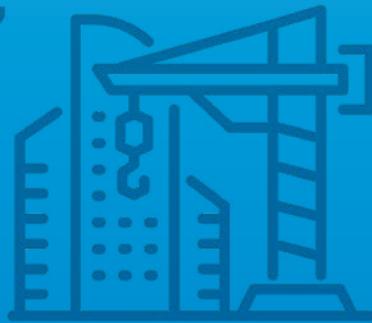
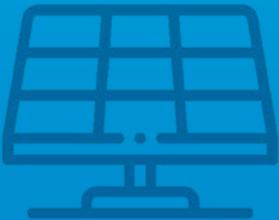
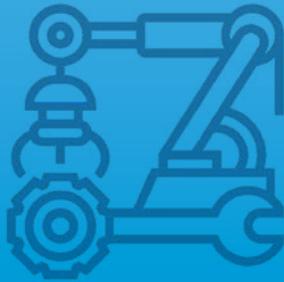




Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Leichtbaustrategie der Bundesregierung



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwk.de

Stand

Juli 2023

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

iStock / forest_strider, Freepik / Titel

Zentraler Bestellservice für Publikationen der Bundesregierung:

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	2
2 Einleitung	5
2.1 Warum Leichtbau?	5
2.2 Bestandsaufnahme Leichtbau	6
2.3 Die Leichtbaustrategie	8
3 Die Ziele der neuen Leichtbaustrategie	9
3.1 Ökologie: Ressourcen schonen, Treibhausgasneutralität und Kreislaufwirtschaft fördern	9
3.2 Ökonomie: Industriestandort modernisieren und Resilienz der Wirtschaft stärken	10
3.3 Gesellschaft: Lebensqualität verbessern und zukunftssichere Arbeitsplätze schaffen	11
4 Maßnahmenpakete	12
4.1 Leichtbau ressortübergreifend entlang der gesamten Innovationskette fördern und Fördermaßnahmen enger abstimmen	12
4.2 Wissen über den Leichtbau aufbauen, Wissens- und Technologietransfer branchen- und materialübergreifend verstetigen und beschleunigen	16
4.3 Anwendung des Leichtbaus durch Regulierung und öffentliche Auftragsvergabe stärken	18
4.4 Innovationen im Leichtbau durch Normung und Standardisierung unterstützen	21
4.5 Ökonomische Resilienz und technologische Souveränität durch Leichtbau unterstützen	22
4.6 Ökonomische Bedeutung der Querschnittstechnologie Leichtbau quantifizieren und ökologische Effekte lebenszyklusorientiert messbar machen	23
4.7 Nutzen des Leichtbaus verbraucherorientiert sichtbar machen und fachliche Vernetzung im Leichtbau fördern	26
4.8 Internationale Kooperationen und Markterschließungsaktivitäten ausweiten	28
5 Umsetzung	30
6 Anhang	31



1 Zusammenfassung

Der fortschreitende Klimawandel erfordert Technologien, die die Transformation der Wirtschaft, eine ressourcenschonende Wertschöpfung und eine nachhaltige und resiliente Rohstoffversorgung sicherstellen und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland stärken.

Hier setzt die Transformationstechnologie Leichtbau an: Leichtbau zielt auf Material- und Energieeinsparungen insbesondere durch Gewichtsoptimierung, kreislauffähiges Design oder fortschrittliche Fertigungsverfahren und Werkstoffe bei gleichbleibender oder verbesserter Funktionalität von Produkten ab und setzt verstärkt auf Technologien, Verfahren und Produkte, deren Materialkreisläufe derart optimiert sind, dass mehrere Lebenszyklen durchlaufen werden können und somit natürliche Ressourcen geschont werden. Leichtbau schließt alle Phasen der Wertschöpfungskette ein: Sowohl die Design-, als auch die Herstellungs-, die Nutzungsphase und das Recycling sowie die Wiederverwendung gehören zu einem materialeffizienten und nachhaltigen Leichtbau. Dabei ist Leichtbau branchen- und materialübergreifend und beispielsweise für den Automobilbau, die Luft- und Raumfahrtindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Energie- und Bauwirtschaft relevant. Leichtbautechnologien adressieren außerdem gesellschaftliche Bedürfnisse, indem sie z. B. die Schaffung von Wohnraum durch die Aufstockung von Immobilien in Leichtbauweise ermöglichen.

Die im Koalitionsvertrag vorgesehene Leichtbaustrategie der Bundesregierung soll einen entscheidenden Beitrag zur Senkung der Treibhausgas (THG)-Emissionen und des Primärrohstoffverbrauchs leisten. Sie wird insbesondere dann ihre Stärken voll ausspielen, wenn der schonende Einsatz von Ressourcen mit dem Kreislaufgedanken verknüpft wird. Zudem werden mit der Umsetzung der Strategie Abhängigkeiten bei Energie- und Rohstoffimporten begegnet, die Innovationsfähigkeit der Industrie gestärkt und es werden Arbeitsplätze am Wirtschaftsstandort Deutschland gesichert. Damit reagiert die Strategie der Bundesregierung auf veränderte Rahmenbedingungen der letzten Jahre und nutzt den Leichtbau als Instrument zur Stärkung der ökonomischen Resilienz^{1, [1]} und der technologischen Souveränität^{2, [2]}.

Diese Strategie verfolgt einen ganzheitlichen, branchen- und materialübergreifenden Ansatz, der alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft – adressiert. Darüber hinaus verfolgt sie das Ziel, den Nutzen des Leichtbaus besser verständlich, bewusster und damit auch besser umsetzbar zu machen. Sie basiert auf der Leichtbaustrategie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie von Januar 2021³ und wurde unter der Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in einem systematischen Ressortprozess mit weiteren Bundesministerien erarbeitet. Zudem sind die Anliegen der Leichtbaucommunity⁴, die über eine Umfrage⁵ identifiziert wurden, in die Strategie eingeflossen.

1 Ökonomische Resilienz (vgl. [1]) ist die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, vorbereitende Maßnahmen zur Krisenbewältigung zu ergreifen, unmittelbare Krisenfolgen abzumildern und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen.

2 Technologische Souveränität (vgl. [2]) beschreibt das Ziel und die Fähigkeit, Schlüsseltechnologien international auf Augenhöhe mitzugestalten und die Technologieentwicklung eigenständig zu gestalten.

3 <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/leichtbaustrategie.html>

4 Mit dem Begriff Leichtbaucommunity sind die Beteiligten der Leichtbaustrategie des BMWK, die im Januar 2021 veröffentlicht wurde, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern aus Unternehmen, (Landes-)Verbänden, Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen und weiteren Stakeholdern gemeint.

5 48 Personen haben an der Umfrage teilgenommen, wobei etwa 40 Prozent jeweils aus den Bereichen Wirtschaft und Forschung und die restlichen Teilnehmer aus Verbänden und sonstigen Interessensvertretungen stammen.

Da die Bundesregierung den Leichtbau in zahlreichen Bereichen bereits sehr erfolgreich unterstützt, wird auf einer soliden Basis aufgebaut. Die Strategie soll laufende Aktivitäten strategisch bündeln und gezielt ausbauen. Sie enthält darüber hinaus neue Maßnahmen, z. B. für eine Ausweitung der ökologischen und ökonomischen Messbarkeit und für die verbraucherorientierte Nutzenkommunikation des Leichtbaus.

Den Kern der Leichtbaustrategie bilden acht Maßnahmenpakete, die in den Kapiteln 4.1 bis 4.8 ausführlich dargestellt werden. Die in den Maßnahmenpaketen genannten Einzelvorhaben werden von den zuständigen Ressorts in eigener Verantwortung und unter Vorbehalt der verfügbaren Haushaltsmittel umgesetzt. Sie umfassen die folgenden Handlungsfelder, Ziele und Leuchtturmprojekte:

1. Wir realisieren eine lückenlose Förderung entlang der gesamten Innovationskette und nutzen Synergien zwischen einzelnen Förderprogrammen, um die förderpolitischen Rahmenbedingungen für den Leichtbau noch weiter zu verbessern.

Leuchtturmprojekt: Ressortübergreifende Förderung über die gesamte Innovationskette.

2. Wir beschleunigen durch die Vernetzung der relevanten Leichtbauakteure, durch die Förderung branchen- und materialübergreifender Kooperationen sowie durch Studien, Reallabore und Demonstrationsprojekte den Transfer von Wissen und Technologien aus der Forschung in die industrielle Praxis.
3. Wir stärken die Anwendung des Leichtbaus auch in Hinblick auf die Kreislaufwirtschaft durch regulatorische Vorgaben u. a. im Bereich

Ökodesign und prüfen die mögliche Verankerung des Leichtbaus in öffentlichen Aufträgen und Vergabeverfahren.

Leuchtturmprojekt: Aufnahme des Leichtbaus in die neue Ecodesign for Sustainable Products Regulation als Parameter für Materialeffizienz.

4. Durch Normen und Standardisierung unterstützen wir Innovationen im Leichtbau.
5. Zur Stärkung der Resilienz unserer Wirtschaft nutzen wir neben der Reduzierung des absoluten Materialeinsatzes durch Leichtbaulösungen auch die Diversifizierung der Rohstoffversorgung sowie die Stärkung der technologischen Souveränität.

Leuchtturmprojekt: Novellierung des Technologietransfer-Programms „Leichtbau und Materialeffizienz“.

6. Zur verbesserten Messbarkeit der positiven Effekte der Querschnittstechnologie Leichtbau für Klima, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft fördern wir die Entwicklung quantitativer Instrumente und Kennzahlen.

Leuchtturmprojekt: Verbesserung der Messbarkeit der ökonomischen Bedeutung des Leichtbaus.

7. Durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Netzwerkbildung sensibilisieren wir sowohl Expertinnen und Experten als auch die breite Öffentlichkeit für die vielfältigen Potenziale des Leichtbaus.

Leuchtturmprojekt: Erstellung einer verbraucherorientierten Kommunikationsstrategie.

8. Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit auf nachhaltige Weise zu erhöhen und internationale Allianzen für den Leichtbau zu schmieden, unterstützen wir Unternehmen bei der Erschließung ausländischer Absatzmärkte und treiben gegenseitig gewinnbringende internationale Kooperationen im Leichtbau voran.

Leuchtturmprojekt: Etablierung eines gemeinsamen Aktivitätenprogramms zum Leichtbau auf europäischer Ebene im Rahmen des European Lightweighting Network (ELN).

2 Einleitung

2.1 Warum Leichtbau?

Der Erhalt unseres Wohlstandes im Einklang mit den planetaren Grenzen benötigt eine Ressourcenwende.

Für eine erfolgreiche Ressourcenwende muss der primäre Verbrauch klimaschädlich verarbeiteter Rohstoffe bzw. hergestellter Materialien gesenkt werden. Hierzu müssen wir den absoluten Materialeinsatz verringern, die Kreislaufwirtschaft ausbauen und besonders treibhausgasintensive Materialien substituieren. Materialeffizienz und Ressourcenschonung sind entscheidend für die Sicherung des Wohlstands im Einklang mit den planetaren Grenzen.

Der globale Rohstoffverbrauch hat sich seit 1970 mehr als verdreifacht.^[3] Der Earth Overshoot Day – also der Tag, an dem die Menschheit alle natürlichen Ressourcen aufgebraucht hat, die die Erde innerhalb eines Jahres regenerieren kann – rückt im Kalender immer weiter nach vorne. Im Jahr 1970 fiel er noch auf den 2. Dezember, im Jahr 2022 hingegen schon auf den 29. Juli. Nach einer Prognose der OECD könnte sich der globale Rohstoffverbrauch von heute bis 2060 nochmals verdoppeln.^[4] Dabei steht fest, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Rohstoffverbrauch und Klimawandel besteht: Rund die Hälfte der globalen THG-Emissionen gehen auf die Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen zurück.^[5] Aber nicht nur für den Klimaschutz sondern auch für die ökonomische Resilienz ist eine Ressourcenwende wichtig. Unser Rohstoffverbrauch beeinflusst die Importabhängigkeit der Volkswirtschaft. Zudem wirken sich Importengpässe in vielfältiger Weise auf die Wertschöpfung und somit auf den Wohlstand der Gesellschaft aus. Das haben die geopolitischen Herausforderungen gezeigt, die zu Lieferkettenausfällen, Preisanstiegen und Versorgungslücken z. B. im

Bauwesen oder in der Automobilindustrie geführt haben.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch nachhaltig voneinander entkoppelt werden müssen. Genau an dieser Stelle setzt Leichtbau als Transformationstechnologie an: Leichtbaulösungen ermöglichen es, Rohstoffe produktiver einzusetzen. Dies beginnt beim Produktdesign, von dem bis zu 80 Prozent der Umweltauswirkungen eines Produkts abhängen^[6] und das konsequent auf Materialeffizienz und die Kreislaufführung von Materialien ausgerichtet werden muss.

