

TEXTE

18/2023

# Pilotprojekt zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020 und Vergleich zu späteren definierten Datenständen

## Endbericht

**von:**

Hans Georg Buttermann  
Energy Environment Forecast Analysis EEFA GmbH & Co.KG, Münster

Tina Baten  
Energy Environment Forecast Analysis EEFA GmbH & Co.KG, Münster

Thomas Nieder  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt



TEXTE 18/2023

Projektnummer 152983

FB001015

# **Pilotprojekt zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020 und Vergleich zu späteren definierten Datenständen**

Endbericht

von

Hans Georg Buttermann  
Energy Environment Forecast Analysis EEFA GmbH & Co.KG,  
Münster

Tina Baten  
Energy Environment Forecast Analysis EEFA GmbH & Co.KG,  
Münster

Thomas Nieder  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[service@bmu.bund.de](mailto:service@bmu.bund.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

### Durchführung der Studie:

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.  
Reinhardtstr. 32  
10117 Berlin  
Land (Bitte nur angeben, wenn nicht Deutschland)

### Abschlussdatum:

Oktober 2022

### Redaktion:

Fachgebiet V 1.5 Energiedaten  
Marion Dreher

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Januar 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

### **Kurzbeschreibung: Pilotprojekt zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020 und Vergleich zu später definierten Datenständen**

Im Dezember 2019 hat der Bundesrat das Klimaschutzgesetz (KSG) beschlossen. Mit diesem Gesetz werden die Klimaschutzziele gesetzlich für jedes Berichtsjahr von 2020 bis 2030 aufgliedert nach einzelnen Sektoren festgelegt. Im Ergebnis gelten in Deutschland damit erstmals verbindliche und überprüfbare Ziele für jeden Sektor. Es liegt auf der Hand, dass die laufende Evaluierung der Zielerreichung (mit der lt. KSG das Umweltbundesamt betraut ist) aktuelle Datengrundlagen zur Ermittlung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren erfordert.

Die wesentliche Datengrundlage zur Berechnung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bildet die Energiebilanz Deutschland, die von der AG Energiebilanzen in jährlichem Abstand publiziert wird. Die Vorgaben des KSG sehen allerdings bis zum 15. März eines jeden Jahres die Übermittlung belastbarer Emissionsdaten für das Berichtsjahr (t-1) durch das UBA an den sog. Expertenrat für Klimafragen vor (erstmalig ab dem Berichtsjahr 2020).

Zu dem genannten Termin lagen Energiebilanzen für das Vorjahr in der Vergangenheit noch nicht vor. Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Studie die skizzierte Datenlücke schließen. Dazu werden geeignete Methoden entwickelt und angewandt, um unter Hinzuziehung aller bereits verfügbaren amtlichen sowie nicht-amtlichen Datenquellen eine frühe Schätzung der Energiebilanz für Deutschland zum 15. Februar 2021 vorzulegen (Pilotenergiebilanz 2020). Die Studie beleuchtet bzw. erläutert nicht nur die methodische Herangehensweise, in weiteren Analyseschritten werden die empirischen Befunde der Pilotenergiebilanz 2020 mit den Ergebnissen der Energiebilanzen verglichen, die zu einem späteren Zeitpunkt auf der Basis einer stabileren Datenlage für das Berichtsjahr 2020 erstellt wurden.

Im hier vorliegenden Endbericht wird die Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021) zunächst mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Datenstand: Ende Juni 2021) verglichen (Kapitel 7), anschließend erfolgt ein empirischer Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 zur Evaluierung der Prognosegüte mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022). Eine Gesamtschau aller Schätzwerte (Pilotenergiebilanz, vorläufige Schätzenergiebilanz) im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020 zur abschließenden Beurteilung der Tragfähigkeit der hier vorgestellten Frühschätzung beschließt die Studie (Kapitel 8). Eingebettet in diesen Abschnitt sind erste Überlegungen zur zukünftigen, laufenden Verbesserung bzw. Nachschärfung des Prognoseansatzes.

### **Abstract: Pilot project for an early estimation of the energy balance 2020 and comparison to later defined data sets**

In December 2019, the Federal Council passed the Climate Protection Act (KSG). With this law, climate protection targets are legally defined for each reporting year from 2020 to 2030, broken down by individual sectors. As a result, binding and verifiable targets for each sector will apply in Germany for the first time. It is obvious that the ongoing evaluation of target achievement (which, according to the KSG, is entrusted to the Federal Environment Agency UBA) requires up-to-date data bases for determining energy-related CO<sub>2</sub> emissions by sector.

The main data for calculating energy-related CO<sub>2</sub> emissions is the (national) Energy Balance Germany, which is published annually by the AG Energiebilanzen. However, the requirements of the KSG stipulate that reliable emissions data for the reporting year (t-1) must be submitted by UBA to the so-called Council of Experts on Climate Change by March 15 of each year (starting with the reporting year 2020).

In the past, energy balances for the previous year were not yet available by this date. Therefore, the present study intends to close the data gap outlined. For this purpose, suitable methods are being developed and applied to provide an early estimate of the German Energy Balance as of February 15, 2021 (very early estimation of the German Energy Balance 2020), drawing on all official and non-official data sources already available. The study not only sheds light on the methodological approach, in further analysis steps the empirical findings of the German Energy Balance 2020 are also compared with the results of the energy balances prepared at a later date on the basis of a more stable data situation for the reporting year 2020.

In this final report, the pilot energy balance 2020 (data status: February 15, 2021) is first compared with the preliminary estimated energy balance (data status: end of June 2021) (chapter 7), followed by an empirical comparison of the pilot energy balance 2020 to evaluate the forecast quality with the final energy balance 2020 (data status: February 11, 2022). An overall view of all estimated values (pilot energy balance, preliminary estimated energy balance) compared to the final 2020 energy balance for a final assessment of the viability of the early estimate presented here concludes the study (Chapter 8). Embedded in this section are initial considerations for future, ongoing improvement or re-sharpening of the forecasting approach.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	13
Summary .....	18
1 Aufgabenstellung.....	22
2 Vorbemerkungen.....	24
2.1 Empirische Ausgangslage.....	24
2.1.1 Stand der Arbeiten an der Energiebilanz Deutschland (Februar 2021).....	24
2.1.2 Statistische Energiedaten zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020.....	25
2.1.3 Datenstand exogener Größen für ex-post-Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020.....	28
2.2 Methodische Aspekte zur Erstellung der Pilotenergiebilanz.....	29
2.2.1 Schätzverfahren (vorhandene Modelle).....	29
2.2.1.1 Energiebilanz-Prognose-Modell.....	30
2.2.1.2 Konzeption des Verkehrsmodells.....	35
2.2.1.3 Konzeption des Modells zur laufenden und zeitnahen Schätzung des Steinkohleverbrauchs.....	37
2.2.1.4 Weitere bzw. alternative Modellansätze.....	41
2.2.2 Verfahren zum Schließen von Datenlücken in amtlichen Monatserhebungen.....	41
2.2.2.1 Übernahme fehlender Berichtsmonate aus dem Vorjahr.....	42
2.2.2.2 Übertragung der Veränderungsrate des Teilergebnisses auf das Gesamtjahr.....	42
2.2.2.3 Übernahme der Veränderungsraten für fehlende Monatswerte aus der Vergleichsperiode des Vorjahres.....	43
2.2.2.4 Extrapolierende Verfahren (Zeitreihenanalyse).....	43
2.2.2.5 Fortschreibung fehlender Monatswerte mit ökonomischen Verfahren (Gleichung/Modelle).....	45
2.2.2.6 Kurzer Vergleichsverfahren an einem empirischen Beispiel.....	46
2.2.3 Weitere verwendete Ansätze zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020.....	50
3 Hybrid-Konzept zur Erstellung der Pilotenergiebilanz.....	52
3.1 Konzeption und formaler Aufbau des Hybrid-Ansatzes.....	52
3.2 Umsetzung des Hybrid-Ansatzes in der Pilotenergiebilanz 2020.....	54
4 Evaluierung der Prognosegüte im ex-post-Zeitraum.....	63
5 Ergebnis: Pilotenergiebilanz 2020.....	66

5.1	Randbedingungen der Frühschätzung 2020 .....	66
5.1.1	Makroökonomische und sektorale Einflussgrößen .....	66
5.1.2	Demografische Faktoren.....	67
5.1.3	Energiepreise .....	68
5.1.4	Temperatur- und Witterungseinfluss .....	68
5.2	Zusammenfassende Entwicklungen: Der Energieverbrauch im Berichtsjahr 2020 .....	70
5.3	Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 (Datenstand 15. Februar 2021) .....	73
6	Unsicherheiten der Frühschätzung .....	79
6.1	Exogene Vorgaben .....	79
6.2	Verwendung vorläufiger monatlicher Energiedaten .....	80
6.3	Basisjahr der Prognose.....	82
6.4	Alternative Schätzansätze für ausgewählte Bilanzbereiche .....	86
7	Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020.....	87
8	Vergleich der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz 2020 .....	96
9	Gesamtschau über alle Schätzwerte und Optionen zur zukünftigen Verbesserung der Prognoseergebnisse .....	105
9.1	Gesamtschau aller Schätzwerte.....	105
9.2	Ausgewählte Möglichkeiten zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit .....	112
10	Zusammenfassung.....	114
11	Quellenverzeichnis .....	119

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Granularität und Aktualität von Statistikdaten zur Erstellung der Pilotenergiebilanz (Grobkonzept) .....	26
Abbildung 2:	Monatliche Primärerhebungen zur Entwicklung von Energieverbrauch u. -erzeugung (Datenstand) .....	27
Abbildung 3:	Monatliche Daten bzw. exogene Variablen (Auswahl) .....	29
Abbildung 4:	Grundkonzeption des Energiebilanz-Prognose-Modells .....	31
Abbildung 5:	Grundstruktur des Energiebilanz-Prognose-Modells .....	32
Abbildung 6:	Erklärungsansatz Endenergieverbrauch der Industrie .....	33
Abbildung 7:	Regressionsgleichung spezifischer Wärmeenergieeinsatz „Sonstige Wirtschaftszweige (EB-Zeile 59).....	34
Abbildung 8:	Prognosegenauigkeit des Energiebilanz-Modells.....	35
Abbildung 9:	Konzeption des Verkehrsmodells (Straßenverkehr).....	36
Abbildung 10:	Aufbau des Modells zur Schätzung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle .....	39
Abbildung 11:	Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2020 nach verschiedenen Verfahren <sup>*)</sup> .....	47
Abbildung 12:	Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2019 nach verschiedenen Verfahren <sup>*)</sup> .....	48
Abbildung 13:	Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2018 nach verschiedenen Verfahren <sup>*)</sup> .....	49
Abbildung 14:	Hybrid-Konzept zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 .....	53
Abbildung 15:	Verfahren zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020 .....	56
Abbildung 16:	Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Kohle.....	58
Abbildung 17:	Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Mineralöl .....	60
Abbildung 18:	Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Gase & EE.....	61
Abbildung 19:	Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Sonstige ET & Summen.....	62
Abbildung 20:	Bruttoinlandsprodukt und Produktionsindex nach Sektoren...67	
Abbildung 21:	Monatliche Gradtagzahlen im Jahr 2020 in Deutschland (arith. Mittel 16 Wetterstationen) .....	69
Abbildung 22:	Primärenergieverbrauch <sup>*)</sup> .....	70
Abbildung 23:	Primärenergieverbrauch nach Energieträgern.....	71
Abbildung 24:	Endenergieverbrauch <sup>*)</sup> .....	72
Abbildung 25:	Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Kohle.....	75
Abbildung 26:	Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Mineralöl .....	76

Abbildung 27:	Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Gase und erneuerbare Energien .....	77
Abbildung 28:	Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Sonstige Energieträger und Spaltensummen .....	78
Abbildung 29:	Abweichungen zwischen Brennstoffeinsatz der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung nach vorläufiger und endgültiger amtlicher Statistik .....	80
Abbildung 30:	Abweichungen zwischen dem geschätzten Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz .....	88
Abbildung 31:	Abweichungen zwischen dem geschätzten Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz .....	90
Abbildung 32:	Abweichungen zwischen dem geschätzten fossilen Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz .....	91
Abbildung 33:	Abweichungen zwischen dem geschätzten Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz .....	97
Abbildung 34:	Abweichungen zwischen dem geschätzten Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz .....	98
Abbildung 35:	Abweichungen zwischen dem geschätzten fossilen Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz .....	100
Abbildung 36:	Verbrauch von Raffineriegas im Wirtschaftszweig „Grundstoffchemie“ .....	102
Abbildung 37:	Verbrauch von Steinkohle im Wirtschaftszweig „Grundstoffchemie“ .....	102

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Indikatoren zur Aufteilung bzw. Prognose des sektoralen Aufkommens und Verbrauchs von Steinkohle auf Monatsbasis .....	39
Tabelle 2:	Fehleranalyse Schätzung „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für den Monat Dezember (Datenstand Ende April 2021) .....	49
Tabelle 3:	Preise ausgewählter Energieträger .....	68
Tabelle 4:	Struktur des Energieverbrauchs nach Sektoren .....	72
Tabelle 5:	Differenzen zwischen vorläufigen und endgültigen Daten der Amtlichen Mineralölstatistik .....	81
Tabelle 6:	Basisjahre zur Frühschätzung des Endenergieverbrauchs im Vergleich .....	83

Tabelle 7:	Endenergieverbrauch der Industrie .....	84
Tabelle 8:	Abweichungen zwischen fossilem Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz.....	89
Tabelle 9:	Abweichungen zwischen fossilem Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz.....	90
Tabelle 10:	Abweichungen zwischen fossilem Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz.....	97
Tabelle 11:	Abweichungen zwischen fossilem Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz .....	99
Tabelle 12:	Primärenergieverbrauch 2020 nach verschiedenen Datenständen .....	107
Tabelle 13:	Endenergieverbrauch 2020 nach verschiedenen Datenständen .....	107
Tabelle 14:	Fossiler Primärenergieverbrauch 2020 nach Energieträgern und verschiedenen Datenständen.....	108
Tabelle 15:	Fossiler Endenergieverbrauch 2020 nach Energieträgern und verschiedenen Datenständen.....	109
Tabelle 16:	Fossiler Endenergieverbrauch 2020 nach Sektoren und verschiedenen Datenständen.....	110
Tabelle 17:	Endenergieverbrauch Strom und Fernwärme im Jahr 2020 nach Sektoren und Datenstand.....	111

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AGEB</b>	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt
<b>BKDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Braunkohlenstatistik
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>DESTATIS</b>	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
<b>EBZ</b>	Energiebilanzzeile
<b>EEV</b>	Endenergieverbrauch
<b>EEVDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung des Energieverbrauchs der Endenergieverbrauchssektoren
<b>ESPDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Sonstigen Stromeinspeiser
<b>FORMEL</b>	Felder mit engem, kausalem Zusammenhang zu anderen Energiebilanzgrößen
<b>FWDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Fernheizwerke
<b>GASDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Erdgasstatistik
<b>GHD</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
<b>HGT</b>	Gradtagzahlen
<b>IKDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Industriekraftwerke
<b>KSG</b>	Klimaschutzgesetz
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>MAE</b>	Mittlerer absoluter Fehler
<b>MAPE</b>	Mittlerer absoluter prozentualer Fehler
<b>MEAN</b>	Mittlerer Fehler
<b>MaStR</b>	Marktstammdatenregister
<b>NEVDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung des nicht-energetischen Verbrauchs
<b>OILDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Mineralölstatistik
<b>OKDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung Statistik über die Elektrizitäts- und Wärmeversorgung der Allgemeinen Versorgung
<b>PEV</b>	Primärenergieverbrauch
<b>REST</b>	Restrechnungsfeld
<b>RMSE</b>	Wurzel aus dem quadratischen Fehler
<b>SKDAT</b>	Datenmodell zur Schätzung der Steinkohlenstatistik
<b>UBADAT</b>	Daten der AGEE-Stat zu den erneuerbaren Energien
<b>VERDAT</b>	Modell zur Schätzung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr
<b>VGB</b>	Datenmodell zur Schätzung der Kernenergie

## Zusammenfassung

Die Energiebilanz Deutschland bildet die mit Abstand wichtigste Grundlage zur Ermittlung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen im Rahmen der nationalen Treibhausgas-Emissionsberichterstattung gemäß Klimarahmenkonvention und EU-Richtlinie MMR (Monitoring Mechanism Regulation). Die endgültige Energiebilanz wird jährlich im Februar/März für das vorletzte Jahr (Berichtsjahr t-2) durch die AG Energiebilanzen veröffentlicht. Darüber hinaus erstellt die AGEB im Juni eines jeden Jahres eine sogenannte „vorläufige Energiebilanz“ für das Vorjahr (t-1).

Für die Vorjahresschätzung der Treibhausgasemissionen des Jahres 2020, die das UBA bis zum 15. März 2021 erstellen musste, lagen im Berichtssystem der Energiebilanzen also keine aktuellen Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern und Sektoren vor. Um die sich abzeichnende Datenlücke zu schließen, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie der Versuch unternommen, eine erste Frühschätzung der kompletten Energiebilanz (Pilotenergiebilanz) für das Berichtsjahr 2020 bereits im Februar 2021 vorzulegen. Die Pilotenergiebilanz 2020 wurde dem Umweltbundesamt am 15. Februar 2021 übergeben.

Um den Genauigkeitsverlust, der mit der Bereitstellung der kompletten Pilotenergiebilanz 2020 zu diesem frühen Termin (im Vergleich zu der auf endgültigen Statistikdaten basierenden finalen Energiebilanz 2020) zwangsläufig verbunden ist, so gering wie möglich zu halten, sollten die Schätz- und Prognoseanteile, die zur Erstellung der Pilotenergiebilanz unabdingbar sind, so klein wie möglich gehalten werden. Aus der dargelegten Aufgabenstellung folgt unmittelbar, dass eine vollständige Bilanz-Prognose beispielsweise mit Hilfe eines aufwändigen interdependenten Energiemodells (gekoppelt mit einem gesamtwirtschaftlichen, sektoral differenzierten Input-Output-Modell), dessen wichtigste Datengrundlage typischerweise weit in die Vergangenheit reichende Zeitreihen u.a. der Energiebilanzen Deutschland von 1990 bis 2018 bilden, kaum zielführend bzw. für die aufgeworfene Fragestellung angemessen wäre. Ursächlich hierfür ist,

- ▶ dass vollständig modellgestützte Prognosen auf der Grundlage von Jahresdaten zumindest teilweise für das Berichtsjahr 2020 bereits vorliegende Statistikdaten (in Form monatlicher Erhebungen zur Entwicklung des Energieverbrauchs) kaum sachgerecht berücksichtigen können sowie
- ▶ regressionsanalytische Schätzungen, die sich ausschließlich auf die Jahresdaten der Energiebilanz stützen, die Entwicklungen am aktuellen Rand nur unvollständig erfassen können (endgültige Daten, die den Stützzeitraum der Schätzung bilden, lagen nur bis 2018 vor, für 2019 stand Anfang Februar 2021 lediglich die vorläufige Energiebilanz 2019 zur Verfügung, die ihrerseits bereits erhebliche Schätzanteile sowie vorläufige Datenbestände insbesondere im Bereich des Endenergieverbrauchs enthielt).

Vor diesem Hintergrund verfolgt diese Studie einen alternativen, eher eklektischen Ansatz, der darauf abzielt, alle vorhandenen unterjährigen Statistikdaten, die bei der Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 bereits verfügbar waren, in die Schätzung einzubeziehen. Der Rückgriff auf modellgestützte Prognosen und die Fortschreibung von (Jahres-)Daten über zeitreihenanalytische Verfahren wird in diesem Ansatz auf das unbedingt notwendige Mindestmaß begrenzt (Hybrid-Ansatz).

Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Studie zunächst:

- ▶ die statistischen Energiedaten, die in die Pilotenergiebilanz 2020 einfließen, zu beleuchten bzw. klar zu benennen (die Datenquellen decken sich überwiegend mit den Angaben, die im sog. Kochbuch verzeichnet sind, das zu jeder publizierten Energiebilanz Deutschland die verwendeten amtlichen und nicht-amtlichen Statistikquellen felderscharf auflistet, vgl. Kapitel 2.1.2),
- ▶ den verfügbaren Datenstand insbesondere der unterjährigen Datenquellen (Stand Anfang Februar 2021) monats-scharf zu benennen (vgl. Kapitel 2.1.2),
- ▶ die relevanten Methoden zur Fortschreibung der zuvor identifizierten Datenlücken (monatliche Erhebungen zum Energieverbrauch) zu beschreiben (vgl. Kapitel 2.2.2) und die Modellierungskonzepte zu skizzieren, die insbesondere zur Prognose des jährlichen Energieverbrauchs der Endverbrauchssektoren genutzt wurden (vgl. Kapitel 2.2.1),
- ▶ die Zuordnung der verschiedenen Fortschreibungsmethoden (Datenquellen) zu den unterschiedlichen Energiebilanzbereichen zu beleuchten (vgl. Kapitel 3.2), um anschließend
- ▶ die ökonomischen Randbedingungen, die die Ergebnisse der Frühschätzung 2020 beeinflussen und die zugleich (zumindest teilweise) als Indikatoren in die Prognose bzw. verwendeten Modelle einfließen, darzustellen (vgl. Kapitel 5.1) sowie schließlich
- ▶ die aus der Prognose folgenden zusammenfassenden energiewirtschaftlichen Entwicklungen anhand ausgewählter Hauptaggregate der Energiebilanz kurz zu beschreiben (vgl. Kapitel 5.2) und darauf aufbauend das Gesamtergebnis der Prognose bzw. Frühschätzung, nämlich die vollständige Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2020) darzustellen (vgl. Kapitel 5.3).

Bezüglich möglicher Quellen für Unsicherheiten und Genauigkeitsverluste, die jede Schätzung zwangsläufig mit sich bringt, enthält Abschnitt 6 einen kurzen Abriss ausgewählter Fehlerquellen, die das Prognoseergebnis beeinflussen können. So kann z.B. die Vorgabe exogener Einflussgrößen in den Schätzmodellen, die zu einem späteren Zeitpunkt Abweichungen zu den tatsächlich beobachteten Größen aufweisen, dazu führen, dass die Frühschätzung der Energiebilanz von der endgültigen Bilanz abweicht. Empirisch analysiert wurden die Abweichungen vorläufiger Monatsdaten (für t-1 bzw. das Schätzzjahr 2020) im Vergleich zu endgültigen Daten, wie sie in die finale Energiebilanz 2020 einfließen sowie die Auswirkungen der Verwendung alternativer Basisjahre auf das Schätzergebnis. Insbesondere lässt dieser Abschnitt erkennen, dass Unsicherheiten im Rahmen von Prognosen typischerweise nicht auf eine Ursache zurückzuführen sind, sondern eher als Resultat zahlreicher, sich i.d.R. überlagernder Einflussfaktoren aufzufassen sind.

Mit welchem Genauigkeitsverlust die vorgelegte Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 letztendlich einhergeht, wurde im Rahmen dieser Studie anhand felderscharfer Vergleiche der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021) mit

- ▶ der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Datenstand: Ende Juni 2021, vgl. Kapitel 7) sowie
- ▶ mit den finalen Datenständen der endgültigen Energiebilanz Deutschland (Datenstand: 11. Februar 2022, vgl. Kapitel 8)

überprüft.

Hinzuweisen ist im Zusammenhang mit den angesprochenen Vergleichen zunächst darauf, dass eine Evaluierung der Prognosegüte im ex-post-Zeitraum (bezogen auf den Zeitpunkt der

Erstellung der Pilotenergiebilanz) nicht Gegenstand dieser Studie bzw. des Forschungsauftrages war (und aufgrund des skizzierten Hybrid-Ansatzes sowie der Schätzung nur einer Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 technisch auch schwierig zu erstellen wäre).<sup>1</sup> Empirische Vergleiche der Pilotenergiebilanz 2020 erfolgten in dieser Studie (aus Sicht des Erstellungszeitpunktes der Frühschätzung) gewissermaßen schrittweise und zukunftsbezogen. Aus diesem Grunde wurde die Pilotenergiebilanz 2020 im Juni 2021 auch zunächst mit den Ergebnissen der vorläufigen Schätzenergiebilanz verglichen, um erste Hinweise auf Abweichungen zu erhalten, weil nur diese Bilanz für 2020 zu diesem Zeitpunkt vorgelegen hat. Es liegt auf der Hand, dass sich aus dem skizzierten ersten Vergleich zwischen zwei geschätzten Energiebilanzen für das Jahr 2020 (deren statistischer Datenstand sich zudem nur um wenige Wochen unterscheidet) nur in sehr eingeschränktem Umfang belastbare Aussagen zur Prognosegenauigkeit der Pilotenergiebilanz 2020 ableiten lassen (die Ergebnisse dieses Vergleiches finden sich ausführlich beschrieben in Kapitel 7). Ungeachtet dessen war der Vergleich dahingehend hilfreich, weil zum einen erste zusätzliche Erkenntnisse zur fortlaufenden Verbesserung der Frühschätzung gewonnen werden konnten, zum anderen konnten bereits an dieser Stelle einige Berechnungsfehler der unter erheblichem Zeitdruck erstellten Pilotenergiebilanz 2020 aufgedeckt und korrigiert werden.

Der für die Evaluierung des Prognosefehlers eigentlich ausschließlich relevante Vergleich mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022) fand unter diesen Prämissen in Bezug auf die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 statt, so dass alle auftretenden Differenzen allein auf Schätzfehler bzw. Ungenauigkeiten der Prognose zurückzuführen sind und nicht auf die angesprochenen „Sondereinflüsse“ bzw. einfache Berechnungsfehler, die bei der Erstellung zukünftiger Frühschätzungen nicht mehr auftreten. Der nunmehr vorliegende Vergleich zwischen der korrigierten Pilotenergiebilanz und der endgültigen Energiebilanz 2020 ersetzt im Rahmen der Beurteilung der Prognosegenauigkeit den Vergleich mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz.

Im Hinblick auf die wesentlichen Aggregate zeigt sich aus dieser Gegenüberstellung der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit den Daten der endgültigen Energiebilanz 2020 folgendes Bild:

- ▶ Die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 überschätzt den gesamten Primärenergieverbrauch verglichen mit den Befunden der endgültigen Energiebilanz 2020 um 0,7 %.
- ▶ Der fossile Teil des Primärenergieverbrauchs liegt nach der korrigierten Frühschätzung um 1 % über dem Niveau der Daten, die die endgültige Energiebilanz 2020 für dieses Aggregat ausweist.
- ▶ Hingegen wird der gesamte Endenergieverbrauch nach den Berechnungen der korrigierten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz um rund 0,3 % im Vergleich zu den Werten der endgültigen Energiebilanz 2020 unterschätzt.
- ▶ Der fossile Endenergieverbrauch wurde im Rahmen der korrigierten Frühschätzung 2020 um 0,1 % unterschätzt.

Zu betonen ist also, dass die energiewirtschaftlichen Aggregate insgesamt im Rahmen der korrigierten Frühschätzung sehr gut getroffen bzw. geschätzt wurden. Bei der Interpretation dieses Befundes sollte allerdings nicht übersehen werden, dass die Schätzfehler in einzelnen

---

<sup>1</sup> Dazu hätte eine Zeitreihe von Pilotenergiebilanzen für vergangene Berichtsjahre geschätzt und die Ergebnisse der Prognosen mit den vorliegenden beobachteten, endgültigen Energiebilanzen für diese Jahre verglichen bzw. unter Hinzuziehung geeigneter Fehlermaße analysiert werden müssen.

Aggregaten (Energieträger, Sektoren) im Vergleich zur Gegenüberstellung zwischen der ursprünglichen Frühschätzung und der vorläufigen Energiebilanz auch zunehmen können, sich allerdings im Gesamtergebnis wieder ausgleichen. In sektoraler Hinsicht hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Abweichungen beim fossilen Endenergieverbrauch zwischen der Frühschätzung und der endgültigen Energiebilanz 2020 im GHD-Sektor mit 12 % (Unterschätzung der endgültigen Daten) besonders ausgeprägt sind, wohingegen im Bereich der Energieträger größere Abweichungen bei der Steinkohle (inkl. Steinkohlenbriketts und -koks) ins Auge fallen.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich gezwungenermaßen auf jene konzeptionellen Grundelemente, die für die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 eine wesentliche Rolle gespielt haben. Eine vertiefende Darstellung der einzelnen Datenquellen, der verwendeten Indikatoren bzw. Einflussgrößen zur Erklärung/Schätzung des Energieverbrauchs sowie der genaueren Berechnungsschritte wird dem Auftraggeber im Rahmen eines zuvor abgestimmten Datenbanktools parallel zur Verfügung gestellt. Damit liegen derzeit:

- ▶ die komplette Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Terajoule und natürliche Einheiten) inkl. Korrekturen,
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021), vgl. dazu auch die Excel-Datei 02\_UBA\_Dok1ZB\_PEB\_ABGABE.xlsx,
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand: Ende Juni 2021), sowie der numerische, felderscharfe Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (absolute Differenzen in Terajoule und relative Abweichungen in Prozent), vgl. dazu auch die Excel-Datei 02\_UBA\_Dok2ZB\_VEB\_ABGABE.xlsx sowie
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022), sowie der numerische, felderscharfe Vergleich der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (absolute Differenzen in Terajoule und relative Abweichungen in Prozent), vgl. dazu auch die Excel-Datei 02\_UBA\_Dok3ZB\_EEB\_ABGABE.xlsx sowie
- ▶ der Entwurf des Endberichtes zu dieser Pilotstudie

vor.

Zum Abschluss der Studie stellt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt (September 2022) die Frage, inwieweit nachhaltige Verbesserungen der skizzierten Modellinfrastruktur (Detaillierung der Schätzansätze), die sich aus dem empirischen Vergleich zwischen der im Februar 2021 geschätzten Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15.2.2021, inkl. Korrekturen) mit den endgültigen Datenständen der Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022) in einzelnen Bereichen durchaus herleiten lassen, zukünftige Frühschätzungen z.B. für die Berichtsjahre 2022 u. 2023 tatsächlich maßgeblich verbessern können. Sicher ist zweifellos, dass die aktuelle Verdichtung krisenhafter Ausnahmesituationen (energiewirtschaftliche und ökonomische Auswirkungen der Corona-Pandemie 2019 sowie des Ukraine-Konfliktes seit Februar 2022) verlässliche Prognosen kompletter Energiebilanzen zusätzlich erschwert haben. Insofern ist zu befürchten, dass zukünftige Frühschätzungen die Genauigkeit nicht weiter erhöhen können.

Es sind allerdings weitere Verbesserungen des Modellierungsansatzes denkbar, so etwa die über die Gliederung der Energiebilanz Deutschland hinausgehende sektorale Differenzierung

besonders energieintensiver oder aber heterogener Industriesektoren zur besseren Erfassung des Einflusses des inter- und intrasektoralen Strukturwandels auf die Entwicklung des industriellen Energieverbrauchs. Der erste Versuch einer Abschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 in der Industrie basiert ausschließlich auf originären Daten zum Energieverbrauch laut Energiebilanz gegliedert nach 14 Wirtschaftszweigen und 30 Energieträgern. Die differenzierte Abbildung der Industriesektoren erfordert zwar einen erheblichen Aufwand zur bilanzkompatiblen Aufbereitung zusätzlicher Energieverbrauchsdaten und damit verbundener Erklärungsvariablen, im Gegensatz zur „Verbesserung“ hochaggrierter ökonomischer Schätzgleichungen zur Erklärung des Energieverbrauchs eines Industriesektors würde dieser Schritt die Prognosegüte in diesem wichtigen Segment des Endenergieverbrauchs allerdings voraussichtlich spürbar erhöhen.

Eine noch nachhaltigere Verbesserung der Prognosegüte ließe sich durch den Rückgriff auf unterjährige Energiedaten zur Schätzung des Endverbrauchs nach Sektoren und Energieträgern erreichen. Es ist wenig verwunderlich, dass der Einsatz monatlicher Daten, die weiter an den aktuellen Rand reichen, als dies bei Jahresdaten typischerweise der Fall ist, die Schätzergebnisse signifikant verbessern könnte. Da sich die hier vorgelegten Schätzungen zum Endenergieverbrauch ausschließlich auf Jahresdaten stützen müssen (weil in Deutschland für keinen Endenergieverbrauchssektor unterjährige Energiedaten zur Verfügung stehen), weichen die Prognoseresultate hier stärker von den Befunden der endgültigen Bilanz ab als in ausgewählten Bereichen des Umwandlungssektors (z.B. Kraftwerke der allgemeinen Versorgung) oder auf der Aufkommenseite der Bilanz (Primärenergieverbrauch und dessen Komponenten wie inländische Energiegewinnung, Außenhandel, Bestandsveränderungen usw.), wo sich die Schätzungen auf zeitnahe Monatershebungen stützen können.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass alle hier skizzierten Optionen zur weiteren Verbesserung der Prognosegenauigkeit, bzw. die damit verbundene Weiterentwicklung „felderscharfer, energiebilanzkompatibler“ Modelle einen erheblichen Arbeitsaufwand mit sich bringen. Die Umsetzung solcher Verbesserungen kann deshalb vsl. nur für ausgewählte Teilbereiche bzw. in Ausnahmefällen im laufenden Wirkbetrieb (Erstellung von Frühschätzungen in den Folgejahren 2021, 2022 usw.) erfolgen. Hinzu kommt, dass die praktische Umsetzung von Verbesserungen, die auch die Aufbereitung zusätzlicher Daten einschließt, keineswegs kurzfristig (also innerhalb weniger Wochen) durchgeführt werden kann.

## Summary

The energy balance for Germany is by far the most important basis for determining energy-related greenhouse gas emissions as part of national greenhouse gas emissions reporting in accordance with the Framework Convention on Climate Change and the EU Directive MMR. The final energy balance is published annually in February/March for the penultimate year (reporting year  $t-2$ ) by AG Energiebilanzen (AGEB). In addition, AGEB computes a "preliminary" energy balance for the previous year ( $t-1$ ) until June of each year.

Thus, for previous year's estimates of greenhouse gas (ghg) emissions for 2020, empirical observations on energy consumption by energy source and sector are unavailable in the present energy balance reporting system. The German Environment Agency (Umweltbundesamt UBA) however, is obliged to prepare 2020 ghg estimates by March 15, 2021. In order to close the appearing data gap, the present study derived an initial early estimate of the complete energy balance ("pilot" energy balance) for the year 2020 until February 2021. The 2020 "pilot" energy balance was submitted to UBA on February 15, 2021.

To limit inaccuracies which inevitably occur, given that the complete "pilot" energy balance 2020 is prepared until this early date (compared to the final energy balance 2020 based on final statistical data), estimation and forecast parts indispensable for a "pilot" energy balance should be minimized. A complete energy balance forecast using, for example, an interdependent energy model coupled with an input-output model, whose data basis typically consists of long range time series, including the energy balances for Germany from 1990 to 2018, seems not conducive for the raised task. Reasons are:

- ▶ in a model-based forecast based on annual data, monthly statistical data already available (monthly surveys on energy consumption), cannot be included, for the reporting year 2020,
- ▶ estimates derived from regression analysis based on annual energy balance data capture recent changes only incompletely. Final data, which form the support period for the estimate, were available up to 2018. For 2019, the preliminary 2019 energy balance was available, which by itself contained considerable parts only based on estimates and preliminary data sets, particularly in final energy consumption).

In view of the above, the present study takes an alternative, more eclectic approach. The aim is to incorporate available relevant infra-annual statistical data into the estimation of the 2020 "pilot" energy balance. In this approach, model-based forecasts and updating (annual) data via time series analytical procedures is limited to an absolute minimum (hybrid approach).

Against this background, the aim of the present study was first:

- ▶ to illuminate and identify statistical energy data included in the early estimate of the "pilot" energy balance 2020 (data sources predominantly coincide with official and non-official statistical sources used for each published energy balance of Germany in a field-specific manner) (cf. chapter 2.1.2),
- ▶ to specify available data, in particular data sources during the year (as of beginning of February 2021), for each month (cf. chapter 2.1.2),
- ▶ to describe methods used to update the previously identified data gaps (monthly surveys on energy consumption) (cf. chapter 2.2.2) and to outline the modeling concepts that were used, in particular, to forecast the annual energy consumption of the end-use sectors (cf. chapter 2.2.1),

- ▶ to shed light on the assignment of the various update methods (data sources) to the different energy balance areas (cf. Chapter 3.2), to subsequently
- ▶ describe the economic conditions that influenced the early estimates 2020, which are also (at least partially) used as indicators in the forecast or the models used (cf. chapter 5.1), and finally
- ▶ to briefly describe energy industry developments following from the forecast on the basis of selected main aggregates of the energy balance (cf. section 5.2) and, to present the overall result of the early estimate, for the 2020 pilot energy balance (data status: February 15, 2020) (cf. section 5.3).

Regarding possible sources of uncertainty and loss of accuracy that any estimate inevitably entails, Section 6 provides a brief outline of selected sources of error that may affect the forecast result. For example, the specification of exogenous influencing variables in the estimation models that show deviations from the actual observed variables at a later stage, can cause early energy balance estimates to deviate from the final energy balance. Deviations of preliminary monthly data (for t-1 or the 2020 estimation year) compared to final data as incorporated in the final 2020 energy balance were analyzed and also impacts of changing base years on estimation results. In particular, this section shows that uncertainties in forecasts typically cannot be attributed to a single cause, but rather result from numerous, usually overlapping, influencing factors.

The study also determined the loss of accuracy associated with an early estimates of the 2020 "pilot" energy balance by means of field-by-field comparison of the early estimate of the 2020 pilot energy balance (data status: February 15, 2021) with

- ▶ the preliminary estimate energy balance (data status: end of June 2021) (cf. chapter 7) and
- ▶ the final data statuses of the final energy balance for Germany (data status: February 11, 2022) (cf. chapter 8).

In connection with these comparisons, it is worth mentioning that an evaluation of forecast quality in the ex-post period was not the subject of this study. This would be technically difficult to prepare due to the hybrid approach outlined above and the estimation of only one "pilot" energy balance for the reporting year 2020). Empirical comparisons of the 2020 "pilot" energy balance were, in a sense, done incrementally and prospectively. For this reason, the study compared the 2020 "pilot" energy balance with the results of the preliminary energy balance estimated in June 2022 to obtain first indications of potential deviations. From the outlined first comparison of two estimated energy balances for 2020 (whose statistical data status differs only by a few weeks), it is obvious that reliable statements on forecast accuracy of the "pilot" energy balance 2020 can be made only to a limited extent (chapter 7 describes the results of this comparison in detail). Nevertheless this procedure helped to gain initial insights into the ongoing improvement of early energy balance estimates. And also lead to correction of some calculation errors in the 2020 "pilot" energy balance.

To evaluate the forecast error, the corrected estimated "pilot" energy balance was compared with the final energy balance 2020 (data status: February 11, 2022). All differences then are solely based on estimation errors or inaccuracies of the forecast rather than "special influences" mentioned or calculation errors which will not occur in future early estimates. For forecast accuracy assessment, the corrected "pilot" energy balance 2020 will be compared with the final energy balance 2020 and thus replaces the comparison with the preliminary estimated energy balance 2020.

With regard to the main aggregates, the following picture emerges from this comparison:

- ▶ The corrected "pilot" energy balance 2020 overestimates total primary energy consumption by 0.7% relative to the final energy balance 2020.
- ▶ In the corrected "pilot" energy balance 2020, primary energy consumption based on fossil fuel is 1% higher than the level reported by the final energy balance 2020.
- ▶ In contrast, the early estimate of the corrected "pilot" energy balance 2020 underestimates total final energy consumption by about 0.3% compared to the final energy balance 2020.
- ▶ The corrected "pilot" energy balance 2020 underestimates fossil final energy consumption by 0.1%.

This shows that the corrected early estimate produced very accurate results for energy industry aggregates as a whole. However, It is important to note that estimation errors in individual aggregates (energy carriers, sectors) may increase in comparison with the original early estimate and the preliminary energy balance, although they balance out again in the overall result. In terms of sectors, for example, the early estimate in fossil final energy consumption in the tertiary sector differs from the final energy balance for 2020 by 12% (underestimation of the final data). For energy carriers, deviations are significant in hard coal (including hard coal briquettes and coke).

The study necessarily focused on those basic conceptual elements that played an essential role in the estimated "pilot" energy balance 2020. A more in-depth presentation of individual data sources, indicators or influencing variables used to explain/estimate energy consumption and more detailed calculation steps will be made available to the client in parallel, as part of a previously agreed database tool. Thus:

- ▶ the complete early estimate of the "pilot" energy balance 2020 (terajoules and natural units), incl. corrections,
- ▶ the database-readable file with the exact documentation of the "pilot" energy balance 2020 (data status: February 15, 2021), cf. also the Excel file 02\_UBA\_Dok1ZB\_PEB\_ABGABE.xlsx,
- ▶ the database-readable file with the exact documentation of the preliminary estimated energy balance 2020 (data status: end of June 2021), as well as the numerical, field comparison of the "pilot" energy balance 2020 with the preliminary estimated energy balance 2020 (absolute differences in terajoules and relative deviations in percent), cf. also the Excel file 02\_UBA\_Dok2ZB\_VEB\_ABGABE.xlsx, and
- ▶ the database-readable file with the exact documentation of the final energy balance 2020 (data status: February 11, 2022), as well as the numerical, field comparison of the corrected "pilot" energy balance 2020 with the final energy balance 2020 (absolute differences in terajoules and relative deviations in percent), cf. also the Excel file 02\_UBA\_Dok3ZB\_EEB\_ABGABE.xlsx, as well as
- ▶ the final report on this pilot study,

are available.

At the end of the study (September 2022), the question arises to what extent sustainable improvements of the outlined model infrastructure (detailing of the estimation approaches), can significantly improve future early estimates, e.g. for the reporting years 2022 and 2023.

Undoubtedly, the current concentration of exceptional crisis situations (energy and economic effects of the Corona pandemic in 2020 and the Ukraine conflict since February 2022) has made reliable forecasts of complete energy balances even more difficult. It thus may be that future early estimates cannot contribute to an increase in accuracy.

However, further improvements to the modeling approach are possible. To capture the influence of inter- and intrasectoral structural change on the development of industrial energy consumption, a sectoral differentiation of energy-intensive or heterogeneous industrial sectors below the sectoral structure of the energy balance for Germany could be useful. The initial estimate of a "pilot" energy balance 2020 in the sector "industry" exclusively uses original data on energy consumption according to the energy balance, subdivided into 14 economic sectors and 30 energy carriers. A differentiated mapping of the industrial sectors would require considerable effort to prepare additional energy consumption data and associated explanatory variables compatible with the structure of the energy balance. In contrast to the "improvement" of highly aggregated econometric estimating equations to explain the energy consumption of an industrial sector, this, however, would presumably increase the forecasting quality in this important segment of final energy consumption significantly.

An even more sustained improvement in forecast quality could be achieved by using sub-annual energy data to estimate final energy consumption by sector and energy carrier. Using monthly data which extend further into the current margin compared to annual data could also significantly improve estimation results. Estimates of final energy consumption presented here had to be based exclusively on annual data (because intrayear energy data are not available for any final energy consumption sector in Germany). Forecast deviations from final balance sheet data are larger in industrial sectors than in selected areas of energy transformation (e.g., general supply power plants) or on the supply side of the balance sheet (primary energy consumption and its components, such as domestic energy production, foreign trade, changes in inventories, etc.), where the estimates can be based on recent monthly surveys.

It is worth mentioning, however, that all options for further improving forecast accuracy, or the associated further development of "field-tight, energy balance compatible" models outlined here involve a considerable amount of effort. The implementation of such improvements can therefore only be done in selected sub-areas or, in exceptional cases, during ongoing operations (preparation of early estimates in the following years 2021, 2022, etc.). Finally, the practical implementation of improvements, including the preparation of additional data, cannot be carried out in the short term (i.e. within a few weeks).

## 1 Aufgabenstellung

Im Dezember 2019 hat der Bundesrat das Klimaschutzgesetz (KSG) beschlossen. Mit diesem Gesetz werden die Klimaschutzziele gesetzlich für jedes Berichtsjahr von 2020 bis 2030 aufgliedert und nach einzelnen Sektoren festgelegt. Im Ergebnis gelten in Deutschland damit erstmals verbindliche und überprüfbare Ziele für jeden Sektor. Mit der für die laufende Evaluierung der Zielerreichung oder -verfehlung erforderlichen Berichterstattung ist das Umweltbundesamt betraut. Vor diesem Hintergrund ist das Umweltbundesamt nach § 5 KSG verpflichtet, bis zum 15. März eines jeden auf das Berichtsjahr folgenden Jahres die Emissionsdaten des Berichtsjahres (t-1) zur Überprüfung der sektoralen Zielerreichungsfortschritte an den Expertenrat für Klimafragen zu übermitteln. Konkret müssen folglich am 15. März 2021 die sektoral aufgliederten Emissionsmengen für das bzw. bis zum Berichtsjahr 2020 vorliegen.

Selbstverständlich erfordert die laufende Überprüfung der Zielfortschritte eine umfassende, zugleich nach Wirtschaftszweigen und Energieträgern disaggregierte empirische Datenbasis. Zur Ermittlung der („energiebedingten“) Emissionen bildet die Energiebilanz Deutschland die mit Abstand wichtigste empirische Datenquelle zur Durchführung der Vorjahresschätzung der THG-Emissionen. Die Energiebilanz stellt in Form einer Matrix das Aufkommen, die Umwandlung und die Verwendung von Energieträgern in einer Volkswirtschaft möglichst lückenlos, detailliert (nach Sektoren) und in sich konsistent dar. Allein konsistente, methodisch eindeutig definierte Energiebilanzen lassen sich widerspruchsfrei zu energiewirtschaftlichen Eckgrößen wie z.B. dem Primärenergieverbrauch verdichten und sollten deshalb als zentrale Ausgangsbasis zu Emissionsberechnungen herangezogen werden. Die Verwendung verstreut vorliegender amtlicher und nicht-amtlicher Rohdaten birgt stets die Gefahr methodischer und statistischer Inkonsistenzen.

Die Energiebilanz Deutschland wird von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) in regelmäßigem Abstand publiziert. Für Deutschland liegt zum Zeitpunkt des Projektstarts (Anfang Februar 2021) eine geschlossene Zeitreihe endgültiger Energiebilanzen für die Jahre von 1990 bis 2018 vor (für das Berichtsjahr 2019 existiert darüber hinaus eine vorläufige Schätz-Energiebilanz). Die Erstellung einer „endgültigen“ Energiebilanz für das Berichtsjahr 2019 erfolgt laut Auftrag erst gegen Ende Februar 2021; die erste Schätzenergiebilanz für das Jahr 2020 ist Ende Juni 2021 vorzulegen.

Bereits diese kurzen Ausführungen lassen erkennen, dass zwischen den in § 5 KSG genannten Terminen und Verpflichtungen und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden empirischen Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs sowie den damit verbundenen Emissionen (nach Sektoren) eine erhebliche Diskrepanz besteht. Insbesondere liegen die zur Erstellung der (Schätz-)Energiebilanz (Berichtsjahr 2020) erforderlichen amtlichen und nicht-amtlichen Rohdaten (Monats- oder Jahresangaben) zu diesem Zeitpunkt weitgehend noch nicht vollständig vor. Hinzu kommt, dass selbst die endgültige Energiebilanz 2019 – wie bereits erwähnt – erst im Laufe des Februar 2021 erschienen ist, was nicht nur robuste Schätzungen der Energiebilanz 2020 erschwert, sondern auch die Vergleichbarkeit der geschätzten Pilotenergiebilanz mit Daten aus dem Vorjahr (zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt bzw. bei der Erstellung dieser Frühschätzung) einschränkt.

Vor diesem Hintergrund hat das Umweltbundesamt eine Pilotstudie an die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. vergeben, in der eine vollständige Energiebilanz für Deutschland für das Berichtsjahr 2020 (die als wesentliche Grundlage der Emissionsberechnung dienen kann) unter Zuhilfenahme aller verfügbarer Statistikdaten probeweise bereits zum Stichtag 15. Februar 2021 erstellt werden soll. Darüber hinaus ist im Projektverlauf eine umfassende (felderscharfe)

Dokumentation der verwendeten Datenquellen anzufertigen. Ausgehend von dieser Frühschätzung der Energiebilanz (Pilotenergiebilanz) sollen in weiteren Arbeitsschritten detaillierte Vergleiche der Pilotenergiebilanz mit den später erstellten, vorläufigen sowie endgültigen Energiebilanzen (für 2020) durchgeführt werden. Aus dem numerischen Vergleich der Pilotenergiebilanz mit hohen Schätzanteilen zu späteren Energiebilanzen mit geringeren Schätzanteilen bis hin zur endgültigen Bilanz, die nahezu vollständig auf Statistikdaten basiert, lassen sich im Idealfall Rückschlüsse auf die Güte der Frühschätzung oder zumindest Hinweise zur Verbesserung des Prognoseverfahrens ziehen.

Zur Durchführung der Forschungsarbeiten hat die AG Energiebilanzen Unteraufträge an die Forschungsinstitute Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co.KG (EEFA) sowie Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) vergeben, die das Pilotprojekt als Konsortialpartner gemeinschaftlich bearbeiten.

Zu dem skizzierten Forschungsprojekt legt die AG Energiebilanzen den folgenden Endbericht vor, der aus vier Teilen besteht:

- ▶ Einer Datenübermittlung der vollständigen Pilotenergiebilanz 2020 (zum Stichtag 15. Februar 2020) in Terajoule und in natürlichen Einheiten als Excel-Datei, ergänzt um eine datenbankfähige Dokumentation sämtlicher Datenfelder bzw. Strukturelemente der fossilen Bilanzteile.
- ▶ Einem Bericht, der die empirischen Datengrundlagen der Pilotenergiebilanz 2020 beschreibt und die methodischen Aspekte der eingesetzten Prognoseverfahren zur Schließung von Datenlücken näher beleuchtet. Eingebettet in diesen Abschnitt ist die Darstellung der wichtigsten Einflussvariablen, die in die jeweiligen Schätzungen einfließen sowie eine Beschreibung der wichtigsten exogenen Randbedingungen der Prognose.
- ▶ Einer Darstellung des ersten empirischen Vergleichs der Prognoseunterschiede zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021) und der Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand: 30. Juni 2021).
- ▶ Einer empirischen Auswertung bzw. Darstellung der Schätzdifferenzen zwischen der endgültigen Energiebilanz (Datenstand: 11. Februar 2022) und der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021, inkl. ausgewählter, nicht die Prognose betreffender technischer Korrekturen) sowie
- ▶ eine Gesamtschau der bislang vorliegenden Vergleichswerte (Pilotenergiebilanz, Schätzenergiebilanz und endgültige Energiebilanz). In dieses Arbeitspaket eingebettet ist insbesondere auch eine Analyse der Verbesserungsoptionen zur Erhöhung der Prognosegenauigkeit der Pilotenergiebilanz für zukünftige Berichtsjahre.

Alle in diesen Bericht verwendeten Energiebilanzen wurden zudem umfassend dokumentiert (Datenquellen, Berechnungsmethoden usw.). Außerdem wurden die empirischen Bilanzvergleiche, die in diesem Bericht aus naheliegenden Gründen zusammenfassend beleuchtet werden mussten, dem Auftraggeber zusätzlich in Form felderscharfer Auswertungen (im Excel-Format) zur Verfügung gestellt.

## 2 Vorbemerkungen

Die Erstellung einer Pilotenergiebilanz für das Jahr 2020 bereits zum 15. Februar 2021 stellt eine erhebliche Herausforderung dar. Zum einen sind zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz empirische Fragen zu klären, zum anderen erfordert die Schätzung einer konsistenten Pilotenergiebilanz zusätzlich die Klärung methodischer Fragen, die sich u.a. aus der Verzahnung verschiedener Prognosemethoden, zugleich aber auch im Zusammenhang mit der sachgerechten Berücksichtigung interdependenter Beziehungen zwischen einzelnen Bilanzteilen bzw. Energieträgern ergeben. Vor diesem Hintergrund beleuchten die nachfolgenden Abschnitte die wichtigsten empirischen und methodischen Randbedingungen, unter denen die Prognose/Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 stattfinden muss.

### 2.1 Empirische Ausgangslage

Als Einstieg in die Analyse der empirischen Zusammenhänge sollen nachfolgend:

- ▶ die vorliegende Datenlage bei den Energiebilanzen für Deutschland sowie die Veröffentlichungstermine kurz skizziert werden, sowie
- ▶ die statistische Datenlage der Energiestatistiken beschrieben werden, die in die Berechnung der Pilotenergiebilanz 2020 einfließen können.

#### 2.1.1 Stand der Arbeiten an der Energiebilanz Deutschland (Februar 2021)

Die Energiebilanz Deutschland stellt in Form einer Matrix die energiewirtschaftliche Verflechtung (vom Aufkommen über die Umwandlung bis hin zur Endverwendung) der Volkswirtschaft, differenziert nach Energieträgern und Sektoren, dar. Sie ist zugleich die einzige Datenbasis, die den Anspruch erhebt, verstreut vorliegende, energiestatistische Primärinformationen zu einer lückenlosen, konsistenten Berechnung des gesamten Energieverbrauchs zusammenzuführen.

In Deutschland werden Energiebilanzen von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AG Energiebilanzen) in jährlichem Abstand erstellt und publiziert. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Teilbereiches dieses Berichtes im Juni 2021 liegt eine geschlossene Zeitreihe von endgültigen Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland für die Jahre von 1990 bis 2019 vor (wie bereits erwähnt, existierte für das Berichtsjahr 2019 zum Zeitpunkt der Erstellung der ersten Frühschätzung/Pilotenergiebilanz jedoch nur eine vorläufige Schätzenergiebilanz, Datenstand: 15. September 2020). Die endgültige Energiebilanz für das Berichtsjahr 2019 wurde Ende Februar 2021 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) übergeben; sie lag also als Ausgangspunkt zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz in diesem Jahr noch nicht vor.

