

INTEGRATION VON KREISLAUF- WIRTSCHAFT

in Modelle von ressourcen- und
energieintensiven Schlüsselindustrien



INTEGRATION VON KREISLAUFWIRTSCHAFT

*in Modelle von ressourcen- und energieintensiven
Schlüsselindustrien*

Andrea Jany
Astrid Buchmayr
Brigitte Karigl
Konrad Loimer
Daniel Reiterer
Ilse Schindler
Maria Tesar

REPORT
REP-1020

WIEN 2026

Projektleitung Andrea Jany

Autor:innen Andrea Jany
Astrid Buchmayr
Brigitte Karigl
Konrad Loimer
Daniel Reiterer
Ilse Schindler
Maria Tesar

Layout Neo Eibeck

Umschlagfoto © gui yong nian - Fotolia.com

Auftraggeber BMLUK, Sektion V / Abteilung 07

Dank an Die Zwischenergebnisse wurden in drei Workshops mit Expertinnen der Universität für Bodenkultur, des Instituts für Soziale Ökologie, der Statistik Austria, Materialflussanalyse und der FHWien der WKW, Sustainable Real Estate Development, diskutiert. Informationen und Feedback geliefert haben: PV Austria, IG Windkraft, Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, Projektkonsortium Kraisbau, ÖBB Infrastruktur AG, ASFINAG, Wiener Linien und der Verband der Privatgüterwagen-Interessenten Österreich. Für ihre wertvolle Expertise, die konstruktiven Anregungen und den fachlichen Input, die maßgeblich zur Schärfung und Weiterentwicklung der Ergebnisse beigetragen haben, danken wir den beteiligten Expert:innen aller Organisationen herzlich.

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
umweltbundesamt.at

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich
Tel.: +43-(0)1-313 04
office@umweltbundesamt.at

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf umweltbundesamt.at.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2026
ISBN: 978-3-99004-867-2

Alle Rechte vorbehalten



INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY.....	12
1 EINLEITUNG	18
2 ENERGIEWIRTSCHAFT.....	20
2.1 Beschreibung IST.....	20
2.2 Szenario Transition – Materialverbrauch	23
2.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch	25
2.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs.....	29
3 MOBILITÄT	33
3.1 Beschreibung IST.....	33
3.2 Szenario Transition – Materialverbrauch	37
3.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch	41
3.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs.....	46
4 GEBÄUDE	52
4.1 Beschreibung IST.....	52
4.2 Szenario Transition – Materialverbrauch	53
4.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch	55
4.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs.....	55
5 RESSOURCENVERBRAUCH TRANSITION FÜR ENERGIE, GEBÄUDE UND MOBILITÄT	61
5.1 Schüttgüter.....	61
5.2 Beton und Zement	62
5.3 Metalle und Stahl.....	62
5.4 Glas, Kunststoff und Holz.....	64
6 ENERGIEINTENSIVE SCHLÜSSELINDUSTRIEN	66

6.1	Zement und Beton	66
6.2	Kalk, Magnesia und Keramik.....	69
6.3	Eisen und Stahl.....	71
6.4	Holz, Papier und Zellstoff.....	74
6.5	Kunststoffe	76
6.6	Glas	77
6.7	Aluminium	79
6.8	Kupfer.....	80
7	KREISLAUFWIRTSCHAFT UND RECYCLING	82
7.1	Abfallströme im IST	82
7.2	Abfälle im Transition	83
7.3	Geschätzter zukünftiger Abfalleinsatz.....	85
7.4	Hebel zur Steigerung des Wiedereinsatzes von Abfällen.....	87
8	ERGEBNISSE IN HINBLICK AUF DIE ERREICHUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFTSZIELE	90
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	97
10	TABELLENVERZEICHNIS	98
11	LITERATUR.....	104
	ANHANG I: REFLEXION MIT DER WISSENSCHAFT UND EINBEZIEHUNG VON STAKEHOLDERN	117
	ANHANG II: MATERIALIEN UND ANNAHMEN ZU DEN SEKTOREN ..	118

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Studie untersucht, inwieweit der Zielpfad zur Klimaneutralität in Österreich mit einer Reduktion des Verbrauchs von Primär-Ressourcen einhergeht, um auch das Ressourceneinsparungsziel der Kreislaufwirtschaftsstrategie zu erreichen.

Der Zielpfad zur Klimaneutralität in Österreich wird im Szenario Transition (Umweltbundesamt, 2023) dargestellt und erfordert einen tiefgreifenden Umbau des Energie- und Verkehrssystems sowie des Gebäudebestands. Das Szenario setzt auf Effizienz, massiven Ausbau erneuerbarer Energien und die Abkehr von fossilen Infrastrukturen.

Um den **Materialverbrauch** für das **Szenario Transition** zu ermitteln, werden in der vorliegenden Studie für die energieintensive Industrie, für den Wohn- und Nicht-Wohngebäudebereich, für die Mobilitätsinfrastruktur (Bahn und Straße) sowie die Energiewirtschaft (Stromnetze, Wind, PV) **materialbedarfsspezifische Faktoren** erhoben. Dadurch soll der Materialverbrauch von Energieszenarien zukünftig modellierbar werden.

Aspekte der Kreislaufwirtschaft werden gezielt für Industriebranchen und andere materialintensive Wirtschaftssektoren untersucht, um deren spezifische Potenziale, insbesondere in der Bauwirtschaft, sichtbar zu machen und auch mögliche Veränderungen der materialbedarfsspezifischen Faktoren darzustellen. Auf dieser Grundlage werden die zentralen Einflussfaktoren des Materialbedarfs herausgearbeitet und Hebel zur Verringerung des Materialverbrauchs beschrieben.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Sektoren „Gebäude“ und „Mobilität“ den größten Materialbedarf haben – sowohl gegenwärtig im „IST“ als auch im Szenario Transition. Der Materialbedarf ist mengenmäßig bei den nichtmetallischen Mineralien, die relevant für die Bauwirtschaft sind, am größten.

Der Vergleich des in der Studie ermittelten Materialverbrauchs mit dem Wert des statistischen Indikators DMC (domestic material consumption; inländischer Materialverbrauch) für nichtmetallische Materialien im Jahr 2023 zeigt, dass mit den untersuchten Sektoren ein hoher Anteil des Inlandsmaterialverbrauchs von nichtmetallischen Mineralien, die relevant für die Bauwirtschaft sind, abgedeckt wird (Abbildung 1a, DMC 2023 relevant für Vergleich in Relation zum IST 2023).

Gegenwärtig („IST“) spielt der Neubau bei Gebäuden und Straße eine bedeutende Rolle und bestimmt maßgeblich den Verbrauch von Materiali-

en, insbesondere von nichtmetallischen Mineralien, die relevant für die Bauwirtschaft sind.

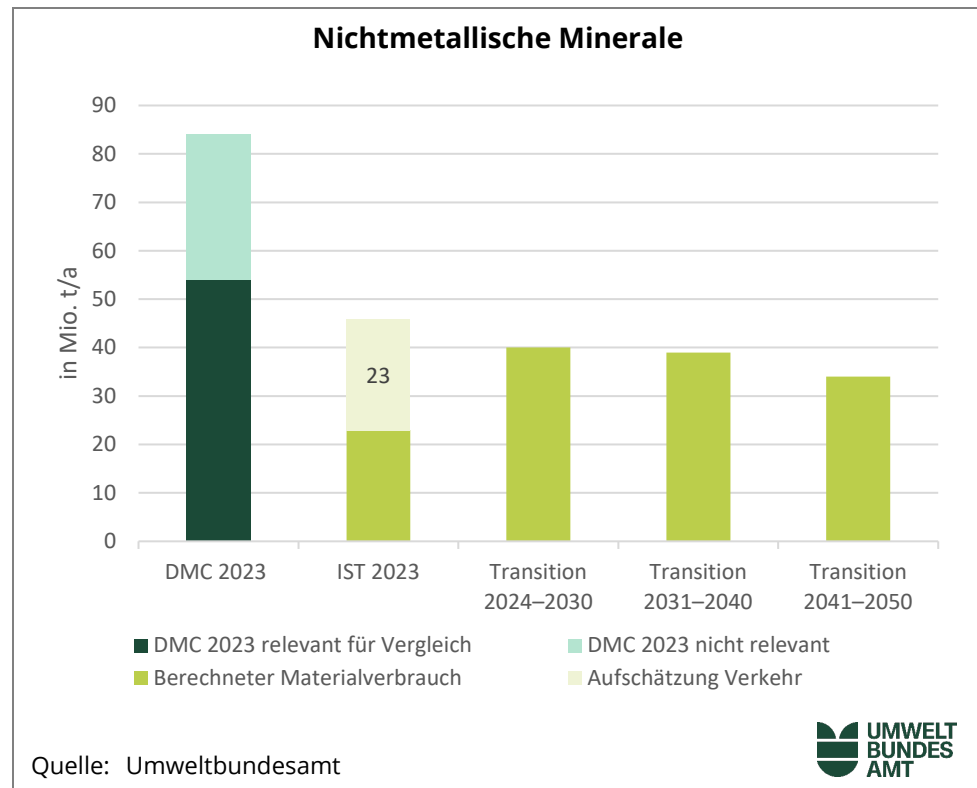
Im Szenario Transition ist ab sofort kein weiterer Neubau von Straßen angesetzt, die Bahn- und Energieinfrastruktur wird aber noch stark ausgebaut (vgl. Abbildung 1a). Für die Erhaltung der Infrastruktur sind zusätzlich bedeutende Materialmengen erforderlich. Dies führt vor allem im Bereich der Mobilität bis zum Jahr 2040 zu einem erhöhten Bedarf an nichtmetallischen Mineralien, insbesondere an Schüttgütern.

Auch der Ausbau der erneuerbaren Energieversorgung geht mit einem erhöhten Materialverbrauch einher.

Im Szenario Transition ist der Neubau von Gebäuden bereits ab 2024 deutlich reduziert und erfolgt auch in höherem Ausmaß in Holzbauweise. Dadurch sinkt der Materialverbrauch im Gebäudesektor um 60 % und kompensiert damit insgesamt den erhöhten Materialbedarf, der bis zum Jahr 2040 aus den Sektoren Mobilität und Energie resultiert (siehe Abbildung 1a).

Da das Szenario Transition den Umbau der österreichischen Wirtschaft zur Klimaneutralität, der mit einem erhöhten Materialbedarf in den Sektoren Energie und Mobilität bis 2040 einhergeht, im Wesentlichen bis 2040 abschließt, kann ab 2040 eine Reduktion des Materialbedarfs erwartet werden (siehe Abbildung 1a).

Abbildung 1a: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. Tonnen.



Im **Sektor Energie** kommt es im Szenario Transition insbesondere durch einen starken Ausbau der Photovoltaik und der Windenergie sowie durch eine umfassende Erweiterung und Verstärkung des Stromnetzes zu einem tiefgreifenden Umbau des Energiesystems. Für die Erzeugungstechnologien Photovoltaik und Windenergie wird neben dem Neubau auch ein Repowering bzw. eine Erneuerung bestehender Anlagen in die Betrachtung einbezogen. Der damit verbundene Ausbau der Energieinfrastruktur führt in den kommenden Jahren zu einem deutlich erhöhten Materialbedarf. Es wird davon ausgegangen, dass der Umbau des Energiesystems bis etwa 2040 im Wesentlichen abgeschlossen ist. In der Folge sinkt der Materialbedarf im Energiesektor wieder.

Im **Sektor Industrie** zeigt sich die Transition bei den Materialien und im Materialverbrauch vor allem in der Eisen- und Stahlindustrie. Es kommt bei den Einsatzmaterialien zu einer Verlagerung von Erz zu Eisen- und Stahlschrott und zu Eisenschwamm. Bei den Energieträgern ersetzen Strom und Wasserstoff die Kohle. Die sinkende Nachfrage aus den anderen Sektoren erlaubt im Szenario Transition eine Verringerung der produzierten Zement- und Betonmenge. In allen beschriebenen Industriebranchen werden Abfälle als Sekundärrohstoffe eingesetzt.

Im **Gebäudesektor** werden Aktivitäten im Wohn- und Nicht-Wohngebäudebereich analysiert. Der jährliche Materialbedarf lässt sich vor allem auf die Aktivitäten Neubau, Instandhaltungsmaßnahmen und thermische Sanierungen zurückführen. Die Betrachtung der IST-Situation zeigt, dass im Jahr 2023 in diesem Bereich **18,4 Mio. Tonnen** Material benötigt wurden, wobei 80 % des gesamten Materialbedarfs auf Neubauaktivitäten entfallen. Die größte Materialkategorie ist Beton mit 71 % des Gesamtbedarfs, gefolgt von Mauerwerk, Eisen und Stahl sowie Schotter und Sand, die jeweils Anteile zwischen 11 % und 7 % ausmachen. Im Szenario Transition kommt es zu einer Reduktion von Neubauten. Da diese den Großteil des Materialbedarfs verursachen, können durch die Vermeidung von Abriss sowie durch Kernsanierungen von Gebäuden, die Aktivierung von Leerstand sowie Nachverdichtung erhebliche Materialeinsparungen erzielt werden. Weiters wird im Szenario angenommen, dass verstärkt auf Holzbauweise gesetzt wird. Durch diese Maßnahmen kann der durchschnittliche jährliche Materialbedarf in der Periode von 2041 bis 2050 auf **7,4 Mio. Tonnen** gesenkt werden. Mit Ausnahme von Holz – dessen Bedarf aufgrund des verstärkten Holzbaus steigt – ergeben sich in allen Materialkategorien Reduktionen von insgesamt rund 60 %.

Im **Sektor Mobilität** bedeutet das Szenario Transition, Straßen vor allem zu erhalten, statt sie weiter auszubauen, wodurch große Mengen an Gesteinskörnungen, Asphalt und Beton eingespart werden und bestehende Infrastrukturen effizienter genutzt werden. Gleichzeitig kann eine gezielte Erweiterung und der Ausbau der Schieneninfrastruktur sowie die vermehrte Nutzung und Erneuerung von Schienenfahrzeugen dazu beitragen, den Straßenverkehr zu verlagern und so insgesamt Material- und Energieeinsatz für den Infrastrukturausbau zu verringern. Gleichzeitig benötigt ein massiver Ausbau der Schieneninfrastruktur aber auch enorme Materialmengen.

Aktuell (IST-Betrachtung) ist der Materialbedarf für Autobahn- und Schnellstraßeninfrastruktur höher als im Szenario Transition (wobei in dieser Berechnung nicht alle Bereiche betrachtet wurden). Im Bereich Schieneninfrastruktur kam es in jüngerer Vergangenheit (IST) zu umfangreichen – insbesondere bergmännischen – Bautätigkeiten, weshalb hier aktuell ein geringfügig höherer Bedarf als im Szenario Transition zu beobachten ist (welcher aber zur Erreichung der festgelegten Ziele in ähnlicher Höhe zumindest bis 2040 fortgeführt werden müsste). In den Bereichen der Schienenfahrzeuge und der U-Bahn- sowie Straßenbahninfrastruktur werden derzeit (IST) in etwa jene Ausbauraten erreicht, die für die Zielerreichung des Szenario Transition fortgeführt werden müssten.

Durch den Ausbau der Kreislaufwirtschaft kann ein erheblicher Anteil des Materialbedarfs durch Sekundärrohstoffe, die im Recyclingsektor aus Abfällen hergestellt werden, gedeckt werden. Dadurch kann der Verbrauch an Primärrohstoffen reduziert werden. Im Jahr 2023 (IST) werden 10,2 Mio. Tonnen an Sekundärrohstoffen eingesetzt, wovon 8,8 Mio. Tonnen auf Recyclingbaustoffe und 1,4 Mio. Tonnen auf Aushubmaterialien entfallen (siehe Abbildung 1b Säule IST 2023).

Über alle Sektoren hinweg führt der gesteigerte Einsatz von **Abfällen und Sekundärmaterialien** zu einer deutlichen Primärmaterialeinsparung, was in Folge Energiebedarf, Flächenverbrauch und Umweltauswirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette senkt. Mineralische Bau- und Abbruchabfälle und Aushubmaterialien sind aufgrund der großen Massen und der Tatsache, dass sie kaum überregional transportiert und daher vorwiegend regional verwendet bzw. entsorgt werden, am relevantesten. Dadurch wird auch das Deponievolumen geschont.

Rund 29 % – das entspricht in etwa 5,8 Mio. Tonnen – des geschätzten jährlichen Bedarfs an Schüttgütern in den Bereichen Energie, Gebäude und Mobilität in der Periode 2041–2050 könnten durch aufbereitete mineralische Bau- und Abbruchabfälle gedeckt werden.

Darüber hinaus lassen sich in diesem Zeitraum jährlich rund 1,2 Mio. Tonnen Primärrohstoffe in der Zement- und Betonproduktion durch den Einsatz mineralischer Bau- und Abbruchabfälle substituieren. In der Asphaltproduktion könnten zudem etwa 2,3 Mio. Tonnen Primärrohstoffe durch den Einsatz von Ausbau-Asphalt eingespart werden, ergänzt um weitere 2,8 Mio. Tonnen durch die Verwendung aufbereiteter mineralischer Bau- und Abbruchabfälle.

In Summe ergeben sich für die Periode 2041–2050 damit rund 12 Mio. Tonnen Recyclingbaustoffe, mit deren Einsatz der Primärmaterialverbrauch stark reduziert werden kann. (vgl. Abbildung 1b Säule „Transition 2041–2050“).

Weiteres Potenzial für Schüttgüter und den Einsatz in Beton und Asphalt kann sich durch jährlich maximal 13,4 Millionen Tonnen Aushubmaterialien ergeben, sofern technisch geeignet (siehe Abbildung 1b Säule „Transition 2041–2050“).

Abbildung 1b zeigt den Vergleich des DMC 2023 für nichtmetallische Minerale mit dem Materialbedarf des Jahres 2023 (IST, einschließlich Aufschätzung des niederrangigen Straßennetzes im Verkehrssektor) sowie den jährlichen Materialbedarfen im Szenario Transition für drei Zeitabschnitte. In der Säule „IST 2023“ und „Transition 2041–2050“ wird der

mögliche Einsatz von Recyclingbaustoffen und Aushubmaterialien dargestellt.

Abbildung 1b: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. Tonnen.

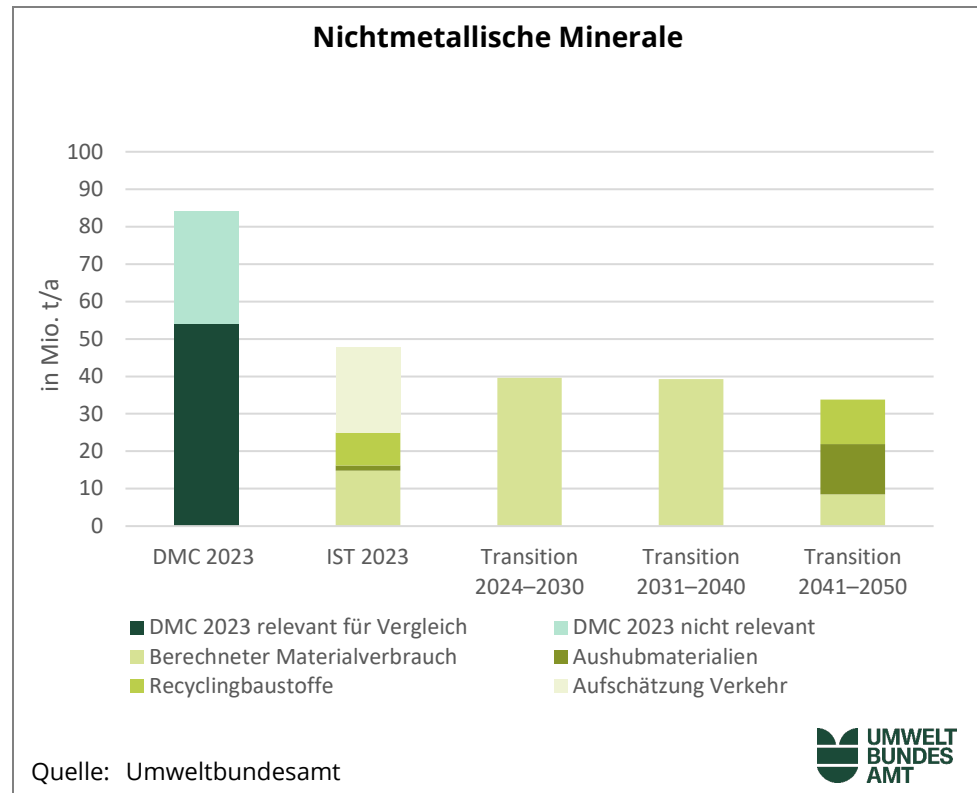


Abbildung 1b zeigt, dass der Abdeckungsgrad des bauwirtschaftsrelevanten Anteils am DMC der nichtmetallischen Minerale durch die betrachteten Sektoren Gebäude, Mobilität und Energiewirtschaft hoch ist. Die Abbildung zeigt auch den geringeren Materialbedarf im Szenario Transition und den möglichen Reduktionsbeitrag von Recyclingmaterialien.

SUMMARY

This study examines the extent to which the target path to climate neutrality in Austria goes hand in hand with a reduction in the consumption of primary resources in order to also achieve the resource conservation goal of the circular economy strategy.

The target path to climate neutrality in Austria is presented in the Scenario Transition (Umweltbundesamt, 2023) and requires a profound restructuring of the energy and transport systems as well as the building stock. It focuses on efficiency, massive expansion of renewable energies, and the abandonment of fossil fuel infrastructures.

In order to determine **material consumption** for the **Scenario Transition**, **material requirement-specific factors** are collected for energy-intensive industry, residential and non-residential buildings, mobility infrastructure (rail and road), and the energy industry (power grids, wind, PV). This should enable the material consumption of energy scenarios to be modelled in the future.

Aspects of the circular economy are being specifically investigated for industrial sectors and other material-intensive economic sectors in order to highlight their specific potential, particularly in the construction industry, and to identify possible changes in factors relating to material requirements. On this basis, the key factors influencing material requirements are being identified and ways of reducing material consumption are being described.

The results of the study show that the sectors “buildings” and “mobility” have the greatest material requirements, both currently – in the “NOW” scenario – and in the transition scenario. In terms of quantity, the material requirements are greatest for non-metallic minerals that are relevant to the construction industry.

A comparison of the material consumption determined in the study with the value of the statistical indicator DMC (domestic material consumption) for non-metallic materials in 2023 shows that the sectors examined cover a high proportion of domestic material consumption of non-metallic minerals relevant to the construction industry (Figure 1a, DMC 2023 relevant for comparison relative to NOW 2023).

Currently (“NOW”), new construction plays a significant role in buildings and roads and has a major impact on the consumption of materials, especially non-metallic minerals that are relevant to the construction industry.

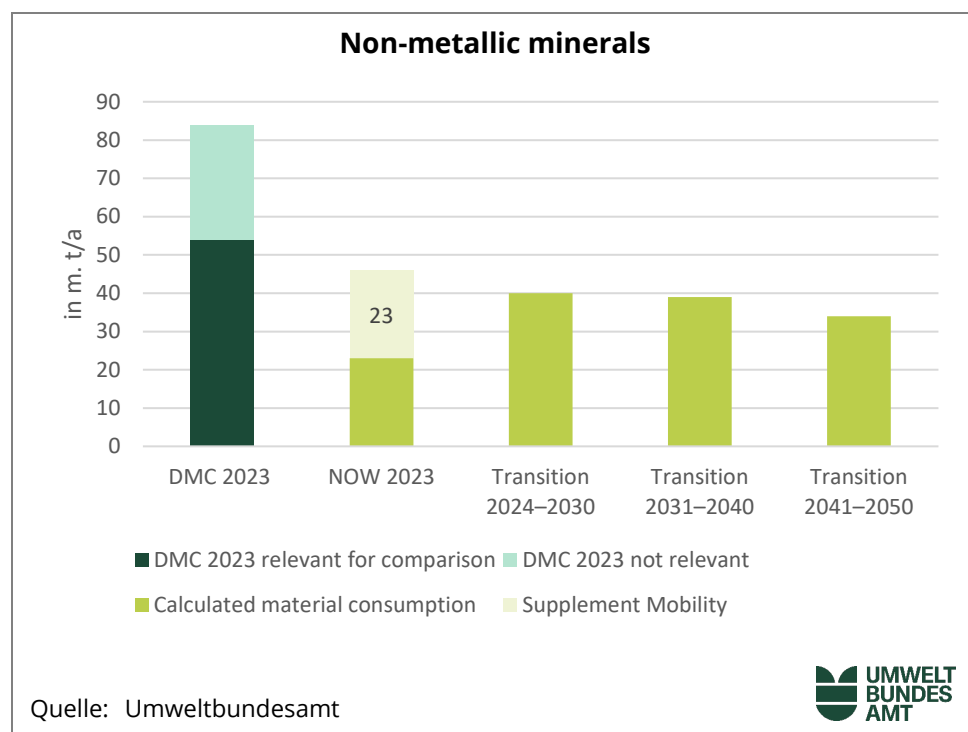
In the Scenario Transition, no further new road construction is planned from now on, but the rail and energy infrastructure will continue to be expanded significantly (see Figure 1a). Significant additional quantities of materials are required to maintain the infrastructure. This will lead to an increased demand for non-metallic minerals, especially bulk materials, by 2040, particularly in the area of mobility.

The expansion of renewable energy supplies is also accompanied by increased material consumption.

In the Scenario Transition, new building construction is significantly reduced from 2024 onwards and is also carried out using timber construction methods to a greater extent. This reduces material consumption in the building sector by 60 %, thereby compensating for the overall increase in material demand resulting from the mobility and energy sectors by 2040 (see Figure 1a).

Since the Scenario Transition – which is accompanied by increased material demand in the energy and mobility sectors until 2040 –, essentially completes the transformation of the Austrian economy to climate neutrality by 2040, essentially completes the transformation of the Austrian economy to climate neutrality by 2040, a reduction in material demand can be expected from 2040 onwards (see Figure 1a).

Figure 1a: Comparison of DMC 2023 for non-metallic minerals (total and relevant for the construction industry) with the annual material requirements for 2023 (NOW) and Transition to 2050, in million tonnes.



In the **energy sector**, the Scenario Transition will lead to a profound restructuring of the energy system, particularly through a major expansion of photovoltaics and wind energy and a comprehensive expansion and reinforcement of the electricity grid. In addition to new construction, repowering and renewal of existing photovoltaic and wind energy generation technologies will also be taken into account. The associated expansion of the energy infrastructure will lead to a significant increase in material requirements in the coming years. It is assumed that the restructuring of the energy system will be largely completed by around 2040. As a result, material requirements in the energy sector will decline again.

In the **industrial sector**, the transition in materials and material consumption is particularly evident in the iron and steel industry. There is a shift in the materials used from ore to iron and steel scrap and sponge iron. In terms of energy sources, electricity and hydrogen are replacing coal. Declining demand from other sectors allows a reduction in the amount of cement and concrete produced in the Scenario Transition. In all the industrial sectors described, waste is used as a secondary raw material.

In the **building sector**, activities in the residential and non-residential building sectors are analysed. The annual material requirement can be attributed primarily to new construction, maintenance measures and thermal refurbishment. An analysis of the current situation shows that 18.4 million tonnes of material were required in this area in 2023, with new construction activities accounting for 80 % of the total material requirements. The largest material category is concrete, accounting for 71 % of total demand, followed by masonry, iron/steel and gravel/sand, each accounting for between 11 % and 7 %. In the Scenario Transition, there is a reduction in new construction. As this accounts for the majority of material requirements, considerable material savings can be achieved by avoiding demolition and through the complete renovation of buildings, the activation of vacant properties and redensification. The scenario also assumes that there will be an increased focus on timber construction. These measures could reduce the average annual material demand to 7.4 million tonnes in the period from 2041 to 2050. With the exception of timber, for which demand is rising due to increased timber construction, there would be reductions of around 60 % in all material categories.

In the **mobility sector**, the Scenario Transition means primarily maintaining roads rather than expanding them, thereby saving large quantities of aggregates, asphalt and concrete and making more efficient use of existing infrastructure. At the same time, targeted expansion and development of rail infrastructure, as well as increased use and renewal of rail vehicles, can help to shift road traffic and thus reduce the overall use of materials and energy for infrastructure development. At the same time, however, a massive expansion of rail infrastructure also requires enormous quantities of materials.

Currently (NOW-situation), the material requirements for motorway and expressway infrastructure are higher than in the Scenario Transition (although not all areas were considered in this calculation). In the area of rail infrastructure, there has been extensive construction activity in the recent past (NOW), particularly in the mining sector, which is why demand is currently slightly higher than in the Scenario Transition (but would have to continue at a similar level at least until 2040 in order to achieve the specified targets). In the areas of rail vehicles and underground and tram infrastructure, the expansion rates currently being achieved (NOW) are roughly in line with those that would need to be continued in order to achieve the targets set out in the Transition scenario.

By expanding the circular economy, a significant proportion of material requirements can be met by secondary raw materials produced from waste in the recycling sector. This can reduce the consumption of primary raw materials. In 2023 (NOW), 10.2 million tonnes of secondary raw materials will be used, of which 8.8 million tonnes will be recycled building materials and 1.4 million tonnes will be excavated materials (see Figure 1b, column NOW 2023).

Across all sectors, the increased use of **waste and secondary materials** leads to significant savings in primary materials, which in turn reduces energy consumption, land use and environmental impact along the entire value chain. Mineral waste from construction and demolition activities and excavated materials are the most relevant due to their large masses and the fact that they are rarely transported over long distances and are therefore mainly used or disposed of regionally. This also conserves landfill volume.

Around 29 % – or approximately 5.8 million tonnes – of the estimated annual demand for bulk materials in the energy, construction and mobility sectors in the period 2041–2050 could be met by processed mineral waste from construction and demolition.

In addition, around 1.2 million tonnes of primary raw materials could be substituted annually during this period in cement and concrete production through the use of mineral waste from construction and demolition. In asphalt production, around 2.3 million tonnes of primary raw materials could also be saved through the use of reclaimed asphalt, supplemented by a further 2.8 million tonnes through the use of processed mineral waste from construction and demolition.

In total, this amounts to around 12 million tonnes of recycled building materials for the period 2041–2050, the use of which can significantly reduce the consumption of primary materials. (see Figure 1b, column 'Transition 2041–2050').

Further potential for bulk materials and use in concrete and asphalt may arise from a maximum of 13.4 tonnes of excavated materials per year, provided that this is technically feasible (see Figure 1b, column 'Transition 2041–2050').

Figure 1b shows a comparison of the DMC 2023 for non-metallic minerals with the material requirements for 2023 (NOW, including estimates for the lower-level road network in the transport sector) and the annual material requirements in the Scenario Transition for three time periods. The columns 'NOW 2023' and 'Transition 2041–2050' show the possible use of recycled building materials and excavated materials.

Figure 1b: Comparison of DMC 2023 for non-metallic minerals (Total and relevant for the construction industry) with the annual material requirements for 2023 (NOW) and transition to 2050 in million tonnes.

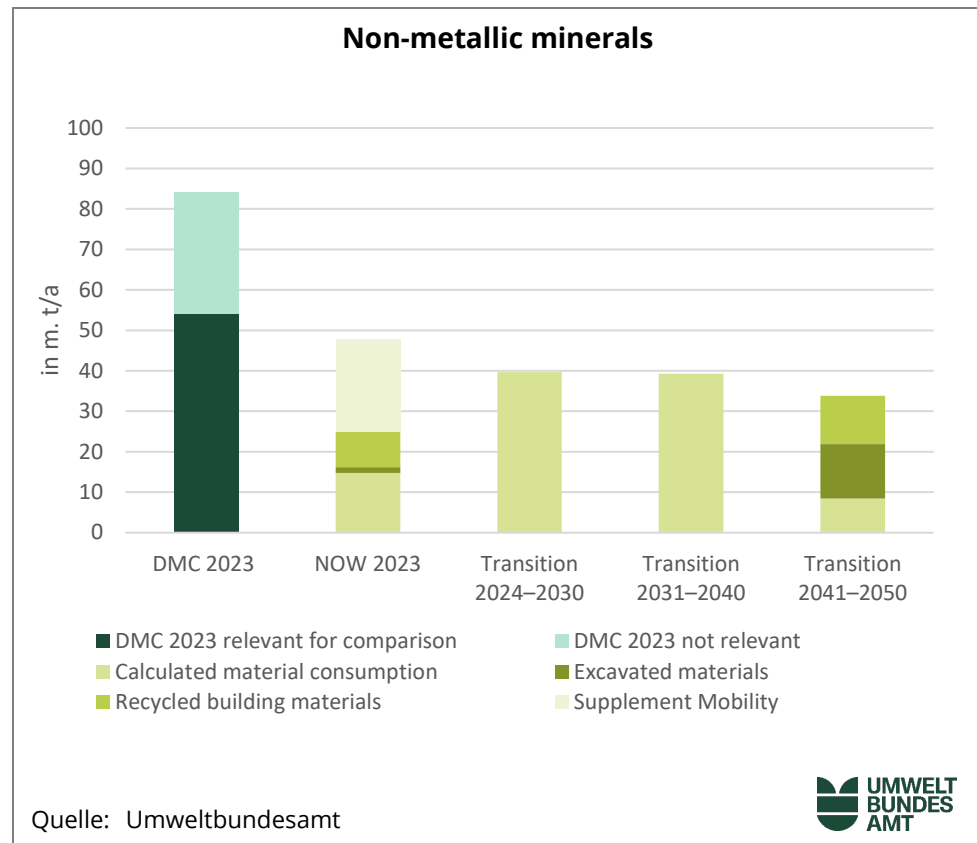


Figure 1b shows that the coverage of the share of the DMC non-metallic minerals relevant for the construction industry is high in the sectors considered: buildings, mobility and energy. The figure also shows the lower material requirements in the Scenario Transition and the potential contribution of recycled materials to a reduction.

1 EINLEITUNG

österr. Kreislaufwirtschaftsstrategie

Die Kreislaufwirtschaft (KW) bildet in Österreich einen zentralen Baustein der Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik: Aufbauend auf dem EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (2020) wurde 2022 die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie beschlossen (BMK, 2024a), die die Transformation zu einer klimaneutralen und ressourcenschonenden Wirtschaft bis 2050 vorsieht. Zielvorgaben umfassen unter anderem die Senkung des inländischen Materialverbrauchs auf maximal 14 Tonnen pro Kopf und Jahr bis 2030, die Reduktion des Material-Fußabdrucks auf sieben Tonnen pro Kopf und Jahr bis 2050, eine Steigerung der Ressourcenproduktivität um 50 % und eine Erhöhung der Zirkularitätsrate auf 18 % bis 2030 sowie eine Reduktion des privaten Konsums um 10 % – alles mit dem Ziel, Abfälle, Umweltbelastungen und Ressourcenverbrauch zu verringern und damit auch klimaschädliche Emissionen zu senken. Das wirtschaftliche Wachstum soll vom Verbrauch natürlicher Primär-Ressourcen entkoppelt werden, um eine nachhaltige und resiliente Wirtschaftsweise zu fördern.

