

INTERNAL CARBON PRICING FÜR NETZBETREIBER

M. Sc. Madeleine Jendernalik*, Prof. Dr. Lars Jendernalik, Prof. Dr. Christian Rehtanz, Dr. Thomas Wiesner

Westnetz GmbH, Florianstraße 15-21, lars.jendernalik@westnetz.de, www.westnetz.de

Kurzfassung:

Die drastische Zunahme von CO₂e-Emissionen seit der industriellen Revolution hat zu einem beschleunigten Treibhauseffekt und einem signifikanten Anstieg der globalen Temperaturen geführt. Es ist daher von höchster Dringlichkeit, den Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen umgehend und nachhaltig zu reduzieren, um katastrophale Klimaveränderungen und deren weitreichende Folgen für Ökosysteme und menschliche Gesellschaften zu verhindern.

Eine Methode zur Minderung der eigenen CO₂e-Emissionen innerhalb eines Unternehmens stellt das Internal Carbon Pricing dar. Zunächst wird ein Maßnahmenkatalog zur Reduktion, Substitution und Kompensation der CO₂e-Emissionen aufgestellt und wirtschaftlich bewertet. Anschließend wird dieser mithilfe einer Merit-Order sortiert und zur Maximierung der Einsparung, unter Einhaltung eines zuvor berechneten Budgets, optimiert. Der ICP ergibt sich anschließend aus dem nach der Einsparung gewichteten Durchschnitt der jeweiligen maßnahmenspezifischen Kosten des umzusetzenden Maßnahmenportfolios.

Eine Erweiterung des Modells durch weitere Faktoren zu einem ganzheitlichen Preis für die Nachhaltigkeit stellt den nächsten Schritt dar.

Keywords: Internal Carbon Price, Nachhaltigkeit, CO₂-Emissionen, Verteilnetz

1 Motivation

Die Transformation von Netzbetreibern zur Klimaneutralität ist eine große Herausforderung. CO₂-mindernde Maßnahmen sind häufig mit teils großen Investitionen verbunden und müssen im Umsetzungsportfolio eines Unternehmens ebenfalls in der Wirtschaftlichkeit bestehen, um umgesetzt werden zu können. Hier gilt es den Mehrwert solcher Maßnahmen im Sinne einer CO₂-Reduktion vergleichbar darzustellen und eine Entscheidungsgrundlage zu schaffen. Eine Möglichkeit bietet die interne CO₂-Bepreisung (ICP) bzw. die monetäre Abbildung der entsprechenden Minderungseffekte.

Gesetzliche Vorgaben auf nationaler und europäischer Ebene haben eine immer höhere Relevanz für externe und interne CO₂-Bepreisungen. Zu diesen bereits bestehenden und geplanten Vorgaben gehören unter anderem der Emissionshandel in Deutschland und der Europäischen Union, die bevorstehende F-Gas-Verordnung und das Anti-Greenwashing-Gesetz. Die hier entwickelte Methodik der internen CO₂-Bepreisung stellt eine weitere Rahmenbedingung her, die zur Beschleunigung des Pfades zur Klimaneutralität führt. Aktivitäten im Bereich der Nachhaltigkeit bekommen für Unternehmen vor dem Hintergrund der Corporate Sustainability Reporting Directive und der EU-Taxonomie eine immer höhere Bedeutung.

2 Methode

In diesem Abschnitt soll das Modell zur Berechnung eines ICP sowie die benötigten vorgehenden Schritte vorgestellt werden. Dazu werden zunächst die Eingangsparameter und der Maßnahmenkatalog betrachtet, bevor die einzelnen Schritte des Modells erklärt werden.

2.1 Eingangsparameter

Zur Vorbereitung des Modells muss berechnet werden, wie hoch die maßnahmenspezifischen Investitionen und jährlichen Betriebskosten ausfallen, um die jeweiligen Emissionseinsparungen zu bewerkstelligen. Diese maßnahmenspezifischen Kosten (MSK) werden pro Tonne CO₂-Äquivalent (CO₂e) angegeben, um die Maßnahmen miteinander vergleichen und anschließend nach ihren relativen Kosten sortieren zu können.

Hierfür wird für jede Maßnahme eine Annuität aus den Mehr- oder Minderkosten und der jährlichen CO₂e-Einsparung gebildet. Diese Kosten, zusammengefasst in Abbildung 1, ergeben sich aus den Investitions- und Betriebskosten sowie der Lebensdauer der Anschaffung.

