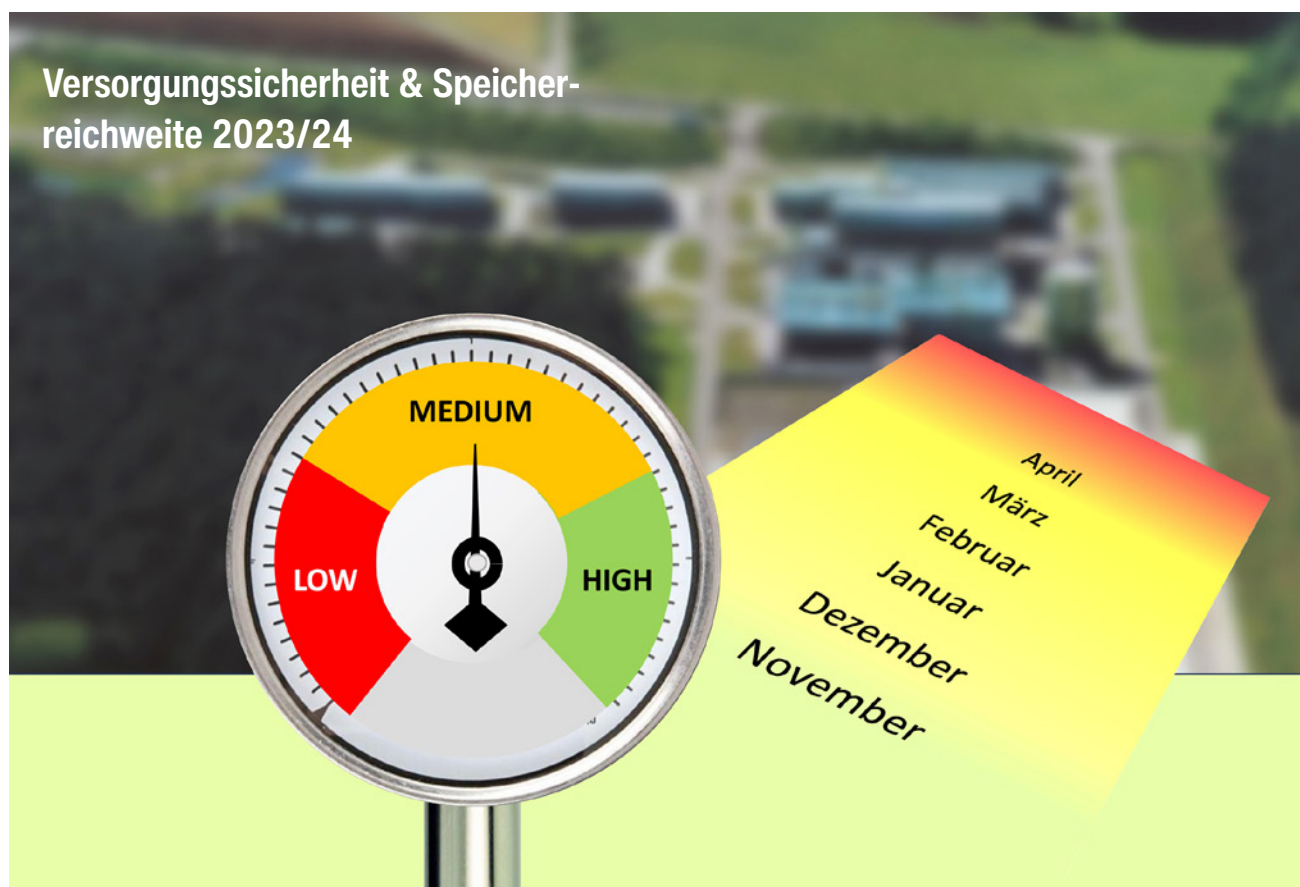


Das neue DVGW-Speicherreichweitentool und die Bedeutung von LNG-Regasifizierungskapazitäten für einen sicheren Winter 2023/24

In diesem Fachbeitrag wird ein Prognosemodell beschrieben, mit dem der zukünftige Füllstand bzw. die Reichweite des **deutschen Systemspeichers für das Gaswirtschaftsjahr 2023/24 bestimmt** werden kann. Dabei fließen Erfahrungswerte aus dem Gasabnahmeverhalten des letzten Winters ein. Für den kommenden Winter wird eine temperaturabhängige Sigmoidfunktion vorgestellt, die über eine KQ-Methode aus Realdaten gewonnen wurde und die es erlaubt, eine tagesgenaue Absatzganglinie aufzustellen. Diese Absatzganglinie stellt neben den mittleren Nettogasimporten eine der Modellgrößen dar, die den Speichereinsatz vorgeben. Es wird aufgezeigt, **wie robust das Modell ist und wie der zu erwartende Speichertiefststand** Ende März/Anfang April 2024 auf Parameteränderung reagiert. Daraus lässt sich ableiten, dass die Versorgungssicherheit über den kommenden Winter und ein kaltes Frühjahr hinweg gewährleistet ist, jedoch Nettoimportströme von 2,37 Terawattstunden pro Tag und mehr abverlangt. Dass sich **derartige Gaslieferungsmengen in den deutschen Markt realisieren lassen**, zeigen Vergleiche mit Vorjahresdaten und neue Optionen, die sich aus dem fortschreitenden Ausbau der inländischen und europäischen LNG-Importkapazitäten ergeben. Der Fachbeitrag endet mit Ausführungen zur Notwendigkeit, an den LNG-Ausbauplänen festzuhalten, um den Erdgasmarkt weiterhin „abzukühlen“, also technische Entlastung in den Ferntransportnetzen und weitere Beruhigungen im Erdgas-Importpreis zu schaffen. Dabei darf nicht unerwähnt bleiben, dass eine ungünstige und nicht ausschließbare Kombination von Ereignissen **grundsätzlich immer eine Engpassgefahr darstellen kann**, jedoch nicht zu prognostizieren ist.

von: Frank Dietzsch, Dr. Stefan Gehrman, Björn Munko & Prof. Dr. Gerald Linke (alle: DVGW e. V.)



Quelle: DVGW

Mit Beginn des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine am 24. Februar 2022 und den damit zunächst abnehmenden und seit August 2022 komplett versiegenden Gasimporten aus Russland stieg auch in Deutschland die Unsicherheit hinsichtlich der Versorgungssituation im Winter 2022/23. Dabei lagen die Einschätzungen über die Chancen, sicher über den Winter zu kommen, so weit auseinander, dass der DVGW sich gefordert sah, die notwendige Sachlichkeit in die Debatte zurückzubringen, sprich: mit Erfassung der Erdgasspeicherbewegungsdaten, mit Verbrauchsabschätzungen und einer Bewertung der Zuverlässigkeit der erhöhten West-Ost-Transportströme über die Fernleitungsnetze eine mathematisch basierte Aussage über den deutschen Systempeicher und seine Reichweite zu veröffentlichen. Daraus wurde ersichtlich: Werden die gesetzlich vorgegebenen Speicherfüllstandsmarken vor dem Winter erreicht, würden die Speicher auch am Ende der Heizperiode mit einem Füllstand von mehr als 50 Prozent solide Startbedingungen für das Jahr 2023/24 liefern [1]. Das Verbrauchsverhalten war im vergangenen Winter eine ebenso wichtige Stellenschraube wie die Sicherung des notwendigen Gasangebots.

