

Entwicklung bedeutender
Abfallströme im Kontext
der Energiewende

Dämmstoffe und Gipskartonplatten: Bestandsanalyse,
Zukunftsszenarien und Potenziale für das Recycling

ENTWICKLUNGEN BEDEUTENDER ABFALLSTRÖME IM KONTEXT DER ENERGIEWENDE

***Dämmstoffe und Gipskartonplatten:
Bestandsanalyse, Zukunftsszenarien und
Potenziale für das Recycling***

Andreas Schaffernak
Christian Neubauer
Ulrich Kral

REPORT
REP-0961

WIEN 2025

Projektleitung Andreas Schaffernak

Autor:innen Andreas Schaffernak, Christian Neubauer, Ulrich Kral

Lektorat Ira Mollay

Layout Neo Eibeck

Umschlagfoto © Umweltbundesamt/B. Gröger

Auftraggeber Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2025

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-808-5

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	3
ZUSAMMENFASSUNG	5
ABSTRACT	6
1 EINLEITUNG	7
2 STRATEGIEN ZUR ENERGIEWENDE UND ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT	10
2.1 Europäische Rahmenbedingungen	10
2.2 Österreichische Rahmenbedingungen	11
3 AUSGWÄHLTE MATERIAL- UND ABFALLSTRÖME	16
3.1 Dämmstoffe	16
3.1.1 Jährlich in Verkehr gesetzte Dämmstoffe	21
3.1.1.1 Polystyrol-Dämmstoffe	21
3.1.1.2 Mineralwolle-Dämmstoffe	23
3.1.1.3 Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	24
3.1.1.4 Polyurethan-Dämmstoffe	25
3.1.2 Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens	26
3.1.2.1 Modell	26
3.1.2.2 Ergebnis für Polystyrol-Dämmstoffe	28
3.1.2.3 Ergebnis für Mineralwolle-Dämmstoffe	35
3.1.3 Behandlungstechnologien	37
3.1.3.1 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Polystyrol	37
3.1.3.2 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Mineralwolle	39
3.1.3.3 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus nachwachsenden Rohstoffen	41
3.1.3.4 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Polyurethan	42
3.1.3.5 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Carbonverbunden	42
3.1.4 Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung	42
3.1.4.1 Dämmstoffe aus Polystyrol, Polyurethan und Carbonfaserverbunden	43
3.1.4.2 Dämmstoffe aus Mineralwolle	44
3.1.4.3 Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	46
3.2 Gipskartonplatten	47
3.2.1 Kontext, Ziel und Umfang	47
3.2.2 Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens	48
3.2.2.1 Modell	48
3.2.2.2 Ergebnis	61
3.2.3 Behandlungstechnologien	62
3.2.3.1 Entsorgungswege für Gipsabfälle	62

3.2.3.2	Aktuelle Praxis zur Behandlung von Gipskartonplatten in Österreich..	63
3.2.3.3	Ausgewählte Behandlungsverfahren für Gipskartonplatten in Deutschland und der Schweiz.....	64
3.2.4	Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung	67
4	FAZIT UND AUSBLICK.....	70
4.1	Dämmstoffe	70
4.2	Gipskartonplatten.....	72
6	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	85
7	ANHANG	87
7.1	Konzept für Dämmstoffmodell	87
7.2	Konzept für Gipsmodell	89
7.3	Produktion, Ausfuhr und Einfuhr ausgewählter Gipsprodukte.....	90
7.4	Eckdaten zu ausgewählten Anlagen des Gipsrecyclings.....	91
7.5	Erhebung zum Stand der Technik sowie innovative Verfahren des Gipsrecyclings	93

ZUSAMMENFASSUNG

In der gegenständlichen Studie wurden Material- und Abfallströme betrachtet, für die bis zum Jahr 2050 (Klimaneutralität Europas) im Rahmen der Energiewende mit markanten Veränderungen bezüglich des Aufkommens und mit Herausforderungen für die Abfallwirtschaft zu rechnen ist. Aufgrund der Annahme, dass zukünftig verstärkt Sanierungstätigkeiten (angetrieben durch die Energiewende) durchgeführt werden und der zu erwartenden Zunahme an abgebrochenen Gebäudeflächen (resultierend aus der Alterung des Gebäudebestands), ist in den nächsten Jahrzehnten im Gebäudesektor ein deutlicher Anstieg des Abfallaufkommens zu erwarten. Da Dämmstoffe und Gipskartonplatten integrale Bestandteile der Gebäudestruktur sind und über ein noch hohes ungenutztes Wertstoffpotenzial verfügen, wurde der Schwerpunkt auf diese beiden Stoffströme gelegt.

Zur Darstellung der historischen Inverkehrsetzungsmengen im Inland sowie zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen bezüglich der Inverkehrsetzungsmengen und des Abfallaufkommens wurde ein Modellkonzept für die betrachteten Stoffströme (Dämmstoffe, Gipskartonplatten) entworfen. Prognostizierte Abfallmengen basieren entweder auf dem WEM-Szenario (With Existing Measures) oder auf dem Transition-Szenario. Während im WEM-Szenario davon ausgegangen wird, dass sich der Gebäudesektor wie bisher (Stand Ende 2021) entwickelt, werden im Transition-Szenario zusätzliche Maßnahmen (u. a. erhöhte Sanierungstätigkeiten, kompaktere Bauweisen) zur Erreichung der Klimaneutralität Österreichs bis zum Jahr 2040 mitberücksichtigt.

Von 2020 bis 2050 steigt das Abfallaufkommen sowohl für Dämmstoffe als auch für Gipskartonplatten signifikant an. Abhängig vom Szenario nehmen die Abfallmengen für Dämmstoffe aus Polystyrol von rund 3.600 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 17.500–20.300 Tonnen im Jahr 2050 zu. Dämmstoffe aus Mineralwolle erfahren einen Anstieg von rund 6.900 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 47.400–53.100 Tonnen im Jahr 2050. Bei den Gipskartonplatten steigen die Abfallmengen von rund 78.000–95.000 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 170.000–230.000 Tonnen im Jahr 2050 an.

In Österreich werden Dämmstoffabfälle aus Polystyrol aktuell vor allem thermisch behandelt. Dämmstoffabfälle aus Mineralwolle werden hauptsächlich deponiert. Gipskartonplatten landen derzeit ebenfalls zum größten Teil auf Deponien. Mit den ansteigenden Abfallmengen braucht es Initiativen und Innovationen auf den Ebenen der Sammellogistik, Forschung sowie Anlagentechnologie, um Dämmstoffe und Gipskartonplatten zukünftig vermehrt einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Ergänzend hierzu bilden die rechtlichen Rahmenbedingungen (v. a. anhand der Deponie- und Recyclinggips-Verordnung) wichtige Werkzeuge, um die Kreislaufführung von Dämmstoffen und Gipskartonplatten voranzutreiben.

ABSTRACT

The focus of this study lies on material- and waste streams, for which significant changes in terms of volumes and challenges for the waste industry are expected by 2050 (climate neutrality in Europe). Based on the assumption that renovation activities (driven by the energy transition) will increase in the future and the expected increase in demolished buildings (resulting from the ageing of the building stock), the volumes of waste in the building sector are going to rise significantly in the coming decades. As insulation materials and gypsum plasterboard are an integral part of the building structure and still have a high unused recycling potential, these two material flows are the main focus of this study.

This study includes a model concept for the material flows under consideration (insulation materials, gypsum plasterboard) in order to illustrate the current quantities placed on the domestic market and to estimate future developments with regard to the quantities placed on the market and the amount of waste generated. Forecasted waste volumes are based either on the WEM Scenario (With Existing Measures) or on the Transition Scenario. While the WEM Scenario assumes that the building sector will continue to develop as before (until the end of 2021), the Transition Scenario takes into account additional measures (including increased renovation activities, compact buildings) to achieve climate neutrality in Austria by 2040.

From 2020 to 2050, the volume of waste increases significantly for both insulation materials and gypsum plasterboard. Depending on the scenario, the waste volumes for polystyrene insulation materials increase from around 3,600 t/a in 2020 to around 17,500–20,300 t/a in 2050. Insulation materials made from mineral wool increase from around 6,900 t/a in 2020 to around 47,400–53,100 t/a in 2050. In the case of gypsum plasterboard, waste volumes increase from around 78,000–95,000 t/a in 2020 to around 170,000–230,000 t/a in 2050.

In Austria, polystyrene insulation waste is currently mainly incinerated. Insulation waste from mineral wool mainly ends up in landfills, as is the case for gypsum plasterboard. With the increasing volumes of waste, initiatives and innovations are needed in the areas of collection logistics, research and treatment technology in order to increase the material recovery of insulation materials and gypsum plasterboard in the future. In addition to this, the legal framework (especially the Landfill and Recycling Gypsum Ordinance) is another important tool for promoting the recycling of insulation materials and gypsum plasterboard.

1 EINLEITUNG

Hintergrund

europäisches Klimaziel und resultierende Maßnahmen

Im Pariser Klimaübereinkommen (BGBl. III NR. 197/2016) wurde das langfristige 2 °C-Ziel in einem völkerrechtlichen Vertrag festgelegt. Darüber hinaus sollen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, bis zum Jahr 2100 den Temperaturanstieg auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Im Dezember 2019 präsentierte die Europäische Kommission den „europäischen Grünen Deal“ mit dem übergreifenden Ziel, bis 2050 „Netto-Null-Treibhausgasemissionen“ bzw. „Klimaneutralität“ zu erreichen. Als Zwischenziel wird mit dem „Fit for 55“-Paket festgelegt, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 55 % gegenüber dem Jahr 1990 zu reduzieren.

Österreich will die Klimaneutralität bereits im Jahr 2040 erreichen. Im Rahmen des „Fit for 55“-Paketes bedeutet das eine Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen um -48 % gegenüber dem Jahr 2005 im Nicht-Emissionshandelsbereich, wobei der Nicht-Emissionshandelsbereich Sektoren wie den Verkehr, den Gebäudesektor, die Landwirtschaft, den Nicht-Emissionshandelsanteil der Energie und Industrie, die Abfallwirtschaft und die Fluorierten Gase umfasst (Umweltbundesamt, 2024b). Darüber hinaus wurden in der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie konkrete Maßnahmen u. a. für den Transformationsschwerpunkt „Bauwirtschaft und Infrastruktur“ festgelegt, welche bei der Erreichung der Ziele zur Klimaneutralität behilflich sein sollen (BMK, 2022b).

Zur Erreichung der Klimaziele bedarf es vonseiten der Mitgliedstaaten einer Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energieträger (Windkraft, Photovoltaik-Module), eine Anpassung derzeitiger Energiesysteme (z. B. Wärmedämmung von Gebäuden), aber auch Maßnahmen in Richtung Ressourcenschonung (z. B. Abfallvermeidung, Wiederverwendung oder Recycling). Um aufzeigen zu können, wie der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger zur Erreichung der Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 auf nationaler Ebene aussehen könnte, wurde vom Umweltbundesamt ein sogenanntes „Transition-Szenario“ entworfen (Umweltbundesamt, 2023a).

Herausforderungen für die Abfallwirtschaft

Die oben erwähnte Transformation von Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft bringt auch für die Abfallwirtschaft Herausforderungen und Chancen mit sich. Der Wandel im Energie- und Gebäudesektor wird sowohl das Mengenaufkommen als auch die Qualität (stoffliche Zusammensetzung) einzelner Abfallströme beeinflussen. So ist beispielsweise unter anderem aufgrund erhöhter Sanierungs- und Abbruchtätigkeiten im Gebäudebereich bis zum Jahr 2050 vermehrt mit Dämmstoffabfällen, vor allem aus Mineralwolle und Polystyrol, sowie mit Abfällen in Form von Gipskartonplatten (u. a. Wand- und Deckenverkleidungen, Trennwände, vorgefertigte Bauteile) zu rechnen. Abhängig von der Materialzusammensetzung werden österreichweit unterschiedliche Entsorgungs- und Verwertungswege eingeschlagen. Unter Berücksichtigung der Deponieverbote für Gipskartonplatten und Mineralwolle, welche mit 01.01.2026 bzw. 01.01.2027 in Kraft treten, ergeben sich dadurch zahlreiche Herausforderungen, aber auch Chancen für die Abfallwirtschaft (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 144/2021).

Mit dem Wissen über die zukünftige Entwicklung des Abfallaufkommens relevanter Abfallströme aus dem Baubereich können Politik und Industrie rechtzeitig auf Veränderungen reagieren. Mögliche Stellschrauben wären beispielsweise Maßnahmen zur Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen (z. B. durch Festlegung rechtlicher Rahmenbedingungen und/oder Finanzierungsanreize) oder die (Weiter-)Entwicklung von Aufbereitungsverfahren für Abfälle.

Zielsetzung und Schwerpunktlegung

Ziel der Studie Ziel dieser Studie ist es, Material- und Abfallströme zu identifizieren, für die bis zum Jahr 2050 (Klimaneutralität Europas) – unter Berücksichtigung des Wandels im Energiesektor (Transition Szenario) – mit markanten Veränderungen bezüglich des Aufkommens und mit Herausforderungen für die Abfallwirtschaft zu rechnen ist. In weiterer Folge werden ausgewählte Abfallströme quantifiziert und Szenarien hinsichtlich ihrer zukünftigen Entwicklungen entworfen. Zusätzlich wird für diese Abfallströme ein qualitativer Überblick über derzeitige sowie zukünftige Behandlungsmöglichkeiten inner- und außerhalb Österreichs geschaffen.

Schwerpunkt: Gebäudesektor Als erster Schwerpunkt wurden im gegenständlichen Bericht Abfallströme aus dem Gebäudesektor näher betrachtet. Aufgrund der Annahme, dass zukünftig verstärkt Sanierungstätigkeiten durchgeführt werden und aufgrund der zu erwartenden Zunahme an abgebrochenen Gebäudeflächen (resultierend aus der Alterung des Gebäudebestands) ist in den nächsten Jahrzehnten mit einem starken Anstieg an Abfällen aus dem Gebäudesektor zu rechnen.

In der gegenständlichen Studie werden hauptsächlich die Abfallströme Dämmstoffe und Gipskartonplatten untersucht. Da Dämmstoffe derzeit noch in erster Linie verbrannt (z. B. Polystyrol) oder deponiert (z. B. Mineralwolle) werden und Gipskartonplatten nahezu vollständig auf der Deponie landen, enthalten diese Ströme ein großes und meist noch ungenutztes Wertstoffpotenzial für die Kreislaufwirtschaft in Österreich.

Vorgehensweise

Für eine Darstellung derzeitiger Inverkehrsetzungsmengen im Inland sowie zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung wurde ein Modellkonzept für die betrachteten Stoffströme (Dämmstoffe aus Mineralwolle und Polystyrol, Gipskartonplatten) entworfen. Prognostizierte Abfallmengen basieren entweder auf dem WEM-Szenario (With Existing Measures) oder auf dem Transition-Szenario. Während im WEM-Szenario davon ausgegangen wird, dass sich der Gebäudesektor wie bisher (Stand Ende 2021) entwickelt, werden im Transition-Szenario notwendige zusätzliche Maßnahmen zu Erreichung der Klimaneutralität Österreichs bis zum Jahr 2040 mitberücksichtigt.

Bei den Dämmstoffen kam zur Abschätzung des Abfallaufkommens im WEM- und Transition-Szenario ein Delay-Ansatz¹ mit konstanter Verweildauer (Gleichverteilung) der Dämmstoffprodukte zum Einsatz. Für die Gipsplatten wurde ein Delay-Ansatz mit veränderlicher Verweildauer (Dreiecksverteilung) im WEM-Szenario und einer Kombination von Delay- und Leaching Ansatz² im Transition-Szenario verwendet.

Ergänzend zur Modellierung fanden Kontaktaufnahmen sowie Abstimmungstermine mit Expert:innen aus dem Umweltbundesamt sowie mit Branchenvertreter:innen aus dem Dämmstoff- und Gipsbereich statt.

¹ Beim „Delay-Ansatz“ wird das Abfallaufkommen aufgrund der verkauften Produktmengen und einer angenommenen Verweildauer der Produkte im Gebäudebestand ermittelt.

² Beim „Leaching-Ansatz“ wird das Abfallaufkommen durch einen Koeffizienten in Bezug auf das Materiallager im betreffenden Jahr ermittelt.

2 STRATEGIEN ZUR ENERGIEWENDE UND ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT

2.1 Europäische Rahmenbedingungen

europäischer Grüner Deal und darauf aufbauende Gesetze

Die Europäische Kommission hat im Jahr 2019 den europäischen Grünen Deal ins Leben gerufen. Damit wurde eine Planungsgrundlage geschaffen, um die Europäische Union bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu machen.

Auf den Grünen Deal aufbauend wurde im EU-Klimagesetz (VO (EU) 2021/1119) erstmals rechtlich festgelegt, die Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. In weiterer Folge konnten im Rechtsetzungspaket „Fit for 55“ Rahmenbedingungen zur Politikgestaltung und wesentliche Detailziele festgelegt werden (BMK, 2024d).

Ziele für den EHS- und N-EHS-Bereich

Neben den allgemeinen Zielen zur Reduktion sämtlicher Treibhausgasemissionen gibt es auch spezifische Ziele bis zum Jahr 2030 für den im Emissionshandel erfassten Bereich (EHS) und die Sektoren außerhalb des Emissionshandels (N-EHS) (v. a. Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft sowie Energie und Industrie außerhalb des EU-Emissionshandels). Für den EHS-Bereich gilt bezüglich der Treibhausgasemissionen ein EU-weites gemeinsames Reduktionsziel von -62 % gegenüber dem Jahr 2005 (Europäisches Parlament, 2024). Für den N-EHS-Bereich erfolgt im Rahmen des Effort Sharing (ES) eine Aufteilung des Gesamtziels auf die einzelnen Mitgliedstaaten. Für Österreich wird von der Europäischen Kommission eine Reduktion von -48 % gegenüber dem Jahr 2005 vorgeschlagen. Darüber hinaus plant Österreich, die Klimaneutralität bereits im Jahr 2040 – und damit zehn Jahre vor der EU – zu erreichen (Umweltbundesamt, 2023a). Die Herstellung von Gips und Dämmmaterial aus Mineralwolle unterliegen dem Emissionshandel. Damit werden die Hersteller in die Verantwortung genommen, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren (BMK, 2024c).

nationale Energie- und Klimapläne

Um nachzuweisen, wie die Energie- und Klimaziele auf nationaler Ebene erreicht werden sollen, müssen die EU-Mitgliedstaaten jeweils einen Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) vorweisen. Für die Berichtsperiode 2021–2030 wurden die ersten Berichte im Jahr 2019 abgegeben. Diese Pläne mussten bis Juni 2024 aktualisiert und erneut an die EU-Kommission übermittelt werden. Zusätzlich bedarf es nach der Verordnung über das Governance-System bis 2020 einer Langfriststrategie zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Sinne des Pariser Klimaübereinkommens, die bis spätestens 2025 jeweils von den Mitgliedstaaten zu aktualisieren ist (VO (EU) 2018/1999). Ein wichtiger Schritt, um die Klimaziele in Österreich zu erreichen, ist die Optimierung der Energiebilanz in den Gebäuden. Diesbezüglich können Sanierungsmaßnahmen, beispielsweise in Form des Einbaus von Dämmstoffen mit hoher Dämmwirkung, einen wichtigen Beitrag leisten.

**Aktionsplan zu
Kreislaufwirtschaft**

Damit auf EU-Ebene neben dem Klimawandel auch das Thema der Abfall- und Ressourcenwirtschaft nicht zu kurz kommt, wurde ursprünglich im Jahr 2015 von der EU ein Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft verabschiedet und zuletzt im Jahr 2020 angepasst (Europäische Kommission, 2020).

Der Aktionsplan umfasst Maßnahmen in den Bereichen Produktion, Verbrauch und Bewirtschaftung von Abfällen. Im Bereich der Abfallwirtschaft spielen Themen wie die Stärkung des Marktes für Sekundärrohstoffe, die Kreislaufführung von Kunststoffen, die Verringerung der Lebensmittelverschwendung, kritische Rohstoffe, Bau- und Abbruchabfälle sowie Biomasse und biobasierte Rohstoffe eine wichtige Rolle. Um die Umsetzung der geplanten Maßnahmen voranzutreiben sind auch konkrete Schritte bezüglich Monitoring der tatsächlichen Fortschritte vorgesehen.

**das Kreislauf-
wirtschafts-Paket**

Im Jahr 2018 kam es im Rahmen des Kreislaufwirtschaftspaketes zur Änderung mehrerer für die Abfallwirtschaft relevanten Richtlinien (u. a. Abfallrahmenrichtlinie, Richtlinie über Abfalldeponien und Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle). Durch diese Änderungen kam es auch zur Anpassung von Zielvorgaben, darunter auch von Quoten bezüglich der Vorbereitung zur Wiederverwendung, des Recyclings sowie der sonstigen stofflichen Verwertung für bestimmte Abfallströme (u. a. Bau- und Abbruchabfälle, Siedlungsabfälle, Verpackungsabfälle).

2.2 Österreichische Rahmenbedingungen

**Klimaneutralität
bis 2040**

Im Regierungsprogramm 2020–2024 wurde als Ziel beschlossen, in Österreich bis zum Jahr 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Bis zu diesem Zeitpunkt müssen insbesondere Treibhausgasemissionen aus fossilen Energieträgern gesenkt werden. Ergänzend hierzu müssen Anstrengungen unternommen werden, um die nicht vermiedenen Emissionen durch natürliche oder technologische Senken zu kompensieren (BMK, 2024d).

**österreichische
Kreislaufwirtschafts-
strategie**

Um die ökologischen und ökonomischen Ziele des Landes, allen voran die Klimaneutralität Österreichs im Jahr 2040, realisieren zu können, bedarf es einer Transformation der nationalen Wirtschaft und Gesellschaft in Richtung einer Kreislaufwirtschaft. Zur Realisierung dieses Vorhabens wurde eine nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie beschlossen. In einer kreislauforientierten Wirtschaft soll – bei minimalem Abfallaufkommen und minimaler Umweltverschmutzung – der Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen möglichst lange erhalten bleiben. Durch längere Nutzung, Wiederverwendung, Reparatur oder Recycling von Produkten kann die Lebensdauer verlängert werden, was wiederum Primärrohstoffe einspart (BMK, 2022b). Dank bevorstehender Änderungen durch die Deponieverordnung sollen zukünftig auch künstliche Mineralwolleabfälle (u. a. Dämmstoffe) und Gipsplatten (u. a. Gipskartonplatten) verstärkt im Kreislauf geführt werden, da für beide Ströme in naher Zukunft grundsätzlich das Deponieverbot gelten wird (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 144/2021).

Der für den österreichischen Materialverbrauch besonders relevante Schwerpunkt „Bauwirtschaft und Infrastruktur“ zielt in erster Linie auf die Umsetzung folgender Maßnahmen ab (BMK, 2022b; BMK, 2024b):

- Bevorzugte Förderung von ressourcenschonenden und zirkulären Bauweisen: u. a. durch Reduktion der eingesetzten Baustoffmengen, Erhöhung der Materialeffizienzen, Baukonzepte, welche eine möglichst einfache Trennung und Demontage der Bauteile ermöglichen und Einsatz von ausschließlich kreislauffähigen Verbundstoffen.
- Nachhaltige Beschaffung im Hoch- und Tiefbau: u. a. durch Anwendung der Hoch- und Tiefbaukriterien des Nationalen Aktionsplans für eine nachhaltige öffentliche Beschaffung (naBe), verpflichtende Rückbaukonzepte und finanzielle Förderungen für die Umsetzung kreislauffähiger Produkte.
- Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden und Bauprodukten: u. a. mittels Einführung einer Bewilligungspflicht für Rückbau oder Abbruch, Priorisierung von Sanierung vor Neubau und Umsetzung multifunktionaler (Nach-)Nutzungskonzepte.
- Stärkung von Wiederverwendung, Recycling und Verwertung: u. a. durch Schaffung eines praxisorientierten Rechtsrahmens für Re-use von Bauteilen, Schließen von stofflichen Verwertungskreisläufen bei Wertstoffen (wie z. B. Gips, Kunststoff, Metall, Glas, Holz) mithilfe rechtlicher Maßnahmen (wie z. B. Deponierungsverbote), Schaffung von finanziellen Anreizen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen und Etablierung eines Marktes für wiederverwendbare Bauteile.

Bisherige Fortschritte in der Umsetzung der in der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie verankerten Vorhaben wurden im ersten Fortschrittsbericht festgehalten (BMK, 2024b).

Ziele für die öffentliche Verwaltung

Im Bereich der öffentlichen Verwaltung plante die Regierung die Klimaneutralität Österreichs mithilfe verbindlicher Klimaschutzrichtlinien für alle Institutionen des Bundes zu fördern. Öffentliche Neubauten sollen als Niedrigenergiehäuser errichtet und – wenn technisch sowie wirtschaftlich möglich – mit PV-Anlagen ausgestattet werden. Die Stromversorgung der öffentlichen Hand soll zudem vollständig über entsprechend zertifizierten Ökostrom erfolgen (Bundeskanzleramt, 2020).

Ziele im Gebäudesektor

Im Gebäudesektor plante die Regierung, die jährliche thermische Sanierungsrate in Richtung des Zielwertes von 3 % zu erhöhen. Diesbezüglich handelt es sich um einen wichtigen Schritt, damit Österreich im Jahr 2040 die Klimaneutralität erreichen kann (Bundeskanzleramt, 2020). Im Jahr 2022 lag die nationale Gesamt-sanierungsrate noch bei rund 1,4 % (IIBW, 2023). Für die thermisch-energetische Sanierung von Nutzgebäuden wurden entsprechende Förderprogramme entwickelt. Während im Neubau Niedrigstenergiegebäude bereits zum Standard zählen, werden bei Bestandsgebäuden, die älter als 15 Jahre sind, thermische Sanierungen gefördert. Förderungsfähig sind umfassende Sanierungen nach klimaaktiv-Standard bzw. gutem Standard sowie Teilsanierungen, die zu einer Reduzierung des Heizwärmebedarfs um mindestens 40 Prozent führen. Zu den geförderten Sanierungsmaßnahmen gehören die Dämmung der

Außenwände, des Daches bzw. der obersten Geschoßdecke, des Kellerbodens bzw. der untersten Geschoßdecke sowie die Sanierung bzw. der Austausch der Fenster und Außentüren (Bundeskanzleramt, 2024). Auf Basis der Energieausweise wird ab 2025 eine Mindesteffizienz für Bestandsgebäude festgelegt, um anschließend die thermisch-energetisch schlechtesten Gebäude sukzessive zu sanieren. Dadurch soll der Heizwärmebedarf dieser Gebäude reduziert werden (Umweltbundesamt, 2023a). Zudem sollen die Standards in den Bauvorschriften weiterentwickelt werden (Bundeskanzleramt, 2020).

In der aktuellen Version des österreichischen Nationalen Energie- und Klimaplan sind fünf Zieldimensionen definiert. Diese sehen wie folgt aus (BMK, 2024d):

- Zieldimension 1 – Dekarbonisierung: Vorgaben zur Treibhausgasreduktion (-48 % im N-EHS-Bereich) durch die Reduzierung des Anteils fossiler Energie und den Ausbau des Anteils erneuerbarer Energie in den wesentlichen Verbrauchssektoren (v. a. Verkehr, Gebäude, N-EHS-Industrie, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft). Weitere Schritte zur Zielerreichung sind der Ausstieg aus Ölheizungen im Neubau und die thermische Sanierung von Gebäuden aus energetisch besonders problematischen Baualterklassen (1950–1980).
- Zieldimension 2 – Energieeffizienz: Österreich hat sich darin das Ziel gesetzt, die Energieeffizienz zu steigern und den Endenergieverbrauch auf 920 PJ im Jahr 2030 zu beschränken. Dabei soll die Vorbildfunktion des Bundes, insbesondere durch die Erweiterung der Kompetenzen von Energie-Expert:innen und -Berater:innen, gestärkt werden. Investitionen in die Gebäudesanierung spielen hier eine maßgebliche Rolle bei der Zielerreichung.
- Zieldimension 3 – Sicherheit der Energieversorgung: Stärkung der Energieversorgungssicherheit sowie der Unabhängigkeit bei Energieimporten und die Erhöhung der Resilienz in der Energieversorgung.
- Zieldimension 4 – Energiebinnenmarkt: Sozial- und umweltverträglicher Ausbau sowie Modernisierung der Netzinfrastruktur. Dieser Ausbau soll im Rahmen des Wechsels von fossilen (u. a. Erdgas) zu erneuerbaren Energieträgern (u. a. Wasserstoff) erfolgen. Gleichzeitig sollen die Haushalte zukünftig besser vor Preisschwankungen, Preisspitzen und Marktmanipulation geschützt werden.
- Zieldimension 5 – Forschung, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit: Durch Forschungs- und Innovationsaktivitäten der Wirtschaft sowie der öffentlichen Hand soll gemeinsam mit Forschungseinrichtungen die Erprobung und Entwicklung von neuen Energieinnovationen unterstützt werden.

Diese Zieldimensionen mit den dazugehörigen Politiken und Maßnahmen sind als zusätzliche Maßnahmen (With Additional Measures bzw. WAM) zur Abgrenzung zum modellgestützten Energie- und Treibhausgasszenario With Existing Measures (WEM) zu verstehen (siehe auch Modellkonzept in Kapitel 3.1.2).

WEM-, WAM- und Transition-Szenario

Im WEM-Szenario werden nur Maßnahmen berücksichtigt, die bis Ende 2021 in Österreich umgesetzt bzw. rechtlich verankert wurden. Dieses Szenario spiegelt somit den Status quo der österreichischen Energie- und Klimawirtschaft zumindest bis Ende 2021 wider.

Das WAM-Szenario baut seine Maßnahmen auf dem WEM-Szenario auf und ist ab Anfang 2022 wirksam. Die Maßnahmen basieren auf den zuvor erwähnten fünf Zieldimensionen, die den Rahmen des Entwurfs des Nationalen Energie- und Klimaplan bilden.

Als drittes Szenario zeigt das Transition-Szenario Optionen für ein Erreichen der Klimaneutralität für Österreich bis 2040 auf. Wesentliche Optionen im Gebäudereich sind klimaneutrale Bauten, der Umstieg auf klimafreundliche Heizsysteme, kompakte sowie flächeneffiziente Gebäude, ein gestaffeltes umfassendes Renovierungsgebot und ein erweitertes Förderbudget zur Forcierung tiefer Renovierungstätigkeiten sowie zur Deinstallation fossiler Heizungsanlagen (Umweltbundesamt, 2023b).

abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die nationalen Rahmenbedingungen für die Abfallwirtschaft werden in Österreich im Abfallwirtschaftsgesetz geregelt. Dieses Gesetz regelt nationale Ziele und Grundsätze in der Abfallwirtschaft, Ziele und Pflichten bezüglich Abfallvermeidung und -verwertung, allgemeine Pflichten von Abfallbesitzern, -sammlern und -behandlern, die erweiterte Herstellverantwortung, Regeln und Pflichten für Behandlungsanlagen, grenzüberschreitende Verbringungen, Behandlungsaufträge sowie Übergangs- und Schlussbestimmungen (BGBl. I Nr. 102/2002). Es handelt sich hierbei um die Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie auf nationaler Ebene.

Im Dezember 2021 wurde die AWG-Novelle Kreislaufwirtschaftspaket veröffentlicht (BGBl. I Nr. 200/2021). Mit dieser Novelle wurden das EU-Kreislaufwirtschaftspaket und die Bestimmungen rund um die SUP-Richtlinie (Single-Use Plastics) auf nationaler Ebene angepasst und ins Abfallwirtschaftsgesetz integriert. Im Abfallwirtschaftsgesetz sind unter anderem die Zielvorgaben für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Siedlungsabfällen (2020: 50 %, 2025: 55 %, 2030: 60 %, 2035: 65 %) sowie für die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen (2020: 70 %) definiert (BGBl. I Nr. 102/2002).

Die Detailregelung einzelner Abfallströme und Behandlungsarten erfolgt durch entsprechende Verordnungen. In Bezug auf den Gebäudesektor spielen v. a. die Recycling-Baustoffverordnung (BGBl. II Nr. 181/2015) und die Deponieverordnung (BGBl. II Nr. 39/2008) eine wesentliche Rolle.

Deponierungsverbote und Recyclingvorgaben

Unter Berücksichtigung der Novelle für die Deponieverordnung dürfen ab 01.01.2026 Gipsplatten, Gipswandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten grundsätzlich nicht mehr deponiert werden. Ausgenommen von dieser Regelung sind lediglich Gipsplatten und RC-Gips aus der Aufbereitung, welche die Qualitätsanforderungen zur Herstellung von RC-Gips nicht einhalten (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 144/2021).

Im Gebäudebereich werden Gipsplatten meist als Wand- und Deckenverkleidung sowie für die Herstellung vorgefertigter Bauteile verwendet (Umweltbundesamt, 2020).

Auch künstliche Mineralfaserabfälle (mit und ohne gefahrenrelevante Eigenschaften) dürfen gemäß der Deponieverordnung ab 01.01.2027 grundsätzlich nicht mehr deponiert werden. Ausgenommen vom Deponierungsverbot sind künstliche Mineralwolleabfälle, welche aus dem Abbruch eines Bauwerks oder mehrerer Bauwerke im Rahmen eines Bauvorhabens stammen, bei dem insgesamt maximal drei Tonnen künstliche Mineralwolleabfälle anfallen (BGBl. II Nr. 39/2008). Gemäß der Recycling-Baustoffverordnung sind Verunreinigungen von Recycling-Baustoffen mit Schad- und Störstoffen, wie beispielsweise künstlichen Mineralfasern, zu vermeiden (BGBl. II Nr. 181/2015). Im Zuge des Rückbaus von Gebäuden sind künstliche Mineralfasern vor Ort von anderen Stoffen zu trennen und einer geeigneten Behandlung zuzuführen.

Im Gebäudesektor kommen künstliche Mineralfasern meist als Mineralwolle (Glaswolle, Steinwolle) in Form von Dämmstoffen zum Einsatz (BMK, 2024a).

Sowohl Gipsplatten als auch künstliche Mineralfaserabfälle werden derzeit in Österreich noch größtenteils deponiert. Mit Anfang 2026 bzw. 2027 wird das gesetzlich nicht mehr zulässig sein und für beide Abfallströme ergeben sich daraus Potenziale (v. a. bezüglich der Mengen), aber auch Herausforderungen (hinsichtlich Aufbereitungsaufwand, Qualitätsanforderungen, gefahrenrelevanter Eigenschaften) für die Rückführung in die Kreislaufwirtschaft.

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen werden im folgenden Kapitel ausgewählte Material- und Abfallströme aus dem Gebäudesektor im Detail betrachtet. Diese Betrachtung erfolgt im Kontext der Energiewende mit primärem Fokus auf Österreich.

3 AUSGWÄHLTE MATERIAL- UND ABFALLSTRÖME

3.1 Dämmstoffe

Bedeutung von Dämmstoffen

Dämmstoffe sind ein wesentlicher Bestandteil im Bauwesen – gerade in Gebäuden können durch ihre Dämmwirkung erhebliche Mengen an Heizenergie eingespart werden. Der Einsatzbereich von Dämmstoffen kann von der Dach-, Fassade- und Wanddämmung über die Perimeterdämmung (Wärmedämmung von Gebäudeteilen, die im Kontakt mit dem Erdbereich sind) bis hin zur Trittschalldämmung reichen. Zu den in dieser Studie im Detail betrachteten Dämmstoffarten gehören Polystyrol und künstliche Mineralfasern in Form von Mineralwolle (MW), im Speziellen Glas- (GW) und Steinwolle (SW). Bei den hier aufgelisteten Materialien handelt es sich um die auf dem Markt am weitesten verbreiteten Dämmstoffarten (>90 % der in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen). Aufgrund der langen Nutzungsdauer und des daraus resultierenden langen Verbleibs von Dämmstoffen in Gebäuden (i.d.R. 50–80 Jahre) ist – unter Berücksichtigung des Betrachtungszeitraums von 1970 bis 2050 – in den nächsten Jahrzehnten mit einem deutlichen Anstieg des Abfallaufkommens zu rechnen. Weitere Dämmstoffarten, auf die in dieser Studie kurz eingegangen wird, sind nachwachsende Rohstoffe (NAWARO), Polyurethan (PUR) und Carbonverbunde. Gemessen am gesamten Dämmstoffmarkt spielten NAWARO (Marktanteil: 4,6 %) und PUR (Marktanteil: 3 %) im Jahr 2023 eine noch untergeordnete Rolle. Zumindest Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen konnten sich in den letzten Jahren am Markt etablieren und werden immer weiter an Bedeutung gewinnen. Die Szenarienanalysen hinsichtlich des Abfallaufkommens beschränken sich ausschließlich auf Polystyrol und Mineralwolle.

Polystyrol

Bei Polystyrol-Dämmstoffen wird zwischen expandiertem Polystyrol (EPS) und extrudiertem Polystyrol (XPS) unterschieden. Rohstyrol wird über mehrere Stufen aus Erdöl erzeugt.

extrudiertes Polystyrol

Zur Herstellung von XPS wird das Rohstyrol aus den Erdölrohstoffen Benzol und Ethen hergestellt. Anschließend wird das Styrol zu Polystyrol polymerisiert. Im nächsten Schritt wird das Granulat des Kunststoffes geschmolzen und mit Flammschutzmitteln sowie Farbpigmenten vermengt. Die Mischung wird mit Treibgasen aufgeschäumt und über Breitschlitzdüsen in Plattenformen gepresst. Bis Ende 2008 wurden in Österreich (mit Ausnahmen) vollständig (FCKW) oder teilweise halogenierte (HFCKW) Fluorchlorkohlenwasserstoffe als Treibmittel verwendet. Diese Treibmittel sind ozonschädigend. Abfälle von XPS-Platten, die mit diesen (H)FCKW als Treibmittel aufgeschäumt wurden, sind daher als gefährliche Abfälle einzustufen, welche sich nicht für das Recycling eignen. Inzwischen gibt es Alternativen, wie CO₂-geschäumte XPS-Platten. XPS besitzt eine höhere Dichte (Ø 35 kg/m³) und Druckfestigkeit und ein besseres Wärmedämmvermögen als EPS (BMK, 2022a). Deshalb wird XPS meist für Kältebrückenisolierungen, Hohlraumdämmung, Fußböden, Kellerwände, Fundamente, Flachdachdämmung und Deckenisolierungen eingesetzt, wobei das Hauptanwendungsgebiet der in Verkehr gesetzten XPS-Dämmstoffe der Perimeterbereich (z. B. Keller) ist (Conversio Market & Strategy GmbH, 2017).