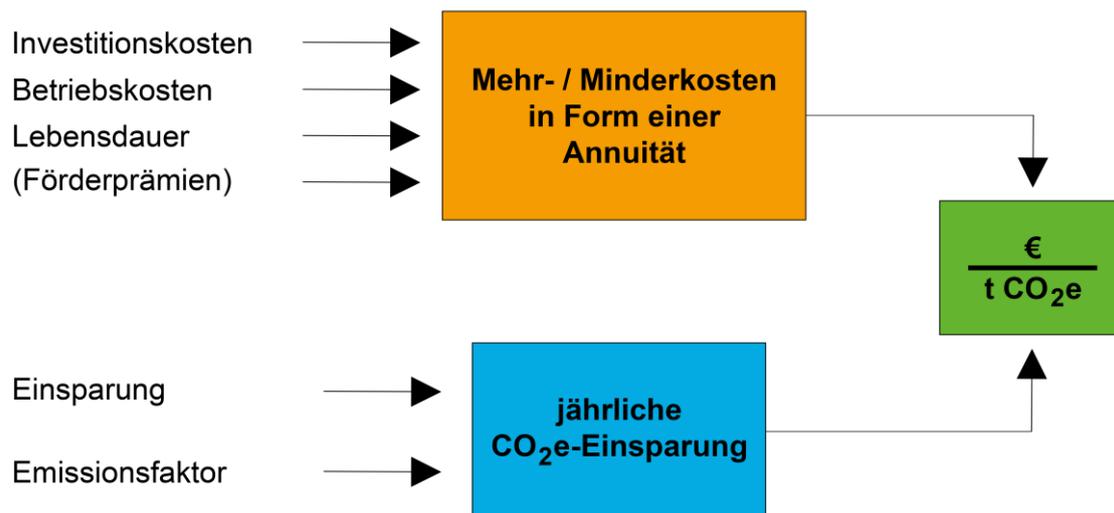


Abbildung 1: Berechnung der maßnahmenspezifischen Kosten

2.2 Maßnahmenkatalog

Die Maßnahmen zur nachhaltigeren Gestaltung eines Netzbetreibers können in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Unter anderem sind die folgenden Unterteilungen mit möglichen Maßnahmen denkbar:

- Fuhrpark: Elektrifizierung der Fahrzeuge
- Immobilien: PV-Anlagen
- Verteilnetz: Beschaffung von Grünstrom und Grüngas
- Methangas: Kathodischer Korrosionsschutz
- SF₆: SF₆-freie Schaltanlagen
- Sonstiges: Dachflächenbegrünung

2.3 Modell zur Bestimmung eines ICP

Die Grundidee des Modells zur Bestimmung eines ICP für Netzbetreiber ist auf einem Merit-Order Ansatz gestützt, in welchem alle Maßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog nach ihren jeweiligen Kosten aufsteigend sortiert werden. Abbildung 2 zeigt dieses Modell mit realitätsnahen Beispielwerten, nachdem bereits eine Optimierung der Verteilung der Maßnahmen, zur Maximierung der CO₂e-Einsparung unter Einhaltung eines zuvor berechneten Budgets, erfolgt ist.