Die Energiebilanzmatrix umfasst in der aktuellen Fassung (Berichtsjahr 2019) 33 Spalten und 68 Zeilen. In den Spalten unterscheidet die Energiebilanz einzelne Energieträger. Insgesamt sind 30 primäre und sekundäre Energieträger sowie drei Spaltensummen dargestellt (darunter die erneuerbaren Energien aggregiert in drei Spalten). Um den Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien Rechnung zu tragen, veröffentlicht die AG Energiebilanzen neben der Hauptbilanz zusätzlich eine detaillierte Satellitenbilanz erneuerbare Energien (deren Daten von der AGEE-Stat zugestellt werden), die insgesamt elf Energieträgerspalten und eine Spaltensumme aufweist.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Zur Beschreibung des Aufbaus und der Struktur der Energiebilanz Deutschland, vgl. AG Energiebilanzen (2015).

### 2.1.2 Statistische Energiedaten zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020

Die erste Schätzenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 wird gemäß Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz Ende Juni 2021 durch die AG Energiebilanzen erstellt (diese Erstschätzung wird im August unter Hinzuziehung der dann vorliegenden EEG-Abrechnungsdaten intern aktualisiert und zur Berechnung der zusammenfassenden Auswertungstabellen genutzt)<sup>3</sup>. Die Entscheidung für die Terminierung dieser ersten Energiebilanzschätzung war in der Vergangenheit in erster Linie in der empirischen Datenlage begründet. Unter dem Gesichtspunkt der Datenverfügbarkeit ergibt sich gegenüber früheren Zeitpunkten (die grundsätzlich zur Erstellung von Schätzenergiebilanzen, wie z.B. auch zur Schätzung der frühen Pilotenergiebilanz, in Frage kommen) der Vorteil, dass alle Bereiche der Energiebilanz, die sich mit Hilfe monatlicher Energiestatistiken ermitteln lassen, im Zeitfenster zwischen Mai und Juni entweder als vorläufiges oder bereits endgültiges Jahresergebnis vorliegen. Insofern beruht die Schätzenergiebilanz insbesondere auf der Aufkommenseite (Energiegewinnung, Außenhandel, Primärenergieverbrauch und Umwandlungsbereiche) zu diesem Zeitpunkt bereits in erheblichem Umfang auf Statistikdaten.

Ein erster grober Blick auf die einzelnen Positionen bzw. Bereiche der (endgültigen) Energiebilanz Deutschland, die mit unterjährigen Statistikdaten (Energieverbrauch bzw. Brennstoffeinsatz und Erzeugung) befüllt werden können, macht bereits deutlich, dass zeitnahe, z.B. monatliche oder vierteljährliche Informationen zur Entwicklung des Energieverbrauchs nur für die Aufkommenseite der Bilanz, hingegen für die Endverbrauchssektoren i.d.R. nicht verfügbar sind. Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Energieverbrauch der Endverbrauchssektoren also nahezu unabhängig von der konkreten (monatlichen) Festlegung des Zeitpunktes zur Erstellung einer Pilot- oder Schätzenergiebilanz für Zeiträume von Februar bis etwa Juli/August vollständig geschätzt werden muss.<sup>4</sup> Hinzu kommt, dass diese Schätzungen des Endenergieverbrauchs (nach Sektoren und Energieträgern) i.d.R. auf der Basis von Jahresdaten durchgeführt werden müssen.

Vor diesem Hintergrund fasst Abbildung 1 die Datenlage, wie sie sich im Rahmen der anvisierten Frühschätzung der Energiebilanz für den Berichtszeitraum t-1 bereits im Februar des Folgejahres darstellt, überblickartig zusammen. Die Darstellung konzentriert sich zunächst auf die Grundmerkmale (Granularität bzw. Aktualität) der Statistikinformationen, die in eine solche Frühschätzung einfließen könnten. Die genaue Ausformulierung der verwendeten Datenquellen sowie fallweise auftretende Abweichungen vom aufgezeigten Grundprinzip bei einzelnen Energieträgern werden in den nachfolgenden Abschnitten (und zusätzlich in der Excel-Datei zu diesem Zwischenbericht, die für jeden Wert der Pilotenergiebilanz 2020 die Herkunft der verwendeten Daten dokumentarisch hinterlegt) detaillierter beleuchtet.

<sup>3</sup> Ggf. fließen in diese Aktualisierung zusätzlich noch die energiestatistischen Informationen aus der Jahreserhebung der BGS-Bögen, die von der Wirtschaftsvereinigung Stahl bereitgestellt wird, ein. Die BGS-Statistik erfasst den Energieverbrauch der Stahlindustrie differenziert nach Sub-Sektoren bzw. Produktionsstufen der Roheisen- und Stahlproduktion sowie nach Energieträgern. Leider wurden monatliche Informationen aus der BGS-Statistik letztmalig für Dezember 2009 publiziert, so dass ein Rückgriff auf Daten zum Energieverbrauch der Stahlindustrie am aktuellen Rand nicht möglich ist. Die (optionale) Verwendung der Jahresdaten hängt selbstverständlich vom Erscheinungsdatum der BGS-Statistik im jeweiligen Berichtsjahr ab.

<sup>4</sup> Im Rahmen eines EU-Projektes werden für das Berichtsjahr 2020 (voraussichtlich Ende Juli 2021) durch das Statistische Bundesamt erstmalig Frühschätzungen ausgewählter amtlicher Energiestatistiken vorgelegt (darunter u.a. die Jahreserhebung der Statistik Nr. 060, die den Energieverbrauch der Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe differenziert nach Energieträgern erfasst). Die Frühschätzung basiert auf den bis zu diesem Zeitpunkt bei den Statistischen Ämtern der Länder vorliegenden statistischen Meldungen der Berichtspflichtigen (ca. 80 % der Daten) sowie Hochrechnungen mit Hilfe eines mathematisch-statistischen Algorithmus (unter Einbeziehung zeitreihenanalytischer Verfahren sowie sektoralen Statistikdaten aus anderen Bereichen wie z.B. Produktionsentwicklungen, Konjunkturindikatoren usw.) zur Schließung vorhandener Datenlücken.

**Abbildung 1: Granularität und Aktualität von Statistikdaten zur Erstellung der Pilotenergiebilanz (Grobkonzept)**

Deutschland			Deutschland		
Gewinnung im Inland	1	M	Fackel- u. Leitungsverluste	41	M
Einfuhr	2	M	ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ	42	A
Bestandsentnahmen	3	M	NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	43	J
Energieaufkommen im Inland	4	A	Statistische Differenzen	44	A
Ausfuhr	5	M	ENDENERGIEVERBRAUCH	45	A
Hochseebunkerungen	6	M	Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46	J/I(m)
Bestandsaufstockungen	7	M	Ernährung und Tabak	47	J/I(m)
PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	8	A	Papiergewerbe	48	J/I(m)
Kokereien	9	M	Grundstoffchemie	49	J/I(m)
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	M	Sonstige chemische Industrie	50	J/I(m)
Wärme kraftwerke der allg. Versorgung	11	M	Gummi- u. Kunststoffwaren	51	J/I(m)
Industriewärme kraftwerke (nur für Strom)	12	J/I(m)	Glas u. Keramik	52	J/I(m)
Kernkraftwerke	13	M	Verarbeitung v. Steine u. Erden	53	J/I(m)
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14	M	Metallerzeugung	54	J/I(m)
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	M	NE-Metalle, -gießereien	55	J/I(m)
Fernheizwerke	16	M	Metallbearbeitung	56	J/I(m)
Hochöfen	17	J/I(m)	Maschinenbau	57	J/I(m)
Mineralölverarbeitung	18	M	Fahrzeugbau	58	J/I(m)
Sonstige Energieerzeuger	19	M	Sonstige Wirtschaftszweige	59	J/I(m)
Umwandlungseinsatz insgesamt	20	A	Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe insg.	60	A
Kokereien	21	M	Schienerverkehr	61	J
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	M	Straßenverkehr	62	J
Wärme kraftwerke der allg. Versorgung	23	M	Luftverkehr	63	J/I(m)
Industriewärme kraftwerke (nur für Strom)	24	M	Küsten- und Binnenschifffahrt	64	J
Kernkraftwerke	25	M	Verkehr insgesamt	65	A
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26	M	Haushalte	66	J/I(m)
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	M	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übrige Verbraucher	67	J/I(q)
Fernheizwerke	28	M	Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	A
Hochöfen	29	J/I(m)			
Mineralölverarbeitung	30	M			
Sonstige Energieerzeuger	31	M			
Umwandlungsausstoß insgesamt	32	A			
Kokereien	33	J/I(m)			
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34	J/I(m)			
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	M			
Kraftwerke	36	M			
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	M			
Mineralölverarbeitung	38	M			
Sonstige Energieerzeuger	39	J/I(m)			
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	A			

J/I(m): Jahresdaten, ggf. Indikatoren auf monatlicher Datenbasis  
 J/I(q): Jahresdaten, ggf. Indikatoren auf viertlj. Datenbasis  
 M: Originäre monatl. Energiestatistik  
 A: Strukturelement der Energiebilanz

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Zum Abschluss dieses Strukturvergleichs wird kurz auf die konkrete Zusammensetzung (und den Datenstand zum 31. Januar 2021) der verschiedenen Primär-Datenquellen eingegangen, die zumindest zum Teil (lediglich ergänzt um Schätzungen) direkt in die Pilotenergiebilanz 2020 eingeflossen sind. Die in Abbildung 2 zusammengetragenen Monatserhebungen decken weitgehend den Datenbedarf zur Frühschätzung der Energiebilanz der fossilen Energieträger (sowie Strom und Fernwärme) für das Berichtsjahr 2020 ab.<sup>5</sup>

Im Hinblick auf die Aktualität der vorliegenden Statistiken ist festzuhalten, dass Anfang Februar 2021 neben den monatlichen Betriebsergebnissen der deutschen Kernkraftwerke (VGB Power Tech) nur die Monatserhebungen über die Förderung von Braunkohle und die Erzeugung von Braunkohleprodukten (Statistik der Kohlenwirtschaft) für das komplette Berichtsjahr 2020 zur Verfügung standen. Andere wichtige Monatserhebungen (wie z.B. die Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes oder die Amtliche Mineralölstatistik, die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle publiziert wird) standen hingegen nur bis zum Berichtsmonat November 2020 zur Verfügung. Die mit Abstand größte zeitliche Verzögerung weisen die Monatserhebungen über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der allgemeinen Versorgung auf, die zum Zeitpunkt der Zusammenstellung der Pilotenergiebilanz nur bis Oktober als vorläufige Statistikinformation berücksichtigt werden konnten.

<sup>5</sup> Eine genaue Auflistung der Datenquellen und methodischen Vorgehensweise zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021) sowie der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand Ende Juni 2021) findet sich in den ausführlichen Datenbank-Dokumentationen zu dieser Studie.

Auf die Verfahren, die zur Abschätzung fehlender Monatsdaten auf der Ebene originärer Statistikdaten zur Verfügung stehen, bzw. deren spezifische Vor- und Nachteile gehen die Ausführungen im Abschnitt 2.2.2 dieser Studie genauer ein.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Datenlücken im Bereich energiestatistischer Primärerhebungen (die mehr oder weniger direkt zur Erfassung wesentlicher Teile der inländischen Energiegewinnung, des Außenhandels sowie der Erzeugung von Sekundärenergieträgern wie Strom und Fernwärme, Mineralölprodukte, Briketts und Koks u.a. und des damit verbundenen Energie- bzw. Brennstoffeinsatzes in den Umwandlungssektoren verwendet werden können) wird im nachfolgenden Abschnitt gesondert auf die Datensituation weitergehender gesamtwirtschaftlich-sektoraler, demografischer oder technisch-ökonomischer Indikatoren (diese Größen stellen allesamt „exogene Variablen“ im Zusammenhang mit Schätzungen vollständiger Bilanzen dar)<sup>6</sup> eingegangen. Das Vorliegen möglichst weit an den aktuellen Rand (Dezember 2020) heranreichender unterjähriger Daten ist ein wesentlicher Baustein zur Erhöhung der Prognosegüte in den Bilanzsegmenten, die vorwiegend auf der

**Abbildung 2: Monatliche Primärerhebungen zur Entwicklung von Energieverbrauch u. -erzeugung (Datenstand)**

Organisation	Statistik	Inhalt	Energieträger /Aktivität	Datenstand (15. Februar 2021)
Stat. der Kohlenwirtschaft	Kohlenabsatzstatistik	Inlandsabsatz nach Arten und Verbrauchergruppen	Steinkohle nach Arten / Steinkohlenprodukte	Berichterstattung endet mit Beendigung des aktiven Steinkohlenbergbaus, Dezember 2018
Stat. der Kohlenwirtschaft	Vordruck 4a	Produktion / Absatz / Deputate / Bestandsveränderungen	Steinkohle, Steinkohlenbriketts und Steinkohlenkoks	Berichterstattung endet mit Beendigung des aktiven Steinkohlenbergbaus, Dezember 2018
Stat. der Kohlenwirtschaft	Kohlenabsatzstatistik	Inlandsabsatz /-einsatz nach Ländern und Verbrauchergruppen	Braunkohle u. Braunkohlenprodukte	Januar bis November
Stat. der Kohlenwirtschaft	Aufkommen und Verwendung von Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Staub- und Trockenkohle, Braunkohlenkoks		Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Staub- und Trockenkohle, Braunkohlenkoks	Januar bis November
BAFA	Amtliche Mineralölstatistik für die Bundesrepublik Deutschland	Aufkommen und Verwendung	Rohöl, Mineralölprodukte	Januar bis November
BAFA	Entwicklung der Rohöleinfuhr für die Bundesrepublik Deutschland	Einfuhr / Wert	Rohöl, Mineralölprodukte	Januar bis November
DESTATIS	Monatserhebung über die Gasvervorgung	Gewinnung, Außenhandel, Speicher, Abgabe	Erdgas, Erdölgas	Januar bis November
BAFA	Entwicklung des deutschen Gasmarktes	Monatliche Bilanz 1998 bis 2020 (Aufkommen, Gewinnung, Außenhandel, Speichersaldo)	Erdgas	Januar bis November
BAFA	Monatliche Entwicklung des Grenzübergangspreises	Einfuhrmengen und Werte	Erdgas	Januar bis November
DESTATIS	Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung	Aufkommen, Verbrauch, Erzeugung, Brennstoffeinsatz	Strom und Wärme	Januar bis Oktober
DESTATIS	Aus- und Einfuhr (Deutschland) Außenhandel	Einfuhrmengen, Warenverzeichnis, Länder, Monate	fossile Energieträger	Januar bis November
DESTATIS	Monatserhebung über die Einfuhr von Kohle	Einfuhr von Kohle, jeweils getrennt nach Staaten sowie nach Kohlearten, Energiegehalten und Grenzübergangswerten, die Menge des Bestands, getrennt nach Kohlearten, die abgegebene Menge, jeweils getrennt nach Kohlearten sowie innerhalb der Kohlearten jeweils getrennt nach Abnehmer- und Verbrauchergruppen		Januar bis November

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

<sup>6</sup> Lediglich im Zusammenhang mit vollintegrierten Modellen (z.B. sektoral differenziertes Input-Output-Modell, inkl. Energiemodell) können solche Variablen (zumindest zum Teil) endogen bestimmt werden. Dies gilt beispielsweise für gesamtwirtschaftliche oder sektorale Variablen, die Güterpreise sowie das verfügbare Einkommen u.a. Die Prognose der Pilotenergiebilanz (Frühschätzung 2020) muss im Gegensatz zu typischerweise höher aggregierten, interdependenten Modellen felderscharf auf der Ebene der detaillierten Energiebilanz Deutschland ansetzen, so dass vollintegrierte Verfahren (die das Zusammenspiel zwischen Energieverbrauch, Energiekosten bzw. -ausgaben und gesamtwirtschaftlich-sektoralen Aspekten explizit berücksichtigten) hier eher nicht zum Einsatz kommen können. Für die hier aufgeworfene Fragestellung ist diese „methodische“ Einschränkung allerdings nur von untergeordneter Bedeutung. Der Grund hierfür ist, dass zum Zeitpunkt der Prognose i.d.R. ein Großteil der erforderlichen makroökonomischen und sektoralen Rahmenbedingungen bereits in Form vorläufiger Daten für das Berichtsjahr t-1 (zumindest aber als Schätzung aus aktuellen Konjunkturprognosen) vorliegen. Insofern stellt die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz im Februar im Hinblick auf die exogenen Randbedingungen eher eine Prognose im ex-post-Zeitraum dar als z.B. eine mittel- bis langfristige Prognose des Energieverbrauchs, die die skizzierten Wechselwirkungen explizit berücksichtigen muss, um Fehlprognosen zu vermeiden.

Grundlage jährlicher Verbrauchsdaten beispielsweise aus der Energiebilanz 2018 oder 2019 fortgeschrieben werden müssen (in erster Linie also für die Sektoren des Endenergieverbrauchs).

### **2.1.3 Datenstand exogener Größen für ex-post-Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020**

Die folgenden Ausarbeitungen haben zum Ziel, die wichtigsten „exogenen Variablen“, die vornehmlich zur Schätzung des Energieverbrauchs in den Endverbrauchssektoren im Rahmen von Modellanalysen herangezogen werden müssen, genauer zu erläutern und den verfügbaren Datenstand für das Berichtsjahr 2020 aufzuzeigen.

Grundsätzlich könnte eine sehr einfache Fortschreibung des Energieverbrauchs mit Hilfe dieser exogenen Variablen z.B. direkt auf der Ebene von Sektoren oder Energieträgern erfolgen. Allerdings ist der Energieverbrauch in der Realität weder monokausal noch stark vereinfachend vollständig zu erklären. Vielmehr ist die Entwicklung des Energieverbrauchs typischerweise das Resultat eines komplexen Zusammenspiels zahlreicher (zum Teil interdependenter) Einflussfaktoren. Diese reichen von gesamtwirtschaftlichen oder sektoralen Aktivitätsgrößen (Bruttoinlandsprodukt, verfügbares Einkommen, Produktionswert oder physische Produktion einzelner Wirtschaftszweige), dem intra- und intersektoralen Wandel (Produktpalette, Wachstumsunterschiede der Industriesektoren), der Entwicklung der Energiepreise (bzw. die Energiekosten bzw. -ausgaben) über demografische oder technisch-physikalische Determinanten bis hin zum Einfluss der Witterungsbedingungen (vor allem in Verbrauchsbereichen, deren Energieeinsatz in hohem Maße durch die Beheizung von Wohn- und Gewerberäumen geprägt ist). Angesichts dieser Komplexität erfordert eine möglichst realitätsnahe Erklärung (und Prognose) des Energieverbrauchs den Einsatz von Modellen, zumindest aber ökonometrischen Verfahren, die im Gegensatz zu monokausalen Indikatoransätzen den Einfluss verschiedener Erklärungsgrößen analysieren können.

Generell stellt sich also die Frage, welche „exogenen“ Variablen zur Überprüfung bzw. Nutzung im Rahmen der angesprochenen Erklärungsansätze (Modell, Regressionsgleichung) konkret in Frage kommen. Selbstverständlich sollte die Auswahl der exogenen Erklärungsgrößen zugleich die spezifische Aufgabenstellung dieser Studie (nämlich die Frühschätzung der Energiebilanz nicht als reine Prognose anzulegen, sondern überall dort, wo dies möglich erscheint, bereits verfügbare, statistisch belastbare Informationen einfließen zu lassen) widerspiegeln.

Aus der skizzierten Zielsetzung folgt unmittelbar, dass die Auswahl exogener Einflussvariablen nicht allein von „modelltheoretischen“ Vorüberlegungen, sondern in hohem Maße zugleich von der Aktualität verfügbarer unterjähriger Indikatoren geleitet wird (hier konkret für das Berichtsjahr 2020). Insofern gilt bei der Auswahl exogener Größen eine ähnliche Priorisierung wie im hier gewählten Hybrid-Konzept zur Frühschätzung der Energiebilanz (Statistik vor Schätzung), d.h. es werden zunächst die exogenen Variablen zur Erklärung des Energieverbrauchs herangezogen, die für das Schätzjahr (hier 2020) zumindest teilweise als beobachtete (Monats-)Werte vorliegen.<sup>7</sup>

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, liegen auch im Bereich der exogenen Variablen, die als Erklärungsgrößen in die Schätzung des Energieverbrauchs einfließen, einige Zeitreihen zum Zeitpunkt der Prognose bereits vollständig bis zum Berichtsmonat Dezember 2020 vor. Dazu

---

<sup>7</sup> Die Priorisierung für Statistikdaten impliziert zwangsläufig, dass ggf. auf Jahresdatenbasis verfügbare, ebenfalls sachgerechte oder theoretisch noch besser geeignete Erklärungsgrößen (wie z.B. Pkw-Fahrleistungen usw.) nicht verwendet wurden, da für diese Größen im Rahmen der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 letztendlich wiederum vollständig auf exogene Setzungen bzw. die Schätzung der exogenen Größen in einem noch größeren Modellzusammenhang zurückgegriffen werden müsste.

zählen neben den Gradtagzahlen zur Messung des Witterungseinflusses vor allem Informationen zur Entwicklung der Energiepreise.<sup>8</sup>

Hingegen sind Zeitreihen, die die wirtschaftliche Aktivität auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene oder für einzelne Wirtschaftszweige widerspiegeln, i.d.R. Anfang Februar für das gesamte Berichtsjahr t-1 noch nicht verfügbar. Die für die Prognose des Endenergieverbrauchs (bzw. des Brennstoffeinsatzes der Industriekraftwerke) wichtige „exogene“ Information zur Entwicklung der Produktion in den Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes (in Form von Produktionsindizes) liegt z.B. nur bis November 2020 vor. Auf Statistikdaten zur volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (die nur in vierteljährlichem Abstand publiziert werden) konnte Anfang Februar nur bis zum 3. Quartal 2020 zurückgegriffen werden. Allerdings hat das Statistische Bundesamt neben den bereits aufgeführten Daten zur makroökonomischen Entwicklung am 29. Januar 2021 in der Schnellmeldung wichtige Eckgrößen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für das Gesamtjahr vorab veröffentlicht. Darüber hinaus ist abschließend darauf hinzuweisen, dass ausgewählte sektorale Indikatoren, die an geeigneter Stelle in die Prognose einfließen können, ebenfalls bis zum Berichtsmontat Dezember 2020 vorlagen. Zu dieser Gruppe von Indikatoren gehören z.B. die Produktionsentwicklung von Roheisen und Rohstahl (nach Produktionsverfahren) sowie der Konjunktur-Frühindikator „Lkw-Maut-Index“.

**Abbildung 3: Monatliche Daten bzw. exogene Variablen (Auswahl)**

Organisation	Statistik	Inhalt	Energieträger /Aktivität	Datenstand (15. Februar 2021)
Wirtschaftsvereinigung Stahl	Stahlproduktion in Deutschland	Produktion	Rohstahl, Sauerstoff- u. Elektro Stahl, Walzstahl u. Roheisen	Januar bis Dezember
DESTATIS/Genesis	Produktionsindex für das Verarbeitende Gewerbe: Deutschland	Produktionsindex, Wirtschaftszweige, Original- und bereinigte Daten, Monate	Index	Januar bis November
DESTATIS	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen	Preisbereinigte Volumenangaben und Wachstumsbeiträge	Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung	1. bis 3. Quartal 2020
DESTATIS/Genesis	VGR des Bundes	Bruttowertschöpfung (nominal/preisbereinigt), Wirtschaftszweige, Quartale	Bruttowertschöpfung	1. bis 3. Quartal 2020
DESTATIS/Genesis	VGR des Bundes	Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, Quartale, Original- und bereinigte Daten	Bevölkerung, Erwerbstätige	1. bis 3. Quartal 2020
DESTATIS	Erzeugerpreisindex	Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz) - Lange Reihen, Monate	Erzeugerpreisindex, fossile Energieträger sowie Strom und Fernwärme	Januar bis Dezember
DESTATIS	Erzeugerpreise, Lange Reihen zu ausgewählten Mineralölprodukten	Lange Preisreihen für leichtes Heizöl, Motorenbenzin und Dieselkraftstoff, Monate	Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz) Preise für leichtes Heizöl, Motorenbenzin und Dieselkraftstoff	Januar bis Dezember
Deutscher Wetterdienst	Gradtagzahlen	Monatliche Gradtagzahlen, Wetterstationen		Januar bis Dezember
IPSOS GmbH	HEL-Tank-Füllstände Privater Haushalte	Tankfüllstände, in %, Monate		Januar 2004 bis November 2015, eigene Schätzung bis Dezember 2020
DESTATIS	Luftverkehr	Verkehrsleistung (Fracht, Personen) im Luftverkehr, innerhalb Deutschlands u mit dem Ausland		Januar bis November
DESTATIS	Lkw-Maut-Fahrleistungsindex	Fahrleistungsindex, tägliche Daten		bis 23.1. 2021
DESTATIS	Wohnen in Deutschland	Mikrozensus-Zusatzerhebung, Jahre		2002 bis 2018
Aral	Kraftstoffpreis-Datenbank	Kraftpreise nach Kraftstoffarten, Monate		Januar bis Dezember

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

## 2.2 Methodische Aspekte zur Erstellung der Pilotenergiebilanz

### 2.2.1 Schätzverfahren (vorhandene Modelle)

Zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz kann zum Teil auf eine vorhandene Modellinfrastruktur zurückgegriffen werden. Die vorhandenen Ansätze reichen von einem vollständigen Modell zur Schätzung der kompletten Energiebilanz Deutschland (Jahresdaten) bis hin zu sektoralen oder energieträgerspezifischen Teilmodellen (Verkehrsmodell, Modell der

<sup>8</sup> Von steigenden Energiepreisen gehen typischerweise Impulse zur Verringerung des Energieverbrauchs bzw. Erhöhung der Energieeffizienz, entweder mittelfristig über technische Verbesserungen oder kurzfristig über Verhaltensveränderungen (Private Verbraucher), aus. Darüber hinaus beeinflussen relative Preisänderungen zwischen Energieträgern den Energie- bzw. Brennstoffmix (Substitution). Die Berücksichtigung von Energiepreisen/-kosten spielt bei der Frühschätzung der Energiebilanz nicht nur aufgrund von möglichen Verbrauchsreaktionen eine wichtige Rolle, sondern auch im Zusammenhang mit „kurzfristigen“ Anreizen zur Aufstockung oder zum Abbau der Bestände bei lagerfähigen Energieträgern (konkret der Heizölpreis der Privaten Haushalte beeinflusst die Lagerbestandsveränderungen von leichtem Heizöl in den Sektoren Private Haushalte und GHD).

monatlichen Stromnachfrage, Modell zur Schätzung bzw. laufenden Aktualisierung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle).

Die Grundkonzeptionen der vorhandenen Modellansätze, die für diese Pilotstudie von besonderer Relevanz sind, werden in den folgenden Abschnitten kurz beleuchtet. Bereits an dieser Stelle ist der Hinweis von Bedeutung, dass die Verwendung reiner Prognosemodelle nur für Energiebilanzfelder/-bereiche vorgesehen ist, für die ein Rückgriff auf bessere Quellen (i.d.R. also statistische Monatsdaten, die zumindest für einen Teil des Prognosezeitraums 2020 vorliegen) nicht möglich ist. Vor diesem Hintergrund werden die hier skizzierten Prognosemöglichkeiten nicht vollständig ausgeschöpft, sondern es fließen lediglich erforderliche Teilergebnisse, die unter Zuhilfenahme dieser Modelle errechnet wurden, in die Pilotenergiebilanz ein (vgl. dazu Abschnitt 3).

#### **2.2.1.1 Energiebilanz-Prognose-Modell**

Eine wichtige methodische Basis für die Prognose einer Pilotenergiebilanz kann das im EEFA-Institut vorhandene Modellinstrumentarium, insbesondere der Prototyp eines Energiebilanz-Prognose-Modells, bilden.

Ziel des Energiebilanz-Prognose-Modells ist zum einen die realitätsnahe Erklärung des Energieverbrauchs und des Energieangebots, zum anderen die Ermittlung der Energiekosten der gewerblichen Wirtschaft bzw. der Energieausgaben der privaten Haushalte. Formal zerfällt das Energiebilanz-Prognose-Modell in mehrere (teilweise rekursiv zueinander geordnete) Blöcke.

Der Block der exogenen Variablen besteht zum einen aus solchen Größen, die das Angebot und die Nachfrage nach Energie z.T. erheblich beeinflussen, jedoch außerhalb der Einflussphäre nationaler Politikbereiche liegen. Zu dieser Gruppe gehören insbesondere der Rohölpreis und der Wechselkurs des Euro gegenüber dem Dollar. Zum anderen rechnen dazu die von staatlichen Institutionen festgelegten, speziellen Verbrauchssteuersätze (Mehrwertsteuer, Mineralöl- und Erdgassteuer usw.). Schließlich gehören zu diesem Block auch solche Kennziffern, die die technischen Merkmale spezieller Verbrauchs- oder Umwandlungsprozesse charakterisieren, sich jedoch einer modellendogenen Beeinflussung weitgehend entziehen.<sup>9</sup>

Die Preise der Primärenergieträger (Einfuhrpreise und Preise bzw. Kosten der inländischen Gewinnung) beeinflussen zusammen mit den Kosten der Energieumwandlung (für die Erzeugung von Strom oder Wärme sowie weiterer Sekundärenergieträger) sowie ggf. anfallenden Steuern und Abgaben die Energiepreise der Endverbraucher. Zwischen dem Preis- und dem Mengensystem bestehen selbstverständlich wechselseitige Beziehungen, d.h. steigende Energiepreise bzw. -kosten bewirken tendenziell eine Verringerung des Energieverbrauchs und Veränderungen im Energieträgermix beeinflussen wiederum die Energiekosten (vgl. Abbildung 4).

Auf der Grundlage dieser Energiepreise und der übrigen exogenen Vorgaben wird in fünf Teilmodellen der Endenergieverbrauch und der nicht-energetische Verbrauch

- ▶ der energieintensiven Sektoren,
- ▶ der energieextensiven Sektoren,

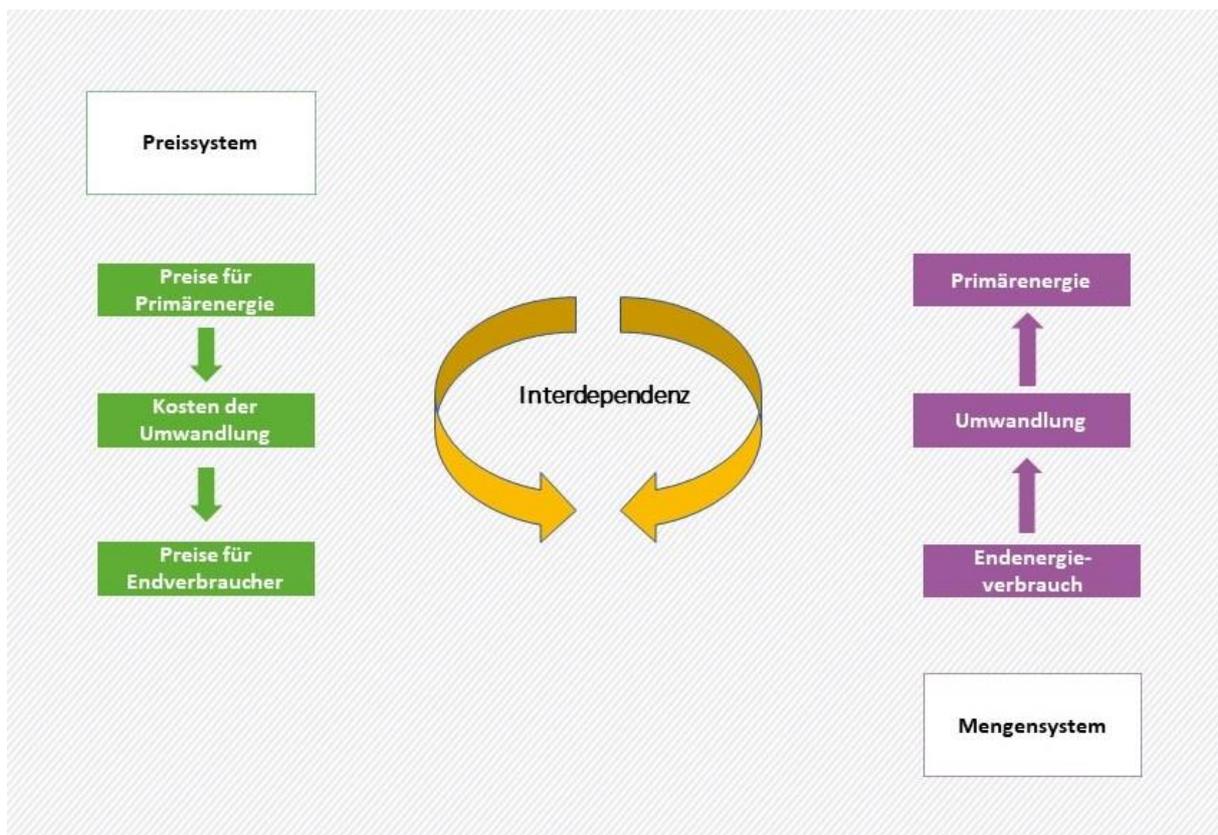
---

<sup>9</sup> Exogen im Zusammenhang mit der ausschließlichen Nutzung des Energiebilanz-Prognose-Modells sind zudem alle makroökonomischen und sektoralen Einflussgrößen, wie z.B. das Bruttoinlandsprodukt, die Produktionsentwicklung der Sektoren oder das verfügbare Einkommen (die nur im Zusammenwirken z.B. mit einem Input-Output-Modell endogen bestimmt werden können).

- ▶ des Verkehrs (Schienen-, gewerblicher Straßen- und motorisierter Individualverkehr, Luftverkehr, Küsten- und Binnenschifffahrt),
- ▶ der privaten Haushalte (Raumwärme und Kraftstoffe, Strom) und
- ▶ des GHD-Sektors

ermittelt. Endenergie- und nicht-energetischer Verbrauch stellen ihrerseits wichtige Vorgaben für das Energieumwandlungsmodell dar, in dem ebenfalls ökonomische Methoden benutzt werden. Insbesondere werden in diesem Teil die Kosten der einzelnen Umwandlungstechniken ermittelt und in die bereits erwähnten Preise der einzelnen Sekundärenergieträger überführt.

**Abbildung 4: Grundkonzeption des Energiebilanz-Prognose-Modells**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

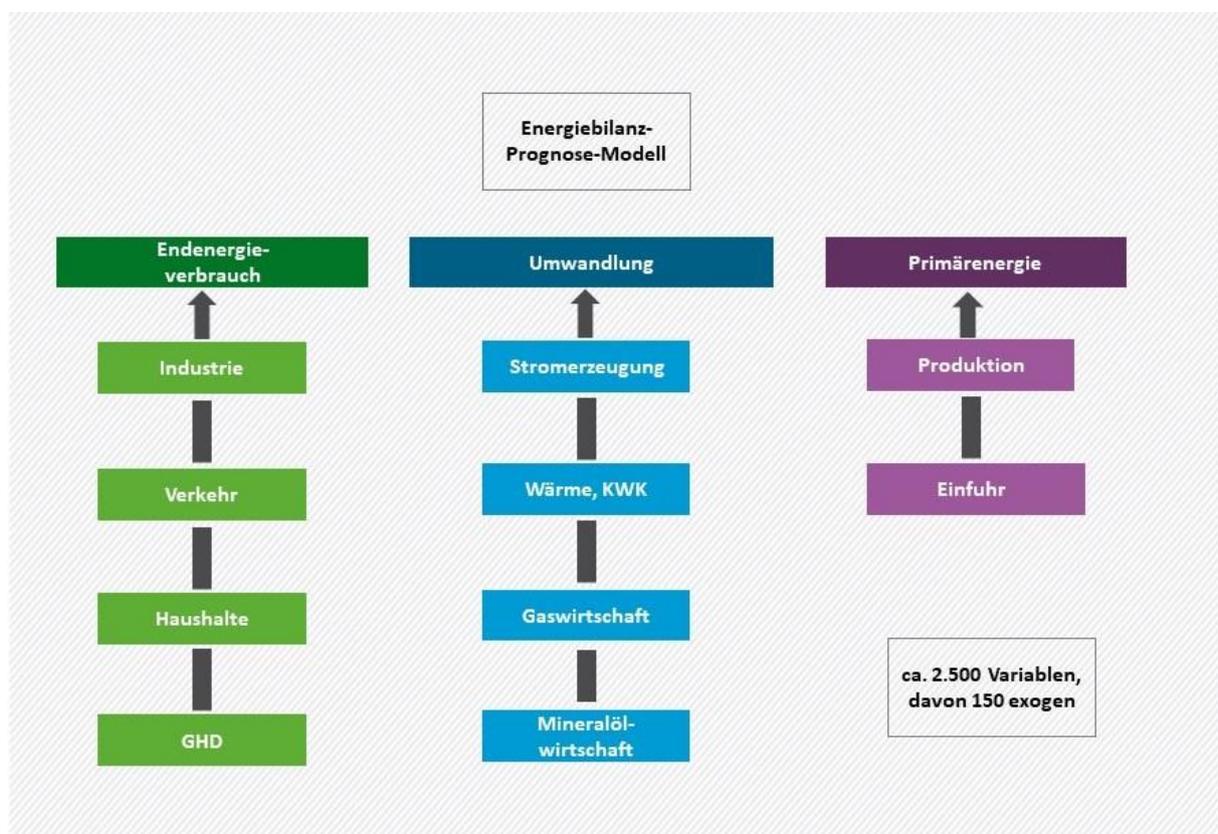
Energie stellt kein homogenes Gut dar, sondern unterscheidet sich zum Teil erheblich nach Einsatzbereichen und Verwendungszwecken. Um diesen Unterschieden gebührend Rechnung zu tragen, werden die Ansätze zur Erklärung des Energieverbrauchs getrennt nach den bereits genannten fünf Teilbereichen behandelt.

Zur Erklärung des Energieverbrauchs in der Industrie (nach Wirtschaftszweigen in der Gliederung der Energiebilanz Deutschland) beispielsweise wird ein zweistufiger Modellaufbau gewählt. Auf der ersten Stufe werden dazu für jeden Wirtschaftszweig die Verbräuche von Energieträgern, sofern sie zur Bereitstellung von Prozess- oder Raumwärme dienen, zum Aggregat „Wärmeenergie“ zusammengefasst. Elektrischer Strom dient (abgesehen von wenigen Ausnahmen in energieintensiven Industriezweigen wie z.B. der Glasindustrie oder der chemischen Industrie bei der Produktion von Chlor, die Strom auch als Prozessenergie nutzen) zu Antriebszwecken.

Die allgemeine Form zur Erklärung des Verbrauchs von Wärmeenergie oder auch Strom enthält drei Terme:

- ▶ Zur Erfassung des wachstumsinduzierten Verbrauchs wurde der reale Bruttoproduktionswert des Wirtschaftszweiges in die Gleichung aufgenommen.<sup>10</sup>
- ▶ Der Energiepreis definiert als Preis für die eingesetzte Wärmeenergie (gewichteter Preis, der sich aus den aggregierten Wärmekosten der einzelnen Energieträger bezogen auf den gesamten Wärmeenergieeinsatz ergibt) sollte energiepreisinduzierte Verbrauchsreduktionen abbilden.
- ▶ Eine Trendvariable dient schlussendlich der Erfassung autonomer Prozesse; im Aggregat Wärmeenergie erfasst die Trendvariable typischerweise weitere im Ansatz nicht explizit erfasste Einspareffekte (z.B. aus Veränderungen der Produktpalette, autonomer technischer Fortschritt usw.); für Strom bildet die Trendvariable i.d.R. den Einfluss zunehmender Verbräuche u.a. aufgrund der fortschreitenden Prozessautomatisierung und erhöhten Umweltauflagen ab (Elektrofilter usw.).

**Abbildung 5: Grundstruktur des Energiebilanz-Prognose-Modells**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Auf der zweiten Stufe der Modellierung erfolgt die Aufteilung des Wärmeenergieverbrauchs der Industriesektoren auf einzelne Energieträger, indem für die Energieträger jeweils die Entwicklung ihrer Anteile am Gesamtverbrauch vor allem in Abhängigkeit von den relativen Energieträgerpreisen geschätzt wird. Nach diesem zweistufigen Konzept führt also die

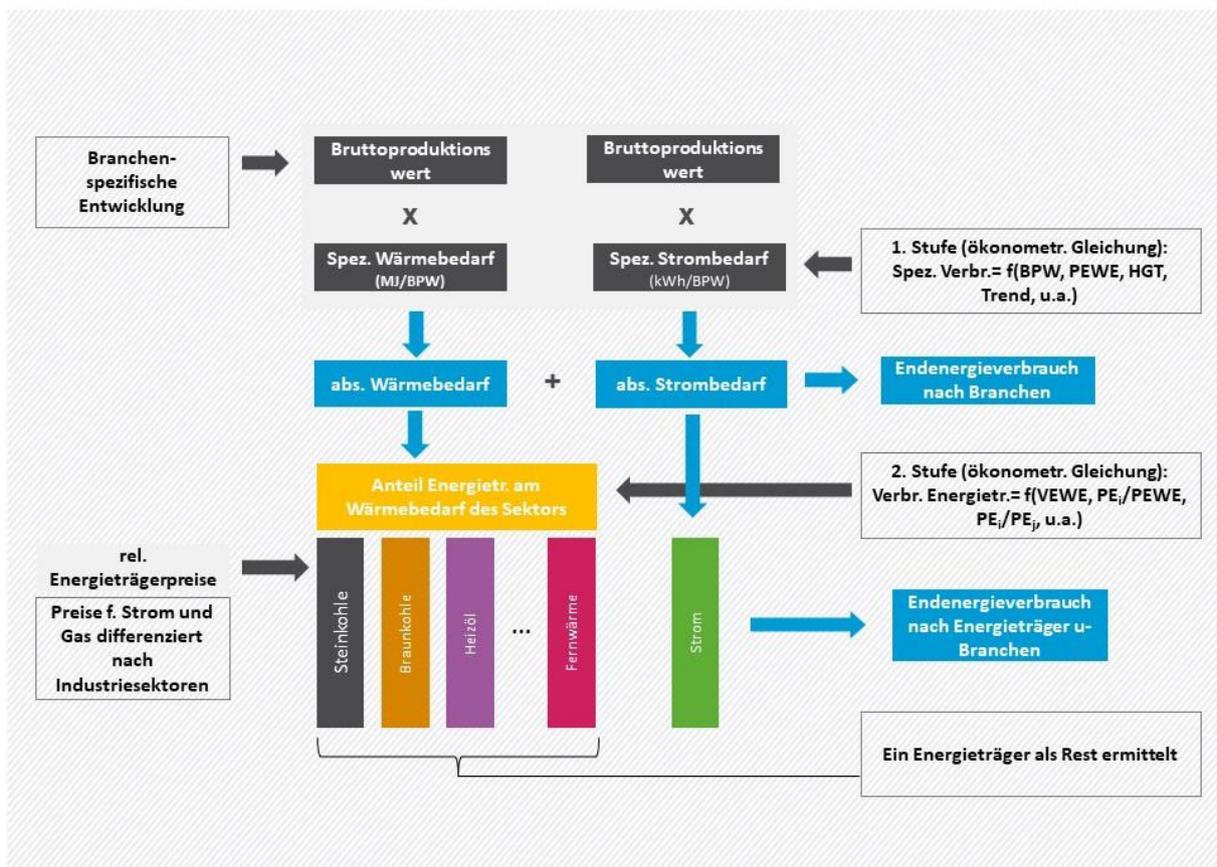
<sup>10</sup> In einigen (überwiegend energieintensiven) Wirtschaftszweigen mit einer höheren Bedeutung des Energieverbrauchs für Raumwärmezwecke wird zusätzlich eine Temperaturvariable (Gradtagzahlen) zur Erfassung des Einflusses von Witterungsschwankungen auf den Verbrauch berücksichtigt.

Steigerung eines Energieträgerpreises zu Preiserhöhungen bei Wärmeenergie insgesamt und in Folge zur Verringerung des Energieverbrauchs auf der ersten Stufe. Auf der zweiten Stufe (der Ebene der Energieträger) kann der Rückgang in Abhängigkeit von der Preiselastizität ganz oder teilweise kompensiert werden.

Das Grundkonzept zur Modellierung des Energieverbrauchs in der Industrie fasst Abbildung 6 schematisch zusammen.<sup>11</sup>

Der spezifische Wärmeenergieverbrauch im Sektor „Sonstige Wirtschaftszweige“ (Energiebilanzzeile 59) z.B. lässt sich vor diesem Hintergrund durch den Trend, die Veränderungsrate des Brennstoffpreis (PEWE59), die Anzahl der Gradtage (HGTD) und den Wärmeverbrauch des Vorjahres (SVEWE59, endogen verzögerte Variable) erklären (vgl. Abbildung 7).

**Abbildung 6: Erklärungsansatz Endenergieverbrauch der Industrie**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

<sup>11</sup> Die Schwäche des hier vorgestellten Modells besteht in erster Linie darin, dass Entwicklungen, die über den Zubau neuer moderner bzw. den Abgang alter Anlagen erfolgen (und z.B. über den sog. „vintage“-Ansatz, der die Technologieentwicklung bzw. die verbrauchsreduzierenden Wirkungen der Modernisierung von Kapitalstöcken erfasst, abgebildet werden könnten) in diesem vereinfachten Ansatz nicht berücksichtigt werden. Die Umsetzung eines solchen Konzeptes wäre nicht nur mit einem erheblichen Aufwand verbunden, sie erfordert außerdem in vielen Bereichen des Modells eine im Vergleich zur Energiebilanz wesentlich tiefere sektorale Untergliederung des Energieverbrauchs, ohne die feine Aufteilung nach Energieträgern aufzugeben. Vor dem Hintergrund des spezifischen Anwendungszwecks des Modells, nämlich Kurzfrist-Prognosen der vollständigen Energiebilanz Deutschland für das Berichtsjahr t-1 zu erstellen, erscheint dieser methodische Nachteil vertretbar. Für mittel- bzw. langfristige Energieprognosen, die i.d.R. schon bei der Erfassung der Energiebilanz, aber auch in der Darstellung bzw. Aggregation der Schätzergebnisse größere Freiheitsgrade aufweisen, ist das hier skizzierte Modell nicht vorgesehen.

Wie bereits das Submodell zur Erklärung des Energieverbrauchs der Industrie, so wurden in der vorliegenden Version des Prototyps des Energiebilanz-Prognose-Modells auch die Energieverbräuche der Sektoren „private Haushalte und GHD“ relativ einfach nach dem bereits erwähnten zweistufigen Ansatz modelliert. Eine Differenzierung der Modellierung für den GHD-Sektor nach einzelnen Wirtschaftszweigen erfolgt auch vor dem Hintergrund der nach wie vor unvollständigen, nicht aktuellen und teilweise unsicheren Datengrundlage nicht.<sup>12</sup> Auch zur Modellierung des Haushaltsenergieverbrauchs wurde in dem speziell auf die kurzfristige Prognose der Energiebilanz ausgelegten Modellansatz auf die sonst übliche Aufgliederung in Verbräuche zur Beheizung von Wohnräumen, zur Bereitstellung von Warmwasser und übrige Anwendungszwecke (wie Antrieb, Beleuchtung, Kälte) verzichtet.

**Abbildung 7: Regressionsgleichung spezifischer Wärmeenergieeinsatz „Sonstige Wirtschaftszweige (EB-Zeile 59)**

Dependent Variable: SWWE59  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/21/21 Time: 10:44  
 Sample (adjusted): 1997 2019  
 Included observations: 23 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PEWE59/PEWE59(-1))	-0.066641	0.144985	-0.459644	0.6513
LOG(@TREND+1)	0.152648	0.046320	3.295536	0.0040
LOG(HGTD)	0.506695	0.287248	1.763963	0.0947
LOG(SWWE59(-1))	0.292272	0.187365	1.559905	0.1362
C	-3.487953	2.387087	-1.461175	0.1612
R-squared	0.742132	Mean dependent var		1.026047
Adjusted R-squared	0.684828	S.D. dependent var		0.142321
S.E. of regression	0.079899	Akaike info criterion		-2.026440
Sum squared resid	0.114910	Schwarz criterion		-1.779593
Log likelihood	28.30406	Hannan-Quinn criter.		-1.964358
F-statistic	12.95077	Durbin-Watson stat		2.392865
Prob(F-statistic)	0.000039			

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die wichtigsten Einflussgrößen zur Erklärung des Energieverbrauchs im Sektor private Haushalte, neben den Energiepreisen und den Schwankungen der Außentemperaturen, in der Veränderung der Beheizungsstruktur durch Wohnungsneubauten (Wohnflächen nach Heizenergieart) liegen. Die Modellierung/Prognose für den Sektor Haushalte und GHD erfolgt für die lagerfähigen Energieträger (Heizöl, leicht) getrennt von den Veränderungen der Tankbestände und „echten“ Verbrauchsschwankungen. Eine zusammenfassende Fortschreibung nach der Methodik Energiebilanz, die für diese Verbrauchergruppen den Absatz an leichtem Heizöl ausweist, wäre nicht zielführend.<sup>13</sup>

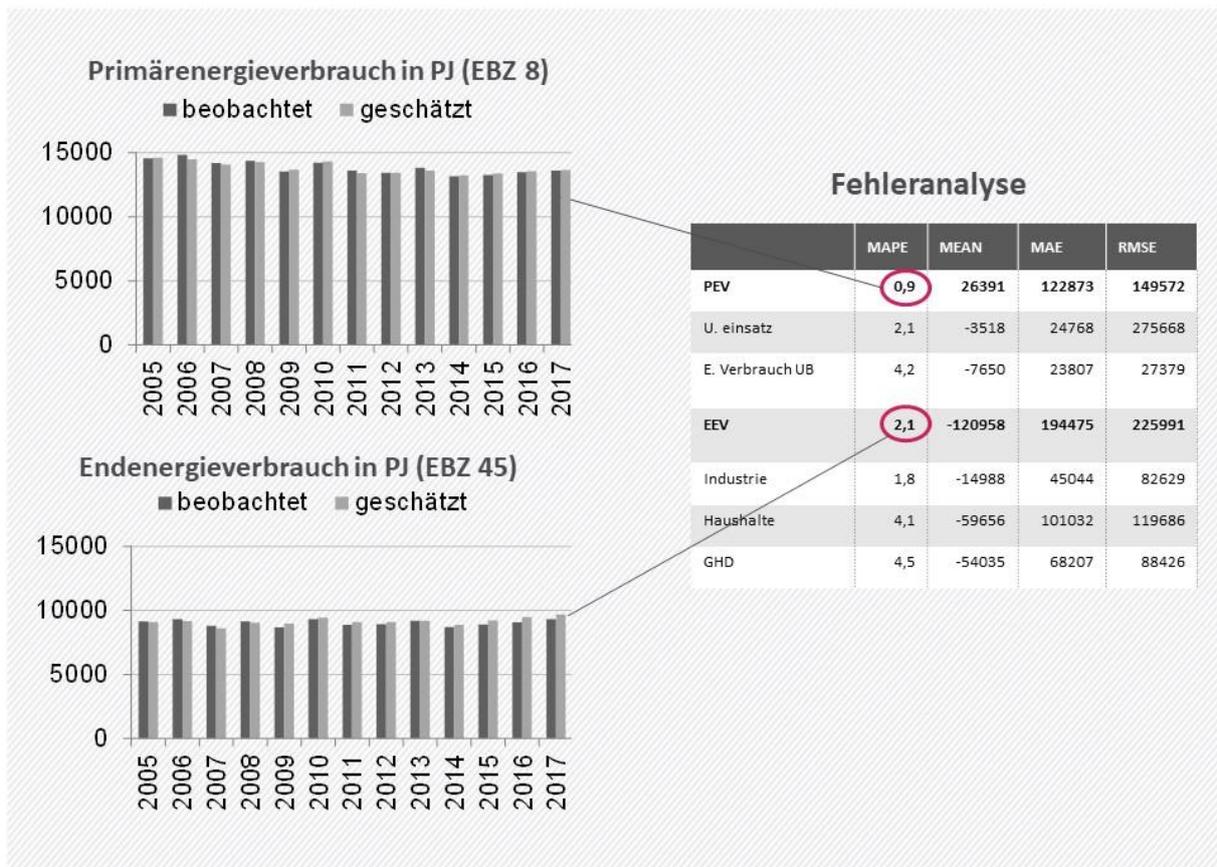
<sup>12</sup> Hinzu kommt, dass die vorliegenden Ergebnisse zur Erfassung bzw. Hochrechnung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor nach Wirtschaftszweigen nicht in der für die Energiebilanz erforderlichen Aufgliederung nach Energieträgern vorliegen. Vgl. dazu u.a. Fraunhofer ISI et al. (2015), Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, GfK Retail and Technology GmbH, Nürnberg, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der Technischen Universität München (IfE), München, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IRRES GmbH) Karlsruhe.