Die Situation im vor uns liegenden Winter ist nun insofern eine andere, als es galt, über das ganze zurückliegende Jahr hinweg – ohne vergleichbare Importe aus Russland während des ersten Halbjahres – eine Wiederbefüllung der Systempeicher unter Einhaltung der gesetzlichen Zielmarken (u. a. 85 Prozent Füllstand zum 1. Oktober 2023 und 95 Prozent Füllstand zum 1. November 2023) zu bewerkstelligen. Dank der zusätzlichen Importmöglichkeiten über mehrere Floating Storage and Regasification Units (FSRU, deutsch: schwimmende Flüssigerdgasterminals) (vor allem in Deutschland und den Niederlanden), die Erweiterungen von bestehenden LNG-Importkapazitäten in Nachbarländern und des aktuellen Füllstandes zum 1. September 2023 mit ca. 94 Prozent kann diese Zielerreichung als gesichert unterstellt werden. Dennoch bleibt die entscheidende

Fragestellung für den vor uns liegenden Winter in ähnlicher Form bestehen wie im Vorjahr: Werden die gefüllten Systempeicher auch bei geändertem Abnahmeverhalten der Privathaushalte oder der Industrie – etwa im Falle eines sehr kalten oder langen Winters bis weit in das Frühjahr – reichen, oder ist mit Verknappung zu rechnen?

Der DVGW hat daher das Speicherreichweitentool für den kommenden Winter aktualisiert [2]. Die Prognose-Algorithmen machen sich erstmalig statistische Erkenntnisse aus dem neuen temperaturabhängigen Verbraucherverhalten zunutze und basieren auch auf den Importerfahrungen des Vorjahres. Dabei legt dieser Beitrag die Annahmen und Modelle offen.

Mit dem neuen Speicherreichweitentool werden Aussagen über den Füllstand des Systemspeichers vorausschauend für die nächsten sechs Monate getroffen. Diese zeigen, dass die Versorgungssicherheit über den Winter gegeben ist.

Um die errechneten Aussagen zu erhärten, werden außerdem unsichere Eingabegrößen variiert. Auch wird auf die aktuelle Entwicklung der LNG-Importkapazitäten eingegangen, da diese die Möglichkeit bieten, im Falle einer temperaturgetriebenen beschleunigten Speicherentleerung zeitnah zu reagieren. Diese Betrachtungen validieren nochmals die Robustheit der DVGW-Speicherprognose.

Rückblick auf die Winterversorgung 2022/23

Mit den geopolitischen und versorgungstechnischen Verwerfungen des Jahres 2022 entstand ein massiver Veränderungsdruck für Verbraucher und Energieversorger in Deutschland. Im Rückblick lässt sich bilanzieren, dass es diverse Gründe ermöglichten – trotz dieser gravierenden Einschnitte –, sicher über den Winter zu kommen:

- Eine rasche Umoorientierung der Pipeline-gebundenen Importstrukturen mit einem starken Fokus auf Norwegen, Belgien und die Niederlande

(beide Letzteren durch Erhöhung der LNG-Einspeisekapazitäten) sicherte täglich hohe Importe von durchschnittlich etwas unter 2,5 Terawattstunden (TWh) pro Tag.

- Der Gasverbrauch konnte sowohl in den Privathaushalten (geringerer Heizbedarf durch mäßige Wintertemperaturen sowie bewusstes Sparverhalten) als auch im Gewerbe und in der Industrie (Optimierung der Prozesse und Brennstoffwechsel aufgrund hoher Preise) reduziert werden.
- Es wurden politische Rahmenbedingungen geschaffen, die eine schnelle Befüllung der Gasspeicher ermöglichten.
- Einen weiteren Beitrag konnte die schnelle Planung und Inbetriebnahme der FSRU in Wilhelmshaven liefern, deren Weg ebenfalls durch besonnene politische Entscheidungen bereitet wurde (u. a. „LNG-Beschleunigungsgesetz“) sowie die zügige Anbindung der FSRU in Lubmin.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass vergleichsweise gemäßigte Wintertemperaturen ebenso wie durch hohe Energiepreise bedingte Standortschließungen, Produktionskürzungen oder -verlagerungen in der Industrie und dem Gewerbe zu den geringeren Verbräuchen beitrugen. Letzteres gilt im analogen Maße auch für Teile der Privathaushalte, die aus ökonomischen Zwängen Gas sparten, weil schlichtweg die Angst bestand, Rechnungen nicht bezahlen zu können.

Die „Zeitenwende“ ist auch in der Energieversorgung angekommen: Im Jahr 2023 hat Deutschland seinen Gasbedarf ohne russisches Gas gedeckt und steht damit weiterhin vor großen Herausforderungen. Es geht aktuell nicht mehr nur darum, „über den Winter zu kommen“, sondern vielmehr die Weichen zu stellen, um eine sichere, bezahlbare und diversifizierte Energieversorgung aufzubauen, die die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland nicht gefährdet und keine sozialen Schiefagen hervorruft. Dies gilt es zu bewerkstelligen, ohne die Erreichung der Ziele des Klimaschutzgesetzes zu riskieren. ▶