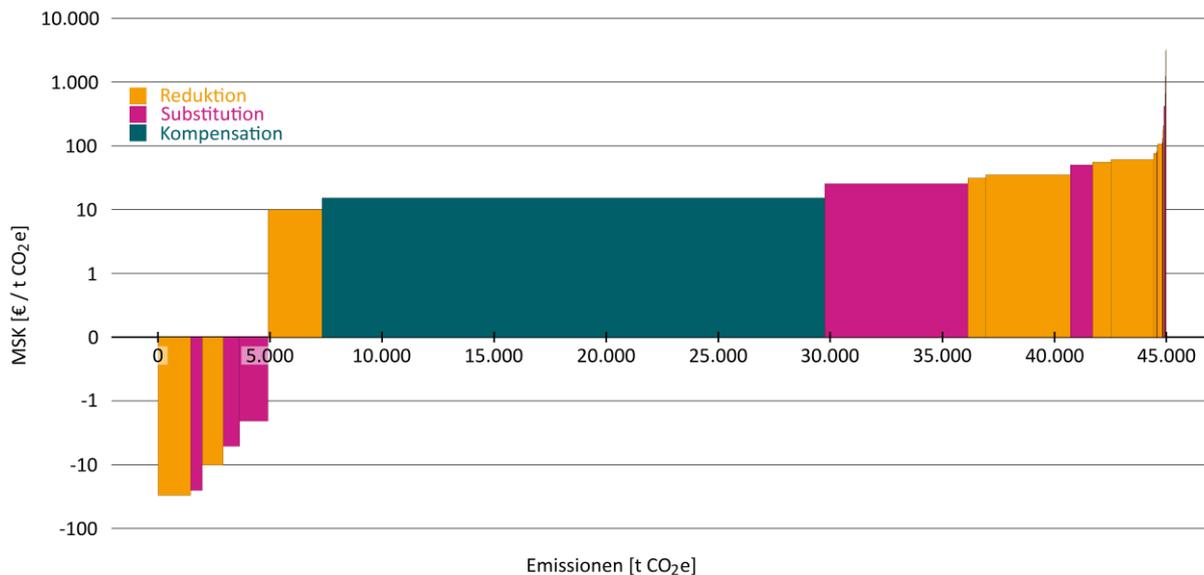


Abbildung 2: Optimierter Maßnahmenkatalog

Mithilfe eines Balkendiagramms, in welchem die Balkenbreite der CO₂e-Einsparung in Tonnen CO₂e für jeden Maßnahmenblock entspricht, kann die kumulierte Einsparung betrachtet werden. Insgesamt betragen die CO₂e-Emissionen in diesem Beispiel 45.000 t CO₂e, weswegen in der Abbildung dieser Wert mithilfe von Maßnahmen zur Deckelung der Gesamtemissionen erreicht werden muss. Die MSK werden in Euro pro Tonne CO₂e angegeben. Alle Maßnahmen, die negative MSK besitzen, bedeuten eine mögliche Einsparung von Emissionen und Kosten für das Unternehmen. Diese sollen daher in jedem Fall weitestgehend umgesetzt werden. Zur besseren Übersicht sind die Maßnahmen noch farblich in die Kategorien der Reduktion, Substitution und Kompensation aufgeteilt. Ein besonderer Fokus liegt bei der Umsetzung der Maßnahmen auf deren Effizienz, daher werden bevorzugt Maßnahmen mit geringeren MSK umgesetzt. Dies ist in der Abbildung daran erkennbar, dass die kostengünstigeren Maßnahmen einen höheren Anteil des optimierten Maßnahmenportfolios einnehmen. Allerdings sollen auch ineffizientere Maßnahmen aufgrund der Portfoliodiversität und dem Gleichzeitigkeitsfaktor bei der Umsetzung von Maßnahmenblöcken beachtet werden. Daher wird auch von den teureren Maßnahmen ein gewisser Mindestprozentsatz umgesetzt und taucht deswegen in der optimierten Verteilung auf. Die annuitätischen Kosten pro Maßnahmenblock können indirekt als Integral der einzelnen Balken abgeschätzt werden. Der gesamte Betrag der jährlichen benötigten Kosten ergibt sich folglich aus der Summe dieser Integrale.

Der ICP lässt sich als gewichteter Durchschnittswert der MSK nach der CO₂e-Einsparung berechnen. In diesem Beispiel liegt der ICP daher bei ungefähr 27 € pro Tonne CO₂e.

2.4 Iterative Schritte der Modellentwicklung

In diesem Abschnitt soll die Entwicklung des Modells anhand der einzelnen Gedankenschritte erklärt werden. Dies soll zu einem besseren Verständnis des finalen Modells zur Bestimmung und Umsetzung des ICP führen. Anhand von Beispielwerten, welche sich allerdings an Werten realer Maßnahmen orientieren, soll dieser Verlauf schrittweise und schematisch dargestellt werden. Die MSK der 25 einzelnen Maßnahmen variieren hier zwischen $-30 \text{ € / t CO}_2\text{e}$ und $3.200 \text{ € / t CO}_2\text{e}$, daher wird in den nachfolgenden Abbildungen eine logarithmische Skalierung der Ordinate gewählt. Von den 45.000 t insgesamt zu verringernden CO_2e -Emissionen können ungefähr zwei Drittel reduziert und substituiert werden. Diese prozentuale Verteilung wird auch in diesem Beispiel angenommen, sodass 30.000 t durch Reduktion sowie Substitution vermieden und die restlichen $15.000 \text{ t CO}_2\text{e}$ nur mithilfe von Kompensationsmaßnahmen gedeckt werden können. Daher ergeben die 25 Maßnahmen bei einer vollständigen Umsetzung eine CO_2e -Einsparung von $30.000 \text{ t CO}_2\text{e}$.

2.4.1 Merit-Order

Der erste Modellentwurf entspricht einem Merit-Order Ansatz. In diesem werden die zuvor erwähnten Maßnahmen nach ihren jeweiligen MSK aufsteigend sortiert, wobei zur besseren Übersicht zwischen Reduktions- und Substitutionsmaßnahmen unterschieden wird. Allerdings wird in dieser ersten Fassung noch nicht die mögliche Anzahl der Maßnahmen und folglich auch nicht die Gesamteinsparung der Emissionen beachtet. Außerdem fehlt eine Budgetvorgabe, sofern nicht alle Maßnahmen vollständig umgesetzt werden können. Anhand dieser Darstellung kann die Festlegung eines ICP noch nicht direkt erfolgen. Abbildung 3 zeigt diesen ersten Modellvorschlag.