Leichtbautechnologien adressieren die Herausforderungen unserer Zeit: Klimaschutz, technologischer Fortschritt, resiliente Wertschöpfungsketten und eine ressourcenschonende Befriedigung verschiedener gesellschaftlicher Bedürfnisse.

Leichtbau steht für einen verringerten Materialeinsatz z. B. durch innovative Konstruktionsweisen, Fertigungstechnologien oder Materialien und Materialsubstitution. Als material- und produktunabhängige Konstruktionsphilosophie kann der Leichtbau Umwelt-, Klima-, und Ressourcenschutzpotenziale aktivieren. Durch den effizienten Umgang mit Rohstoffen können CO₂-Emissionen durch Leichtbau bereits während des Herstellungsprozesses von Produkten reduziert werden. Leichtere Autos, Flugzeuge, Schiffe oder Züge benötigen zudem weniger Energie, sodass auch in der Nutzungsphase Emissionen eingespart werden können. Wenn Leichtbauprodukte und -materialien im Kreislauf geführt werden, mindert Leichtbau THG-Emissionen ganzheitlich über den gesamten Lebenszyklus.

Leichtbautechnologien und -materialien sind entscheidend für innovative, international wettbewerbsfähige Produkte und die Transformation hin

zu einem CO₂-neutralen Industriestandort. Dies wird besonders am Beispiel der Energiewende deutlich: Hochleistungsfähige Leichtbauwerkstoffe kommen zum Beispiel in modernen Windenergieanlagen zum Einsatz und ermöglichen die Nutzung von sehr langen und damit leistungsstarken Rotorblättern. Leichtbaulösungen verbreitern das Einsatzspektrum der Photovoltaik, verbessern deren Einsatzfähigkeit und die Möglichkeiten zur Speicherung sowie zum Transport von aus erneuerbarer Energie hergestelltem Wasserstoff.

Aber auch die ökonomische Resilienz des Industriestandortes kann durch Leichtbau gesteigert werden. Durch einen verringerten Materialeinsatz tragen Leichtbaulösungen dazu bei, dass knappe Rohstoffe weiterhin verfügbar bleiben. In dem Maße, in dem Leichtbauprodukte und -werkstoffe zusätzlich kreislauffähig werden, können zudem Abhängigkeiten bei Rohstoffimporten durch verringerten Primärrohstoffeinsatz weiter reduziert werden. Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil besteht darin, Materialkosten durch materialeffiziente Herstellungsverfahren zu reduzieren.

Schließlich ermöglicht Leichtbau für breite Teile der Gesellschaft Vorteile im alltäglichen Leben, etwa in Bezug auf Wohnen, Mobilität, Gesundheit und Freizeitgestaltung. So bieten z. B. neue Gebäudekonzepte in Leichtbauweise die Möglichkeit zur Nachverdichtung durch Aufbauten im dicht besiedelten urbanen Raum und unterstützen die dringend benötigte Neuschaffung von Wohnraum. Klimafreundliche Leichtbaumaterialien sollen verstärkt zur Dekarbonisierung und Transformation der Baustoffindustrie beitragen. Im E-Mobilitätsbereich kann durch eine Verringerung des Gewichts von Fahrzeugen eine größere Reichweite erzielt werden. Im medizinischen Bereich können Leichtbaulösungen, etwa für Prothesen und Orthesen,

unmittelbar die Therapien und Behandlungen von Patientinnen und Patienten verbessern. Auch im Sport- und Freizeitbereich sind Leichtbauwerkstoffe aufgrund ihres geringen spezifischen Gewichts, kombiniert mit ihrer hohen Festigkeit und Belastbarkeit gefragt, beispielsweise bei der Herstellung von Fahrrädern.

2.2 Bestandsaufnahme Leichtbau

Querschnittstechnologie mit Reichweite

Vor allem die Automobil- und Transportbranche, der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Luft- und Raumfahrt sind Innovationstreiber im Leichtbau. Darüber hinaus wird Leichtbau in vielen weiteren Branchen – von der Bauwirtschaft und der Energietechnik über Landmaschinen, den Freizeit- und Sportbereich sowie den Medizinproduktebereich bis hin zu der Papierindustrie – immer bedeutender.

Zu den Leichtbauwerkstoffen gehören neben Kunststoffen, Metallen wie Aluminium, Magnesium, Titan, Scandium und Stahl, auch Naturstoffe wie Holz, Cellulose, Basalt sowie ein weites Spektrum an Verbundwerkstoffen. Durch entsprechende Bauweisen, Konstruktions- und Fertigungstechniken lassen sich mit annähernd jedem Werkstoff Leichtbaupotenziale erschließen. Der Querschnittscharakter des Leichtbaus wird nicht nur anhand der Vielzahl der Einsatzbereiche, sondern auch angesichts der zahlreichen relevanten Technologiefelder deutlich: diese reichen von der Bionik über die Digitalisierung bis hin zur Entwicklung fortschrittlicher Werkstoffe.

Initiative Leichtbau des BMWK

Entsprechend seiner Branchen-, Material-, Technologie- und Anwendungsvielfalt hat der Leichtbau eine breite Stakeholderbasis sowohl in der Wirtschaft als auch in der Wissenschaft, in Gewerkschaften, in Verbänden und in Netzwerken. Für die Fortentwicklung des Leichtbaus ist der material- und technologieübergreifende Wissenstransfer zwischen den verschiedenen Akteurinnen und Akteuren unerlässlich. Daher unterstützt das BMWK diesen Austausch u. a. im Rahmen der seit 2016 aktiven Initiative Leichtbau. Die Geschäftsstelle der Initiative Leichtbau bietet Unternehmerinnen und Unternehmern bundesweit und international einen zentralen Anlaufpunkt. Im Rahmen dessen wurden verschiedene Austauschformate etabliert. Dazu zählen die jährlich stattfindenden Veranstaltungen Lightweighting Summit und Forum Leichtbau sowie das Vernetzungsinstrument [LEICHTBAUATLAS.DE](https://www.leichtbauatlas.de) mit einer stetig wachsenden Anzahl an nationalen und internationalen Organisationsprofilen. Regelmäßige Workshops zu Themen wie Internationalisierung, Digitalisierung und aktuellen Entwicklungen in der Wissenschaft bieten der Community thematisch fokussierte Austauschmöglichkeiten. Die Initiative Leichtbau wird von einem Strategiebeirat begleitet, dem renommierte Vertreterinnen und Vertreter aller Stakeholdergruppen angehören und der Impulse zur Weiterentwicklung des Leichtbaus setzt.

Leichtbauaktivitäten in Europa und international

Der Fortschritt im Leichtbau profitiert neben einer material- und branchenübergreifenden Vernetzung von einem internationalen Austausch, z. B. durch Wissenstransfer, strategische Kooperationen und gemeinsame Projekte. Auf diesem Weg können

deutsche Unternehmen gemeinsam technologische Innovationsvorhaben realisieren, neue internationale Märkte erschließen und die eigene Wettbewerbsfähigkeit erhöhen. Von einer gezielten internationalen Vernetzung, die geopolitischen Entwicklungen mit entsprechenden Risiken und Chancen Rechnung trägt, kann daher ein erheblicher gesamtgesellschaftlicher Mehrwert erwartet werden.

Die Bundesregierung fördert die internationale Vernetzung im Leichtbau auf verschiedenen Ebenen und in unterschiedlichen Formaten. So hat das BMWK das ELN im Rahmen der deutschen EU-Ratspräsidentschaft 2020 ins Leben gerufen. Das ELN fördert in der EU den fachlichen Austausch öffentlicher Verwaltungen, der Wirtschaft und Wissenschaft zu Problemstellungen und Zielsetzungen des Leichtbaus. Ziel ist die Entwicklung gemeinsamer europäischer Ziele, um den Leichtbau in Europa zu stärken. Dafür werden durch das ELN weitere Netzwerke aufgebaut und grenzübergreifende Projekte zur Forschungsförderung gestartet sowie gemeinsame Aktivitäten zur Etablierung einer europäischen Forschungsagenda, einer europäischen Leichtbaustrategie und eines Leichtbau-Hubs in Brüssel auf den Weg gebracht.

Ferner wird eine kontinuierliche Stärkung des Themas Leichtbau im Kontext der Ressourceneffizienz auf G7-Ebene angestrebt. So hat das BMWK im Rahmen der deutschen G7-Präsidentschaft 2022 gemeinsam mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) einen G7-Workshop zu Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft durchgeführt. Zentraler Programmpunkt waren Best-Practice-Beispiele, die das Potenzial materialeffizienter Leichtbaulösungen veranschaulichten.

Auch die Angebote an kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus dem Leichtbaubereich sind vielfältig und decken beispielsweise die Bereiche Geschäftsanbahnung, Delegationsreisen, Kontaktvermittlung und Vernetzung ab. Das Markterschließungsprogramm (MEP) des BMWK fördert projektbezogene Maßnahmen für mittelständische Unternehmen. Das Auslandsmesseprogramm (AMP) ist ein Exportmarketinginstrument, das es KMU ermöglicht, an Gemeinschaftsständen zu günstigen Bedingungen teilzunehmen. Das MEP und das AMP bieten dabei branchenspezifische Angebote für Leichtbau-relevante Länder.

2.3 Die Leichtbaustrategie

Leichtbaustrategie der Bundesregierung für eine ressortübergreifende Stärkung und Nutzung des Leichtbaus

Um geeignete Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung der Transformationstechnologie Leichtbau in Deutschland zu schaffen, ist eine enge Abstimmung innerhalb der Bundesregierung – über einzelne Ressortzuständigkeiten hinweg – erforderlich. Die Leichtbaustrategie der Bundesregierung wurde daher fachübergreifend, ausgehend vom Koalitionsvertrag von 2021 und der Eröffnungsbilanz Klimaschutz von Januar 2022, unter der Federführung des BMWK in enger Abstimmung insbe-

sondere mit dem BMAS, BMEL, BMG, BMDV, BMUV, BMBF und BMWSB⁶ erstellt. Der Koalitionsvertrag von 2021 hat u.a. die absolute Senkung des primären Rohstoffverbrauchs zum Ziel, wozu der Leichtbau einen Beitrag leistet. Die interdisziplinäre Bedeutung des Leichtbaus wurde überdies durch die Verankerung im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 deutlich.

Als eine inhaltliche Grundlage ist die Leichtbaustrategie des BMWK von Januar 2021, die mit einer breiten Stakeholder-Partizipation erarbeitet wurde, in diese Strategie eingeflossen. Die vorliegende Strategie wurde dabei insbesondere um Nachhaltigkeitsaspekte, mit den Schwerpunkten Klima- sowie Ressourcenschutz, Kreislauffähigkeit/Recycling und ökonomische Resilienz, erweitert. Darüber hinaus stärkt sie neue Ansätze, wie z. B. die Verbesserung der ökologischen und ökonomischen Messbarkeit und die verbraucherorientierte Kommunikation des Nutzens des Leichtbaus.

Mit Bezug auf die erweiterten Schwerpunkte wurden die Inhalte der BMWK-Strategie durch Maßnahmen und Impulse aus den weiteren Ressorts (s. o.) aktualisiert, erweitert und ergänzt. Auch sind Beiträge der Leichtbaucommunity aus Wirtschaft und Wissenschaft, die im Rahmen einer Umfrage erfasst wurden, in die Strategie eingeflossen (s. o.).

