



Gasspeicherprognose



Abschlussbericht der Kooperationsphase 2023/24

Durchgeführt am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Betreut durch Herrn Dr. Jakob Wachsmuth und Bastian Weißenburger

Sava Stanculovic und Alex Vierling, Kurs KA18

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
1 Einleitung	4
2 Material und Methoden	5
2.1 Regression	5
2.2 Datenbasis und -verarbeitung	7
3 Modellierung	8
3.1 Wirkungsgefüge	8
3.2 Abhängigkeiten	9
3.2.1 Temperatur / Gasverbrauch Haushalt und Gewerbe	9
3.2.2 Temperatur / Gasverbrauch Industrie	12
3.2.3 Weihnachten und Neujahr / Gasverbrauch Industrie	15
3.2.4 Gaspreis / Gasverbrauch Industrie	16
3.2.5 Gasverbrauch / Import und Export	17
3.2.6 Gaspreis / Import und Export	19
3.3 Anwendung	20
4 Diskussion	22
4.1 Auswertung und Fazit	22
4.2 Fehlerdiskussion	22
4.3 Ausblick	23
5 Danksagung	23
6 Quellen	23
6.1 Bildquellen	23
6.2 Informationsquellen	23
7 Selbständigkeitserklärung	24

Abstract

Caused by the invasion of the Ukraine in February 2022, the European Union decided to sanction Russia, leading to an economic isolation of the country. In Germany this was an issue as well, since it had been highly dependent on Russian gas. Suddenly the gas supply was not secure at all and a lot of people feared having inadequate heating for the winter season.

The aim of the project was to create a model that predicts the amount of gas stored in German gas storages to avert an upcoming lack of gas. The model tries to predict the gas consumption as well as the import and export of gas, leading to an overall storage balance. The focus of the project was to find functions depicting these values and give certain predictions as how much gas will be used. Since the amount of gas produced in Germany is small in comparison to its consumption as well as the import and export, it can be neglected.

The data used for this project was provided by the Bundesnetzagentur, the German energy supply agency. Data from 2022-2023 was used to predict the gas storage balance in the first half of 2024.

The model can predict the upcoming gas storage balance with a comforting precision if weekly or daily temperature data is provided. A real application would have to be based on predicted, weekly temperature data, probably leading to a highly inaccurate result after more than a month.

1 Einleitung

Das Thema Energie und Versorgung ist aus unserer heutigen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Fossil oder erneuerbar, umweltschädlich oder nachhaltig, das moderne Leben funktioniert nicht ohne Energie. Diese nutzen wir in Form von Erdgas auch zum Heizen. Im Winter kommt es in Deutschland des Häufigeren zu Gasengpässen und einer daraus resultierenden Anspannung bei der Bevölkerung. Die Bundesregierung ist sich dieses Problems bewusst, besonders seit Beginn des Ukraine-Kriegs und des infolgedessen beendeten Importes von Gas aus Russland. Deswegen gibt es zu gewissen Zeiten im Jahr Gasspeicherfüllstandziele, welche erreicht werden müssen. Doch wie sicher ist es, dass Deutschland diese Ziele erreicht und wie lassen sich zukünftige Gasspeicherfüllstände prognostizieren?

Im Projekt „Prognose des Gasspeicherfüllstandes in Deutschland“ haben wir uns mit dieser Frage beschäftigt und ein Modell entwickelt und programmiert, welches diese beantworten soll.

2 Material und Methoden

2.1 Regression

Bei der Regression handelt es sich um ein statistisches Analyseverfahren, welches Beziehungen zwischen zwei oder mehr Variablen versucht zu beschreiben. Eine Variable ist unabhängig und mit einem Datensatz gegeben, eine weitere soll mithilfe der gegebenen Variable prognostiziert werden. Die Regression ist anzuwenden, wenn man vermutet, dass ein linearer oder nichtlinearer proportionaler Zusammenhang zwischen zwei Variablen besteht. Zur Veranschaulichung dient ein Beispiel, auch wenn die zu untersuchende Vermutung mitsamt Datensatz nicht sinnvoll ist. Will man die Annahme untersuchen, ob aus einer höheren Körpergröße ein erhöhtes Einkommen folgt, so visualisiert man den Datensatz in einem Diagramm und legt eine Regressionsgerade an. Hat die Regressionsgerade eine signifikante positive Steigung (höhere Körpergröße, mehr Einkommen) und liegt nicht zu weit weg von den Datenpunkten, so lässt sich diese These zunächst verifizieren. Ob man daraus aber auch für Körpergrößen außerhalb des Datensatzes auf ein Einkommen schließen kann, ist fraglich. Der Prozess, die Regressionsgerade anzulegen, beschreibt das Wesentliche dieses Analyseverfahrens. Es wird versucht, eine Funktion einer Gerade zu finden, welche von allen tatsächlichen Werten den geringsten Abstand hat. Um Ausreißer hervorzuheben und immer den Betrag zwischen prognostiziertem und tatsächlichem Wert zu erhalten, wird dabei die Residuenquadratsumme betrachtet, welche man durch Quadrieren der Differenz zu den Werten erhält. Addiert man für jeden Datenpunkt diese Werte und teilt sie durch die Anzahl der Werte, so erhält man die Varianz, welche die wichtigste Kennzahl bei diesem Verfahren ist. Das Ziel der Regression ist es, die Residuenquadratsumme zu minimieren, indem man die Funktion der Regressionsgerade dementsprechend wählt.

Mathematisch betrachtet läuft eine lineare Regression folgendermaßen ab:

1. Die unabhängige Variable soll als x und die zu vorhersagende Variable als y bezeichnet werden, wobei n die Gesamtanzahl der Datenpunkte darstellt.
2. Es wird nach einer linearen Funktion der Form $y = mx + b$ gesucht, wobei m die Steigung und b den y -Achsenabschnitt kennzeichnet.
3. Berechnung der Mittelwerte \bar{x} und \bar{y} :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

4. Berechnung der Steigung m :

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

5. Berechnung des y -Achsenabschnittes b :

$$b = \bar{y} - m\bar{x} \quad (4)$$

Somit erhält man die lineare Funktion $y = mx + b$

Die Varianz σ^2 berechnet sich dann wie folgt, wobei x_i den prognostizierten Wert und x den tatsächlichen Wert darstellen:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n(x_i - \bar{x})^2 \quad (5)$$

Vermutet man einen komplexeren Zusammenhang so lässt sich nach einem ähnlichen Verfahren der Minimierung der Residuenquadratsumme zwischen Prognose und tatsächlichem Wert eine nicht-lineare Regression durchführen. Dies funktioniert theoretisch für Funktionen beliebig hohen Grades, welche immer näher an die Werte herankommen werden, was aber den Verlust zur ursprünglichen Problemstellung zu bedeuten hat, da sich die Funktion zu sehr an den vorliegenden Datensatz anpassen wird und somit kaum allgemein tauglich ist. Dies führt auch schon zur notwendigen Anmerkung, dass die Regression wie jedes statistische Werkzeug auch nur mit einem kritischen, vernünftigen Anwenden zu guten Ergebnissen führt. Beispielhaft lässt sich annehmen, dass alle Werte unseres Datensatzes sehr gut auf einer mit dem Auge vorstellbaren Gerade liegen, während ein Ausreißerwert zum Schluss, der weit oberhalb aller anderen Werte liegt, dadurch die Regressionsgerade nach oben verzerrt. Es bleibt die Frage offen, ob dieser Wert nicht fehlerhaft sein könnte oder aber auch hier einfach zu vernachlässigen ist, da man sonst im Allgemeinen eine sehr gute Prognose für alle anderen Werte treffen würde. Des Weiteren zeigt eine Regressionsanalyse eine Korrelation, und keine Kausalität: Dass zwei Variablen zusammenhängen, kann die Regression zeigen, den Grund für diesen Zusammenhang zeigt sie nicht. Bei einer sehr niedrigen Regressionssteigung oder eines zu großen Fehlers zwischen Prognose und tatsächlichem Wert stößt die Regression an ihre Grenzen, da der Aussagewert für das reale Problem verloren geht.