<sup>13</sup> Der in der Energiebilanz ausgewiesene Absatz im Bereich Haushalte und GHD vermischt Verbrauchs- und Lagerbestandeffekte. Aus diesem Grund wird zunächst (wie in anderen Sektoren z.B. der Industrie auch) der Verbrauch ermittelt und dessen Entwicklung geschätzt. Die Prognose der Lagerbestandsbewegungen (HEL), die auch anderen Einflüssen folgt, erfolgt separat. Anschließend wird aus der prognostizierten Verbrauchsgröße und der Lagerbestandsbewegung wieder der Absatz nach Energiebilanz berechnet.

In Abbildung 8 wird abschließend gezeigt, mit welcher Prognosegenauigkeit die in der Energiebilanz Deutschland enthaltenen Eckgrößen (differenziert nach Sektoren) im Modellzusammenhang erfasst werden. Die dargelegten Resultate sprechen für sich und werden hier nicht weiter erläutert.<sup>14</sup> Die Prognosegenauigkeit der Frühschätzung wird in dieser Studie letztendlich nicht anhand der Anpassungsfähigkeit im ex-post-Zeitraum bewertet, sie wird vielmehr zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen eines felderscharfen Abgleichs der Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz für dieses Berichtsjahr empirisch evaluiert. Diese Vorgehensweise ist u.a. auch deshalb sinnvoll, weil die in diesem Kapitel skizzierten Konzeptionen und Modellansätze zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 i.d.R. nicht in ihrer Reinform bzw. vollständig eingesetzt wurden (vgl. Abschnitt 3.1 zum gewählten Hybrid-Konzept der Frühschätzung).

**Abbildung 8: Prognosegenauigkeit des Energiebilanz-Modells**

Ausgewählte Fehlerprüfmaße einer dynamischen ex-post-Prognose, von 2005 bis 2017



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**2.2.1.2 Konzeption des Verkehrsmodells**

Das zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr verwendete ZSW-Modell basiert auf dem „vintage“-Konzept und verbindet drei Komponenten, um den Energieverbrauch, der auf

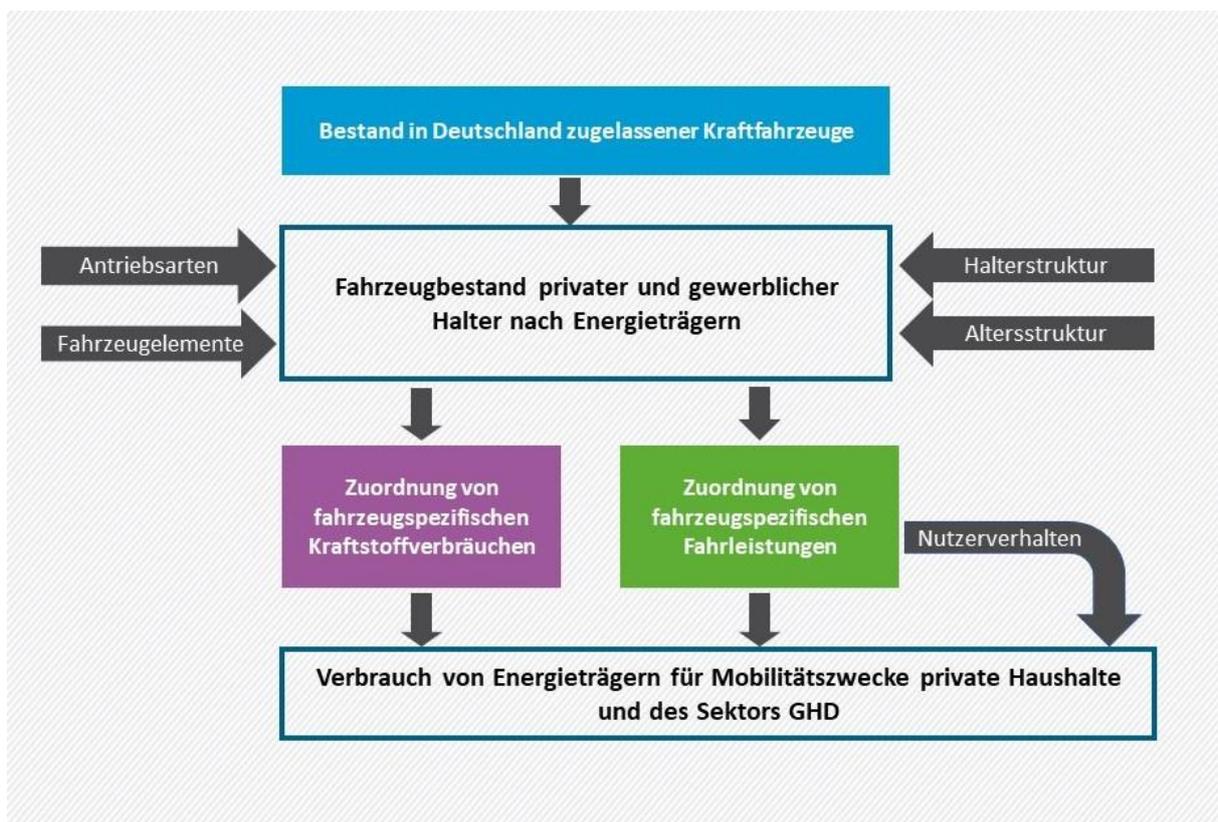
<sup>14</sup> Eine Erläuterung der verwendeten Fehlermaße mittlerer absoluter prozentualer Fehler (MAPE), mittlerer Fehler (MEAN), mittlerer absoluter Fehler (MAE) sowie die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (RMSE) findet sich u.a. in Kapitel 4 dieser Studie sowie in EEFA/ZSW/DIW (2018), Abbau von Divergenzen zwischen nationaler und internationaler Energiestatistik, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, S. 53ff.

die private und gewerbliche Nutzung privater und gewerblich zugelassener Kraftfahrzeuge zurückgeht, abzubilden:

- ▶ den Kapitalstock (Ausstattungscomponente, Fahrzeugbestand nach Antriebsarten, Fahrzeugsegmenten, Halterstruktur und Altersstruktur),
- ▶ die empirisch erhobenen Fahrleistungen (Nutzungscomponente) sowie
- ▶ die spezifischen Energieverbräuche der jeweiligen Altersklasse (Technologiecomponente)

Der Aufbau des Modells ist in Abbildung 9 dargestellt.

**Abbildung 9: Konzeption des Verkehrsmodells (Straßenverkehr)**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs für private und gewerbliche Mobilitätszwecke sind alle Fahrzeugarten sowie Antriebsarten zu berücksichtigen. Als Datenbasis bei der Ermittlung des Fahrzeugbestandes privater und gewerblicher Halter in Deutschland dienen die regelmäßigen Publikationen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA). Darauf aufbauend wird im Modell im Wesentlichen der Fahrzeugbestand unterteilt in die sechs untergeordneten Gruppen Krafträder (inkl. Krafträder mit Versicherungskennzeichen), Personenkraftwagen, Kraftomnibusse, Lastkraftwagen, Zugmaschinen und Sonstige Kraftfahrzeuge sowie differenziert nach mehreren Untergruppen erfasst. Hinzu kommt die Unterteilung nach den Antriebsarten Otto- und Dieselmotor, Flüssiggas- und Erdgasantrieb, Elektromotor sowie Hybrid- und Wasserstoff-Antriebe.

Zur Bestimmung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr ist weniger die Zulassung auf einen bestimmten Haltertyp, sondern die tatsächliche Nutzung des Fahrzeugs entscheidend. Das Kraftfahrtbundesamt unterscheidet in der Zulassungsstatistik zunächst zwischen privat

zugelassenen Fahrzeugen („Arbeitnehmer und Nichterwerbspersonen“) sowie gewerblich zugelassenen Kraftfahrzeugen, die den Sektoren GHD und Industrie zugeordnet werden. Während eine statistische Zuordnung bei den Fahrzeugbeständen noch problemlos möglich ist, bestehen hinsichtlich der exakten Abgrenzung der Fahrleistungen zwischen privater und gewerblicher Nutzung erhebliche Unsicherheiten. Um die skizzierte Zuordnung zu den Fahrzwecken durchführen zu können, werden im Modell vier Kombinationen von Zulassung und Nutzung definiert und unterschieden:

- ▶ private Nutzung sowie die teilweise private und gewerbliche Nutzung privat zugelassener Pkw
- ▶ private Nutzung gewerblich zugelassener Pkw
- ▶ gewerbliche Nutzung privat zugelassener Pkw
- ▶ die teilweise private und gewerbliche sowie ausschließlich gewerbliche Nutzung gewerblich zugelassener Pkw.

Mischnutzungen (private Zulassung – private und gewerbliche Nutzung; gewerbliche Zulassung – private und gewerbliche Nutzung) werden, wie oben beschrieben, dem entsprechenden Pkw-Halter zugeordnet, da eine separate Unterscheidung am empirisch Machbaren scheitert. Datengrundlage für die nach Zulassung und Nutzung differenzierte Fahrleistung der Kraftfahrzeuge sind die Fahrleistungserhebungen der Bundesanstalt für Straßenwesen sowie das Mobilitätspanel.

Um aus den Informationen zum Fahrzeugbestand und den Fahrleistungen schließlich den Energieverbrauch im Straßenverkehr abzuleiten, ist es erforderlich, allen Fahrzeuggruppen entsprechende Kraftstoffverbräuche in der erforderlichen Detailtiefe zuzuordnen. Empirisch erhobene Informationen differenziert nach der Art des Fahrzeuges, der Kraftstoffart, dem Baujahr und der Leistung der Kfz hält die Internetplattform „Spritmonitor.de“ bereit. Hierbei handelt es sich um ein Portal, das grundsätzlich zur Verwaltung von Fahrzeugkosten konzipiert ist und Fahrzeughaltern die Möglichkeit eröffnet, Betankungsmengen und den Tachometerstand zum Zeitpunkt der Betankung online zu registrieren.

Aus den skizzierten spezifischen Kraftstoffverbräuchen, den spezifischen Fahrleistungen und den Fahrzeugbeständen sowie den Annahmen zum Nutzerverhalten lässt sich der Energieverbrauch im Straßenverkehr differenziert nach Energieträgern berechnen.<sup>15</sup>

### **2.2.1.3 Konzeption des Modells zur laufenden und zeitnahen Schätzung des Steinkohleverbrauchs**

Die Zusammenhänge zwischen Niveau und Struktur des Steinkohleverbrauchs, sowohl nach Steinkohleprodukten (Roh-Steinkohle, Steinkohlenbriketts sowie Steinkohlenkoks) als auch nach Verbrauchergruppen (Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen, Industrie, Haushalte und GHD) werden im Rahmen eines einfach strukturierten Modells abgebildet, um zum einen die wichtigsten Einflussgrößen und ihre jeweilige Bedeutung für einzelne Steinkohlenprodukte zu identifizieren und zum anderen laufend aktuelle Prognosen erstellen zu können.<sup>16</sup> Das Modell stützt sich auf eine unterjährige bzw. monatliche Datenbasis (wobei der Stützzeitraum die

---

<sup>15</sup> Die vorangegangenen Erläuterungen zum ZSW-Verkehrsmodell (teilweise in detaillierter Form) sind ebenso enthalten in EEFA/ZSW (2016), S. 149ff. sowie EEFA/ZSW/DBI GUT (2015), S. 142ff.

<sup>16</sup> Das Modellverfahren geht auf eine Studie zurück, die das EEFA-Forschungsinstitut im Auftrag des Vereines der Kohlenimporteure (VDKI) erstellt hat. Dieses Verfahren wird gegenwärtig zur laufend aktuellen Prognose des vierteljährlichen Primärenergieverbrauchs von Steinkohle im Rahmen der Arbeiten für die AG Energiebilanzen eingesetzt. Einzelheiten dazu vgl. EEFA (2020).

Berichtsmonate von Januar 2019 bis Oktober 2020 umfasst). Bisheriger Haupteinsatzzweck des Modells ist die laufende und zeitnahe Prognose des vierteljährlichen Primärenergieverbrauchs von Steinkohle für die regelmäßige PEV-Schätzung der AG Energiebilanzen.

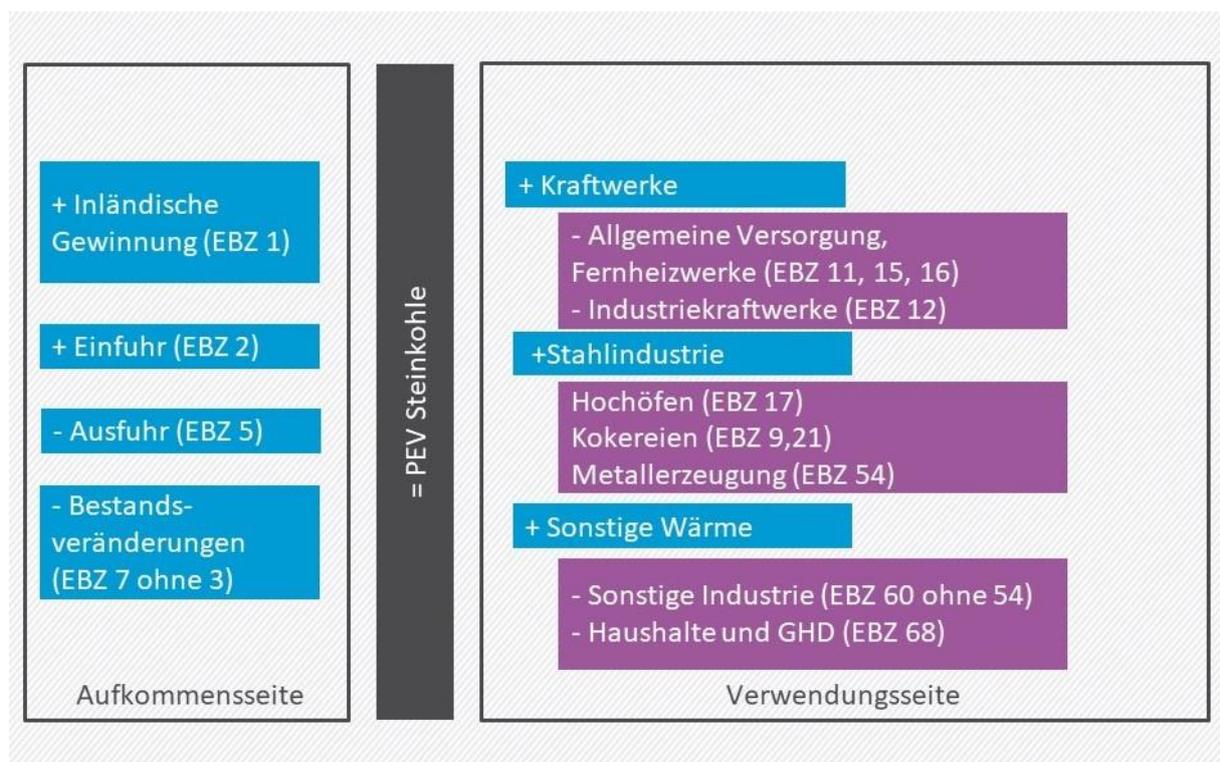
Diesem Anwendungszweck folgend, stellt das Modell zur Prognose des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle stets die methodische und inhaltliche Kompatibilität zur Energiebilanz Deutschland sicher. Die letzte Aktualisierung des Modells erfolgte (außerplanmäßig) für die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Ende Januar 2021). Ansonsten wird die Datenbasis viermal im Jahr, jeweils vor den Terminen der AGEB-Primärenergieverbrauchsschätzung, aufdatiert.

Der Aufbau des Modells orientiert sich an der Gliederung der Energiebilanz Deutschland. Analog zur Energiebilanz wird der Primärenergieverbrauch von Steinkohle im Modellrahmen parallel sowohl von der Aufkommens-, als auch von der Verwendungsseite her dargestellt (verkürzte Bilanzdarstellung). Im Gegensatz zur Energiebilanz Deutschland (Jahresdaten) erfolgt die Aufbereitung und Prognose der Daten allerdings – wie erwähnt – in monatlicher Periodizität (sowohl im ex-post- als auch im ex-ante-Zeitraum). Der Verbrauch an Steinkohle wird differenziert nach einzelnen Verwendungsbereichen von Steinkohle also von der Nachfrageseite („bottom-up“) kommend abgebildet und prognostiziert.

Empirische Grundlage für das Schätzverfahren ist somit ein entsprechend aufgegliedertes Datengerüst, welches den Verbrauch von Steinkohle differenziert nach den Verbrauchssektoren in monatlicher Granularität erfasst. Ausgehend von der ex-post im Modell aufbereiteten Datenbasis kann anschließend der Steinkohlenverbrauch der betrachteten Wirtschaftszeige anhand sektorspezifischer Indikatoren sachgerecht fortgeschrieben bzw. prognostiziert werden.

Abbildung 10 fasst den Aufbau und die sektorale Gliederung des Steinkohlemodells grafisch zusammen. Die Bestandsveränderungen ergeben sich nach diesem Modellierungskonzept als Restgröße zwischen Aufkommen (Inländische Gewinnung, Einfuhr, Ausfuhr) und der Verwendung (nach Verbrauchsbereichen).

**Abbildung 10: Aufbau des Modells zur Schätzung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Welche Datenreihen bzw. Indikatoren zur ex post-Aufteilung bzw. zur anschließenden Prognose des Verbrauchs von Steinkohle in den einzelnen Verwendungsbereichen konkret verwendet werden, fasst Tabelle 1 zusammen.

Zur Prognose des vierteljährlichen Primärenergieverbrauchs von Steinkohle werden, aufbauend auf dem monatlichen Datengerüst, auf der Verwendungsseite des skizzierten Modell- bzw. Prognoseverfahrens schließlich sämtliche Zeitreihen anhand geeigneter Indikatoren fortgeschrieben. Es liegt auf der Hand, dass die Indikatoren im ex-ante-Zeitraum mit den Indikatoren übereinstimmen, die im ex-post-Zeitraum zur monatlichen Aufgliederung der Energiebilanzdaten gedient haben.

Einige zur Prognose erforderliche Indikatoren, wie z.B. die Produktionsindizes der Industrie, die Außenhandelsdaten, sowie die Brennstoffeinsätze in Kraftwerken der Allgemeinen Versorgung, erscheinen erst mit einer Verzögerung von zwei bis drei Monaten und liegen damit zum Zeitpunkt der Erstellung der Frühschätzung der Energiebilanz zum 15. Februar eines jeweiligen Jahres noch nicht vollständig vor. Andere Indikatoren liegen hingegen typischerweise bereits kurz nach Ablauf des jeweiligen Monats vor (z.B. Gradtage).

**Tabelle 1: Indikatoren zur Aufteilung bzw. Prognose des sektoralen Aufkommens und Verbrauchs von Steinkohle auf Monatsbasis**

Sektor	Energiebilanzzeile	Indikator	Quelle
+Inländische Gewinnung	1	Inländische Gewinnung	Statistik der Kohlenwirtschaft
+Einfuhr	2	Außenhandel	Destatis
-Ausfuhr	5	Außenhandel	Destatis

Sektor	Energiebilanzzeile	Indikator	Quelle
-Bestandsveränderungen	7 ohne 3	Restgröße	
=PEV	Summe (Verwendungsseite)		
+Kraftwerke		Zwischensumme	
Allgemeine Versorgung und Fernheizwerke	11,15,16	Einsatz Steinkohle in Kraftwerken	Destatis
Industriekraftwerke	12	Produktionswert Industrie	Eigene Berechnungen nach Destatis
+ Stahlindustrie		Zwischensumme	
Kokereien	9,21	Produktionswert Kokereien	Eigene Berechnungen nach Destatis
Hochöfen	17	Produktion Roheisen	Wirtschaftsvereinigung Stahl
Metallerzeugung	54	Produktionswert Metallerzeugung	Eigene Berechnungen nach Destatis
+Wärme		Zwischensumme	
Sonstige Industrie	60 ohne 54	Produktionswert Sonstige Industrie	Eigene Berechnung nach Destatis
Sonstige Wärme	68	Heizgradtage	Eigene Berechnung nach DWD

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Fehlen am aktuellen Rand Indikatoren, um den jeweiligen Primärenergieverbrauch vollständig abbilden zu können, müssen die Datenlücken mit Hilfe geeigneter Schätzmethoden fortgeschrieben werden. So kann etwa die Produktionsentwicklung der einzelnen Industriesektoren auf Basis des erwarteten Wirtschaftswachstums entsprechend der Prognose der Wirtschaftsforschungsinstitute unter gleichzeitiger Berücksichtigung der typischen konjunkturellen Schwankungen und evtl. im Hinblick auf die Entwicklung der Auftragseingänge fortgeschrieben werden.

Die Fortschreibung der Indikatoren, die für die vorliegende Frühschätzung der Energiebilanz 2020 verwendet wurden, sind eng mit den anderen in dieser Studie verwendeten Modellteilen verwoben, die ebenfalls zur Frühschätzung verwendet wurden (Energiebilanz-Prognose-Modell, Verkehrsmodell).

Die Aufkommenseite im Prognosezeitraum wird als Restgröße unter folgenden Prämissen ermittelt: Liegen Statistikdaten zum Aufkommen (Außenhandel) für den jeweiligen Prognosemonat vor, werden die unbekanntes Bestandsveränderungen als Restgröße ermittelt. Sind hingegen Angaben zur Entwicklung des Außenhandels nicht verfügbar, werden die Ein- und Ausfuhren als Restgröße im Verhältnis zur geschätzten Nachfrageseite ermittelt (und zwar unter der Prämisse, dass im Prognosemonat die Bestandsveränderungen gleich null sind). In diesem Zusammenhang wird außerdem angenommen, dass das Verhältnis von Einfuhr zu Ausfuhr der Relation des Vormonats entspricht. Im Ergebnis lässt sich der Primärenergieverbrauch auf diese

Weise vollständig konsistent sowohl von der Aufkommens-, als auch von der Verwendungsseite bestimmen

#### **2.2.1.4 Weitere bzw. alternative Modellansätze**

Für verschiedene Segmente der Energiebilanz Deutschland verfügen die AGEB-Institute EEFA und ZSW darüber hinaus über weitere Modellansätze, die alternativ zu der in dieser Studie verwendeten Methode zur Prognose der Pilotenergiebilanz 2020 herangezogen werden könnten:

- ▶ Modell zur Prognose des monatlichen Erdgasverbrauchs (in der sektoralen Gliederung der Energiebilanz)<sup>17</sup>
- ▶ Modell zur Prognose des monatlichen Stromverbrauchs (in der sektoralen Gliederung der Energiebilanz)<sup>18</sup>
- ▶ EEFA/ZSW-Wohnungsmodell

Diese (Partial)Modelle bilden überwiegend Bereiche der Energiebilanz ab, die auch im Energiebilanz-Prognosemodell (hier jedoch auf der Grundlage von Jahresdaten und nicht tiefer disaggregiert als die Energiebilanz) erfasst sind. Insofern bestünde in einigen Segmenten zumindest die Option, die Frühschätzung auf Basis alternativer Modelle (z.B. den Stromverbrauch unter Zuhilfenahme eines monatlichen Prognosemodells) zu schätzen.

Es liegt auf der Hand, dass die genannten Modellalternativen andere Prognoseresultate hervorbringen als z.B. das Energiebilanz-Prognose-Modell (wobei die prognostizierte Grundtendenz i.d.R. identisch ist). Eine pauschale Aussage, welches Modellierungsverfahren schlussendlich die höhere Prognosegenauigkeit in Bezug auf die Frühschätzung der Energiebilanz 2020 mit sich bringt, kann an dieser Stelle nicht getroffen werden.

Zur Erstellung der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie wurden die genannten Modellalternativen nicht eingesetzt.

#### **2.2.2 Verfahren zum Schließen von Datenlücken in amtlichen Monatserhebungen**

Um die amtlichen Statistikdaten, die zur Entwicklung des Energieverbrauchs und der -erzeugung für das Berichtsjahr 2020 bereits teilweise vorliegen, in der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz berücksichtigen zu können, müssen die in Abschnitt 2.1.2 aufgezeigten Datenlücken unter Zuhilfenahme geeigneter Schätzmethoden geschlossen werden. Den Schwerpunkt der nachfolgenden Abschnitte bildet die Beantwortung der Frage, welche Verfahren zur Vervollständigung der fehlenden Monatsdaten am aktuellen Rand (teilweise von Oktober bis Dezember 2020) eingesetzt werden können. Eingebettet in diesen Abschnitt ist eine knappe kritische Würdigung der Vor- und Nachteile, die die verschiedenen Ansätze mit sich bringen.

Es wird gleichwohl zu zeigen sein, dass an dieser Stelle ein gewisser Konflikt zwischen den Disziplinen „sachgerechte und energiebilanzkompatible Modellierung energiewirtschaftlicher Zusammenhänge“ und rein zeitreihenbasierter Fortschreibung ausgewählter Statistikdaten besteht.

---

<sup>17</sup> Einzelheiten zum Aufbau und Prognoseverhalten dieses Modells vgl. Buttermann, H.G. und Baten, T. (2016).

<sup>18</sup> Vgl. EEFA/ZSW (2016), sowie Hillebrand, Bernhard (2004).

### 2.2.2.1 Übernahme fehlender Berichtsmonate aus dem Vorjahr

Die mit Abstand einfachste Möglichkeit der Fortschreibung bzw. der Vervollständigung von Datenlücken in den monatlichen Zeitreihen für das Berichtsjahr 2020 ist die Übernahme fehlender Datenpunkte aus den entsprechenden Monaten des Vorjahres. Grundsätzlich kann die Fortschreibung für die fehlenden Berichtsmonate auf:

- ▶ Mittelwerten der entsprechenden Berichtsmonate der Vorjahre (Absolutwerte),
- ▶ dem Absolutwert des entsprechenden Berichtsmonats aus dem Vorjahr oder
- ▶ der Übernahme der Veränderungsrate aus den entsprechenden Berichtsmonaten des Vorjahres (sofern ein Monat fehlt, also die Veränderungsrate von November auf Dezember)

beruhen.

Der größte Vorteil der skizzierten Methode besteht zweifellos in ihrer Einfachheit und Transparenz.

Allerdings liegen auch die Nachteile des Verfahrens auf der Hand. Insbesondere in Zeiten größerer struktureller Verwerfungen (unvorhersehbare Krisen, Strukturbrüche) dürfte dieses statistische Verfahren zu Verzerrungen der Prognosewerte führen (die sich allerdings im Jahreswert nur unterproportional niederschlagen, da der größte Teil der Monatswerte für ein Berichtsjahr i.d.R. vorliegt, in dieser Studie typischerweise mindestens 10 Monate).

Die dargestellte Methode ist jedoch für Zeitreihen, die sich weder über Zeitreihenverfahren noch kausale Verfahren sinnvoll fortschreiben lassen, nicht zwangsläufig eine schlechte Wahl. Insbesondere die Stromerzeugung und der damit verbundene Brennstoff- bzw. Energieeinsatz nach Energieträgern hängen nicht allein z.B. von der Produktionsentwicklung ab. Vielmehr ließe sich die Komplexität der Entwicklungen auf dem Strommarkt eigentlich nur mit Hilfe von Strommarktmodellen erfassen bzw. prognostizieren, in die zahlreiche Parameter, angefangen von den Preisen für Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Zertifikate, der Einspeisung erneuerbarer Energien, der Stromnachfrage sowie umfangreiche Daten zum Kraftwerkspark, einfließen.<sup>19</sup>

### 2.2.2.2 Übertragung der Veränderungsrate des Teilergebnisses auf das Gesamtjahr

Eine weit verbreitete Möglichkeit, für das Jahr t-1 nur teilweise vorhandene Monatsdaten in die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz einfließen zu lassen, besteht in der Übertragung der Veränderungsrate zwischen den bereits vorliegenden kumulierten Berichtsmonaten des Jahres t-1 zu den kumulierten Ergebnissen des Vergleichszeitraums t-2. Formal ergibt sich der Energieverbrauch des laufenden Berichtsjahres (Pilotenergiebilanz 2020, E<sub>t-1</sub>) nach dieser Methode wie folgt:

$$(1) \quad E_{t-1} = E_{t-2} * \left( \frac{\sum_{1,t-1}^{m,t-1} E_m}{\sum_{1,t-2}^{m,t-2} E_m} \right)$$

mit

E<sub>t-1</sub>: Energieverbrauch, Berichts-/Schätzjahr t-1 (hier 2020)

E<sub>m</sub>: Energieverbrauch, Monat

<sup>19</sup> Ein Rückgriff auf derart komplexe Modelle wie sie u.a. vom Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln (EWI) oder von r2b energy consulting GmbH betrieben werden, ist hier nicht vorgesehen. Für eine genauere Beschreibung der Datengrundlagen und Verfahrensweisen europäischer Strommarktmodelle vgl. r2b energy consulting GmbH, Europäisches Elektrizitätsmarktmodell – Version 3.0, Professionelle Strommarktmodellierung von r2b energy consulting GmbH, Internet: [https://www.r2b-energy.com/fileadmin/PDF/Diverses/Strommarktmodell\\_r2b\\_inklBtn\\_final.pdf](https://www.r2b-energy.com/fileadmin/PDF/Diverses/Strommarktmodell_r2b_inklBtn_final.pdf) (Abrufdatum: 9.9.2021)

Der unbestreitbare Vorteil, dieses einfachen Verfahrens liegt darin, dass die beobachteten Zusammenhänge unverändert (also ohne die implizite oder explizite Setzung zusätzlicher Annahmen) auf das Gesamtergebnis des Berichtsjahres übertragen werden. Als wesentlicher Nachteil der Methode ist zu beachten, dass Veränderungen der Verbrauchswerte am aktuellen Rand vollständig ausgeblendet werden. Insofern dürfte die Methode zu größeren Verzerrungen des Jahresergebnisses führen, sofern die betrachtete Zeitreihe typischerweise ein ausgeprägtes saisonales oder konjunkturelles Muster aufweist (und mehrere Monate bzw. ein ganzes Quartal zu den Zeitreihenwerten hinzugeschätzt werden muss).<sup>20</sup>

### 2.2.2.3 Übernahme der Veränderungsraten für fehlende Monatswerte aus der Vergleichsperiode des Vorjahres

Als weitere Methode bietet sich die Übertragung der beobachteten Veränderungsraten aus der Vergleichsperiode des Vorjahres (t-2) zur Extrapolation fehlender Monatswerte im Berichtsjahr (t-1) an. Die fehlenden Monatswerte lassen sich rekursiv mit Hilfe der nachfolgenden Formel bestimmen:

$$(2) \quad E_{m,t-1} = E_{m-1,t-1} * \left( \frac{E_{m,t-2}}{E_{m-1,t-2}} \right)$$

mit

$E_t$ : Energieverbrauch, Berichts-/Schätzjahr t

$E_m$ : Energieverbrauch, Monat

Das Jahresergebnis ergibt sich durch Summierung der beobachteten und extrapolierten Monatswerte für das Berichtsjahr t-1.

Als Vorteil der Methode ist zu nennen, dass wiederkehrende saisonale Verläufe und konjunkturelle Schwankungen unter der Prämisse, dass diese exakt der relativen Entwicklung im Vorjahr entsprechen, in das Prognoseergebnis für das Berichtsjahr t-1 übernommen werden.

Die Methode ist zur Abbildung der konjunkturellen Entwicklung bzw. den damit verbundenen Veränderungen des Energieverbrauchs in Prognosejahren mit außergewöhnlichen Strukturbrüchen (wie im Prognosejahr 2020 aufgrund der Corona-Pandemie) jedoch nicht geeignet. Die Übertragung der Wachstumsraten aus der Vorperiode spiegeln die konjunkturellen Entwicklungen am Ende des vom „lock-down“ zur Bekämpfung der Corona-Pandemie gekennzeichneten Prognosejahres 2020 nur unzureichend wider (das Verfahren tendiert in dieser Situation zu einer Überschätzung der Verbrauchsentwicklung).

Ähnliche Verzerrungen bzw. Schwierigkeiten können bei Verwendung dieser Fortschreibungsmethode selbstverständlich in allen zukünftigen Krisenjahren auftreten.

### 2.2.2.4 Extrapolierende Verfahren (Zeitreihenanalyse)

Im Rahmen sog. extrapolierender Verfahren werden grob gesprochen die vorliegenden Vergangenheitswerte (Zeitreihe) mit mathematisch-statistischen Methoden analysiert, um daraus bestimmte Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln, die für die zukünftige Entwicklung dieser Variablen unterstellt werden. Ziel der Zeitreihenanalyse ist also auch die Prognose zukünftiger Werte der Zeitreihe durch das Aufdecken wiederkehrender Muster und Strukturen. Eine

<sup>20</sup> Es liegt auf der Hand, dass mit dieser Methode kurzfristig (also außerhalb des statistisch beobachtbaren Zeitraums bzw. der vorhandenen Monatsdaten für das Berichtsjahr) auftretende Sondereffekte nicht erfasst werden. Die ökonomischen und energiewirtschaftlichen Sondereinflüsse, die in Folge der Bekämpfung der Corona-Pandemie erst gegen Ende des Jahres 2020 wirksam wurden, können mit dieser Methode nicht berücksichtigt werden. Diese Einschränkung gilt allerdings für viele Methoden, es sei denn, der Prognostiker verfügt über den Mut zukünftige Entwicklungen etwa über die Vorgabe exogener Informationen in sein Fortschreibungsverfahren einfließen zu lassen.

typische Vorgehensweise zur Analyse (und späteren Fortschreibung) ist die mathematische Zerlegung der betrachteten Zeitreihe in eine:

- ▶ Trend- (allgemeine Grundrichtung der Entwicklung),
- ▶ Saison- (bei ökonomischen oder energiewirtschaftlichen Zeitreihen z.B. Konjunkturwellen oder Einfluss der Witterung) und
- ▶ Irreguläre Komponente (Störterm, unerklärte, zufällige Restschwankung).

In der empirischen Praxis dienen u.a. folgende Verfahren der Zeitreihenanalyse der Prognose zukünftiger Entwicklungen:

- ▶ Gleitender Durchschnitt
- ▶ exponentielles Glätten (einfach oder zweifach)
- ▶ Winters-Methode (Fortschreibung anhand der Komponentenzerlegung in Niveau-, Trend- und Saisonkomponente)
- ▶ Ökonometrische Verfahren, autoregressive Verfahren auf Basis der gleitenden Mittel (AutoRegressive-MovingAverage-Modelle, ARMA)

Für eine vertiefende Beschreibung der genannten Methoden sei an dieser Stelle auf die statistische Fachliteratur verwiesen.<sup>21</sup>

Von entscheidender Bedeutung für die Aufgabenstellung der vorliegenden Pilotstudie ist, dass im Rahmen von sämtlichen Prognoseverfahren Zeitreihenanalysen stets und ausschließlich auf Mustern in vorhandenen (ex-post vorliegenden) Beobachtungswerten beruhen. Damit weisen sie im Gegensatz zu Prognosen, die auf kausalen Verfahren basieren, einen erheblichen Nachteil auf. Insbesondere für Anwendungsfälle, in denen Erklärungsgrößen des Energieverbrauchs in Form von Beobachtungen bereits vorliegen (oder außergewöhnliche Entwicklungsmuster und Einflussgrößen bereits bekannt sind, wie z.B. die Corona-Pandemie), bieten kausale Verfahren i.d.R. die belastbarere Alternative zur Vorhersage des Energieverbrauchs.

Hinzu kommt, dass alle bislang angesprochenen zeitreihengestützten Verfahren zur Fortschreibung unabdingbar erforderlicher Monatsdaten/-statistiken im Zusammenhang mit der hier angestrebten Erstellung der Frühschätzung der Energiebilanz (Hybrid-Verfahren) wichtige Determinanten bzw. Einflussgrößen (wie z.B. den Energieverbrauch in anderen Sektoren) nicht berücksichtigen können. Vor diesem Hintergrund kann der Einsatz dieser Verfahren zur Fortschreibung monatlicher Daten aus energiebilanzieller und modelltheoretischer Sicht eine gewisse formale Inkonsistenz mit sich bringen.<sup>22</sup> Allerdings dürfte der Einfluss dieser Inkonsistenz gering sein, da i.d.R. nur ein oder zwei Monate zur Vervollständigung der erforderlichen Statistiken hinzugeschätzt werden müssen (vgl. Kapitel 2.1.2). Der Vorteil der Nutzung dieser Daten im Rahmen des Hybrid-Ansatzes dürfte diesen Nachteil im Hinblick auf das Prognoseergebnis also überkompensieren.

---

<sup>21</sup> Vgl. Rainer Schlittgen und Bernd H.J. Streitberg (2001).

<sup>22</sup> Mit Hilfe ökonomischer Verhaltensgleichungen oder sogar interdependenter Modelle zur Erklärung des Energieverbrauchs können solche Bezüge hingegen explizit berücksichtigt werden. Beispielsweise beeinflusst die Entwicklung der Strom- oder Wärmenachfrage u.a. in den Endverbrauchssektoren in hohem Maße die Erzeugung dieser Energieträger und den damit verbundenen Brennstoffeinsatz (Umwandlungsbilanz).

### 2.2.2.5 Fortschreibung fehlender Monatswerte mit ökonometrischen Verfahren (Gleichung/Modelle)

Kausale Prognosen, also die Darstellung einer zu erklärenden (abhängigen) Variable in Abhängigkeit von einer (oder mehreren) anderen Erklärungsvariablen, beruhen im Gegensatz zu den im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen Zeitreihenverfahren auf der empirisch gestützten Analyse logischer Ursachen-Wirkungszusammenhänge.<sup>23</sup> Kausale Verfahren können sowohl auf der Ebene einzelner Variablen (Erklärung mit Hilfe einer Gleichung) als auch im Zusammenhang mit dem Aufbau ganzer Modelle (Mehrgleichungssystemen) genutzt werden.<sup>24</sup>

Zur Erklärung des Energieverbrauchs (E) mit Hilfe kausaler Verfahren wird generell der Ansatz:

$$(3) \quad E = f\left(P, Y, HGT, \frac{PE_i}{PE_j}, \log(t), c\right)$$

mit

E: Energieverbrauch, in 1000 TJ

P: Produktionswert, real, Mio. €

Y: Verf. Einkommen, Mrd. €

HGT: Gradtagzahlen (Anzahl)

PE<sub>i</sub>: Energiepreis des Energieträgers i, €/MJ

PE<sub>j</sub>: Energiepreis des Energieträgers j, €/MJ

t: Trendvariable

c: Absolutglied

gewählt. Der Energieverbrauch hängt folglich u.a. von gesamtwirtschaftlichen oder sektoralen Aktivitätsgrößen (Produktion, Bruttoinlandsprodukt, verfügbares Einkommen), den Witterungsbedingungen (Gradtagzahlen), den relativen Energiepreisen und einer Trendkomponente (die hier den Einfluss des technischen Fortschritts widerspiegelt) ab. Es liegt auf der Hand, dass der vorgestellte Grundansatz nicht ohne Modifikationen auf alle Energieträger oder Sektoren übertragbar ist, denn die Bedingungen, unter denen Energie in einzelnen Wirtschaftszweigen eingesetzt wird, sind nicht nur in den energieintensiven Produktionsprozessen außerordentlich heterogen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, muss für jeden Sektor und Energieträger eine detaillierte ökonometrische Analyse durchgeführt werden, teilweise ergänzt um branchenspezifische Einflussgrößen.

Ein wesentlicher Vorteil der kausalen Analyse liegt darin, dass die Prognose allgemein anerkannten wissenschaftlichen Methoden aus der ökonomischen bzw. energiewirtschaftlichen Theorie folgt, mithin die prognostizierten Entwicklungen auf spezifische Einflussgrößen zurückzuführen sind (bedingte Prognose). Hervorzuheben ist aber auch, dass der Aufbau sachlich adäquater Modelle und Gleichungen stets mit einem erheblichen (insbesondere

<sup>23</sup> Ökonometrische Verfahren zur Fortschreibung unterjähriger bzw. monatlicher Daten kommen zur Erstellung der Pilotenergiebilanz bislang nicht zum Einsatz. Sie werden hier vor allem der Vollständigkeit halber dargestellt, aber auch um deren Prognoseresultate in einigen Grafiken/Tabellen mit den Ergebnissen anderer hier skizzierter Verfahren vergleichen zu können. Perspektivisch böten ökonometrische Verfahren, also etwa die Modellierung der Amtlichen Mineralöldata (AMS), gegenüber einfachen, autoregressiven Methoden den Vorteil, ökonomischen Sachverstand und kausale Zusammenhänge, die aus Expertenwissen zu den einzelnen Bereichen vorliegen, auch innerhalb der Prognoseverfahren für monatliche Daten zu berücksichtigen.

<sup>24</sup> Im Rahmen detaillierter Mehrgleichungsansätze (Modelle) werden zusätzlich auch Variablen, die als Erklärungsgröße auf der rechten Seite einer Regressionsgleichung stehen, ihrerseits wieder im Modell erklärt, so dass hier auch interdependente Zusammenhänge berücksichtigt werden können.

empirischen) Aufwand verbunden ist. Zur Prognose der erforderlichen (Roh-)Daten aus den unterjährigen Erhebungen, die in eine Frühschätzung der Energiebilanz einfließen, liegen solche Modelle derzeit noch nicht vor.<sup>25</sup>

### 2.2.2.6 Kurzer Verfahrensvergleich an einem empirischen Beispiel

Es liegt auf der Hand, dass Prognosen des Energieverbrauchs und hier insbesondere die Fortschreibung von Energiedaten auf der Ebene monatlicher Statistikrohdaten (die zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 nach dem Hybrid-Konzept, vgl. Abschnitt 3 benötigt werden) mit Unsicherheiten verbunden sind, die nachfolgend anhand ausgewählter Beispiele näher beleuchtet werden.

Versucht man beispielsweise die „Inlandsablieferungen von leichtem Heizöl“, wie sie in der Amtlichen Mineralölstatistik als Zeitreihe für die Berichtsmonate bis November 2020 veröffentlicht ist, mit Hilfe ausgewählter, in Abschnitt 2.2.2 vorgestellter Verfahren bis Dezember 2020 fortzuschreiben, ergibt sich zunächst ein ausgesprochen heterogenes Bild. Wie aus Abbildung 11 und Abbildung 13 hervorgeht, unterschätzen alle Methoden (für Dezember 2020 sowie Dezember 2018) die tatsächliche Entwicklung, wie sie sich auf der Grundlage der inzwischen vorliegenden Berichtsdaten für Dezember 2020 darstellt.<sup>26</sup> Im Gegensatz dazu überschätzen nahezu alle Fortschreibungsmethoden (außer das Regressionsmodell) den wahren, beobachteten Wert für Dezember 2019 (vgl. Abbildung 12). Das zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 genutzte Verfahren (Übernahme der Veränderungsrate von Januar bis November im Verhältnis zum Vorjahr für das Gesamtjahr, vgl. Abschnitt 2.2.2.1) unterschätzt die tatsächlich beobachtete Entwicklung, gerechnet auf das Gesamtjahr, um 1,3 % (vgl. Tabelle 2) und führte damit unter den hier verwendeten zeitreihenbasierten Verfahren zu den geringsten Abweichungen (gemessen an den vorl. Jahresdaten für 2020). Andere Veränderungsraten und auch Methoden wie das exponentielle Glätten (hier über einen kurzen Stützzeitraum von 23 Perioden bzw. ab Januar 2019 und einen langen Stützzeitraum von 143 Perioden also alle Beobachtungen ab Januar 2009) ergaben im Nachhinein für das Berichtsjahr 2020 größere Differenzen im Vergleich zum vorläufigen Jahresergebnis.

Auch die Verwendung einer einfachen Regressionsgleichung (Stützzeitraum Januar 2009 bis November 2020)<sup>27</sup> zur Prognose des Inlandsabsatzes an leichtem Heizöl für den fehlenden Berichtsmonat Dezember 2020 führt zu einer Unterschätzung des beobachteten Wertes um 1,6 %.

Wiederholt man die Schätzung der Inlandsablieferungen an leichtem Heizöl im ex-post-Zeitraum – unterstellt also, dass die Dezemberwerte auch zur Erstellung der Pilotenergiebilanzen 2018 oder 2019 gefehlt hätten, so zeigt sich folgendes Bild: Unter ansonsten identischen Prämissen bzw. Modellannahmen hätten alle hier vorgestellten Verfahren im Jahr 2019 zu einer

<sup>25</sup> Die vorliegenden Modelle auf der Basis monatlicher Daten sind typischerweise höher aggregiert. Sie dienen nicht der Fortschreibung von Statistiken bzw. Rohdaten zur Erstellung der Energiebilanz, sondern der kurzfristigen Prognose beispielsweise des Strom- oder Erdgasverbrauchs auf der Ebene der Sektorenabgrenzung der Bilanz.

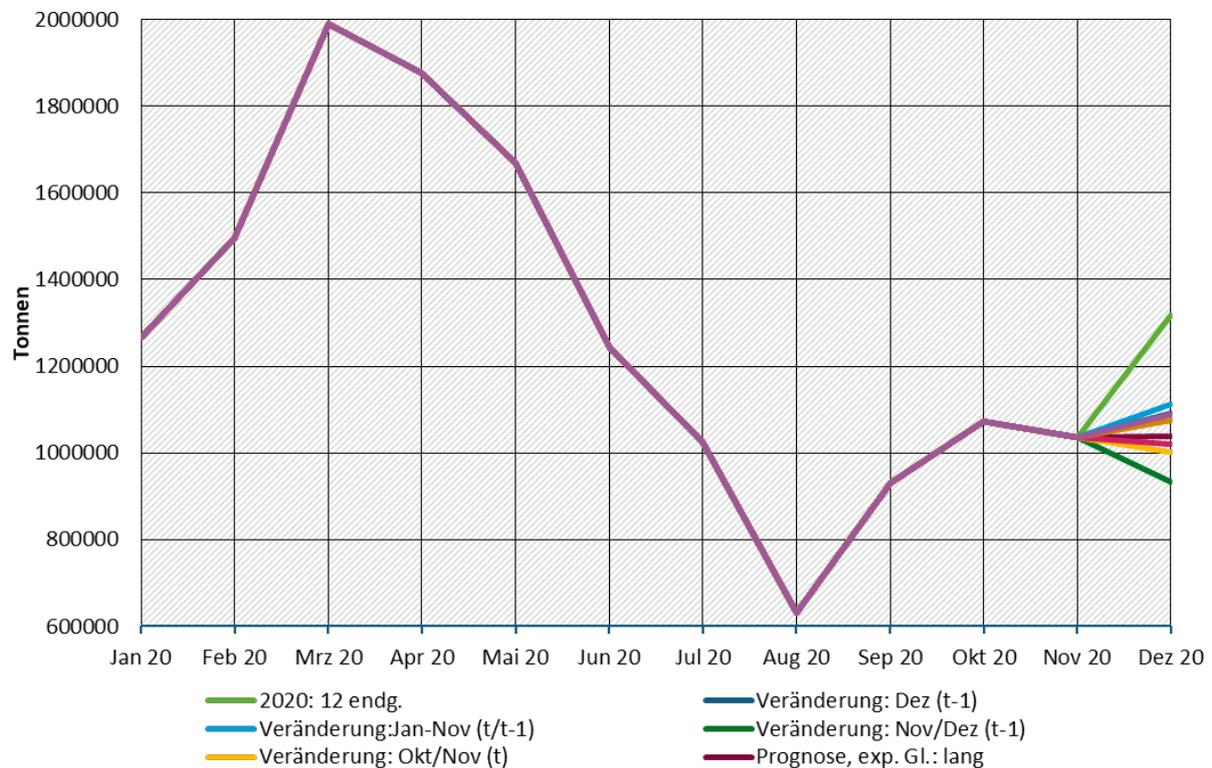
<sup>26</sup> Die Daten der Amtlichen Mineralölstatistik für Dezember 2020 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 noch nicht vor (Abgabe 15. Februar 2021); sie sind allerdings am 2. März 2021 erschienen und konnten somit nachträglich als Referenzgröße zur vorläufigen bzw. ersten Evaluierung von Unsicherheiten bzw. Schätzfehlern herangezogen werden.

<sup>27</sup> Als Erklärungsgrößen des Inlandsabsatzes wurden u.a. ein Term zur Erfassung des Heizölpreises, die Gradtagzahlen (zur Erfassung des Witterungseinflusses), die Produktionsentwicklung als Konjunkturindikator und eine Trendvariable (autonomer techn. Fortschritt) in die Gleichung aufgenommen. Obwohl diese Gleichung bereits eine sehr gute ex-post-Anpassung aufweist, ließe sich der Ansatz unter Verwendung zusätzlicher Erklärungsgrößen (z.B. der monatlichen Entwicklung ölbeheizter Wohnflächen usw.) vermutlich weiter verbessern (die Differenzierung des monatlichen Inlandsabsatzes nach Absatzbereichen stellt eine weitere Option zur Steigerung der Prognosegenauigkeit dar). Der Aufbau eines verbesserten „kausalen“ Modells zur Prognose fehlender Berichtsmonate in der amtlichen Mineralölstatistik zur Erstellung von Frühschätzungen der Energiebilanzen würde den Rahmen dieser Analyse sprengen. Der hier vorgestellte vereinfachte Regressionsansatz dient hier lediglich der groben Einordnung von Unterschieden, die sich aus der Verwendung verschiedener Prognoseansätze ergeben können.

Überschätzung des beobachteten Inlandsabsatzes geführt, wobei das Verfahren des „exponentiellen Glättens“ für dieses Berichtsjahr die mit Anstand höchste Prognosegenauigkeit aufwies.

**Abbildung 11: Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2020 nach verschiedenen Verfahren<sup>\*)</sup>**

Januar bis Dezember 2020, in Tonnen



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, \*) t=2020.

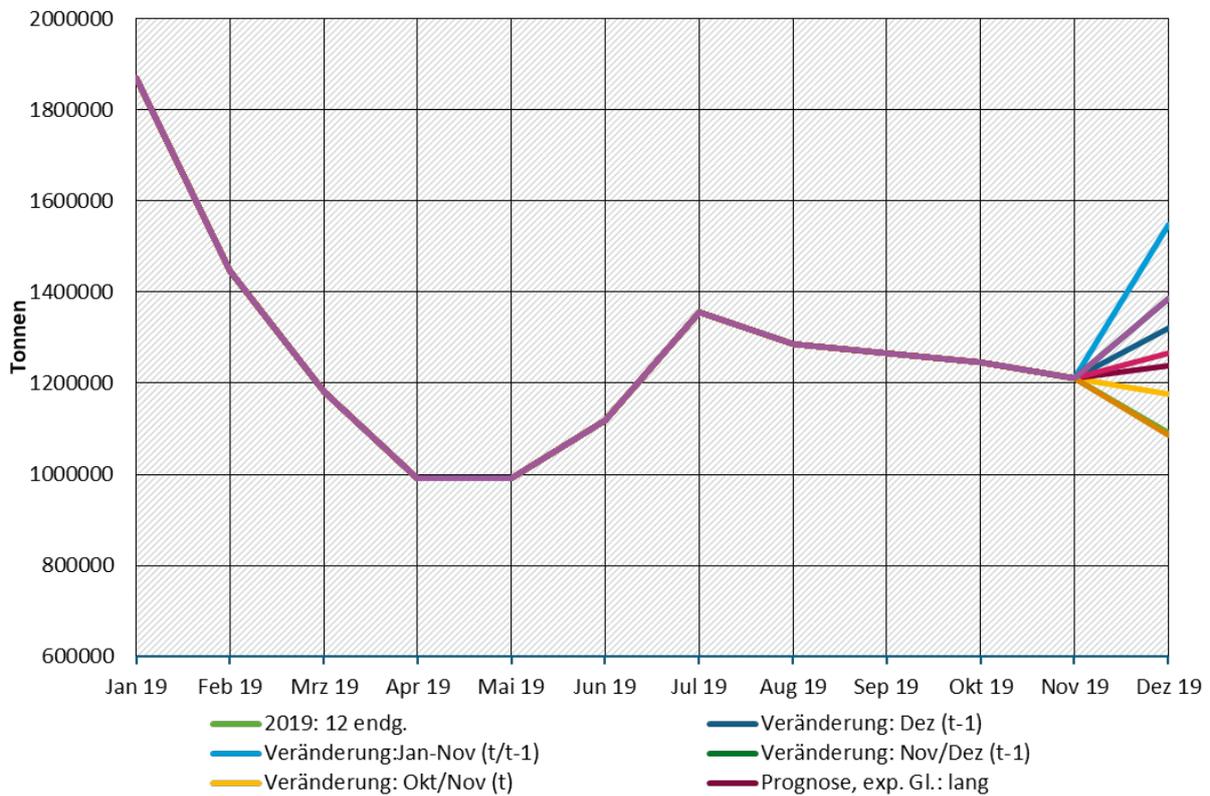
Für das Berichtsjahr 2018 schließlich hätte das ARIMA-Modell die beste Prognose des Dezemberschätzwertes (nur -5,6 % verglichen mit dem beobachteten Monatsergebnis) und damit bezogen auf das Jahresergebnis einen Fehler von - 0,6 % erbracht, wobei alle Schätzansätze das für 2018 beobachtete Jahresergebnis tendenziell unterschätzten.

Aus alledem lässt sich die Erkenntnis ableiten, dass die hier untersuchten Schätzverfahren (praktisch unabhängig von ihrer theoretischen Fundierung) im Hinblick auf die Prognose einzelner Monatswerte mehr oder weniger große Unsicherheiten aufweisen. Dieses Gesamtbild ändert sich auch nicht, wenn man die hier vorgestellten Vergleiche anhand anderer Zeitreihen durchführt, die ebenfalls zur Erstellung der Pilotenergiebilanz herangezogen werden, wie z.B. aus der Statistik Nr. 066 „Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeenergie zur allgemeinen Versorgung“.