- expandiertes** Zur Herstellung von EPS werden die aus Erdöl und Erdgas gewonnen Rohstoffe Benzol und Ethen zu Styrol verarbeitet, welches bei ca. 200 °C zu expandierbarem Polystyrol (EPS) polymerisiert wird. Zu den noch kompakten Kügelchen aus Polystyrol werden meist Treibmittel, wie Pentan oder CO₂, und Flammschutzmittel hinzugefügt. Bei ca. 100 °C wird das Polystyrol mit Wasserdampf auf ein Vielfaches des ursprünglichen Volumens aufgeschäumt und es entsteht expandiertes Polystyrol. EPS besitzt daher im Schnitt eine geringere Dichte (ø 20 kg/m³) als XPS (BMK, 2022a). Die Hauptanwendungsgebiete liegen in der Fassaden-, Dach- und Fußbodendämmung (Conversio Market & Strategy GmbH, 2020).
- Flammschutzmittel**
HBCDD Bis zum 21.03.2016 wurde für in der EU hergestelltes XPS bzw. bis zum 21.02.2018 wurde für in der EU hergestelltes EPS das Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCDD) eingesetzt. Inzwischen ist der Einsatz von HBCDD als Flammschutzmittel verboten, da es sich hierbei um einen persistenten, in der Umwelt schwer abbaubaren organischen Schadstoff (POP) handelt. Bei Erreichen oder Überschreiten des HBCDD-Grenzwerts von 1.000 mg/kg wird von POP-Abfall gesprochen, für den ein Verwertungsverbot und ein Zerstörungsgebot besteht. Bezüglich des Inverkehrbringens sowie der Verwendung von HBCDD wurde ein maximal zulässiger Schadstoffgehalt von 100 mg/kg definiert. Bis zu diesem Grenzwert werden HBCDD-Gehalte als unbeabsichtigte Spurenverunreinigungen bezeichnet. Sowohl bei Neuwaren als auch bei Altstoffen, die wiederverwendet oder stofflich verwertet werden sollen, darf der HBCDD-Gehalt maximal 100 mg/kg betragen (VO (EU) 2019/1021). Mittlerweile wurde auf das polymere Flammschutzmittel PolyFR umgestellt. In Österreich hergestellte EPS- und XPS-Dämmstoffe werden bereits seit 01.01.2015 mit diesem Flammschutzmittel produziert. Mit PolyFR versehene Dämmstoffe enthalten kein HBCDD mehr und nach Ablauf der Nutzungsdauer handelt sich hierbei somit um nicht gefährliche, POP-freie Abfälle (BMK, 2021).
- Mineralwolle – Herstellung** Mineralwolle-Dämmstoffe auf Basis von künstlichen Mineralfasern kommen in Form von Glaswolle (GW) oder Steinwolle (SW) zum Einsatz. Die Gesteins- bzw. Glasrohstoffe werden bei hohen Temperaturen eingeschmolzen und anschließend zu künstlichen Mineralfasern gesponnen. Glaswolle besteht in der Regel zu einem kleineren Anteil aus Fasern von neu gewonnenen Glasmaterialien (wie z. B. Quarzsand, Soda, Dolomit, Kalkstein, Bortrioxid, Feldspat, Natriumsulfat) und zu einem größeren Anteil aus Altglas oder Produktionsabfällen. Steinwolle hingegen besteht etwa zur Hälfte aus Gesteinsfäden von Mineralien (wie z. B. Diabas, Basalt, Dolomit, Kalkstein, Zement, Koks) und zur Hälfte aus Gesteins-, Zement- und Ascheabfällen. Weitere Bestandteile sind Bindemittel, meist basierend auf Phenol-Harnstoff-Formaldehyd-Basis, und Mineralöle (z. B. Silikonöle), um den Dämmstoffen wasserabweisende Eigenschaften zu verleihen (BMK, 2022a).
- Mineralwolle – Anwendungsbereiche** Dämmstoffe aus Mineralfasern werden für alle Anwendungsbereiche außer für erdberührte Wände (z. B. im Keller) und Umkehrdachdämmungen verwendet. Sie finden Anwendung als Wärme-, Kälte- und Brandschutz. Zudem können Rohre, Behälter, Klima- und Heizungsgeräte mit Mineralwolle gedämmt werden.

Weitere Einsatzbereiche sind die Trittschall- und Fassadendämmung (BMK, 2022a).

**Mineralwolle –
gefahrenrelevante
Eigenschaften**

Mineralfaserdämmstoffe, die vor 1998 hergestellt wurden, sind aufgrund ihrer gefahrenrelevanten Fasereigenschaften zusammen mit ihrer schweren Löslichkeit sowie Biobeständigkeit als potenziell karzinogen einzustufen. Künstliche Mineralfaserabfälle, die durch ein Gütesiegel, wie EUCEB oder RAL, gekennzeichnet sind oder für die ein Nachweis erbracht werden konnte, dass sie nicht gefährlich sind, weil sie beispielsweise nachweislich nach 1998 hergestellt wurden, gelten als nicht gefährlich. Sowohl Mineralfaserabfälle mit als auch ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften sind jedenfalls als Störstoffe zu sehen, von anderen Baumaterialien getrennt zu sammeln und einer geeigneten Behandlung (meist Deponierung) zuzuführen (BMK, 2024a). Mit dem Deponierungsverbot dürfen künstliche Mineralwolleabfälle noch bis zum 31. Dezember 2026 abgelagert werden. Abgesehen für die zuvor erwähnten Ausnahmen (≤ 3 Tonnen) müssen mit Anfang 2027 andere Behandlungswege (z. B. stoffliche Verwertung) verfolgt werden. Ausschlaggebend für die erfolgreiche Umsetzung dieses Vorhabens ist das Vorhandensein von ausreichend nationalen Recycling- oder Verwertungsmöglichkeiten für künstliche Mineralwolleabfälle (BGBl. II Nr. 39/2008).

**nachwachsende
Rohstoffe –
Dämmstoffarten**

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen umfassen zahlreiche unterschiedliche Materialien, wie Flachs, Hanf, Holzfaser, Jute, Kork, Schafwolle, Stroh und Zellulose. Im Gegensatz zu den synthetischen und mineralischen Dämmstoffen sind sie erst seit wenigen Jahren auf dem Markt.

Flachs

Flachs wird in Österreich vor allem im Waldviertel angebaut. Als Flammschutzmittel werden Ammoniumpolyphosphate (unbedenklich) verwendet. Die Fasern werden mechanisch aufbereitet und zu Vliesen verdichtet. Vliese werden entweder mit Bindemitteln (z. B. Kartoffelstärke) oder mit Stützfasern (z. B. Polyester, Polyethylen, Polypropylen) zu Dämmmatten verarbeitet. Eingesetzt werden diese Dämmstoffe vor allem in Holzkonstruktionen von Außenwänden, Steildächern und Decken, in Form von Dämmplatten und Einblasdämmungen. Dämmfilze werden als Trittschalldämmung verwendet, während Stopfwole zum Ausstopfen von Fugen und Hohlräumen eingesetzt wird (BMK, 2022a).

Hanf

Hanf wird in Österreich auf kleineren Flächen, vor allem im Weinviertel, angebaut. Als Flammschutzmittel kommen in erster Linie Ammoniumpolyphosphate oder Soda zum Einsatz. Die Dämmplatten benötigen synthetische (wie bei Flachs) oder auf Pflanzenstärke (Polyactid) basierende Stützstoffe, während Dämmfilze ohne weitere Zusatzstoffe auskommen. Als Nebenprodukt fallen Hanfschäben an, die entweder zu Schüttmaterial oder zu Dämmplatten weiterverarbeitet werden können. Dämmmatten und Einblasdämmungen kommen vor allem in Holzkonstruktionen von Außenwänden, Decken und Steildächern zum Einsatz. Hanfdämmstoffe werden am Markt auch für Wärmedämmverbundsysteme und Akustikdämmsysteme angeboten. Dämmfilze werden als Trittschalldämmung eingesetzt und Stopfwole eignet sich zum Ausstopfen von Fugen und Hohlräumen. Mit Lehm ummantelte Hanfschäben können im Decken- und Fußbodenbereich als Ausgleichsschüttung, als druckbelastbare Dämmung oder als Hohlraumdämmung eingesetzt werden (BMK, 2022a).

- Holzfaser** Holzfaserplatten bestehen zum größten Teil aus Resthölzern der Sägeindustrie. Das Holz wird zu Hackschnitzeln verarbeitet und thermisch sowie mechanisch zu feinen Holzfasern aufbereitet. Zur Herstellung der Platten kann zwischen Nass- und Trockenverfahren unterschieden werden. Im Nassverfahren wird mit Wasser, ohne weitere Klebstoffe oder Bindemittel, ein Brei erzeugt, der anschließend getrocknet wird. Im Trockenverfahren werden zwar Bindemittel (z. B. PUR-Harze, PMDI-Kleber, Stützfasern) benötigt, dafür ist dieses Verfahren weniger energieintensiv. Für feuchteresistente Produkte werden Hydrophobierungsmittel (z. B. Bitumen, Wachs, Paraffine) eingesetzt. Flammenschutzmittel werden nur in seltenen Fällen hinzugefügt. Für dickere Platten werden im Trockenverfahren Schichten mittels Weißleim miteinander verklebt. Dämmplatten, die im Nassverfahren hergestellt werden, enthalten neben geringen Mengen an Aluminiumsulfat lediglich Holzfasern. Holzfaserdämmplatten werden zur Schall- und Wärmedämmung sowohl im Innen- als auch im Außenbereich für Boden, Decke, Dach und Wand eingesetzt (BMK, 2022a).
- Jute** Jutedämmstoffe werden aus Jutesäcken (Transport von Kaffee- und Kakaobohnen) produziert. Zur Dämmstoffherstellung werden die Säcke zu Fasern zerkleinert und anschließend mit Soda gereinigt, welches auch dem Brandschutz dient. Die Fasern werden zu Vliesen verwoben. Zur Stabilisierung werden wieder Stützfasern entweder auf synthetischer (wie bei Flachs) oder pflanzlicher (wie bei Hanf) Basis herangezogen. Jutedämmstoffe werden als Dämmmatten zur Schall- und Wärmedämmung in den Bereichen Boden, Dach, Decke und Wand eingesetzt (BMK, 2022a).
- Kork** Kork wird aus der Rinde der Korkeiche gewonnen. Dämmplatten werden aus expandiertem Kork hergestellt. Hierzu wird die Korkrinde zermahlen, in Druckbehältern bei ca. 370 °C mit Wasserdampf erhitzt und um 20–30 % ihres ursprünglichen Volumens expandiert. Das korkeigene Harz fungiert dabei als Bindemittel. Als Nebenprodukt fällt Korkschrot an, welcher für Ausgleichs- oder Füllschüttungen in Böden, auf Decken und in Zwischenräumen eingesetzt werden kann. Korkplatten werden als Wärmedämmverbundsysteme oder neben Rollenkork zur Trittschalldämmung verwendet (BMK, 2022a).
- Schafwolle** Zunächst wird die Rohwolle gewaschen und anschließend zu Vlies weiterverarbeitet. Aus dem Vlies werden in verschiedenen Verfahren Dämmstoffe mit unterschiedlichen Rohdichten hergestellt. Die Schafwolle muss meist mit Bioziden vor Befall durch Kleidermotten und Teppichkäfer geschützt werden. Dämmmatten und -filze werden in Holzkonstruktionen zur Innen- sowie Außenwanddämmung eingesetzt. Weiters wird Schafwolle in Fassaden, zur Trittschalldämmung und als Stopfmateriale für Fugen und Hohlräume eingesetzt (BMK, 2022a).
- Stroh** Stroh ist ein Nebenprodukt der Landwirtschaft und dementsprechend in ganz Österreich in großen Mengen verfügbar. Zur Herstellung von Baustrohballen werden die Strohhalme nach der Ernte zu Kleinballen gepresst. Für Einblasdämmstoffe werden die Halme nach der Ernte zu Großballen gepresst. Strohbauplatten werden aus losem Stroh unter Druck- und Wärmeeinwirkung erzeugt. Die stroheigenen Lignine fungieren dabei als Bindemittel. Die Einblasdämmstoffe und Ballen werden in den Zwischenräumen von Holzkonstruktion-

nen im Dach- und Wandbereich verbaut. Platten werden vor allem zur Innendämmung auf der jeweiligen Unterkonstruktion der Außenwand aufgebracht (BMK, 2022a).

Zellulose In Österreich wird Zellulose zu einem hohen Anteil aus Altpapier gewonnen, es wird aber auch Holz als Ausgangsstoff verwendet. In einen mehrstufigen Prozess wird Altpapier zerkleinert, mit pulverartigen Flammschutzmitteln vermischt und zerfasert. Als Flammschutzmittel werden meist Borate und Ammoniumpolyphosphate eingesetzt. Zum Schutz vor Schimmelbildung wird fallweise Rindenharz hinzugegeben. Die Zelluloseflocken werden vom Feinanteil befreit, verdichtet und in Säcke verpackt. Nach Zugabe von Bindemitteln (Ligninsulfonat, Aluminiumsulfat, Tallharz) oder Stützfasern (wie bei Flachs) werden die Flocken unter Dampfeinwirkung zu Platten gepresst. Einblasdämmung aus Zellulose wird im Holzrahmenbau in Fassaden, Wänden, Decken und Dächern zur Hohlraumdämmung eingesetzt. In einseitig offenen Konstruktionen (Ständerwänden, Mauerwerken) kann Zellulose auch im Feuchtsprühverfahren aufgetragen werden. Dämmplatten werden vorwiegend in Steildächern, Trenn- oder Außenwänden eingebaut. Zellulosefasern kommen auch als Schüttmaterial in Fußbodenkonstruktionen oder auf Geschoßdecken zum Einsatz (BMK, 2022a).

Polyurethan Ausgangsprodukte für die Herstellung von Dämmstoffen aus Polyurethan (PUR) sind Polyisocyanate und Polyole. Zur Schäumung des Gemisches werden Treibmittel eingesetzt. Früher wurden hierzu die ozonschädigenden FCKWs eingesetzt, die inzwischen verboten sind. International werden teilfluorierte Treibgase, wie FKW und HFKW, eingesetzt. In Österreich wird mit Pentan oder CO₂ geschäumt. Für die Erzielung bestimmter Produkteigenschaften werden unterschiedliche chemische Verbindungen, unter anderem in Form von Flammschutzmitteln (z. B. Phosphorsäureester wie TCEP, TCPP und TEP) verwendet (BMK, 2022a). Während das reproduktionstoxische (HP10) TCEP (Tris(chlor-ethyl)phosphat) nur bis zum Jahr 2000 verwendet wurde, sind die anschließend zum Einsatz kommenden Zusatzstoffe TCPP (Tris(2-chlorisopropyl)phosphat) und TEP (Triethylphosphat) als toxisch (HP6 bzw. H302) eingestuft (BGBl. II Nr. 409/2020). Weitere chemische Zusatzstoffe sind Organozinnverbindungen, tertiäre Amine, Tenside, Füllstoffe, Alterungsschutzmittel, Pigmente, antistatische Mittel, Biozide und Trennmittel. Für spezifische Verwendungszwecke werden noch Deckschichten, wie Glasvliese, Aluminiumfolien oder Polymerbitumen, auf die Platten aufgebracht. In den letzten Jahren gab es eine Entwicklung hin zu Polyisocyanurat-Dämmstoffen (PIR). Durch den Wechsel zu den weniger brennbaren PIR-Dämmstoffen kann der Anteil der Flammschutzmittel von 10 % auf 5 % reduziert werden. Einsatzgebiete für PUR-Dämmplatten sind vor allem Aufdach-, Steildach-, Flachdach-, Fußboden-, Keller- und Geschoßdämmung. Es werden auch spezifische Dämmformen (z. B. Halbrundschaalen) für Kessel, Rohre und Boiler angeboten. PUR-Dämmstoffe werden in erster Linie in industriellen Hallen eingesetzt (BMK, 2022a).

Dämmstoffe aus Carbonverbunden Vereinzelt sind bereits Dämmstoffe aus Verbundsystemen auf dem Markt, welche Carbonfasern enthalten. Es können Dämmstoffe mineralischen Ursprungs (z. B. Mineralwolle), synthetische Dämmstoffe (z. B. Polystyrol) als auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Hanf) mit Carbonfasern verstärkt

werden (Armierung). Zu den Vorteilen carbonhaltiger Dämmstoffe gehören die hohe Belastbarkeit gegenüber äußeren Einflüssen, wie Sturm und Hagel, die Beständigkeit gegenüber Witterungsbedingungen sowie die lange Lebensdauer. Als Einsatzbereich kommt vor allem die Fassadendämmung (WDVS) in Frage. Sobald diese Art von Dämmstoffen jedoch zu Abfall werden, gehen damit Herausforderungen für die Abfallwirtschaft einher. Das liegt vor allem daran, dass es derzeit noch Schwierigkeiten bei der Behandlung von Carbonfaserabfällen gibt (unvollständige Verbrennung, aufwendige Aufbereitung) (BMK, 2024a).

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird auf die bisherigen Inverkehrsetzungsmengen (Bestandsanalyse) sowie die zukünftigen Abfallmengen (Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens) für Dämmstoffe aus Polystyrol (EPS, XPS) und Mineralwolle (GW, SW) eingegangen.

3.1.1 Jährlich in Verkehr gesetzte Dämmstoffe

3.1.1.1 Polystyrol-Dämmstoffe

Betrachtungszeitraum Für die in Österreich in Verkehr gebrachten Dämmstoffmengen wurde der Zeitraum von 1970 bis 2023 berücksichtigt. Basierend auf den vorhandenen Marktdaten wird davon ausgegangen, dass Dämmstoffe aus EPS oder XPS vor 1970 nicht in wesentlichem Ausmaß in Verkehr gesetzt wurden. Die Marktdaten beziehen sich auf sämtliche in Österreich verkauften und anschließend verbauten Dämmstoffmengen.

Quellen Für den Zeitraum von 1970 bis 2015 konnten die direkten Werte von Eibensteiner (Prelonic Technologies, 2016) herangezogen werden, da in dieser Quelle die Mengen bereits in Tonnen angegeben sind. Von 2016 bis 2023 konnten die Mengen der Gebäude- und Dämmstoffindustrie verwendet werden (Demacsek, 12. Juli 2024). Da die Daten jedoch in Volumina (m³) angegeben wurden, mussten zur Umrechnung in Tonnen spezifische Dichtewerte (EPS: 20 kg/m³, XPS: 35 kg/m³) verwendet werden. Diesbezüglich handelt es sich um entsprechende Durchschnittswerte aus Literaturangaben (BMK, 2022a; Umweltbundesamt, 2020). Zusätzlich wurden diese Dichtewerte mit Branchenexpert:innen aus der Dämmstoffindustrie abgestimmt.

schwankende Entwicklung der Verkaufsmengen Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, zeigen die Inverkehrsetzungsmengen sowohl für EPS als auch für XPS für den Zeitraum von 1970 bis 2023 einen ähnlichen Verlauf. Beginnend mit dem Jahr 1970 wurden rund 1.300 Tonnen pro Jahr an EPS und rund 1.000 Tonnen pro Jahr an XPS in Österreich in Verkehr gesetzt. Bis zum Jahr 2010 stiegen die EPS-Mengen auf rund 53.000 Tonnen pro Jahr und die XPS-Mengen auf rund 21.000 Tonnen pro Jahr kontinuierlich an.

Von 2011 weg nahmen die in Verkehr gesetzten EPS-Mengen bis zum Jahr 2015 stetig ab, und zwar auf rund 45.000 Tonnen pro Jahr. Im Jahr 2016 befanden sich die EPS-Verkaufsmengen wieder auf rund 51.000 Tonnen pro Jahr, wobei diesbezüglich zu beachten ist, dass die Mengendaten von 2016 bis 2023 nicht mehr aus der Studie von Hrn. Eibensteiner (in Tonnen) stammen (Prelonic Tech-

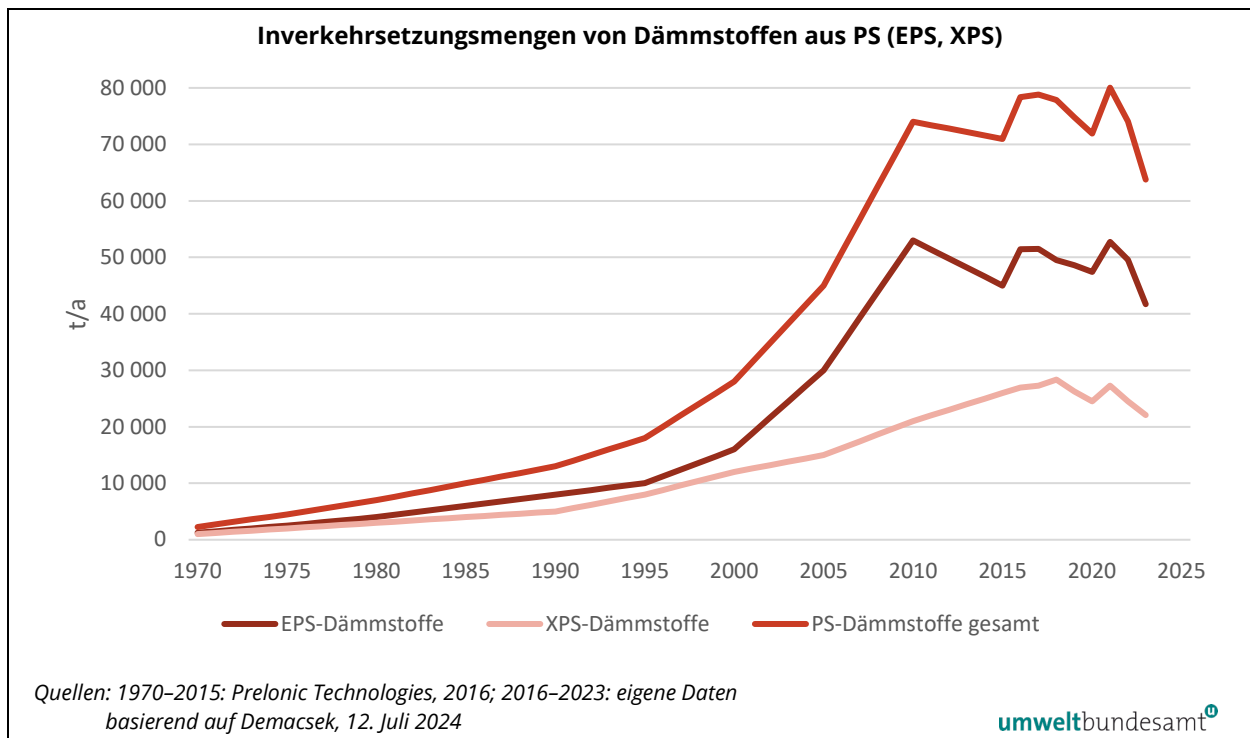
nologies, 2016), sondern auf den Marktdaten (in m³) der Gebäude- und Dämmstoffindustrie basieren (Demacsek, 12. Juli 2024). Daher hat sich mit dem Jahr 2016 auch die Datenerhebungsmethodik geändert (1970–2015: Übernahme der Mengenangaben in Tonnen; 2016–2023: Umrechnung von m³ in Tonnen). In den darauffolgenden Jahren kam es bis zum Jahr 2023 immer wieder zu Schwankungen in den Verkaufsmengen von Dämmstoffen aus EPS. Im Jahr 2023 betrug die Inverkehrsetzungsmengen für EPS rund 42.000 Tonnen pro Jahr und lagen damit zwischen den Verkaufsmengen von 2007 und 2008.

Die Inverkehrsetzungsmengen von XPS stiegen bis zum Jahr 2018 kontinuierlich auf rund 28.000 Tonnen pro Jahr an. Die Folgejahre waren von Schwankungen, aber tendenziell von Abnahmen in den Verkaufsmengen geprägt. Im Jahr 2023 beliefen sich die verkauften XPS-Mengen auf rund 22.000 Tonnen pro Jahr und waren damit ungefähr auf dem Niveau von 2011.

Ursachen für die Schwankungen

Die Schwankungen in den Inverkehrsetzungsmengen für beide Dämmstoffarten in den letzten 15 Jahren lassen sich vor allem auf die Entwicklungen im Bausektor zurückführen. Schließlich bestimmt die Nachfrage im Bausektor auch die Verkaufsmengen von Dämmstoffen. So kam es insbesondere seit der Corona-Pandemie (2020) und den damit in Zusammenhang stehenden Auswirkungen auf die Bauwirtschaft immer wieder zu Rückgängen und Wiederaufnahmen von Bautätigkeiten gerade in Bezug auf Neubauten und Sanierungsmaßnahmen. Zwar gab es auch in den Jahren vor der Corona-Pandemie immer wieder Schwankungen am Dämmstoffmarkt, jedoch nicht in dieser hohen Frequenz.

Abbildung 1: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus Polystyrol von 1970 bis 2023 (t/a).



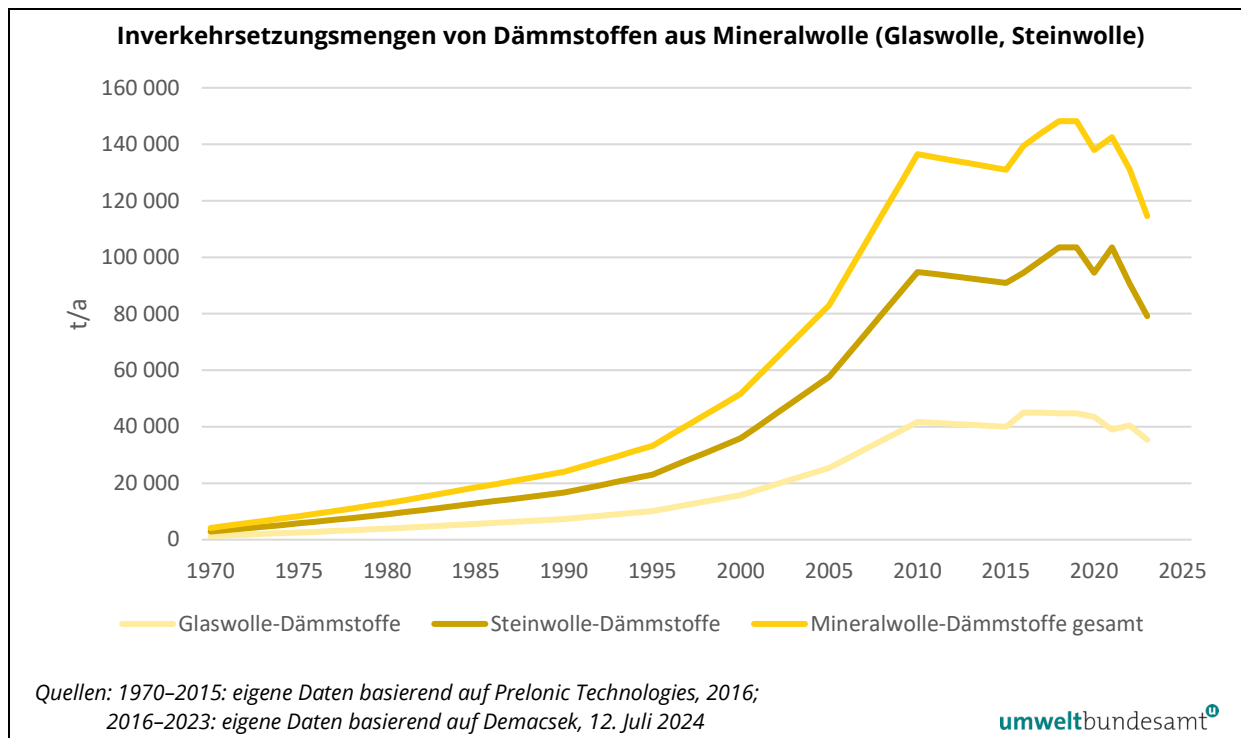
3.1.1.2 Mineralwolle-Dämmstoffe

Quellen Bezüglich der Marktdaten für Mineralwolle (Glaswolle, Steinwolle) konnte für den Zeitraum von 2016 bis 2023 auf die Marktdaten der Gebäude- und Dämmstoffindustrie zurückgegriffen werden (Demacsek, 12. Juli 2024). Diese beziehen sich auf sämtliche in Österreich verkaufte und verbaute Dämmstoffmengen. Zur Umrechnung von m³ in Tonnen mussten die spezifischen Dichten für Glaswolle (\varnothing 30 kg/m³) und Steinwolle (\varnothing 90 kg/m³) berücksichtigt werden. Diesbezüglich handelt es sich um Durchschnittswerte aus der ÖNORM B 8110-7 (ÖNORM B 8110-7, 2013), welche noch mit Branchenexpert:innen aus der Dämmstoffindustrie abgestimmt wurden. Für den Zeitraum von 1970 bis 2015 wurde das Verhältnis zwischen den Verkaufsmengen (in Tonnen) der Dämmstoffarten aus Mineralwolle (Glaswolle, Steinwolle) und den Polystyrol-Dämmstoffen bestimmt und mit den Inverkehrsetzungsmengen der Polystyrol-Dämmstoffe im Zeitraum von 1970 bis 2015 multipliziert.

Entwicklung der Verkaufsmengen Innerhalb des Betrachtungszeitraums von 1970 bis 2023 zeigen sowohl Dämmstoffe aus Glaswolle als auch aus Steinwolle einen ähnlichen Verlauf (siehe Abbildung 2). Nach eigenen Berechnungen wurden österreichweit im Jahr 1970 rund 1.300 Tonnen Glaswolle pro Jahr und rund 2.900 Tonnen Steinwolle pro Jahr verkauft. Bis zum Jahr 2010 stiegen die Verkaufsmengen von Glaswolle auf rund 42.000 Tonnen pro Jahr und von Steinwolle auf rund 95.000 Tonnen pro Jahr kontinuierlich an. Danach sanken die Inverkehrsetzungsmengen bis 2015 von Glaswolle auf rund 40.000 Tonnen pro Jahr und von Steinwolle auf 91.000 Tonnen pro Jahr ab. Bei Glaswolle kam es in den Folgejahren immer wieder zu Ab- und Zunahmen. Im Jahr 2023 betragen die Verkaufsmengen von Glaswolle rund 35.000 Tonnen und waren damit ungefähr auf dem Niveau von 2008. Die in Verkehr gebrachten Dämmstoffmengen aus Steinwolle nahmen von 2015 auf 2019 wieder zu, danach kam es auch hier zu Schwankungen. Im Jahr 2023 betragen die Verkaufsmengen von Steinwolle rund 79.000 Tonnen und lagen damit ebenfalls auf dem Niveau von 2008.

Ursachen für die Schwankungen Wie schon bei den Dämmstoffen aus Polystyrol lassen sich die Schwankungen am Dämmstoffmarkt vor allem auf die Entwicklungen in der Baubranche in den letzten Jahren zurückführen. Der Wechsel zwischen Baustopps und der Wiederaufnahme von Bautätigkeiten z. B. im Zeitfenster der Corona-Pandemie (2020–2022), die wirtschaftsbedingte erneute Schwächung des Bausektors (Inflation) sowie der ausbleibende Aufschwung in der Sanierung von Gebäuden bremsen auch den Dämmstoffmarkt (Demacsek, 12. Juli 2024).

Abbildung 2: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus Mineralwolle von 1970 bis 2023 (t/a).



3.1.1.3 Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Quellen Bezüglich der in Österreich in Verkehr gesetzten Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) standen Daten für den Zeitraum von 2016 bis 2023 zur Verfügung (Demacsek, 12. Juli 2024). Dieser Betrachtungszeitraum ist ausreichend, um einen Überblick über die Entwicklung der in Verkehr gesetzten Mengen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zu bieten. Da die Dämmstoffe je nach Rohstoff (u. a. Zellulose, Schafwolle, Hanf, Holzwolle), unterschiedliche Dichten aufweisen können und keine Daten auf Rohstoffebene vorlagen, wurde die Einheit bei m³ belassen.

Entwicklung der Verkaufsmengen Die Verkaufsmengen von nachwachsenden Rohstoffen sind von rund 240.000 m³/a im Jahr 2016 (Marktanteil: 3,8 %) auf 285.000 m³/a im Jahr 2019 (Marktanteil: 4,6 %) angestiegen, danach gingen sie im Jahr 2020 auf rund 275.000 m³/a (Marktanteil: 4,6 %) zurück, bevor sie im Jahr 2021 ein Maximum von rund 300.000 m³/a erreichten (Marktanteil: 4,7 %). Bis zum Jahr 2023 reduzierten sich diese Mengen auf rund 240.000 m³/a (Marktanteil: 4,7 %) und waren damit wieder auf dem Niveau des Jahres 2016, auch wenn ihr Anteil am Dämmstoffmarkt inzwischen angestiegen ist (Abbildung 3).

Ursache für die Schwankungen Die Schwankungen in den nationalen Verkaufsmengen sind, wie schon bei den anderen Dämmstoffen, auf die Corona-Pandemie (2020) sowie die anschließenden Krisen in der Bauwirtschaft zurückzuführen. Nach einem kurzen Aufschwung im Jahr 2021 (Wiederaufnahme von Bautätigkeiten) gingen die in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen aufgrund einer erneuten wirtschaftlichen Schwächung des Bausektors in den Folgejahren zurück.

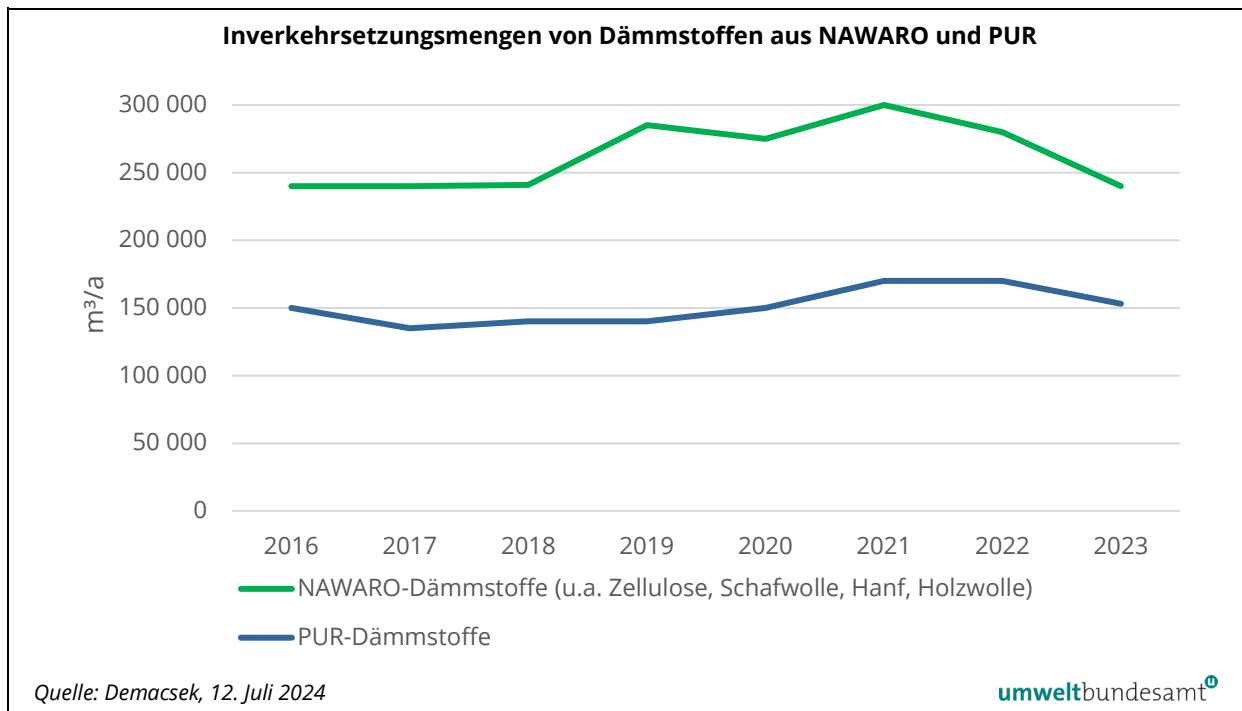
3.1.1.4 Polyurethan-Dämmstoffe

Quellen Die Datengrundlage für die Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus Polyurethan (PUR) umfasst den Zeitraum von 2016 bis 2022 (Demacsek, 12. Juli 2024). Da für Dämmstoffe aus PUR in dieser Studie keine Abfallszenarien dargestellt werden, wurde die Einheit für die Verkaufsmengen bei m³ belassen.

Entwicklung der Verkaufsmengen Die Verkaufsmengen von Dämmstoffen aus Polyurethan sind von rund 150.000 m³/a im Jahr 2016 (Marktanteil: 2,4 %) auf rd. 135.000 m³/a im Jahr 2017 (Marktanteil: 2,1 %) zurückgegangen. In den darauffolgenden Jahren stiegen die Inverkehrsetzungsmengen bis zum Jahr 2021 kontinuierlich auf rund 170.000 m³/a (Marktanteil: 2,7 %) an. Im Folgejahr stagnierten die Verkaufsmengen auf diesem Wert (Marktanteil: 2,8 %), bevor sie im Jahr 2023 auf rund 153.000 m³/a (Marktanteil: 3 %) zurückgegangen sind (Abbildung 3).

Ursachen für die Schwankungen Die Verkaufsmengen von Dämmstoffen aus Polyurethan unterlagen im Betrachtungszeitraum geringeren Schwankungen als andere Dämmstoffe. Das mag unter anderem an der bereits vor der Corona-Pandemie niedrigen Nachfrage für diese Dämmstoffe liegen, weshalb Einschnitte in die Wirtschaft und im Bausektor kaum Auswirkungen auf die Verkaufsmengen hatten. Erst mit dem Jahr 2023 konnte ein klarer Rückgang für Dämmstoffe aus Polyurethan verzeichnet werden, was wiederum mit den Entwicklungen der restlichen Dämmstoffe übereinstimmt. Zurückführen lässt sich die Abnahme der gesamten Dämmstoffvolumina auf den stark stockenden Bausektor.

