

TEXTE

161/2023

Anhang Kurzdokumentation AP2-Tool

von:

Matthias Rehfeldt

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 161/2023

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3718 41 003 0

Anhang

Kurzdokumentation AP2-Tool

von

Matthias Rehfeldt
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Abschlussdatum:

Juni 2023

Redaktion:

Fachgebiet III 2.2 Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie
Dr. Fabian Jäger-Gildemeister

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2023

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

Kurzbeschreibung: Kurzdokumentation AP2-Tool

Das vorliegende Dokument führt kurz in die Benutzung des AP2-Tools, wie es für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens "CO₂-neutrale Prozesswärmeerzeugung" verwendet wurde. Die Beschreibung beschränkt sich auf die wichtigsten Funktionen und Auswertungen. Für weitere Darstellungen und Hintergrundinformationen bitten die Autoren um direkte Kontaktaufnahme.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
1 Grundlegendes	8
1.1 Mehr-Ebenen-Ansatz	8
1.1.1 1. Ebene	8
1.1.2 2. Ebene	8
1.1.3 3. Ebene	9
1.2 Bedienelemente.....	9
2 Registerkarten	10
2.1 Eingabe/Ausgabe	10
2.2 Berechnung.....	10
3 Anwendungsbeispiele	11
3.1 1. Ebene: Nur Bedienfelder.....	11
3.1.1 Eingabe.....	11
3.1.2 Berechnung.....	15
3.1.3 Ausgabe.....	15
3.2 2. Ebene: Inputdaten einfach.....	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Auswahl von Anwendungen und Techniken	11
Abbildung 2:	Funktionsbereiche des Dashboards	12
Abbildung 3:	Wärmegestehungskosten, ausgeklappt für Erdgasbeheizung, zusammengeklappt für Elektrifizierung und Wasserstoffbeheizung	15
Abbildung 4:	Ergebnisse Bestandsmodell	16
Abbildung 5:	Unterschreidung Interaktion 1. und 2. Ebene in "Input_Rahmendaten"	16

1 Grundlegendes

Wir haben uns für Gestaltungsgrundsätze entschieden, die die Anwendbarkeit des MS Excel-Tools beim Auftraggeber sicherstellen soll. Dazu gehören Zugänglichkeit und Flexibilität der Berechnungen. Durch die Implementierung einer Vielzahl von Berechnungsvariablen und der Option, Szenarien zu definieren, ist das Tool flexibel. Allerdings wird die unvorbereitete Anwendung gleichzeitig erschwert. Mit dieser Kurzdokumentation soll Zugänglichkeit hergestellt und damit eine fruchtbare Auseinandersetzung mit dem Tool ermöglicht werden.

Diese Dokumentation ist in drei Teile unterteilt. Nach der Beschreibung grundlegender Designelemente und -ansätze innerhalb der Excel-Umgebung in diesem Abschnitt folgt eine Erläuterung der Funktion der für die Anwendenden wichtigen Registerkarten. Abschließend werden mögliche Anwendungen anhand von Beispielen dargestellt.

Die Beschreibungen beziehen sich auf die Version 89 (.rev89) des Tools, wie sie am 15.3.2022 beim Auftragnehmer vorliegt.

1.1 Mehr-Ebenen-Ansatz

Die Anwendung des Tools ist in mehrere Ebenen unterteilt. Dies soll sowohl schnelle Analysen vorgefertigter Datensätze als auch detaillierter, selbst definierter Szenarien erlauben. Es sind drei Ebenen vorhanden:

- ▶ 1. Ebene: Dashboard und Inputdaten der Szenarien
- ▶ 2. Ebene: Modifizierte (und modifizierbare) Technik- und Rahmendaten (in Stützjahren)
- ▶ 3. Ebene: Modifizierte (und modifizierbare) Rahmendaten (jahresweise)

Diese Ebenen sind nicht, z.B. durch passwortbeschränkten Zellschutz, voneinander abgegrenzt, sondern sollen als Orientierung für Anwendende dienen¹.