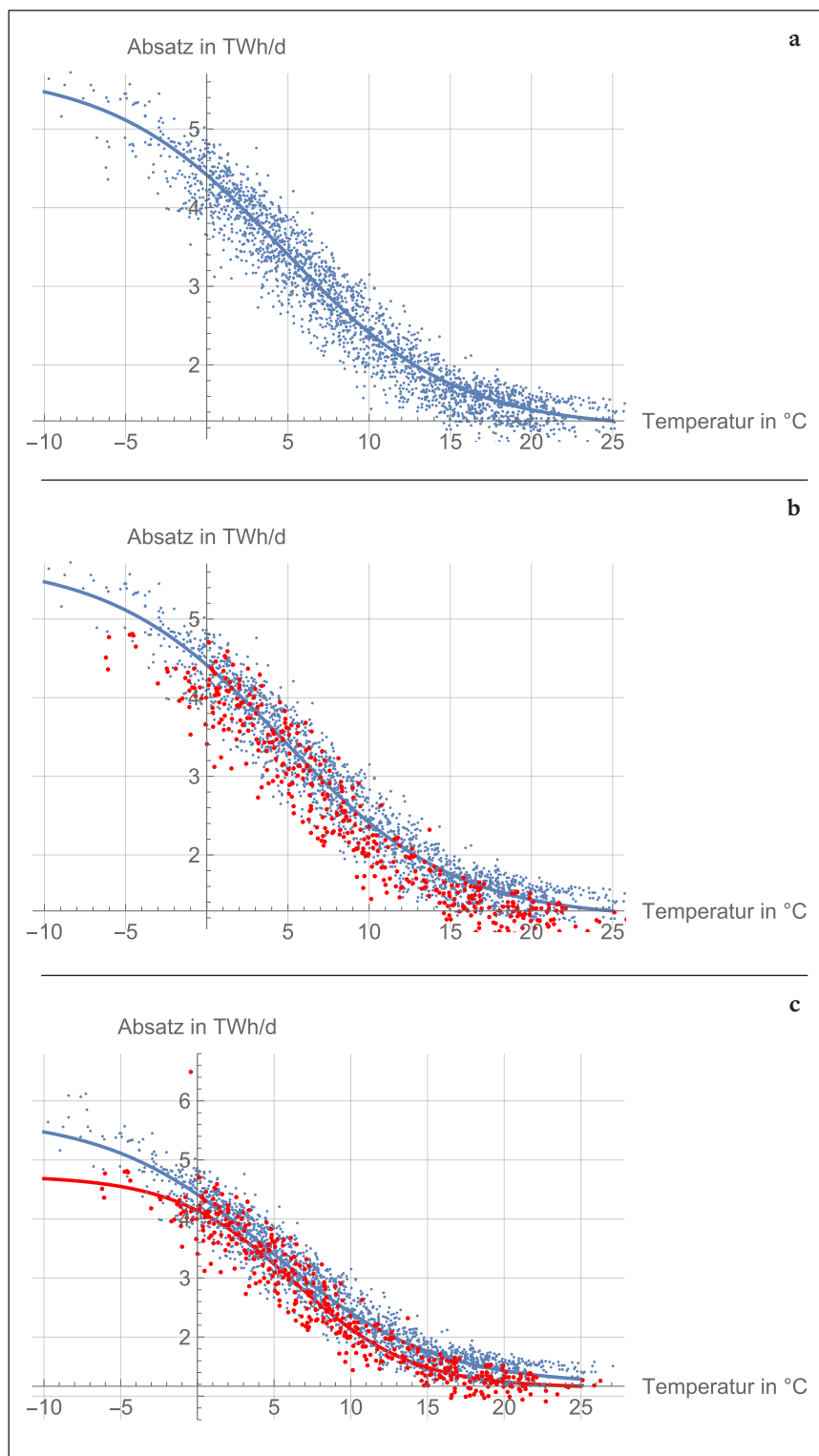


Abb. 1: a) Sigmoidfunktion f_{20} mit Temperatur- und Absatzdaten über ca. 2.000 Datenpunkte der Jahre 2016 bis 2021, b) wie Abb. 1a, jedoch ergänzt um die Temperatur-Absatz-Tupel der Monate Januar 2022 bis Februar 2023 (rot), c) gefittete neue Sigmoidfunktion f_{2022} , die das Absatz- bzw. Verbraucherverhalten des Jahres 2022 (inkl. Anfang 2023) nachbildet

In diesem Kontext ist es interessant festzustellen, dass der Primärenergieverbrauch im Jahr 2022 gegenüber 2021 insgesamt zwar um 4,7 Prozent und von Erdgas um fast 15 Prozent gesenkt werden konnte, die gesamten Treib-

hausgas-Emissionen jedoch nur um weniger als 1 Prozent reduziert wurden [3]. Ein Mehrverbrauch an Kohle (Braunkohle +5,1 Prozent und Steinkohle +4,8 Prozent), der trotz Konjunkturschwächen in der Stahlindustrie

(8 Prozent weniger Rohstahlproduktion in 2022 gegenüber dem Jahr 2021) registriert werden konnte, ist als Hauptgrund anzuführen [3, 4]. Diese Zahlen zeigen, dass die Reduktion des Gasverbrauchs, so nachvollziehbar sie aus politischer und strategischer Sicht auch war, für die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland und die Erreichung der nationalen Klimaziele bestenfalls Stagnation bedeuteten.

Gleichwohl gibt es öffentliche Diskussionen darüber, ob die bestehenden Planungen zu weiteren FSRU bzw. LNG-Terminals überdimensioniert oder gar unnötig seien. Dies ist jedoch völlig deplatziert, wie die nachfolgenden Ausführungen belegen. Der Zubau von weiteren Kapazitäten, nicht nur für eine sichere Grundversorgung mit ausreichender Redundanz unter beruhigter, netztechnischer Auslastung, sondern auch für bevorstehende Aufgaben bei der Substitution des kohlebasierten Stroms durch H₂-ready-Gaskraftwerke, wird benötigt.

Beschreibung des Speicherreichweitenmodells

Die Kapazitäten des deutschen Systemspeichers – also die Summe aller Einzelkapazitäten – sind wohldefiniert. Transportkapazitäten und Systemspeicher sind so aufeinander abgestimmt, dass im saisonalen Wechsel eine Importunterdeckung durch Fernnetzimporte (im Winterhalbjahr) über die Speichergasentnahmen ausgeglichen und eine Importüberdeckung (im Sommerhalbjahr) zur Einspeicherung genutzt werden kann.

An jedem Tag ist der Speicherfüllstand bekannt (siehe z. B. [2]). Er bildet einen festen Ausgangspunkt für jede Art der Speicherreichweitenprognose. Zeitreihen der Nettoimportmengen und des Gasabsatzes der nächsten Wochen und Monate sind dagegen von Unsicherheiten gekennzeichnete Größen. Dennoch gibt es Einflussfaktoren, deren Kenntnis es erlaubt, Import und Absatz sehr gut vorherzusagen. Hier wird zunächst auf den Gasabsatz eingegangen:

Quelle: DVGW

Absatzprognose für den Winter

Zur Ermittlung einer Gesetzmäßigkeit zwischen einer Bundesdurchschnittstemperatur einerseits und dem Gasabsatz andererseits hat der DVGW umfangreiche (historische) Datensätze des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [5, 6] und von der Trading Hub Europe [7] ausgewertet. Dies mündete in einer temperaturabhängigen Sigmoid-Funktion für den mehrjährig-gemittelten Absatz (**Abb. 1a**) – im Weiteren als f_{\emptyset} bezeichnet.

Da sich das Jahr 2022 (und das Frühjahr 2023) jedoch deutlich von den Vorjahren unterschied – siehe dazu die gemessenen Wertepaare aus Temperatur und Absatz in Abbildung 1b –, wurde das gleiche analytische Verfahren auch auf diesen speziellen Zeitraum und die empirischen Absätze aus 2022 angewandt. Dies führte zu einer neuen Sigmoid-Funktion, kurz f_{2022} . Die Abbildung 1c zeigt, wie gut diese neue Funktion zu den gemessenen Werten passt.

Diese neue Sigmoid-Funktion bildet die Basis der Absatzprognose des DVGW-Speicherreichweitentools für die kommenden Monate. Sie gestattet dabei, Temperaturentwicklungen und Temperaturszenarien zu modellieren. Doch zunächst sollen zugrunde liegende Details des mathematischen Modells, der Nutzung der empirischen Absätze und der Wetterdatenauswertung und -vereinfachung beschrieben werden:

- Der bundesdeutsche Gasabsatz wird als temperaturabhängige Sigmoidfunktion folgender Form angenommen:

$$f_{\emptyset}(T) = a + \frac{b}{1 + e^{-d(T-c)}}$$

für das mehrjährige Mittel bzw.

$$f_{2022}(T) = \hat{a} + \frac{\hat{b}}{1 + e^{-\hat{d}(T-\hat{c})}}$$

für das Jahr 2022.

