

Methodikpapier zur ex-ante Abschätzung der Energie- und THG-Minderungswirkung von energie- und Klimaschutzpolitischen Maßnahmen

Kurzpapier im Rahmen des Vorhabens «Projektionen zu nationalen und europäischen Energie- und Klimazielen und zu Wirkungen von Einzelmaßnahmen und Maßnahmenprogrammen» im Auftrag des BMWK

Autorinnen und Autoren:

Dr. Barbara Schlomann, Iska Brunzema (Fraunhofer ISI)

Dr. Andreas Kemmler (Prognos AG)

Dr. Veit Bürger, Dr. Roman Mendelevitch (Öko-Institut e.V.)

Datum: Juli 2022

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund zahlreicher Berichtspflichten auf nationaler und EU-Ebene zur Erreichung energie- und klimapolitischer Ziele und zur Wirkung der für die Zielerreichung eingeleiteten Maßnahmen kommt deren Monitoring und Evaluation eine immer größere Bedeutung zu. Sowohl auf europäischer Ebene als auch in Deutschland haben sich die Anforderungen an eine Berichterstattung zu eingeleiteten Maßnahmen zur Erreichung EU-weiter und nationaler Energie- und Klimaziele in den letzten Jahren nochmals erhöht. In der EU-Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz (EU) werden in mehreren Anhängen Informationen zu energie- und klimapolitischen Maßnahmen eingefordert. Am detailliertesten sind die Anforderungen an die Mitteilung von Maßnahmen und Methoden zur Durchführung von Artikel 7 der Energieeffizienzrichtlinie (EnEff-RL 2012/27/EU, RL (EU) 2018/2002, und Anhang III). Auch das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) von Dezember 2019 sieht an mehreren Stellen Berichtspflichten vor, die auch die Bewertung von Maßnahmen beinhalten. Dies betrifft insbesondere §8 (Sofortprogramm bei Überschreitung der Jahresemissionsmengen), §9 (Klimaschutzprogramme) sowie §10 (Berichterstattung).

Der Schwerpunkt dieses Arbeitspapiers liegt auf methodischen Fragen bei der Bewertung von Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkung auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen. Je nach Zielsetzung kann eine Bewertung von energie- und klimapolitischen Maßnahmen jedoch noch zahlreiche weitere Bewertungskriterien enthalten. Dazu gehören insbesondere die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen, Fragen der Akzeptanz und Diffusion von Energieeffizienz- und Klimaschutztechnologien, die Sicherung langfristiger Einsparanreize oder mögliche wirtschaftliche, soziale und ökologische Folgewirkungen (Kosten und Nutzen).

Weiterhin liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf der Entwicklung einer einheitlichen Methodik für die zukünftige (ex-ante) Wirkung von Maßnahmen. Während es für die bereits erreichte Einsparwirkung bereits einige Leitfäden für die ex-post Bewertung gibt¹, fehlen diese noch weitgehend für die zukünftige Betrachtung. Allerdings bilden die vorhandenen Leitlinien für die ex-post Bewertung auch eine wesentliche methodische Basis für die Abschätzung zukünftiger Wirkungen und werden daher auch in diesem Papier zugrunde gelegt. Weiterhin wird auf ein internes Arbeitspapier zurückgegriffen, das von Öko-Institut und Fraunhofer ISI im Rahmen der des Vorhabens "Politikszenerarien X" im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) erarbeitet wurde (Öko-Institut et al. 2020b). Mit diesem Papier wird eine einheitliche Methodik zur Abschätzung von ex-post und ex-ante Wirkungen der im Vorhaben quantifizierten Klimaschutzpolitischen Instrumente bereitgestellt. Auch eine Arbeitsgruppe des Lenkungskreises der Wissenschaftsplattform Klimaschutz hat eine Orientierungshilfe für ex-ante Evaluationen erstellt (Matthes et al. 2021), auf die für die Erstellung dieses Kurzpapier ebenfalls zurückgegriffen wurde.

Im Hinblick auf die ex-ante Wirkungsabschätzung von Maßnahmen ist zu unterscheiden,

- ob es sich um eine oder mehrere Maßnahmen handelt und
- ob deren Einzelwirkung bottom-up abgeschätzt wird oder die Wirkung der Maßnahmen top-down im Rahmen einer integrierten Modellierung abgebildet wird.

Dabei ist zu beachten, dass auch im Rahmen einer integrierten Modellierung, wie sie üblicherweise in maßnahmengetriebenen Szenarien erfolgt (siehe Prognos et al. 2021; Öko-Institut et al. 2021), einige Maßnahmen zunächst bottom-up abgeschätzt und erst in einem zweiten Schritt in die Modellierung integriert werden.

Im Folgenden werden zunächst die methodischen Anforderungen an eine bottom-up Wirkungsabschätzung beschrieben (Kapitel 2). Im Anschluss wird dargestellt, was bei top-down Wirkungsabschätzungen im Rahmen einer integrierten Modellierung zusätzlich zu beachten ist (Kapitel 3). Abschließend wird dargestellt, welche Rolle ein standardisiertes Template für die Erfassung der Maßnahmenwirkungen in diesem Kontext spielen könnte (Kapitel 4).

¹ Zu nennen sind hier aktuell beispielsweise auf europäischer Ebene der Leitfaden für die ex-post Evaluation von Maßnahmen in den Effort-Sharing-Sektoren (Ricardo Energy&Environment et al. 2020) und die Arbeiten im Horizon 2020-Projekt EPATEE (<https://epatee.eu/>). Für Deutschland lassen sich beispielsweise der Methodikleitfaden für Evaluationen von Energieeffizienzmaßnahmen des BMWi (Fraunhofer ISI et al. 2020) und das Methodenhandbuch für die Bewertung der Maßnahmen der Nationalen Klimainitiative (Öko-Institut et al. 2019) nennen.

2 Methodische Anforderungen an die bottom-up Wirkungsabschätzung von Maßnahmen

Aus den genannten Quellen zur ex-post und ex-ante Bewertung von energie- und klimapolitischen Maßnahmen lassen sich folgende Punkte ableiten, zu denen im Hinblick auf eine transparente und gut nachvollziehbare Maßnahmenbewertung Festlegungen zu treffen und offenzulegen sind:

1. Berücksichtigte Bewertungskriterien und auszuweisende Indikatoren
2. Getroffene Annahmen bezüglich für die Wirkungsabschätzung zentraler Rahmendaten
3. Gewählte Betrachtungsweise (statisch / dynamisch)
4. Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der (Brutto-)Wirkung der Maßnahme
5. Methodisches Vorgehen bei der Effektbereinigung (Nettowirkung der Maßnahme)
6. Umgang mit Unsicherheiten

2.1 Berücksichtigte Bewertungskriterien und auszuweisende Indikatoren

Das wohl wichtigste Bewertungskriterium für eine ex-ante-Bewertung energie- und klimapolitischer Instrumente und Maßnahmen ist deren **Klimaschutzwirkung**, die sich in der durch eine Maßnahme erzielten **Wirkung auf die Energieeinsparung und Treibhausgas(THG)minderung** widerspiegelt. Denn die in entsprechenden Gesetzen, Programmen und Strategien festgelegten politischen Vorgaben, die mittels dieser Maßnahmen umgesetzt werden sollen, sind in der Regel als THG-Minderungs- oder Energieeinsparziel formuliert. Als aktuelle Beispiele lassen sich hier die im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sektoral bis 2030 festgelegten zulässigen Jahresemissionsmengen oder das nationale Primärenergieeinsparziel für 2030 in der Energieeffizienzstrategie 2050 (BMWi 2019) nennen. Um das Monitoring solcher politisch festgelegten Ziele zu verbessern und zeitnäher im Sinne einer Früherkennung von Zielverfehlungen zu ermöglichen, wird derzeit sowohl für Deutschland als auch für die EU-Ebene ein breiteres Set von Zielindikatoren diskutiert, die die bisher dominierenden Kriterien der Energieeinspar- und THG-Minderungswirkung ergänzen könnten (siehe z.B. Duwe et al. 2021; Fietze et al. 2021).