Ungeachtet der Schätzfehler, die je nach Prognoseverfahren und Schätzzeitraum eine Größenordnung von 40 % erreichen können, bleibt jedoch auch festzuhalten, dass der Schätzfehler bezogen auf das Jahresergebnis in unserem Beispiel maximal eine Größenordnung von 3 % erreicht. Sofern das gewählte Prognoseverfahren also zumindest „plausibel“

**Abbildung 12: Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2019 nach verschiedenen Verfahren\*)**

Januar bis Dezember 2019, in Tonnen



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, \*) t=2019.

Schätzwerte liefert, dürften die Unsicherheiten auf der Ebene der Jahresschätzung (unabhängig vom gewählten Verfahren) innerhalb eines Intervalls von +/- 0,5 % bis +/- 3 % liegen, sofern nur ein Berichtsmonat (i.d.R. also der Dezember) hinzugeschätzt werden muss.<sup>28</sup> Unter ungünstigeren Randbedingungen (z. B. wenn Statistikdaten für zwei oder sogar drei Monate fehlen, die mit Hilfe der o.g. Methoden geschätzt werden müssen) kann der Fehler bezogen auf das Jahresresultat größer (sofern alle Abweichungen gleichsinnig ausfallen und sich verstärken) oder geringer ausfallen (Schätzwerte streuen in den einzelnen Berichtsmonaten um den wahren Wert und Abweichungen kompensieren sich).

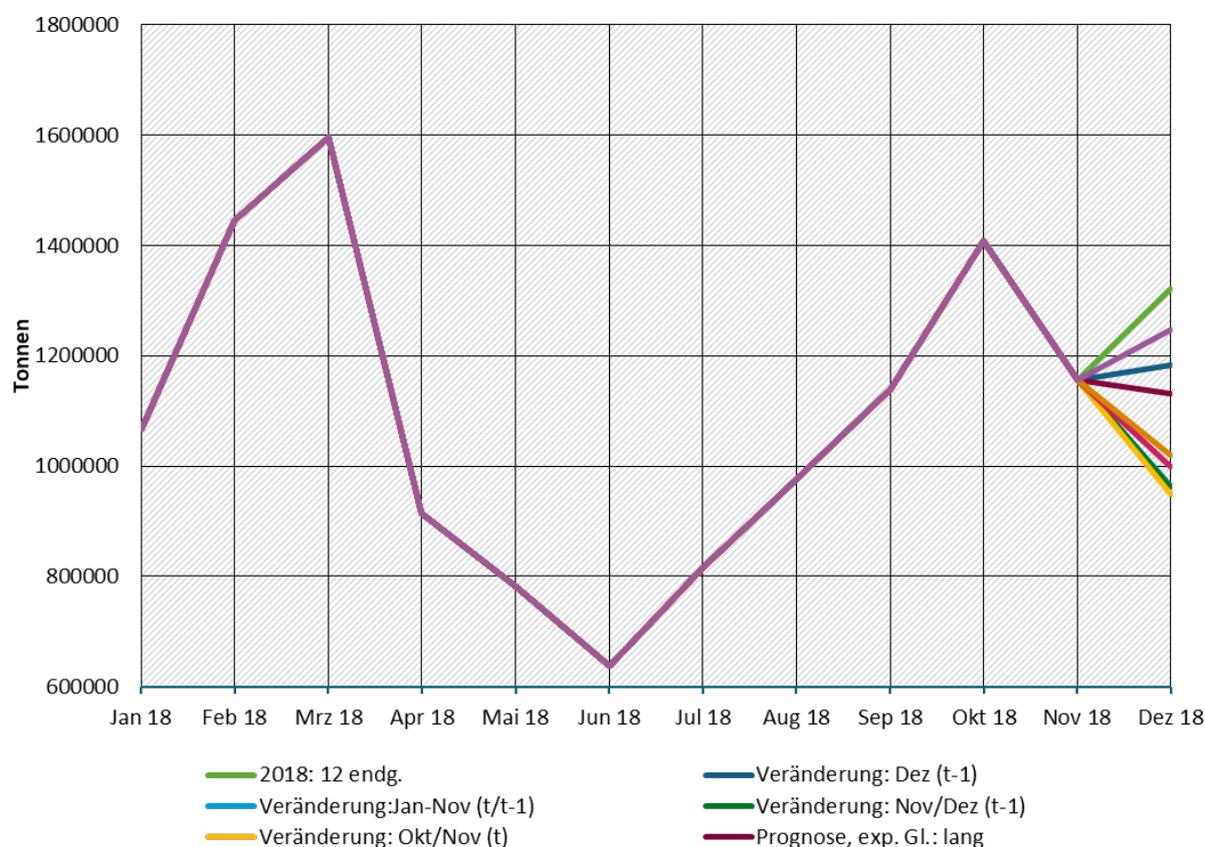
Hinzuweisen ist zum Abschluss dieses Kapitels auch darauf, dass sich Abweichungen bzw. Schätzfehler, die sich aus der Fortschreibung statistischer Monatsdaten ergeben können, vom Prognosefehler auf der Ebene konkreter, d.h. einzelner Bilanzfelder abweichen können. Vielmehr resultiert die Abweichung eines Feldes der Pilotenergiebilanz vom endgültigen Wert der Energiebilanz 2020 (je nach statistischer Zusammensetzung des betrachteten Bilanzfeldes aus den prognostizierten amtlichen Rohdaten) aus der Fortpflanzung bzw. Aggregation der Einzelfehler, die in die Berechnung des jeweiligen Energiebilanzfeldes einfließen. Im Rahmen dieser Aggregation zum Energiebilanzwert können sich Prognosefehler für diese Bilanzfelder somit verstärken oder kompensieren. Die empirische Analyse dieser Abweichungen aller

<sup>28</sup> Im Zusammenhang mit der Interpretation prozentualer Fehlerwerte ist bereits an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass bei kleinen Energiebilanzfeldern (bzw. geringen Energiemengen) und sehr erratischen Schwankungen in der Zeitreihe der Schätzfehler in Prozent auch höher ausfallen kann. Ursächlich dafür ist der sog. Basiseffekt, der angesichts hoher prozentualer Divergenzen den Eindruck erheblicher Abweichungen vermitteln kann, die letztendlich jedoch nur einem sehr kleinen Basiswert geschuldet sind.

Bilanzfelder zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der endgültigen Energiebilanz 2020 ist u.a. Gegenstand des Kapitels 8 dieses Endberichtes.

**Abbildung 13: Prognose „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für Dezember 2018 nach verschiedenen Verfahren\*)**

Januar bis Dezember 2018, in Tonnen



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, \*) t=2018.

**Tabelle 2: Fehleranalyse Schätzung „Inlandsablieferungen Heizöl, leicht“ für den Monat Dezember (Datenstand Ende April 2021)**

Berichtsjahre 2018, 2019 und 2020, Abweichungen in %

	Abweichung Dez (beob.) zu Dez. (geschätzt), in %	Abweichung Dezember (geschätzt), bezogen auf das Jahresergebnis, in %
2020 (t=2020)		
Vorjahr (Dezember, t-1)	-17,1	-1,5
Veränderung (Jan-Nov, t/t-1)	-15,5	-1,3
Veränderung (Nov/Dez, t-1)	-29,1	-2,5
Veränderung (Okt/Nov, t)	-24,0	-2,0
Exponent. Glätten (lang)	-21,2	-1,8
Exponent. Glätten (kurz)	-22,7	-1,9

	Abweichung Dez (beob.) zu Dez. (geschätzt), in %	Abweichung Dezember (geschätzt), bezogen auf das Jahresergebnis, in %
Regress.gl. (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 20)	-18,4	-1,6
ARIMA (2,2), (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 20)	17,4	1,5
2019 (t=2019)		
Vorjahr (Dezember, t-1)	21,1	1,5
Veränderung (Jan-Nov, t/t-1)	41,7	3,0
Veränderung (Nov/Dez, t-1)	26,9	1,9
Veränderung (Okt/Nov, t)	7,8	0,6
Exponent. Glätten (lang)	13,5	1,0
Exponent. Glätten (kurz)	15,9	1,2
Regress.gl. (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 19)	-0,4	0,0
ARIMA (8,7), (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 19)	27,0	2,0
2018 (t=2018)		
Vorjahr (Dezember, t-1)	-10,5	-1,1
Veränderung (Jan-Nov, t/t-1)	-27,1	-2,7
Veränderung (Nov/Dez, t-1)	-27,3	-2,7
Veränderung (Okt/Nov, t)	-28,2	-2,8
Exponent. Glätten (lang)	-14,4	-1,4
Exponent. Glätten (kurz)	-24,4	-2,4
Regress.gl. (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 18)	-22,8	-2,3
ARIMA (5,9), (Stützzeitr. Jan 09 bis Nov 18)	-5,6	-0,6

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW nach Amtlicher Mineralölstatistik.

### 2.2.3 Weitere verwendete Ansätze zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020

In einigen wenigen Bereichen der Energiebilanz wurden die Schätzungen (zumindest im Rahmen dieser ersten Pilotstudie, zweifellos auch in Anbetracht des knappen Zeitbudgets zur Erstellung der Frühschätzung) unter Zuhilfenahme vergleichsweise einfacher Indikatorenansätze erstellt. Zu diesen Bereichen zählen vor allen die Sektoren:

- ▶ Industriekraftwerke (Energiebilanzzeilen 12 und 24),
- ▶ Fernheizwerke (Energiebilanzzeilen 16 und 28) sowie
- ▶ nicht-energetischer Verbrauch (Energiebilanzzeile 43).

Das Basisjahr der Frühschätzung für das Jahr 2020 in diesen Sektoren ist der endgültige Jahreswert 2019 (differenziert nach Energieträgern).<sup>29</sup> Die Prognose erfolgt unter Zuhilfenahme von Indikatoren wie z.B. der Produktionsentwicklung (wobei sich der Produktionswert für das Berichtsjahr 2020 auf die beobachteten Monatsdaten von Januar bis November 2020, ergänzt durch eine Schätzung für Dezember 2020, stützt). Während der nicht-energetische Verbrauch und die Industriekraftwerke vor allem von der Produktionsentwicklung abhängen, wird der Energieverbrauch bzw. Brennstoffeinsatz der Fernheizwerke maßgeblich durch die Gradtagzahlen beeinflusst (hier entspricht der Jahreswert bereits den beobachteten Monatsdaten Januar bis Dezember 2020).

Sowohl der nicht-energetische Verbrauch als auch der Brennstoffeinsatz der Industriekraftwerke zur Erzeugung von Strom wird in der Energiebilanz jeweils aggregiert in nur einer Zeile ausgewiesen. Ungeachtet dieser Darstellung, erfolgt die Prognose selbstverständlich differenziert nach Energieträgern und Wirtschaftszweigen (in der Aufgliederung, die die Bilanz zur Darstellung des Endenergieverbrauchs der Industrie nach Wirtschaftszweigen gewählt hat).

Zur besseren Erfassung aktueller Entwicklungen des Brennstoffeinsatzes der Industriekraftwerke am aktuellen Rand sind insbesondere belastbare Informationen über den Zubau und den Abgang von Stromerzeugungsanlagen der Industrie (Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe) hilfreich. Für die Zukunft ist bereits angedacht, das Schätzverfahren in diesem Bereich durch eine vertiefende Auswertung des Marktstammdatenregisters (MaStR) zu unterfüttern.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> Dieser Wert wurde der amtlichen Statistik entnommen, da die endgültige Energiebilanz 2019 noch nicht vorlag.

<sup>30</sup> Als zentrales Register werden im MaStR wesentliche Stammdaten zu allen neuen (und bestehenden) Erzeugungsanlagen erfasst. Einzelheiten vgl. MaStR (marktstammdatenregister.de) (Abrufdatum 10.5.2021).

## 3 Hybrid-Konzept zur Erstellung der Pilotenergiebilanz

### 3.1 Konzeption und formaler Aufbau des Hybrid-Ansatzes

Unter Zuhilfenahme des in Abschnitt 2.2.1.1 skizzierten Modellansatzes ließe sich die angestrebte Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 prinzipiell ohne Berücksichtigung bereits vorliegender (Monats)Erhebungen bzw. amtlicher Statistiken zur Entwicklung des Einsatzes und der Erzeugung von (Sekundär)Energieträgern ausschließlich auf der Grundlage einer ökonometrisch gestützten Fortschreibung von Jahresdaten (Zeitreihen) erreichen. Empirische Evidenz bezieht diese Vorgehensweise (ohne Berücksichtigung bereits vorliegender Monatsdaten) ausschließlich aus den im Modellzusammenhang ökonometrisch ermittelten Einflussgrößen bzw. den aus diesen Schätzungen abgeleiteten Regressionskoeffizienten sowie aus der Vorgabe bereits verfügbarer, statistisch abgesicherter Informationen zur Entwicklung der exogenen Variablen im Prognosezeitraum, hier also 2020<sup>31</sup> (vgl. dazu auch Abschnitt 2.1.3).

Aus den bisher angesprochenen Zusammenhängen ergibt sich als vorläufiges Zwischenfazit folgendes Bild: Die Frühschätzung einer Pilotenergiebilanz 2020 allein auf der Basis vorliegender endgültiger Jahresdaten (1995 bis 2018) bleibt zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet, die weniger auf die Güte der gewählten Schätzansätze, sondern in erster Linie auf die ausschließliche Verwendung wenig aktueller bzw. weit in der Vergangenheit liegender Jahresdaten im Rahmen einer aktuellen Kurzfristprognose für den Zeitraum t-1 zurückzuführen sind.<sup>32</sup>

Um zu einer höheren Genauigkeit der Prognose (bzw. geringeren späteren Abweichungen der Frühschätzung im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz) zu gelangen, sollten dort, wo dies empirisch möglich erscheint, alle bis zum 1. Februar 2021 vorliegenden (unterjährigen) Statistik-Informationen in die geschätzte Pilotenergiebilanz einbezogen werden. Mit dem Rückgriff auf aktuelle Statistikdaten (sowohl Daten aus Erhebungen zum Energieverbrauch als auch andere Konjunktur-, Struktur- oder Preiserhebungen, die in Form exogener Information in die Analyse einfließen) sollten sich Abweichungen der geschätzten Pilotenergiebilanz im Vergleich zur endgültigen Bilanz auf ein Minimum reduzieren lassen. Die vorliegende Studie verfolgt vor diesem Hintergrund einen Hybrid-Ansatz zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020, der als Kombination aus der Nutzung verfügbarer Monatsdaten, ggf. ergänzt durch Schätzungen, und den Rückgriff auf modellgestützte Prognosen in jenen Bereichen aufgefasst werden kann, für die keine unterjährigen Energiedaten vorliegen.<sup>33</sup>

Im Gegensatz zur „reinen“ Schätzung ist die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 im Rahmen des Hybrid-Ansatzes wesentlich aufwendiger (und wirft zusätzliche methodische Fragen auf).

<sup>31</sup> Bei der Verwendung von Zeitreihenmodellen, die sich auf Jahresdaten stützen, handelt es sich im Zusammenhang mit der vorliegenden Aufgabenstellung (Frühschätzung der Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr t-1) um eine Prognose außerhalb des Stützzeitraums des Modells (1995-2018, die Energiebilanz 2019 wies zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie noch einen vorläufigen Charakter auf und zählt formal nicht zum Stützzeitraum), aber zumindest teilweise innerhalb des beobachtbaren ex-post-Zeitraums (beobachtete Energiedaten zur Erstellung der Energiebilanz 2019 sowie exogene Variablen für 2019 liegen statistisch vor; für 2020 lagen ausgewählte exogene Entwicklungen vollständig vor, andere Variablen lagen hingegen nur teilweise bzw. noch unvollständig in Form von Monatsstatistiken als beobachtbare Größen vor).

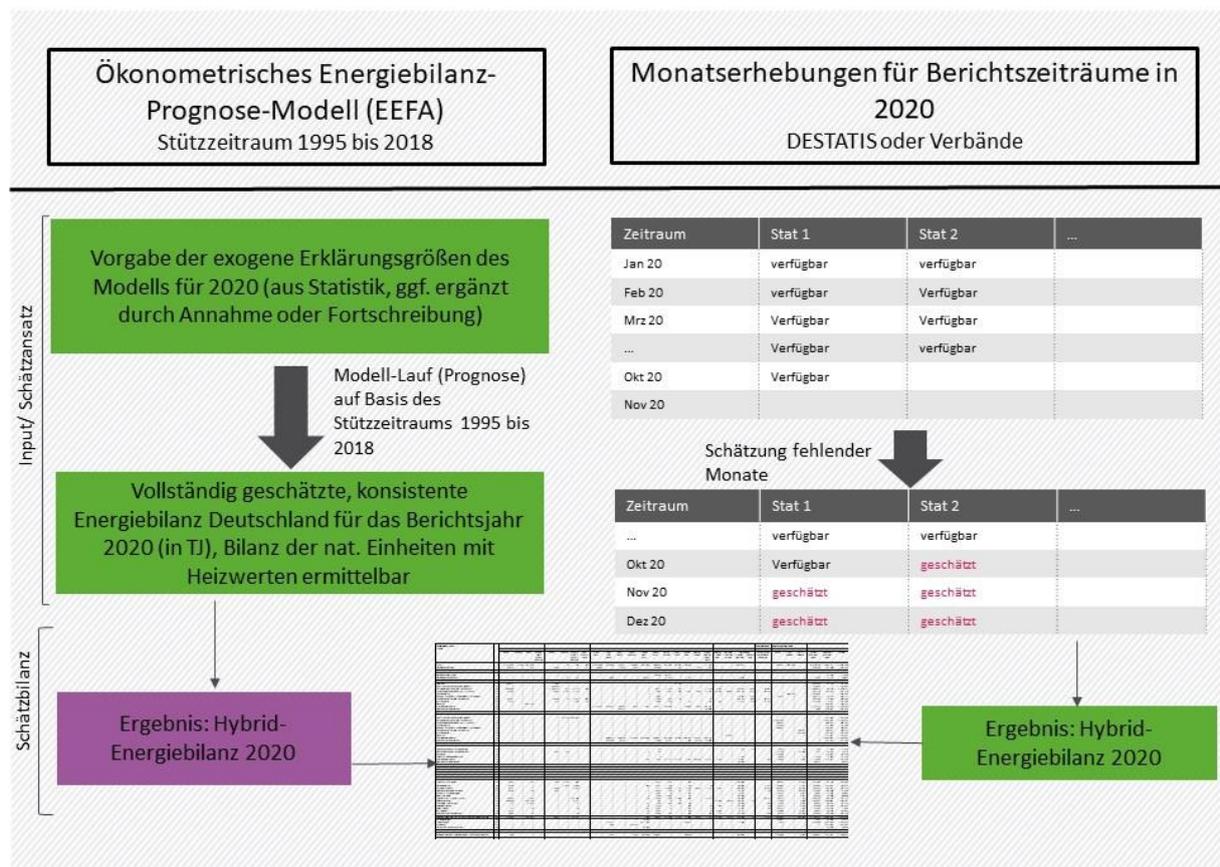
<sup>32</sup> Grundsätzlich sind Modelle, die sich ausschließlich auf Jahresdaten stützen, eher für die Prognose mittel- bis langfristiger Zusammenhänge geeignet. Insofern wäre für die vorliegende Fragestellung sicherlich ein Prognoseverfahren auf der Grundlage monatlicher oder zumindest vierteljährlicher Energiebilanzen wünschenswert. Die Erstellung unterjähriger vollständiger Energiebilanzen für Deutschland ist aufgrund erheblicher Datenlücken ausschließlich auf statistischer Basis nicht möglich.

<sup>33</sup> Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle außerdem darauf hingewiesen, dass die Ausschreibung des Umweltbundesamtes zum vorliegenden Projekt („Pilotprojekt zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020 und Vergleich zu späteren definierten Datenständen“, Projektnummer: 152983) explizit die Verwendung möglichst sämtlicher verfügbarer Statistikdaten am aktuellen Rand zur Erstellung der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 vorsah.

Grundsätzlich erfordert die kombinierte Vorgehensweise aus weitgehender Nutzung unterjähriger Statistikdaten und Modellanalyse folgende Schritte:

- ▶ Identifikation aller Felder der Energiebilanz, für die Anfang Februar 2021 zumindest teilweise bilanzkompatible Informationen zur Entwicklung des Energieaufkommens bzw. des -verbrauchs vorliegen (Beispiel: Statistik Nr. 066 „Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur Allgemeinen Versorgung“ zur Bestimmung des fossilen Teils der Energiebilanzzeilen 11 und 15 liegt (Stand: Januar 2021) bis Oktober 2020 vor).
- ▶ Festlegung einer konkreten Methode zur Vervollständigung der Monatserhebungen zur Schätzung der fehlenden Berichtsmonate.
- ▶ Identifikation der Energiebilanzfelder, für die keine Informationen aus unterjährigen statistischen Erhebungen vorliegen. Ermittlung dieser Felder mit Hilfe des oben skizzierten Modellierungsansatzes (oder anderer methodisch gleichwertiger Verfahren).

**Abbildung 14: Hybrid-Konzept zur Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020**



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auch darauf, dass für Felder, die in der Energiebilanz durch Aggregation gewonnen werden, der Einsatz eigenständiger Prognoseverfahren (oder statistischer Auswertungen) selbstverständlich nicht erforderlich ist, weil sich diese Größen (Primärenergieverbrauch, Endenergieverbrauch, Energieeinsatz der Umwandlungssektoren usw.) im Bilanzschema definitorisch ergeben.

Eine Besonderheit stellen schließlich Energiebilanzfelder dar, für die zwar Prognoseresultate z.B. aus Modellsimulationen vorliegen bzw. errechnet wurden, die sich allerdings im Bilanzzusammenhang im Wege einer Restrechnung ergeben. Es liegt auf der Hand, dass in diesen Fällen im Rahmen der Frühschätzung nicht auf originäre Prognosewerte zurückgegriffen wird, sondern dass das Verfahren der Restrechnung beibehalten wird.<sup>34</sup>

Abbildung 14 fasst das skizzierte Hybrid-Konzept bzw. den Ablauf grafisch zusammen, der zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 zum 15. Februar 2021 verwendet werden soll.

### 3.2 Umsetzung des Hybrid-Ansatzes in der Pilotenergiebilanz 2020

Die Grundkonzeption des Hybrid-Ansatzes lässt bereits erkennen, dass die praktische Umsetzung im Rahmen der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 den Rückgriff auf eine umfangreiche empirische Datenbasis in Kombination mit der Verwendung unterschiedlichster Schätz- und Prognoseverfahren erfordert. Um einen genaueren Überblick der verwendeten Datenquellen und Schätzansätze zu geben, versucht der nachfolgende Abschnitt eine felderscharfe Zuordnung der genutzten Datenquellen zu den verschiedenen Bereichen der Pilotenergiebilanz 2020. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese Darstellung keineswegs die vollständige Dokumentation der Pilotenergiebilanz ersetzen soll; vielmehr wird dem Umweltbundesamt eine detailliertere Dokumentation für jedes Feld der Pilotenergiebilanz 2020 im Zusammenhang mit dem vorliegenden Bericht in einem vorab vereinbarten Datenbankformat übergeben.<sup>35</sup>

Innerhalb der Energiebilanz Deutschland lassen sich vorab bestimmte Bereiche an Datenfeldern identifizieren, denen anschließend die verschiedenen, in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Verfahren zugeordnet werden können. Bei der konkreten Umsetzung des Grobkonzeptes der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 sind folgende Gruppen von Bilanzfeldern zu unterscheiden (vgl. hierzu Abbildung 15):

- ▶ Bilanzfeld wird auf Basis von Modellen und Verfahren ermittelt, die auf vorläufigen Monatsdaten beruhen, die auch zur Erstellung der endgültigen Energiebilanz verwendet werden. Je nach Datenstand der Erhebung zum Zeitpunkt der Schätzung erfolgt eine Teilschätzung der fehlenden Beobachtungspunkte bzw. Berichtsmonate (zu den Methoden vgl. Kapitel 2.2.2, sowie Kapitel 2.2.1.3). Im Einzelfall liegen die Monatsdaten zum Zeitpunkt der Frühschätzung bis Dezember vor und eine Schätzung ist nicht erforderlich (trifft z.B. auf VGB PowerTech e.V. zu, die u.a. monatliche Daten zur Entwicklung der Stromerzeugung aus Kernenergie bereitstellt). Insgesamt werden 6 verschiedene Monatsmodelle zur Erstellung der Frühschätzung verwendet (OKDAT, OILDAT, GASDAT, SKDAT, BKDAT, VGB).
- ▶ Bilanzfeld wird auf Basis von Indikatoren (monokausale Fortschreibung von Jahresdaten) geschätzt, da keine unterjährigere Energiestatistik zur Verfügung steht. Dazu wird i.d.R. der Vorjahreswert auf Basis eines einzelnen Indikators fortgeschrieben.<sup>36</sup> Dieses Verfahren

---

<sup>34</sup> Sofern mit der Methode der Restrechnung der Bilanzausgleich hergestellt werden kann. Falls dies nicht der Fall ist, kann dieser im Rahmen der Frühschätzung auch an anderer Stelle stattfinden. Beispielsweise wurde zur Ermittlung des Fernwärmeverbrauchs im GHD-Sektor direkt das Modellergebnis verwendet, der Bilanzausgleich wurde infolgedessen bei den Privaten Haushalten durchgeführt.

<sup>35</sup> Die Dokumentation beschreibt für jedes Feld der Pilotenergiebilanz 2020 die verwendeten Datenquellen im Rahmen der Frühschätzung und die ggf. zur Schließung von Datenlücken verwendeten Schätz- oder Prognosemethoden. Sie ergänzt somit das von der AG Energiebilanzen bereits vorgelegte „Kochbuch“, das alle amtlichen und nicht-amtlichen Datenquellen „felderscharf“ aufführt, die in die Erstellung der endgültigen Energiebilanz Deutschland eingeflossen sind. Gegenwärtig liegen diese Dokumentationen bis zum Berichtsjahr 2020 vor.

<sup>36</sup> Der Vorjahreswert stammt im Rahmen der vorliegenden Frühschätzung nicht zwingend aus der Energiebilanz 2019, da diese zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie noch einen vorläufigen Charakter aufweist, sondern (sofern verfügbar) aus amtlichen Statistikdaten, die später in die endgültige Energiebilanz 2019 eingeflossen sind.

wurde im Zusammenhang mit drei Datenmodellen angewandt (IKDAT, FWDAT und NEVDAT), die die Bilanzsegmente Industriekraftwerke (EBZ 19), einen Teil des Umwandlungseinsatzes und -ausstoßes der Fernheizwerke (EBZ 16 und 28) und den nicht-energetischen Verbrauch (EBZ 43) betreffen (vgl. Abschnitt 2.2.3).

- ▶ Bilanzfeld kann mithilfe der in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Mehrgleichungsmodelle ermittelt werden. Hierzu konnte auf die zwei bereits bestehenden Modelle EEVDAT (Teil des Energiebilanzprognosemodells) sowie VERDAT (ZSW-Verkehrsmodell) zurückgegriffen werden. Die Frühschätzung erfolgt damit vollständig mit Hilfe von Zeitreihen-Modellen auf der Basis weit in die Vergangenheit reichender Jahresdaten bzw. bereits vorliegender endgültiger Energiebilanzen. Vorliegende unterjährige Informationen am aktuellen Rand (hier für das Jahr 2020), die bereits ganz oder teilweise in der Statistik vorliegen, können allein über die Vorgabe exogener Modell- bzw. Erklärungsvariablen in die Prognose einfließen (z.B. konjunkturelle Frühindikatoren wie Lkw-Maut-Fahrleistungsindex oder Index des Auftragseingangs, Entwicklung des sektoralen Produktionswertes).
- ▶ Unter „sonstige Verfahren“ sind Bilanzfelder subsumiert, deren Fortschreibung keine spezifischen Zusatzinformationen etwa über den Einsatz vorliegender energiestatistischer Informationen oder mit Hilfe von Indikatoren-Ansätzen erfordert. Zur Prognose des Bilanzfeldes werden ausschließlich Informationen herangezogen, die bereits in der Energiebilanz selbst (hier also in der Frühschätzung für das Jahr 2020) vorhanden sind. Konkret bedeutet dies, dass ein solches Bilanzfeld entweder als Restgröße (REST)<sup>37</sup> ermittelt wird, die Fortschreibung auf der Veränderungsrate des Vorjahres basierte oder unter der Annahme erfolgte, dass der Vorjahreswert direkt der Schätzung entspricht (no-change-Prognose, ESPDAT). Ein weiteres Beispiel für diesen Typus von Energiebilanzfeldern sind Daten, die sich im Bilanzzusammenhang z.B. einfach über Summierung ergeben. Zu dieser Kategorie zählen darüber hinaus Energiebilanzfelder, die einen engen kausalen Bezug zu anderen (bereits geschätzten) Energiebilanzgrößen aufweisen (deren Entwicklung also nicht zuletzt auch unter dem Aspekt der Plausibilität der gesamten Bilanzprognose in hohem Maße von der Schätzung anderer bereits ermittelter Felderwerte geprägt sein sollte). Zu dieser Gruppe von Feldern, die hier mit dem Kürzel „FORMEL“ gekennzeichnet ist, gehört z.B. der Einsatz von Steinkohle im Umwandlungssektor „Kokereien“.<sup>38</sup>
- ▶ Schließlich seien der Vollständigkeit halber noch die Bilanzfelder zur Entwicklung des Energieverbrauchs an erneuerbaren Energien erwähnt, die im Rahmen der hier vorliegenden Frühschätzung nicht unter Rückgriff der in dieser Pilotstudie skizzierten Verfahren prognostiziert wurden, sondern vollständig auf Daten bzw. Schätzungen des Umweltbundesamtes bzw. der Geschäftsstelle der AGEE-Stat beruhen. Diese Daten wurden eins zu eins in die Frühschätzung der Energiebilanz 2020 übernommen.

Die zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 im Einzelnen eingesetzten Verfahren werden nachfolgend (felderscharf, differenziert nach Energieträgern und dem Aufbau der Energiebilanz folgend) grafisch dargestellt. Abbildung 15 dient als Erläuterung und zugleich als Legende für

<sup>37</sup> Die Anwendung der Restrechnung setzt selbstverständlich das Vorliegen aller anderen Schätz- bzw. Bilanzgrößen voraus.

<sup>38</sup> So hängt der Einsatz von Steinkohle, roh in den Kokereien (EBZ 9) in erster Linie vom Output an Steinkohlenkoks der Koksofenbatterien (dieser wird in der EBZ 21 erfasst) ab. Ähnliches gilt für die Verbräuche der übrigen Energieträger, die im Umwandlungssektor „Kokereien“ (EBZ 33) eingesetzt werden. Die Schätzung dieser (und ähnlicher) Größen erfolgt im vorliegenden Konzept deshalb stets unter Berücksichtigung der produktionstheoretischen Zusammenhänge (die sich in diesem Fall auch deutlich im Aufbau der Energiebilanz widerspiegeln); diese Bilanzfelder dürfen deshalb nicht isoliert voneinander betrachtet oder prognostiziert werden.

die nachfolgenden Abbildungen 16 bis 19. Dabei können sich Bilanzfelder auch aus mehreren der dargestellten Module bzw. Modelle zusammensetzen.

**Abbildung 15: Verfahren zur Frühschätzung der Energiebilanz 2020**

Übersicht nach Granularität, Datenquelle u. Datenstand

	Bezeichnung	Granularität	Statistik/ Fortschreibungsmethode		Vorl. Datenstand (I.2.2021)
bas Model	OKDAT	Monate	Primärquelle plus Fortschreibung der Stat. Nr. 066 (Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung)	vgl. Kapitel 2.2.2.1	Originaldaten bis Oktober 2020
	OILDAT	Monate	Primärquelle plus Fortschreibung: Amtliche Mineralöldata (BAFA), Tabellen 1, 2, 5j, 6j, 7j und 9.	vgl. Kapitel 2.2.2.2	Originaldaten bis November 2020
	GASDAT	Monate	Primärquelle plus Fortschreibung: Destatis, Statistik 068	vgl. Kapitel 2.2.2.2	Originaldaten bis November 2020
	SKDAT	Monate	Außenhandelsstatistik, Stahl- u. Roheisenerzeugung (Monate), Heizgradtage, Produktionsindizes	vgl. Kapitel 2.2.1.4	Originaldaten teilweise bis November 2020
	BKDAT	Monate	Primärquelle plus Fortschreibung, Kohlenabsatzstatistik	vgl. Kapitel 2.2.2.2	Originaldaten bis November 2020, teilweise bis Dezember 2020
	VGB	Monate	Primärquelle: VGB Power Tech e.V.	Daten liegen vor	Originaldaten bis Dezember 2020
Jahresdaten (Indikatorik) Monokausale Fortschreibungen von	IKDAT	Jahre	Sektoral differenzierte Prognose auf Basis der Energiebilanz bzw. der Jahreseherhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung im Verarbeitenden Gewerbe, im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden (Stat. 067)	vgl. Kapitel 2.2.3	2019
	FWDAT	Jahre	Prognose der Jahreseherhebung über Erzeugung und Verwendung von Wärme sowie über den Betrieb von Wärmenetzen (Stat. 064)	vgl. Kapitel 2.2.3	2019
	NEVDAT	Jahre	Sektoral differenzierte Prognose auf Basis der auf Basis der Jahreseherhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden (Stat. 060)	vgl. Kapitel 2.2.3	2019
mod Mehrg	EEVDAT	Jahre	Ökometrisch-gestützte Prognose (sektoral und nach Energieträgern), Stützzeitraum 1995 bis 2018/19 (Energiebilanzprognosemodell)	vgl. Kapitel 2.2.1.1	Daten zum Endenergieverbrauch aus endg. 2018 /teilweise Rückgriff auf Daten des Jahres 2019 aus Stat. 060
	VEVDAT	Jahre	ZSW-Verkehrsmodell (Mehrgleichungsmodell, Vintageansatz) nach Energieträgern, Fahrzeug- und Nutzergruppen	vgl. Kapitel 2.2.1.2	2019/2020
	ESPDAT	Jahre	Fossile Einspeiser: Fortschreibung auf Basis der Veränderungsrate des Vorjahres oder Vorjahreswert	vgl. Kapitel 3.2	2019
	FORMEL	Jahre	Einfache Indikatorik, die allein auf Energiebilanzfeldern beruht (Vorjahreswert sowie ein oder mehrere Felder der aktuellen Schätzbilanz)	vgl. Kapitel 2.2.3 u. Kapitel 3.2	2019
Sons	REST	Jahre	Restrechnung	vgl. Kapitel 3.2 und Dokumentation	2020
	UBADAT	Jahre	Sekundärstatistik, AGEESat	Daten liegen vor	2020

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Vor diesem Hintergrund zeigt Abbildung 16 für die Energieträger Stein- und Braunkohle, dass die Schätzung in den Energiebilanzbereichen „Umwandlungseinsatz der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen der allgemeinen Versorgung, inkl. Heizkraftwerke“ (Energiebilanzzeilen 11 und 15) mittels der Fortschreibung der Monatserhebungen über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung (Statistik Nr. 066) für alle zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Pilotenergiebilanz 2020 (im Februar 2021) fehlenden Berichtsmonate (also konkret für November und Dezember 2020) erfolgt ist.<sup>39</sup> Zur Prognose der

<sup>39</sup> In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die „Finnische Methode“ zur Aufteilung des Brennstoffeinsatzes der KWK-Anlagen der allgemeinen Versorgung auf die Koppelprodukte Strom und Wärme – entsprechend den methodischen Vorgaben der Energiebilanzierung – auf der Grundlage der verfügbaren Monatsdaten (bis Oktober 2020), ergänzt um Schätzungen/Fortschreibungen für das restliche Jahr, durchgeführt wurde. Unsicherheiten bestehen vor diesem Hintergrund nicht allein bezüglich der Fortschreibung/Prognose einzelner Zeitreihen, sondern auch hinsichtlich der Brennstoffaufteilung zwischen den

Daten aus der Stat. 066 wurde die Methode verwendet, dass der Absolutwert der fehlenden Berichtsmonate aus dem Vorjahr (2019) zur Vervollständigung der vorliegenden Monatswerte für das Schätzzjahr 2020 herangezogen wurde (Einzelheiten dazu, vgl. Abschnitt 2.2.2.1). Dieses vereinfachte Verfahren wurde zur Schätzung des Brennstoffeinsatzes für die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 u.a. auch deshalb verwendet, weil die Methode konsistent zur Vorgehensweise im Rahmen der Erstellung bzw. Schätzung der Stromerzeugungstabelle durch die AGEB ist.

Zur Berechnung des Brennstoff- bzw. Steinkohleneinsatzes der Industriekraftwerke (nur Strom) im Jahr 2020, der in der Energiebilanzzeile 12 erfasst wird, muss die Prognose in Ermangelung einer unterjährigen Datenbasis hingegen ausgehend von den Vorjahreswerten erfolgen. Allerdings erfolgt die Fortschreibung an dieser Stelle sektoral und nach Energieträgern differenziert unter Rückgriff u.a. auf die Produktionsentwicklung in den Wirtschaftszweigen, die eigene Industriekraftwerke betreiben (Abgrenzung der Wirtschaftszweige nach Energiebilanz).<sup>40</sup>

Der Einsatz von Stein- und Braunkohlen in Fernheizwerken (Energiebilanzzeile 16) basiert z.T. ebenfalls auf der Fortschreibung der amtlichen Statistik Nr. 066, allerdings muss diese unterjährige Berechnung „bilanzkompatibel“ durch eine auf Jahresdaten der Erhebung über die Erzeugung und Verwendung von Wärme (Statistik 064) aufbauende Fortschreibung ergänzt werden, die vor allem mit Hilfe der für das Berichtsjahr 2020 bereits komplett vorliegenden Gradtagzahlen erfolgt. Der Grund für die Vermischung unterschiedlicher Prognoseverfahren ist, dass sich der Umwandlungseinsatz der Fernheizwerke aus dem Brennstoffeinsatz zur gekoppelten und ungekoppelten Wärmeerzeugung der KWK-Anlagen (für die monatliche Informationen aus der Statistik 066 vorliegen) zzgl. dem Input zur Wärmeerzeugung in reinen Heizwerken zusammensetzt (für die lediglich Daten aus der Jahrerhebung der Statistik 064 vorliegen).

Die Daten zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs wurden für fast alle Wirtschaftszweige unter Rückgriff auf das Energiebilanzprognosemodell prognostiziert, d.h. die Verbrauchsentwicklung wird ausgehend von den beobachteten Jahresdaten der Energiebilanz t-1 (Schätzenergiebilanz für 2019) oder t-2 (endgültige Energiebilanz 2018) geschätzt. Als Erklärungsgrößen kommen, neben verwendeten Variablen wie z.B. Energiepreisen (u.a. auch als gewichteter Preis des sektorspezifischen Brennstoffeinsatzes eines Wirtschaftszweiges im Verhältnis zum Strompreis oder dem Preis eines anderen Energieträgers), dem Witterungseinfluss (gemessen an den Gradtagzahlen) oder einer Variablen zur Erfassung des autonomen technischen Fortschritts in vielen Wirtschaftszweigen darüber hinaus sektorspezifische Determinanten (wie z.B. Wohnflächen, Verkehrsleistungen usw.) zum Einsatz (vgl. dazu auch Abschnitt 2.2.1.1 dieser Studie).

---

Stromerzeugungsanlagen der allgemeinen Erzeugung (Energiebilanzzeile 11) und den Heizkraftwerken (Energiebilanzzeile 15). Es ist also zu erwarten, dass sich auch die Brennstoffaufteilung in diesen Bereichen bei Vorliegen aller (endgültigen) Monatsberichte noch ändern wird.

<sup>40</sup> Vgl. AG Energiebilanzen (2015), S. 17ff.

Abbildung 16: Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Kohle

Frühschätzung Pilot-Energiebilanz 2020  T Joule	Zeile	Steinkohlen				Braunkohlen			
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Kohle	Briketts	Koks	Andere Steinkohlenprodukte	Kohle	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Hartbraunkohle
Gewinnung im Inland	1					BKDAT			
Einfuhr	2	SKDAT	SKDAT	SKDAT			BKDAT	BKDAT	REST
Bestandsentnahmen	3	SKDAT				BKDAT			
Energieaufkommen im Inland	4	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Ausfuhr	5	SKDAT	SKDAT	SKDAT			BKDAT	BKDAT	
Hochseebunkerungen	6								
Bestandsaufstockungen	7			SKDAT					
PRIMARENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	8	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	9	SKDAT				BKDAT			
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10					BKDAT			
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	OKDAT				OKDAT	OKDAT	OKDAT	OKDAT
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	12	IKDAT				IKDAT	IKDAT	IKDAT	
Kernkraftwerke	13								
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14								
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	OKDAT				OKDAT	OKDAT	OKDAT	OKDAT
Fernheizwerke	16	OK/FWDAT				OK/FWDAT	OK/FWDAT	OK/FWDAT	
Hochöfen	17			SKDAT					
Mineralölverarbeitung	18								
Sonstige Energieerzeuger	19								
Umwandlungsseinsatz	20	(ber.)		(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	21			SKDAT				BKDAT	
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22						BKDAT	BKDAT	
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	23								
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	24								
Kernkraftwerke	25								
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26								
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27								
Fernheizwerke	28								
Hochöfen	29								
Mineralölverarbeitung	30								
Sonstige Energieerzeuger	31								
Umwandlungsausstoß	32			(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	
Kokereien	33							BKDAT	
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34								
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35					BKDAT	BKDAT	BKDAT	
Kraftwerke	36								
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37								
Mineralölverarbeitung	38								
Sonstige Energieerzeuger	39								
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	40					(ber.)	(ber.)	(ber.)	
Fackel- u. Leitungsverluste	41								
ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ	42	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	
NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	43	NEVDAT		NEVDAT		BKDAT		BKDAT	
Statistische Differenzen	44	(ber.)		(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	
ENDENERGIEVERBRAUCH	45	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46			EEVDAT				EEVDAT	
Ernährung und Tabak	47			EEVDAT		EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Papiergewerbe	48	EEVDAT				EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Grundstoffchemie	49	EEVDAT				EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Sonstige chemische Industrie	50	EEVDAT		EEVDAT		EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Gummi- u. Kunststoffwaren	51								
Glas u. Keramik	52			EEVDAT					
Verarbeitung v. Steine u. Erden	53	EEVDAT		EEVDAT		EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Metallerzeugung	54	EEVDAT		EEVDAT		EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
NE-Metalle, -gießereien	55	EEVDAT		EEVDAT		EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	
Metallbearbeitung	56	EEVDAT							
Maschinenbau	57	EEVDAT		EEVDAT				EEVDAT	
Fahrzeugbau	58	EEVDAT							
Sonstige Wirtschaftszweige	59	EEVDAT		EEVDAT				EEVDAT	
Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe	60	(ber.)		(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	
Schienerverkehr	61								
Straßenverkehr	62								
Luftverkehr	63								
Küsten- und Binnenschifffahrt	64								
Verkehr insgesamt	65								
Haushalte	66	EEVDAT	SKDAT			BKDAT			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	EEVDAT							
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	(ber.)	(ber.)			(ber.)			

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Lediglich zur Abschätzung des Kohlenverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2020 wird aus bilanziellen Gründen bei den Steinkohlenbriketts auf das Modell zur Schätzung des Steinkohlenverbrauchs (SKDAT) zurückgegriffen. Außerdem wird zur Abschätzung des Verbrauchs von Braunkohlenbriketts im Bereich der privaten Haushalte die Primärquelle

„Kohlenabsatzstatistik“, lediglich ergänzt um eine Schätzung für den Berichtsmonat Dezember 2020, herangezogen. Es liegt auf der Hand, dass sich das skizzierte Grundmuster, welches an dieser Stelle für die Energieträger „Stein- und Braunkohlen“ genauer dargestellt wurde, mit leichten Abweichungen für die anderen Energieträger wiederholt. Im Mineralölteil der Pilotenergiebilanz 2020 (vgl. Abbildung 17) z.B. kommen in den Querschnittsegmenten<sup>41</sup> (Strom- und Wärmeerzeugung, Nicht-energetischer Verbrauch oder Endenergieverbrauch) – einmal abgesehen von felderspezifischen Abweichungen (Restrechnung usw.) – identische Modellierungsverfahren und statistische Fortschreibungsmethoden zum Einsatz (OKDAT, IKDAT, NEVDAT oder EEVDAT). Auf der Aufkommenseite (Inländische Gewinnung, Außenhandel, Umwandlungseinsatz u. -ausstoß) wird die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 von der Verwendung der statistischen Primärquelle „Amtliche Mineralölstatistik“ geprägt (OILDAT in der Abbildung).

---

<sup>41</sup> Als Querschnittssegmente werden hier jene Bereiche bezeichnet, die Daten zur Befüllung für bestimmte Zeilen der Energiebilanz (wie z.B. den Brennstoffeinsatz der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung) aus nur einer amtlichen Erhebung beziehen. Typischerweise ist die Quellenlage in allen anderen Bereichen eher an der Energieträgergliederung orientiert (z.B. stammen die Daten im Ölteil der Bilanz über alle anderen Zeilen aus den amtlichen Mineralölstatistiken).

Abbildung 17: Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Mineralöl

Frühschätzung Pilot-Energiebilanz 2020	Zeile	Mineralöle										
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	
		Erdöl (roh)	Otto-kraftstoff	Roh-benzin	Flugturbinen-kraftstoff	Diesel-kraftstoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol-koks	Flüssig-gas	Raffinerie-gas	Andere Mineralöl-produkte
Gewinnung im Inland	1	OILDAT										
Einfuhr	2	REST	OILDAT	REST	REST	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT		OILDAT
Bestandsentnahmen	3		OILDAT									OILDAT
Energieaufkommen im Inland	4	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)
Ausfuhr	5		OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT		OILDAT
Hochseebunkerungen	6											
Bestandsaufstockungen	7	OILDAT	OILDAT		OILDAT	OILDAT						OILDAT
PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	8	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	9							FORMEL				
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10											
Wärme- und Braunkraftwerke der allg. Versorgung	11					OKDAT	OKDAT	OKDAT	OKDAT			OKDAT
Industrie- und Braunkraftwerke (nur für Strom)	12					IKDAT	IKDAT	IKDAT	IKDAT	IKDAT	IKDAT	IKDAT
Kernkraftwerke	13											
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14					ESPDAT						
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15					OKDAT	OKDAT	OKDAT	OKDAT			OKDAT
Fernheizwerke	16					OK/FWDAT	OK/FWDAT	OK/FWDAT		OK/FWDAT		OK/FWDAT
Hochöfen	17											
Mineralölverarbeitung	18	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT
Sonstige Energieerzeuger	19											OIL/IK/EEVDAT
Umwandlungseinsatz	20	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	21											
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22											
Wärme- und Braunkraftwerke der allg. Versorgung	23											
Industrie- und Braunkraftwerke (nur für Strom)	24											
Kernkraftwerke	25											
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26											
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27											
Fernheizwerke	28											
Hochöfen	29											
Mineralölverarbeitung	30		OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT
Sonstige Energieerzeuger	31		OILDAT	OILDAT		OILDAT	OILDAT		OILDAT	OILDAT	OILDAT	OIL/IK/EEVDAT
Umwandlungsausstoß	32	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	33							FORMEL				
Steinkohlengruben, -brikettfabriken	34							FORMEL				
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35							FORMEL				
Kraftwerke	36							FORMEL				
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37							FORMEL				
Mineralölverarbeitung	38							OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT
Sonstige Energieerzeuger	39							OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT	OIL/IKDAT
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	40					(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Fackel- u. Leitungsverluste	41											
ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ	42		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	43			OILDAT		NEVDAT	OILDAT	OILDAT	NEVDAT	OILDAT	OILDAT	OILDAT
Statistische Differenzen	44					(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
ENDENERGIEVERBRAUCH	45		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Ernährung und Tabak	47					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Papiergewerbe	48					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Grundstoffchemie	49					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Sonstige chemische Industrie	50					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Gummi- u. Kunststoffwaren	51					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Glas u. Keramik	52					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Verarbeitung v. Steinen u. Erden	53					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Metallerzeugung	54					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
NE-Metalle, -gießereien	55					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Metallbearbeitung	56					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Maschinenbau	57					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Fahrzeugbau	58					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Sonstige Wirtschaftszweige	59					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe	60					(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Schienerverkehr	61					EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Straßenverkehr	62		REST			REST				VERDAT		
Luftverkehr	63		EEVDAT		OILDAT							
Küsten- und Binnenschifffahrt	64					EEVDAT						
Verkehr insgesamt	65		(ber.)		(ber.)	(ber.)				(ber.)		
Haushalte	66		EEVDAT			EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67		EEVDAT		OILDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68		(ber.)		(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 18: Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020: hier Gase & EE**

Frühschätzung Pilot-Energiebilanz 2020	Zeile	Gase				Erneuerbare Energien		
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Kokereigas Stadtgas	Gichtgas Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft Windenergie Photovoltaik	Biomasse erneuerbare Abfälle	Geothermie Umweltwärme
T Joule								
Gewinnung im Inland	1			GASDAT	REST	UBADAT	UBADAT	UBADAT
Einfuhr	2			GASDAT			UBADAT	
Bestandsentnahmen	3			GASDAT				
Energieaufkommen im Inland	4			(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Ausfuhr	5			GASDAT			UBADAT	
Hochseebunkerungen	6							
Bestandsaufstockungen	7							
<b>PRIMARENERGIEVERBRAUCH IM INLAND</b>	<b>8</b>			(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	9							
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10							
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	OKDAT		ESPDAT	ESPDAT		UBADAT	
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	12	IKDAT	IKDAT	IKDAT			UBADAT	
Kernkraftwerke	13							
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14			OKDAT	OKDAT	UBADAT	UBADAT	UBADAT
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15			OKDAT	OKDAT		UBADAT	
Fernheizwerke	16	OK/FWDAT		OK/FWDAT	OK/FWDAT		UBADAT	UBADAT
Hochöfen	17							
Mineralölverarbeitung	18							
Sonstige Energieerzeuger	19						UBADAT	
Umwandlungseinsatz	20	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)
Kokereien	21	FORMEL						
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22							
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	23							
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	24							
Kernkraftwerke	25							
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26							
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27							
Fernheizwerke	28							
Hochöfen	29		REST					
Mineralölverarbeitung	30							
Sonstige Energieerzeuger	31							
Umwandlungsausstoß	32	(ber.)	(ber.)					
Kokereien	33	FORMEL	FORMEL	FORMEL			UBADAT	
Steinkohlenscheunen, -brikettfabriken	34			FORMEL				
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35						UBADAT	
Kraftwerke	36							
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37			FORMEL			UBADAT	
Mineralölverarbeitung	38	FORMEL		FORMEL			UBADAT	
Sonstige Energieerzeuger	39			GASDAT			UBADAT	
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	40	(ber.)	(ber.)	(ber.)			(ber.)	
Fackel- u. Leitungsverluste	41		FORMEL	GASDAT	FORMEL			
<b>ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ</b>	<b>42</b>	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)
<b>NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH</b>	<b>43</b>			NEVDAT				
Statistische Differenzen	44			(ber.)				
<b>ENDENERGIEVERBRAUCH</b>	<b>45</b>	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Ernährung und Tabak	47			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Papiergewerbe	48			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Grundstoffchemie	49	EEVDAT		EEVDAT			UBADAT	
Sonstige chemische Industrie	50			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Gummi- u. Kunststoffwaren	51			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Glas u. Keramik	52			EEVDAT			UBADAT	
Verarbeitung v. Steine u. Erden	53			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Metallerzeugung	54	REST	EEVDAT	EEVDAT	EEVDAT			
NE-Metalle, -gießereien	55			EEVDAT			UBADAT	
Metallbearbeitung	56	EEVDAT		EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Maschinenbau	57			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Fahrzeugbau	58	EEVDAT		EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Sonstige Wirtschaftszweige	59	EEVDAT		EEVDAT			UBADAT	UBADAT
<b>Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe</b>	<b>60</b>	(ber.)	(ber.)	(ber.)	(ber.)		(ber.)	(ber.)
Schienerverkehr	61						UBADAT	
Straßenverkehr	62			VERDAT			UBADAT	
Luftverkehr	63							
Küsten- und Binnenschifffahrt	64							
Verkehr insgesamt	65			(ber.)			(ber.)	
Haushalte	66			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67			EEVDAT			UBADAT	UBADAT
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68			(ber.)			(ber.)	(ber.)

