

Dekarbonisierungsoptionen für die Sächsische Wirtschaft

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	3
Motivation und Zielsetzung	3
1.1 Status quo & Transformationspfade	4
1.2 Technologie-, Branchen- & Handwerkssteckbriefe als erste Orientierung	6
1.3 Branchenübergreifende Technologien & Prozesse	7
1.4 Rechtlich-regulatorische Einordnung	9
1.4.1 Erhöhung des Strombedarfs	9
1.4.2 Umstellung von Gas auf Wasserstoff	9
1.5 Robuste Wirtschaftlichkeits-bewertungen als Grundlage von Investitionsentscheidungen	10
1.6 Fazit: Praxistaugliche Startpunkte für standortspezifische Transformationspfade	12

Kurzzusammenfassung

Motivation und Zielsetzung

Die Dekarbonisierung der Industrie und des Handwerks stellt eine zentrale Voraussetzung für die Erreichung der Klimaziele dar. Sie ist verbunden mit prozesstechnischen und infrastrukturellen Aufgaben – auch für die sächsische Wirtschaft. Um tragfähige Dekarbonisierungspfade zu entwickeln, müssen techno-ökonomische Optionen identifiziert und bewertet, sowie Wechselwirkungen mit der Energieinfrastruktur analysiert werden.

Prozessumstellungen, hohe Investitionsbedarfe, veränderte Energiebedarfe und Abhängigkeiten von der vorgelagerten Energieinfrastruktur prägen die Ausgangslage der Dekarbonisierung von Industrie und Wirtschaft. Zur praxistauglichen Unterstützung der sächsischen Wirtschaft bei diesem Transformationsprozess enthält diese Studie:

- **Technologie- und Branchensteckbriefe:** Dekarbonisierungstechnologien für zentrale Branchen in Sachsen, inkl. techno-ökonomischer Bewertung bewertet werden,
- **Abschätzung von Transformationspfaden:** Auswirkungen auf Energiebedarfe und benötigte Netzanschlussleistungen,
- **Wirtschaftlichkeitsberechnungen:** Anleitungen und Beispielrechnungen als Grundlage für Investitionsentscheidungen, und
- **Rechtlich-Regulatorische Einordnungen:** Rahmenbedingungen, Lücken und aktuelle Diskussion zur Strom- und Gasinfrastruktur.

Die Studie verfolgt einen wissenschaftlich fundierten, faktenbasierten Ansatz und bindet relevante Stakeholder ein, um realistische, umsetzbare Transformationspfade für die sächsische Wirtschaft aufzuzeigen.

Sie dient damit als Ausgangspunkt für die weiteren, standortspezifischen Betrachtungen zur Auswahl konkreter Dekarbonisierungstechnologien in den Fokusbranchen.

Wir präsentieren mit dieser Studie Dekarbonisierungsoptionen der sächsischen Wirtschaft und ziehen Rückschlüsse auf die notwendigen Interaktionsprozesse mit den Betreibern der vorgelagerten Energieinfrastruktur.

Dabei stehen vier Ziele im Vordergrund:

1. Identifizierung und techno-ökonomische Bewertung von Dekarbonisierungsoptionen für die sächsische Wirtschaft.
2. Aufzeigen der Auswirkung von Dekarbonisierungspfaden auf Energiebedarfe und Anschlussleistungen.
3. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse mit den sächsischen Akteuren aus Industrie, Handwerk, Politik und Energiewirtschaft.
4. Schaffung einer Grundlage zur Ableitung von Handlungsbedarfen für die weitere Dekarbonisierung der sächsischen Wirtschaft.

Die Studie spricht drei **Zielgruppen** an:

- **Industrie & Handwerk:** Die Technologiesteckbriefe sind der erste Anlaufpunkt für Unternehmen, um einen Überblick über Dekarbonisierungstechnologien zu erhalten. Davon ausgehend können standortspezifische Transformationskonzepte erarbeitet und bewertet werden.
- **Netzbetreiber & Energieversorger:** Durch die „Was wäre wenn...?“-Abschätzung der Transformationspfade erhalten die Netzbetreiber und Energieversorger eine erste Größenordnung der durch die Dekarbonisierung zu erwartenden Aufgaben und Ertüchtigungen für die vorgelagerte Energieinfrastruktur.
- **Politik:** Die Politik erhält einen Einblick in die technischen und ökonomischen Möglichkeiten und Lücken der Transformation. Daraus lassen sich zielgerichtete Anpassungen von Regulatorik und/oder Förderprogrammen ableiten.

1.1 Status quo & Transformationspfade

Die ausgewählten sächsischen Fokusbranchen weisen 2022 einen Endenergieverbrauch von rund 15,5 TWh auf. Davon sind bereits 42 % elektrifiziert. Weitere 9 % werden durch Erneuerbare Energien und 8 % durch Fernwärme bereitgestellt. Der wesentliche Transformationsbedarf zur Verminderung von energetisch bedingten Scope 1-Emissionen in der Industrie liegt folglich in der Substitution des verbleibenden fossilen Verbrauchs. Dieser besteht überwiegend aus Erdgas (36 %), ergänzt um Mineralöle (3 %) und Braunkohle (2 %).

Unter den betrachteten Fokusbranchen ist die Papierindustrie mit einem jährlichen Endenergieverbrauch von 2,2 TWh die energieintensivste Branche, gefolgt von Ernährung & Getränke (2,1 TWh), DV-Geräte & Uhren (2,0 TWh), Glas (1,9 TWh), Holz (1,6 TWh), Kfz (1,4 TWh) und Metallverarbeitung (1,2 TWh). Branchen mit niedrigeren absoluten Verbräuchen – u.a. Maschinenbau, Kunststoffe, Chemie II, Textilien, elektrische Ausrüstungen – sind trotz vergleichsweise geringerer Energieintensität **wirtschaftlich, beschäftigungspolitisch und durch ihre regionale Verankerung** bedeutend.

Die Elektrifizierung ist in den Fokusbranchen bereits relativ weit fortgeschritten.