KW und Szenario Transition

Parallel strebt Österreich eine Klimaneutralität bis 2040 an. Das Umweltbundesamt erarbeitet mit einem Konsortium aus TU Wien, TU Graz und BOKU die nationalen Energie- und THG-Szenarien (Umweltbundesamt, 2023). Die Szenarien zur Erreichung der Klimaziele liefern Ergebnisse, die nur teilweise auch einen Weg zur Erreichung der Ziele der Kreislaufwirtschaftsstrategie aufzeigen. Das Szenario Transition zeigt auf, wie die Sektoren Energie, Industrie, Gebäude und Verkehr durch umfassende Elektrifizierung, den Ausbau erneuerbarer Energien, Effizienzsteigerungen und strukturelle Änderungen dekarbonisiert werden können (Umweltbundesamt, 2023). Selbst in diesem ambitioniertesten Szenario war es nicht möglich, die Reduktionsziele der Kreislaufwirtschaftsstrategie für den Materialverbrauch abzubilden. Das aktuelle Szenario Transition weist eine Reduktion des (Primär)-Materialbedarfs von etwa 10 % bis 2050 aus. Die Kreislaufwirtschaftsstrategie fordert dem gegenüber eine Reduktion um rund 70 %.

Erweiterung um Materialaspekte

Der Materialverbrauch des produzierenden Sektors sowie der Materialbedarf für Infrastrukturen in den Bereichen Energie, Mobilität und Gebäude wurden bislang in Modellen für Energie- und THG-Szenarien nur unzureichend berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund wurde das Szenario Transition für die Erreichung der Klimaneutralität Österreichs um den Aspekt des Materialbedarfs sowie um materialintensive Wirtschaftssektoren erweitert. Aspekte der Kreislaufwirtschaft werden dabei gezielt für die jeweiligen Industriebranchen und materialintensiven Sektoren

integriert. Zu diesem Zweck wurden materialbedarfsbezogene Faktoren ermittelt und in die Analyse einbezogen.

2 ENERGIEWIRTSCHAFT

In Hinblick auf den Übergang zu erneuerbaren Energien und die damit verbundene notwendige Anpassung der Strom-Infrastruktur wird deren Materialbedarf hier beleuchtet. Für Photovoltaik, Windkraftanlagen sowie Stromnetze wurde anhand von materialbedarfsspezifischen Faktoren der Materialverbrauch im IST und im Szenario Transition ermittelt. Mögliche Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs werden diskutiert.

2.1 Beschreibung IST

Photovoltaik

In den letzten Jahren hat die Photovoltaik (PV) in Österreich kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. Vor allem seit Anfang der 2020er-Jahre ist der Ausbau spürbar beschleunigt erfolgt.

Ausbau PV-Leistung

Bis zum Jahr 2023 erreichte die installierte PV-Leistung in Österreich einen Stand von 6,2 Gigawatt (GW) und stieg im Jahr 2024 auf 8,4 GW (E-Control, 2025a). Der Ausbau konzentrierte sich dabei überwiegend auf Dachflächen, während Freiflächenanlagen nur einen geringeren Anteil ausmachten. Im Jahr 2023 entfielen rund 75 % der PV-Leistung auf Dachanlagen und 25 % auf Freiflächen. Innerhalb der Dachanlagen dominieren Schrägdächer mit ca. 85 %, während Flachdächer lediglich 15 % ausmachen (Umweltbundesamt, 2026). Die Angaben von Österreichs Energie (Fechner, 2024) liegen bei einer Verteilung Dachfläche zu Freifläche bei 85 % zu 15 % in einem ähnlichen Verhältnis. Regional betrachtet verzeichneten Niederösterreich, Oberösterreich und die Steiermark 2024 den höchsten prozentuellen Anteil an der Stromerzeugung aus Photovoltaik (BMWET, o. J.).

verwendete Materialien

Die PV-Anlagen in Österreich bestanden mit Stand 2019 hauptsächlich aus polykristallinen (74 %) und monokristallinen (26 %) Silizium-Zellen, während Dünnschicht-PV-Anlagen wie Kupfer-Indium-Diselenid bzw. Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIS/CIGS) oder Cadmiumtellurid (CdTe) nur eine sehr geringe Rolle spielten (Meyer et al., 2024, Sommer et al., 2021, Haas et al., 2024).

Windkraft

Ausbau

Der Ausbau der Windkraft stieg in den Jahren 2010 bis 2020 von ca. 1 GW auf in etwa 3,2 GW und entwickelte sich in den folgenden Jahren kontinuierlich weiter (E-Control, 2025a). Sie spielt eine zunehmend

wichtige Rolle bei der Diversifizierung der erneuerbaren Energiequellen und trägt zur Reduzierung fossiler Stromerzeugung bei.

Bis zum Jahr 2023 erreichte die installierte Windkraftleistung in Österreich einen Stand von 3,9 GW und stieg im Jahr 2024 auf 4,1 GW (E-Control, 2025a). Der Ausbau konzentrierte sich dabei vor allem auf Gebiete mit geeigneten Windbedingungen. Regional verzeichneten Niederösterreich, das Burgenland und die Steiermark den höchsten Zuwachs beim Windkraftausbau (BMWET, o. J.).

Typen von Anlagen In Österreich kommen verschiedene Typen von Windkraftanlagen zum Einsatz, dabei hängt die Auswahl des Turbinentyps von verschiedenen Faktoren ab, darunter Windverhältnisse, Standortbedingungen und wirtschaftliche Erwägungen. In dieser Studie werden vier verschiedene Typen berücksichtigt (siehe Anhang Tabelle 37) und für die materialbedarfspezifischen Faktoren wird daraus ein Mittelwert gebildet (CATF, 2023).

Stromnetz

In den letzten Jahren hat sich das Stromnetz in Österreich stetig weiterentwickelt, um den steigenden Anforderungen durch die europäische Integration der Netze und dem steigenden Anteil an erneuerbaren Energien gerecht zu werden. Der Ausbau und die Modernisierung der Netzstruktur standen dabei im Vordergrund.

Spannungsebenen Im österreichischen Stromnetz werden die verschiedenen Spannungsebenen in Höchst- und Hochspannung, Mittelspannung und Niederspannung unterschieden.

Spannungsebenen in Österreich (Wiener Stadtwerke, o. J.):

- Höchstspannungsebene: 380 kV, 220 kV
 - Übertragung/Verteilung über große Distanzen
 - Einspeisung von großen Kraftwerken (v. a. Wasserkraft, fossile Kraftwerke)
- Hochspannungsebene: 110 kV
 - Übertragung/Verteilung über große Distanzen
 - erste Einteilung zur Versorgung von Städten
 - Einspeisung aus kleineren Kraftwerken sowie teilweise aus Windparks
 - direkte Abnehmer aus großen industriellen Anlagen
- Mittelspannungsebene: 1–36 kV
 - Verteilung auf lokaler Ebene (Stadt-/Ortsnetze)

Einspeisung Windkraft und größere Solaranlagen

- direkte Abnehmer: industrielle Betriebe
- Niederspannungsebene: 400 V, 230 V
 - Versorgung von Haushalten und Kleiverbrauchern
 - Einspeisung kleiner Solaranlagen

Tabelle 1: Bestandsstatistik – Öffentliches Stromnetz in Österreich 2023 – Systemlängen (E-Control, 2025b).

Spannungsebenen	Freileitungen	Erdkabel
380 kV	3.098	54
220 kV	3.609	8
110 kV	10.848	827
Mittelspannung	22.218	46.260
Niederspannung	27.830	155.892

Arten von Leitungen und Kabeln

Freileitungen dominieren die Höchst- und Hochspannungsebene. Diese Leitungen bilden das Übertragungsnetz der österreichischen Stromversorgung und den Anschluss ans benachbarte Ausland.

Erdkabel dominieren die niedrigeren Spannungsebenen. Bei der Niederspannungsebene (NS) werden sie zu ca. 85 % eingesetzt. Bei Mittelspannungsleitungen sind in etwa zwei Drittel als Erdkabel verlegt, während in der 110 kV-Ebene (Hochspannung) derzeit etwa 7 % der Leitungen unterirdisch verlaufen. Dieser Trend zu Erdkabeln dient vor allem der optischen und ökologischen Minimierung von Beeinträchtigungen sowie der Verbesserung der Versorgungssicherheit (E-Control, 2025b)

Materialien Masten und Fundamente

Beim Aufbau der Masten und Fundamente zeigt sich eine differenzierte Nutzung der Materialien je nach Spannungsebene (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011):

- Höchst- und Hochspannung (HS): Masten überwiegend aus Stahl-fachwerk; Fundamente aus Beton – durchschnittlich 70 Tonnen schwer.
- Mittelspannung (MS): Masten zu 60 % aus Stahlrohr, zu je 20 % aus Beton und Holz.
- Niederspannung (NS): Masten zu je 40 % aus Beton und Holz, 20 % Stahl.

2.2 Szenario Transition – Materialverbrauch

Elektrifizierung Das Szenario Transition des Umweltbundesamts beschreibt einen möglichen Weg Österreichs hin zur Klimaneutralität bis 2040 (Umweltbundesamt, 2023). Dabei wird der Energiesektor grundlegend umgestaltet. Die verstärkte Elektrifizierung in den Sektoren Verkehr, Wärme und Industrie führt dazu, dass die erneuerbare Stromerzeugung und das Stromnetz erheblich ausgebaut und modernisiert werden müssen.

Strom spielt im Jahr 2040 eine zentrale Rolle in nahezu allen Bereichen – von der Mobilität über die Industrie bis hin zu Gebäuden. Fossile Energieträger werden weitestgehend durch Biomasse, erneuerbaren Strom und erneuerbaren Wasserstoff ersetzt.

Um den stark steigenden Strombedarf im Szenario Transition zu decken, sieht das Szenario einen massiven Ausbau von Photovoltaik und Windkraft vor.

Photovoltaik

Ausbau als zentrale Maßnahme Im Szenario Transition (Umweltbundesamt, 2023) wird ein bedeutender Ausbau der Photovoltaik als zentrale Maßnahme zur Erreichung der Klimaneutralität vorgesehen. Im Jahr 2023 betrug die installierte Leistung an PV 6,23 GW (E-Control, 2025a). Der Schwerpunkt liegt dabei weiterhin auf der Nutzung von Dachflächen, während auch die Freiflächenanlagen ausgebaut werden. Geschätzt steigt der Anteil der Freifläche von ca. 25 % im Jahr 2023 auf angenommene 35 % im Jahr 2040 und 2050 (Umweltbundesamt, 2026).

Installierte PV-Leistung im Szenario Transition (Ausbau im Vergleich zum vorigen Referenzjahr):

- 2023: 6,23 GW
- 2030: 20 GW (Ausbau: 13,77 GW)
- 2040: 39,05 GW (Ausbau: 19,05 GW)
- 2050: 40 GW (Ausbau: 0,95 GW)

Diese Werte verdeutlichen, dass der größte Zubau im Szenario Transition bereits bis 2040 erfolgt ist, während bis 2050 kaum mehr zugebaut wird.

Windkraft

Die Windkraft spielt eine wichtige Rolle bei der österreichischen Energiewende und im Szenario Transition (Umweltbundesamt, 2023) beim

Umbau des Energiesystems hin zur Klimaneutralität bis 2040. Sie liefert große Mengen erneuerbaren Stroms, der für die Dekarbonisierung von Industrie, Mobilität und Gebäuden unerlässlich ist.

Beitrag zur Versorgungssicherheit

Die Windenergie zeichnet sich durch eine vergleichsweise hohe Jahresstromproduktion und eine gute Ergänzung zur Photovoltaik aus: Während Solarstrom vor allem tagsüber und in den Sommermonaten anfällt, liefert Windkraft insbesondere im Winter stabile Einspeisungen und kann auch nachts zur Stromerzeugung beitragen. Dadurch trägt sie entscheidend zur Versorgungssicherheit bei (APG, o. J.). Im Jahr 2023 betrug die installierte Leistung an Windkraftanlagen 3,6 GW (E-Control, 2025a).

Ausbau

Installierte PV-Leistung im Szenario Transition (Ausbau im Vergleich zum vorigen Referenzjahr):

- 2023: 3,9 GW
- 2030: 8,4 GW (Ausbau: 4,5 GW)
- 2040: 11,6 GW (Ausbau: 3,2 GW)
- 2050: 11,8 GW (Ausbau: 0,2 GW)

Diese Werte verdeutlichen, dass der größte Zubau im Szenario Transition bereits bis 2040 erfolgt ist, während bis 2050 kaum mehr zugebaut wird.

Stromnetz

steigender Bedarf an Kapazitäten

Durch den massiven Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen sowie die zunehmende Elektrifizierung von Mobilität, Industrie und Gebäuden im Szenario Transition steigt der Bedarf an Transport- und Verteilkapazitäten im Stromnetz deutlich an (BMK, 2024b, E-Control, 2025a). Zukünftig wird die Sicherstellung einer stabilen Versorgung auf Basis überwiegend erneuerbarer Energieträger bei steigendem Stromverbrauch sowie die europäische Integration der Stromnetze den Netzausbau und die Integration von Speichern prägen.

erforderlicher Netzausbau

Um die großen Mengen dezentral erzeugten, erneuerbaren Stroms effizient aufnehmen und verteilen zu können, ist ein umfassender Netzausbau erforderlich. Besonders betroffen sind die Niederspannungs- (NS), Mittelspannungs- (MS) und 110 kV-Netzebenen (Hochspannung), die in den kommenden Jahrzehnten deutlich erweitert werden müssen (AIT, 2024, frontier economics / AIT, 2022, Österreichs Energie, 2022).

Der Zubau, der bis 2050 angenommen wird, ist in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 2: Ausbau des Stromnetzes in den verschiedenen Spannungsebenen 2023 (E-Control, 2025b) und im Szenario Transition, Annahmen Umweltbundesamt auf Basis von Österreichs Energie (AIT, 2024, Österreichs Energie, 2022).

Jahr	NS	MS	110 kV km	220 kV	380 kV
Bestand 2023	183.722	68.479	11.674	3.618	3.152
2024–2030	12.000	12.000	7.000	270	330
2031–2040	9.000	8.800	5.000	330	420
2041–2050	3.000	3.000	2.000	60	75

2.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch

Kennzahlen Materialbedarfsspezifische Faktoren geben an, welche Mengen eines bestimmten Materials benötigt werden, um ein definiertes Produkt (hier: installierte Leistung an PV oder Wind) bzw. eine bestimmte Netzinfrastruktur (Strommasten und Kabellängen) bereitzustellen. In dieser Studie werden für Photovoltaik- und Windenergieanlagen diese Faktoren in Tonnen pro Gigawatt (t/GW) angegeben, während sie für das Stromnetz in Tonnen pro Kilometer (t/km) bzw. pro Mast ausgewiesen werden. Diese Kennzahlen ermöglichen den Vergleich des Ressourcenverbrauchs. Sie ermöglichen auch die Hochrechnung des Ressourcenverbrauchs mit dem Ausbau an Photovoltaik, Windkraft und Stromnetzen.

Photovoltaik

Referenzmaterialien Für die Bestimmung der materialbedarfsspezifischen Faktoren sowie die Analyse der Materialmengen 2023 und die Materialmengenentwicklung 2024 bis 2050 werden im Folgenden die am weitesten verbreiteten Siliziummodule – monokristalline und polykristalline – als Referenz herangezogen. Beim Betonverbrauch wurde das Verhältnis Freifläche und Dach bzw. Schräg- und Flachdach mitberücksichtigt (Annahmen siehe Tabelle 35 und Tabelle 36 im Anhang). Der PV-Ausbau in Österreich betrug im Jahr 2023 2,56 GW.

Annahmen Für den Ressourcen-Bericht wurde angenommen, dass es im Rahmen des Szenario Transition zu einer 20 %igen Erneuerung der PV-Paneele der vorigen Dekade bzw. im Vergleich zu 2023 kommen wird. Davon

entfallen 10 % auf Repowering und zusätzlich werden 10 % durch Erneuerung oder Reparatur von PV-Modulen angenommen.

Ausbau Daraus ergibt sich insgesamt folgender Ausbau im Transition Szenario (inkl. Erneuerung) (Umweltbundesamt, 2023):

- 2030: 20 GW (Ausbau: 13,8 GW + Erneuerung: 1,2 GW = 15,0 GW)
- 2040: 39 GW (Ausbau: 19 GW + Erneuerung: 4 GW = 23 GW)
- 2050: 40 GW (Ausbau: 0,95 GW + Erneuerung: 7,8 GW = 8,8 GW)

Tabelle 3: Materialbedarfsspezifische Faktoren (CATF, 2023, Kim et al., 2023) und Materialbedarf für 2023 und 2024 bis 2050 für PV-Anlagen (*Selbstberechnung; Annahme: 200 W/m², Ballastierung 15 kg/m² (Sonnenberg, 2025)).

	Materialbe- darfsspezif. Faktor*	2023	2024– 2030	2031– 2040	2041–2050
	t/GW	t/a			
Beton	41.313	105.735	96.145	119.286	48.613
Zement	7.705	19.720	16.529	17.758	6.751
Stahl	67.900	173.783	145.663	156.493	59.493
Glas	46.400	118.756	99.540	106.941	40.655
Alumi- nium	7.500	19.195	16.089	17.286	6.571
Kupfer	4.600	11.773	9.868	10.602	4.030
Plastik	8.600	22.011	18.449	19.821	7.535
Silizium	4.000	10.238	8.581	9.219	3.505

**In den materialbedarfsspezifischen Faktoren sind sowohl Zement als auch Beton angegeben, da es sich um zwei unterschiedliche Produkte bzw. Anwendungen im Bau handelt. Für die Gesamtmenge an Zement wurden daher in Kapitel 5 ca. 10 % des Betons zur Zementmenge hinzugefügt.*

Windkraft

Ermittlung der Faktoren

Für die Ermittlung der materialbedarfsspezifischen Faktoren sowie des Materialverbrauchs im Jahr 2023 und im Zeitraum von 2024 bis 2050 werden bei Windenergieanlagen die Mittelwerte der Faktoren aus vier unterschiedlichen Anlagentypen herangezogen (siehe Kapitel 2.1). Die daraus resultierenden Durchschnittswerte sowie die Entwicklung des Materialbedarfs sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Faktoren für die einzelnen Anlagentypen sind im Anhang in Tabelle 37 zu finden. Der Windkraft-Ausbau in Österreich im Jahr 2023 betrug 263 MW.

Für den Ressourcen-Bericht wurde im Rahmen des Szenario Transition ein Repowering von Windkraftanlagen nach 20 Jahren angenommen. Funktionsfähige Windkraftanlagen werden abgebaut und ins Ausland verkauft. Durch das Repowering ist der Anteil der erneuerten Anlagen im Jahr 2050 bedeutend höher als der Ausbau durch Neuanlagen.

Daraus ergibt sich ein Ausbau im Transition (inkl. Erneuerung/Repowering) von (Umweltbundesamt, 2023):

- 2030: 8,4 GW (Ausbau: 4,5 GW + Erneuerung: 0,9 GW = 5,4 GW)
- 2040: 11,6 GW (Ausbau: 3,2 GW + Erneuerung: 2,5 GW = 5,7 GW)
- 2050: 11,8 GW (Ausbau: 0,2 GW + Erneuerung: 5,5 GW = 5,7 GW)

Tabelle 4: Materialbedarfsspezifische Faktoren (CATF, 2023) und Materialbedarf von 2023 bis 2050 für Windkraftanlagen (Mittelwert von vier Anlagentypen).

	Material- bedarfs- spezif. Faktor*	2023	2024– 2030	2031– 2040	2041– 2050
	t/GW	t/a			
Beton	403.755	106.265	311.699	230.140	230.140
Zement	53.119	13.980	41.008	30.278	30.278
Stahl	101.164	26.625	78.099	57.663	57.663
Eisen	15.425	4.060	11.908	8.792	8.792
Glas	6.225	1.638	4.806	3.548	3.548
Kupfer	2.166	570	1.672	1.235	1.235
Aluminium	2.223	585	1.716	1.267	1.267
Plastik	7.817	2.057	6.035	4.456	4.456
Glasfaser	7.787	2.049	6.012	4.439	4.439

**In den materialbedarfsspezifischen Faktoren sind sowohl Zement als auch Beton angegeben, da es sich um zwei unterschiedliche Produkte bzw. Anwendungen im Bau handelt. Für die Gesamtmenge an Zement wurden daher in Kapitel 5 ca. 10 % des Betons zur Zementmenge hinzugefügt.*

Stromnetz

Grundlagen für Entwicklung der Faktoren

Die materialbedarfsspezifischen Faktoren für Freileitungen, Erdkabel, Masten (Stahl, Beton und Holz) sowie für Fundamente wurden einer Studie (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011) entnommen. Für die Entwicklung der Netze im Zeitraum von 2024 bis 2050 werden die Annahmen aus Kapitel 2.2 angewendet. Zusätzlich zu den Kabellängen wurden Mehrfachbelegungen bei Hoch- und Höchstspannungsnetzen

berücksichtigt. Die Literatur (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011) macht Angaben zu der Mastanzahl pro Kilometer (siehe Anhang Tabelle 40).

Ausbau Im Jahr 2023 zeigt sich ein deutlicher Ausbau im Nieder- und Mittelspannungsnetz bei den Erdkabeln (2.188 km und 281 km), während im 110-kV-Netz nur ein geringfügiger Zuwachs erfolgt (4 km). Parallel dazu kommt es im Nieder- und Mittelspannungsnetz zu einem Rückbau bestehender Freileitungsabschnitte (-66 km und -400 km). Im 110-kV-Bereich ist ein leichter Zuwachs an Freileitungsinfrastruktur erkennbar (22 km), während im 220-kV-Netz lediglich ein minimaler Ausbau erfolgt (1 km) (E-Control, 2025b).

Materialbedarf In Tabelle 5 ist der Materialbedarf für 2023 und die durchschnittliche jährliche Entwicklung des Materialbedarfs 2024 bis 2050 nach Zeitabschnitten dargestellt. Sie umfasst sowohl den Materialeinsatz für Freileitungen und Erdkabel als auch für Masten und Fundamente (siehe Anhang Tabelle 38, Tabelle 39 und Tabelle 40).

Tabelle 5: Materialbedarf 2023 bis 2050 für das Stromnetz, Berechnungen Umweltbundesamt auf Basis von Literaturquellen (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).

	2023	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a			
Beton	3.180	161.870	83.881	31.675
Stahl	1.174	22.204	11.335	3.931
Holz	-	1.359	699	152
Sand	601.205	1.575.286	1.447.500	288.600
Kupfer	5.406	18.089	9.420	3.312
Aluminium	3.849	5.220	2.703	921
Plastik	2.532	5.611	3.261	1.130
Blei	890	4.066	2.124	757

2.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

Hebel in der Energiewirtschaft

- Lebensdauer und Nachnutzung der Komponenten
- Dimensionierung Stromnetz (keine Überdimensionierung)
- Leistungsstärkere Komponenten
- Recycling

Lebensdauer und Nachnutzung der Komponenten

Ein zentraler Ansatz zur Reduktion des Materialbedarfs besteht in der Verlängerung der Lebensdauer sowie in der Nachnutzung bestehender Energieinfrastrukturen.

Maßnahmen Durch gezielte Instandhaltungsmaßnahmen, regelmäßige Wartung und den Austausch einzelner Komponenten kann die Nutzungsdauer von Photovoltaik-, Windenergie- und Stromnetzanlagen deutlich verlängert werden, wodurch sich der Bedarf an Neumaterialien über den gesamten Lebenszyklus hinweg reduziert.

- Windenergie**
- Windenergie: Die Lebensdauer von Windkraftanlagen beträgt in der Regel etwa 20 bis 25 Jahre (WindEurope, o. J.). Nach Ablauf dieser Betriebsdauer ermöglicht ein Repowering die effiziente Nutzung bestehender Standorte sowie vorhandener Netzanschlüsse. Die verschiedenen Komponenten der Anlagen können entweder auf dem Gebrauchtmärkte weiterverwendet oder dem Recycling zugeführt werden.
 - Im Rahmen der Demontage lassen sich Rotorblätter, Nabe und Gondel direkt verladen und zum vorgesehenen Bestimmungsort transportieren, wo eine mögliche Überholung erfolgen kann. Der Turm kann in einzelne Stahlturmsegmente zerlegt und ebenfalls transportiert werden. Das Fundament wird beim Rückbau in Bewehrungsstahl und Beton- und Bauschutt getrennt, um die Materialien einer Weiterverarbeitung oder einem Recycling zuzuführen. Der Beton- und Bauschutt wird derzeit überwiegend „downcycelt“ und findet in weniger anspruchsvollen Anwendungen, wie etwa im Straßenbau, Wiederverwendung (Interreg North Sea Region – European Union, 2022).
- Photovoltaik**
- Photovoltaikanlagen: Die Lebensdauer bei PV-Anlagen mit kristallinen Modulen liegt bei 25 bis über 30 Jahren (Jens Burkhardt, 2022).
 - Rund drei Viertel der Materialien eines PV-Moduls lassen sich recyceln, werden jedoch „downcycelt“. So wird Silizium z. B. häufig in der Herstellung von Baustoffen wie Glaswolle weiterverwendet.

Auch eine Wiederverwendung gebrauchter PV-Module ist denkbar, da ausgemusterte Module häufig noch funktionsfähig sind und somit als „Second-Hand“-Module weiterbetrieben werden könnten (Swiss PV Circle, o. J.).

- Bei einem modularen PV-System kann durch das modulare Design ein defektes Modul ausgetauscht werden, ohne das komplette System erneuern zu müssen (Haina Solar, 2025, Fraunhofer ISE, 2023).
- Stromnetz**
- Stromnetz: Hier kann der Weiterbetrieb bestehender Trassen oder die Verstärkung vorhandener Leitungen an bestehenden Masten zur Senkung des Materialeinsatzes beitragen. Die Lebensdauer eines gut gewarteten Stromnetzes beträgt bei Freileitungen 80 bis 100 Jahre, bei Leiterseilen und Erdkabeln 40 bis 50 Jahre (Österreichs Energie, 2020, Bundesnetzagentur, 2020).

Dimensionierung des Stromnetzes

Durch eine optimierte Dimensionierung des Stromnetzes können in Österreich Materialeinsparungen erzielt werden. Überdimensionierte Netze führen zu höheren Mengen an Kupfer, Aluminium und Stahl sowie zu erhöhtem Betonverbrauch, während eine bedarfsgerechte Planung den Rohstoffeinsatz reduziert.

Leistungsstärkere Komponenten

- Photovoltaik**
- Photovoltaik: Durch Optimierung des Moduldesigns (z. B.: reduzierte Zellabstände, effizientere Verschaltung, schlankere Rahmen) kann der Materialeinsatz pro erzeugte Leistung sinken. Ein optimiertes Modulrahmen-Design reduziert den Aluminiumbedarf bei unveränderter mechanischer Stabilität (Fraunhofer ISE, 2023).
- Windenergie**
- Windenergieanlagen: In den letzten Jahren hat sich die Leistung von Onshore-Windrädern erheblich gesteigert. Während Turbinen in den frühen 2000er-Jahren eine durchschnittliche Nennleistung von etwa 1,5–3 MW hatten, liegt die heutige durchschnittliche Leistung in Europa bei etwa 5 MW. Dieser Anstieg ist auf technologische Verbesserungen, wie größere Rotoren und höhere Turmhöhen, zurückzuführen. Größere Rotorblätter oder leistungsfähigere Generatoren reduzieren den Materialeinsatz pro erzeugter Energieeinheit und senken Installations- und Infrastrukturkosten. Für das Jahr 2025 ist für Onshore-Windturbinen eine Nennleistung von rund 6 MW dokumentiert; vereinzelt werden Spitzenleistungen von bis zu 7 MW erreicht (WindEurope, 2024, Desmond, et al., 2016, Cognet, Du Courrech Pont und Thiria, 2020).

- Stromnetz: Hochtemperaturleiterseile (HTLS) mit festen, thermisch stabilen Kernen reduzieren den Durchhang und ermöglichen höhere mechanische Spannungen. Dadurch steigt die Stromtragfähigkeit bestehender Trassen, Bündelleiter oder zusätzliche Leitungen können dadurch entfallen, und Maststrukturen können ohne Verstärkungen genutzt werden, was Material- und Baukosten spart (Lumpi-Berndorf, o. J., Bundesnetzagentur, o. J., Bundesnetzagentur, 2019).

Recycling

Recyclingbeton

Beim Bau von Fundamenten für Windenergieanlagen oder Strommasten kann der Einsatz von Recyclingbeton den Bedarf an Primärrohstoffen wie Sand und Kies erheblich reduzieren.

Metallrecycling

Aluminium, Kupfer und Stahl aus ausgedienten PV-Modulen, Windtürmen oder Kabeln können rückgewonnen und wiederverwendet werden. Dies reduziert den Rohstoffverbrauch und die energieintensive Primärproduktion.

Vergleich IST vs. Transition

Da sich die materialbedarfsspezifischen Faktoren in der Energiewirtschaft mit der Zeit nicht verändern, hängt der durchschnittliche jährliche Materialbedarf lediglich von jeweiligem Ausbau von PV, Wind und Stromnetz ab.

Verifizierung der Annahmen

Die Angaben zur Erneuerung und zum Repowering aus dem Kapitel 2.3 sind Annahmen, die es in den nächsten Jahren zu verifizieren gilt. Je stärker der Ausbau mit derzeitigen Technologien ist, umso größer ist der Materialbedarf, dieser ist in den Kapiteln 2.2 und 2.3 dargelegt. Ob und wie weit mit dem Repowering bei Wind und PV der materialbedarfsspezifische Faktor sinkt, wird ebenso erst zukünftig zu quantifizieren sein.

Photovoltaik

Nach Angaben von Photovoltaic Austria (PV Austria, 2025) ist bei Photovoltaikmodulen ein ausgeprägter Trend hin zu Glas-Glas-Modulen zu beobachten. Diese Entwicklung wird den zukünftigen Materialbedarf maßgeblich beeinflussen: Insbesondere der Einsatz von Glas dürfte dadurch deutlich ansteigen.

Der Ausbau der PV im Jahre 2023 war höher als er im Durchschnitt für die kommenden zwei Dekaden angenommen wurde. Daher ist der

jährliche spezifische Materialverbrauch im Jahr 2023 höher als in den folgenden zwei Dekaden. Nur bei Beton ist die jährliche Menge im Jahr 2023 höher als in der nächsten Dekade, jedoch niedriger als in der Dekade 2031–2040. Dies liegt daran, dass der Anteil der Freifläche steigend angenommen wurde (siehe Tabelle 3).

Windkraft Der Ausbau der Windkraft war im Jahr 2023 niedriger als für die Folgejahre angenommen. Durch das Repowering steigt der Anteil der erneuerten Anlagen mit jeder Dekade und ist im Zeitraum 2041–2050 bedeutend höher als der Ausbau durch Neuanlagen. Daher ist der jährliche spezifische Materialverbrauch im Jahr 2023 deutlich niedriger als in den folgenden Zeitabschnitten (siehe Tabelle 4).

Stromnetz Beim Ausbau des Stromnetzes muss differenziert werden, da sich dieses aus Freileitung, Erdkabel, Masten und Fundamenten zusammensetzt. Der Betonbedarf ist nur von den Masten und den Fundamenten der Freileitungen geprägt, während der Bedarf an Sand nur durch den Ausbau der Erdkabel verursacht wird. Bei den Metallen setzt sich der Bedarf an Aluminium und Kupfer sowohl aus den Freileitungen als auch aus den Erdkabeln zusammen. Der Bedarf an Stahl ist hingegen vor allem auf die Masten zurückzuführen. Sowohl bei Kabeln als auch bei Leitungsmasten steigt der jährliche Materialverbrauch bis zum Jahr 2040 gegenüber dem Jahr 2023 deutlich an (siehe Tabelle 5).

3 MOBILITÄT

Mobilitätsinfrastruktur als Treiber

Dem Mobilitätssektor kommt aufgrund des hohen Anteils an den österreichischen Gesamtemissionen eine besondere Rolle im Übergang zu einer klimaneutralen Lebensweise zu. Der im Szenario Transition (Umweltbundesamt, 2023) skizzierte Weg zur Senkung der österreichischen Treibhausgas-Emissionen ist dabei auch in Hinblick auf die damit einhergehenden Materialbedarfe und -einsätze zur Errichtung und Erhaltung von Mobilitätsinfrastruktur und den zugehörigen Fahrzeugen zu sehen. Ein „Modal Shift“ – weg vom Motorisierten Individualverkehr (MIV), hin zum Umweltverbund (Öffentlicher Verkehr, Fahrrad, Fußverkehr) – bedeutet, dass in Hinblick auf viele Materialien ein hoher Materialbedarf für den Bau neuer Verkehrsinfrastruktur notwendig ist, die in weiterer Folge dann auch erhalten werden muss.

Ermittlung Materialbedarf

Um diese Materialbedarfe zu quantifizieren, wurden zunächst – wo möglich – die aktuellen Bedarfe (IST) erhoben bzw. abgeschätzt (Kapitel 3.1). Anschließend wurden den Annahmen des Szenarios Transition folgend die Mengengerüste für die Bereiche überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn), Straßen, U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur sowie Schienenfahrzeuge bis ins Jahr 2050 beschrieben (Kapitel 3.2) Im Anschluss wurden anhand der materialspezifischen Faktoren die benötigten Materialmengen im Szenario Transition errechnet (Kapitel 3.3) und mögliche Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs im Anschluss diskutiert (Kapitel 3.4).

3.1 Beschreibung IST

Zusammensetzung Materialbedarf

Der aktuelle Materialbedarf (2022, 2023 bzw. 2024) zur Erfüllung der Mobilitätsbedürfnisse in Österreich ergibt sich aus dem Erhalt bzw. der Sanierung von bestehenden Infrastrukturen, dem aktuellen Bau bzw. Ausbau von neuer oder bestehender Verkehrsinfrastruktur sowie den zugehörigen Fahrzeugen und deren Erhaltung.

Aktuelle Materialbedarfe des Mobilitätssektors (IST) wurden dabei erhoben bzw. abgeschätzt für:

- überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn)
- Autobahn- und Schnellstraßeninfrastruktur
- Schienenfahrzeuge
- U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur

Überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn)

Im Jahr 2023 betrug die Betriebslänge des überregionalen Schienennetzes in Österreich 5.636 km (SCHIG mbh, 2023). Die Gesamtlänge der Brücken am Netz betrug ca. 149 km, jene der Tunnel ca. 226 km (Neugebauer, 2022). Bei Aneinanderreihung aller Bahnsteige ergibt sich eine Gesamtlänge von 479 km. Etwa drei Viertel der ÖBB-Bahnstrecken in Österreich waren 2023 mittels Oberleitung elektrifiziert (ÖBB Holding AG, 2025). Tabelle 6 zeigt das Mengengerüst der überregionalen Schieneninfrastruktur in Österreich, die zugehörige Gesamttabelle findet sich in Anhang II, Tabelle 41.