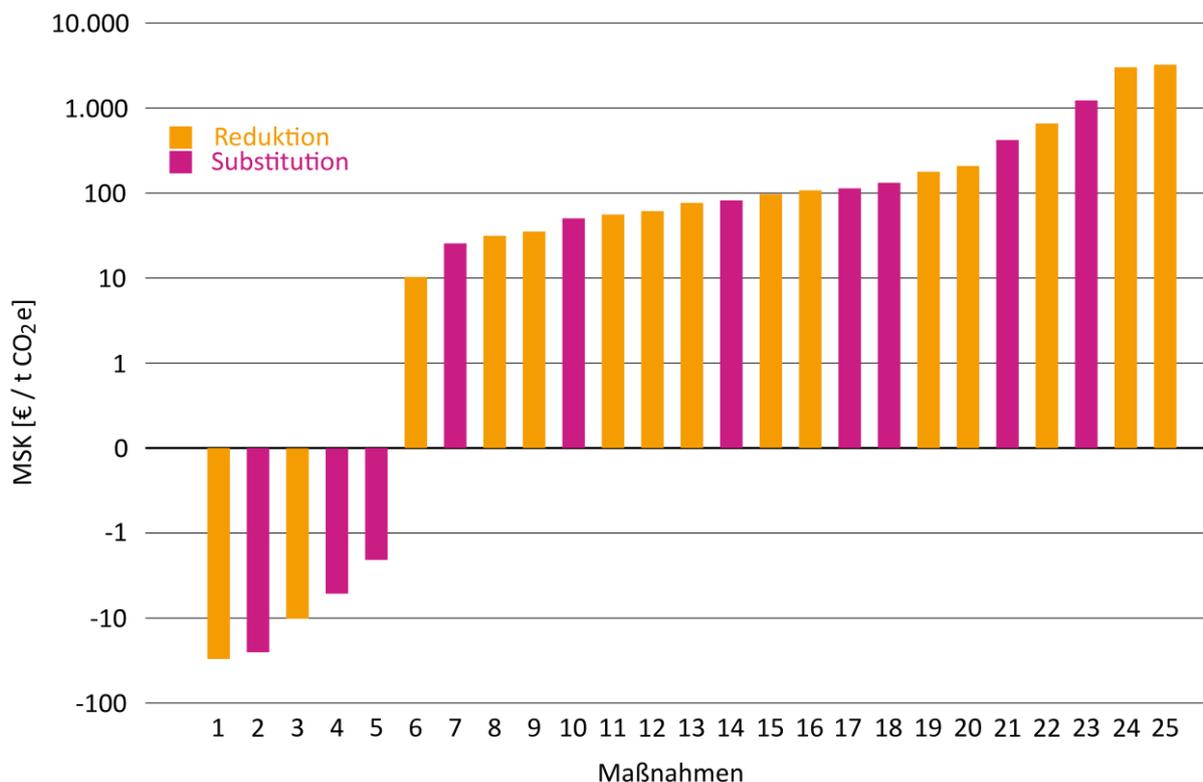


Abbildung 3: Merit-Order

2.4.2 Grenzvermeidungskostenkurve

Im nächsten Schritt wird das jeweilige maßnahmenspezifische CO₂e-Einsparpotential mit einbezogen. Um dieses genau bestimmen zu können sollten daher alle realisierbaren Maßnahmen zur Einsparung aufgelistet werden und die jeweiligen Kosten und CO₂e-Mengen möglichst exakt im Voraus bestimmt werden. Eine geeignete Darstellung kann anhand einer Grenzvermeidungskostenkurve bzw. Marginal Abatement Cost Curve (MACC) erfolgen. Auf der Ordinate werden wieder die MSK aufgetragen, während auf der Abszisse die kumulierten CO₂e-Einsparungen dargestellt werden. Die Einsparung pro Maßnahme bestimmt daher die Breite der Balken. Je mehr Einsparpotential eine Maßnahme folglich besitzt, desto breiter wird der dazugehörige Balken. Die Maßnahmen mit dem größten Hebel für CO₂e-Einsparpotential können daher direkt aus dem Diagramm abgelesen werden. Die Sortierung der Maßnahmen erfolgt auch hier in aufsteigender Reihenfolge, von den geringsten zu den höchsten Kosten pro Tonne CO₂e. Das Integral der MACC stellt somit die Gesamtkosten für alle Maßnahmen dar. Abbildung 4 zeigt diese Erweiterung der Darstellung des Merit-Order Modells, wobei auch hier zwischen Reduktion und Substitution unterschieden wird.



Abbildung 4: Grenzvermeidungskostenkurve

2.4.3 Bestimmung des vorläufigen ICP

In der MACC wird nun zusätzlich der jeweilige Durchschnittswert der kumulierten Kosten, gewichtet nach ihrem einzelnen Einsparpotential, eingezeichnet. In der Summe aller Maßnahmen ergibt sich bei der hier gezeigten Beispielrechnung ein durchschnittlicher MSK von 105 € pro t CO₂e. Dieser Durchschnittswert bestimmt zunächst die Grenze, bis zu derer Maßnahmen durchgeführt werden. Es werden nur Maßnahmen umgesetzt, die effektiver als der Durchschnitt sind. Die Summe der kumulierten Gesamtkosten bei einer vollständigen Umsetzung ergibt das annuitätische Budget. Diese Budgetrestriktion erlaubt zunächst eine

Fokussierung auf die effizientere Hälfte des Maßnahmenportfolios. In dem Beispiel ergibt dies ein annuitätisches Budget in Höhe von 1,2 Mio € (bei 3,1 Mio € der gesamten annuitätischen Kosten aller Maßnahmen). Hiermit können im Sinne des Pareto-Prinzips bereits etwa 90 % der CO₂e-Emissionen aus dem Maßnahmenkatalog für Reduktion und Substitution gemindert werden. Abbildung 5 zeigt die MACC erweitert um die gewichteten Durchschnittswerte.