1.1.1 1. Ebene

Auf der 1. Ebene werden vorgefertigte Datensätze sowohl für die Technikdaten als auch die Szenarien verwendet. Die Anwendenden interagieren mit **Formularsteuerelementen** (Zellendropdownmenüs und Schaltflächen) in den Registerkarten "Dashboard" und "A_Rahmendaten". Alle grundlegenden Funktionen und Auswertungen des Tools sind damit erreichbar. Die Variabilität der Rahmendaten ist aber eingeschränkt. Diese Anwendungsebene ist für schnelle Analysen mit vergleichsweise geringer Einarbeitungszeit und die Reproduktion der im Bericht dargestellten Ergebnisse gedacht.

1.1.2 2. Ebene

Auf der 2. Ebene können die Anwendenden die vorgefertigten Szenarien verändern und als eigene Szenarien abspeichern. Auch diese Ebene findet in den Registerkarten "Dashboard" und "A_Rahmendaten" statt. Dazu können Rahmendaten an den Stützjahren (2020, 2030, 2040, 2050) verändert werden. Zwischen diesen Stützjahren werden die Werte linear interpoliert. Ergänzend können Technikdaten im "Dashboard" verändert werden, um schnelle Variationen zu rechnen und ein Gefühl für die wichtigen Hebel zu gewinnen. Diese Ebene ist für

¹ Registerkarten der Ebenen 2 und 3 sind ausgeblendet.

fortgeschrittene Anwendende gedacht, die sich über einen längeren Zeitraum mit dem Thema auseinandersetzen und das Tool regelmäßig nutzen.

1.1.3 3. Ebene

Auf der 3. Ebene besteht im Grundsatz unbegrenzter Zugriff auf Eingabe, Berechnung und Ausgabe. Für die Programmierung des Tools wurden reguläre Excel-Funktionen und lediglich einfache (aufgezeichnete) Makros verwendet, so dass die bestehenden Funktionalitäten mit entsprechender Einarbeitung/Erfahrung auch ohne gesonderte Ausbildung nachvollzogen werden können. Anders als bei den ersten beiden Ebenen sind die dieser Ebene zugeordneten Bereiche aber nicht durch Wertekopien und Wiederherstellungsmöglichkeiten geschützt, so dass die Gefahr besteht, Funktionalitäten zu beeinträchtigen. Diese Ebene ist daher für erfahrene Anwendende gedacht, die Funktionalitäten erweitern/modifizieren oder Variationen der Rahmendaten zwischen Stützjahren untersuchen möchten.

Diese Ebene wird in dieser Kurzdokumentation nicht gesondert dargestellt.

1.2 Bedienelemente

Für die Nutzung der Ebenen 1 und 2 sind zwei Typen von Bedienelementen implementiert: **Schaltflächen** und **Zellendropdownmenüs**. Sie erlauben zusammen den Zugriff auf hinterlegte Technik- und Rahmendaten sowie deren schnelle Anpassung.

Die **Schaltflächen** sind mit Makros verknüpft und kopieren ausgewählte Daten in die aktuelle Berechnung. Das können Technikdaten (im "Dashboard") oder Rahmendaten (in "A_Rahmendaten"). Dadurch ist sichergestellt, dass die Originaldaten ("Kerndaten") nicht versehentlich manipuliert werden können – die Originaldaten können über die Schaltflächen wiederhergestellt werden.

Die **Zellendropdownmenüs**, alle in **helltürkis** gehalten, erlauben die Auswahl diskreter Abstufungen verschiedener Ausprägungen von Rahmendaten. Die Aktualisierung der Rechnung geschieht in Echtzeit bei der Anpassung von Rahmendaten.

2 Registerkarten

Das Tool ist grob in Eingabe, Berechnung und Ausgabe eingeteilt. Allerdings finden Eingabe und Ausgabe größtenteils in der gleichen Registerkarte ("Dashboard") statt. Damit können dynamisch Effekte der Änderungen beobachtet werden.

2.1 Eingabe/Ausgabe

Die Ein- und Ausgabe findet in den Registerkarten "Dashboard" und "A_Rahmendaten" statt. Im Dashboard werden die zu untersuchenden Anwendungen sowie Ausprägungen von wichtigen Szenarioparametern ausgewählt.

Zusätzlich werden dort Wärmegestehungskosten (Zwischenergebnis) und die Diffusion der untersuchten Techniken in den Bestand (Endergebnis) dargestellt.