⁶ BMAS: Bundesministerium für Arbeit und Soziales; BMEL: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; BMG: Bundesministerium für Gesundheit; BMDV: Bundesministerium für Digitales und Verkehr; BMUV: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz; BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMWSB: Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen

3 Die Ziele der neuen Leichtbaustrategie

Die Leichtbaustrategie der Bundesregierung verfolgt das Ziel, die Transformations-, Resilienz- und Innovationspotenziale von Leichtbautechnologien und -werkstoffen ressortübergreifend zu aktivieren und damit einen substanziellen Beitrag insbesondere zur Erreichung der Green Deal Ziele zu leisten. Sie ist auf die Senkung der Treibhausgasemissionen und des Ressourceneinsatzes sowie auf die Stärkung des Industriestandortes durch Leichtbauinnovationen ausgerichtet.

Dabei sollen durch eine verfeinerte Wirkungskommunikation⁷ politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft für den Nutzen des Leichtbaus sensibilisiert und in der Anwendung des Leichtbaus bestärkt werden. Eine verbesserte Sichtbarkeit und ein erhöhter Stellenwert der Leichtbautechnologien im politischen und gesellschaftlichen Diskurs stellen die Basis für eine konsequente breite Nutzung der Nachhaltigkeitspotenziale dieser Technologie dar. Die Umsetzung der Strategie wird zudem durch eine geeignete Struktur begleitet (Vgl. Kapitel 5).

Der Leichtbau soll noch weiter etabliert und eine noch breitere industrielle Anwendung ermöglicht werden – in dieser Legislaturperiode und darüber hinaus. Dazu sollen deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen dabei unterstützt werden, durch die Entwicklung innovativer Leichtbautechnologien Vorreiter im globalen Wettlauf um zukunftsweisende Lösungen zur Transformation zu werden. Die Technologiestärke und die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland sollen langfristig ausgebaut werden. Innovationen im Leichtbau sollen zukunftssichere Arbeitsplätze

in Deutschland sichern und Leichtbauanwendungen sollen helfen, den Alltag der Menschen einfacher zu gestalten.

Vor diesem Hintergrund verfolgt die Leichtbaustrategie einen kohärenten Gesamtansatz, der die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit miteinander in Einklang bringt. Wie die Chancen des Leichtbaus in dieser Legislaturperiode und darüber hinaus genutzt werden sollen, wird im Folgenden für die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit beschrieben.

3.1 Ökologie: Ressourcen schonen, Treibhausgasneutralität und Kreislaufwirtschaft fördern

Leichtbau kann als ganzheitliche Konstruktionsphilosophie, die auf Gewichtsoptimierung und Materialeinsparung abzielt, auf vielfältige Weise zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung beitragen. Dieser Ansatz führt insbesondere bei bewegten Massen zu offenkundigen Vorteilen, da etwa bei der Nutzung von in Leichtbauweise gefertigten Autos, Zügen, Schiffen oder Flugzeugen weniger Energie verbraucht wird und somit gleichfalls THG-Emissionen reduziert werden können.

Die Vorteile des Leichtbaus sind jedoch nicht auf bewegte Massen beschränkt. Große Potenziale zur Minderung produktionsbedingter THG-Emissionen bestehen auch im Baubereich. Hier werden große Mengen klimarelevanter Rohstoffe eingesetzt. Auch in anderen Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau können materialeffiziente Leichtbaulösungen – darunter innovative Konstruktionsprinzipien und Fertigungsverfahren sowie

⁷ Die verfeinerte Wirkungskommunikation betrifft einerseits die aktualisierte Strategie der Öffentlichkeitsarbeit als solche (vgl. Kapitel 4.7) und andererseits eine verbesserte Veranschaulichung der Leichtbaupotentiale durch eine gestärkte Messbarkeit in ökonomischer und ökologischer Hinsicht (vgl. Kapitel 4.6).

eine gezielte Auswahl geeigneter Werkstoffe – dabei helfen, den Primärrohstoffverbrauch in der Herstellungsphase signifikant zu reduzieren. Oftmals können Funktionalitäten der Produkte und Bauteile dabei verbessert oder erweitert werden.

Bei allen Vorteilen des Leichtbaus in der Herstellungs- und Nutzungsphase muss der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt werden. Damit Leichtbaulösungen nicht nur material- und energieeffizient, sondern auch umfassend nachhaltig sind, muss der Verbleib des Materials nach der Nutzungsphase mitgedacht werden. Daher gilt es, die Kreislauf- und Recyclingfähigkeit von Leichtbauwerkstoffen – insbesondere bei Composites, also Verbänden verschiedener Materialien – möglichst schon durch ein recyclinggerechtes Design in der Produktentwicklung sicherzustellen. Hier sind ganzheitliche, kreislauffähige Ansätze notwendig, die auch die erweiterten Einsatzmöglichkeiten von Sekundärmaterialien berücksichtigen. Zudem sollte insbesondere die Bandbreite verwendeter polymerer Werkstoffe in einem einzigen Produkt oder Bauteil reduziert werden, wodurch das Recycling erheblich erleichtert wird.

Für Leichtbauwerkstoffe, die nicht oder nicht ökologisch sinnvoll recycelt werden können, müssen Strategien zur Verbesserung der Produkteigenschaften, Substitution kritischer Rohstoffe oder ergänzende Verfahren entwickelt werden. Dabei kommen zum Beispiel Ansätze aus der industriellen Bioökonomie in Frage. In der industriellen Bioökonomie werden Produkte und Prozesse, die auf fossilen Rohstoffen basieren, durch neue biobasierte Produkte, Produktionsverfahren und Geschäftsmodelle ersetzt. Diese können auch Enabler für den Leichtbau sein: Biobasierte Leichtbauwerkstoffe aus nachhaltigen biogenen Rohstoffen reduzieren THG-Emissionen und sind idealerweise kreislauffähig und somit geeignet, THG-Emissionen längerfristig zu binden.

Lebenszyklusanalysen sollen außerdem für eine ganzheitliche Bewertung der Klimaeffekte und Umweltauswirkungen sorgen. Hersteller können auf diese Weise schon in der Produktentwicklung evidenzbasierte Entscheidungen treffen, die den geringsten netto CO₂- und Material-Fußabdruck über den gesamten Lebensweg eines Produktes ermöglichen. Bilanzierungsansätze müssen dabei den Leichtbau möglichst umfassend betrachten und auch potenziell nachteilige Effekte wie etwa Rebound-Effekte berücksichtigen.

3.2 Ökonomie: Industriestandort modernisieren und Resilienz der Wirtschaft stärken

Da der Leichtbau in einer Vielzahl von Branchen und Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zum Einsatz kommt und zahlreiche Abläufe und Arbeitsplätze betrifft, hat er eine hohe ökonomische Bedeutung. Dies gilt insbesondere für in Deutschland wichtige Branchen wie z. B. den Automobilbau, die Luft- und Raumfahrtindustrie, die Bauwirtschaft, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Energiewirtschaft.

Durch die Entwicklung immer neuer Lösungen für Gewichts- und Materialeinsparungen und für funktionale Mehrwerte bringt der Leichtbau kontinuierlich Innovationen hervor. Das hält die deutsche Wirtschaft als Anbieterin für nachhaltige und klimafreundliche Systeme international wettbewerbsfähig, eröffnet neue Absatzmärkte und birgt Wachstumspotenziale. Gleichzeitig wird der Standort Deutschland modernisiert und gestärkt.

Die durch den Leichtbau ermöglichte Reduzierung des Materialeinsatzes kombiniert mit einer Substitution kritischer Rohstoffe (beispielsweise durch Bioökonomie) und zirkulärem Wirtschaften kann

zu einer Verringerung von Importmengen aus dem Ausland und zu einer Diversifizierung der eingesetzten Rohstoffe beitragen. Damit stärkt der Leichtbau die Resilienz der deutschen Wirtschaft im Hinblick auf angespannte internationale Lieferketten und bestehende Abhängigkeiten. In dem Ziel, die deutsche Wirtschaft unabhängiger von Rohstoffen aus dem Ausland zu machen, schließt die Leichtbaustrategie an die Rohstoffstrategie an, die entsprechende Maßnahmen vorsieht.

mittel wie Rollatoren in Leichtbauweise oder innovative Leichtbauprothesen ebenso für eine verbesserte Lebensqualität wie die bereits aufgrund ihrer Biokompatibilität etablierten Implantate aus Titan.

3.3 Gesellschaft: Lebensqualität verbessern und zukunftssichere Arbeitsplätze schaffen

Nachhaltiger Leichtbau besitzt nicht zuletzt eine bedeutende soziale Komponente. In einigen Bereichen ist dieser Zusammenhang offensichtlich, etwa wenn Klimaschutz eine bessere Lebensperspektive für nachfolgende Generationen auf allen Kontinenten generiert oder wenn Wertschöpfung durch Leichtbau bestehende Arbeitsplätze sichert und neue Arbeitsplätze schafft.

Neben diesen größeren Zusammenhängen wirkt sich der Leichtbau auch an sehr konkreten Stellen des gesellschaftlichen Alltags auf das Wohlbefinden der Menschen aus. Beispielsweise wird durch die Aufstockung von Bestandsimmobilien in Leichtbauweise z. B. mit dem Werkstoff Holz nachhaltiger Wohnraum in verhältnismäßig kurzer Zeit geschaffen. Bundesweit liegt das Potenzial bei etwa 1,1 – 1,5 Mio. Wohnungen, die auf den Wohnbauten der 50er bis 90er Jahre entstehen könnten.^[7]

Auch im Hinblick auf gesundheitsphysiologische Fragestellungen kann sich der Einsatz von Leichtbau positiv bei der Therapie und Behandlung von Patientinnen und Patienten auswirken. Im Bereich der Medizinprodukte sorgen beispielsweise Hilfs-

4 Maßnahmenpakete

Den Kern der Leichtbaustrategie bilden insgesamt acht Maßnahmenpakete, die nachfolgend erläutert werden:

1 Leichtbau ressortübergreifend entlang der gesamten Innovationskette fördern und die Fördermaßnahmen enger abstimmen.

2 Wissen über den Leichtbau aufbauen, Wissens- und Technologietransfer branchen- und materialübergreifend verstetigen und beschleunigen.

3 Anwendung des Leichtbaus durch Regulierung und öffentliche Auftragsvergabe stärken.

4 Innovationen im Leichtbau durch Normung und Standardisierung unterstützen.

5 Ökonomische Resilienz des Wirtschaftsstandorts durch Leichtbau unterstützen.

6 Ökonomische Bedeutung der Querschnittstechnologie Leichtbau quantifizieren und ökologische Effekte lebenszyklusorientiert messbar machen.

7 Nutzen des Leichtbaus verbraucherorientiert sichtbar machen und fachliche Vernetzung im Leichtbau fördern.

8 Internationale Kooperationen und Markterschließungsaktivitäten ausweiten.

4.1 Leichtbau ressortübergreifend entlang der gesamten Innovationskette fördern und Fördermaßnahmen enger abstimmen.

In zentralen Forschungs-, Entwicklungs- und Technologiebereichen ist Deutschland im Leichtbau bereits gut aufgestellt. Angesichts der Querschnittsnatur des Leichtbaus gibt es zahlreiche branchen- und technologiespezifische Förderprogramme mit Bezügen zum Leichtbau. Diese werden seit 2020 durch das auf den branchen- und materialübergreifenden Wissens- und Technologietransfer ausgerichtete *Technologietransfer-Programm Leichtbau* (TTP Leichtbau) des BMWK ergänzt. Eine Novelle der Fördergrundlage in 2023 wird das neue *Technologietransfer-Programm „Leichtbau und Materialeffizienz“* (TTP „Leichtbau und Materialeffizienz“, siehe Kapitel 4.5.) noch stärker auf die Bereiche Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft ausrichten.

Neben der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsthemen ist die Investitionsförderung Aufgabe des BMWK. Im Zuge dessen wurden Programme wie das *European Recovery Programm* (ERP) – *Kreditbank für Wiederaufbau* (KfW) Förder-

kreditprogramme, der ERP-Digitalisierungs- und Innovationskredit, das Programm ERP-Mezzanine für Innovation, der KfW-Kredit für Wachstum und der KfW-Konsortialkredit *Nachhaltige Transformation* entwickelt.

Ziel:

Wir wollen die förderpolitischen Rahmenbedingungen für den Leichtbau insgesamt noch weiter verbessern. Hierzu wollen wir insbesondere Synergien zwischen den verschiedenen Förderprogrammen nutzen und bestehende Förderprogramme noch konsequenter auf die Potenziale des Leichtbaus ausrichten. Ein besonderer Fokus liegt zudem auf der Förderung des Mittelstandes als Innovations- und Wirtschaftsmotor Deutschlands. Es gilt, mittelständische Unternehmen und Start-ups dabei zu unterstützen, innovative Leichtbaulösungen zu entwickeln und an den Markt zu bringen.