Über 40% des Endenergiebedarfs werden elektrisch gedeckt. Für die Dekarbonisierung der verbleibenden fossilen Anteile weitere Maßnahmen erforderlich. Dazu gehören beispielsweise der Einsatz von Wärmepumpen, Elektro-/Elektrodenkessel, direktelektrische Beheizung, aber auch Brennstoffwechsel zu Biomasse oder Wasserstoff, sowie der erweiterte Einsatz von Fernwärme. Die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit hängen stark von Temperaturniveau, Prozesscharakteristika, Anlagenperipherie sowie lokaler, vorgelagerter Energieinfrastruktur ab.

Wo **Elektrifizierung** den Brennstoffeinsatz ersetzt, steigt der Strombedarf und damit möglicherweise die Anschlussleistung. Dies kann bauliche Ertüchtigung vorgelagerter Betriebsmittel (Leitungen, Transformatoren, ...) erfordern und mit zeitlichen Verzögerungen und zusätzlichen Kosten einhergehen. Perspektivische **Wasserstoffanwendungen** erfordern Zugänge zu H₂-Netzen, sowie eine ausreichende und wirtschaftliche Verfügbarkeit von grünem H₂.

Die vorgelagerten Energieinfrastrukturen müssen mit den Transformationsplänen der Standorte in Einklang gebracht werden.

Endenergieverbrauch ausgewählter Branchen
in TWh | Sachsen | 2022

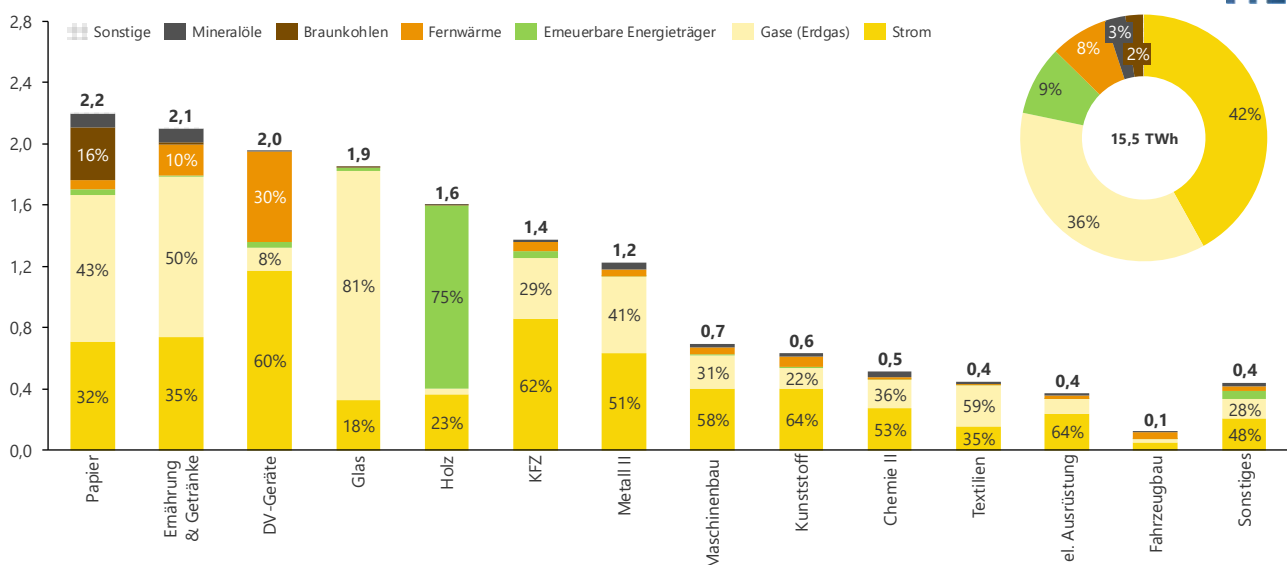


Abbildung 1: Endenergieverbrauch in TWh nach Energieträgern ausgewählter Branchen in Sachsen im Status quo (2022).

„Was wäre, wenn ...?“-Abschätzung: Verbräuche und Anschlussleistungen in beispielhaften Transformationspfaden

Anhand von zwei beispielhaften Transformationspfaden werden die zukünftigen Energieträger- und Anschlussbedarfe, insbesondere für Strom und (grünen) Wasserstoff, für ausgewählte Fokusbranchen abgeschätzt. Diese Ergebnisse zeigen einen Richtwert, keine Prognose, und ersetzen damit keine vollständig integrierte Energiesystemmodellierung. Sie beinhalten lediglich die ausgewählten Fokusbranchen. Mögliche Effizienzsteigerungen und Entwicklungen der Produktionsmengen sind nicht berücksichtigt.

• Pfad A: Starke Elektrifizierung

Vollständige Elektrifizierung im Temperaturniveau unter 100 °C durch den Einsatz von Wärmepumpen. Relativ hohe Elektrifizierungsgrade in der Wärmebereitstellung bei höheren Temperaturniveaus durch zunehmenden Einsatz direkt elektrischer Beheizung, mit ergänzendem Einsatz von Wasserstoff und biogener Brennstoffe.

• Pfad B: Moderate Elektrifizierung

Bereits in den unteren Temperaturniveaus kommen ergänzend Wasserstoff und biogene Brennstoffe zum Einsatz, mit steigendem Anteil in der Wärmebereitstellung in den höheren Temperaturniveaus.

Endenergieverbrauch

in TWh | Summe der betrachteten Fokusbranchen

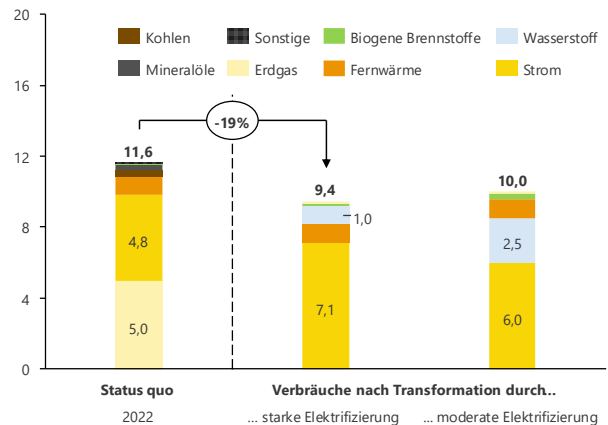


Abbildung 2: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der ausgewählten sächsischen Fokusbranchen in zwei möglichen Transformationspfaden.

