

Technischer Hintergrundbericht

Methanemissionen der Schweizer Gasindustrie

Tool zur Berechnung der Methanemissionen

Auftraggeber

Fachverband für Wasser, Gas und Wärme (SVGW)
Grütlistrasse 44
8002 Zürich

Verfasser

Mischa Zschokke, Carbotech AG
Roman Huber, SVGW

Peer Review

Adrian Schilt, Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Version 3.3

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	4
2 Glossar und Abkürzungen	7
3 Einleitung	8
3.1 Hintergrund	8
3.2 Änderungen	9
3.3 Datenquellen	12
3.4 Emissionsberechnungen 1990 bis 2020	13
3.5 Untersuchttes System	14
4 Erschliessung	16
4.1 Produktion von Erdgas innerhalb der Schweiz	16
5 Verarbeitung	17
5.1 LNG – Verdampfung (innerhalb der Schweiz)	17
6 Transport und Transit	18
6.1 Transport von Transitgas (Verdichterstation)	18
6.2 Transport von Transitgas (Strecke innerhalb der Schweiz)	19
6.3 Netzpflege Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)	20
6.4 Komponenten Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)	21
7 Verteilung und Nutzung	23
7.1 Leckagen	23
7.2 Schäden durch Fremdeinwirkung (Drittsschäden)	25
7.3 Permeation	26
7.4 Komponenten	27
7.5 Netzpflege	28
7.6 Industrielle Netze	28
7.7 Hausinstallationen	29
7.8 Heizungsanlagen	30
7.9 Gaskochgeräte	31
7.10 Tankstellen	32
7.11 LNG	33
7.12 Biogas	34
8 Sonstiges	35
8.1 Unfälle/Schäden Transport und Transit	35
9 Resultate	36
9.1 Gesamtemissionen innerhalb der Schweiz	36
9.2 Emissionen nach Quelle	37
9.3 Vergleich der bisherigen mit der neuen Methodik	40
10 Ausblick	42
10.1 Massnahmen zur Senkung der Emissionen	42
10.2 Emissions-Reports für Netzbetreiber	42

11 Literatur	43
12 Abbildungsverzeichnis	45
13 Tabellenverzeichnis	46

1 Zusammenfassung

Um ihrer Verpflichtung gemäss der Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) und dem zugehörigen Übereinkommen von Paris gerecht zu werden, erfasst die Schweiz jährlich die Mengen an Treibhausgasemissionen, welche innerhalb der Landesgrenzen anfallen.

Zur Abschätzung der Verluste aus dem Transport- und Verteilnetz sowie der Nutzung bei Endverbrauchern wird mit Hilfe einer Modellierung und eines Excel-Tools die Menge an emittiertem Erdgas jährlich ermittelt. Die Entwicklung dieses Modells wurde bereits Anfang der 90er-Jahre begonnen und über verschiedene Studien kontinuierlich überarbeitet.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden erstmals die Grundlagen, insbesondere die Emissionsfaktoren, überarbeitet. Wo immer möglich wurden feste Faktoren durch variable, im Verlauf der Zeitreihe von 1990 bis 2020 den jeweiligen Entwicklungen angepasste Faktoren ersetzt. Zudem konnte dank Messkampagnen in der Schweiz und in Deutschland anstelle der bisherigen Schätzungen und Annahmen ein vermehrt auf tatsächlichen Verlustmengen basierendes Modell entwickelt werden. Die Qualität der Emissionsabschätzungen konnte dadurch stark verbessert werden.

Die folgende Abbildung zeigt den berechneten Verlauf der gesamten Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft in Tonnen pro Jahr.