Weitere wichtige Kriterien für die Bewertung lassen sich aus den Anforderungen an die Erfolgskontrolle finanzwirksamer Maßnahmen des Bundes nach § 7 Abs. 2 Bundeshaushaltsordnung (BHO) und den zugehörigen Verwaltungsvorschriften ableiten. Diese fordert neben der Kontrolle der Zielerreichung eine Bewertung der Wirkung bzw. Effektivität einer Maßnahme (d.h., ob diese prinzipiell zur Zielerreichung geeignet und ursächlich für die Zielerreichung ist) sowie deren Wirtschaftlichkeit bzw. Effizienz (d.h. ob die Maßnahme im Hinblick auf die übergeordnete Zielsetzung insgesamt wirtschaftlich war. Auch für die Bewertung einer energie- oder klimapolitischen Maßnahme hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz sind die durch die Maßnahme bewirkten Energie- und THG-Einsparung ein wichtiges Bewertungskriterium, das für die Bewertung der Effektivität durch die Ermittlung der Nettowirkung der Maßnahme (siehe dazu Abschnitt 2.5) sowie für die

Bewertung der Effizienz durch die Berücksichtigung des Mitteleinsatzes (im Sinne einer Fördereffizienz²) ergänzt wird.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Kriterien, die bei der Bewertung von Instrumenten und Maßnahmen im Bereich der Energie- und Klimapolitik gegebenenfalls zu berücksichtigen sind. Der "Methodikleitfaden für die Evaluation von Energieeffizienzmaßnahmen des BMWi" (Fraunhofer ISI et al. 2020) nennt beispielsweise folgende weitere Kriterien: ökonomische Effekte (wie Wirkungen auf Energiekosten, Investitionen, Beschäftigung oder Wertschöpfung), Akzeptanz und Diffusion, Modellcharakter, Verstetigung sowie Verfahrensverlauf. Ähnliche Kriterien beinhaltet auch das Methodenhandbuch für die Evaluierung der Nationalen Klimainitiative (NKI) (Öko-Institut et al. 2019). In ihren Leitsätzen für ein „gutes Energieeffizienz-Monitoring“ empfiehlt die Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (2015) neben der Beurteilung der Effektivität und Effizienz von Instrumenten und Maßnahmen auch die Berücksichtigung von Verteilungswirkungen und die Prüfung der Nachhaltigkeit der Wirkung. Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) fordert Artikel 9, Abs. 2 für die ex-ante-Bewertung von Maßnahmen in künftigen Klimaschutzprogrammen neben Abschätzungen zu den voraussichtlichen THG-Minderungswirkungen auch "wissenschaftliche Abschätzungen zu möglichen ökonomischen, sozialen und ökologischen Folgen", die auch Auswirkungen auf die Effizienz des Einsatzes von natürlichen Ressourcen einschließen.

Die konkrete Bewertung einer Maßnahme in Bezug auf das jeweilige Kriterium erfolgt mittels **Indikatoren**. Ein Indikator kann entweder gemessen werden (quantitativer Indikator) oder beschreibend sein (qualitativer Indikator). Die nachfolgende Betrachtung konzentriert sich auf die bei ex-ante-Bewertungen von energie- und Klimaschutzpolitischen Maßnahmen im Mittelpunkt stehenden Indikatoren für die quantitative Messung des Kriteriums der Energie- und THG-Einsparwirkung. Beispiele für Indikatoren zur Beschreibung und Messung der übrigen genannten Bewertungskriterien finden sich u. a. in den bereits genannten Methodikpapieren zur Maßnahmen-Evaluation (Öko-Institut et al. 2019; Fraunhofer ISI et al. 2020).

Indikatoren für das Kriterium „Energie- und THG-Einsparwirkung“

Ziel dieser Gruppe von Indikatoren ist es, die durch eine Maßnahme erreichte Energieverbrauchs- und THG-Minderungswirkung quantitativ zu messen. Welche Größen hier genau betrachtet werden, hängt von den durch die Maßnahmen adressierten Einsparpotenzialen (Einsparungen in den Sektoren des Endenergieverbrauchs, Energieträgerwechsel, Minderung weiterer THG über energiebedingtes CO₂ hinaus) und dem Bewertungszweck ab. Folgende Indikatoren fallen in diese Gruppe:

- **Endenergieeinsparungen**, wobei empfohlen wird, diese weiter nach Strom sowie Brenn- und Kraftstoffen zu differenzieren.
- **Primärenergieeinsparungen**; die Umrechnung von Endenergie- in Primärenergie kann mittels Faktoren erfolgen (siehe Abschnitt 2.2).
- **Einsparungen an Treibhausgasemissionen**; die Umrechnung von Endenergie in THG-Emissionen kann mittels Faktoren erfolgen (siehe Abschnitt 2.2).

² Eine nähere Betrachtung des Effizienzkriteriums ist nicht Gegenstand dieses Arbeitspapiers. Hinweise zur Berechnung und Einordnung der Fördereffizienz als wichtiger Indikator für das Effizienzkriterium finden sich beispielsweise in Fraunhofer ISI et al. 2020 (Abschnitt 8.3)

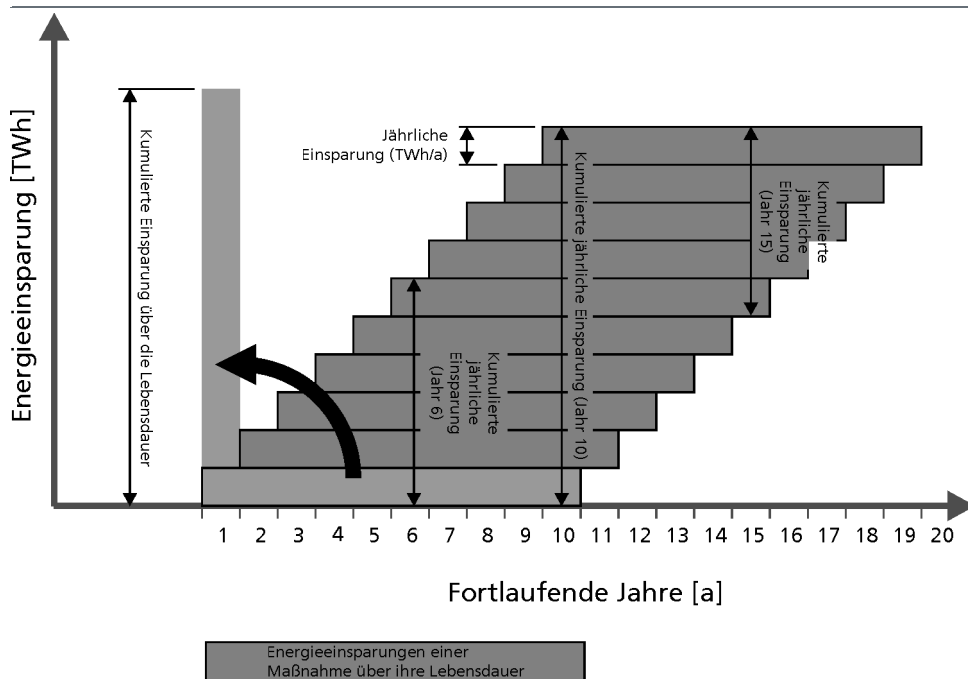
Ausweisungsmodi für die Einsparungen

Für eine einheitliche und damit auch vergleichbare Ausweisung der Einsparwirkung einer Maßnahme sind bestimmte Berechnungsvorschriften für die Indikatoren zu beachten:

- Die Grundlage für bottom-up ermittelte Einsparungen stellen üblicherweise die **neuen jährlichen Einsparungen** dar. Diese beschreiben die durch die Maßnahme bewirkten - im Vergleich zum Vorjahr zusätzlichen - Einsparungen. Methodisch lassen sie sich somit als Differenz zwischen den für aufeinander folgende Jahre ermittelten Einsparungen darstellen. Ex-post sind diese Werte für jedes Evaluationsjahr zu ermitteln, bei ex-ante Bewertungen sind Annahmen für die Entwicklung der Einsparungen im Zeitablauf zu treffen. Die weiteren Modi lassen sich aus den neuen jährlichen Einsparungen berechnen.
- Häufiger ausgewiesen werden insbesondere bei ex-ante Bewertungen die **addierten (oder kumulierten) jährlichen Einsparungen** in einem Jahr (z. B. in einem Zieljahr für ein Energie- oder Klimaziel). Diese ergeben sich rechnerisch aus der Addition bzw. Kumulierung der jährlichen neuen Einsparungen unter Berücksichtigung der Wirkdauern der durch die Maßnahmen angestoßenen Wirkungen (Abbildung 1).
- Einen speziellen Fall stellt die periodenbezogene Betrachtung über einen Zeitraum (z. B. eine Evaluationsperiode oder eine Verpflichtungsperiode für ein Einsparziel) dar. Ausgewiesen werden hier die **addierten (kumulierten) gesamten Einsparungen über die betrachtete Periode**.

Welche dieser Werte tatsächlich ausgewiesen werden, hängt von der mit der Wirkungsabschätzung verfolgten Zielsetzung und den an eine Berichtspflicht ggf. gestellten Anforderungen ab. Um Missverständnissen vorzubeugen ist darauf zu achten, die Berechnungsvorschriften korrekt anzuwenden und klar zu definieren, um welchen Ausweisungsmodus es sich handelt.

Abbildung 1: Darstellung der verschiedenen Ausweisungsmodi für Energieeinsparungen



Quelle: Darstellung Fraunhofer ISI basierend auf Schlomann et al. 2015.