Abbildung 3: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus NAWARO und Polyurethan von 2016 bis 2023 (m³/a).



3.1.2 Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens

3.1.2.1 Modell

Verwendete Datensätze

Da Dämmstoffe aus Polystyrol und Mineralwolle die Abfallwirtschaft bis zum Jahr 2050 sowohl aufgrund ihres Mengenaufkommens als auch hinsichtlich der Behandlung vor einige Herausforderungen stellen werden (z. B. Ausbau von Behandlungskapazitäten, Umlenkung von Wertstoffströmen, Ausschleusung von Schadstoffen), wurden für diese beiden Dämmstoffe Szenarien hinsichtlich ihres Abfallaufkommens entwickelt. Da Dämmstoffe aus Polyurethan, nachwachsenden Rohstoffen oder Carbonverbunden eine noch untergeordnete Rolle spielen, wurden sie in den Szenarien nicht mitberücksichtigt.

Das Modellkonzept zur Darstellung des künftigen Abfallaufkommens von Dämmstoffen (Polystyrol, Mineralwolle) basiert im Wesentlichen auf zwei Datensatzpaketen: den Daten zu den Dämmstoffen und den Daten des Gebäudemodells.

Zur Berechnung des künftigen Abfallaufkommens wurden unterschiedliche Input-Datensätze für die Dämmstoffdaten (z. B. in Verkehr gesetzte PS/MW-Mengen, Materialdichten, Verschnittraten, Nutzungsdauern) und Gebäudedaten (z. B. Gebäudebestandsflächen, Neubaupläne, Sanierungsraten) verwendet. Aus den Inputdaten wurden Zwischenergebnisse für den Dämmstoff (z. B. jährlich verbaute PS/MW-Mengen, Abfall beim Bau aufgrund von 5 % Verschnitt) sowie für Gebäude (z. B. Gebäudeflächen mit alter/neuer Dämmung, sanierte/abgebrochene Gebäudeflächen) ermittelt. Diese Zwischenergebnisse wurden anschließend zusammengeführt (anhand der Multiplikation der Parameter *Tonnen Dämmstoff pro m² Gebäude mit neuer Dämmung* und *Gebäudeflächen mit alter Dämmung*), um das Abfallaufkommen von Dämmstoffen unter Berücksichtigung der spezifischen Nutzungsdauer sowie unter Miteinbeziehung des Verschnittabfalls für den Zeitraum von 2020 bis 2050 bestimmen zu können (Delay-Ansatz).

Im Anhang befinden sich die Grafiken zu den Modellkonzepten für die Dämmstoffe aus Polystyrol (Abbildung 20) und Mineralwolle (Abbildung 21).

Szenarien WEM und Transition

Da das zukünftige Abfallaufkommen im Dämmstoffbereich stark von den Entwicklungen im Gebäudebereich (Neubauten, Sanierungs- und Abbruchaktivitäten) sowie den Entwicklungen auf dem Dämmstoffmarkt abhängig ist, wurden für das Modellkonzept unterschiedliche Szenarien angenommen.

Die Entwicklung der Gebäudebestandsdaten (Neubauten, Sanierungstätigkeiten, Abbruchaktivitäten, Gebäudebestände) basiert auf zwei Szenarien zur Klimaneutralität – dem WEM- (With Existing Measures) Szenario und dem Transition-Szenario. Das WEM-Szenario stellt die Entwicklung des Gebäudebestands unter der Annahme dar, dass sämtliche bis Ende 2021 stattfindenden Maßnahmen im österreichischen Gebäudemarkt (v. a. bezogen auf Neubau, Abbruch und Sanierungstätigkeiten) auch zukünftig beibehalten werden. Das Transition-Szenario zeigt Optionen für ein Erreichen der Klimaneutralität für Österreich bis 2040 auf. Für den Gebäudesektor sind innerhalb dieses Szenarios kompaktere und flächeneffizientere Bauweisen sowie erhöhte Sanierungstätigkeiten (in %) geplant (Umweltbundesamt, 2023b).

Die historischen Gebäude-Ist-Daten für den Zeitraum 1919–2022 stammen aus dem Modul Gebäude- und Wohnungsbestand (Einheit: Nettogrundflächen), welches auch im Raumwärme-Emissionsmodell zur Emissionsberechnung im Sektor Gebäude für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI) eingesetzt wird (Umweltbundesamt, 2024a). Prognosedaten (2019–2050) für die Szenarien WEM und Transition basieren auf Modellberechnungen des Zentrums für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think, 2023). Da die Prognosedaten in Bruttogrundflächen angegeben sind, wurde jeweils die szenarienabhängige (WEM, Transition) Entwicklung (Änderung in %) der Bruttogrundflächen übernommen und zur Fortschreibung der historischen Gebäude-Ist-Daten verwendet. Sowohl die historischen Gebäude-Ist-Daten als auch die prognostizierten Gebäudebestandsdaten (WEM, Transition) des Modells sind somit einheitlich in Nettogrundflächen angegeben.

Aufgrund der Annahme, dass im Transition-Szenario Bauweisen flächeneffizienter ausfallen, nehmen die Gebäudebestandsflächen und die Neubaupläche in diesem Szenario weniger stark zu als im WEM-Szenario. Zudem werden im Transition-Szenario weniger Gebäudeflächen abgebrochen, dafür wird von erhöhten Sanierungstätigkeiten ausgegangen (in %).

Subszenarien Zum WEM- und Transition-Szenario wurden je zwei Subszenarien für die zukünftige Entwicklung der in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen angenommen. Zur Bestimmung der Prognosemengen für den Zeitraum von 2023 bis 2050 wurden die historischen Dämmstoffmengen anhand des prognostizierten BIP-Wachstums (jährlich rund 1,2 %) hochgerechnet (Parlament, 2023). Diesbezüglich wurde im Positivszenario (Subszenario A) davon ausgegangen, dass die in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen (Polystyrol, Mineralwolle) parallel zum BIP ansteigen. Im Negativszenario (Subszenario B) bestand hingegen die Annahme, dass sich die in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen entgegengesetzt zum BIP entwickeln. Eine Abnahme in den Absatzmengen der betrachteten Dämmstofftypen (EPS, XPS, GW, SW) ließe sich anhand einer möglichen Verdrängung durch alternative Materialien (wie z. B. Zellulose, Schafwolle, Holz- wolle) begründen. Abgesehen davon könnten Einbrüche im Bausektor (in Form von rückläufigen Bautätigkeiten) einen Rückgang in der Nachfrage nach Dämmstoffen bedingen. Durch die Inkludierung beider Subszenarien wurde ein Rahmen abgesteckt, in dem sowohl die zu erwartenden Mindest- als auch Maximalmengen an in Verkehr gesetzten Dämmstoffen (Polystyrol, Mineralwolle) Berücksichtigung finden.

Vorgehensweise Zusammenfassend waren folgende wesentlichen Schritte zur Berechnung des künftigen Abfallaufkommens notwendig:

- Festlegung auf eine durchschnittliche Nutzungsdauer (EPS/MW: 57 Jahre, XPS: 79 Jahre) und Bestimmung des Betrachtungszeitraums (1970–2050, Abfallaufkommen ab 2020).
- Bestimmung der verkauften PS/MW-Mengen für die Periode 1970–2023 anhand der vorhandenen Datenstände und Fortschreibung 2023–2050 anhand des prognostizierten BIP-Wachstums (+/- nach den Subszenarien).

- Berechnung des Abfallaufkommens anhand des Verschnitts (z. B. bei 5 % Verschnitt) und in weiterer Folge Bestimmung der verbauten Dämmstoffmengen (Verkaufsmengen abzüglich der Verschnittmengen).
- Bestimmung der Gebäudebestandsflächen für den gewählten Zeitraum (historisch) sowie anhand der Szenarien WEM und Transition (Prognose) und Ableitung des Delta-Gebäudestands (aktuelles Jahr minus Vorjahr).
- Bestimmung der Neubauf Flächen aus den vorhandenen Datensätzen.
- Festlegung der Sanierungsraten für den gesamten Zeitraum, daraus Berechnung der sanierten Gebäudeflächen für die jeweiligen Jahre und in weiterer Folge Berechnung des Parameters *Gebäudeflächen mit neuer Dämmung* (Neubauf Flächen plus sanierte Gebäudeflächen).
- Bestimmung der abgebrochenen Gebäudeflächen; diese Zahl entspricht wiederum der Differenz aus Neubauf Flächen und dem Delta-Gebäudestand.
- Bildung der Summe aus sanierten und abgebrochenen Gebäudeflächen zur Bestimmung des Parameters *Gebäudeflächen mit alter Dämmung*.
- Division der verbauten Dämmstoffmengen durch die Gebäudeflächen mit neuer Dämmung zur Bestimmung des Parameters *Tonnen Dämmstoff pro m² Gebäude mit neuer Dämmung*.
- Berechnung des Abfallaufkommens aus dem Parameter *Abfall aufgrund von 5 % Verschnitt* addiert mit dem Parameter *Abfallanfall Tonnen Dämmstoff aus Abbruch und Sanierung* (Produkt aus *Gebäudeflächen mit alter Dämmung* (aktuelles Jahr) und *Tonnen Dämmstoff pro m² Gebäude mit neuer Dämmung* (minus x Jahre Nutzungsdauer)).

3.1.2.2 Ergebnis für Polystyrol-Dämmstoffe

Herkunft Die in Verkehr gesetzten Dämmstoffprodukte fallen während der Bautätigkeiten (Neubau, Sanierung) zum Teil direkt als Abfall in Form von Verschnitt an. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass dieser Verschnitt rund 5 % der in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen ausmacht (Umweltbundesamt, 2020).

Ein Großteil der Dämmstoffprodukte fällt aber erst nach Ablauf ihrer spezifischen Nutzungsdauer (Delay-Ansatz) als Abfall an. Alte Dämmstoffe können im Rahmen von Sanierungstätigkeiten durch neue Dämmstoffe ausgetauscht werden. In diesem Fall werden die ursprünglich verbauten Dämmstoffprodukte zu Abfall. Eine weitere Möglichkeit ist die Aufdoppelung vorhandener Dämmstoffe mit neuen Dämmstoffprodukten. Dadurch kann Abfall, der im Rahmen eines Austausches der Dämmstoffe (alt gegen neu) entstehen würde, vermieden werden. Diese Vorgehensweise kommt vor allem bei Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) in der Wand- und Fassadendämmung zum Einsatz. Rund 5–10 % der in Europa zum Einsatz kommenden WDVS werden auf bestehende Systeme aufgedoppelt (Conversio Market & Strategy GmbH, 2020). Die Auswirkungen der Aufdoppelung auf das Abfallaufkommen werden berücksichtigt, indem die dämmstoffspezifischen Nutzungsdauern entsprechend verlängert werden. Im Modell wurde davon ausgegangen, dass alte Dämmstoffe nach Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer zu 100 % als Abfälle anfallen. Spätestens dann, wenn

Abbruchtätigkeiten durchgeführt werden, bleiben die ursprünglich verbauten Dämmstoffe als Abfälle zurück und müssen einer entsprechenden Behandlung zugeführt werden.

**materialspezifische
Nutzungsdauern**

Die materialspezifischen Nutzungsdauern haben einen großen Einfluss auf die anfallenden Abfallmengen. Während für EPS eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 57 Jahren angenommen wird, ist bei XPS mit einer Nutzungsdauer von durchschnittlich 79 Jahren zu rechnen. Bei beiden Nutzungsdauern handelt es sich um gewichtete Mittelwerte, die auf Angaben von Studien der Conversio Market & Strategy GmbH basieren (Conversio Market & Strategy GmbH, 2017; Conversio Market & Strategy GmbH, 2020). Die Gewichtung erfolgte entsprechend der Verteilung (in %) der jeweiligen Dämmstoffarten nach den Anwendungsbereichen (z. B. Dach-, Wand-, Trittschall-, Perimeterdämmung) am Beispiel Deutschland und der durchschnittlichen Nutzungsdauer im jeweiligen Bereich. Da XPS im Gegensatz zu EPS größtenteils zur Perimeterdämmung eingesetzt wird und hier Sanierungstätigkeiten tendenziell seltener durchgeführt werden, ist die durchschnittliche Nutzungsdauer entsprechend höher.

Abhängig vom gewählten Szenario können sich die Abfallmengen im Dämmstoffbereich unterschiedlich entwickeln. Im Folgenden wird auf diese Szenarien genauer eingegangen.

**WEM-Szenario:
Entwicklung der
Dämmstoffabfälle**

Die Entwicklung des Abfallaufkommens im WEM-Szenario bei positiver (Subszenario A) sowie negativer (Subszenario B) Entwicklung der in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen (PS) ist in Abbildung 4 dargestellt. Ein Großteil des Polystyrol-Abfalls fällt in beiden Subszenarien in Form von EPS an. Das liegt zum einen daran, dass rund zwei Drittel der in Verkehr gesetzten PS-Dämmstoffmengen (in Tonnen) aus EPS bestehen. Weiters ist im Zeitraum von 2020 bis 2050 aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsdauern (EPS: 57 Jahre, XPS: 79 Jahre) ein Großteil der Dämmstoffabfälle auf EPS zurückzuführen. Nach Ablauf der spezifischen Nutzungsdauer vervielfachen sich zwar die XPS-Mengen aufgrund zusätzlicher Abfallströme aus Sanierungs- und Abbrucharbeiten ab dem Jahr 2049, dennoch bleiben diese Mengen noch deutlich unterhalb der EPS-Mengen.

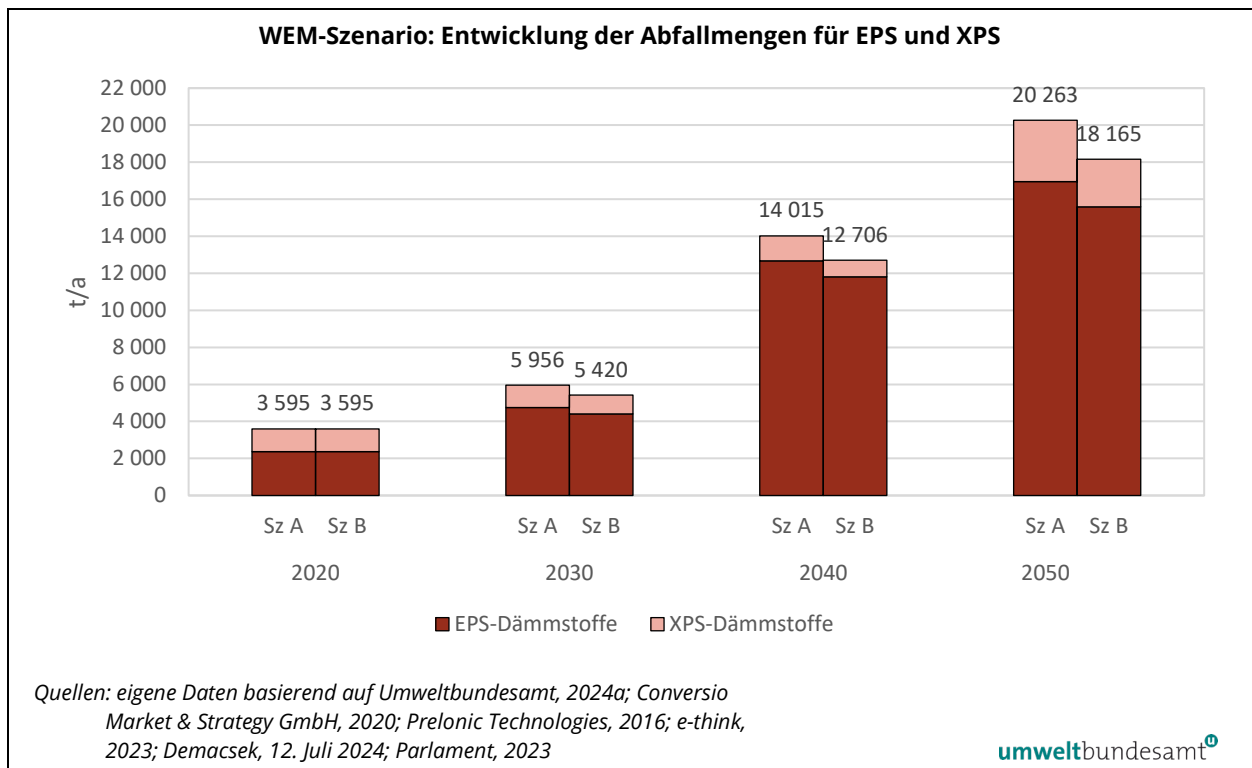
Subszenario A

Im Subszenario A steigen die prognostizierten Abfallmengen für die Dämmstoffe aus PS (EPS, XPS) von rund 3.600 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 6.000 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 14.000 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 20.300 Tonnen im Jahr 2050 an. In dieser Szenarien-Konstellation (WEM-Szenario, Subszenario A) ist bis zum Jahr 2050 mit den höchsten Abfallmengen für PS-Dämmstoffe zu rechnen. Schließlich wird davon ausgegangen, dass die in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen bis zum Jahr 2050 parallel zum BIP ein positives Wachstum (+1,2 %) erfahren und die Bautätigkeiten in Form von Neubau (Neubauf Flächen), Sanierung (sanierte Gebäudeflächen) und Abbruch (abgebrochene Gebäudeflächen) über die Jahre hinweg stetig zunehmen werden. Diesbezüglich ist jedenfalls zu berücksichtigen, dass die im Jahr 1970 verbauten Dämmstoffe durchschnittlich erst nach 57 Jahren (EPS) bzw. 79 Jahren (XPS) ausgebaut werden und erst ab dem Jahr 2027 (EPS) bzw. 2049 (XPS) große Mengen durch Sanierungs- oder Abbruchtätigkeiten als Abfälle anfallen. Die Nutzungsdauern wurden aus mehreren unterschiedlichen Anwendungsbereichen (Dach-, Wand-, Trittschall-, Perimeterdämmung) gewichtet. Je nach Anwendungsbereich

können demnach auch Abfallmengen vor der jeweils gewichteten Nutzungsdauer anfallen.

Subszenario B Subszenario B zeigt die Entwicklung des Abfallaufkommens im WEM-Szenario unter der Annahme, dass sich die in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen konträr zum prognostizierten BIP-Wachstum entwickeln (-1,2 %). Diesbezüglich wird davon ausgegangen, dass die 3.600 Tonnen Dämmstoffabfälle im Jahr 2020 (reiner Verschnitt) auf rund 5.400 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 12.700 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 18.200 Tonnen im Jahr 2050 ansteigen. Im Vergleich zum Subszenario A sind die zu erwartenden Abfallmengen etwas niedriger, da mit weniger Inverkehrsetzungsmengen und in weiterer Folge mit weniger Abfall in Form von Verschnitt gerechnet wird.

Abbildung 4: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus EPS und XPS gemäß dem Szenario WEM sowie den Subszenarien A und B von 2020 bis 2050 (in t/a).



WEM-Szenario: Entwicklung HBCDD-belastete Abfälle Basierend auf einer Studie der Conversio Market & Strategy GmbH konnten die Anteile der angefallenen HBCDD-belasteten PS-Dämmstoffe am gesamten Abfallaufkommen für Dämmstoffe aus Polystyrol abgeschätzt werden (Conversio Market & Strategy GmbH, 2020). In weiterer Folge konnten daraus auch die Mengen der mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle bestimmt werden (Abbildung 5).

Die Mengen der mit HBCDD belasteten Dämmstoffe steigen in beiden Subszenarien (A, B) von rund 2.100 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 3.200 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 6.200 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 6.800 Tonnen im Jahr 2050 an. Diese Abfallmengen stammen ausschließlich aus Sanierungs- und

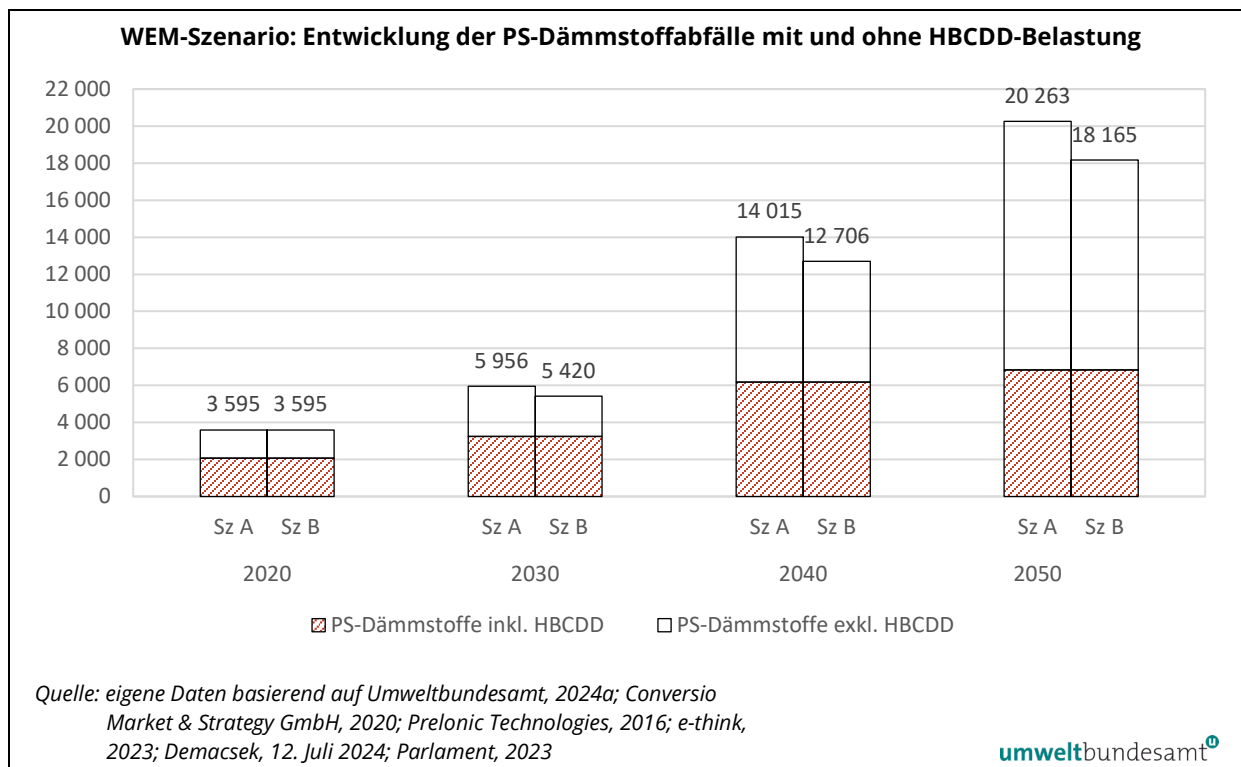
Abbruchtätigkeiten. Aufgrund der Zunahme an abgebrochenen und sanierten Flächen nehmen über den Betrachtungszeitraum hinweg auch die mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle zu. Da innerhalb des WEM-Szenarios die Sanierungs- und Abbruchtätigkeiten im gleich hohen Umfang ausfallen, bleiben auch die Abfallmengen der schadstoffhaltigen Dämmstoffe zwischen den beiden Subszenarien ident.

Im Gegensatz zu den Absolutmengen nehmen die Anteile der mit HBCDD belasteten Dämmstoffe am gesamten Dämmstoffabfallaufkommen über den Betrachtungszeitraum hinweg ab. Dieser Rückgang ist auf das Verbot des Einsatzes von HBCDD ab 22.03.2016 (XPS) bzw. ab 22.02.2018 (EPS) zurückzuführen. Je nach Subszenario sind die Anteile für die schadstoffhaltigen Dämmstoffe unterschiedlich stark ausgeprägt.

Subszenario A Im Subszenario A sinkt der Anteil der mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle von rund 57 % im Jahr 2020 auf rund 54 % im Jahr 2030, auf rund 44 % im Jahr 2040 und auf rund 34 % im Jahr 2050 ab. Der Anteil der schadstoffhaltigen Dämmstoffe geht über den Betrachtungszeitraum hinweg somit kontinuierlich zurück.

Subszenario B Gemäß Subszenario B steigt der Anteil der mit HBCDD belasteten Dämmstoffe zunächst von rund 57 % im Jahr 2020 auf rund 60 % im Jahr 2030 an. Danach gehen die Anteile wieder auf rund 49 % im Jahr 2040 und auf rund 38 % im Jahr 2050 zurück. Obwohl langfristig auch im Subszenario B die Anteile der schadstoffhaltigen Dämmstoffe zurückgehen, sind diese noch immer stärker ausgeprägt als im Subszenario A. Das lässt sich dadurch begründen, dass im Subszenario B die in Verkehr gesetzten PS-Dämmstoffe und damit die aus dem Verschnitt resultierenden Abfälle zurückgehen. In weiterer Folge nehmen die zukünftigen Dämmstoffabfallmengen weniger stark zu als im Subszenario A. Gleichzeitig sind die prognostizierten absoluten Abfallmengen für die mit HBCDD belasteten Dämmstoffe in beiden Subszenarien dieselben. Dementsprechend sind auch die Anteile der mit HBCDD belasteten Dämmstoffe im Subszenario B höher als im Subszenario A.

Abbildung 5: Entwicklung der Abfallmengen für PS-Dämmstoffe mit und ohne HBCDD-Belastung gemäß dem Hauptszenario WEM sowie den Subszenarien A und B von 2020 bis 2050 (in t/a).



Transition-Szenario

Im Transition-Szenario werden Optionen für ein Erreichen der Klimaneutralität für Österreich bis 2040 aufgezeigt. Für den Gebäudesektor bedeutet das u. a. kompaktere sowie flächeneffizientere Baumaßnahmen und erhöhte Sanierungstätigkeiten. Zudem geht das Transition-Szenario von geringeren Abbruch-tätigkeiten und einem weniger starken Anstieg des Gebäudebestands aus als das WEM-Szenario.

Mengenentwicklung bei EPS, XPS

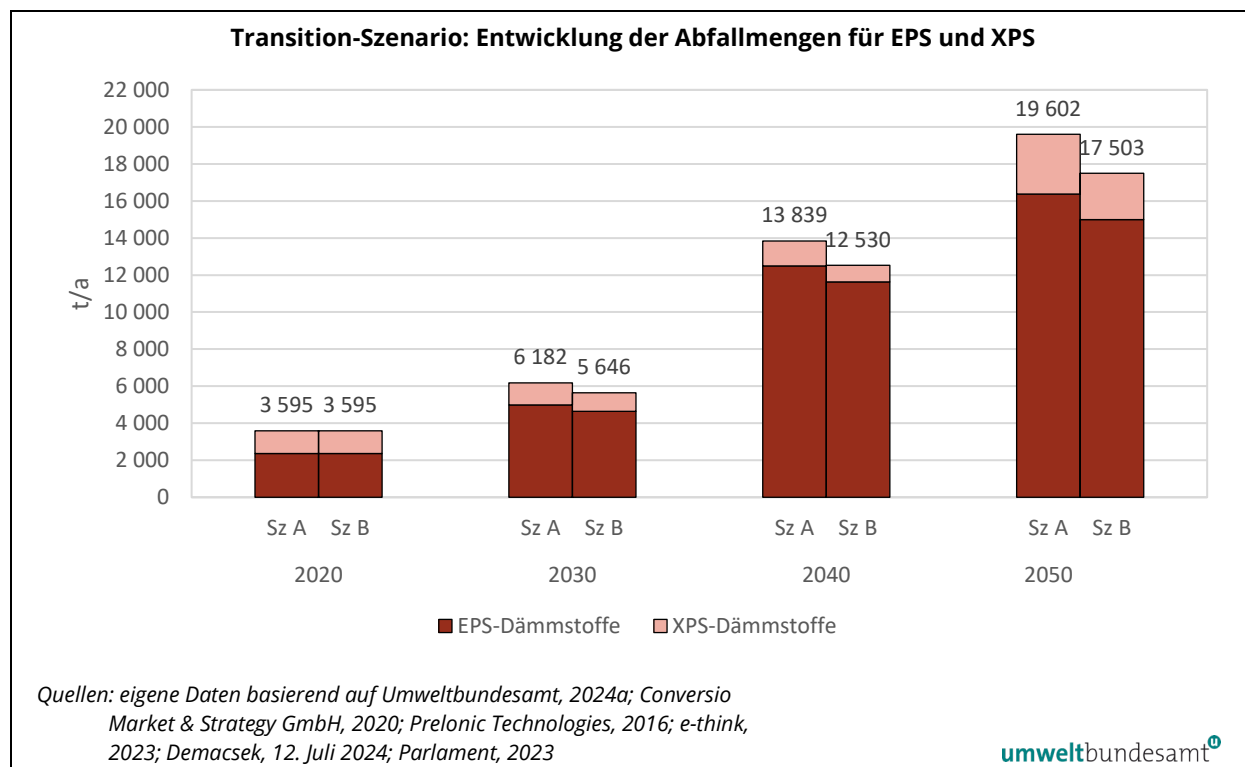
Abbildung 6 stellt die prognostizierten Abfallmengen für Dämmstoffe aus Polystyrol im Szenario Transition mit den Subszenarien A und B dar. Der Großteil des Abfalls fällt, wie bereits im WEM-Szenario, in Form von EPS-Dämmstoffen an. Das lässt sich auf die höheren Inverkehrsetzungsmengen und die geringere spezifische Nutzungsdauer von EPS gegenüber XPS zurückführen. Langfristig liegen die prognostizierten Abfallmengen des Transition-Szenarios etwas unterhalb der geschätzten Abfallmengen des WEM-Szenarios. Das liegt unter anderem daran, dass im Transition-Szenario die prognostizierten Gebäudebestandsflächen weniger stark ansteigen und somit niedriger sind als im WEM-Szenario. Diese Entwicklung deckt sich mit den sektoralen Maßnahmen des Transition-Szenarios, nach denen Gebäude zukünftig kompakter und flächeneffizienter gebaut werden sollen (Umweltbundesamt, 2023b). Zudem wird im Transition-Szenario mit weniger abgebrochenen Gebäudeflächen als im WEM-Szenario gerechnet, was wiederum die Menge der daraus resultierenden Dämmstoffabfälle reduziert. Dem entgegenwirkend sind die erhöhten Sanierungstätigkeiten (bzw. Sanierungsraten in %) im Transition-Szenario. Gemäß dem Maßnahmenkatalog sollen Sanierungstätigkeiten zukünftig stärker forciert und gefördert werden

(Umweltbundesamt, 2023b). Im Modell wird in weiterer Folge davon ausgegangen, dass mit einem Anstieg an sanierten Gebäudeflächen auch vermehrt Dämmstoffabfälle anfallen. Unter Berücksichtigung dieser Parameter ergeben sich im Transition-Szenario langfristig (zumindest für die Jahre 2040 und 2050) leicht niedrigere Abfallmengen als im WEM-Szenario. Davor (zumindest bis zum Jahr 2030) fallen die erhöhten Sanierungstätigkeiten stärker ins Gewicht und führen auch zu marginal höheren Abfallmengen als im WEM-Szenario.

Subszenario A Wie bereits im WEM-Szenario werden im Subszenario A aufgrund der im Vergleich zum Subszenario B höheren Inverkehrsetzungsmengen auch erhöhte Abfallmengen in Form von Verschnitt angenommen. Die Abfallmengen steigen konstant von rund 3.600 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 6.200 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 13.800 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 19.600 Tonnen im Jahr 2050 an.

Subszenario B Im Subszenario B nehmen die Abfallmengen von rund 3.600 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 5.600 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 12.500 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 17.500 Tonnen im Jahr 2050 zu. Die prognostizierte Abnahme der in Verkehr gesetzten Dämmstoffmengen und der damit einhergehende Rückgang an Verschnittabfällen führt zu einer im Vergleich zum Subszenario A weniger starken Zunahme des Dämmstoffabfallaufkommens. Von allen vier Szenarien ist in diesem Szenario – zumindest längerfristig – mit den geringsten Abfallmengen in Form von Dämmstoffen aus Polystyrol zu rechnen.

Abbildung 6: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus EPS und XPS gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).



Entwicklung HBCDD-belastete PS-Dämmstoffe

Anhand von Abbildung 7 wird die Entwicklung der mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle aus Polystyrol im Transition-Szenario sichtbar gemacht. Die schadstoffhaltigen Abfallmengen nehmen von rund 2.100 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 3.400 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 6.100 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 6.600 Tonnen im Jahr 2050 zu. Da die prognostizierten Dämmstoffabfallmengen im Transition-Szenario spätestens mit 2040 niedriger sind als im WEM-Szenario, bewegen sich auch die mit HBCDD belasteten Abfallmengen ab diesem Zeitpunkt auf einem leicht niedrigeren Niveau. Wie schon im WEM-Szenario ist die Entwicklung der prognostizierten Abfallmengen für die mit HBCDD belasteten Dämmstoffe, welche ausschließlich aus Sanierungs- und Abbruchstätigkeiten resultieren, in beiden Subsznenarien dieselbe.

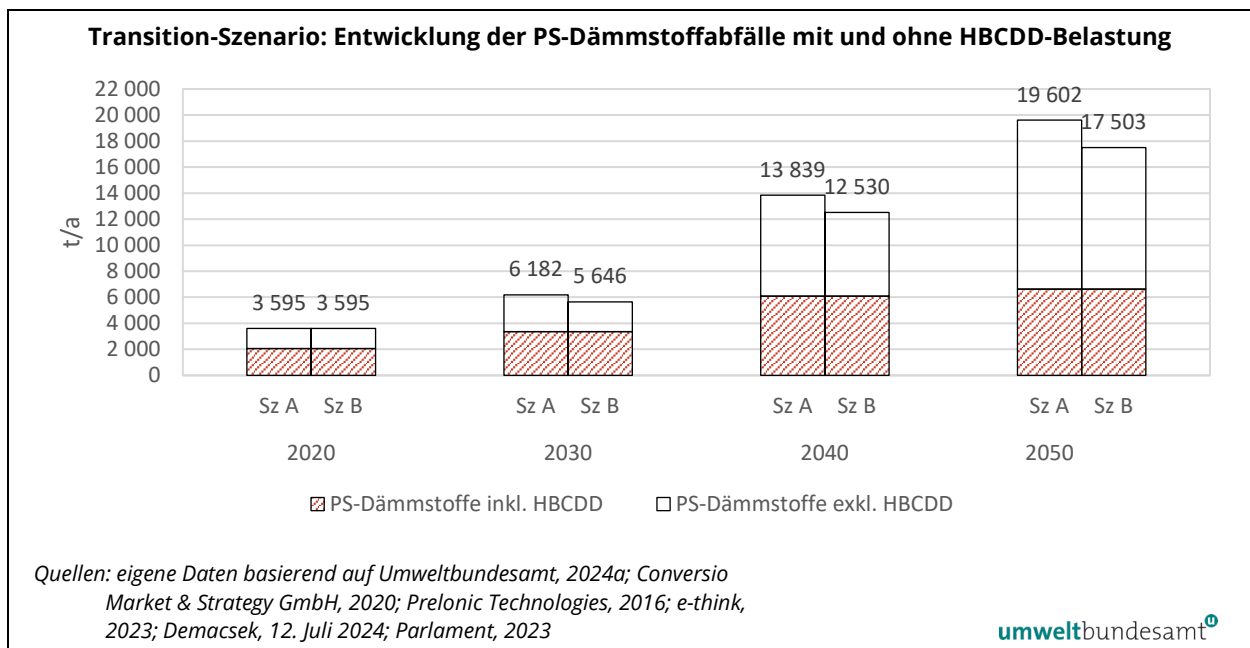
Subszenario A

Im Subszenario A gehen die Anteile der schadstoffhaltigen Dämmstoffe, wie schon im WEM-Szenario, aufgrund des HBCDD-Verbots von rund 57 % im Jahr 2020 auf rund 54 % im Jahr 2030, auf rund 44 % im Jahr 2040 und auf rund 34 % im Jahr 2050 zurück. Der Rückgang in den Anteilen der schadstoffhaltigen Dämmstoffe erfolgt über den Betrachtungszeitraum hinweg somit kontinuierlich.

Subszenario B

Im Subszenario B steigen die Anteile der mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle von rund 57 % im Jahr 2020 auf rund 60 % im Jahr 2030 an, bevor sie im Jahr 2040 auf rund 49 % und im Jahr 2050 auf rund 38 % absinken. Da die Mengen der prognostizierten Dämmstoffabfälle aus Polystyrol im Subszenario B weniger stark zunehmen als im Subszenario A, die schadstoffhaltigen Dämmstoffabfallmengen aber ident bleiben, sind hier die Anteile der mit HBCDD belasteten Dämmstoffabfälle am gesamten Abfallaufkommen entsprechend stärker ausgeprägt.

Abbildung 7: Entwicklung der Abfallmengen für PS-Dämmstoffe mit und ohne HBCDD-Belastung gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).