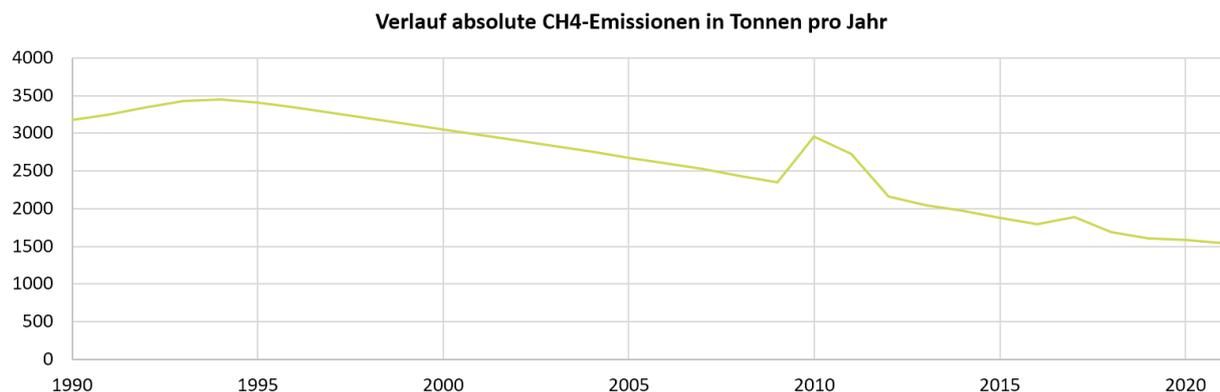


Abbildung 1: Gesamte Methanemissionen innerhalb der Schweiz

Aus der Darstellung wird deutlich, dass die Gesamtemissionen seit Mitte der Neunzigerjahre deutlich abgenommen haben. Dieser Verlauf unter anderem auf den stetigen Ersatz von älteren Rohrleitungsmaterialien (beispielsweise Grauguss) durch modernere, belastbarere Materialien (beispielsweise PE) zurückzuführen, wodurch die Leckagehäufigkeiten stark gemindert werden konnten. Die kurzfristig erhöhten Emissionen in den Jahren 2010 und 2011 traten aufgrund von Abblasungen und Spülungen aus der Transitgasleitung infolge eines Murgangs auf, siehe Abschnitt 6.2.

Eine detailliertere Aufteilung der verschiedenen Emissionskategorien ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei wird sichtbar, in welchem Ausmass die verschiedenen Bereiche im Jahr 2020 zu den Gesamtemissionen beitragen.