Tabelle 6: Mengengerüst der überregionalen Schieneninfrastruktur in Österreich (2022 bzw. 2023) (SCHIG mbh, 2023, ÖBB Infrastruktur, 2024a, Neugebauer, 2022).

	2022 bzw. 2023	
	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren
Betriebslänge	5.636	
<i>Davon eingleisig</i>	<i>3.430</i>	
<i>Davon mehrgleisig</i>	<i>2.207</i>	
Freie Strecken	4.407	37
Brücken	149	100
Tunnel	226	141
Bahnsteige	479	37
Oberleitungen	8.093	58

Die Länge des österreichischen Schienennetzes hat seit den frühen 2000er-Jahren von knapp 6.500 km bis 2023 um knapp 1.000 km abgenommen, insbesondere durch die Stilllegung von Regional- und Anschlussbahnen (SCHIG mbh, 2023). Jedoch zeichnet sich in dieser Hinsicht aktuell eine Trendwende ab: Mit den großen Eisenbahntunnelprojekten Koralmbahn, Semmering-Basistunnel und Brennerbasistunnel gehen erstmals seit Jahrzehnten wieder neu gebaute, hochleistungsfähige Strecken in Betrieb. Allein bei der neuen Koralmbahn sind mit Dezember 2025 insgesamt 130 km neue Strecke (davon 55 km Tunnel) betriebswirksam geworden (ÖBB Holding AG, 2025). Für die IST-Materialbedarfe wurden Ausbauten und Sanierungen auf Ebene der unterschiedlichen Streckenbauwerke (freie Strecke, Tunnel, Brücken, Bahnsteige, Oberleitungen etc.) berechnet.

Autobahn- und Schnellstraßeninfrastruktur

Im Jahr 2022 betrug die Länge des österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetzes 2.258 km, die Gesamtfahrstreifenlänge (inkl. Pan-nenstreifen) 12.233 km (ASFINAG, 2024b). Unterteilt auf die unterschied-lichen Streckenbauwerke (freie Strecke, Tunnel, Brücken) hatten die freien Strecken dabei einen Anteil von etwa 82 % am Gesamtnetz, wäh-rend Brücken knapp 11 %, Tunnel etwa 4 % und die restlichen Bauwerke 2 % der Gesamtlänge der hochrangigen Straßeninfrastruktur in Öster-reich ausgemacht haben (Neugebauer, 2022).

Da für die Neuerrichtung hochrangiger Straßeninfrastrukturen keine jahresgenauen nach unterschiedlichen Streckenbauwerken unterteilten Werte vorliegen, wurden für den Vergleich des IST-Materialverbrauchs in dieser Straßenkategorie Unternehmensangaben der ASFINAG zum Ma-terialeinsatz im Jahr 2024 verwendet (siehe Tabelle 7), wobei es sich hier um die Gesamtwerte für alle Bauvorhaben (Neubau- und Ausbau, Sanie-rungen) handelt. Perspektivisch ist das hochrangige Straßennetz in Ös-terreich im Zeitraum 2000–2020 insgesamt um 319 km angewachsen (VCÖ, 2025a). Für die weiteren Straßenkategorien (Landesstraßen, Ge-meindestraßen) sind keine vollständigen Zahlen zum jährlichen Neubau dieser Straßenkategorien unterteilt nach Streckenbauwerken verfügbar, weswegen für diese Straßenkategorien keine Vergleichszahlen für den IST-Materialverbrauch errechnet wurden. Weiters stellen Um- bzw. Neu-definitionen von Straßentypen eine Herausforderung für diese Arten von Berechnungen dar (Steger, Fekkek und Bringezu, 2011). Das ge-samte den Berechnungen zugrundeliegende Mengengerüst findet sich in Tabelle 42, Anhang II.

U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur

Netzlänge Die Betriebslänge der Straßenbahnnetze in Österreich (Wien, Graz, Linz, Innsbruck, Gmunden) betrug zuletzt zusammengerechnet insgesamt ca. 330 km (Rechnungshof Österreich, 2020, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Wiener Linien, 2025, Wiener Li-nien, 2025, Holding Graz, 2021)), jene der U-Bahn (Wien) ca. 84 km (Wie-ner Linien, 2025). Für die österreichische U-Bahn- und Straßenbahninf-rastruktur wird davon ausgegangen, dass keine bestehenden Infrastrukturen rückgebaut werden. Daher sind die Zahlen für den Er-halt im Szenario Transition analog zu den Zahlen im IST – das für die Be-rechnung verwendete Mengengerüst findet sich in Tabelle 44, Anhang II.

Annahmen zum Ausbau Für aktuelle Neu- und Ausbauprojekte in Bereich U-Bahn und Straßen-bahn sind keine ausreichenden Angaben zum jährlichen Ausbau, unter-teilt nach unterschiedlichen Streckenbauwerken, verfügbar. Daher

wurde aufgrund von Erkenntnissen aus Gesprächen mit den Wiener Linien (siehe Anhang I: Reflexion mit der Wissenschaft und Einbeziehung von Stakeholdern) mit der Annahme gearbeitet, dass die aktuell bzw. in jüngerer Vergangenheit in Österreich in Bau befindlichen Strecken in etwa dem entsprechen, was für die Erreichung der Kennzahlen im Szenario Transition ausgebaut werden soll (U-Bahn: Linienkreuz U2xU5 (Stadt Wien, 2025b); Straßenbahn in Wien: Linien D, O, 12, 18 und 27 (Stadt Wien, 2025a); Graz: Linien 4 und 6; Linz: Linien 3 und 4; Innsbruck: Linien 2 und 5 (Rechnungshof Österreich, 2023)). Somit ist der Materialverbrauch auf dieser Betrachtungsebene im IST nur geringfügig höher als im Szenario Transition (da hier in weiterer Folge auch die Erhaltung der neu gebauten Strecken hinzukommt).

Schienenfahrzeuge

Bedeutung der Schienenfahrzeug-Industrie

Österreich verfügt traditionell über eine stark ausgeprägte Industrie zur Herstellung von Schienenfahrzeugen. Der heimische Anteil am globalen Handel beträgt 5,1 %. Mit 1,5 Mrd. Euro bedeutet das den weltweit siebenten Platz beim Export von Schienenfahrzeugen, während die Gesamtwertschöpfung in Österreich insgesamt 3 Mrd. Euro beträgt (VCÖ, 2025b). Aufgrund dieser hohen inländischen Produktion wird in den Berechnungen davon ausgegangen, dass die in Österreich eingesetzten Schienenfahrzeuge bilanziell gesehen auch hier produziert werden (und somit die Materialbedarfe auch in Österreich anfallen).

Annahmen zum Ausbau

In Hinblick auf den Sektor der Schienenverkehrsfahrzeuge decken sich die aktuellen Ausbauziele in den Bereichen Nahverkehrszüge (plus 38 % Sitzplätze im Zeitraum 2022 bis 2030), Fernverkehrszüge (plus 68 % Sitzplätze im Zeitraum 2022 bis 2030) (ÖBB Holding, 2024), U-Bahnen (Annahme plus 10 % bis 2050) und Straßenbahnen (Annahme plus 30 % bis 2040) in etwa mit dem Bedarf für die Erreichung der Ausbauziele im Schienenverkehrsbereich im Szenario Transition. Aus diesem Grund sind in der vorliegenden Studie die Werte für das IST ähnlich hoch wie im Szenario Transition, nur die Erhaltung der zukünftig angeschafften Fahrzeuge ist in dieser Betrachtung nicht enthalten (analog zum Bereich der U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur). Außerdem wird in der Betrachtung davon ausgegangen, dass bestehende Personenverkehrsfahrzeuge weiter im Dienst bleiben, da sie vermehrt entkernt und modernisiert werden („refurbishment“), um den Fahrkomfort und die technische Zuverlässigkeit beizubehalten bzw. zu verbessern, was eine kostengünstige Alternative im Vergleich zur Neuanschaffung darstellt (ÖBB, 2025a, Zukunft Bahn, 2024). Die gesamten zugrundeliegenden Mengengerüste in Hinblick auf Schienenfahrzeuge finden sich in Tabelle 45, Anhang II.

Straßenverkehrsfahrzeuge (Pkw, Lkw, Busse etc.) wurden in dieser Untersuchung nicht betrachtet, da in Österreich in diesen Bereichen größtenteils nur Assemblagen stattfinden und die dafür aufgewendeten Materialien größtenteils nicht aus Österreich stammen.

3.2 Szenario Transition – Materialverbrauch

Entwicklung Energieverbrauch

Das Szenario Transition des Umweltbundesamts beschreibt auch für den Verkehrssektor die nötigen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040 in Österreich. Demnach sinkt der Endenergieverbrauch im Verkehr bis 2030 um 33 % (im Vergleich zum Ausgangsjahr 2021), bis 2040 dann um 60 % und schlussendlich bis 2050 um 65 % (Umweltbundesamt, 2023).

Energieträger

Der Hauptenergieträger im Verkehrsbereich war im Jahr 2021 noch das Öl, während Strom am Endenergieverbrauch (EEV) noch eine untergeordnete Rolle gespielt hat. Während im Szenario Transition im Jahr 2030 der Energieträger Öl sich nur noch auf etwa der Hälfte des Niveaus von 2021 befindet, holt Strom als Energieträger stark auf. Bis 2050 soll Öl als Energieträger für den Verkehrssektor fast ausschließlich durch Strom aus erneuerbaren Energien ersetzt werden (Umweltbundesamt, 2023).

Maßnahmen

Einerseits sieht das Szenario Transition im Mobilitätssektor eine Reihe regulatorischer Maßnahmen vor, welche keine oder nur indirekte Auswirkungen auf der Ebene der Materialien haben (Tempolimits, Erhöhung der Kostenwahrheit durch steuerliche Anpassungen, kilometerabhängige Maut, Flottenelektrifizierung). Darüber hinaus enthält das Szenario auch ein Bündel an Maßnahmen, die Wirkungen auf Infrastrukturen haben bzw. deren Bau oder Ausbau notwendig machen (Umweltbundesamt, 2023). Zur Abschätzung der Auswirkungen auf diese für die Kreislaufwirtschaftsziele relevanten Materialien wurden für einzelne Bereiche Berechnungen auf Basis der Ziele des Szenarios Transition angestellt. Diese umfassen

- überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn),
- Straßeninfrastruktur (Autobahn- und Schnellstraßennetz, Landesstraßen, Gemeindestraßen, Forststraßen, Radwege),
- Straßenbahn- und U-Bahninfrastruktur und
- Schienenfahrzeuge.

Überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn)

Ausbau Das Szenario Transition sieht für den Schienenbereich einen intensiven Ausbau der Infrastruktur vor, um den Umstieg vom Individualverkehr auf (schienengebundene) öffentliche Verkehrsmittel zu ermöglichen. Darüber hinaus begünstigt auf Verdichtung fokussierte Raumplanung die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, weil Siedlungsgebiete dadurch besser erschließbar sind. Weiters erfordert auch das Ziel der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene gesteigerte Schienenkapazitäten sowie die weitere Elektrifizierung vorhandener Strecken (Umweltbundesamt, 2023).

Betriebslänge und Leistungssteigerung Der Ausbau der überregionalen Schieneninfrastruktur und somit des Materialbedarfs wurde (entsprechend den Annahmen im Szenario Transition) anhand des ÖBB Zielnetz 2040 sowie des aktuellen ÖBB-Rahmenplans abgeschätzt (BMK, 2024d, ÖBB Infrastruktur, 2025). Dabei wird laut ÖBB die überregionale Schieneninfrastruktur in Österreich bis 2040 um 35 % ausgebaut (ÖBB Holding AG, 2025). Die den Berechnungen zugrunde liegende Annahme lautet, dass 50 % dieser Infrastrukturen neue Strecken bzw. Gleise sind. Diese Steigerung bedeutet eine Zunahme der Schienennetz-Betriebslänge um knapp 42 km pro Jahr bzw. absolut um knapp 800 km bis 2050. Für Oberleitungen wurde angenommen, dass zusätzlich zu den neu errichteten sowie zu den zu sanierenden (bestehenden) Strecken weitere Abschnitte in der Länge von 0,5 % des Gesamtnetzes (Ausgangsjahr 2023) pro Jahr bis 2040 elektrifiziert werden, womit dann ca. 90 % der Strecken in Österreich elektrifiziert sind (für den Rest lautet die Annahme, dass diese Strecken fahrzeugseitig elektrifiziert werden). Die weiteren Steigerungen in der Personenverkehrsleistung in den Jahren 2041–2050 (Umweltbundesamt, 2023) werden nicht mehr über Ausbauten der Strecken erreicht, sondern über Schienenfahrzeuge mit höherem Fassungsvermögen (Doppelstock, längere Fahrzeuge) bzw. eine Ausweitung der Betriebszeiten und Verdichtung der Takte.

Die Abgrenzung der Infrastrukturen zwischen den einzelnen Sektoren ist schwierig, aber notwendig, um die Berechnungen durchführen zu können. So wurden Bahnhofsgebäude, Bahnsteigdächer, Begleitwege oder auch Unterführungen unter Bahnstrecken nicht in der Berechnung berücksichtigt.

Straßeninfrastruktur

umfasste Anlagen Der Materialbedarf im Szenario Transition wurde für Österreichs Straßeninfrastruktur anhand des Autobahn- und Schnellstraßennetzes (inkl. Rastanlagen, Tunnel und Brücken), der Landesstraßen (inkl. Tunnel und

Brücken), Gemeindestraßen (inkl. Brücken), öffentlicher oberirdischer Parkplätze (ab einer Größe von 1.500 m²) sowie der Forststraßen und Radwege berechnet.

Neubau Die Grundannahme in Szenario Transition lautet, dass keine neuen Straßen gebaut werden (Umweltbundesamt, 2023). Somit wurde für den Straßenbereich nur die Instandsetzung und Sanierung oben genannter Straßentypen berechnet. Einzig für den Radwegebau wurde ein Neubau zusätzlicher Infrastrukturen berechnet, da im Szenario Transition der Radverkehrsanteil deutlich steigt.

Auswirkungen auf Gebäudebereich Es wird darauf hingewiesen, dass die Annahme „keine neuen Straßen“ Auswirkungen auf den Gebäudebereich hat, denn wenn keine neuen Straßen gebaut werden, können auch keine neuen Siedlungen entstehen, welche durch neue Straßen angebunden werden müssten – der Gebäudebereich kann sich also nur auf bereits versiegelten Flächen bzw. entlang von bestehenden Verkehrswegen entwickeln. Nicht berechnet für den Bereich Straße wurden zugehörige Infrastrukturen, wie Tankstellen- und Ladeinfrastruktur, Tiefgaragen, Begleitwege und Fußverkehrsflächen.

hohe Dichte in Österreich Bei der Streckenlänge über alle Straßenkategorien hinweg liegt Österreich mit 14,5 m pro Kopf (2023) im europäischen Spitzenfeld. Das Streckennetz pro Kopf ist demnach um 40 % länger als in Italien, um 60 % länger als in Deutschland und um 65 % länger als in der Schweiz (VCÖ, 2025a). Aufgrund dieser Dichte an Straßenverkehrsinfrastruktur sind demnach beträchtliche Mengen an Materialien allein für Erhalt und Sanierung dieser Bauten erforderlich.

Materialverbrauch Tabelle 7 zeigt den Vergleich der von der ASFINAG gemeldeten Gesamtmaterialverbräuche für alle Bauvorhaben im Jahr 2024 mit den errechneten Werten für einige Bereiche des Autobahn- und Schnellstraßennetzes im Szenario Transition (freie Strecken, Brücken, Tunnel, Rastanlagen und Leitplanken).

Tabelle 7: Von der ASFINAG gemeldete IST-Materialeinsätze (2024) im Vergleich zu den für bestimmte Streckenabschnitte errechneten Materialbedarfen für Sanierungen (Betriebsangaben ASFINAG; eigene Berechnungen auf Basis von (Neugebauer, 2022)).

Material	Materialeinsatz für Sanierungen, Neu- und Ausbauten ASFINAG 2024 in [t]	Materialeinsatz für Sanierungen (Transition) bestimmter Bereiche im A&S-Netz 2024 in [t]
	Quelle: ASFINAG Unternehmensangaben	Quelle: eigene Berechnung
Stahl	76.000	31.479
Asphalt ¹	1.440.000	152.843
Beton ²	1.380.000	567.655
Schüttmaterial ³ (ASFINAG) Kies (eigene Berechnung)	1.500.000	59.854

¹ Für Asphalt wurde davon ausgegangen, dass 1 m³ ca. 1,8 Tonnen wiegt.
² Für Beton wurde davon ausgegangen, dass 1 m³ ca. 2,3 Tonnen wiegt.
³ Für Schüttmaterial wurde davon ausgegangen, dass 1 m³ ca. 1,5 Tonnen wiegt.

Straßenbahn- und U-Bahninfrastruktur

massiver Ausbau Die österreichische U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur wird im Szenario Transition zur Reduktion des MIV im urbanen Bereich massiv ausgebaut, wobei die Annahmen für den Ausbau in diesem Szenario deckungsgleich sind mit jenen, die der Berechnung des IST-Materialbedarfs (aufgrund aktuell hoher Ausbauraten) zugrunde liegen¹. Die Straßenbahnnetze in Österreich wachsen demnach bis 2050 um eine Betriebslänge von knapp 100 km bzw. um 30 % (Ausgangsjahr 2023). Für den Bereich U-Bahn wird davon ausgegangen, dass der weitere Streckenausbau nur ca. 10 % bis 2050 beträgt, was einer zusätzlichen Betriebslänge von ca. 8,4 km entspricht.

Ausnahmen In die Berechnungen nicht eingeflossen sind unterirdische Straßenbahnabschnitte, wie sie fallweise in einzelnen Städten bzw. auf einzelnen Linien existieren, und energievorsorgende Infrastruktur für Straßenbahnen oder U-Bahnen, da diese bei den materialbedarfsspezifischen Faktoren in der Literatur nicht berücksichtigt wurden (Neugebauer, 2022).

¹ Siehe Kapitel 3.1.

Schienenfahrzeuge

Fahrzeugbestand Personenverkehr	Im Personenverkehr umfasste der Fahrzeugbestand im österreichischen überregionalen Schienenverkehr der ÖBB im Jahr 2022 174 Züge (bzw. 54.000 Sitzplätze) im Fernverkehr und 672 Züge (bzw. 167.000 Sitzplätze) im Nahverkehr (ÖBB Holding, 2024). Trotz sinkender Netzstreckenlänge in den vergangenen beiden Jahrzehnten ² hat sich die Personenverkehrsleistung im Schienenbereich zuletzt deutlich erhöht (SCHIG mbh, 2023), was auf mehr Verbindungen auf bestehenden Strecken, eine gesteigerte Auslastung der vorhandenen Streckenkapazitäten und insbesondere auf neues Wagenmaterial zurückzuführen ist.
Fahrzeugbestand Güterverkehr	Im Güterverkehr sind neben der ÖBB Rail Cargo Austria AG viele unterschiedliche Anbieter in Österreich aktiv. Die im Eigentum der ÖBB stehenden knapp 24.000 Güterwaggons (ÖBB, 2025b) stellen dem Marktanteil von knapp über 50 % folgend etwa die Hälfte des eingesetzten Rollmaterials in Österreich im Güterverkehr dar. Unschärfen bestehen darin, dass der Güterverkehr oft international organisiert und somit eine Abgrenzung des Wagenmaterials auf österreichische Anteile teilweise nur bedingt möglich ist.
Fahrzeugbestand U-Bahnen, Straßenbahnen	Die Anzahl der Fahrzeuge, welche die österreichischen U-Bahn- und Straßenbahnnetze bedienen, betrug zuletzt (2023 bzw. 2024) knapp 150 U-Bahnen und ca. 750 Straßenbahngarnituren (Wiener Linien, 2025, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Holding Graz, 2021, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, Rechnungshof Österreich, 2020), wobei es auch hier Steigerungen aufgrund von Streckenausweitungen und Taktverdichtungen sowie Neuanschaffungen aufgrund von Anforderungen zur Barrierefreiheit gegeben hat.

3.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch

Viele materialbedarfsspezifischen Faktoren (in Tonnen Material pro Meter errichteter Infrastruktur) sind für die Neuerrichtung von Schienen- und Straßeninfrastruktur bekannt (Neugebauer, 2022). Auf Basis dieser Werte wurden die Materialbedarfe für Sanierungen geschätzt.

In Tabelle 8 sind beispielhaft materialbedarfsspezifische Faktoren für die Neuerrichtung unterschiedlicher Streckenbauwerke im Schienenbereich angeführt. Die weiteren in den Berechnungen verwendeten

² Siehe Kap. 3.1.

materialbedarfsspezifischen Faktoren (Straße, U-Bahn- und Straßenbahnen, sowohl für Neuerrichtung als auch für Sanierung) finden sich in Tabelle 46 bis Tabelle 51, Anhang II.

Tabelle 8: Materialbedarfsspezifische Faktoren für den Neubau von Eisenbahninfrastruktur (freie Strecken, Tunnel, Brücken) (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

Materialbedarfs-spezifische Faktoren	Freie Strecke ¹	Tunnel ²	Brücken ³
	t/m	t/m	t/m
Erdarbeiten	38,6	87,7	17,0
Kies	1,6		
Schotter	16,0		10,4
Beton	0,8	47,8	71,7
Bewehrungs- und Baustahl		2,3	5,7
Schienenstahl	0,2	0,2	0,2
Sonstige			0,1

¹ Gewichteter Mittelwert eingleisig zu mehrgleisig (AT)

² Bergmännische Bauweise, zweigleisige Tunnelröhre

³ Gewichteter Mittelwert Massivbrücke zu Stahlbrücke (AT)

Überregionale Schieneninfrastruktur (Eisenbahn)

Materialbedarf

Die Summe aus materialbedarfsspezifischen Faktoren und dem jeweiligen Mengengerüst (jährlicher Neubau pro Streckenbauwerk, siehe Kapitel 3.1) in Verbindung mit der durchschnittlichen Lebenszeit der Infrastruktur (für Sanierungen) ergibt den jährlichen Materialbedarf. Im Bereich der Eisenbahn ist dabei in Tabelle 9 der Materialbedarf im Jahr 2023 bzw. 2024 sowie die durchschnittliche jährliche Entwicklung des Materialbedarfs im Szenario Transition von 2022 bis 2050 (unterteilt nach Dekaden) dargestellt. Berücksichtigt wurden hierbei jeweils die freien Strecken, Brücken, Bahnsteige, Oberleitungen und Erdkabel (Sanierung und Ausbau).

Tabelle 9: Materialbedarf im Bereich überregionale Schieneninfrastruktur: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ÖBB Infrastruktur, 2024a, ÖBB Infrastruktur, 2025, ÖBB Holding AG, 2025b)

	IST	TRANSITION		
	2023 bzw. 2024	2023–2030	2031–2040	2041–2050
Materialien	t/a			
Erdarbeiten	1.262.181	1.858.459	1.858.459	-
Sand	18.172	18.527	19.164	8.681
Splitt	953	953	953	-
Kies	254.004	216.985	228.023	150.331
Schotter	2.300.237	2.008.301	2.107.674	1.353.363
Asphalt	19.614	20.152	21.119	13.168
Beton	625.748	529.110	547.226	224.945
Bewehrungs- und Baustahl	21.700	20.439	20.931	5.201
Schienenstahl	35.051	30.205	31.800	21.658
Industriekeramik	73	119	127	72
Kupfer	842	1.095	1.147	770
Kunststoff	426	490	510	388
Aluminium	175	320	810	627
Sonstige	35	172	175	41

Straßeninfrastruktur

nur Sanierungen (außer Radwege)

Auf Basis der materialbedarfsspezifischen Faktoren im Straßenneubau in Verbindung mit den Mengengerüsten wurden für die Straße in den Bereichen Autobahn- und Schnellstraßennetz, Landesstraßen, Gemeindestraßen, öffentliche oberirdische Parkplätze, Forststraßen und Radwege die notwendigen Materialbedarfe für die Sanierungen errechnet. Lediglich im Bereich der Radwege ist auch der Neubau von zugehörigen Infrastrukturen folgend den Annahmen des Szenario Transition in den Berechnungen enthalten (siehe Kapitel 3.2). Da die IST-Werte nur für das Autobahn- und Schnellstraßennetz erhoben wurden, gibt es für diesen Bereich keinen Vergleich mit IST-Gesamtzahlen in der Tabelle 10.

Tabelle 10: Materialbedarf im Bereich überregionale Straßeninfrastruktur im Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ASFINAG, 2024a, BMK, 2024c, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 2025, AustriaTech, 2024).

	TRANSITION		
	2024–2030	2031–2040	2041–2050
Materialien	t/a		
Erdarbeiten	2.941.818	2.941.818	0
Beton	1.373.549	1.373.549	1.373.549
Stahl	62.078	62.078	62.078
Asphalt	7.111.949	7.130.494	6.471.121
Asphaltbeton	168.304	168.304	168.304
Felsbrechgut	1.114.879	1.114.879	1.114.879
Kies	6.395.584	6.417.285	4.000.579
Schotter	12.208.000	12.208.000	12.208.000

Straßenbahn- und U-Bahninfrastruktur

Für den Bereich der Straßenbahn und U-Bahn sind ebenfalls material-spezifische Faktoren für den Neubau vorhanden (Neugebauer, 2022), auf deren Basis in Kombination mit der durchschnittlichen Lebenszeit die notwendigen Materialien für die Sanierungen vorhandener Strecken erhoben wurden. Hierbei wird – wie in Kapitel 3.1 beschrieben – davon ausgegangen, dass die jährlichen Ausbauraten im IST ausreichen, um bei langfristiger Beibehaltung dieser Streckenzubauten die Ziele im Szenario Transition zu erreichen. Deshalb unterscheiden sich die Werte nur geringfügig zwischen IST und Transition (bei letzterem ist lediglich die Erhaltung der in der Zwischenzeit gebauten Strecken zusätzlich enthalten).

Tabelle 11: Materialbedarf im Bereich U-Bahn und Straßenbahn: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. (Stadt Wien, 2025a, Wiener Linien, 2023, Wiener Linien, 2025, Holding Graz, 2021, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, Rechnungshof Österreich, 2023) und eigene Berechnungen.

	IST	TRANSITION		
	2023 bzw. 2024	2023–2030	2031–2040	2041–2050
Materialien	t/a			
Erdarbeiten	40.896	40.896	40.896	40.896
Beton	60.463	60.769	62.121	63.712
Bewehrungsstahl	3.198	3.232	3.304	3.389
Splitt	1.355	1.096	1.096	1.096
Schienenstahl	2.468	2.797	2.943	3.115
Asphalt	8.432	8.436	8.902	9.452
Kies	305	305	305	305

Schienenfahrzeuge

Materialspezifische Faktoren für den Bau und Erhalt von repräsentativen Schienenfahrzeugen sind bekannt (Fernverkehrszug, Nahverkehrszug, Güterzug, U-Bahn und Straßenbahn). Die Anzahl der neuen Fahrzeuge, welche in den Jahren 2023 bzw. 2024 in Österreich zum Einsatz gekommen sind, bilden dabei den IST-Wert; die Hochrechnung der im Szenario Transition notwendigen zusätzlichen Fahrzeuge (sowie die Erhaltung der restlichen) ist wieder aufgeteilt nach Dekade angegeben.

Tabelle 12: Materialbedarf im Bereich Schienenfahrzeuge: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ALSTOM, 2022a, ALSTOM, 2022c, ALSTOM, 2023b, ALSTOM, 2022b, Öko-Institut, 2013).

	2023 bzw. 2024	IST	TRANSITION	
		2023–2030	2031–2040	2041–2050
Materialien		t/a		
Stahl (inkl. Edelstahl)	7.041	11.237	12.460	13.740
Aluminium	1.903	3.485	3.994	4.529
Kupfer	154	144	167	191
Restl. Metalle	516	896	996	1.001
Elektrisches Equipment	365	761	807	910
Kunststoffe	929	1.337	1.572	1.819
Glas	128	222	222	222
Sonstige	826	1.062	1.268	1.483

3.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

herausfordernde Ziele

In der Mobilität zeigt sich sehr deutlich, dass zur Erreichung der Ziele des Szenario Transition – und damit der Klimaneutralität – zunächst in vielen Bereichen zusätzlich Materialien für den Neubau von Infrastruktur aufgewendet werden müssen. Darüber hinaus müssen die bereits gebauten Infrastrukturen auch erhalten werden, was ebenfalls große Materialaufwände verursacht. Insofern stellt sich die gleichzeitige Erreichung des übergeordneten Ziels der Klimaneutralität sowie der Ziele der Kreislaufwirtschaftsstrategie in der Mobilität als herausfordernd dar.

Als Hebel zur möglichen Senkung des Materialverbrauchs im Lichte des Szenario Transition können insbesondere die folgenden genannt werden:

- keine neuen Straßen (Annahme im Szenario Transition)
- Redimensionierung bzw. Umnutzung von Straßen bei Sanierungen
- Verlängerung der Lebensdauer von Schienenfahrzeugen
- Recyclingmaterialien für den Einsatz von Primärrohstoffen
- regulatorische Maßnahmen
- weitere Bereiche

Keine neuen Straßen

zusätzliche Maßnahmen erforderlich

Die zugrundeliegende Annahme im Szenario Transition lautet, dass keine neuen Straßen gebaut werden. Der Straßenbereich verursacht – trotz massiven Ausbaus der Schieneninfrastruktur – mit Abstand den größten Anteil an Materialbedarfen unter den verschiedenen betrachteten Bereichen – dies, obwohl hier lediglich die Sanierungen in den Berechnungen enthalten sind. Da aufgrund dieser Annahme der Materialbedarf im Vergleich zum IST bereits signifikant niedriger ist (siehe Kapitel 3.2) sind weitere Materialeinsparungen nur durch die Umsetzung ambitionierter zusätzlicher Maßnahmen möglich.

Redimensionierung bzw. Umnutzung von Straßen bei Sanierungen

Rückbau von Fahrspuren

Überall dort, wo Straßen saniert werden, wird der Querschnitt ver schmälert (ggf. bei Verringerung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit) und somit der Materialbedarf bei der nächsten Sanierung verringert. Der Rückbau von Fahrspuren für den Individualverkehr sowie für den Schwerverkehr kann zu einer Verlagerung auf (schienengebundene) öffentliche Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr führen, wenn dort zugleich die notwendigen Kapazitäten und Verbindungen sichergestellt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Umnutzung von Straßenteilen bzw. -fahrspuren für den Radverkehr (oder innerorts auch für den Fußverkehr bzw. zur Begrünung). Würde man die in der Berechnung enthaltenen Radwege zur Steigerung des Radverkehrsanteils nicht neu errichten, sondern auf bestehenden Verkehrsflächen des Individualverkehrs verwirklichen, könnte man etwa 10 % des jährlichen Gesamtbedarfs im Straßenbereich an Asphalt und ca. 25 % des Bedarfs an Kies einsparen.

Einsatz von Recyclingmaterialien

Der Einsatz von Recyclingmaterialien für Infrastrukturbau (bzw. ebenso für den Einsatz im Bau von Schienenfahrzeugen) ist ein effektives Mittel zur Verringerung der Menge an notwendigen. Das verstärkte Recycling von Baumaterialien ist einerseits abhängig von der Art und Weise, wie Materialien verbaut werden (Recyclingfähigkeit), und andererseits davon, wie viele Bauten im Allgemeinen bzw. Infrastrukturen im Speziellen abgebrochen werden.

Gleisschotter-Recycling

Beispiele für den Einsatz von Recyclingmaterialien und somit verringerten Primärmaterialeinsatz durch die Verwendung von Recycling-Baustoffen finden sich bereits bei ÖBB und ASFINAG. So führen die ÖBB beispielsweise an, dass im Jahr 2023 ca. 243.000 Tonnen Gleisschotter wiederverwendet wurden (wieder als Gleisschotter oder als Bestandteil

neuer Tragschichten) (ÖBB, 2024). Bei einem berechneten Input von 2.300.237 Tonnen Schotter für alle Bauprojekte im Eisenbahnbereich 2023 bedeutet das, dass bereits ca. 10 % des Primärmaterialbedarfs an Schotter durch den Einsatz von Recyclingschotter abgedeckt werden.

**Recycling von
Waggons**

Darüber hinaus führen die ÖBB (bzw. deren Güterwagen-Innovation TransANT) alte Güterverkehrswaggons vollständig dem Recycling zu, wodurch im Jahr 2023 Primärmaterial für die Produktion von 1.396 Tonnen Stahl eingespart werden konnte, 2022 sogar 6.085 Tonnen (ÖBB, 2024). Diese Einsparung steht einem Gesamtmaterialbedarf an Stahl von derzeit (IST) 56.751 Tonnen gegenüber, womit die recycelte Menge 2023 2,5 % des Gesamtbedarfes an Stahl entspricht, 2022 waren es jedoch bereits 10,7 %.

**Recycling von
Aushub- und Ab-
bruchmaterial**

Die ASFINAG führt an, dass im Jahr 2022 1,21 Mio. Tonnen an angefallenem Aushubmaterial recycelt wurden, was laut Eigenangabe einer Recyclingquote von 85 % entspricht. Beim Beton wurden 160.000 Tonnen dem Recycling zugeführt (Recyclingquote von 87 %). Im Bereich des Asphalts wurden 290.000 Tonnen wiederverwendet, was laut Eigenangabe für diese Stoffklasse einer Recyclingquote des abgebrochenen Asphalts von 96 % entspricht (ASFINAG, 2024a). Hochgerechnet auf 100 % (Gesamtmenge des Asphaltabbruchs 302.000 Tonnen) und verglichen mit den von der ASFINAG gemeldeten Zahlen zum Materialeinsatz (siehe Tabelle 7) bedeutet das, dass die Menge des Asphaltabbruchs insgesamt etwa 20 % des eingesetzten Asphalts für Neubauten und Sanierungen abdeckt (und somit ein viel größerer Anteil neu verbaut als abgebrochen wird). Das heißt, dass der Bestand an Infrastruktur im Autobahn- und Schnellstraßennetz weiterhin stark zunimmt. Würden nur die betrachteten Sanierungsarbeiten am Autobahn- und Schnellstraßennetz durchgeführt (Berechnungen Transition, Tabelle 7), könnten mehr als 50 % des nötigen Asphalteinsatzes aus Recyclingasphalt bedient werden.

