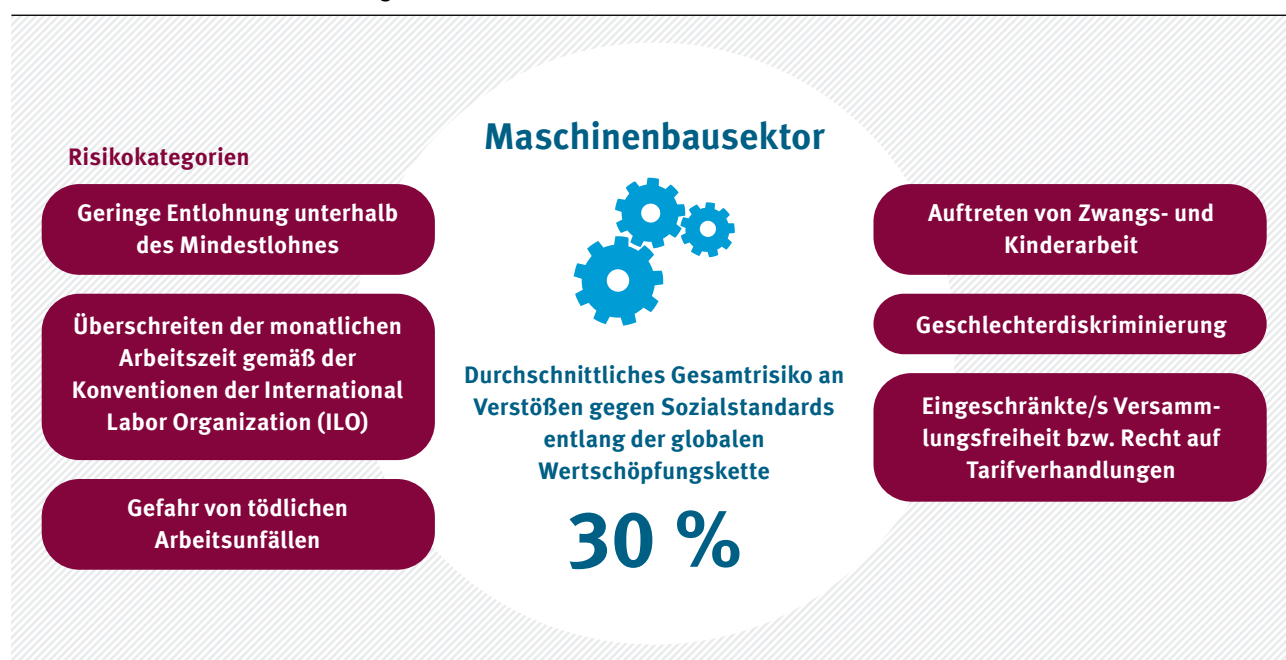
Risikobereiche: Die Risiken unterscheiden sich für einzelne Themenfelder bzw. Normen menschenrechtlicher Standards. Besonders ausgeprägt sind die Risiken in Bezug auf Nicht-Diskriminierung, Vereini-

gungsfreiheit und beim Thema Arbeitszeit. Dies trifft nicht nur auf Produktionsstufen in Schwellen- und Entwicklungsländern zu, sondern ebenso auf Arbeitsstunden in Europa und in Deutschland. Beim Thema Diskriminierung äußert sich dies u.a. in der ungleichen Bezahlung von Frauen gegenüber männlichen Arbeitnehmern sowie in geringeren Aufstiegschancen. Auch die Überschreitung der wöchentlichen Arbeitszeit stellt in den meisten Ländern Europas ein erhöhtes Risiko dar. In fast allen Ländern Osteuropas kommen Einschränkungen des Versammlungsrechts und des Rechts auf Tarifverhandlungen zum Tragen. Dies gilt ebenso für die USA und Großbritannien, wo die gewerkschaftliche Vertretung wenig verbreitet ist. Die Gefahr von tödlichen Arbeitsunfällen in der globalen Wertschöpfungskette ist im Vergleich zu den anderen Themen geringer ausgeprägt und tritt vor allem in der Rohstoffgewinnung auf. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Risikos von Löhnen unterhalb des nationalen Mindestlohn-niveaus. Dies lässt sich unter anderem damit erklären, dass ein Großteil der aufgewandten Arbeitsstunden entlang der Wertschöpfungskette Fachkräfte benötigt.