Herkunft der Emissionen (t CH₄) innerhalb der Schweiz 2020

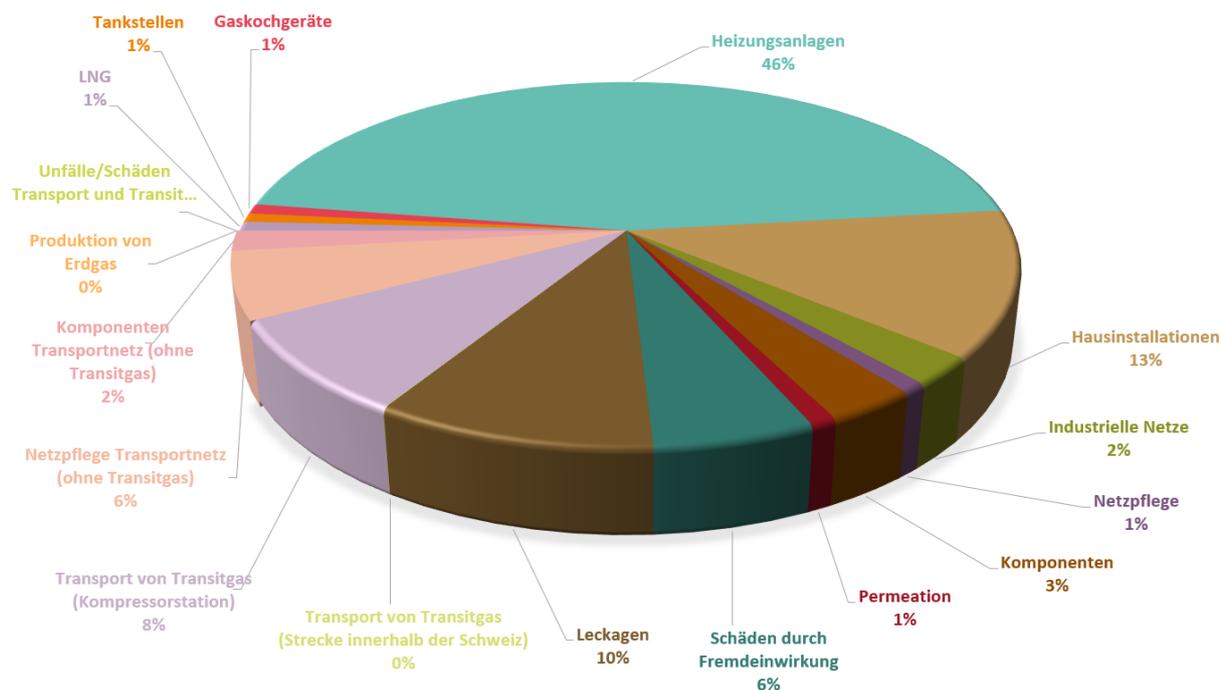


Abbildung 2: Details Methanemissionen Schweiz, 2020

Die Datenbasis und somit auch die Verlässlichkeit der im Berechnungsmodell genutzten Grundlagendaten konnte im Vergleich zur bisherigen Methodik deutlich verbessert werden – nicht nur bezüglich den Emissionsfaktoren, sondern durch die in den letzten Jahren erweiterte SVGW-Gasstatistik auch bezüglich den Aktivitätsdaten. Zudem konnte gezeigt werden, dass in praktisch allen der über 100 im Modell berücksichtigten Kategorien die Emissionen bisher überschätzt wurden – teilweise bis zu einem Faktor 25.

Das im Jahr 2022 durch die DBI Gas- und Umweltechnik GmbH veröffentlichte Forschungsprojekt ME DSO kommt für Deutschland zu vergleichbaren Ergebnissen. Einige Resultate, unter anderem die aus den sehr aufwändigen Messungen an tatsächlichen Leckagen im Verteilnetz hervorgegangenen Verlustraten, konnten für die Emissionsabschätzungen der Schweiz genutzt werden.

Das bisher durch das BAFU und die Gasindustrie verwendete, auf festen Emissionsfaktoren basierende Berechnungsmodell kann nun mit der neuen, verstärkt auf Messungen und variablen Faktoren gestützte Methodik verglichen werden. Abbildung 3 zeigt deutlich, wie stark in den signifikanten Kategorien die Emissionen innerhalb der Schweiz bisher überschätzt wurden.

Vergleich bisheriges vs. neues Berechnungsmodell (Methanemissionen 2020 in kt CH₄)