Die besondere Stärke der Regression ist die Fähigkeit, die Regressionsfunktion mit der geringsten Residuenquadratsumme durch bestimmte Punkte zu finden. Die Regression ist ein mächtiges Werkzeug, solange man kritisch und sorgfältig damit umgeht. Wir haben sie deshalb in unserem Projekt oft genutzt und mithilfe der Python Bibliothek numpy angewendet.

2.2 Datenbasis und -verarbeitung

Die Grundlage der Modellierung waren die Daten der Bundesnetzagentur, welche ab dem Jahr 2022 für alle relevanten Größen verfügbar waren. Für einige Größen gibt es auch noch Daten für die Jahre 2018 bis 2021, diese liegen jedoch komprimiert als Durchschnitt vor, weshalb diese nicht verwendet wurden.

Die zeitliche Auflösung der Daten unterscheidet sich je nach Messwert. So liegen Gasspeicherfüllstand, Gaspreis, Export und Import jeweils täglich vor. Die Temperatur und der Gasverbrauch, wobei Haushalt und Gewerbe getrennt von der Industrie sind, liegen im täglichen Wochendurchschnitt vor. Tägliche Daten können zu wöchentlichen umgewandelt werden, um deren gegenseitige Abhängigkeit zu ermitteln.

Die Daten können von der Seite der Bundesnetzagentur als Excel-Tabelle exportiert werden. Ausnahme sind die Daten zum Gaspreis, welche nur direkt auf der Seite der European Energy Exchange AG erhältlich sind. Mithilfe der internen Python Bibliothek csv, werden die Spalten der Tabelle in Listen umgewandelt, um in den nächsten Schritten mithilfe der Regression untersucht werden zu können.

3 Modellierung

3.1 Wirkungsgefüge

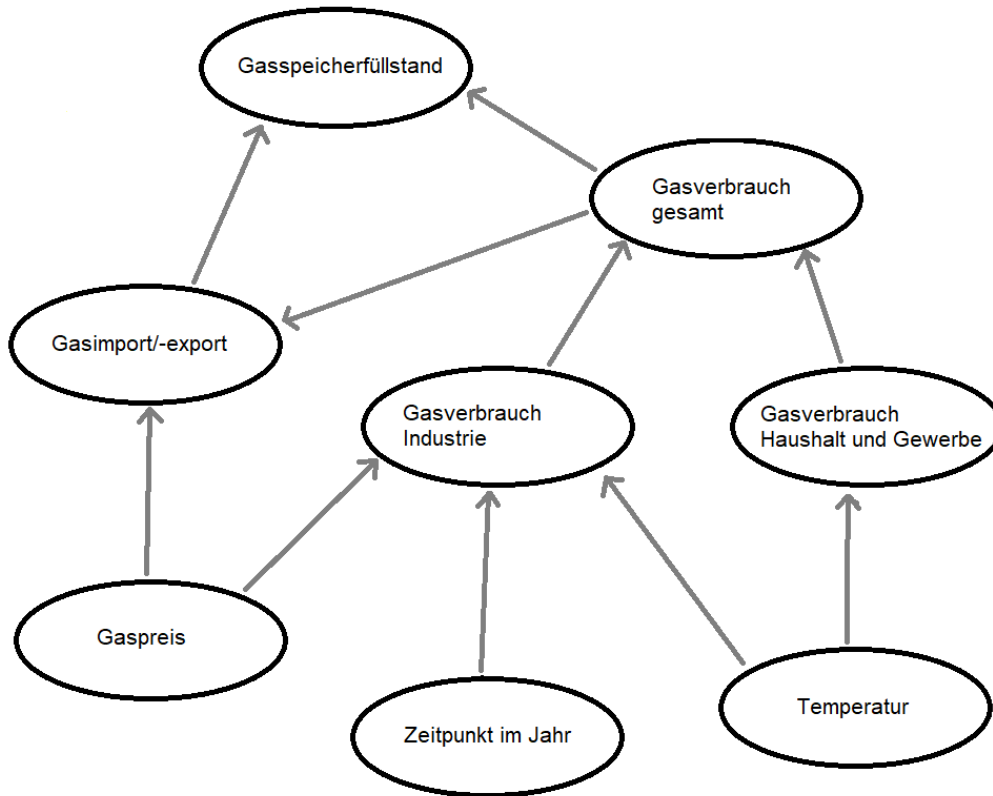


Abbildung 1: Wirkungsgefüge

Zunächst wird ein Wirkungsgefüge aller relevanten Größen und Abhängigkeiten erstellt, welches später modelliert wird. Dabei setzt sich der Gasspeicherfüllstand als Zielgröße direkt aus dem gesamten Gasverbrauch und der Differenz von Gasimport und -export zusammen. Der Gasverbrauch wird in den Gasverbrauch von Industrie und den von Haushalt und Gewerbe aufgeteilt, da diese von Faktoren, wie Temperatur oder Gaspreis, unterschiedlich beeinflusst werden. Der Gaspreis und der Zeitpunkt im Jahr scheinen nur den Gasverbrauch der Industrie kurzfristig und maßgeblich beeinflussen zu können: kurzfristige Änderungen des Gaspreises kommen bei Haushalten und Gewerben auf Grund langfristiger Verträge geringfügig an, was in der Industrie nicht überall der Fall ist. Der Zeitpunkt im Jahr hat insbesondere um den Jahreswechsel Auswirkungen auf den Gasverbrauch der Industrie. Dort wird die Produktion in vielen Branchen stark heruntergefahren, was einen geringeren Gasverbrauch zur Folge hat. Bei Haushalten und Gewerben sind diese Auswirkungen komplexer. Die Menge des Gasimports und -exports wird durch den Gasverbrauch und den Gaspreis bestimmt. Rekursive Abhängigkeiten, wie sie zwischen Import, Export und Preis stattfinden könnten, werden nicht in das Modell aufgenommen, da es sonst zu schnell zu komplex werden würde und deren Relevanz fraglich ist. Größen, wie Temperatur und Gaspreis, auf die keine Pfeile zeigen, werden vorgegeben. Diese könnten in einer realen Anwendung durch bereits existierende Prognosen vorhergesagt werden.