- Die gewählten Einheiten sind Grad Celsius für die Temperatur und TWh/d für den Absatz.
- Die Parameter a , b , c und d sowie \hat{a} , \hat{b} , \hat{c} und \hat{d} wurden mittels der Least-

quares-Methode ermittelt. Dabei kam die Software Mathematica [8] zum Einsatz, die im ersten Fall Tagesdaten der Zeiträume GWJ 2016 bis 2021 auswertete und im zweiten Falle 14 Monate vom Januar 2022 bis einschließlich Februar 2023.

- Die **Tabelle 1** zeigt die mittels mathematischer Optimierung erzielten Parameterwerte.
- Die Abbildungen 1a bis 1c bieten einen optischen Eindruck zur Übereinstimmung der gefitteten Funktionen mit den Messdaten.
- Um aber auch eine Aussage über die Güte der Funktionen zu erhalten, wurden mit ihnen Jahresabsätze für verschiedene Temperaturverläufe ermittelt. Dazu war es zunächst notwendig, ein sogenanntes mittleres, warmes oder kaltes Jahr zu definieren.
- Zu den repräsentativen Temperaturverläufen: Der DWD veröffentlicht monatliche Gebietsmittel in seinen Monats- und Jahreszeitenberichten Deutschland [5]. Eine schärfere Auflösung in tägliche Gebietsmittel wird nicht vorgenommen. Über das Climate Data Center des DWD können aber tägliche Stationswerte der mittleren Lufttemperatur in 2 m Höhe für sämtliche Stationen vom Jahr 1781 bis heute erhalten werden [6]. Für die in dieser Veröffentlichung dargestellten Rechnungen wurde eine Höhenkorrektur vorgenommen, die sämtliche Messstationen aus der Berechnung eliminiert, die mehr als 1.000 m über Normalhöhennull (NHN) liegen und für die daher keine Relevanz für den Gasverbrauch erwartet wird. Über die verbliebenen Stationsmessdaten wurden tägliche arithmetische Mittel gebildet und so eine Verlaufskurve der täglichen Bundesdurchschnittstemperaturen vom 1. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2022 erhalten. Zur Plausibilitätsprüfung dieser Vorgehensweise wurden aus den täglichen Bundesdurchschnittstemperaturen Monatswerte errechnet und mit den durch den DWD publizierten monatlichen Gebietsmitteln in diesem Zeitraum verglichen. Eine durchschnittliche Abweichung von 0,1 °C bei einer maximalen Abweichung von 0,2 °C zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

- Die **Abbildung 2** zeigt den so bestimmten Temperaturverlauf für 365 Tage, der ein mittleres Jahr repräsentiert.
- Heiße oder extrem kalte Jahre können darauf aufbauend mit Temperaturverläufen modelliert werden. In dem Speicherreichweitentool des DVGW wird diese Option eingebaut. Temperaturerhöhungen oder -absenkungen können dabei je Monat eingegeben werden, um so z. B. einen kalten Januar oder Februar zu modellieren. Dabei sind die Temperaturabweichungen in einem Band von -2 °C bis +2 °C frei wählbar.
- Zur Gütebeurteilung der zwei Sigmoidfunktionen wurden diese auf vier Jahrestemperaturverläufe angewandt, nämlich auf ein warmes, mittleres und ein kaltes Jahr und schließlich auf den Temperaturverlauf für 2022. Die so ermittelten Jahresabsätze sind in **Tabelle 2** dargestellt. Die Schlussfolgerungen sind:
- Die auf die Temperaturdaten des Jahres 2022 angewandte neue Sigmoidfunktion f_{2022} liefert mit 864 TWh einen Jahresabsatz, der nur um 2 Promille unterhalb des Realwertes von 866 TWh nach [9] liegt. Dagegen hätte die Mehrjahres-Sigmoidfunktion f_{\emptyset} einen deutlich höheren Absatz von 949 TWh prognostiziert. Die neue Sigmoidfunktion f_{2022} spiegelt also das geänderte Verbraucherverhalten und die erzielten Einsparungen gut wider.
- Man kann keinesfalls pauschal davon sprechen, dass der letzte Winter sehr mild war. Trotz des gemäßigten Verlaufs gab es einige kältere Tage, in denen der Systemspeicher um > 1 Prozentpunkt pro Tag reduziert wurde. Tatsächlich ist es aber so, dass der beobachtete Jahresabsatz

$$\sum_{i=1}^{365} f_{2022}(T_{2022}(i))$$

etwa identisch ist mit

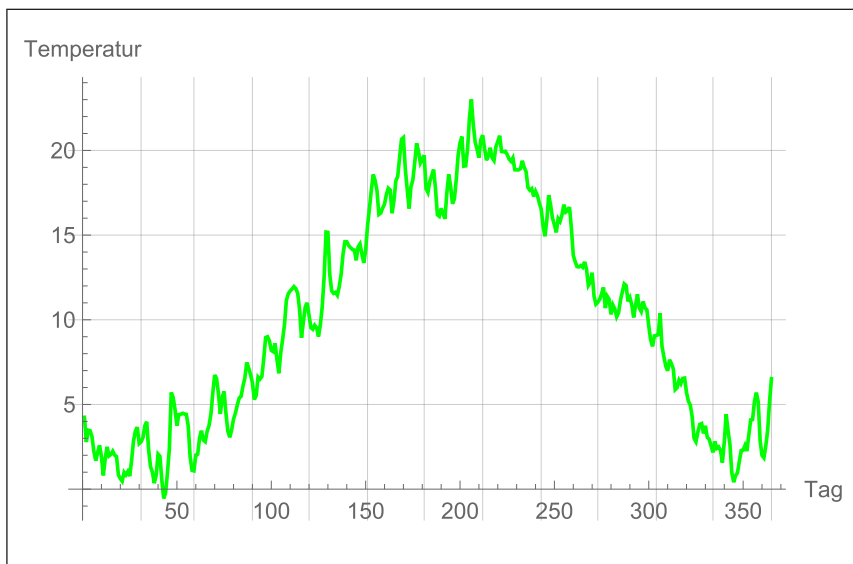
$$\sum_{i=1}^{365} f_{\emptyset}(\bar{T}_{warm}(i))$$

Mit anderen Worten: Es wurde so viel Erdgas verbraucht wie sonst ▶

Tab. 1: Parameter der zwei Sigmoidfunktionen

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
f_{\emptyset}	5,737	4,544	4,704	0,190
	\hat{a}	\hat{b}	\hat{c}	\hat{d}
f_{2022}	4,736	3,600	6,300	0,258

Quelle: DVGW



Quelle: DVGW

Abb. 2: Temperaturverlauf für ein mittleres Jahr (1. Januar bis 31. Dezember)

Tab. 2: Anwendung der zwei Absatz-Sigmoid-Funktionen auf verschiedene Jahrestemperaturverläufe zwecks Bestimmung des dabei zu erwartenden Jahresabsatzes

	Jahresabsatz in TWh				
	Warmes Jahr	Mittleres Jahr	Kaltes Jahr	Jahr 2022	Realdaten 2022 nach Statista [9]
Sigmoid-Fkt. \emptyset (2016 - 2021) f_{\emptyset}	862	964	1074	949	
Sigmoid-Fkt. 2022 f_{2022}	784	883	986	864	866
Abs. Abweichung $f_{2022} - f_{\emptyset}$	-78	-81	-88	-85	
Rel. Abweichung $(f_{2022} - f_{\emptyset})/f_{\emptyset}$	-9,0 %	-8,4 %	-8,2 %	-9,0 %	

Quelle: DVGW

unter Vorkrisen-Verhalten in einem warmen Jahr.