In beiden Pfaden sinkt durch die Effizienz der Wärmepumpe und elektrischer Lösungen der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Status quo – um bis zu 19 % bei starker Elektrifizierung (Abbildung 2). In beiden Pfaden ist jedoch auch der stärkere Einsatz von Strom und Wasserstoff notwendig – einhergehend mit dem Aus- bzw. Aufbau der entsprechenden Infrastruktur und Anschlussleistungen (Abbildung 3).

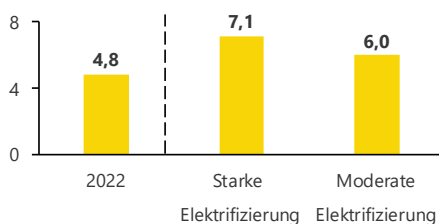
Auswirkungen der Transformationspfade auf ...



... den Endenergieverbrauch

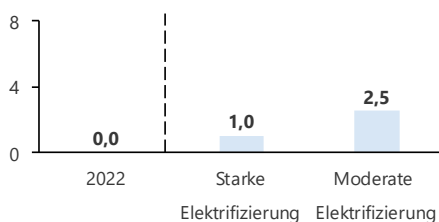
Endenergieverbrauch Strom

in TWh | Sachsen | Summe der betrachteten Fokusbranchen



Endenergieverbrauch Wasserstoff

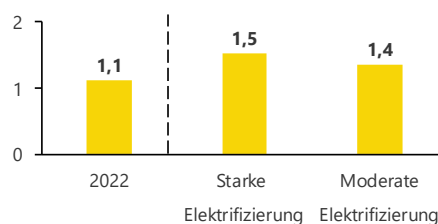
in TWh | Sachsen | Summe der betrachteten Fokusbranchen



... die Anschlussleistung

Anschlussleistung Strom

in GW | Sachsen | Summe der betrachteten Fokusbranchen



Anschlussleistung Wasserstoff

in GW | Sachsen | Summe der betrachteten Fokusbranchen

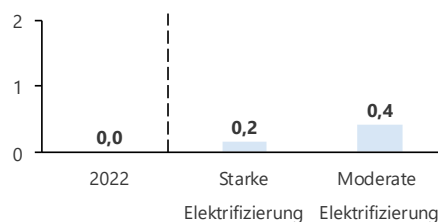


Abbildung 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der ausgewählten sächsischen Fokusbranchen für die Energieträger Strom und Wasserstoff in zwei möglichen Transformationspfaden.

1.2 Technologie-, Branchen- & Handwerkssteckbriefe als erste Orientierung

Zur Unterstützung der praktische Umsetzung stellt der Bericht kompakte Branchen- und Technologiesteckbriefe als Orientierungshilfe bereit. Diese bündeln je Branche die Status-quo Verbräuche, wesentliche Prozesse mit zugehörigen Temperaturniveaus, einschlägige Transformationstechnologien (inkl. Reifegrad), und geben eine indikative Abschätzung der Auswirkungen der Transformation auf Endenergiebedarfe und Anschlussleistungen.

Um den Status quo, mögliche Dekarbonisierungstechnologien und die Hürden auf dem jeweiligen Transformationspfad kompakt und praxistauglich darzustellen, wurden im Projekt Branchen- und Technologie-steckbriefe erstellt. Diese dienen vorrangig als Handlungshilfe **für Unternehmen**, um einen ersten Überblick über ihre Dekarbonisierungsoptionen zu erhalten. Weitere Zielgruppen sind die **(Verteil-) Netzbetreiber**. Diese erhalten einen Einblick auf die sich durch die Industrietransformation ändernden Anforderungen an die Energieinfrastruktur. Auch **politische Akteure** können die Steckbriefe als Grundlage zur Unterstützung der Dekarbonisierungsbemühungen der Unternehmen nutzen.

Ein branchenübergreifender Steckbrief wird durch branchenspezifische Betrachtungen ergänzt

Um möglichst viele Prozesse der Fokusbranchen sowie zugehörige Transformationstechnologien abzudecken, wird zunächst ein **Steckbrief der branchenübergreifenden Technologien** gezeigt, der ein möglichst breites Spektrum aus häufig anzutreffenden Anwendungen abdeckt. Dieser zeigt für **Unternehmen aus allen Branchen** der sächsischen Wirtschaft relevante Dekarbonisierungstechnologien auf und ist damit der erste Anlaufpunkt für alle Akteure.

Tieferegehende **branchenspezifischen Steckbriefe** betrachten anschließend **ausgewählte Branchen** detaillierter. Dies betrifft die Industriebranchen

- Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen & Erden,
- Papier,
- DV-Geräte & Uhren,
- Textilien,
- Chemie & Pharma,
- Gummi & Kunststoffe,
- Metallverarbeitung,
- Maschinenbau und
- Ernährung.

Weitere separate Steckbriefe betrachten Dekarbonisierungsoptionen für die **Handwerke**

- Bäcker,
- Fleischer und
- Textilreiniger.

Im Mittelpunkt aller Steckbriefe steht die Reduktion der Scope-1-Emissionen, also der direkt am Standort entstehenden Emissionen. Biogene Brennstoffe werden dabei als bilanziell CO₂-neutral behandelt. Alle Steckbriefe folgen einem einheitlichen Aufbau:

- **Branchenübersicht** mit Produktpalette, Beschreibung der Branchenstruktur in Sachsen sowie zentralen statistischen Kennzahlen.
- **Prozesse im Status quo**, dargestellt über schematische Prozessbilder sowie Temperaturniveaus energieintensiver Prozessschritte.
- **Transformationstechnologien**, gruppiert in Elektrifizierung, Brennstoffwechsel und CO₂-Abscheidung.

Für die Dekarbonisierungstechnologien wird sowohl mittels Technology Readiness Levels (TRL) die Marktreife, sowie mittels Ampelbewertung die Relevanz der Maßnahme auf dem Dekarbonisierungspfad bewertet (Abbildung 4). Diese Beschreibungen werden durch Hinweise zur resultierenden Anforderungen an die Energieinfrastruktur ergänzt.