3.2 Abhängigkeiten

3.2.1 Temperatur / Gasverbrauch Haushalt und Gewerbe

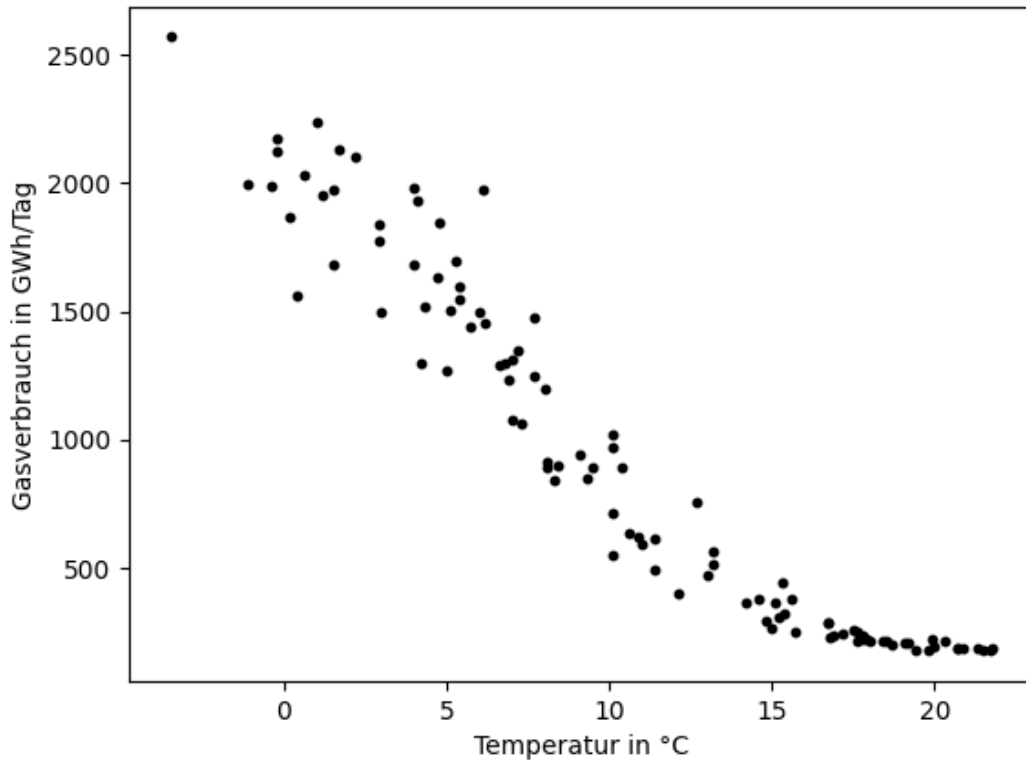


Abbildung 2: Durchschnittlicher Gasverbrauch nach Durchschnittstemperaturen jeder Woche

Visualisiert man alle Werte des Gasverbrauchs von Haushalt und Gewerbe je nach Temperatur, welche zu diesem Zeitpunkt geherrscht hat, ist eine Abhängigkeit zu erkennen. Mithilfe der Regression lässt sich für jeden Grad eine Funktion finden. Ab Grad fünf nähern sich diese allerdings zu sehr dem spezifischen Datensatz an, weshalb nur Funktionen bis Grad 4 betrachtet werden. Es werden folgende Kriterien herangezogen, um eine der Funktionen auszuwählen:

- der durchschnittliche Betrag der Differenz der Funktion zu den Werten
- die Varianz der Funktion zu den Werten
- das Verhalten der Funktion insbesondere an den Extremen und
- die Höhe des Grades der Funktion.

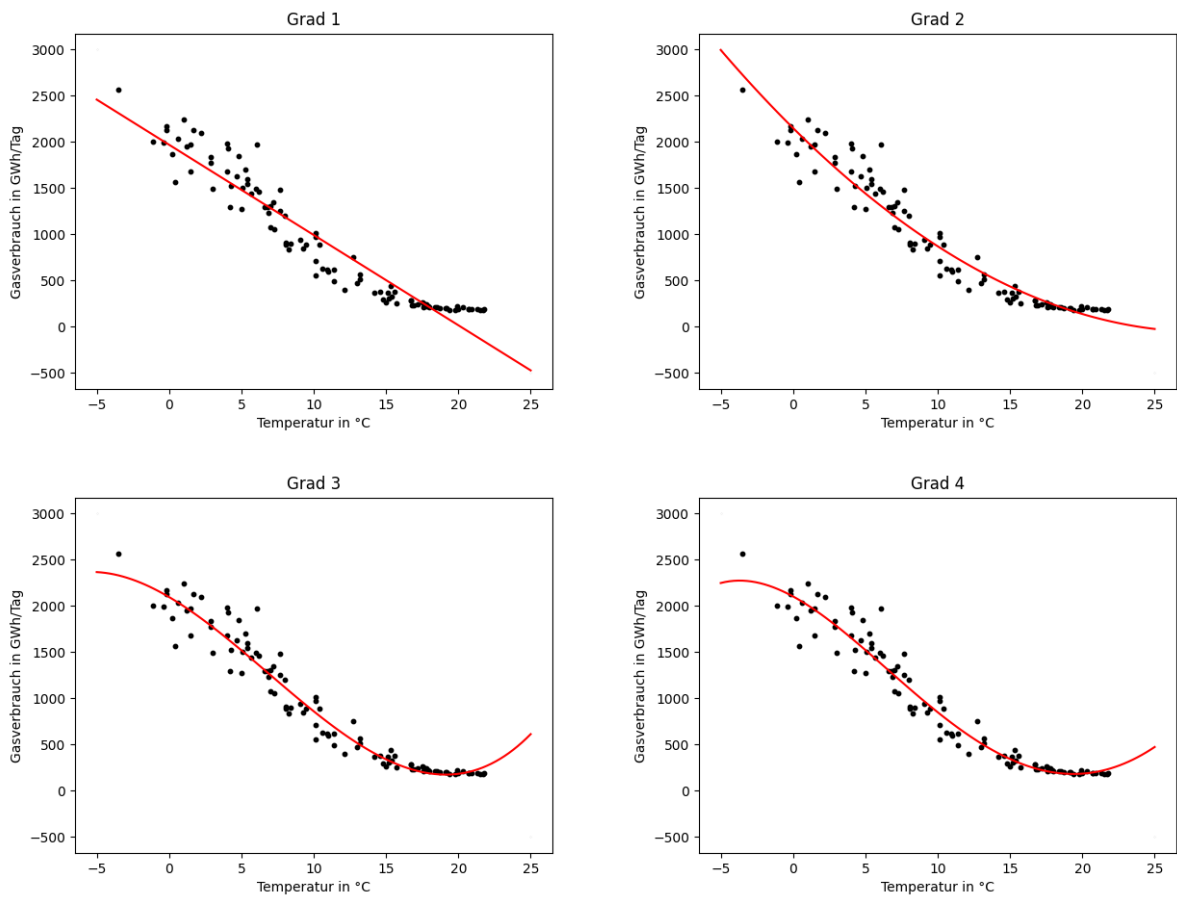


Abbildung 3: Regressionsfunktionen der Grade 1 bis 4 durch die Datenpunkte aus Abb. 2

Funktion	\varnothing Differenz	Varianz	Term
f_1	166,278	42511,32	$-97x + 1971$
f_2	130,155	30038,039	$2,732x^2 - 155,3x + 2152$
f_3	107,547	23484,306	$0,2977x^3 - 6,134x^2 - 92,08x + 2104$
f_4	104,691	23381,188	$-0,00538x^4 + 0,5091x^3 - 8,562x^2 - 85,24x + 2104$

Tabelle 1: Die Regressionsfunktionen im Vergleich mit durchschnittlicher, betragsmäßiger Differenz und Varianz von den Datenpunkten sowie Funktionsterm

Die Funktion f_2 ist am Besten geeignet:

- Der Betrag der Differenz und die Varianz sind deutlich kleiner als bei f_1 , aber noch bedeutend höher als bei f_3
- Von allen Funktionen beschreibt f_2 als einzige den superlinearen Anstieg für das negative Extrem
- Alle Funktionen weisen für das positive Extrem Schwächen auf; f_1 und f_2 liegen nicht auf den eindeutigen Werten, f_3 und f_4 beschreiben einen unrealistisch starken Wiederanstieg des Gasverbrauches

Die Funktion $f_2(x) = 2,732x^2 - 155,3x + 2152$ als Abhängigkeit für den Gasverbrauch der Haushalte und Gewerbe von der Temperatur wird daher in das Modell aufgenommen.