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 19: Datenquellen zur Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020:  
hier Sonstige ET & Summen**

Frühschätzung Pilot-Energiebilanz 2020  T Joule	Zeile	Sonstige				Energieträger insgesamt		
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Fossile Abfälle Sonstige	Strom	Kernenergie	Fernwärme	Primär-energie-träger	Sekundär-energie-träger	Summe
Gewinnung im Inland	1	REST						
Einfuhr	2		OKDAT	FORMEL				
Bestandsentnahmen	3							
Energieaufkommen im Inland	4	(ber.)	(ber.)	(ber.)				
Ausfuhr	5		OKDAT					
Hochseebunkerungen	6							
Bestandsaufstockungen	7							
PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	8	(ber.)	(ber.)	(ber.)				
Kokereien	9							
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10							
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	OKDAT						
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	12	IKDAT						
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	13			FORMEL				
Kernkraftwerke	14		UBA/ESP DAT					
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	15	OKDAT						
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	16	OK/FWDAT						
Fernheizwerke	17							
Hochöfen	18							
Mineralölverarbeitung	19							
Sonstige Energieerzeuger	20							
Umwandlungseinsatz	21	(ber.)	(ber.)	(ber.)				
Kokereien	22							
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	23		OKDAT					
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	24		IKDAT					
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	25		VGB					
Kernkraftwerke	26		UBA/ESP DAT					
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	27					OKDAT		
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	28					OK/FWDAT		
Fernheizwerke	29							
Hochöfen	30							
Mineralölverarbeitung	31							
Sonstige Energieerzeuger	32		(ber.)		(ber.)			
Umwandlungsausstoß	33	FORMEL	FORMEL		FORMEL			
Kokereien	34							
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	35		FORMEL		FORMEL			
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	36		OKDAT/FORMEL		FORMEL			
Kraftwerke	37		FORMEL		FORMEL			
Erdöl- und Erdgasgewinnung	38	FORMEL	FORMEL		FORMEL			
Mineralölverarbeitung	39							
Sonstige Energieerzeuger	40							
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	41	(ber.)	(ber.)		(ber.)			
Fackel- u. Leitungsverluste	42		OKDAT		FORMEL			
ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ	43	(ber.)	(ber.)		(ber.)			
NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	44							
Statistische Differenzen	45							
ENDENERGIEVERBRAUCH	46	(ber.)	(ber.)		(ber.)			
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	47		EEVDAT		EEVDAT			
Ernährung und Tabak	48		EEVDAT		EEVDAT			
Papiergewerbe	49	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Grundstoffchemie	50	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Sonstige chemische Industrie	51	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Gummi- u. Kunststoffwaren	52		EEVDAT		EEVDAT			
Glas u. Keramik	53	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Verarbeitung v. Steine u. Erden	54	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Metallerzeugung	55	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
NE-Metalle, -gießereien	56	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Metallbearbeitung	57	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Maschinenbau	58	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Fahrzeugbau	59	EEVDAT	EEVDAT		EEVDAT			
Sonstige Wirtschaftszweige	60	(ber.)	(ber.)		(ber.)			
Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe	61		EEVDAT					
Schienerverkehr	62		VERDAT					
Straßenverkehr	63							
Luftverkehr	64							
Küsten- und Binnenschifffahrt	65		(ber.)					
Verkehr insgesamt	66		EEVDAT		REST			
Haushalte	67		REST		EEVDAT			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	68		(ber.)		(ber.)			
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen								

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

## 4 Evaluierung der Prognosegüte im ex-post-Zeitraum

Im Zusammenhang mit Modellanalysen ist es üblich, die Prognosefähigkeit des eingesetzten Modells vor seinem Einsatz im Wirkbetrieb im Rahmen sog. ex-post-Prognosen zu evaluieren. Dazu wird typischerweise im Stützzeitraum des Modells (der oftmals auch dem Stützzeitraum der geschätzten Regressionsgleichungen entspricht) eine Prognose über die beobachteten Vergangenheitswerte durchgeführt. Aus dem Vergleich von beobachteten modellendogenen Variablen (Energieverbräuche nach Energieträgern und Sektoren) mit den vom Modell für die Vergangenheit geschätzten bzw. replizierten Werten lassen sich entsprechende Rückschlüsse auf die vermutete Prognosefähigkeit ableiten.

Zur Beschreibung der Abweichungen zwischen den beobachteten und den mit Hilfe des Modells geschätzten Werten wird üblicherweise auf folgende statistische Prüfmaße zurückgegriffen<sup>42</sup>:

- ▶ mittlerer absoluter prozentualer Fehler (MAPE),
- ▶ mittlerer Fehler (MEAN),
- ▶ mittlerer absoluter Fehler (MAE) sowie
- ▶ die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (RMSE).

Jedes dieser Fehlermaße misst eine spezifische Eigenschaft der zu analysierenden Zeitreihe bzw. der Abweichungen; für eine qualifizierte Validierung der Abweichungen ist jedoch die gemeinsame Betrachtung aller Prüfgrößen erforderlich.

Bezeichnet man mit  $x_t$  den realisierten und mit  $P_t$  den abweichenden bzw. geschätzten Wert einer Variablen zum Zeitpunkt  $t$  und ist  $T$  die Anzahl der Abweichungszeitpunkte, dann ist der mittlere Fehler (MEAN) definiert als:

$$(4) \quad MEAN = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (X_t - P_t)$$

Dieses Fehlermaß dient dazu zu überprüfen, ob die Abweichungen zu einseitigen Über- bzw. Unterschätzungen tendieren und sollte daher möglichst nahe Null liegen. Der mittlere, absolute, prozentuale Fehler (MAPE = **M**ean **A**bsolute **P**ercentage **E**rror)

$$(5) \quad MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|X_t - P_t|}{P_t} * 100$$

der mittlere absolute Fehler (MAE = **M**ean **A**bsolute **E**rror)

$$(6) \quad MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |X_t - P_t|$$

und die Wurzel aus dem mittleren, quadratischen Fehler (RMSE = **R**oot **M**ean **S**quared **E**rror)

$$(7) \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (X_t - P_t)^2}$$

sollten nicht isoliert, sondern im Zusammenhang betrachtet werden und können erst dann einen vollständigen Eindruck von Abweichungen der analysierten Zeitreihen geben.

Der MAPE fällt bei Zeitreihen, die um den Wert Null schwanken, häufig relativ hoch aus, obwohl die tatsächliche Entwicklung gut nachgezeichnet wird, so dass in solchen Fällen die Aussagekraft des mittleren absoluten Fehlers höher einzuschätzen ist. Umgekehrt kann bei betragsmäßig

<sup>42</sup> Vgl. dazu u.a. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (1987), Ein Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland, Band 1: Gesamtdarstellung.

großen Variablen ein entsprechend großer absoluter Fehler durch die Betrachtung der prozentualen Abweichungen relativiert werden.

Der RMSE ist seinerseits in Verbindung mit dem MAE zu interpretieren. Da in seiner Berechnung die Fehler quadriert eingehen, werden große Abweichungen stärker „bestraft“ als kleine. Somit kann der Unterschied von MAE und RMSE als Anhaltspunkt dafür dienen, ob die Fehler ein relativ gleichmäßiges Niveau aufweisen oder ob einige extreme „Ausreißer“ vorkommen: Je kleiner die Differenz, umso geringer ist die Anzahl der extremen Ausreißer.

So anschaulich die skizzierten Fehlermaße zur Beurteilung der Anpassungs- bzw. Prognosegüte sein mögen, ihre Berechnung stößt im Zusammenhang mit der hier aufgeworfenen Fragestellung „Frühschätzung der Energiebilanz 2020 im Februar des Folgejahres, unter Verwendung aller bereits vorliegenden Statistikinformationen“ und der mit dieser Aufgabenstellung zwangsläufig verbundenen methodisch spezifischen Umsetzung auf erhebliche Schwierigkeiten. So greift

- ▶ die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz nicht auf ein einziges, idealerweise in sich geschlossenes formales Modellsystem zurück, mit dessen Hilfe unter Vorgabe einheitlicher exogener Entwicklungen (die hier für das Berichtsjahr 2020 teilweise bereits als beobachtete Größen vorliegen) die Prognose für das Berichtsjahr 2020 errechnet wird.<sup>43</sup>
- ▶ Vielmehr werden (wie in Kapitel 3 beschrieben) im Rahmen des hier verwendetet Hybrid-Ansatzes verschiedene methodische Ansätze und Modellteile miteinander verknüpft, um der Zielsetzung dieser Studie gerecht zu werden und möglichst alle im Frühjahr 2021 bereits vorliegenden Statistikdaten (insbesondere monatliche Erhebungen zu Energieverbrauch) in die Schätzung einfließen zu lassen. Aus der Verwendung des Hybrid-Ansatzes folgt, dass die skizzierten Fehlermaße nicht einfach (auf Knopfdruck) im Rahmen einer Simulation, sondern nur über eine Reihe von Pilotenergiebilanzen ermittelt werden, die mit eben diesem Hybrid-Ansatz für den ex-post-Zeitraum erzeugt wurden.
- ▶ Zur Erstellung einer ex-post-Zeitreihe prognostizierter „Pilotenergiebilanzen“ mit Hilfe des Hybrid-Ansatzes müssten konsequenterweise auch sämtliche Datenstände, die in die verschiedenen Module einfließen, für jedes vergangene Jahr exakt so verwendet werden, wie sie zum 15. Februar eines jeden Berichtsjahres  $t+1$  vorlagen. Aus heutiger Perspektive kann diese Information rückwirkend über einen Zeitraum von 10 oder gar 15 Jahren allerdings nicht mehr verlässlich reproduziert werden.

Aus alledem folgt, dass eine ex-post-Prognose von Frühschätzungen der Pilotenergiebilanz für in der Vergangenheit liegende Berichtsjahre im Rahmen des vorliegenden Forschungsansatzes sachlich vertretbar nicht berechnet werden konnte (allerdings auch nicht Gegenstand des Auftrags war).

Allerdings sind Rückschlüsse auf die Prognosegenauigkeit (mit gewissen Einschränkungen) auch ungeachtet der Ermittlung der o.g. Fehlermaße mit Zeitreihenbezug aus dem empirischen Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand Februar 2021) mit Energiebilanzen basierend auf späteren Datenständen (vorl. Schätzenergiebilanz 2020 aus dem Juni 2021) und der endgültigen Energiebilanz 2020 (im Frühjahr 2022) grundsätzlich möglich.

---

<sup>43</sup> In diesem Fall (ein Modellansatz) ließen sich die gewünschten Prüfmaße einfach bestimmen, indem mit Hilfe des Modells eine Reihe von „Pilotenergiebilanzen“ auch für diejenigen Jahre „prognostiziert“ bzw. berechnet werden, in denen endgültige Energiebilanzen bereits verfügbar sind. Dabei sollte allerdings beachtet werden, dass die ex-post-Prognosen nicht im Rahmen einer dynamischen Simulation, sondern als statistische Modelllösung generiert werden (vgl. dazu auch die Ausführungen in Kapitel 6.3 dieser Studie).

Hinzu kommt, dass aus der laufenden Fortführung von Frühschätzungen der Pilotenergiebilanzen (diese ist im aktuellen BMWK-Auftrag an die AG Energiebilanzen „Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland (2021 – 2023)“ ausdrücklich vorgesehen) im Laufe zukünftiger Berichtsjahre eine „ex-post“-Zeitreihe von Pilotenergiebilanzen erwächst, so dass in Zukunft auch die nachträgliche Ausweisung zeitreihengestützter Fehler- bzw. Prüfmaße möglich sein wird.

## 5 Ergebnis: Pilotenergiebilanz 2020

Auf der Grundlage der in den vorangegangenen Abschnitten dargelegten empirischen Datensituation (Stand 1. Februar 2020) und unter Einsatz der skizzierten Methoden zum Schließen von Datenlücken in unterjährigen Erhebungen sowie mit Hilfe ökonomischer Schätzverfahren wurde eine vollständige Pilotenergiebilanz 2020 (in Terajoule und natürlichen Einheiten) erstellt, obwohl originäre, zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland für diesen Berichtszeitraum eigentlich notwendige Statistikdaten noch nicht vorliegen. Ziel ist es, zu diesem frühen Zeitpunkt eine Pilotenergiebilanz für 2020 vorzulegen, die aufgrund des eingesetzten Hybrid-Konzeptes (vgl. Abschnitt 3) bereits eine möglichst hohe Genauigkeit aufweist.<sup>44</sup> In den nachfolgenden Abschnitten (Kapitel 5.1.1 bis 5.1.4) werden zur besseren Einordnung der Ergebnisse zunächst die Rahmenbedingungen der Frühschätzung skizziert.<sup>45</sup>

### 5.1 Randbedingungen der Frühschätzung 2020

#### 5.1.1 Makroökonomische und sektorale Einflussgrößen

Eine exportorientierte Volkswirtschaft, die einen erheblichen Teil ihres Bedarfs an Energieträgern und Rohstoffen importiert, wie dies charakteristisch für Deutschland ist, hängt selbstverständlich in vielfältiger Weise von weltwirtschaftlichen Entwicklungen ab. Die Weltwirtschaft schrumpfte 2020 vor allem in Folge der ökonomischen Auswirkungen der Corona-Pandemie, aber auch vor dem Hintergrund zunehmender Handelsbarrieren nach Schätzung des IWF um rund 3,0 %.<sup>46</sup> Zum Vergleich: Im Jahr 2019 expandierte die Weltwirtschaft noch um 2,8 %. Allein diese Entwicklung trübte die Wachstumsperspektiven der deutschen Wirtschaft spürbar ein.

Das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist im Jahr 2020 um rund 5,0 % gesunken (der Konjunkturreinbruch fiel damit geringer aus als zunächst erwartet, zugleich ist das BIP weniger stark eingebrochen als in der Währungs- und Finanzkrise (2009: -5,7 %)). Im vorausgegangenen Jahr war das Bruttoinlandsprodukt noch mit 0,6 % gestiegen. Wachstumsimpulse gingen 2020 vor allem von den Konsumausgaben des Staates (2020: + 3,4 %) und den Bauinvestitionen (+ 1,5 %) aus. Die Ausfuhren von Waren und Dienstleistungen brachen hingegen 2020 mit einem Minus von 9,9 % deutlich ein. Zugleich verringerten sich die Importe gegenüber dem Vorjahr um 8,6 %.

Insbesondere die Auswirkungen des ersten „Lock-down“ zur Bekämpfung der Corona-Pandemie sowie die zeitweilige Unterbrechung von Lieferketten traf die produzierenden Bereiche der Wirtschaft mit voller Härte. Die Produktion im Produzierenden Gewerbe insgesamt ist im Jahr 2020 um -7,8 % geschrumpft (2019: -3,5 %), im Verarbeitenden Gewerbe ging die Produktion (ebenfalls gemessen am Produktionsindex) 2020 sogar um -10 % (2019: -4,5 %) zurück. Nach der im Sommer 2020 allmählich einsetzenden wirtschaftlichen Erholung traf der erneute „Lock-down“ im Rahmen der zweiten Corona-Welle (seit November 2020) vor allem den privaten Konsum und die Dienstleistungsbereiche (Hotel- und Gaststättengewerbe, Touristik).

<sup>44</sup> Die empirische Verifikation der Schätzgenauigkeit kann selbstverständlich zum Zeitpunkt der Schätzung noch nicht abschließend beurteilt werden. Dieser numerische Abgleich kann erst erfolgen, wenn die endgültige Energiebilanz 2020 von der AG Energiebilanzen im Frühjahr 2022 publiziert wird und ist Gegenstand des vorliegenden Endberichtes (vgl. die Kapitel 7, 8 und 9).

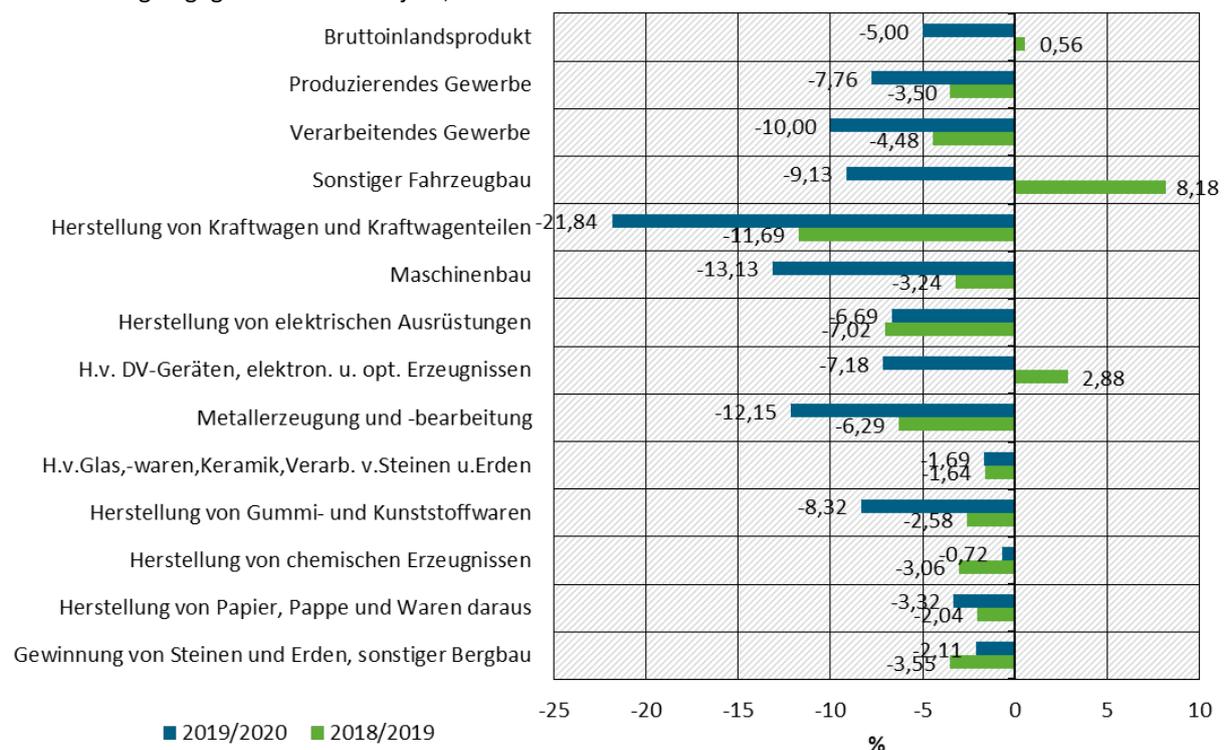
<sup>45</sup> Die Einflussgrößen auf den Energieverbrauch wurden von den Autoren bereits in AG Energiebilanzen (2021), Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020, ausführlich beschrieben. Die genannten Abschnitte wurden in dieser Studie aus dieser Quelle übernommen.

<sup>46</sup> Vgl. Manager-Magazin (2020).

Die Divergenzen bei den makroökonomischen Verwendungsaggregaten finden unmittelbar ihren Niederschlag in der sektoralen Produktion (und haben darüber hinaus einen wesentlichen Einfluss auf die Veränderungen des Energieverbrauchs im Berichtszeitraum): Wirtschaftszweige, die entweder selbst einen Großteil ihrer Produktion im Ausland absetzen oder als Vorleistungslieferant für exportabhängige Sektoren tätig sind, waren überdurchschnittlich hart vom Einbruch der Exporte betroffen. Konsum- oder verbrauchsgüterproduzierende Wirtschaftszweige sowie Dienstleistungssektoren (ohne Bau) waren von den indirekten einkommensinduzierten Effekten der Covid-19-Maßnahmen (Kurzarbeitergeld, außerordentliche Wirtschaftshilfen usw.) sowie Lock-down-Maßnahmen betroffen. Lediglich Branchen, die Vorleistungen für die Bauwirtschaft herstellen, waren weniger stark von der konjunkturellen Abschwächung betroffen (Einzelheiten vgl. Abbildung 20).

**Abbildung 20: Bruttoinlandsprodukt und Produktionsindex nach Sektoren**

Veränderungen gegenüber dem Vorjahr, in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, Destatis (Datenstand: Ende Februar).

### 5.1.2 Demografische Faktoren

In der Zeit zwischen 2019 und 2020 nahm die Bevölkerung in Deutschland nur noch von 83,093 Mio. auf rund 83,158 Mio. Menschen zu, dies entspricht einem Bevölkerungswachstum von weniger als 0,1 %. Die Zahl der Haushalte dürfte unter diesen Prämissen ebenfalls geringfügig weiter zunehmen. 2019 existierten in Deutschland rund 41,5 Mio. Haushalte, davon rund 42,3 % Einpersonenhaushalte.

Die demografische Entwicklung dürfte 2020 also „rein rechnerisch“ verbrauchssteigernd auf den Energieverbrauch gewirkt haben, wenngleich ihr Einfluss in Anbetracht der vernachlässigbaren demografischen Entwicklung von untergeordneter Bedeutung gewesen sein dürfte.

### 5.1.3 Energiepreise

Darüber hinaus spielen die Energiepreise für das Verbrauchsverhalten, für Effizienzsteigerungen sowie für Substitutionen (zwischen Energie und Kapital sowie Material bzw. Rohstoffen) eine wichtige Rolle. Grundsätzlich gilt, dass Effizienzverbesserungen und Substitutionen umso eher erfolgen, je höher Preissteigerungen bei einzelnen Energieträgern ausfallen.

Die Corona-Pandemie bzw. die damit verbundenen Auswirkungen auf die globale Energienachfrage hat die Verfassung der Weltenergiemärkte im Jahr 2020 erheblich beeinflusst. Die Einfuhrpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohlen sind im Durchschnitt des Jahres 2020 um 23,3 % bis 34,1 % gefallen, nachdem sie bereits im Vorjahr insbesondere für Erdgas und Steinkohle spürbar nachgegeben hatten (vgl. Tabelle 3). Die Importpreise auf Dollarbasis sind nicht ganz so kräftig gesunken. Die Wechselkursentwicklung (Aufwertung des Euro gegenüber dem US-Dollar) hat den Preisrückgang auf dem Weltmarkt für Verbraucher in Deutschland zum Teil verstärkt.

Die Preise für inländische Verbraucher weichen von der Entwicklung der Importpreise zum Teil spürbar ab, da diese neben staatlichen Steuern und Abgaben auch Komponenten wie Transport und Verteilungskosten sowie sonstige Vertriebskosten umfassen.

**Tabelle 3: Preise ausgewählter Energieträger**

2020 und 2019, Veränderungen in %

	2019	2020				Ø
		1. VJ	2. VJ	3. VJ	4. VJ	
	Einfuhrpreise					
Erdöl	-2,3	-15,5	-56,4	-29,4	-33,2	-34,1
Erdgas	-20,6	-33,9	-40,0	-24,0	-8,4	-27,1
Steinkohle	-13,3	-26,8	-24,4	-25,5	-15,3	-23,3
	Verbraucherpreise					
Heizöl, leicht	-2,5	-10,2	-26,9	-34,6	-32,0	-25,9
Erdgas	3,9	2,4	1,6	-0,9	-1,8	0,3
Strom	3,4	4,3	4,3	2,0	1,6	3,0

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW nach Destatis.

### 5.1.4 Temperatur- und Witterungseinfluss

Für einen großen Teil des nicht-industriellen Energieverbrauchs spielt die Temperatur eine erhebliche Rolle, weil der überwiegende Teil des Energieverbrauchs in diesen Bereichen zum Beheizen privat oder gewerblich genutzter Räume bestimmt ist. Der Temperatureinfluss wird üblicherweise mit Hilfe von Gradtagzahlen gemessen; diese Maßzahl spiegelt vereinfacht

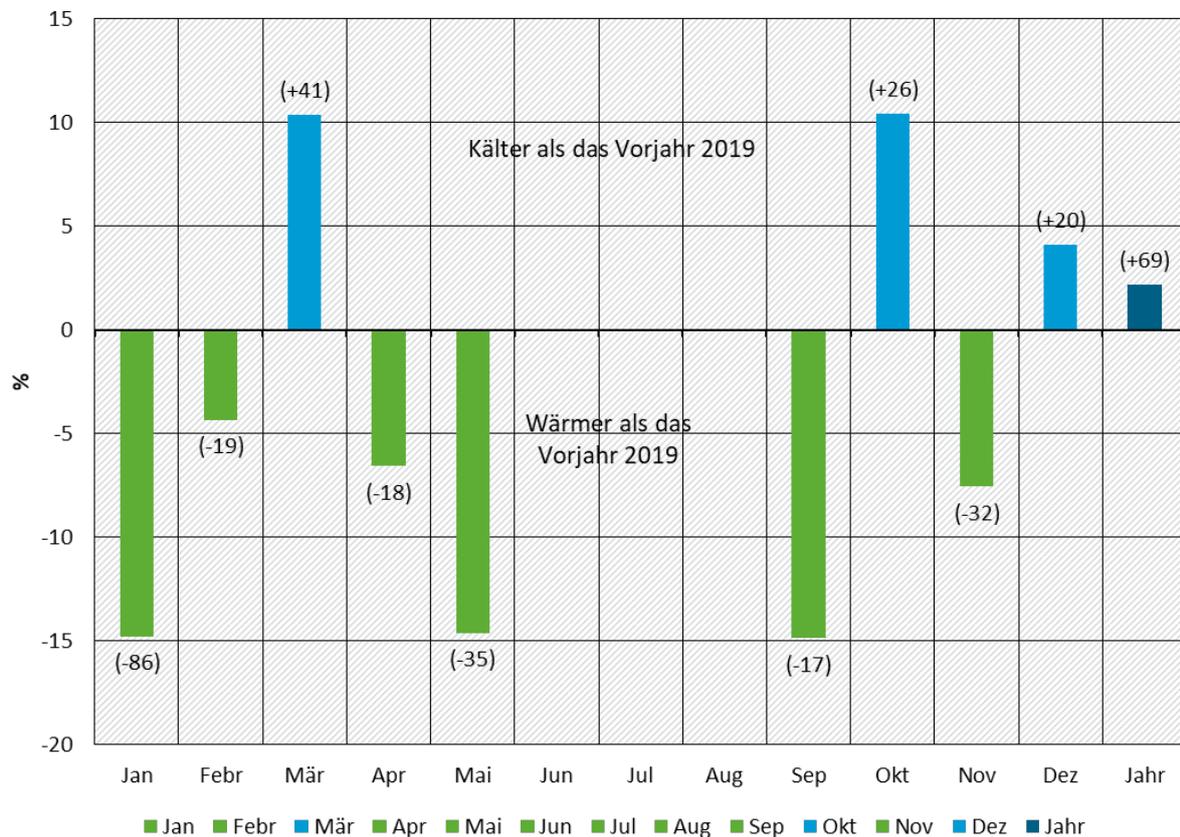
gesprochen die kumulierte Anzahl der Tage wider, an denen die Durchschnittstemperatur unter ein bestimmtes Niveau (Heizgrenztemperatur, hier 15°C) fällt.<sup>47</sup>

Im Jahr 2020 lag die Gradtagzahl spürbar unter dem Niveau des langjährigen Durchschnitts (arithmetisches Mittel von 1990 bis 2019 über 16 Messstationen). Die geringere Anzahl von Tagen mit einer Heizgrenztemperatur unter 15°C weist grundsätzlich auf ein höheres durchschnittliches Temperaturniveau im Berichtsjahr und eine damit verbundene Verringerung des beobachteten Energiebedarfs (insbesondere zur Beheizung von Wohnräumen) hin.

Auch gegenüber dem Vorjahr hat sich die Gradtagzahl im etwas wärmeren Jahr 2020 um 83 auf 3.136 verringert. Die Gradtagzahlen lagen 2020 um rund 2,6 % unter denen des Vorjahres (höhere Temperaturen), so dass der Energieverbrauch im Jahr 2020, auch verglichen mit dem Jahr 2019, allein aufgrund des Witterungseinflusses gesunken sein dürfte (vgl. Abbildung 21).

**Abbildung 21: Monatliche Gradtagzahlen im Jahr 2020 in Deutschland (arith. Mittel 16 Wetterstationen)**

Prozentuale Veränderung gegenüber dem Vorjahr (ohne die Monate Juni bis August), absolute Veränderung der Gradtagzahlen in Klammern



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, Berechnung auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

<sup>47</sup> Konkret sind Gradtagzahlen (nach DIN VDI 3807) definiert als die Summe der Differenzen zwischen einer festgelegten Rauminnentemperatur (hier 20 °C) und dem Tagesmittel der Tage, an denen die Lufttemperatur unter der Heizgrenztemperatur (hier 15 °C) liegt.

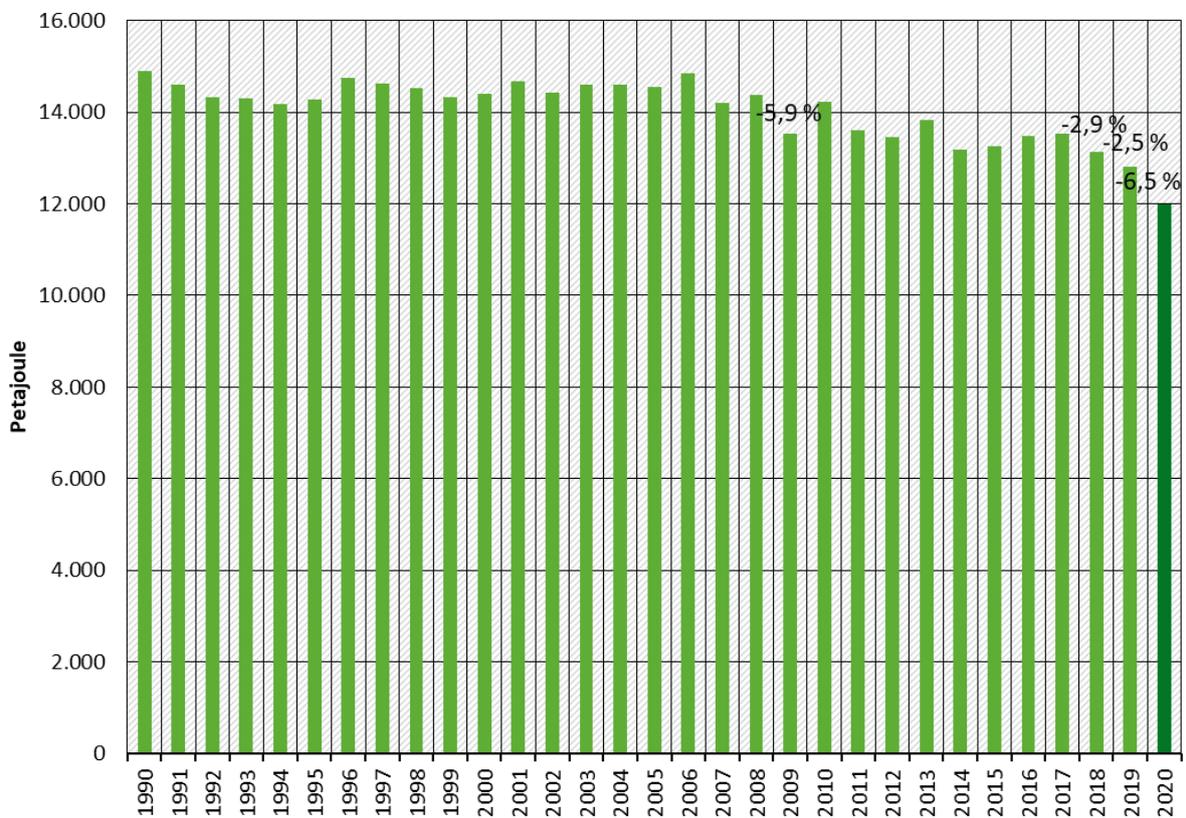
## 5.2 Zusammenfassende Entwicklungen: Der Energieverbrauch im Berichtsjahr 2020

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2020 (nach ersten vorläufigen Berechnungen auf Basis der in dieser Studie vorgelegten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz) insgesamt 11.977 PJ. Gegenüber dem Vorjahr nahm der Primärenergieverbrauch um rund 6,5 % ab, sofern man für das Berichtsjahr 2019 die inzwischen vorliegenden Ergebnisse der endgültigen Energiebilanz Deutschland zugrunde legt (Primärenergieverbrauch 2019: 12.805 PJ, vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23). Nach den Berechnungen der Schätzenergiebilanz betrug der vorläufige Primärenergieverbrauch im Jahr 2019 noch 12.779 PJ, so dass sich bezogen auf diese Ausgangsgröße eine Verringerung des Energieverbrauchs um 6,3 % ergibt.

Der Endenergieverbrauch ist nach den Berechnungen der Frühschätzung im Jahr 2020 verglichen mit 2019 insgesamt um rund 5,8 % gesunken (vgl. Abbildung 24). Dies entspricht einem etwas kräftigeren Rückgang als im Gefolge der Währungs- und Finanzkrise 2009 (-5,4 %).

**Abbildung 22: Primärenergieverbrauch\*)**

1990 bis 2020, in Petajoule sowie ausgewählte Veränderungsraten in %



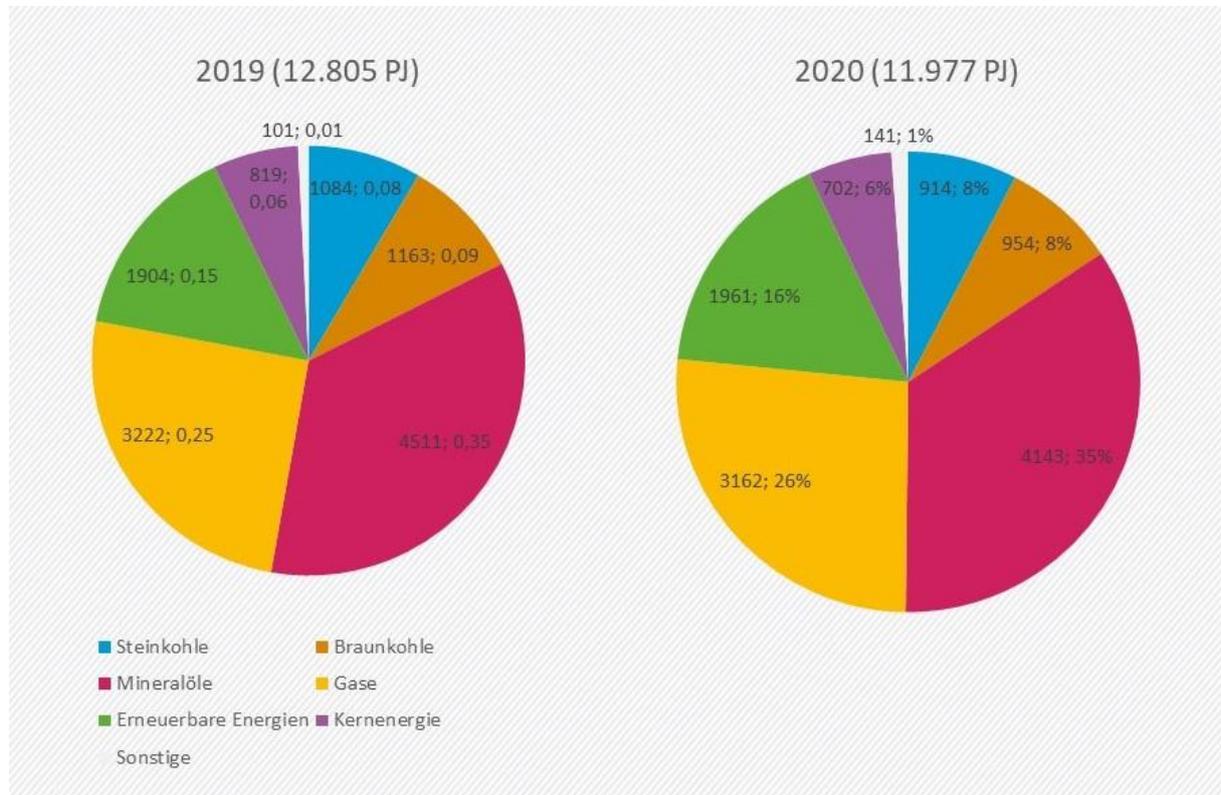
Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW nach AG Energiebilanzen. \*) PEV nach endg. Energiebilanz 2019 rund 12.805 PJ, nach vorl. Schätzenergiebilanz 2019 (Stand September 2020: 12.779 PJ. Veränderung PEV 2020 lt. Frühschätzung ggü. vorl. Schätzenergiebilanz 2019: -6,3 %.

Die Entwicklung in den einzelnen Verbrauchsbereichen des Endenergieverbrauchs verlief sehr heterogen (vgl. Tabelle 4). Zusammengefasst ist festzustellen, dass sich die ökonomischen und sektoralen Folgen, die sich aus der Bekämpfung der Corona-Pandemie (zeitweiliger „Lock-

down“ mit Unterbrechung der Lieferketten, Einschränkungen der Mobilität, erhöhte Anwesenheit in der eigenen Wohnung u.a. durch Kontaktbeschränkungen sowie mobilem Arbeiten, Schließung von Gastronomie und weiten Teilen des stationären Einzelhandels) ergeben haben, spürbar in der Entwicklung des Endenergieverbrauchs niedergeschlagen haben.

**Abbildung 23: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern**

2020 und 2019, in Petajoule und Anteile in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, AG Energiebilanzen.

Bedingt durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie, aber auch aufgrund der bereits seit dem 3. Quartal 2018 eingetrübten Konjunktur, zeigte sich die Energienachfrage der Industrie (ohne den Energieeinsatz zur Stromerzeugung in Industriekraftwerken sowie in Hochöfen, Raffinerien und Kokereien, die in der Energiebilanz dem Umwandlungssektor zugeordnet werden) mit 4,8 % spürbar rückläufig. Die Verbrauchsentwicklung in den einzelnen Industriesektoren verlief ebenfalls sehr unterschiedlich. Exportorientierte Branchen wie z.B. der Fahrzeugbau oder der Maschinenbau verzeichneten mit -26 % und -13 % ein deutlich zweistelliges Verbrauchsminus. Konsumnahe Wirtschaftszweige wie z.B. die Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabak oder Sektoren, die in hohem Maße von der Baukonjunktur<sup>48</sup> abhängen (wie die Verarbeitung von Steinen und Erden), konnten ihre Produktion ausweiten, so dass auch der damit verbundene Energieverbrauch zugenommen hat.

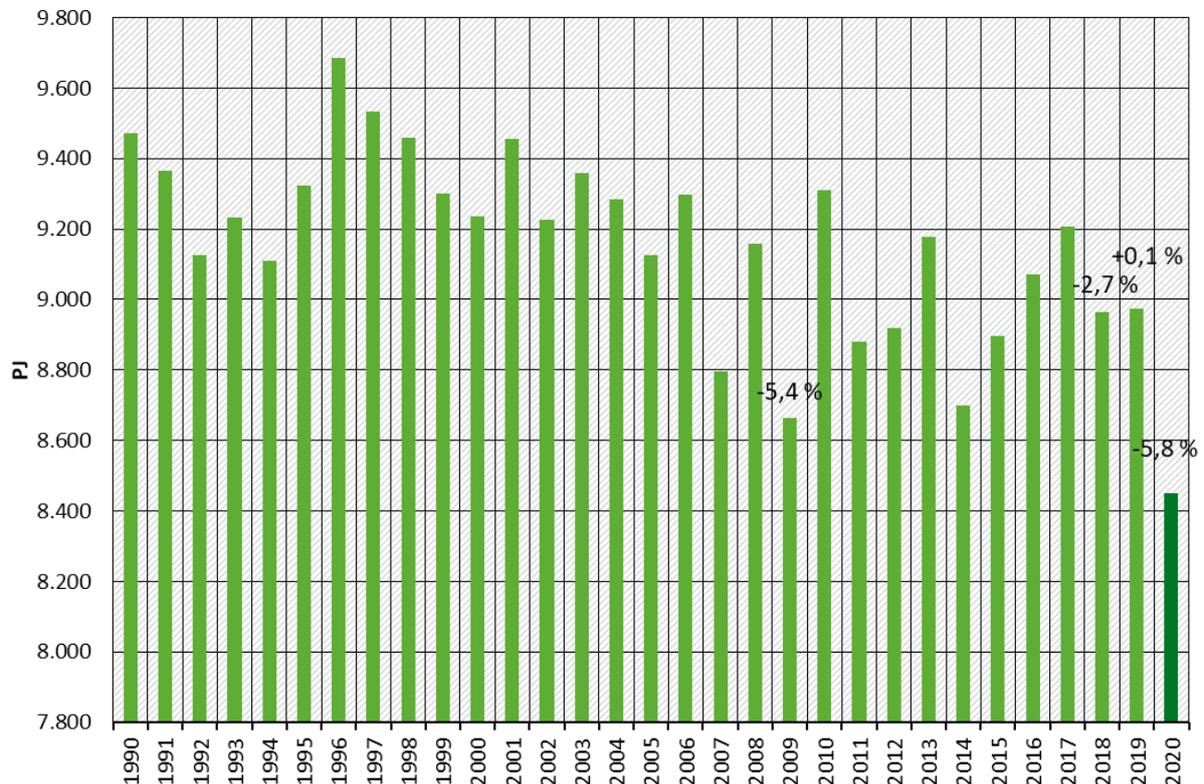
Der Energie- bzw. Kraftstoffverbrauch zur Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen ist 2020 um ca. 13,3 % eingebrochen. Der mit Abstand größte Beitrag zu dieser Entwicklung ist auf den drastischen Rückgang der Verkehrsleistung im Flugverkehr als unmittelbare Folge der Einschränkungen der Reisefreiheit aufgrund der Corona-Pandemie zurückzuführen. Der Verbrauch von Flugturbinenkraftstoffen ist um rund 53,3 % gegenüber dem Vorjahr gesunken.

<sup>48</sup> Im Baugewerbe konnte die Wirtschaftsleistung gegenüber dem Vorjahr nach Angaben des Statistischen Bundesamtes um rund 5,3 % zulegen.

Im Straßenverkehr hat sich der Kraftstoffverbrauch 2020 um 5,6 %, im Schiffsverkehr um 16,0 % und im Schienenverkehr um 3,3 % verringert.

**Abbildung 24: Endenergieverbrauch<sup>\*)</sup>**

1990 bis 2020, in Petajoule sowie ausgewählte Veränderungsraten in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW, AG Energiebilanzen. \*) EEV nach endg. Energiebilanz 2019 rund 8.973 PJ, nach vorl. Schätzenergiebilanz 2019 (Stand September 2020: 9.056 PJ. Veränderung des Endenergieverbrauchs 2020 lt. Frühschätzung ggü. vorl. Schätzenergiebilanz 2019: -6,7 %.

**Tabelle 4: Struktur des Energieverbrauchs nach Sektoren**

2016 bis 2020, in Petajoule sowie Veränderungen gegenüber dem Vorjahr in %

	2016	2017	2018	2019	2020
	in PJ				
Gewinnung im Inland	3.973	4.051	3.890	3.612	3.428
Primärenergieverbrauch	13.491	13.523	13.129	12.805	11.977
Umwandlungseinsatz	10.701	10.597	10.305	9.814	9.221
Umwandlungsausstoß	8.027	8.046	7.786	7.680	7.266
Sonst. E.-Verbr., Verluste	781	774	839	772	760
Nicht-energetischer Verbrauch	964	989	807	925	812
Endenergieverbrauch	9.071	9.208	8.963	8.973	8.450
Bergbau, Verarb. Gewerbe	2.609	2.666	2.601	2.512	2.391

	2016	2017	2018	2019	2020
Verkehr	2.690	2.765	2.743	2.722	2.361
Private Haushalte	2.376	2.342	2.320	2.425	2.462
Gewerbe, Handel, Dienstl.	1.396	1.434	1.299	1.315	1.236
	Veränderungen in % gegenüber dem Vorjahr				
Gewinnung im Inland	-2,5	2,0	-4,0	-7,1	-5,1
Primärenergieverbrauch	1,7	0,2	-2,9	-2,5	-6,5
Umwandlungseinsatz	0,3	-1,0	-2,8	-4,8	-6,1
Umwandlungsausstoß	1,7	0,2	-3,2	-1,4	-5,4
Sonst. E.-Verbr., Verluste	24,4	-0,8	8,4	-8,0	-1,6
Nicht-energetischer Verbrauch	0,3	2,6	-18,4	14,6	-12,2
Endenergieverbrauch	1,9	1,5	-2,7	0,1	-5,8
Bergbau, Verarb. Gewerbe	2,4	2,2	-2,4	-3,4	-4,8
Verkehr	2,6	2,8	-0,8	-0,8	-13,3
Private Haushalte	3,2	-1,4	-1,0	4,5	1,5
Gewerbe, Handel, Dienstl.	-2,2	2,7	-9,4	1,2	-6,0

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW nach AG Energiebilanzen

Der Endenergieverbrauch im GHD-Sektor reduzierte sich ebenfalls spürbar (2020: -6,0 %). Das Verbrauchsminus ist zum allergrößten Teil auf die Schließungen des Einzelhandels, des Gaststätten- und Hotelgewerbes sowie körpernaher Dienstleistungen im Frühjahr und das Herunterfahren des öffentlichen Lebens im 4. Quartal 2020 zurückzuführen.

Trotz der im Vergleich zum Vorjahr etwas milderer Witterung ist der Energieverbrauch bei den privaten Haushalten nach der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz im Jahr 2020 leicht um 1,5 % angestiegen. Ursächlich für diese Entwicklung war nicht allein die pandemiebedingt erhöhte Anwesenheit in den eigenen vier Wänden, sondern der Umstand, dass viele Haushalte die Zeitspanne niedriger Heizölpreise genutzt haben, um ihre Tankbestände bei leichtem Heizöl aufzustocken.

### 5.3 Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 (Datenstand 15. Februar 2021)

Im nachfolgenden Abschnitt wird die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 (Abbildung 25 bis Abbildung 28) in der originären Gliederung (in Terajoule) dargestellt, wie sie sich aus den Auswertungen der vorliegenden amtlichen und nicht amtlichen Statistiken, ergänzt um Schätzungen ergibt.

Die nachfolgend abgedruckte Pilotenergiebilanz 2020 bzw. die aus dieser Bilanz resultierenden energiewirtschaftlichen Kennziffern und Eckgrößen konnten zum Zeitpunkt ihrer Erstellung (15. Februar 2021) zur Abschätzung der Plausibilität der Ergebnisse nur mit den empirischen Befunden der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2019 (Stand September 2020) abgeglichen

werden.<sup>49</sup> Vergleiche mit der endgültigen Energiebilanz 2019 (Stand Ende Februar 2021) waren zum Zeitpunkt der Erstellung dieser ersten Pilotenergiebilanz noch nicht möglich.<sup>50</sup>

Empirische Gegenüberstellungen der Pilotenergiebilanz 2020 mit Energiebilanzen zum Berichtsjahr 2020 erfolgten vor diesem Hintergrund zu einem späteren Zeitpunkt im Projektverlauf (im vorliegenden Endbericht findet sich der Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 in Kapitel 7, der Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz 2020 in Kapitel 8).

---

<sup>49</sup> Für ausgewählte Eckgrößen wie z.B. den Primärenergieverbrauch (nach Energieträgern) ist zudem der Vergleich mit den Ergebnissen des AGEB-Jahresberichtes 2020 denkbar, der am 6. April 2021 auf der Homepage der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen veröffentlicht wurde (vgl. AG Energiebilanzen (2020)). In die Berechnungen des Primärenergieverbrauchs fließen allerdings auch Hintergrundinformationen der Energieverbände ein, die im Zusammenhang mit der Frühschätzung noch nicht berücksichtigt werden konnten.

<sup>50</sup> An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass empirische Vergleiche der Pilotenergiebilanz 2020 mit Energiebilanzen zum Berichtsjahr 2019 nicht Gegenstand dieser Studie sind. Derartige Vergleiche wurden nur für ausgewählte Bereiche der Bilanz durchgeführt, sie dienen allein der kritischen Überprüfung der Plausibilität der vorgenommenen Schätzungen für 2020. Vergleiche mit der Energiebilanz 2019 (vorläufig und endgültig) werden vor diesem Hintergrund in dieser Studie nicht dargestellt.