Abbildung 19

Aggregiertes, durchschnittliches Risikoniveau von Verstößen gegen Sozialstandards des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten globalen Wertschöpfungskette

Das durchschnittliche Risiko von Verstößen gegen Arbeitsstandards und Menschenrechte in der Wertschöpfungskette des deutschen Maschinebaus beträgt 30 %

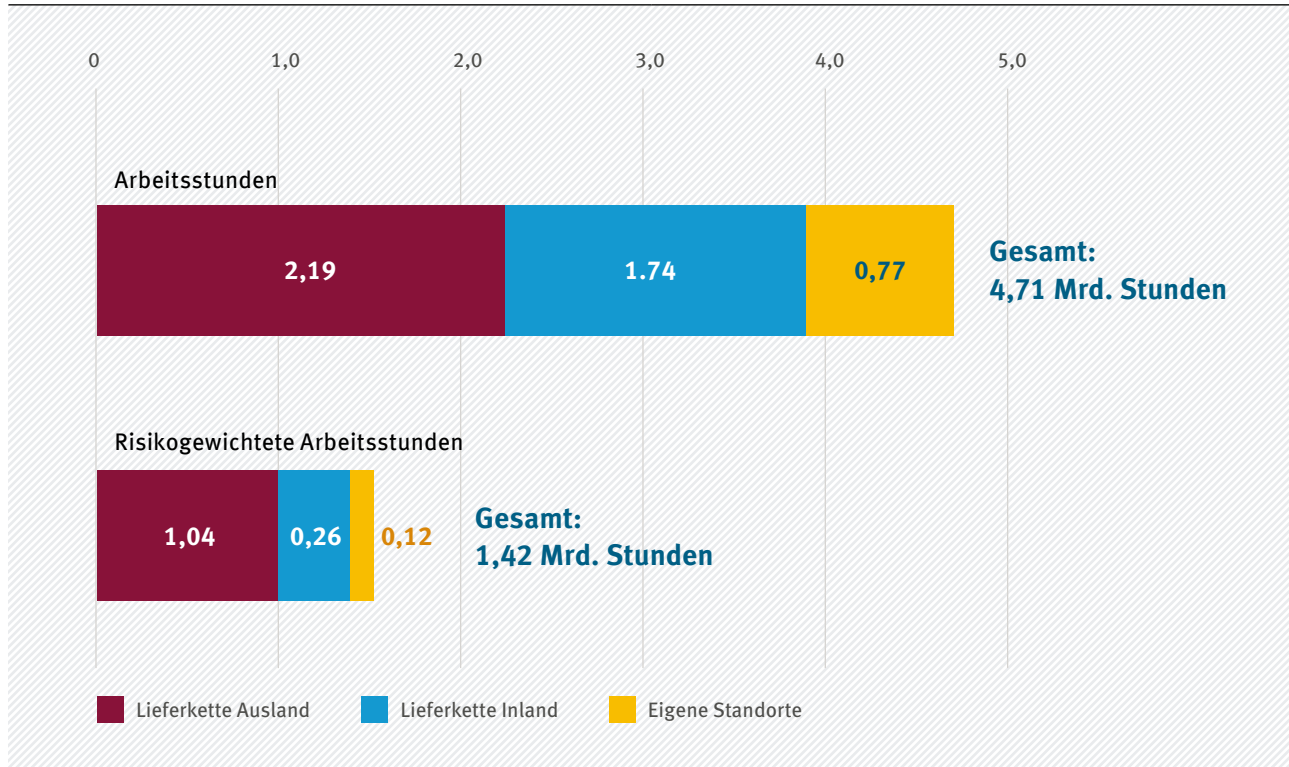


Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4 und WIOD. Eigene Darstellung