3.2.2 Temperatur / Gasverbrauch Industrie

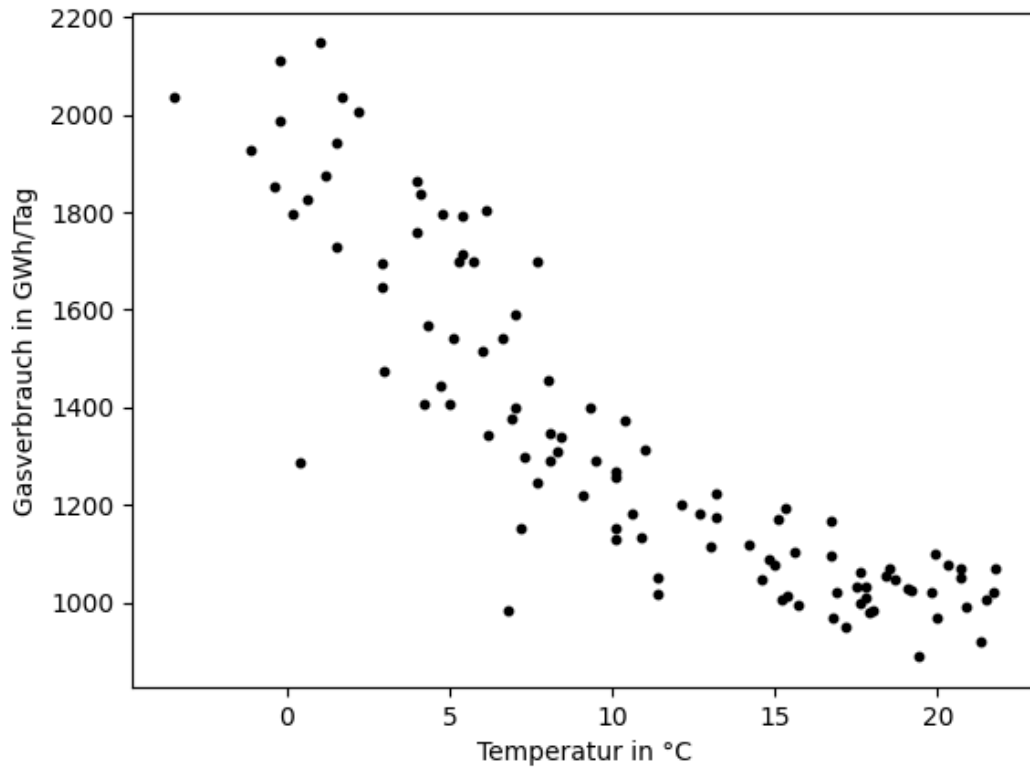


Abbildung 4: Durchschnittlicher Gasverbrauch nach Durchschnittstemperaturen jeder Woche

Visualisiert man analog zu 3.2.1. die Werte für die Industrie, so stellt man auch hier eine klare Abhängigkeit fest. Mittels Regression stehen wieder vier Funktionen zur Auswahl, welche verglichen werden.

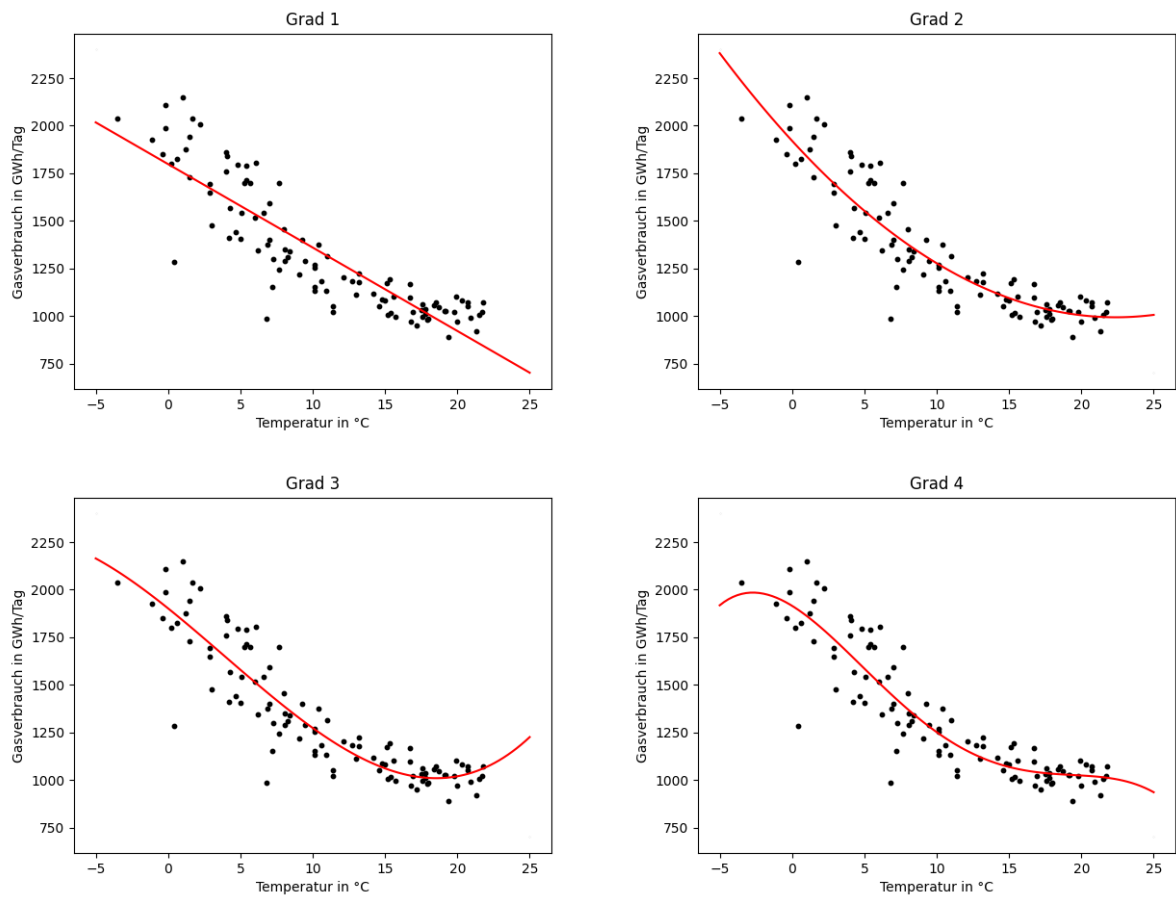


Abbildung 5: Regressionsfunktionen der Grade 1 bis 4 durch die Datenpunkte aus Abb. 4

Funktion	\emptyset [Differenz]	Varianz	Term
f_1	124,727	25725,072	$-43,86x + 1798$
f_2	100,964	19997,099	$1,851x^2 - 82,89x + 1921$
f_3	99,261	19217,093	$0,1027x^3 - 1,207x^2 - 61,08x + 1902$
f_4	97,253	18769,239	$-0,01121x^4 + 0,5433x^3 - 6,269x^2 - 46,84x + 1915$

Tabelle 2: Die Regressionsfunktionen im Vergleich mit durchschnittlicher, betragsmäßiger Differenz und Varianz von den Datenpunkten sowie Funktionsterm

Auch hier ist die Funktion f_2 am Besten geeignet:

- Der Betrag der Differenz und die Varianz sind deutlich kleiner als bei f_1 und nur minimal größer als bei f_3 und f_4
- Von allen Funktionen beschreibt f_2 als einzige den superlinearen Anstieg für das negative Extrem
- Von allen Funktionen beschreibt f_2 als einzige einen realistischen Wiederanstieg des Gasverbrauches für das positive Extrem

Die Funktion $f_2(x) = 1,851x^2 - 82,89x + 1921$ wird auch für diese Abhängigkeit in das Modell aufgenommen.