Im Bereich Investitionen wollen wir den Zugang zu Investitionskapital im Kontext des Leichtbaus erleichtern und längerfristige, zinsgünstige Investitionskredite ermöglichen. Die Finanzierungsinstrumente sollen kontinuierlich weiterentwickelt und an die Nachfrage angepasst werden.

Maßnahmen:

Leuchtturmprojekt: Ressortübergreifende Förderung über die gesamte Innovationskette

Für die erfolgreiche Entwicklung und breite Implementierung innovativer Leichtbauansätze ist ein ganzheitliches Innovationsverständnis notwendig. In der Leichtbaustrategie der Bundesregierung werden daher die Aktivitäten und Maßnahmen der unterschiedlichen Bundesministerien eng miteinander verzahnt, um eine ressortübergreifende Förderung entlang der Innovationskette – von der Grundlagenforschung über die industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung bis hin zur Markteinführung – zu erreichen.



Erste Schritte für neuartige Verfahren und Materialien werden in der Grundlagenforschung gelegt, wobei deren genaue Einsatzmöglichkeiten oftmals noch nicht absehbar sind. Die Förderung der ersten Ansätze für neuartige Verfahren und Materialien kann beispielsweise über themenoffene oder auf Materialklassen (z. B. biobasierte Materialien, Hybridmaterialien oder funktionsintegrierte Leichtbaumaterialien) fokussierte Maßnahmen erfolgen. Im BMBF-Programm *Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit* bzw. seinem Vorgängerprogramm wurden im FOREL – Forschungscluster „Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaulösungen der Elektromobilität“ Grundlagen zum Einsatz von Leichtbaulösungen im Multimaterial-Design insbesondere für E-Fahrzeuge gefördert. Das Programm konzentriert sich jetzt auf die Dynamik ganzer Systeme der Wertschöpfung sowie auf einzelne Aspekte in diesen Systemen. Es wird untersucht, wie z. B. eine datenorientierte oder kreislauffähige Wertschöpfung zu gestalten ist. Ein weiteres Förderprogramm des BMBF ist das Programm „Vom Material zur Innovation“ mit den beispielhaften Fördermaßnahmen „*MaterialNeutral – Ressourcensouveränität durch Materialinnovationen*“, „*KMU-innovativ: Materialforschung*“ und dem BMBF-Nachwuchswettbewerb „*NanoMatFutur*“. Innerhalb von „*MaterialNeutral*“ ist es das Ziel, mittels Materialinnovationen (z. B. durch Nutzung sekundärer und alternativer Rohstoffe sowie durch ‚Life Cycle Material Engineering‘) bestehende Ressourceneffizienzpotenziale zu heben und Stoffkreisläufe zu schließen, die insbesondere für den Effizienz- und Neutrallleichtbau von hoher Bedeutung sind. Die Fördermaßnahme „*KMU-innovativ: Materialforschung*“ unterstützt ganz konkret Forschungsarbeiten von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Der Nachwuchswettbewerb *NanoMatFutur* gibt jungen Forscherinnen und Forschern die Möglichkeit, sich an einer Universität oder Forschungseinrichtung eine eigene Forschungsgruppe aufzubauen. In den beiden letztgenannten Fördermaßnahmen werden u. a. Leichtbaulösungen für die Bereiche Mobilität, Energie, Bauwesen und Infrastrukturen erforscht.

Nach erfolgtem Nachweis der Machbarkeit erfolgt im Bereich der industriellen Forschung der nächste Schritt mit dem Ziel, neue Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen zu entwickeln. Hieran schließt die experimentelle Entwicklung an, die bis hin zur Demonstration im realen Einsatz zum Nachweis der Funktionsfähigkeit reicht. Hier setzt das TTP *Leichtbau* des BMWK mit einem Fokus auf die industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung an. Auch im *Energieforschungsprogramm* des BMWK werden etwa Forschung und Entwicklung von Leichtbautechnologien gefördert, wenn es um energietechnische Anwendungen (z. B. Windkraftanlagen) geht oder wenn damit eine Energieeinsparung über den gesamten Lebenszyklus von Produkten im Vordergrund steht.

Zum kommerziellen Einsatz sind in sehr vielen Fällen weitere Anstrengungen erforderlich. Hierbei können investive Maßnahmen wertvolle finanzielle Unterstützung leisten (z. B. über das BMWK-Programm *Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der deutschen Wirtschaft (EEW)*).

Neben der auf die Technologiereife bezogenen Förderkaskade bieten auch bisher ungenutzte thematische Schnittstellen zu bestehenden Förderaktivitäten große Potenziale. So werden vielfältige Verfahren zum Recycling von Metallen, mineralischen Baustoffen und Kunststoffen gefördert, die aber bisher noch



nicht auf Leichtbau-Materialien zugeschnitten sind (z. B. BMBF-Förderprogramm *FONA*³ – *Forschung für Nachhaltige Entwicklung*). Passgenaue Anschlussförderungen könnten hier z. B. die Verwendung von Rezyklaten im Leichtbau und die Anpassung von Recyclingverfahren für Leichtbauprodukte erleichtern. Weitere Schnittstellen ergeben sich zu Förderaktivitäten, die auf Querschnittsthemen wie Digitalisierung (z. B. BMBF-Initiative *MaterialDigital*, BMUV-Förderprogramm *DigiRess*), Standardisierung (z. B. BMWK-Förderprogramm *WIPANO*) oder Ausgründungen aus der Wissenschaft (z. B. BMWK-Förderprogramm *EXIST*) ausgerichtet sind. Auch Investitionszuschüsse für herausragende Projekte, die den Stand der Technik in einer Branche weiterentwickeln und anderen Unternehmen der gleichen Branche oder branchenübergreifend aufzeigen, wie innovative Technik zu einer Umweltentlastung führen kann, können für den Leichtbau relevant sein (z. B. BMUV-Umweltinnovationsprogramm *UIP*).

Die Realisierung tragfähiger Förderkaskaden zwischen den Ressorts wird mit der Leichtbaustrategie der Bundesregierung weiter ausgebaut. Die relevanten Förderaktivitäten werden kontinuierlich auf Anschlussfähigkeit und thematische Schnittstellen geprüft. Bei der Gestaltung neuer Förderaktivitäten mit Bezügen zum Leichtbau werden die möglichen Schnittstellen berücksichtigt. Außerdem erweitern wir den bestehenden Austausch zwischen BMBF und BMWK und etablieren regelmäßige Jour Fixes auf Fachebene zwischen den relevanten Ressorts zur besseren Abstimmung der Förderprogramme mit Bezug zum Leichtbau.

- Mit der Umsetzung der neuen Förderrichtlinie für das TTP *Leichtbau und Materialeffizienz* werden wir den Förderschwerpunkt „Digitalisierung und Automatisierung“ mit relevanten Initiativen des BMWK zur Industrie 4.0, insb. zur Digitalisierung industrieller Lieferketten, verzahnen (siehe Kapitel 4.5.).
- Mit der Fortführung des Förderprogramms *Industrielle Bioökonomie* des BMWK werden wir kurz- und mittelfristig die Defossilisierung von Leichtbauprodukten und deren Herstellungsverfahren unterstützen, indem biobasierte Rohstoffe und Reststoffe für den Leichtbau nutzbar gemacht werden und die Skalierbarkeit von biobasierten Produkten und Verfahren vom Labormaßstab in den industriellen Maßstab vorangetrieben wird.
- Wir überprüfen mit der BMBF-Förderaktivität *Biologisierung der Technik*, inwiefern biologische Prinzipien (über die bereits bekannte Bionik hinaus) grundsätzlich und spezifisch für den Leichtbau zur Konzeption und Entwicklung neuartiger Leichtbauwerkstoffe und -methoden herangezogen werden können. Nach einem breit angelegten Ideenwettbewerb werden in industriegeführten Verbundprojekten konkrete Anwendungen erarbeitet.
- Wir überprüfen, wie der Einsatz kreislauffähiger biobasierter Kunststoffe und Verbundwerkstoffe sowie der Einsatz fester Biomasse, insbesondere Holz, für den Leichtbau gefördert werden kann, u. a. im Rahmen des Förderprogramms *Nachwachsende Rohstoffe* des BMEL und wie die dafür erforderlichen Rohstoffe nachhaltig bereitgestellt

werden können (u. a. im Rahmen der Nationalen Bioökonomiestrategie mit dem Förderprogramm *KMU-innovativ: Bioökonomie* des BMBF oder des Förderprogramms *Nachwachsende Rohstoffe* des BMEL).

- Wir bewerten, inwieweit (z. B. biobasierte) Leichtbauprodukte Kohlenstoff langfristig binden können und sich für die von der EU-Kommission geplante Zertifizierung von Negativemissionen qualifizieren können und prüfen die Integration derartiger Aspekte in die Förderung.
- Wir überprüfen, wie innovative Carbonbetonkonstruktionen ohne Verbund von Carbon und Beton z. B. bei Spannbetonkonstruktionen der Variante „Vorspannung ohne Verbund“ oder bei Carbonbewehrung außerhalb der Betonkonstruktion, z. B. Rippmann-Floor-Decke, gefördert werden können.
- Wir überprüfen, ob und wie der Einsatz von Leichtbeton mittels Verwertung mineralischer Bauabfälle gefördert werden kann.
- Wir überprüfen, wie die Förderung kreislauffähiger Materialien zur Reduktion des Abfallaufkommens aus dem Bauwesen und die Substitution klimaschädlicher und knapper Baumaterialien u. a. durch neue Planungs- und Fertigungsmethoden aus dem Leichtbau zur Erreichung der Klima- und Ressourcenschutzziele der Bundesregierung in das Innovationsprogramm *Zukunft Bau* des BMWBS integriert werden kann.
- Wir überprüfen, wie die Ergebnisse des vom BMBF geförderten Projekts „Konzepte für die ressourceneffiziente und sichere Produktion von Leichtbaustrukturen (KORESIL)“ in den Themenfeldern des Förderprogramms *Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit* berücksichtigt werden können.
- Wir überprüfen die Leistungsfähigkeit neuer Leichtbautechnologien bei ihrer Anwendung im Mobilitätssektor im Rahmen des BMWK-Fachprogramms *Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien*.
- Wir überprüfen, wie im *Luftfahrtforschungsprogramm Klima (LuFo Klima)* durch die weitere signifikante Reduzierung der spezifischen Luftfahrzeuggewichte durch den konsequenten Einsatz von Leichtbautechnologien (Materialeffizienz, Gewichtsoptimierung, Funktionalität, Lebensdauer und Kreislauffähigkeit) für Luftfahrzeuge und luftfahrttechnische Produkte das Ziel eines umfassenden Zero-Emission-Luftverkehrssystems bis 2050 realisiert werden kann, ohne das Sicherheitsniveau abzusenken.
- Wir überprüfen, wie Leichtbautechnologien in der Raumfahrt, z. B. beim Bau von Raumfahrzeugen und Trägerraketen, besser berücksichtigt werden können.
- Wir prüfen, wie wir den Leichtbau bei der Neugestaltung des *Maritimen Forschungsprogramms* im neuen Förderschwerpunkt „Klimaneutrales Schiff“, explizit adressieren können. Da der Leichtbau durch seine Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz bei maritimen Technologien zunehmend in den Vordergrund rückt.
- Wir führen das vorhandene Informationsangebot zu bestehenden Investitionsförderungen der Bundesregierung weiter und bieten Diskussionsmöglichkeiten im Rahmen von Workshops zu weiteren spezifischen Leichtbau-Anforderungen an.