Abbildung 20

Das Aufkommen an Arbeitsstunden und an risikogewichteten Arbeitsstunden des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)

Jede zweite Arbeitsstunde für den deutschen Maschinenbau außerhalb Deutschlands besitzt ein erhöhtes Risiko von Verstößen gegen Sozialstandards



(Risikogewichtete) Arbeitsstunden (in Mrd. Stunden)

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4. Eigene Darstellung

Geografische Verteilung: Etwas mehr als ein Viertel der aufgewandten, risikogewichteten Arbeitsstunden tritt in Deutschland auf (379 Mio. Stunden). Betroffen sind vorrangig die Themenfelder Diskriminierung und Überschreitung der gesetzlichen Arbeitszeit. Einen hohen Anteil an den Risikostunden in der vorgelagerten Produktionskette in Deutschland besitzen metallverarbeitende Vorproduzenten und Logistikprozesse. Knapp ein Fünftel der risikogewichteten Arbeitsstunden ist in China zu verorten. Diese treten vor allem in der Herstellung von Maschinenbau- und Elektronikkomponenten sowie in der Metallverarbeitung auf.

Sektorale Verteilung: Die meisten risikogewichteten Arbeitsstunden mit Verstößen gegen Sozialstandards treten in vorgelagerten Maschinenbaubetrieben auf, insbesondere in China und Südostasien (326 Mio. Stunden). Mit 251 Mio. Stunden besitzen Transport- und Lagerleistungen ebenfalls einen hohen Anteil

– bei einem Arbeitsaufkommen für diese Leistungen von insgesamt 603 Millionen Arbeitsstunden. Zwei von fünf Arbeitsstunden in der Lager- und Logistikkette des deutschen Maschinenbaus besitzen ein erhöhtes Risiko von Verstößen gegen Sozialstandards. Auf ähnlicher Höhe liegen auch die risikogewichteten Arbeitsstunden in der vorgelagerten Metallverarbeitung für den deutschen Maschinenbau (212 Mio. Stunden).

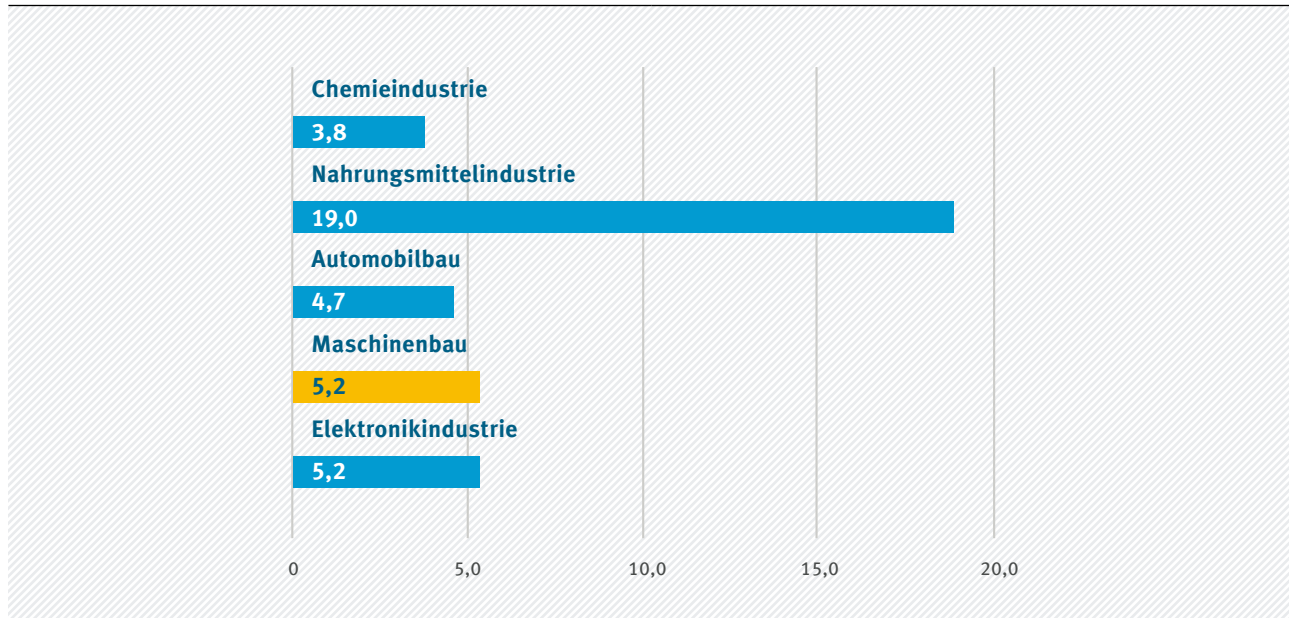
Risikogewichtete Arbeitsstunden je Umsatz:

Bezogen auf 1.000 EUR Umsatz des deutschen Maschinenbaus werden 17,4 Arbeitsstunden aufgewandt. Davon sind 5,2 Arbeitsstunden mit erhöhtem Risiko von Verstößen gegen Sozialstandards verbunden. Die Höhe der risikogewichteten Arbeitsstunden bezogen auf 1.000 EUR Umsatz ist in der Wertschöpfungskette der deutschen Elektronikindustrie genauso hoch, während es im Automobilbau 4,7 Arbeitsstunden mit erhöhtem Risiko von Verstößen je 1.000

Abbildung 21

Risikogewichtete Arbeitsstunden bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

Die risikogewichteten Arbeitsstunden entlang der globalen Wertschöpfungskette des deutschen Maschinenbaus summieren sich auf 5,2 Arbeitsstunden je 1.000 EUR Umsatz



Risikogewichtete Arbeitsstunden pro 1.000 EUR Umsatz

Modellierung mit EXIOBASE 3.4 und WIOD. Eigene Darstellung

EUR Umsatz sind (Abb. 21). Die umsatzbezogenen risikogewichteten Arbeitsstunden sind hingegen in der Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelindustrie um ein Vielfaches höher. Dies hat zum einen mit dem hohen Anteil an landwirtschaftlicher Produktion zu tun, wo die Risiken von Verstößen gegen Sozialstandards besonders hoch sind. Zum anderen ist der Arbeitsaufwand in der Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelindustrie deutlich höher (vgl. 8.1).

Vergleich Anteil der risikogewichteten Arbeitsstunden mit ausgewählten Sektoren: Der Anteil der risikogewichteten Arbeitsstunden entlang der globalen Wertschöpfungskette des deutschen Maschinenbaus beträgt 30 %. Der Anteil ist ähnlich hoch wie für die deutsche Automobilindustrie, welcher 33 % beträgt. In der Elektronikindustrie hingegen beträgt der Anteil 43 %, in der Nahrungsmittelindustrie 48 %. Der Anteil risikogewichteter Arbeitsstunden in der Chemieindustrie ist hingegen mit 24 % niedriger als im Maschinenbau (Tabelle 8).

Vergleich des Anteils der risikobasierten Arbeitsstunden am Gesamtaufkommen an Arbeitsstunden mit ausgewählten Sektoren (2015)

Sektor	Anteil risikogewichteter Arbeitsstunden am Gesamtaufkommen an Arbeitsstunden
Nahrungsmittelindustrie	48 %
Elektronikindustrie	43 %
Automobilindustrie	33 %
Maschinenbau	30 %
Chemieindustrie	24 %

Quelle: Modellierung mit EXIOBASE 3.4 und WIOD. Eigene Darstellung

Was können Unternehmen tun?

Der Nationale Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP) der Bundesregierung hat 5 Kernelemente zur Wahrung der menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht von Unternehmen definiert (Auswärtiges Amt 2016, S. 8-10):

1. Grundsatzerklärung zur Achtung der Menschenrechte – Eine solche Grundsatzerklärung bringt zum Ausdruck, dass das Unternehmen seiner Verantwortung nachkommt. Dazu gehören u.a. klare Verantwortlichkeiten im Unternehmen, notwendige Schulungen, Steuerung menschenrechtlicher Risiken.