2.2 Getroffene Annahmen bezüglich für die Wirkungsabschätzung zentraler Rahmendaten

Zur konsistenten Berechnung der Indikatoren zur Energie- und Einsparwirkung einer Maßnahme sind bestimmte Rahmenannahmen zu treffen. Bei bottom-up Wirkungsabschätzungen umfassen diese insbesondere folgende Aspekte: Energiepreise, Lebensdauern, Emissions- und Primärenergiefaktoren, Referenzentwicklung. Die jeweils getroffenen Annahmen sind bei der Darstellung der Wirkungsabschätzung offenzulegen. Die nachfolgende Beschreibung orientiert sich an den entsprechenden Ausführungen zu den Rahmenannahmen im "Methodikleitfaden für Evaluationen von Energieeffizienzmaßnahmen des BMWi" (Fraunhofer ISI et al. 2020).

Energiepreise

Energiepreise sind zeitlich stark variabel und unterschiedlich für Haushalte sowie kleinere und größere Unternehmen. Im Methodikleitfaden wird für ex-post Abschätzungen empfohlen, die Preise entweder selbst im Rahmen einer Evaluation zu erheben oder auf regelmäßig erhobene statistische Datenquellen zurückzugreifen. Bei einer ex-ante Abschätzung sollte auf aktuelle Energiepreisprognosen zurückzugegriffen werden.

Lebensdauern

Die Lebensdauern einzelner Energieeffizienz- oder Klimaschutzmaßnahmen können empirisch bestimmt werden. In der Regel wird aber auf Annahmen zu durchschnittlichen Lebensdauern zurückgegriffen. Empfohlen werden hier die auch beim NAPE-Monitoring des BMWK verwendeten Lebensdauern des European Committee for Standardization (COM 2006; CEN 2007).

Emissions- und Primärenergiefaktoren

Emissions- und Primärenergiefaktoren sind für bottom-up Wirkungsabschätzungen insofern relevant, als über solche Faktoren die Umrechnung von Endenergie- in Primärenergie- und THG-Einsparungen erfolgt. Die Wahl des Faktors kann dabei einen durchaus signifikanten Einfluss auf das Ergebnis haben. Dies gilt insbesondere für die Bewertung von Stromeinsparungen, da sich diese Faktoren aufgrund von kontinuierlichen Veränderungen im Strommix im Zeitablauf ändern, während die Faktoren für die Brenn- und Kraftstoffe weitgehend konstant bleiben. Wichtig ist, dass bei der Wirkungsabschätzung auf den Energieverbrauch zumindest zwischen Einsparungen aus Strom, Brennstoffen und Kraftstoffen differenziert wird. Bei der Wahl der Faktoren ist auch relevant, welche Perspektive (Verursacher oder Quellen) gewählt wird und ob Effekte aus den Vorketten mitberücksichtigt werden sollen.

Für ex-post-Betrachtungen wird empfohlen, auf jahresscharfe Daten aus statistischen Quellen zurückzugreifen: für den Primärenergiefaktor auf die Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen³ und für die THG-Emissionsfaktoren auf die Daten des Umweltbundesamtes⁴. Für ex-ante Abschätzungen kann auf die Werte aus einem aktuellen Szenario (z. B. Projektionsbericht (Öko-Institut et al. 2021), NECP-Szenarien (BMWi 2020)) zurückgegriffen werden. Während in früheren ex-ante Abschätzungen mit dem Zeithorizont 2020 häufig auf eine jahresscharfe Dynamisierung der Werte verzichtet und mit konstanten Faktoren gerechnet wurde, wird für künftige

³ <https://www.ag-energiebilanzen.de/>

⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/spezifische-emissionsfaktoren-fuer-den-deutschen>

Abschätzungen für den Zeitraum nach 2020 empfohlen, jährlich angepasste Werte zu verwenden, insbesondere da die Veränderungen im Strommix deutlich größer werden.

Zugrunde gelegte Referenz (Baseline)

Mit der Festlegung einer Referenz (Baseline) soll die Zusätzlichkeit der Wirkung einer Maßnahme oder eines Maßnahmenbündels gegenüber dem Status-quo sichergestellt werden.

Bei einer bottom-up Wirkungsabschätzung von Einzelmaßnahmen können sich die ausgewiesenen Einsparungen entweder auf einen **Vorher-Nachher-Vergleich** beziehen (insbesondere, wenn es sich bei der durchgeführten Maßnahme um einen reinen Ersatz oder eine Erweiterung des Bestands handelt) oder auf den Vergleich der Wirkung der Maßnahme mit einer an den Stand der Regulierung und Technik angepassten Referenztechnologie (insbesondere bei Investitionen in komplett neue Anlagen, Geräte oder Prozesse). Mögliche Baselines umfassen insbesondere einen gesetzlichen Mindeststandard, einen Markt- oder Bestandsdurchschnitt oder einen Markttrend über längere Zeiträume. In manchen Berichtspflichten wird auch der Ansatz einer bestimmten Baseline vorgegeben, so dass auch bei einer Vorher-Nachher-Betrachtung zusätzlich eine Baseline zu berücksichtigen ist (z. B. für Meldungen unter Artikel 7 EED bestehende EU-Regulierungen (z. B. Mindesteffizienzstandards unter der Ökodesign-Richtlinie).

Bei der Konzeption neuer Programme und Strategien werden häufig keine vollständig neuen Maßnahmen formuliert, sondern bereits bestehende Maßnahmen weiterentwickelt. Hier empfiehlt es sich, als Baseline die Wirkungsabschätzung für die ursprünglich konzipierte Maßnahme zugrunde zu legen, falls eine solche verfügbar ist.

Werden Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündel in eine integrierte Modellierung eines oder mehrerer Sektoren eingebunden, so werden sie üblicherweise im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne diese Maßnahmen bewertet, jedoch im selben Umfeld und unter den sonst gleichen Bedingungen (so genannte "kontrafaktische" Entwicklung; siehe Matthes et al. 2021). Die unterstellten Referenzentwicklungen spiegeln Baselines wider, die das aktuelle regulatorische und technologische Umfeld abbilden. Hierbei spielen auch Rahmenentwicklungen eine wichtige Rolle, die zwar außerhalb des Bereichs der Maßnahmenwirkung liegen, die die Wirksamkeit der Maßnahme aber entscheidend beeinflussen (zu nennen wären hier z. B. die Entwicklung des europäischen Kraftwerksparks in der Energiewirtschaft und die Weltmarktenergiepreise). Dies gilt sowohl für bottom-up als auch für top-down abgeschätzte Maßnahmen.

Die jeweils verwendete Referenz (Baseline) ist im Sinne der Transparenz und Vergleichbarkeit der Wirkungsabschätzung deutlich darzulegen. Eine stärkere Vereinheitlichung bei der Wahl des Referenzsystems wäre wünschenswert, um Bewertungsunterschiede zu reduzieren (siehe auch Matthes et al. 2021). Aufgrund der Heterogenität der zu bewertenden energie- und klimapolitischen Maßnahmen (siehe dazu auch Abschnitt 2.4) dürfte dies aus methodischer Sicht jedoch nur eingeschränkt möglich sein.

2.3 Gewählte Betrachtungsweise

Dieser Punkt ist nur bei ex-ante Wirkungsabschätzungen relevant. Unterschieden wird zwischen einer statischen und einer dynamischen Betrachtung der Einsparwirkungen:

- In der **statischen Betrachtung** wird grundsätzlich die aktuelle Beschlusslage berücksichtigt und betrachtet, welche Einsparungen mit einer Maßnahme erzielt werden, wenn diese gemäß aktueller Beschlusslage fortgeführt wird. Diese Betrachtungsweise soll Umsetzungseffizienzen der Vergangenheit und weitere Quellen berücksichtigen. In der statischen Betrachtung können Effekte auch erst in späteren Jahren eintreten, sofern aktuell ein Beschluss besteht, die konkrete Umsetzung jedoch erst später erfolgt.
- In der **dynamischen Betrachtung** können auch solche Aktivitäten berücksichtigt werden, deren Beschluss noch nicht feststeht, eine Absicht jedoch bereits formuliert ist. Damit soll der Planungsstand berücksichtigt werden. Dies kann bei finanzwirksamen Maßnahmen auch die Fortschreibung der Finanzmittel über die bereits im Haushalt angemeldeten Mittel bis zum Ende der Betrachtungsperiode beinhalten.

Im Hinblick auf das Prognoseergebnis stellt die statische Betrachtung einen konservativen Ansatz dar, während die dynamische Betrachtung optimistischer hinsichtlich einer möglichen Zielerreichung ist. In längerfristigen maßnahmengetriebenen Szenarien (z. B. in den Projektionsberichten, oder im NECP) dominiert die dynamische Betrachtung. Im Rahmen der jährlichen Überprüfung der Wirkung des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020 (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2017, 2018, 2019, 2020; 2021) werden bei der Berechnung der THG-Minderung der Maßnahmen beide Perspektiven betrachtet.

2.4 Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der (Brutto-)Wirkung der Maßnahme

Grundsätzlich sollte bei der Ausweisung der Einsparungen mittels Indikatoren zwischen Brutto- und Nettoeinsparungen unterschieden werden. Die durch die Maßnahme „beeinflussten“ Indikatorwerte werden als **Bruttowirkung** einer Maßnahme bezeichnet. Diese sollte so ermittelt werden, dass sie den Gesamteffekt (Wirkung) der Maßnahme umfasst. Dabei sollte jedoch die zugrunde gelegte Baseline berücksichtigt werden (siehe dazu Abschnitt 2.2).