Abbildung 4: Ampelfarben zur indikativen Bewertung der Transformationstechnologien.

Für jede Branche werden zudem die bereits beschriebenen **Transformationspfade** separat dargestellt und ausgewertet.

1.3 Branchenübergreifende Technologien & Prozesse

Die Anwendung **branchenübergreifender Technologien** ist nicht auf einzelne Wirtschaftszweige oder Prozesse beschränkt. Sie kommen in einer Vielzahl an Wirtschaftszweigen zum Einsatz und sind daher gebündelt dargestellt. Je niedriger das notwendige Temperaturniveau ist, desto einfacher lässt sich die Wärmebereitstellung elektrifizieren. Zur Dekarbonisierung sollten nach dem Ansatz „**Effizienz vor Transformation**“ zunächst Effizienzpotenziale gehoben werden, bevor anschließend Transformationsmaßnahmen umgesetzt werden:

1. Effizienz- & Suffizienzmaßnahmen prüfen: Effizienz (& ggf. Suffizienz) sind zentrale Hebel, bevor eigentliche Transformationstechnologien betrachtet werden sollten. Effizienz bedeutet, vorhandene Prozesse und Anlagen so zu optimieren, dass weniger Energie und Ressourcen für den gleichen Produktionsoutput benötigt werden. Suffizienzmaßnahmen hinterfragen den Bedarf an sich und reduzieren überflüssigen Verbrauch, z. B. durch Anpassung von Produktdesigns, spielen in der Regel jedoch eine untergeordnete Rolle.

2. Dekarbonisierung verbleibender (fossiler) Energiebedarfe: Beide Ansätze senken den Energiebedarf, und erleichtern damit die weitere Dekarbonisierung. Zum einen müssen nach Umsetzung der Energieeinsparmaßnahmen geringere verbleibende fossile Energieverbräuche gedeckt werden, zum anderen können Kapazitäten in den vorhandenen Anschlussleistungen freigesetzt werden.

Tabelle 1: Branchenübergreifende Technologien und exemplarische Anwendungsbereiche dieser.

Technologien & Anwendungsbereiche mit Scope 1-Emissionen		
	Prozesswärmeerzeugung (& -verteilung) z. B. Öfen, Schmelzwannen, Härteverfahren	Fokus: Effizienz- & Transformationsmaßnahmen
	Raumwärmeerzeugung (& -verteilung) z. B. Heizung von Büros oder Hallen, Luftkonditionierung	
	Warmwassererzeugung (& -verteilung) z. B. sanitäre Bereiche, Waschen, Reinigung	
	Mobilität z. B. manuelle Flurförderzeuge, Dienstwagen, Nutzfahrzeuge	
Technologien & Anwendungsbereiche mit Scope 2-Emissionen		
	Elektrische Antriebe z. B. Pumpen, Ventilatoren, Förderbänder	Fokus: Effizienzmaßnahmen
	Beleuchtung z. B. Hallenbeleuchtung, Außenbeleuchtung auf dem Werksgelände	
	Lüftungstechnik (Fokus Ventilatoren) z. B. Frischluftzufuhr, Belüftung von Reinräumen	
	Druckluft z. B. Reinigungsprozesse, pneumatische Systeme	
	Elektronische Datenverarbeitung (EDV), Information und Kommunikation (IKT) z. B. Büros, Verwaltung, firmeneigene Server	
	(Klima-) Kälteerzeugung & -verteilung z. B. Prozesskühlungen (Produkte, Produktionsanlagen), Raumklimatisierung	
Sonstige Technologien & Maßnahmen		
	Erneuerbare Energien z. B. Photovoltaik, Solarthermie	
	Gebäudehülle z. B. Wärmedämmung, Dachtragfähigkeit, elektrische Ausstattung	

Branchenübergreifende Technologien: Erster Anlaufpunkt für alle Unternehmen und Betriebe

Die **branchenübergreifenden Technologien**, die für nahezu alle Wirtschaftszweige in Sachsen relevant sind, bilden das Fundament der industriellen Dekarbonisierung. Im Mittelpunkt stehen Anwendungen der Prozess- und Raumwärme, der Warmwasserbereitung sowie der Mobilität, ergänzt durch Querschnittstechnologien wie elektrische Antriebe, Lüftung, Druckluft, Beleuchtung, IT/IKT und Kälteerzeugung. Diese Bereiche verursachen einen wesentlichen Anteil des Energieverbrauchs und beeinflussen direkt die entstehenden Scope-1-Emissionen.

Zentrales Prinzip ist der **Efficiency-First-Ansatz**: Vor dem Einsatz neuer Transformationstechnologien werden demnach Effizienzpotenziale gehoben werden. Dazu zählen u.a. die Optimierung von Lüftungs- und Kühlanlagen, die Modernisierung von Beleuchtungssystemen, der Einsatz effizienter Pumpen und Ventilatoren, die Reduktion von Druckluftverlusten sowie insbesondere die Abwärmenutzung. Diese Maßnahmen können den Energiebedarf erheblich reduzieren und erleichtern anschließend die Umstellung auf CO₂-arme Technologien.

Zur **Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung** stehen je nach benötigtem Temperaturniveau unterschiedliche Dekarbonisierungstechnologien zur Verfügung (Tabelle 2).

- **Niedertemperaturwärme (< 150 °C):**
Prozess- & Raumwärme, Warmwasser
Wärmepumpen, Solarthermie, Geothermie, Elektrokessel, Stromdirektheizungen, Fernwärme und Biomasse.
- **Mitteltemperaturwärme (150–500 °C):**
Prozesswärme
Elektrodenkessel, elektrische Heizelemente, Biomasse, Wasserstoff, sowie Hochtemperatur-Wärmepumpen.
- **Hochtemperaturwärme (> 500 °C):**
Prozesswärme
Elektrische Heizelemente, Biomasse, und Wasserstoff.