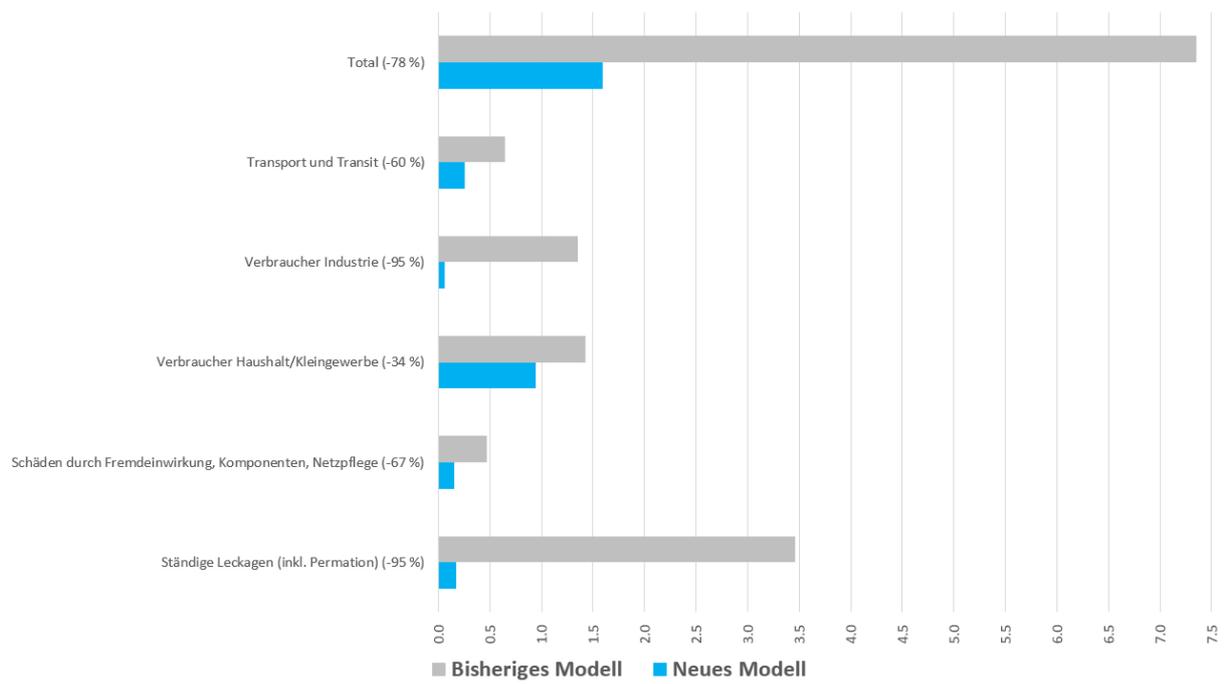


Abbildung 3: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik

2 Glossar und Abkürzungen

AD	Aktivitätsdaten: werden mit Emissionsfaktoren multipliziert, um die Gesamtemissionen aus einem spezifischen Bereich zu berechnen.
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
Bottom-up satz	An-Top-down geht vom Abstrakten, Allgemeinen, Übergeordneten schrittweise hin zum Konkreten, Speziellen, Untergeordneten. Bottom-up bezeichnet die umgekehrte Richtung
DRM	Druck-, Regel- und Messstation
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EF	Emissionsfaktoren: werden mit Aktivitätsdaten multipliziert, um die Gesamtemissionen aus einem spezifischen Bereich zu berechnen. Beispiel: für die Berechnung der ständigen Leckagen aus Polyethylen-Rohrleitungen ist der Emissionsfaktor die Leckage pro km Leitung und das Aktivitätsdatum die Länge an Polyethylen-Rohrleitungen.
Flaring	Abfackeln von Gas
GERG	European Gas Research Group
GFP	Gebrauchsfähigkeitsprüfung
GWh	Gigawattstunden
HD kW	Hochdruck; 1bar bis 5bar Überdruck in der Verteilung, >5bar im Transport Kilowatt
LCA	Life Cycle Assessment, Lebenszyklusanalyse, Ökobilanzierung
LNG	Liquified Natural Gas
MD MW	Mitteldruck; 101mbar-999mbar Überdruck Megawatt
ND PE	Niederdruck: bis 100mbar Überdruck Polyethylen
SVGW	Fachverband für Wasser, Gas und Wärme
Venting	Ablassen von Gas
VSG	Verband der schweizerischen Gasindustrie

3 Einleitung

3.1 Hintergrund

Treibhausgase sind Gase, die in unterschiedlicher Stärke zum Treibhauseffekt beitragen. Sie absorbieren einen Teil der von der Erdoberfläche in Richtung Weltall abgegebenen Wärmestrahlung und werfen diese in Form einer atmosphärischen Gegenstrahlung zurück auf die Erde, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdoberfläche führt.

Die Schweiz ist gemäss der Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) und dem zugehörigen Übereinkommen von Paris verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen jährlich zu melden. Ein Teil dieser Emissionen entstammt den Verlusten aus der Erdgasversorgung der Schweiz, da Erdgas zu einem hauptsächlichen Teil aus Methan besteht, das ein erhöhtes Erwärmungspotential aufweist. Über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren trägt ein Kilogramm Methan 28-mal stärker zum Treibhauseffekt bei als ein Kilogramm CO₂. Entweicht Erdgas – beispielsweise aufgrund von Leckagen oder beim Ausblasen von Leitungen – unverbrannt in die Umwelt, so ist die Wirkung auf das Klima deutlich stärker, als wenn es genutzt (d.h. verbrannt und damit zu CO₂ oxidiert) würde.

Zur Abschätzung der Verluste aus dem Verteilnetz wurde Mitte 1993 daher die Firma Battelle Ingenieurtechnik beauftragt, die durch den Erdgasverbrauch in der Schweiz in die Atmosphäre eingetragenen jährlichen Methanmengen abzuschätzen (Gidarakos u. a., 1994). Zu grossen Teilen stützte sich diese Erhebung auf eine Studie des Battelle-Instituts von 1989, das im Auftrag der Ruhrgas AG die gleichen Fragestellung für die Bundesrepublik Deutschland geklärt hatte (Battelle, 1989). Die Studie für die Bundesrepublik Deutschland konnte diverse Bereiche zur Emissionsabschätzung mit Messreihen stützen, weshalb die Folgestudie für die Schweiz auf diese Erkenntnisse aufbaute und sie an die Schweizer Gegebenheiten anpasste.