Regulatorische Maßnahmen

**Infrastruktur-
entlastung,
freie Kapazitäten**

Ein großer Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs im Verkehrsreich ist die Umsetzung der im Szenario Transition beschriebenen regulatorischen Maßnahmen (Umweltbundesamt, 2023). Diese umfassen eine auf Verdichtung fokussierte Raumordnung (dadurch können Siedlungsgebiete durch öffentliche Verkehrsmittel besser erschlossen werden), die Erhöhung der Kostenwahrheit zwischen Straße und Schiene, eine ausreichend hohe CO₂-Bepreisung, eine kilometerabhängige Maut für alle Straßenfahrzeuge und eine Reduktion der Tempolimits auf Österreichs Straßen. Durch diese Maßnahmen wird einerseits die vorhandene Infrastruktur weniger belastet bzw. abgenutzt und

Materialeinsparungen können durch eine Erhöhung der Sanierungsintervalle erreicht werden. Andererseits werden dadurch Kapazitäten frei, was einen Rückbau nicht mehr benötigter Infrastruktur ermöglicht. Die dabei zurückgewonnenen Materialien können wiederum zumindest teilweise für den Ausbau und die Sanierung von Schieneninfrastruktur verwendet werden, was dort im Umkehrschluss den Bedarf an Primärmaterialien reduziert.

Weitere Bereiche

Innovation, Verlagerung, Reduktion

Da der Ausbau insbesondere der schienengebundenen Verkehrsinfrastruktur zur Erreichung der Klimaneutralität unabdingbar ist, sind in diesem Bereich (neben den bereits diskutierten) keine weiteren größeren Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs erwartbar. Innovationen wie Leichtbauweise im Schienenfahrzeugbereich (TU Graz, 2022), eine Verlängerung der Lebensdauer durch Refurbishment (ÖBB, 2025a, Zukunft Bahn, 2024) oder ähnliche Maßnahmen können den fahrzeugseitigen Bedarf an Primärmaterialien weiter senken. Indirekte Materialeinsparungen können durch die im Szenario Transition beschriebene Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene erreicht werden, da der Güterverkehr auf der Straße für einen Großteil der Abnutzung verantwortlich ist (VCÖ, 2023). Eine generelle Aktivitätsreduktion (Verkehrsvermeidung) sowie eine gesteigerte Materialeffizienz in der Errichtung oder Sanierung, erhöhte Recyclingfähigkeit und der verstärkte Einsatz von Sekundärmaterialien könnten weitere Senkungen der Materialbedarfe in diesen Bereichen bringen.

Vergleich IST und Transition

Ausbauraten entscheidend

Der Vergleich der Materialbedarfe im IST mit jenen im Szenario Transition zeigt, dass der Umbau der Infrastruktur zur Erreichung der Klimaneutralität in Österreich im Mobilitätsbereich große Materialbedarfe verursacht, bei gleichzeitig hohen Materialbedarfen zur Erhaltung vorhandener Infrastrukturen. Da sich die materialbedarfsspezifischen Faktoren – ähnlich wie in der Energiewirtschaft – in Bezug auf die baulichen Infrastrukturen zukünftig wohl nicht grundlegend ändern werden, hängt der Materialbedarf primär von den Ausbauraten ab. Einzig im Bereich der Schienenfahrzeuge sind durch weitere Innovationen zukünftig Materialeinsparungen grundsätzlich möglich – auch wenn die Mengen hierbei im Vergleich zu den infrastrukturellen Komponenten gering sind.

Schienennetz: Beispielsweise Beton, Stahl

Im Bereich des überregionalen Schienennetzes (siehe Tabelle 9) wird aktuell (IST) in einigen wenigen Bereichen geringfügig mehr Material benötigt als in den unterschiedlichen Dekaden des Szenario Transition (z. B.

Asphalt, Erdarbeiten). In den meisten Materialkategorien wird jedoch im IST mehr Material verbraucht als für das Szenario Transition berechnet wurde. Beim Beton sind es beispielsweise 625.000 Tonnen im IST, die erste Dekade des Szenario Transition liegt bei 529.000 Tonnen Betonbedarf, die letzte Dekade überhaupt nur mehr bei 225.000 Tonnen. Ähnlich verhält sich auch der Stahlbedarf (Bewehrungsstahl, Baustahl und Schienenstahl), welcher aktuell bei ca. 57.000 Tonnen pro Jahr liegt (IST), in der ersten Dekade des Szenario Transition liegt dieser bei ca. 51.000 Tonnen pro Jahr und in der dritten Transition-Dekade nur mehr bei 26.000 Tonnen pro Jahr und damit bei weniger als der Hälfte des Bedarfs im IST.

Gründe für geringeren Materialbedarf

Diese geringeren Materialbedarfe im Szenario Transition im Vergleich zum IST sind insbesondere darauf zurückzuführen, dass mit den drei großen Tunnelbaustellen Koralmbahn, Semmering-Basistunnel und Brennerbasistunnel Materialbedarfe anfallen bzw. angefallen sind, da die materialspezifischen Faktoren pro gebautem Meter Infrastruktur im Bereich Tunnelbau um ein Vielfaches höher liegen als beispielsweise bei der freien Strecke. Darüber hinaus wurde im Szenario Transition mit der Annahme gearbeitet, dass ab 2040 keine weiteren Schienenstrecken neu gebaut werden, und somit fällt in dieser Dekade nur noch der Erhalt der bestehenden Infrastrukturen an (die weitere Steigerung der Personenverkehrsleistung wird über dichtere Intervalle und den Einsatz von längeren bzw. Doppelstockgarnituren erreicht).

Straßenverkehr

Im Bereich des Straßenverkehrs werden aus Gründen der Vergleichbarkeit die Zahlen im IST (Tabelle 7) mit den Werten im Szenario Transition nur für den Autobahn- und Schnellstraßenbereich verglichen und nicht mit den Zahlen der gesamten Verkehrsinfrastruktur. Dabei ist festzuhalten, dass in der Berechnung der Materialbedarfe für Sanierungen nur einzelne Bereiche inkludiert sind (freie Strecke, Tunnel, Brücken, Rastanlagen und Leitplanken), nicht aber der gesamte Bereich der Autobahn- und Schnellstraßeninfrastruktur. Es zeigt sich, dass für die betrachteten Bauten beim Beton und Stahl beachtliche Mengen für die Sanierungen aufgewendet werden (im Vergleich jeweils knapp die Hälfte), bei Asphalt und Schüttmaterialien sind die Werte niedriger (siehe Tabelle 7). Einerseits bedeutet das, dass durch die vorhandenen Infrastrukturen bereits eine starke „Pfadabhängigkeit“ besteht, die nur aufgebrochen werden könnte, indem man vorhandene hochrangige Straßeninfrastruktur rückbaut. Andererseits würden die Materialbedarfe immer weiter ansteigen, würde man weiter neue Straßeninfrastruktur bauen.

Schienenfahrzeuge

In den Bereichen der Schienenfahrzeuge sowie der U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur sind die Zahlen im IST und im Szenario Transition

aufgrund gleichlautender Annahmen etwa gleich (siehe Kapitel 3.1 bzw. 3.2). Aufgrund starker Wachstumsraten im Schienenbereich werden aktuell etwa so viele neue Schienenfahrzeuge angeschafft wie langfristig für die Erreichung der Ziele im Szenario Transition notwendig wären. Ähnlich gestaltet es sich mit dem Ausbau der lokalen öffentlichen Schieneninfrastruktur: Mit dem Ausbau des Linienkreuzes U2/U5 in Wien und zahlreichen Neubauprojekten im Bereich der Straßenbahn in Wien und weiteren großen Städten Österreichs wird ebenfalls aktuell das Ausbautempo erreicht, welches langfristig zur Erreichung des Szenario Transition notwendig wäre.

4 GEBÄUDE

4.1 Beschreibung IST

Der Materialbedarf im Gebäudesektor lässt sich vor allem auf die Aktivitäten Neubau, Instandhaltungsmaßnahmen und thermische Sanierungen zurückführen. Darüber hinaus werden auch Abbruchmassen berücksichtigt.

Datenbasis Der Ist-Materialbedarf für das Jahr 2023 wurde auf Basis folgender Parameter und Datenquellen berechnet:

Tabelle 13: Parameter und Datenquellen für die Berechnung des IST-Materialbedarfs 2023 des Gebäudesektors (Umweltbundesamt: eigene Darstellung).

	Beschreibung	Quelle
Neubau	Nutzfläche in m ² , umgerechnet in Bruttogeschossfläche zur Modellierung	Statistik Austria, 2024
Instandhaltung	Differenz der Nutzflächen aus der Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) zwischen 2022 und 2023 für Bauperioden ab 2011, abzüglich bereits im Neubau berücksichtigter Flächen	Statistik Austria, 2025a
Thermische Sanierungen	1,4 %* des Gebäudebestands 2023, basierend auf der Entwicklung in den Vorjahren	UBA/IIBW, 2023
Abbruch	Rückgang von Gebäudeflächen aus Bauperioden vor 1970 von 0,16 %	Statistik Austria, 2025a

**Umfassendes Sanierungsäquivalent, berechnet aus der Rate umfassender Sanierungen sowie aus auf deren Äquivalent hochgerechneten Einzelmaßnahmen.*

umfasste Bereiche Das Kapitel beschränkt sich auf die Bausubstanz von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Gebäudetechnik, Elektroinstallationen und Einrichtung werden nicht betrachtet, ebenso wenig wie sonstige Bauwerke (z. B. Hoch- und Tiefgaragen, Nebenanlagen wie Müllabstellplätze, Gartengebäude, Terrassen, Pergolen, Einfahrten, Betonwege, Swimmingpools, landwirtschaftliche Betriebsanlagen, Lagerplätze, Umschlagplätze etc.). Ebenso wurden Aushubmaterialien, die im Zuge von Neu- und Umbauarbeiten anfallen, nicht betrachtet.

Materialbedarf Der Materialbedarf für das Jahr 2023 wurde unter Verwendung der in Tabelle 13 aufgeführten Quellen modelliert. Die nachfolgende Tabelle 14 zeigt den berechneten Materialbedarf, aufgeschlüsselt nach den Aktivitäten im Gebäudesektor. Dabei wird deutlich, dass der Neubau über 80 % des gesamten Materialbedarfs ausmacht. Thermische Sanierungen spielen in dieser Übersicht nur eine geringe Rolle, da die dafür verwendeten Materialien, wie Dämmstoffe (Mineralwolle oder Polystyrol) sowie Glas, nur in vergleichsweise kleinen Mengen benötigt werden und eine niedrige spezifische Dichte aufweisen.

Tabelle 14: Materialbedarf des Gebäudesektor im Jahr 2023 (Berechnung auf Grundlage von Statistik Austria, 2024, Statistik Austria, 2025a, UBA/IIBW, 2023).

Materialbedarf 2023 [t/a]	Neubau	Instandhaltung	Thermische Sanierungen	Gesamt
Beton	10.723.934	2.423.502		13.147.436
Mauerwerk	1.633.091	422.688		2.055.780
Schotter und Sand	949.742	280.585		1.230.327
Holz	74.662	177.673		252.335
Eisen + Stahl	1.376.474	214.371		1.590.845
Sonstige	81.215	32.905	40.815	154.934
Summe	14.839.118	3.551.725	40.815	18.431.657
Abbruch	.	.	.	-1.438.180

4.2 Szenario Transition – Materialverbrauch

Das Szenario „Transition“ des Umweltbundesamts beschreibt einen möglichen Weg Österreichs hin zur Klimaneutralität bis 2040 (Umweltbundesamt, 2023). Das Szenario umfasst sowohl Maßnahmen betreffend die (thermische) Qualität des Neubaus als auch Maßnahmen für den Gebäudebestand. Zur Analyse des Materialbedarfs für Neubauaktivitäten ist die Entwicklung der nutzbaren Gebäudeflächen, der Wohnnutzfläche und der Fläche von Nicht-Wohngebäuden entscheidend.

Neubau

an Bevölkerungswachstum orientiert

Im Szenario Transition wird ein Bevölkerungswachstum entsprechend den Szenarien von Statistik Austria angenommen. Dies führt zu einem

steigenden Bedarf an Wohnfläche von **0,9 %** des Bruttogeschoßflächenbestands im Jahr 2024 **bis 0,5 %** im Jahr 2050, der durch Neubauten gedeckt werden muss. Die Flächen für Nicht-Wohngebäude entwickeln sich entsprechend eines angenommenen Wirtschaftswachstums zwischen **0,7 % bis 1 %**.

Die benötigte Neubaufläche im Wohnbau nimmt im Szenario Transition ab, da eine Suffizienzgrenze implementiert wurde und davon ausgegangen wurde, dass die durchschnittliche Nutzfläche pro Haushalt im Neubau sinkt. Gleichzeitig wird ein weiterer Anstieg von Einpersonenhaushalten erwartet, die tendenziell mehr Fläche pro Person benötigen als Mehrpersonenhaushalte. Insgesamt bleibt der Neubaubedarf jedoch bestehen, um die wachsende Bevölkerung trotz einer Reduktion der durchschnittlichen Nutzfläche pro Person zu versorgen.

Instandhaltung

nicht berücksichtigt

Der Materialbedarf für die Instandhaltung des Gebäudebestands ist im Transition-Szenario (Umweltbundesamt, 2023) nicht explizit berücksichtigt. Unter Annahme einer Gebäudelebensdauer von 50 Jahren sind **jährlich ca. 1,4 %** des Bestands von Instandhaltungsmaßnahmen betroffen, um die weitere Nutzung zu gewährleisten.

Thermische Sanierungen

*stärkste Aktivitäten
Gebäudesanierung
bis 2035*

Thermische Sanierungen werden gemäß den Annahmen des Szenarios Transition berücksichtigt. Ziel ist es, die Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen. Im Gebäudesektor bedeutet dies, dass die thermisch-energetisch schlechtesten Gebäude saniert werden – soweit wirtschaftlich, technisch und unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes möglich. Durchschnittlich werden im Szenario Transition **jährlich ca. 1,8 %** des Gebäudebestands thermisch saniert, mit einem deutlichen Peak der Aktivitäten im Jahr 2035, um das Ziel 2040 zu erreichen.

Abbruch

*gemäß statistischem
Trend*

Die Gebäudeabbruchrate wird ebenfalls im Transition-Szenario berücksichtigt und basiert auf den Trends der Gebäudestatistik für Abbruch und Ersatz durch Neubauten. Der durchschnittliche Abbruch des Gebäudebestands beträgt etwa **0,2 % pro Jahr**.

4.3 Materialbedarfsspezifische Faktoren und Materialverbrauch

nach Bauperioden	Für die Bestimmung der materialbedarfsspezifischen Faktoren wurde der Gebäudebestand in Bauperioden unterteilt, denen jeweils typische Bauweisen zugeordnet wurden. Die Materialfaktoren richten sich nach den in der Literatur dokumentierten Werten (Lederer, et al., 2021) und wurden sowohl für Neubau als auch für Sanierungen verwendet.
Materialfaktoren	Für Instandhaltungsmaßnahmen wurde der Materialfaktor auf etwa 11 % des Neubauwertes reduziert (vgl. Hasik, et al., 2019). Die Materialaufteilung erfolgte auf Basis der zu erneuernden Bauteile gemäß Literatur (Heeren und Fishman, 2019) und wurde mit dem 11 %-Wert gegenüber den Neubaufaktoren validiert. Ein zusätzlicher Faktor für die Nachverdichtung wurde auf Grundlage der bekannten Materialfaktoren für Neubau, Dachgeschoßausbau, Holzbau und Kernsanierungen berechnet. Der verwendete Materialfaktor ist in Anhang II, Tabelle 53 aufgeführt.
Faktor Holzbau	Der Materialfaktor für den Holzbau wurde aus vier Fallstudien (bau-book.info, 2025) abgeleitet und ist ebenfalls in Anhang II, Tabelle 53 und Tabelle 54 dokumentiert.

4.4 Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

vorwiegend bei Neubau	Die Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs wurden auf Grundlage der im Szenario Transition hinterlegten Gebäudeflächenentwicklung konzipiert. Die Materialhebel befassen sich vor allem mit Neubauaktivitäten, da diese den größten Anteil am gesamten Materialbedarf ausmachen. Änderungen im Vergleich zum ursprünglichen Szenario Transition betreffen lediglich die Art der Bereitstellung der Flächen; an der Gesamtsumme des Flächenzuwachses wurde nichts geändert. Die untersuchten Hebel fokussieren auf • verstärkte Nutzung von Holzbau im Neubau • Reduktion des Neubaubedarfs durch Vermeidung von Abbrüchen und durch Instandhaltungsmaßnahmen
----------------------------------	--

Holzbau

Der Holzbau-Hebel basiert auf einem Wechsel von konventionellem Stahlbetonbau zu einer Leichtbauweise mit dem Einsatz von

Holzkonstruktionen und -materialien. Ein Materialfaktor für den Holzbau wurde auf Grundlage von vier Fallstudien (baubook.info, 2025) berechnet.

Vergleich Stahlbetonbau Im Vergleich zum konventionellen Stahlbetonbau, der für Neubauten ab 2024 angenommen wird, zeigt sich insbesondere eine deutliche Gewichtsreduktion. Beton bleibt jedoch mit 52 % der größte Anteil am Gesamtgewicht. Auch in der Leichtbauweise werden Fundamente und tragende Bauteile weiterhin aus Stahlbeton hergestellt.

Es wird angenommen, dass 50 % des Neubaus in Holzbauweise umgesetzt werden.

Reduktion des Neubaus durch vermehrte Instandhaltungsmaßnahmen

Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, liegt die Neubaurate im Transition-Szenario zwischen 0,9 % und 0,5 %, fallend bis 2050. Mit dem Hebel der Neubaureduktion ergibt sich ein Szenario, in dem der Wohnflächenzuwachs teilweise durch Instandhaltungsmaßnahmen bereitgestellt wird. Konkret beinhaltet dieser Hebel

- zusätzliche Kernsanierungen von Gebäuden, die sonst abgerissen und neu gebaut würden
- Aktivierung von Leerstand
- Nachverdichtung zur Vermeidung bzw. Reduktion von Abrissen

Durch diesen Hebel sinkt die Neubaurate auf 0,4 % bis 0,5 %, fallend bis 2050. Anschließend wird dieser Hebel mit dem Holzbau-Hebel kombiniert, um ein neues Transition-Szenario zu erstellen.

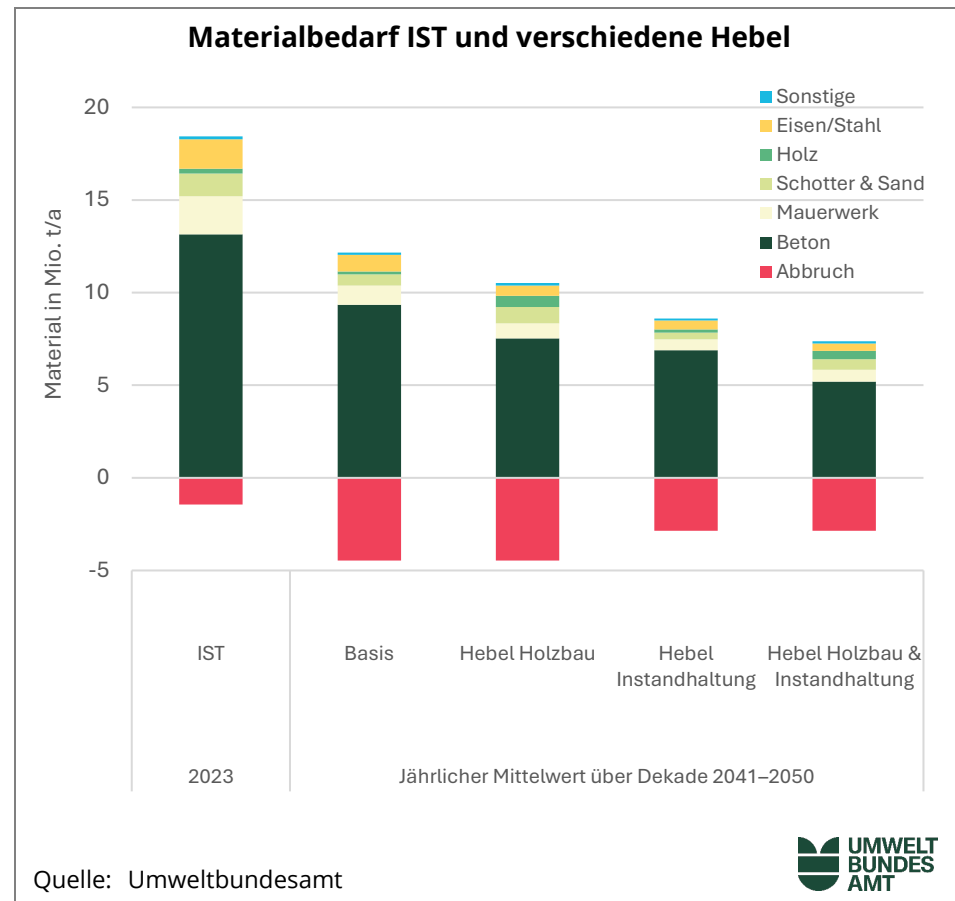
Vergleich IST und Transition

Berechnungsbasis Für das Basisjahr 2023 wurde der Materialbedarf auf Basis der registrierten Flächenzuwächse in der Gebäude- und Wohnungszählung (Statistik Austria, 2025a) sowie der Baumaßnahmenstatistik (Statistik Austria, 2024) berechnet.

Materialaufteilung Im Basisjahr 2023 liegt der jährliche Materialbedarf des Gebäudesektors bei 18,4 Mio. Tonnen, wobei ca. 81 % der Masse auf den Neubau zurückzuführen sind und 19 % auf Instandhaltungsmaßnahmen (vgl. Tabelle 14). Thermische Sanierungen spielen nur eine untergeordnete Rolle, da das geringe Gewicht der eingesetzten Dämmstoffe den größten Teil des Materialbedarfs ausmacht. Beton stellt mit 13,2 Mio. Tonnen den gewichtsmäßig größten Anteil dar, gefolgt von 2,1 Mio. Tonnen Mauerwerk

und 1,6 Mio. Tonnen Eisen und Stahl. Holz spielt mit 0,3 Mio. Tonnen nur eine geringe Rolle. Die Abbruchmengen betragen 1,4 Mio. Tonnen.

Abbildung 2: Vergleich des jährlichen Materialbedarfs in Mio. t/a zwischen Ist-Zustand 2023 und verschiedenen Hebeln für die Dekade 2041 bis 2050 (Quelle: eigene Berechnungen).



Der für das Jahr 2023 berechnete jährliche Materialbedarf wurde mit dem aus dem Szenario Transition abgeleiteten Materialbedarf verglichen. Dabei wurde der gemittelte jährliche Materialbedarf für die Dekade 2041–2050 herangezogen. Abbildung 2 zeigt die Wirkung verschiedener Hebel. Das letzte Szenario berücksichtigt alle Hebel (Holzbau und Instandhaltungsmaßnahmen) und bildet die Grundlage für die weiterführende Analyse:

Basisszenario

Das Basisszenario **Transition** zeigt eine deutliche Reduktion des Materialbedarfs, hauptsächlich bedingt durch die niedrigere Neubaurate. Die groß angelegte **thermische Sanierungswelle**, die für die Erreichung der Energie- und Klimaziele notwendig ist, **hat materialtechnisch nur geringe Auswirkungen** (thermische Sanierungen: 0,3 % des Materialbedarfs 2050). Instandhaltungsmaßnahmen in Form von Kernsanierungen machen ca. 23 % des Bedarfs aus.

- Hebel Holzbau** Der Hebel **Holzbau** geht von einer Ausführung von 50 % der Neubauflächen in Holzbauweise aus. Unter dieser Annahme kann der Betonverbrauch von 9,4 Mio. Tonnen im Basisszenario auf 7,5 Mio. Tonnen pro Jahr reduziert werden. Der Holzverbrauch steigt dabei von 0,2 Mio. Tonnen im Basisszenario auf 0,6 Mio. Tonnen pro Jahr an. Insgesamt zeigt sich, dass die Leichtbauweise des Holzbaus deutliche Materialeinsparungen ermöglicht. Die Abbruchmengen bleiben in diesem Szenario unverändert gegenüber dem Basisszenario.
- Hebel Instandhaltung** Durch den Hebel der **vermehrten Instandhaltungsmaßnahmen** wird der Flächenzuwachs durch Neubauten reduziert. Maßnahmen zur Erhaltung bestehender Gebäude, wie Vermeidung von Abrissen, Aktivierung von Leerstand sowie zusätzliche Nachverdichtungen, ermöglichen es, den Neubau zu verringern. Da Kernsanierungen und Nachverdichtungen nur einen Bruchteil des Materialbedarfs eines Neubaus verursachen, sinkt der Gesamtmaterialbedarf weiter, insbesondere bei Beton (6,9 Mio. t/a) und Mauerwerk (0,6 Mio. t/a). Die Abbruchrate kann durch diese Maßnahmen von durchschnittlich 0,21 % auf 0,11 % pro Jahr verringert werden, was im Jahr 2050 einer Abbruchmenge von rund 2,9 Mio. Tonnen pro Jahr entspricht.
- kombinierte Hebel** Die **Kombination der Hebel Holzbau und Instandhaltungsmaßnahmen** führt zu der größten Reduktion des Betonverbrauchs auf 5,2 Mio. Tonnen pro Jahr. Auch der Bedarf an Mauerwerk, Schotter und Sand sowie Eisen und Stahl kann deutlich verringert werden. Lediglich der Holzbedarf steigt auf 0,4 Mio. Tonnen pro Jahr an, jedoch in geringerem Ausmaß als im reinen Holzbau-Szenario.
- Dekade 2041–2050** Das Szenario Transition unter Berücksichtigung der Hebel zeigt eine deutliche Reduktion des Materialbedarfs im Vergleich zum Ist-Zustand für das Jahr 2023. Der jährliche Materialbedarf reduziert sich von 18,4 Mio. Tonnen pro Jahr im Ist-Zustand 2023 auf 7,4 Mio. Tonnen im Jahr als gemittelter jährlicher Bedarf für die Dekade 2041–2050. Mit Ausnahme von Holz – dessen Bedarf aufgrund des verstärkten Holzbaus steigt – zeigen alle Materialkategorien eine Reduktion. Insgesamt wurde der Materialbedarf im Szenario Transition um rund 60 % reduziert.
- Dekade 2024–2030** Der über Dekaden gemittelte jährliche Materialbedarf zeigt eine Reduktion auf einen Wert von insgesamt 7,6 Mio. Tonnen pro Jahr für die Dekade 2024–2030, obwohl in der Dekade 2041–2050 wieder ein leichter Anstieg im Vergleich zur Vordekade erkennbar ist. Obwohl die Neubaurate bis 2050 im Transition-Szenario generell rückläufig ist, müssen Instandhaltungsaktivitäten bedacht werden, die in der letzten Dekade verstärkt nötig sind, da ein größerer Teil des Bestands am Ende seiner Lebensdauer angelangt ist.

Tabelle 15: Gemittelter jährlicher Materialbedarf des Gebäudesektors abgeleitet aus dem Szenario Transition in Kombination mit Steigerungen bei Holzbau und Instandhaltung (Quelle: eigene Berechnungen).

	IST	Transition	Transition	Transition
	2023	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	in Mio. t/a			
Beton	13,1	5,3	5,0	5,2
Mauerwerk	2,1	0,7	0,7	0,6
Schotter und Sand	1,2	0,6	0,6	0,6
Holz	0,3	0,5	0,5	0,4
Eisen und Stahl	1,6	0,4	0,4	0,4
Sonstige	0,2	0,1	0,1	0,1
Summe	18,4	7,6	7,3	7,4
Abbruch	-1,4	-1,5	-2,1	-2,9

**Materialfaktor
Neubau**

Unter Berücksichtigung des wachsenden Anteils des Holzbaus, geplanter Instandhaltungsmaßnahmen sowie der Annahme, dass ein Teil des konventionellen Neubaus weiterhin erforderlich bleibt, lässt sich für das Jahr 2050 ein materialbedarfsspezifischer Faktor ableiten. Dieser beschreibt den durchschnittlichen Materialeinsatz pro neu errichtetem Quadratmeter Bruttogeschoßfläche (BGF) als Mischwert aus konventionellem Neubau, Holzbau, Kernsanierungen und Nachverdichtungsmaßnahmen für Wohn- und Nicht-Wohngebäude. Nicht enthalten in diesem Neubaufaktor sind notwendige Instandhaltungsmaßnahmen im Bestand sowie thermische Sanierungen. Es handelt sich daher um einen reinen Materialfaktor für Neubautätigkeiten.

Tabelle 16: Vergleich der materialbedarfsspezifischen Faktoren pro m² BGF für zusätzlich bereitgestellte Fläche in den untersuchten Szenarien (Quelle: eigene Berechnungen).

	IST	Transition	Transition	Transition
	2023	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	[kg/m² BGF/a]			
Beton	1.172	462	450	439
Mauerwerk	299	105	106	102
Schotter und Sand	114	109	111	107
Holz	11	62	63	61
Eisen + Stahl	137	66	66	64
Sonstige	4	9	9	8
Summe	1.737	812	805	781

Anmerkung: BGF = Bruttogeschoßfläche

Abgrenzungen Materialeinsparungen ergeben sich insbesondere durch den Instandhaltungs-Hebel. Im Vergleich zu einem vollständigen Neubau kann der Materialbedarf um etwa 90 % reduziert werden. In dieser Betrachtung, wie auch in der gesamten Modellierung des Gebäudesektors sind Elektroinstallationen und Gebäudetechnik jedoch nicht enthalten. Berücksichtigt werden ausschließlich die konstruktiven Bauteile bis hin zum Rohbau.

In der Analyse wurde nur der Materialbedarf betrachtet – also die Masse an Materialien – und keine Aussagen über Recyclinganteile, Wiederverwendbarkeit oder sonstige Umweltauswirkungen getroffen. Besonders im Gebäudesektor sind Verbundstoffe zu beachten, die hinsichtlich Trennung, Aufbereitung und Wiederverwendung problematisch sein können. Recyclinganteile innerhalb von Materialkategorien werden sektorübergreifend in Kapitel 7 behandelt.

5 RESSOURCENVERBRAUCH TRANSITION FÜR ENERGIE, GEBÄUDE UND MOBILITÄT

5.1 Schüttgüter

In Österreich werden jährlich große Mengen an nicht-metallischen mineralischen Baurohstoffen, wie Sand, Kies, Schotter inklusive Felsbrechgut, benötigt.

Anwendungsbereiche

Diese Materialien finden breite Anwendung zum Beispiel in der Energiewirtschaft vor allem im Bereich der Erdkabel (Sand), im Gebäudesektor für Beton- und Fundamentarbeiten und Erd- bzw. Unterbau, sowie im Mobilitätssektor (z. B. Straßen- und Gleisbau).

Tabelle 17: Schüttgüterbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	1.575.286	1.447.500	288.600
Gebäude	594.554	610.774	577.133
Mobilität	21.964.631	22.097.380	18.837.234
Gesamt	24.134.470	24.155.654	19.702.967

Mobilitätssektor

Speziell im Mobilitätssektor werden große Menge an verschiedenen Schüttgütern benötigt. Zusätzlich existiert ein hoher Bedarf an Asphalt und ein bedeutender Mengenanteil fällt für Erdarbeiten an.

Tabelle 18: Schüttgüterbedarf, Erdarbeiten und Asphaltbedarf im Sektor Mobilität in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Schüttgüter	21.964.631	22.097.380	18.837.234
Erdarbeiten	4.841.173	4.841.173	40.896
Asphalt	7.140.536	7.160.515	6.493.741
Gesamt	33.946.340	34.099.068	25.371.871

5.2 Beton und Zement

Gebäude dominieren Verbrauch

Der Bedarf an Beton und Zement variiert stark zwischen den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Mobilität. In der Energiewirtschaft wird Beton vor allem für Fundamente im Bereich der Windkraft und der Strommasten benötigt. Im Mobilitätssektor ist Beton zentral für den Bau und Erhalt von Schienen- und Straßeninfrastruktur. Der Gebäudesektor stellt jedoch den größten Verbraucher dar: Zement und Beton sind hier Hauptbestandteile für Wohn- und Nicht-Wohngebäude, tragende Strukturen und Fundamentarbeiten. Insgesamt macht der Gebäudebereich den größten Anteil des Beton- bzw. Zementverbrauchs aus, gefolgt vom Sektor Mobilität und Energieanlagen.

Tabelle 19: Beton- und Zementbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

		2024–2030	2031–2040	2041–2050
		t/a		
Beton	Energie	569.714	433.307	310.429
	Gebäude	5.301.798	5.006.641	5.194.170
	Mobilität	1.963.427	1.982.896	1.662.206
	Gesamt	7.834.940	7.422.844	7.166.804
<i>davon Zement</i>		<i>783.494</i>	<i>742.284</i>	<i>716.680</i>
Zement gesamt	Energie	114.508	91.367	68.072
	Gebäude	530.180	500.664	519.417
	Mobilität	196.343	198.290	166.221
	Gesamt	841.031	790.320	753.709

In den materialbedarfsspezifischen Faktoren sind sowohl Zement als auch Beton angegeben, da es sich um zwei unterschiedliche Produkte bzw. Anwendungen im Bau handelt. Für die Gesamtmenge an Zement wurden daher 10 % des Betons zur Zementmenge hinzugefügt.

5.3 Metalle und Stahl

Eisen und Stahl

alle Sektoren

Der Eisen- und Stahlbedarf spielt in allen drei Sektoren eine wichtige Rolle, unterscheidet sich jedoch in Art und Umfang der Anwendung. In der Energiewirtschaft wird Stahl vor allem für Windturbinenmasten und Strommasten benötigt. Im Gebäudesektor dient Stahl vor allem als Be-

wehrung in Stahlbetonkonstruktionen, beispielsweise in Fundamenten, Trägern und Wänden. Der Mobilitätssektor benötigt Stahl sowohl im Bereich Schienenfahrzeuge als auch im Bereich der Schienen- und Straßeninfrastruktur. Insgesamt dominiert der Gebäudebereich den Stahlverbrauch, während der Mobilitäts- und Energiesektor aufgrund des Ausbaus nachhaltiger Infrastrukturen und erneuerbarer Energien große Mengen verzeichnen.

Tabelle 20: Stahl- und Eisenbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	257.874	234.284	129.880
Gebäude	406.121	410.012	391.223
Mobilität	129.726	133.247	108.905
<i>davon Schienenstahl</i>	<i>32.739</i>	<i>34.474</i>	<i>24.496</i>
Gesamt	793.720	777.543	630.008

Kupfer

Energie und Mobilität

In der Energiewirtschaft wird Kupfer vor allem für Stromerzeugung, -übertragung und -verteilung genutzt – etwa in Kabeln und PV-Anlagen. Der Mobilitätssektor benötigt Kupfer vor allem durch den zusätzlichen Bedarf an Schienenfahrzeugen und Schieneninfrastruktur. Da im Gebäudesektor der Kupferbedarf durch Verkabelungen oder ähnliches nicht betrachtet wurde, ist hier kein definierter Bedarf hinterlegt.

Tabelle 21: Kupferbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	29.629	21.257	8.577
Gebäude	-	-	-
Mobilität	1.239	1.314	961
Gesamt	30.868	22.571	9.538

Aluminium

Energie und Mobilität

In der Energiewirtschaft wird Aluminium vor allem für Stromleitungen, PV-Modulrahmen und Gehäuse elektrischer Komponenten eingesetzt.