In der Langfassung des Berichts werden diese unterschiedlichen Optionen hinsichtlich technischer Reife (TRL), wirtschaftlicher Einsatzwahrscheinlichkeit (Ampelesystem) und infrastruktureller Anforderungen bewertet. Zu beachten ist: Ein erhöhter Strombedarf durch Elektrifizierungsmaßnahmen kann Anpassungen der Anschlussleistung oder Betriebsmittel nötig machen. Beim Einsatz von Biomasse sind Lagerflächen, Nachhaltigkeitsanforderungen und Verfügbarkeit zu beachten, Beim Einsatz von Wasserstoff

hingegen ist die die Kompatibilität der Gasinfrastruktur und (wirtschaftliche) Verfügbarkeit ausschlaggebend.

Im Bereich der **Mobilität** steht im Straßenverkehr die Elektrifizierung im Vordergrund – von Pkw über leichte Nutzfahrzeuge bis zu batterieelektrischen Lkw. Für den schwer elektrifizierbaren Schiffs- und Flugverkehr werden zukünftig voraussichtlich synthetische Kraftstoffe eingesetzt.

Tabelle 2: Anwendungen mit direktem Brenn-/Kraftstoffverbrauch und zugehörige Transformationsmaßnahmen

Anwendung	Transformationsmaßnahmen
Prozesswärme	Elektro-/ Elektrodenkessel, (Hochtemperatur-)Wärmepumpe, Biomasse, Wasserstoff
Raumwärme	Wärmepumpen, Solarthermie, Geothermie, Pellet-/Hackschnitzelheizung
Warmwasser	Heizstäbe (elektrische Warmwasserbereitung), Wärmepumpe, Solarthermie, sonstige dezentrale elektrische Systeme (zum Abschalten der Zentralheizung im Sommer)
Mobilität	Elektrisch angetriebene Fahrzeuge

1.4 Rechtlich-regulatorische Einordnung

Bei der Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen müssen neben techno-ökonomischen Aspekten auch die rechtlich-regulatorischen Rahmenbedingungen beachtet werden. Im Fokus der rechtlichen Untersuchung im Rahmen der Studie steht die Rolle der vorgelagerten Energieinfrastruktur, d. h. der Verteilernetzbetreiber.

In diesem Zusammenhang werden rechtliche Fragestellung betrachtet, die sich aus der **Elektrifizierung** und der **Umstellung** der Versorgung von **Erdgas** auf erneuerbare Gase, insbesondere **Wasserstoff**, ergeben.

1.4.1 Erhöhung des Strombedarfs

Das Thema Netzanschluss (§ 17 EnWG) entwickelt sich zunehmend zum Bottleneck für Unternehmen: Um der Nachfrage im Zuge **zunehmender Elektrifizierung** gerecht zu werden, ist ein effizienter Netzausbau erforderlich. Eine zentrale Herausforderung für Netzbetreiber liegt in der rechtzeitigen Bedienung einer **wachsenden Anzahl an Netzanschlussbegehren**, bei immer weniger freien Netzanschlusskapazitäten. Der rechtliche Rahmen ist aktuell nur bedingt geeignet, dieser Problematik effektiv zu begegnen. Die gesetzlichen Vorgaben müssen daher zeitnah so angepasst werden, dass der Stau bei Anschlussbegehren gelöst wird. Ein möglicher Ansatz ist die **Abkehr vom sog. Windhundprinzip** (Prioritätsprinzip), indem nicht allein auf den zeitlichen Eingang des Anschlussbegehrens als einziges Entscheidungskriterium abgestellt wird. Vielmehr könnte im Rahmen eines sog. „first ready, first served“-Verfahrens die Planungsreife des Vorhabens als Kriterium herangezogen werden, um spekulatives Reservieren von Kapazitäten zu erschweren. Weitere mögliche Ansätze sind die Ermöglichung von Mehrfachnutzung, die netzdienliche Kombination von Anschlusspetenten und die Flexibilisierung von Netzanschlussverträgen. Die Debatte um eine Reform des Netzanschlussverfahrens verdeutlicht, dass die bestehenden Vergabemechanismen angesichts knapper werdender Netzanschlusskapazitäten an ihre Grenzen stoßen und dringender Handlungsbedarf besteht.

Im Bereich Strom stellen **hohe Netzentgelte** ein weiteres zentrales Hindernis für die Dekarbonisierung der Industrie dar. Die Netzentgelte bilden die wesentliche Einnahmequelle der Verteilernetzbetreiber. Die bereits angestoßenen Bemühungen zur **Neugestaltung der Netzentgeltsystematik** und der **individuellen Netzentgelte** enthalten hier wertvolle Ansätze. Es kommt nun auf eine rasche Konkretisierung der Reformvorschläge durch die BNetzA an. Die getroffenen

Regelungen müssen praxistauglich sein, insbesondere muss der bürokratische Aufwand für die Anwender auf ein Minimum beschränkt werden.

Im Zuge der Dekarbonisierung gewinnt auch die **rechtliche Einstufung von Kundenanlagen** durch die Rechtsprechung des EuGH und BGH praktische Bedeutung. Relevant ist die Frage, unter welchen Voraussetzungen Betreiber solcher Anlagen als Verteilernetzbetreiber (VNB) gelten. Eine Einstufung als VNB bringt weitreichende Pflichten mit sich und kann organisatorische, finanzielle und rechtliche Herausforderungen für die Unternehmen nach sich ziehen. Um Rechtsunsicherheit hinsichtlich geltender Regulierungsvorgaben zu vermeiden, ist ein **vorübergehender dreijähriger Bestandsschutz für Kundenanlagen** geplant.

1.4.2 Umstellung von Gas auf Wasserstoff

Die Transformation des Erdgasnetzes hin zu **Wasserstoff** bewegt sich im Spannungsfeld zwischen Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Während auf Transportnetzebene in Form der Etablierung des Kernnetzes bereits wesentliche gesetzgeberische Schritte unternommen wurden, sehen sich die Akteure auf Verteilernetzebene **erheblichen regulatorischen Unsicherheiten ausgesetzt**. Dies hat das Potenzial, die Dekarbonisierung von Industrien außerhalb des Kernnetzes deutlich zu verzögern. Der europäische Gesetzgeber hat im Sommer 2024 durch das Gaspaket die Rahmenbedingungen für den Gas- und Wasserstoffmarkt vorgelegt. Die zentrale Rolle der Verteilernetzbetreiber bei der Transformation wird hier u. a. durch die Einführung einer **originären Planungsverantwortlichkeit** für Wasserstoffverteilernetze und Stilllegungspläne adressiert. Letztere bieten Netzbetreibern auch die Grundlage für die **Verweigerung von Netzanschlüssen oder deren Kündigung**.