**Abbildung 25: Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Kohle**

in Terajoule, Datenstand 15. Februar 2021

Energiebilanz der Bundesrepublik 2020  T Joule  Stand: 15.02.2021	Zeile	Steinkohlen				Braunkohlen			
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Kohle	Briketts	Koks	Andere Steinkohlenprodukte	Kohle	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Hartbraunkohle
Gewinnung im Inland	1	-	-	-	-	977 000	-	-	-
Einfuhr	2	823 658	2 148	43 373	-	-	11	102	455
Bestandsentnahmen	3	99 372	-	-	-	1 053	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	4	923 030	2 148	43 373	-	978 053	11	102	455
Ausfuhr	5	16 089	35	19 652	-	-	7 950	16 492	-
Hochseebunkerungen	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	7	-	-	19 223	-	-	-	-	-
<b>PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND</b>	<b>8</b>	<b>906 941</b>	<b>2 113</b>	<b>4 499</b>	<b>-</b>	<b>978 053</b>	<b>-7 939</b>	<b>-16 390</b>	<b>455</b>
Kokereien	9	304 097	-	-	-	4 835	-	-	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	-	-	-	-	106 401	-	-	-
Wärme- und KWK der allg. Versorgung	11	291 892	-	-	-	768 825	805	2 115	60
Industriewärme- und KWK (nur für Strom)	12	18 629	-	-	-	29 978	1 609	3 748	-
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	91 867	-	-	-	30 896	42	2 567	395
Fernheizwerke	16	3 022	-	-	-	65	0	2 463	-
Hochöfen	17	-	-	132 854	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	18	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Umwandlungseinsatz</b>	<b>20</b>	<b>709 507</b>	<b>-</b>	<b>132 854</b>	<b>-</b>	<b>941 001</b>	<b>2 456</b>	<b>10 893</b>	<b>455</b>
Kokereien	21	-	-	229 352	-	-	-	4 495	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	25 211	81 190	-
Wärme- und KWK der allg. Versorgung	23	-	-	-	-	-	-	-	-
Industriewärme- und KWK (nur für Strom)	24	-	-	-	-	-	-	-	-
Kernkraftwerke	25	-	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	-	-	-	-	-	-	-	-
Fernheizwerke	28	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	29	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	30	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	31	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Umwandlungsausstoß</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>229 352</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>25 211</b>	<b>85 685</b>	<b>-</b>
Kokereien	33	-	-	-	-	-	-	24	-
Steinkohlengruben, -brikettfabriken	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	-	-	-	-	6 436	167	18	-
Kraftwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	38	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Energieverbrauch im Umwandlungsbereich</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6 436</b>	<b>167</b>	<b>42</b>	<b>-</b>
Fackel- u. Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ</b>	<b>42</b>	<b>197 434</b>	<b>2 113</b>	<b>100 997</b>	<b>-</b>	<b>30 616</b>	<b>14 649</b>	<b>58 360</b>	<b>-</b>
<b>NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH</b>	<b>43</b>	<b>449</b>	<b>-</b>	<b>1 966</b>	<b>-</b>	<b>270</b>	<b>-</b>	<b>12 955</b>	<b>-</b>
Statistische Differenzen	44	-1 524	-	7 134	-	-23 853	1 606	13 251	-
<b>ENDENERGIEVERBRAUCH</b>	<b>45</b>	<b>195 461</b>	<b>2 113</b>	<b>106 165</b>	<b>-</b>	<b>6 493</b>	<b>16 255</b>	<b>58 656</b>	<b>-</b>
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46	-	-	163	-	-	-	2 413	-
Ernährung und Tabak	47	2 818	-	756	-	2 133	2 309	808	-
Papiergewerbe	48	6 048	-	-	-	-	3 248	1 907	-
Grundstoffchemie	49	5 936	-	-	-	1 461	-	3 570	-
Sonstige chemische Industrie	50	1 459	-	17	-	2 899	-	-	-
Gummi- u. Kunststoffwaren	51	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas u. Keramik	52	-	-	2	-	-	-	-	-
Verarbeitung v. Steine u. Erden	53	10 752	-	3 445	-	-	1	42 520	-
Metallerzeugung	54	161 694	-	93 789	-	-	-	7 335	-
NE-Metalle, -gießereien	55	660	-	7 923	-	-	-	5	-
Metallbearbeitung	56	1	-	-	-	-	-	-	-
Maschinenbau	57	278	-	48	-	-	-	36	-
Fahrzeugbau	58	4 303	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Wirtschaftszweige	59	1 342	-	23	-	-	-	61	-
<b>Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe</b>	<b>60</b>	<b>195 290</b>	<b>-</b>	<b>106 165</b>	<b>-</b>	<b>6 493</b>	<b>5 558</b>	<b>58 656</b>	<b>-</b>
Straßenverkehr	61	-	-	-	-	-	-	-	-
Straßenverkehr	62	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-	-
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Verkehr insgesamt</b>	<b>65</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Haushalte	66	110	2 113	-	-	-	10 697	-	-
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	60	-	-	-	-	-	-	-
<b>Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</b>	<b>68</b>	<b>171</b>	<b>2 113</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10 697</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 26: Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Mineralöl**

in Terajoule, Datenstand 15. Februar 2021

Energiebilanz der Bundesrepublik 2020	Zeile	Mineralöle										
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Erdöl (roh)	Otto- kraftstoff	Roh- benzin	Flugturbinen- kraftstoff	Diesel- kraftstoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol- koks	Flüssig- gas	Raffinerie- gas	Andere Mineralöl- produkte
Stand: 15.02.2021												
Gewinnung im Inland	1	80 591	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Einfuhr	2	3 563 612	76 273	316 840	130 702	590 764	151 148	55 221	17 190	55 090	-	59 314
Bestandsentnahmen	3	-	-	9 555	-	-	8 977	5 021	633	2 279	-	16 005
Energieaufkommen im Inland	4	3 644 203	76 273	326 395	130 702	590 764	160 124	60 242	17 823	57 369	-	75 319
Ausfuhr	5	-	225 315	21 374	30 050	290 948	61 343	104 576	23 863	11 497	-	146 951
Hochseebunkerungen	6	-	-	-	-	-	21 108	31 293	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	7	7 512	3 851	-	2 128	13 968	-	-	-	-	738	-
PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	8	3 636 691	-152 893	305 021	98 524	285 848	77 674	-75 627	-6 040	45 872	-738	-71 632
Kokereien	9	-	-	-	-	-	-	-	11 415	-	-	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	-	-	-	-	3	4 544	1 400	89	-	-	795
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	12	-	-	-	-	10	327	5 319	968	872	6 273	13 817
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14	-	-	-	-	-	780	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	-	-	-	-	2	449	278	21	-	-	50
Fernheizwerke	16	-	-	-	-	0	3 719	160	-	24	-	726
Hochöfen	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	18	3 636 691	141 650	87 809	1 897	7 706	70 185	66 325	4	19 039	5 316	102 437
Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	239 664	-	-	-	-	-	-	-	17 659
Umwandlungseinsatz	20	3 636 691	141 650	327 474	1 897	7 721	80 004	73 483	12 497	19 936	11 590	135 485
Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kernkraftwerke	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fernheizwerke	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	30	-	836 972	304 572	108 813	1 097 026	710 496	249 496	55 145	124 019	163 337	318 014
Sonstige Energieerzeuger	31	-	153 691	11 979	-	-	871	8 126	-	3 922	12 816	81 780
Umwandlungsausstoß	32	-	990 663	316 551	108 813	1 097 026	711 366	257 622	55 145	127 942	176 153	399 794
Kokereien	33	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Steinkohlenscheunen, -brikettfabriken	34	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	-	-	-	-	-	79	-	-	-	-	-
Kraftwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	38	-	-	-	-	88	518	17 193	20 363	902	151 996	22 731
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	40	-	-	-	-	88	631	17 193	20 363	902	151 996	22 731
Fackel- u. Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENERGIEANGEBOT IM INL. N. UMWANDLUNGSBILANZ	42	-	696 120	294 099	205 440	1 375 065	708 405	91 320	16 245	152 976	11 830	169 946
NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	43	-	-	294 099	-	7	45 935	54 594	6 087	80 266	15 797	158 477
Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-5 509	-26 095	-5 968	2 351	31 355	-3 405
ENDENERGIEVERBRAUCH	45	-	696 120	-	205 440	1 375 058	656 961	10 631	4 190	75 061	27 388	8 065
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46	-	-	-	-	64	610	39	194	129	-	60
Ernährung und Tabak	47	-	-	-	-	7	5 640	544	-	247	-	-
Papiergewerbe	48	-	-	-	-	158	980	340	-	47	-	28
Grundstoffchemie	49	-	-	-	-	7	564	6 324	267	1 668	27 388	1 047
Sonstige chemische Industrie	50	-	-	-	-	3	1 378	224	263	43	-	-
Gummi- u. Kunststoffwaren	51	-	-	-	-	-	1 823	26	-	350	-	6
Glas u. Keramik	52	-	-	-	-	1	273	2 146	-	72	-	-
Verarbeitung v. Steinen u. Erden	53	-	-	-	-	61	3 027	297	3 032	459	-	6 717
Metallerzeugung	54	-	-	-	-	-	55	25	19	1	-	-
NE-Metalle, -gießereien	55	-	-	-	-	10	655	531	415	102	-	-
Metallbearbeitung	56	-	-	-	-	8	3 029	5	-	763	-	22
Maschinenbau	57	-	-	-	-	93	2 509	27	-	339	-	32
Fahrzeugbau	58	-	-	-	-	17	1 047	-	-	94	-	30
Sonstige Wirtschaftszweige	59	-	-	-	-	14	3 220	103	-	258	-	123
Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe	60	-	-	-	-	442	24 811	10 631	4 190	4 573	27 388	8 065
Schienerverkehr	61	-	-	-	-	-	9 176	-	-	-	-	-
Straßenverkehr	62	-	684 217	-	-	1 251 586	-	-	-	16 275	-	-
Luftverkehr	63	-	179	-	202 551	-	-	-	-	-	-	-
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	-	-	-	-	9 458	-	-	-	-	-	-
Verkehr insgesamt	65	-	684 396	-	202 551	1 270 220	-	-	-	16 275	-	-
Haushalte	66	-	4 129	-	-	-	502 643	-	-	36 340	-	-
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	-	7 595	-	2 888	104 395	129 508	-	-	17 873	-	-
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	-	11 724	-	2 888	104 395	632 150	-	-	54 213	-	-

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 27: Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Gase und erneuerbare Energien**

in Terajoule, Datenstand 15. Februar 2021

Energiebilanz der Bundesrepublik 2020  T Joule  Stand: 15.02.2021	Zeile	Gase				Erneuerbare Energien		
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Kokereigas Stadtgas	Gichtgas Konvertergas	Erdgas Erdölgas	Grubengas	Wasserkraft Windenergie Photovoltaik	Biomasse erneuerbare Abfälle	Solarthermie Geothermie Umweltwärme
Gewinnung im Inland	1	-	-	169 261	10 897	720 713	1 152 788	103 951
Einfuhr	2	-	-	5 470 794	-	-	90 932	-
Bestandsentnahmen	3	-	-	194 616	-	-	-	-
Energieaufkommen im Inland	4	-	-	5 834 671	10 897	720 713	1 243 720	103 951
Ausfuhr	5	-	-	2 683 573	-	-	107 239	-
Hochseebunkerungen	6	-	-	-	-	-	-	-
Bestandsaufstockungen	7	-	-	-	-	-	-	-
<b>PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3 151 098</b>	<b>10 897</b>	<b>720 713</b>	<b>1 136 481</b>	<b>103 951</b>
Kokereien	9	-	-	-	-	-	-	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	-	-	-	-	-	-	-
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	265	-	282 734	5 570	-	144 454	-
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	12	21 919	59 567	185 217	-	-	37 977	-
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14	-	-	53 508	3 382	720 713	210 804	7 801
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	-	-	204 938	1 299	-	68 693	-
Fernheizwerke	16	839	-	68 906	132	-	23 966	3 476
Hochöfen	17	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	18	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	1 386	-
<b>Umwandlungseinsatz</b>	<b>20</b>	<b>23 022</b>	<b>59 567</b>	<b>795 303</b>	<b>10 382</b>	<b>720 713</b>	<b>487 280</b>	<b>11 277</b>
Kokereien	21	61 249	-	-	-	-	-	-
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	23	-	-	-	-	-	-	-
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken (nur für Strom)	24	-	-	-	-	-	-	-
Kernkraftwerke	25	-	-	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26	-	-	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	-	-	-	-	-	-	-
Fernheizwerke	28	-	-	-	-	-	-	-
Hochöfen	29	-	153 927	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	30	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	31	-	-	-	-	-	-	-
<b>Umwandlungsausstoß</b>	<b>32</b>	<b>61 249</b>	<b>153 927</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Kokereien	33	7 008	15 734	16	-	-	481	-
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34	-	-	759	-	-	-	-
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	-	-	-	-	-	235	-
Kraftwerke	36	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	6 080	-	-	16	-
Mineralölverarbeitung	38	973	-	48 201	-	-	131	-
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	63 461	-	-	19 368	-
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich	40	7 981	15 734	118 517	-	-	20 231	-
Fackel- u. Leitungsverluste	41	-	11 922	724	480	-	2 881	-
<b>ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ</b>	<b>42</b>	<b>30 245</b>	<b>66 705</b>	<b>2 236 553</b>	<b>35</b>	<b>-</b>	<b>626 089</b>	<b>92 674</b>
<b>NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH</b>	<b>43</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>141 259</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Statistische Differenzen	44	-	-	66 676	-	-	-	-
<b>ENDENERGIEVERBRAUCH</b>	<b>45</b>	<b>30 245</b>	<b>66 705</b>	<b>2 028 619</b>	<b>35</b>	<b>-</b>	<b>626 089</b>	<b>92 674</b>
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46	-	-	3 796	-	-	223	1
Ernährung und Tabak	47	-	-	116 655	-	-	3 009	18
Papiergewerbe	48	-	-	70 994	-	-	28 587	1
Grundstoffchemie	49	2 377	-	187 367	-	-	2 120	-
Sonstige chemische Industrie	50	-	-	32 805	-	-	712	14
Gummi- u. Kunststoffwaren	51	-	-	20 116	-	-	1 257	13
Glas u. Keramik	52	-	-	58 911	-	-	6	-
Verarbeitung v. Steine u. Erden	53	-	-	43 543	-	-	22 111	4
Metallerzeugung	54	26 475	66 705	57 422	35	-	-	-
NE-Metalle, -gießereien	55	-	-	36 699	-	-	10	-
Metallbearbeitung	56	332	-	40 499	-	-	877	18
Maschinenbau	57	-	-	20 765	-	-	788	43
Fahrzeugbau	58	1 043	-	28 231	-	-	450	19
Sonstige Wirtschaftszweige	59	17	-	38 270	-	-	52 122	334
<b>Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe</b>	<b>60</b>	<b>30 245</b>	<b>66 705</b>	<b>756 073</b>	<b>35</b>	<b>-</b>	<b>112 272</b>	<b>465</b>
Schienerverkehr	61	-	-	-	-	-	776	-
Straßenverkehr	62	-	-	5 455	-	-	138 736	-
Luftverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	-	-	-	-	-	-	-
<b>Verkehr insgesamt</b>	<b>65</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5 455</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>139 512</b>	<b>-</b>
Haushalte	66	-	-	931 233	-	-	256 298	83 894
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	-	-	335 857	-	-	118 007	8 315
<b>Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</b>	<b>68</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1 267 090</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>374 305</b>	<b>92 209</b>

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 28: Pilotenergiebilanz 2020 für die Bundesrepublik Deutschland: hier Sonstige Energieträger und Spaltensummen**

in Terajoule, Datenstand 15. Februar 2021

Energiebilanz der Bundesrepublik 2020  T Joule  Stand: 15.02.2021	Zeile	Sonstige				Energieträger insgesamt		
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
		Fossile Abfälle Sonstige	Strom	Kernenergie	Fernwärme	Primär-energie-träger	Sekundär-energie-träger	Summe
Gewinnung im Inland	1	212 888	-	-	-	3 428 090	-	3 428 090
Einfuhr	2	-	169 567	702 240	-	10 651 691	1 667 744	12 319 435
Bestandsentnahmen	3	-	-	-	-	295 040	42 470	337 510
Energieaufkommen im Inland	4	212 888	169 567	702 240	-	14 374 821	1 710 214	16 085 035
Ausfuhr	5	-	241 625	-	-	2 806 901	1 201 672	4 008 572
Hochseebunkerungen	6	-	-	-	-	-	52 401	52 401
Bestandsaufstockungen	7	-	-	-	-	7 512	39 908	47 419
<b>PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND</b>	<b>8</b>	<b>212 888</b>	<b>-72 058</b>	<b>702 240</b>	<b>-</b>	<b>11 560 408</b>	<b>416 234</b>	<b>11 976 643</b>
Kokereien	9	-	-	-	-	308 932	11 415	320 348
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	-	-	-	-	106 401	-	106 401
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	11	52 565	-	-	-	1 546 100	10 015	1 556 115
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	12	20 152	-	-	-	291 953	114 430	406 383
Kernkraftwerke	13	-	-	702 240	-	702 240	-	702 240
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	14	-	28 779	-	-	996 208	29 559	1 025 767
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	45 902	-	-	-	443 989	3 410	447 399
Fernheizwerke	16	17 810	-	-	-	117 377	7 932	125 309
Hochöfen	17	-	-	-	-	-	132 854	132 854
Mineralölverarbeitung	18	-	-	-	-	3 636 691	502 370	4 139 061
Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	1 386	257 323	258 709
<b>Umwandlungseinsatz</b>	<b>20</b>	<b>136 429</b>	<b>28 779</b>	<b>702 240</b>	<b>-</b>	<b>8 151 278</b>	<b>1 069 308</b>	<b>9 220 586</b>
Kokereien	21	-	-	-	-	-	295 095	295 095
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	106 401	106 401
Wärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	23	-	731 298	-	-	-	731 298	731 298
Industriewärme- und Braunkohlenbrikettfabriken	24	-	197 987	-	-	-	197 987	197 987
Kernkraftwerke	25	-	231 739	-	-	-	231 739	231 739
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen	26	-	893 934	-	-	-	893 934	893 934
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	-	-	-	312 408	-	312 408	312 408
Fernheizwerke	28	-	-	-	102 278	-	102 278	102 278
Hochöfen	29	-	-	-	-	-	153 927	153 927
Mineralölverarbeitung	30	-	-	-	-	-	3 967 890	3 967 890
Sonstige Energieerzeuger	31	-	-	-	-	-	273 185	273 185
<b>Umwandlungsausstoß</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2 054 958</b>	<b>-</b>	<b>414 686</b>	<b>-</b>	<b>7 266 143</b>	<b>7 266 143</b>
Kokereien	33	167	981	-	908	664	24 656	25 321
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34	-	-	-	-	759	28	786
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	-	12 178	-	6 958	6 671	19 401	26 071
Kraftwerke	36	-	102 682	-	-	-	102 682	102 682
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	1 553	-	24	6 096	1 582	7 678
Mineralölverarbeitung	38	558	20 796	-	3 785	48 889	239 343	288 233
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	82 829	-	82 829
<b>Energieverbrauch im Umwandlungsbereich</b>	<b>40</b>	<b>725</b>	<b>138 190</b>	<b>-</b>	<b>11 675</b>	<b>145 909</b>	<b>387 691</b>	<b>533 600</b>
Fackel- u. Leitungsverluste	41	-	97 448	-	35 497	4 085	144 867	148 952
<b>ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ</b>	<b>42</b>	<b>75 735</b>	<b>1 718 483</b>	<b>-</b>	<b>367 514</b>	<b>3 259 137</b>	<b>6 080 510</b>	<b>9 339 647</b>
<b>NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH</b>	<b>43</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>141 978</b>	<b>670 183</b>	<b>812 160</b>
Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-92 053	14 721	-77 332
<b>ENDENERGIEVERBRAUCH</b>	<b>45</b>	<b>75 735</b>	<b>1 718 483</b>	<b>-</b>	<b>367 514</b>	<b>3 025 106</b>	<b>5 425 049</b>	<b>8 450 154</b>
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst. Bergbau	46	-	5 880	-	188	4 020	9 740	13 760
Ernährung und Tabak	47	-	69 359	-	11 965	124 632	91 635	216 268
Papiergewerbe	48	5 322	61 039	-	25 171	110 953	92 918	203 871
Grundstoffchemie	49	29 871	162 759	-	83 247	226 756	289 218	515 974
Sonstige chemische Industrie	50	719	23 354	-	17 625	38 608	42 906	81 513
Gummi- u. Kunststoffwaren	51	-	44 969	-	4 012	21 386	51 187	72 573
Glas u. Keramik	52	-	15 059	-	202	58 917	17 755	76 672
Verarbeitung v. Steine u. Erden	53	39 169	28 885	-	534	115 580	88 976	204 555
Metallerzeugung	54	-	61 431	-	669	219 151	256 505	475 657
NE-Metalle, -gießereien	55	229	60 682	-	844	37 598	71 167	108 765
Metallbearbeitung	56	45	46 606	-	1 368	41 440	52 134	93 574
Maschinenbau	57	202	34 025	-	3 061	22 076	40 170	62 246
Fahrzeugbau	58	-	44 215	-	9 429	33 003	55 875	88 878
Sonstige Wirtschaftszweige	59	177	71 111	-	10 001	92 245	84 931	177 176
<b>Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe</b>	<b>60</b>	<b>75 735</b>	<b>729 373</b>	<b>-</b>	<b>168 315</b>	<b>1 146 364</b>	<b>1 245 118</b>	<b>2 391 481</b>
Schienerverkehr	61	-	40 177	-	-	776	49 353	50 129
Straßenverkehr	62	-	2 308	-	-	144 191	1 954 386	2 098 577
Luftverkehr	63	-	-	-	-	-	202 730	202 730
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	-	-	-	-	-	9 458	9 458
<b>Verkehr insgesamt</b>	<b>65</b>	<b>-</b>	<b>42 485</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>144 967</b>	<b>2 215 927</b>	<b>2 360 894</b>
Haushalte	66	-	456 641	-	177 603	1 271 535	1 190 166	2 461 701
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	-	489 983	-	21 596	462 240	773 839	1 236 078
<b>Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</b>	<b>68</b>	<b>-</b>	<b>946 624</b>	<b>-</b>	<b>199 199</b>	<b>1 733 775</b>	<b>1 964 004</b>	<b>3 697 779</b>

Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

## 6 Unsicherheiten der Frühschätzung

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Schätzungen, die zur frühzeitigen Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 eine unabdingbare Voraussetzung darstellen, grundsätzlich als bedingte Prognosen zu verstehen sind, die die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs bei Vorgabe wichtiger exogener Faktoren beschreiben. Da die Voraussage dieser exogenen Variablen selbst mit Unsicherheiten behaftet ist (bzw. in Abhängigkeit vom verfügbaren Datenstand zumindest teilweise Unsicherheiten unterliegt), birgt jede Prognose zwangsläufig das Risiko von Fehleinschätzungen der zukünftigen Entwicklung.

Um die Tragfähigkeit der prognostizierten Pilotenergiebilanz 2020 als Bestandteil der regelmäßigen Berichterstattung für die Vorjahresschätzung der Treibhausgasemissionen nach § 5 KSG zu evaluieren, soll die Pilotenergiebilanz 2020 vor diesem Hintergrund zu einem späteren Zeitpunkt numerisch mit den dann vorliegenden Energiebilanzen 2020, die auf aktuelleren Datenständen basieren (Schätzenergiebilanz im August 2021, endgültige Energiebilanz im Frühjahr 2022), verglichen werden.

Abweichungen, die zu einem späteren Zeitpunkt zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der Energiebilanz 2020 ggf. beobachtet werden können, sind allerdings keineswegs auf eine einzige Ursache zurückzuführen, vielmehr ist für Divergenzen zwischen der Schätzung und endgültigen Datenständen typischerweise ein Bündel von Einflussfaktoren ursächlich. Die wesentlichen Ursachen für Prognoseunsicherheiten beleuchten die nachfolgenden Abschnitte (eine erste, allerdings recht vorläufige, empirische Validierung der Prognosegenauigkeit erfolgt bereits im 2. Zwischenbericht zu diesem Forschungsvorhaben, indem die Frühschätzung der Energiebilanz 2020 mit den Befunden der Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand Juni 2021) verglichen wird; vgl. dazu Kapitel 7 im vorliegenden Endbericht).

### 6.1 Exogene Vorgaben

Auf die Bedeutung exogener Vorgaben für die Genauigkeit der Prognose wurde bereits eingegangen. Die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 erfolgt Anfang Februar 2021, d.h. für viele der hier verwendeten exogenen Variablen liegen beobachtete Monatswerte bis Oktober oder November für wichtige Einflussgrößen des Energieverbrauchs (z.B. Produktion, Preise usw.) bereits vor. Einige Größen, die den Energieverbrauch maßgeblich beeinflussen können, wie die Gradtagzahlen, liegen zu diesem Zeitpunkt bereits für das Gesamtjahr als beobachtete Werte vor.

Es liegt auf der Hand, dass die ggf. erforderliche Fortschreibung der exogenen Variablen selbst zu Abweichungen zwischen dem prognostizierten und dem später beobachteten tatsächlichen Energieverbrauch führen kann. Um den Einfluss der getroffenen exogenen Vorgaben auf die Abweichungen zu evaluieren, müsste die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 unter Verwendung der zu einem späteren Zeitpunkt als Beobachtungen vorliegenden exogenen Vorgaben (selbstverständlich unter Beibehaltung der verwendeten Prognosemethoden und -verfahren) wiederholt werden. Differenzen zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 (Stand Februar 2021) und der erneut bei Vorliegen aller exogenen Vorgaben geschätzten Pilotenergiebilanz 2020 (z.B. Stand Mai 2021) spiegeln dann den isolierten Einfluss der exogenen Setzungen/Prognose auf das Gesamtergebnis wider.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Der skizzierte Vergleich ist (wie auch die Erstellung einer Prognose im ex-post-Zeitraum zur Evaluierung der hier verwendeten Modellansätze) nicht Gegenstand des vorliegenden Auftrags bzw. der damit verbundenen Studie. Es ist zu vermuten, dass sich der aufgezeigte Einfluss der exogenen Größen auf die Prognosegenauigkeit aufgrund der Verwendung von Monatsdaten in Grenzen hält, wobei der Effekt je nach Datenstand von Bilanzbereich zu Bilanzbereich variieren kann.

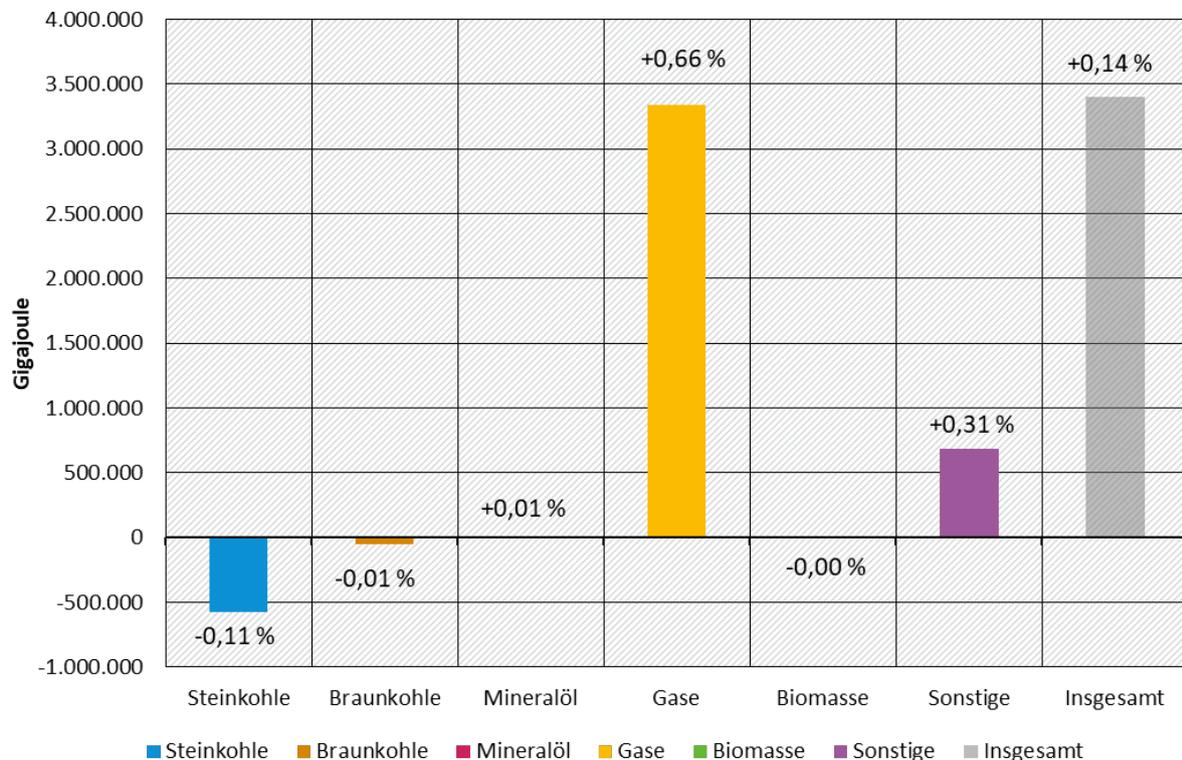
## 6.2 Verwendung vorläufiger monatlicher Energiedaten

Eine weitere Erklärung für das Auftreten von Abweichungen zwischen der Pilotenergiebilanz und der endgültigen Energiebilanz kann in der Verwendung teilweise vorläufiger Monaterhebungen im Rahmen der Frühschätzung liegen. Denn im Gegensatz zur endgültigen Energiebilanz fließen in die Pilotenergiebilanz nicht nur Schätzungen ein, sondern eben auch für Beobachtungszeiträume bereits vorliegende monatliche Statistikdaten, die allerdings eher vorläufigen Charakter aufweisen und sich später, etwa im Zusammenhang mit der Veröffentlichung eines endgültigen Jahresergebnisses, noch ändern können. Für die endgültige Energiebilanz Deutschland hingegen werden ausschließlich endgültige Datenstände verwendet, die i.d.R. mit dem Jahresergebnis übereinstimmen.

Unterjährige (beobachtete) Daten werden auf der Aufkommenseite – wie bereits erwähnt – vor allem im Kohle-, Mineralöl- und Erdgasteil in der Pilotenergiebilanz berücksichtigt. Außerdem werden die Bilanzzeilen 11 (Umwandlungseinsatz zur Stromerzeugung der Wärmekraftwerke der allg. Erzeugung) und 15 (Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung der Heizkraftwerke der allg. Versorgung), einmal abgesehen von Ergänzungen durch Schätzungen, unter Rückgriff auf vorliegende monatliche Daten aus der Statistik Nr. 066 berechnet (Einzelheiten vgl. Abschnitt 3.2).

**Abbildung 29: Abweichungen zwischen Brennstoffeinsatz der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung nach vorläufiger und endgültiger amtlicher Statistik**

Abweichungen in Gigajoule und in %, 2019, differenziert nach Energieträgern



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW nach Destatis.

Für das Berichtsjahr 2020 liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes nur die vorläufigen Daten der Monaterhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung (Statistik Nr. 066) vor. Um dennoch einen groben Eindruck von möglichen Differenzen zu erhalten, vergleicht Abbildung 29 den gesamten Brennstoffeinsatz zur

Strom- und Wärmeerzeugung (gekoppelte und ungekoppelte Erzeugung) zwischen den vorläufigen und endgültigen amtlichen Daten für das Berichtsjahr 2019. Insgesamt ist festzustellen, dass der gesamte Brennstoffeinsatz nach den endgültigen Daten um rund 3.398 TJ bzw. 0,14 % über dem Niveau des Brennstoffeinsatzes liegt, den die vorläufigen Statistikdaten ausgewiesen hatten. Bei der Interpretation des empirischen Befundes ist zu beachten, dass die Unterschiede zumindest für das Berichtsjahr 2019 in erster Linie auf eine Korrektur des Erdgaseinsatzes in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung zurückzuführen waren, die sich verglichen mit den vorläufigen Daten um 0,66 % (3.334 TJ) erhöhten. Bei den übrigen Energieträgern fielen die Abweichungen gering aus (vgl. Abbildung 29).

Abweichungen zwischen den vorläufigen und endgültigen Daten, die letztendlich eine zusätzliche Ursache für später zu evaluierende Abweichungen zwischen der Pilotenergiebilanz und der endgültigen Energiebilanz bilden (neben den Unsicherheiten, die aus den Schätzungen bzw. den Prognoseanteilen resultieren), traten in der Vergangenheit (in allen Jahren bzw. Berichtsmonaten) auch innerhalb der amtlichen Mineralölstatistik auf. Die vorläufigen Mineralölstatistikdaten (bis November 2020) bilden den wesentlichen Teil der Ölbereiche (vor allem auf der Aufkommenseite) in der Pilotenergiebilanz.

Tabelle 5 fasst die prozentualen Differenzen für die wichtigsten Aggregate der Mineralölstatistik, die in die Energiebilanz einfließen, differenziert nach Haupt – und Nebenprodukten für das Gesamtjahr 2018 zusammen.

**Tabelle 5: Differenzen zwischen vorläufigen und endgültigen Daten der Amtlichen Mineralölstatistik**

2018, Abweichungen in %

	Brutoraffinerie- erzeugung	Gesamt- aufkommen	Inlands- ablieferungen	Chem. Weiter- verarbeitung
Rohbenzin	0,0	6,8	6,4	6,9
Ottokraftstoff	0,0	0,0	-1,1	0,0
Benzinkomponenten	0,2	0,0	0,8	1,7
Dieselmotorkraftstoff	0,0	0,2	-0,1	0,0
Heizöl, leicht	0,0	0,2	-0,1	1,5
Mitteldestillatkomp.	-0,2	0,9	1,9	2,6
Heizöl, schwer	-2,4	-0,2	-5,4	-6,2
HS-Komponenten	-0,1	-1,0	0,0	0,0
Flüssiggas	0,6	0,6	1,2	1,8
Raffineriegas	0,0	-0,7	0,2	-0,7
Spezialbenzin	-7,3	-0,1	-1,9	5,3
Testbenzin	0,0	16,5	2,7	18,8
Flugbenzin	0,0	0,0	0,0	0,0
Flugturbinen-Kraftst., l.	0,0	0,0	0,0	0,0
Flugturbinen-Kraftst., s.	0,0	0,4	0,4	0,0

	Brutoraffinerie- erzeugung	Gesamt- aufkommen	Inlands- ablieferungen	Chem. Weiter- verarbeitung
Andere Leuchtöle	-0,3	0,0	0,0	0,0
Schmierstoffe	-0,5	-0,3	-1,6	-61,5
Bitumen	-0,4	-0,4	-0,1	417,1
Petrolkoks	0,0	7,1	13,8	0,0
Wachse usw.	-1,7	-0,9	-27,9	0,0
Andere Rückstände	11,2	0,8	-1,5	-1,3
Insgesamt	0,0	0,8	0,5	4,6

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW auf Basis der Amtlichen Mineralölstatistik.

Zur abschließenden Bewertung möglicher Differenzen zwischen (beobachteten) vorläufigen und endgültigen Statistikdaten sind weitere Hinweise von Bedeutung:

- ▶ Abweichungen zwischen endgültigen und vorläufigen Statistikdaten (hier monatliche Mineralölstatistik sowie die unterjährigen Erhebungen zum Gasverbrauch und zum Brennstoffeinsatz/Erzeugung von Strom und Wärme) können von Jahr zu Jahr unterschiedlich hoch ausfallen und müssen nicht alle Energieträger gleichermaßen tangieren.
- ▶ Der Einfluss des Fehlers, der durch die spätere Korrektur vorläufiger Daten im Gesamtergebnis der Frühschätzung entsteht, hängt nicht allein von den Abweichungen zwischen vorläufigen und endgültigen Daten für die vorliegenden Berichtsmonate im Prognosejahr (hier 2020) ab, sondern auch davon, inwieweit dieser Fehler durch die i.d.R. erforderliche Fortschreibung der Zeitreihe zur Schätzung verstärkt oder kompensiert wird. Im ungünstigsten Falle, d.h. alle Fehler wirken gleichsinnig, ist davon auszugehen, dass sich die Fehler im Endergebnis verstärken. Fallen Sie zufällig gegensinnig aus, wird ihre Wirkung auf das Endergebnis abgemildert.

### 6.3 Basisjahr der Prognose

Von besonderer Bedeutung für die konkrete Ermittlung der absoluten Energieverbräuche im Rahmen der Pilotenergiebilanz ist außerdem die Wahl des Basisjahres, auf dem Veränderungsraten, die mit Hilfe des Schätzverfahrens ermittelt wurden, aufsetzen.

Insbesondere Schätzungen des Energieverbrauchs mit Modellprognosen erfolgen typischerweise im Rahmen dynamischer Simulationen, d.h. der Startwert der Modelllösung im Jahr  $t$  entspricht dem Energieverbrauch, den das ökonometrische Modell bereits für das Vorjahr  $t-1$  ermittelt hat. Im Gegensatz zur statischen Modelllösung (der Startwert des Lösungsalgorithmus entspricht hier dem beobachteten Energieverbrauch  $t-1$ ) setzt das dynamische Verfahren also stets auf Schätzresultaten der Vorperiode auf, so dass sich Schätzfehler grundsätzlich im Modelllauf fortpflanzen (und in ungünstigen Fällen auch kumulieren bzw. zu verzerrten Prognosen führen können).<sup>52</sup>

<sup>52</sup> Bereits diese kurzen Ausführungen lassen erkennen, dass „echte“ mittel- bis längerfristige Prognosen sowie Schätzungen für Zeiträume ab  $t+2$  (also außerhalb des Stützzeitraums bzw. der beobachteten Daten) stets im Rahmen dynamischer Simulationen erfolgen müssen.

In dieser Studie werden sämtliche Veränderungsdaten (felderscharf), die mit den in Abschnitt 2.2 dargestellten Schätz- und Prognoseverfahren ermittelt wurden, auf die beobachteten Bilanzdaten (z.B. der Schätzenergiebilanz 2019) übertragen, um die Pilotenergiebilanz 2020 rechnerisch abzuleiten. Die gewählte Vorgehensweise gewährleistet, dass Schätzfehler (die z.B. aus Residuen ökonomischer Schätzgleichungen folgen) nicht in die Pilotenergiebilanz einfließen und auf diese Weise die geschätzte Veränderungsrate zum beobachteten Vorjahreswert verzerren.

In diesem Zusammenhang ist eine weitere Frage zu beantworten, nämlich auf welchen Basis- bzw. Ausgangswert die prognostizierte Veränderungsrate idealerweise aufsetzen sollte. Insbesondere die Prognose des Endenergieverbrauchs als Teil der Pilotenergiebilanz bildet in diesem Kontext spezifische Herausforderungen. Als Ausgangsdatenbasis kommen an dieser Stelle (nicht zuletzt auch angesichts fehlender aktueller unterjähriger Statistikinformationen zur Entwicklung des Energieverbrauchs) nur zwei Optionen zur Fortschreibung des Endenergieverbrauchs (Industrie, Verkehr, private Haushalte und GHD) in Frage:

- ▶ Die Jahresdaten zum Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern der endgültigen Energiebilanz 2018 oder
- ▶ die Jahresdaten zum Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern der vorläufigen (Schätz-)Energiebilanz 2019.

**Tabelle 6: Basisjahre zur Frühschätzung des Endenergieverbrauchs im Vergleich**

Jahre 2018 und 2019 (vorläufig und endgültig), in Petajoule, Abweichungen zusätzlich in %

	2018	2019v	2019e
Absoluter Energieverbrauch, PJ			
Endenergieverbrauch	8.963,0	9.055,8	8.973,4
Industrie	2.600,8	2.535,9	2.511,8
Verkehr	2.743,0	2.770,3	2.721,9
Private Haushalte	2.320,1	2.408,0	2.424,8
GHD	1.299,2	1.341,5	1.314,9
Absolute Veränderung gegenüber 2018, PJ			
Endenergieverbrauch		92,8	10,3
Industrie		-64,9	-89,0
Verkehr		27,4	-21,1
Private Haushalte		88,0	104,8
GHD		42,3	15,7
Relative Veränderung gegenüber 2018, in %			
Endenergieverbrauch		1,0	0,1
Industrie		-2,5	-3,4
Verkehr		1,0	-0,8

	2018	2019v	2019e
Private Haushalte			4,5
GHD			1,2

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW nach AG Energiebilanzen.

Die Daten der endgültigen Energiebilanz 2019 lagen als Ausgangsdatenbasis (auch angesichts der kurzen Bearbeitungszeit von nur 14 Tagen, die zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 zur Verfügung standen) für die vorliegende Studie noch nicht vollständig bzw. in aufbereiteter Bilanzform vor.<sup>53</sup>

Vor diesem Hintergrund fasst Tabelle 6 die unterschiedlichen Basisjahre, die als potenzielle Anknüpfungspunkte zur Frühschätzung einer Pilotenergiebilanz t-1 dienen können, übersichtsartig zusammen. Die Unterschiede zwischen den dargelegten Ausgangswerten in Kombination mit den Erfordernissen einer dynamischen Prognose (siehe oben), sofern das endgültige Bilanzjahr 2018 als Ausgangsjahr der Frühschätzung gewählt wird, führt zwangsläufig zu unterschiedlichen Prognoseresultaten für das hier betrachtete Berichtsjahr 2020.

Zur genaueren Beschreibung bzw. Eingrenzung der Grundtendenzen, die aus der Wahl verschiedener Basisjahre für das Ergebnis der Frühschätzung folgen können, wurden für den Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes (differenziert nach Sektoren) exemplarisch verschiedene „Prognose-Szenarien“ durchgerechnet. Untersucht wurde der Einfluss des Basisjahres, indem, ausgehend von den Ursprungsdaten zum Endenergieverbrauch der Industrie laut

- ▶ der endgültigen Energiebilanz 2018 (2019 mit Hilfe des Modells geschätzt, dynamisch)
- ▶ der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2019 sowie
- ▶ der endgültigen Energiebilanz 2019 (lag zum Zeitpunkt der Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 noch nicht vor),

**Tabelle 7: Endenergieverbrauch der Industrie**

2018 bis 2019 (beobachtet bzw. geschätzt, verschiedene Prognosen für 2020), in Petajoule u. Veränderungen in %

	beobachtet			geschätzt für 2020		
	2018	2019v	2019e	Basis 2018	Basis 2019v	Basis 2019e
	Absoluter Energieverbrauch, PJ					
Gew. v Steinen u. Erden	15,0	14,8	14,7	13,9	14,3	14,2
Ernährung und Tabak	213,0	213,9	210,3	214,4	214,0	210,3
Papiergewerbe	210,4	205,6	205,5	198,9	197,7	197,6

<sup>53</sup> Die Daten der endgültigen Energiebilanz des Vorjahres wurden bereits ab der Erstellung der Pilotenergiebilanz 2021 rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten an der Frühschätzung bereitgestellt, so dass diese Prognose bzw. Frühschätzung der Energiebilanz 2021 bereits einer aktuelleren und belastbareren Datengrundlage aufsetzen konnte. Auch für zukünftige Pilotenergiebilanzen (ab 2022) ist davon auszugehen, dass die endgültigen Energiebilanzen des vorvergangenen Jahres stets bereits Ende Januar vorgelegt werden können.

	beobachtet			geschätzt für 2020		
Grundstoffchemie	529,2	521,5	514,8	516,4	518,7	512,0
Sonst. chem. Industrie	87,2	85,4	82,0	82,1	83,2	79,8
Gummi- u. Kunststoffw.	80,9	79,7	78,6	71,6	72,7	71,6
Glas u. Keramik	84,4	82,3	81,9	74,9	77,3	77,0
Ver. v. Steine u. Erden	202,8	205,9	198,6	208,5	208,7	201,3
Metallerzeugung	558,3	524,6	526,6	470,6	468,6	470,3
NE-Metalle, -gießereien	127,3	123,4	121,8	108,0	109,6	108,2
Metallbearbeitung	103,0	100,7	99,6	90,2	88,2	87,3
Maschinenbau	73,3	72,5	71,5	61,0	62,7	61,9
Fahrzeugbau	123,9	115,9	120,7	85,7	89,4	93,1
Sonst. Wirtschaftszw.	192,3	189,7	185,2	173,1	176,8	172,6
Insgesamt	2600,8	2535,9	2511,8	2369,2	2381,9	2357,3
	Prozentuale Veränderung ggü. 2019e					
Gew. v Steinen u. Erden				-5,5	-2,3	-3,4
Ernährung und Tabak				1,9	1,7	0,0
Papiergewerbe				-3,2	-3,8	-3,8
Grundstoffchemie				0,3	0,8	-0,5
Sonst. chem. Industrie				0,1	1,5	-2,6
Gummi- u. Kunststoffw.				-8,9	-7,5	-8,9
Glas u. Keramik				-8,6	-5,6	-6,0
Ver. v. Steine u. Erden				5,0	5,1	1,3
Metallerzeugung				-10,6	-11,0	-10,7
NE-Metalle, -gießereien				-11,4	-10,0	-11,2
Metallbearbeitung				-9,4	-11,4	-12,4
Maschinenbau				-14,7	-12,3	-13,4
Fahrzeugbau				-29,0	-26,0	-22,9
Sonst. Wirtschaftszw.				-6,5	-4,5	-6,8
Insgesamt				-5,7	-5,2	-6,1

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW. 1) ohne Anpassungen, wie z.B. Restrechnungen usw., die sich im Zusammenhang mit der Kompilierung der Pilotenergiebilanz ergeben.

alternative Frühschätzungen durchgeführt wurden. Zusammengefasst zeigt Tabelle 7 die isolierten Auswirkungen verschiedener Basisjahre auf die Frühschätzung des

Endenergieverbrauchs der Industrie. Im Jahr 2019 verbrauchten die Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes rund 2.512 PJ an fossilen Energieträgern, Wärme und elektrischem Strom. In Abhängigkeit vom Anknüpfungspunkt ergibt sich aus der Frühschätzung ein Rückgang des industriellen Endenergieverbrauchs in einer Bandbreite zwischen -5,2 und -6,1 %, wobei die Schwankungsbreite der Prognose von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig variiert.<sup>54</sup>

## 6.4 Alternative Schätzansätze für ausgewählte Bilanzbereiche

Die Entscheidung, mit welchen methodischen Mitteln oder Verfahren die Frühschätzung des Energieverbrauchs für ausgewählte Bereiche der Energiebilanz ermittelt wird, beeinflusst das empirische Resultat der Prognose selbstverständlich in erheblichem Maße. Beschränkt man sich auf die grundlegenden Sachverhalte, so hängt die Möglichkeit alternativer Methoden zur Frühschätzung relevanter Teile der Pilotenergiebilanz zunächst von der (kurzfristigen) Verfügbarkeit alternativer Verfahren ab. Im Rahmen der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (also Anfang Februar 2021) lagen den Forschungsnehmern EEFA und ZSW für ausgewählte Energiebilanzteile alternative Schätzverfahren bzw. Modellansätze vor. Zusätzliche Ansätze zur Erklärung bzw. Prognose des Energieverbrauchs in der erforderlichen Abgrenzung der Energiebilanz Deutschland lagen (aus Vorarbeiten im Rahmen anderer Forschungsvorhaben) zur Prognose des

- ▶ Stromverbrauchs und des
- ▶ Erdgasverbrauchs

vor. Beide Modelle stützen sich auf ökonometrische Verfahren, schätzen den Energieverbrauch auf der Grundlage monatlicher Daten und umfassen einen Stützzeitraum von Januar 2005 bis Dezember 2019 (wobei die exogenen Vorgaben bis zum aktuellen Rand vorliegen).

Der Vorteil der genannten Modelle läge allein aufgrund ihrer monatlichen Granularität in der größeren Aktualität der Schätzungen am aktuellen Rand (und ggf. in der Berücksichtigung saisonaler und konjunktureller Sondereffekte) und der exogenen Vorgaben. Unstrittig ist jedoch auch, dass der Rückgriff auf die Monatsmodelle (oder weitere denkbare Modellverfahren) zu Ergebnissen führen würde, die von den Prognosen abweichen, die mit Hilfe der hier verwendeten Jahresmodelle prognostiziert werden. Die unterjährigen Modelle zur Prognose des Strom- und Erdgasverbrauchs wurden zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 (u.a. auch aus Konsistenzgründen)<sup>55</sup> nicht eingesetzt.

Unabhängig von theoretischen Vorüberlegungen zu den Vor- oder Nachteilen der verschiedenen methodischen Ansätze kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch nicht angegeben werden, welches Prognoseverfahren im Hinblick auf die endgültige Energiebilanz 2020 (erscheint voraussichtlich im Frühjahr 2022) tatsächlich die treffsichersten Prognosen liefert.

<sup>54</sup> Unabhängig von den hier skizzierten Unterschieden in der Schätzung, die aus der Wahl des Basisjahres resultieren, liegt es auf der Hand, dass – sofern verfügbar – stets das aktuellste, auf endgültigen Statistikdaten beruhende Jahr als Aufsetzpunkt für die Schätzung genutzt werden sollte.

<sup>55</sup> Für die anderen Energieträger wie z.B. Mineralöl oder Fernwärme, die ebenfalls in den Endverbrauchersektoren eingesetzt werden, liegen sektoral differenzierte Modelle zur Prognose des monatlichen Energieverbrauchs derzeit nicht vor. Eine Ausnahme stellt das Modell zur vierteljährlichen Schätzung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle dar, welches auf Monatsdaten beruht (vgl. Kapitel 2.2.1.3) und in Teilen eingesetzt wird. Insofern stützt sich die Frühschätzung des Endenergieverbrauchs zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 gegenwärtig vor allem auf die Analyse bzw. Modellierung jährlicher Energiedaten, wie sie auch in der Energiebilanz Deutschland publiziert sind.

## 7 Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020

Im folgenden Abschnitt soll ein erster Vergleich der in dieser Studie skizzierten Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15. Februar 2021) mit später vorliegenden Datenständen, hier konkret mit den Befunden der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand Ende Juni 2021), durchgeführt werden. Ziel des empirisch-numerischen Vergleiches ist es, erste Hinweise auf die Belastbarkeit der Frühschätzung zu gewinnen sowie ggf. Potenziale zur Verbesserung der Frühschätzung aufzudecken.

Der angestrebte Vergleich der beiden Energiebilanzen wurde, wie in der Leistungsbeschreibung des Forschungsvorhabens vorgesehen, felderscharf durchgeführt, so dass

- ▶ die absoluten Abweichungen (in TJ) aller Strukturelemente der Pilotenergiebilanz 2020 im Vergleich zur vorläufigen Energiebilanz 2020 sowie
- ▶ die damit verbundenen prozentualen Abweichungen für jedes (belegte) Bilanzfeld

ausgewertet wurden.<sup>56</sup> Es liegt auf der Hand, dass die Darstellung sämtlicher Differenzen zwischen den beiden geschätzten Energiebilanzen nicht nur den Rahmen dieser textlichen Darstellung sprengen würde, sondern auch insgesamt im Hinblick auf die Schätzgüte wenig aussagefähig wäre. Vor diesem Hintergrund wird der felderscharfe numerische Vergleich der beiden Energiebilanzen (Pilotenergiebilanz 2020 in TJ, vorläufige Schätzenergiebilanz 2020 in TJ, die absoluten Differenzen in TJ und die prozentualen Differenzen in Prozent) dem Umweltbundesamt (zusammen mit diesem Bericht) in einer separaten Excel-Datei zur Verfügung gestellt (vgl. 02\_UBA\_Dok2ZB\_VEB\_ABGABE.xlsx). Im Rahmen der hier vorgenommenen textlichen, grafischen und tabellarischen Aufbereitung wird der empirisch-numerische Vergleich zu aussagefähigeren, zusammenfassenden Befunden verdichtet. Neben den zentralen Gesamtergebnissen (Primär- oder Endenergieverbrauch) werden zusätzlich verschiedene Aggregate (CO<sub>2</sub>-relevante fossile Energieträger, Strom und Wärme sowie erneuerbare Energien) sowie Aufteilungen des fossilen Verbrauchs (PEV und EEV) nach Energieträgern und Sektoren in den Vergleich einbezogen. Vergleiche erneuerbarer Energieträger sind nur in den Abbildungen und Tabellen enthalten, um die Gesamtergebnisse konsistent herauszuarbeiten (eine Analyse der Abweichungen zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz ist für die erneuerbaren Energieträger in dieser Studie nicht vorgesehen).

Die Abweichungen zwischen den Schätzungen des Primärenergieverbrauchs für das Berichtsjahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz fallen erwartungsgemäß mit rund -77 PJ bzw. -0,6 % gering aus (vgl. Abbildung 30). Die Pilotenergiebilanz überschätzt also den Primärenergieverbrauch, der später auf der Grundlage der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 ermittelt wurde, in dieser Größenordnung. Im Hinblick auf die im Zusammenhang mit der Evaluierung von Sektorzielen im Klimaschutzgesetz zur CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung relevanten fossilen Energieträger ergibt sich eine Differenz zwischen beiden Schätzungen in Höhe von ca. -82 PJ (entspricht einer Veränderung bzw. Verringerung des Schätzwertes in der vorläufigen Energiebilanz bezogen auf die

<sup>56</sup> Alle Abweichungen bzw. Differenzen in den folgenden Kapiteln 7, 8 und 9 dieser Studie wurden gebildet, indem von der jeweils aktuellen Bilanz (hier die vorläufige Schätzenergiebilanz, in Kapitel 8 hingegen die endgültige Energiebilanz) die Pilotenergiebilanz bzw. die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 (zur Bedeutung des Begriffs „korrigierte Pilotenergiebilanz“ vgl. das Ende von Kapitel 7 und Kapitel 8) abgezogen wurde. Neben den auf diese Weise gebildeten absoluten Differenz (in PJ) werden jeweils auch die relativen Abweichungen (in %) angegeben. Ein negatives Vorzeichen in den absoluten bzw. relativen Abweichungen ist also stets gleichbedeutend mit einer Überschätzung der Pilotenergiebilanz im Verhältnis zur jeweiligen Vergleichsbilanz und vice versa.

Pilotenergiebilanz von -0,9 %). Bei den Sekundärenergieträgern Strom und Wärme ergibt sich gegenüber der Frühschätzung in der vorläufigen Schätzenergiebilanz hingegen ein Anstieg von etwa 4 PJ (entspricht einer Zunahme von 0,7 %).

**Abbildung 30: Abweichungen zwischen dem geschätzten Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz**

Abweichungen differenziert nach fossilen, erneuerbaren und sonstigen Energieträgern (Strom u. Wärme), in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Gliedert man die Abweichungen zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz für den fossilen Teil des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern auf (vgl. Tabelle 8), ergibt sich folgendes Bild:

- ▶ Die Verwendung aktuellerer Datenstände führt in der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (verglichen mit der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz) zu einer Verringerung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle, Mineralölen und Gasen.
- ▶ Lediglich die PEV-Schätzung für die Braunkohle sowie die nicht-erneuerbaren sonstigen Energieträger werden im Rahmen der Erstellung der vorläufigen Schätzenergiebilanz (geringfügig) nach oben korrigiert bzw. angepasst (d.h. die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz unterschätzt die empirischen Befunde des späteren Datenstandes geringfügig).
- ▶ Insgesamt sind die größten prozentualen und absoluten Veränderungen beim Übergang auf die vorläufige Schätzenergiebilanz im Primärenergieverbrauch von Mineralölen (-1,3 % bzw. rund 55 PJ) und Steinkohle (-1,8 % bzw. rund 16 PJ) zu beobachten.

Tabelle 8 verdeutlicht darüber hinaus, dass sich die energieträgerspezifischen Differenzen zwischen den beiden geschätzten Energiebilanzen im Aggregat „fossiler

Primärenergieverbrauch“ in einem engen Intervall zwischen +0,4 % und -1,8 % bewegen. Die Pilotenergiebilanz 2020 hätte die aus ihr (grob) errechneten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen folglich um 5,5 Mio. t überschätzt, wenn man die Befunde der vorläufigen Schätzenergiebilanz als Referenzmaßstab zugrunde legt. Dieser Effekt rührt (unter den genannten Prämissen) vor allem aus der skizzierten Überschätzung des fossilen Primärenergieverbrauchs insgesamt um 0,9 % in der Pilotenergiebilanz her, der Einfluss der Energieträgerstruktur zwischen den beiden Schätzungen ist vernachlässigbar.

**Tabelle 8: Abweichungen zwischen fossilem Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz**

2020, in Petajoule und Veränderungen in %

	Pilotenergiebilanz (PJ)	Vorläufige Schätzenergiebilanz (PJ)	Absolute Abweichung (PJ)	%-Chg.
Steinkohle	913,6	897,5	-16,1	-1,8
Braunkohle	954,2	957,7	3,5	0,4
Mineralöl	4.142,7	4.086,8	-55,9	-1,3
Gase	3.162,0	3.147,5	-14,5	-0,5
Sonstige nicht-erneuerbare	212,9	214,3	1,4	0,7
Summe PEV, fossil	9.385,3	9.303,7	-81,6	-0,9

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

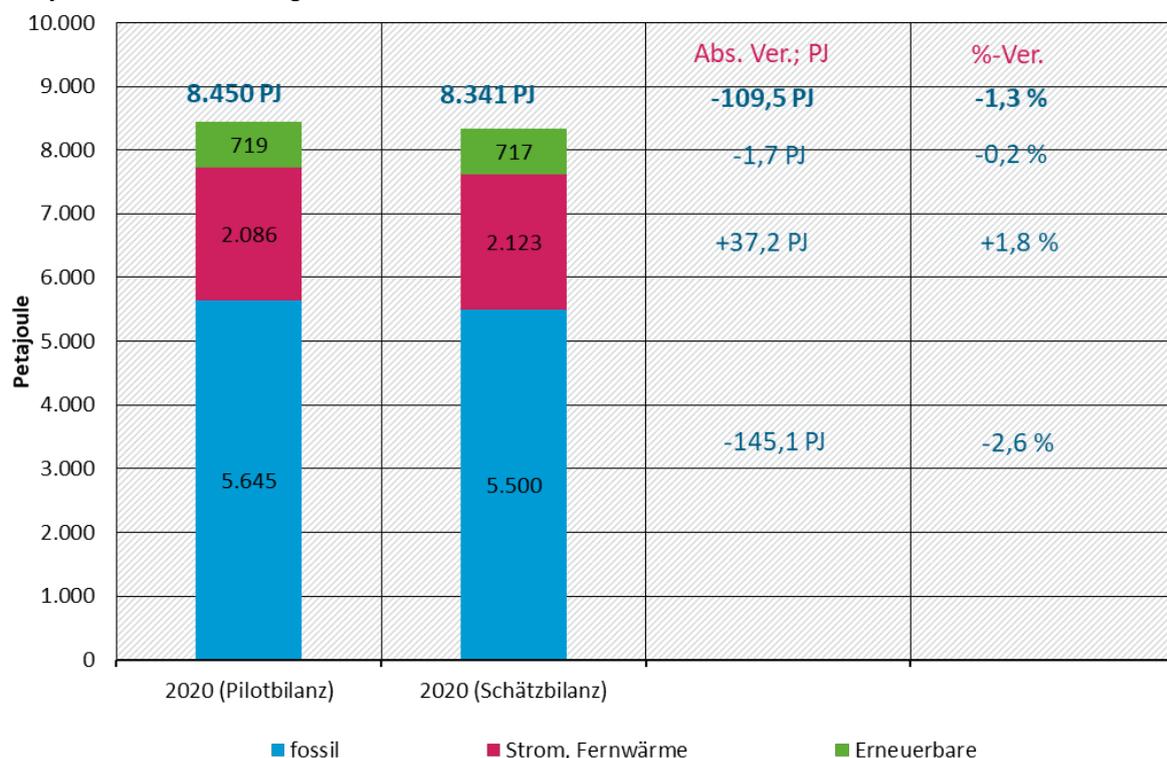
Auf der Ebene des gesamten Endenergieverbrauchs ergibt sich nach der Pilotenergiebilanz 2020 ein Schätzwert von 8.450 PJ. Im Rahmen der Aktualisierung bzw. Erstellung der vorläufigen Schätzenergiebilanz reduziert sich diese Schätzung für das Berichtsjahr 2020 auf 8.341 PJ, was einer Schätzdifferenz von -1,3 % entspricht. Für die fossilen Energieträger beträgt die Abweichung zwischen den beiden hier betrachteten Schätzzeitpunkten rund -145 PJ, d.h. der fossile Endenergieverbrauch liegt nach Berechnungen der aktuelleren vorläufigen Schätzenergiebilanz um 2,6 % unter dem Niveau der Pilotenergiebilanz aus dem Februar (vgl. Abbildung 31). Der Verbrauch von Strom und Fernwärme bei Endverbrauchern wird hingegen in der vorläufigen Schätzenergiebilanz um reichlich 37 PJ (+1,8 %) höher eingeschätzt.