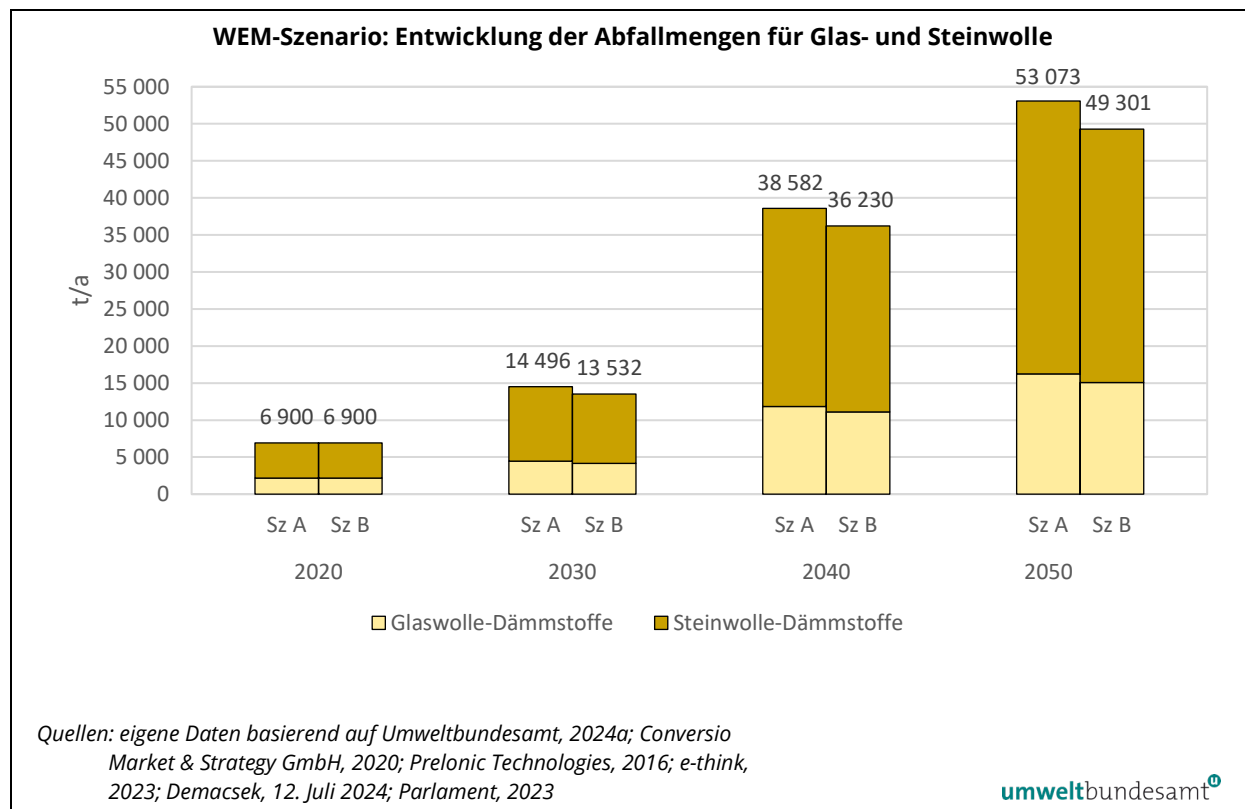


3.1.2.3 Ergebnis für Mineralwolle-Dämmstoffe

- Abfallquellen** Bezüglich des Abfallaufkommens wurden für Dämmstoffe aus Mineralwolle dieselben Grundannahmen getroffen wie für Dämmstoffe aus Polystyrol. Diesbezüglich wurde davon ausgegangen, dass von den in Verkehr gesetzten Dämmstoffprodukten im Rahmen von Bautätigkeiten (Neubau, Sanierung) 5 % direkt in Form von Verschnitt anfallen (Umweltbundesamt, 2020).
- Zudem wurde im Modell davon ausgegangen, dass die verbauten Dämmstoffprodukte durch Abbruch- und Sanierungstätigkeiten nach Ablauf der entsprechenden Nutzungsdauer zu 100 % als Abfälle anfallen.
- materialspezifische Nutzungsdauern** Bezüglich der durchschnittlichen Nutzungsdauer gab es für Dämmstoffe aus Mineralwolle keine vergleichbar detaillierten Angaben wie für Dämmstoffe aus Polystyrol. Sowohl für Glas- als auch für Mineralwolle wurde dieselbe Nutzungsdauer wie für Dämmstoffe aus EPS, nämlich 57 Jahre, angenommen. Dieser Wert erscheint deshalb plausibel, da Mineralwolle – anders als XPS – nicht primär als Perimeterdämmung zum Einsatz kommt. Zudem wird bezüglich der durchschnittlichen Nutzungsdauer für Dämmstoffen aus Mineralwolle in den meisten Fällen ein Wert von ≥ 50 Jahren angenommen (BMWSB, 2017; Fachverband Mineralwolleindustrie e.V., 2024; TU Berlin, 2019).
- Abhängig vom gewählten Szenario können sich die Abfallmengen für Dämmstoffe aus Mineralwolle unterschiedlich entwickeln. Generell ist für Dämmstoffe aus Mineralwolle mit deutlich höheren Abfalltonnagen als für Dämmstoffe aus Polystyrol zu rechnen, da die spezifischen Dichten im Schnitt entsprechend höher sind. Im Folgenden wird auf diese szenarienabhängigen Prognosen genauer eingegangen.
- WEM-Szenario** Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Dämmstoffabfälle für die Jahre 2020, 2030, 2040 und 2050 im Szenario WEM unter Berücksichtigung der Subszenarien A und B. Mehr als zwei Drittel der Abfallmengen (in Tonnen) aus Mineralwolle sind auf Steinwolle zurückzuführen. Die Inverkehrsetzungsmengen (in m^3) für Glaswolle sind zwar etwas höher als für Steinwolle, bei Umrechnung dieser Mengen in Tonnen ergeben sich für Steinwolle jedoch deutlich höhere Mengen, da die Dichte von Steinwolle ($\varnothing 90 \text{ kg}/m^3$) im Schnitt um ein Vielfaches höher ist als die Dichte von Glaswolle ($\varnothing 30 \text{ kg}/m^3$).
- Subszenario A** Im Subszenario A steigen die Mengen von rund 6.900 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 14.500 Tonnen im 2030, auf rund 38.600 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 53.100 Tonnen im Jahr 2050 an. Aufgrund der Annahmen bezüglich der Entwicklungen im Gebäudebereich und im Dämmstoffbereich (Zunahme der Verkaufsmengen mit BIP) ist in dieser Szenarien-Konstellation zukünftig mit den höchsten Mengen an Dämmstoffabfällen aus Mineralwolle zu rechnen.
- Subszenario B** Gemäß Subszenario B nehmen die Abfallmengen von rund 6.900 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 13.500 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 36.200 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 49.300 Tonnen im Jahr 2050 zu. Die prognostizierten Abfallmengen sind niedriger als im Subszenario A, da diesmal davon ausgegangen wird, dass die in Verkehr gesetzten Dämmstoffe aus Mineralwolle jährlich abnehmen (entgegengesetzte Entwicklung zum BIP). In weiterer Folge führt das

auch zu einer Abnahme der zukünftigen Abfallmengen in Form von Verschnitt, weshalb die Dämmstoffabfallmengen hier weniger stark zunehmen als im anderen Subszenario.

Abbildung 8: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus Glas- und Steinwolle gemäß dem Hauptszenario WEM sowie den Subszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).



Transition-Szenario

Das Transition-Szenario beschreibt eine mögliche Transformation Österreichs in Richtung Klimaneutralität bis 2040. Im Gebäudesektor werden u. a. kompaktere sowie flächeneffizientere Baumaßnahmen und erhöhte Sanierungstätigkeiten angenommen. Zudem sind im Transition-Szenario geringere Abbruchtätigkeiten und ein weniger starker Anstieg des Gebäudebestands zu erwarten.

Abbildung 9 stellt die zukünftige Entwicklung der Dämmstoffabfallmengen aus Mineralwolle für das Transition-Szenario mit den Subszenarien A und B dar. Im Vergleich zum WEM-Szenario sind die Abfallmengen im Jahr 2030 noch leicht höher, da hier die Sanierungstätigkeiten des Transition-Szenarios noch stärker ins Gewicht fallen. Für die Jahre 2040 und 2050 ist im Transition-Szenario mit niedrigeren Abfallmengen zu rechnen, da gerade aufgrund der Annahme, dass weniger Gebäude abgebrochen werden, weniger Dämmstoffabfälle entstehen. Steinwolle macht, wie schon im WEM-Szenario, rund zwei Drittel der Abfallmengen aus.

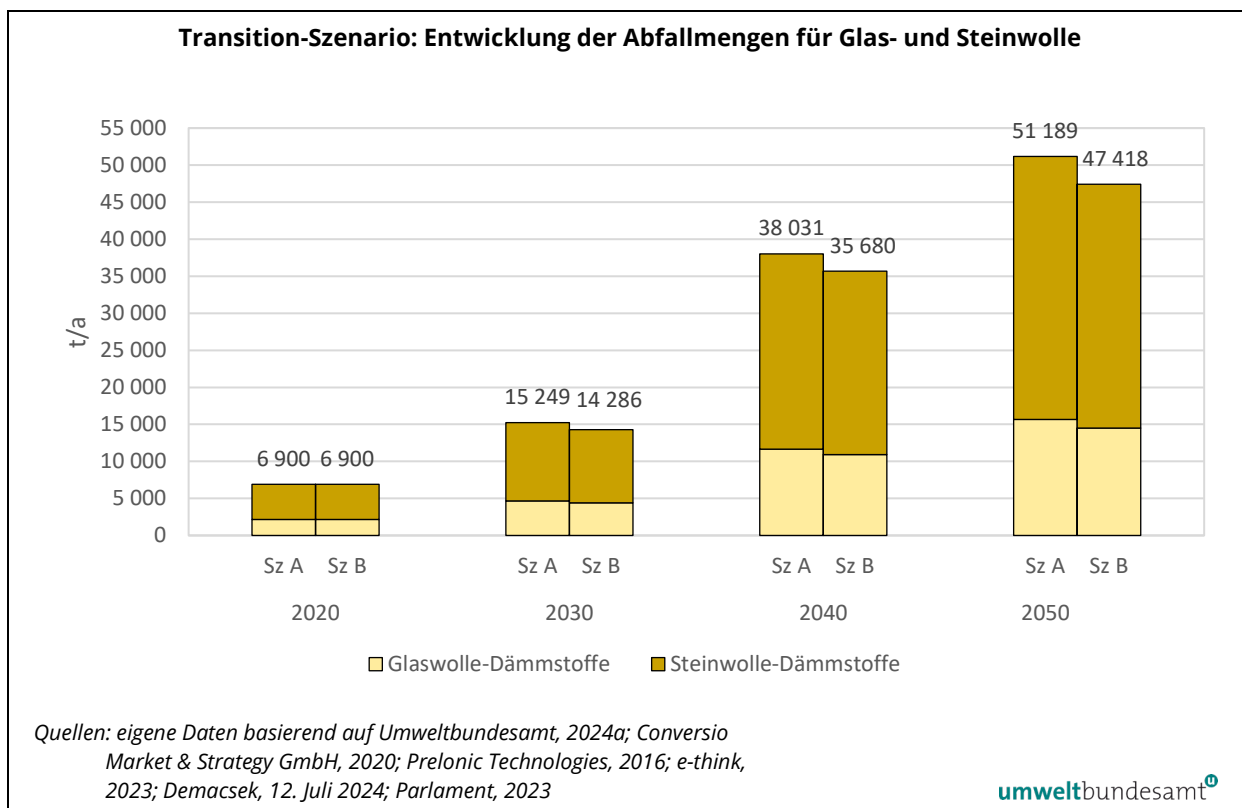
Subszenario A

Im Subszenario A steigen die Abfallmengen von rund 6.900 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 15.200 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 38.000 Tonnen im Jahr

2040 und auf rund 51.200 Tonnen im Jahr 2050 an. Aufgrund der höheren Inverkehrsetzungsmengen ist im SubszENARIO A mit einem stärkeren Anstieg der Dämmstoffabfallmengen zu rechnen als im SubszENARIO B.

SubszENARIO B Im SubszENARIO B nehmen die Abfallmengen von rund 6.900 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 14.300 Tonnen im Jahr 2030, auf rund 35.700 Tonnen im Jahr 2040 und auf rund 47.400 Tonnen im Jahr 2050 zu. Die Abfallmengen liegen dabei deutlich unter den Werten des Subszenarios A, da die Abnahme der Inverkehrsetzungsmengen auch den Anstieg der Dämmstoffabfallmengen hemmt. Von allen vier Szenarien ist in diesem Szenario – zumindest längerfristig (spätestens ab 2040) – mit den geringsten Abfallmengen in Form von Dämmstoffen aus Mineralwolle zu rechnen.

Abbildung 9: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus Glas- und Steinwolle gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszenarios A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).



3.1.3 Behandlungstechnologien

3.1.3.1 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Polystyrol

aktuelle Praxis in Österreich

Dämmstoffe aus Polystyrol werden in Österreich derzeit vor allem thermisch behandelt. Altes Dämmmaterial mit FCKW/HFCKW (hergestellt in der EU bis Ende 2008) muss gemäß Recyclingbaustoffverordnung getrennt gesammelt und als gefährlicher Abfall einer geeigneten Behandlung zugeführt werden (BGBl. II Nr. 181/2015). In Österreich stellt die Verbrennung nach wie vor die häufigste Behandlungsform für Dämmstoffe aus Polystyrol dar. Potenzial für Recycling ist

zwar vorhanden, jedoch wirtschaftlich unattraktiv. Grundsätzlich würde sich Polystyrol für die Verwertung in Form von gemahlenem Recycling-Material als Leichtzuschlag für Mörtel und Beton, die Verwendung als Zuschlagstoff für Styropor-Leichtbeton, Dämmputze und Leichtputze sowie in der Tonindustrie eignen (RMA, 2012; Umweltbundesamt, 2020). Aufgrund von Verschmutzungen, hohem Aufwand bei der Aufbereitung und – wenn Flammschutzmittel wie HBCCD enthalten sind – des Zerstörungsgebots für POPs bzw. des Recyclingverbots für POPs-Abfälle ist die stoffliche Verwertung von altem Dämmmaterial in Österreich noch nicht Praxis (BMK, 2021; BMK, 2022a). Für den Wiedereinsatz als Rezyklat oder als Dämmschüttung eignen sich derzeit in erster Linie Verschnitte von neuem Dämmmaterial, vorausgesetzt diese sind sauber und sortenrein gesammelt (BMK, 2022a).

Sortenreine Dämmstoffverschnitte aus Polystyrol, die während des Verbaus der Dämmstoffplatten anfallen, können nach Absprache mit den Herstellern oft wieder zurückgegeben werden. Für gewöhnlich werden die zurückgenommenen Dämmstoffverschnitte wieder dem Herstellungsprozess zugeführt. Diese Rücknahme ist meist jedoch an bestimmte Bedingungen geknüpft, wie z. B. ausschließliche Rücknahme von firmeninternen Dämmstoffverschnitten, wenn diese nicht vor 2019 produziert wurden (Austrotherm GmbH, 2024).

Ausgewählte Verwertungsverfahren

REeps Die in Glanegg (Kärnten) ansässige Firma HIRSCH Porozell GmbH stellt Dämmstoffe, Verpackungen und Bauteile aus EPS, EPP sowie Faserguss her. In ihrem Produktsortiment finden sich auch Dämmstoffprodukte, die aus recycelten EPS bestehen. Zudem besitzt das Unternehmen eine firmeninterne Recyclinganlage, in der EPS-Altstoffe zu sekundären Rohstoffen (REeps) weiterverarbeitet und u. a. wieder zur Herstellung von Dämmstoffen eingesetzt werden können. Auch nimmt das Unternehmen sortenrein gesammelte EPS-Verschnitte zurück, um diese in der Produktion neuer Dämmstoffprodukte einzusetzen (Hirsch Porozell GmbH, 2024).

PSLoop und CreaSolv Im Juni 2021 wurde in den Niederlanden die erste Anlage in Betrieb genommen, in der alte Polystyrol-Dämmstoffplatten mit dem PSLoop (PolyStyreneLoop)-Verfahren im industriellen Maßstab rezykliert werden können. HCBBDD wird mittels selektiver Extraktion herausgelöst und anschließend zerstört. Polystyrol und Brom werden zurückgewonnen. In erster Linie konzentriert sich das Unternehmen auf die Rückgewinnung von expandiertem Polystyrol (EPS), zu einem späteren Zeitpunkt soll auch die Rückgewinnung von extrudiertem Polystyrol (XPS) möglich sein. Das PSLoop-Verfahren basiert auf dem vom deutschen Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung entwickelten und patentierten CreaSolv-Verfahren (Fraunhofer IBP, 2015; Industrieverband Hartschaum e.V., 2021; Szombathy, 2021).

Dieser CreaSolv-Prozess wurde im Jahr 2017 als „beste verfügbare Technik“ (Best Available Technique, BAT) zum Abtrennen persistenter organischer Schadstoffe (POP) in die Technischen Richtlinien der Basler Konvention aufgenommen

(CreaCycle GmbH, 2021; Grunow und Kambeck, 2018). Am 29. März 2024 vermeldete PSLoop den ersten erfolgreichen Versuch, unter Einhaltung der rechtlichen Vorgaben (POP-VO), EPS im Anlagenmaßstab von HBCDD abzutrennen und aus dem Rezyklat wieder neue Dämmstoffe herzustellen (Geevers, 2024).

EPSolutely Unter Miteinbeziehung von 13 Partnern wurde im Rahmen des Forschungsprojektes EPSolutely kürzlich ein Pilotversuch zur unternehmensübergreifenden österreichweiten Sammlung von EPS-Dämmstoffplatten gestartet. Das Rückholssystem wurde in den vergangenen zweieinhalb Jahren unter der Leitung von Fraunhofer Austria entwickelt. Bisher wurden 5.000 Sammelsäcke mit QR-Codes versehen und verteilt. Diese Säcke kommen überall dort zum Einsatz, wo Dämmplatten beim Hausbau zugeschnitten werden. In den Säcken werden ausschließlich Verschnittabfälle gesammelt. Über den QR-Code werden die Dämmstoffverarbeiter:innen zu einer Online-App weitergeleitet, in der die Säcke zur Abholung angemeldet werden. Die Postleitzahl der Baustelle bestimmt schließlich, welcher Projektpartner für die Abholung und den Wiedereinsatz des Verschnittabfalls in neuen Dämmstoffprodukten zuständig ist (Fraunhofer Austria Research GmbH, 2024). Sollte dieser Pilotversuch erfolgreich sein, könnten Rückholssysteme in Österreich künftig auf weitere Dämmstoffarten wie XPS, PUR und MW ausgedehnt werden. Möglicherweise könnten auch Dämmstoffe aus dem Rückbau, der Sanierung oder dem Abbruch inkludiert werden.

XPS Circular Im September 2023 startete in Deutschland die Initiative XPS Circular der Fachvereinigung Extruderschaum e.V., die eine Sammlung und ein Recycling von XPS-Baustellenverschnitten zum Ziel hat. Die XPS-Abfälle werden vor Ort von Dienstleistern des FPX e.V. abgeholt und anschließend einem Recyclingprozess zugeführt. Das erzeugte Granulat wird von den XPS-Herstellern erneut in ihren Produktionsprozessen zur Herstellung von Dämmstoffen eingesetzt. Bei den in den Kreislauf rückgeführten XPS-Dämmstoffen handelt es sich in erster Linie um saubere sowie trockene Verschnitte und nicht um verunreinigte Dämmplatten aus dem Abbruch (Fachvereinigung Extruderschaum e.V., 2023).

3.1.3.2 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Mineralwolle

aktuelle Praxis in Österreich

Derzeit werden Dämmstoffe aus künstlichen Mineralfasern (v. a. aus Glas- und Steinwolle) großteils noch auf Deponien abgelagert. Die Ablagerung soll gemäß Deponieverordnung 2008 grundsätzlich nur noch bis 31. Dezember 2026 möglich sein. Zu unterscheiden sind künstliche Mineralfasern ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften (SN 31416, SN 31430) und künstliche Mineralfasern mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften (SN 31437).

Folgende Vorgaben zur Ablagerung von künstlichen Mineralfasern gibt es in der Deponieverordnung (BGBl. II Nr. 39/2008):

- Abfälle aus künstlichen Mineralfasern, die vor 1998 hergestellt wurden, werden aufgrund ihrer Fasergröße und der Verweilzeit in der menschlichen Lunge als potenziell karzinogen und damit als gefährlich eingestuft. Sie müssen in reißfesten und staubdichten Kunststoffsäcken verpackt oder

alternativ zerkleinert und konditioniert werden, entsprechend gekennzeichnet sein und bei der Ablagerung in Asbest-Kompartimentabschnitten (in Baurestmassen-, Massenabfall- oder Reststoffdeponien) muss darauf geachtet werden, dass keine Fasern freigesetzt werden.

- Die Ablagerung von nicht gefährlichen Mineralfaserabfällen (ab 1998 hergestellt) darf mit entsprechender Abfallinformation auf Baurestmassen- oder Massenabfalldeponien erfolgen. Die beigelegten Dokumente müssen jedenfalls eine eindeutige Zuordnung zu den nicht gefährlichen Abfällen ermöglichen.
- Bei Abfällen aus künstlichen Mineralfasern unbekannter Herkunft und mit unbekanntem Herstellungsdatum kann ohne weitere Untersuchungen keine konkrete Zuordnung erfolgen. Ist auch nach mehreren Testergebnissen keine Zuordnung möglich, ist eine Einstufung als gefährlicher Abfall vorzunehmen. In weiterer Folge sind die gefährlichen künstlichen Mineralfaserabfälle in Asbest-Kompartimentabschnitten einer Baurestmassen-, Reststoff- oder Massenabfalldeponie abzulagern.

Gemäß der Recycling-Baustoffverordnung sind künstliche Mineralfasern als Verunreinigungen zu sehen und im Zuge des Gebäuderückbaus von recyclingfähigen Materialien zu entfernen (BGBl. II Nr. 181/2015). Im Jahr 2022 wurden künstliche Mineralfaserabfälle ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften zu rund 74 % deponiert und in kleinerem Ausmaß verbrannt (rund 21 %) oder exportiert (rund 5 %). Künstliche Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Eigenschaften wurden im Jahr 2022 hingegen zur Gänze deponiert (BMK, 2024a).

Bestimmte Hersteller bieten eine Rücknahme ihrer sortenreinen Mineralwolleabfälle, v. a. Dämmstoffverschnitte, an. In Österreich ist es gängige Praxis, dass sortenreine Stein- und Glaswollreste einem betriebsinternen Recyclingprozess zur Herstellung neuer Dämmstoffplatten zugeführt werden (RMA, 2012; Umweltbundesamt, 2020).

Neben der Behandlung im Inland erfolgt auch eine sortenreine Sammlung von Glas- und Steinwolle für die grenzüberschreitende Verbringung und anschließende stoffliche Verwertung im Ausland. Diesbezüglich bedarf es einer Zustimmung durch das BMK, da auch Abfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften vorliegen können.

Ausgewählte Verwertungsverfahren

Rockcycle Austria

Mit Rockcycle Austria bietet ROCKWOOL seit Mitte 2020 einen kostenpflichtigen Rücknahmeservice für bereits verbaute Steinwolle-Dämmstoffe (ab dem Herstellungsjahr 1996) aus der Sanierung (z. B. Flachdachsanierung) an, sofern die Dämmstoffe von ROCKWOOL stammen. Dieser Rücknahmeservice inkludiert ebenfalls, jedoch nicht ausschließlich, sortenrein gesammelte Baustellenverschnitte. Die zurückgenommenen Steinwolleabfälle werden anschließend in eines der ROCKWOOL-Recyclingwerke in Deutschland geliefert und dort zur Herstellung neuer Dämmstoffprodukte eingesetzt (ROCKWOOL Handelsgesellschaft m.b.H., 2024).

RecyMin In einem Forschungsprojekt zur Kreislaufführung von Mineralwolleabfällen (RecyMin) wurden durch die Montanuniversität Leoben in Zusammenarbeit mit der PORR Umwelttechnik GmbH und der Lafarge Zementwerke GmbH Untersuchungen zu Deponierungs-, Verwertungs- sowie Recyclingoptionen durchgeführt. Hinsichtlich der Deponierung konnten anhand von Versuchen Aufbereitungsprozesse erarbeitet werden, um eine bestmögliche Deponierbarkeit (v. a. in Hinsicht auf die Stabilität der Deponiekörper) zu ermöglichen. Darüber hinaus besitzt Mineralwolle das Potenzial, durch eine Zusammenführung mit weiteren anorganischen Bindemitteln im Bergversatz zur Stabilisierung von Hohlräumen eingesetzt zu werden. Auch lässt sich Mineralwolle in der Zementindustrie als Ersatzrohstoff bei der Klinkerherstellung verwenden und könnte dadurch Primärrohstoffe wie Kalkstein oder Ton substituieren. Durch die thermischen Prozesse findet eine Umschmelzung (bei rund 1.450 °C) der Fasern zu einem faserlosen Klinkermaterial ohne gefahrenrelevante Eigenschaften statt, weshalb sich auch gefährliche Mineralwolle für diesen Verwertungsweg eignen würde. Eine weitere Option ist die Verwendung von Mineralwolleabfällen als Zumahlstoff bei der Vermahlung des Klinkers zu Zement. Dadurch könnten wiederum primäre Mischstoffe, wie Hüttensand, eingespart werden. Als Zumahlstoff dürfen Mineralwolleabfälle jedoch keine gefahrenrelevanten Eigenschaften aufweisen, da hier kein Hochtemperaturprozess stattfindet. Zur potenziellen Rückführung in die Mineralwolleindustrie wurden im Rahmen von Versuchen Mineralwolleabfälle so konditioniert, dass daraus wieder neue Mineralwolle versponnen werden konnte. Dieses Ergebnis liefert den Beleg dafür, dass eine Kreislaufführung für Mineralwolleabfälle zumindest technisch möglich ist (Sattler, 2024).

Einsatz von Steinwolle in der Zementindustrie In einer weiteren wissenschaftlichen Arbeit der Montanuniversität Leoben wurde die Behandlung von Steinwolle zur potenziellen Verwertung als Sekundärzumahlstoff in der Zementindustrie untersucht. Hierzu wurde Steinwolle brickettiert, mit Ergänzungsstoffen vermischt, thermisch behandelt und einer Nassgranulation zugeführt. Ergebnisse zeigen, dass die bautechnologischen Voraussetzungen zum Einsatz von Steinwolle in der Zementindustrie erfüllt sind. Granulierte Steinwolle lässt sich somit potenziell als Sekundärzumahlstoff in der Zementindustrie verwerten (Mimra, 2021).

3.1.3.3 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus nachwachsenden Rohstoffen

aktuelle Praxis in Österreich Aktuell findet in Österreich die stoffliche Verwertung von Dämmstoffabfällen aus nachwachsenden Rohstoffen ausschließlich in Form von Verschnitt (Rückführung in die Produktion) statt. Da NAWARO-Dämmstoffe im Vergleich zu mineralischen und synthetischen Dämmstoffen erst seit wenigen Jahren auf dem Markt sind, fallen sie derzeit aufgrund ihrer relativ langen Nutzungsdauer (≥ 50 Jahre) nur vereinzelt als Abfälle an. Erst wenn ein ausreichend hoher Rücklauf von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen vorhanden ist, kann eine entsprechend Recyclinginfrastruktur aufgebaut werden. Ansonsten wäre der technologische sowie wirtschaftliche Aufwand für eine Rückführung in den Stoffkreislauf zu hoch. Zudem hemmen chemische Zusatzstoffe (v. a. Flamm-

schutzmittel, Bindemittel, Biozide) und zu feine Fasern derzeit noch die Rezyklierbarkeit dieser Dämmstoffe. Daher würden sich einige Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen aktuell noch eher für die Verbrennung eignen (BMK, 2022a).

3.1.3.4 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Polyurethan

aktuelle Praxis in Österreich

Alte PUR-Dämmstoffprodukte, welche noch das ozonschädigende FCKW oder HFCKW als Treibmittel enthalten, müssen nach dem Rückbau verbrannt werden. Unbedenkliche Dämmstoffe, wie z. B. jene mit Pentan oder CO₂ als Treibmittel, sind nach zerstörungsfreiem Rückbau wiederverwendbar. Sortenreine PUR-Dämmstoffe (i.d.R. Verschnitte) ohne bedenkliche Zusatzstoffe wie FCKW und HFCKW, werden meist dem Recycling zugeführt. Hierzu werden die Dämmstoffe granuliert und mittels Polyurethan-Kleber zu neuen Dämmstoffplatten oder -formteilen zusammengefügt (BMK, 2022a).

3.1.3.5 Entsorgungswege für Dämmstoffabfälle aus Carbonverbunden

aktuelle Praxis in Österreich

Carbonfaserverstärkte Kunststoffabfälle (u. a. auch Dämmstoffe) werden derzeit in Österreich noch in Abfallverbrennungsanlagen – bei kurzer Aufenthaltsdauer in heißen Zonen – zu kleineren Faserfragmenten zersetzt. Zudem werden sie in Zementfabriken als Ersatzbrennstoffe zur Energiegewinnung eingesetzt. Die unvollständig verbrannten Faserfragmente verursachen jedoch immer wieder verfahrenstechnische Probleme, weil sie beispielsweise die Filteranlagen verstopfen. Außerdem können durch die hohe Leitfähigkeit der Carbonfasern Kurzschlüsse, Stromausfälle oder Brände in elektrostatischen Abscheidern verursacht werden. Die rohstoffliche Verwertung von carbonfaserhaltigen Materialien wäre grundsätzlich möglich, jedoch ist derzeit die Aufbereitung gerade auf technischer Seite noch zu aufwendig (BMK, 2024a). Die Deponierung von ausgehärteten carbon- oder glasfaserverstärkten Kunststoffen ist durch die Novellierung der Deponieverordnung 2008 im September 2024 noch bis längstens 31. Dezember 2028 zulässig (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 243/2024). Zur möglichen Rückgewinnung von Fasern (v. a. Carbonfasern) werden aktuell thermochemische Verfahren, wie die Pyrolyse, optimiert. Mithilfe einer auf die Pyrolyse folgenden Oxidation können Rückstände wie Ruß und Carbonisat (machen das Material steif und brüchig) entfernt werden. Zurück bleiben jedoch Fasern mit geringer Länge, aus denen keine Produkte mit hoher Qualität oder Festigkeit hergestellt werden können. Zudem müssten diese Carbonfasern nach spätestens mehreren Nutzungs-Recycling-Zyklen einer Entsorgung (i.d.R. Verbrennung) zugeführt werden (BMK, 2024a).

3.1.4 Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung

Die folgenden Unterkapitel bieten einen Überblick über potenzielle Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung von Dämmstoffen.

3.1.4.1 Dämmstoffe aus Polystyrol, Polyurethan und Carbonfaserverbunden

Treiber Die Treiber für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus Polystyrol, Polyurethan und Carbonfaserverbunden wurden wie folgt identifiziert:

- Versuche in Pilotanlagen: Erfolgreiche Versuche, wie jene der PSLoop in Terneuzen, sind ein wichtiger Meilenstein, um zeigen zu können, dass die Kreislaufführung von synthetischen Dämmstoffplatten nicht nur im Labor, sondern auch im Anlagenmaßstab umsetzbar ist. In jüngster Vergangenheit konnten beachtliche Erfolge, wie die Abtrennung von HBCDD aus alten EPS-Dämmstoffen und der Wiedereinsatz von EPS-Rezyklat zur Herstellung von neuen Dämmstoffen, erzielt werden.
- Erweiterung der Dämmstoffpalette bei der Rücknahme: Die Rücknahme von Dämmstoffmaterialien durch die Hersteller mit anschließender Aufbereitung und dem Wiedereinsatz in der Dämmstoffproduktion sind ein wichtiger Schritt, um die Kreislaufführung von Dämmstoffen auf industrieller Ebene voranzubringen. Da derzeit vor allem sortenreine und saubere Dämmstoffverschnitte aus der eigenen Produktion zurückgenommen werden, braucht es eine Ausweitung dieses Rücknahmekonzepts auf gebrauchte Dämmstoffe aus dem Rückbau (v. a. aus der Sanierung und dem Abbruch).
- Ausweitung der Rücknahme- und Sammellogistik: Derzeit erfolgt die Rücknahme von Dämmstoffabfällen in der Regel lediglich auf Herstellerebene. Um die verkauften Dämmstoffprodukte nach Ablauf der Nutzungsdauer möglichst vollständig wieder in den Stoffkreislauf zurückführen zu können, braucht es jedoch ein flächendeckendes Rücknahmesystem. In Österreich wurde im Rahmen des Projektes EPSolutely erst kürzlich ein Pilotversuch gestartet, um EPS österreichweit sowie unternehmensübergreifend zurückzuholen und wieder zur Herstellung neuer Dämmstoffprodukte einzusetzen. Zusätzlich ist in Deutschland letztes Jahr eine Initiative zu einer herstellerübergreifenden Rückführung von XPS-Baustellenverschnitten in den Stoffkreislauf gestartet.
- Erweiterte Herstellerverantwortung: Eine erweiterte Herstellerverantwortung, wie sie z. B. für Verpackungen existiert, verpflichtet die Hersteller, die Sammlung, den Transport und die Behandlung ihrer Produkte zu gewährleisten. Die Kosten für die Behandlung werden mit dem Kaufpreis abgedeckt. In Frankreich existiert eine erweiterte Herstellerverantwortung für Baustoffe (inkl. Dämmstoffe) seit 01.01.2022. Die Möglichkeit zur kostenfreien Anlieferung des sortenreinen Abfalls könnte Bauherren dazu motivieren, einen getrennten Rückbau von Dämmstoffen anzustreben (IFEU, 2022).
- Finanzielle Anreize: Wenn Beseitigungsverfahren, wie z. B. die Deponierung (z. B. finanziell, rechtlich) erschwert bzw. eingeschränkt werden, kann sich der Mehraufwand lohnen, um die Dämmstoffe in die dann begünstigte stoffliche Verwertung zu lenken. Finanzielle Förderungen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen in neuen Dämmstoffprodukten können das Recycling zusätzlich attraktiver gestalten (IFEU, 2022).

Barrieren Die Barrieren für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus Polystyrol, Polyurethan und Carbonfaserverbunden wurden wie folgt identifiziert:

- **Schadstoffgehalte:** Schadstoffe wie FCKW/HFCKW in PUR bzw. XPS (Inverkehrsetzung bis längstens Ende 2008) oder das persistente ökotoxische HBCDD in XPS und EPS (Inverkehrsetzung bis längstens 2018) hemmen das Recycling von Dämmstoffabfällen (BMK, 2021).
- **Materialeigenschaften:** Dämmstoffabfälle, die sich aufgrund ihrer Materialeigenschaften nur schwer aufbereiten bzw. verwerten lassen, stellen die Abfallwirtschaft vor einige Herausforderungen. Für Dämmstoffverbunde, die beispielsweise Carbonfasern enthalten, braucht es aufwendige thermochemische Verfahren (v. a. Pyrolyse), wodurch es jedoch meist zu Schäden an den Fasern kommt. Dies hemmt wiederum die Rezyklierbarkeit derartiger Dämmstoffprodukte.
- **Nutzungsdauer:** Die lange Nutzungsdauer von mehr als 50 Jahren bedeutet, dass in den nächsten Jahrzehnten weiterhin auch Dämmstoffabfälle früherer Generationen mit gefahrenrelevanten Eigenschaften anfallen werden. Für einige dieser Ströme wird die Verbrennung (Recyclingverbot bzw. Zerstörungsgebot) die einzige Behandlungsoption bleiben.
- **Finanzieller Mehraufwand:** Kosten für aufwendige Aufbereitungs- und Reinigungsprozesse verschmutzter Dämmstoffabfälle zur Herstellung von qualitativ hochwertigem Recyclingmaterial können den Recyclingprozess unwirtschaftlich machen. Die Konkurrenz von günstigeren Neuwaren aus primären Ressourcen hemmt die stoffliche Verwertung (IFEU, 2022).
- **Transport:** Die geringe Dichte der synthetischen Dämmstoffe bei vergleichsweise hohem Volumen kann den Transport, in der Regel mittels LKW, zu einer Herausforderung machen. Bei entsprechend schlechter Auslastung des Transportmittels muss häufiger gefahren werden, womit nicht nur ein erhöhter Zeit-, sondern auch Kostenaufwand einhergehen würde. Als Optimierungsmöglichkeit könnten Dämmstoffe nach dem Rückbau vor Ort komprimiert werden, was Transportzeit, -frequenz und -kosten reduzieren könnte (IFEU, 2022). Allerdings würde damit ein Mehraufwand im Aufbereitungsprozess einhergehen (siehe vorigen Punkt).

3.1.4.2 Dämmstoffe aus Mineralwolle

Treiber Die Treiber für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus Mineralwolle wurden wie folgt identifiziert:

- **Rechtlicher Rahmen:** Der größte Treiber für das Recycling von Dämmstoffen aus Mineralwolle ist das grundsätzliche Deponieverbot für Mineralwolle und andere Abfälle mit künstlichen Mineralfasern, welches ab 01.01.2027 in Kraft tritt (BGBl. II Nr. 39/2008). Die Deponierung von Abfällen mit künstlichen Mineralfasern stellt dadurch künftig keine Option mehr dar und es muss ein geeigneter Verwertungsweg für die Behandlung dieser Abfallströme gefunden werden.
- **Finanzielle Anreize:** Wenn Beseitigungsverfahren, wie z. B. die Deponierung (finanziell, rechtlich), nur mehr eingeschränkt möglich sind, könnte

dadurch die stoffliche Verwertung befeuert werden. Auch könnten finanzielle Anreize (z. B. Förderungsmaßnahmen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen in neuen Dämmstoffprodukten) die stoffliche Verwertung unterstützen (IFEU, 2022).

- Einsatz als Ersatzrohstoff: Im Zuge der Dekarbonisierung der Stahlindustrie kann es zu einer Verringerung der Produktion von Hüttensand (Hochofenschlacke aus der Stahlerzeugung) kommen. Da dieser ein wichtiger Bestandteil für die Herstellung von Zement ist, wird es zukünftig einen Ersatzrohstoff brauchen. Mineralwolle ähnelt Hüttensand von der chemischen Zusammensetzung her und könnte diesen in Zukunft nach entsprechender Aufbereitung ersetzen (Mimra, 2021).
- Ausweitung sowie Erweiterung der Rücknahmesysteme: Hersteller wie ROCKWOOL nehmen ihre Dämmstoffe bereits wieder zurück und führen sie einem Recyclingprozess zu (ROCKWOOL Handelsgesellschaft m.b.H., 2024). Der Ausbau auf ein nationales Rücknahmesystem sowie die Erweiterung um die Dämmstoffprodukte, die über den Verschnitt hinausgehen, bergen jedenfalls großes Potenzial, um mineralische Dämmstoffe möglichst vollständig in den Kreislauf zurückführen zu können.
- Forschungsaktivitäten zum Recycling von Dämmstoffen aus Mineralwolle: Forschungsarbeiten und Versuche zur Rückführung von Dämmstoffen, wie sie derzeit an der Montanuniversität Leoben durchgeführt werden, führen sowohl in der Theorie als auch in der Praxis zu neuen Erkenntnissen (Mimra, 2021; Sattler, 2024). Zudem sind sie ein wichtiger Schritt, um das Recycling von Dämmstoffen aus künstlichen Mineralfasern in möglichst naher Zukunft auch im industriellen Maßstab zu ermöglichen.