Im Mobilitätssektor kommt Aluminium vor allem im Schienenfahrzeugbau – etwa bei Zügen – zum Einsatz, um das Gesamtgewicht zu senken und dadurch auch die Energiekosten. Da im Gebäudesektor der Aluminiumbedarf zum Beispiel durch Fensterrahmen oder Ähnliches nicht betrachtet wurde, ist hier kein definierter Bedarf hinterlegt.

Tabelle 22: Aluminiumbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	23.026	21.255	8.760
Gebäude	-	-	-
Mobilität	3.805	4.804	5.157
Gesamt	26.830	26.059	13.916

5.4 Glas, Kunststoff und Holz

Glas

Energiewirtschaft

Die Energiewirtschaft hat den größten Bedarf an Glas. Hier wird Glas insbesondere bei Solarmodulen verwendet. Im Gebäudesektor ist Glas der wichtigste Werkstoff für die Herstellung von Fenstern und Verglasungen. In der Mobilität wird Glas vor allem für Fahrzeugverglasungen und Leuchten eingesetzt.

Tabelle 23: Glasbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	104.346	110.489	44.203
Gebäude	69.091	70.740	67.673
Mobilität	222	222	910
Gesamt	173.659	181.451	112.787

Kunststoffe

Gebäude- und Energiesektor

Kunststoffe ist ein Überbegriff für verschiedene Materialien, die hier nicht aufgeteilt angegeben werden. In der Energiewirtschaft werden Kunststoffe vor allem für Kabelisolierungen, Rohrleitungen, Dichtungen,

Gehäuse elektrischer Komponenten (Polyethylen und Polyvinylchlorid) und bei Wind- oder Solaranlagen eingesetzt. In diesem Ressourcenbericht wurde der Bedarf im Gebäudesektor im Bereich der Dämmstoffe (Polystyrol) betrachtet. Der Mobilitätssektor nutzt Kunststoffe vor allem im Fahrzeugbau, in der Innenverkleidungen und Sitzen.

Tabelle 24: Kunststoffbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	30.095	27.538	13.121
Gebäude (PS)	31.102	41.778	27.610
Mobilität	1.827	2.082	2.207
Gesamt	63.025	71.398	42.938

Holz

vorwiegend Gebäudesektor

Der Holzbedarf variiert stark zwischen den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Mobilität, wobei Holz vor allem im Bauwesen eine größere Rolle spielt. Holz ist im Gebäudesektor bei der Holzbauweise und der Hybridbauweise ein wichtiger Baustoff – insbesondere für tragende Konstruktionen und Fassaden. In der Energiewirtschaft ist die benötigte Holzmenge vor allem im Bereich der Strommasten in der Niederspannungs- und Mittelspannungsebene relevant. Im Mobilitätssektor spielt Holz heute nur eine geringe Rolle; es wird kein definierter Bedarf hinterlegt.

Tabelle 25: Holzbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
	t/a		
Energie	1.359	699	152
Gebäude	455.614	454.869	449.490
Mobilität	-	-	-
Gesamt	456.974	455.568	449.642

6 ENERGIEINTENSIVE SCHLÜSSELINDUSTRIEN

6.1 Zement und Beton

Herstellungs- verfahren

Die Herstellung von Zement ist energie- und CO₂-intensiv. Bei der Zementproduktion wird Klinker im Drehrohrofen aus gemahlenem Rohmehl (Kalkstein, Mergel, Lehm, Eisenträger, Ersatzrohstoffe) bei sehr hohen Temperaturen gebrannt. Dafür werden große Mengen an thermischer Energie benötigt.

Der Klinker wird mit Zumahlstoffen (kalziumhaltige Materialien, Gips, Hochofenschlacke, Flugasche u. a.) zu Zement vermahlen. Sowohl bei der Klinkerherstellung als auch bei der Zementherstellung werden Abfallrohstoffe eingesetzt.

Kapazität Zementindustrie

Die österreichische Zementindustrie umfasst aktuell acht Klinker brennende Zementwerke mit einer jährlichen Klinkerkapazität von ca. 5,5 Mio. Tonnen, die damit einen wesentlichen Beitrag zur heimischen Bauwirtschaft leisten (Mauschitz, 2024). Für die Berechnung des Betonvolumens in Bezug auf die Zementmenge wird angenommen, dass ein Teil Zement zehn Teile Beton ergibt.

Abschätzung Mengenentwicklung

Für die Jahre 2030 bis 2050 erfolgt die Produktionsmengenabschätzung auf Basis des Szenarios Transition des Umweltbundesamtes. Hier wird eine leicht sinkende Klinker-, Zement- und Beton-Produktion angenommen.

Tabelle 26: Produktionsmengen in Österreich für Klinker, Zement und Beton und der Klinkerfaktor für 2023* (Mauschitz, 2024); 2030–2050 die angenommenen Mengen auf Basis des Szenarios Transition.

Produktion	2023*	2030	2040	2050
Klinkerproduktion [t/a]	3.075.996	2.768.396	2.263.405	1.697.554
Zementproduktion [t/a]	4.418.555	3.976.700	3.313.916	3.313.916
Betonproduktion [t/a]	44.185.550	39.766.995	33.139.163	33.139.163
Klinkerfaktor [tKl/tZe]	0,683	0,683	0,683	0,512

Materialbedarf In Tabelle 27 wird der Bedarf der Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität für das Szenario Transition als durchschnittlicher Jahresverbrauch in jeder Periode angegeben.

Tabelle 27: Materialbedarf für die Sektoren Energie (E), Gebäude (G) und Mobilität (M) im Szenario Transition für die drei Sektoren mit der prozentuellen Angabe der österreichischen Produktion.

Gesamt (E,G,M)	2024–2030	2031–2040	2041–2050
Beton [t/a]	7.834.940	7.422.844	7.166.804
Zement [t/a]	841.031	790.320	753.709
Klinker [t/a]	574.424	539.789	514.783
% Gesamt (E,G,M)	2024–2030 (vgl. 2023)	2031–2040 (vgl. 2030)	2041–2050 (vgl. 2040)
Betonproduktion [%]	17,7	18,7	21,6
Zementproduktion [%]	19,0	19,9	22,7
Klinkerproduktion [%]	18,7	19,5	22,7

**In den materialbedarfsspezifischen Faktoren sind sowohl Zement als auch Beton angegeben, da es sich um zwei unterschiedliche Produkte bzw. Anwendungen im Bau handelt. Für die Gesamtmenge an Zement wurden daher 10 % des Betons zur Zementmenge hinzugefügt.*

Tabelle 27 zeigt, dass der Bedarf an Beton für Gebäude, Mobilität und Energiewirtschaft im Szenario Transition nur bei einem Bruchteil (ca. 18–23 %) der angenommenen Produktion liegt. In einer Abschätzung des IST-Vergleichs für das Jahr 2023 liegt der erhobene Bedarf bei ca. 35 %, mit einer Hochschätzung des niederrangigen Straßennetzes bei 40 %. Berücksichtigt werden muss auch, dass etliche Bauten hier nicht betrachtet wurden, u. a. Industrie- und Gewerbebauten, technische Bauten, Bahnhofsgebäude, Tiefgaragenparkplätze sowie Siedlungswasser und -abwasserinfrastruktur.

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien (alternative Bindemittel)
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

eingesetzte Mengen Im Klinkerherstellungsprozesse werden Sekundärrohstoffe wie Flugasche, Hüttensand und andere Abfälle – wie zum Beispiel Gießereialt-

sand (2023: ca. 43.000 Tonnen) – eingesetzt. Diese ersetzen dabei einen Teil der Primärrohstoffe. Außerdem wurden in der Zementproduktion 2023 ca. 64.000 Tonnen an mineralischen sekundären Rohstoffen eingesetzt, davon stammen in etwa 400.000 Tonnen aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen. Im Jahr 2023 wurden ca. 675.000 Tonnen an Hochofenschlacke als Sekundärzumahlstoff bei der Zementmahlung eingesetzt (Mauschitz, 2024). Beton wird aus Zement, Wasser, Sand und Kies hergestellt.

Recyclingbeton In Österreich fielen im Jahr 2023 rund vier Millionen Tonnen Betonabbruch an (siehe Kapitel 7.1). Ein Teil des aufbereiteten Betonabbruchs kann als Kies wieder in Beton eingesetzt werden (ca. 1,2 Mio. Tonnen). Es gibt bereits Normen für Recyclingbeton. Die weitaus überwiegende Menge des aufbereiteten Abbruchbetons wird vor allem als Schüttmaterial im Straßenbau sowie bei der Errichtung von Gebäuden verwendet (Beton Dialog, 2024). Weitere Informationen zu Aufkommen, Einsatz und Entwicklung von Bau- und Abbruchabfällen in den kommenden Jahren sind im Kapitel Kreislaufwirtschaft und Recycling zu finden.

Alternative Materialien (Alternative Bindemittel)

Um den CO₂-intensiven Klinkerprozess zu ersetzen, forscht die Industrie an alternativen Bindemitteln. Ziel ist es, die Entwicklung zu klinkerarmen Zementen und den gezielten Einsatz von Ersatzrohstoffen zu forcieren.

Getemperte bzw. calcinierte Tone dienen als vielversprechender CO₂-ärmerer Ersatz für einen Teil des Klinkers in der Zementproduktion, da sie durch thermische Aktivierung bei 650–900 °C puzzolane³ Eigenschaften entwickeln und den energieintensiven Klinkeranteil um bis zu 15–30 % senken können, ohne die Zementqualität zu mindern (Rohrdorfer Zement, 2024, Fraunhofer IBP, o. J.).

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Gebäudesektor Wenn der Neubau von Straßen und Gebäuden reduziert wird wie im Szenario Transition, sinkt der Bedarf an Zement und Beton. Im Gebäudesektor geht der Betonbedarf im Szenario Transition mit Materialeinsparungsmaßnahmen um 60 % und mehr zurück, da durch Kernsanierung, verstärkte Nutzung von Holzbauweisen und Verlängerung der

³ Puzzolane Stoffe: kein selbstständiges Bindevermögen, aber Ausbildung von festigkeitsbildenden Hydratphasen beim Einsatz im Zement (mit Wasser und Calciumhydroxid)

Lebensdauer große Mengen Beton eingespart werden können. Der Gebäudesektor hat den größten Betonverbrauch der drei Sektoren.

Energie, Mobilität Im Energiesektor erfolgt im Szenario Transition zunächst ein starker Anstieg des Betonbedarfs durch den Umbau des Energiesystems. Für die Dekade 2041–2050 liegt der Bedarf ca. 45 % über dem IST. Im Bereich Mobilität wird im Szenario Transition das hochrangige Straßennetz nicht weiter ausgebaut. Dadurch entsteht für die Dekade 2041–2050 eine Einsparung des Betonverbrauchs um etwa 20 %.

Der gesamte Betonbedarf in den drei Sektoren reduziert sich im Verlauf des Szenarios auf weniger als die Hälfte des heutigen Niveaus.

6.2 Kalk, Magnesia und Keramik

In Österreich nimmt die Produktion von Kalk, Magnesia und Keramik eine zentrale Stellung im Baustoff- und Industriemineralsektor ein. Sie beruht auf der Gewinnung regional verfügbarer mineralischer Rohstoffe sowie deren thermischer Aufbereitung und liefert eine breite Palette funktionaler Produkte für Bauwesen, Industrie und weitere Anwendungsbereiche.

gebrannter Kalk Gebrannter Kalk (CaO) wird überwiegend durch die thermische Zersetzung von Kalkstein (CaCO_3) in modernen Schacht- und Drehrohrofenanlagen hergestellt. Kalkprodukte finden breite Anwendung in der Zement- oder Stahlindustrie als auch in der Papier/Zellstoffherstellung (Umweltbundesamt, 2007).

Magnesia In Österreich wird Magnesia (MgO) vorwiegend aus dem natürlichen Mineral Magnesit (MgCO_3) gewonnen, das in den Bundesländern Steiermark, Kärnten und Tirol abgebaut wird. In den Hüttenwerken wird der Rohstoff thermisch aufbereitet, wodurch verschiedene Produkte wie Sintermagnesia, Magnesiasteine, kaustische Magnesia sowie feuerfeste Massen hergestellt werden. Die Materialien finden breite Anwendung in der Zement-, Eisen- und Stahlindustrie oder auch bei der Glasherstellung (Umweltbundesamt, 2007).

Keramik In Österreich umfasst die Keramikindustrie z. B. die Herstellung von Baukeramik, Sanitärkeramik, Geschirr sowie technische und feuerfeste Keramik. Ausgangsmaterialien sind unter anderem Ton, Kaolin und andere mineralische Rohstoffe, die geformt, gebrannt und gegebenenfalls glasiert oder veredelt werden. Keramische Produkte werden in vielen

Bereichen, wie zum Beispiel dem Bauwesen oder auch der Industrie und der Energiewirtschaft, eingesetzt (Umweltbundesamt, 2018).

Tabelle 28: Materialeinsatz für Kalk, Magnesia, Ziegel, Keramik, Glas und feuerfeste Materialien für das Jahr 2023 (Umweltbundesamt, 2018, European Commission, 2013).

	2023
Kalk (Tonne Kalkstein / Tonne CaO)	1,4–2,2
Magnesia (Tonne Magnesit / Tonne MgO)	2,1–2,4
Ziegel (Tonne Lehm / Tonne Ziegel)	1,1–1,5
Technische Keramik (Tonne Rohmasse / Tonne Keramik)	1,1–1,5
Feuerfeste Steine (Tonne Rohmasse / Tonne Feuerfestmaterialien)	1,1–1,5
Tonne x / Tonne Glas (Behälterglas):	
Scherben	30–80 %
SiO ₂	70 %
CaO	ca. 25 %

Die materialbedarfsspezifischen Faktoren ändern sich im Szenario Transition nicht. Von den genannten Produkten wird nur Kalk zum Teil in der Baustoffindustrie eingesetzt. Die weiteren Produkte werden in den Bedarfen der Sektoren in dieser Studie nicht bilanziert.

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Magnesia

Bei der Magnesia-Herstellung können Schlämme aus der nassen Rauchgasreinigung ohne Schwermetallbelastung vollständig in den Brennprozess rückgeführt werden. Filterstäube ohne Schwermetalle oder organische Verunreinigungen lassen sich vollständig recyceln oder dem Produkt zuführen (Umweltbundesamt, 2007). Im Recycling von Magnesit werden wiederverwertete Materialien eingesetzt, um CO₂-Emissionen zu senken. Pro Tonne recyceltes Material können etwa 1,5 Tonnen CO₂ eingespart werden. Zum Beispiel liegt der Recyclinganteil bei der Firma RHI Magnesita derzeit bei rund 15 % (durch neue Sortiertechnologien) (RHI Magnesita, o. J.).

Kalk Auch nach der Kalksteinwäsche abgetrennte Filterkuchen oder Schlämme können vollständig wiederverwendet werden, z. B. in der Zementindustrie. Filterstäube ohne Schwermetalle oder organische Verunreinigungen lassen sich vollständig recyceln oder dem Produkt zuführen (Umweltbundesamt, 2007).

Alternative Materialien

Zur Vermeidung von Magnesit in feuerfesten Materialien können alternative Rohstoffe wie Aluminiumoxid, verschiedene Silikate, Siliziumkarbid oder Zirkonoxid eingesetzt werden, die je nach Säure-Base-Verhalten (sauer, neutral, basisch) in Stahl-, Glas- oder Zementöfen einen Einsatz ermöglichen. Aluminiumoxid-Siliziumoxid-Mischungen (Schaumottsteine) werden als säurebeständige Feuerfestmaterialien z. B. in Stahl- und Glasöfen eingesetzt. Siliziumkarbid-Steine werden in Glasöfen in Bereichen wie Ofenboden und Wänden genutzt und können dort magnesitbasierte Materialien ersetzen. Zirkonoxidhaltige Feuerfeststeine dienen als feuerfeste Auskleidungen mit hoher Volumenstabilität in besonders heißen Zonen von Glas- oder Spezialöfen (Gorgeous Ceramics, 2025, Kerui Refractory, o. J.).

6.3 Eisen und Stahl

Produktionsvolumen In Österreich ist die Eisen- und Stahlindustrie eine bedeutende Industriebranche, wobei insbesondere die voestalpine AG mit ihren Standorten in Linz und Donawitz als bedeutender Produzent dominant ist, der jährlich mehrere Millionen Tonnen Roheisen und Rohstahl herstellt. Laut aktuellen Daten belief sich die Rohstahlproduktion im Jahr 2023 auf rund sieben Millionen Tonnen in Österreich.

technologische Umstellung Im Szenario Transition wird eine technologische Umstellung von Hochöfen auf Elektrolichtbogenöfen und Direktreduktion mit Wasserstoff angenommen, gleichzeitig steigt der Einsatz von Recyclingmaterial und Strom als Energiequelle.

veränderter Materialeinsatz Durch die Umstellung vom traditionellen Hochofenprozess auf Elektrolichtbogenöfen und Wasserstoffreduktion ändern sich die eingesetzten Rohstoffe: Der Anteil von Stahlschrott und alternativen Eisenträgern, insbesondere Eisenschwamm, steigt, während der Verbrauch von Kohle, Eisenerz und Kalk im Zuge der Verfahrensänderungen abnimmt. Gleichzeitig führen die neuen Produktionsverfahren zu einem steigenden Bedarf an elektrischer Energie und Wasserstoff, da diese die primären

Reduktionsmittel im emissionsarmen Stahlschmelzprozess darstellen. Die Einsatzmengen der diversen Rohstoffe für das Jahr 2022 und basierend auf dem Szenario Transition für die Jahre 2030, 2040 und 2050 sind der Tabelle 29 zu entnehmen.

Tabelle 29: Spezifische Einsatzmengen diverser Materialien für die Stahlproduktion für 2022* (World Steel Association, 2024, voestalpine Steel Division, 2024), Annahmen Transition 2030–2050 (Umweltbundesamt, 2023).

	2022*	2030	2040	2050
	t/t Rohstahl			
Erz	1,29	0,81	0,81	0,81
Schrott	0,33	0,55	0,55	0,55
Kalk	0,11	0,07	0,07	0,07
Kohle	0,42	0,27	-	-

Tabelle 30 stellt die im Jahr 2022 produzierten bzw. verwendeten Mengen an Rohstahl und Schrott dar und zeigt darüber hinaus die angenommenen Entwicklungen für 2030, 2040 und 2050, basierend auf dem Szenario Transition des Umweltbundesamtes. Dabei wird von einer nur geringen Abnahme der Stahlproduktion ausgegangen, während der Einsatz von Schrott in Zukunft zunimmt.

Tabelle 30: Mengen in Österreich für die Rohstahlproduktion und den Schrotteinsatz für 2022* (World Steel Association, 2024); 2030–2050, angenommene Mengen auf Basis des Szenarios Transition.

	2022*	2030	2040	2050
	t/a			
Stahlproduktion	7.520.000	7.400.000	7.000.000	7.000.000
Schrotteinsatz	2.460.000	4.060.000	3.850.000	3.850.000

In Tabelle 31 wird der jährliche Bedarf der Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität für jede Dekade des Szenarios Transition angegeben.

Tabelle 31: Materialbedarf für die Sektoren Energie (E), Gebäude (G) und Mobilität (M) im Szenario Transition mit der prozentuellen Angabe der österreichischen Eisen- und Stahlproduktion.

Gesamt (E,G,M)	2024–2030	2031–2040	2041–2050
Eisen und Stahl [t/a]	793.720	777.543	630.008
% Bedarf gesamt (E,G,M)	2024–2030 (vgl. 2023)	2031–2040 (vgl. 2030)	2041–2050 (vgl. 2040)
Rohstahl [%]	10,6	10,5	9,0

Tabelle 31 zeigt, dass nur ein Bruchteil der Stahlproduktion für Gebäude, Energie- und Verkehrsinfrastruktur inklusive Schienennetz verwendet wird. Zahlreiche andere Stahlprodukte gehen in den Anlagenbau, die Kraftfahrzeugindustrie und in Haushaltsgüter sowie in den Export.

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Materialeffizienz
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Die Umstellung auf Elektrolichtbogenöfen führt zu einem erhöhten Schrotteinsatz und damit zu einer Reduktion des Eisenerzes um ein Drittel.

Materialeffizienz

Recyclingstrategien erlauben die Rückführung von Stahlschrott in guter Qualität in den Produktionskreislauf und tragen so zur Effizienzsteigerung bei.

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Die Verlängerung der Produktlebensdauer beispielsweise von Windrädern, Eisenbahngarnituren, Straßen und Gebäuden bewirkt im Szenario Transition eine sinkende Nachfrage. Gleichzeitig kann der Einsatz von Eisenschwamm, Recyclingstahl oder Schrott erhöht werden, da diese Materialien bereits aufbereitet vorliegen und weniger energieintensiv sind als die Herstellung von Primärstahl aus Roheisen. Durch diese

Kombination aus Nachfragereduktion und verstärktem Einsatz von Sekundärrohstoffen lässt sich der Materialbedarf deutlich senken.

Gebäude Sinkt die Nachfrage nach Neubauten im Gebäudesektor, kann dies direkt zu einer Verringerung des Stahlbedarfs führen – auf etwa ein Viertel des heutigen Niveaus im Gebäudebereich und auf rund ein Drittel des IST-Gesamtbedarfs (Energie, Gebäude und Energie).

Energie Durch den Umbau des Energiesystems, wie im Szenario Transition angenommen, steigt der Stahlbedarf bis zum Jahr 2040 gegenüber dem IST an. Ab 2041 ist ein Großteil dieser Um- bzw. Ausbauarbeiten abgeschlossen. In der Folge sinkt der Stahlbedarf im Energiesektor auf etwa die Hälfte des IST-Bedarfs.

Mobilität Im Bereich Mobilität steigt der Stahlbedarf bis zum Jahr 2040 gegenüber dem IST-Niveau leicht an und erreicht 2041–2050 wieder das IST-Niveau. Insgesamt sinkt der Stahlbedarf 2041–2050 um etwa ein Drittel des IST-Bedarfs.

6.4 Holz, Papier und Zellstoff

Einsatzbereiche Holz ist ein vielseitiger Rohstoff, der in mehreren Kreisläufen verwendet wird. Holz wird grundsätzlich auf drei Wegen genutzt: in Sägewerken für hochwertige Holzprodukte, in der Papier- und Plattenindustrie und durch direkte energetische Nutzung als Brennholz oder Hackgut. Laut dem Österreichischen Waldbericht 2023 werden rund 80 % des gefällten oder importierten Holzes in der Industrie verarbeitet (Sägerundholz und Industrieholz), während etwa ein Fünftel als Brennholz oder Hackgut zur Strom- und Wärmeerzeugung dient.

Materialverbrauch Im Jahr 2020 verarbeitete die Sägeindustrie etwa 20,8 Mio. Festmeter Sägerundholz (inklusive Rinde und Kappholz). Die Papier- und Plattenindustrie benötigte rund 6,6 Mio. Festmeter Industrierundholz sowie 5,7 Mio. Festmeter Sägewerksnebenprodukte (BML, 2023).

Produktionsmenge Sägerundholz bezeichnet Rundholz, das gezielt für die Weiterverarbeitung zu Schnittholz vorgesehen ist und in Sägewerken eingeschnitten wird. Es bildet die zentrale Rohstoffbasis für die Herstellung von Bauholz, Möbeln sowie weiteren hochwertigen Holzprodukten. In Österreich belief sich die Produktionsmenge von Schnittholz im Jahr 2023 auf 9,4 Mio. Festmeter (Fachverband Holzindustrie Österreich, 2024, [Zuschnittprofi.de](https://www.zuschnittprofi.de), o. J.).

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Recycling von Papier

In Österreich spielt das Recycling von Holz und Papier eine wichtige Rolle für Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft. Im Jahr 2023 wurden in Österreich ca. 540.000 Tonnen Altpapier (Papierverpackungen und Druckerzeugnisse) getrennt gesammelt (ARA AG, 2024). Altpapier wird in der Papier- und Zellstoffindustrie wiederverwertet, wodurch der Bedarf an Frischholz reduziert und gleichzeitig hochwertige Papierprodukte hergestellt werden können. Im selben Jahr wurden in österreichischen Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe insgesamt rund 2.200.000 Tonnen Papierabfälle verwertet. Dabei handelte es sich überwiegend um die Abfälle „Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet“ sowie „Gemische von Verpackungsmaterialien“ (BMLUK, 2025).

Wiederverwertung Holz

Auch die Wiederverwertung von Holz und Holzprodukten spielt in Österreich eine bedeutende Rolle. Sägenebenprodukte, Hackschnitzel und Restholz aus der Säge- und Plattenindustrie werden weitgehend stofflich oder energetisch genutzt. Im Jahr 2023 wurden in österreichischen Anlagen bei der Herstellung von Span- und Faserplatten insgesamt rund 1.010.000 Tonnen Holzabfälle eingesetzt. Dabei handelte es sich vor allem um „Bau- und Abbruchholz“, „Holzemballagen und Holzabfälle, nicht verunreinigt“ sowie um „Sägemehl und Sägespäne aus naturbelasstem, sauberem, unbeschichtetem Holz“ (BMLUK, 2025).

Auf diese Weise trägt das Recycling von Holz und Papier wesentlich zur effizienten Nutzung der Waldressourcen und zur nachhaltigen Wertschöpfung in der Holzindustrie bei (BML, 2023).

Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Entwicklung der Nachfrage

Die Nachfrage nach grafischen Papieren sank in den letzten Jahren durch Digitalisierung, papierlose Büros und den dadurch entstehenden rückläufigen Verbrauch von Druck- und Schreibpapier, während Recycling von Altpapier und Altholz die Rohstoffbasis zusätzlich entlastet.

Die Nachfrage nach Verpackungspapieren ist von 2000 bis 2020 gestiegen und in den letzten Jahren etwa gleichbleibend (Austropapier, 2024).

Gebäudesektor

Im Gesamtholzbedarf der Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität dominiert der Gebäudesektor. Dieser liegt im Jahr 2023 bei etwa 250.000

Tonnen und verdoppelt sich im Szenario Transition durch die angenommene Holzbauweise nahezu (siehe Tabelle 25).

6.5 Kunststoffe

Produktionsmenge Die Produktionsmenge an Kunststoffen in Österreich betrug in den letzten Jahren 1–1,5 Mio. Tonnen pro Jahr, wobei die kunststoffproduzierende Industrie in Österreich vor allem auf zwei große Marktteilnehmern konzentriert ist, die einen Großteil dieser Menge produzieren.

Produkte Die Produkte, die in diesen Mengen umfasst werden, sind vor allem die Kunststoffe Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und expandiertes Polystyrol (PS) sowie Harze für Lacke und Klebstoffe. Dabei ist der Großteil der in Österreich produzierten Menge für den Export bestimmt (Umweltbundesamt, 2017, WKO, 2022).

PVC wird in Österreich nicht hergestellt (Monomerproduktion).

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien und Materialeffizienz
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Recyclingmengen 2023 wurden insgesamt rund 160.000 Tonnen rezyklierte Kunststoffabfälle erfasst. Etwa 109.000 Tonnen können teilweise bestimmten Polymeren zugeordnet werden, teilweise nicht. Grob geschätzt entfallen auf Polyolefine rund 90.000 Tonnen aus verschiedenen Kunststoffabfallfraktionen.

Rezyklierbarkeit In den betrachteten Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität lassen sich vor allem sortenreine thermoplastische Kunststoffe wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) gut recyceln. Dazu zählen beispielsweise Kabelummantelungen, Rohre oder Folien. Diese Materialien können in Österreich stofflich wiederaufbereitet und als Rezyklate in neuen Produkten eingesetzt werden.

Alternative Materialien und Materialeffizienz:

Im Bereich der Kunststoffe spielt Gewichtsreduktion und Recyclingfreundlichkeit eine zentrale Rolle für die Ressourceneffizienz und

Umweltverträglichkeit. Durch leichte Konstruktionen lässt sich nicht nur Material einsparen, sondern auch der Energieverbrauch während Produktion, Transport und Nutzung deutlich reduzieren. Weiters können biobasierte oder biologisch abbaubare Polymere klassische Kunststoffe teilweise ersetzen. Zugleich könnte der Einsatz von Monomaterialsystemen einfacher recycelt werden, ohne dass aufwendige Trennprozesse notwendig sind.

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Materialbedarf Der durchschnittliche jährliche Bedarf an Kunststoff für das Szenario Transition liegt bis zum Jahr 2040 bei ca. 70.000 Tonnen pro Jahr und von 2041–2050 bei ca. 40.000. Der Rückgang ist vor allem auf den niedrigeren Bedarf im Energiesektor und auf den Gebäudesektor zurückzuführen (siehe Tabelle 24).

Gebäude- und Energiesektor Der Materialbedarf für Kunststoffe wird im IST-Zustand vor allem vom Gebäudesektor (PS) bestimmt. In diesem Bereich geht der Bedarf bis 2040 laut Szenario Transition leicht zurück und liegt in der Dekade 2041–2050 bei etwa der Hälfte des IST-Verbrauchs. Auch im Energiesektor bleibt der Kunststoffbedarf im Szenario Transition zunächst ungefähr auf dem Niveau von 2023 und sinkt in der Dekade 2041–2050 ebenfalls auf rund die Hälfte. Da diese beiden Sektoren den Großteil des Kunststoffverbrauchs ausmachen, reduziert sich der gesamte Kunststoffbedarf ab 2041 insgesamt um etwa 50 %.

6.6 Glas

Die österreichische Glasindustrie stellt überwiegend Verpackungsglas, technische Gläser, Flacons und Haushaltsglas her. Die Glasproduktion in Österreich betrug 2023 etwa 530.000 Tonnen, davon ca. 80 % Verpackungsglas.

Da Flachglas in Österreich nicht hergestellt wird, muss der Bedarf größtenteils aus dem Ausland importiert werden.

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien
- Sinkende Nachfrage

Sekundärrohstoffe und Recycling

Im Bereich Glas bietet die verstärkte Nutzung von Altglasscherben großes Potenzial für Ressourceneffizienz und Recycling. Im Jahr 2023 wurden ca. 250.000 Tonnen Glasverpackungen gesammelt (ARA AG, 2024). Im selben Jahr wurden in Anlagen zur Glaserzeugung rund 240.000 Tonnen Glasabfälle wiederverwertet. Davon entfielen etwa 54 % auf Buntglas (Verpackungsglas) und rund 46 % auf Weißglas (Verpackungsglas) (BMLUK, 2025). Durch optische Sortierverfahren und Farberkennung lässt sich die Qualität und Reinheit des recycelten Glases erhöhen. Dies ermöglicht eine höhere Wiederverwendungsquote und reduziert den Bedarf an Primärrohstoffen und den Energieaufwand bei der Neuproduktion.

Alternative Materialien

Glasähnliche Komposite (z. B. glasfaserverstärkte Kunststoffe) und energieeffiziente Schmelzverfahren können den Einsatz von Glasrohstoffen reduzieren oder ergänzen. Glasähnliche Komposite können in bestimmten Anwendungen ähnlich wie herkömmliches Glas eingesetzt werden, beispielsweise im Bauwesen oder für Verpackungen. Energieeffiziente Schmelzverfahren senken den Energieverbrauch bei der Glasherstellung deutlich, indem sie niedrigere Schmelztemperaturen oder alternative Wärmetechnologien nutzen.

Materialeffizienz

Durch Gewichtsreduktion oder den Einsatz von Mehrweg- und Rücknahmesystemen lässt sich der Materialkreislauf verlängern und der Bedarf an Primärrohstoffen wird gesenkt.

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Energie Der Glasbedarf (v. a. Flachglas) für die Sektoren Energie, Mobilität und Gebäude beträgt im Jahr 2023 rund 180.000 Tonnen. Im Szenario Transition bleibt der jährliche Bedarf bis 2040 weitgehend stabil und sinkt anschließend zwischen 2041 und 2050 auf etwa 110.000 Tonnen (siehe Kapitel 5.4). Dieser Rückgang von ca. 40 % ist vor allem auf den Energiesektor zurückzuführen und wird maßgeblich durch die deutliche Reduktion des Photovoltaik-Ausbaus beeinflusst.

6.7 Aluminium

In Österreich gehört die AMAG Austria Metall AG am Standort Ranshofen zu den führenden Produzenten von Aluminium. Mit einer Produktionskapazität von etwa 300.000 Tonnen pro Jahr werden Walz- und Halbzeugprodukte, insbesondere Aluminiumbleche und -bänder, hergestellt (AMAG, 2025).

Hebel zur Senkung des Materialbedarfs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien und Materialeffizienz
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Die Aluminiumgewinnung aus ausgedienten PV-Modulen, Elektroschrott u. Ä. könnte ausgebaut und durch verbesserte Rücknahmesysteme ergänzt werden, um den Materialkreislauf nachhaltig zu stärken. 2023 wurden in Österreich 200.900 Tonnen der Abfallart Aluminium, Aluminiumfolien erfasst, die für eine stoffliche Wiederverwertung zur Verfügung standen (BMLUK, 2025).

Alternative Materialien und Materialeffizienz

Legierungen und Aluminium-Verbundsysteme können den Materialeinsatz reduzieren. Zusätzlich können Leichtbaukonzepte, recyclinggerechtes Design mit sortenreinen Elementen und längere Lebensdauer die Effizienz erhöhen.

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Mobilität Durch den Ausbau des Schienenverkehrs und die damit verbundene Zunahme an Schienenfahrzeugen – wie im Szenario Transition angenommen – steigt der Aluminiumbedarf im Mobilitätssektor 2024–2030 auf etwa das Doppelte und von 2031 bis 2050 auf etwa das 2,5-Fache des IST-Niveaus.

Energie Im Energiesektor sinkt der Aluminiumverbrauch laut Szenario Transition bis Ende 2040 leicht im Vergleich zum IST-Niveau. Ab 2041, wenn der Umbau des Energiesystems weitgehend abgeschlossen ist, reduziert sich der Verbrauch auf rund ein Drittel.

Insgesamt sinkt der Aluminiumverbrauch ab 2041 auf etwa die Hälfte des IST-Verbrauchs (siehe Tabelle 22).

6.8 Kupfer

In Österreich erfolgt derzeit keine Primärkupferherstellung (d. h. die Gewinnung von Kupfer aus primären Erzvorkommen) mehr; stattdessen beruhen alle relevanten Kupferprodukte auf Sekundärrohstoffen, also Schrott und Rückständen (Umweltbundesamt, 1999).

Die Montanwerke Brixlegg AG in Tirol produziert jährlich zwischen 100.000 und 150.000 Tonnen hochreiner Kupferkathoden, für die das Kupfer vollständig aus Sekundärrohstoffen gewonnen wird (Montanwerke Brixlegg, 2024).

In Österreich werden vor allem Rohre, Stangen und Bleche sowie Halbzeuge und Fertigteile aus Kupfer und Kupferlegierungen hergestellt.