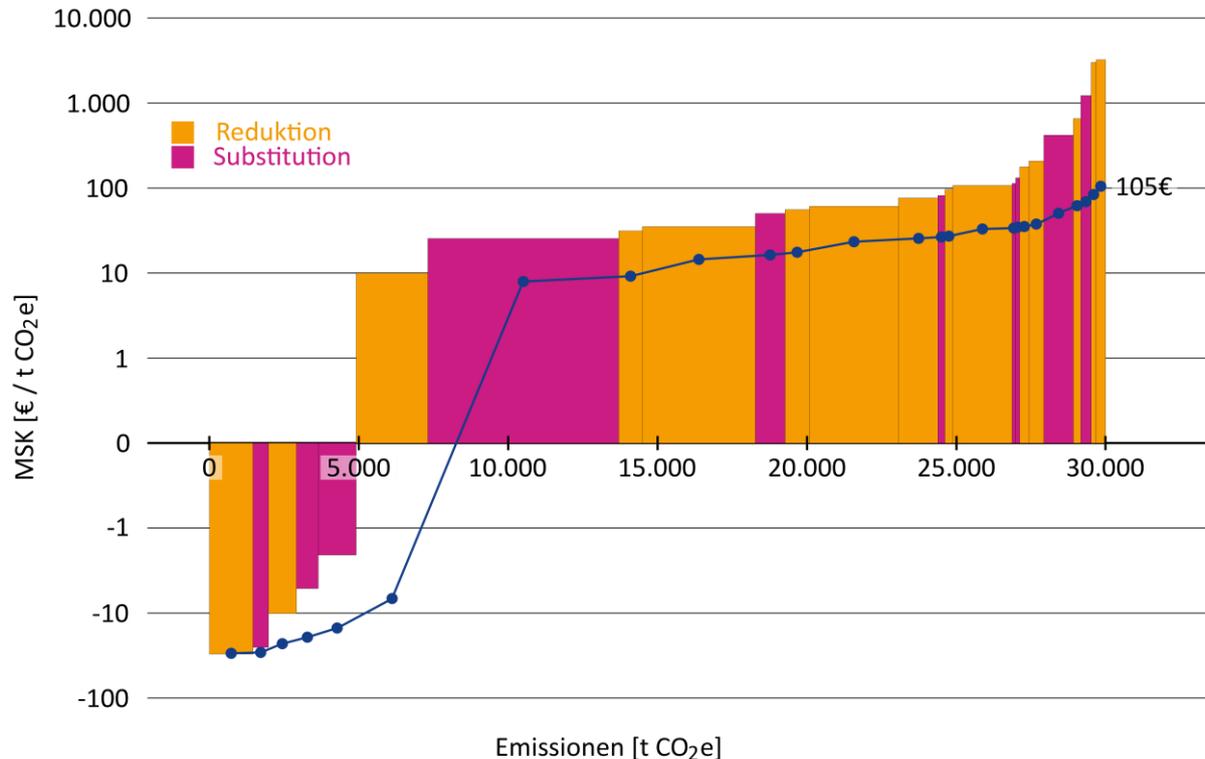


Abbildung 5: Bestimmung des vorläufigen ICP

Der Begriff „vorläufig“ wird verwendet, da in diesem Modell noch keine Kompensationsmaßnahmen einbezogen werden. Weiterhin werden in diesem Schritt die ineffizienteren Maßnahmen nicht umgesetzt.

2.4.4 Nebenbedingung 1: Budgetrestriktion

Um eine möglichst wirtschaftliche Umsetzung zu gewährleisten, wird das notwendige annuitätische Budget auf Basis des vorgenannten Schrittes begrenzt. Dieses kann für die Reduktion, Substitution und Kompensation von CO₂e verwendet werden. In der MACC könnten nun die Maßnahmen so lange umgesetzt werden, bis das vorher beschriebene Budget aufgebraucht ist. Dabei werden die günstigsten Maßnahmen zuerst umgesetzt. Diese Methode ermöglicht eine einfache Umsetzung, berücksichtigt allerdings noch nicht die Diversität des Maßnahmenkatalogs und den Gleichzeitigkeitsfaktor der Umsetzung. Abbildung 6 stellt diese Budgetgrenze im Modell dar. Diese wird schematisch bei 1,2 Mio € und somit hier bei etwas über 27.000 t CO₂e eingezeichnet.