2013 wurde die Firma Quantis/Schweiz beauftragt, die Zeitreihe 1990 bis 2012 neu zu beurteilen und mit Hilfe neuer Erkenntnisse zu ergänzen (Quantis, 2014). Im Rahmen dieser Studie wurde vor allem der Bereich der vorgelagerten Emissionen im Ausland überarbeitet und einige der Emissionsfaktoren aktualisiert, die wichtigste Basis bildete aber nach wie vor die Studie von Battelle-Ingenieurtechnik aus dem Jahr 1994. Mit Hilfe aktueller Aktivitätsdaten für die Jahre der Zeitreihe wurden die Emissionen für die Zeitspanne von 1990 bis 2012 abgeschätzt. Dabei wurde auf fünf Stichjahre abgestützt, welche zur Interpolation der übrigen Jahre der Zeitreihe genutzt wurden. Zusätzlich wurde ein Excel-Tool erstellt, welches die jährliche Fortschreibung der Zeitreihe ermöglichte.

2019 wurde die Firma Carbotech AG beauftragt, das bestehende Tool von Quantis neu aufzubauen, die Modellierung zu prüfen und wo möglich und sinnvoll mit aktuellen Erkenntnissen aus der Literatur zu ergänzen und anzupassen. Während der Analyse aktuell verfügbarer Studien wurde festgestellt, dass die vorhandene Datenbasis nach wie vor mangelhaft ist. So basieren selbst in den letzten Jahren publizierte Emissionsfaktoren gerade bei sensitiven Bereichen häufig auf Statistiken, Messungen und Annahmen aus den Achtzigerjahren. Die Vermutung, dass die Emissionen bisher stark überschätzt wurden, konnte jedoch unter anderem durch Vergleiche mit der Schadensstatistik des SVGW und durch Datenerhebungen bei SVGW-Mitgliedern bestätigt werden.

Es wurde deshalb entschieden, den Projektumfang zu erweitern und wo immer möglich neue Grundlagen für die Bildung von Emissionsfaktoren zu schaffen. Hierzu wurden auch Messkampagnen durch SVGW-Mitglieder durchgeführt, was nicht nur zu tieferen Emissionsfaktoren, sondern im Vergleich zu den erwähnten Studien auch zu statistisch belastbareren Werten führte (die erwähnte Studie stützte sich teilweise auf «Expertenschätzungen» ab).

Die vorliegende Dokumentation dient als Hintergrundinformation und um das Excel-Tool zur Abschätzung der Erdgas-Emissionen des Schweizer Gaswirtschaft zu erläutern. Im Laufe des Projektes wurde dieses von Grund auf neu aufgebaut, so dass die entsprechenden Herleitungen in ausgelagerten, separaten Excel-Berechnungen zu finden sind und die Emissionsfaktoren für die gesamte Zeitreihe ab 1990 bei Bedarf aktualisiert werden können.

Das Modell zur Abschätzung der Methanemissionen der Schweizer Gasindustrie basiert weiterhin auf einem bottom-up Ansatz: Wie bisher wird mit Hilfe von Aktivitätsdaten des Schweizer Gasnetzes, wie Leitungslängen oder Anzahl Komponenten, über Emissionsfaktoren der Verlust an Erdgas abgeschätzt. Neu werden jedoch, wo immer umsetzbar, anstelle von festen Emissionsfaktoren die tatsächlich aufgetretenen Emissionen oder Leckagen berücksichtigt. Dieses Vorgehen erlaubt die Erfassung aller wichtigen Komponenten des untersuchten Systems und reduziert das Risiko des Auslassens entscheidender Bereiche. Dabei wurden die Daten auf Aktualität und Vollständigkeit geprüft und auf den jeweils neuesten Stand gebracht, teilweise gestützt durch Messkampagnen der Netzbetreiber. Die Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Berechnungen konnte dadurch stark verbessert werden.

Die Grundlagen nach dem Ansatz von Battelle erscheinen aufgrund des Alters überholt, wurden aber in einer Studie des GERG aus dem Jahre 2016 immer noch als eine der detailliertesten Methoden zur Abschätzung von Gasemissionen des Leitungsnetzes eingeschätzt (GERG, 2016). Die durchgeführte Literatursuche im Rahmen dieser Studie konnte dies in vielen Bereichen bestätigen. Aus diesem Grund wurden einige Ansätze aus Battelle im Grundsatz weitergenutzt, die für die Berechnungen notwendigen Hintergrunddaten konnten aber an allen Stellen aktualisiert und verbessert werden, teils wurden auch Korrekturen angebracht.