Hebel zur Senkung des Materialverbrauchs

- Sekundärrohstoffe und Recycling
- Alternative Materialien und Materialeffizienz
- Sinkende Nachfrage aus den Sektoren

Sekundärrohstoffe und Recycling

Die Kupferrückgewinnung aus ausgedienten PV-Modulen, Windtürmen, Elektroschrott, Kabeln und Industrieabfällen könnte ausgebaut werden. Geeignete Sortier- und Schmelztechnologien verbessern dabei die Reinheit. Dies reduziert den Rohstoffverbrauch und die energieintensive Primärproduktion. 2023 wurden in Österreich 19.600 Tonnen Kupferabfälle erfasst, die für eine stoffliche Wiederverwertung zur Verfügung standen (BMLUK, 2025).

Alternative Materialien und Materialeffizienz

Eine Miniaturisierung elektrischer Systeme, optimierte Leitungsquerschnitte, Wiederverwendung von Leitungen und Komponenten sowie verlängerte Nutzungsdauer steigern die Materialeffizienz. Zusätzlich könnten kupferfreie oder kupferreduzierte Legierungen und leitfähige Polymere oder Verbundwerkstoffe kupferhaltige Anwendungen teilweise ersetzen.

Sinkende Nachfrage aus den Sektoren – Vergleich IST mit Transition

Bedarf Der Kupferbedarf im Jahr 2023 liegt für die Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität bei ca. 19.000 Tonnen. Der durchschnittliche jährliche

Bedarf für Kupfer für das Szenario Transition liegt in den Jahren 2024–2030 bei ca. 30.000 Tonnen pro Jahr, nimmt dann bis zum Jahr 2040 auf ca. 20.000 ab und liegt 2041–2050 bei ca. 10.000 Tonnen pro Jahr (siehe Tabelle 21).

Infrastrukturausbau Durch den Umbau des Energiesystems und den Ausbau der Schieneninfrastruktur – wie im Szenario Transition angenommen – steigt der Kupferbedarf in den Sektoren Energie und Mobilität bis zum Jahr 2040 gegenüber dem heutigen Niveau an. Ab 2041 ist ein Großteil dieser Umbzw. Ausbauarbeiten abgeschlossen. In der Folge sinkt der Kupferbedarf im Energiesektor auf etwa die Hälfte des bisherigen Bedarfs und im Mobilitätssektor fällt er leicht unter den IST-Verbrauch.

Insgesamt sinkt der Kupferverbrauch ab 2041 auf etwa die Hälfte des IST-Verbrauchs.

7 KREISLAUFWIRTSCHAFT UND RECYCLING

Im Gegensatz zu anderen Sekundärrohstoffen (wie diverse Schrotte, Altpapier, Regranulate aus Altkunststoffen etc.), die am Weltmarkt gehandelt werden, werden Bau- und Abbruchabfälle und Aushubmaterialien bzw. daraus hergestellte Recyclingbaustoffe v. a. regional verwendet oder beseitigt. Die Abfallimporte bzw. -exporte nach bzw. aus Österreich betragen jeweils weniger als 1 % bezogen auf das jeweilige Inlandsaufkommen.

Nachfolgend soll die Fragestellung aufgegriffen werden, welchen Beitrag ein verstärktes Recycling von in Österreich anfallenden Bau- und Abbruchabfällen und Aushubmaterialien zum Ressourcenbedarf in den Bereichen Energiewirtschaft, Mobilität und Gebäude bis 2050 leisten kann.

7.1 Abfallströme im IST

mineralische Bau- und Abbruchabfälle

Im Jahr 2023 betrug das Aufkommen an nicht gefährlichen mineralischen Bau- und Abbruchabfällen⁴ rund 11 Mio. Tonnen. Tabelle 32 zeigt die wesentlichen Fraktionen.

Tabelle 32: Aufkommen Bau- und Abbruchabfälle: Wesentliche Abfallarten in Tonnen, 2023 (Quelle: BMLUK, 2025).

SN	Abfallbezeichnung	Aufkommen (t)
31427 und 31427 17	Betonabbruch und Betonabbruch (nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abrissmaßnahmen)	3.909.000
31409 und 31409 18	Bauschutt (keine Baustellenabfälle) und Bauschutt (keine Baustellenabfälle), nur Mischungen aus ausgewählten Abfällen aus Bau- und Abbruchmaßnahmen, ohne Mörtel- und Verputzanteile	3.354.000
54912	Bitumen, Asphalt	2.194.000
31410	Straßenaufbruch	644.000
31467	Gleisschotter	433.000
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	458.000
Sonstige nicht gefährliche mineralische Bau- und Abbruchabfälle		56.000
Summe		11.048.000

⁴ Inklusive Baustellenabfälle

Recyclingbaustoffe der Klasse U-A Von diesen rund 11 Mio. Tonnen wurden im Jahr 2023 8,4 Mio. Tonnen in Behandlungsanlagen für mineralische Bau- und Abbruchabfälle zum Zweck der Herstellung von Recyclingbaustoffen eingebracht. Zusätzlich wurden 3,8 Mio. Tonnen Aushubmaterialien in diese Anlagen eingebracht. Insgesamt wurden daraus 7,7 Mio. Tonnen Recyclingbaustoffe der (höchsten) Qualitätsklasse U-A gemäß Recycling-Baustoffverordnung (RBV, idF BGBl. II Nr. 181/2015) erzeugt.

Aufteilung auf Produktionsbereiche Insgesamt wurden im Jahr 2023 mindestens 1,4 Mio. Tonnen bzw. 13 % des Aufkommens der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle – entweder unmittelbar oder nach Aufbereitung in einer Behandlungsanlage für mineralische Bau- und Abbruchabfälle – in der Zementproduktion (rund 422.000 Tonnen), in der Betonproduktion (rund 489.000 Tonnen) und in der Asphaltproduktion (rund 470.000 Tonnen) eingesetzt.

Der Rest von rund 8,8 Mio. Tonnen bzw. 80 % des Aufkommens wurde als (technisches) Schüttmaterial verwendet.

Rund 855.000 Tonnen bzw. 8 % des Aufkommens wurden deponiert.

Aushubmaterialien Das Aufkommen an Aushubmaterialien betrug im Jahr 2023 rund 38 Mio. Tonnen.

Etwa 4 % dieses Aufkommens (1,4 Mio. Tonnen) wurden zu qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen aufbereitet. Rund 21,1 Mio. Tonnen bzw. 56 % des Aufkommens wurden deponiert. Die übrigen etwa 40 % des Aufkommens (rund 15,1 Mio. Tonnen) wurden für Rekultivierungs- und Verfüllungszwecke verwendet.

7.2 Abfälle im Transition

mineralische Bau- und Abbruchabfälle Die Entwicklung des Aufkommens und der Verwendung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen bis 2050 wurde über einen Austausch mit externen Expert:innen, die Berücksichtigung von Literaturdaten und eigenen Annahmen abgeschätzt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Annahmen**
- Das Aufkommen der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle steigt leicht entsprechend der Altersstruktur von Gebäuden und Straßen (plus 1,2 % jährlich, eigene Annahme).
 - Der Anteil an hochqualitativen Recycling-Baustoffen (Qualitätsklasse U-A gemäß Recycling-Baustoffverordnung) kann von derzeit 70 % bezogen auf das Abfallaufkommen auf 90 % in der Periode

2040 bis 2050 gesteigert werden (Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, 2025).

- Derzeit sind rund 10 % der Rohstoffe für die Zementproduktion Sekundärrohstoffe aus Bau- und Abbruchabfällen. Es wird angenommen, dass dieser Anteil auf bis zu 15 % in der Periode 2041 bis 2050 gesteigert werden kann (Verein Deutscher Zementwerke, 2022).
- Derzeit beträgt der Anteil von Bau- und Abbruchabfällen in der Betonproduktion 1–4 % (S. Arthofer, 2020, BMLUK, 2025). Gemäß des deutschen Zementwerke-Verband ist eine Steigerung auf bis zu 26 % möglich (Verein Deutscher Zementwerke, 2022). Die Substitution von Primärmaterial in der Betonproduktion wird allerdings nur in gewissem Umfang als sinnvoll erachtet, da der Einsatz von Körnungen aus Abfällen in der Betonproduktion mit dem Bedarf an technischem Schüttmaterial konkurriert (Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, 2025). Daher wurde für die Abfälle im Szenario Transition angenommen, dass der Anteil von Bau- und Abbruchabfällen in der Betonproduktion auf 15 % in der Periode 2041 bis 2050 gesteigert wird.
- Derzeit beträgt der Anteil von Ausbau-Asphalt in der Asphaltproduktion etwa 6–20 % (BMLUK, 2025, S. Arthofer, 2020). Unter Berücksichtigung der geschätzten Entwicklung des Aufkommens an Asphaltabfällen wird angenommen, dass der Anteil von Ausbau-Asphalt in der Asphaltproduktion auf 35 % in der Periode 2041 bis 2050 gesteigert werden kann.
- Der deponierte Anteil von derzeit 8 % des Aufkommens an mineralischen Bau- und Abbruchabfällen kann auf 3 % des Aufkommens in der Periode 2041 bis 2050 gesenkt werden (eigene Annahme).
- Für die verbleibenden Anteile der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle, die nicht in der Beton-, Zement- und Asphaltproduktion eingesetzt oder deponiert werden, wird ein Einsatz als technisches Schüttmaterial angenommen.

Aushubmaterialien Die Entwicklung des Aufkommens und der Verwendung von Aushubmaterialien bis 2050 wurde auf Basis eines Austauschs mit externen Expert:innen, unter Berücksichtigung von Literaturdaten und eigenen Annahmen geschätzt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Annahmen**
- Das Aufkommen an Aushubmaterialien entwickelt sich rückläufig. Es wird ein Rückgang von durchschnittlich minus 1 % bis 2040 und von durchschnittlich minus 10 % ab 2040 angenommen. Grund dafür ist der Rückgang beim Gebäudeneubau 2040 (siehe Kapitel 4.2) und die Annahme, dass ab 2040 nur mehr der Erhalt von

Schieneninfrastruktur, aber keine nennenswerte Neuerrichtung mehr erfolgt (siehe Kapitel 3.2).

- Der Anteil von Recycling-Baustoffen von derzeit 4 % bezogen auf das Aufkommen von Aushubmaterial kann – auch durch die Effekte der geplanten Aushubverordnung – auf bis zu 40 % in der Periode 2041 bis 2050 gesteigert werden (Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, 2025).
- Der Anteil der Deponierung kann von derzeit etwa 56 % des Aufkommens auf bis zu 20 % in der Periode 2041 bis 2050 reduziert werden (eigene Annahme, unter Berücksichtigung der Effekte der geplanten Aushubverordnung: der Verordnungsentwurf vom 7.1.2026 sieht unter anderem folgende Maßnahmen vor: Abfallende für Aushubmaterialien, ein verpflichtendes Materialkonzept für größere Bauvorhaben und die verpflichtende getrennte Erfassung von Spritzbeton. Für nicht verunreinigtes Bodenaushubmaterial der besten Qualitätsklasse soll dadurch bereits 2029 eine Reduktion der deponierten Massen um 2,5 Mio. Tonnen im Vergleich zu 2023 (6,5 Mio. Tonnen) möglich sein).
- Die Anteile (von erdigem Material) für Rekultivierung und Verfüllung bleiben konstant bei 40 % des Aufkommens an Aushubmaterialien (eigene Annahme).

7.3 Geschätzter zukünftiger Abfalleinsatz

mineralische Bau- und Abbruchabfälle

Tabelle 33 zeigt das durchschnittliche jährliche Aufkommen, die durchschnittlich jährlich erzeugte Menge an Recycling-Baustoffen sowie die jährlichen Einsatzmengen für bestimmte Bauzwecke für die Zeiträume 2024–2030, 2031–2040 und für 2041–2050 unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen im Szenario Transition.

Tabelle 33: Geschätzte Entwicklung des Aufkommens und des Einsatzes von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen, in Tonnen, Anteile in % (Quelle: eigene Schätzungen).

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
Aufkommen (t)	12.043.000	13.108.000	14.480.000
Daraus erzeugte Recycling-Baustoffe der Qualitätsklasse U-A (t)	8.382.000	10.487.000	13.032.000
Anteil der erzeugten Recyclingbaustoffe U-A am Aufkommen (%)	70	80	90
Einsatz in der Zement-, Beton- und Asphaltproduktion (t)	3.572.000	5.775.000	8.240.000
Anteil Einsatz in der Zement-, Beton- und Asphaltproduktion am Aufkommen (%)	30	44	57
Einsatz in der Zementproduktion (t)	398.000	414.000	497.000
Einsatz in der Betonproduktion (t)	1.193.000	2.983.000	4.971.000
Einsatz in der Asphaltproduktion (t)	1.982.000	2.378.000	2.772.000
Potenzieller Einsatz als technisches Schüttmaterial (t)	7.628.000	6.678.000	5.806.000
Anteil Schüttmaterial am Aufkommen (%)	63	51	40
Deponierung (t)	843.000	655.000	434.000
Anteil Deponierung am Aufkommen (%)	7	5	3

Aushubmaterialien

Tabelle 34 zeigt das durchschnittliche jährliche Aufkommen, die durchschnittlich jährlich erzeugte Menge an Recycling-Baustoffen sowie die jährlichen Einsatzmengen für bestimmte Bauzwecke für die Zeiträume 2024–2030, 2031–2040 und für 2041–2050.

Tabelle 34: Geschätzte Entwicklung des Aufkommens und des Einsatzes von Aushubmaterialien, in Tonnen, Anteil in % (Quelle: eigene Schätzungen).

	2024–2030	2031–2040	2041–2050
Aufkommen (t)	37.680.000	37.304.000	33.573.000
Erzeugte Recycling-Baustoffe (t)	3.768.000	9.326.000	13.429.000
Anteil der erzeugten Recycling-Baustoffe am Aufkommen (%)	10	25	40
Potenzieller Einsatz für Rekultivierung und Verfüllung (erdige Anteile)	15.072.000	14.921.000	13.430.000
Anteil Rekultivierung/Verfüllung am Aufkommen (%)	40	40	40
Deponierung (t)	18.840.000	13.056.000	6.715.000
Anteil Deponierung am Aufkommen (%)	50	35	20

7.4 Hebel zur Steigerung des Wiedereinsatzes von Abfällen

Hebel zur Steigerung des Wiedereinsatzes von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen und von Aushubmaterial:

- Finanzielle Steuerungsmechanismen in der Abfallbewirtschaftung (ALSAG)
- Verpflichtender Einsatz von Recyclingbaustoffen im öffentlichen und geförderten Bereich (nachhaltige Beschaffungsrichtlinien und -kriterien)
- Möglichkeit der Deklaration von Abfallende für Aushubmaterial (geplante Aushubverordnung)
- Deponieverbote (Deponieverordnung)
- Optimierungen bei getrennter Erfassung und bei der Aufbereitung zu Recyclingbaustoffen (konsequente Anwendung der Recycling-Baustoffverordnung und der Recyclinggips-Verordnung)

Finanzielle Steuerungsmechanismen in der Abfallbewirtschaftung (ALSAG)

Deponierung Die Deponierung von Aushubmaterialien ist oft wirtschaftlich attraktiver als die Verwendung für Baumaßnahmen bzw. die Aufbereitung zu Baustoffen. Das liegt daran, dass gemäß Altlastensanierungsgesetz (BGBl. Nr. 299/1989) die Ablagerung auf Bodenaushub, Inertabfall- oder Baurestmassendeponien von Aushubmaterialien (auch mit bis zu 30 Volumsprozent an mineralischen bodenfremden Bestandteilen, z. B. mineralischen Baurestmassen, sowie nicht mehr als drei Volumsprozent an organischen bodenfremden Bestandteilen (z. B. Kunststoff, Holz, Papier) grundsätzlich beitragsfrei ist. ALSAG-Beitragspflicht für die Deponierung von Aushubmaterial würde die Verwertung ökonomisch attraktiver machen.

Verpflichtender Einsatz von Recyclingbaustoffen im öffentlichen und geförderten Bereich

verpflichtende statt optionale Kriterien Derzeit sehen die Spezifikationen für Hoch- und Tiefbau in der öffentlichen Beschaffung (NaBe) die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen für diverse Anwendungen als optionales Zuschlagskriterium vor. Durch verpflichtende Kriterien könnte der Anreiz zur Verwendung von Recyclingbaustoffen gesteigert werden. Bituminös gebundene Deck-, Binder- und Tragschichten müssen gemäß den Spezifikationen für Tiefbau jedenfalls zu mindestens 10 % (bezogen auf das Gewicht) aus Recyclingasphalt bestehen, wenn eine Recyclingmaterial-Zugabe gemäß der ÖNORMEN der Normenreihe ÖNORM B 358x-Serie oder gleichwertig zugelassen ist.

Anforderungen an Aushubmaterialien für Verwertungsverfahren und vorzeitiges Abfallende für Aushubmaterial

Die geplante Verordnung über die Verwertung und das Abfallende bestimmter Aushubmaterialien definiert Anforderungen an Aushubmaterialien für bestimmte Verwertungsmöglichkeiten (Erdbaumaßnahmen, Maßnahmen der Bodenrekultivierung, Herstellung von Kultursubstraten, von Kompost und Komposterden sowie von künstlichen Erden, Herstellung von Gesteinskörnungen, Herstellung von sonstigen Baustoffen sowie Verwendung als Industriematerial). Weiters ist die Möglichkeit vorgesehen, dass für Aushubmaterialien definierter Qualität das Abfallende vor Einbringen in die eigentliche Verwertung deklariert werden kann. Das soll den Einsatz für bestimmte Verwendungen attraktiver machen.

Deponieverbote

etablierte Alternativen als Ausnahmen

Seit 2024 gilt gemäß Deponieverordnung (BGBl. II Nr. 39/2008) für eine Reihe von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen ein grundsätzliches Deponieverbot. Dies umfasst u. a. Straßenaufbruch, bestimmte Aushubmaterialien (SN 31411 34, 35), Betonabbruch, Gleisschotter, Bitumen, Asphalt und Recycling-Baustoff der Qualitätsklasse U-A gemäß Recycling-Baustoffverordnung. Ausnahmen bestehen bei starker Verunreinigung oder wenn die Qualitäten für Inertabfalldeponien nicht eingehalten werden. Bei diesen Abfällen handelt es sich um Abfälle, für die Verwertungsmöglichkeiten bereits grundsätzlich etabliert sind.

Für bestimmte Fraktionen der Bau- und Abbruchabfälle kann ein Deponieverbot ausschlaggebend dafür sein, dass die entsprechenden Verwertungsverfahren bzw. -anlagen realisiert werden. Ein Beispiel sind Gipsabfälle, welche ab 2026 grundsätzlich nicht mehr deponiert werden dürfen. Massenmäßig relevant sind diese allerdings nicht.

Optimierungen bei getrennter Erfassung und bei der Aufbereitung zu Recyclingbaustoffen

Die Recycling-Baustoffverordnung (BGBl. II Nr. 181/2015) oder auch die Recyclinggips-Verordnung (BGBl. II Nr. 415/2024) stellen bereits Anforderungen an die getrennte Erfassung von Fraktionen an der Anfallstelle. Optimierungen der Aufbereitungstechnik können zu besseren Qualitäten und höheren Ausbeuten führen. Aktuell läuft im Rahmen des Projekts Kreisbau eine Stand-der-Technik-Erhebung bei Baurestmassenaufbereitungsanlagen.

8 ERGEBNISSE IN HINBLICK AUF DIE ERREICHUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFTSZIELE

Die im Jahr 2022 beschlossene österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMU, 2022) hat zum Ziel, Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft voranzubringen und Initiativen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Konkret soll unter anderem Folgendes erreicht werden:

Ziele Kreislaufwirtschaftsstrategie

- eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs, gemessen als inländischer Materialverbrauch (DMC⁵) (Ziel: maximal 14 Tonnen pro Kopf und Jahr bis 2030) und als Material-Fußabdruck bzw. Rohmaterialverbrauch (RMC⁶) (Ziel: maximal sieben Tonnen pro Kopf und Jahr bis 2050) – im Jahr 2023 stand Österreich bei 16,4 Tonnen pro Kopf und Jahr (DMC) (EUROSTAT, 2025b) bzw. bei 20,1 Tonnen pro Kopf und Jahr (RMC) (EUROSTAT, 2025a).
- eine Steigerung der Ressourcenproduktivität – das ist die wirtschaftliche Leistung in Euro (BIP) pro Tonne inländischer Materialverbrauch bis 2030 um 50 % im Vergleich zu 2015 (damals waren es 2.266 Euro pro Tonne) – im Jahr 2023 stand Österreich bei 2.544 Euro pro Tonne (EUROSTAT, 2025c).
- eine Erhöhung der Zirkularitätsrate – das ist der Anteil der Kreislaufnutzung von Materialien bzw. Ressourcen am inländischen Gesamtmaterialverbrauch – auf 18 % bis 2030 – im Jahr 2023 stand Österreich bei 14,2 % (EUROSTAT, 2025d).

Transformations-schwerpunkte

Um die genannten Ziele zu erreichen, sind Initiativen und Maßnahmen in sieben Transformationsschwerpunkten vorgesehen, darunter die Bauwirtschaft und Abfälle und Sekundärressourcen. Bei der Bauwirtschaft sind wesentliche Stellschrauben die Förderung von ressourcenschonenden und zirkulären Bauweisen, die nachhaltige Beschaffung im Hoch- und Tiefbau, die Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden und Bauprodukten sowie die Stärkung von Wiederverwendung, Recycling und Verwertung.

Die vorliegende Studie befasst sich mit dem Materialbedarf bzw. Materialverbrauch, der aus der Klimaneutralität und der daraus resultierenden Energiewende zu erwarten ist. Die Ergebnisse können daher in erster Linie in Hinblick auf das Ziel „Reduktion des Ressourcenverbrauchs“, mit

⁵ DMC = domestic material consumption

⁶ RMC = raw material consumption

dem Indikator DMC (Domestic Material Consumption, Inlandsmaterialverbrauch) diskutiert werden.

Bedarf an mineralischen Baustoffen gegenüber DMC

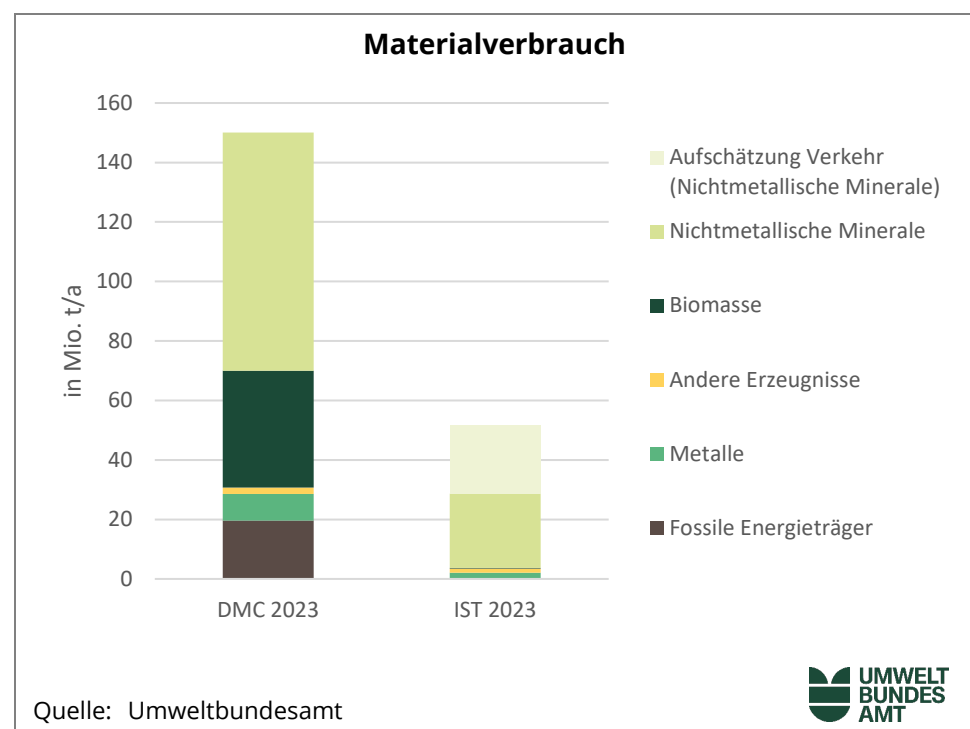
Konnex zu Klimaneutralität

Mengenmäßig am relevantesten ist der Materialverbrauch bzw. Materialbedarf von nichtmetallischen mineralischen Ressourcen, die entweder als solche oder als Input für die Herstellung von Produkten für die Klimaneutralität oder als Konsequenz der Klimaneutralität benötigt werden.

Der DMC umfasst neben den nichtmetallischen Mineralen auch die Kategorien Biomasse, Metalle, fossile Energieträger und andere Erzeugnisse.

Abbildung 3 zeigt den österreichischen Inlandsmaterialverbrauch (DMC) im Jahr 2023 und den in dieser Studie betrachteten Materialverbrauch der Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität im Jahr 2023 (IST).

Abbildung 3: Vergleich DMC 2023 mit dem Materialverbrauch 2023 (IST) des Studieninhalts für die Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität (inkl. Aufschätzung Verkehr), in Mio. t.



Biomasse wird in dieser Arbeit nicht vertieft behandelt; lediglich der Holzverbrauch im Sektor Gebäude wird betrachtet. Die fossilen Energieträger waren nicht Gegenstand dieser Studie.

Im nächsten Schritt wurde jener Anteil des DMC identifiziert, der grosso modo den in der Studie untersuchten Materialien entspricht.

Einsatzbereiche Der Gesamtanteil der nichtmetallischen Minerale am DMC lag im Jahr 2023 bei rund 84 Mio. Tonnen (Statistik Austria, 2025b). Davon entfallen rund 54 Mio. Tonnen auf Materialien, wie sie in der Studie betrachtet wurden. Diese Teilmenge des DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (54 Mio. Tonnen) umfasst folgende Materialeinsätze: Sand und Kies (inklusive Herstellung von Recycling-Baustoffen aus Aushubmaterialien), andere Bergbau- und Steinbruchprodukte und 14 Mio. Tonnen (ca. 71 %) von Kalkstein und Gips. Geschätzt etwa 30 Mio. Tonnen der nichtmetallischen Minerale werden für andere Zwecke als die in der Studie betrachteten eingesetzt, insbesondere die Subkategorien basaltische Gesteine, Kalk, Dolomit und Schiefertone und Kaolin; Salze und chemische Düngemittelminerale und Erzeugnisse hauptsächlich aus nichtmetallischen Mineralen sowie 29 % (5,7 Mio. Tonnen) von Kalkstein und Gips.

In Abbildung 4 ist ein Vergleich des DMC 2023 für diese **Teilmenge der nichtmetallischen Minerale** gegenüber dem in der Studie ermittelten Materialverbrauch im Jahr 2023 (IST) und dem Szenario Transition in Abschnitten bis 2050 abgebildet.

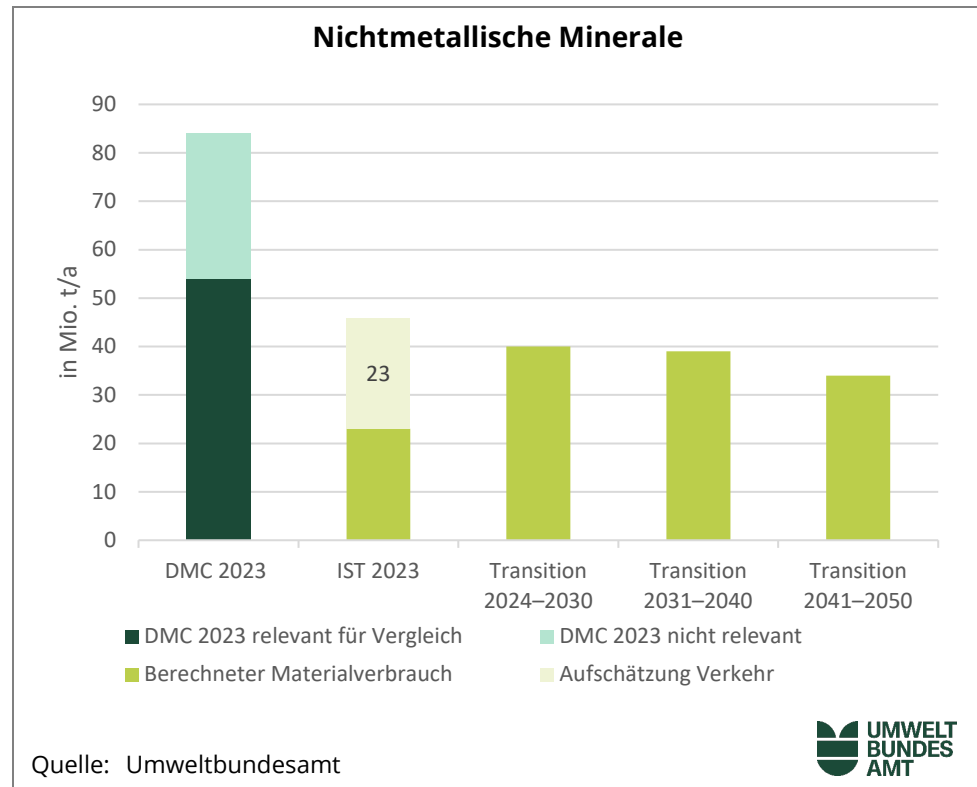
Abgleichung Die gewählte Teilmenge des DMC stimmt sehr gut mit dem in diesem Bericht ermittelten Materialverbrauch in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Energiewirtschaft überein, insbesondere im IST-Zustand des Jahres 2023. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die IST-Daten für den Mobilitätssektor im Jahr 2023 unvollständig sind, da das gesamte niederrangige Straßennetz (Landes- und Gemeindestraßen) nicht erfasst wurde. Aus diesem Grund wurde für das niederrangige Straßennetz eine grobe Abschätzung des Neubaus vorgenommen, die sich am Materialaufwand von Straßensanierungen orientiert. Diese Aufschätzung ist in Abbildung 4 eigens dargestellt. Als nicht erfasst verbleiben daher insbesondere die Industrie- und Sonderbauten sowie die Wasser- und Abwasserinfrastruktur.

Danach sinkt im Szenario Transition der Materialverbrauch, insbesondere in der Periode von 2041 bis 2050. Im Szenario Transition ist die Erhaltung des Straßennetzes, also auch des niederrangigen Straßennetzes, vollständig abgebildet.

In der Periode 2041–2050 wird in den hier betrachteten Sektoren im Szenario Transition ein Materialeinsatz von 34 Mio. Tonnen für nichtmetallische Minerale ermittelt. Der Materialeinsatz im IST 2023 wurde mit

48 Mio. Tonnen für nichtmetallische Minerale abgeschätzt. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 30 % in der Periode 2041–2050.

Abbildung 4: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. t.



Schüttgüterbedarf gegenüber verfügbaren Mengen aus der Abfallwirtschaft

Perioden bis 2040 Wie in Kapitel 5.1 dargestellt, geht der jährliche Bedarf im Szenario Transition an Schüttgütern, wie Schotter, Kies und Sand, für die Bereiche Gebäude, Energie und Mobilität mit etwa 19,7 Mio. Tonnen erst in der Dekade 2041–2050 zurück. Davor liegt der jährliche Bedarf bei etwa 24,1 Mio. Tonnen.

Periode 2041–2050 Dem steht für die Dekade 2041–2050 ein jährliches Potenzial von 5,8 Mio. Tonnen an technischem Schüttmaterial aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen gegenüber. Damit könnten in etwa 29 % des benötigten Schüttgüterbedarfs durch Sekundärressourcen aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen gedeckt werden.

Aushubmaterialien

Es stehen maximal 13,4 Mio. Tonnen Aushubmaterial als Ausgangsmaterial entweder für Schüttgüter oder für den Einsatz in der Zement- und Betonherstellung oder in der Asphaltproduktion (als Gesteinskörnung) zur Verfügung.

Materialbedarf für die Zement- und Betonherstellung gegenüber verfügbaren Mengen aus der Abfallwirtschaft

Abdeckung durch Sekundärmaterialien

2023 wurden in Österreich 422.000 Tonnen mineralischer Bau- und Abbruchabfälle bei der Zementproduktion eingesetzt (siehe Kapitel 7.1) und 489.000 Tonnen in der Betonproduktion. Im gleichen Jahr betrug die Zementproduktion in etwa 4,4 Mio. Tonnen (siehe Kapitel 6.1) und die Betonproduktion in etwa 44 Mio. Tonnen. Der Verein Deutscher Zementwerke geht davon aus, dass bis 2050 rund 15 % der für die Zementherstellung benötigten Rohstoffe durch Sekundärmaterialien aus Bau- und Abbruchabfällen ersetzt werden können (siehe 7.2). Für die Betonproduktion geht der Verein Deutscher Zementwerke davon aus, dass bis 2050 26 % der eingesetzten Materialien durch Recyclingbaustoffe aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen ersetzt werden können (siehe Kapitel 7.2).

Beton

Nimmt man an, dass 26 % der Materialmengen in der gesamten Betonproduktionsmenge für alle Anwendungsgebiete in der Dekade 2041–2050 (ca. 33 Mio. Tonnen) unter Einsatz von Recyclingbaustoffen aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen hergestellt werden können (siehe Kapitel 6.1), dann könnten im Zeitraum 2041–2050 jährlich 8,6 Mio. Tonnen Primärrohstoffe durch Recyclingmaterialien ersetzt werden. Das realisierbare Potenzial für den Einsatz von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen beträgt rund fünf Millionen Tonnen pro Jahr (siehe Tabelle 33), das entspricht rund 15 % des Materialbedarfs in der Betonproduktion.

Materialersparnis

Wie in Kapitel 5.2 dargestellt, geht der jährliche Bedarf im Szenario Transition an Zement und Beton für die Sektoren Gebäude, Energie und Mobilität im Betrachtungszeitraum 2024–2050 zurück und beträgt in der Dekade 2041–2050 für Zement etwa 0,75 Mio. Tonnen und für Beton ca. 7,2 Mio. Tonnen. Bei rund 15 % Ersatz der für die Zementherstellung benötigten Rohstoffe durch Sekundärmaterialien aus Bau- und Abbruchabfällen können in der Dekade 2041–2050 jährlich rund 0,1 Mio. Tonnen an Primärmaterialien substituiert werden. Werden im Zeitraum 2041–2050 rund 26 % der für die Betonproduktion benötigten Materialmengen durch den Einsatz von Sekundärmaterial aus Bau- und Abbruchabfällen ersetzt, resultiert daraus eine jährliche Einsparung von etwa

1,9 Mio. Tonnen in der Betonproduktion. Bei einer Annahme, dass nur 15 % der für die Betonproduktion benötigten Materialien durch Sekundärmaterial ersetzt werden können, resultiert daraus ein Potenzial von jährlich 1,1 Mio. Tonnen. (siehe Kapitel 7.2).