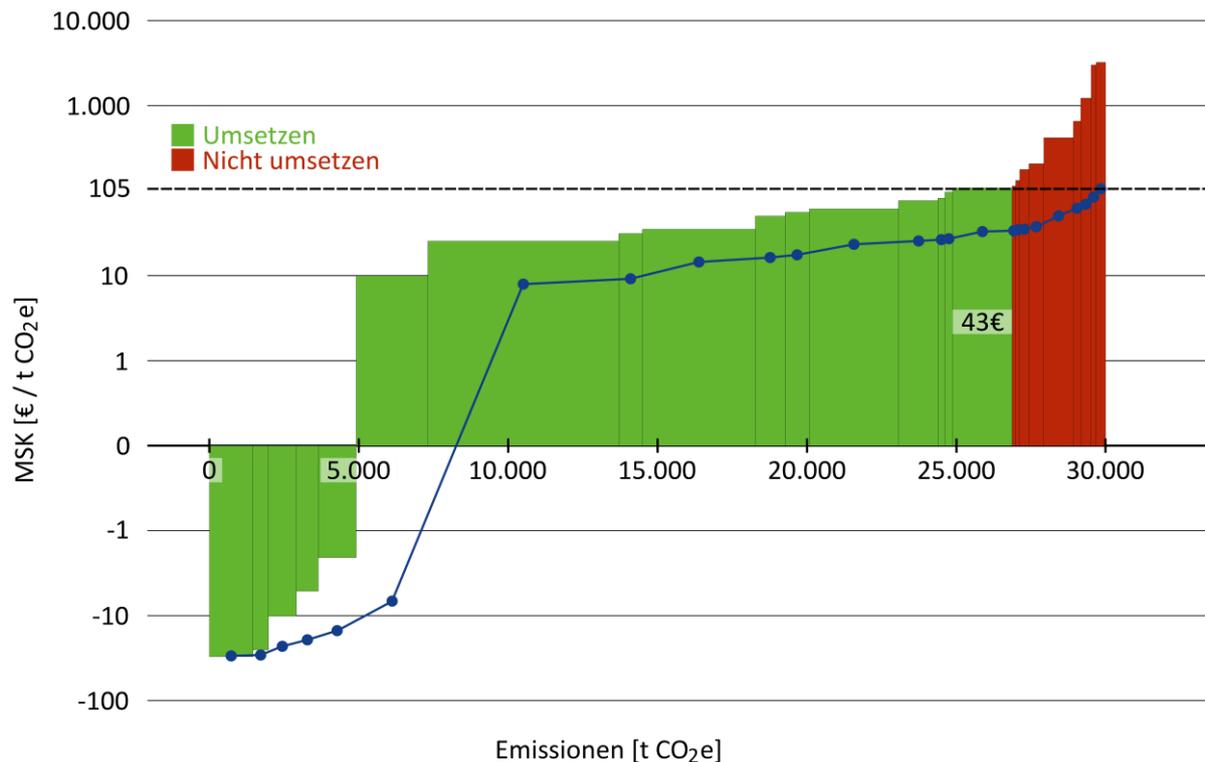


Abbildung 6: Budgetrestriktion

2.4.5 Nebenbedingung 2: Mindestprozensätze

Das bis hierher beschriebene Vorgehen schließt die Umsetzung ineffizienterer Maßnahmen bezogen auf die CO₂e-Einsparung vollständig aus. Bei einer fokussierten Abarbeitung der effizienteren Maßnahmen würde dieser Teil des Maßnahmenportfolios auch zukünftig nicht umgesetzt werden. Dies würde bedeuten, dass das Reduktions- und Substitutionspotenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Daher ist eine Berücksichtigung dieser Maßnahmen in einem kleineren Umfang dauerhaft sicherzustellen. Folglich wird ein Mindestprozensatz auch für ineffizientere Maßnahmen festgelegt, ohne das Gesamtbudget zu vergrößern. Dies führt auch dazu, dass es zukünftig eine Mischung aus allen Bereichen des Maßnahmenportfolios gibt. Das zuvor bestimmte annuitätische Budget wird daher auf sämtliche Maßnahmen aufgeteilt, wobei ein Mindestprozensatz pro Maßnahmenblock umgesetzt wird. Der Betrag des Prozensatzes kann pauschal für alle Maßnahmen angesetzt oder einzeln verändert werden. In dem Beispiel wird für alle Maßnahmen mit negativen MSK ein Mindestprozensatz von 80 % angenommen, während alle Maßnahmen mit positiven MSK bis zum vorläufigen ICP zu mindestens 10 % umgesetzt werden sollen. Alle weiteren Maßnahmen, die zunächst noch nicht im annuitätischen Budget enthalten sind, erhalten einen Mindestprozensatz von 5 %. Dieses Vorgehen ermöglicht auch eine realistischere Herangehensweise, da eine zeitgleiche Umsetzung aller Aktivitäten in der Praxis im Regelfall nicht durchführbar ist. Beispielsweise können nicht alle ONS gleichzeitig durch DigiONS ersetzt werden, weil die Energieversorgung dann nicht mehr gewährleistet werden kann. Ein weiteres Beispiel wäre die Elektrifizierung des gesamten Fuhrparks, da dies nicht nur mit einer budgetübersteigenden finanziellen Belastung einhergeht, sondern auch die Verfügbarkeit der Fahrzeuge bis zu einem gewissen Maß eingeschränkt ist. Die Diversifikation des Portfolios hat die Verbesserung des Unternehmensimages als Vorteil, da jeder Stakeholder einen anderen

Blickwinkel auf das Maßnahmenportfolio hat. Zusätzlich wird auf allen Ebenen an der CO₂e-Verminderung gearbeitet und nicht nur an den einfach erreichbaren Maßnahmen. Abbildung 7 zeigt schematisch die Mindestprozensätze pro Block.