4.2 Wissen über den Leichtbau aufbauen, Wissens- und Technologietransfer branchen- und materialübergreifend verstetigen und beschleunigen

4.2.1 Wissens- und Technologietransfer

Der zügige Transfer von Wissen und Technologien aus der Wissenschaft in die Praxis ist von großer Bedeutung, um die für Unternehmen kritische Time-to-Market zu verringern. Dies gilt auch für den Leichtbau. Ein kontinuierlicher Transfer von aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und state-of-the-art Technologien ist notwendig, um Unternehmen, vor allem KMU, bei Entwicklung und Anwendung von Leichtbaulösungen zu unterstützen. Darüber hinaus ist speziell der Aufbau digitaler Kompetenzen ausschlaggebend, um die Potenziale des Leichtbaus voll auszuschöpfen. Dies betrifft Kompetenzen zur durchgehenden digitalen Vernetzung und Automatisierung von Prozessketten oder zum Einsatz von Digitalen Zwillingen zur Material-, Prozess-, Verfahrens- und Produktoptimierung. Auch die additive Fertigung sowie fortschrittliche Lösungen zum Recycling und zur besseren Kreislaufführung im Leichtbau sind ohne Digitalisierung nicht denkbar.

Ziel:

Wir wollen den branchen- und materialübergreifenden Wissens- und Technologietransfer im Leichtbau durch den Austausch von Know-how, Materialien und Technologien zwischen verschiedenen Branchen beschleunigen, damit innovative Lösungsansätze erzielt und neue Märkte erschlossen werden können. So sollen aus neuen Erkenntnissen im Leichtbau schneller nachhaltige und wettbewerbsfähige Innovationen für die Märkte von morgen werden. Dabei wollen wir gerade KMU

ermöglichen, nachhaltige rentable Leichtbaulösungen anwenden zu können.

Maßnahmen:

- Wir werden Reallabore, wie das Nationale Leichtbau-Validierungszentrum in Dresden, die die Demonstration der Leistungsfähigkeit nachhaltiger Leichtbautechnologien im industriellen Maßstab ermöglichen, weiter unterstützen.
- Es ist Ziel der Bundesregierung, ein Reallabore-Gesetz zu schaffen, das einheitliche und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für Reallabore bietet und neue Freiräume zur Erprobung von Innovationen ermöglicht. Wir prüfen, ob es in diesem Zusammenhang Anknüpfungspunkte im Bereich des Leichtbaus gibt, um hier neue Freiräume zur Erprobung von Innovationen zu ermöglichen.
- Wir werden den Leichtbau auch zukünftig im Netzwerk der Mittelstand-Digital Zentren vorantreiben.
- Wir überprüfen, inwiefern die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) zur Unterstützung des Branchentransfers im Bereich Leichtbau genutzt werden kann.
- Im Bereich der Luft- und Raumfahrt werden wir durch Kooperation mit der Automobilindustrie Synergien mit Blick auf automatisierte Fertigungstechnologien ausnutzen und durch Kooperation mit der Raumfahrt Synergieeffekte hinsichtlich der Speicherung von Flüssigwasserstoff erzielen.
- Wir werden Workshops zum Thema Digitalisierung im Rahmen der Initiative Leichtbau fortführen, in denen state-of-the-art Ansätze aus

der Wissenschaft sowie Forschungsergebnisse, laufende Forschungsinitiativen und Förderprogramme zur Verbesserung der Digitalisierung in Materialwissenschaft und Werkstofftechnik vorgestellt und bekannter gemacht werden.

- Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft werden wir dabei unterstützen, branchen- und materialübergreifend nutzbare, datenbasierte Entwicklungsmethoden sowie KI-basierte Werkzeuge für den Leichtbau zu entwickeln und verfügbar zu machen, unter anderem durch das novelierte TTP „*Leichtbau und Materialeffizienz*“.

4.2.2 Studien

Gezielte Forschungsstudien können Chancen und Herausforderungen in bestimmten Leichtbaubereichen identifizieren und Handlungsoptionen aufzeigen. Hierdurch ermöglichen sie den Aufbau von Wissen und ein evidenzbasiertes politisches Handeln. Dies betrifft insbesondere Potenzialstudien, die konkrete Anwendungsszenarien benennen.

Ziel:

Wir wollen durch die Beauftragung von Forschungsstudien konkrete Potenziale des Leichtbaus im Hinblick auf die verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen beleuchten.

Maßnahmen:

- Mit der Studie zu fortschrittlichen Werkstoffen werden wir deren zusätzliche Potenziale und Umsetzungsoptionen zur Senkung von Treibhausgasemissionen, Rohstoffverbräuchen und einer verbesserten Energieeffizienz identifizieren. Auf Basis der Studie werden wir konzipieren, wie das Themenfeld fortschrittliche Werkstoffe gefördert werden kann.

- Wir werden eine Potenzialstudie hinsichtlich des Klima- und Ressourcenschutzes durch den Einsatz von 3D-Drucktechniken im Hochbau beauftragen.
- Wir werden eine Potenzialstudie zur Aufstockungskapazität leichter Dachgeschosse für die Bestandsverdichtung beauftragen.
- Wir werden eine Potenzialstudie zur Einsparung von Betriebs- und Transportenergie im Bereich des Transports von Bauprodukten beauftragen, insbesondere hinsichtlich beweglicher Haustechnik (z. B. Fahrstühle) und fliegender Bauten sowie temporär genutzter Gebäude.
- Wir werden eine Studie zum Substitutionspotenzial von hochfesten Stählen im Baubereich, einschließlich Ingenieurhochbau und Tiefbau, im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Klimaeffekte und Resilienz beauftragen.

4.2.3 Aus- und Weiterbildung

Als innovative Konstruktionsphilosophie und Spitzentechnologie benötigt der Leichtbau anhaltend bedarfsgerecht ausgebildete Fachkräfte, um ein interdisziplinäres Zusammenarbeiten über die verschiedenen Technologiefelder, Materialien und Fertigungsverfahren zu gewährleisten. Er schafft neue und sichert bestehende Arbeitsplätze und bietet Fachkräften einen zukunftsorientierten Arbeitsmarkt.

Ziel:

Wir wollen die für den Leichtbau relevante Aus-, Fort- und Weiterbildung stetig verbessern und sie weiterhin auf Nachhaltigkeitsaspekte, Zukunftstauglichkeit und Interdisziplinarität ausrichten. Zudem wollen wir den Zugang zu Qualifizierungs-

maßnahmen im Leichtbau erweitern und erleichtern, damit die Wirtschaft von einem breiteren Angebot an im Leichtbau qualifizierten Fachkräften profitiert.

Maßnahmen:

- In enger Zusammenarbeit mit den Sozialpartnern wollen wir den Leichtbaugedanken insbesondere im Hinblick auf die angestrebte Ressourcen- und Materialeffizienz weiterhin im Rahmen von Neuordnungsverfahren in den betreffenden Ausbildungsordnungen verankern.
- Wir wollen im Hinblick auf be- und entstehende Kompetenzbedarfe der Wirtschaft im Bereich Leichtbau prüfen, inwieweit diese die Entwicklung eines neuen dualen Ausbildungsberufs, neuer Zusatzqualifikationen oder geregelter Fortbildungsgänge erforderlich machen bzw. rechtfertigen können.
- Wir werden Verbände aus dem Bereich Leichtbau dazu animieren, eigenständig auf einschlägige Unternehmen zuzugehen, um sie für die Potenziale des Leichtbaus zu sensibilisieren und als Ausbildungsbetriebe für relevante Berufe im Bereich Leichtbau zu werben.
- Wir behalten sich ändernde Qualifikationsbedarfe für den Arbeitsbereich des technischen Personals bei der Instandhaltung von Luftfahrzeugen und deren luftfahrttechnischen Produkte im Blick. Wir werden im Rahmen von Workshops Erfahrungen über besondere Erfordernisse des Leichtbaus austauschen und bei Bedarf prüfen, wie die Ausbildungsstandards entsprechend anzupassen sind.
- Wir werden die Mitglieder der Leichtbaucommunity dabei unterstützen, den Zugang zu technologischen Themen durch Demonstrationsprojekte an Schulen im Kontext der beruflichen Orientierung zu verbessern.

4.3 Anwendung des Leichtbaus durch Regulierung und öffentliche Auftragsvergabe stärken

4.3.1 Regulierung

Durch regulatorische Vorgaben zur Anwendung des Leichtbaus können Beiträge zur Erreichung der Green Deal Ziele durch zusätzliche Innovationen im Leichtbau gesteigert werden. Bisherige gesetzgeberische Vorgaben mit Bezug zum Leichtbau sind stark fragmentiert und über unterschiedliche Branchen und Wirtschaftssektoren verteilt. Ferner bewegen sich Leichtbauinnovationen zum Teil in regulierten Industrien und sind entsprechend genehmigungsaufwändig. Es gilt daher, bei regulatorischen Vorhaben potenzielle Verzögerungen relevanter Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen und insbesondere einen unverhältnismäßigen Bürokratieaufwand für KMU und Start-ups zu vermeiden. Darüber hinaus bestehen Regelungen für relevante Leichtbaubranchen wie etwa die Zivilluftfahrt bereits auf EU-Ebene, sodass sich der nationale Regelungsbedarf hier auf wenige Ausnahmen beschränkt.

Ziel:

Wir wollen die Anwendung des Leichtbaus – wo erforderlich – regulatorisch lenken, insbesondere durch Vorgaben im Bereich Ökodesign.

Maßnahmen:**Leuchtturmprojekt: Aufnahme des Leichtbaus in die neue Ecodesign for Sustainable Products Regulation als Parameter für Materialeffizienz**

Durch den Ende März 2022 von der EU-Kommission vorgelegten Entwurf zur Ökodesign-Verordnung (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) will die EU zum Vorreiter bei den Regeln für umweltfreundliche und kreislauforientierte Produkte werden. Der vorgesehene Anwendungsbereich der Verordnung geht deutlich über die bisherige Ökodesign-Richtlinie hinaus und umfasst nahezu alle physischen Produkte.

Leichtbau kann im Bereich Ökodesign eine wichtige Stellschraube sein, um Materialverbräuche in der Produktherstellung zu reduzieren. Hierbei gilt es, einen Einklang mit anderen Ökodesign-Kriterien wie Kreislauffähigkeit und Rezyklierbarkeit herzustellen.

Wir werden uns daher dafür einsetzen, geeignete Parameter zum Leichtbau im Entwurf der Ökodesign-Verordnung zu verankern, damit die EU-Kommission im Rahmen von Ökodesign-Anforderungen auch auf Leichtbaukriterien zur Verbesserung der Materialeffizienz von Produkten zurückgreifen kann. Hier können die Synergien mit den Arbeitsgremien zur Ökodesign-Verordnung genutzt werden.

4.3.2 Öffentliche Aufträge und Vergabe

Eine besondere Verpflichtung bei der Erreichung der Ziele für Klima- und Ressourcenschutz besitzt die öffentliche Hand. Öffentliche Stellen sind verpflichtet, die ihnen von den Bürgerinnen und Bürgern anvertrauten Mittel möglichst effizient einzusetzen. Zusätzlich kommt öffentlichen Stellen eine besondere Vorbildfunktion zu. Die Lenkungswirkung der öffentlichen Hand mit einem jährlichen Beschaffungsvolumen in dreistelliger Milliardenhöhe kann zur Unterstützung von Markteinführung und -diffusion grüner und klimafreundlicher Zukunftstechnologien wie dem Leichtbau enorm wichtig sein. Obwohl bereits einige Möglichkeiten bestehen, Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibungen zu berücksichtigen,^{8,[8]} wurden im ersten Halbjahr 2021 lediglich bei 12,5 Prozent der öffentlichen Aufträge oder und Konzessionen Nachhaltigkeitskriterien einbezogen.^[9]

Ziel:

Wir wollen nachhaltigen Leichtbau – wo sinnvoll und möglich – in Vergabeverfahren verankern. Vergabestellen sollten diese Transformationstechnologie stets mitdenken und somit zu Innovationsträgern werden. Dazu wollen wir messbare Nachhaltigkeitskriterien für den Leichtbau etablieren, die in Vergabeverfahren zugrunde gelegt werden können und gleichzeitig unnötigen bürokratischen Mehraufwand vermeiden und – wo rechtlich möglich – reduzieren.