2.2 Berechnung

Für die Berechnungen existieren eine Vielzahl von Registerkarten. So beispielsweise je eine für die berücksichtigten Kostenkomponenten der Wärmegestehungskosten (Investition, CO₂, Energie sowie Betrieb und Wartung). Hinzu kommen Registerkarten für die Berechnung der Diffusion von Techniken in den Bestand ("Diffusion", "Bestandsmodell"). Auf den Anwendungsebenen 1 und 2 sollten Anwendende nicht gezwungen sein, diese Registerkarten zu verwenden. Hinzu kommen weitere Registerkarten für Zwischenrechnungen und Verknüpfungen zu Bedienelementen. Diese sind standardmäßig ausgeblendet.

3 Anwendungsbeispiele

Nach den eher theoretischen Vorüberlegungen werden im Folgenden Anwendungsbeispiele dargestellt, die es Anwendenden erlauben sollten, das Tool zu testen und eigene Analysen aufzusetzen. Dabei orientiert sich die Darstellung an den beschriebenen drei Ebenen. Für diese Kurzdokumentation wird zunächst nur Ebene 1 beschrieben.

3.1 1. Ebene: Nur Bedienfelder

Das Dashboard (Abbildung 2) ist die Hauptarbeitsfläche auf Ebene 1. Es ist aufgeteilt in vier Bereiche: **Technikdaten**, **Szenariodefinition**, **Wärmegestehungskosten** und **Bestandsmodell und Diffusion**. Die ersten beiden Bereiche dienen der Eingabe, die letzten beiden der Ausgabe.

3.1.1 Eingabe

Ein typischer Arbeitsablauf beginnt damit, die betrachtete **Anwendung** auszuwählen (Abbildung 1). Dabei muss zunächst die Branche (hier: **NE-Metallindustrie: Kupfer**) und dann die **Anwendung** gewählt werden. Die in dieser Anwendung zu Verfügung stehenden **Techniken** werden dann automatisch gefüllt. Falls zuvor an den **Technikdaten** Änderungen durchgeführt wurden, können diese mit der Schaltfläche "Technikdaten zurücksetzen", wiederhergestellt werden. Es ist empfehlenswert, dies routinemäßig zu tun. Alle Berechnungen und Ergebnisse beziehen sich immer auf die im Bereich "**Technikdaten**" abgelegten Daten.

Abbildung 1: Auswahl von Anwendungen und Techniken

Szenariodefinition	
Branche	NE-Metallindustrie: Kupfer
Anwendung	Kontinuierliches Schmelzen Kupfer Gießwalzdraht
Referenztechnik	Kontinuierliches Schmelzen Kupfer Gießwalzdraht
Alternativtechnik 1	Kontinuierliches Erwärmen Kupfer-Halbzeug für Warmumformung (ge
Alternativtechnik 2	Kontinuierliches Erwärmen Kupfer-Halbzeug für Warmumformung (ho
Alternativtechnik 3	Diskontinuierliche Wärmebehandlung Kupfer-Halbzeug (geringe Kapaz
Alternativtechnik 4	Diskontinuierliche Wärmebehandlung Kupfer-Halbzeug (hohe Kapazit
Reduktion Investition (jährlich)	Mittelwert Eurostat
Zinssatz	Mittel 0,05->0,05
Energieeffizienzfortschritt (jährlich)	Mittel 0,005->0,005
Preisfaktor Eigenversorgung Strom	40%
Entlastung von staatlich bestimmter Energie	Regulärer Satz (5.5EUR/MWh)
Effektive CO2-Preisüberwälzung	100%
CO2-Preise (EUR/tCO2)	Mittel 55->150
Preisvoraussicht	Keine 0->0 Jahre
Energieträgerpreisentwicklung nach 2050	Trend 2030-2050
CO2-Preisentwicklung nach 2050	Trend 2030-2050
Bestandsmodell	
Altersverteilung im Startjahr	Gleichverteilung
Ersatzrate	Bestandserhaltend
Markthomogenität	Mittel
Anteil Modernisierung	50%
Entwicklung Gesamtkapazität	Kapazitätserhaltung

Die **Szenarioeigenschaften** sind in Zeilen angeordnet, ihre Ausprägungen als **Dropdownmenü** verfügbar. Folgende Einstellungen sind verfügbar:

- ▶ **Reduktion Investition:** Gibt die jährliche Reduktion der spezifischen Investition durch Lerneffekte an. Die minimalen Investitionen je Technik bilden eine Untergrenze.
- ▶ **Zinssatz:** Anzulegender Zinssatz für Investitionen (zur Annuisierung). Annahmen zur Fremd- und Eigenkapitalquote sind implizit zu treffen. Feld gibt Werte in 2020 und 2050 an, dazwischen wird linear interpoliert. Die Werte der Stützjahre können in den Rahmendaten angepasst werden.
- ▶ **Energieeffizienzfortschritt (jährlich):** Reduktion des spezifischen Energiebedarfs im Vergleich zum Basisjahr 2020 je Jahr. Feld gibt Werte in 2020 und 2050 an, dazwischen wird linear interpoliert. Die Werte der Stützjahre können in den Rahmendaten angepasst werden. Die Rate ist für alle Techniken gleich, aber Techniken haben Mindestenergiebedarfe. Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass Referenztechniken näher am Minimum sind und daher geringeres Effizienzpotential aufweisen.
- ▶ **Preisfaktor Eigenversorgung Strom:** Dieses Feld gibt an, mit welchem (virtuellen) Strompreis der Wert von in KWK-Anlagen selbst erzeugtem Strom berechnet wird. Basis ist die Annahme des vermiedenen Eigenbezuges, also des jeweiligen Strompreises (100%). Dieser Wert kann reduziert sein, wenn nicht die gesamte selbst erzeugte Menge selbst verbraucht werden kann. Der "überschüssige" Strom wird dann anders verwertet, insbesondere zu weitaus niedrigeren Preisen ins öffentliche Netz eingespeist. Entsprechend des Verhältnisses von Eigenverbrauch und Einspeisung lässt sich näherungsweise ein mittlerer Erlöspreis abschätzen.
- ▶ **Entlastung von staatlich bestimmten Strompreiskomponenten:** Stellt verschiedene Niveaus der Entlastung von staatlichen Strompreiskomponenten zur Verfügung. Diese reichen von keiner Entlastung über einen Mittelwert (entspricht den in der Eurostat Datenbank angegebenen Preisen) bis hin zur maximalen Entlastung, bei der der Strompreis beinahe identisch ist mit den Beschaffungs- und Vertriebskosten. Ergänzend kann ein individueller Wert in den Rahmendaten eingestellt werden. Berechnet als Faktor der Strompreise basierend auf der BDEW Strompreisanalyse 2019.
- ▶ **Effektive CO₂-Preisüberwälzung Strom:** Hier wird die Überwälzung von CO₂-Kosten auf den Strompreis abgebildet. Nicht-trivial: Strompreiskompensationsmechanismen (SPK) spielen eine Rolle. Wenn die untersuchte Branche von SPK betroffen ist, sind etwa 25% Überwälzung realistisch (Selbstbehalt), sonst etwa 80%-100%. Die hier untersuchten Branchen sind in eher geringem Umfang von SPK betroffen, das könnte sich aber mit dem Umstieg auf strombasierte Prozesswärmeerzeugung ändern.
- ▶ **CO₂-Preise:** Entwicklung der CO₂-Preise (alle CO₂-Emissionen sind gleichermaßen berücksichtigt, unabhängig vom Bepreisungssystem). Feld gibt Werte in 2020 und 2050 an, dazwischen wird linear interpoliert. Die Werte der Stützjahre können in den Rahmendaten angepasst werden.
- ▶ **Preisvoraussicht:** Die Preisvoraussicht beschreibt die Erwartungshaltung Investierender bezüglich der Entwicklung von CO₂- und Energieträgerpreisen und den Einfluss auf das Investitionskalkül. Diese Einstellung lässt Investierende diese Preise X Jahre in die Zukunft

korrekt vorhersagen. Dadurch wird die Reaktion auf Preissignale vorgezogen. Hohe Werte sind nur als Abbildung politischer Maßnahmen (z.B. festgelegte Mindest-CO₂-Preise) sinnvoll. Es werden Zeiträume bis 20 Jahre unterstützt.