Barrieren Die Barrieren für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus Mineralwolle wurden wie folgt identifiziert:

- Rechtlicher Rahmen: Derzeit werden Mineralwolleabfälle in Österreich vor allem der Deponierung zugeführt. Ermöglicht wird das derzeit noch durch die Deponieverordnung, zumindest bis 31.12.2026. Die Recycling-Baustoffverordnung stuft künstliche Mineralfasern als Verunreinigungen ein, welche beim Rückbau von den Recycling-Baustoffen zu entfernen sind (BGBl. II Nr. 181/2015).
- Technischer und ökonomischer Aufwand: In Österreich stellt die Deponierung von künstlichen Mineralfasern in vielen Fällen den Entsorgungsweg mit dem geringsten Aufwand hinsichtlich Aufbereitung, Transport und Kosten dar (BBSR, 2023). Damit künstliche Mineralfasern einer geeigneten Verwertungsschiene zugeführt werden und somit auch primäre Rohstoffe ersetzen können, müssen entsprechende Qualitätskriterien erfüllt werden. Beispielsweise muss in der Zementherstellung die chemische Zusammensetzung eines Zuschlagstoffes möglichst jener des zu ersetzenden Rohstoffes (z. B. Hüttensand) entsprechen, um eingesetzt werden zu können. Um dieses Kriterium zu erfüllen, muss die Mineralwolle entsprechend aufbereitet und konditioniert werden. Das ist wiederum mit einem erhöhten technischen sowie ökonomischen Aufwand verbunden (Mimra, 2021). Die Umsetzung in einem industriellen Maßstab könnte dadurch erschwert werden.

- **Nutzungsdauer:** Aufgrund der langen Nutzungsdauer von mehr als 50 Jahren werden bei Sanierungs- und Abbruchtätigkeiten auch in Zukunft noch künstliche Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Eigenschaften anfallen. Das betrifft vor allem künstliche Mineralfasern, die vor 1998 in Verkehr gesetzt wurden. Die Rückführung von gefährlichen Mineralfasern in den Kreislauf mit den dazu notwendigen Aufbereitungsschritten kann das zuständige Personal nicht nur vor arbeitstechnische Herausforderungen stellen, sondern auch Risiken für die Gesundheit mit sich bringen (Sattler, 2024).
- **Dämmstoffe aus Mineralwolle unbekannter Herkunft:** Künstliche Mineralfaserabfälle unbekannter Herkunft und mit unbekanntem Produktionsdatum können in Österreich ohne weitere Untersuchungen als gefährliche Abfälle eingestuft werden. Damit geht jedoch auch Verwertungs- und Recyclingpotenzial verloren, da gefährliche Abfälle aus künstlichen Mineralfasern deponiert werden müssen (BGBl. II Nr. 39/2008). Vorgaben und Methoden zur eindeutigen Bestimmung der gefahrenrelevanten Eigenschaften könnten dabei behilflich sein, in Österreich zukünftig vermehrt Abfallströme aus künstlichen Mineralfasern der Kreislaufwirtschaft zurückzuführen.

3.1.4.3 Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Treiber Die Treiber für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wurden wie folgt identifiziert:

- **Ausgangrohstoffe:** Da Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen in der Regel naturnahe und homogene Bestandteile besitzen, ist Potenzial zur Rückführung in die Kreislaufwirtschaft durch Wiederverwendung oder Recycling gegeben. Voraussetzung ist jedoch, dass diese Dämmstoffe arm an chemischen Zusatzstoffen (z. B. Flammschutzmittel, Bindemittel, Biozide) sind und die Faserbeschaffenheit (wie z. B. bei Holzfasern) eine stoffliche Verwertung zulässt.
- **Finanzielle Anreize und Aufbau einer Verwertungsinfrastruktur:** Ähnlich wie bei den mineralischen sowie synthetischen Dämmstoffen könnte eine Förderung von Sekundärrohstoffen den Herstellern dabei helfen, den meist kostspieligeren und technisch aufwendigeren Weg der stofflichen Verwertung zu gehen (IFEU, 2022).

Barrieren Die Barrieren für die Kreislaufführung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wurden wie folgt identifiziert:

- **Mangelnde Marktdurchdringung und fehlender Rücklauf:** Da Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen erst seit wenigen Jahren auf dem Markt sind, fallen sie angesichts der relativ langen Nutzungsdauer (≥ 50 Jahre) derzeit nur vereinzelt als Abfälle an. Demzufolge haben sich für rückgebaute Dämmstoffe noch keine stofflichen Verwertungswege im industriellen Maßstab etabliert. Derzeit werden ausschließlich Verschnittabfälle aus dem Einbau in Verkehr gesetzter Dämmstoffe einer stofflichen Verwertung zugeführt.

- Qualitäten und chemische Zusatzstoffe: Das Vorhandensein von chemischen Zusatzstoffen (z. B. Flammschutzmittel, Bindemittel, Biozide) und ungeeigneten Materialbeschaffenheiten (z. B. zu feine Fasern) von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (u. a. aus Holzfasern, Zellulose, Kork, Schafwolle) erfordert derzeit in Österreich die Verbrennung resultierender Abfälle und hemmt das Recycling (BMK, 2022a).

3.2 Gipskartonplatten

3.2.1 Kontext, Ziel und Umfang

Kontext Gips ist ein Industriemineral, das überwiegend in der Bauwirtschaft zum Einsatz kommt. Im Jahr 2023 wurden in Europa rund 22,4 Mio. Tonnen Gips verarbeitet. Davon stammten rund 69 % aus Gipslagerstätten, 27 % aus Rückständen von Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) und 4 % aus dem Recycling von Bauabfällen (Suffys, 11. März 2025). Durch die Transformation der Energieversorgung von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen werden in Europa zunehmend Kohlekraftwerke stillgelegt. Dadurch reduziert sich die Gewinnung von Gips aus REA und somit dessen Verfügbarkeit.

In Österreich wird in erster Linie Gips aus Lagerstätten für die Herstellung von Gipsprodukten verwendet. Bestimmte Gipsprodukte dürfen laut § 7 Z. 15 Deponieverordnung ab 1.1.2026 nicht mehr deponiert werden (BGBl. II Nr. 144/2021). Konkret betroffen sind rezyklierbare Gipskartonplatten³, Gips-Wandbauplatten⁴ und faserverstärkte Gipsplatten⁵ (Gipsplatten mit Vliesarmierung, Gipsfaserplatten). Die Trennpflicht von Gipskartonplatten und die Qualitäten von Gipsabfällen für das Recycling sind zum Zeitpunkt November 2024 in einem Entwurf der Recyclinggips-Verordnung festgelegt (BGBl. II Nr. 415/2024).

Ziel und Umfang Ziel des vorliegenden Kapitels ist die Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich für die Jahre 2030, 2040 und 2050 (Kapitel 3.2.2), die Darstellung der Behandlungstechnologien für Gipskartonplatten (Kapitel 3.2.3) und die Barrieren und Treiber für das Recycling von Gipskartonplatten aufzuzeigen (Kapitel 3.1.4).

Der Überblick zum Stand der Technik und zu den innovativen Verfahren ist auf die DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz) beschränkt. Die Datenerhebung erfolgte mittels eines Erhebungsformulars (siehe Anhang 7.5), das an ausgewählte Gipswerke, Betreiber von Recyclinganlagen und Anlagenbauer verschickt wurde. Eine Rückmeldung erfolgte von den Firmen Knauf (Österreich),

³ Ein Gipskern ist beidseitig mit einer Kartonummantelung versehen (BRV, 2022).

⁴ Bestehen ausschließlich aus Stuckgips, welche 60–100 mm stark und mit Nut und Feder versehen sind (BRV, 2022).

⁵ Besitzen keine Kartonummantelung, weil sie im inneren Fasern enthalten, welche die Platte aussteifen (BRV, 2022).

Knauf (Deutschland), Rigips (Schweiz), Mueg (Deutschland), CASEA (Deutschland), Newest Recycling (Deutschland), ReTec Recyclingtechnik (Deutschland, Anlagenbauer). Mit Vertreter:innen von Saint-Gobain (Österreich), Newest Recycling (Deutschland) und Eberhard Recycling (Schweiz) wurden Experteninterviews geführt. Die Informationen wurden durch Internetrecherche ergänzt. Für Informationen zur Praxis in anderen Ländern wird auf die Literatur verwiesen (Umweltbundesamt, 2017).

3.2.2 Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens

3.2.2.1 Modell

Modellierungsansätze

Bei der Modellierung des Abfallaufkommens wird grundsätzlich zwischen einem „Delay-Ansatz“ und einem „Leaching-Ansatz“ unterschieden (Džubur und Laner, 2018). Beim „Delay-Ansatz“ wird das Abfallaufkommen aufgrund der verkauften Produktmengen und einer angenommenen Verweildauer der Produkte im Gebäudebestand ermittelt. Beim „Leaching-Ansatz“ wird das Abfallaufkommen durch einen Koeffizienten in Bezug auf das Materiallager im betreffenden Jahr ermittelt.

Szenarien

In der vorliegenden Arbeit erfolgt die Abschätzung der zukünftigen Abfallmengen von Gipskartonplatten durch die Kombination von Szenarien. Es gibt zwei Szenarien sowie jeweils vier Subszzenarien:

- Szenarien: Im WEM-Szenario (With Existing Measures) wird der „Delay -Ansatz“ verwendet, um das Abfallaufkommen in den Jahren 1970 bis 2050 zu ermitteln. Im Transition-Szenario wird der „Delay-Ansatz“ verwendet, um das Abfallaufkommen in den Jahren 1970 bis 2020 und somit den Bestand an Gipskartonplatten im Gebäudepark im Jahr 2020 (Jahresbeginn) zu ermitteln. Für das Jahr 2020 und die Folgejahre bis 2050 wird der „Leaching-Ansatz“ verwendet, wodurch die Berücksichtigung von jährlichen Sanierungs- und Abbruchraten möglich ist. Im Gegensatz zum WEM-Szenario werden im Transition-Szenario höhere Sanierungsraten angenommen.
- Subszzenarien: In den Subszzenarien werden die beiden Kenngrößen „verkaufte Menge an Gipskartonplatten“ und die „Verweildauer der Gipskartonplatten im Gebäudepark“ variiert. Jede der beiden Kenngrößen wird zweimal variiert, wodurch sich für jedes SubszENARIO im jeweiligen Betrachtungsjahr vier mögliche Abfallmengen ergeben.

Die Angabe der Abfallmenge für die Jahre 2020 bis 2050 erfolgt in Zehnjahresschritten, wobei für das betreffende Jahr der minimale und maximale Wert aus den vier Subszzenarien verwendet wird. Dadurch ergibt sich eine Bandbreite an möglichem Abfallaufkommen.

Das Prozessbild des Gipsmodells findet sich im Anhang (Kapitel 7.2).

Inputdaten Die für die Modellierung verwendeten Inputdaten sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Inputdaten für die Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich.

N°	Datensatz bzw. Parameter	Beschreibung	Referenz
D1	Verkaufte Mengen an Gipskartonplatten 1991–2016, Österreich	Die über die Jahre 1991–2016 akkumulierte Menge an verkauften Gipskartonplatten beträgt 550.822.049 m ² . Die Mengenangabe stammt von der österreichischen Gipsindustrie und basiert auf firmeninternen Aufzeichnungen.	Gradischnig, 15. Oktober 2024
D2	Produktionsmenge Gipskartonplatten, 1970–1997, Deutschland	In der Publikation findet sich eine Zeitreihe von 1970 bis 1997 zu den Mengen an produzierten Gipskartonplatten in 1.000 m ² . Daten stammen vom Statistischen Bundesamt in Deutschland.	Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V., 2020
D3	Produktionsmenge Gipskartonplatten, 2000–2018, Deutschland	In den Statistischen Jahrbüchern der Jahre 2000 bis 2018 ist die Menge an produzierten Gipskartonplatten in m ² pro Jahr angegeben.	Destatis, 2024c
D4	Nachfragefunktion 2019–2050	Für die Nachfragefunktion von Gipskartonplatten wird auf das vom Budgetdienst des österreichischen Parlamentes prognostizierte reale Wirtschaftswachstum von +1,2 % p.a. im Zeitraum 2020 bis 2060 zurückgegriffen. Für die Modellierung der verkauften Gipskartonplatten wird ab dem Jahr 2019 einerseits ein Nachfrageanstieg (+1,2 % p.a.) und andererseits eine Nachfragedämpfung (-1,2 % p.a.) angenommen. Dieser Ansatz wurde auch beim Dämmstoffmodell verwendet (vgl. Kapitel 3.1).	Parlament, 2023
D5	Gewicht Gipskartonplatten	Das flächenspezifische Gewicht von Gipskartonplatten hat sich im Zeitraum 1970–2020 verändert und hängt vom jeweiligen Produkt ab. Die Gipsindustrie schätzt das mittlere Gewicht auf 10 kg/m ² Gipskartonplatte.	Gradischnig, 15. Oktober 2024
D6	Verweildauer	Die durchschnittliche Verweildauer von Gipskartonplatten im Bauwerk wird von der WKO in Rücksprache mit der Gipsindustrie mit 40 Jahren angegeben. An dieser Stelle sei angemerkt, dass in vergleichbaren Studien in Deutschland und der Schweiz eine mittlere Verweildauer von 40 Jahren bzw. 30 Jahren angenommen wurde (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2014; Umweltbundesamt, 2017), wobei sich die Funktionen der Verweildauern unterscheiden. Der Bund Technische Experten empfiehlt eine Verweildauer von 50 Jahren, wobei eine Expertenbefragung einen Wert von 36 bis 58 Jahren ergeben hat und in bisherigen Veröffentlichungen ein Mittelwert von 72 angegeben ist (BTE, 2008).	Gradischnig, 15. Oktober 2024
D7	Verschnitttrate	Der Verschnitt von Gipskartonplatten fällt bei der Herstellung von Trockenbauwänden an. Die Verschnitttrate wurde mit 5 % in Bezug auf die im jeweiligen Jahr verkaufte Menge an Gipskartonplatten angenommen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass in einer vergleichbaren Studie in Deutschland ebenfalls eine Verschnitttrate von 5 % angenommen wurde (Umweltbundesamt, 2017).	Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2014

N°	Datensatz bzw. Parameter	Beschreibung	Referenz
D8	Sanierungsrate	Die jahresabhängige Sanierungsrate wurde vom Dämmstoffmodell übernommen (vgl. Kapitel 3.1.2). Dabei wurden die sanierten Netto-Geschoßflächen zu den gesamten Netto-Geschoßflächen der Gebäude in Beziehung gesetzt.	e-think, 2023; Umweltbundesamt, 2024b
D9	Abbruchrate	Die jahresabhängige Abbruchrate wurde vom Dämmstoffmodell übernommen (vgl. Kapitel 3.1.2). Dabei wurden die abgebrochenen Netto-Geschoßflächen zu den gesamten Netto-Geschoßflächen der Gebäude in Beziehung gesetzt.	e-think, 2023; Umweltbundesamt, 2024b

Datenaufbereitung Aufgrund der Input-Parameter wurden nachfolgende Werte als Zwischenergebnis (ZE) ermittelt:

- Verkaufte Menge an Gipskartonplatten (ZE1)
- Verweildauer der Gipskartonplatten im Gebäudepark (ZE2)
- Sanierungs- und Abbruchraten (ZE3)

verkaufte Menge (ZE1) Die Veröffentlichung der Produktionsmengen für Gipsplatten unterliegt in Österreich aufgrund der Anzahl der Unternehmen einer Geheimhaltungspflicht. Deshalb finden sich die Zahlen nicht in der Statistik über die Güterproduktion (PRODCOM). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Mengen abgeschätzt und plausibilisiert. Die Produktionsdaten aus Deutschland wurden mit einem konstanten Faktor skaliert, sodass die akkumulierte Menge der Jahre 1991–2016 (D2) jener von Österreich (D1) entspricht. Dieser Faktor beträgt 0,10058829. Für die Jahre 2000–2018 wurde der gleiche Skalierungsfaktor auf die Produktionsdaten (D3) angewandt. Die fehlenden Mengen für die Jahre 1998 und 1999 wurden interpoliert. Der Ansatz geht somit davon aus, dass die Verläufe der Produktionskurven zwischen Deutschland und Österreich parallel verlaufen. Weiters wurde aus zweierlei Gründen angenommen, dass die Produktionsmengen den verbauten Mengen entsprechen:

- Der Datensatz für Österreich (Verkaufte Mengen an Gipskartonplatten 199–2016, Tabelle 1) enthält neben inländischen Produktionsmengen auch importierte Platten (von anderen Produktionswerken), also alle Plattenmengen, die auf dem österreichischen Markt abgesetzt wurden. Nicht enthalten sind Einfuhren und Ausfuhren durch den Handel. Die Wirtschaftskammer Österreich nimmt an, dass es sich dabei um geringe Mengen handelt, die sich vermutlich aufheben (Gradischnig, 15. Oktober 2024). Aus diesem Grund werden die österreichischen Import- und Exportmengen nicht berücksichtigt.
- Für Deutschland zeigt sich, dass die Verläufe der in den Jahren 2009–2023 im Inland produzierten Mengen (Produktion) und der verbauten Mengen (Produktion + Importe - Exporte) nahezu parallel verlaufen (siehe Anhang Kapitel 7.3). In den Jahren 2004–2009 sind die beiden Verläufe nicht parallel. Die Verläufe aus den früheren Jahren sind mangels Datenverfügbarkeit von Ausfuhr und Einfuhr den Studienautor:innen nicht bekannt. Es wurde

die Annahme getroffen, dass die Entwicklung der Bauwirtschaft in Deutschland und Österreich in den Jahren 1970–2018 vergleichbar war und die beiden Zeitreihen Produktion und im Inland abgesetzte Mengen parallel verlaufen.

Für die zukünftigen Verkaufsmengen in den Jahren 2019–2050 wurde ein szenariobasierter Ansatz mit einem Anstieg bzw. einer Dämpfung der Nachfrage verfolgt. Dadurch ergibt sich eine Bandbreite an möglichen Verkaufsmengen in Abhängigkeit von der wirtschaftlichen Entwicklung (siehe D4 in Tabelle 1). Für die Ermittlung des Gewichtes wurde ein spezifischer Wert von 10 kg/m² verwendet (D5). Die Verrechnung der Datensätze D1–D5 ergibt den zeitlichen Verlauf an in Österreich verkauften Gipskartonplatten (Abbildung 10). Der punktuelle Vergleich der Daten mit einer früheren, groben Abschätzung von Karin Sundl (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005) zeigt vergleichbare Werte. Vor diesem Hintergrund wird der Verlauf als plausibel eingestuft (Tabelle 2). Die für die Subszzenarien relevanten Zeitreihen von 1970 bis 2050 ergeben sich gemäß Tabelle 3.

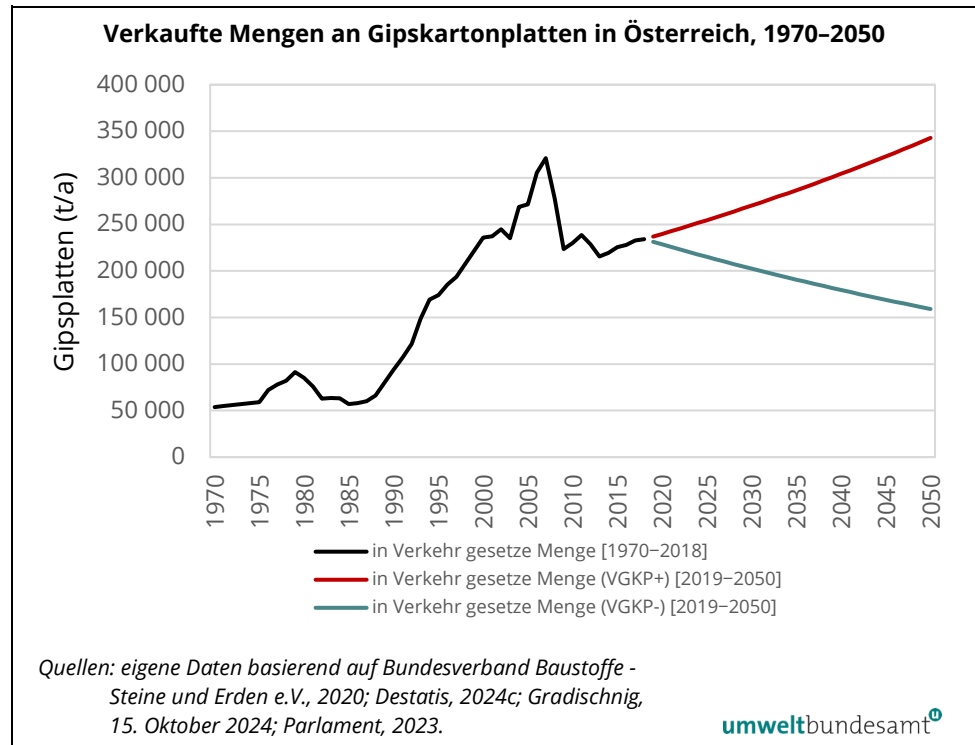
Tabelle 2: Daten zur Plausibilisierung der verkauften Mengen an Gipskartonplatten in Österreich.

Zeitraum	Mengen (diese Studie)	Mengen (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005)
1985–1989	0,32 Mio. t/a	0,40 Mio. t/a
2000–2004	1,20 Mio. t/a	1,15 Mio. t/a

Tabelle 3: Festlegung der Subszzenarien unter Berücksichtigung der in Verkehr gesetzten Mengen

SubszENARIO	Zeitreihe für verkaufte Gipskartonplatten (VGKP)	Zeitreihen
Sz1 bzw. Sz3	VGKP+	in Verkehr gesetzte Menge [1970–2018] und in Verkehr gesetzte Menge (Zunahme) [2019–2050]
Sz2 bzw. Sz4	VGKP-	in Verkehr gesetzte Menge [1970–2018] und in Verkehr gesetzte Menge (Abnahme) [2019–2050]

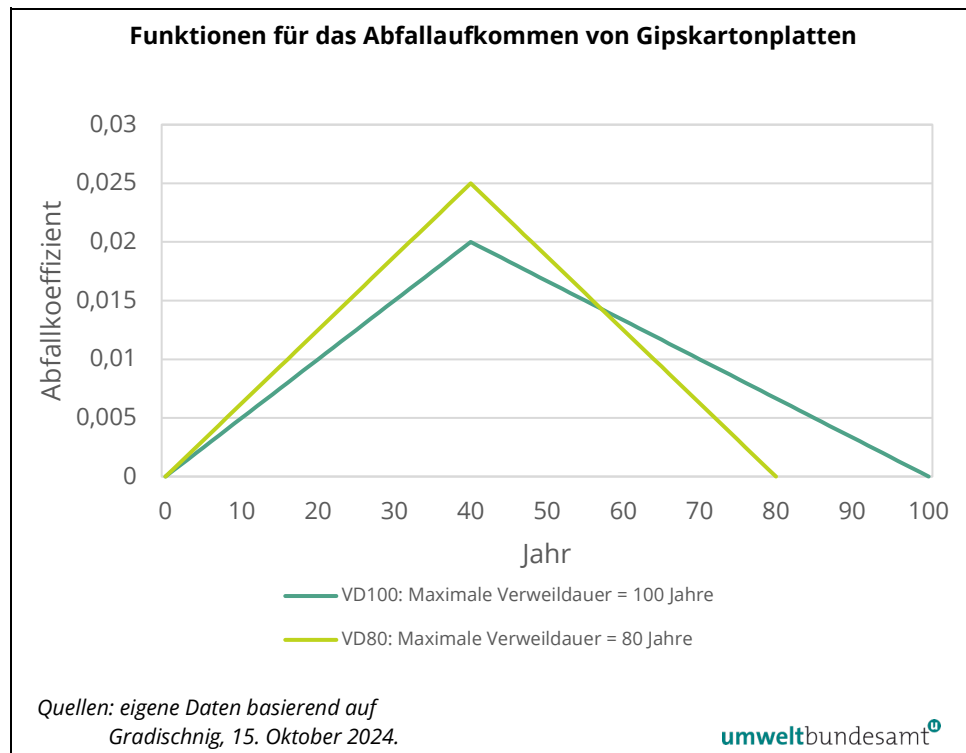
Abbildung 10: Verkaufte Mengen an Gipskartonplatten in Österreich, 1970–2050 (in t/a).



Verweildauer im Gebäudepark (ZE2)

Die durchschnittliche Verweildauer von Gipskartonplatten wurde von der Gipsindustrie mit 40 Jahren angegeben. Nachdem Gipskartonplatten beim Innenausbau von Geschäftslokalen, Büros und Wohngebäuden zum Einsatz kommen, sind die Ein- und Ausbauzyklen zum Teil deutlich kürzer oder auch länger als 40 Jahre. Um dem in der Modellierung gerecht zu werden, wurde anstatt einer konstanten Verweildauer von 40 Jahren eine dreiecksförmige Funktion für das Abfallaufkommen angenommen (Abbildung 11). Es wurden zwei Funktionen mit unterschiedlichen maximalen Lebensdauern gewählt, um damit Subszenarien zu rechnen. Bei beiden Funktionen tritt im Jahr $t+40$ das größte Abfallaufkommen in Bezug auf die verkaufte Menge im Jahr t auf (D6). Die Verläufe zwischen dem Verkaufsjahr ($t=0$), dem Jahr des maximalen Abfallaufkommens ($t=40$) sowie der maximalen Lebensdauer ($t=100$ bzw. $t=80$) ist linear. Die beiden Funktionen der Verweildauern (VD) werden in weiterer Folge mit VD100 bzw. VD80 bezeichnet.

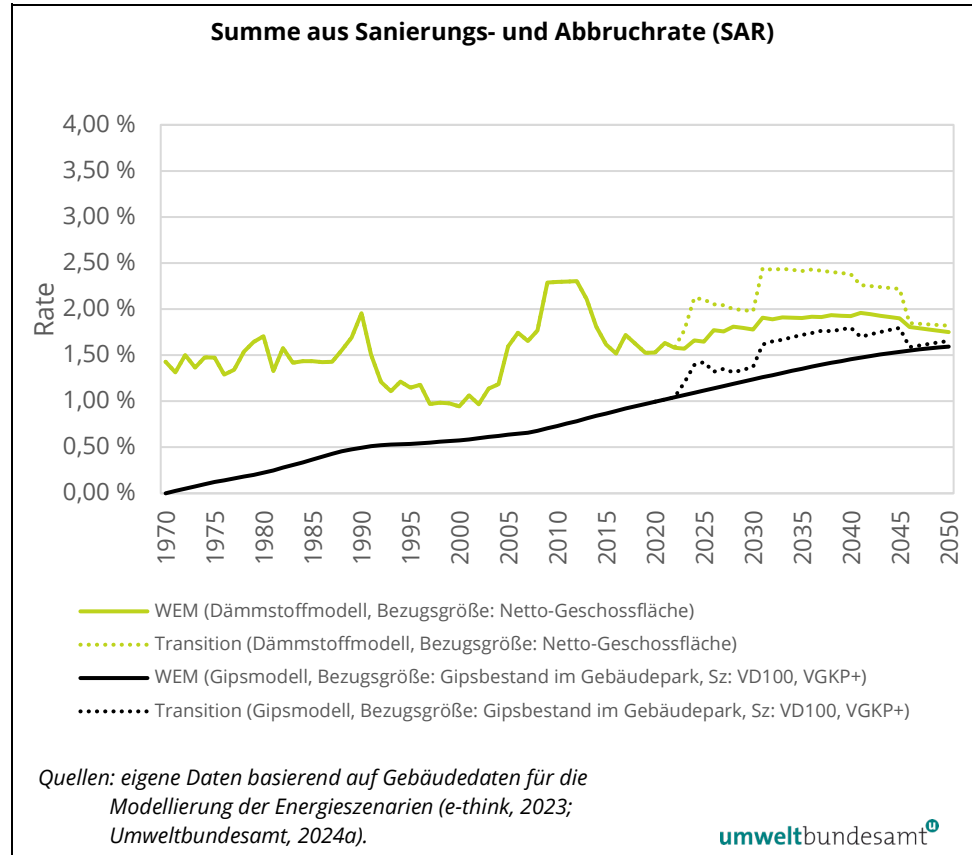
Abbildung 11:
Abfallkoeffizient (dimensionslos).



Sanierungs- und Abbruchraten (ZE3)

Beim Dämmstoffmodell wurden die Netto-Geschoßflächen für Bestandsgebäude sowie für neu errichtete, sanierte und abgebrochene Gebäude im Zeitraum 1970–2050 ermittelt (vgl. Kapitel 3.1.2). Auf Basis dessen wurden die flächenbezogenen Sanierungs- und Abbruchraten ermittelt, indem die sanierten bzw. abgebrochenen Flächen auf die Bestandsflächen im jeweiligen Jahr bezogen wurden (siehe Verlauf „WEM (Dämmstoffmodell)“ und „Transition (Dämmstoffmodell)“ in Abbildung 12). Um beim Gipsmodell im Transition-Szenario einen Anstieg der Sanierungsraten gegenüber dem WEM-Szenario abzubilden, wurde ein näherungsweise Ansatz zur Ermittlung der Raten in Bezug auf den Gipsbestand im Gebäudepark gewählt. Demzufolge wurde zuerst das Verhältnis der Raten „Transition (Dämmstoffmodell)“ und „WEM (Dämmstoffmodell)“ ermittelt. In weitere Folge wurde dieser Verhältnisfaktor mit den Raten „WEM (Gipsmodell)“ multipliziert. Das Ergebnis ist der Verlauf „Transition (Gipsmodell)“, welcher ebenfalls in Abbildung 12 dargestellt ist. Dadurch ergibt sich für den Zeitraum 2020 bis 2050 für jedes der vier Subskennarien ein eigener Verlauf der Sanierungs- und Abbruchraten, wobei die verwendeten Datensätze in Tabelle 5 dargestellt sind.

Abbildung 12:
Summe aus Sanierungs-
und Abbruchrate 1970–
2050 (in Prozent).



**Modellierung anhand
von Szenarien**

Die Abfallmengen wurden für das WEM- und Transition-Szenario abgeschätzt. Für das WEM-Szenario wurde der „Delay-Ansatz“ in allen vier Subsznenarien angewendet (siehe Tabelle 4). Beispielweise wurde für das WEM_Sz1 der Vektor der verkauften Gipskartonplatten unter Berücksichtigung eines Nachfrageanstiegs (VGKP+) mit der Matrix der Verweildauer mit maximal 100 Jahren Verweildauer (VD100) multipliziert. Daraus ergibt sich eine Matrix, deren Spalten- bzw. Reihensumme die Abfallmenge für jedes Jahr ergibt.

Tabelle 4:
Datensätze für die
Ermittlung der Abfall-
mengen in den WEM-
Subsznenarien.

Kurzbezeichnung Subsznenario	„Delay-Ansatz“ 1970–2050	
	Verkaufte Gipskartonplatten	Verweildauer
WEM_Sz1	VGKP+	VD100
WEM_Sz2	VGKP+	VD80
WEM_Sz3	VGKP-	VD100
WEM_Sz4	VGKP-	VD80

Für das Transition-Szenario wurde der „Delay-Ansatz“ (1970–2020) mit dem „Leaching-Ansatz“ (2020–2050) kombiniert und in allen vier Subsznenarien angewendet. Durch die jährliche Differenz der verkauften Gipskartonplatten und des Abfallaufkommens ergibt sich die jährliche Änderung des Gipsbestandes im Gebäudepark. Die kumulierte Summe der Bestandsänderungen im Zeitraum

1970–2020 ergibt den Gipsbestand im Jahr 2020 (Jahresbeginn). Dieser Gipsbestand im Jahr 2020 ist Ausgangspunkt für den „Leaching-Ansatz“. Der Gipsbestand im Jahr 2020 wird mit der Sanierungs- und Abbruchrate (ZE3) im Jahr 2020 multipliziert, wodurch sich der Gipsanfall aus Sanierung und Abbruch im Jahr 2020 ergibt. Unter Hinzurechnung des Verschnittes im Jahr 2020 ergibt sich die gesamte Gipsabfallmenge im Jahr 2020. Für die Folgejahre wurde der „Leaching-Ansatz“ fortgeschrieben. Eine Übersicht zu den in den Subszensarien verwendeten Datensätzen findet sich in Tabelle 5.

Für die Angabe des Abfallaufkommens in den Jahren 2020, 2030, 2040 und 2050 wurde ein gleitendes Fünfjahresmittel verwendet, um allfällige Sprünge zwischen den Jahren auszugleichen.

*Tabelle 5:
Datensätze für die
Ermittlung der Abfall-
mengen in den Transi-
tion-Subszensarien.*

Kurzbezeichnung Subszensario	„Delay-Ansatz“ 1970–2020		„Leaching-Ansatz“ 2020–2050
	Verkaufte Gips- kartonplatten	Verweildauer	Sanierungs- und Abbruchrate (SAR)
Transition_Sz1	VGKP+	VD100	SAR_VKP+_VD100
Transition_Sz2	VGKP+	VD80	SAR_VKP+_VD80
Transition_Sz3	VGKP-	VD100	SAR_VKP-_VD100
Transition_Sz4	VGKP-	VD80	SAR_VKP-_VD80

Modellergebnisse

Die Modellergebnisse zum zukünftigen Abfallaufkommen von Gipskartonplatten sind für das WEM-Szenario in Abbildung 13 und für das Transition-Szenario in Abbildung 14 dargestellt.

Abbildung 13: Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in Österreich [WEM-Szenario inklusive Subszenarien] (in t/a).

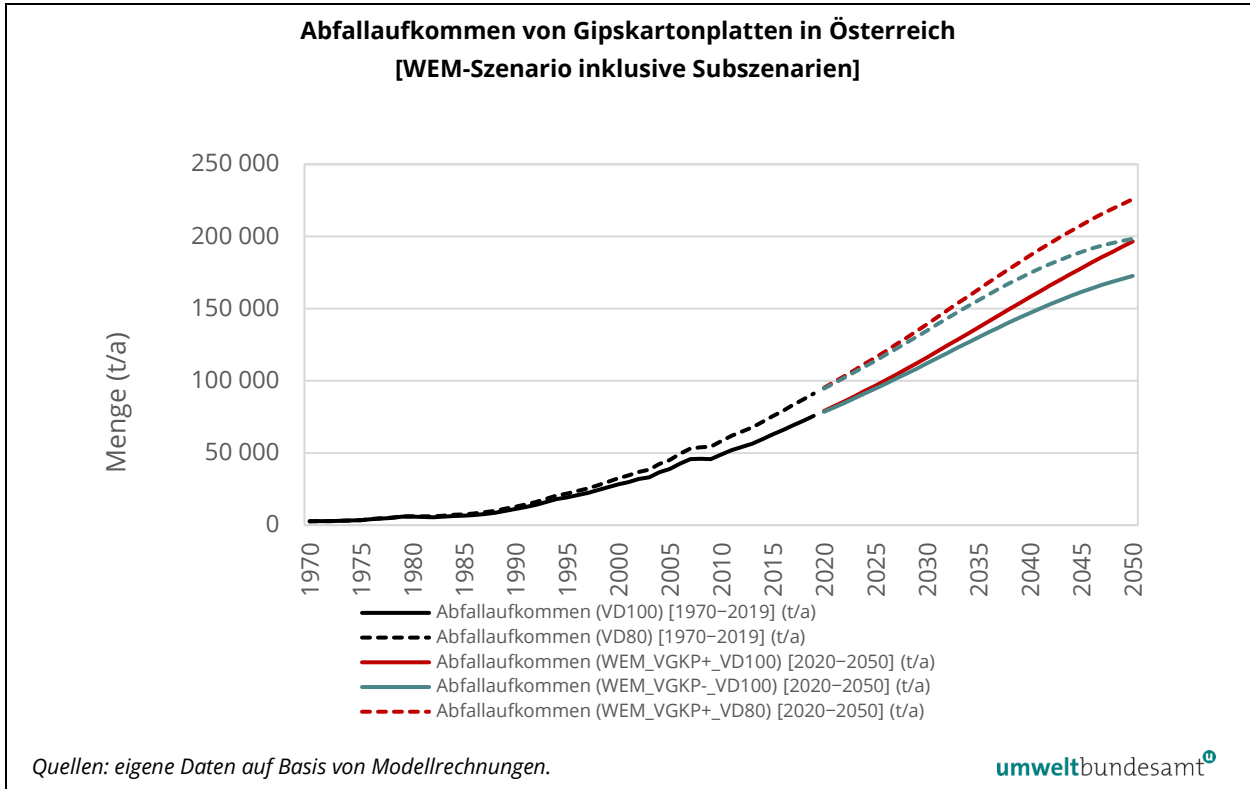
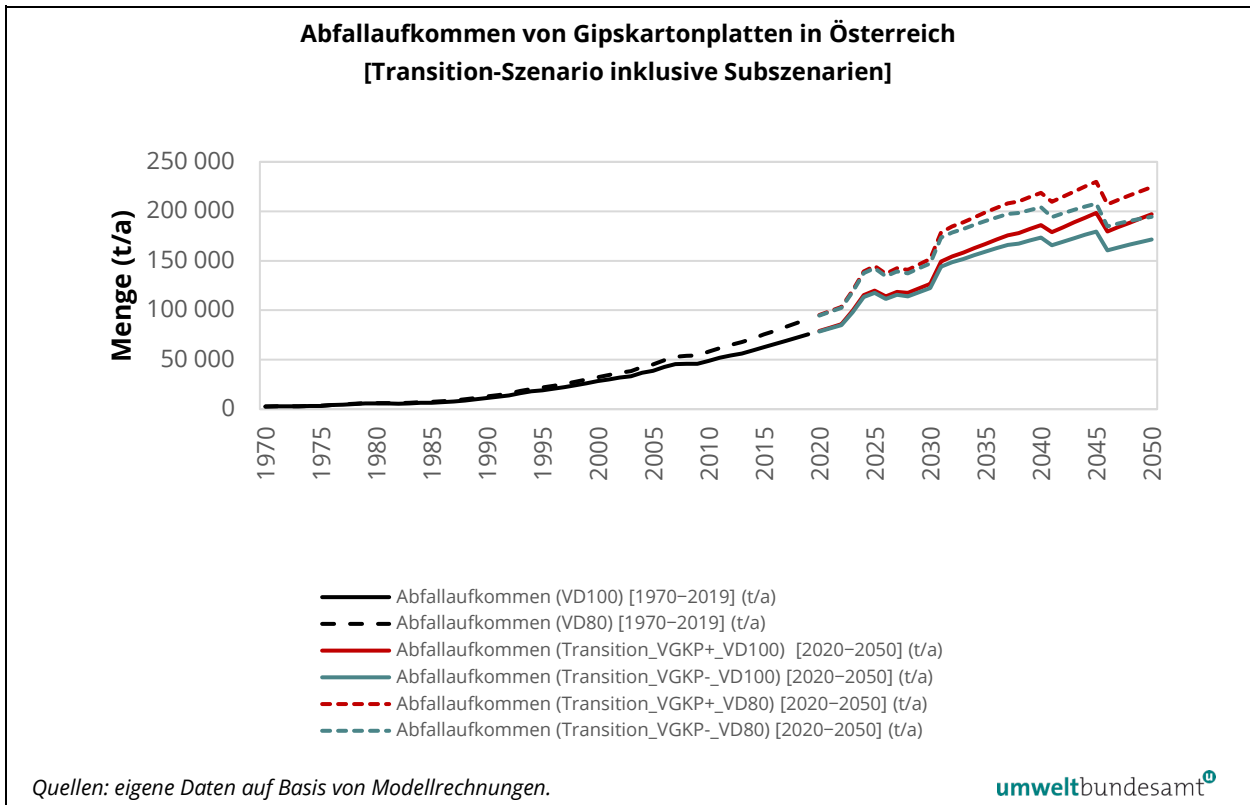


Abbildung 14: Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich [Transition-Szenario inklusive Subszenarien] (in t/a).