Seit Anfang November liegt nun ein Gesetzesentwurf der Bundesregierung zur Änderung des EnWG zur Umsetzung des Gaspakets vor, der zentrale Vorgaben für die Realisierung der Transformation der Erdgasverteilernetze hin zu Wasserstoff enthält. Während die angestrebte Novellierung des EnWG unbedingt zu begrüßen ist, besteht mit Blick auf den Entwurf **Nachsteuerungsbedarf**. So bleiben etwa einige wesentliche Normvorschläge zu unbestimmt. Darüber hinaus scheint die angelegte Verschränkung der neuen verbindlichen Planungsinstrumente mit unverbindlichen Plänen der Wärmeplanung konkretisierungswürdig. Fragen ergeben sich auch im Hinblick auf die gewählte Fristsetzung für die Anschlusskündigung und die **Finanzierung von Wasserstoffverteilernetzen**. Der Gesetzgeber ist gehalten, zeitnah praxistaugliche Lösungen zu entwickeln und das Gesetzgebungsverfahren rasch voranzutreiben.

1.5 Robuste Wirtschaftlichkeitsbewertungen als Grundlage von Investitionsentscheidungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Kapitalwertmethode ermöglicht eine ganzheitliche Bewertung von Investitionen über den Amortisationszeitraum hinaus. Sie ermöglicht es eigenständige Sensitivitäten zu berechnen und bildet damit eine robuste Grundlage zur Bewertung von Investitionsentscheidungen.

Grundsätzlich unterscheiden sich die Methoden zur Wirtschaftlichkeitsbewertung in zwei Gruppen.

- **Statische Verfahren** bewerten Investitionen anhand einer durchschnittlichen Periode (bspw. durchschnittliche Kosten/Erlöse) ohne Berücksichtigung des Zeitpunkts einer Zahlung. Sie sind relativ einfach anwendbar, jedoch lediglich für Näherungswerte oder Investitionen mit geringem Volumen geeignet.
- **Dynamische Verfahren** sind State-of-the-Art bei hohen Investitionsvolumina. Sie berücksichtigen die Zeitpunkte von Ein- und Auszahlungen (sog. Zeitwert des Geldes) und haben damit einen höheren Berechnungsaufwand, der sich allerdings in genaueren Ergebnissen und damit fundierteren Investitionsentscheidungen auswirkt.

In der Praxis wird häufig **die statische oder dynamische Amortisationszeit** zur Wirtschaftlichkeitsbewertung genutzt. Sie gibt an, wie lange es dauert, bis investiertes Kapital wieder zurückgeflossen ist – also „bis wann sich eine Investition rechnet“. Sie ist damit ein Maß für das Risiko einer Investition, gibt jedoch keine Aussagen zur Rentabilität und berücksichtigt insbesondere die Erträge außerhalb des Amortisationszeitraums nicht. **Oft scheitern daher über ihre Lebenszeit gesehen rentable Maßnahmen, bspw. zur Energieeffizienz, an den geforderten, zu kurzen Amortisationszeitvorgaben.**

Die Kapitalwertmethode nach der VALERI-Norm für robuste Wirtschaftlichkeitsbewertungen

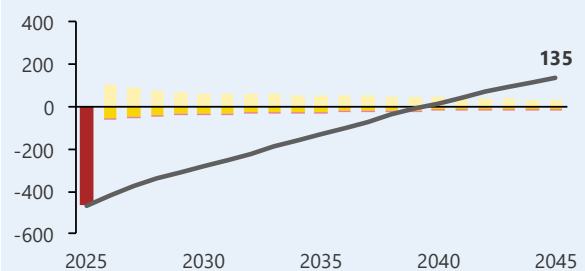
Eine Alternative zur Amortisationszeit ist die Kapitalwertmethode. Sie ist Grundlage der sog. VALERI-Norm (DIN EN 17463). Anhand dieser Methoden wird der heutige Wert aller zukünftigen Ein- und Auszahlungen einer Investition berechnet. Sie ist in Energieeffizienz- und Transformationskontexten zunehmend Standard und gesetzlich u. a. im EnEFG gefordert. Anders als statische Verfahren berücksichtigt sie Preissteigerungen, Nutzungsdauern, Restwerte, Förderungen und individuelle Kalkulationszinssätze. Damit ermöglicht sie eine robuste Bewertung von Investitionsvorhaben.

Kostenfreies Excel-Tool zur Wirtschaftlichkeitsbewertung

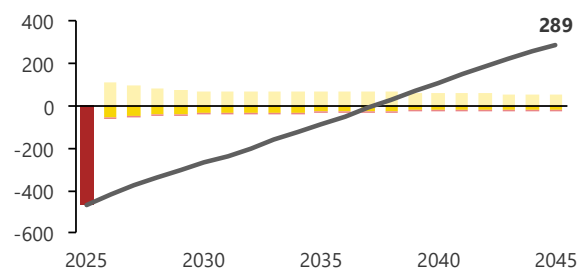
Die Bewertung von Investitionsmaßnahmen nach der VALERI-Norm ist zunehmend in Verordnungen wie dem Energieeffizienzgesetz (EnEFG) gefordert. Um Unternehmen den Einstieg in die Wirtschaftlichkeitsbewertung nach VALERI zu erleichtern, stellt die FfE auf ihrer Website ein gratis Excel-Tool zur Verfügung.