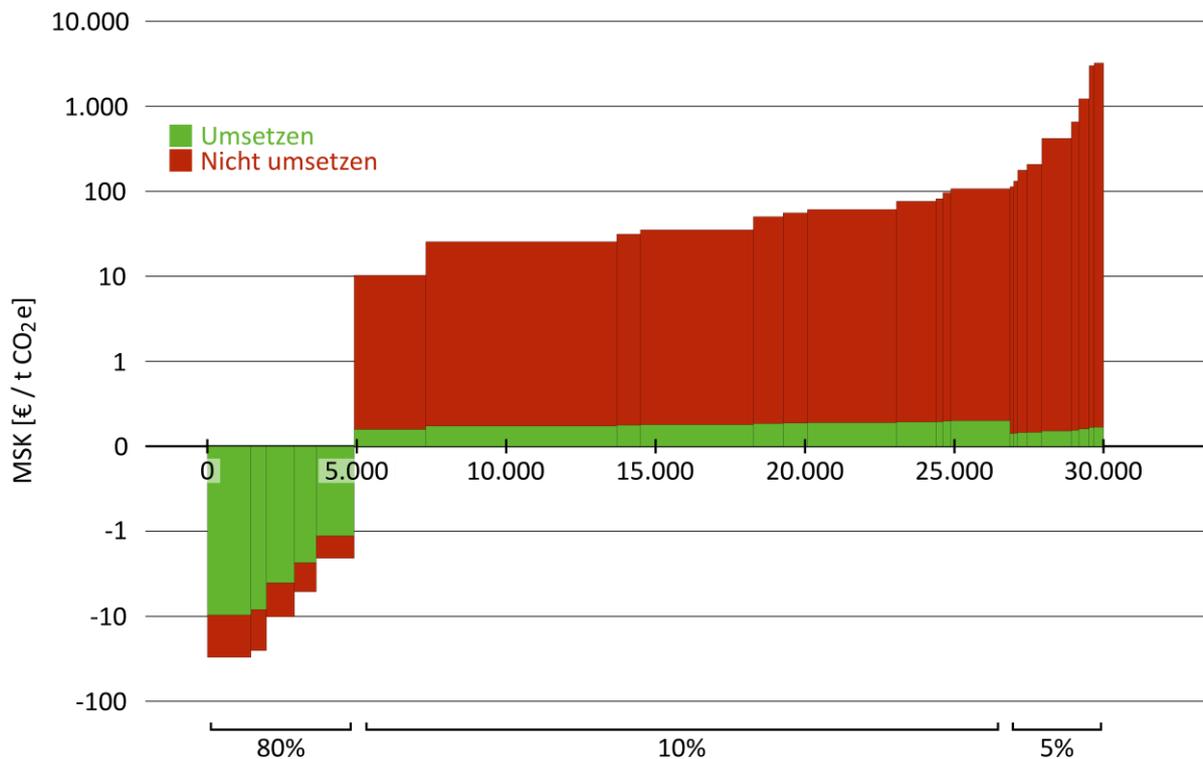


Abbildung 7: Mindestprozensätze

2.4.6 Optimierungsfunktion

Das Ziel bei diesem Modellansatz ist die optimale prozentuale Verteilung des annuitätischen Budgets, sodass die absolut eingesparte Menge an CO₂e maximal wird. Diese Verteilung lässt sich mithilfe einer Optimierungsfunktion bestimmen. Die Zielgröße des Modells ist die Menge an möglich eingesparten CO₂e-Emissionen, wobei mehrere Nebenbedingungen beachtet werden müssen. Die erste Nebenbedingung betrifft den Mindestprozensatz pro Maßnahmenblock, welcher auf die oben genannten Werte festgelegt wird. Die zweite Nebenbedingung betrifft die Reihenfolge der Maßnahmenumsetzung, da zuerst mit den effektivsten Maßnahmen gestartet wird. Die dritte Nebenbedingung betrifft die Ausnutzung des gesamten vorher genannten maximalen annuitätischen Budgets. Das Budget pro Maßnahmenblock wird mit den Gesamtkosten pro Maßnahmenblock und dem dazugehörigen Prozentsatz berechnet. Die Summe daraus muss dem annuitätischen Gesamtbudget entsprechen, damit dieses vollständig ausgenutzt werden kann.

$$\Sigma Budget_{MB} = \Sigma (Gesamtkosten_{MB} \cdot Prozentsatz_{MB}) = Gesamtbudget$$

Die Summe der CO₂e-Einsparung ergibt sich aus der Summe des Budgets pro Maßnahmenblock und den jeweiligen Kosten pro Tonne CO₂e.

$$\Sigma CO_2e = \Sigma \frac{Budget_{MB}}{MSK_{MB}}$$

Anschließend kann das Maximum dieser Funktion bestimmt und somit die einzelnen optimierten Prozentsätze aufgeschlüsselt werden.

2.4.7 Erweiterung um Kompensationsmaßnahmen

Im nächsten Schritt soll nun eine optimale Verteilung von Reduktion, Substitution und Kompensation gefunden werden. Dabei sollen alle Scope 1 und 2 Emissionen des Unternehmens gedeckt werden, während das Gesamtbudget eingehalten wird. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in dieser Beispielrechnung das gesamte Maßnahmenportfolio für eine Reduktion und Substitution von 30.000 t CO₂e erstellt wurde. Die Gesamtemissionen in diesem Beispiel belaufen sich auf 45.000 t CO₂e. Mithilfe einer Ergänzung der Optimierungsfunktion soll das mathematische Modell erweitert werden. Hierbei sollen nun auch Kompensationsmaßnahmen berücksichtigt werden, da vorher nur eine optimale Verteilung der reduzierenden und substituierenden Maßnahmen vorgenommen wurde. Diese Ergänzung ist notwendig, da Kompensation im Regelfall kostengünstiger ist als Reduktion und Substitution. In dieser Rechnung wird ein Wert von 15 € pro t CO₂e angenommen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einbezug von Kompensationsmaßnahmen für die Erreichung der Gesamteinsparung unter Einhaltung des vorgegebenen Budgets notwendig ist. Der sich hier ergebende Durchschnittspreis, auch wieder gewichtet nach der CO₂e-Einsparung, ersetzt nun den vorläufigen ICP und kann für das jeweilige Geschäftsjahr als ICP verwendet und kommuniziert werden. Die neue Verteilung mit allen umzusetzenden Maßnahmen einschließlich Kompensation ist in Abbildung 8 dargestellt. Es ergibt sich folglich ein ICP von 27 € in diesem Beispiel.