**Plausibilisierung der
Modellergebnisse**

Für die Plausibilisierung des rechnerisch ermittelten Abfallaufkommens werden drei Ansätze verfolgt:

nicht erfasste Mengen

1. Gemäß den Jahresabfallbilanzen (eBilanzen) der aufzeichnungspflichtigen Abfallsammler und -behandler liegt das Abfallaufkommen von Gips (SN 31438) aus dem Baubereich in den Jahren 2015–2020 zwischen 33.000 Tonnen pro Jahr und 53.000 Tonnen pro Jahr (siehe Abbildung 15).

Es ist davon auszugehen, dass weitere Mengen an Gips über die Baustellenabfälle (Mixmulden) entsorgt und somit nicht unter der SN 31438 erfasst wurden. Die Modellrechnung ergibt Abfallmengen, die über jenen der SN 31438 liegen, was angesichts der nicht erfassten Gipsabfälle plausibel erscheint.

Ein weiteres Indiz für die Plausibilität ist auch, dass sowohl der modellierte als auch der erfasste Gipsanfall einen Anstieg in den Jahren 2015–2020 verzeichnen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass den Autor:innen keine Daten zur Zusammensetzung des Abfallaufkommens von Gips (SN 31438) zur Verfügung standen. Somit ist unklar, welche Gipsprodukte (Gipskartonplatten, Gips-Wandbauplatten, faserverstärkte Gipsplatten, allenfalls auch YTONG-Steine etc.) anteilmäßig enthalten sind. Für diese Plausibilisierung wäre diese Information von Relevanz, weil bei der Modellierung nur das Abfallaufkommen von Gipskartonplatten berücksichtigt wurde. Weiters ist die Information von Relevanz, um das Potenzial zur Rückgewinnung von Gips abschätzen zu können.

Vergleich Deutschland

2. Das zukünftige Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in Deutschland wurde im Zuge einer ökobilanziellen Betrachtung abgeschätzt (Umweltbundesamt, 2017). Der Modellansatz entspricht konzeptionell jenem des WEM-Szenarios, wobei im Gegensatz zur vorliegenden Studie die Importe und Exporte berücksichtigt wurden, um die verkaufte Menge an Gipskartonplatten abzuschätzen und die Verweildauer mit einer Weibull-Funktion und einem Mittelwert von 40 Jahren angenommen wurden. Die in der Studie für Deutschland ermittelten Abfallmengen (Abbildung 2-6 in Umweltbundesamt, 2017) wurden mit folgenden Faktoren multipliziert, um die Vergleichbarkeit mit den Modellergebnissen für Österreich sicherzustellen: a) $f_1=1,0/0,7$, weil eine Rücklaufquote von 70 % angenommen wurde und in der vorliegenden Studie keine Rückholquote berücksichtigt wurde, b) $f_2=10/8,5$, weil das spezifische Gewicht mit 8,5 kg/m² Gipskartonplatten verwendet wurde und in der vorliegenden Studie mit 10,0 kg/m² gerechnet wurde, und c) $f_3=550.822.049 \text{ m}^2/5.477.610.000 \text{ m}^2$, weil dies dem Verhältnis der im Zeitraum 1991–2005 akkumulierten Produktionsmengen von Österreich und Deutschland entspricht (vgl. Kapitel 3.2.2). Der dadurch ermittelte Verlauf der Abfallmengen ist für den Zeitraum 1970–2030 in Abbildung 15 dargestellt. Der Verlauf entspricht in etwa dem für Österreich modellierten Abfallaufkommen, was ein Indiz für dessen Plausibilität ist. An dieser Stelle sei aber angemerkt, dass die beiden Verläufe nicht vollständig unabhängig voneinander sind – erstens, weil der Verlauf der verkauften Gipskartonplatten in Österreich anhand

des Verlaufes in Deutschland ermittelt wurde (vgl. Kapitel 3.2.2) und die mittlere Verweildauer in beiden Studien bei 40 Jahren liegt, wenngleich unterschiedliche Einheitsfunktionen für die Verweildauer verwendet wurden (Weibull-Verteilung in Deutschland versus Dreiecksverteilung in Österreich).

Vergleich Schweiz

3. Das zukünftige Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in der Schweiz wurde im Zuge einer umfassenden Bilanzierung aller Gipsflüsse für den Zeitraum 1970–2030 abgeschätzt (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2014). Um die Vergleichbarkeit zwischen den Modellergebnissen der Schweiz und Österreich zu ermöglichen, wurden das Gipslager im Gebäudebestand und das Abfallaufkommen von Gipskartonplatten anhand der Einwohneranzahl normiert. Dafür wurden die historischen und prognostizierten Einwohnerdaten der Schweiz und Österreichs verwendet (BFS, 2020; BFS, 2024; STAT AT, 2024a; STAT AT, 2024c). Es zeigt sich, dass der Gipsbestand in Österreich um bis zu $\pm 20\%$ gegenüber jenem in der Schweiz abweicht (Abbildung 16). Aufgrund dessen werden die Werte in Österreich als plausibel eingestuft. Bei der Abschätzung des Abfallaufkommens gibt es Abweichungen von -30% bis -40% (Abbildung 17). Diese lassen sich durch die Unterschiede bei der Sanierungs- und Abbruchrate in Bezug auf das Gipslager wie folgt erklären: Während das schweizerische Modell für die Jahre 1970–2030 mit einem konstanten Wert von $2,10\%$ rechnet (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2014), so ergibt sich im österreichischem Modell (Sz: VGKP+, VD100) ein Verlauf von $0,00\%$ im Jahr 1970 (kein Abfallaufkommen) auf $1,24\%$ im Jahr 2030 (Abbildung 12). Angemerkt sei, dass das schweizerische Modell mit einer Verweildauer von 30 Jahren (Rechtecksverteilung) und das österreichische Modell mit 40 Jahren (Dreiecksverteilung) rechnet. Die Auswirkungen auf die Unterschiede beim Abfallaufkommen werden aber als gering eingestuft.

Abbildung 15: Plausibilisierung des abgeschätzten Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich (in t/a).

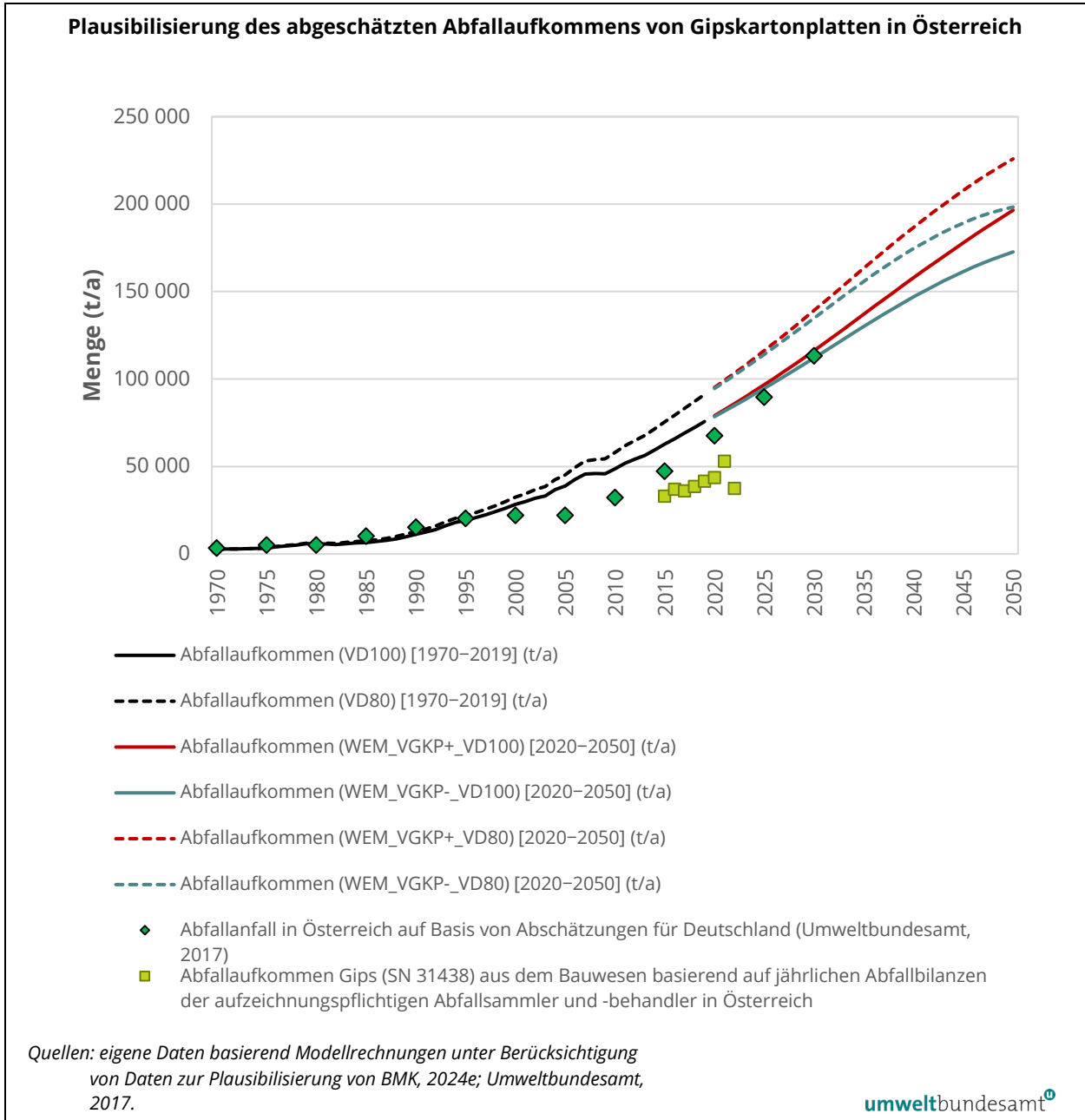


Abbildung 16:
Gipslager im Gebäudebestand der Schweiz und Österreich (in Tonnen pro Einwohner:in).

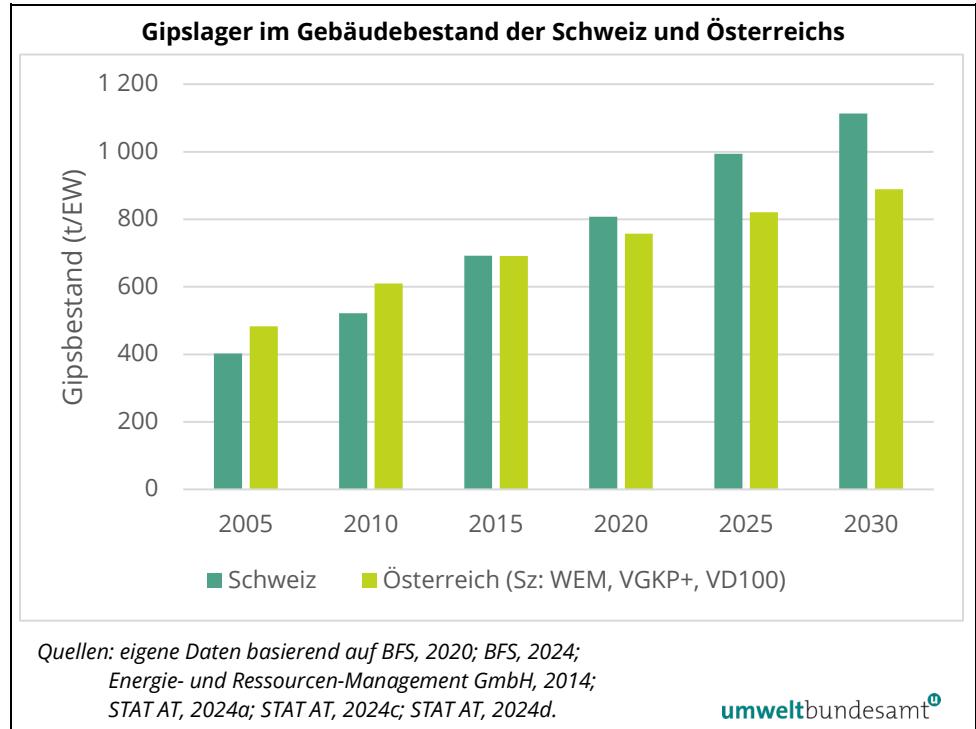
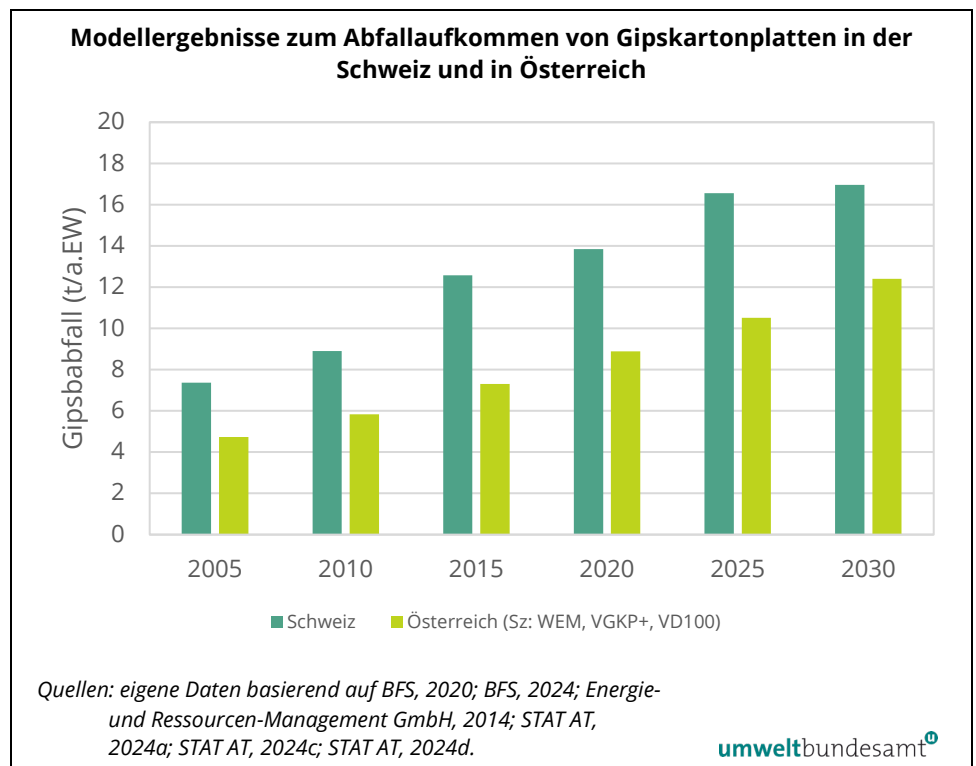


Abbildung 17:
Modellergebnisse zum Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in der Schweiz und Österreich (in Tonnen pro Einwohner:in und Jahr).



3.2.2.2 Ergebnis

**zukünftiges
Abfallaufkommen**

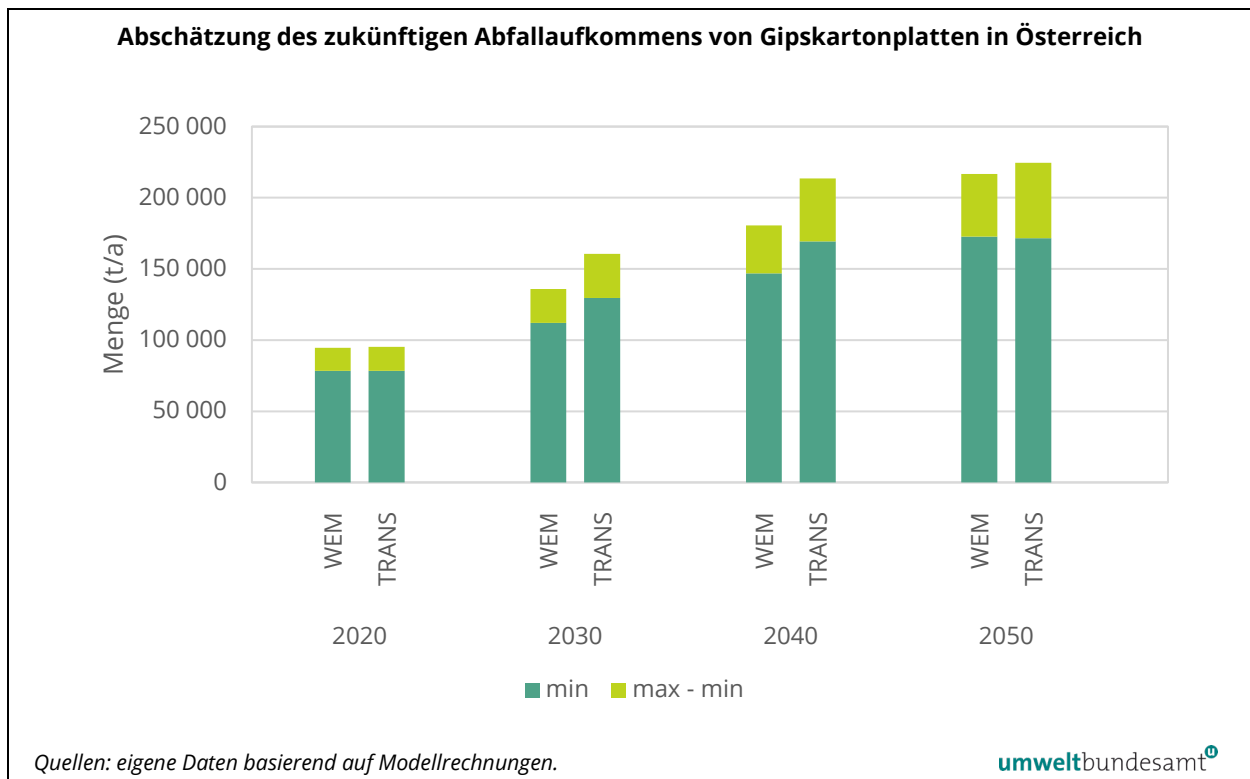
Um eine praktikable Bandbreite für das mögliche zukünftige Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in Österreich anzugeben, wurden sowohl im WEM- als auch im Transition-Szenario die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte für das Abfallaufkommen aus den zugehörigen vier Subszenerien ermittelt (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14) und in Abbildung 18 dargestellt.

Das WEM-Szenario entspricht dem business as usual (BAU). Dabei liegt das Abfallaufkommen im Jahr 2020 bei 78.000–95.000 Tonnen pro Jahr. Es steigt bis zum Jahr 2050 auf 170.000–220.000 Tonnen pro Jahr.

Im Transition-Szenario wird im Vergleich zum WEM-Szenario ab dem Jahr 2020 von höheren Sanierungsraten ausgegangen. Das Abfallaufkommen im Jahr 2020 entspricht jenem des WEM-Szenarios und liegt bei 78.000–95.000 Tonnen pro Jahr. Das Abfallaufkommen steigt bis zum Jahr 2050 auf 170.000–230.000 Tonnen pro Jahr.

Die Abfallaufkommen der beiden Szenarien unterscheiden sich in den Jahren 2030 und 2040 stärker als im Jahr 2050. Das liegt am Verlauf der angenommenen Sanierungsrate. Diese liegt im Transition-Szenario in den Jahren 2030 und 2040 über jener des WEM-Szenarios und nähert sich im Jahr 2050 wieder dem WEM-Szenario an (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 18: Szenariobasierte Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich. (in Tonnen pro Jahr).

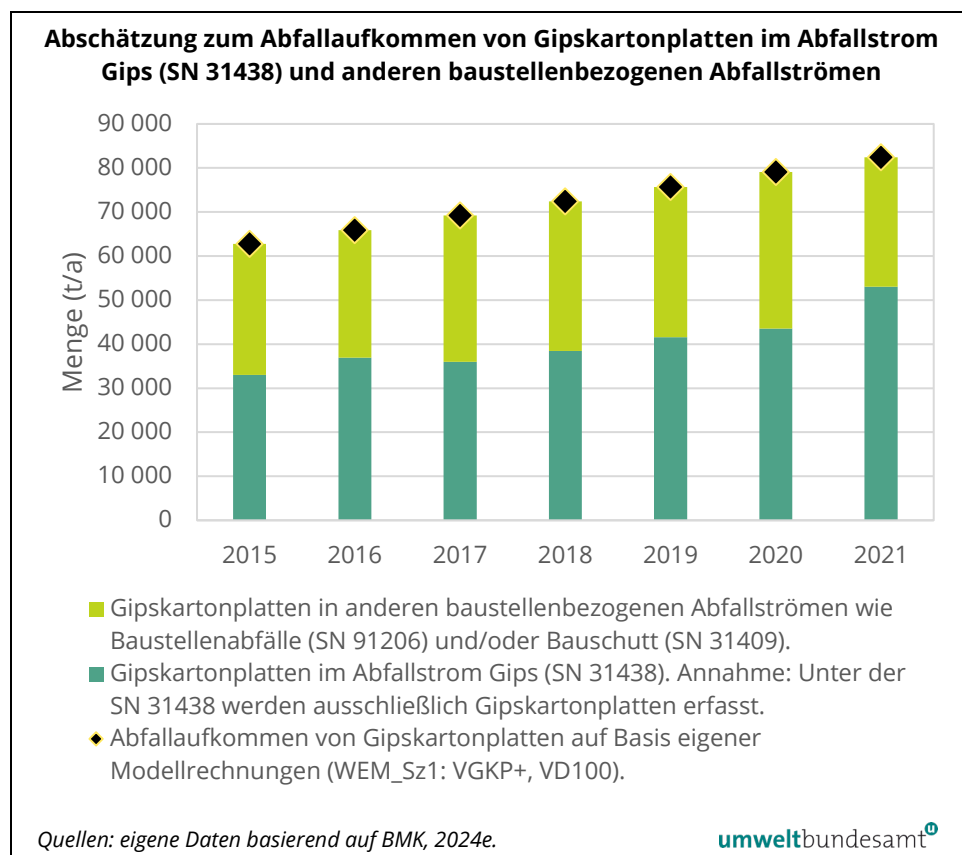


Abfallaufkommen nach Abfallströmen

Nachdem für die vorliegende Studie keine Informationen über die Zusammensetzung der Gipsabfälle (SN 31438) vorlagen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass neben den Gipskartonplatten auch noch weitere Gipsprodukte (z. B. Gips-Wandbauplatten, faserverstärkte Gipsplatten, YTONG Steine) enthalten sind.

Aufgrund der aktuellen Praxis ist davon auszugehen, dass weitere Mengen an Gipskartonplatten über die Baustellenabfälle (SN 91206) und/oder Bauschutt (SN 31409) entsorgt werden (Abbildung 18). Unter Berücksichtigung des modellierten Abfallaufkommens entfallen im Zeitraum 2015–2021 maximal 52 %–64 % aller Gipskartonplatten auf den Abfallstrom Gips (SN 31438) und mindestens 36 %–48 % aller Gipskartonplatten auf andere baustellenbezogene Abfallströme (z. B. Baustellenabfälle, Bauschutt). Wird die Trennpflicht von Gipskartonplatten auf der Baustelle wie im Entwurf zur Recyclinggips-Verordnung gesetzlich verpflichtend gemacht (BGBl. II Nr. 415/2024), dann ist zukünftig von einem höheren Anteil an Gipskartonplatten im Abfallstrom Gips (SN 31438) auszugehen.

Abbildung 19: Abschätzung zum Abfallaufkommen von Gipskartonplatten im Abfallstrom Gips (SN 31438) und anderen baustellenbezogenen Abfallströmen (in Tonnen pro Jahr).



3.2.3 Behandlungstechnologien

3.2.3.1 Entsorgungswege für Gipsabfälle

In der DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz) gibt es derzeit vier Verwertungsrouten für Gipskartonplatten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verwertungswege für Gipskartonplatten in der DACH-Region (die Tabelle wurde von Umweltbundesamt (2017) übernommen und überarbeitet).

	Route 1	Route 2	Route 3	Route 4
Erfassung	Getrennte Erfassung an der Anfallstelle	Getrennte Erfassung an der Anfallstelle	Gipskartonplatten in der Mischfraktion	Produktionsaus-schüsse
Transport des Abfalls	Durch beauftragten Dritten (i.d.R. ein Entsorgungsunternehmen) zum Gipsrecycler	Transport direkt zum Gipsplattenwerk	Transport direkt zum Recyclingunternehmen	Fällt im Werk an, gilt nicht als Abfall im rechtlichen Sinne
Aufbereitung / Recycling	Recyclingunternehmen	Gipsplattenhersteller	Recyclingunternehmen (ggf. inkl. Vorstufe über Aufbereiter)	Gipsplattenhersteller
Einsatzgebiet Recyclinggips (RC-Gips)	Gipskartonplattenherstellung und sonstige Anwendungsgebiete (z. B. Herstellung von Gipsputzen)	Direkter Einsatz bei der Gipsplattenherstellung	kein Einsatz von RC Gips, da der Gips als Störstoff bei der Aufbereitung des Mischabbruchs ab-geschieden wird	Direkter Einsatz bei der Gipskartonplattenherstellung
Beispiele	Deutschland (New West Recycling in Pulheim bei Köln)	Deutschland (James Hardie für sorten-reine Gipsfaserplatten), Österreich (Saint-Gobain in Bad Aussee, für Gipskartonplatten-Ver-schnitt aus der Fer-tigteilhausproduk-tion)	Schweiz (Eberhard Recycling)	Österreich (Knauf in Weißenbach bei Lie-zen)

3.2.3.2 Aktuelle Praxis zur Behandlung von Gipskartonplatten in Österreich

Behandlungswege von Gipskartonplatten

Gemäß der jährlichen Abfallbilanzmeldung wurden im Jahr 2022 rund 1.570 Tonnen an Gipsabfällen (SN 31438) in den Gipswerken verwertet. Die Mengen sind zum Beispiel Verschnitte, die bei der Herstellung von Fertigteilhäusern anfallen. Eine weitere Menge von rund 1.170 Tonnen Gipsabfall (SN 31438) wurde an Zementwerke geliefert.

Ergänzend sei erwähnt, dass der Produktionsausschuss für die Herstellung der Gipskartonplatten verwertet wird. Beispielweise werden bei der Fa. Knauf die Gipskartonplatten mit einem Einwalzenbrecher vorzerkleinert und in einen Puffersilo transportiert. Es folgt ein zweistufiges Aufmahlen in Hammermühlen sowie die Beimischung des Recyclinggipses zum Rohgipsstrom. Die abgeschiedene Kartonfraktion kann als Pülpe verarbeitet werden (Hildebrandt, 18. Oktober 2024). Beim Produktionsausschuss handelt es sich allerdings nicht um Abfälle im rechtlichen Sinne, weshalb dieser auch nicht in den Mengen der Abfallart Gips (SN 31438) enthalten ist.

geplante Recyclinganlage	Im Oktober 2023 haben die Firmen Saint-Gobain, Saubermacher und Porr angekündigt, eine Recyclinganlage für Gipskartonplatten mit einer Jahreskapazität von 60.000 Tonnen in Stockerau (Niederösterreich) zu errichten (Saint-Gobain, 2023). Das Genehmigungsverfahren ist bereits abgeschlossen und die Anlage wird im Juli 2025 in Betrieb gehen (GzG Gipsrecycling GmbH, 27. Februar 2025).
Verwertungsquote	Für das Jahr 2022 zeigt sich, dass rund 2.740 Tonnen verwertet werden und rund 86.000 Tonnen als Abfall anfallen (vgl. Abbildung 13, WEM-Szenario, VGKP+, VD100). Somit liegt die Verwertungsquote im Jahr 2022 bei 3,2 %.
Recyclinggips in Gipskartonplatten	Die Modellrechnung ergibt für das Jahr 2022 eine verkaufte Menge an Gipskartonplatten von rund 246.000 Tonnen (WEM-Szenario, VGKP+, VD100). Wird angenommen, dass die 1.570 Tonnen pro Jahr Gipsabfälle, die in Gipswerken verwertet werden, vollständig in Gipskartonplatten gelangen (siehe oben), so liegt der Anteil von Recyclinggips (RC-Gips) in den Gipskartonplatten bei rund 0,6 %.
deponierte Gipskartonplatten	Wird im Jahr 2022 von einem Gesamtabfallaufkommen an Gipskartonplatten von rund 86.000 Tonnen (vgl. Abbildung 18, Sz: VGKP+, VD100) und einer Verwertung von rund 2.700 Tonnen pro Jahr ausgegangen (siehe oben), so ergibt sich die auf Deponien abgelagerte Menge mit 83.300 Tonnen pro Jahr.
gesetzliche Rahmenbedingungen	Bis 31. Dezember 2025 können Gipskartonplatten deponiert werden. Ab 1. Jänner 2026 gilt gemäß Änderung der Deponieverordnung ein Ablagerungsverbot für rezyklierbare Gipsplatten einschließlich Gipskartonplatten (BGBl. II Nr. 39/2008), (BGBl. II Nr. 144/2021). Darüber hinaus zielt der Entwurf der Recyclinggips-Verordnung auf eine Trennpflicht von Gipsplatten beim Bau oder Abbruch von Bauwerken und die Sicherstellung einer hohen Qualität von Recyclinggips ab (BGBl. II Nr. 415/2024).

3.2.3.3 Ausgewählte Behandlungsverfahren für Gipskartonplatten in Deutschland und der Schweiz

Ziel, Umfang und Vorgangsweise	Für die Dokumentation der Behandlungsverfahren wurde die Recherche auf die DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz) eingeschränkt. Die Datenerhebung erfolgte mittels Aussendung eines Erhebungsformulars (siehe Anhang 7.5) an ausgewählte Gipswerke, Betreiber von Recyclinganlagen und Anlagenbauer. Darüber hinaus wurden mit einzelnen Unternehmen Experteninterviews geführt. Eine Rückmeldung erfolgte von den Firmen Knauf (Österreich), Knauf (Deutschland), Rigips (Schweiz), Mueg (Deutschland), CASEA (Deutschland), Neweast Recycling (Deutschland), ReTec Recyclingtechnik (Deutschland, Anlagenbauer). Mit Vertreter:innen von Saint-Gobain (Österreich), James Hardie Austria (Österreich), Neweast Recycling (Deutschland) und Eberhard Recycling (Schweiz) wurden Experteninterviews geführt. Die Informationen wurden durch Internetrecherche ergänzt.
mechanische Recycling-Verfahren	In Deutschland gibt es derzeit drei Recyclinganlagen für (End-of-Life-)Gipskartonplatten aus dem Bausektor. Diese befinden sich außerhalb der Gipswerke und werden von Recyclingunternehmen betrieben. Die Anlagen wurden in den Jahren 2014 bis 2019 errichtet und haben eine Gesamtkapazität von rund

240.000 Tonnen pro Jahr (Tabelle 7). Die Inputs, Verfahrensschritte und Outputs sind nachfolgend dargestellt:

- Inputs: Bei den Gipsabfällen handelt es sich in erste Linie – je nach Anlage und deren Annahmekriterien – um Gips(karton)platten und Gipsbausteine aus Verschnitt sowie Sanierungs- und Abbruchtätigkeiten. Darüber hinaus werden Gips-Fehlchargen aus der Produktion und Formgipse recycelt.
- Prozess: Bei den Anlagen kommen neben allfälliger visueller Inspektion bei der Anlieferung und allfälliger manueller Sortierung mechanische Verfahren zur Zerkleinerung, Klassierung und Abscheidung von Gips und Karton zum Einsatz. Im Anhang finden sich nähere Details zu ausgewählten Anlagen inklusive der Angabe von Betreiber, Standort, Anlageninput, Verwendung des RC-Gips und den einzelnen Verfahrensschritten (Kapitel 7.4).
- Outputs: Der RC-Gips gelangt, je nach Anlage, einerseits in die Gipsindustrie (Produktion von Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten, Gipsputzen und Gipsestrichen) sowie in die Zementindustrie (i.d.R. als Abbinderegler und Sulphatträger). Der Karton wird entweder stofflich oder thermisch verwertet.

Die Anlage in Deißlingen / Lauffen (Deutschland) wurde aufgrund einer Unternehmensentscheidung auf Produktionsabfälle umgestellt und nimmt somit derzeit keine Gipsabfälle aus dem Bausektor mehr an (Brehme, 2024).

Drei weitere Gipsrecyclinganlagen sind derzeit in Planung, eine in Berlin (Firma New West Recycling), eine in Mecklenburg-Vorpommern (Firma Buhck, Holthusen) und eine in Nordrhein-Westfalen (Firma Gb-GmbH, Bocholt) (Brehme, 2024; Edwards, 2024).

Gipsplatten als Abfall aus dem Bauwesen werden in eigenen Anlagen verarbeitet. Auch in den Gipsproduktionswerken werden diese angenommen bzw. aufbereitet, darüber hinaus werden dort aber auch Produktionsausschüsse und Verschnitte (saubere Gipsplatten aus B2B-Beziehungen) recycelt. Ein Beispiel ist das Gipswerk der Fa. Saint-Gobain (Granges, Schweiz).

In Österreich, Deutschland und der Schweiz bietet die Firma James Hardie ein Rücknahmesystem für Gipsfaserplatten an. Gesammelt werden ausschließlich sortenreine Verschnitte oder Frässtaub, die bei der Verarbeitung von Gipsfaserplatten entstehen. Diese Mengen werden für die Produktion von neuen Gipsfaserplatten verwendet (James Hardie, 2024).

In Deutschland sind die Mengen an Recyclinggips von rund 1.200 Tonnen im Jahr 2013 auf rund 77.000 Tonnen im Jahr 2023 angestiegen (Bundesverband der Gipsindustrie, 2024).

Tabelle 7:
Anlagen für mechanisches Gipsrecycling in Deutschland und der Schweiz.

Standort	Kapazität (t/a)	Inbetriebnahme	Betreiber	Weitere Informationen unter
Pulheim bei Köln (DE)	90.000	2017	New West Gypsum Recycling Germany	Bruno Schulz GmbH; Saint-Gobain, 2017
Großpösna bei Leipzig (DE)	75.000	2014	Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH	Bunzel und Wilczek, 2016; MUEG, 2024
Zweibrücken (DE)	72.000	2018	REMONDIS GmbH & Co. KG	Remondis, 2024b
Deißlingen / Lauffen (DE)	50.000	2014	Knauf (ehemals von Strabag betrieben)	Strabag, 2014b; Strabag, 2014a
Osterode / Dorste (DE)	10.000	2021	CASEA GmbH	Remondis, 2024a
Granges (CH)	17.800	2012	Saint-Gobain Rigips	Rigips, 2016

Abscheidung von Gips aus Mischabbruch

Die Firma Eberhard Recycling hat im September 2022 in Oberglatt (Schweiz) ein neues Zentrum für die Aufbereitung von Bauabfällen mit der Kurzbezeichnung EbiMIK (Eberhard – Materialien im Kreislauf) eröffnet. Dabei werden Mischabbruchfraktionen behandelt und Sekundärrohstoffe gewonnen (Eberhard Recycling, 2024). Der Mischabbruch selbst ist eine heterogene Abfallfraktion bestehend u. a. aus natürlichen Gesteinskörnungen, Beton, Mörtel, Ziegelsteinen, Blähton, Glas und Fremdstoffen (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2020). Am Standort Oberglatt wird der Mischabbruch zuerst mit einem Umschlagbagger vorsortiert und mit einem Brecher grob zerkleinert. Es folgt eine Sortierung, bei der u.a. der Gips abgeschieden wird. Ein Teil der verbleibenden Fraktionen wird fein gemahlen, homogenisiert und im Rohstofflager aufbewahrt. Das gelagerte Feinmaterial wird für die Herstellung eines kaltgeschäumten Mineralschaumes verwendet, der unter dem Markennamen „swissporECO-RIT“ als brandbeständiger, zirkulärer Dämmstoff in den Handel gebracht wird (swisspor, 2024).

chemisches Gipsrecycling im Labormaßstab

Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP wird ein Verfahren zur chemischen Aufbereitung gipshaltiger Abfälle entwickelt, um die Rückgewinnung von Gips zu ermöglichen. Das sogenannte ENSUBA (Entsulfatisierung von Bauschutt) Verfahren „beruht auf einer Austauschreaktion zwischen Gips und Ammoniumcarbonat: Der Gips im Festkörper wird durch Calcit ersetzt. Das Ammoniumsulfat verbleibt in der Lösung, lässt sich in der Flüssigphase abtrennen und durch Zugabe von Calcit wieder als reiner Gips ausfällen“ (Fraunhofer IBP, 2024). Damit kann Gips u. a. auch aus Porenbetonsteinen gewonnen werden. Das Verfahren befindet sich derzeit im Labormaßstab (Dittrich, 21. Oktober 2024).