Anknüpfend an das Vorgehen bei einer ex-post Evaluation sollte auch bei einer ex-ante Evaluation zunächst das Wirkmodell bestimmt werden. Ein solches Wirkmodell beinhaltet die idealisierte Annahme zur Wirkung einer Handlung (hier: Durchführung einer Maßnahme) im Sinn einer kausal begründeten Abfolge (siehe Abbildung 2). Bei einer ex-post Evaluation liegen die auf den ersten drei Ebenen des Modells verwendeten Daten zum Mitteleinsatz (z. B. Höhe eines Investitionszuschusses), zur Leistung (z. B. Anzahl der Förderfälle oder durch die Maßnahme ausgelöste Investitionen) und zum Ergebnis (z. B. realisierte Einsparung pro Förderfall) bei der die Maßnahme administrierenden Stelle weitgehend vor. Die Wirkung (Impact) der Maßnahme auf den Energieverbrauch und die THG-Emissionen kann vom Evaluator mit relativ geringer Unsicherheit berechnet werden. Demgegenüber sind in einer ex-ante Evaluation auf allen Ebenen Annahmen zu treffen, so dass die Wirkungsabschätzung hier zwangsläufig mit deutlich größeren Unsicherheiten behaftet ist (zum Umgang mit Unsicherheiten siehe auch Abschnitt 2.6).

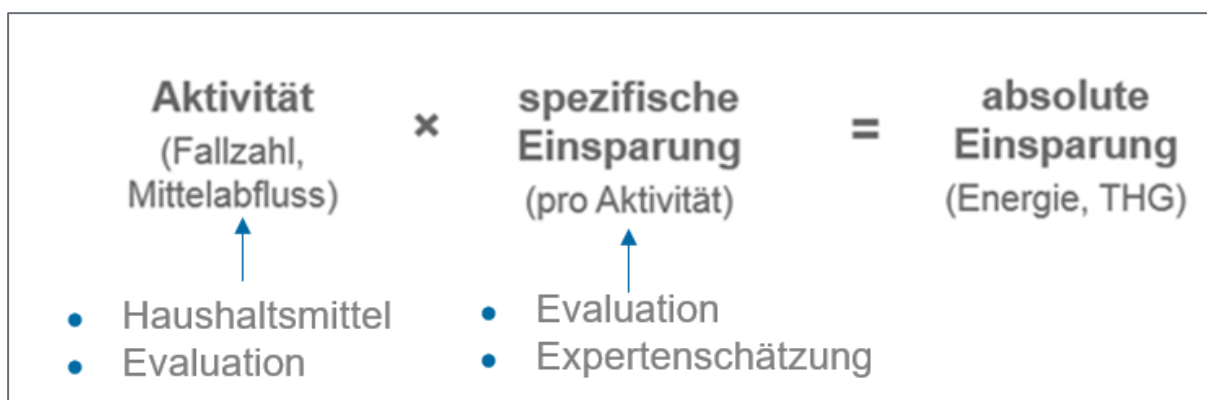
Abbildung 2: Ebenen eines Wirkmodells für die Abschätzung der Wirkung einer Maßnahme



Quelle: Fraunhofer ISI et al. 2020.

Eine allgemeinverbindliche Festlegung, wie die Bruttowirkung einer Maßnahme zu ermitteln ist, ist nicht möglich, da die einzelnen Maßnahmen zu heterogen sind und die gewählte Methode von den Spezifika der jeweiligen Maßnahme abhängt. Diese sind insbesondere beeinflusst durch den Maßnahmentyp (wie Ordnungsrecht, finanzielle Förderung, preis- und mengenpolitische Steuerungsmechanismen, Information und Beratung oder Verpflichtungserklärungen) und die jeweiligen Adressaten der Maßnahme. Auch die Datenverfügbarkeit hat Einfluss auf die gewählte Methode. In manchen Fällen werden auch bestimmte Anforderungen an die Methodik vorgegeben⁵. In jedem Fall sollte nachvollziehbar dokumentiert werden, welche Annahmen und Methoden der Ermittlung der Bruttowirkung einer Maßnahme jeweils zugrunde liegen. Dies beinhaltet auch Angaben zur gewählten Baseline, um die Zusätzlichkeit der Wirkung über bereits implementierte Maßnahmen hinaus abzubilden.

Ein für die bottom-up Wirkungsabschätzung von finanziellen Fördermaßnahmen häufig verwendeter Ansatz ist die Verknüpfung einer geeigneten Aktivitätsgröße mit einer spezifischen Einsparung:



Größere Förderprogramme werden dabei, wenn möglich, in homogene Teilbereiche (Fördertatbestände) zergliedert und deren Wirkung separat berechnet. Die Abschätzung der Minderungswirkung für einen ex-post Zeitraum basiert, soweit möglich, auf tatsächlich erfolgten Umsetzungsdaten (Haushaltsmittelabflüsse, Fallzahlen u. ä.), die bei einer ex-ante Betrachtung nach der statischen und/oder dynamischen Betrachtungsweise fortgeschrieben werden. Die Werte für die spezifische Einsparung werden, so weit verfügbar, aus bestehenden Evaluierungen entnommen oder basieren auf Expertenschätzungen.

Die von der Wissenschaftsplattform erarbeitete Orientierungshilfe (Matthes et al. 2021) nennt Kosten-Nutzen-Analyse, Kosten-Wirksamkeits-Analysen und Multikriterien-Analysen als weitere

⁵ Wie beispielsweise bei der Evaluation von Maßnahmen, welche den EU-Vorschriften für staatliche Beihilfen unterliegen. Hier ist die von der Europäischen Kommission (2014) vorgegebene Evaluierungsmethodik anzuwenden.

Methoden für die ex-ante Wirkungsabschätzung, neben der Simulation von Maßnahmen in rechnergestützten Energiesystemmodellen (s. Kapitel 3).

2.5 Methodisches Vorgehen bei der Effektbereinigung

Von der Bruttowirkung ausgehend ist in einem zweiten Schritt die Nettowirkung einer Maßnahme zu ermitteln. Hier werden ausschließlich die auf die Maßnahme tatsächlich zurückführbaren Wirkungen betrachtet und damit das Kriterium der Effektivität einer Maßnahme adressiert (siehe Abschnitt 2.1). D.h. es geht es um die Frage, inwieweit die bewertete Maßnahme „ursächlich“ für die ermittelte Bruttowirkung war, und inwieweit „zusätzliche“ Einsparungen erzielt wurden.⁶ Für die Ermittlung der Nettowirkung ist es notwendig, die Bruttowerte um entsprechende Effekte zu bereinigen. Dabei sind zwei Ebenen der Effektbereinigung zu unterscheiden: a) die Effektbereinigung auf der Ebene einer Einzelmaßnahme und b) die Effektbereinigung auf der Ebene eines Maßnahmenbündels.

a) Effektbereinigung auf der Ebene einer Einzelmaßnahme

Bei der Effektbereinigung auf der Ebene einer Einzelmaßnahme können insbesondere folgende Effekte auftreten (siehe Tabelle 1): Mitnahme- und Vorzieheffekte, Spill-over-Effekte, Nachlaufeffekte, strukturelle Effekte und Reboundeffekte. Die quantitative Verknüpfung der Effekte mit der Bruttowirkung der Maßnahmen erfolgt je nach Effekt entweder additiv oder multiplikativ.

Tabelle 1: Ermittlung der Nettowirkung von Maßnahmen

Effekte	Beschreibung
Bruttowirkung	
- Mitnahme- und Vorzieheffekte	Effekte durch die Mitnahme von Fördermitteln und vorgezogenen Austausch (entspricht verzögertem Mitnahmeeffekt)
+ Spill-over-Effekt	Effekte durch Spill-over (Übertragung) auf Dritte und andere Bereiche
+ Nachlaufeffekt	Effekt durch verzögert einsetzende Maßnahmenwirkungen
* - Strukturelle Effekte	Effekte durch Änderungen zentraler Strukturvariablen (z. B. unterschiedliche Witterungsbedingungen über die Laufzeit)
* - Rebound-Effekte	Effekte durch Mehrverbrauch infolge von Energiekosteneinsparungen
= Nettowirkung (Einzelmaßnahmenebene)	Wirkung nach Bereinigung der Effekte
* - Interaktionseffekt	Effekte durch Wechselwirkungen (Interaktionen) zwischen Einzelmaßnahmen auf der Ebene eines Maßnahmenbündels
= Nettowirkung (Maßnahmenbündelebene)	Wirkung nach Bereinigung um Wechselwirkungen

Quelle: Aktualisierte Darstellung Fraunhofer ISI basierend auf Fraunhofer ISI et al. 2020.

⁶ Wobei auch mit dem Ansetzen einer Baseline bereits ein Teilaspekt der Zusätzlichkeit adressiert wird.