- Die neue Sigmoidfunktion liefert durchgängig für alle Temperaturkurven ca. 8,2 Prozent bis 9,0 Prozent niedrigere Absätze, d. h., sie

antizipiert grundsätzlich eher verhaltene Marktbrufe, so wie man das im letzten Winter beobachten konnte und auch für den kommenden Winter unterstellen darf, denn nach wie vor gilt der Aufruf, Energie (und Gas) zu sparen.

- Die neue Sigmoidfunktion ist dennoch aufgrund ihrer Temperatur-sensitivität in der Lage, noch deutlich niedrigere (-80 TWh) und deutlich höhere Absätze (+122 TWh) darzustellen, je nachdem wie sich der Temperaturverlauf ändert.
- Die **Abbildung 3** zeigt ergänzend zu den aggregierten Jahresabsatzdaten der Tabelle 2 auch eine Datenreihe der tatsächlichen Erdgasverbräuche mit dem Verlauf der neuen Absatz-Sigmoidfunktion f_{2022} . Man erkennt auch hier, dass diese Funktion gut die Messwerte reproduziert.

Importprognosen für den nächsten Winter

Eine belastbare Prognose für die Nettoimportströme der nächsten Monate vorzunehmen, ist nahezu unmöglich – hängen diese doch von zu vielen unabhängigen Faktoren ab (wie etwa von den Absatzerwartungen der Händler, der Beschaffungssituation an internationalen Märkten, vereinbarten Liefer- und Flexibilitätsoptionen, aber auch netztechnischen Gegebenheiten etc.). Dennoch lässt sich abschätzen, welche Importmengen pro Monat theoretisch nach Deutschland gebracht werden können, denn dazu liegen Erfahrungswerte aus dem letzten Winter vor. Durch den stetigen Zubau weiterer LNG-Anlandeooptionen hat sich die maximale theoretische Importleistung außerdem weiter erhöht.

Die Homepage der Bundesnetzagentur [10] liefert mit tagesscharfen historischen Werten dediziert Auskunft über die Gasimporte und -exporte nach bzw. aus Deutschland. Daraus wurde in Tabelle 3 der Nettoimportstrom der letzten Monate, Quartale und im Jahresmittel errechnet. Interessant sind insbesondere die Monatswerte nach Terminierung der Importe aus Russland und deren Vergleich mit einem einfachen Mittelwert, der sich aus der Division des Jahresabsatzes 2022 von 866 TWh und der Anzahl der Tage (365) ergibt. Danach benötigt Deutschland zur Bedarfsdeckung durchschnittliche Tagesimporte von 2,37 TWh/d.

Aktuell – in den warmen Sommermonaten – wird dieser Durchschnittswert

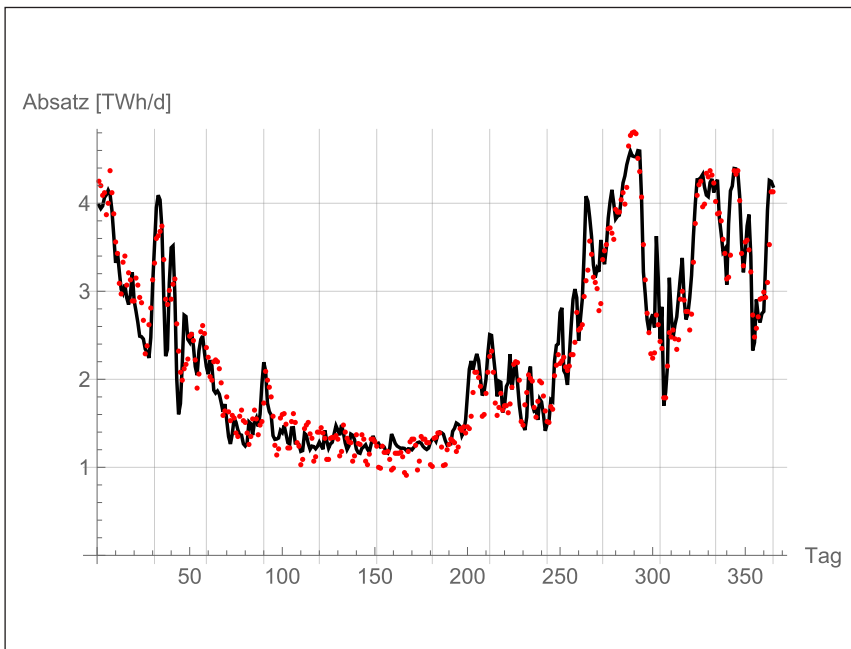


Abb. 3: Reale Absatzdaten über 365 Tage von März 2022 bis Februar 2023 und die neue Sigmoidfunktion f_{2022}

unterschritten, was jedoch in Anbetracht der bereits gut gefüllten Speicher verständlich ist. Es kann aber angenommen werden, dass für den kommenden Winter für die Monate November 2023 bis April 2024 Nettoimportströme darstellbar sind, wie sie auch im Vorjahreszeitraum erreicht wurden (siehe dazu den umrandeten Zahlensatz in **Tabelle 3**). In dem Speicherreichweitentool des DVGW wird daher diese Zeitreihe von vorgegebenen Monatsmittelwerten hinterlegt. Der Nutzer kann aber individuelle Abweichungen von dieser Vorgabe festlegen.

Speicherreichweitenprognose

Alle drei bis hierher beschriebenen Daten,

- den tagesaktuellen realen Systemspeicherstand,
- eine temperaturgesteuerte und das Verbraucherverhalten nachempfindende Absatzganglinie
- und die möglichen auf Vorjahrese Erfahrungen abgestützten mittleren Monats-Nettoimportmengen

kann man nun zusammenfügen, um zu ermitteln, was der Systemspeicher über die kalte Jahreshälfte bis in den April 2024 zu leisten hat.

Quelle: DVGW

Die Mengen-Differenz der beiden Kurven muss dem Speicher entnommen werden. Dies führt bei einem anfänglichen Befüllungsgrad von 95 Prozent zu dem zeitlichen Füllstandverlauf gemäß **Abbildung 5**.