Asphaltbedarf gegenüber verfügbaren Mengen aus der Abfallwirtschaft

Asphalt setzt sich zu rund 95 % aus Gesteinskörnungen und zu etwa 5 % aus Bitumen (Bindemittel) zusammen. Im Mobilitätsbereich beträgt der Straßenasphaltbedarf im Zeitraum 2041–2050 gemäß dem Szenario Transition ca. 6,5 Mio. Tonnen (siehe Tabelle 18).

Gemäß der Annahme, dass der Anteil von Ausbau-Asphalt im Straßenbau auf 35 % in der Periode 2041–2050 gesteigert werden kann (siehe Kapitel 7.2), könnten ca. 2,3 Mio. Tonnen an neu hergestelltem Straßenasphalt eingespart werden.

Den verbleibenden ca. 4,2 Mio. Tonnen an Asphaltbedarf steht ein jährliches Aufkommen von rund 2,8 Mio. Tonnen mineralischer Bau- und Abbruchabfälle gegenüber, die in der Asphaltproduktion als Gesteinskörnung eingesetzt werden könnten (siehe Kapitel 7.3). Damit können etwa zwei Drittel des Restbedarfs gedeckt werden.

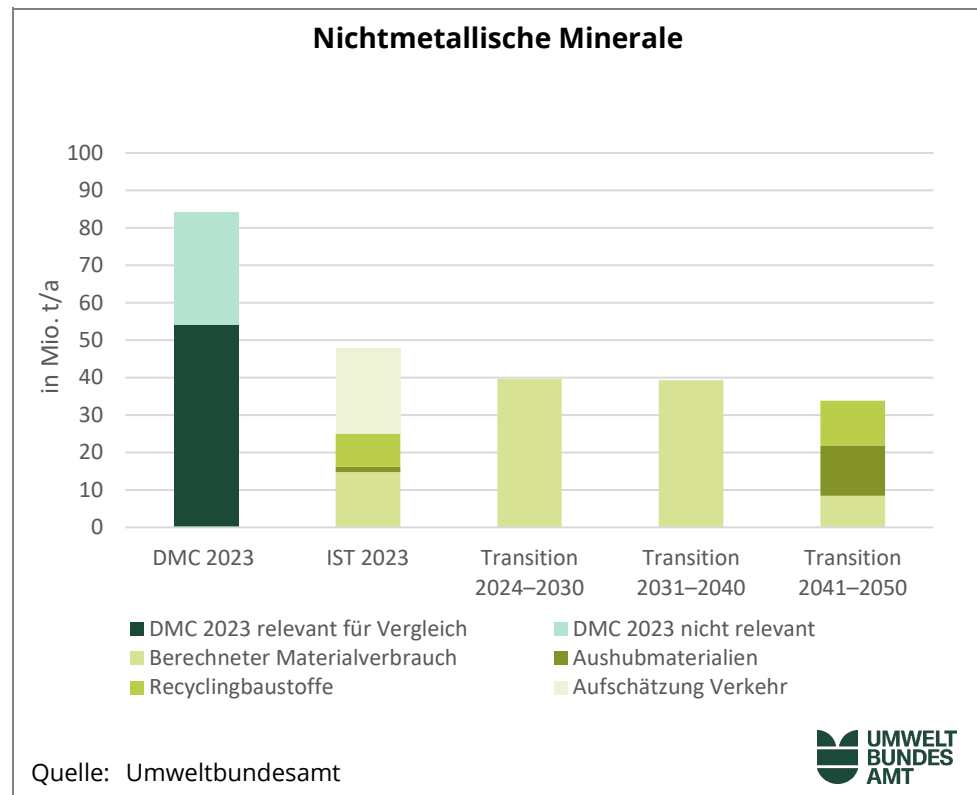
Substitutionsmöglichkeiten durch Sekundärressourcen

Materialersparnis

Abbildung 5 verdeutlicht, dass der verstärkte Einsatz von Sekundärressourcen zu einer erheblichen Einsparung von Primärressourcen führt. Die Säule „IST 2023“ weist dabei den Einsatz von Recyclingbaustoffen in Höhe von 8,8 Mio. Tonnen aus und 1,4 Mio. Tonnen Aushubmaterial. In der Säule „Transition 2041–2050“ steigt der Einsatz von Sekundärressourcen auf insgesamt ca. 25 Mio. Tonnen, wobei ca. 12 Mio. Tonnen auf Recyclingbaustoffe und in etwa 13 Mio. Tonnen auf Aushubmaterial entfallen.

Dadurch wird zwar der DMC nicht kleiner, aber die Zirkularitätsrate steigt an. Der Abdeckungsgrad des bauwirtschaftsrelevanten Anteils am DMC Nichtmetallische Minerale in den betrachteten Sektoren Gebäude, Mobilität und Energiewirtschaft ist hoch. Die Abbildung zeigt auch den geringeren Materialbedarf im Szenario Transition und den möglichen Reduktionsbeitrag von Recyclingmaterialien.

Abbildung 5: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. t.



9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1a: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. Tonnen.....	8
Abbildung 1b: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. Tonnen.....	10
Abbildung 2: Vergleich des jährlichen Materialbedarfs in Mio. t/a zwischen Ist-Zustand 2023 und verschiedenen Hebeln für die Dekade 2041 bis 2050 (Quelle: eigene Berechnungen).	57
Abbildung 3: Vergleich DMC 2023 mit dem Materialverbrauch 2023 (IST) des Studieninhalts für die Sektoren Energie, Gebäude und Mobilität (inkl. Aufschätzung Verkehr), in Mio. t.	91
Abbildung 4: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. t.	93
Abbildung 5: Vergleich DMC 2023 für nichtmetallische Minerale (Gesamt und relevant für die Bauwirtschaft) mit dem jährlichen Materialbedarf der Jahre 2023 (IST) und Transition bis 2050, in Mio. t.	96

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bestandsstatistik – Öffentliches Stromnetz in Österreich 2023 – Systemlängen (E-Control, 2025b).....	22
Tabelle 2:	Ausbau des Stromnetzes in den verschiedenen Spannungsebenen 2023 (E-Control, 2025b) und im Szenario Transition, Annahmen Umweltbundesamt auf Basis von Österreichs Energie (AIT, 2024, Österreichs Energie, 2022).....	25
Tabelle 3:	Materialbedarfsspezifische Faktoren (CATF, 2023, Kim et al., 2023) und Materialbedarf für 2023 und 2024 bis 2050 für PV-Anlagen (*Selbstberechnung; Annahme: 200 W/m ² , Ballastierung 15 kg/m ² (Sonnenberg, 2025)).	26
Tabelle 4:	Materialbedarfsspezifische Faktoren (CATF, 2023) und Materialbedarf von 2023 bis 2050 für Windkraftanlagen (Mittelwert von vier Anlagentypen).....	27
Tabelle 5:	Materialbedarf 2023 bis 2050 für das Stromnetz, Berechnungen Umweltbundesamt auf Basis von Literaturquellen (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).	28
Tabelle 6:	Mengengerüst der überregionalen Schieneninfrastruktur in Österreich (2022 bzw. 2023) (SCHIG mbh, 2023, ÖBB Infrastruktur, 2024a, Neugebauer, 2022).....	34
Tabelle 7:	Von der ASFINAG gemeldete IST-Materialeinsätze (2024) im Vergleich zu den für bestimmte Streckenabschnitte errechneten Materialbedarfen für Sanierungen (Betriebsangaben ASFINAG; eigene Berechnungen auf Basis von (Neugebauer, 2022)).	40
Tabelle 8:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für den Neubau von Eisenbahninfrastruktur (freie Strecken, Tunnel, Brücken) (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	42
Tabelle 9:	Materialbedarf im Bereich überregionale Schieneninfrastruktur: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ÖBB Infrastruktur, 2024a, ÖBB Infrastruktur, 2025, ÖBB Holding AG, 2025b).....	43
Tabelle 10:	Materialbedarf im Bereich überregionale Straßeninfrastruktur im Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ASFINAG,	

	2024a, BMK, 2024c, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 2025, AustriaTech, 2024).	44
Tabelle 11:	Materialbedarf im Bereich U-Bahn und Straßenbahn: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. (Stadt Wien, 2025a, Wiener Linien, 2023, Wiener Linien, 2025, Holding Graz, 2021, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, Rechnungshof Österreich, 2023) und eigene Berechnungen.	45
Tabelle 12:	Materialbedarf im Bereich Schienenfahrzeuge: Vergleich IST (2023/2024) mit Szenario Transition. Eigene Berechnung auf Basis von (Neugebauer, 2022, ALSTOM, 2022a, ALSTOM, 2022c, ALSTOM, 2023b, ALSTOM, 2022b, Öko-Institut, 2013).	46
Tabelle 13:	Parameter und Datenquellen für die Berechnung des IST-Materialbedarfs 2023 des Gebäudesektors (Umweltbundesamt: eigene Darstellung).	52
Tabelle 14:	Materialbedarf des Gebäudesektor im Jahr 2023 (Berechnung auf Grundlage von Statistik Austria, 2024, Statistik Austria, 2025a, UBA/IIBW, 2023).	53
Tabelle 15:	Gemittelter jährlicher Materialbedarf des Gebäudesektors abgeleitet aus dem Szenario Transition in Kombination mit Steigerungen bei Holzbau und Instandhaltung (Quelle: eigene Berechnungen).	59
Tabelle 16:	Vergleich der materialbedarfsspezifischen Faktoren pro m ² BGF für zusätzlich bereitgestellte Fläche in den untersuchten Szenarien (Quelle: eigene Berechnungen).	60
Tabelle 17:	Schüttgüterbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	61
Tabelle 18:	Schüttgüterbedarf, Erdarbeiten und Asphaltbedarf im Sektor Mobilität in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	61
Tabelle 19:	Beton- und Zementbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	62
Tabelle 20:	Stahl- und Eisenbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	63
Tabelle 21:	Kupferbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	63

Tabelle 22:	Aluminiumbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.....	64
Tabelle 23:	Glasbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	64
Tabelle 24:	Kunststoffbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.....	65
Tabelle 25:	Holzbedarf der einzelnen Sektoren in Tonnen pro Jahr in jeder Dekade.	65
Tabelle 26:	Produktionsmengen in Österreich für Klinker, Zement und Beton und der Klinkerfaktor für 2023* (Mauschitz, 2024); 2030–2050 die angenommenen Mengen auf Basis des Szenarios Transition.....	66
Tabelle 27:	Materialbedarf für die Sektoren Energie (E), Gebäude (G) und Mobilität (M) im Szenario Transition für die drei Sektoren mit der prozentuellen Angabe der österreichischen Produktion.....	67
Tabelle 28:	Materialeinsatz für Kalk, Magnesia, Ziegel, Keramik, Glas und feuerfeste Materialien für das Jahr 2023 (Umweltbundesamt, 2018, European Commission, 2013).	70
Tabelle 29:	Spezifische Einsatzmengen diverser Materialien für die Stahlproduktion für 2022* (World Steel Association, 2024, voestalpine Steel Division, 2024), Annahmen Transition 2030–2050 (Umweltbundesamt, 2023).....	72
Tabelle 30:	Mengen in Österreich für die Rohstahlproduktion und den Schrotteinsatz für 2022* (World Steel Association, 2024); 2030–2050, angenommene Mengen auf Basis des Szenarios Transition.....	72
Tabelle 31:	Materialbedarf für die Sektoren Energie (E), Gebäude (G) und Mobilität (M) im Szenario Transition mit der prozentuellen Angabe der österreichischen Eisen- und Stahlproduktion.	73
Tabelle 32:	Aufkommen Bau- und Abbruchabfälle: Wesentliche Abfallarten in Tonnen, 2023 (Quelle: BMLUK, 2025).	82
Tabelle 33:	Geschätzte Entwicklung des Aufkommens und des Einsatzes von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen, in Tonnen, Anteile in % (Quelle: eigene Schätzungen).	86

Tabelle 34:	Geschätzte Entwicklung des Aufkommens und des Einsatzes von Aushubmaterialien, in Tonnen, Anteil in % (Quelle: eigene Schätzungen).....	87
Tabelle 35:	Annahme der PV-Verteilung auf Freifläche und Dach oder Fassade (Umweltbundesamt, 2026).....	118
Tabelle 36:	Annahme der PV-Verteilung auf Flachdach und Schrägdach (Umweltbundesamt, 2026).....	118
Tabelle 37:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Onshore-Windräder (CATF, 2023).	119
Tabelle 38:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Freileitungen und Masten (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).....	119
Tabelle 39:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Erdkabel (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).	120
Tabelle 40:	Benötigte Masten pro Kilometer und deren Gewicht für die einzelnen Spannungsebenen (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).	120
Tabelle 41:	Mengengerüst der überregionalen Schieneninfrastruktur in Österreich – IST (2022 bzw. 2023) und Transition (SCHIG mbh, 2023, ÖBB Infrastruktur, 2024a, Neugebauer, 2022, BMIMI, 2018, ÖBB Infrastruktur, 2024b, ÖBB Holding AG, 2025a) und eigene Berechnung.....	121
Tabelle 42:	Mengengerüst der Straßeninfrastruktur in Österreich – IST (2022 bzw. 2023). (AustriaTech, 2024, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, 2025, Österreichische Gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 2020, BMK, 2024c, Salzburger Nachrichten, 2025, ASFINAG, 2024b, WWF, 2024, AustriaTech, 2024, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2018) und eigene Berechnungen.....	122
Tabelle 43:	Mengengerüst der Parkplätze, Forststraßen und Radwege in Österreich – IST (2022 bzw. 2023). (AustriaTech, 2024, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, 2025, Österreichische Gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 2020, BMK, 2024c, Salzburger Nachrichten, 2025, ASFINAG, 2024b, WWF, 2024, AustriaTech, 2024, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2018) und eigene Berechnungen.....	122

Tabelle 44:	Mengengerüst der U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur in Österreich – IST (2023 bzw. 2024) und Transition (Stadt Wien, 2025a, Wiener Linien, 2023, Wiener Linien, 2025, Holding Graz, 2021, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, Rechnungshof Österreich, 2023, Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.....	123
Tabelle 45:	Mengengerüst der Schienenfahrzeuge in Österreich – IST (2022 bzw. 2024) und Transition. Eigene Berechnung auf Basis von ÖBB Holding, 2024, ÖBB, 2025b, Wiener Linien, 2025.	124
Tabelle 46:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für den Neubau und die Sanierung von überregionaler Schieneninfrastruktur. (Neugebauer, 2022, SCHIG mbh, 2022) und eigene Berechnungen.....	124
Tabelle 47:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Autobahnen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	125
Tabelle 48:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Landesstraßen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	126
Tabelle 49:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Gemeindestraßen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	127
Tabelle 50:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßenbahninfrastruktur (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	128
Tabelle 51:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von U-Bahn-Infrastruktur (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.	128
Tabelle 52:	Materialbedarfsspezifische Faktoren für Bau und Erhalt von ausgewählten Schienenfahrzeugen (ALSTOM, 2022a, ALSTOM, 2022b, ALSTOM, 2022c, ALSTOM, 2023a, ÖKO-Institut, 2013) und eigene Berechnungen.....	129
Tabelle 53:	Materialbedarfsspezifische Faktoren verschiedener Aktivitäten betreffend Wohngebäude.	131
Tabelle 54:	Materialbedarfsspezifische Faktoren verschiedener Aktivitäten betreffend Nicht-Wohngebäude.....	131

Tabelle 55:	Produktionsdaten Zementindustrie (Mauschitz, 2024)...	132
Tabelle 56:	Eingesetzte Sekundärrohstoffe in der Zementindustrie (Mauschitz, 2024).....	132
Tabelle 57:	Eingesetzte Sekundärzumahlstoffe in der Zementindustrie (Mauschitz, 2024).....	132
Tabelle 58:	Produktionsmengen der österreichischen Stahlindustrie (WKO, Stand 2024).....	132
Tabelle 59:	Produktionskennzahlen - voestalpine Stahl Donawitz (voestalpine Stahl Donawitz, 2024)	133
Tabelle 60:	Produktionskennzahlen – voestalpine Steel Division (voestalpine Steel Division, 2024a).....	133
Tabelle 61:	Holzstoffströme in der Papierindustrie (Austropapier, 2024).....	134

11 LITERATUR

- AIT, 2024. Aktualisierung der Netzberechnungen der Studie „Volkswirtschaftlicher Wert der Stromverteilernetze auf dem Weg zur Klimaneutralität in Österreich“. Abschlussbericht; Ausgangsstudie: Jänner 2022; Aktualisierung der Studie: Jänner 2024: Österreichs Energie. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://oesterreichsenergie.at/publikationen/ueberblick/detailseite/aktualisierung-der-netzberechnungen-der-studie-volkswirtschaftlicher-wert-der-stromverteilernetze-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-in-oesterreich>.
- AMAG, 2025. Competence in Aluminium. Magazin zum Geschäftsbericht 2024. Ranshofen: AMAG Austria Metall AG. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.amag-al4u.com/fileadmin/user_upload/amag/Investor_Relations/Publikationen/2024/AMAG_GJ2024_Magazin_de.pdf.
- APG, o. J. Generation per production type: Austrian Power Grid AG. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://markt.apg.at/en/transparency/generation/generation-per-production-type>.
- ARA AG, 2024. Sammelbilanz 2023. Österreicher:innen sind Klimaheld:innen: Mehr als 1 Million Tonnen Verpackungen und Altpapier gesammelt. Pressemitteilung vom 17.5.2024: ARA AG. [Zugriff am: 16. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.ara.at/uploads/Dokumente/Presseaussendungen/PA_ARA_Sammelbilanz_20240517.pdf.
- ASFINAG, 2024a. ASFINAG Nachhaltigkeitsbericht 2023. [Zugriff am: 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: <https://www.asfinag.at/ueber-uns/unternehmen/unternehmensberichte/>.
- ASFINAG, 2024b. ZUKUNFTSFIT UNTERWEGS. NETZZUSTANDSBERICHT 2023. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: <https://www.asfinag.at/media/jkohkod0/asfinag-netzzustandsbericht-2023-17.pdf>.
- AustriaTech, 2024. Sicheres Radverkehrsnetz Österreich und Bike&Ride-Erreichbarkeitsklassen. Verfügbar unter: https://files.austriatech.at/d/5cf05b8c6b8a4b6b93ee/files/?p=/2023/Sicheres_Radverkehrsnetz_GIP202306_Bericht.pdf.

- Austropapier, 2024. Branchenbericht der österreichischen Papierindustrie - 2023, ISSN 1011-0186. Wien: Austropapier – Vereinigung der Österreichischen Papierindustrie. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://austropapier.at/wp-content/uploads/2024/06/BB23-AlleSeiten-19.03.24.pdf>.
- baubook.info, 2025. eco2soft. Ökobilanz für Gebäude Musterhaus_Holz-Leichtbau_Ökovariante. Musterhaus_Holz-Leichtbau_Standard, Musterhaus_Holzmassiv_Standard, Musterhaus_Holz-Leichtbau_Ökovariante, Musterhaus_Holzmassiv_Ökovariante. Verfügbar unter: <https://www.baubook.at/eco2soft/>.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2018. LWF-Merkblatt Nr. 41 – Forstwege – Planung, Bau und Pflege. [Zugriff am: 28. November 2025]. Verfügbar unter: <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/forsttechnik-und-holzernte/walderschliessung/forstwege>.
- Beton Dialog, 2024. Beton: der Wiederverwender: Beton Dialog Österreich. Verfügbar unter: <https://beton-dialog.at/beton-der-wiederverwender>.
- BMK, 2024a. Die österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. [Zugriff am: 17. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:d3d23e4f-8734-4fc2-b967-7518f306ff88/Fortschrittsbericht_1_zur_oesterreichischen_Kreislaufwirtschaftsstrategie.pdf.
- BMK, 2024b. Integrierter österreichischer Netzinfrastukturplan.
- BMK, 2024c. Statistik Straße und Verkehr. Wien. [Zugriff am: 26. August 2025]. Verfügbar unter: https://www.bmimi.gv.at/dam/jcr:95841203-b1f8-4613-b55d-fe9bc09f5dbe/Statistik_Strasse_Verkehr_2024.pdf.
- BMK, 2024d. Zielnetz 2040. [Zugriff am: 1. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.bmimi.gv.at/dam/jcr:ad67d636-a043-4314-862a-576af9fc5404/Zielnetz2040_Fachentwurf.pdf.
- BML, 2023. Österreichischer Waldbericht 2023. Wir kümmern uns um den Wald: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft.

- BMLUK, 2025. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2025 für das Referenzjahr 2023. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft. [Zugriff am: 17. November 2025]. Verfügbar unter: <https://www.bmluk.gv.at/service/publikationen/klima-und-umwelt/bestandsaufnahme-abfallwirtschaft-statusbericht-2025.html>.
- BMU, 2022. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären gesellschaft. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. [Zugriff am: 27. März 2025]. Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html.
- BMWET, o. J. Wie ist der Stand zur erneuerbaren Stromerzeugung in den Bundesländern?: Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus. [Zugriff am: 15. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://energie.gv.at/energiewende/wie-ist-der-stand-zur-erneuerbaren-stromerzeugung-in-den-bundeslaendern>.
- Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, 2025. Digitales Geländemodell Gebietsnutzung. DLM_3000_Gebietsnutzung_20250325 — GEB_3300_VERKEHR_F_20250325 ".
- Bundesnetzagentur, 2019. Netzausbau Freileitungen: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Verfügbar unter: https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Infomaterial/BroschuereFreileitungen.pdf?__blob=publicationFile.
- Bundesnetzagentur, 2020. Höchstspannungs-Freileitungen: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://plus.netzausbau.de/N2000/DE/Technik/Freileitungen/freileitungen-node.html>.
- Bundesnetzagentur, o. J. Höchstspannungs-Freileitungen. Verfügbar unter: <https://plus.netzausbau.de/N2000/DE/Technik/Freileitungen/freileitungen-node.html>.
- CATF, 2023. Decarbonising materials for the energy system transition: Clean Air Task Force. Verfügbar unter: https://cdn.catf.us/wp-content/uploads/2023/12/18091109/CATF_DecarbonisingMaterialsEnergyTransition_Brief_Final.pdf.

- COGNET, V., S. DU COURRECH PONT und B. THIRIA, 2020. Material optimization of flexible blades for wind turbines, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.188>: Elsevier Ltd. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120308934>.
- DESMOND, C., J. MURPHY, L. BLONK und W. HAANS, 2016. Description of an 8 MW reference wind turbine.
- E-Control, 2025a. Bestandsstatistik - Kraftwerkpark für Stromerzeugung in Österreich (Datenstand: Juni 2025). Datenstand: Juni 2025. Verfügbar unter: https://www.e-control.at/documents/1785851/1811756/BeStGes-JR_KWEPL.xlsx.
- E-Control, 2025b. Bestandsstatistik - Öffentliches Stromnetz in Österreich. Datenstand Juni 2025. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.e-control.at/documents/1785851/1811756/BeStOeN-JR_Netz.xlsx.
- EUROSTAT, 2025a. Data Browser - Material Footprint. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc020/default/table?lang=en&category=cei.cei_pc.
- EUROSTAT, 2025b. Data Browser - Domestic Material Consumption per capita. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00137/default/table?lang=en&category=t_env.t_env_mrp.
- EUROSTAT, 2025c. Data Browser - Resource Productivity. Verfügbar unter: - https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc030/default/table?lang=en&category=cei.cei_pc.
- EUROSTAT, 2025d. Data Browser - Circular Material Use Rate. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/table?lang=en.
- Fachverband Holzindustrie Österreich, 2024. Branchenbericht 2023,2024. Möbel, Platte, Säge, Bau, Ski. Wien: Fachverband Holzindustrie Österreich. [Zugriff am: 16. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.holzindustrie.at/media/4142/branchenbericht_2023_2024_web_final.pdf.

- Fechner, 2024. Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um die nationalen Klimaschutzziele realisieren zu können. Wien: Österreichs Energie. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2024/2024_09_05_PV_Potential_2024_Finalversion.pdf.
- Fraunhofer IBP, o. J. Calcinierte Tone – ein entscheidender Baustein bei der Dekarbonisierung der Zementindustrie: Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/mineralische-werkstoffe-baustoffrecycling/nachhaltige-bindemittel/calcinierte-tone.html>.
- Fraunhofer ISE, 2023. Ertragssteigerungen von sechs Prozent für PV-Module durch Designoptimierung möglich: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Verfügbar unter:
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2023/ertragssteigerungen-von-sechs-prozent-fuer-pv-module-durch-designoptimierung-moeglich.html>.
- frontier economics / AIT, 2022. Der Volkswirtschaftliche Wert der Stromverteilnetze auf dem Weg zur Klimaneutralität in Österreich: Österreichs Energie. [Zugriff am: 10. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2022/Frontier_AIT-OE-Wert_der_Stromverteilnetze-Policy_Paper-Langfassung-28012022.pdf.
- Gorgeous Ceramics, 2025. Industrielle feuerfeste Keramikmaterialien. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://ggsceramic.com/de/neuigkeit/industrielle-feuerfeste-keramikmaterialien>.
- Haas et al., 2024. Circular Economy and Decarbonisation: Synergies and Trade-offs. Endbericht ACRP, 2024/2/S/WIFO project no: 1220. Wien: Austrian Institute of Economic Research. [Zugriff am: 11. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-4770/s_2024_circulareconomy_decarbonisation_53260426.pdf.
- Haina Solar, 2025. Modular Solar Panels: What They Are And Why They Matter: Jiaxing Haina Solar Tech Co., Ltd. Verfügbar unter:
<https://www.hainasolar.com/news/modular-solar-panels:-what-they-are-and-why-they-matter.html>.

- HASIK, V., E. ESCOTT, R. BATES, S. CARLISLE, B. FAIRCLOTH und M.M. BILEC, 2019. Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction. In: Building and Environment, 161, 106218.
- HEEREN, N. und T. FISHMAN, 2019. A database seed for a community-driven material intensity research platform. In: Scientific data, 6(1), 23.
- Holding Graz, 2021. GESCHÄFTSBERICHT 2021. [Zugriff am: 27. Oktober 2025]. Verfügbar unter: <https://www.holding-graz.at/wp-content/uploads/2022/12/Gescha%CC%88ftsbericht-2021-Holding-Graz-barrierefrei.pdf>
- Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025. EU-Gesamtbericht 2024 Tram und Bus. [Zugriff am: 27. Oktober 2025]. Verfügbar unter: https://www.ivb.at/fileadmin/user_upload/EU-Gesamtbericht_2024_Tram_und_Bus_OEDA_fV.pdf.
- Interreg North Sea Region – European Union, 2022. Decommissioning of windturbines - Logistics business case. Decommissioning of offshore and onshore wind turbines – Logistic business case, DecomTools, Interreg North Sea Region Programme, 20180305091606: POM West-Flanders. Verfügbar unter: https://northsearegion.eu/media/22921/decommissioning-of-windturbines-logistics-business-case_230125.pdf.
- Jens Burkhardt, 2022. Lebensdauer Photovoltaik: Wie lange hält eine Solaranlage?: Echtsolar.de. Verfügbar unter: <https://echtsolar.de/lebensdauer-photovoltaik/>.
- Kerui Refractory, o. J. Feuerfester Stein aus Aluminiumoxid-Silikat: Kerui Refractory. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://keruirefra.com/de/alumina-silica-refractory-brick/>.
- LEDERER, J., A. GASSNER, J. FELLNER, U. MOLLAY und C. SCHREMMER, 2021. Raw materials consumption and demolition waste generation of the urban building sector 2016–2050: A scenario-based material flow analysis of Vienna. In: Journal of Cleaner Production, 288, 125566.
- LINZ LINIEN GmbH, 2025. Linz Linien Kennzahlen. [Zugriff am: 9. Oktober 2025]. Verfügbar unter: https://www.linzag.at/portal/de/ueber_die_linzag/unternehmen/kennzahlen/linz_linien.

Lumpi-Berndorf, o. J. Mehr Kapazität. Steigerung der Übertragungsleistung durch temperaturbeständige Freileitungsseile. Verfügbar unter: https://www.lumpi-berndorf.at/fileadmin/downloads/Broschueren_2016/Lumpi-Berndorf%20temperaturbest%C3%A4ndige%20Freileitungsseile%2016042018.pdf.

MAUSCHITZ, G., 2024. Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2023. Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie Berichtsjahr 2023. Verfügbar unter: https://zement.at/wp-content/uploads/Emissionen_aus_Anlagen_der_oesterreichischen_Zementindustrie_Bilanzjahr_2023.pdf.

Meyer et al., 2024. Dekarbonisierung und Kreislaufwirtschaft. Ökonomische and biophysische Effekte verschiedener Szenarien für Österreich. Monatsbericht 6/2024, Monatsbericht 6/2024: WIFO. [Zugriff am: 11. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-2590/mb_2024_06_04_kreislaufwirtschaft.pdf.

Montanwerke Brixlegg, 2024. Championing circularity. Nachhaltigkeit - Zahlenupdate über das Geschäftsjahr 2023. Verfügbar unter: https://www.montanwerke-brixlegg.com/wp-content/uploads/2024/10/MB_Nachhaltigkeitsbericht_2023_DE.pdf.

NEUGEBAUER, D., 2022. Verkehrsträger- spezifische Emissionen baulicher Infrastruktur. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/20375>.

ÖBB Holding AG, 2025. ÖBB kompakt 2024/25 – Zahlen Daten Fakten. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: <https://static.web.oebb.at/bericht/zahlen-daten-fakten-2024/24/>.

ÖBB Holding, 2024. ÖBB Flotte. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: https://presse.oebb.at/dam/jcr:f341a57e-8ccb-4122-bed2-0e34f35546f3/OEBB_Flotte_2024.pdf.

ÖBB Infrastruktur, 2025. ÖBB Rahmenplan 25-30. [Zugriff am: 1. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://infrastruktur.oebb.at/de/dam/jcr:e09950c5-7298-44a0-82b5-29becf5a9856/%C3%96BB_Rahmenplan25-30_Pr%C3%A4sentation-final.pdf.

- ÖBB, 2024. ÖBB Geschäftsbericht 2023. [Zugriff am: 21. Mai 2025].
Verfügbar unter: https://presse.oebb.at/dam/jcr:59370248-e3be-4b7a-ae6b-6aaced4661b9/OEBB_GB2023.pdf.
- ÖBB, 2025a. Die ÖBB modernisieren Railjets für mehr Komfort und Qualität. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://presse-oebb.at/news-die-oebb-modernisieren-railjets-fuer-mehr-komfort-und-qualitaet?id=216644&menueid=0&l=deutsch#:~:text=Die%20%C3%96BB%20modernisieren%20Railjets%20f%C3%BCr%20mehr%20Komfort,2031%20erhalten%20alle%2060%20Bestands%2DRailjets%20ein%20Upgrade.>
- ÖBB, 2025b. Güterverkehr. Verfügbar unter:
<https://konzern.oebb.at/de/oebb-flotte/gueterverkehr>.
- Österreichische Gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 2020. Fact Sheet Straße. [Zugriff am: 14. Oktober 2025]. Verfügbar unter:
<https://www.gsv.co.at/wp-content/uploads/FACT%20SHEET%20STRASSE%20WEB%2005%202020.pdf>.
- Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, 2025. Recycling von Bau- und Abbruchabfällen. Persönliche Mitteilung am 8. April 2025 an.
- Österreichs Energie, 2020. Positionspapier neu - Leitungsbau im 110 kV-Netz Kabel oder Freileitung: Oesterreichs Energie. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Positionspapiere/Positionspapier_Kabel_Freileitung.pdf.
- Österreichs Energie, 2022. Netzausbau: Klimaneutral ohne Netz? [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://oesterreichsenergie.at/aktuelles/neuigkeiten/detailseite/netzausbau>.
- PV Austria, 2025. Photovoltaic Austria: Informationen und Einschätzungen zum Materialbedarf im Bereich PV, Erhaltung/Repowering, Verteilung Freifläche/Dachfläche und zukünftige Entwicklungen. Persönliche Mitteilung am 11. September 2025 an.

RBV, idF BGBl. II Nr. 181/2015. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung – RBV). [Zugriff am: 17. Februar 2026]. Verfügbar unter:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212>.

Rechnungshof Österreich, 2020. Bericht des Rechnungshofes: Traunseetram. [Zugriff am: 13. November 2025]. Verfügbar unter:
https://www.rechnungshof.gv.at/rh/home/home/Traunseetram_Bund_2020_34.pdf.

Rechnungshof Österreich, 2023. Straßenbahnprojekte Graz, Innsbruck, Linz. Bericht des Rechnungshofes. [Zugriff am: 18. November 2025]. Verfügbar unter:
https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Mrp/MRP_20230503_57/003_001.pdf.

RHI Magnesita, o. J. Recycling and the circular economy: RHI Magnesita. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://www.rhimagnesita.com/de/our-sustainability/planet/>.

Rohrdorfer Zement, 2024. Getemperte Tone in der industriellen Umsertzung: Pilotprojekt zur prozessintegrierten Herstellung im Zementwerk Rohrdorf. CO₂ - Minderung bei der Zementherstellung: Net Zero Emission Labs | Rohrdorfer Zement. [Zugriff am: 9. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://zement.at/wp-content/uploads/05_VOeZ_Kolloquium_2024_Getemperte_Tone_Christopher_Ehrenberg.pdf.

S. Arthofer, 2020. Recycling-Baustoffe in der Beton- und Asphaltproduktion. Voraussetzungen und Marktdurchdringung. Masterarbeit. Wien: Fachhochschule FH Campus Wien. [Zugriff am: 17. November 2025]. Verfügbar unter:
<https://pub.hcw.ac.at/obvfcwhsacc/download/pdf/5823019>.

Salzburger Nachrichten, 2025. Asfinag 2024 mit deutlich geringerem Jahresüberschuss. Verfügbar unter:
<https://www.sn.at/wirtschaft/oesterreich/asfinag-jahresueberschuss-177692791>.

- SCHIG mbh, 2023. Scheinencontrol Jahresbericht 2023. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: https://www.schienencontrol.gv.at/files/1-Homepage-Schienen-Control/1f-Publikationen/SC-Jahresbericht_2023_Web.pdf.
- Sommer et al., 2021. ROSE-Trans - The Role of Secondary Resources in the Austrian Energy Transition: WIFO. Verfügbar unter: https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-7189/s_2021_rose_trans_2021_69194_.pdf.
- Stadt Wien, 2025a. Ausbau der Wiener Straßenbahn. [Zugriff am: 18. November 2025]. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/verkehr/planung-strassenbahn>.
- Stadt Wien, 2025b. U-Bahn-Ausbau U2 und U5. [Zugriff am: 18. November 2025]. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/verkehr/planung-u-bahn-u2u5>.
- Statistik Austria, 2024. Baumaßnahmenstatistik. Nutzflächen 2023 baufertiggestellter Wohnungen nach Bundesländern. Erstellt am 14.11.2024. Verfügbar unter: https://www.statistik.at/fileadmin/pages/353/Whg23Nutzfl_150924.ods.
- Statistik Austria, 2025a. Gebäude- und Wohnungszählung 2023. Ergebnisse zu Gebäuden und Nettogrundfläche in m² aus der Registerzählung. Wien. Verfügbar unter: STATcube – Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA.
- Statistik Austria, 2025b. Umweltgesamtrechnungen Modul Materialflussrechnung. Zeitreihe 2000 bis 2023. Wien: Statistik Austria, Bundesanstalt Statistik Österreich und BMLUK. [Zugriff am: 18. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://www.statistik.at/fileadmin/publications/mfa_2000-2023_20250428.pdf.
- Steger, Fekkak und Bringezu, 2011. Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen. Meilensteinbericht des Arbeitspakets 2.3 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess): Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Verfügbar unter: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3973/file/maress_ap2_4.pdf.
- Swiss PV Circle, o. J. ReUse und effizientes Recycling von PV-Modulen: So stärken wir in der Solarbranche die Kreislaufwirtschaft: Stiftung SENS. Verfügbar unter: <https://www.pv-circle.ch/news/pv-klw.html>.