**Verwertung
anderweitiger
Gipsabfälle**

Porenbetonsteine mit Gipsgehalten von 2 % bis 8 % sind für ein stoffliches Gipsrecycling nach Einschätzung eines Anlagenbetreibers ungeeignet (Bunzel und Wilczek, 2016). An der der Hochschule Nordhausen in Thüringen wurde das Projekt „RCPoroGips-WandPutz“ initiiert, um ein Bauprodukt aus Porenbeton-Brechsand und recyceltem Gips zu entwickeln (Schmidt, 2024).

Gipsplatten mit speziellen Eigenschaften (hydrophobierend, flammenschutzresistent, faserverstärkt) werden derzeit aufgrund ihrer Zusammensetzung kaum recycelt. An der FH Münster wird untersucht, inwiefern sich diese Gipsplatten für eine Verwertung und den Einsatz als RC Gips in Gipsfaser-Doppelbodenplatten eignen (Walica und Flamme, 2023). Das Forschungsprojekt wird gemeinsam mit der Firma Lindner durchgeführt, welche Gipsfaser-Doppelbodenplatten als Systemkomponente in einem zirkulären Geschäftsmodell anbietet. Dabei werden u. a. Gipsfaser-Doppelbodenplatten am deutschen, österreichischen und schweizerischen Markt mit Miet- und Rückgabeoptionen angeboten (Lindner, 2024a; Lindner, 2024b). Weiters wird im Projekt GipsRec 2.0 die technische, wirtschaftliche und ökologische Potenzialerschließung von End-of-Life-Gipsfaserplatten untersucht und bewertet (BMBF, 2021).

Die Firma CASEA behandelt am Standort Osterode/Dorste auch Gipsformen, Gipsformenbruch und Dentalgipse aus der Zahnmedizin. Diese stammen aus der Keramik- und Dachziegelindustrie sowie aus Dentallaboren. Für Dentalgips wurde eine eigene Sammelschiene etabliert (GipsCycle, 2024). Der RC-Gips wird bei der Herstellung von Stuckgips und Gipsputz verwendet.

3.2.4 Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung

Das Kapitel gibt einen Überblick über potenzielle Treiber und Barrieren für die stoffliche Verwertung von Gipsplatten in Österreich.

Treiber

Die Treiber für die Kreislaufführung von Gipskartonplatten wurden wie folgt identifiziert:

- Gesetzliche Verpflichtung zur Trennung von Gipskartonplatten, Gips-Wandbauplatten und faserverstärkten Gipsplatten beim Bau oder Abbruch von Bauwerken (vgl. BGBl. II Nr. 415/2024)
- Festlegung des Abfallendes von Recyclinggips (vgl. BGBl. II Nr. 415/2024)
- Berücksichtigung der Gipsabfälle als separaten Stoffstrom für die Diskussion der rechtlichen Verankerung von Verwertungsquoten für mineralische Bau- und Abbruchabfälle
- Erweiterte Produzentenverantwortung für Gipsplatten
- Stärkung von Kontrollmechanismen im Kontext der Getrennthaltung potenziell rezyklierbarer Gipsplattenmengen, damit diese nicht über andere Abfallströme (z. B. Rückstände aus der Behandlung von Baurestmassen, Bauschutt, Baustellenabfälle) deponiert werden
- Ausbau, Entwicklung und Optimierung der Sortier-, Sammel- und Recycling-Infrastruktur (DERA, 2023)

- Aufnahme einer eigenen Abfallart für Porenbeton (eigene Kennung oder Spezifizierung), z. B. über Novellierung der Österreichischen Abfallverzeichnisverordnung
- Getrennte Erfassung von Gipskartonplatten bei Ausschreibungen zu Sanierungs- und Abbruchvorhaben als Kriterium im Aktionsplan Nachhaltige Beschaffung verankern und auch bei Ausschreibungen auf Landes- und Gemeindeebene sowie bei privaten Auftragsvergaben berücksichtigen
- Berücksichtigung der Trennverpflichtung von rezyklierbaren Anteilen bei der Schad- und Störstofferkundung bei Abbrucharbeiten
- Entwicklung von Gipsprodukten mit recyclingfähigen Additiven für recyclinggerechte Baukonstruktionen (DERA, 2023)
- Schulung von Bauarbeiter:innen zur Unterscheidung von Gipskartonplatten und faserverstärkten Gipsplatten, damit diese getrennt erfasst werden
- Verbesserung der Datenlage durch Charakterisierung der Abfallströme Gips (SN 31438), Bauschutt (SN 31409) und Baustellenabfälle (SN 91206)
- Untersuchungen und Bewertungen der Potenzialerschließung von Gips aus primären und sekundären Quellen in Österreich
- Entwicklung von Technologien zur Verwertung von Gipsplatten mit speziellen Eigenschaften (Feuchtraumplatten, Feuerschutzplatten, Gipsfaserplatten) unter Berücksichtigung der Schadstoffentfrachtung und Qualitätsanforderungen für RC-Gips
- Entwicklung von Technologien zur Rückgewinnung von Gips aus Bauschutt und Baustellenabfällen

Barrieren

Die Barrieren für die Kreislaufführung von Gipskartonplatten wurden identifiziert und in die Themenbereiche Vorgaben/Regeln (Tabelle 8), Infrastruktur und Logistik (Tabelle 9), und Technologien und Prozesse (Tabelle 10) gegliedert.

Tabelle 8: Barrieren aufgrund der Vorgaben bzw. Regeln.

Stoffstrom	Barriere
Gipsplatten	In den deponierten Abfällen werden die Anteile an Gips und dessen Zusammensetzung nach den unterschiedlichen Gipsprodukten nicht routinemäßig ermittelt. Dadurch kann es weiterhin zu Deponierung von potenziell rezyklierbaren Gipsplatten kommen.
Porenbetonsteine	„Porenbetonsteine sind aufgrund des geringen Gipsanteils nicht im Rahmen vom Gipsrecycling recycelbar und werden fälschlicherweise den Gipsabfällen zugeordnet (keine eigene Abfallschlüsselnummer)“ (DERA, 2023).
Gipsplatten	Die aktuelle Praxis zeigt, dass die Gipskartonplattenabfälle zum Teil exportiert und dem heimischen Recyclingmarkt entzogen werden. Beispielweise werden „Gipskartonplatten als Stabilisierungsmaterial bei uranhaltigen Schlammteichen in Tschechien“ verwendet (Umweltbundesamt, 2017).
Gipsabfälle (recyclingfähig)	„Es existieren differierende Annahmekriterien in Recyclinganlagen zum Beispiel bezüglich zulässiger Störstoffanteile unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und Regionen“ (DERA, 2023).

Stoffstrom	Barriere
RC-Gips	In Europa ist das Abfallende für Gipskartonplatten unterschiedlich geregelt. Dadurch werden die Verwertungsschienen mit geringeren Qualitätsanforderungen an den RC-Gips begünstigt.

Tabelle 9: Barrieren durch Infrastruktur und Logistik

Stoffstrom	Barriere
Gipskartonplatten	„Ein flächendeckendes Netz von Recyclinganlagen fehlt, wodurch es zu langen Transportstrecken kommt“ (DERA, 2023). Dadurch wird die Verwertung in grenznahen Anlagen im Ausland attraktiv bzw. die Deponierung bevorzugt.
Gipskartonplatten	Mangelndes Bewusstsein für die fachgerechte Lagerung der demontierten Gipskartonplatten und deren Transport zum Recyclingunternehmen, sodass diese durchnässt im Recyclingbetrieb ankommen.

Tabelle 10: Barrieren durch Technologien und Prozesse

Stoffstrom	Barriere
Abfallaufkommen Gipsfaserplatten bzw. weitere Störstoffe	„Beim (selektiven) Gebäuderückbau fehlt es an ausreichend Wissen zur Unterscheidung von Gipskartonplatten (GKP) und Gipsfaserplatten (GFP), sodass es zur Vermischung und Erhöhung des TOC-Gehalts durch Papierfasern aus GFP im RC-Gips kommt“ (DERA, 2023). Neben den Gipsfaserplatten können, je nach Recyclingtechnologie und Verwertungspfad, auch weitere Störstoffe das Rezyklieren verhindern bzw. erschweren. Zu den Störstoffen zählen beispielweise Dämmmaterial, Plastikfolien, Porenbeton, Holzfaserplatten und Metalle.
Gipsprodukte	„Es wird unzureichend auf recyclingfähige Additive bei Gipsprodukten geachtet, wodurch zukünftig Probleme beim Recycling entstehen können (zum Beispiel Hydrophobierungs-Additive)“ (DERA, 2023). Beispielweise wurde in Gipskartonplatten PFAS nachgewiesen (Liu, et al., 2024).
Gipsplatten mit besonderen Eigenschaften	Die Verwertung von Gipsplatten mit besonderen Eigenschaften (z. B. Gipsfaserplatten, Feuchtraumplatten, Feuerschutzplatten) ist derzeit aufgrund der Qualitätsanforderungen beim RC-Gips erschwert.

4 FAZIT UND AUSBLICK

Die im Rahmen dieser Studie für den Gebäudebereich betrachteten Abfallströme sind Gipskartonplatten und Dämmstoffe. Für beide Abfallströme ist, unter Berücksichtigung der Energiewende, bis zum Jahr 2050 mit einer starken Zunahme sowohl des Abfallaufkommens als auch des nutzbaren stofflichen Verwertungspotenzials zu rechnen.

4.1 Dämmstoffe

Dämmstoffe im Fokus

Bei den Dämmstoffen liegt der Schwerpunkt dieser Studie auf Polystyrol und Mineralwolle, weil beide Dämmstoffarten zusammen den Großteil (> 90 %) der in Österreich in Verkehr gesetzten Dämmstoffprodukte ausmachen.

Dämmstoffe aus Polystyrol

Für Dämmstoffe aus Polystyrol ist bis zum Jahr 2050 im WEM-Szenario (Status quo) mit den höchsten Abfallmengen zu rechnen. Das prognostizierte Abfallaufkommen im Jahr 2050 liegt zwischen rund 18.200 Tonnen und rund 20.300 Tonnen. Wird von einer Entwicklung gemäß dem Transition-Szenario (Optionen für Klimaneutralität bis 2040) ausgegangen, so ist im Jahr 2050 mit einem Abfallaufkommen zwischen rund 17.500 Tonnen und rund 19.600 Tonnen zu rechnen. Die Unterschiede im Abfallaufkommen je nach Szenario sind vor allem darauf zurückzuführen, dass sich die Gebäudebestandsflächen im WEM-Szenario stärker entwickeln als im Transition-Szenario. Dadurch stehen im WEM-Szenario mehr Flächen zur Verfügung, wodurch in weiterer Folge mehr Dämmstoffe durch Sanierung und Abbruch als Abfälle anfallen. Zudem wird im WEM-Szenario mit erhöhten Abbruchtätigkeiten (in Form von abgebrochenen Gebäudeflächen) gerechnet.

Dämmstoffe aus Mineralwolle

Bei Dämmstoffen aus Mineralwolle werden merklich höhere Tonnagen prognostiziert als bei Dämmstoffen aus Polystyrol. Im WEM-Szenario ist im Jahr 2050 mit rund 49.300 Tonnen bis rund 53.100 Tonnen zu rechnen. Gemäß Transition-Szenario werden für das Jahr 2050 rund 47.400 Tonnen bis rund 51.200 Tonnen prognostiziert. Ähnlich wie bei den Dämmstoffen aus Polystyrol ist im WEM-Szenario aufgrund von größeren Gebäudebestandsflächen und verstärkten Abbruchtätigkeiten mit einem höheren Abfallaufkommen zu rechnen als im Transition-Szenario.

Behandlung von Dämmstoffabfällen

In Österreich werden Dämmstoffabfälle aus Polystyrol aktuell vor allem thermisch behandelt. Dämmstoffabfälle aus Mineralwolle werden innerhalb von Österreich hauptsächlich deponiert, wobei künstliche Mineralfasern ohne gefahrenrelevante Eigenschaften auch in kleinerem Ausmaß verbrannt werden. Carbonfaserhaltige Dämmstoffabfälle eignen sich aufgrund der problematischen Fasereigenschaften aktuell nur zur Deponierung oder zur thermischen Behandlung. Polyurethan wird teilweise – sofern es als unbedenklich (z. B. kein FCKW/HFCKW) gilt – granuliert und wieder zu neuen Platten oder Formteilen

verarbeitet. Enthält das Polyurethan bedenkliche Zusatzstoffe, wie FCKW oder HFCKW, muss der Dämmstoff jedoch verbrannt werden. Für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen gibt es aufgrund der fehlenden Marktdurchdringung noch keine stoffliche Verwertungsinfrastruktur. Zudem bedingen zahlreiche chemische Zusatzstoffe (z. B. Flammschutzmittel, Bindemittel, Biozide) sowie Materialeigenschaften, welche das Recycling erschweren (z. B. kurze Fasern), in den meisten Fällen eine Verbrennung dieser Dämmstoffe. Die stoffliche Rückführung und der Wiedereinsatz von Altstoffen in die Produktion findet derzeit in erster Linie nur bei Dämmstoffverschnitten durch einzelne Hersteller statt.

**Stärkung der
Kreislaufführung**

In Österreich gibt es bereits Initiativen, um Dämmstoffprodukte zukünftig umfassender in den Stoffkreislauf zurückzuführen. Als Praxisbeispiel hierfür kann das Projekt EPSolutely genannt werden, in dem erstmalig österreichweit versucht wird, EPS-Dämmstoffverschnitte separat zu sammeln und anschließend wieder der Produktion neuer Dämmplatten zuzuführen. Eine Ausweitung dieses Konzepts auf Nicht-Verschnittabfälle könnte ein weiterer wichtiger Schritt sein, um Dämmstoffabfälle zukünftig umfassender in den Stoffkreislauf zurückzuführen.

Für das Recycling in größerem Maßstab ist die Abtrennung von HBCDD aus alten EPS-Dämmstoffen erforderlich, damit das EPS-Rezyklat zur Herstellung von neuen Dämmstoffen wieder eingesetzt werden kann. Im Vorjahr konnte dieses Vorhaben in einer industriellen Anlage in den Niederlanden (Terneuzen) erfolgreich umgesetzt werden.

Einen weiteren wichtigen Beitrag zur zukünftigen Kreislaufführung von Dämmstoffprodukten liefern Forschungsprojekte wie das Projekt RecyMin der Montanuniversität Leoben. In Zusammenarbeit mit Branchenvertreter:innen aus der Bauindustrie wurden Optionen zur Deponier- und Verwertbarkeit von Dämmstoffen aus Mineralwolle untersucht.

Neben den bereits erwähnten Fortschritten auf den Ebenen der Sammellogistik, Anlagentechnologie und Forschung bedarf es vor allem legislativer Maßnahmen, um die Kreislaufführung von Dämmstoffabfällen sicherstellen zu können. Somit ist die Novelle der Deponieverordnung einer der größten Treiber für das Recycling von Dämmstoffabfällen aus Mineralwolle. Der Novelle zufolge dürfen mit 01.01.2027 keine recycelbaren Mineralwolleabfälle mehr deponiert werden. Dieses Deponieverbot betrifft jedoch nicht nur Dämmstoffabfälle, sondern mit 01.01.2026 auch Gipsplatten, Gipswandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 144/2021).

Gerade was das stoffliche Verwertungspotenzial von Mineralwolleabfälle in Österreich betrifft, bedarf es jedoch einer eindeutigen Unterscheidung zwischen gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen. Durch die Zuordnung von Mineralwolleabfällen mit unbekannter Herkunft und unbekanntem Produktionsdatum zu gefährlichen Abfällen geht aktuell noch ungenutztes Wertstoffpotenzial verloren.

Unabhängig vom Dämmstoffmaterial könnte eine erweiterte Herstellerverantwortung, wie z. B. jene in Frankreich für Baustellenabfälle, dazu führen, dass

Dämmstoffhersteller vermehrt in die Verantwortung gezogen werden. Durch eine kostenfreie Rücknahme vonseiten der Hersteller könnten auch Bauherren dazu motiviert werden, die verbauten Dämmstoffe getrennt zurückzubauen und sortenrein zu sammeln. Die finanzielle Förderung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen könnte wiederum die Hersteller dazu bewegen, den oft aufwendigeren Weg des Recyclings zu wählen.

**alternative
Dämmstoffe**

Auch wenn Dämmstoffe aus Carbonfasern, Polyurethan oder nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) mengenmäßig und auch verwertungstechnisch noch eine eher untergeordnete Rolle spielen, wurden diese Dämmstoffarten in der Studie zumindest qualitativ betrachtet. Im Speziellen nachwachsende Rohstoffe haben sich erst seit vergleichsweise kurzer Zeit am Dämmstoffmarkt etabliert (Marktanteil derzeit <5 %), könnten aber in Zukunft sowohl mengenbezogen als auch hinsichtlich ihres Verwertungspotenzials von großer Bedeutung sein. Nachwachsende Dämmstoffe könnten künftig eine relevante Rolle als Alternativen zu aktuell dominanten Dämmstofftypen (z. B. Polystyrol) einnehmen. Wichtig erscheint dabei der Aufbau einer entsprechenden Recyclinginfrastruktur in Österreich. Zudem müssen Materialeigenschaften (z. B. Faserlänge) und -zusammensetzung (z. B. Flammschutzmittel, Bindemittel, Biozide) der Produkte einen stofflichen Verwertungsweg zulassen.

4.2 Gipskartonplatten

Ab 1. Jänner 2026 gilt gemäß Änderung der Deponieverordnung ein Ablagerungsverbot für rezyklierbare Gipsplatten (BGBl. II Nr. 39/2008; BGBl. II Nr. 144/2021). Unter Gipsplatten werden Gipskartonplatten, Gips-Wandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten verstanden. In der vorliegenden Studie liegt der Fokus auf den Gipskartonplatten, da für die beiden anderen Gipsprodukte die Datenverfügbarkeit für die Modellierung des zukünftigen Abfallaufkommens nicht ausreichend gegeben war.

**verbaute
Gipskartonplatten**

Nachdem in der Produktionsstatistik keine Daten zu Gipskartonplatten angegeben sind (STAT AT, 2024b), wurde die verbaute Menge an Gipskartonplatten abgeschätzt. Der Abschätzung zufolge begann die Produktion von Gipskartonplatten mit Beginn der 1970er Jahre und erfuhr ab Ende der 1980er Jahre einen starken Anstieg. Im Jahr 1980 lag der Absatz bei rund 85.000 Tonnen pro Jahr und stieg bis zum Jahr 2007 kontinuierlich auf rund 320.000 Tonnen pro Jahr. Nach dem Jahr 2007 kam es im Zuge der Weltwirtschaftskrise zu einem Produktionsrückgang auf rund 200.000 Tonnen pro Jahr.

**zukünftiges
Abfallaufkommen**

Das zukünftige Abfallaufkommen von Gipskartonplatten wurde durch einen szenariobasierten Modellansatz für den Zeitraum 1970 bis 2050 abgeschätzt. Das WEM-Szenario ist das business as usual (With Existing Measures) Szenario. Das Transition-Szenario geht gegenüber dem WEM-Szenario ab dem Jahr 2020 von höheren Sanierungsraten aus, wodurch sich das Abfallaufkommen aus Sa-

nierungstätigkeiten erhöht. Für das WEM- und Transition-Szenario wurden jeweils vier Subsznarien gerechnet, wobei sich diese in der Nachfrage bei Gipskartonplatten und in den Verweildauern der Gipskartonplatten im Gebäudepark unterscheiden. Damit wurde eine praktikable Bandbreite für das mögliche zukünftige Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in Österreich erhalten (Tabelle 11).

*Tabelle 11:
Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich.*

Jahr	Abfallaufkommen (1.000 t/a)	
	Minimum	Maximum
2020	78	95
2030	112	160
2040	147	214
2050	172	225

**Exkurs:
Abfallaufkommen nach
Abfallströmen**

Gemäß Abfallverzeichnisverordnung werden Abfälle von Gipskartonplatten unter der Abfallart Gips (SN 31438) erfasst. Dieser Abfallstrom kann auch noch weitere gipshaltige Abfälle beinhalten, z. B. Gips-Wandbauplatten, faserverstärkte Gipsplatten oder YTONG-Steine. Aufgrund der aktuellen Praxis ist davon auszugehen, dass Gipskartonplatten auch über die Baustellenabfälle (SN 91206) und/oder über Bauschutt (SN 31409) entsorgt werden. Unter Berücksichtigung des modellierten Abfallaufkommens entfallen maximal 52 %–64 % aller Gipskartonplatten auf den Abfallstrom Gips (SN 31438) und mindestens 36 %–48 % aller Gipskartonplatten auf andere baustellenbezogene Abfallströme (z. B. Baustellenabfälle, Bauschutt). Wird die Trennpflicht von Gipskartonplatten auf der Baustelle – wie im Entwurf zur Recyclinggips-Verordnung vorgesehen – umgesetzt, so ist in Zukunft von einem höheren Anteil an Gipskartonplatten im Abfallstrom Gips (SN 31438) auszugehen.

Verwertungsquote

Gemäß der jährlichen Abfallbilanzmeldung wurden im Jahr 2022 rund 2.740 Tonnen an Gips (SN 31438) in den Gips- und Zementwerken (1.570 Tonnen in Gipswerken, 1.170 Tonnen in Zementwerken) verwertet. Die Modellrechnung ergibt für das Jahr 2022 ein Abfallaufkommen von Gipskartonplatten von rund 86.000 Tonnen (WEM-Szenario, VGKP+, VD100). Somit ergibt sich eine Verwertungsquote von 3,2 % für das Jahr 2022.

**Recyclinggips in
Gipskartonplatten**

Die Modellrechnung ergibt für das Jahr 2022 eine verkaufte Menge an Gipskartonplatten von rund 246.000 Tonnen (WEM-Szenario, VGKP+, VD100). Unter Berücksichtigung der Verwertungsmenge von rund 1.570 Tonnen pro Jahr ergibt sich ein Anteil von Recyclinggips (RC-Gips) in den Gipskartonplatten von rund 0,6 %. Um das gesamte Potenzial zur Erhöhung der Zirkularitätsrate von Gips in der Volkswirtschaft nutzen zu können, sind neben den Gipskartonplatten auch weitere Gipsprodukte und deren Rückgewinnbarkeit in Betracht zu ziehen.

**theoretisches vs.
tatsächliches Potenzial**

Das abgeschätzte Abfallaufkommen von Gipskartonplatten stellt das theoretische Potenzial dar, welches für die Rückgewinnung von RC-Gips zu Verfügung

steht. Das realisierbare Potenzial ist niedriger, da logistische, technische, wirtschaftliche und ökologische Faktoren die tatsächliche Verfügbarkeit für das Recycling einschränken.

Behandlungstechnologien

Im Rahmen der Studie wurden die Recyclingrouten von Gipskartonplatten und die Technologien zur Behandlung derselben überblicksmäßig dokumentiert. In Österreich werden aktuell nur geringe Mengen an sauberen Gipskartonplatten (Produktionsausschüsse, Verschnitte) rezykliert. Die Gipskartonplatten aus den Abbruch- und Sanierungstätigkeiten werden deponiert. Eine Gipsrecyclinganlage mit 60.000 Tonnen Jahreskapazität ist derzeit im Genehmigungsverfahren.

In Deutschland gibt es drei Anlagen zum mechanischen Recyceln von Gipskartonplatten. Der gewonnene RC-Gips wird zumeist bei der Produktion von neuen Gipskartonplatten verwendet, kommt aber auch für andere Produkte in der Gipsindustrie (z. B. Gipsputze) und in der Zementindustrie zum Einsatz.

In der Schweiz hat das Unternehmen Eberhard Recycling im Jahr 2021 ein Verwertungszentrum für Mischabbruch eröffnet. Dort werden die nicht druckfesten Bestandteile (darunter Gips) aus dem Mischabbruch aussortiert, gemahlen und als Sekundärrohstoff für Kaltschaum verwendet. Der Kaltschaum wird als brandbeständiger Dämmstoff unter dem Markennamen swissporECORIT vertrieben.

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelt ein chemisches Recyclingverfahren zur Rückgewinnung von Gips aus sulfathaltigen Baustellenabfällen. Damit kann Gips u. a. auch aus Porenbetonsteinen gewonnen werden. Das Verfahren befindet sich derzeit im Labormaßstab.

Barrieren und Treiber für das Recycling

Im Zuge einer Literaturrecherche wurden diverse Barrieren für das Recycling von Gipsplatten identifiziert, die auch in Österreich von Relevanz sind. Dazu gehören beispielweise ein mangelndes Bewusstsein und mangelnde Umsetzung bei der Trennung von Gipskartonplatten auf der Baustelle, unzureichende Sortier-, Sammel- und Recycling-Infrastruktur, störende Zusatzstoffe und der potenzielle Export der Gipsabfälle zur Behandlung im Ausland. Diese Barrieren können durch mehr Bewusstseinsbildung auf der Baustelle, legislative Maßnahmen (z. B. die Festlegung des Abfallendes für Gipskartonplattenabfälle, gesetzliche Zielvorgaben für eine Sammel- und Recyclingquote), Entwicklung von Technologien zur Ausschleusung von Störstoffen, und finanzielle Anreize zugunsten des Recyclings überwunden werden.

5 LITERATUR

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005. Entsorgung und Verwertung von Gipskartonplatten. Graz: Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

Austrotherm GmbH, 2024. Austrotherm Recycling Service. Austrotherm GmbH [Zugriff am: 26. April 2024] Verfügbar unter: <https://www.austrotherm.at/unternehmen/recycling/austrotherm-recycling-service>

BBSR, 2023. Recycling von Mineralwolle, die im Schmelzwannenverfahren hergestellt wurde. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung [Zugriff am: 2. Mai 2024] Verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2023/bbsr-online-29-2023-dl.pdf;jsessionid=C99FCEDC4CAA1CBDA14EF72B46462C2F.live11292?__blob=publicationFile&v=2

BFS, 2020. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung. Ergebnisse des Referenzszenarios. Bundesamt für Statistik [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung.assetdetail.12107020.html>

BFS, 2024. Bevölkerungsdaten im Zeitvergleich, 1950-2023. Bundesamt für Statistik [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken.assetdetail.32374798.html>

BGBI. I Nr. 102/2002. Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002) [Zugriff am: 4. Februar 2025] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20002086/AWG%202002%2c%20Fassung%20vom%2004.02.2025.pdf>

BGBI. I Nr. 200/2021. Bundesgesetz, mit dem das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 geändert wird (AWG-Novelle Kreislaufwirtschaftspaket) [Zugriff am: 13. Februar 2025] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2021/200/20211210?Abfrage=Gesamtabfrage>

BGBI. II Nr. 144/2021. Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, mit der die Deponieverordnung 2008 geändert wird (Änderung der Deponieverordnung) [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2021/144>

BGBI. II Nr. 181/2015. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruch-tätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruch-tätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung - RBV) [Zugriff am: 4. Februar 2025] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212>

BGBl. II Nr. 243/2024. Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, mit der die Deponieverordnung 2008 geändert wird [Zugriff am: 17. Februar 2025] Verfügbar unter:

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2024_II_243/BGBLA_2024_II_243.pdfsig

BGBl. II Nr. 39/2008. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008) [Zugriff am: 4. Februar 2025] Verfügbar unter:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005653>

BGBl. II Nr. 409/2020. Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung 2020) [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20011285/Abfallverzeichnisverordnung%202020%2c%20Fassung%20vom%2009.10.2024.pdf>

BGBl. II Nr. 415/2024. Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über die Behandlung von Gipsabfällen und die Herstellung und das Abfallende von Recyclinggips (Recyclinggips-Verordnung) [Zugriff am: 3. Mai 2025] Verfügbar unter:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20012808>

BGBl. III NR. 197/2016. Übereinkommen von Paris [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009674>

BMBF, 2021. GipsRec 2.0 – Gipsfaserplatten und Synthesegipsen zur Herstellung von RC-Gips. Bundesministerium für Bildung und Forschung [Zugriff am: 21. November 2024] Verfügbar unter: https://www.remin-kreislaufwirtschaft.de/fileadmin/ReMin/documents/06_GipsRec__1_.pdf

BMK, 2021. EPS- und XPS-Dämmstoffabfälle ab der Baustelle. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 24. April 2024] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/publikationen/eps-xps-daemmstoffe.html

BMK, 2022a. Dämmstoffe richtig eingesetzt. Eignung, Anwendung und Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 24. April 2024] Verfügbar unter: https://www.umweltberatung.at/download/?id=daemmstoffe_1092-bmk-klimaaktiv.pdf

BMK, 2022b. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 7. Oktober 2024] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html

BMK, 2024a. Die Bestandaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp2023.html

BMK, 2024b. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft – Erster Fortschrittsbericht Juni 2024. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 7. Oktober 2024] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html

BMK, 2024c. EU-Emissionshandel. Aktuelle Entwicklung Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 3. Februar 2025] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/eu_emissionshandel/aktuelle_entwicklung.html

BMK, 2024d. Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich. Periode 2021-2030. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie [Zugriff am: 4. Februar 2025] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/energie_klimaplan.html

BMK, 2024e. Jahresabfallbilanzen (eBilanzen) gemäß AWG 2002 und BGBl. II Nr. 497/2008. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

BMWSB, 2017. Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauedaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf

BREHME, C., 2024. Gips als Baustoff: Wie ist der Stand beim Recycling? In: MDR [Zugriff am: 29. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/wirtschaft/recycling-gips-104.html>

Bruno Schulz GmbH. Gipsrecycling. Bruno Schulz GmbH [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://schulz-baustoffe.de/gipsrecycling.htm>

BRV, 2022. Verwertung von Gipsplatten und Gipsbauteilen aus dem Rückbau. Sammlung, Vorsortierung und Aufbereitung von RC-Gips Baustoff-Recycling-Verband [Zugriff am: 21. November 2024] Verfügbar unter: https://www.br.v.at/wp-content/uploads/_MEDIA/shop/InfoFolder_Gips_Planer+Bauherren_RZ01.pdf

BTE, 2008. Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte. Essen: Bund Technischer Experten, Arbeitsblatt der BTE-Arbeitsgruppe [Zugriff am: 12. Dezember 2024] Verfügbar unter: https://www.bte-mitglieder.de/upload/bte75_Arbeitsblatt%20Lebensdauer%20von%20Bauteilen%20FG%20Bauwesen%20Agethen%20Frahm%20Renz%20Thees%20Stand%202008.pdf

Bundeskanzleramt, 2020. Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020-2024. Wien: Bundeskanzleramt [Zugriff am: 16. Oktober 2024] Verfügbar unter: <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdokumente.html>

Bundeskanzleramt, 2024. Sanierungsoffensive 2023/2024. Bundeskanzleramt [Zugriff am: 11. Dezember 2024] Verfügbar unter: https://www.oesterreich.gv.at/themen/umwelt_und_klima/energie_und_ressourcen/sparen/1/sanierungsoffensive.html

Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V., 2020. Der Bedarf an mineralischen Rohstoffen. Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.

Bundesverband der Gipsindustrie, 2024. Recyclingquote von Gips deutlich gesteigert. Pressemitteilung vom 9.9.2024. Bundesverband der Gipsindustrie [Zugriff am: 29. November 2024] Verfügbar unter: https://www.gips.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemeldungen/2024/MI_1024_BV_Gips_-_Recyclingquote_von_Gips_deutlich_gesteigert.pdf

BUNZEL, J.-M. und M. WILCZEK, 2016. Industrielles Recycling von gipshaltigen Abfällen. Betriebserfahrungen und Produktqualität der Aufbereitungsanlage in Großpösna/Störmthal. In: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle, Band 3. Berlin] Verfügbar unter: <https://books.vivis.de/produkt/mna3/>

Conversio Market & Strategy GmbH, 2017. Aufkommen und Management von EPS- und XPS-Abfällen in Deutschland 2016 in den Bereichen Verpackung und Bau. Ausgearbeitet für BASF, FPX, IK, INEOS STYROLUTION, IVH, PlasticsEurope Deutschland, pro-K. Frankfurt: Conversio Market & Strategy GmbH.

Conversio Market & Strategy GmbH, 2020. Waste generation, waste streams and recycling potentials of HBCD containing EPS/XPS waste in Europe and forecast model up to 2050. Elaborated for BASF SE. Ludwigshafen: Conversio Market & Strategy GmbH.

CreaCycle GmbH, 2021. Technologien des werkstofflichen Recyclings in der Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe – eine kritische Bestandsaufnahme.

CreaCycle GmbH [Zugriff am: 25. April 2024] Verfügbar unter: https://www.creasolv.de/images/2021.04.15_CreaSolv_Positionspapier_DE.pdf

DEMACSEK, C., 2024, 12. Juli 2024. Dämmstoffstatistik 2016-2023. E-Mail [Zugriff am: 21. November 2024].

DERA, 2023. Abschlussbericht Dialogplattform Recyclingrohstoffe. Steckbrief - GipsDeutsche Rohstoffagentur, [DERA Rohstoffinformationen, 58] Verfügbar unter: https://www.bgr.bund.de/Recyclingrohstoffe/DE/Downloads/Dialogplattform%20Steckbrief-Gips.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Destatis, 2024a. Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Warenverzeichnis (8-Steller). Statistisches Bundesamt [Zugriff am: 6. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/>

Destatis, 2024b. Produktion im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (9-Steller). Statistisches Bundesamt [Zugriff am: 6. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/>

Destatis, 2024c. Statistische Jahrbücher für die Bundesrepublik Deutschland. Statistisches Bundesamt [Zugriff am: 6. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.statistischebibliothek.de/>

DITTRICH, S., 2024, 21. Oktober 2024. Anfrage zu Forschungsvorhaben im Bereich Gipsrecycling.

DŽUBUR, N. und D. LANER, 2018. Evaluation of Modeling Approaches to Determine End - of - Life Flows Associated with Buildings: A Viennese Case Study on Wood and Contaminants. In: Journal of Industrial Ecology, 22(5), 1156-1169.

Eberhard Recycling, 2024. Kreislaufwirtschaft im Baubereich. Herausforderung und Chancen für innovative Unternehmen. Vortrag am 25. Juni 2024, Kreislauftag 2024. Eventalm, Meienbreitenstrasse 9, 8153 Rümlang.

EDWARDS, P., 2024. Gypsum recycling trends. In: Global gypsum magazine [Zugriff am: 5. März 2025] Verfügbar unter: <https://www.globalgypsum.com/magazine>

Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2014. Modellierung der Gipsflüsse in der Schweiz. Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft.

Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2020. Mischabbruchverwertung in der Schweiz. Freienbach: Energie- und Ressourcen-Management GmbH.

e-think, 2023. Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Wien: Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt.

Europäische Kommission, 2020. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa Europäische Kommission [Zugriff am: 5. Juli 2024] Verfügbar unter: https://www.parlament.gv.at/dokument/XXVII/EU/15545/imfname_10967399.pdf

Europäisches Parlament, 2024. Reduktion von CO₂-Emissionen: Ziele und Maßnahmen der EU. Europäisches Parlament [Zugriff am: 3. Februar 2025] Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20180305STO99003/reduktion-von-co2-emissionen-ziele-und-massnahmen-der-eu>

Fachverband Mineralwolleindustrie e.V., 2024. Umwelt-Produktdeklarationen. Mit EPDs Gebäude nachhaltig planen und ökologisch bewerten Fachverband Mineralwolleindustrie e.V. [Zugriff am: 5. März 2025] Verfügbar unter: <https://www.fmi-mineralwolle.de/mineralwolle/epds-umwelt-produktdeklarationen#:~:text=Fachgerecht%20eingebaute%20Mineralwolle%20h%C3%A4lt%20ein,f%C3%BCr%20ihre%20Herstellung%20ben%C3%B6tigt%20>

Fachvereinigung Extruderschäum e.V., 2023. XPS Circular: Einfaches und Nachhaltiges Recycling von XPS-Baustellenverschnitten ab 1. September 2023. Fachvereinigung Extruderschäum e.V. [Zugriff am: 25. April 2024] Verfügbar unter: <https://xps-spezialdaemmstoff.de/xps-circular-pressemitteilung/>

Fraunhofer Austria Research GmbH, 2024. Styropor: Österreichweite Sammlung und Wiederaufbereitung von EPS-Dämmplattenverschnitt startet. Pressemitteilung vom 09.09.2024. Fraunhofer Austria Research GmbH [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20240909_OTS0094/styropor-oesterreichweite-sammlung-und-wiederaufbereitung-von-eps-daemmplattenverschnitt-startet

Fraunhofer IBP, 2015. Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS. Möglichkeiten der Wiederverwertung von Bestandteilen des WDVS nach dessen Rückbau durch Zuführung in den Produktionskreislauf der Dämmstoffe bzw. Downcycling in die Produktion minderwertiger Güter bis hin zur energetischen Verwertung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/15029008835.pdf>

Fraunhofer IBP, 2024. Entsulphatisierung von Bauschutt. Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP] Verfügbar unter: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ensuba.html>

GEEVERS, R., 2024. MARCH 29TH, 2024 Recycling Technology for Expanded Polystyrene containing legislated HBCD proven to be successful. Ps Loop B.V. [Zugriff am: 25. April 2024] Verfügbar unter: https://www.psloop.eu/news/project_completion/

GipsCycle, 2024. Dentalgips recycling [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.recycling-dental.de/gipscycle>

GRADISCHNIG, P., 2024, 15. Oktober 2024. Daten zur Inverkehrsetzung von Gipskartonplatten in Österreich. E-Mail.