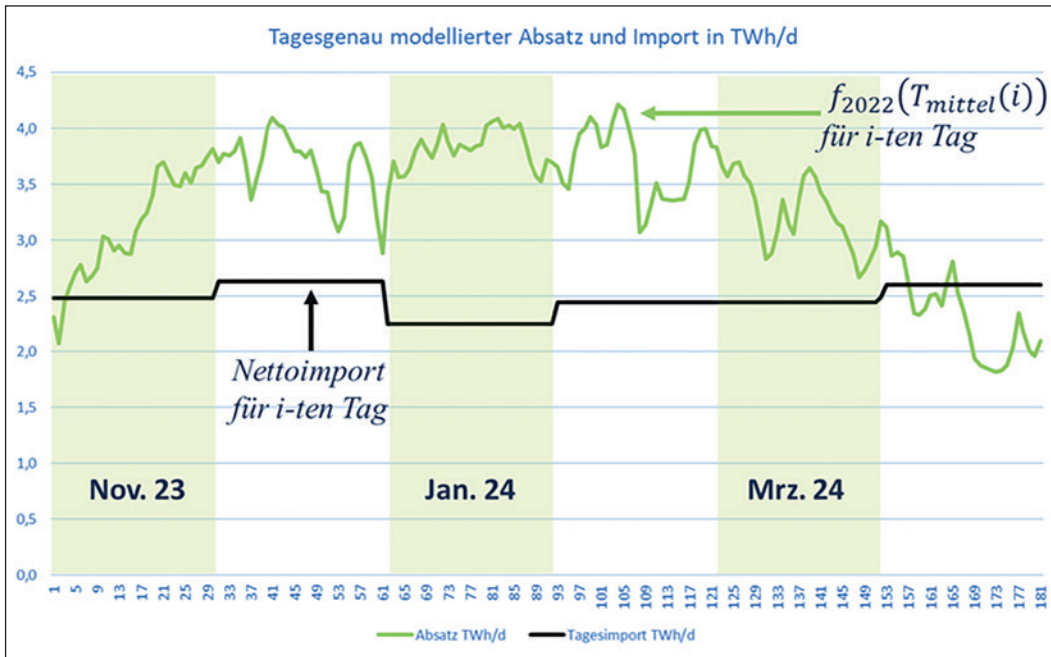
Danach erreicht der Speicher Anfang April einen Tiefstand von knapp unter 30 Prozent.

Variationen der Annahmen und Robustheit des Modells

Das hier beschriebene Speicherreichweitenmodell hat nicht den Anspruch, den sich in der Realität einstellenden Speicherungsverlauf mit höchster Genauigkeit prognostizieren zu können. Dazu spielen zu viele Einflussfaktoren eine Rolle, wie etwa der sich real einstellende Temperaturverlauf, das Abnahmeverhalten im In- und Ausland oder die Beschaffungsstrategien der Händler. Dennoch ist eine auf transparenten Annahmen basierende quantitative Aussage, wie sie hier getroffen wird, besser als rein qualitative Spekulationen. Hier wird deshalb ein ▶

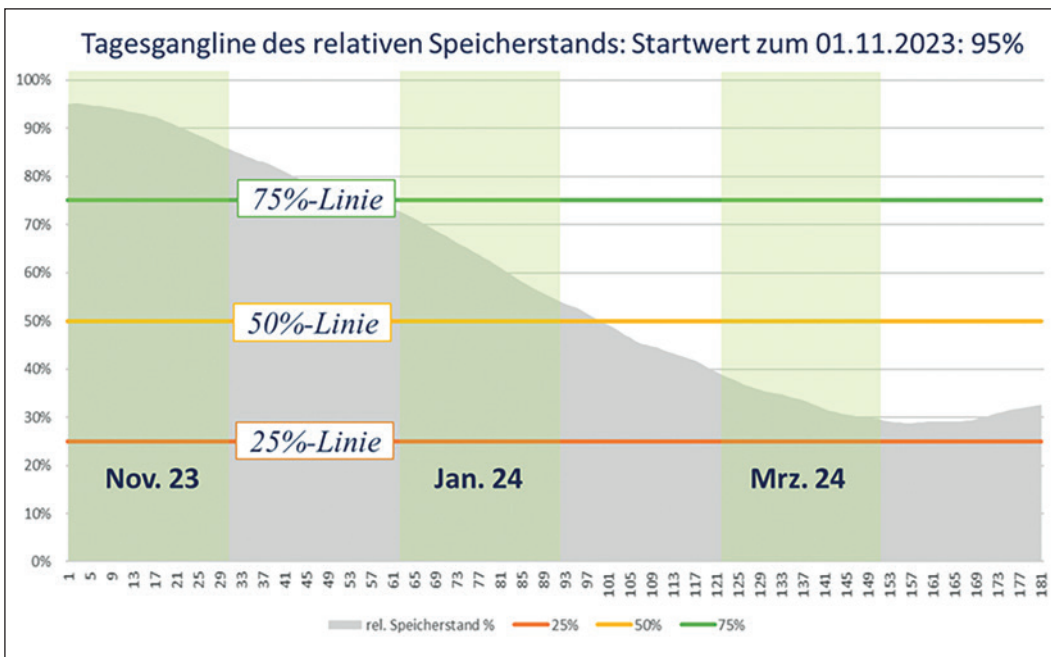
Tab. 3: Nettoimportströme nach Deutschland nach [10]

Monat	Nettoimportströme in TWh/d			
	Monats-Ø	Quartals-Ø	Jahres-Ø	Q2&Q3- bzw. Q4&Q1-Ø
Jan 2022	2,68	2,88	2,57	n.a.
Feb 2022	3,01			
Mär 2022	2,94			
Apr 2022	3,30	2,73		2,47
Mai 2022	2,64			
Jun 2022	2,25	2,21		
Jul 2022	1,95			
Aug 2022	2,41	2,48		2,41
Sep 2022	2,26			
Okt 2022	2,36			
Nov 2022	2,45	2,38	n.a.	
Dez 2022	2,63			
Jan 2023	2,25	2,11		
Feb 2023	2,44			
Mär 2023	2,45			
Apr 2023	2,49	2,09 ^{vorl.}		
Mai 2023	2,20			
Jun 2023	1,65	1,76 ^{vorl.}		
Jul 2023	1,77			
Aug 2023 ^{vorl.}	1,76 ^{vorl.}			



Quelle: DVGW

Abb. 4: Absatzganglinie f_{2022} für ein mittleres Temperaturjahr vom 1. November 2023 bis Ende April 2024 und die empirische, dem Vorjahreszeitraum nachmodellerte Importganglinie



Quelle: DVGW

Abb. 5: Speicherfüllstandsverlauf ab dem 1. November 2023 bei einer Initialbefüllung von 95 Prozent (entsprechen 234 TWh) und unter den vorab definierten Absatz- und Importentwicklungen (siehe Abb. 4)

Beispiel herausgegriffen, das zeigen soll, welche hilfreichen Schlussfolgerungen mit diesem modellbasierten Ansatz getroffen werden können, wenn sich Annahmen ändern.

- Fällt etwa der komplette Januar 2024 täglich um 2 °C kälter als die mittlere Temperaturverlaufskurve aus, so erhält man dennoch die gleiche Speicherfüllstandsverlaufslinie wie in Abbildung 5, wenn es gelingt, über den kompletten Zeitraum November 2023 bis Ende März 2024

einen Nettoimportstrom von 2,5 TWh/d zu realisieren. Dies bewegt sich aber im Rahmen des Möglichen, wie die Werte des Vorjahres (Tabelle 3, z. B. für Dezember 2023) zeigen.