- TU Graz, 2022. Leichtbau: Leichte Schienenfahrzeuge, weniger Schaden.
Verfügbar unter: <https://www.tugraz.at/news/artikel/leichtbau-leichte-schienenfahrzeuge-weniger-schaden>.
- UBA/IIBW, 2023. Monitoring-System zu Sanierungsmaßnahmen in Österreich 2023: Umweltbundesamt GmbH/IIBW - Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH.
- Umweltbundesamt, 1999. Stand der Technik in der Sekundärkufererzeugung im Hinblick auf die IPPC-Richtlinie. Wien: Umweltbundesamt GmbH. [Zugriff am: 12. Dezember 2025].
Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/m115.pdf>.
- Umweltbundesamt, 2007. Stand der Technik zur Kalk-, Gips und Magnesiaherstellung. Beschreibung von Anlagen in Österreich. Wien: Umweltbundesamt GmbH. [Zugriff am: 12. Dezember 2025].
Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0128.pdf>.
- Umweltbundesamt, 2017. Kunststoffabfälle in Österreich Aufkommen und Behandlung. Wien.
- Umweltbundesamt, 2018. Stand der Technik in der Keramikindustrie. Anlagen in Österreich. Wien: Umweltbundesamt GmbH. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0655.pdf>.
- Umweltbundesamt, 2023. Energie- und Treibhausgasszenarien 2023.
- Umweltbundesamt, 2026. Studie erneuerbare Energie-Potenziale in Österreich für 2030 und 2040. Technologiefeld Photovoltaik: Umweltbundesamt. [Zugriff am: Die Studie wird im ersten Quartal 2026 veröffentlicht].
- VCÖ, 2023. Straßenschäden durch Lkw verursachen hohe Kosten. [Zugriff am: 18. Dezember 2025]. Verfügbar unter:
<https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/strassenschaeden-durch-lkw-verursachen-hohe-kosten>.

- VCÖ, 2025a. Factsheet 2025-04 Zukünftige Herausforderungen für die Straßeninfrastruktur. [Zugriff am: 3. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCOe-Factsheets/2025/Zuk%C3%BCnftige%20Herausforderungen%20f%C3%BCr%20die%20Stra%C3%9Feninfrastruktur/VC%C3%96-Factsheet%202025-04%20Zuk%C3%BCnftige%20Herausforderungen%20f%C3%BCr%20die%20Stra%C3%9Feninfrastruktur.pdf>.
- VCÖ, 2025b. Österreichs Bahnindustrie ist am Weltmarkt im Spitzenfeld. [Zugriff am: 3. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://vcoe.at/grafiken/detail/oeffentlicher-verkehr-und-sharing>.
- VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE, V.D., 2022. Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton – Potenziale und Handlungsstrategien. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke, V.D. [Zugriff am: 17. November 2025]. Verfügbar unter: https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VD-Z-Studie_Ressourcenroadmap_2022.pdf.
- voestalpine Stahl Donawitz, 2024. Umwelterklärung 2024. Nachhaltigkeitsmagazin. Leoben: voestalpine Stahl Donawitz GmbH. [Zugriff am: 15. Dezember 2025]. Verfügbar unter: https://cdnstoreapp.blob.core.windows.net/image-container/1041752/original/Umwelterklärung_vasd_2024_DE_final.pdf.
- Wiener Linien, 2023. Neue U-Bahn für Wien: X-Wagen startet auf der Linie U3 in den Öffi-Betrieb. Weitere Züge folgen noch im Sommer. Verfügbar unter: https://www.wienerlinien.at/neue-u-bahn-f%C3%BCr-wien-x-wagen-startet-in-den-%C3%B6ffi-betrieb?utm_source=chatgpt.com.
- Wiener Linien, 2025. Betriebsangaben 2024. [Zugriff am: 19. August 2025]. Verfügbar unter: https://www.wienerlinien.at/o/document/betriebsangaben_2024_deutsch_web.
- Wiener Stadtwerke, o. J. Die 7 Stromnetzebenen in Österreich. Verfügbar unter: <https://positionen.wienerstadtwerke.at/wissenshub/grafiken/netzebenen-oesterreich>.

WindEurope, 2024. Wind energy in Europe. 2023 Statistics and the outlook for 2024-2030: WindEurope. [Zugriff am: 12. Dezember 2025].

Verfügbar unter:

https://proceedings.windeurope.org/biplatform/rails/active_storage/disk/eyJfcMFBHMiOmsibWVzc2FnZSI6IkJBaDdDVG9JYTJWNVNTSWhPV050WW1GMmFXaG5Zbk0xZFRsaGNHWTJlakY1T1RaaFpEUTNNQVkJHVtWVU9oQmthWE53YjNOcGRHbHZia2tpQVh1cGJteHBibVU3SudacGJHVnVZVzFsUFNKWGFjXWtSWFZ5YjNCbEIDMGdWMmx1WkNCbGJtVnlaM2tnYVY0Z1JYVnliM0JsSUMwZ01qQXlNeTV3WkdZaU95Qm1hV3hsYm1GdFpTbzlWVlJHTFRnbkoxZHBibVJGZFhKdmNHVWxNakF0SIRjd1YybHVhVQ1V5TUdWdVpYSm5lU1V5TUdsdUpUSXdSWFZ5YjNCbEpUSXdMU1V5TURjd01qTXVjR1JtQmpzR1ZEB1JZMjI1ZEdWdWRGOTBIWEJsU1NJWVlYQndiR2xqWVhScGlyNHZjR1JtQmpzR1ZEB1JjMIZ5ZG1salpWOXVZVzFsT2dwc2lyTmhiQT09liwiZXhwIjoiMjAyNS0xMi0xMlQxMzoyMT00Ny4yNDZaliwicHVyljoiYmxvYl9rZXkiX0=--86e3081a8210769f6b5aa6882a2322316456a68f/WindEurope%20-%20Wind%20energy%20in%20Europe%20-%202023.pdf%20energy%20in%20Europe%20-%202023.pdf

WindEurope, o. J. Why is sustainability important in the wind industry?: WindEurope asbl/vzw. [Zugriff am: 28. November 2025]. Verfügbar unter: <https://windeurope.org/policy/topics/sustainability/>.

WKO, 2022. Ergebnisse in den Bereichen Kunststoffstoffstrom 2019 in Österreich. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://www.wko.at/oe/industrie/studie-facts-matter-gesamtbericht.pdf>.

WWF, 2024. <https://www.wwf.at/fachwissen/wie-dicht-ist-das-forststrassennetz-in-oesterreich/>. Verfügbar unter: <https://www.wwf.at/fachwissen/wie-dicht-ist-das-forststrassennetz-in-oesterreich/>.

Zukunft Bahn, 2024. ÖBB: Doppelstockzug-Upgrade für Komfort, Zuverlässigkeit und Effizienz im Regionalverkehr. [Zugriff am: 12. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://eisenbahn.blog/oebb-doppelstockzug-upgrade-fuer-komfort-zuverlaessigkeit-und-effizienz-im-regionalverkehr#:~:text=Zukunftsplan:%20Erste%20voll%20ausgestattete%20Doppelstockz%C3%BCge,wirtschaftlich%20zukunfts%C3%A4hig%20gemacht%20werden%20k%C3%B6nnen>.

Zuschnittprofi.de, o. J. Rundholz: Zuschnittprofi.de. [Zugriff am: 16. Dezember 2025]. Verfügbar unter: <https://zuschnittprofi.de/rundholz/>.

ANHANG I: REFLEXION MIT DER WISSENSCHAFT UND EINBEZIEHUNG VON STAKEHOLDERN

Die Zwischenergebnisse wurden in drei Workshops mit Expertinnen der Universität für Bodenkultur, Institut für Soziale Ökologie, der Statistik Austria, Materialflussanalyse und der FHWien der WKW, Sustainable Real Estate Development, diskutiert. Für ihre wertvolle Expertise, die konstruktiven Anregungen und den fachlichen Input, die maßgeblich zur Schärfung und Weiterentwicklung der Ergebnisse beigetragen haben, bedanken wir den beteiligten Expertinnen herzlich.

Ein weiterer Dank gilt allen weiteren Beteiligten für Daten, Beiträge und Reflexion zur vorliegenden Studie und ergeht an folgende Einrichtungen und Stakeholder:

Photovoltaic Austria: Informationen und Einschätzungen zum Materialbedarf im Bereich PV, Erhaltung/Repowering, Verteilung Freifläche/Dachfläche und zukünftige Entwicklungen

IG Windkraft: Informationen und Einschätzungen zum Materialbedarf im Bereich Windkraft, Erhaltung/Repowering und zukünftige Entwicklungen

Österreichischer Baustoff-Recyclingverband: Einschätzungen betreffend zusätzliche Recyclingpotenziale von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen und Aushubmaterialien

Projektkonsortium Kraisbau: Informationen über die Schwerpunkte des Projekts, z.B. Bilanzierungen von Baustoffherstellern

ÖBB Infrastruktur AG: Materialspezifische Faktoren aus der Literatur wurden besprochen und verifiziert; Besprechung erster Berechnungen inkl. Annahmen; Übermittlung von Daten zum Rollmaterial

ASFINAG: Materialverbrauchsdaten höherrangiges Straßennetz abgestimmt; Gesamtzahlen 2024 erhalten

Wiener Linien: Abstimmung materialspezifischer Annahmen, Folgegespräche zur Netzplanung; Beteiligung MA18 (Infrastrukturausbau)

VPI (Verband der Privatgüterwagen-Interessenten Österreich): Verifizierung von Annahmen zum Wagenmaterial im Schienengüterverkehr

Die Ergebnisse des Gebäudesektors wurden in mehreren bilateralen Gesprächen mit Vertreter:innen der BOKU, Institut für Soziale Ökologie, mit Materialmodellen der BOKU verglichen und validiert.

ANHANG II: MATERIALIEN UND ANNAHMEN ZU DEN SEKTOREN

Energiewirtschaft

Tabelle 35: Annahme der PV-Verteilung auf Freifläche und Dach oder Fassade (Umweltbundesamt, 2026).

	Freifläche	Dach/Fassade
2023	25 %	75 %
2030	30 %	70 %
2040	35 %	65 %
2050	35 %	65 %

Tabelle 36: Annahme der PV-Verteilung auf Flachdach und Schrägdach (Umweltbundesamt, 2026).

	Flachdach	Schrägdach
2023	15 %	85 %
2030	16,9 %	83,1 %
2040	18,8 %	81,2 %
2050	20 %	80 %

Tabelle 37: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Onshore-Windräder (CATF, 2023).

	Onshore-Wind (t/GW)			
	AG*	SG-E-DD**	SG-PM-HS***	SG-PM-MS****
Beton	420.021	369.000	413.000	413.000
Stahl	124.654	66.000	107.000	107.000
Zement	55.259	48.547	54.335	54.335
Stahl	124.654	66.000	107.000	107.000
Eisen		20.100	20.800	20.800
Glas		8.100	8.400	8.400
Glasfaser	7.727	7.727	7.727	7.727
Kupfer	1.764	5.000	950	950
Aluminium	4.990	700	1.600	1.600
Plastik	7.817	7.817	7.817	7.817

*AG: Asynchrongenerator (elektr. erregt, Hochgeschwindigkeitsgetriebe)

**SG-E-DD: Synchrongenerator (elektr. erregt, Direktantrieb)

***SG-PM-HS: Synchrongenerator (Permanentmagnet, Hochgeschwindigkeitsgetriebe)

****SG-PM-MS: Synchrongenerator (Permanentmagnet, Getriebe mit mittlerer Drehzahl)

Stromnetz

Tabelle 38: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Freileitungen und Masten (Steger, Fekkek und Bringezu, 2011).

	NS	MS	HS
	(50 % Kupfer und 50 % Al-Leiter)	(50 % Kupfer und 50 % Al/St-Leiter)	(100 % Al/St-Leiter)
t/km			
Kupfer	0,5	1,5	
Al-Legierung	0,193	0,26	0,727
Stahl		0,123	0,271
PE	0,1	0,1	
Masten	Mastgewicht (t)		
Beton	1,5	3	
	(40 %)	(20 %)	

	NS (50 % Kupfer und 50 % Al- Leiter)	MS (50 % Kupfer und 50 % Al/St- Leiter)	HS (100 % Al/St- Leiter)
Stahl	0,8 (20 % Stahlrohr)	4 (60 % Stahlrohr)	5–15 (110 kV: 5; 220 kV: 10; 380 kV: 15) (Stahlfachwerk)
Holz	0,24 (40 %)	0,5 (20 %)	
Mast-Fundament HS, Beton (t)			70

Tabelle 39: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Erdkabel (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).

	NS (35 % Haft- masse- und 65 % Kunst- stoffkabel)	MS (80 % Haft- masse- und 20 % Kunst- stoffkabel)	HS (50 % Haft- masse-, 40 % Kunststoff- und 10 % Gaskabel)
	t/km		
Kupfer	2,2	2	6,8
Aluminium	1,7	0,4	
Stahlrohr	0,3	1	2
Stahlblech	0,1	0,1	
PVC	0,9	0,6	1
PE	0,1	0,6	0,35
Sand	235	300	600
Blei	0,3	0,8	2

Tabelle 40: Benötigte Masten pro Kilometer und deren Gewicht für die einzelnen Spannungsebenen (Steger, Fekkak und Bringezu, 2011).

	Masten pro Kilometer	Tonnen pro Mast
HS (Stahlfachwerk)	380 kV	15
	220 kV	10
	110 kV	5

		Masten pro Kilometer	Tonnen pro Mast
MS	Beton	7	3
	Holz	17	0,5
	Stahlrohr	7	4
NS	Beton	7	1,5
	Holz	17	0,24
	Stahlrohr	7	0,8

Mobilität

Überregionales Schienennetz (Eisenbahn)

Tabelle 41: Mengengerüst der überregionalen Schieneninfrastruktur in Österreich – IST (2022 bzw. 2023) und Transition (SCHIG mbh, 2023, ÖBB Infrastruktur, 2024a, Neugebauer, 2022, BMIMI, 2018, ÖBB Infrastruktur, 2024b, ÖBB Holding AG, 2025a) und eigene Berechnung.

	2022 bzw. 2023			
	Bestand in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	Neubau pro Jahr (IST)	Neubau Pro Jahr (Transition)
Betriebslänge	5.636			
<i>davon eingleisig</i>	3.430			
<i>davon mehrgleisig</i>	2.207			
freie Strecken	4.407	37	16	92
Brücken	149	100	0,3	1
Tunnel	226	141	7	2
Bahnsteige	479	37	4	4
Oberleitungen	8.093	58	23	92
Erdkabel	5.636	56	23	41

Tabelle 42: Mengengerüst der Straßeninfrastruktur in Österreich – IST (2022 bzw. 2023). (AustriaTech, 2024, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, 2025, Österreichische Gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 2020, BMK, 2024c, Salzburger Nachrichten, 2025, ASFINAG, 2024b, WWF, 2024, AustriaTech, 2024, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2018) und eigene Berechnungen.

2022 bzw. 2023						
	Autobahnen und Schnellstraßen		Landesstraßen		Gemeindestraßen	
	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren
Gesamtnetzlänge	2.258		33.814		92.242	
Gesamt-Fahrstreifenlänge	12.233					
freie Strecken	7.980	40 bzw. 43 ¹	33.140	40	91.919	40
Brücken	1.051	100	534	60	323	60
Tunnel	403	141	140	60		
Leitplanken	4.933				218.000	8.593
	in m ²					
Rastanlagen	4 112 796					

¹ 40 Jahre für Asphaltbauweise, 43 Jahre für Betonbauweise

Tabelle 43: Mengengerüst der Parkplätze, Forststraßen und Radwege in Österreich – IST (2022 bzw. 2023). (AustriaTech, 2024, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, 2025, Österreichische Gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 2020, BMK, 2024c, Salzburger Nachrichten, 2025, ASFINAG, 2024b, WWF, 2024, AustriaTech, 2024, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2018) und eigene Berechnungen.

2022 bzw. 2023						
	Parkplätze		Forststraßen		Radwege (inkl. gemischte Geh- und Radwege)	
	in m ²	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren
Gesamtnetzlänge/-größe	32 474 960	40	218.000	15	8.593	40

Tabelle 44: Mengengerüst der U-Bahn- und Straßenbahninfrastruktur in Österreich – IST (2023 bzw. 2024) und Transition (Stadt Wien, 2025a, Wiener Linien, 2023, Wiener Linien, 2025, Holding Graz, 2021, LINZ LINIEN GmbH, 2025, Innsbrucker Verkehrsbetriebe GmbH, 2025, Rechnungshof Österreich, 2023, Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

2023 bzw. 2024				
U-Bahn	Bestand in km	Durchschn. Lebensdauer in Jahren	Neubau pro Jahr (IST) in km	Neubau pro Jahr (Transition) in km
Betriebslänge	84	50		
freie Strecken	71	50	0,3	0,3
<i>davon Hochlage</i>	20	50		
<i>davon unterirdisch</i>	52	50		
Haltestellenlänge	13	50	0,05	0,05
Straßenbahn				
Betriebslänge	333	60		
freie Strecken	333	60	7	7
Haltestellenlänge ¹	33	60	1,5	1,5

¹ Haltestellen zusätzlich zu freien Strecken, da bei den materialspezifischen Faktoren nur Materialien für Haltestellenbereiche angegeben sind (anders als bei U-Bahn).

Tabelle 45: Mengengerüst der Schienenfahrzeuge in Österreich – IST (2022 bzw. 2024) und Transition.
Eigene Berechnung auf Basis von ÖBB Holding, 2024, ÖBB, 2025b, Wiener Linien, 2025.

	2022 bzw. 2024			IST bzw. Transition	
	Anzahl Züge	Anzahl Sitzplätze pro Zug	Lebensdauer	Neue Fahrzeuge pro Jahr (IST)	Neue Fahrzeuge pro Jahr (Transition)
Nahverkehrszug	672	249	40	8	28
Fernverkehr	174	310	30	5	13
Güterverkehrszüge ¹	2.275		40	- ²	11 ³
Straßenbahnen	757	163	30	40	17
U-Bahnen	147	917	40	2	0,51

¹ Annahme: 10 % der Herstellung und 30 % der Instandhaltung von Güterzügen geschieht in AT (VPI – Verband der Privatgüterwagen-Interessenten Österreichs, Gesprächsinformation, siehe Anhang I: Reflexion mit der Wissenschaft und Einbeziehung von Stakeholdern)

² Keine Daten zur aktuellen Fahrzeugbestandsentwicklung (IST)

³ Davon jedoch nur ca. 10 % gefertigt in AT, also ca. ein Zug pro Jahr

Tabelle 46: Materialbedarfsspezifische Faktoren für den Neubau und die Sanierung von überregionaler Schieneninfrastruktur. (Neugebauer, 2022, SCHIG mbh, 2022) und eigene Berechnungen.

Eisenbahn-Neubau	Freie Strecke ¹	Tunnel ²	Brücken ³	Oberleitungen	Signal- und Energiekabel	Bahnsteige
t/m						
Erdarbeiten	38,6	87,7	17,0			12,8
Sand						2,4
Kies	1,6					3,3
Schotter	16,0		10,4			20,5
Splitt						0,2
Asphalt						1,8
Beton	0,8	47,8	71,7	0,3		10,4
Bewehrungs- und Baustahl		2,3	5,7	0,005		0,3
Schienenstahl	0,2	0,2	0,2			0,2
Aluminium				0,002		
Industriekeramik				0,001		
Kupfer				0,002	0,005	
Kunststoff					0,003	
Sonstige			0,1			

Eisenbahn-Neubau	Freie Strecke¹	Tunnel²	Brücken³	Oberleitungen	Signal- und Energiekabel	Bahnsteige
Materialbedarf in % der Mengen von Neubau						
Erdarbeiten	0 %	0 %	0 %			0 %
Sand						25 %
Kies	75 %					25 %
Schotter	50 %		0 %			25 %
Splitt						0 %
Asphalt						50 %
Beton	100 %	25 %	25 %	75 %		50 %
Bewehrungs- und Baustahl		25 %	25 %	50 %		25 %
Schienenstahl	100 %	100 %	100 %			100 %
Aluminium				75 %		
Industriekeramik				75 %		
Kupfer				75 %	100 %	
Kunststoff					100 %	
Sonstige			25 %			

¹ Gewichteter Mittelwert eingleisig: mehrgleisig

² Bergmännische Bauweise, zweigleisige Tunnelröhre

³ Gewichteter Mittelwert Massivbrücke: Stahlbrücke

Tabelle 47: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Autobahnen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

	Freie Strecke	Tunnel	Brücken¹	Leitplanken	Rastanlagen²
Autobahn – Neubau	t / m				
Erdarbeiten	55,8	210,8	17,6		2,3
Kies	2,2	5,1			1,7
Schotter	0,6	11,7			
Felsbrechgut	15,0				
Asphalt (inkl. Asphaltbeton)	2,7	0,8			0,7
Beton	5,0	95,2	67,4		0,03
Bewehrungs- und Baustahl	0,01	7,6	4,5	0,003	
Naturstein					0,02

	Freie Strecke	Tunnel	Brücken ¹	Leitplanken	Rastan- lagen ²
Autobahn – Sanierung	Materialbedarf in % der Mengen von Neubau				
Erdarbeiten	0 %	0 %	0 %		0 %
Kies	25 %	25 %			25 %
Schotter	0 %	0 %			
Felsbrechgut	0 %				
Asphalt (inkl. Asphaltbeton)	100 %	100 %			50 %
Beton	50 %	25 %	50 %		25 %
Bewehrungs- und Baustahl	100 %	25 %	50 %	100 %	
Naturstein					50 %

¹ Gewichteter Mittelwert Spannbetonbrücke: Stahlbetonbrücke

² Für Rastanlagen wurde der Unterbau berechnet (analog Parkplätze)

Tabelle 48: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Landesstraßen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

	Freie Strecke ²	Tunnel	Brücken ¹	Oberirdische Parkplätze
Landesstraße – Neubau	t/m			
Erdarbeiten	53,7	183,4	14,8	2,3
Kies	3,1	4,4		1,7
Schotter	0,7	10,2		
Felsbrechgut	7,2			
Asphalt (inkl. Asphaltbeton)	2,8	0,7		0,7
Beton		82,8	76,7	0,0
Naturstein				0,0
Stahl (Bau- + Bewehrungsstahl)		6,6	2,7	
Landesstraße – Sanierung	Materialbedarf in % der Mengen von Neubau			
Erdarbeiten	0 %	0 %	0 %	0 %
Kies	25 %	25 %		25 %
Schotter	0 %	0 %		
Felsbrechgut	25 %			
Asphalt (inkl. Asphaltbeton)	100 %	100 %		50 %
Beton		50 %	50 %	25 %

	Freie Strecke ²	Tunnel	Brücken ¹	Oberirdische Parkplätze
Naturstein				0,5 %
Stahl (Bau- + Bewehrungsstahl)		50 %	50 %	

¹ Gewichteter Mittelwert Spannbetonbrücke: Stahlbetonbrücke

² Asphaltbauweise

Tabelle 49: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßeninfrastruktur – Gemeindestraßen (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

	Freie Strecke ^{2, 3}	Brücken ¹	Forststraßen	Radwege
Gemeindestraße – Neubau⁴	t/m			
Erdarbeiten	9,9	183,4		3,0
Kies	3,1	4,4		2,4
Schotter	0,7	10,2	1,7	
Felsbrechgut	7,2			
Asphalt	3,1	0,7		0,7
Beton		82,8		
Stahl (Bau- + Bewehrungsstahl)		6,6		
Gemeindestraße – Sanierung⁴	Materialbedarf in % der Mengen von Neubau			
Erdarbeiten	0 %	0 %		0 %
Kies	25 %			25 %
Schotter			100 %	
Felsbrechgut				
Asphalt	75 %			75 %
Beton	75 %	50 %		
Stahl (Bau- + Bewehrungsstahl)	0 %	25 %		

¹ Gewichteter Mittelwert Spannbetonbrücke: Stahlbetonbrücke

² Bauweise Asphaltbetondecke

³ Asphaltbauweise

⁴ In der Quelle beinhaltet Parkstreifen herausgerechnet

Tabelle 50: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von Straßenbahninfrastruktur (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

Straßenbahn-Neubau	Freie Strecke¹ pro Gleis	Haltestellen
	t/m	
Erdarbeiten	3,4	0,3
Splitt	0,2	
Asphalt	0,4	0,05
Beton	3,4	0,2
Bewehrungs- und Bau- stahl	0,1	
Schienenstahl	0,1	
Kies		0,2
Straßenbahn-Sanierung	Materialbedarf in % der Mengen von Neubau	
Erdarbeiten	0 %	0 %
Splitt	0 %	
Asphalt	100 %	75 %
Beton	25 %	50 %
Bewehrungs- und Bau- stahl	25 %	
Schienenstahl	100 %	
Kies		0 %

¹ Durchschnitt Bauweise Zementbetonplatte: Bituminöse Tragschicht

Tabelle 51: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Neubau und Erhalt von U-Bahn-Infrastruktur (Neugebauer, 2022) und eigene Berechnungen.

U-Bahn-Neubau	Freie Strecke¹ pro Gleis	Haltestellen²
	t/m	
Erdarbeiten	41,5	164,1
Splitt		
Asphalt		
Beton	26,0	117,3
Bewehrungs- und Bau- stahl	1,9	6,2

U-Bahn-Neubau	Freie Strecke¹ pro Gleis	Haltestellen²
Schienenstahl	0,1	0,2
U-Bahn-Sanierung	Materialbedarf in % der Mengen von Neubau	
Erdarbeiten	0 %	0 %
Splitt		
Asphalt		
Beton	25 %	25 %
Bewehrungs- und Bau- stahl	50 %	50 %
Schienenstahl	100 %	100 %

¹ Gewichteter Mittelwert Hochlage: Tunnel (geschlossene Bauweise)

² Durchschnitt Hochlage: Tunnel (offene Bauweise)

Tabelle 52: Materialbedarfsspezifische Faktoren für Bau und Erhalt von ausgewählten Schienenfahrzeugen (ALSTOM, 2022a, ALSTOM, 2022b, ALSTOM, 2022c, ALSTOM, 2023a, ÖKO-Institut, 2013) und eigene Berechnungen.

	Herstellung	Instandhaltung¹	Lebensdauer (Jahre)
Flexity Straßenbahn	t/Zug		30
Stahl (inkl. Edelstahl)	32,0	22,2	
Aluminium	4,0	2,8	
Kupfer	2,0	1,4	
Restl. Metalle	1,0	0,7	
Elektrisches Equipment	0,8	1,6	
Kunststoffe	3,4	1,7	
Glas	1,6	0,0	
Sonstige	3,5	3,7	
Nahverkehrszug RER NG	t/Zug		40
Stahl (inkl. Edelstahl inkl. Gusseisen)	193,0	98,8	
Aluminium	45,0	23,0	
Restl. Metalle	16,0	8,1	
Elektrisches Equipment	21,0	4,5	
Kunststoffe	14,0	31,5	

	Herstellung	Instandhaltung ¹	Lebensdauer (Jahre)
Glas	4,9	0,0	
Sonstige	5,4	26,7	
Fernverkehrszug Alstom Zefiro™ Express	t/Zug		30
Stahl (inkl. Edelstahl)		65,0	79,2
Aluminium		66,0	80,5
Kupfer		3,0	3,6
Restl. Metalle		8,0	9,7
Elektrisches Equipment		4,1	1,6
Kunststoffe		11,1	3,4
Glas		4,3	0,0
Sonstige		12,0	1,2
Alstom Barcelona Metro S8000	t/Zug		40
Stahl (inkl. Edelstahl)	80,0	39,7	
Aluminium	35,0	17,8	
Kupfer	-	-	
Restl. Metalle	26,0	12,9	
Elektrisches Equipment	6,4	1,1	
Kunststoffe	7,3	3,8	
Glas	1,7	0,0	
Sonstige	0,9	7,0	
Güterverkehrszug	t/Zug		40
Stahl (+ Eisenbremsen)	284,7	52,8	
Aluminium	16,5	0,1	
Kupfer	4,7	0,2	
Kunststoffe	8,6	0,2	
Sonstige	13,1	0,3	

¹ Materialien für Instandhaltung über die Gesamtlebensdauer

Gebäude

Faktoren für den Gebäudebestand and Neubau wurden von Lederer et al. (2021) übernommen. Andere verwendete Faktoren:

Tabelle 53: Materialbedarfsspezifische Faktoren verschiedener Aktivitäten betreffend Wohngebäude.

	Kernsanierungen¹ [kg/m² BGF]	Holzbau² [kg/m² BGF]	Nachverdichtung³ [kg/m² BGF]
Beton	222,87	603,64	755,42
Mauerwerk	7,54	97,63	131,75
Schotter und Sand	0,00	218,57	87,46
Holz	9,36	182,91	55,38
Eisen und Stahl	3,12	21,08	66,82
Glas	2,91	6,35	4,21
Mineralwolle	0,01	8,72	4,06
Polystyrol	0,00	0,00	1,98

¹ Geschätzter Materialbedarf für Erneuerung von Estrich, Böden, Innenwänden, Fenster und Türen, teilweise nach Heeren und Fishman (2019)

² aus 4 Case Studies

³ Mittelwert (Neubau, Holzbau, Instandhaltung, Dachbodenausbau)

Tabelle 54: Materialbedarfsspezifische Faktoren verschiedener Aktivitäten betreffend Nicht-Wohngebäude.

	Kernsanierungen¹ [kg/m² BGF]	Holzbau² [kg/m² BGF]
Beton	222,87	1818,94
Mauerwerk	7,54	294,19
Schotter und Sand	0,00	658,63
Holz	9,36	551,17
Eisen und Stahl	3,12	63,53
Glas	2,91	19,12
Mineralwolle	0,01	26,26

¹ Geschätzter Materialbedarf für Erneuerung von Estrich, Böden, Innenwänden, Fenster und Türen, teilweise nach Heeren und Fishman (2019)

² Anwendung der Materialverteilung aus Wohnbau auf Materialbedarf für Nicht-Wohngebäude

Industrie

Tabelle 55: Produktionsdaten Zementindustrie (Mauschitz, 2024).

	2022	2023
Installierte Klinkerkapazität [t/a]	5.413.400	5.413.400
Rohmehleinsatz [t/a]	5.433.926	4.726.459
Klinkerproduktion [t/a]	3.560.071	3.075.996
Zementproduktion [t/a]	5.208.771	4.418.555
Rohmehlfaktor [t Rm/t Kl]	1,526	1,537
Klinkerfaktor [t Kl/t Ze]	0,693	0,684

Tabelle 56: Eingesetzte Sekundärrohstoffe in der Zementindustrie (Mauschitz, 2024).

	2022	2023
diverse Schlacken [t/a]	50.634	85.186
Gießereialsand [t/a]	43.898	43.622
Sonstige sekundäre Rohstoffe [t/a]	796.961	807.240

Tabelle 57: Eingesetzte Sekundärzumahlstoffe in der Zementindustrie (Mauschitz, 2024).

	2022	2023
Hochofenschlacke [t/a]	799.119	675.966
REA-Gips [t/a]	59.894	46.242
Flugasche [t/a]	83.937	65.259
mineralische sek. Zumahlstoffe [t/a]	85.400	61.348

Tabelle 58: Produktionsmengen der österreichischen Stahlindustrie (WKO, Stand 2024).

	2019	2020	2021
	in Mio. Tonnen		
Roheisen	5,75	5,379	6,144
Rohstahl	7,424	6,765	7,884

Tabelle 59: Produktionskennzahlen - voestalpine Stahl Donawitz (voestalpine Stahl Donawitz, 2024)

	2022	2023
Produktionsmenge Rohstahl [t]	1.436.328	1.392.407
Rohstoffeinsatz:		
Erze, Pellets, HBI* (Hochofen) [t]	2.513.146	2.432.929
[kg/t RST]	1.750	1.747
C-Träger (Koks, Koksgrus, Feinkohle) [t]	748.846	734.171
[kg/t RST]	521,4	527,3
Schrott und HBI* (Stahlwerk) [t]	336.107	326.224
[kg/t RST]	234	234

* Hot Briquetted Iron (HBI) – Eisenschwamm

Tabelle 60: Produktionskennzahlen – voestalpine Steel Division (voestalpine Steel Division, 2024a).

	2022	2023
Produktionsmenge Rohstahl [Mt]	5,40	5,19
Rohstoffeinsatz:		
Erz [Mt]	7,37	7,15
[t/t RSt]	1,36	1,38
Schrott [Mt]	1,44	1,35
[t/t RSt]	0,268	0,261
Gebrannter Kalk [Mt]	0,305	0,264
[t/t RSt]	0,056	0,051
Kalksplitt [Mt]	0,451	0,448
[t/t RSt]	0,084	0,086
Kohle [Mt]	1,71	1,72
[t/t RSt]	0,316	0,331
Koks (Zukauf) [Mt]	0,477	0,445
[t/t RSt]	0,088	0,086

Tabelle 61: Holzstoffströme in der Papierindustrie (Austropapier, 2024).

	2023	2022
	in 1.000 Festmetern o. Rinde	
<i>Verbrauch</i>		
Rundholz	3.955	4.294
<i>davon Fichte oder Tanne</i>	2.326	2.717
Hackschnitzel (Sägenebenprodukte)	3.623	4.081
Holz gesamt	7.578	8.375
<i>Inlandsbezüge</i>		
Rundholz	2.424	2.645
<i>davon Fichte oder Tanne</i>	1.640	1.939
Hackschnitzel (Sägenebenprodukte)	2.882	3.432
Holz gesamt	5.306	6.077
<i>Importe</i>		
Rundholz	1.536	1.781
<i>davon Fichte oder Tanne</i>	700	833
Hackschnitzel (Sägenebenprodukte)	707	659
Holz gesamt	2.243	2.440
Bezug gesamt	7.549	8.517
<i>davon Importanteil</i>	29,70 %	28,60 %



umweltbundesamt.at