GRUNOW, M. und N. KAMBECK, 2018. Recycling von HBCD-haltigen Dämmstoffen als Entsorgungsoption im Sinne der „Circular Economy“. In: Zeitschrift für Stoffrecht, 15, 245-248 [Zugriff am: 25. April 2024] Verfügbar unter: https://stoffr.lexxion.eu/data/article/13745/pdf/stoffr_2018_06-007.pdf

GzG Gipsrecycling GmbH, 2025, 27. Februar 2025. Informationen zur geplanten Recyclinganlage für Gipskartonplatten in Niederösterreich. E-Mail.

HILDEBRANDT, T., 2024, 18. Oktober 2024. Erhebung zum Stand der Technik sowie innovative Verfahren beim Gipsrecycling. E-Mail.

Hirsch Porozell GmbH, 2024. Dämmstoffe und Verpackungen aus EPS, EPP und Faserguss. Qualität und Nachhaltigkeit vom Marktführer Hirsch Porozell GmbH [Zugriff am: 7. Mai 2024] Verfügbar unter: <https://porozell.hirsch-gruppe.com/>

IFEU, 2022. Der Gebäudebestand steht vor einer Sanierungswelle – Dämmstoffe müssen sich den Materialkreislauf erschließen. Forschungsprojekt, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (AZ 34426_02-25) und dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg [Zugriff am: 5. September 2024] Verfügbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2022_04_07_D%C3%A4mmstoffe_II_JR_CV_FK.pdf

- IIBW, 2023. Monitoring-System zu Sanierungsmaßnahmen in Österreich 2023. Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH und Umweltbundesamt [Zugriff am: 21. November 2024] Verfügbar unter: <https://iibw.at/de/forschungsdatenbank-suche/118-2021-6>
- Industrieverband Hartschaum e.V., 2021. EPS-Leitfaden für Weiterverwertung & Recycling. Berlin: Industrieverband Hartschaum e.V. [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.ivh.de/wp-content/uploads/EPS-Leitfaden-Weiterverwertung-Recycling-12-2021_IVH_VDPM.pdf
- James Hardie, 2024. fermacell® Recycling. James Hardie [Zugriff am: 21. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.fermacell.ch/ch/recycling>
- Lindner, 2024a. LinLoop – zirkuläre Geschäftsmodelle. Lindner [Zugriff am: 17. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.lindner-group.com/de/kompetenzen/green-building-zirkulaeres-bauen/linloop-zirkulaere-geschaeftsmodelle>
- Lindner, 2024b. Zirkuläres Bauen. Wir l(i)eben unseren Materialkreislauf Lindner [Zugriff am: 17. Dezember 2024] Verfügbar unter: https://www.lindner-group.com/fileadmin/user_upload/intranet/service/green_building/presentationen/lindner_zirkulaeres-bauen_praesentation--de.pdf
- LIU, Y., A. LIN, J. THOMPSON, J.A. BOWDEN und T.G. TOWNSEND, 2024. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in construction and demolition debris (CDD): discerning sources and fate during waste management. In: Journal of hazardous materials, 472, 134567.
- MIMRA, C., 2021. Recycling von Mineralwolle - Behandlung von Steinwolle zur potentiellen Verwertung als Sekundärzuzugabe in der Zementindustrie. Masterarbeit. Montanuniversität Leoben [Zugriff am: 30. April 2024] Verfügbar unter: <https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/8306262/AC16431841.pdf>
- MUEG, 2024. Erste Gipsrecyclinganlage in Deutschland mit genehmigten Produktstatus. Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH [Zugriff am: 27. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://mueg.de/leistungen/gipsrecycling>
- ÖNORM B 8110-7, 2013. Wärmeschutz im Hochbau - Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte. Wien: Austrian Standards International.
- Parlament, 2023. Langfristige Budgetprognose 2022. Analyse. Wien: Parlament [Zugriff am: 27. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://www.parlament.gv.at/dokument/budgetdienst/budget/BD-Langfristige-Budgetprognose-2022.pdf>
- PreLonic Technologies, 2016. STREC. EPS/XPS Recycling Baubereich Endbericht. Linz [Zugriff am: 15. Mai 2024] Verfügbar unter: https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/us_AWBO_Endbericht_Studie_STREC_EPS_XPS_Recycling.pdf
- Remondis, 2024a. Gipsrecycling Remondis Südwest. Remondis [Zugriff am: 27. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://www.gipsrecycling-suedwest.de/>
- Remondis, 2024b. Warum Gipsrecycling die Zukunft ist [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.gipsrecycling-suedwest.de/>

Rigips, 2016. Rigips führt erfolgreich Recyclingwerk für Gips [Zugriff am: 27. Juni 2024].

RMA, 2012. Aufkommen von Dämmstoffen im Oö. Wohnbau und künftige Anforderungen aus Sicht der Abfallwirtschaft. Projekt ADOSA. Wien: Ressourcen Management Agentur.

ROCKWOOL Handelsgesellschaft m.b.H., 2024. Recycling bei ROCKWOOL – Rücknahme-Service Rockcycle® Austria. Steinwolle entsorgen und recyceln mit ROCKWOOL! ROCKWOOL Handelsgesellschaft m.b.H. [Zugriff am: 29. April 2024] Verfügbar unter: <https://www.rockwool.com/at/downloads-und-services/steinwolle-entsorgen/>

Saint-Gobain, 2017. Saint-Gobain weiht neue Recycling-Anlage ein [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.gelsenkirchen.de/de/_meta/aktuelles/artikel/30642-saint-gobain-weiht-neue-recycling-anlage-ein

Saint-Gobain, 2023. Kreislaufwirtschaft im Vormarsch – Startschuss für das erste Gips-zu-Gips- Recyclingwerk in Österreich. Saint-Gobain [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.saint-gobain.at/presseaussendung/kreislaufwirtschaft-im-vormarsch-startschuss-fuer-das-erste-gips-zu-gips-recyclingwerk-oesterreich>

SATTLER, T.M., 2024. Development of Innovative Recycling Processes for Mineral Wool Waste. Dissertation. Leoben: Montanuniversität Leoben [Zugriff am: 29. April 2024] Verfügbar unter: <https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/26589483/AC17130074.pdf>

SCHMIDT, C., 2024. Neues Forschungsprojekt für nachhaltiges Gipsrecycling [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.euwid-recycling.de/news/forschung-praxis/neues-forschungsprojekt-fuer-nachhaltiges-gips-recycling-211024/>

STAT AT, 2024a. Bevölkerung seit 1869 nach Geschlecht. Statistik Austria [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/historische-volkszaehlungen>

STAT AT, 2024b. PRODCOM. Statistik Austria [Zugriff am: 5. März 2025] Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/industrie-bau-handel-und-dienstleistungen/gueterproduktion/prodcom>

STAT AT, 2024c. STATcube: Bevölkerung im Jahresdurchschnitt seit 1981. Statistik Austria [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://statcube.at/>

STAT AT, 2024d. Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2023–2080 laut Hauptvariante. Statistik Austria [Zugriff am: 5. Dezember 2024] Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/demographische-prognosen/bevoelkerungsprognosen-fuer-oesterreich-und-die-bundeslaender>

Strabag, 2014a. Gips-Recycling in Baden Württemberg - ein Unternehmen steigt ein. Vortrag am 7. Oktober 2014, Ressourceneffizienz mit Gipsrecycling. Berlin

[Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.gips.de/fileadmin/user_upload/download/recyclinggips/Waletzko_Gips-RC-2014.pdf

Strabag, 2014b. STRABAG Umwelttechnik GmbH eröffnet Gipsrecycling-Anlage in Deißlingen. Pressemitteilung vom 2014. Strabag [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: https://www.strabag-umwelttechnik.com/databases/internet/_public/content.nsf/web/DE-STRABAGUMWELTTECHNIK.COMN-NEWS-STRABAG%20Umwelttechnik%20GmbH%20er%c3%b6ffnet%20Gipsrecycling-Anlage%20in%20Dei%c3%9flingen#!

SUFFYS, T., 2025, 11. März 2025. Zahlen zum Gipsrecycling in Europa.

swisspor, 2024. swissporECORIT. Zirkulärer Dämmstoff mit Schweizer Rohstoffen aus dem Rückbausswisspor [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.swisspor.com/ch-de/fuer-die-umwelt-1/swissporecorit>

SZOMBATHY, M., 2021. EPS-Recyclinganlage von PolyStyreneLoop in Betrieb. In: EU-Recycling Magazin, 38, 31 [Zugriff am: 25. April 2024] Verfügbar unter: https://eu-recycling.com/pdf/EU-Recycling_07-2021

TU Berlin, 2019. Leitfaden Recyclingpotential von Mineralwolle. Berlin: Technische Universität Berlin [Zugriff am: 13. August 2024] Verfügbar unter: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/19089008967.pdf>

Umweltbundesamt, 2017. Ökobilanzielle Betrachtung des Recyclings von Gipskartonplatten. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, Texte 33/2017 [Zugriff am: 15. November 2024] Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-04-24_texte_33-2017_gipsrecycling.pdf

Umweltbundesamt, 2020. Abfallszenarien 2050 (unveröffentlichter Bericht). Wien: Umweltbundesamt.

Umweltbundesamt, 2023a. Energie- und Treibhausgasszenario Transition 2040. Bericht für das Szenario Transition 2040 mit einer Zeitreihe von 2020 bis 2050. Wien: Umweltbundesamt, Report, REP-0880 [Zugriff am: 23. Oktober 2024] Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0880.pdf>

Umweltbundesamt, 2023b. Energie- und Treibhausgasszenarien 2023. WEM, WAM und Transition mit Zeitreihen von 2020 bis 2050. Wien: Umweltbundesamt, Report, REP-0882 [Zugriff am: 23. Oktober 2024] Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0882.pdf>

Umweltbundesamt, 2024a. Austria's National Inventory Report. Submission under Regulation (EU) No 2018/1999. Wien: Umweltbundesamt, Report, REP-0909 [Zugriff am: 8. August 2024] Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0909.pdf>

Umweltbundesamt, 2024b. Treibhausgase. Umweltbundesamt [Zugriff am: 24. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase>

VO (EU) 2018/1999. Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die

Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU und 2013/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2009/119/EG und (EU) 2015/652 des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates (EU-Governance Verordnung) [Zugriff am: 25. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999>

VO (EU) 2019/1021. Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe (POP-Verordnung) [Zugriff am: 11. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1021>

VO (EU) 2021/1119. Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 (Europäisches Klimagesetz) [Zugriff am: 25. Juni 2024] Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>

WALICA, W. und S. FLAMME, 2023. Verwertung von gipshaltigen Abfällen in Gipsfaserplatten [Zugriff am: 20. November 2024] Verfügbar unter: <https://www.nbau.org/2023/11/09/verwertung-von-gipshaltigen-abfaellen-in-gipsfaserplatten/>

6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus Polystyrol von 1970 bis 2023 (t/a).	22
Abbildung 2: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus Mineralwolle von 1970 bis 2023 (t/a).	24
Abbildung 3: Inverkehrsetzungsmengen von Dämmstoffen aus NAWARO und Polyurethan von 2016 bis 2023 (m ³ /a).	25
Abbildung 4: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus EPS und XPS gemäß dem Szenario WEM sowie den Subszszenarien A und B von 2020 bis 2050 (in t/a).	30
Abbildung 5: Entwicklung der Abfallmengen für PS-Dämmstoffe mit und ohne HBCDD-Belastung gemäß dem Hauptszenario WEM sowie den Subszszenarien A und B von 2020 bis 2050 (in t/a).	32
Abbildung 6: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus EPS und XPS gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).	33
Abbildung 7: Entwicklung der Abfallmengen für PS-Dämmstoffe mit und ohne HBCDD-Belastung gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).	34
Abbildung 8: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus Glas- und Steinwolle gemäß dem Hauptszenario WEM sowie den Subszszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).	36
Abbildung 9: Entwicklung der Abfallmengen für Dämmstoffe aus Glas- und Steinwolle gemäß dem Hauptszenario Transition sowie den Subszszenarien A und B von 2020 (reiner Verschnitt) bis 2050 (in t/a).	37
Abbildung 10: Verkaufte Mengen an Gipskartonplatten in Österreich, 1970–2050 (in t/a).	52
Abbildung 11: Abfallkoeffizient (dimensionslos).	53
Abbildung 12: Summe aus Sanierungs- und Abbruchrate 1970–2050 (in Prozent).	54
Abbildung 13: Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in Österreich [WEM-Szenario inklusive Subszszenarien] (in t/a).	56
Abbildung 14: Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich [Transition-Szenario inklusive Subszszenarien] (in t/a).	56

Abbildung 15: Plausibilisierung des abgeschätzten Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich (in t/a).....	59
Abbildung 16: Gipslager im Gebäudebestand der Schweiz und Österreich (in Tonnen pro Einwohner:in).....	60
Abbildung 17: Modellergebnisse zum Abfallaufkommen von Gipskartonplatten in der Schweiz und Österreich (in Tonnen pro Einwohner:in und Jahr).	60
Abbildung 18: Szenariobasierte Abschätzung des zukünftigen Abfallaufkommens von Gipskartonplatten in Österreich. (in Tonnen pro Jahr).	61
Abbildung 19: Abschätzung zum Abfallaufkommen von Gipskartonplatten im Abfallstrom Gips (SN 31438) und anderen baustellenbezogenen Abfallströmen (in Tonnen pro Jahr).....	62
Abbildung 20: Modellkonzept für Dämmstoffe aus Polystyrol.	87
Abbildung 21: Modellkonzept für Dämmstoffe aus Mineralwolle.	88
Abbildung 22: Modellkonzept für Gipskartonplatten.....	89
Abbildung 23: Produktion, Ausfuhr und Einfuhr von Gipskartonplatten in Deutschland, 2007–2023 (in Tonnen pro Jahr).....	90

7 ANHANG

7.1 Konzept für Dämmstoffmodell

Abbildung 20: Modellkonzept für Dämmstoffe aus Polystyrol.

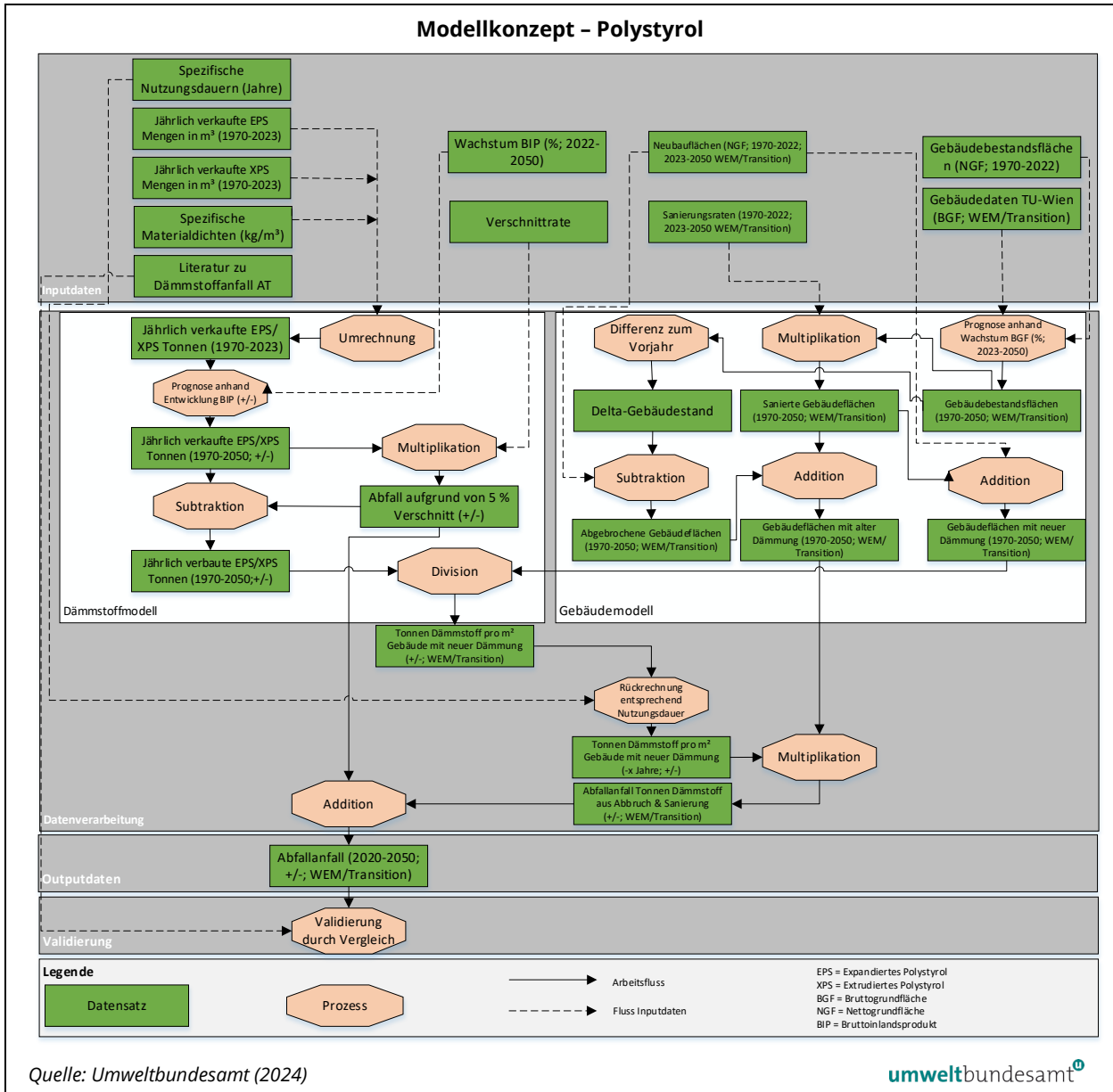
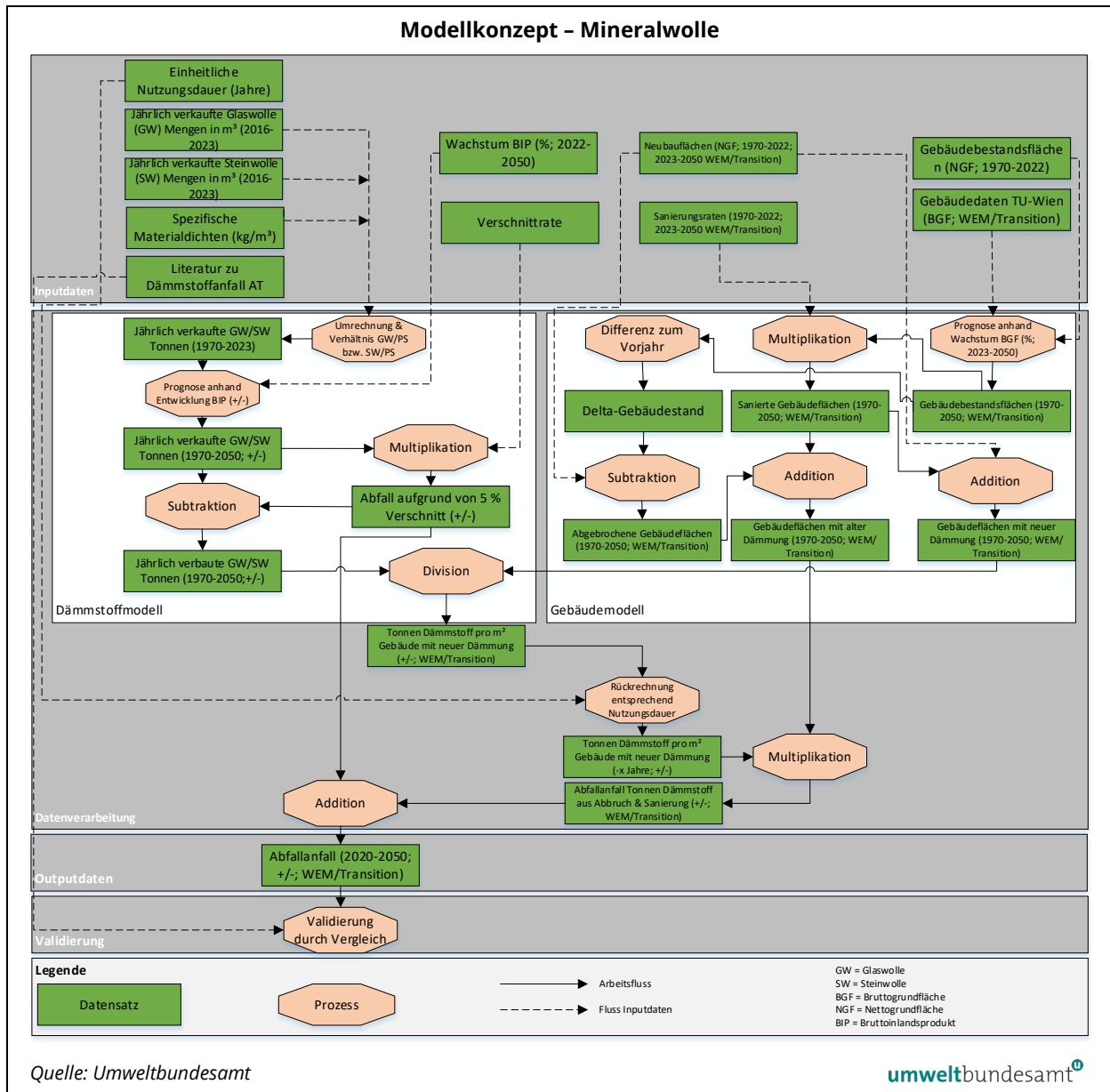
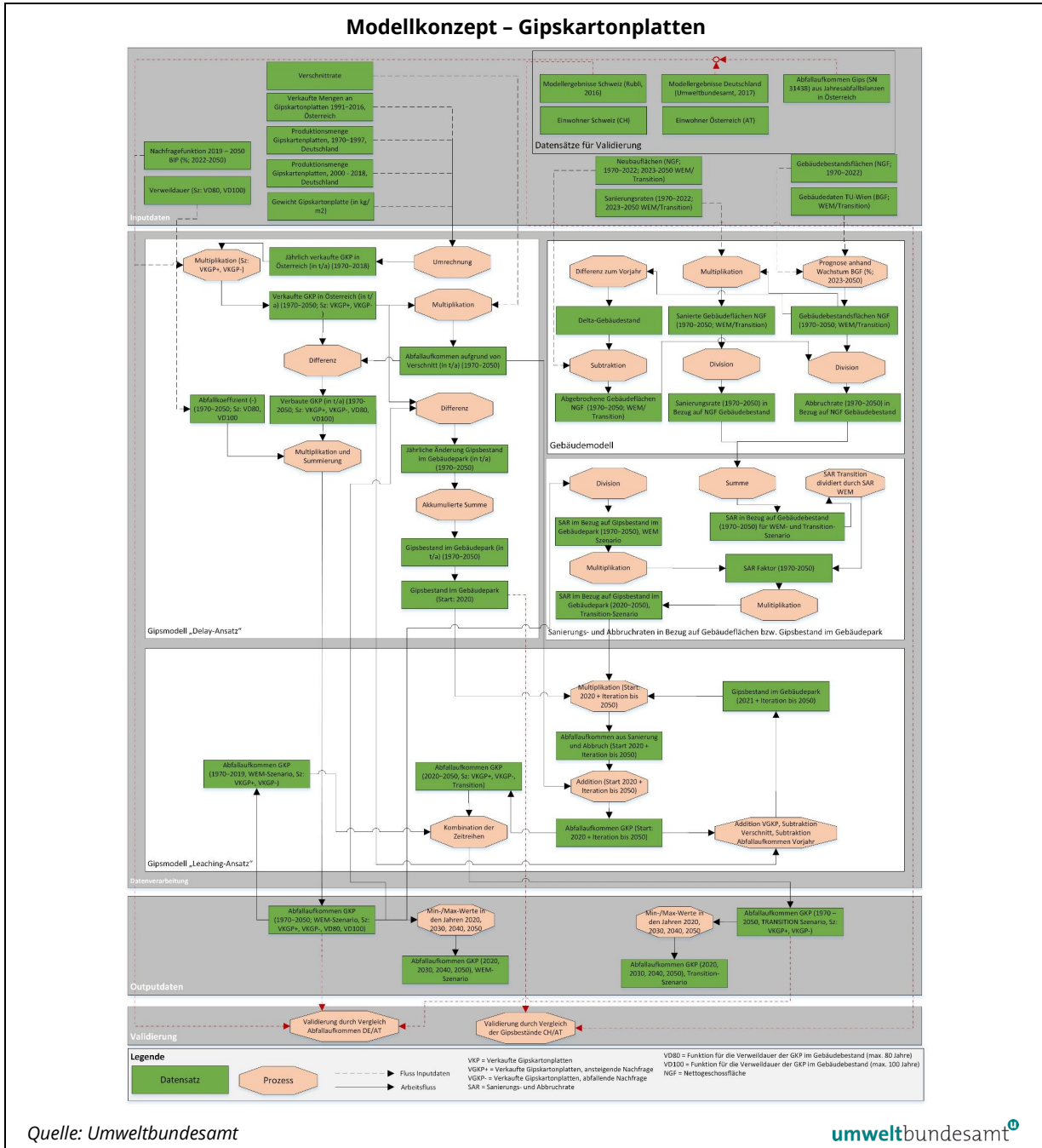


Abbildung 21: Modellkonzept für Dämmstoffe aus Mineralwolle.



7.2 Konzept für Gipsmodell

Abbildung 22: Modellkonzept für Gipskartonplatten.

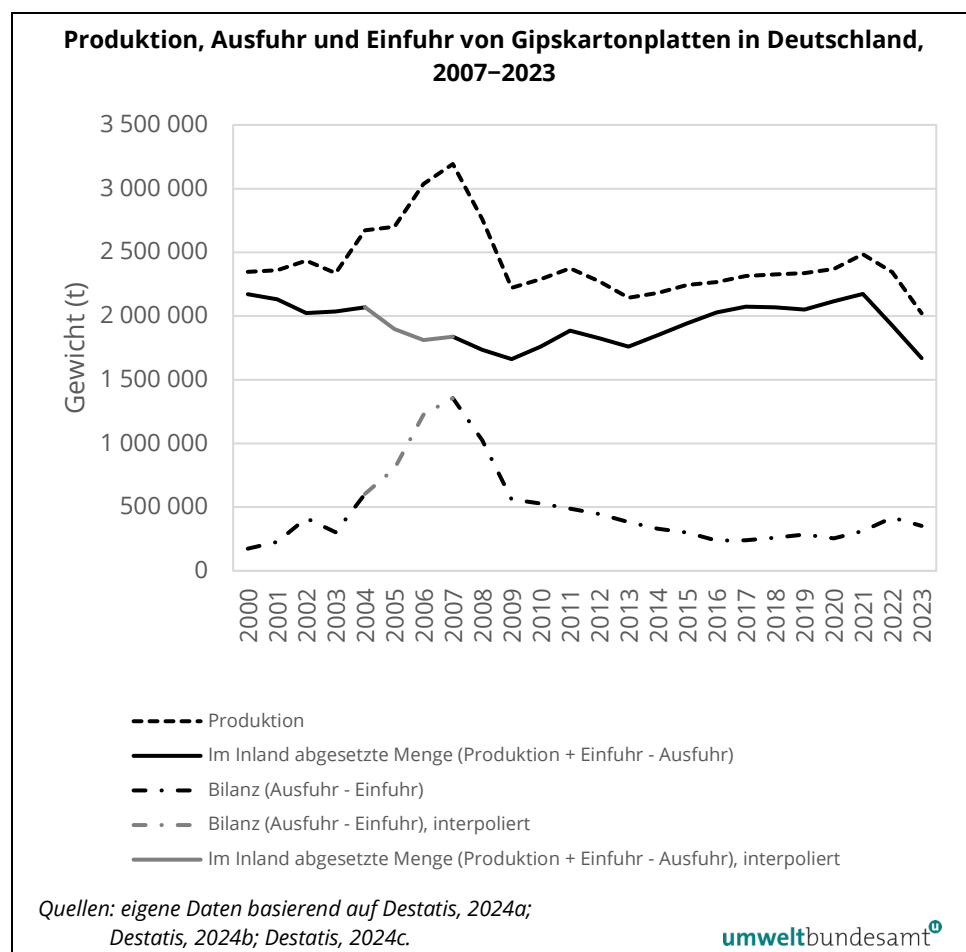


7.3 Produktion, Ausfuhr und Einfuhr ausgewählter Gipsprodukte

Die Datenquellen und Vorgangsweise zur Ermittlung der Verläufe in Abbildung 23 sind wie folgt:

- **Produktion:** Die Mengen (in m²) für Gipskartonplatten (GP19-236210501) von 2000 bis 2018 stammen aus den Statistischen Jahrbüchern (Destatis, 2024c). Die Mengen von 2019 bis 2023 stammen aus der GENESIS-Online Datenbank (Destatis, 2024b). Um das Gewicht in Tonnen pro Jahr zu erhalten, wurden die Mengen mit einem spezifischen Gewicht von 0,01 Tonnen je m² Gipskartonplatten multipliziert.
- **Einfuhr und Ausfuhr:** Das Gewicht (in Tonnen) von 2000 bis 2023 stammt aus der der GENESIS-Online Datenbank (Destatis, 2024a). Für die Jahre 2005 und 2006 liegen keine Daten für die Einfuhren vor, weshalb diese durch lineares Interpolieren zwischen 2004 und 2007 ermittelt wurden. Es wurde angenommen, dass die Ware „Platten, Dielen u. a. aus Gips mit Papier“ (WA68091100) ausschließlich Gipskartonplatten enthält.

Abbildung 23: Produktion, Ausfuhr und Einfuhr von Gipskartonplatten in Deutschland, 2007–2023 (in Tonnen pro Jahr).



7.4 Eckdaten zu ausgewählten Anlagen des Gipsrecyclings

Tabelle 12:
Mechanische Verfahren
des Gipsrecyclings an
drei ausgewählten
Standorten.

Betreiber	Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH
Standort	Großpösna bei Leipzig (DE)
Anlageninput	Gipskartonplatten (überwiegend), Formgipse (untergeordnet)
RC-Gips Verwendung	Gipskartonplatten o. Gipsfaserplatten (überwiegend), Gipsputze o. Gipsestriche, Zementindustrie (untergeordnet)
Prozess:	
<ul style="list-style-type: none"> • Vorselektion: manuelle Störstoffaushaltung bzw. mittels Sortierbagger • Zerkleinerung: Es sind mehrere Zerkleinerungsstufen installiert. • Metallabscheidung: Es sind mehrere Metallabscheider installiert. • Klassierungstechnik: Es sind mehrere Siebstufen installiert. 	
Betreiber	REMONDIS GmbH & Co. KG
Standort	Zweibrücken (DE)
Anlageninput	Gips(karton)platten, Gipsbausteine, Gips-Fehlchargen aus der Produktion, Formgipse; kein Porenbeton und keine Gipsfaserplatten
RC-Gips Verwendung	i.d.R. Abbinderegler und Sulfatträger (Zementindustrie)
Prozess:	
<ul style="list-style-type: none"> • Vorselektion: Baggervorsortierung (Bagger mit Sortiergreifer), in Anlage integriert nach der ersten Siebklassierung: Sortierkabine mit Handsortierung • Prallbrecher: Prallmühle • Metallabscheidung: NE- und FE-Abscheidung • Siebtechnik: Spannwellen und Trommelsiebe • Sichten in Schwer- und Leichtfraktion 	
Betreiber	Knauf
Standort	Deißlingen / Lauffen (DE)
Anlageninput	Gipskartonplatten
RC-Gips Verwendung in	Gipskartonplatten
Prozess:	
<ul style="list-style-type: none"> • Einwellenzerkleinerer / Vorbrecher • Magnetabscheider • Doppelwalzenbrecher • Zweiter Magnetabscheider 	

- Spannwellensieb, Doppeldeck: Papierfraktion → Austrag, Grobfraktion → Rücklauf über einen weiteren Granulator (Doppelwalzenbrecher) und erneute Aufgabe auf das Sieb, Feinfraktion → Austrag

Betreiber	Rigips AG
Standort	Granges (CH)
Anlageninput	Alle Arten von Gipskartonplatten und Vollgipsplatten aus Verschnitt und sortiert aus dem Rückbau. Keine Gipsfaser- und zementgebundene Platten.
RC-Gips Verwendung	ALBA-Vollgipsplatten

Prozess

- Aufgabebunker mit Grob-Zerkleinerer
- Magnetabscheider
- Schneckenbrecher / Vorbrecher
- Magnetabscheider
- Doppelwalzenbrecher
- Zweistufige Siebanlage: Papierfraktion --> Austrag; RC-Gips an Bunker zur Beimischung für Produktion

7.5 Erhebung zum Stand der Technik sowie innovative Verfahren des Gipsrecyclings

Tabelle 13: Anschreiben an Anlagenbauer, Gipsrecycler und Gipsproduzenten zwecks Erhebung zum Stand der Technik sowie innovativen Verfahren des Gipsrecyclings im Oktober 2024.

Erhebung zum Stand der Technik sowie innovative Verfahren beim Gipsrecycling

Sehr geehrte Damen und Herren,

in Österreich gilt ab 1.1.2026 ein Deponierungsverbot für Gipsplatten, Gips-Wandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten, die sich aufgrund der qualitativen Beschaffenheit für ein Recycling und die Herstellung von RC-Gips eignen. Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Klimaschutz (BMK) das Umweltbundesamt beauftragt, den Stand der Technik sowie innovative Verfahren zur Behandlung von Gipsplatten zu dokumentieren. Bei der Erhebung sind wir auf Ihre Kooperation angewiesen, da Sie als Anlagenbetreiber mit den Verfahren und den Herausforderungen bestens vertraut sind.

Wir ersuchen Sie recht herzlich, den beiliegenden Erhebungsbogen auszufüllen und bis 18. Oktober 2024 per E-Mail an Ulrich Kral (ulrich.kral@umweltbundesamt.at) zu schicken.

Die erhobenen Informationen fließen in die Dokumentation zum Stand der Technik ein. Auf Wunsch senden wir Ihnen den Berichtsteil gerne vor der Übermittlung an das BMK mit der Bitte um Durchsicht und Freigabe zu. Eine entsprechende Frage findet sich im Erhebungsbogen.

Die Verarbeitung der Daten erfolgt unter Einhaltung der Datenschutzerklärung des Umweltbundesamtes.

Bei Rückfragen können Sie sich gerne schriftlich (ulrich.kral@umweltbundesamt.at) oder telefonisch (+43 (0) 664 611 90 78) an mich wenden.

Mit freundlichen Grüßen

Ulrich Kral

*Tabelle 14:
Erhebungsbogen zum
Stand der Technik sowie
innovativen Verfahren
des Gipsrecyclings.*

Allgemein
Wollen Sie den Entwurf des Berichtes zur Durchsicht und Freigabe zugeschickt bekommen? Ja oder nein.
Name des Anlagenbetreibers und Standort der Anlage. Für jede Anlage bitte einen eigenen Erhebungsbogen verwenden.
Seit wann ist die Anlage in Betrieb? Angabe des Jahres.
Welche Kapazität hat die bestehende Anlage? Angabe in Tonnen pro Jahr.
Ist eine Anlagenerweiterung oder eine neue Anlage zur Behandlung gipshaltiger Abfälle geplant? Falls ja, bitte um kurze Beschreibung.
Inputs in die Anlage
Welche Abfallarten werden in der Anlage behandelt? Bitte Abfallschlüssel angeben.
Welche Gipsprodukte sind in den Abfällen enthalten? Beispiel: Gipskartonplatten, Gipsputze, Gipsformen, ...
Welche Annahmekriterien gibt es, um die Qualität des Inputmaterials zu sichern? Bitte hier angeben oder Link zu Webseite oder Dokument zur Verfügung stellen.
Stammen einzelne Gipsabfälle aus einer getrennten Sammlung? Beispiel: Gipskartonplatten
Wenn ja, welche Fraktionen werden getrennt gesammelt?
Werden Abfälle aus dem Ausland übernommen? Falls ja, welche?
Werden gemischte Abfälle übernommen? Wenn ja, welche?
Welche Aufbereitungstechniken (sofern gegeben) werden vor der Übernahme angewendet?
Verfahren
Welche Verfahrensschritte kommen zur Anwendung? Bitte um Kurzbeschreibung der einzelnen Schritte. Siehe Formatvorlage.
Optional: Bitte um Übermittlung eines Prozessbildes.
Gibt es innovative, neue Verfahren, die vor der Marktreife stehen (Patente, Forschungsvorhaben)? Bitte um Hinweise wie Internetlink, Kontaktdaten etc.

Outputs der Anlage

In welche Produkte gelangt der RC-Gips?
Z. B. Gipskartonplatten, Zement, ...

Welche Qualitätsanforderungen (in Abhängigkeit vom weiteren Verwertungsweg) gibt es beim RC-Gips?

Ist das Abfallende per Bescheid festgelegt? Bitte mit „Ja“ oder „Nein“ antworten.
Falls „Ja“, kann der Bescheid zu Verfügung gestellt werden?

Was passiert mit den Anteilen, die nicht stofflich verwertbar sind?

Abschlussfragen

Welche Probleme und Hürden gibt es bei der Behandlung der gipshaltigen Abfälle?

Welche Vorschläge bzw. Wünsche haben Sie, um die Sammlung, Behandlung und Verwertung zu verbessern?

Fallen Ihnen weitere relevante Punkte/Themen ein, die für den Stand der Technik sowie innovative Verfahren beim Gipsrecycling von Relevanz sind?

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

In der vorliegenden Studie wurden wesentliche Material- und Abfallströme aus dem Gebäudesektor identifiziert, für die bis zum Jahr 2050 mit markanten Veränderungen bezüglich des Aufkommens und mit Herausforderungen für die Abfallwirtschaft zu rechnen ist. Unter den Rahmenbedingungen der Energiewende wurden Dämmstoffe und Gipskartonplatten näher betrachtet.

Für die quantifizierten Abfallströme wurden Szenarien hinsichtlich der mengenmäßigen Entwicklung ihres Abfallanfalls entworfen. Zusätzlich wurde für diese Abfallströme ein qualitativer Überblick über derzeitige sowie zukünftige Behandlungsmöglichkeiten inner- und außerhalb Österreichs geschaffen.

Bis zum Jahr 2050 ist mit einem starken Anstieg im Abfallaufkommen für Dämmstoffe und Gipskartonplatten zu rechnen. Das bringt auch einige Herausforderungen mit sich, welche anhand von Treibern und Barrieren sichtbar gemacht wurden.