Betrachtet man die Schätzergebnisse des fossilen Endenergieverbrauchs – wie schon beim Primärenergieverbrauch – wiederum differenziert nach Energieträgern, ergibt sich folgendes Bild:

- ▶ Die größte prozentuale Differenz zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz tritt mit -4,8 % bei der Braunkohle (Überschätzung der Pilotenergiebilanz) auf, die kleinste (+0,2 %) bei der Steinkohle (Unterschätzung der Pilotenergiebilanz).
- ▶ In absoluter Betrachtung liegen die Abweichungen der aktuelleren, vorläufigen Energiebilanz im Vergleich zur Pilotenergiebilanz bei den Mineralölen mit -115 PJ an der Spitze, gefolgt von den Gasen mit ca. -28 PJ. Braunkohle und die nicht-erneuerbaren sonstigen Energieträger folgen mit etwa -4 PJ und +1 PJ auf den Plätzen drei und vier. Die Steinkohle weist die mit Abstand geringsten Unterschiede zwischen den beiden Bilanz-Schätzungen auf (Einzelheiten vgl. Tabelle 9).

**Abbildung 31: Abweichungen zwischen dem geschätzten Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz**

Abweichungen differenziert nach fossilen, erneuerbaren und sonstigen Energieträgern (Strom u. Wärme), in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Tabelle 9: Abweichungen zwischen fossilem Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz**

Abweichungen differenziert nach Energieträgern, in Petajoule und Veränderungen in %

	Pilotenergiebilanz (PJ)	Vorl. Schätzenergiebilanz (PJ)	Absolute Abweichung (PJ)	%-Chg.
Steinkohle	303,7	304,3	0,5	0,2
Braunkohle	81,4	77,5	-3,9	-4,8
Mineralöl	3.058,9	2.943,6	-115,3	-3,8
Gase	2.125,6	2.098,0	-27,6	-1,3
Sonstige nicht-erneu.	75,7	76,9	1,2	1,5
Summe EEV, fossil	5.645,4	5.500,3	-145,1	-2,6

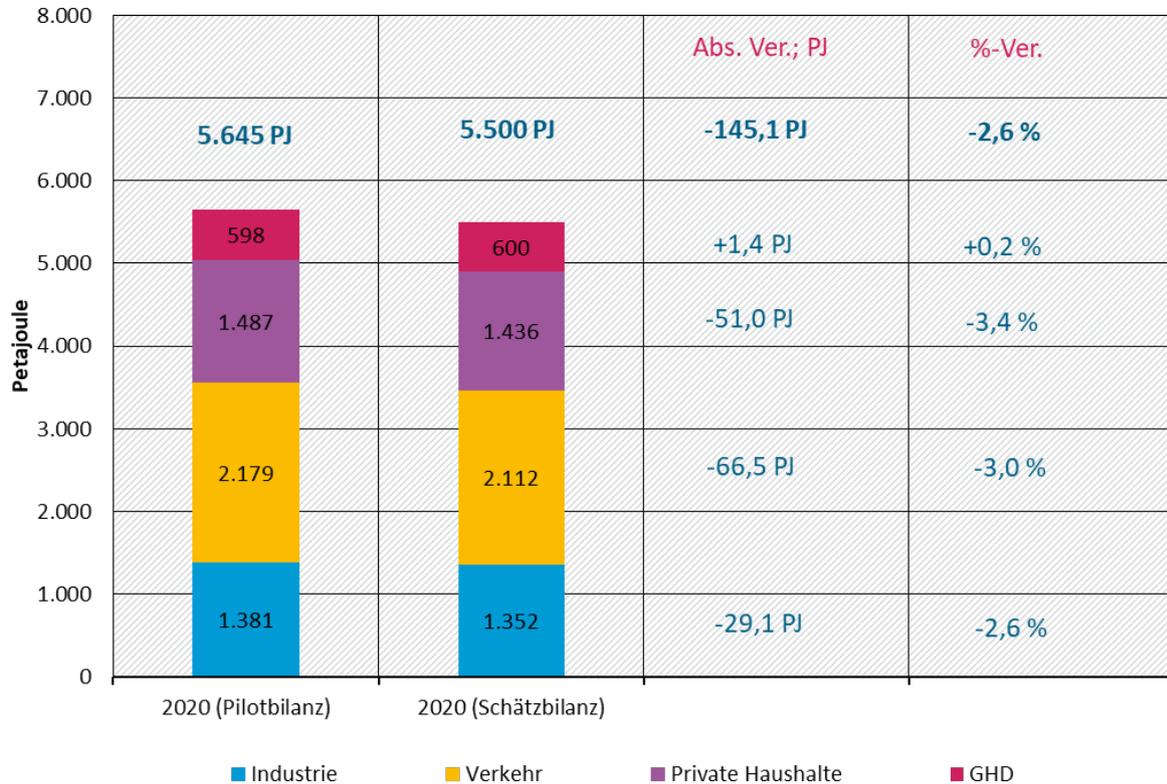
Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

Betrachtet man zum Abschluss des zusammenfassenden Vergleichs den fossilen Endenergieverbrauch aufgegliedert nach Sektoren zwischen den beiden Energiebilanzen, so zeigt sich, dass sich die Abweichungen zwischen den beiden Schätzungen gleichmäßig über die verbrauchsstarken Sektoren Verkehr, private Haushalte und Industrie verteilen. Die Abweichungen bewegen sich in diesen Wirtschaftszweigen in einer engen Bandbreite zwischen -

2,6 und -3,4 % (vgl. Abbildung 32). Im GHD-Sektor unterschätzt die Pilotenergiebilanz den später ermittelten empirischen Befund der vorläufigen Schätzenergiebilanz mit 1,4 PJ bzw. 0,2 %, wobei in diesem Wirtschaftszweig verglichen mit den anderen Branchen die niedrigsten Abweichungen zwischen den beiden Schätzzeitpunkten zu beobachten sind.

**Abbildung 32: Abweichungen zwischen dem geschätzten fossilen Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach Pilotenergiebilanz und vorläufiger Schätzenergiebilanz**

Abweichungen differenziert nach Sektoren, in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Zusammengefasst ist somit festzuhalten, dass sich die Differenzen zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand Februar 2021) und der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Datenstand Juni 2021) auf einem erwartbar niedrigen und damit akzeptablen Niveau bewegen. Auch aufgegliedert nach Energieträgern und Sektoren sind zwischen den geschätzten Bilanzen für den fossilen Energieverbrauch Differenzen zu beobachten, die sich betragsmäßig i.d.R. deutlich unter dem Niveau von 4 % für den Endenergieverbrauch<sup>57</sup> und 2 % für den Primärenergieverbrauch bewegen.

Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass die Differenzen zwischen den hier betrachteten Schätzenergiebilanzen im Bereich des Endenergieverbrauchs durchweg höher ausfallen als im Primärenergieverbrauch. Diese Feststellung ist allerdings bei näherer Betrachtung wenig verwunderlich, sie ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass

- weite Teile des Energie- bzw. Primärenergieverbrauchs auf der Aufkommenseite (Inländische Gewinnung, Außenhandel, Umwandlungseinsatz und -ausstoß,

<sup>57</sup> Nur für die Braunkohle fallen die Abweichungen zwischen der Pilot- und der Schätzenergiebilanz mit 4,8 % höher aus, wobei dieser Energieträger auf der Ebene des Endenergieverbrauchs von untergeordneter Bedeutung ist (der Anteil der Braunkohle zur Deckung der Endenergienachfrage betrug 2019 rund 0,9 %, gemessen am fossilen Endenergieverbrauch entfielen 2019 etwa 1,2 % auf die Braunkohle).

Energieverbrauch im Umwandlungssektor) im Rahmen beider Schätzenergiebilanzen im Wesentlichen auf der empirischen Grundlage statistischer Monatserhebungen erstellt werden. Daraus folgt, dass für die Pilotenergiebilanz 2020 (im Februar 2021) in den amtlichen Monatserhebungen für das Berichtsjahr 2020 noch vorhandene Berichtslücken (fehlende Monatsmonate) durch eigene Schätzungen geschlossen werden mussten. Für die vorl. Schätzenergiebilanz 2020 (Ende Juni 2021) lagen hingegen alle erforderlichen Monatsdaten zumindest in vorläufiger Form vor. Da sowohl die Pilotenergie-, als auch die vorläufige Schätzenergiebilanz 2020 methodisch identisch erstellt werden, rühren die beobachteten Differenzen in den skizzierten Bereichen allein aus der Substitution geschätzter Datenpunkte zur Erstellung eines Bilanzfeldes durch vorläufige Statistikdaten für das Berichtsjahr 2020 her (Einzelheiten dazu vgl. die Dokumentationsformate zur Pilotenergiebilanz und zur vorläufigen Schätzenergiebilanz:

02\_UBA\_Dok2ZB\_VEB\_ABGABE.xlsx und 02\_UBA\_Dok1ZB\_PEB\_ABGABE.xlsx);

- ▶ die Schätzungen zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs (Industrie, Verkehr, private Haushalte und GHD-Sektor), aber auch des nicht-energetischen Verbrauchs für das Berichtsjahr 2020 sowohl Mitte Februar, als auch Ende Juni 2021 auf Jahresdaten des Vorjahres (hier 2019) aufsetzen. Unterjährige Daten fließen vor allem über eine Aktualisierung des Datenstandes bei den exogenen Erklärungsgrößen (Produktionswerte, Bruttowertschöpfung, Preise) in die Prognose ein. Im vorliegenden Berichtsjahr 2020 sind die Differenzen zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz allerdings zusätzlich von einem Sondereffekt beeinflusst. Ursache des Sondereffektes war, dass die vorläufige Schätzenergiebilanz zur Prognose des Endenergieverbrauchs auf den Daten der endgültigen Energiebilanz 2019 (Datenstand: 25. Februar 2021) aufsetzte, wohingegen diese Datenbasis zur Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 (Mitte Februar) noch nicht vorlag. Die Pilotenergiebilanz 2020 musste zur Fortschreibung des Endenergieverbrauchs hingegen auf die Daten der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2019 (Datenstand: 18. September 2020) zurückgreifen.<sup>58</sup> Differenzen zwischen den beiden Schätzenergiebilanzen (Pilotenergiebilanz und vorl. Schätzenergiebilanz 2020) sind vor diesem Hintergrund zum einen auf die Umstellung auf endgültige Daten im Basisjahr 2019 der Projektion sowie auf aktuellere Daten für die exogenen (Monats-)Daten zurückzuführen.

Die alleinige Betrachtung aggregierter Daten im Rahmen der Analyse von Differenzen, die zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 auftreten, verdeckt naturgemäß den Blick für größere Abweichungen, die auf der Ebene einzelner Energiebilanzfelder – unabhängig von der eigentlichen Prognosegüte der eingesetzten Verfahren – auftreten können. Um auch diese „Ausreißerfelder“ mit in den Blick zu nehmen, sollen deren Differenzen nachfolgend genauer beleuchtet werden. Als Schwellenwert zur Identifikation großer Abweichungen wurde eine absolute Differenz größer als 10.000 TJ bei gleichzeitig relativer Differenz von mehr als 20 % zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz gewählt (dieses Kriterium wurde auch im Rahmen der sog. Energiedatenkonsistenzanalyse zur routinemäßigen Qualitätsprüfung der Bilanzzeitreihen vor dem Hintergrund der Klimaberichterstattung zugrunde gelegt). Folgende Energiebilanzfelder entsprechen dem aufgestellten Kriterium:

- ▶ Steinkohle (roh), Bestandsentnahmen (27.457 TJ, +38 %); Grund der Abweichung: **Unsicherheiten der Schätzung.** Bestandsveränderungen sind in Ihrer monatlichen

<sup>58</sup> In Zukunft (also erstmalig für die Frühschätzung der Energiebilanz 2021 im Februar 2022) wird die endgültige Energiebilanz zu einem früheren Zeitpunkt erstellt, so dass sie stets vor der Erstellung der jeweiligen Pilotenergiebilanz für das folgende Berichtsjahr vorliegt bzw. als Datengrundlage in diese einfließen kann.

Entwicklung sehr volatil und deshalb schwierig zu schätzen. Datenaktualisierungen haben vor diesem Hintergrund einen hohen Einfluss auf die hier betrachteten Differenzen.

- ▶ Steinkohle (roh), Umwandlungseinsatz: Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (32.137 TJ, +54 %); Grund der Abweichung: **Berechnungsfehler in der Frühschätzung**: Bei der Erstellung der Pilotenergiebilanz ist ein Fehler bei der Berechnung der „Finnischen Methode“ (Modell OKDAT) aufgetreten. Konkret bedeutet dies, dass die Aufteilung des KWK-Brennstoffeinsatzes auf die KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung (Wärmekraftwerke EBZ 11 und Heizkraftwerke EBZ 15) in der Pilotenergiebilanz nicht korrekt abgebildet wurde. Dies resultiert in zum Teil hohen Abweichungen bei den Heiz- und Wärmekraftwerken über mehrere Energieträger. In der Summe (Heizkraftwerke + Wärmekraftwerke) relativiert sich dieser Fehler allerdings wieder, da lediglich die Aufteilung auf beide Sektoren der Pilotenergiebilanz betroffen ist. So liegt der Schätzfehler bei Steinkohle, roh in der Summe über die beiden Sektoren bei nur -0,4 %.
- ▶ Steinkohlenkoks (roh), Bestandsaufstockungen (12.325 TJ, +179 %); Grund der Abweichung: **Unsicherheiten der Schätzung**. Bestandsveränderungen sind in Ihrer monatlichen Entwicklung sehr volatil und deshalb schwierig zu schätzen. Datenaktualisierungen haben vor diesem Hintergrund einen hohen Einfluss auf die hier betrachteten Differenzen.
- ▶ Erdöl (roh), Bestandsaufstockungen (14.137 TJ, -65 %); Grund der Abweichung: **Unsicherheiten der Schätzung**. Bestandsveränderungen sind in Ihrer monatlichen Entwicklung sehr volatil und deshalb schwierig zu schätzen. Datenaktualisierungen haben vor diesem Hintergrund einen hohen Einfluss auf die hier betrachteten Differenzen.
- ▶ Ottokraftstoffe, Umwandlungseinsatz: Mineralölverarbeitung (87.312 TJ, +161 %); Grund der Abweichung: **Methodenänderung**. Die Frühschätzung basiert noch auf der vorl. Energiebilanz 2019. Die endgültige Energiebilanz 2019 enthält im Bereich der Mineralöle methodische Revisionen, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Frühschätzung noch nicht berücksichtigt werden konnten.
- ▶ Ottokraftstoffe, nicht-energetischer Verbrauch (147.851 TJ, +100 %); Grund der Abweichung: **Methodenänderung**. Die Frühschätzung basiert noch auf der vorl. Energiebilanz 2019. Die endgültige Energiebilanz 2019 enthält im Bereich der Mineralöle methodische Revisionen, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Frühschätzung noch nicht berücksichtigt werden konnten.
- ▶ Erdgas, Erdölgas, Umwandlungseinsatz: Wärmekraftwerke der allg. Versorgung (98.676 TJ, -26 %); Grund der Abweichung: **Berechnungsfehler in der Frühschätzung**. Bei der Erstellung der Pilotenergiebilanz ist ein Fehler bei der Berechnung der „Finnischen Methode“ (Modell OKDAT) aufgetreten. Konkret bedeutet dies, dass die Aufteilung des KWK-Brennstoffeinsatzes auf die KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung (Wärmekraftwerke EBZ 11 und Heizkraftwerke EBZ 15) in der Pilotenergiebilanz nicht korrekt abgebildet wurde. Dies resultiert in zum Teil hohen Abweichungen bei den Heiz- und Wärmekraftwerken über mehrere Energieträger. In der Summe (Heizkraftwerke + Wärmekraftwerke) relativiert sich dieser Fehler allerdings wieder, da lediglich die Aufteilung auf beide Sektoren der Pilotenergiebilanz betroffen ist. So liegt der Schätzfehler bei Erdöl, Erdölgas in der Summe über die beiden Sektoren bei nur -3,0%.
- ▶ Erdgas, Erdölgas, Umwandlungseinsatz: Heizkraftwerke der allg. Versorgung (83.841 TJ, +69 %); Grund der Abweichung: **Berechnungsfehler in der Frühschätzung**. Bei der Erstellung

der Pilotenergiebilanz ist ein Fehler bei der Berechnung der „Finnischen Methode“ (Modell OKDAT) aufgetreten. Konkret bedeutet dies, dass die Aufteilung des KWK-Brennstoffeinsatzes auf die KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung (Wärme Kraftwerke EBZ 11 und Heizkraftwerke EBZ 15) in der Pilotenergiebilanz nicht korrekt abgebildet wurde. Dies resultiert in zum Teil hohen Abweichungen bei den Heiz- und Wärme Kraftwerken über mehrere Energieträger. In der Summe (Heizkraftwerke + Wärme Kraftwerke) relativiert sich dieser Fehler allerdings wieder, da lediglich die Aufteilung auf beide Sektoren der Pilotenergiebilanz betroffen ist. So liegt der Schätzfehler bei Erdöl, Erdöl gas in der Summe über die beiden Sektoren bei nur -3,0%.

- ▶ Erdgas, Erdöl gas, Energieverbrauch im Umwandlungssektor: Sonstige Energieerzeuger (33.925 TJ, 115 %); Grund der Abweichung: **Unsicherheiten der Schätzung**. Die Schätzung der Pilotenergiebilanz 2020 setzte auf dem zu hohen absoluten Niveau des Erdgasverbrauchs (Energieverbrauch im Umwandlungsbereich) der Sonstigen Energieerzeuger lt. den Angaben in der vorläufigen Energiebilanz 2019 auf. Aus der Verwendung endgültiger Statistikdaten zur Erstellung der endgültigen Energiebilanz 2019 ergibt sich eine Korrektur, die sich in einem deutlichen Niveaueffekt widerspiegelt, der in etwa der skizzierten Differenz entspricht. Auch für das Berichtsjahr 2020 (vorläufige Energiebilanz, Stand Juni 2021) ergibt sich aus den Statistikdaten für den Erdgasverbrauch der Sonstigen Energieerzeuger im Umwandlungsbereich ein verringertes Niveau in Höhe von etwa 29.500 TJ. Die hohe Abweichung zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der vorl. Energiebilanz 2020 im Rahmen dieses Vergleichs ergibt sich deshalb aus Korrekturen an den Energiebilanzen 2019 (endgültig)<sup>59</sup> und 2020 (vorläufig und endgültig) in diesem Bereich und beruht nicht auf einem Schätzfehler.
- ▶ Sonstige, nicht-erneuerbare Energieträger, Umwandlungseinsatz: Wärme Kraftwerke der allg. Versorgung (10.678 TJ, -17 %); Grund der Abweichung: **Berechnungsfehler in der Frühschätzung**: Bei der Erstellung der Pilotenergiebilanz ist ein Fehler bei der Berechnung der „Finnischen Methode“ (Modell OKDAT) aufgetreten. Konkret bedeutet dies, dass die Aufteilung des KWK-Brennstoffeinsatzes auf die KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung (Wärme Kraftwerke EBZ 11 und Heizkraftwerke EBZ 15) in der Pilotenergiebilanz nicht korrekt abgebildet wurde. Dies resultiert in zum Teil hohen Abweichungen bei den Heiz- und Wärme Kraftwerken über mehrere Energieträger. In der Summe (Heizkraftwerke + Wärme Kraftwerke) relativiert sich dieser Fehler allerdings wieder, da lediglich die Aufteilung auf beide Sektoren der Pilotenergiebilanz betroffen ist. So liegt der Schätzfehler bei Sonstigen, nicht-erneuerbaren Energieträgern in der Summe über die beiden Sektoren bei nur -1,3 %.

Eine vergleichsweise große absolute Abweichung zwischen der Pilotenergiebilanz und der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 ist darüber hinaus im Endenergieverbrauch beim Absatz von leichtem Heizöl bei den Privaten Haushalten und im GHD-Sektor zu beobachten (im vorangegangenen Abschnitt in der Liste „größerer“ Abweichungen ist diese Differenz allerdings nicht aufgeführt, weil die relativen prozentualen Abweichungen deutlich unter der gesetzten Schwelle von 20 % liegen, nämlich bei rund 6 % für die Privaten Haushalte und bei 16 % für den GHD-Sektor). Eine Überprüfung der Werte ergab, dass bei der Ermittlung der Schätzwerte für die Pilotenergiebilanz 2020 ein Dimensionsfehler im Rahmen der Berücksichtigung der Lagerbestandsveränderungen aufgetreten ist. Durch die Korrektur hätten die Schätzwerte in der

<sup>59</sup> Die Korrektur des Bilanzfeldes erfolgt im Rahmen der Revisionen der Energiebilanzen Deutschland für die Jahre von 2003 bis 2020, die für die erste Jahreshälfte 2023 anvisiert ist.

Pilotenergiebilanz also ebenfalls niedriger ausfallen müssen und lägen für 2020 in etwa auf dem Niveau der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020.

Die Analyse der Abweichungen zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 (Stand 15. Februar 2021) und der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Stand: Ende Juni 2021) hat gezeigt, dass sich große Differenzen im Wesentlichen auf drei Kategorien, nämlich:

- ▶ Unsicherheiten der Schätzung,
- ▶ Berechnungsfehler in der Pilotenergiebilanz oder
- ▶ Methodenänderung bzw. Revision der Ausgangsdaten

zurückführen lassen. Bezüglich der beiden zuletzt genannten Kategorien ist unstrittig, dass sie zwar das Ergebnis der Frühschätzung (der Pilotenergiebilanz 2020) und den empirischen Vergleich mit der vorläufigen Energiebilanz beeinflussen, allerdings mit der Qualität bzw. Prognosegüte der verwendeten Schätzverfahren nicht in Verbindung stehen. Was bedeutet dies nun für die hier aufgeworfene Frage zu den Möglichkeiten einer belastbaren Frühschätzung der Energiebilanz bereits im Februar eines jeden Berichtsjahres? Zum einen bedeutet es, dass die skizzierten „Sondereffekte“ aus der bereits erstellten Pilotenergiebilanz 2020 (Stand 15. Februar 2021) nachträglich herausgerechnet bzw. die Pilotenergiebilanz für den späteren empirischen Vergleich mit der endgültigen Energiebilanz 2020 um Berechnungsfehler/Methodenänderungen korrigiert werden sollte. Des Weiteren erlaubt diese Korrektur, dass der abschließende empirische Vergleich mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (Einzelheiten dazu vgl. Kapitel 8 dieser Studie) die Differenzen enthält, die auf Unsicherheiten der Schätzung zurückzuführen sind. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass aus dem Vergleich der beiden Bilanzen ggf. Hinweise zur Verbesserung der eingesetzten Schätzverfahren sowie eine unverzerrte Einschätzung der bereits erreichten Prognosequalität abgelesen werden kann. Für diese Vorgehensweise spricht zusätzlich auch, dass die genannten Sondereffekte im Rahmen der Erstellung zukünftiger Frühschätzungen/Pilotenergiebilanzen (ab dem Berichtsjahr 2021) nicht mehr auftreten werden.

Unabhängig von den aufgezeigten „Sondereffekten“ bewegen sich die Differenzen zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 also im vertretbaren, vor allem aber auch im erwarteten Toleranzbereich. Es ist allerdings zum Abschluss dieses Kapitels zu betonen, dass eine abschließende Bewertung der Genauigkeit der Pilotenergiebilanz 2020 erst im Rahmen eines Vergleichs mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (im Frühjahr 2022 erschienen) erfolgen kann.

## 8 Vergleich der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz 2020

Methodisch von größerem Interesse, weil es insbesondere den Gedanken der ex-post-Evaluierung der Prognosegüte aufgreift, ist der empirische Datenvergleich zwischen der endgültigen Energiebilanz Deutschland 2020 (Stand: 11. Februar 2022) und der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021, inkl. Korrekturen)<sup>60</sup>. Im Zusammenhang mit dem hier angestrebten Vergleich ist der Hinweis von Bedeutung, dass die im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen (nachträglichen) Korrekturen und Fehlerbehebungen (die nicht mit nachträglichen Verbesserungen bzw. Veränderungen der verwendeten Schätzverfahren zu verwechseln sind) in den hier vorgestellten Vergleichen berücksichtigt sind. Differenzen zwischen den beiden Bilanzen sind demzufolge allein auf Abweichungen zwischen der Prognose und den beobachteten, endgültigen Energiedaten zurückzuführen.<sup>61</sup>

Mit Blick auf das Gesamtergebnis ist zunächst Folgendes festzustellen: Die Abweichungen zwischen dem Primärenergieverbrauch laut korrigierter Frühschätzung der Pilotenergiebilanz und den endgültigen Befunden der Energiebilanz 2020 beträgt rund 82 PJ, dies entspricht einer Überschätzung des tatsächlich beobachteten Wertes (Datenstand: 11. Februar 2022) durch die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021, inkl. Korrekturen) um lediglich 0,7 % (vgl. Abbildung 33). Der fossile Teil des Primärenergieverbrauchs wird – verglichen mit der endgültigen Bilanz 2020 – um ca. 1 % überschätzt (entspricht einem Plus von rund 96 PJ gegenüber dem Wert der endgültigen Bilanz). Aus alledem folgt, dass eine signifikante Zunahme der Abweichungen beim Übergang von der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Datenstand: Ende Juni 2021) auf die endgültige Energiebilanz 2020 als Referenz- bzw. Bezugsgröße auf dieser Aggregationsebene nicht zu beobachten ist (die Abweichungen haben sich um ca. 0,1 %-Punkte erhöht, Einzelheiten vgl. vorangegangenes Kapitel).

Betrachtet man die Abweichungen für den fossilen Teil des Primärenergieverbrauchs auf der Ebene einzelner Energieträger, so zeigen sich in absoluter Betrachtung die größten Überschätzungen im Rahmen der Frühschätzung der korrigierten Pilotenergiebilanz bei den Mineralölen (-56 PJ), Steinkohle (-18 PJ) und Gase (-18 PJ). Der Primärenergieverbrauch von Braunkohle wurde hingegen geringfügig (um +4 PJ) unterschätzt. Die größte prozentuale Abweichung bzw. Überschätzung ist bei den „Sonstigen, nicht erneuerbaren Energieträgern“ (diese trugen 2020 mit rund 2,2 % zur Deckung der Nachfrage nach fossilen

<sup>60</sup> Die angesprochenen Korrekturen betreffen vor allem einen im vorangegangenen Abschnitt bereits erwähnten Fehler, der die Brennstoffaufteilung („Finnische Methode“) zwischen den Wärmekraftwerken und den Heizkraftwerken der allgemeinen Versorgung tangiert (korrigiert wurden vor diesem Hintergrund die Energiebilanzzeilen 11 und 15, wobei die Summe des Brennstoffeinsatzes unverändert blieb). Aufgrund der Verwendung aktueller Monatsdaten in vielen Bereichen der Schätzung sind die Abweichungen zwischen der endgültigen Energiebilanz 2020 und der Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. dieser Korrektur) üblicherweise sehr gering, so dass sie in den Vergleichen in diesem Kapitel nicht mehr auftreten (vgl. zu dieser Problematik auch Kapitel 7). Über diese Anpassungen hinaus wurden nur vereinzelte Bilanzfelder (z.B. der Absatz von leichtem Heizöl an die privaten Haushalte) einer „technischen“ Korrektur unterzogen, die allein der Beseitigung erkannter Fehler, nicht aber der Verbesserung der Prognoseeigenschaften diene.

<sup>61</sup> Bereits an dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass die Ursachen für Abweichungen zwischen den zu einem sehr frühen Zeitpunkt geschätzten und den endgültigen, beobachteten Bilanzdaten i.d.R. nicht auf eine Ursache zurückführen sind, sondern von zahlreichen Einflussgrößen abhängen, die sich von Sektor zu Sektor und von Energieträger zu Energieträger unterscheiden können. Aus diesem Grund können die Ursachen für Abweichungen nur auf der Ebene einzelner Bilanzfelder genauer beleuchtet werden. Hinzu kommt, dass die Abweichungen nicht in allen Fällen ausschließlich auf die Art bzw. Methodik des Prognoseverfahrens oder die Setzung exogener Annahmen zurückzuführen sind, sondern in Einzelfällen auch mit „Ausreißern“ z.B. in den amtlichen Statistikdaten in Verbindung gebracht werden können. Modellgestützte Verfahren, die ihre Information aus der Entwicklung der Vergangenheitsdaten beziehen, sind typischerweise nicht in der Lage, solche „Ausreißer“ (die im ex-post-Zeitraum der Modelle mit Hilfe von Dummy-Variablen ausgeschaltet werden) gewissermaßen auch ex-ante vorherzusehen.

Primärenergieträgern bei) mit -4,1 %, gefolgt von der Steinkohle mit -1,9 % und Mineralöle mit -1,3 %, zu beobachten (vgl. Tabelle 10).

**Abbildung 33: Abweichungen zwischen dem geschätzten Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz**

Abweichungen differenziert nach fossilen, erneuerbaren und sonstigen Energieträgern (Strom u. Wärme), in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Tabelle 10: Abweichungen zwischen fossilem Primärenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz**

2020, in Petajoule und Veränderungen in %

	Pilotenergiebilanz (PJ)	Endgültige Energiebilanz (PJ)	Absolute Abweichung (PJ)	%-Chg.
Steinkohle	913,6	895,8	-17,8	-1,9
Braunkohle	954,2	957,7	3,6	0,4
Mineralöl	4142,7	4086,8	-55,9	-1,3
Gase	3162,0	3144,3	-17,7	-0,6
Sonstige nicht-erneu.	212,9	204,2	-8,7	-4,1
Summe PEV, fossil	9385,3	9288,9	-96,4	-1,0

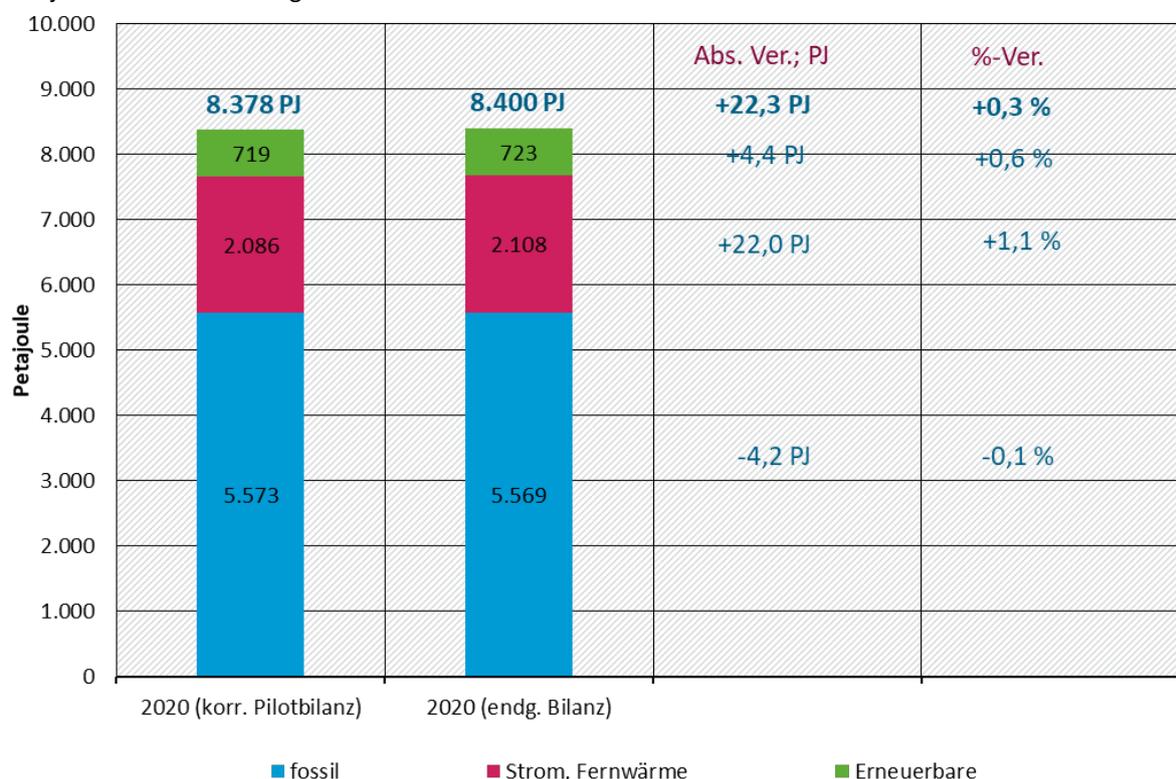
Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

Auf der Ebene des Endenergieverbrauchs weicht die korrigierte Frühschätzung um ca. 22 PJ bzw. 0,3 % (Unterschätzung des wahren Wertes) von dem Datenstand der endgültigen Energiebilanz 2020 ab (vgl. Abbildung 34). Damit hat sich die Prognosegüte (auf dieser Ebene)

verglichen mit den endgültigen Datenständen noch einmal verbessert (der Unterschied zwischen der Pilotenergiebilanz 2020 und der vorläufigen Energiebilanz 2020 betrug noch - 110 PJ bzw. -1,3 %). Bei der Interpretation dieses Befundes ist zu beachten, dass die angesprochenen Korrekturen der Pilotenergiebilanz dazu geführt haben, dass sich die Frühschätzung des Endenergieverbrauchs um rund 72 PJ auf 8.378 PJ gegenüber der ursprünglichen Schätzung vom 15. Februar 2021 verringert hat.<sup>62</sup> Gleichzeitig erhöhte sich der Endenergieverbrauch gegenüber der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 um ca. 59 PJ bzw. 0,7 % auf 8.400 PJ. Grundsätzlich lässt sich somit feststellen, dass sich die Differenzen zwischen der korrigierten Frühschätzung und der endgültigen Bilanz 2020 im Vergleich zur vorläufigen Schätzenergiebilanz verringert haben, wobei sich die ursprünglich abzeichnende Überschätzung (im Vergleich zur vorläufigen Energiebilanz 2020) in eine leichte Unterschätzung (im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020) verändert hat.

**Abbildung 34: Abweichungen zwischen dem geschätzten Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz**

Abweichungen differenziert nach fossilen, erneuerbaren und sonstigen Energieträgern (Strom u. Wärme), in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Fokussiert man den Blick auf den für die Berechnung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen relevanten fossilen Endenergieverbrauch (differenziert nach Energieträgern) fällt auf, dass die korrigierte Pilotenergiebilanz den später aus den amtlichen Statistikdaten abgeleiteten Verbrauch bei der Steinkohle um fast -64 PJ (bzw. -21 %) überschätzt. Damit weicht die Schätzung des Endenergieverbrauchs von Steinkohle sowohl in absoluter als auch in prozentualer Betrachtung am deutlichsten vom später ermittelten „wahren“ Wert der amtlichen

<sup>62</sup> Auf den Primärenergieverbrauch haben die skizzierten Korrekturen (z.B. bei den Lagerbestandsveränderungen oder der Anwendung der „Finnischen Methode“ im Umwandlungssektor) keinen Einfluss.

Statistik ab. Alle anderen fossilen Energieträger (einmal abgesehen von den „Sonstigen nicht-erneuerbaren Energieträgern“) wurden hingegen im Rahmen der Frühschätzung tendenziell unterschätzt. Die größte prozentuale Unterschätzung ist bei der Braunkohle (10 %) zu beobachten, die größte absolute Unterschätzung tritt mit rund 25 bzw. 31 PJ bei Mineralöl und Gasen auf, wobei diese beiden Energieträger rund 93 % der gesamten Endenergienachfrage decken, so dass die prozentualen Abweichungen zwischen 0,8 und 1,4 eher gering ausfallen (vgl. Tabelle 11).

**Tabelle 11: Abweichungen zwischen fossilem Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz**

Abweichungen differenziert nach Energieträgern, in Petajoule und Veränderungen in %

	Pilotenergiebilanz (PJ)	Endgültige Energiebilanz (PJ)	Absolute Abweichung (PJ)	%-Chg.
Steinkohle	303,7	240,0	-63,7	-21,0
Braunkohle	81,4	89,5	8,1	10,0
Mineralöl	2986,4	3011,3	25,0	0,8
Gase	2125,6	2156,2	30,6	1,4
Sonstige nicht-erneu.	75,7	71,6	-4,1	-5,4
Summe EEV, fossil	5572,8	5568,6	-4,2	-0,1

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

Betrachtet man die Differenzen zwischen dem fossilen Endenergieverbrauch laut korrigierter Frühschätzung der Pilotenergiebilanz und den Datenständen der endgültigen Energiebilanz in sektoraler Gliederung (vgl. Abbildung 35), ist die größte Abweichung im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zu konstatieren. Während die korrigierte Pilotenergiebilanz den Endenergieverbrauch an fossilen Energieträgern im GHD-Sektor im Jahr 2020 auf ca. 598 PJ schätzt, weist die endgültige Energiebilanz 2020 diesem Verbrauchssegment den Einsatz kohlenstoffhaltiger Energieträger in der Größenordnung von 670 PJ zu. Damit unterschätzt die korrigierte Pilotenergiebilanz die Verbrauchswerte, die die endgültige Energiebilanz Deutschland diesem Wirtschaftszweig zuordnet, um rund 12 %. In den übrigen Wirtschaftszweigen (Industrie, private Haushalte, Verkehr) variiert die Überschätzung im Rahmen der korrigierten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz zwischen -0,4 % (Industrie) und -3,2 % (private Haushalte).

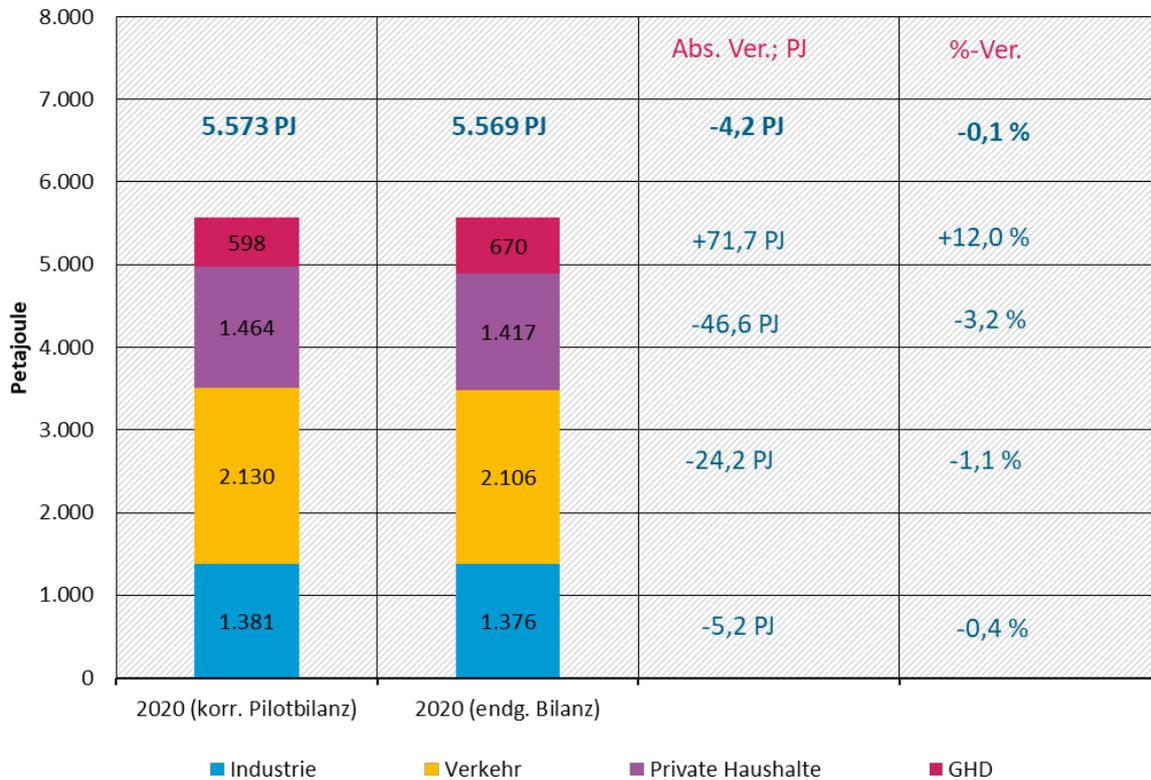
Im Gesamtergebnis unterschätzt die korrigierte Pilotenergiebilanz den fossilen Endenergieverbrauch nach den Berechnungen der endgültigen Energiebilanz 2020, die auf finalen Statistikdaten beruht, um gut -4 PJ bzw. -0,1 % (vgl. Tabelle 11 sowie Abbildung 35).

Die felderscharfen Abweichungen zwischen der korrigierten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15.2.2021, inkl. Korrekturen) und der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand 11.2.2022) werden, wie im Pflichtenheft zur Auftragsbeschreibung für dieses Projekt vorgesehen, dem Auftraggeber zusammen mit der Dokumentation der Pilotenergiebilanz übergeben (Datei: 04\_UBA\_Dok3ZB\_EEB\_ABGABE.xlsx).

Legt man zur Analyse bzw. ersten Einschätzung der Abweichungen zwischen der Frühschätzung und der endgültigen Energiebilanz wiederum das im vorangegangenen Abschnitt gewählte Kriterium (Abweichung größer bzw. kleiner als 10.000 Terajoule bei gleichzeitiger prozentualer

**Abbildung 35: Abweichungen zwischen dem geschätzten fossilen Endenergieverbrauch für das Jahr 2020 nach korrigierter Pilotenergiebilanz und endgültiger Energiebilanz**

Abweichungen differenziert nach Sektoren, in Petajoule und Veränderungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Differenz größer als 20 %) an, so zeigt sich, dass im Endenergieverbrauch unter Einbeziehung der Summenzeilen elf Bilanzfelder unter das genannte Kriterium fallen. Ohne Berücksichtigung der Summenzeilen verbleiben fünf Bilanzfelder. Die nachfolgenden Betrachtungen konzentrieren sich ausschließlich auf diese fünf Bilanzfelder, da Abweichungen in den Summenzeilen als Folge der Schätzfehler bzw. Abweichungen in diesen Bereichen interpretiert werden können. Größere Abweichungen konzentrieren sich vor diesem Hintergrund auf:

- ▶ Steinkohle, roh im Sektor Metallerzeugung (43.321 TJ, 37 %),
- ▶ Steinkohlenkoks, Metallerzeugung (23.708 TJ, 34 %),
- ▶ Andere Braunkohlenprodukte, Verarbeitung von Steinen und Erden (14.470 TJ, 25 %),
- ▶ Heizöl, leicht, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (38.864 TJ, 23 %) und
- ▶ Raffineriegas, Grundstoffchemie (12.545 TJ, 31 %)

Die Ursachen für die skizzierten Differenzen zwischen der korrigierten Frühschätzung und der endgültigen Energiebilanz sind nur zum Teil in den Grenzen des gewählten Modellierungsansatzes bzw. in damit verbundenen Prognosefehlern zu finden. Eine genauere Analyse zeigt, dass einige Zeitreihen auf der Ebene einzelner Energiebilanzfelder unabhängig vom Erklärungsansatz schwer oder gar nicht korrekt zu prognostizieren sind. Der Grund hierfür ist, dass einige Zeitreihen auf dieser Disaggregationsebene bereits in der Vergangenheit immer wiederkehrende (aber keinesfalls regelmäßig auftretende) Ausreißer aufwiesen.

Zu dieser Gruppe von Zeitreihen zählt auch der Einsatz von Raffineriegas im Sektor Grundstoffchemie, der im ex-post-Zeitraum (1995 bis 2019) starken Schwankungen und Niveauunterschieden unterlag. Der Verbrauch von Raffineriegas zur Produktion chemischer Grundstoffe bewegte sich in der Zeit von 1995 bis 2000 in der Größenordnung zwischen 2,5 und 4 PJ und verringerte sich 2001 kräftig. Zwischen 2001 und 2016 setzte der Sektor kein Raffineriegas ein. Seit 2017 werden zwischen 30 und 40 PJ je Jahr verbraucht, wobei die Verbrauchswerte in einzelnen Jahren um 25 bis 30 % variieren. Auch 2020 ist ein starker Anstieg des Einsatzes dieses Energieträgers um fast 28 %, auf knapp 40 PJ zu erkennen. Die Frühschätzung der Pilotenergiebilanz prognostizierte hingegen gegenüber dem Vorjahr einen (überwiegend produktionsbedingten) Verbrauchsrückgang um mehr als 12 % bzw. 4 PJ auf 28 PJ (vgl. Abbildung 36).

Der Verbrauch von Steinkohle im Sektor Grundstoffchemie stellt ein weiteres Beispiel für diese Kategorie von Bilanzreihen dar. Auch diese Zeitreihe ist im Beobachtungszeitraum durch Strukturbrüche, Niveauunterschiede und einzelne Ausreißer (inkl. Phasen, wie die Berichtsjahre 2005 und 2006, in denen Steinkohle nicht zur Erzeugung chemischer Grundstoffe eingesetzt wurde) charakterisiert. Zwar fällt die Abweichung zwischen der Prognose (Frühschätzung) und dem endgültigen Verbrauchswert laut endgültiger Energiebilanz 2020 nicht unter das eingangs erwähnte Kriterium, dennoch hat das Schätzverfahren den sprunghaften Anstieg des Steinkohleverbrauchs im Jahr 2020 („Ausreißer“) nicht prognostiziert (vgl. Abbildung 37).

Eine größere Differenz (nach dem oben aufgestellten Kriterium) ist schließlich bei der Erfassung bzw. Schätzung des leichten Heizöls im Sektor „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ zwischen der Frühschätzung und der endgültigen Energiebilanz 2020 zu beobachten. Grundsätzlich gilt natürlich auch hier, dass die Schätzung des Heizölabsatzes an den GHD-Sektor aufgrund der Heterogenität der hier vorzufindenden Wirtschaftszweige, der Problematik der Prognose der Lagerbestandsbewegungen und Abgrenzungungenauigkeiten zu den Sektoren private Haushalte und Industrie schwierig wäre. Im Rahmen der Schätzung/Erstellung von Energiebilanzen wird der Absatz von leichtem Heizöl an den GHD-Sektor deshalb im Bilanzzusammenhang als Restglied ermittelt. Eine Verbesserung des „Schätzergebnisses“ ließe sich hier also nur indirekt, also durch Veränderungen der Schätzverfahren in anderen Wirtschaftszweigen erzielen.

Es liegt auf der Hand, dass an dieser Stelle nicht alle Bilanzzeitreihen diskutiert werden können, die nicht unter das oben aufgestellte Abweichungs-Kriterium fallen, deren Prognose (aufgrund einer hohen Disaggregation und damit verbundenen statistischen Ausreißern in den ex-post-Beobachtungen für einzelne Jahre) am aktuellen Rand trotzdem zu Ungenauigkeiten führt bzw. nur unter Inkaufnahme von größeren Unsicherheiten möglich ist.

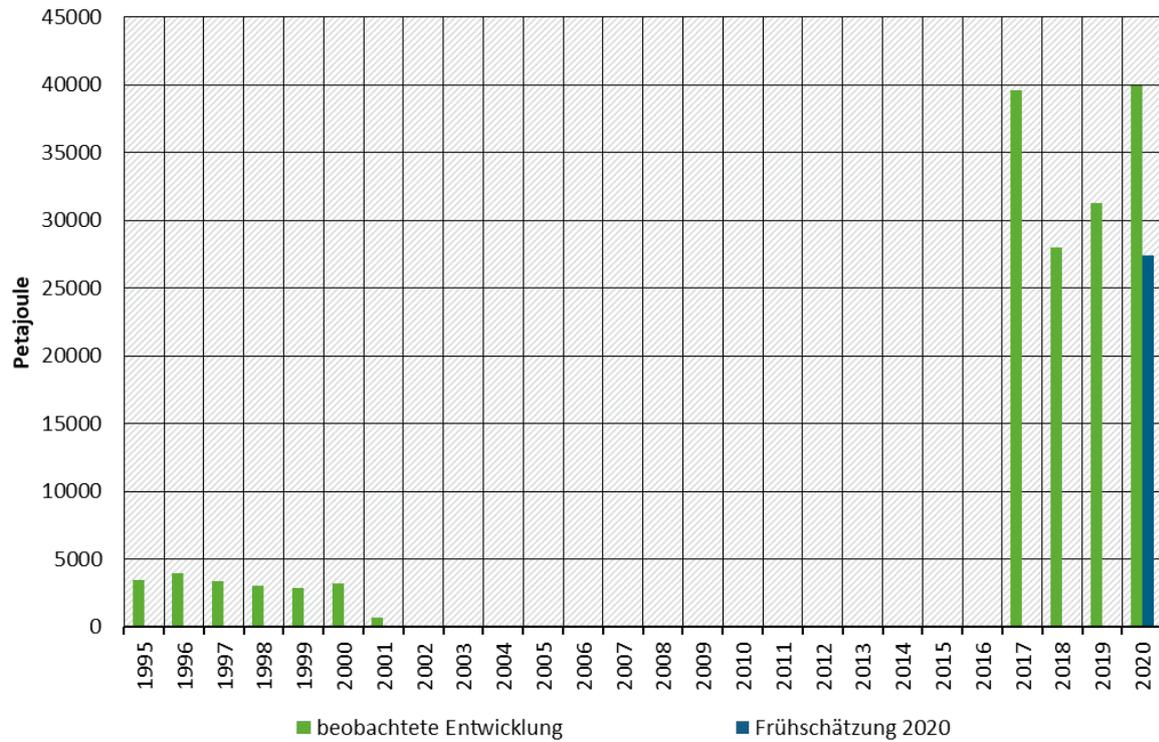
Die Einordnung bestimmter Zeitreihen bzw. Beobachtungspunkte als Ausreißer bedeutet jedoch keineswegs, dass die Ursache für größere Abweichungen zwischen der Frühschätzung und den endgültigen Daten der Energiebilanz 2020 stets in statistischen Sondereffekten zu suchen ist. Das Gegenteil ist der Fall. Beispielsweise überschätzt das Modellverfahren den Einsatz von Steinkohle und Steinkohlenkoks im Sektor Metallerzeugung spürbar bzw. jeweils um ca. ein Drittel. Eine erste vorläufige Analyse der auftretenden Überschätzung hat gezeigt, dass mehrere Gründe ursächlich sein können. Der beobachtete Rückgang des Steinkohleeinsatzes um mehr als 37 % gegenüber dem Vorjahr ist weder in Anbetracht der Preisentwicklung (der Preis für Steinkohle ist von 2019 auf 2020 um ca. 20 % gesunken<sup>63</sup>) noch vor dem Hintergrund der

---

<sup>63</sup> Der Einfuhrpreis für Steinkohlenkoks nahm im gleichen Zeitraum um ca. 22 % ab.

**Abbildung 36: Verbrauch von Raffineriegas im Wirtschaftszweig „Grundstoffchemie“**

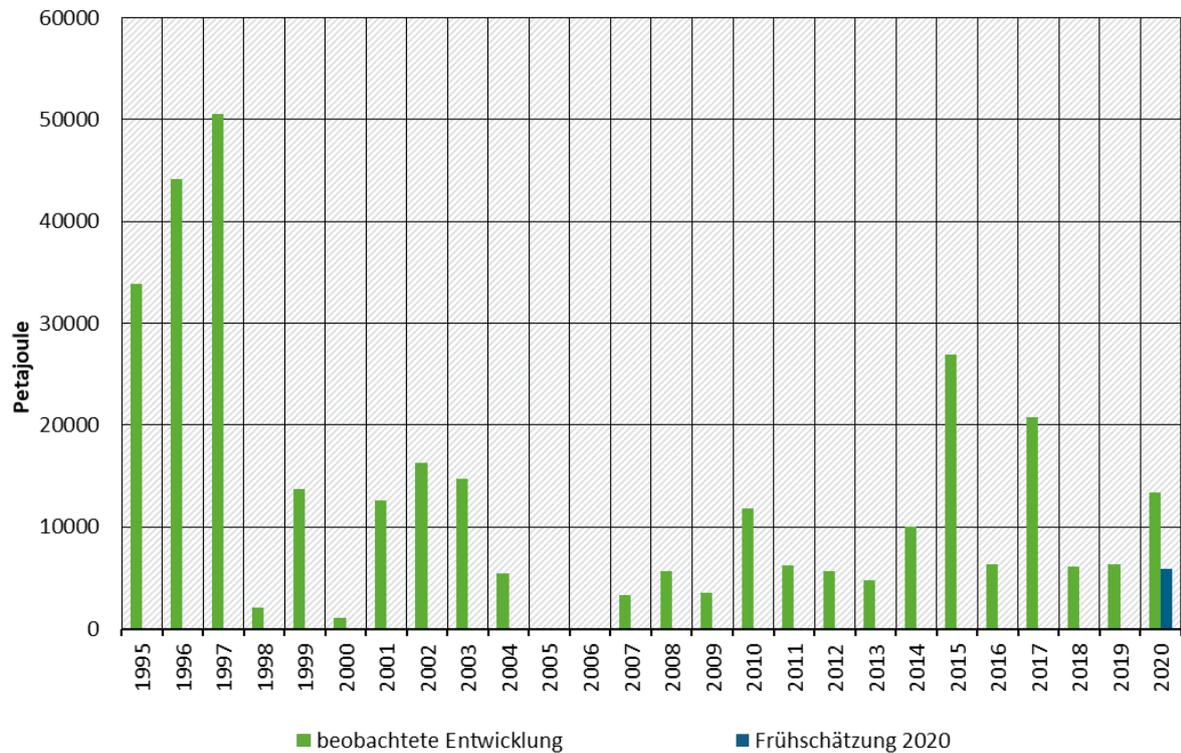
1995 bis 2020, in Petajoule



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

**Abbildung 37: Verbrauch von Steinkohle im Wirtschaftszweig „Grundstoffchemie“**

1995 bis 2020, in Petajoule



Quelle: Eigene Darstellung EEFA und ZSW.