Ein- & Auszahlungen / Kapitalwert

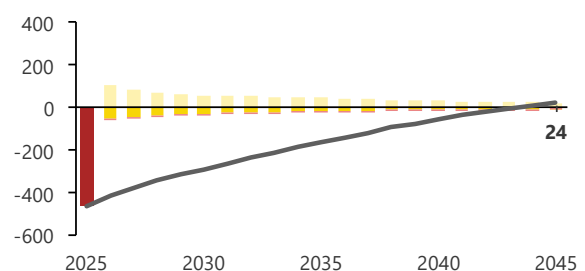
Barwert in Tsd. €₂₀₂₄ | Kalkulationszinssatz: 10,50 %



Barwert in Tsd. €₂₀₂₄ | Kalkulationszinssatz: 8,00 %



Barwert in Tsd. €₂₀₂₄ | Kalkulationszinssatz: 13,00 %



— Kapitalwert
■ Anfangsinvestitionen
■ Erdgas (Einsparungen)
■ O&M Mehrkosten
■ Strom (Mehrkosten)

Abbildung 5: Kapitalwertberechnung bei Ersatz eines Gaskessels durch Wärmepumpen in Abhängigkeit des angesetzten Kalkulationszinssatzes (oben: 10,50 %; mittig: 8,00 %, unten: 13,00 %).

Anhand der gegebenen Anleitungen und beispielhafter Annahmen werden die Unternehmen befähigt, eigene Break-Even-Analysen und Kapitalwertberechnungen durchzuführen. Diese sind jeweils mit den konkreten, standortspezifischen Voraussetzungen, eigenen Annahmen und aktuellen Marktwerten zu berechnen, um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Sensitivitätsanalysen helfen, zentrale Einflussgrößen – etwa Energiepreise, CO₂-Preise, Zinssätze oder Investitionskosten – systematisch zu bewerten. Anhand einer Best- und Worst-Case-Betrachtung können robuste Grundlagen für eine Investitionsentscheidung getroffen werden.

Abbildung 5 und Tabelle 3 zeigen **beispielhaft** den Möglichen Einfluss des angesetzten Kalkulationszinssatzes auf Kapitalwert und Break-Even-Punkt bei Ersatz eines Gaskessels durch Wärmepumpen.

Tabelle 3: Ergebnisse der Sensitivität bei Variation des Kalkulationszinssatzes.

Kalkulationszinssatz	Break-Even nach ...	Kapitalwert nach 20 Jahren
10,50 % (Base Case)	15 Jahren	135 Tsd. €
8,00 % (Best Case)	13 Jahren	289 Tsd. €
13,00 % (Worst Case)	19 Jahren	24 Tsd. €

Die Langfassung der Studie enthält weitere Beispielrechnungen für verschiedene Technologien und Sensitivitäten unter Variation von u. a.:

- Neu- vs. Ersatzinvestition,
- Berücksichtigung von Fördermaßnahmen,
- Variation des Kalkulationszinssatzes,
- Investitionszeitpunkt,
- Künftiger CO₂-Preise, und
- Künftiger Wasserstoffpreise.

1.6 Fazit: Praxistaugliche Startpunkte für standortspezifische Transformationspfade

Die gezeigten Dekarbonisierungsoptionen sind ein erster Schritt auf dem Dekarbonisierungspfad der sächsischen Wirtschaft. Sie geben eine erste Orientierung für Unternehmen, Netzbetreiber, Energieversorger und die Politik.

Die Studie gibt in ihrer Langfassung einen Überblick über mögliche Dekarbonisierungsoptionen – sowohl branchenübergreifend als auch vertiefend für die Fokusbranchen. Dieser Überblick muss nun zu konkreten, standortspezifischen, ganzheitlichen Transformationskonzepten weiterverarbeitet werden. Dafür empfiehlt sich das Vorgehen an vier Schritten (Abbildung 6):

1. Effizienzmaßnahmen prüfen!

Unter dem Leitsatz „Erst vermindern, dann transformieren“ lassen sich Energieeinsparpotenziale durch Effizienzmaßnahmen erschließen. Damit werden bereits heute Kosten gespart. Als weiterer Effekt verringern sich auch die verbleibenden, zu dekarbonisierenden Energiebedarfe.

2. Transformation der Nieder- & Mitteltemperaturwärme: Elektrifizierung i. d. R. mit Vorteilen.

Im branchenübergreifenden Technologiesteckbrief zeigt sich, dass Wärmepumpen (ggf. in Kombination mit Elektrodenkessel) einen großen Teil der Nieder-/Mitteltemperaturwärme bereitstellen können. Dafür müssen die entsprechenden infrastrukturellen Gegebenheiten am Standort gegeben sein. Ist die Technologie am Standort einsetzbar, bietet sie durch Nutzung der Umweltwärme Effizienz- und damit Kostenvorteile im Betrieb.

3. Für höhere Temperaturniveaus: Brennstoffwechsel werden zunehmend relevant.

Umso höher die erforderlichen Temperaturniveaus sind, umso relevanter wird der Einsatz von Wasserstoff und/oder biogenen Brennstoffen als Ersatz für fossiles Erdgas. Für Wasserstoff ist ein entsprechender Infrastrukturanschluss bzw. -umwidmung in Absprache mit dem Netzbetreiber notwendig. Außerdem muss eine wirtschaftliche Verfügbarkeit gegeben sein. Bei biogenen Brennstoffen sind neben der Verfügbarkeit insbesondere Nachhaltigkeitskriterien und -anforderungen zu berücksichtigen.

4. Einsatz branchenspezifischer Technologien.

Für einige Prozesse, beispielsweise bestimmte Verbrennungsanlagen oder Schmelzwannen, ist die Dekarbonisierung mittels branchenübergreifender Technologien nicht möglich. Für diese Branchen sind die vertiefenden branchenspezifischen Steckbriefe der nächste Anlaufpunkt, um einen Überblick über die prozessspezifischen Dekarbonisierungstechnologien zu erhalten.

Standortspezifische und politische Rahmenbedingungen sind immer zu beachten!