Allerdings sind nicht immer alle genannten Effekte für die Ermittlung der Nettowirkung einer Maßnahme relevant. Dies ist für die zu bewertende Maßnahme jeweils zu begründen. Hinzu kommt, dass eine Quantifizierung der Wirkung des Effektes aufgrund des Fehlens einer belastbaren Datengrundlage nicht immer zuverlässig möglich ist. Auf Einzelmaßnahmenebene werden am häufigsten Mitnahmeeffekte quantifiziert, teilweise auch die gegenläufig wirkenden Übertragungs- oder Spill-over-Effekte⁷. Die übrigen Effekte lassen sich häufig nur in qualitativer Form betrachten. Im Methodikleitfaden (Fraunhofer ISI et al. 2020) werden verschiedene Erhebungsverfahren vorgestellt, mit denen im Rahmen von ex-post oder begleitenden Evaluationen die Effekte auch quantitativ erfasst werden können. Diese können dann für ex-ante Wirkungsabschätzungen geeignet fortgeschrieben werden.

b) Effektbereinigung auf der Ebene eines Maßnahmenbündels

Hier ist zu unterscheiden, ob die Bereinigung um Wechselwirkungen innerhalb eines Maßnahmenbündels ohne oder mit einer integrierten Modellierung erfolgt.

Fall 1: Bottom-up Bereinigung um Wechselwirkungen ohne integrierte Modellierung

Auf der Ebene eines Maßnahmenbündels sind Wechselwirkungs- bzw. Interaktioneneffekte zu berücksichtigen (siehe die letzten beiden Zeilen in Tabelle 1). Diese treten auf, wenn mehrere Maßnahmen auf dieselbe Zielgruppe und denselben Handlungsbereich einwirken und gleichzeitig Einfluss auf die Handlungsweise der Zielgruppe nehmen. Dieser Einfluss kann sich sowohl verstärkend als auch schwächend oder auch ausschließend auswirken. Häufig werden Interaktionseffekte auf einer Stufe mit den übrigen in Tabelle 1 aufgeführten Effekten genannt. Da diese Effekte jedoch die Beziehung zwischen verschiedenen Maßnahmen betreffen, können sie methodisch adäquat auch nur auf der Ebene eines Maßnahmenbündels berücksichtigt werden. Je nach Zusammensetzung des Maßnahmenbündels kann sich die Effektbereinigung auch unterscheiden. Deshalb wird empfohlen, zumindest bei der Ermittlung der Effekte sauber zwischen den beiden Ebenen zu trennen.

Es gibt verschiedene Ansätze, Wechselwirkungen zwischen bottom-up abgeschätzten Einzelmaßnahmen zu erfassen. Eine Möglichkeit ist die Hinterlegung eines **Instrumentenfaktors** (häufig auch als Interaktionsfaktor bezeichnet). Jede Einzelmaßnahme erhält einen individuellen Instrumentenfaktor, der die Minderung der Wirkung durch Doppeladressierung von Einsparpotenzialen abbilden soll. Die Energieeinsparungen in einem bestimmten Bereich (Handlungsfeld) werden dabei – üblicherweise auf der Grundlage von empirischen Erfahrungswerten oder Expertenschätzungen – anteilig auf alle diesen Bereich adressierenden Maßnahmen zugerechnet⁸. Dieser Ansatz ist bei ex-ante Wirkungsabschätzungen relativ weit verbreitet und wurde in der Vergangenheit sowohl in den Projektionsberichten 2019 und 2021 (BMU 2019; Öko-Institut et al. 2021) als auch im Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland (BMWi 2014) sowie in der Mitteilung zu Artikel 7 EED im finalen NECP (BMWi 2020) genutzt. Die Artikel 7-Mitteilung enthält eine Liste mit Standardfaktoren für Interaktionen von Energieeffizienzmaßnahmen, die grundsätzlich auch für andere Vorhaben genutzt werden können. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass diese Faktoren im Kontext eines bestimmten Maßnahmenbündels zu sehen sind und gegebenenfalls angepasst werden müssen.

⁷ Aus ex-ante-Perspektive beispielsweise in der Mitteilung zu Artikel 7 EED im deutschen NECP.

⁸ Im Extremfall kann der Instrumentenfaktor einer oder mehrerer Maßnahmen, die einen bestimmten Bereich adressieren, auch auf 0 gesetzt und die Einsparungen damit nur der oder den verbleibenden Maßnahmen zugerechnet werden. Die Maßnahmen, denen keine Einsparungen zugerechnet werden, die aber dennoch wichtig für die Gesamtwirkung des auf einen bestimmten Bereich gerichteten Maßnahmenbündels sind, werden häufig als "flankierende" oder "begleitende" Maßnahmen bezeichnet.

Eine noch höhere Transparenz erreicht man durch die Hinterlegung einer **Interaktionsmatrix**, die alle berücksichtigten Maßnahmen zweidimensional abbildet. Dies ermöglicht eine transparente Beschreibung der Interaktionen für alle Instrumentenkombinationen in beide Richtungen (siehe Fraunhofer ISI et al. 2020, Kap 9.5). Wichtig ist auch hier der Hinweis, dass sich die Parameter in der Interaktionsmatrix für die Maßnahmen je nach untersuchtem Maßnahmenbündel unterscheiden können.

Eine weitere Möglichkeit der Berücksichtigung von Wechselwirkungen innerhalb eines Maßnahmenbündels ist, die Doppeladressierung von Einsparpotenzialen bereits bei der Ermittlung von Einsparwirkungen auszuschließen. Dann kann auf das Ansetzen eines Instrumentenfaktors verzichtet werden. Dieses Vorgehen bietet sich insbesondere in der Konzeptionsphase von sektoralen oder sektorenübergreifenden Programmen an, die mehrere Maßnahmen beinhalten. Methodisch wird dabei wie beim Instrumentenfaktor auf Einsparpotenziale in einem Bereich oder Handlungsfeld zurückgegriffen. Wenn mehrere Maßnahmen das gleiche Potenzial adressieren, kann die durch eine einzelne Maßnahme realisierte Potenzialausschöpfung beschränkt (im Extremfall auf 0) und damit von vornherein ausgeschlossen werden, dass das gleiche Einsparpotenzial durch mehrere Maßnahmen in einem Bündel ausgeschöpft wird.⁹

Fall 2: Bereinigung um Wechselwirkungen im Rahmen einer integrierten Modellierung

Im Rahmen der **integrierten Modellierung** werden die Interaktionen zwischen den Einzelmaßnahmen implizit (modellendogen) berücksichtigt. Die Gesamtwirkung eines sektoralen Maßnahmenbündels kann daher am besten durch eine integrierte Modellierung berechnet werden. Die Summe der abgeschätzten Wirkungen der Einzelmaßnahmen weicht aufgrund der Interaktionen in der Regel etwas von der kombinierten Wirkung in der integrierten Modellierung ab. Es gibt mehrere mögliche Ansätze, wie die mittels integrierter Modellierung abgeschätzte Einsparwirkung eines Maßnahmenbündels auf die Einzelmaßnahmen rückverteilt werden kann. Im Anhang 11.1 in Prognos et al. (2021) werden verschiedene Ansätze dazu skizziert: unter anderem die Reihung und Priorisierung von Einzelmaßnahmen, die lineare Skalierung der Einzelmaßnahmen, die lineare Skalierung von Maßnahmenbündeln und die oben bereits erwähnte Skalierung von Einzelmaßnahmen mit Instrumentenfaktoren oder mit einer Instrumentenmatrix. Grundsätzlich lassen sich diese Ansätze zumindest teilweise auch kombinieren.

Auch die üblicherweise zur Bewertung von Maßnahmenbündeln im Sektor Energiewirtschaft verwendeten Strommarktmodelle bilden in der Regel die Effektbereinigung modellendogen ab. Insbesondere betrifft dies Synergieeffekte (z. B. Nutzung von Übertragungskapazitäten), Rebound-Effekte (z. B. zum Teil Erhöhung der Emissionen durch den Einsatz von KWK) und Überlagerungseffekte verschiedener Maßnahmen (z. B. EE-Einspeisung und höhere CO₂-Preise im EU-ETS führen beide zu einer Reduktion der Erzeugung aus Stein- und Braunkohle; zum Teil überlagern sich diese Effekte aber, da Kraftwerke auch bei niedrigeren CO₂-Preisen nicht zum Einsatz gekommen wären, da ausreichend EE-Erzeugung zur Verfügung stand).