2. Verfahren zur Ermittlung tatsächlicher und potenziell nachteiliger Auswirkungen auf die Menschenrechte – Hierbei handelt es sich um eine systematische Ermittlung wesentlicher menschenrechtlicher Risiken und deren Auswirkungen auf potenziell Betroffene. Dies umfasst nicht nur die direkten Risiken der eigenen Geschäftstätigkeit, sondern auch Risiken entlang der gesamten Wertschöpfungskette, d.h. von den Rohstoffen bis zur Entsorgung. Startpunkt kann eine erste Übersicht über die wichtigsten Aktivitäten und die zugehörigen Wertschöpfungsketten und Geschäftsbeziehungen sein.

3. Maßnahmen zur Abwendung potenziell negativer Auswirkungen und Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen – Anhand der Erkenntnisse der Risikoanalyse sind geeignete Maßnahmen festzulegen und umzusetzen, z.B. Anpassung von Managementprozessen, Etablierung von Richtlinien, spezielle Schulungen von Lieferanten, Beitritt zu Brancheninitiativen. Der Erfolg der ergriffenen Maßnahmen sollte regelmäßig kontrolliert werden.

4. Berichterstattung – Unternehmen sollten auskunftsfähig zu ihren Risiken und den ergriffenen Maßnahmen sein und diese ggfs. in bestehende Berichtsformate des Unternehmens integrieren.

5. Beschwerdemechanismus – Um Risiken frühzeitig zu identifizieren, sollten zielgruppengerechte Beschwerdeverfahren eingerichtet werden. Dies kann auch auf Verbandsebene geschehen. Das Verfahren sollte potenziell Betroffenen zugänglich sein. Ebenso ist ein interner Prozess zu definieren, wie mit Beschwerden umzugehen ist.

Weitere Informationen zu Umsetzungshilfen bietet die zentrale Webseite der Bundesregierung zu Wirtschaft und Menschenrechte¹⁷.

¹⁷ <https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Unternehmerische-Sorgfaltspflicht/Umsetzungshilfen/umsetzungshilfen.html>

7. Die globale Umweltinanspruchnahme der Exporte des deutschen Maschinenbaus

Der deutsche Maschinenbau ist eine exportorientierte Industrie (vgl. 5.2. und 5.3). Die Exporte verursachen Umweltbelastungen sowohl an den Standorten des Maschinenbaus hierzulande als auch in der Produktion von Vorleistungen im In- und Ausland, die durch die Exportnachfrage ausgelöst werden. Welche Umweltinanspruchnahme steckt also in den Exporten des deutschen Maschinenbaus (letzte Verwendung)?

Treibhausgasemissionen: Die Treibhausgasemissionen der Exporte des deutschen Maschinenbaus an fertigen Maschinen beliefen sich im Jahr 2015 auf 20,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. Die Menge entspricht den Pro-Kopf-Emissionen von ca. 1,9 Mio. Bundesbürgerinnen und Bundesbürgern¹⁸. Die meisten Emissionen sind mit Exporten von Maschinen nach China (3,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente) und in die USA (2,4 Mio. Tonnen) verbunden. Die Emissionen, die mit Exporten nach Europa (ohne Russland und Türkei) einhergehen, betragen 7,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente und machen somit mehr als ein Drittel aus. Die Emissionen gehen vor allem auf Exporte in die Schweiz, nach Großbritannien und nach Frankreich, zurück.

Luftschadstoff Stickoxid: Die Stickoxidemissionen, die mit den Exporten deutscher Maschinen verbunden sind, betragen 55,0 Mio. Tonnen. Wie auch bei den Treibhausgasen sind dies vor allem die Exporte nach China und in die USA, die 17 % bzw. 12 % Anteil an den Stickoxidemissionen der Exporte des deutschen Maschinenbaus ausmachen.