- Gleiches gilt, wenn statt des Januars der Februar um zwei Grad kälter ausfällt.
- Werden dagegen sowohl der Januar als auch der Februar um 2 °C kälter, so fällt der Speicherfüllstand bei durchgängig 2,5 TWh/d Nettoimport Ende März 2024/Anfang April 2024 auf knapp unter 25 Prozent.

- Die Daten der Bundesnetzagentur [10] weisen seit dem 21. Dezember 2022 auch explizit LNG-Importmengen aus. Diese liegen seitdem im Mittel bei 0,18 TWh/d. Der Maximalwert beläuft sich auf 0,3 TWh/d (Stand: Ende August 2023). Damit können diese LNG-Importe eine Importverbesserung zwischen ca. 8 Prozent und 13 Prozent gegenüber dem numerischen Mittelwert des Vorjahrs von 2,37 TWh/d darstellen. Sie sind der „Joker“, um im Winter 2023/24 auf unerwartete Absatzsteigerung reagieren und die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können, ohne dabei den Systemspeicher an seine integritätsgefährdende Kapazitätsgrenze zu fahren.

LNG-Regasifizierungskapazitäten

Wenn auch die Modellierung zeigt, dass die Winterversorgung 2023/24 garantiert ist, so erkennt man doch, dass das bisherige deutsche Versorgungskonzept zwar ausreicht, aber nicht überfüllt. Es sind aber nicht in erster Linie die fehlenden Speicherkapazitäten, die es zu beklagen gilt, es sind die nach wie vor nicht robust ausgebauten Importmöglichkeiten, die das System an die Grenzen der Belastbarkeit führen.

Nach wie vor ist daher das Gebot der Stunde, weitere Importkapazitäten aufzubauen. So konnten kurzfristig im Winter 2022/2023 drei FSRU in Betrieb gehen. Der FSRU in Wilhelmshaven speist seit dem 21. Dezember 2022 in das deutsche Netz ein,

der FSRU der Deutschen Regas in Lubmin seit dem 14. Januar 2023 und die Anlage in Brunsbüttel seit dem 27. März 2023. Die maximalen technischen Kapazitäten belaufen sich auf 6, 4,5 und 3,5 bcm. Die reduzierte Kapazität des Terminals in Brunsbüttel resultiert aus der noch fehlenden neuen Anbindung, mit der frühestens im Dezember 2023 die volle Leistung von 5 bcm ausgespeist werden kann. Weitere FSRU sind bis Ende des Jahres in Stade und Wilhelmshaven geplant, sowie ein weiterer in Mukran. Zudem soll der in Lubmin installierte FSRU nach Mukran verlegt werden. Die geplanten festen Landterminals in Brunsbüttel, Stade und Wilhelmshaven mit deutlich höheren Ausspeiseleistungen von 8, 13 und 16 bcm werden erst ab 2025/2026 zur Versorgung beitragen können. Auch werden sie durch die teils kurzen Charterverträge von fünf bis zehn Jahren der FSRU diese an einigen Stellen ablösen. Die **Tabelle 4** listet das Inventar der in Betrieb oder Bau befindlichen Anlagen bzw. weitere Planungen auf.

Diese Maßnahmen zur Infrastrukturerweiterung sind in vielerlei Hinsicht sinnvoll:

- Erst durch eine robustere Importstruktur kann es Entspannung bei der Systemspeicherfahrweise geben, während gegenwärtig ein hoher Füllstand (95 Prozent zum 1. November eines jeden Jahres) praktisch zwingend ist. Ein solcher Zwang zur Erreichung dieser Zielmarke nimmt Flexibilität und raubt dem Gaslieferanten Beschaffungsoptionen. ▶



Die Oktober-Ausgabe der bbr (10-2023) erscheint mit einem Spezial zum Thema „Nah- und Fernwärme“ und Fachbeiträgen, unter anderem zu folgenden Themen:

- Sanierung der Elbquerung am Harburger Hauptdeich mit innovativem Bauverfahren
- Geothermie und die Wärmenetze der Zukunft
- Hydraulische Sicherung eines Altstandortes der Kohleveredlung

Kostenloses Probeheft unter: info@wvgw.de

Tab. 4: Inventar der in Betrieb oder Bau befindlichen Anlagen bzw. weitere geplante Regasifizierungsanlagen

Eigner Betreiber	Ort	Art	Inbetriebnahme	Kapazität [bcm]	Anmerkung
2022/2023					
Uniper	Wilhelmshaven I	FSRU	21.12.22	6	
Deutsche Regas	Lubmin I	FSRU	14.01.23	4,5	Verlegung nach Mukran geplant
German LNG Terminal (KfW, Gasunie, RWE), DET	Brunsbüttel I	FSRU	20.01.23	3,5	Erste Anbindung
2023/2024					
German LNG Terminal (KfW, Gasunie, RWE), DET	Brunsbüttel I	FSRU	12/23	5	Zweite Anbindung
Hanseatic Energy Hub (Buss-Gruppe, Partners Group, Dow), DET	Stade I	FSRU	Q1/24	6	
Deutsche Regas	Mukran II	FSRU	10/23	5	
TES, EON, ENGIE, DET	Wilhelmshaven II	FSRU	Q1/24	4	
2024/...					
German LNG Terminal (KfW, Gasunie, RWE)	Brunsbüttel	Land-terminal	2025	8	NH ₃ Ready
Hanseatic Energy Hub (Buss-Gruppe, Partners Group, Dow)	Stade	Land-terminal	2025	13	Bio LNG, SNG
TES, Uniper	Wilhelmshaven	Land-terminal	2025	16	SNG (eNG)

Quelle: DVGW

- Ein breiteres Beschaffungsportfolio durch parallel handelnde Akteure mit unterschiedlichen Einspeisekapazitäten in den deutschen Gasmarkt wirkt sich ebenfalls positiv auf eine Gaspreisreduktion aus: Konkurrenz belebt das Geschäft.
- Neue Einspeiseoptionen – insbesondere im Osten der Republik – entlasten den bundesdeutschen Gasfluss durch das Fernleitungsnetz. Man bedenke, dass im letzten Winter aufgrund der marktunüblichen Flussumkehr von West nach Ost (statt wie sonst üblich von Ost nach West) Netzengpässe entstanden, die zum Teil nur durch Maschineneinsatz am Limit der Verdichterleistungen inklusive Redundanzen überbrückt werden konnten.
- Last but not least: Gleich mehrere der neuen Import-Terminals antizipieren bereits heute Im-

portbedarfe für kohlenstoffarme oder kohlenstofffreie Gase. Sie zielen auf die Belieferung mit Ammoniak oder Bio-LNG bzw. SNG ab. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag, Deutschlands Klimaziele zu erreichen.