Zur Effektbereinigung im Falle von sektorenübergreifenden Maßnahmen können auch Modellierungsverbünde genutzt werden. Beispielsweise werden im Rahmen der Projektionsberichte verschiedene Sektormodelle in einer entsprechenden Reihenfolge mit den für die Maßnahmenbewertung notwendigen Informationen und Grunddaten aus anderen Sektormodellen versorgt. Darüber hinaus erfolgt eine koordinierte Festlegung der Rahmendaten. Die finalen Minderungswirkungen werden in einem Integrationsmodell bestimmt, welche eine Konsistenzprüfung zwischen

⁹ Dieser Ansatz wurde beispielsweise bei der ex-ante Quantifizierung der Energie- und THG-Einsparungen des ersten "Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) verfolgt (siehe Fraunhofer ISI et al. 2014).

den Sektormodell-Outputs ermöglicht und eine korrekte Zuordnung der Emissionen sicherstellt. Alternativ können hierzu integrierte Energiesystemmodellierungen verwendet werden, bei denen die Berücksichtigung von sektorübergreifenden Effekten modellendogen erfolgt. Der Nachteil ist die deutlich geringere Detailtiefe von Energiesystemmodellen. Diese erlaubt es Maßnahmen nur abstrakt und auf einer geringen Granularität abzubilden und ist daher für eine detaillierte Betrachtung von Maßnahmen innerhalb einer Modellierung nur sehr bedingt geeignet.

c) Ausweisung von Brutto- und Nettowirkungen

Um die Ermittlung der Brutto- und Nettowirkungen der Maßnahmen möglichst transparent zu halten, wird im Methodikleitfaden (Fraunhofer ISI et al. 2020) aus ex-post Perspektive empfohlen, sowohl die Brutto- als auch die Nettowerte der Evaluation auszuweisen. Um vollständige Transparenz über die verschiedenen Bereinigungsstufen zu erhalten, wird für ex-ante Quantifizierungen von Einzelmaßnahmen im Kontext von Maßnahmenbündeln grundsätzlich empfohlen, alle drei Stufen der Wirkungsabschätzung getrennt auszuweisen.

Damit würden für die hier betrachteten Indikatoren der Energie- und THG-Einsparung für jede Maßnahme jeweils folgende Wirkungen ausgewiesen:

- Stufe 1: Bruttowirkung (unter Berücksichtigung der zugrunde gelegten Baseline)
- Stufe 2: Nettowirkung 1 mit den Effektbereinigungen auf Einzelmaßnahmenebene
- Stufe 3: Nettowirkung 2 mit der Effektbereinigung auf der Ebene des gesamten (sektoralen) Maßnahmenbündels

Falls aufgrund bestimmter Erwägungen mehrere Schritte (beispielsweise die Nettowirkungen 1 und 2) zusammenfassend ausgewiesen werden sollen, so sollte jedoch bei den dahinterstehenden Berechnungen die transparente Darstellung der Annahmen, die auf den drei Stufen der Wirkungsabschätzung getroffen wurden, sichergestellt sein.

2.6 Umgang mit Unsicherheiten

Bereits die in diesem Papier beschriebenen Empfehlungen zum methodischen Vorgehen bilden ein wichtiges Element, um methodische Unsicherheiten zu reduzieren. Dennoch bestehen auf allen beschriebenen Stufen des Prozesses der Wirkungsabschätzung Unsicherheiten. Hierbei erscheint es sinnvoll, zwischen Unsicherheiten bezüglich der Umsetzung und Zuordnung sowie technologischen und politischen Unsicherheit zu unterscheiden.

Politische (regulatorische) Unsicherheiten bestehen bei der genauen Ausgestaltung einer Maßnahme sowie deren Timing und Einbettung. Ex-post sind diese nicht relevant, da die Maßnahmenausgestaltung bekannt ist. Ex-ante kann sie nur durch eine möglichst genau formulierte und transparent kommunizierte Maßnahmenbeschreibung aufgelöst werden. Hier können z. B. durch Variantenbildung Korridore für die zu erwartenden Maßnahmenwirkung bestimmt werden. Auch die Anwendung der statischen und der dynamischen Betrachtungsweise erlaubt einen Umgang mit der politischen Unsicherheit.

Für die ex-ante Bewertung besteht zudem Unsicherheit darüber, wie eine bestimmte Maßnahme aufgenommen bzw. umgesetzt wird. Für Maßnahmen, die in einer ähnlichen Form bereits bestehen, kann hier jedoch auf Erfahrungen aus ex-post Bewertungen zurückgegriffen werden. Für neuartige Maßnahmen ist dies nicht ohne weiteres möglich und es muss auf Expertenschätzun-

gen oder Plausibilisierungen zurückgegriffen werden. Bei zentralen Eingangsparametern und Annahmen können Spannen angegeben werden. Dies gilt insbesondere für Unsicherheiten zur technologischen Entwicklung und der daraus abzuleitenden technologischen Eingangsparameter.

Eine aggregierte Betrachtung (z. B. die Aggregation von Einzelmaßnahmenwirkungen auf Maßnahmenbündel für einen Bereich oder ganzen Sektoren) kann den Grad der Unsicherheit verringern, wenn man davon ausgeht, dass sich Abweichungen gegenseitig (zumindest teilweise) ausgleichen und die mit Unsicherheit behafteten Faktoren weitgehend unabhängig voneinander sind (Matthes et al. 2021). Als Beispiel lässt sich hier das Vorgehen im Industriesektor im Rahmen der Bewertung der Wirkungen des Klimaschutzprogramms 2030 (Öko-Institut et al. 2020a) nennen. Hier wurden die Instrumente für bestimmte Handlungsfelder (Energieeffizienz, Material- und Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung) als Bündel quantifiziert, wodurch auch Interaktionseffekten zwischen diesen Maßnahmen Rechnung getragen wurde. Eine noch weitergehende Möglichkeit wäre die Betrachtung der Einsparwirkung eines Maßnahmenbündels auf der Ebene des gesamten Sektors.

Diese Methoden werden in der Praxis durchaus angewandt. Sie gehen aber häufig auch mit einem Informationsverlust einher. Vollständig vermeiden lassen sich inhärente Unsicherheiten insbesondere bei ex-ante Wirkungsabschätzungen nicht. Wichtig für eine entsprechende Einordnung der Ergebnisse ist die transparente Darstellung nicht nur der bei der Wirkungsabschätzung zugrunde gelegten Annahmen, sondern auch der damit verbundenen Unsicherheiten. Auch eine systematische Durchführung von ex-post Evaluationen zentraler energie- und klimapolitischer Maßnahmen unter Berücksichtigung der oben genannten methodischen Punkte kann dazu beitragen, die Zuverlässigkeit von – häufig daraus abgeleiteten – ex-ante Evaluationen zu erhöhen und damit die Unsicherheiten der Abschätzung zu verringern.

Grundsätzlich sollte bei ex-ante Evaluierungen angestrebt werden, Quellen für Unsicherheiten so weit wie möglich zu reduzieren und verbleibende Unsicherheiten transparent zu dokumentieren. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die grundsätzlichen Möglichkeiten, Unsicherheiten auf den verschiedenen Stufen einer ex-ante Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zu berücksichtigen. Welche dieser Möglichkeiten tatsächlich umgesetzt werden können, ist für jedes Vorhaben individuell zu entscheiden.

Tabelle 2: Möglicher Umgang mit Unsicherheiten auf den verschiedenen Stufen einer ex-ante Wirkungsabschätzung von Maßnahmen

Arten der Unsicherheit	Kurzbeschreibung und illustrative Beispiele	Umgang mit Unsicherheit	Möglichkeiten zur Reduktion der jeweiligen Unsicherheit
Parameter-Unsicherheit	Unsicherheit, ob ein verwendeter Parameterwert dem "realen" Wert entspricht, gerade bei Zukunftswerten von Technologieparameter können Werte nur abgeschätzt werden und unterliegen Unsicherheiten zur realisierbaren technologischen Entwicklung	Angabe von Bandbreiten (ggf. mit Verteilung) für zentrale Parameter	Abschätzung des Einflusses auf den Gesamteffekt in Sensitivitätsanalysen
Szenario-Unsicherheit	Unsicherheit über die Entwicklung der Rahmendaten und über die Referenzentwicklung ohne eine Maßnahme	Detaillierte und klare Dokumentation der Rahmen- und Referenzdaten	Durch die Festlegung auf anerkannte, allgemein zugängliche und abgestimmte Rahmen- und Referenzdaten könnte Szenario-Unsicherheiten reduziert werden.
Modell-Unsicherheit	Einschränkungen die realen Gegebenheiten mit dem gewählten Modellansatz abzubilden; bzw. Vereinfachungen die auf Grund des gewählten Modellierungsansatzes getroffen werden müssen	Qualitative Beschreibung als der der Beschreibung des Bewertungsansatzes	Aus Expertenschätzungen oder komplementären Ansätzen können Korrekturterme entwickelt werden so dass die jeweiligen Modellvorteile genutzt und Modell-Unsicherheiten reduziert werden; die Modellkalibrierung und anschließende Validierung mit historischen (unabhängigen) Daten dient der Verifizierung des Modellansatzes und reduziert auch die Modell-Unsicherheit; Aus Modellvergleichen lassen sich Bandbreiten für die Bewertung ableiten.

Quelle: Eigene Darstellung Öko-Institut basierend auf Rich et al. 2014.