3.2.3 Weihnachten und Neujahr / Gasverbrauch Industrie

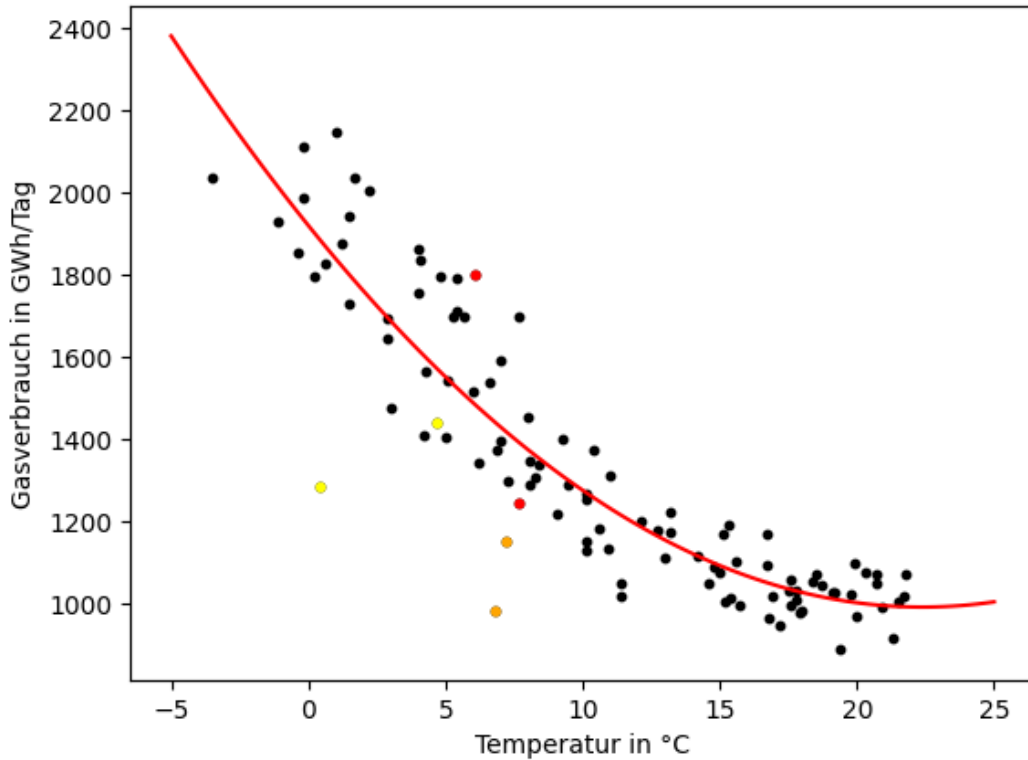


Abbildung 6: Regressionsfunktion f_2 durch die Datenpunkte aus Abb. 4, die Kalenderwochen 51 (Gelb), 52 (Orange) und 1 (Rot) sind markiert

Markiert man in der Visualisierung des Gasverbrauch von Industrie je nach Temperatur die Kalenderwochen um den Jahreswechsel, so fällt auf, dass diese im Datensatz unter anderem die größten Ausreißer darstellen. Fünf der sechs Werte liegen unter der Regressionskurve, während einer jedoch deutlich darüber liegt. Insgesamt lässt sich nur sagen, dass der Gasverbrauch der Industrie in diesen Wochen eher niedriger als der temperaturabhängige Normalwert ist. Mit dieser geringen Anzahl nicht eindeutiger Werte kann allerdings schlecht auf eine allgemeine Abhängigkeit geschlossen werden, weshalb diese mögliche Abhängigkeit nicht in das Modell aufgenommen wird.

3.2.4 Gaspreis / Gasverbrauch Industrie

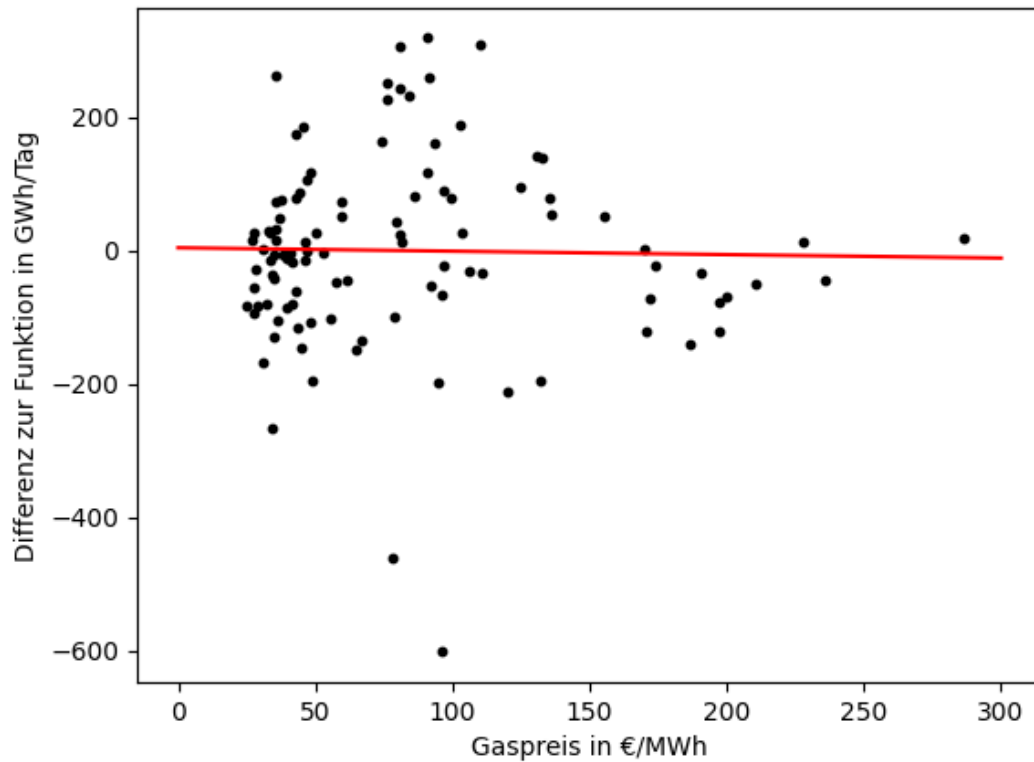


Abbildung 7: Differenz der Datenpunkte aus Abb. 4 zu ihrer Regressionsfunktion f_2 nach durchschnittlichem Gaspreis jeder Woche mit Regressionsgerade

Da der Gasverbrauch der Industrie bereits von der Temperatur abhängig gemacht wurde, wird versucht, die Abweichungen von der ermittelten Funktion mit dem Gaspreis zu erklären. Visualisiert man diese Abweichungen je nach Gaspreis, der zu diesem Zeitpunkt stand, ist keine Abhängigkeit eindeutig sichtbar. Auch eine Regressionsgerade durch die Punkte hat kaum eine Steigung. Es lässt sich also sagen, dass der Gaspreis den Gasverbrauch auch in der Industrie nicht kurzfristig und vermutlich deutlich komplexer beeinflusst. Deshalb wurde diese Abhängigkeit nicht in das Modell aufgenommen.

3.2.5 Gasverbrauch / Import und Export

Für die Untersuchung dieser Abhängigkeit wurden nur Daten ab dem 04.09.2022 genutzt, da sich hier die Gasversorgung in Deutschland grundsätzlich verändert hat. Nach diesem Datum wurde kein Gas mehr direkt aus Russland importiert, welches zuvor mehr als ein Drittel aller Importe ausmachte. Export und Import werden in ihrer Differenz zusammengefasst, da so auch Ringflüsse über Grenzen hinweg herausgerechnet werden.