Produktion, die nach unserer Einschätzung (Ende Januar 2021) um ca. -10,6 % gesunken ist, vollständig erklärbar. Um zu einer Verbesserung zukünftiger Prognosen in diesem Wirtschaftszweig zu gelangen, wäre zweifelsohne eine tiefere Abbildung der einzelnen Prozessstufen (Sinter- und Roheisenerzeugung, Oxygen- und Elektrostahlerzeugung sowie Walzstahlerzeugung) angezeigt.<sup>64</sup> Auf der Grundlage inzwischen vorliegender physischer Produktionsdaten ist erkennbar, dass die Produktion von Roheisen im Jahr 2020 um rund 12 % (und damit um rund 3 Mio. t) auf etwa 22,5 Mio. t gesunken ist. Einen noch größeren Beitrag zur Verbesserung der Frühschätzung könnte darüber hinaus im gleichzeitigen Rückgriff auf monatliche Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs im Stützzeitraum des Modells liegen. Leider liegen die dazu erforderlichen Datengrundlagen (monatliche Daten zum Energieverbrauch der Stahlindustrie, BGS-EH200) seit dem Monatsbericht Januar 2010 für Deutschland nicht mehr vor.

Eine größere Prognoseabweichung fällt beim Einsatz „Anderer Braunkohlenprodukte“ (Braunkohlenstaub, Trockenkohle Braunkohlenkoks, Wirbelschichtkohle und Xylit) im Sektor „Verarbeitung von Steinen und Erden“ ins Auge. Braunkohlenstaub und Wirbelschichtkohle wird innerhalb dieses Wirtschaftszweiges nahezu ausschließlich in den Subbranchen Herstellung von Zement (WZ 23.51), Herstellung von gebranntem Kalk und Gips (WZ 23.52) sowie Herstellung von sonstigen Erzeugnissen aus nichtmetallischen Mineralien (WZ 23.9) verbraucht. Die übrigen Bereiche wie z.B. die Herstellung von Keramik, Ziegeln, Beton usw. setzen andere Braunkohleprodukte nicht oder nur in sehr geringen Mengen ein. Die Prognose auf der Ebene des Gesamtsektors „Verarbeitung von Steinen und Erden“ (Energiebilanzzeile 53, WZ 23 minus WZ 23.1, WZ 23.2, WZ 23.31 und WZ 23.4) bringt aufgrund der unzureichenden Erfassung gegenläufiger Produktionsentwicklungen in den Subbranchen mit ihrem unterschiedlich ausgeprägten Einsatz „Anderer Braunkohlenprodukte“ zwangsläufig Ungenauigkeiten mit sich. Während z.B. die Zementproduktion im Jahr 2020 um 3,8 % zugenommen hat, ist die Produktion von Branntkalk im gleichen Zeitraum um 8,1 % gesunken. Diese heterogenen, teilweise gegenläufigen Entwicklungen können mit Hilfe der Produktionsentwicklung (Produktionsindex) auf der Ebene des übergeordneten Sektors nur unzureichend erfasst werden. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass eine genauere Erklärung bzw. Prognose des industriellen Energieverbrauchs für einzelne Subsektoren, die in der Energiebilanz Deutschland aggregiert ausgewiesen sind, in diesem Projekt nicht vorgesehen ist.

Abschließend ist der Vollständigkeit halber zu erwähnen, dass neben den bereits skizzierten Bereichen weitere Bilanzfelder größere Abweichungen als 10.000 TJ bzw. 20 % zwischen der Frühschätzung und den endgültigen Bilanzdaten aufweisen. Die übrigen Abweichungen betreffen allerdings nahezu ausschließlich Bestandsveränderungen (Bestandsentnahmen, Bestandsaufstockungen, Energiebilanzzeilen 3 und 7). Die statistische Erfassung der Vorratsveränderungen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, die sich naturgemäß auch einschränkend auf die Möglichkeiten zu einer sachgerechten Prognose dieser Felder auswirken. Abweichungen in diesen Bereichen werden deshalb hier nicht weiter thematisiert, da insbesondere auch keine Ansätze zur Erhöhung der Prognosegüte vorliegen.

Generell stellt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt (August 2022) die Frage, inwieweit aufwändige Verbesserungen der Modellinfrastruktur (Detaillierung der Schätzansätze), die sich aus dem empirischen Vergleich zwischen der im Februar 2021 geschätzten korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15.2.2021, inkl. Korrekturen) mit den endgültigen Datenständen der Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022) in einzelnen Bereichen durchaus herleiten lassen, zukünftige Frühschätzungen z.B. für die Berichtsjahre 2022 u. 2023

---

<sup>64</sup> Im bislang genutzten, vereinfachten Schätzverfahren wird der Sektor „Metallerzeugung“ als Ganzes erfasst, wobei die Produktionsentwicklung über den Produktionsindex in die Gleichungen zur Erklärung des Energieverbrauchs einfließt.

maßgeblich verbessern können. Die aktuelle Verdichtung krisenhafter Ausnahmesituationen (energiewirtschaftliche und ökonomische Auswirkungen der Corona-Pandemie insbesondere 2020 sowie des Ukraine-Konfliktes seit Februar 2022) haben verlässliche Prognosen kompletter Energiebilanzen zusätzlich erschwert.

## 9 Gesamtschau über alle Schätzwerte und Optionen zur zukünftigen Verbesserung der Prognoseergebnisse

### 9.1 Gesamtschau aller Schätzwerte

Abschließend soll eine komprimierte Gesamtschau aller Schätzergebnisse für das Berichtsjahr 2020 gegeben werden. Während in den vorangegangenen Kapiteln die Pilotenergiebilanz 2020 zunächst mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 und anschließend die Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. technischer Korrekturen) mit der endgültigen Energiebilanz 2020 verglichen wurde, werden im folgenden Abschnitt alle Bilanzen, die Schätz- oder Prognoseanteile aufweisen, mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand 11.2.2022) verglichen. Konkret werden also die Daten

- ▶ der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 (Datenstand: 15.2.2021),
- ▶ der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand: 30.6.2021) und
- ▶ der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 (inkl. technische Korrekturen, Datenstand: 15.2.2021),

denen der endgültigen Energiebilanz 2020 gegenübergestellt. Es liegt auf der Hand, dass insbesondere der Vergleich zwischen der Frühschätzung der Energiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, Datenstand: 15.2.2022) und der endgültigen Energiebilanz 2020 bereits Gegenstand einer ausführlichen Analyse in Kapitel 8 dieser Studie war. Hingegen wurde die ursprüngliche Frühschätzung der Energiebilanz 2020 (ohne technische Korrekturen) bislang nur mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz verglichen (vgl. Kapitel 7).

Vor diesem Hintergrund fassen die nachfolgenden Tabellen 12 bis 17 alle Ergebnisse der Schätzungen in aggregierter Form zusammen (Primärenergieverbrauch nach Energieträgern Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren) und stellen sie den Daten der endgültigen Energiebilanz 2020 gegenüber. In die Tabellen eingebettet ist jeweils eine Darstellung der absoluten Differenzen (in PJ) und der relativen Abweichung (in %) im Verhältnis zu den endgültigen Bilanzdaten für das Berichtsjahr 2020.

Insgesamt bestätigt die Gesamtschau sämtlicher Schätzwerte die Befunde der vorangegangenen Kapitel (7 und 8). Deutlich wird u.a.,

- ▶ dass von den beschriebenen technischen Berichtigungen an der Pilotenergiebilanz 2020 (Korrektur an der Brennstoffaufteilung in den Bilanzzeilen 11 und 15, Umwandlungseinsatz Wärmekraftwerke der allg. Versorgung und Heizkraftwerke der allg. Versorgung, methodische Änderung bei der Zuordnung von Benzinkomponenten in den Bilanzzeilen 18 und 43 sowie einer Korrektur bei den Lagerbestandsbewegungen von leichtem Heizöl bei den privaten Haushalten) kein Einfluss auf den Primärenergieverbrauch ausging,
- ▶ wohingegen der fossile Endenergieverbrauch (Endenergieverbrauch ohne Strom, Wärme und erneuerbare Energien) lt. korrigierter Pilotenergiebilanz 2020 von den Daten der ursprünglichen Frühschätzung abweicht (5.572, 8 PJ statt 5.645,4 PJ, vgl. Tabelle 13). Die Differenzen konzentrieren sich auf den Energieträger Mineralöl (Heizöl, leicht und Ottokraftstoffe) und betreffen nur die Sektoren private Haushalte (Heizöl leicht, Korrektur der Lagerbestandsbewegungen) und Verkehr (Ottokraftstoff im Straßenverkehr, als Folge der methodischen Änderung bei der Erfassung der Benzinkomponenten),

- ▶ dass sich die Differenzen im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020 auf der Ebene der energiewirtschaftlichen Aggregate (gesamter Primär- und Endenergieverbrauch) zu allen hier betrachteten Schätzzeitpunkten in einem engen Intervall zwischen +/- 0,7 % bewegen. Bezogen auf den fossilen Teil der genannten Aggregate variiert die Abweichung im Vergleich zur endgültigen Bilanz maximal zwischen -1,4 % und +1,2 % (vgl. Tabellen 12 und 13),
- ▶ dass die Abweichungen zwischen der (korrigierten) Pilotenergiebilanz 2020 und der endgültigen Energiebilanz im Endenergieverbrauch insbesondere auf der Ebene einzelner Energieträger (Steinkohle) und Sektoren (GHD) grundsätzlich höher ausfallen (Einzelheiten dazu, vgl. Kapitel 8) als die, die in den energiewirtschaftlichen Aggregaten zu beobachten sind.

Vergleicht man zum Abschluss der empirischen Gesamtschau aller Schätzwerte die Entwicklung der „Prognosegenauigkeit“ von der Frühschätzung 2020 (inkl. Berichtigungen) zur vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Stand 30.6.2021), die ja gewissermaßen eine Aktualisierung der Frühschätzung mit den innerhalb des Zeitraums von Mitte Februar bis Ende Mai 2021 für das Berichtsjahr 2020 neu veröffentlichten statistischen Monatsdaten darstellt, so ist auf der Ebene des Primärenergieverbrauchs aufgrund des aktuelleren Datenstandes eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit festzustellen. Betrug die Differenz zwischen dem Primärenergieverbrauch 2020 nach der korrigierten Pilotenergiebilanz und der endgültigen Energiebilanz 2020 noch - 0,7 %, so konnte diese Abweichung im Rahmen der Neuberechnung der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Stand 30.6.2021) auf nahezu 0 % verringert werden. Auch im fossilen Teil des Primärenergieverbrauchs zeigt sich beim Übergang auf die aktuellere Datenbasis der vorläufigen Schätzenergiebilanz eine Reduzierung der Abweichung im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020 von -1 % auf - 0,2 % (vgl. Tabelle 12). Beide Schätzenergiebilanzen überschätzen allerdings den fossilen Primärenergieverbrauch, wie ihn die endgültige Energiebilanz 2020 berichtet.

Ein ähnlicher Effekt bzw. Trend ist auf der Ebene des Endenergieverbrauchs (insgesamt) nicht zu beobachten. Lag die Abweichung der korrigierten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 zur endgültigen Energiebilanz in diesem Bereich noch bei +0,3 %, so vergrößert sie sich beim Übergang auf die aktuelleren Datenstände der vorläufigen Energiebilanz 2020 auf +0,7 %. Bezogen auf den fossilen Teil des Endenergieverbrauchs erhöhte sich die Differenz zu den Befunden der endgültigen Energiebilanz 2020 von -0,1 % auf +1,2 %, während also die berichtigte Pilotenergiebilanz den wahren Wert des fossilen Endenergieverbrauchs noch geringfügig überschätzte, führt die Neuberechnung der vorläufigen Schätzenergiebilanz zu einer deutlicheren Unterschätzung (vgl. Tabelle 13). Ursächlich für diesen gegenläufigen Effekt dürften in erster Linie die spürbar größeren Unsicherheiten der Schätzung in den Wirtschaftszweigen des Endenergieverbrauchs sein, da hier überwiegend auf Jahresdaten zur Ableitung der Prognose zurückgegriffen werden muss (unterjährige Aktualisierungen fließen in erster Linie bzw. ausschließlich über die Aktualisierung exogener Rahmenbedingungen in die Prognose ein).

Eine detaillierte Gesamtschau (nicht aggregiert) über alle drei Vergleichswerte (Frühschätzung der Pilotenergiebilanz, vorläufige Energiebilanz und endgültige Energiebilanz 2020) wird dem Auftraggeber in einer separaten Excel-Datei übermittelt. Die Excel-Datei enthält zusätzlich auch die berichtigte Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 und weist für alle Bilanzen mit Schätzanteilen die absoluten und prozentualen Abweichungen felderscharf im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11.2.2022) aus.

**Tabelle 12: Primärenergieverbrauch 2020 nach verschiedenen Datenständen**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Energieträgergruppen, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
fossil	9385,3	9303,7	9385,3	9288,9
Strom, Fernwärme	630,2	634,4	630,2	634,2
Erneuerbare	1961,1	1961,1	1961,1	1971,8
Insgesamt	11976,6	11899,3	11976,6	11894,9
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
fossil	-96,4	-14,9	-96,4	
Strom, Fernwärme	4,1	-0,1	4,1	
Erneuerbare	10,7	10,7	10,7	
Insgesamt	-81,7	-4,3	-81,7	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				
fossil	-1,0	-0,2	-1,0	
Strom, Fernwärme	0,6	0,0	0,6	
Erneuerbare	0,5	0,5	0,5	
Insgesamt	-0,7	0,0	-0,7	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

**Tabelle 13: Endenergieverbrauch 2020 nach verschiedenen Datenständen**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Energieträgergruppen, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
fossil	5645,4	5500,3	5572,8	5568,6
Strom, Fernwärme	2086,0	2123,3	2086,0	2108,0
Erneuerbare	718,8	717,0	718,8	723,2
Insgesamt	8450,2	8340,6	8377,6	8399,9
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
fossil	-76,7	68,4	-4,2	

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Strom, Fernwärme	22,0	-15,3	22,0	
Erneuerbare	4,4	6,2	4,4	
Insgesamt	-50,3	59,2	22,3	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				
fossil	-1,4	1,2	-0,1	
Strom, Fernwärme	1,0	-0,7	1,0	
Erneuerbare	0,6	0,9	0,6	
Insgesamt	-0,6	0,7	0,3	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

**Tabelle 14: Fossiler Primärenergieverbrauch 2020 nach Energieträgern und verschiedenen Datenständen**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Energieträgergruppen, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
Steinkohle	913,6	897,5	913,6	895,8
Braunkohle	954,2	957,7	954,2	957,7
Mineralöl	4142,7	4086,8	4142,7	4086,8
Gase	3162,0	3147,5	3162,0	3144,3
Sonstige, nicht-ern.	212,9	214,3	212,9	204,2
Summe PEV, fossil	9385,3	9303,7	9385,3	9288,9
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
Steinkohle	-17,8	-1,7	-17,8	
Braunkohle	3,6	0,1	3,6	
Mineralöl	-55,9	0,0	-55,9	
Gase	-17,7	-3,1	-17,7	
Sonstige, nicht-ern.	-8,7	-10,1	-8,7	
Summe PEV, fossil	-96,4	-14,9	-96,4	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Steinkohle	-2,0	-0,2	-2,0	
Braunkohle	0,4	0,0	0,4	
Mineralöl	-1,4	0,0	-1,4	
Gase	-0,6	-0,1	-0,6	
Sonstige, nicht-ern.	-4,3	-5,0	-4,3	
Summe PEV, fossil	-1,0	-0,2	-1,0	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

**Tabelle 15: Fossiler Endenergieverbrauch 2020 nach Energieträgern und verschiedenen Datenständen**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Energieträgergruppen, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergie- bilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
Steinkohle	303,7	304,3	303,7	240,0
Braunkohle	81,4	77,5	81,4	89,5
Mineralöl	3058,9	2943,6	2986,4	3011,3
Gase	2125,6	2098,0	2125,6	2156,2
Sonstige, nicht-ern.	75,7	76,9	75,7	71,6
Summe EEV, fossil	5645,4	5500,3	5572,8	5568,6
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
Steinkohle	-63,7	-64,3	-63,7	
Braunkohle	8,1	12,0	8,1	
Mineralöl	-47,6	67,7	25,0	
Gase	30,6	58,1	30,6	
Sonstige, nicht-ern.	-4,1	-5,3	-4,1	
Summe EEV, fossil	-76,7	68,4	-4,2	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				
Steinkohle	-26,6	-26,8	-26,6	
Braunkohle	9,1	13,4	9,1	

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergiebilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Mineralöl	-1,6	2,2	0,8	
Gase	1,4	2,7	1,4	
Sonstige, nicht-ern.	-5,7	-7,3	-5,7	
Summe EEV, fossil	-1,4	1,2	-0,1	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

**Tabelle 16: Fossiler Endenergieverbrauch 2020 nach Sektoren und verschiedenen Datenständen**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Sektoren, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergiebilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
Industrie	1381,1	1351,9	1381,1	1375,9
Verkehr	2178,9	2112,4	2129,7	2105,6
Private Haushalte	1487,3	1436,3	1463,9	1417,3
GHD	598,2	599,6	598,2	669,9
Insgesamt	5645,4	5500,3	5572,8	5568,6
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
Industrie	-5,2	24,0	-5,2	
Verkehr	-73,3	-6,9	-24,2	
Private Haushalte	-70,0	-19,0	-46,6	
GHD	71,7	70,3	71,7	
Insgesamt	-76,7	68,4	-4,2	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				
Industrie	-0,4	1,7	-0,4	
Verkehr	-3,5	-0,3	-1,1	
Private Haushalte	-4,9	-1,3	-3,3	
GHD	10,7	10,5	10,7	
Insgesamt	-1,4	1,2	-0,1	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

**Tabelle 17: Endenergieverbrauch Strom und Fernwärme im Jahr 2020 nach Sektoren und Datenstand**

Absolut, Abweichungen differenziert nach Sektoren, in Petajoule und in %

	Pilotenergiebilanz 2020 (15.2.2021)	Vorl. Schätzenergiebilanz 2020 (30.6.2021)	Pilotenergiebilanz 2020 (inkl. Korrekturen, 15.2.2021)	Endgültige Energiebilanz 2020 (11.2.2022)
Absolut, PJ				
Industrie	897,7	899,3	897,7	907,3
Verkehr	42,5	40,7	42,5	41,5
Private Haushalte	634,2	635,1	634,2	643,5
GHD	511,6	548,3	511,6	515,6
Insgesamt	2086,0	2123,3	2086,0	2108,0
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, PJ				
Industrie	9,6	8,0	9,6	
Verkehr	-1,0	0,8	-1,0	
Private Haushalte	9,3	8,5	9,3	
GHD	4,1	-32,6	4,1	
Insgesamt	22,0	-15,3	22,0	
Differenz zur endgültigen Energiebilanz, in %				
Industrie	1,1	0,9	1,1	
Verkehr	-2,3	2,0	-2,3	
Private Haushalte	1,4	1,3	1,4	
GHD	0,8	-6,3	0,8	
Insgesamt	1,0	-0,7	1,0	

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA und ZSW.

Zum Abschluss dieses Abschnittes ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass aus den hier skizzierten Vergleichen einzelner Schätzenergiebilanzen (für ein Jahr, hier 2020) keine abschließenden Rückschlüsse auf die Prognosegenauigkeit der eingesetzten Verfahren und Modellrechnungen abgeleitet werden können. Dazu müssten im Rahmen des vorgestellten Hybrid-Ansatzes zur Prognose vollständiger Energiebilanzen (vgl. dazu im Einzelnen Kapitel 3) gewissermaßen ex-post-Prognosen im Stützzeitraum (z.B. für die Jahresdaten 1990/95 bis 2018/2019) durchgeführt werden und die Abweichungen in den einzelnen Bereichen oder Feldern der Energiebilanz über einen längeren Zeitraum analysiert werden. Die rückwirkende Erstellung solcher ex-post-Prognosen ist zum einen aufgrund des gewählten, an der Berücksichtigung möglichst aller vorliegenden, aktuellen Daten orientierten Hybrid-Ansatzes schwierig. Hinzu kommt, dass die Erstellung von ex-Post-Prognosen nicht Gegenstand dieses Forschungsvorhabens war.

Unabhängig von alledem stellt sich die Frage, welche Optionen zur Verbesserung der Frühschätzung zukünftiger Energiebilanzen ins Auge gefasst werden könnten, bzw. in welchen Bereichen (Energieträger/Sektoren) aufgrund der vorliegenden Vergleiche Modellanpassungen ggf. zu spürbaren Verbesserungen der Schätzgenauigkeiten führen könnten?

## 9.2 Ausgewählte Möglichkeiten zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Studie (Oktober 2022) wurde im Rahmen des BMWK-Forschungsvorhabens „Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland (2021 – 2023)“, (FA.-Nr. 19/21) bereits eine weitere Frühschätzung der Energiebilanz Deutschland für das Jahr 2021 (Datenstand: 15.2.2022) erstellt. Im Rahmen des genannten BMWK-Forschungsauftrags sollen auch für die Energiebilanzen 2022 bis 2023 jeweils im Februar des Berichtsjahres t+1 laufend Frühschätzungen der Energiebilanzen erarbeitet werden.

Das Verfahren zur Erstellung der Frühschätzung/Pilotenergiebilanz 2021 ist im Wesentlichen identisch zu der in dieser Studie beleuchteten methodischen Vorgehensweise. Unabhängig davon wird das Verfahren selbstverständlich im laufenden Betrieb stetig aktualisiert, indem neue Daten eingepflegt werden. Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten wurden selbstverständlich auch kleinere Verbesserungen vorgenommen und das Gesamtsystem zur Prognose (welches für diese Studie innerhalb von zwei Wochen erstellt werden musste) teilweise so umgestaltet, dass es in Zukunft noch robuster gegen eventuelle Fehlerquellen ist.

Über diese routinemäßigen Arbeiten hinaus, von denen kein Einfluss auf die bereits im Rahmen dieses Forschungsvorhabens (UBA-Projektnummer: 152983) bereitgestellten Dokumentationen der Datenquellen, Beschreibungen der methodischen Vorgehensweisen sowie den Aufbau der empirischen Datenvergleiche ausging, stellt sich insbesondere im Lichte der Gesamtschau aller Schätzwerte (Pilotenergiebilanzen, vorl. Schätzenergiebilanz) im Vergleich zur endgültigen Energiebilanz 2020 die Frage, in welchen Bereichen und zugleich mit welchem Ansatz sich die neu entwickelten Prognoseverfahren zur Erarbeitung von Frühschätzungen der Energiebilanzen in Zukunft spürbar verbessern oder weiterentwickeln lassen.

Die Analysen und empirischen Vergleiche in den Kapiteln 8 (Vergleiche korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 und endgültige Energiebilanz 2020) und Kapitel 9 (Gesamtschau aller Vergleichswerte) haben u.a. gezeigt, dass sich Potenziale zur Verbesserung der Treffsicherheit der Frühschätzung in erster Linie auf den Endenergieverbrauch (und hier auf ausgewählte Energieträger und Wirtschaftszweige/Sektoren) konzentrieren.

Größere Schätzfehler bzw. Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Frühschätzung und den Daten der endgültigen Energiebilanz waren von vorneherein in den Sektoren des Endenergieverbrauchs zu erwarten. Ursächlich hierfür sind vor allem erhebliche Einschränkungen in der Verfügbarkeit unterjähriger Daten in diesem Segment. Im Gegensatz zur Aufkommenseite der Energiebilanz mussten vor diesem Hintergrund sämtliche Schätzungen des Endenergieverbrauchs ausschließlich auf Jahresdaten für die zurückliegenden Bilanzjahre (1990 bis 2019) aufgebaut werden, wobei die Daten der Energiebilanz 2019 zum Zeitpunkt der Erstellung Pilotenergiebilanz 2020 zusätzlich ebenfalls noch vorläufigen Charakter aufwiesen.

Das Fehlen unterjähriger statistischer Informationen (mindestens Vierteljahresdaten, besser noch Monatsdaten) z.B. zur Entwicklung des Energieverbrauchs in der Industrie (nach Energieträgern und Sektoren) stellt nicht nur die Ableitung belastbarer Prognosen auf der Grundlage möglichst aktueller Stützzeiträume vor erhebliche Herausforderungen, auch vor dem Hintergrund der laufenden zeitnahen Erfassung bzw. Information der Entwicklungen am aktuellen Rand (z.B. Vorbereitung auf potenzielle Versorgungsstörungen bzw.

Lieferunterbrechungen deutscher Erdgasimporte aus Russland im Zusammenhang mit dem Ukraine-Konflikt) wären laufende, zugleich vor allem zeitnahe (unterjährige) Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs in den Endverbrauchersektoren wünschenswert.

Wie dargelegt stehen unterjährige Daten zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs zurzeit leider nicht zur Verfügung, so dass diese Option zur Verbesserung der Prognosegüte auf absehbare Zeit nicht ergriffen werden kann. Als Alternative zum Versuch, die Prognosegüte mit Hilfe aktuellerer Daten bzw. unter Rückgriff auf Zeitreihen zum Energieverbrauch in höherer zeitlicher Granularität zu steigern, bietet sich derzeit also nur die tiefere Untergliederung einzelner Wirtschaftszweige z.B. in der Industrie oder im GHD-Sektor an.

Bislang setzt der Prototyp des Modells zur Prognose des Endenergieverbrauchs im Wesentlichen auf der Ebene der Gliederung der Wirtschaftszweige nach der Energiebilanz Deutschland an. Insbesondere in solchen Sektoren, die vergleichsweise heterogene Produktgruppen zusammenfassen (Verarbeitung von Steinen und Erden, Energiebilanzzeile 53 oder Herstellung von chemischen Grundstoffen, Energiebilanzzeile 49), aber auch Sektoren wie die Metallerzeugung (Energiebilanzzeile 54) oder das Papiergewerbe (Energiebilanzzeile 48), deren Produktion in hohem Maße durch verschiedene Prozessstufen charakterisiert ist, könnten von einer nach Subsektoren differenzierten Modellierung profitieren.<sup>65</sup>

Im Gegensatz zu den unterjährigen Verbrauchsdaten lägen die zur genaueren Prognose auf der Ebene ausgewählter Subsektoren und Produktionsstufen erforderlichen Rohdaten im Wesentlichen im Rahmen amtlicher Erhebungen und nicht-amtlicher Verbandsdaten vor. Diese Daten müssten allerdings mit erheblichem Aufwand zunächst „energiebilanzkompatibel“ aufbereitet werden, um sie in die vorhandenen Modellansätze und Prognosetools integrieren zu können.

Inwieweit zusätzliche Sektoren, Subsektoren und Produktionsstufen in die Prognoseverfahren aufgenommen werden können, wird im Rahmen der Erstellung zukünftiger Frühschätzungen für die Berichtsjahre ab 2023 laufend geprüft und ggf. partiell umgesetzt.

---

<sup>65</sup> Ein zusätzliches Kriterium für eine vertiefende Analyse der Wirtschaftszweige bzw. die Modellierung nach Subsektoren oder Produktionsstufen stellt zweifelsohne die Energieintensität der jeweiligen Branche dar. Es liegt auf der Hand, dass die möglichst exakte Erfassung der Sektoren, die einen Großteil des Energieverbrauchs auf sich vereinen, die Genauigkeit der Prognose spürbar steigern könnte.

## 10 Zusammenfassung

Die Energiebilanz Deutschland bildet die mit Abstand wichtigste Grundlage zur Ermittlung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen im Rahmen der nationalen Treibhausgas-Emissionsberichterstattung gemäß Klimarahmenkonvention und EU-Richtlinie MMR. Die endgültige Energiebilanz wird jährlich im Februar/März für das vorletzte Jahr (Berichtsjahr t-2) durch die AG Energiebilanzen veröffentlicht. Darüber hinaus erstellt die AGEB im Juni eines jeden Jahres eine sogenannte „vorläufige Energiebilanz“ für das Vorjahr (t-1).

Für die Vorjahresschätzung der Treibhausgasemissionen des Jahres 2020, die das UBA bis zum 15. März 2021 erstellen muss, liegen im gegenwärtigen Berichtssystem der Energiebilanzen also keine aktuellen Daten zur Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern und Sektoren vor. Um die sich abzeichnende Datenlücke zu schließen, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie der Versuch unternommen, eine erste Frühschätzung der kompletten Energiebilanz (Pilotenergiebilanz) für das Berichtsjahr 2020 bereits im Februar 2021 vorzulegen. Die Pilotenergiebilanz 2020 wurde dem Umweltbundesamt am 15. Februar 2021 übergeben.

Um den Genauigkeitsverlust, der mit der Bereitstellung der kompletten Pilotenergiebilanz 2020 zu diesem frühen Termin (im Vergleich zu der auf endgültigen Statistikdaten basierenden finalen Energiebilanz 2020) zwangsläufig verbunden ist, so gering wie möglich zu halten, sollten die Schätz- und Prognoseanteile, die zur Erstellung der Pilotenergiebilanz unabdingbar sind, so klein wie möglich gehalten werden. Aus der dargelegten Aufgabenstellung folgt unmittelbar, dass eine vollständige Bilanz-Prognose beispielsweise mit Hilfe eines aufwändigen interdependenten Energiemodells (gekoppelt mit einem gesamtwirtschaftlichen, sektoral differenzierten Input-Output-Modell), dessen wichtigste Datengrundlage typischerweise weit in die Vergangenheit reichende Zeitreihen u.a. der Energiebilanzen Deutschland von 1990 bis 2018 bilden, kaum zielführend bzw. für die aufgeworfene Fragestellung angemessen wäre. Ursächlich hierfür ist,

- ▶ dass vollständig modellgestützte Prognosen auf der Grundlage von Jahresdaten zumindest teilweise für das Berichtsjahr 2020 bereits vorliegende Statistikdaten (in Form monatlicher Erhebungen zur Entwicklung des Energieverbrauchs) kaum sachgerecht berücksichtigen können sowie
- ▶ regressionsanalytische Schätzungen, die sich ausschließlich auf die Jahresdaten der Energiebilanz stützen, die Entwicklungen am aktuellen Rand nur unvollständig erfassen können (endgültige Daten, die den Stützzeitraum der Schätzung bilden, lagen nur bis 2018 vor, für 2019 stand Anfang Februar 2021 lediglich die vorläufige Energiebilanz 2019 zur Verfügung, die ihrerseits bereits erhebliche Schätzanteile sowie vorläufige Datenbestände insbesondere im Bereich des Endenergieverbrauchs enthielt).

Vor diesem Hintergrund verfolgt diese Studie einen alternativen, eher eklektischen Ansatz, der darauf abzielt, alle vorhandenen unterjährigen Statistikdaten, die bei der Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 bereits verfügbar waren, in die Schätzung einzubeziehen. Der Rückgriff auf modellgestützte Prognosen und die Fortschreibung von (Jahres-)Daten über zeitreihenanalytische Verfahren wird in diesem Ansatz auf das unbedingt notwendige Mindestmaß begrenzt (Hybrid-Ansatz).

Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Studie, zunächst:

- ▶ die statistischen Energiedaten, die in die Pilotenergiebilanz 2020 einfließen, zu beleuchten bzw. klar zu benennen (die Datenquellen decken sich überwiegend mit den Angaben, die im

sog. Kochbuch verzeichnet sind, das zu jeder publizierten Energiebilanz Deutschland die verwendeten amtlichen und nicht-amtlichen Statistikquellen felderscharf auflistet, vgl. Kapitel 2.1.2),

- ▶ den verfügbaren Datenstand insbesondere der unterjährigen Datenquellen (Stand Anfang Februar 2021) monats-scharf zu benennen (vgl. Kapitel 2.1.2),
- ▶ die Methoden zur Fortschreibung der zuvor identifizierten Datenlücken (monatliche Erhebungen zum Energieverbrauch) zu beschreiben (vgl. Kapitel 2.2.2) und die Modellierungskonzepte zu skizzieren, die insbesondere zur Prognose des jährlichen Energieverbrauchs der Endverbrauchssektoren genutzt wurden (vgl. Kapitel 2.2.1),
- ▶ die Zuordnung der verschiedenen Fortschreibungsmethoden (Datenquellen) zu den unterschiedlichen Energiebilanzbereichen zu beleuchten (vgl. Kapitel 3.2), um anschließend
- ▶ die ökonomischen Randbedingungen, die die Ergebnisse der Frühschätzung 2020 beeinflussen und die zugleich (zumindest teilweise) als Indikatoren in die Prognose bzw. verwendeten Modelle einfließen, darzustellen (vgl. Kapitel 5.1) sowie schließlich
- ▶ die aus der Prognose folgenden zusammenfassenden energiewirtschaftlichen Entwicklungen anhand ausgewählter Hauptaggregate der Energiebilanz kurz zu beschreiben (vgl. Kapitel 5.2) und darauf aufbauend das Gesamtergebnis der Prognose bzw. Frühschätzung, nämlich die vollständige Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2020) darzustellen (vgl. Kapitel 5.3).

Bezüglich möglicher Quellen für Unsicherheiten und Genauigkeitsverluste, die jede Schätzung zwangsläufig mit sich bringt, enthält Abschnitt 6 einen kurzen Abriss ausgewählter Fehlerquellen, die das Prognoseergebnis beeinflussen können. So kann z.B. die Vorgabe exogener Einflussgrößen in den Schätzmodellen, die zu einem späteren Zeitpunkt Abweichungen zu den tatsächlich beobachteten Größen aufweisen, dazu führen, dass die Frühschätzung der Energiebilanz von der endgültigen Bilanz abweicht. Empirisch analysiert wurden die Abweichungen vorläufiger Monatsdaten (für t-1 bzw. das Schätzjahr 2020) im Vergleich zu endgültigen Daten, wie sie in die finale Energiebilanz 2020 einfließen, sowie die Auswirkungen der Verwendung alternativer Basisjahre auf das Schätzergebnis. Insbesondere lässt dieser Abschnitt erkennen, dass Unsicherheiten im Rahmen von Prognosen typischerweise nicht auf eine Ursache zurückzuführen sind, sondern eher als Resultat zahlreicher, sich i.d.R. überlagernder Einflussfaktoren aufzufassen sind.

Mit welchem Genauigkeitsverlust die vorgelegte Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 letztendlich einhergeht, wurde im Rahmen dieser Studie anhand felderscharfer Vergleiche der Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021) mit

- ▶ der vorläufigen Schätzenergiebilanz (Datenstand: Ende Juni 2021, vgl. Kapitel 7) sowie
- ▶ mit den finalen Datenständen der endgültigen Energiebilanz Deutschland (Datenstand: 11. Februar 2022, vgl. Kapitel 8)

überprüft.

Hinzuweisen ist im Zusammenhang mit den angesprochenen Vergleichen zunächst darauf, dass eine Evaluierung der Prognosegüte im ex-post-Zeitraum nicht Gegenstand dieser Studie bzw. des Forschungsauftrages war (und aufgrund des skizzierten Hybrid-Ansatzes sowie der Schätzung nur einer Pilotenergiebilanz für das Berichtsjahr 2020 technisch auch schwierig zu

erstellen wäre).<sup>66</sup> Empirische Vergleiche der Pilotenergiebilanz 2020 erfolgten in dieser Studie gewissermaßen schrittweise und aus Sicht des Erstellungszeitpunktes der Frühschätzung gewissermaßen zukunftsbezogen. Aus diesem Grunde wurde die Pilotenergiebilanz 2020 im Juni 2021 auch zunächst mit den Ergebnissen der vorläufigen Schätzenergiebilanz verglichen, um erste Hinweise auf Abweichungen zu erhalten, weil nur diese Bilanz für 2020 zu diesem Zeitpunkt vorgelegen hat. Es liegt auf der Hand, dass sich aus dem skizzierten ersten Vergleich zwischen zwei geschätzten Energiebilanzen für das Jahr 2020 (deren statistischer Datenstand sich zudem nur um wenige Wochen unterscheidet) nur in sehr eingeschränktem Umfang belastbare Aussagen zur Prognosegenauigkeit der Pilotenergiebilanz 2020 ableiten lassen (die Ergebnisse dieses Vergleiches finden sich ausführlich beschrieben in Kapitel 7). Ungeachtet dessen war der Vergleich dahingehend hilfreich, weil zum einen erste zusätzliche Erkenntnisse zur fortlaufenden Verbesserung der Frühschätzung gewonnen werden konnten, zum anderen konnten bereits an dieser Stelle einige Berechnungsfehler der unter erheblichem Zeitdruck erstellten Pilotenergiebilanz 2020 aufgedeckt und korrigiert werden.

Der für die Evaluierung des Prognosefehlers eigentlich ausschließlich relevante Vergleich mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022) fand unter diesen Prämissen in Bezug auf die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 statt, so dass alle auftretenden Differenzen allein auf Schätzfehler bzw. Ungenauigkeiten der Prognose zurückzuführen sind und nicht auf die angesprochenen „Sondereinflüsse“ bzw. einfache Berechnungsfehler, die bei der Erstellung zukünftiger Frühschätzungen nicht mehr auftreten. Der nunmehr vorliegende Vergleich zwischen der korrigierten Pilotenergiebilanz und der endgültigen Energiebilanz 2020 ersetzt im Rahmen der Beurteilung der Prognosegenauigkeit den Vergleich mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz.

Im Hinblick auf die wesentlichen Aggregate zeigt sich aus dieser Gegenüberstellung der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit den Daten der endgültigen Energiebilanz 2020 folgendes Bild:

- ▶ Die korrigierte Pilotenergiebilanz 2020 überschätzt den gesamten Primärenergieverbrauch verglichen mit den Befunden der endgültigen Energiebilanz 2020 um 0,7 %.
- ▶ Der fossile Teil des Primärenergieverbrauchs liegt nach der korrigierten Frühschätzung um 1 % über dem Niveau der Daten, die die endgültige Energiebilanz 2020 für dieses Aggregat ausweist.
- ▶ Hingegen wird der gesamte Endenergieverbrauch nach den Berechnungen der korrigierten Frühschätzung der Pilotenergiebilanz um rund 0,3 % im Vergleich zu den Werten der endgültigen Energiebilanz 2020 unterschätzt.
- ▶ Der fossile Endenergieverbrauch wurde im Rahmen der korrigierten Frühschätzung 2020 um 0,1 % unterschätzt.

Zu betonen ist also, dass die energiewirtschaftlichen Aggregate insgesamt im Rahmen der korrigierten Frühschätzung sehr gut getroffen bzw. geschätzt wurden. Bei der Interpretation dieses Befundes sollte allerdings nicht übersehen werden, dass die Schätzfehler in einzelnen Aggregaten (Energieträger, Sektoren) im Vergleich zur Gegenüberstellung zwischen der ursprünglichen Frühschätzung und der vorläufigen Energiebilanz auch zunehmen können, sich allerdings im Gesamtergebnis wieder ausgleichen. In sektoraler Hinsicht hat sich beispielsweise

---

<sup>66</sup> Dazu hätte eine Zeitreihe von Pilotenergiebilanzen für vergangene Berichtsjahre geschätzt und die Ergebnisse der Prognosen mit den vorliegenden beobachteten, endgültigen Energiebilanzen für diese Jahre verglichen bzw. unter Hinzuziehung geeigneter Fehlermaße analysiert werden müssen.

gezeigt, dass die Abweichungen beim fossilen Endenergieverbrauch zwischen der Frühschätzung und der endgültigen Energiebilanz 2020 im GHD-Sektor mit 12 % (Unterschätzung der endgültigen Daten) besonders ausgeprägt sind, wohingegen im Bereich der Energieträger größere Abweichungen bei der Steinkohle (inkl. Steinkohlenbriketts und -koks) ins Auge fallen.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich gezwungenermaßen auf jene konzeptionellen Grundelemente, die für die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 eine wesentliche Rolle gespielt haben. Eine vertiefende Darstellung der einzelnen Datenquellen, der verwendeten Indikatoren bzw. Einflussgrößen zur Erklärung/Schätzung des Energieverbrauchs sowie der genaueren Berechnungsschritte wird dem Auftraggeber im Rahmen eines zuvor abgestimmten Datenbanktools parallel zur Verfügung gestellt. Damit liegen derzeit:

- ▶ die komplette Frühschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 (Terajoule und natürliche Einheiten), inkl. Korrekturen
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand: 15. Februar 2021), vgl. dazu auch die Excel-Datei 02\_UBA\_Dok1ZB\_PEB\_ABGABE.xlsx,
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (Datenstand: Ende Juni 2021), sowie der numerische, felderscharfe Vergleich der Pilotenergiebilanz 2020 mit der vorläufigen Schätzenergiebilanz 2020 (absolute Differenzen in Terajoule und relative Abweichungen in Prozent), vgl. dazu auch die Excel-Datei 03\_UBA\_Dok2ZB\_VEB\_ABGABE.xlsx sowie
- ▶ die für Datenbanken lesbare Datei mit der genauen Dokumentation der endgültigen Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022), sowie der numerische, felderscharfe Vergleich der korrigierten Pilotenergiebilanz 2020 mit der endgültigen Energiebilanz 2020 (absolute Differenzen in Terajoule und relative Abweichungen in Prozent), vgl. dazu auch die Excel-Datei 04\_UBA\_Dok3ZB\_EEB\_ABGABE.xlsx sowie
- ▶ der Entwurf des Endberichtes zu dieser Pilotstudie

vor.

Zum Abschluss der Studie stellt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt (September 2022) die Frage, inwieweit nachhaltige Verbesserungen der skizzierten Modellinfrastruktur (Detaillierung der Schätzansätze), die sich aus dem empirischen Vergleich zwischen der im Februar 2021 geschätzten Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15.2.2021, inkl. Korrekturen) mit den endgültigen Datenständen der Energiebilanz 2020 (Datenstand: 11. Februar 2022) in einzelnen Bereichen durchaus herleiten lassen, zukünftige Frühschätzungen z.B. für die Berichtsjahre 2022 u. 2023 tatsächlich maßgeblich verbessern können. Sicher ist zweifellos, dass die aktuelle Verdichtung krisenhafter Ausnahmesituationen (energiewirtschaftliche und ökonomische Auswirkungen der Corona-Pandemie insbesondere 2020 sowie des Ukraine-Konfliktes seit Februar 2022) verlässliche Prognosen kompletter Energiebilanzen zusätzlich erschwert haben. Insofern ist zu befürchten, dass zukünftige Frühschätzungen die Genauigkeit nicht weiter erhöhen können.

Es sind allerdings weitere Verbesserungen des Modellierungsansatzes denkbar, so etwa die über die Gliederung der Energiebilanz Deutschland hinausgehende sektorale Differenzierung besonders energieintensiver oder aber heterogener Industriesektoren zur besseren Erfassung des Einflusses des inter- und intrasektoralen Strukturwandels auf die Entwicklung des

industriellen Energieverbrauchs. Der erste Versuch einer Abschätzung der Pilotenergiebilanz 2020 in der Industrie basiert ausschließlich auf originären Daten zum Energieverbrauch laut Energiebilanz gegliedert nach 14 Wirtschaftszweigen und 30 Energieträgern. Die differenzierte Abbildung der Industriesektoren erfordert zwar einen erheblichen Aufwand zur bilanzkompatiblen Aufbereitung zusätzlicher Energieverbrauchsdaten und damit verbundener Erklärungsvariablen, im Gegensatz zur „Verbesserung“ hochaggregierter ökonomischer Schätzgleichungen zur Erklärung des Energieverbrauchs eines Industriesektors würde dieser Schritt die Prognosegüte in diesem wichtigen Segment des Endenergieverbrauchs voraussichtlich spürbar erhöhen.

Eine noch nachhaltigere Verbesserung der Prognosegüte ließe sich durch den Rückgriff auf unterjährige Energiedaten zur Schätzung des Endverbrauchs nach Sektoren und Energieträgern erreichen. Es ist wenig verwunderlich, dass der Einsatz monatlicher Daten, die weiter an den aktuellen Rand reichen als dies bei Jahresdaten typischerweise der Fall ist, die Schätzergebnisse signifikant verbessern könnte. Da sich die hier vorgelegten Schätzungen zum Endenergieverbrauch ausschließlich auf Jahresdaten stützen müssen (weil in Deutschland für keinen Endenergieverbrauchssektor unterjährige Energiedaten zur Verfügung stehen), weichen die Prognoseresultate hier stärker von den Befunden der endgültigen Bilanz ab als in ausgewählten Bereichen des Umwandlungssektors (z.B. Kraftwerke der allgemeinen Versorgung) oder auf der Aufkommenseite der Bilanz (Primärenergieverbrauch und dessen Komponenten wie inländische Energiegewinnung, Außenhandel, Bestandsveränderungen usw.), wo sich die Schätzungen auf zeitnahe Monaterhebungen stützen können.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass alle hier skizzierten Optionen zur weiteren Verbesserung der Prognosegenauigkeit bzw. die damit verbundene Weiterentwicklung „felderscharfer, energiebilanzkompatibler“ Modelle einen erheblichen Arbeitsaufwand mit sich bringen. Die Umsetzung solcher Verbesserungen kann deshalb vsl. nur für ausgewählte Teilbereiche bzw. in Ausnahmefällen im laufenden Wirkbetrieb (Erstellung von Frühschätzungen in den Folgejahren 2021, 2022 usw.) erfolgen. Hinzu kommt, dass die praktische Umsetzung von Verbesserungen, die auch die Aufbereitung zusätzlicher Daten einschließt, keineswegs kurzfristig (also innerhalb weniger Wochen) durchgeführt werden kann.

## 11 Quellenverzeichnis

### Monografien:

AG Energiebilanzen (2021), Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020, Internet: [https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/11/ageb\\_jahresbericht2020\\_20210406b\\_dt.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/11/ageb_jahresbericht2020_20210406b_dt.pdf) (Abrufdatum: 20.9.2022)

Buttermann, H.G. und Baten, T. (2016), Ein Modell zur Erklärung des monatlichen Stromverbrauchs. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW).

EEFA (2020), Laufende vierteljährliche Schätzung des Primärenergieverbrauchs von Steinkohle in Deutschland, Forschungsvorhaben im Auftrag des Vereins der Kohlenimporteure e.V. (VDKI).

EEFA/ZSW/DIW (2018), Abbau von Divergenzen zwischen nationaler und internationaler Energiestatistik, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

EEFA/ZSW (2016), Umsetzung eines Verfahrens zur regelmäßigen und aktuellen Ermittlung des Energieverbrauchs in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (online abrufbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/umsetzung-verfahren-ermittlung-energieverbrauch-nicht-amtliche-statisik-langfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/umsetzung-verfahren-ermittlung-energieverbrauch-nicht-amtliche-statisik-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=7), Abrufdatum: 01.09.2021).

EEFA/ZSW/DBI GUT (2015), Verfahren zur regelmäßigen und aktuellen Ermittlung des Energieverbrauchs in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (online abrufbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Downloads/Studien/verfahren-ermittlung-energieverbrauch-nicht-amtliche-statisik-langfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Downloads/Studien/verfahren-ermittlung-energieverbrauch-nicht-amtliche-statisik-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=2), Abrufdatum: 01.09.2021).

Fraunhofer ISI et al. (2015), Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, GfK Retail and Technology GmbH, Nürnberg, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der Technischen Universität München (IfE), München, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IRRES GmbH) Karlsruhe.

Hillebrand, B. (2004), Ökologische und ökonomische Wirkungen der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes, Edition der Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.

r2b energy consulting GmbH, Europäisches Elektrizitätsmarktmodell – Version 3.0, Professionelle Strommarktmodellierung von r2b energy consulting GmbH, Internet: [https://www.r2b-energy.com/fileadmin/PDF/Diverses/Strommarktmodell\\_r2b\\_inklBtn\\_final.pdf](https://www.r2b-energy.com/fileadmin/PDF/Diverses/Strommarktmodell_r2b_inklBtn_final.pdf) (Abrufdatum: 9.9.2021).

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (1987), Ein Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland, Band 1: Gesamtdarstellung, Essen.

Schlittgen, R. und Streitberg, B. H.J. (2001), Zeitreihenanalyse, 9. Auflage, Oldenbourg.

### Internetadressen:

AG Energiebilanzen (2015), Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Internet: [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=34&clang=0](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=34&clang=0), (Abrufdatum: 7.5.2021)

MaStR (Marktstammdatenregister), Internet: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>, (Abrufdatum 10.5.2021).

Manager-Magazin (2020), IWF rechnet mit Neun-Billionen-Dollar-Schaden für die Welt, Internet: <https://www.manager-magazin.de/politik/weltwirtschaft/coronavirus-iwf-prognose-rechnet-mit-globaler-rezession-a-1306262.html>, (Abrufdatum: 15.4.2021).

Statistiken, die in die Erstellung der Pilotenergiebilanz 2020 (Datenstand 15. Februar 2021) und in die Erstellung der vorläufigen Energiebilanz 2020 (Datenstand 30. Juni 2021) eingeflossen sind:

AG Energiebilanzen, Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 2018, online abrufbar unter [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=bilanz18d.xlsx](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz18d.xlsx) (Abrufdatum: 31.01.2021).

AG Energiebilanzen, Schätzenergiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 2019 (nicht veröffentlicht).

AG Energiebilanzen, Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 2019, online abrufbar unter [https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=bilanz19d.xlsx](https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz19d.xlsx) (Abrufdatum: 06.06.2021).

AG Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren, 2008 bis 2019, online abrufbar unter <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html> (Abrufdatum: 06.06.2021).

Aral, Kraftstoffpreis-Datenbank, Kraftpreise nach Kraftstoffarten, Monate.

AGEE-Stat, Datenbereitstellung für den Bereich erneuerbare Energien (nicht veröffentlicht).

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Amtliche Mineralöl Daten für die Bundesrepublik Deutschland, online abrufbar unter [https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Infothek/Infothek\\_Formular.html;jsessionid=65469797A7FA9F3CDBE62560DC672C95.2\\_cid387?resourceId=8069158&input\\_=8065110&pageLocale=de&templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral%C3%B6l+daten&submit=Senden&sortOrder=dateOfIssue\\_dt+desc&documentType\\_=type\\_statistic](https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Infothek/Infothek_Formular.html;jsessionid=65469797A7FA9F3CDBE62560DC672C95.2_cid387?resourceId=8069158&input_=8065110&pageLocale=de&templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral%C3%B6l+daten&submit=Senden&sortOrder=dateOfIssue_dt+desc&documentType_=type_statistic) (Abrufdatum zuletzt: 14.06.2021).

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Entwicklung der Rohöleinfuhr für die Bundesrepublik Deutschland

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Entwicklung des deutschen Gasmarktes

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Monatliche Entwicklung des Grenzübergangspreises (Erdgas)

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Monatliche Entwicklung des Grenzübergangspreises (Rohöl)

DESTATIS, Monatserhebung über die Gasversorgung, online abrufbar in der GENESIS-Datenbank, Tabelle 43321-0001 (Abrufdatum zuletzt 06.06.2021).

DESTATIS, Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung (Statistik Nr. 066)

DESTATIS, Aus- und Einfuhr (Deutschland) Außenhandel, online abrufbar in der GENESIS-Datenbank, Tabelle 51000-0016 (Abrufdatum zuletzt 06.06.2021).

DESTATIS, Monatserhebung über die Einfuhr von Kohle

DESTATIS, Indizes der Produktion im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Produktionsindex, Wirtschaftszweige, Original- und bereinigte Daten, Monate, online abrufbar in der GENESIS-Datenbank, Tabelle 42153-0002 (Abrufdatum zuletzt 06.06.2021).

DESTATIS, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Preisbereinigte Volumenangaben und Wachstumsbeiträge

DESTATIS, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Bruttowertschöpfung (nominal/preisbereinigt), Wirtschaftszweige, Quartale

DESTATIS, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, Quartale, Original- und bereinigte Daten

DESTATIS, Erzeugerpreisindex, Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz) - Lange Reihen, Monate

DESTATIS, Erzeugerpreise, Lange Reihen zu ausgewählten Mineralölprodukten, Lange Preisreihen für leichtes Heizöl, Motorenbenzin und Dieselmotoren, Monate

DESTATIS, Luftverkehr, Verkehrsleistung (Fracht, Personen) im Luftverkehr, innerhalb Deutschlands u mit dem Ausland

DESTATIS, Lkw-Maut-Fahrleistungsindex, Fahrleistungsindex, tägliche Daten

DESTATIS, Wohnen in Deutschland, Mikrozensus Zusatzerhebung, versch. Jahre

Deutscher Wetterdienst, Gradtagzahlen, online abrufbar unter [https://www.dwd.de/DE/leistungen/gtz\\_kostenfrei/gtz\\_kostenfrei.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/gtz_kostenfrei/gtz_kostenfrei.html) (Abrufdatum zuletzt 06.06.2021).

Wirtschaftsvereinigung Stahl, Stahlproduktion in Deutschland, Monate