8 Spez. Ansatzpunkte hat das Umweltbundesamt 2020 sehr anschaulich für die Bundes- als auch Landesebene zusammengefasst (vgl. [8]). In gesetzlicher Hinsicht bestehen bereits vielfältige Anknüpfungspunkte zur Stärkung ökologisch sinnvoller Produktgruppen (und damit auch bzgl. des Leichtbaus): Maßgaben zur Anwendung von Umweltschutzaspekten finden sich u. a. in § 97 Abs. 3 GWB und § 2 Abs. 3 UVgO. Auch § 13 KSG schreibt der öffentlichen Beschaffung die Berücksichtigung von Klimaschutzziele vor. Dies konkretisiert sich für ressourcenschützende Produkte zudem in § 45 KrWG, der eine Bevorzugung von rohstoffschonenden und energiesparenden Erzeugnissen/Verfahren etc. normiert. Öffentliche Auftraggeber können also bereits jetzt von einer stärkeren umweltstrategischen Beschaffung Gebrauch zu machen. Im Rahmen ihres Leistungsbestimmungsrechts können sie bspw. entsprechende Produkte/Stoffe als auftragsgegenständlich festlegen. Auch bei den Zuschlagskriterien können öffentliche Auftraggeber verstärkt vorgeben, dass die Kosten auf Grundlage der Lebenszykluskosten (u. a.) berechnet werden.

Maßnahmen:

- In der geplanten umfassenden Novellierung des Vergaberechts („Vergabetransformationspaket“) werden wir prüfen, inwieweit der Berücksichtigung nachhaltigkeitsbezogener Aspekte in Vergabeverfahren eine größere Verbindlichkeit zukommen kann. Dies kann sich auch positiv auf die Nutzung des Leichtbaus auswirken, etwa indem Ausschreibungen und Vergabeverfahren eindeutige Kriterien mit relevanter Gewichtung zur Berücksichtigung innovativer Leichtbaulösungen beinhalten können, um mit innovativen Leichtbaulösungen den Klimaschutz voranzutreiben.
- Wir leisten Aufklärungsarbeit bei den Beschaffern über die Möglichkeit, Nachhaltigkeitskriterien mit Bezug zum Leichtbau (z.B. Lebenszykluskosten) in Ausschreibungen zu berücksichtigen. Zur Identifizierung möglicher Lücken könnte ggf. auch die Anregung zu einer vertieften Auseinandersetzung der Vergabe- und Beschaffungsstellen mit den bereits bestehenden Instrumentarien (wie z. B. Informationsmaterialien) von der Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung (KNB) und der Koordinierungsstelle Klimaneutrale Bundesverwaltung (KKB) führen.
- Wir stellen kontinuierlich sicher, dass Selbstverpflichtungen öffentlicher Auftraggeber oder Verwaltungsvorschriften die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien in Bezug auf Leichtbau ausreichend abdecken und werden sie gegebenenfalls weiter ausbauen.
- Wir schaffen durch eigene Beispiele im Bereich Neubau und Modernisierung von Bundesbauten Referenzen für die Umsetzung von Leichtbaustrategien. Durch diese Vorbildfunktion kann es

gelingen, Bewusstsein für das Mögliche zu schaffen und Unsicherheiten mit neuen Bauweisen in Interesse, Akzeptanz und konkretes Handeln umzulenken.

4.4 Innovationen im Leichtbau durch Normung und Standardisierung unterstützen

Normen und Standards legen Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen und Verfahren fest und schaffen Klarheit über deren Eigenschaften. Sie zielen in erster Linie darauf ab, die Ergebnisse erfolgreicher Forschung und Entwicklung wirkungsvoll in die breite Anwendung zu transferieren und Innovationen zügig am Markt zu etablieren. Sie schaffen Vergleichbarkeit, auch im internationalen Wettbewerb. Für den Leichtbau als Querschnittstechnologie sind Normen und Standards besonders wichtig, da sie die Zusammenarbeit erleichtern und gleichzeitig den Wettbewerb unterstützen. Insgesamt leisten Normen und Standards deshalb einen erkennbaren Beitrag zu der Wirtschaftsleistung und werden auf nationaler Ebene in Normenausschüssen zu verschiedenen Fach- und Themenbereichen bearbeitet. Technische Herausforderungen bei sehr leichter Bauweise, die beispielsweise bei der Normung im Baubereich adressiert werden sollten, sind u. a. Schallschutz, Brandschutz und der sommerliche Wärmeschutz.

Ziel:

Wir wollen Normen und Standards in besonderem Maße für Nachhaltigkeitsaspekte für den Leichtbau in den Blick nehmen, um Deutschlands Vorreiterrolle bei Klima- und Ressourcenschutz über den Leichtbau zu festigen und die Wirtschaftskraft in diesem Sektor zu stärken.

Maßnahmen:

- Wir verstetigen die Identifizierung von Standardisierungs- und Normungsbedarfen im Leichtbau. Die wiederkehrende Zusammenarbeit mit den einschlägigen Normungsorganisationen und technischen Regelsetzern (z. B. DIN, VDI), Prüf- und Zertifizierungsstellen (z.B. TÜV) und Bundeseinrichtungen (wie die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)) setzen wir fort.
- Im Rahmen des novellierten TTP „*Leichtbau und Materialeffizienz*“ fördern wir F&E-Ansätze zur Standardisierung von Leichtbau-Werkstoffen und -Technologien (einschl. der dazu erforderlichen Datenerhebung, -prüfung und -bereitstellung in entsprechenden Datenräumen).
- Im Rahmen des novellierten TTP „*Leichtbau und Materialeffizienz*“ fördern wir die Entwicklung von standardisierten oder standardisierbaren Mess- und Prüfmethode für neue Leichtbau-Werkstoffe und ressourceneffiziente Technologien und für die Prozessautomatisierung.
- Im Rahmen des novellierten TTP „*Leichtbau und Materialeffizienz*“ fördern wir vorbereitende Aktivitäten für Normen und Richtlinien, Standardisierung und Konformitätsbewertungsverfahren (z. B. Zertifizierung).
- Wir überprüfen, inwiefern geeignete standardisierbare Leichtbaumerkmale in Konzepte für einen digitalen Produktpass einfließen können.
- Wir werden der Leichtbaucommunity Informations- und Partizipationsveranstaltungen im Bereich Normung und Standardisierung anbieten. So wollen wir Expertinnen und Experten

unterstützen, ihre Expertise in die Normungsgremien einzubringen, und neue Expertinnen und Experten für relevante Normungsprojekte gewinnen.

4.5 Ökonomische Resilienz und technologische Souveränität durch Leichtbau unterstützen

Der Leichtbau kann zur ökonomischen Resilienz des Wirtschaftsstandortes vor allem durch die Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs und durch Substitution beitragen. Dies geschieht durch Materialeffizienz, Kreislaufführung und Substitution von erdölbasierten Materialien durch biogene Materialien sowie durch Kreislaufführung und Substitution anderer kritischer Rohstoffe. So können Rohstoffimportabhängigkeiten durch einen reduzierten Rohstoffbedarf und eine Diversifizierung der Rohstoffquellen gemindert und eine nachhaltige und resiliente Rohstoffversorgung unterstützt werden.

Ökonomische Resilienz erfordert technologische Souveränität, um insbesondere zukunftsgerichtete und nachhaltige Wertschöpfungsketten am Wirtschaftsstandort zu stärken und zu sichern. Die Sicherung von Knowhow, das Vorantreiben innovativer Entwicklungen und die Unterstützung der Anwendung von Schlüsseltechnologien ist entscheidend für die Sicherung von industrieller Wertschöpfung in Deutschland. Dies gilt besonders für Technologien wie den Leichtbau, die das Potenzial haben oder gar notwendig sind, um den großen Herausforderungen unserer Zeit, wie Klimawandel, Digitalisierung, Energie- und Ressourcenknappheit entgegenzuwirken. Um technologische Souveränität zu erreichen, ist es für eine Volkswirtschaft essenziell, über entsprechendes Wissen sowie

eigenständige Entwicklungs- und Produktionskompetenzen und -kapazitäten zu verfügen und international relevante Forschung zu betreiben.

Ziel:

Wir wollen die Potenziale des Leichtbaus für Material- und Energieeffizienz auch dazu nutzen, bestehenden einseitigen Abhängigkeiten von Rohstoffimporten zu begegnen und die ökonomische Resilienz durch eine diversifizierte und nachhaltige Rohstoffversorgung zu stärken. Dazu setzen wir neben der Reduzierung des absoluten Materialeinsatzes durch Leichtbaulösungen auch auf die Diversifizierung der für den Leichtbau genutzten Rohstoffe sowie auf die Diversifizierung von Lieferketten. Insbesondere Aluminium, Magnesium, Scandium und Titan sind für den Leichtbau wichtige Rohstoffe. Zudem wollen wir die technologische Souveränität des Wirtschaftsstandorts vor allem durch die gezielte Erhaltung und Ansiedlung der für die Transformation besonders wichtigen Bestandteile der Wertschöpfung im Leichtbau stärken.

Maßnahmen:

Leuchtturmprojekt: Novellierung des TTP „Leichtbau und Materialeffizienz“

Die Umsetzung der neuen Förderrichtlinie des TTP „Leichtbau und Materialeffizienz“ soll zur Diversifizierung der Rohstoffversorgung und zur Verringerung von bestehenden Abhängigkeiten beitragen. Die Förderrichtlinie setzt hierzu auf Leichtbau und Materialeffizienz, wodurch der Materialeinsatz bereits in der Herstellung reduziert werden kann. Auch durch die vorgesehene Förderung von Ansät-

zen zur Kreislaufwirtschaft im Leichtbau kann der Bedarf an Primärrohstoffen durch weitgehend geschlossene Stoffkreisläufe und durch möglichst hochwertiges Recycling gemindert werden. Zuletzt wird die gezielte Substitution von knappen Materialien und besonders kritischen Rohstoffen gefördert, um Materialknappheiten vorzubeugen.

- Im Lichte eines sich weiter wandelnden geopolitischen Umfelds analysieren wir die Wertschöpfungs- und Lieferketten der deutschen Leichtbauindustrie zur Identifizierung kritischer Abhängigkeiten. Dies geschieht insbesondere mit Blick auf die – von den in Reaktion auf den Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine beschlossenen – europäischen Sanktionen betroffenen Lieferketten (vgl. Verordnung (EU) Nr. 833/2014 in der aktuellen Fassung) und auf autokratisch regierte Länder, die, wie die Volksrepublik China, Wirtschaftsbeziehungen zunehmend zur Durchsetzung politischer Ziele instrumentalisieren. Wir sensibilisieren die Wirtschaftsakteure über die hiermit einhergehenden Risiken und schaffen verstärkt Anreize zur Diversifizierung von Lieferbeziehungen und Bezugsquellen.
- Wir werden die kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und den Akteuren der Initiative Leichtbau verstetigen und ausbauen (z. B. durch die Modellierung der Rohstoffströme, das Monitoring von Rohstoffverfügbarkeiten sowie die Evaluierung der Verfügbarkeit von Stoffalternativen).

- Wir überprüfen die Entwicklung von Konzepten zum Urban-Mining für Leichtbaumaterialien, d.h. die Tauglichkeit der nachhaltigen Nutzung von Sekundärrohstoffen aus anthropogenen Lagern für die Verwendung im Leichtbau.
- Wir unterstützen die Ansiedlung von nachhaltigkeitsorientierten Technologien und nachhaltig ausgerichteten Leichtbauwertschöpfungsketten durch F&E-Projekte und internationale Kooperationen in Deutschland und Europa (z.B. die Herstellung von biogenen Carbonfasern, das Recycling von Carbonfasern).

4.6 Ökonomische Bedeutung der Querschnittstechnologie Leichtbau quantifizieren und ökologische Effekte lebenszyklusorientiert messbar machen

4.6.1 Ökobilanzen, Material- und Umweltdaten

Es gibt einen großen Bedarf für digitale und standardisierte Analysemethoden, die eine Betrachtung der Klima- und Umweltauswirkungen von Leichtbauwerkstoffen und -produkten über den gesamten Lebenszyklus in transparenter Weise ermöglichen und Lösungsansätze zur Optimierung aufzeigen. Dieser Bedarf ist bei KMU besonders ausgeprägt, da diesen Unternehmen oftmals die Kapazitäten für die kostenintensive Entwicklung, Anpassung oder auch nur Einführung komplexer Methoden fehlen. Der Bedarf erstreckt sich auf praxisgerechte, schlanke digitale Instrumente zur Durchführung und Dokumentation entsprechender Analysen.