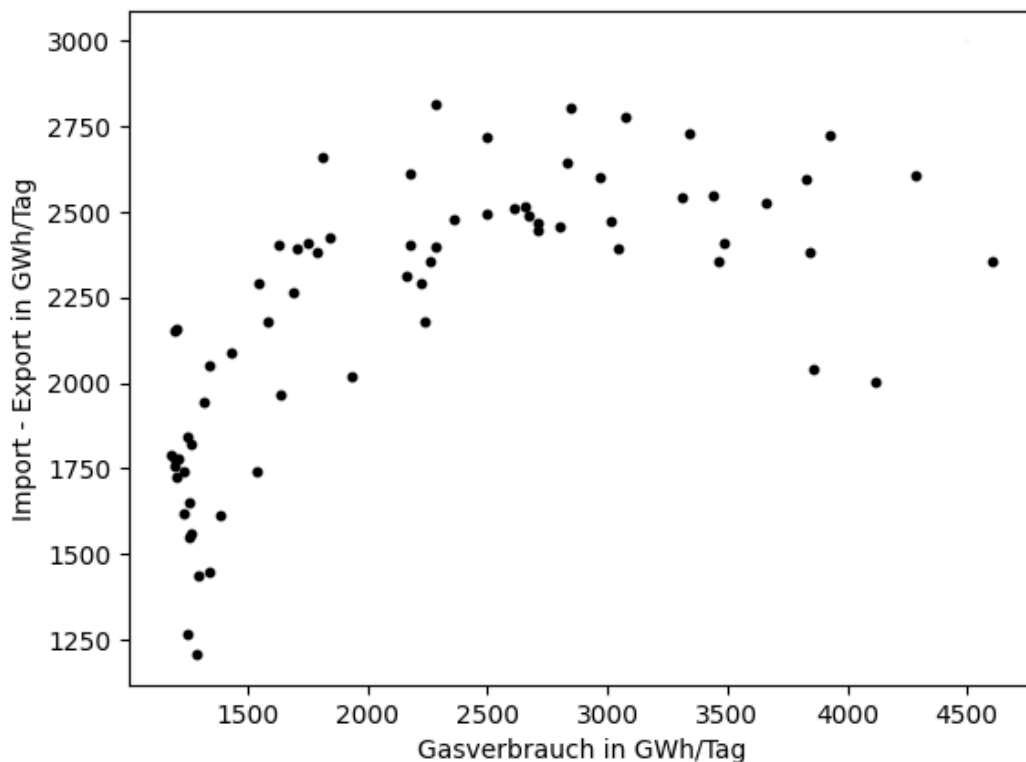


Abbildung 8: Durchschnittliche Differenz aus Import und Export nach durchschnittlichem Gasverbrauch jeder Woche

Die Visualisierung sieht zunächst klar nach einer Abhängigkeit aus, der Verlauf der Werte ist jedoch in zwei Hinsichten ungewöhnlich. Zum einen hätte man eher mit einer linearen Abhängigkeit gerechnet und zum anderen stagnieren die Werte für die Differenz von Export und Import mit steigendem Gasverbrauch oder sinken tendenziell. Erklärungen dafür könnten Maximalkapazitäten für den Import und die Entleerung der Gasspeicher in Monaten mit hohem Gasverbrauch sein, welche den Bedarf zusätzlich deckt. Mit der Regression können wieder Funktionen verschiedener Grade ermittelt werden, von denen eine ausgewählt wird.

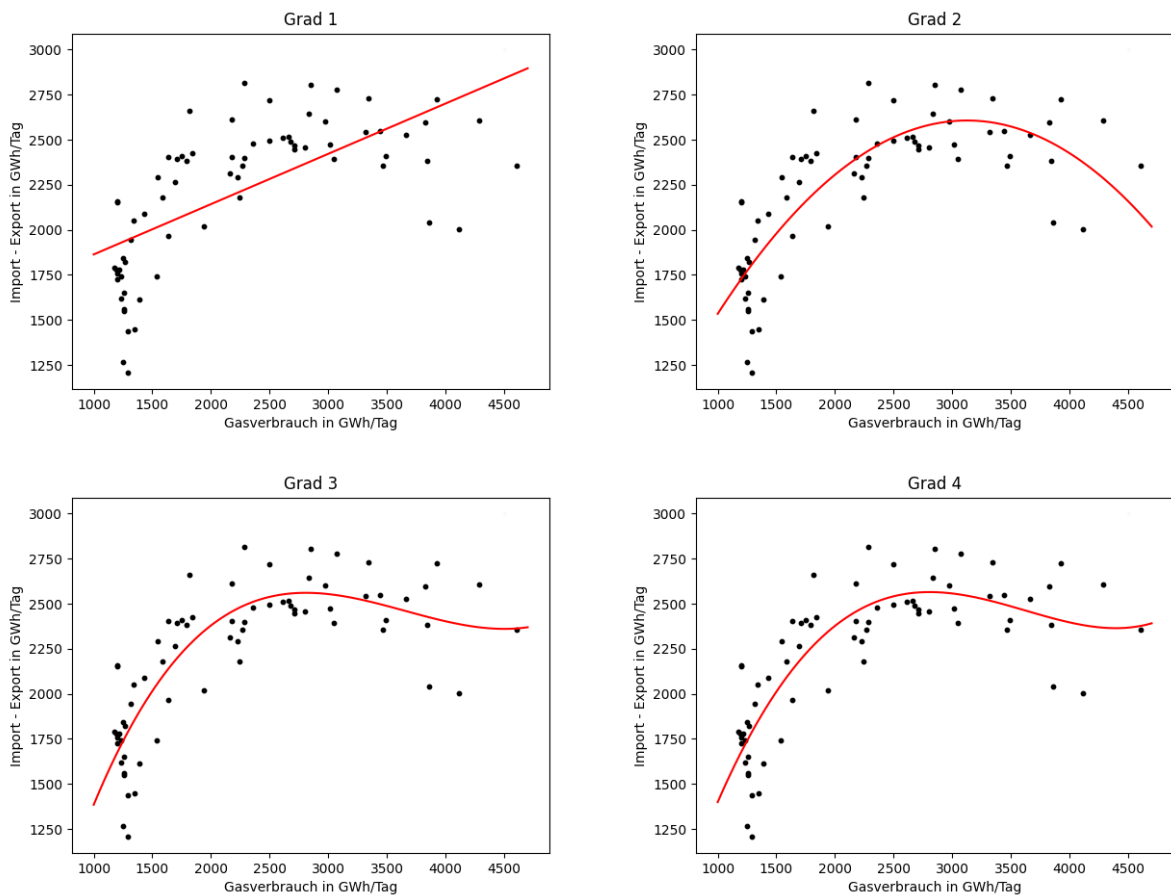


Abbildung 9: Regressionsfunktionen der Grade 1 bis 4 durch die Datenpunkte aus Abb. 8

Funktion	\emptyset Differenz	Varianz	Funktion
f_1	246,107	91576,618	$0,2791x + 1584$
f_2	180,403	51508,289	$-0,0002374x^2 + 1,484x + 287,4$
f_3	176,186	47796,231	$8,267 \cdot 10^{-8}x^3 - 0,0009065x^2 - 3,135x + 927$
f_4	176,764	47782,568	$5,432 \cdot 10^{-12}x^4 + 2,195 \cdot 10^{-8}x^3 - 0,0006665x^2 + 2,742x - 703,5$

Tabelle 3: Die Regressionsfunktionen im Vergleich mit durchschnittlicher, betragsmäßiger Differenz und Varianz von den Datenpunkten sowie Funktionsterm

Auch hier ist die Funktion f_2 am Besten geeignet:

- Der Betrag der Differenz und die Varianz sind deutlich kleiner als bei f_1 und nur minimal größer als bei f_3 und f_4
- Auch wenn das Verhalten am positiven Extrem zunächst ungewöhnlich erscheint, lässt es sich eher begründen, als ein erneuter Anstieg nach kleinem Abfall

Die Funktion $f_2(x) = -0,0002374x^2 + 1,484x + 287,4$ erweist sich daher als geeignetste und wird in das Modell aufgenommen.