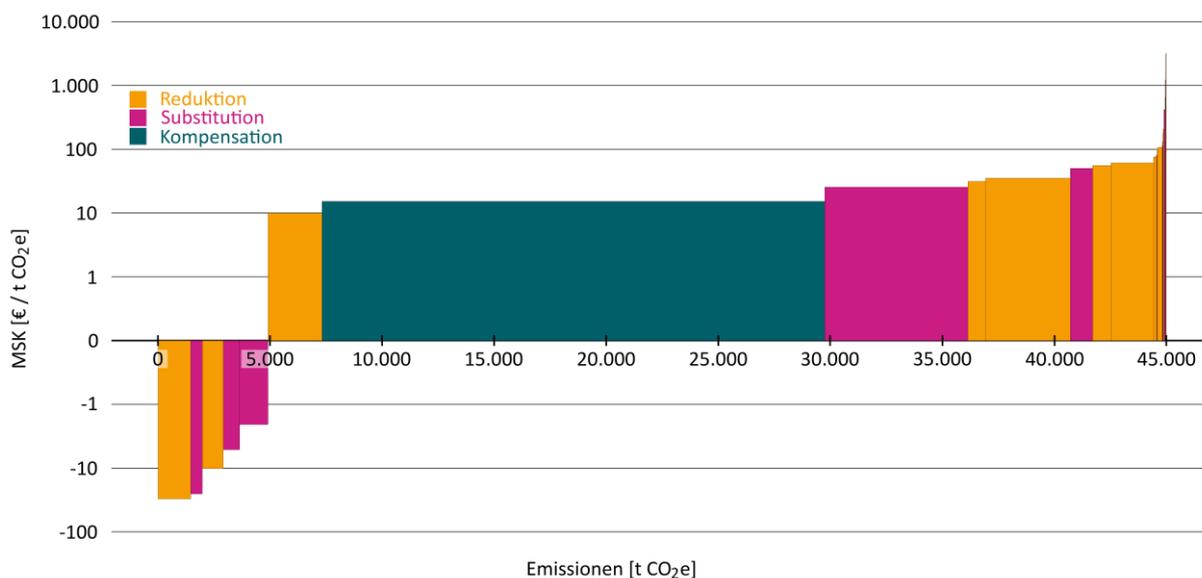


Abbildung 8: Optimierte Maßnahmenverteilung mit Kompensationsmaßnahmen

4 Nächste Schritte und Ausblick

Die Einführung und Verwendung eines ICP innerhalb eines Unternehmens ist eine Option zur transparenten Bewertung und Beschleunigung von Maßnahmen zur Minderung der eigenen Treibhausgasemissionen. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung ist die Detailierung des zugrunde liegenden Maßnahmenportfolios.

Besonders zu beachten ist, dass zuerst reduziert werden sollte bevor substituiert und letztlich kompensiert wird. Dies führt auch nachhaltig zu einer Emissionsminderung und vermeidet Greenwashing.

Der Maßnahmenkatalog sollte regelmäßig mit weiteren Maßnahmen ergänzt und der ICP somit im jährlichen Turnus angepasst werden. Außerdem müssen Veränderungen der aktuellen Kosten berücksichtigt sowie die Möglichkeit von Förderprämien geprüft werden.

Ein weiterer zukünftiger Schritt zur Nutzung des ICP könnte die Einführung eines internen Handelssystems sein, mit welchem die verschiedenen Organisationseinheiten aktiv untereinander interne CO₂- Zertifikate handeln können.

Als mögliche Weiterentwicklung des Modells für eine ganzheitliche Bewertung der Nachhaltigkeit sollten weitere Faktoren einbezogen werden. Zu diesen Faktoren könnten unter anderem die Resilienz des Strom- und Gasnetzes sowie die Außenwirkung des Unternehmens gehören. Für beide könnte man Maßnahmen auf eigene Weise mit einem Preis bewerten, analog zu den MSK, um anschließend einen Nachhaltigkeitsfaktor für den Netzbetreiber zu bestimmen. Dieser könnte aus den jeweiligen Preisen jedes Faktors mit einer bestimmten Gewichtung pro Faktor berechnet werden. Die Gewichtung sollte dabei im Voraus festgelegt werden und sich an den konkreten Unternehmenszielen orientieren. Schließlich würde sich ein multidimensionales Modell ergeben, welches sämtliche Aspekte der Nachhaltigkeit beleuchten könnte. Eine mögliche Herausforderung könnte bei diesem Vorgehen sein, dass eventuell nicht jede Maßnahme in jeder Kategorie direkt bepreist werden kann und eine höhere Anzahl an Faktoren das Modell komplizierter gestaltet. Vorteilhaft wäre, dass verschiedene Dimensionen von Maßnahmen berücksichtigt werden können.