Die Technologieüberblicke und -bewertungen sind immer unter Berücksichtigung der spezifischen Voraussetzungen am jeweiligen Standort zu prüfen. Bedingungen wie Platzbedarf, Netzanschlüsse, Verfügbarkeit und Zugang zu „grünen“ Energieträgern u. v. m. können gegenüber den pauschal gegebenen Bewertungen in der Studie überwiegen und zu einer gegensätzlichen Einschätzung führen. Passende Formate für standortspezifische Konzepte sind Machbarkeitsstudien oder Transformationspläne (mit möglicher Förderung nach BAFA Modul 5), die unter den

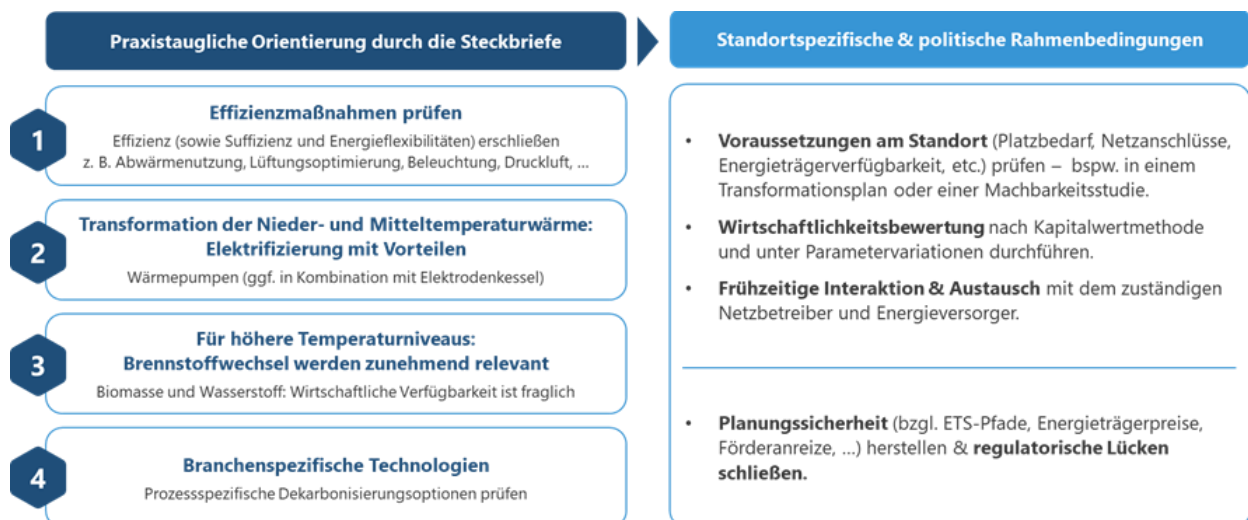


Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der ausgewählten sächsischen Fokusbranchen für die Energieträger Strom und Wasserstoff in zwei möglichen Transformationspfaden.

konkreten Gegebenheiten vor Ort eine techno-ökonomische Einschätzung erarbeiten. Auch in diesen Formaten empfiehlt sich, die Wirtschaftlichkeitsbewertung jeweils nach der Kapitalwertmethode und unter Variation der wichtigsten Parameter („Sensitivitätsanalyse“) durchzuführen, um robuste Entscheidungsgrundlagen zu erhalten.

Die vorgelagerte Energieinfrastruktur ist entscheidend für die Umsetzbarkeit von Dekarbonisierungstechnologien.

Bei allen Dekarbonisierungskonzepten empfiehlt sich eine frühzeitige und proaktive Interaktion mit dem zuständigen Netzbetreiber und Energieversorger. Im durchgeführten Projektworkshop zeigt sich, dass sowohl Netzbetreiber einen tieferen Einblick und Dekarbonisierungsoptionen und -auswirkungen der Industrie benötigen, aber auch Unternehmen stärker die Prozesse der Netzbetreiber kennen und verstehen müssen. Damit kann ein beidseitiges Verständnis geschaffen werden. Ziel muss sein, das „Henne-Ei-Problem“ aufzulösen: Infrastrukturausbau erfordert verbindliche Abnahmezusagen der Industrie – diese trifft Investitionsentscheidungen jedoch nur mit planungssicher verfügbaren infrastrukturellen Voraussetzungen. Die vorgelagerte Energieinfrastruktur muss entsprechend der Anforderungen ausgelegt bzw. ertüchtigt werden und die Dekarbonisierung muss im Einklang miteinander erfolgen. So muss beispielhaft der Anschluss an ein Wasserstoffnetz bzw. die Umstellung des fossilen Erdgasnetzes koordiniert mit den industriellen Abnehmern erfolgen. Auch beim Stromnetzausbau zeigt sich, dass hier die Planungshorizonte der Industrie mit flexiblen Investitionsentscheidungen und kurzen geforderten Amortisationszeiten den langen Planungshorizonten beim Netzausbau entgegenstehen.

Planungssicherheit schaffen -infrastrukturell und regulatorisch.

Neben der beschriebenen infrastrukturellen Voraussetzung, sind auch weitere rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen entscheidend für Planungssicherheit. Dies gilt beispielsweise bei ETS-Pfaden zur verlässlichen Abschätzung und Berücksichtigung zukünftiger CO₂-Preise in Wirtschaftlichkeitsbewertungen, aber auch für Förderanreize oder Energieträgerpreisentwicklungen. Es gilt, die Rahmenbedingungen verlässlich auszugestalten und ggf. vorhandene Regulatorik- und Förderlücken zu erkennen und zielgenau zu schließen.

Die sächsische Wirtschaft verfügt über die technischen Möglichkeiten zur Dekarbonisierung. Diese sind in den Steckbriefen dargestellt. Nun müssen die regulatorischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche und praxistaugliche Umsetzung geschaffen werden, um den nächsten Schritt auf dem Transformationspfad gehen zu können und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium
für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Redaktion:

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (FfE)

Projektpartner:

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V. (IKEM)
An-Institut der Universität Greifswald

Projektleitung:

Hannes Kracht (FfE)
Dr. Andrej Guminski (FfE)

Bearbeitung:

Andreas Fill (FfE), Aïcha Platzdasch (FfE), Dr. Anna Gruber (FfE)
Leandra Schulz (IKEM), Friederike Allolio (IKEM)

Redaktionsschluss:

Februar 2026

Bezug:

Download: www.publikationen.sachsen.de

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Copyright

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.