3.2.6 Gaspreis / Import und Export

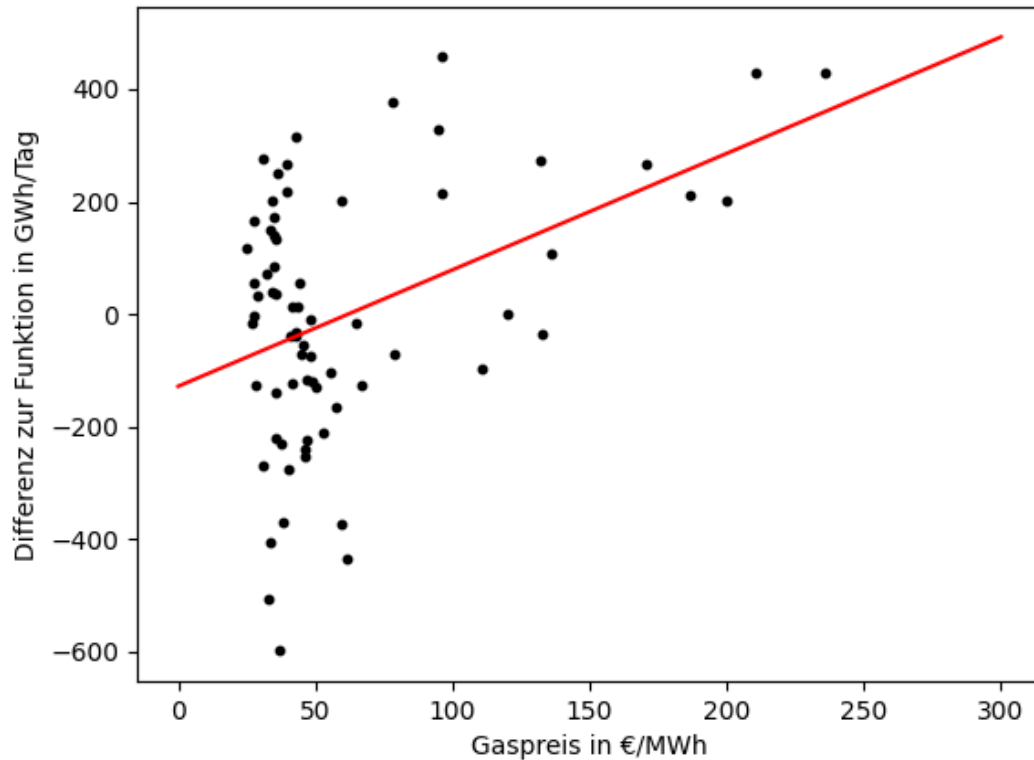


Abbildung 10: Differenz der Datenpunkte aus Abb. 8 zu ihrer Regressionsfunktion f_2 nach durchschnittlichem Gaspreis jeder Woche mit Regressionsgerade

Analog zu 3.2.4., kann man jetzt auch hier versuchen, die Abweichungen der Werte von der ermittelten Funktion mit dem Gaspreis zu erklären. Bei der Visualisierung mit Regressionsgeraden sieht man zwar, dass diese eine klare Steigung hat, diese widerspricht aber der erwartbaren Abhängigkeit und kann nicht verallgemeinert werden. Bei einem hohen Gaspreis kauft vermutlich niemand noch mehr Gas ein als durch den Gasverbrauch bestimmt wird. Die Verteilung der Punkte zeigt, dass die meistens ein Gaspreis von ungefähr 50€ pro MWh geherrscht hat, bei welchem allein die Abweichungen von -600 bis 350 reichen. Darüber hinaus gibt es nur wenige Werte, welche dazu ein ungenaues Bild abgeben. Der Gaspreis scheint also auch hier keinen direkten, kurzfristigen Einfluss zu haben, weshalb diese Abhängigkeit nicht in das Modell aufgenommen wird.

3.3 Anwendung

Zur Anwendung des Modells wird der zum Startzeitpunkt geltende Gasspeicherfüllstand gesetzt. Mit der Temperatur als einzige vorgegebene Größe wird nun die Entwicklung des Gasspeicherfüllstandes ab dem 01.01.2024 bis zum 21.07.2024 modelliert. Aus der Temperatur wird mit zwei Funktionen der Gasverbrauch ermittelt, wobei Haushalt und Gewerbe getrennt von der Industrie sind. Der Gasverbrauch bestimmt über eine weitere Funktion den Import und Export. Gasverbrauch, Import und Export werden dann zum absoluten Gasspeicherfüllstand addiert oder davon abgezogen. Mit der absoluten Gasspeicherkapazität in Deutschland von etwa 250,6 TWh können die absoluten Werte zu relativen umgewandelt werden. Die Verläufe werden dabei erfasst und neben den realen Verläufen visualisiert, um sie im nächsten Schritt auszuwerten. Der Wert bei $x = 0$ ist dabei der bekannte Wert des letzten Tages bzw. der letzten Woche in 2023.

Hier beispielhaft die Rechnung für den Gasspeicherfüllstand am 01.01.2024:

Die Durchschnittstemperatur in KW1 in 2024 ist $4,2^{\circ}\text{C}$. Setzt man diese in die Funktionen für den Gasverbrauch ein, erhält man für Haushalt und Gewerbe den wöchentlichen Mittelwert von ca. 1.547,93 GWh/Tag und für die Industrie ca. 1.605,51 GWh/Tag. Das sind zusammen ca. 3.153,44 GWh/Tag.

Damit lässt sich über die weitere Funktion der wöchentliche Mittelwert für die Differenz von Import und Export bestimmen. Nach dem Einsetzen erhält man 2.606,36 GWh/Tag.

Mit diesen beiden Werten lassen sich bereits die Gasspeicherfüllstände der ersten sieben Tage ermitteln. Für den 01.01. muss man vom anfänglichen Gasspeicherfüllstand von 228121,18 GWh die 3.153,44 GWh abziehen und die 2.606,36 GWh addieren. Das ergibt 227.573,92 GWh, was geteilt durch die Gasspeicherkapazität von 250.600 GWh ca. 0,9081, also 90,81% ergibt.