- ▶ **Energieträgerpreisentwicklung nach 2050:** Durch Preisvoraussicht (s.o.) wird der Preis nach dem Ende des Modellierungszeitraumes (2050) relevant. Hier wird festgelegt, wie sich die Preise nach 2050 entwickeln. Sie können konstant bleiben, sich entsprechend des Trends 2030-2050 weiterentwickeln, oder diese Entwicklung abgeschwächt (halbierte Änderungsrate) nachvollziehen.
- ▶ **CO₂-Preisentwicklung nach 2050:** Siehe Energieträgerpreisentwicklung nach 2050.
- ▶ **Altersverteilung im Startjahr:** Die Altersverteilung im Bestand hat einen großen Einfluss auf die Diffusionschancen neuer Anlagen. Im Idealfall kann in der Registerkarte "B_Diffusion" (BU6:BU32) eine tatsächliche Altersstruktur (wenn bekannt) hinterlegt werden. Ersatzweise ist eine Gleichverteilung als Voreinstellung hinterlegt.
- ▶ **Mittlere Ersatzrate:** Im Diffusionsmodell werden Annahmen zur Ersatzrate von Prozesswärmeanlagen getroffen. Dieser Ersatz beinhaltet technische Störungen, wirtschaftlich motivierten frühzeitigen Ersatz und Erreichen der technischen Lebensdauer ("Modernisierungszyklus"). Hinterlegte Parametersätze sind hier in ihrer Wirkung auf das mittlere Bestandsalter zusammengefasst. Diese Wirkung ist auch von der Startverteilung abhängig, so dass die Angabe nur näherungsweise wiedergibt, ob das mittlere Bestandsalter eher sinkt, konstant bleibt oder steigt.
- ▶ **Markthomogenität:** Die Markthomogenität beschreibt, ob und wie stark weniger attraktive Techniken im Markt vorkommen. Bei hoher Homogenität "erkennt" der Markt die beste Lösung und wählt sie mit sehr viel höherer Wahrscheinlichkeit als die weniger guten (hier: weniger günstigen) Lösungen. Niedrige Homogenitäten bilden Nischen und unzureichende Informationen ab und führen zu mehr Technologievielfalt. Der als "mittel" vordefinierte Vorschlag bedeutet, dass in einer 1:1 Direktkonkurrenz ein gegenüber der günstigsten Lösung um 10% erhöhter Preis den Marktanteil um 10%-Punkte reduziert (also 55 % zu 45 %). Er ist die empfohlene Einstellung. Der als "niedrig" vordefinierte Vorschlag reduziert den Marktanteil der unterlegenen Technik bei sonst gleichen Voraussetzungen nur um 4%-Punkte (also 52 % zu 48 %). Der als "hoch" vordefinierte Vorschlag reduziert den Marktanteil der unterlegenen Technik bei sonst gleichen Voraussetzungen um 34 %-Punkte (also 67 % zu 33%). Auf der hier abgebildeten Technologieebene liegen keine empirischen Daten für die Markthomogenität vor. Sie ist als unsichere Annahme anzusehen.
- ▶ **Anteil Modernisierung:** Der für die Bestimmung der Marktanteile verwendete Anteil der Wärmegestehungskosten im Modernisierungs- oder Neubaufall für Alternativtechniken. Beschreibt Annahmen zum Umstellungsaufwand VON Referenztechnik ZU Alternativtechnik. Beeinflusst aufgrund von Modellrestriktionen nicht die Diffusionsgeschwindigkeit.
- ▶ **Entwicklung Gesamtkapazität:** Die Entwicklung der Gesamtkapazität gibt an, in welchem Umfang beim Ausfall von Anlagenkapazität nachgebaut wird. Mit dem Faktor 1 wird der Bestand exakt gehalten. Mit Faktoren <1 schrumpft die Gesamtkapazität, mit Faktoren >1 wächst sie. Damit lassen sich grob ökonomische Entwicklungen abbilden. Dieser Wert beeinflusst damit auch indirekt die Technologieumwälzung im Bestand.

3.1.2 Berechnung

Die Berechnung erfolgt im Hintergrund und wird in Echtzeit bei Änderung von **Szenarioeinstellungen** aktualisiert. Das bedeutet, dass die Auswirkungen von Änderungen der oben beschriebenen **Szenarioannahmen** und **Technikeigenschaften** direkt im Dashboard beobachtet werden können. Die für die Berechnung genutzten Registerkarten sind standardmäßig ausgeblendet.