Als Analysemethoden eignen sich Ökobilanzen (auch bekannt als Lebenszyklusanalysen, eng. Life Cycle Assessments). Werden Ökobilanzen als Pla-

nungsinstrumente eingesetzt, so können Hersteller schon frühzeitig in der Produktentwicklung Material-, Design- und Konstruktionsentscheidungen treffen, die im Zusammenspiel den geringsten THG- und Material-Fußabdruck über den gesamten Lebensweg eines Leichtbauprodukts aufweisen. Ökobilanzen helfen dabei, mögliche Zielkonflikte zwischen Materialeffizienz, Gewichtsoptimierung, Funktionalität, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Kreislauffähigkeit frühzeitig zu identifizieren und abzuwägen, um sowohl nachhaltige als auch wirtschaftlich tragfähige Lösungen zu entwickeln.

Ein digitaler Produktpass kann eine Möglichkeit für einen standardisierten Ansatz innerhalb von Ökobilanzen sein und kann deren Erstellung erheblich erleichtern. Er könnte es einerseits ermöglichen, Umweltdaten einfach und nachverfolgbar für die Steuerung von Produktionsprozessen einzusetzen, und wäre andererseits z.B. für das behördliche Reporting verwendbar. Simulation, Modellierung und Digitale Zwillinge kommen partiell heute schon erfolgreich zum Einsatz. Das Konzept eines Digitalen Produktpasses auf der Basis relevanter Materialdaten über den gesamten Lebenszyklus hinweg wird auch aus Sicht der Produktions- und Materialforschung verfolgt.

Speziell im Gebäudebereich bieten ein digitaler Gebäuderessourcenpass sowie der Raw Material Input (RMI) standardisierte Ökobilanzierungsansätze für Gebäude. Über den Gebäuderessourcenpass können umweltbezogene Informationen über das Gebäude und die Art und Menge der darin verbauten Bauprodukte digital erfasst werden. So können mit diesem Instrument das Ressourcenmanagement (Art und Umfang des Ressourcen- und Energieverbrauchs bei der Herstellung und bei der Nutzung) und die Kreislaufführung (Informationen zur Verwendung und Verwertung der jeweiligen

Produkte und Stoffe) unterstützt werden. Der RMI ist ein aussagekräftiger Indikator für den Rohstoffaufwand auf Gebäudeebene und kann eine ressourcenschonende Planung von Bauwerken maßgeblich verbessern. Darüber hinaus soll der RMI die statistische Anschlussfähigkeit in Richtung EU und Statistisches Bundesamt sicherstellen, so dass zukünftig ein aktiver Beitrag zur Erstellung eines Materialkatasters über die Ökobilanzierung möglich wird.

Ziel:

Wir unterstützen die Entwicklung und den Einsatz von Ökobilanzen, hinsichtlich lebenszyklusbasierter Entscheidungsgrundlagen für eine nachhaltige Werkstoff- und Produktentwicklung im Leichtbau. In Übereinstimmung mit den maßgeblichen Regelungen im Bereich Ökodesign wollen wir nachhaltige Leichtbauinnovationen auch durch die Einführung eines digitalen Produktpasses und durch die bessere Erfassung und Verarbeitung von Material- und Umweltdaten vorantreiben.

Maßnahmen:

- Im Rahmen des novellierten TTP „*Leichtbau und Materialeffizienz*“ fördern wir die Entwicklung von verbesserten Ökobilanzen (einschl. Methoden, Daten und Modellen), Standardisierungsansätze für die Ökobilanzierung sowie ganzheitliche Bilanzierungsansätze (technische, ökonomische, ökologische, politische, gesellschaftliche Zusammenhänge), die auch nachteilige Effekte wie beispielsweise Rebound-Effekte berücksichtigen.
- Wir werden bei der Bewertung von Ökobilanzen und Bilanzierungsansätzen die Erkenntnisse der Deutschen Normungsroadmap Circular Economy (2023) nutzen, in der Hemmnisse und Herausforderungen für die Transformation aus Normungs-

perspektive sowie die Normungsbedarfe für sieben entscheidende Sektoren der deutschen Wirtschaft benannt werden.

- Wir überprüfen, ob und wie ein entlang der gesamten Wertschöpfungskette integriertes, digitales Ressourcen- und Umweltdatenmanagement etabliert werden kann. Eine Digitalisierung kann einen wichtigen Beitrag zu Transparenz und nachhaltigem Lieferkettenmanagement leisten.
- Wir unterstützen die Erarbeitung standardisierter Ermittlungsverfahren für Scope-3 THG-Emissionen im Bereich Leichtbau.
- Wir analysieren für die Vorbereitung eines digitalen Produktpasses, mit welchen Methoden eine Nachverfolgung und Rückführung von Leichtbaumaterialien und -komponenten in den Ressourcenkreislauf möglich sein wird.
- der Ressourceninanspruchnahme auf Gebäudeebene prüfen wir die Einführung eines digitalen Gebäuderessourcenpasses und eines Rohstoffindikators in das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG).

4.6.2 Ökologischer und ökonomischer Nutzen

Ökobilanzen behandeln den Leichtbau auf Produktebene. Darüber hinaus braucht es Instrumente, die den ökologischen aber auch den ökonomischen Nutzen des Leichtbaus auf einer höheren Abstraktionsebene, d.h. z.B. branchenbezogen oder gesamtwirtschaftlich quantifizieren. So können Abschätzungen zur Minderung von THG-Emissionen durch Leichtbau oder Kennzahlen über positive Beschäftigungseffekte und Umsätze für bestimmte Produkte oder Branchen eine fundierte

Grundlage für politische Entscheidungen geben. Kennzahlen auf einer übergreifenden Ebene darzustellen ermöglicht auch eine ganzheitliche Betrachtung der Chancen und Herausforderungen im Bereich Leichtbau.

Um die Auswirkungen des Leichtbaus in den Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft quantitativ zu erfassen, sind geeignete Analyseinstrumente erforderlich. Wissenschaftlich abgesicherte Methoden und Instrumente zur Messung der umfassenden THG-Einsparungen existieren im Bereich Leichtbau bislang nur in Grundzügen. Im Kontext des TTP Leichtbau konnte etwa ein mögliches THG-Minderungspotenzial von kumuliert rund 2,3 Mio. t CO₂-Äquivalente im Zeitraum bis 2030 im Industriesektor gutachterlich abgeschätzt werden. Dieses Einsparpotenzial ist aufgrund des F&E-Charakters des TTP Leichtbau indes mit großen Unsicherheiten verbunden. Auf Grund der Wirkungsverzögerung der Entwicklung und des Hochlaufs der Technologien sind umfassendere THG-Einsparungen erst langfristig zu erwarten, wenn die Technologien zur Anwendung kommen. Auch im ökonomischen Bereich gibt es lediglich Schätzungen über die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Leichtbaus. Ein Bericht von McKinsey von 2012 prognostizierte etwa ein Wachstum des Marktes der Leichtbaumaterialien Aluminium, Carbonfasern und hochfester Stahl auf mehr als 300 Milliarden Euro bis 2030^[10].

Ziele:

Wir wollen quantitative Ansätze zur Ermittlung der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Potenziale von Leichtbaulösungen zur Anwendung bringen, um eine fundierte Grundlage für politische Entscheidungen zu schaffen und eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen des Leichtbaus zu ermöglichen.

Maßnahmen:

Leuchtturmprojekt: Verbesserung der Messbarkeit der ökonomischen Bedeutung des Leichtbaus

Für Deutschland zentrale Wirtschaftsbranchen, wie der Mobilitätsektor, der Maschinen- und Anlagenbau oder die Energiewirtschaft forcieren die Weiterentwicklung von Leichtbautechnologien. Auf Grund dieser Dynamik kann davon ausgegangen werden, dass Leichtbau eine hohe Bedeutung für die Gesamtwirtschaft und deren Wettbewerbsfähigkeit hat. Doch die Bedeutung des Leichtbaus für die Wirtschaft lässt sich derzeit nicht numerisch belegen. Wegen des Querschnittscharakters des Leichtbaus sind gängige Rechnungen und Statistiken (wie z. B. die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung) nicht geeignet, um die volkswirtschaftlichen Effekte des Leichtbaus abzubilden. Ohne belastbare Zahlen wird der Leichtbau in seiner volkswirtschaftlichen und industriepolitischen Bedeutung vermutlich unterschätzt. Außerdem sind numerische Daten wichtig, um Aktivitäten in Politik und Wirtschaft entsprechend der ökonomischen Relevanz des Leichtbaus zu steuern und mit den entsprechenden Mitteln auszustatten. Wir wollen Wirtschaftsakteure dabei unterstützen, die ökonomische Bedeutung des Leichtbaus sichtbar zu machen und empirisch belastbar sowie wirtschaftspolitisch relevant darzustellen.

- Wir unterstützen die Entwicklung geeigneter Analyseinstrumente und Indikatorensysteme für die Erfassung von Leichtbaueffekten im Sinne ihrer Wirksamkeit in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen.
- Die Wirkung des Leichtbaus auf die Gesellschaft belastbar, wirtschaftspolitisch relevant und leicht verständlich darzustellen, soll dazu beitragen, diese Transformationstechnologie zu einem Leitthema zu machen. Den Nutzen des Leichtbaus für Branchenexperten unterschiedlichster Märkte aber auch für ein Nicht-Fachpublikum transparent und deutlich greifbar zu machen, kann zu bewussten Kaufentscheidungen und einer gesteigerten Nachfrage zu Gunsten von ressourceneffizienten und nachhaltigen Leichtbauprodukten beitragen.
- Die Quantifizierung der Wirkung von Leichtbautechnologien soll auch für eine überzeugende Öffentlichkeitsarbeit genutzt werden und dazu beitragen, das Wissen um klimafreundliche Produkte und Technologien in der Bevölkerung zu verbessern.

4.7 Nutzen des Leichtbaus verbraucherorientiert sichtbar machen und fachliche Vernetzung im Leichtbau fördern

4.7.1 Öffentlichkeitsarbeit Fachpublikum

Die Fachcommunity im Leichtbau setzt sich vorwiegend aus Vertreterinnen und Vertretern der Wirtschaft, Wissenschaft und Interessensvertretungen zusammen, die in den letzten Jahren vermehrt durch Stakeholder mit umweltpolitischer Ausrichtung verstärkt wird. Aufgrund der Branchen-, Technologie- und Materialvielfalt gibt es folglich eine

große Anzahl von Stakeholdern. Gerade auch für den branchen- und materialübergreifenden Wissens- und Technologietransfer (siehe auch 4.2.1) ist ein interdisziplinärer Austausch zwischen diesen Akteuren und ihre Vernetzung von strategischer Bedeutung.

Ziele:

Wir wollen durch gezielte Aktivitäten den branchen- und materialübergreifenden Austausch der Leichtbauakteure und die Bildung robuster Netzwerke im Leichtbau unterstützen.

Maßnahmen:

- Wir führen den Lightweighting Summit des BMWK weiterhin als Leuchtturmevent für den Leichtbau fort. Der Lightweighting Summit findet mit wechselnden Schwerpunktthemen jährlich als nationales oder internationales Spitzentreffen von Leichtbauakteuren und -akteurinnen im Rahmen der HANNOVER MESSE statt.
- Wir nutzen das Forum Leichtbau weiterhin als zentrale Plattform für die Leichtbau-Community, um fachlich über aktuelle Entwicklungen zu diskutieren und diese zu bearbeiten. Dabei handelt es sich um eine jährlich stattfindende Veranstaltung, die den Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit Fachvorträgen und Austauschformaten eine Vernetzungsplattform bietet.
- Über den Leichtbauatlas unterstützen wir Unternehmen und Forschungseinrichtungen weiterhin bei der Suche nach Leichtbaukompetenzen, Kooperationspartnern und -partnerinnen oder Lieferanten und Lieferantinnen – national und international. Der [Leichtbauatlas](#) ist eine digitale Datenbank, auf der Organisationen ihre leichtbaurelevanten Verfahren und Aktivitäten präsentieren können.

- Wir werden das BMWK-Engagement im Bereich Demonstrationswettbewerbe beispielsweise über Schirmherrschaften ausweiten. Demonstrationswettbewerbe haben zum Ziel, praxisnahe Leichtbauverfahren und -anwendungen öffentlichkeitwirksam darzustellen und den Beitrag der Schlüsseltechnologie Leichtbau zu einer THG-neutralen Wirtschaft zu präsentieren. Dadurch soll das Anwendungsinteresse von Unternehmen für Leichtbautechnologien ausgeweitet und die Vernetzung der Leichtbauakteure und -akteurinnen gefördert werden.