3 Methodische Anforderungen an die top-down Wirkungsabschätzung von Maßnahmen

Grundsätzlich gelten für die top-down im Rahmen einer integrierten Modellierung abgeschätzten Maßnahmen die gleichen Anforderungen wie für die bottom-up Wirkungsabschätzung. Im Folgenden wird daher für die sechs Punkte dargestellt, wo sich bei der Umsetzung ggf. Unterschiede in der Vorgehensweise ergeben. Einen speziellen Fall stellt die Integration von bottom-up abgeschätzten Maßnahmenwirkungen in eine integrierte Modellierung dar. Diese kann von Modell zu Modell und von Sektor zu Sektor und von Maßnahmen zu Maßnahme unterschiedlich sein. Auch das Verhältnis von bottom-up und top-down abgeschätzten Maßnahmen kann entsprechend variieren. Wie oben bereits beschrieben, lassen sich insbesondere Förderinstrumente relativ gut mit einem bottom-up-Ansatz abschätzen und in die Modelle integrieren, während sich für Preis- und ordnungsrechtliche Instrumente eher eine endogene Modellierung eignet. Aber auch hier gibt es Unterschiede je nach betrachtetem Sektor und verwendetem Modell.

3.1 Berücksichtigte Bewertungskriterien und auszuweisende Indikatoren

Die Ausführungen in Abschnitt 2.1 zu Bewertungskriterien und Indikatoren gelten sowohl für die bottom-up als auch für die top-down Betrachtung. Die für die Evaluierung verwendeten Modelle bilden jedoch die in den Sektoren wirkenden, komplexen Wirkungszusammenhänge integriert ab. Um dennoch die Zusammenhänge nachvollziehbar und überprüfbar zu machen, bedarf es weiterer sektorspezifischer Indikatoren. Zur schnelleren Überprüfung und Vergleichbarkeit eignen sich dazu insbesondere aggregierte Indikatoren, die eine Parameterverknüpfung darstellen, z. B. zwischen Aktivitäts- und Emissionsparameter (beispielsweise Vollbenutzungsstunden je Technologie, Emissionsfaktor der Stromerzeugung je Brennstoff oder Emissionen pro Personenkilometer im Verkehrssektor). Eine Möglichkeit zur Validierung der Modelle stellt dabei die Kalibrierung anhand historischer Werte dar. Hierbei wird überprüft, ob die Modelle auf Grundlage von bekannten (historischen) Inputdaten Aktivitäts- und Emissionsparameter als Output generieren, die hinreichend nahe an den historisch beobachteten Aktivitäts- und Emissionsniveaus liegen.

3.2 Getroffene Annahmen bezüglich für die Wirkungsabschätzung zentraler Rahmendaten

Annahmen zu zentralen Rahmendaten haben für die Modellierung von Energie- und Klimaschutzprojektionen einen hohen Stellenwert. Damit sind sie auch für die top-down Wirkungsabschätzung von Maßnahmen, die in die Modellierung eingebunden ist, hoch relevant. Neben den bereits in Abschnitt 2.2 dargestellten Faktoren sind für die Modellierung insbesondere weitere übergeordnete makro-ökonomische Rahmendaten und Annahmen zur zukünftigen Entwicklung sektoraler Aktivitätsdaten relevant.

Makroökonomische Rahmendaten

Zu den zentralen makroökonomischen Rahmendaten für die Modellierung von Energie- und Klimaschutzszenarien gehören:

- Gesamtwirtschaftliche Rahmendaten: Annahmen zur Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP), die üblicherweise aus aktuellen Prognosen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung abgeleitet werden.
- Demographische Rahmendaten: Annahmen zur Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung, die in den Szenarien für Deutschland üblicherweise auf der aktuellen koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes basieren.
- Entwicklung der Primärenergiepreise: Preisprojektionen für die wichtigsten Primärenergieträger.
- Annahmen zur Entwicklung der Preise für THG-Emissionszertifikate.
- Ab 2021 auch Annahmen zur Entwicklung der CO₂-Preise im BEHG für Wärme und Verkehr.
- Annahmen zur unterstellten Klimaerwärmung und den damit verbundenen Einfluss auf die nachgefragte Raumwärme und Klimakälte.

Um eine Vergleichbarkeit verschiedener Energie- und Klimaschutzszenarien zu gewährleisten, die zu einem ähnlichen Zeitpunkt erstellt werden, kann es außerdem sinnvoll sein, die zentralen makroökonomischen Rahmendaten zu vereinheitlichen bzw. sich an einer aktuellen Datenquelle zu orientieren.

Sektorale Aktivitätsdaten

Auch die Annahmen zur Entwicklung sektoraler Aktivitäten beeinflussen die Szenarienergebnisse und damit auch die in die Modellierung integrierte top-down Wirkungsabschätzung von Maßnahmen. Beispielweise hängt die Wirkung einer verschärften Effizienzanforderung bei Gebäudeneubauten auch davon ab, wie hoch die zukünftige Nachfrage nach Neubauten ist. Folgende Aktivitätsparameter sind für die sektorale Modellierung von zentraler Bedeutung:

- Sektor Energiewirtschaft: hier sind insbesondere die makroökonomischen Rahmendaten relevant.
- Sektoren Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD): Bruttowertschöpfung insgesamt und nach Wirtschaftszweigen, Beschäftigte insgesamt und nach Wirtschaftszweigen, Produktionsmengen energieintensiver Branchen.
- Sektor Verkehr: Annahmen zur Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr.
- Sektor Gebäude: Annahmen zur Entwicklung der Zahl der privaten Haushalte und der Flächen für Wohn- und Nichtwohngebäude.
- Sektor Landwirtschaft / LULUCF: Entwicklung der Tierbestände und der landwirtschaftlichen Flächen.

Da diese Daten teilweise modellendogen abgeschätzt werden, erfolgt für die sektoralen Aktivitätsdaten üblicherweise keine szenarienübergreifende Abstimmung. Damit können auch unterschiedliche Annahmen zur Entwicklung sektoraler Aktivitäten für Unterschiede in den Wirkungsabschätzungen von Maßnahmen verantwortlich sein.

Grundsätzlich sollten, soweit möglich, bei der top-down und bottom-up Wirkungsabschätzung die identischen Annahmen zu den Rahmendaten verwendet werden.

3.3 Gewählte Betrachtungsweise

Die Ausführungen in Abschnitt 2.3 zur statischen und dynamischen Betrachtung gelten sowohl für die bottom-up als auch für die top-down Betrachtung.

3.4 Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der (Brutto-)Wirkung der Maßnahme

Wie bei der bottom-up Wirkungsabschätzung ist auch für top-down modellierte Maßnahmen nicht möglich, eine einheitliche Methode für die Wirkungsabschätzung zu identifizieren. Der methodische Ansatz hängt hier im Wesentlichen vom Sektor und dem dort verwendeten Modell ab. D.h., das kann auch je nach Szenario-Studie unterschiedlich gehandhabt werden. Zentrale Grundvoraussetzung ist hierbei, dass das verwendete Modell in der Lage ist, die erwarteten Wirkzusammenhänge in der notwendigen Genauigkeit abzubilden. Dieser Nachweis sollte über eine hinreichende Kalibrierung, historische Validierung und Modellbeschreibung erfolgen.

Es lässt sich auch nicht eindeutig zuordnen, welche Maßnahmentypen eher bottom-up und welche eher top-down abgeschätzt werden. Es lässt sich eine gewisse Tendenz erkennen, dass insbesondere finanzielle Förderinstrumente (vor allem im Bereich der Energieeffizienz) eher bottom-up betrachtet werden, da hier auf Daten aus ex-post Evaluationen zurückgegriffen werden kann. Demgegenüber werden ordnungsrechtliche und Preisinstrumente eher modelliert, wobei jedoch auch bei Preisinstrumenten grundsätzlich auch eine bottom-up Betrachtung (über einen Elastizitätenansatz) möglich ist.

3.5 Methodisches Vorgehen bei der Effektbereinigung (Nettowirkung der Maßnahme)

Bei einer top-down Wirkungsabschätzung fällt die Effektbereinigung auf Einzelmaßnahmenebene weg, da diese Effekte modellendogen abgebildet werden. Auch die Interaktionen zwischen den Einzelmaßnahmen werden implizit (modellendogen) berücksichtigt (siehe dazu die entsprechenden Ausführungen in Abschnitt 2.5).

3.6 Umgang mit Unsicherheiten

Die Ausführungen in Abschnitt 2.6 zum Umgang mit Unsicherheiten gelten sowohl für die bottom-up als auch für die top-down Betrachtung.