3.1.3 Ausgabe

Es existieren zwei Ausgabedimensionen: **Wärmegestehungskosten** und **Bestandsänderungen**.

Die Wärmegestehungskosten werden für Neubau und Modernisierung bestehender Anlagen ausgegeben. Zusätzlich können die entsprechenden Zeilen ausgeklappt werden, um Kostenkomponenten zu untersuchen (Abbildung 3). Dazu gehören die Annuität der Investition (für Neubau und Modernisierung), die Kosten durch CO₂-Bepreisung, die Energiekosten sowie die weiteren Betriebs- und Wartungskosten ("O&M"). Davon werden eventuelle Einnahmen abgezogen (z.B. durch vermiedenen Netzbezug von Strom). Die Gesamt-Wärmegestehungskosten sind die Summe dieser Kostenkomponenten.

Abbildung 3: Wärmegestehungskosten, ausgeklappt für Erdgasbeheizung, zusammengeklappt für Elektrifizierung und Wasserstoffbeheizung

		2020	2030	2040	2050
Erdgasbeheizung					
Jahr		2020	2030	2040	2050
Aktivität [t]		468,000	468,000	468,000	468,000
Annuität Investition Neubau [EUR/t]		3.04	3.04	3.04	3.04
Annuität Investition Modernisierung [EUR/t]		3.04	3.04	3.04	3.04
CO ₂ -Kosten/ Umweltkosten [EUR/t]		3.16	4.31	5.75	8.62
Energiekosten [EUR/t]		8.17	8.06	7.96	7.88
O&M Neubau [EUR/t]		2.11	2.11	2.11	2.11
O&M Modernisierung [EUR/t]		2.11	2.11	2.11	2.11
Gesamtkosten Neubau [EUR/t]		16.48	17.52	18.86	21.64
Gesamtkosten Modernisierung [EUR/t]		16.48	17.52	18.86	21.64
Einnahmen [EUR/t]		-	-	-	-
Wärmegestehungskosten Neubau [EUR/t]		16	18	19	22
Wärmegestehungskosten Modernisierung [EUR/t]		16	18	19	22
Elektrifizierung					
Jahr		2020	2030	2040	2050
Wärmegestehungskosten Neubau [EUR/t]		46	42	42	41
Wärmegestehungskosten Modernisierung [EUR/t]		46	42	42	41
Wasserstoffbeheizung					
Jahr		2020	2030	2040	2050
Wärmegestehungskosten Neubau [EUR/t]		-	42	43	43
Wärmegestehungskosten Modernisierung [EUR/t]		-	42	43	43

Überschrift Ebene 4 Die Ausgabe erfolgt hier lediglich für die Stützjahre 2020, 2030, 2040 und 2050. Da das Tool jährlich rechnet, sind auch Zwischenergebnisse bei Bedarf verfügbar, allerdings weniger stark aufbereitet.

Das **Bestandsmodell** baut auf den Ergebnissen der **Wärmegestehungskosten** auf und stellt die Diffusion der Techniken in den Bestand auf Basis von Stützjahren in 5-Jahresschritten dar (Abbildung 4). Dabei wird die vorhandene Menge im Bestand, der Neubau im jeweiligen Zeitraum (2020-2029 für '2020') und die im jeweiligen Stützjahr bestehende Wahlwahrscheinlichkeit für diese Technik angegeben. Zusätzlich werden Daten zum Gesamtbestand dargestellt.

Der Bestand nach Technik stellt das Endergebnis des AP2-Tools dar.