Feinstaub PM 10 und PM 2,5: Die Feinstaubemissionen der Partikelgröße 10 Mikrometer (PM10) der Exporte von deutschen Maschinen betragen 20,6 Mio. Tonnen sowie für Feinstaub der Partikelgröße 2,5 Mikrometer (PM2,5) 13,8 Mio. Tonnen. Die Anteile verteilen sich wie bei den Stickoxidemissionen größtenteils auf China und die USA (17 % und 12 %).

Wasserverbrauch: Der Wasserverbrauch, der mit den Maschinenbauexporten einher geht, beträgt 98,2 Mio. Kubikmeter.

In die wichtigsten Exportmärkte des deutschen Maschinenbaus wird auch ein Umweltrucksack übertragen, den die Nachfrage nach deutschen Maschinen aus diesen Ländern anstößt. Die betrifft vor allem China und die USA.

¹⁸ 11,0 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Kopf. Vgl. Umweltbundesamt (2019).

8. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Importe und Exporte von Maschinen
- Abb. 2: Die Treibhausgasemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)
- Abb. 3: Die Treibhausgasemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 4: Die Stickoxidemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Daten 2015)
- Abb. 5: Die Stickoxidemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 6: Die Feinstaubemissionen PM10 des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 7: Die Feinstaubemissionen PM10 bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 8: Die Feinstaubemissionen PM2,5 des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 9: Die Feinstaubemissionen PM2,5 bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 10: Die Schwefeldioxidemissionen des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 11: Die Schwefeldioxidemissionen bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 12: Die Verwendung von ‚Blauem Wasser‘ des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 13: Die Verwendung von ‚Blauem Wasser‘ bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 14: Schritte zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement
- Abb. 15: Metalleinsatz des deutschen Maschinenbausektors nach Art des Metalls (Masseanteile; 2011)
- Abb. 16: Die Verteilung der Arbeitsstunden des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 17: Arbeitsaufwand bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)
- Abb. 18: Zusammensetzung des Indikators ‘Risikogewichtete Arbeitsstunden’ zur Abbildung der Verstöße gegen Sozialstandards
- Abb. 19: Aggregiertes, durchschnittliches Risikoniveaus von Verstößen gegen Sozialstandards des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten globalen Wertschöpfungskette
- Abb. 20: Das Aufkommen an Arbeitsstunden und an Risikogewichteten Arbeitsstunden des deutschen Maschinenbaus inkl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette (2015)
- Abb. 21: Risikogewichtete Arbeitsstunden bezogen auf den Umsatz von ausgewählten Sektoren (2015)

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen der vier umsatzgrößten Industriezweige Deutschlands (2018)

Tabelle 2: Überblick über Rohstoff Zink

Tabelle 3: Überblick über Rohstoff Tantal

Tabelle 4: Überblick über Rohstoff Lithium

Tabelle 5: Überblick über Rohstoff Kobalt

Tabelle 6: Überblick über Rohstoff Neodym

Tabelle 7: Überblick über Rohstoff Naturkautschuk

Tabelle 8: Vergleich des Anteils der risikobasierten Arbeitsstunden am Gesamtaufkommen an Arbeitsstunden mit ausgewählten Sektoren (2015)

10. Abkürzungsverzeichnis

CO ₂	Kohlendioxid
EHP	Environmental Hazard Potential
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NAP	Nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte
NO _x	Stickoxid
PM _{2,5}	Partikelgröße 2,5 Mikrometer
PM ₁₀	Partikelgröße 10 Mikrometer
SO ₂	Schwefeldioxid
WSI	Water Stress Index

11. Literaturverzeichnis

Auswärtiges Amt (2016): Nationaler Aktionsplan. Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. 2016 – 2020. Link: <https://www.auswaertiges-amt.de/blob/297434/8d-6ab29982767d5a31d2e85464461565/nap-wirtschaft-menschenrechte-data.pdf>

Conde, M. (2017): Resistance to Mining. A Review. In: Ecological Economics 132 (2017), S. 80-90.

British Geological Survey BGS (2019): Centre for Sustainable Mineral Development. Commodities and Statistics. Link: <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/home.html>.