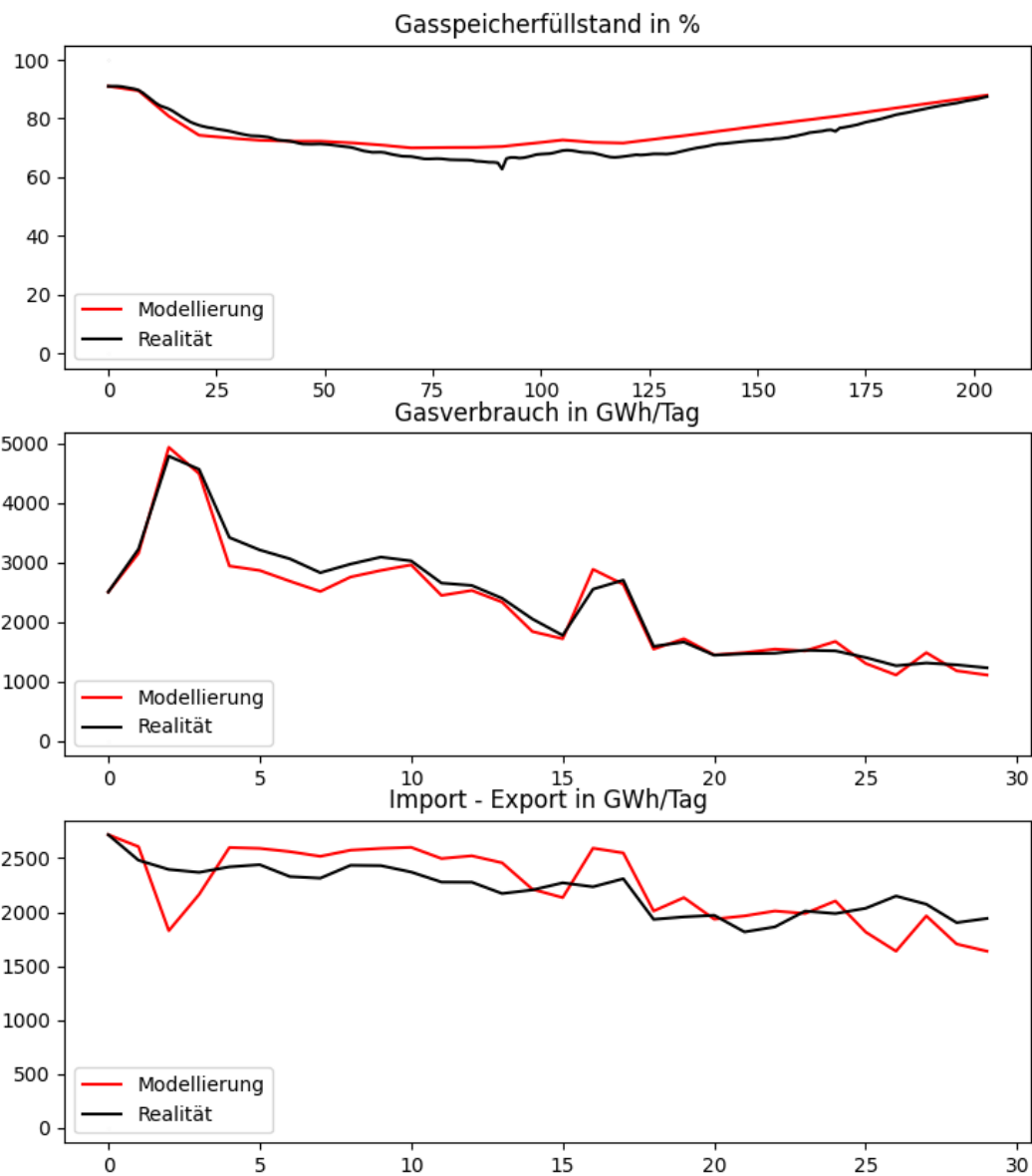


Abbildung 11: Prognose des Gasspeicherfüllstands (täglich), des Gasverbrauchs (wöchentlich) und der Differenz aus Import und Export (wöchentlich) neben dem realen Verlauf im Zeitraum 31.12.2023 bis 21.07.2024

4 Diskussion

4.1 Auswertung und Fazit

Das programmierte Modell prognostiziert für den Endzeitpunkt der Prognose einen Gasspeicherfüllstand von 87,96%, welcher weniger als 0,5 Prozentpunkte über dem tatsächlichen Wert der Bundesnetzagentur von 87,49% liegt. Während der Laufzeit schwankt die Prognose um bis zu 5 Prozentpunkte um den tatsächlichen Wert und weicht im Durchschnitt etwa 3,1 Prozentpunkte von ihm ab, was bei der maximalen Veränderung von 30 Prozentpunkten im betrachteten Zeitraum eine merkliche Abweichung darstellt. Beim Gasverbrauch beträgt der durchschnittliche relative Unterschied vom realen Wert etwa 6,5%. Bei der Differenz aus Import und Export sind es hingegen schon 9%.

Im Rahmen dieses Projekts sind diese Ergebnisse durchaus zufriedenstellend: Mit bekannten Temperaturwerten können mithilfe des Modelles für einen mittleren Zeitraum die Trends zuverlässig ermittelt werden. Andere Faktoren wie der Gaspreis, technische oder politische Entwicklungen sind erst bei längerem Zeitraum ausschlaggebend. In der Realität kann das Modell aber vermutlich nur für etwa einen Monat ein seriöses Ergebnis liefern, da wöchentliche Temperaturprognosen hier an ihre Grenzen geraten.

4.2 Fehlerdiskussion

Die Abweichung der Gasspeicherprognose von den realen Werten im betrachteten Zeitraum ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Zunächst fällt besonders beim Import und Export auf, dass die Prognose meistens deutlich über oder unter den realen Werten liegt. Das liegt vermutlich daran, dass der Import und Export auch kurzfristig nicht nur vom Gasverbrauch maßgeblich beeinflusst werden. Da der prognostizierte Gasverbrauch teilweise ungenau ist, können Abweichungen im Import und Export zusätzlich verstärkt werden. Denn die Prognose des Gasverbrauchs, besonders in den Wochen 3 bis 7, weicht stark von der Realität ab. Das lässt sich auf die fehlerhafte Prognose des Gasverbrauchs der Industrie zurückführen, welche eindeutig zu niedrig ist. Eine Erklärung könnte die Erholung der Industrie nach der durch die Pandemie verursachten Rezession sein, was die Datenlage verzerrt und somit bei einer gewisseren Temperatur einen niedrigeren Wert als üblicherweise widerspiegelt.

Da sich die Prognose des Modells nur auf Temperaturdaten beschränkt, ist sie zwar bei einem kürzeren Anwendungsraum vertretbar, wird aber vermutlich bei einer Anwendung auf einen längeren Zeitraum, auch mit gegebenen Temperaturdaten, keine genauen Ergebnisse mehr liefern können. Gründe dafür sind die wirtschaftliche Dynamik, die Änderung der Versorgungsgrundlagen und, dass sich zukünftige technische und politische Entwicklungen nicht im Modell widerspiegeln, welche den Gasspeicherfüllstand langfristig maßgeblich beeinflussen werden. Allgemein ist in Deutschland die Tendenz des Gasverbrauchs derzeit sinkend, während das Modell diese Tendenz für die Zukunft nicht berücksichtigt.

4.3 Ausblick

Durch wissenschaftliche und politische Bemühungen seit dem Ausfall des Imports von Erdgas aus Russland wurde dem Thema Gasversorgung in Deutschland sehr viel Aufmerksamkeit geschenkt. Durch Zusammenarbeit von Politik, Wissenschaft und Bevölkerung konnte eine ernsthafte Krise abgewendet werden, auch wenn dies viel Aufwand kostete. Tatsächlich hat die Aufmerksamkeit dafür gesorgt, dass mehr Daten gesammelt wurden und mehr Forschung zum Gebiet der Gasversorgung in Deutschland durchgeführt wurde. Diese Daten kamen diesem Modell zugute.

In der Zukunft wird man sich von fossilen Brennstoffen wie Erdgas abkehren müssen. Bis dahin muss eine stabile Gasversorgung sichergestellt werden. Aufgrund des fehlenden Imports von Gas aus Russland braucht es Modelle, welche uns helfen, die Zusammenhänge besser zu verstehen und knappe Versorgungslagen frühzeitig zu erkennen, um sie optimal bewältigen zu können.

5 Danksagung

Wir möchten uns herzlichst bei Herrn Dr. Jakob Wachsmuth und Bastian Weißenburger bedanken, welche als Kooperationspartner am Fraunhofer ISI uns durch das ganze Projekt begleitet haben und uns durch Kritik und Anregungen unterstützten.

Herrn Dietmar Gruber möchten wir auch unseren Dank aussprechen. Er hat uns von Seiten des Hector-Seminars betreut und half uns vor allem bei der Dokumentation und Präsentation unseres Projekts.

Ermöglicht wurde dieses Projekt durch die Förderung von Herrn Dr. Hans-Werner Hector, Frau Josephine Hector und der Hector-Stiftung.

6 Quellen

6.1 Bildquellen

Titelbild: www.bundesregierung.de (zuletzt aufgerufen am: 10.08.2024)

Abbildungen: Alle Abbildungen wurden mithilfe der Python Bibliothek matplotlib oder Paint eigenständig erstellt.

6.2 Informationsquellen

Literaturhinweise zu Regression:

Regression: Modelle, Methoden und Anwendungen

Fahrmeir; Ludwig, Kneib; Thomas, Lang; Stefan

2009, Springer Verlag

www.qualtrics.com/regressionsanalyse (zuletzt aufgerufen am: 10.8.2024)

7 Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichern wir, dass wir die vorliegende Arbeit unter der Beratung von Herrn Dr. Jakob Wachsmuth und Herrn Bastian Weißenburger selbständig verfasst haben und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben.

Karlsruhe den xx.xx.2024