3.7 Integration von bottom-up abgeschätzten Maßnahmenwirkungen in eine Modellierung

Im Allgemeinen werden nicht die Einsparwirkungen hinsichtlich Energie oder THG-Emissionen direkt in das Modell überführt, vielmehr werden die Einflüsse der Maßnahmen auf die Modellinputvariablen (u. a. Aktivitätsgrößen, spezifische Verbräuche) abgeschätzt und in die Modellierung integriert. Bei dieser Abschätzung muss von den identischen Annahmen zu Rahmendaten, Ausgestaltung, Reichweite sowie Umsetzung der Maßnahme ausgegangen werden wie in der bottom-up

Einzelabschätzung. Das genaue Vorgehen und das Zusammenspiel zwischen der Einzelabschätzung und der Modellierung kann dabei in den einzelnen Sektoren unterschiedlich sein. Mit den angepassten Inputvariablen werden neue Modellläufe erstellt und damit Energieverbrauch und THG-Emissionen berechnet. Die Wirkung des Maßnahmenbündels ergibt sich aus dem Vergleich zu den Ergebnissen der Baseline-Entwicklung ohne angepasste Inputvariablen. Die Abschätzung von Maßnahmenwirkungen im Sektor Energiewirtschaft erfolgt ausschließlich top-down im Rahmen der Modellierung.

4 Anforderungen an ein standardisiertes Template für die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen

In der von der Wissenschaftsplattform erarbeiteten Orientierungshilfe (Matthes et al. 2021) werden standardisierte Templates für die Dokumentation der Eingabeparameter, Bewertungsmethoden und Ausgabeparameter empfohlen. Auch in der Bewertung der Berichterstattung der Mitgliedstaaten zu Artikel 7 EED werden solche Templates zur transparenten Datenerfassung empfohlen. Für Deutschland werden standardisierte Templates bereits für einige Berichterstattungspflichten wie das NAPE-Monitoring, die Quantifizierung des APK 2020 oder die Berichterstattung zu Art. 7 für die Verpflichtungsperiode 2021-2030 verwendet.

Die in den genannten Berichterstattungen verwendeten Templates wurden kontinuierlich weiterentwickelt. Es gibt zunächst jeweils ein Template pro Einzelmaßnahme. Alle Einzelmaßnahmentemplates sind jedoch identisch, so dass die Daten über Makros aggregiert werden können. Die Templates enthalten insbesondere folgende Informationen:

- Es werden sowohl Eingabeparameter (Aktivitäten, Lebensdauern, Umrechnungs- und Bereinigungsfaktoren etc.) als auch Ausgabeparameter (Einsparungen) dokumentiert.
- Außerdem wird die Maßnahme kurz beschrieben und hinsichtlich einiger Kriterien charakterisiert.
- Um die Fehleranfälligkeit bei der Berechnung der verschiedenen Ausweisungsmodi und der Effektbereinigung zu reduzieren, werden so weit wie möglich Berechnungsformeln und Default-Werte hinterlegt. Bei Bedarf können diese jedoch überschrieben werden.
- Um die verschiedenen Schritte der Ermittlung der Brutto- und Nettowirkungen transparent zu machen, sollten die drei hier empfohlenen Berechnungsschritte (Bruttowirkung, Nettowirkung 1, Nettowirkung 2) in Zukunft jeweils separat dokumentiert werden.

Die bisherigen Erfahrungen mit dieser Form einer standardisierten Datenerfassung sind sehr positiv. Sie leistet einen erheblichen Beitrag, die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung und die dabei zugrunde gelegten Rahmendaten und Annahmen transparent zu machen.

5 Literaturverzeichnis

adelphi; Ernst Basler; Fraunhofer ISI (2015): Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. UBA. Berlin, Zollikon, Karlsruhe (TEXTE, 31/2015).

Aydin, Erdal; Kok, Nils; Brounen, Dirk (2017): Energy efficiency and household behavior: the rebound effect in the residential sector. In: *The RAND Journal of Economics* 48 (3), S. 749–782. DOI: 10.1111/1756-2171.12190.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Projektionsbericht 2019 für Deutschland gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013. Berlin.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): 3. Nationaler Energieeffizienz- Aktionsplan (NEEAP) 2014 der Bundesrepublik Deutschland gemäß der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz (2012/27/EU). Berlin.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Energieeffizienzstrategie 2050. Berlin.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/necp.html>.

CEN - Europäisches Komitee für Normung (2007): Saving lifetimes of Energy Efficiency Improvement Measures in bottom-up calculations. CWA 15693:2007. Brüssel.

Chitnis, Mona; Sorrell, Steve; Druckman, Angela; Firth, Steven K.; Jackson, Tim (2014): Who rebounds most? Estimating direct and indirect rebound effects for different UK socioeconomic groups. In: *Ecological Economics* 106, S. 12–32. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.07.003.

COM - Europäische Kommission (2006): Recommendations on Measurement and Verification Methods in the Framework of Directive 2006/32/EC on Energy End Use Efficiency and Energy Services. Brüssel.

COM - Europäische Kommission (2014): Arbeitsunterlage der Kommissionsstellen. Gemeinsame Methodik für die Evaluierung staatlicher Beihilfen. Brüssel.

Duwe, Matthias; Velten, Eike K.; Haase, Isabel; Berghmans, Nicolas; Evans, Nick; Spasova, Deyana (2021): Measuring progress towards climate neutrality. Ecologic Institut und IDDRI. Berlin, Paris.

EU (25.10.2012): Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG. EnEff-RL 2012/27/EU. Fundstelle: ABl. L 315 vom 14.11.2012, S. 1–56.

EU: Richtlinie (EU) 2018/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz. RL (EU) 2018/2002.

EU: 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) 2018/1999. Fundstelle: ABl. EU 2018, Nr. L 328, S. 1-77.

Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (2015): Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2014. Berlin, Münster, Stuttgart.

Fietze, Daniela; Kröger, Mats; Müller, Thorsten; Neuhoff, Karsten (2021): Ein wirksames Klimaschutzgesetz braucht Frühindikatoren. In: *DIW Wochenbericht* 41, S. 680–687. DOI: 10.18723/DIW_WB:2021-41-1.

Fraunhofer ISI; Fraunhofer IFAM; Prognos; ifeu; Ringel, Marc (2014): Ausarbeitung von Instrumenten zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland auf Grundlage einer Kosten-/Nutzen-Analyse. Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erarbeitung des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE). Zusammenfassung. Karlsruhe, Bremen, Heidelberg, Berlin, Geislingen.

Fraunhofer ISI; ifeu - Institut für Umwelt- und Energieforschung; Prognos; SUER - Stiftung Umwelterecht (2020): Methodikleitfaden für Evaluationen von Energieeffizienzmaßnahmen des BMWi (Projekt Nr. 63/15 – Aufstockung). BMWi. Karlsruhe, Heidelberg, Basel, Würzburg. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/M-0/methodik-leitfaden-fuer-evaluationen-von-energieeffizienzmassnamen.pdf?__blob=publicationFile.

Gillingham, Kenneth T. (2020): The Rebound Effect and the Proposed Rollback of U.S. Fuel Economy Standards. In: *Review of Environmental Economics and Policy* 14 (1), S. 136–142. DOI: 10.1093/reep/rez015.

KSG (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.

Matthes, Felix; Renn, Ortwin; Mendelevitch, Roman; Camier, Christina; Kiesow, Tatjana (2021): Orientierungshilfe „Good Practice“ für Ex-Ante-Evaluierungen von Klimaschutzmaßnahmen. WPKS. Freiburg, Potsdam, Berlin.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2017): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 1. Quantifizierungsbericht (2016). BMU. Berlin.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2018): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 2. Quantifizierungsbericht (2017). BMU. Berlin.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2019): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 3. Quantifizierungsbericht (2018). BMU.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2020): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 4. Quantifizierungsbericht (2019). BMU. Berlin.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2021): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 5. Quantifizierungsbericht (2020). BMU. Berlin.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES (2020a): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenerien IX“)“. UBA. Freiburg, Karlsruhe (Climate Change, 33/2020).

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES (2020b): Instrumentenbewertung im Rahmen der Politikszenerien X. Internes Arbeitespapier (unveröffentlicht). Freiburg, Karlsruhe.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES; Thünen-Institut (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der 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 sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. BMU. Berlin, Karlsruhe, Braunschweig.

Öko-Institut; ifeu - Institut für Umwelt- und Energieforschung; Prognos; FFU - Freie Universität Berlin (2019): Feinkonzept zur Evaluierung der Nationalen Klimaschutzinitiative – Methodenhandbuch. BMU. Berlin.

Prognos; Fraunhofer ISI; GWS - Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung; IINAS - Internationales Institut für für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (2021): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Gesamtdokumentation der Szenarien. BMWi. Basel.

Ricardo Energy&Environment; Öko-Institut; VITO - Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek; WUR - Wageningen University & Research (2020): Guidance document for ex-post evaluation of climate policies in Effort Sharing sectors. DG Climate Action. Didcot.

Rich, David; Bhatia, Pankaj; Finnegan, Jared; Levin, Kelly; Mitra, Apurba (2014): Policy Action and Standard. An accounting and reporting standard for estimating the greenhouse gas effects of policies and actions. WRI. Washington, D.C. (Greenhouse Gas Protocol).

Schlomann, Barbara; Rohde, Clemens; Plötz, Patrick (2015): Dimensions of energy efficiency in a political context. In: *Energy Efficiency* 8, S. 97–115. DOI: 10.1007/s12053-014-9280-8.