Die Methanemissionen, welche beim Transport von Erdgas auftreten, finden an unterschiedlichen Bereichen des Transport- und Verteilsystems statt. Nicht alle diese Bereiche sind für die Gesamtemissionen in gleichem Masse relevant. In Bezug auf die zukünftige Weiterentwicklung empfehlen wir, insbesondere jene Bereiche detaillierter zu analysieren, welche die grössten Beiträge zum Endresultat liefern.

3.2 Änderungen

Die ursprünglich abgeschätzten Emissionen für Liechtenstein sind nicht mehr Teil der Berechnungen, da Liechtenstein die Länderemissionen selber erhebt und publiziert («Liechtenstein. 2021 National Inventory Report (NIR) | UNFCCC», 2021). Sie könnten jedoch nach wie vor abgeschätzt werden, da mit der neuen Modellierung die Emissionen einzelner Netzbetreiber berechnet werden können.

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick der geänderten Bereiche und zeigt auf, welche Gebiete angepasst worden sind (√), welche nicht (x) und welche erst mit dem aktuellen Modell berücksichtigt werden (neu).

Bereich	Aktivitätsdaten	Emissionsfaktoren	Modellierung
Erschliessung (innerhalb der Schweiz)	n/a	n/a	n/a
Produktion (innerhalb der Schweiz)	√	√	√
Verarbeitung			
<i>LNG-Verdampfung/Verarbeitung (innerhalb der Schweiz)</i>	neu	neu	neu
Transport und Transit			
<i>Komponenten Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)</i>	x	√	√
<i>Netzpflege Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)</i>	x	√	√
<i>Transport von Transitgas (Verdichterstation)</i>	√	√	√
<i>Transport von Transitgas (Strecke innerhalb der Schweiz)</i>	√	√	√
Verteilung und Nutzung			
<i>ständige Leckagen</i>	√	√	√

<i>Schäden durch Fremdeinwirkung (Drittschäden)</i>	√	√	√
<i>Permeation</i>	neu	neu	neu
<i>Komponenten</i>	x	√	√
<i>Netzpflege</i>	x	√	√
<i>Hausinstallationen (Hausinnenleitungen)</i>	x	√	x
<i>Heizungsanlagen</i>	√	√	√
<i>Gaskochgeräte</i>	√	x	x
<i>Tankstellen</i>	x	x	x
Sonstiges	√	√	√
<i>Unfälle/Schäden Transport und Transit</i>	x	x	x

Tabelle 1: Übersicht der geänderten Bereiche

In Anlehnung an die Kategorisierung gemäss IPCC (Carras & Picard, 2006) sind die folgenden Kapitel wie folgt aufgebaut:

1. Erschliessung
2. Import und Produktion
 - a. Produktion von Erdgas innerhalb der Schweiz
3. Verarbeitung
 - a. LNG-Verdampfung (innerhalb der Schweiz)
4. Transport und Transit
 - a. Komponenten Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)
 - b. Netzpflege Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)
 - c. Transport von Transitgas (Verdichterstation)
 - d. Transport von Transitgas (Strecke innerhalb der Schweiz)
5. Verteilung und Nutzung
 - a. Leckagen
 - b. Schäden durch Fremdeinwirkung
 - c. Permeation
 - d. Komponenten
 - e. Netzpflege
 - f. Industrielle Netze
 - g. Hausinstallationen
 - h. Heizungsanlagen
 - i. Gaskochgeräte
 - j. Tankstellen
 - k. LNG
 - l. Biogas
6. Sonstiges
 - a. Unfälle/Schäden Transport und Transit

Anschliessend folgt ein Kapitel, welche die obigen Bereiche zusammenfasst und die Emissionen der gesamten Schweiz darstellt und diskutiert.

Das neue Berechnungsmodell basiert nun mehrheitlich auf gemessenen Faktoren, während der vorhergehende Ansatz mit festen Faktoren arbeitete. Ein Vergleich der bisherigen mit der neuen Methodik zeigt, in welchen Bereichen durch den Modellwechsel die stärksten Änderungen auftragen. Beispielhaft dargestellt sind die absoluten Emissionen der signifikanten Kategorien des Jahres 2020 innerhalb der Schweiz.