Dehoust, G. et al. (2020): Environmental Criticality of Raw Materials - An assessment of environmental hazard potentials of raw materials from mining and recommendations for an ecological raw materials policy (ÖkoReSS II). Commissioned by German Environment Agency (UBA). Texte 80/2020. Dessau-Roßlau.

DESTATIS (2019a): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Zweisteller.

DESTATIS (2019b): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Viersteller.

DESTATIS (2019c): Warenverzeichnis Außenhandelsstatistik, Zweisteller (WA84).

Exiobase (2019): About Exiobase. <https://www.exiobase.eu/index.php/about-exiobase>.

Greenhouse Gas Protocol (2004): A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Version. Link: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Haustermann M.; Knoke, I. (2019): Naturkautschuk in der Lieferkette. Wie Unternehmen Nachhaltigkeitsprobleme erkennen und lösen können. Link: <https://suedwind-institut.de/files/Suedwind/Publikationen/2018/2018-41%20Naturkautschuk%20in%20der%20Lieferkette.%20Wie%20Unternehmen%20Nachhaltigkeitsprobleme%20erkennen%20und%20lösen%20können.pdf>.

Jungmichel, N.; Schampel, C.; Weiss, D. (2017): Umweltatlas Lieferketten. Umweltspots und Hotspots in der Lieferkette. Link: <https://www.systain.com/project/umweltatlas-lieferketten/>.

Pfister, Stephan, Annette Köhler und Stefanie Hellweg (2009): Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. In: Environmental Science & Technology 43 (11). S. 4098–4104.

Purr, K. et al. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 36/2019. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf.

Rüttinger & Griestop (2015): Dodd Frank Act. UmSoRes Steckbrief Umweltbundesamt. adelphi. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_kurzsteckbrief_dfa_final.pdf. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_kurzsteckbrief_dfa_final.pdf

Scholz, J.; Severith, M.; Nill, M.; Schmidt, M. (2020): Analyse des Einsatzes von Metallrohstoffen für Baden-Württemberg. Endbericht. Systain Consulting GmbH, Institute für Industrial Ecology (INEC) Hochschule Pforzheim. Teilprojekt im Rahmen des Forschungsprojektes NEXUS „Vergleichende Analyse der Ressourceneffizienz von Primär- und Sekundärrohstoffgewinnung – der Rohstoff-Energie-Nexus (L7516002) am Institute for Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim. Gefördert mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg. Link: <https://www.systain.com/project/analyse-einsatz-von-metallrohstoffen-fuer-baden-wuerttemberg/>.

Sen Nag, O. (2017): The Leading Natural Rubber Producing Countries In The World. WorldAtlas. Economics 2017. Link: <https://www.worldatlas.com/articles/the-leading-natural-rubber-producing-countries-in-the-world.html>.

Spohr, M. (2016): Human Rights Risks in Mining. A Baseline Study. Prepared by Max Planck Foundation for International Peace and the Rule of Law. Commissioned by the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR). Link: https://www.bmz.de/rue/includes/downloads/BGR_MPFPR__2016__Human_Rights_Risks_in_Mining.pdf.

Umweltbundesamt (2019): Treibhausgasemissionen der Europäischen Union. Pro-Kopf-Emissionen. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/3_abb_thg-emi-eu-vergleich-pro-kopf_2019-09-06.pdf.

U.S. Geological Survey USGS (2019): National Mineral Information Center. Commodity Statistics and Information.

VDMA (2019): Maschinenbau in Zahlen und Bild 2019. Link: https://ost.vdma.org/documents/106133/26266487/Maschinenbau-in-Zahl-und-Bild-2018_1526651231120.pdf/a9d88a11-5545-7217-7af1-0fd9403ca836

Watson (2020): Broken Brumadinho a year after the dam collapse. BBC South America 25 January 2020. <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-51220373>.

Weiss, D.; Hajduk, T.; Knopf, J. (2017): Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement. Praxisleitfaden für Unternehmen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/leitfaden_nachhaltige_lieferkette_bf.pdf.

World Resources Institute; World Business Council on Sustainable Development (2015): The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. Link: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>.



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/