4.7.2 Öffentlichkeitsarbeit Nicht-Fachpublikum

Hinsichtlich der breiteren Gesellschaft hat die Öffentlichkeitsarbeit andere Zielsetzungen als bei der Fach-Community. Dort geht es darum, den Nutzen des Leichtbaus für die Öffentlichkeit sichtbar zu machen, wodurch langfristig die aktive Nachfrage nach Leichtbauprodukten unterstützt und Leichtbautechnologien weiterer Anschlag verliehen werden soll.

Ziele:

Wir wollen durch eine allgemeinverständliche Öffentlichkeitsarbeit die Vorteile des Leichtbaus für eine nachhaltige, klimafreundliche und zugleich wettbewerbsfähige Wirtschaft kommunizieren.

Maßnahmen:

Leuchtturmprojekt: Erstellung einer verbraucherorientierten Kommunikationsstrategie

Um den Nutzen des Leichtbaus in der Gesellschaft besser verständlich und bewusst zu machen, werden wir eine verbraucherorientierte Kommunikationsstrategie entwickeln. Diese soll unterschiedliche Zielgruppen hinsichtlich ihrer

jeweiligen Berührungspunkte mit dem Leichtbau aufschlüsseln und eine passgenaue Adressierung (z. B. in Bezug auf Nutzungsauslöser und Informationsverhalten) der Verbraucherinnen und Verbraucher ermöglichen. Dies ist insbesondere deshalb relevant, da es sich bei dem Technologiefeld Leichtbau um ein komplexes Querschnittsthema handelt, das eine einerseits erklärungsorientierte und andererseits einfache Kommunikation benötigt. Hierzu erstellen wir entsprechende Kommunikationsmittel (z. B. Erklärvideo, grafische Darstellungen etc.) und steuern diese auf relevanten on- und offline Kommunikationskanälen aus.

4.8 Internationale Kooperationen und Markterschließungsaktivitäten ausweiten

Die Internationalisierung der Aktivitäten im Bereich Leichtbau ist ein Kernanliegen der Initiative Leichtbau des BMWK. Entsprechend konnten bereits zahlreiche internationale Initiativen angestoßen werden. Hierzu zählen insbesondere die Gründung des ELN und das Verankern des Leichtbaus in den Markterschließungs- und Exportmarketinginstrumenten des BMWK wie dem MEP und dem AMP.

Ziele:

Wir wollen die internationalen Aktivitäten im Bereich Leichtbau ausweiten und ergänzen. Dazu unterstützen wir eine ambitionierte EU-Freihandelsagenda, um durch Diversifizierung von Handels- und Lieferbeziehungen neue Märkte zu erschließen. Wir setzen uns zusammen mit der EU für eine Stärkung der regelbasierten multilateralen Handelsordnung mit der WTO im Zentrum ein, um den internationalen Wissenstransfer, strategische Kooperationen und die Markterschließung deut-

scher Unternehmen im Ausland noch weiter zu unterstützen. Bei der Länderauswahl der internationalen Aktivitäten im Bereich Leichtbau werden wir die geopolitischen Entwicklungen und hiermit einhergehende Risiken berücksichtigen.

Maßnahmen:

Leuchtturmprojekt: Internationale Aktivierung der Potenziale des Leichtbaus durch intensive Zusammenarbeit im European Lightweighting Network (ELN)

Internationale Herausforderungen können nur gemeinsam bewältigt werden. Daher werden wir insbesondere die produktive Zusammenarbeit mit unseren europäischen Partnern im ELN stärken und die Etablierung einer Europäischen Leichtbaustrategie sowie eines Leichtbau-Hubs in Brüssel vorantreiben. Gemeinsam werden wir die Vernetzung zwischen den europäischen Leichtbaunetzwerken European Lightweight Cluster Alliance (ELCA), European Lightweight Assoziation (ELA) sowie dem ELN ausweiten. Mit dieser stärkeren Vernetzung zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik auf europäischer Ebene formieren wir eine schlagkräftige Allianz für Ressourcen- und Klimaschutz.

- Wir überprüfen, wie sich ein engerer Austausch mit afrikanischen Ländern durch das Wirtschaftsnetzwerk Afrika gestalten kann und bringen Potenzialstudien zu Leichtbau-Technologien und -Lösungen in bestimmten afrikanischen Ländern auf den Weg.
- Wir werden Leichtbauthemen in Veranstaltungen des UN Global Compact und der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) verstetigt einbringen.
- Wir überprüfen, ob Leichtbau in das Managerfortbildungsprogramm (MP) des BMWK eingebracht werden soll. Das MP bereitet ausländische KMU-Führungskräfte gezielt auf Geschäftsbahnungen und Wirtschaftskooperationen mit deutschen Unternehmen vor. Die deutschen KMU erhalten ihrerseits durch das MP Marktzugänge in Entwicklungs- und Schwellenländern. Das MP wird aktuell mit 17 Partnerländern weltweit durchgeführt.
- Wir überprüfen, ob Leichtbau thematisch in bilaterale Verwaltungspartnerschaften (VP) mit anderen Ländern zur Förderung der Leichtbaupolitik eingebracht werden kann. Bilaterale VP können die Unterstützung des Auf- und Ausbaus effizienter Ministerien und Behörden, die Anpassung von Gesetzen, Richtlinien und Verfahren sowie die Aus- und Weiterbildung von Verwaltungsmitarbeiterinnen und -mitarbeitern beinhalten.
- Wir fördern europäische und transnationale Forschungsk Kooperationen. Die neue Förderrichtlinie des TTP „Leichtbau und Materialeffizienz“ soll europäische Kooperationen zur Forschung und Entwicklung, wie beispielsweise EUREKA, sowie transnationale ERA-NET Verbände ermöglichen.
- Wir knüpfen an die Bemühungen der deutschen G7-Präsidentschaft 2021, insbesondere im Rahmen der „G7 Berlin Roadmap on Ressource Efficiency and Circular Economy“, an, um den Leichtbau als Ansatz zur Steigerung der Materialeffizienz auf G7-Ebene weiter zu etablieren.

- Wir verstetigen und vertiefen die Zusammenarbeit mit südkoreanischen Partnern als Ergebnis des 2-jährigen MEP-Verbundprojekts Südkorea. Die Zusammenarbeit wird insbesondere in Hinblick auf Leichtbauaktivitäten, die dem Klimaschutz zu Gute kommen, ausgerichtet sein.
- Wir unterstützen und verstetigen die Messepräsenz von Leichtbauakteuren und die Leichtbauentwicklung im Rahmen von ministeriumsgeförderten Gemeinschaftsständen. Dies geschieht beispielsweise über die BMWK- Programme AMP und Young Innovators, die BMWK-Messebeteiligung auf der Green Tech und der HANNOVER MESSE sowie den jährlichen Messerundgang auf der JEC.

5 Umsetzung

Akteure und Zuständigkeiten

Das BMWK und die Organe der Initiative Leichtbau sind die zentralen Akteure, um die genannten Maßnahmen zielgerichtet umzusetzen. Die Umsetzung der Leichtbaustrategie der Bundesregierung erfolgt dabei in Zusammenarbeit mit BMAS, BMWSB, BMUV, BMDV, BMEL, BMBF und BMG. Die beteiligten Ressorts setzen ihre Maßnahmen im Rahmen der jeweiligen Ressortzuständigkeit in eigener Verantwortung und unter Vorbehalt der verfügbaren Haushaltsmittel um.

Interministerieller Austausch und Fortschrittsbetrachtung

Die Querschnittstechnologie Leichtbau profitiert von einem interdisziplinären Ansatz sowie von einem Wissensaustausch zwischen den Stakeholdern. Dies gilt auch für die Ministerien. Es wird daher angestrebt, dem Austausch zum Leichtbau zwischen den beteiligten Ressorts und Referaten über ein gemeinsames Treffen jeweils einmal in jeder Legislaturperiode eine Plattform zu geben.

Zusätzlich strebt das BMWK an, den ressorteigenen Fortschritt der Umsetzung je Maßnahmenpaket mit Indikatoren zu verfolgen. Damit möchte das BMWK der Absicht, die Wirkung der Leichtbauaktivitäten besser messbar zu machen, auch bei der Umsetzung der Strategie als Ganzes Rechnung tragen. Die Indikatoren und Fortschritte sollen bei dem oben genannten Treffen präsentiert und wenn möglich auf die beteiligten Ressorts ausgeweitet werden.

Schnittstellen zu anderen politischen Strategien, Gesetzen und Programmen

Auf nationaler Ebene unterstützt die Leichtbaustrategie der Bundesregierung u. a. die Zielerreichung gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), sowie die Ziele der im Koalitionsvertrag vorgesehenen Industriestrategie, der Nationalen Biomassestrategie, der nationalen Bioökonomiestrategie, der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie, der nationalen Rohstoffstrategie bzw. dem Eckpunktepapier des BMWK zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung und der Holzbauinitiative der Bundesregierung. Auf europäischer Ebene steht die Leichtbaustrategie der Bundesregierung im Kontext des EU-Green Deals.

6 Anhang

Abkürzungsverzeichnis

AMP	Auslandsmesseprogramm
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
EEW	Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft
ELN	Europäisches Leichtbaunetzwerk (engl.: European Lightweighting Network)
ERP	European Recovery Programm
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
KfW	Kreditbank für Wiederaufbau
LuFo Klima	Luftfahrtforschungsprogramm Klima
MEP	Markterschließungsprogramm
MP	Managerfortbildungsprogramm
RMI	Raw Material Input
spez.	spezifische
THG	Treibhausgas
TTP Leichtbau	Technologietransfer-Programm Leichtbau
TTP „Leichtbau und Materialeffizienz“	Technologietransfer-Programm „Leichtbau und Materialeffizienz“ (novellierte Fassung)
VP	Verwaltungspartnerschaften

Literaturverzeichnis

- [1] Henrik Brinkmann, Friedrich Heinemann, Christoph Harendt, Justus Nover (2017); Ökonomische Resilienz – Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild ?; Wirtschaftsdienst; abgerufen von: <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2017/heft/9/beitrag/oekonomische-resilienz-schluesselbegriff-fuer-ein-neues-wirtschaftspolitisches-leitbild.html> (26. Januar 2023, 18:00 Uhr).
- [2] Bundesministerium für Bildung und Forschung; Technologische Souveränität, abgerufen von: https://www.bmbf.de/bmbf/de/europa-und-die-welt/innovationsstandort-deutschland/technologische-souveraenitaet/technologische-souveraenitaet_node.html (19. Januar 2023, 18:00 Uhr).
- [3] International Resource Panel, Global Resources Outlook 2019, <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook> (26. Januar 2023, 18:00 Uhr).
- [4] OECD, Global Material Resources Outlook to 2060, <https://www.oecd.org/publications/global-material-resources-outlook-to-2060-9789264307452-en.htm> (26. Januar 2023, 18:00 Uhr).
- [5] International Resource Panel, Resource Efficiency and Climate Change, <https://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency-and-climate-change> (26. Januar 2023, 18:00 Uhr).
- [6] BMUV, „Ökologische Produktgestaltung (Ökodesign)“, <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/konsum-und-produkte/oekologische-produktgestaltung-oekodesign>.
- [7] Karsten Ulrich Tichelmann, Dieter Blome, Tanja Ringwald, Deutschlandstudie 2019, Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden.
- [8] a) Thomas Schneider, Becker Büttner Held; Vanessa Schmidt, Berliner Energieagentur, Berlin UBA Texte 188/2020, „Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung“, Aktualisierung 2020, Dessau-Roßlau 2020.
b) Thomas, Schneider Becker Büttner Held; Vanessa Schmidt, Berliner Energieagentur, Berlin; UBA Texte 126/2020, „Regelungen der Bundesländer auf dem Gebiet der umweltfreundlichen Beschaffung“, Aktualisierung 2020, Dessau-Roßlau 2020.
- [9] BMWK, „Vergabestatistik Bericht für das erste Halbjahr 2021“, Berlin, Oktober 2022.
- [10] Ruth Heuss et al., McKinsey & Company, „Lightweight, Heavy Impact“, Februar 2012, abgerufen von: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/automotive%20and%20assembly/pdfs/lightweight_heavy_impact.ashx.