Abbildung 4: Ergebnisse Bestandsmodell

Bestandsmodell		Referenztechnik: Erdgasbeheizung							
Techniken in den Beständen	Jahr	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
	Bestand [Kapazität in kt]	658	656	652	643	634	625	618	
	Summe Neubau diese Jahresscheibe [kt]	59	86	78	71	65	59	11	
	Wahrscheinlichkeit	98%	97%	90%	89%	89%	86%	83%	
Elektrifizierung									
Jahr	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		
Bestand [Kapazität in kt]	-	2	5	9	14	19	24		
Summe Neubau diese Jahresscheibe [kt]	1	3	4	4	5	5	1		
Wahrscheinlichkeit	2%	3%	5%	5%	6%	7%	9%		
Wasserstoffbeheizung									
Jahr	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050		
Bestand [Kapazität in kt]	-	-	1	6	10	14	19		
Summe Neubau diese Jahresscheibe [kt]	0	0	5	4	4	5	1		
Wahrscheinlichkeit	0%	0%	5%	5%	5%	6%	8%		

3.2 2. Ebene: Inputdaten einfach

Ergänzend zu den grundlegenden Optionen der 1. Ebene können in der 2. Ebene Rahmen- und Technikdaten individuell angepasst werden. Eingabeorte sind das Dashboard (Bereich "Technikdaten" in Abbildung 1) und die Registerkarte "A_Rahmendaten".

Während die Interaktion zwischen Anwendenden und Modell in der 1. Ebene über Formularsteuerelemente abläuft, ist in der 2. Ebene die Veränderung einzelner Zellen vorgesehen. Dies kann im Dashboard direkt in den eingefügten Technikdaten geschehen. Änderungen an diesen Werten sind nur temporär und können über das Formularsteuerelement rückgängig gemacht werden. Um Änderungen an Technikdaten dauerhaft zu speichern ist ein Eingriff in die "Kern_Daten Techniken" notwendig.

Ergänzend zu den vorgefertigten Szenarioannahmen der 1. Ebene können in "Input_Rahmendaten" Verläufe von Rahmendaten in den Stützjahren 2020, 2030, 2040, und 2050 angepasst werden (Abbildung 5). Diese Anpassungen können in drei Szenarien abgespeichert und geladen werden. Aufgrund der Art des Zugriffs auf die Daten kann nach der Anpassung der Rahmendaten eine erneute Auswahl in der Szenariodefinition (siehe Abbildung 1) notwendig sein.

Abbildung 5: Unterschreidung Interaktion 1. und 2. Ebene in "Input_Rahmendaten"

Energetiepreise	Einheit	2020	2030	2040	2050
Strom	€/MWh	186,00	195,00	180,00	140,00
Erdgas	€/MWh	27,60	27,07	26,78	26,58
Kohle	€/MWh	15,44	15,44	15,44	15,44
Biomasse	€/MWh	24,95	26,96	27,58	29,36
Heizöl	€/MWh	49,50	58,18	60,70	69,26
Abfall, erneuerbar	€/MWh	15,08	15,08	15,08	15,08
Abfall, nicht erneuerbar	€/MWh	7,70	7,70	7,70	7,70
Hedone fossile	€/MWh	19,80	19,80	19,80	19,80
EE-Methan	€/MWh	Funktion der Stromkosten (0.7*2)			
EE-Wasserstoff	€/MWh	Funktion der Stromkosten (0.7)			

CO2-Preise	Einheit	2020	2030	2040	2050
Kein CO2-Preis	€/tCO2	0	0	0	0
Mildrig	€/tCO2	25	30	40	60
Mittel	€/tCO2	25	50	100	150
Hoch	€/tCO2	25	100	200	400

Kompensation von Strompreiskomponenten	Einheit	2020	2030	2040	2050
Keine Kompensation	Wirksamer Anteil Strompreis	1	1	1	1
EEG	Wirksamer Anteil Strompreis	0,6	0,6	0,6	0,6
Mittelwert Eurostat	Wirksamer Anteil Strompreis	0,5	0,5	0,5	0,5
EEG+Stromsteuer-Netzeingelt+Webere	Wirksamer Anteil Strompreis	0,35	0,35	0,35	0,35

Subventionen Energieträger	Einheit	2020	2030	2040	2050
Strom	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Erdgas	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Kohle	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Biomasse	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Heizöl	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Abfall, erneuerbar	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Abfall, nicht erneuerbar	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
Hedone fossile	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-Methan	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-Wasserstoff	€/MWh	0,00	0,00	0,00	0,00

Interaktion 1.Ebene

Aus 'Kerndaten' laden

Als 'Szenario 1' abspeichern Als 'Szenario 2' abspeichern Als 'Szenario 3' abspeichern

Aus 'Szenario 1' laden Aus 'Szenario 2' laden Aus 'Szenario 3' laden

Interaktion 2.Ebene