Zusammenfassung

Der Beitrag bietet zunächst einen Rückblick auf die Winterversorgung 2022/23 und zeigt, dass es diverse Gründe gab, wieso Deutschland trotz eines Wegfalls der russischen Gasimporte sicher durch den Winter gekommen ist. Die Umstrukturierung der Gasimportrouten, die rasche Wiederbefüllung der Gasspeicher und die Inbetriebnahme erster Regasifizierungsanlagen geben auch eine beruhigende Ausgangssituation für den Winter 2023/24. Die Ein-

sparungen im letzten Jahr waren aber ein Kraftakt für Industrie und Haushalte, und auch der vergleichsweise milde Winter hat teilweise zu der sicheren Versorgungslage beigetragen. Hieraus ergibt sich, dass der Winter 2022/23 nicht 1:1 und ohne Analyse als Benchmark für zukünftige Verbrauchsprognosen herangezogen werden sollte. Vor diesem Hintergrund wird die Weiterentwicklung des Speicherreichweitenmodells des DVGW vorgestellt, welches sich der Fragestellung widmet, ob eine sichere Versorgung – auch bei verändertem Abnahmeverhalten und niedrigeren Temperaturen und auch bei wegfallenden Importoptionen – für den kommenden Winter gewährleistet ist.

Es werden methodische Verbesserungen beschrieben, die auf Basis historischer Daten und Zusammenhänge belast- und nachvollziehbare Annahmen für die Modellberechnung liefern. Die Nettoimportströme orientieren sich für die 2023/24-Prognose an den Vorjahreswerten, sodass Erfahrungen aus dem letzten Winter mit einfließen, die jedoch flexibel geänderten Erwartungen angepasst werden können. Zur Prognose des Gasabsatzes wird ein Ansatz vorgestellt, der anhand historischer Daten einen funktionalen Zusammenhang zwischen dem täglichen, mittleren Temperaturverlauf und den zugehörigen Gasabsätzen herstellt, der dem Verlauf einer Sigmoidkurve folgt. Ein Vergleich der Datensätze für den Zeitraum 2016 bis 2021 mit den Daten für das Jahr 2022 bestätigt einerseits das veränderte Gasabnahmeverhalten infolge der Energiepreiskrise und andererseits die Robustheit und Flexibilität des Modells. Auf diese Weise konnte das Modell um einen parametrierbaren Temperatureinfluss erweitert werden und es können verschiedene Temperaturverlaufsszenarien und deren Einfluss auf die Speicherfüllstandsentwicklung abgebildet werden. Damit steht für das komplexe System der Erdgasversorgung ein Tool zur Verfügung, das grundsätzliche Aussagen über die Sicherheit der Erdgasversorgung in Deutschland zulässt und individuelle Erwartungen durch parametrierbare Inputgrößen einbinden kann.

Ergebnisse einer Prognose für den kommenden Winter zeigen, dass bei einem durchschnittlichen Temperaturverlauf, der ein Mittel der Jahre 2018 bis 2022 darstellt, in Verbindung mit einem Verbrauchsverhalten des Jahres 2022 und Nettoimportströmen, die auf dem letztjährigen Niveau liegen, keine Unterschreitung kritischer Gasspeicherfüllstände droht. Dies gilt auch bei Auftreten vereinzelt kälterer Wintermonate, sodass aktuell für das kommende Winterhalbjahr kein Grund dafür besteht, an der Versorgungssicherheit zu zweifeln. Durch weitere Variation der Annahmen zeigt sich aber auch, dass das System stark auf wegbrechende Nettoimportmengen reagiert. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht der unsicheren und teils kritischen Situation, der sich Industrie, Gewerbe und Haushalte gleichermaßen im letzten Jahr ausgesetzt sahen, legt dieser Beitrag dar, wieso Diskussionen darüber, ob die geplanten LNG-Terminals in Deutschland überhaupt benötigt werden, kurzsichtig sind. LNG bietet vielmehr eine Möglichkeit, den Gasimport zu flexibilisieren und damit allen Akteuren mehr Handlungsspielraum zu geben. Der Beitrag gibt abschließend eine Übersicht der Regasifizierungsanlagen, die sich derzeit in Deutschland im Betrieb, im Bau und in der Planung befinden. Dieser Aufbau einer LNG-Importinfrastruktur ist ein wichtiger Baustein, dem deutschen Energiesystem die notwendige Stabilität zu geben, um den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken und gleichzeitig die Versorgungssituation der Haushalte zu entspannen. Langfristig dienen die LNG-Landterminals dem Import klimafreundlicher Gase, sodass ein Aufbau von LNG-Importkapazitäten in keinem Widerspruch zur Erreichung der Klimaziele steht. ■

Literatur

- [1] Linke, G.: Wie kommen wir sicher über den nahen Winter? Erläuterungen und Prognosen zu Speicherreichweiten und zur Versorgungssicherheit in Deutschland, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 11/2022, S. 18–29.
- [2] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.: Füllstände der Gasspeicher für Deutschland. Online unter www.dvgw.de/themen/sicherheit/versorgungssicherheit-gas/fuellstaende-der-gasspeicher-fuer-deutschland-mit-reichweitenprognose#/2023-08-27, abgerufen am 4. September 2023.
- [3] AG Energiebilanzen e. V.: Energieverbrauch fällt 2022 auf niedrigsten Stand seit der Wiederver-

einigung. Online unter <https://ag-energiebilanzen.de/energieverbrauch-faellt-2022-auf-niedrigsten-stand-seit-der-wiedervereinigung>, abgerufen am 4. September 2023.

[4] Wirtschaftsvereinigung Stahl: Rohstahlproduktion in Deutschland im Jahr 2022. Online unter www.stahl-online.de/medieninformationen/rohstahlproduktion-in-deutschland-im-jahr-2022/, abgerufen am 4. September 2023.

[5] Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimakarte Deutschland. Online unter www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland_monatsbericht.html, abgerufen am 4. September 2023.

[6] Deutscher Wetterdienst (DWD): CDC (Climate Data Center). Online unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html, abgerufen am 4. September 2023.

[7] Trading Hub Europe GmbH: Veröffentlichung der aggregierten Verbrauchsdaten. Online unter www.tradinghub.eu/de-de/Veröffentlichungen/Transparenz/Aggregierte-Verbrauchsdaten, abgerufen am 4. September 2023.

[8] Mathematica – Software von Stephan Wolfram. Online unter www.wolfram.com/mathematica/, abgerufen am 4. September 2023.

[9] Statista: Erdgasverbrauch in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2022. Online unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164119/umfrage/erdgasverbrauch-in-deutschland-seit-1999/#statisticContainer>, abgerufen am 4. September 2023.

[10] Bundesnetzagentur: Aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland. Online unter www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/aktuelle_gasversorgung/start.html, abgerufen am 4. September 2023.

Die Autoren

Frank Dietzsch ist Leiter Ordnungsrahmen Gastechnologien und Energiesysteme in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

Dr. Stefan Gehrman ist Referent in der Einheit Technologie und Innovationsmanagement in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

Björn Munko leitet die Einheit Gastechnologien und Energiesysteme in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

Prof. Dr. Gerald Linke ist Vorstandsvorsitzender des DVGW e. V.

Kontakt:

Prof. Dr. Gerald Linke
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Str. 1–3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-700
E-Mail: gerald.linke@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de