Vergleich bisheriges vs. neues Berechnungsmodell (Methanemissionen 2020 in kt CH₄)

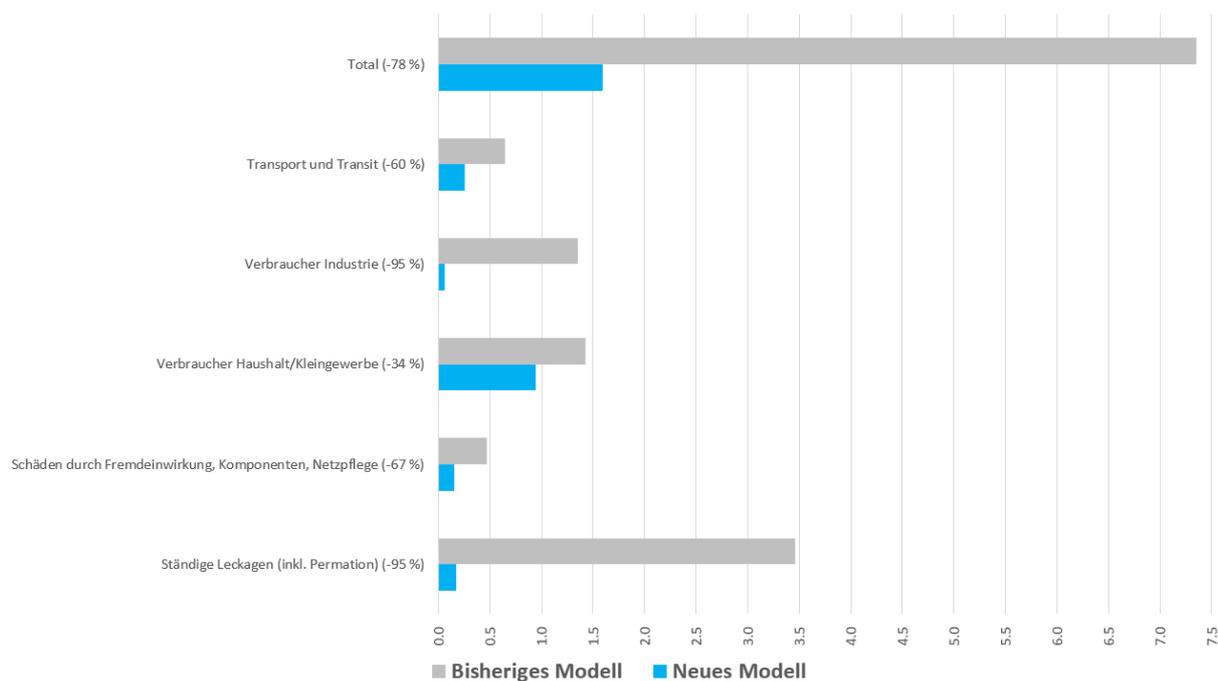


Abbildung 4: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik¹

¹ Die Zuordnung zu den NFR/IPCC-Codes ist wie folgt (Unterkategorien von 1 «Energy», 1 B «Fugitive emissions from fuels», 1 B 2 «Oil and natural gas and other emissions from energy production»):

- Total: 1 B 2 b «Natural gas»
- Produktion: 1 B 2 b ii «Production» (nur Emissionen bis 1994, daher in Abbildung 4 nicht dargestellt)
- Verarbeitung: 1 B 2 b iii «Processing» (neu keine Emissionen mehr, Emissionen aus LNG werden nun 1 B 2 b v zugeordnet, daher in Abbildung 4 nicht dargestellt)
- Transport und Transit: 1 B 2 b iv «Transmission and storage»
- Verbraucher Industrie / Verbraucher Haushalt/Kleingewerbe / Schäden durch Fremdeinwirkung, Komponenten, Netzpflege / Ständige Leckagen (inkl. Permeation): 1 B 2 b v «Distribution»
- 1 B 2 b i «Exploration» und 1 B 2 b vi «Other» sind für die Schweiz nicht relevant (die früher unter 1 B 2 b vi in den Jahren 2010 und 2011 fälschlicherweise als Unfälle rapportierten Emissionen sind neu 1 B 2 b iv zugeordnet).

3.3 Datenquellen

3.3.1 Gasstatistik

Als grundlegendes Instrument zur Erhebung der für das Berechnungstool benötigten Aktivitätsdaten dient die Gasstatistik des SVGW. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der bei jedem Netzbetreiber erhobenen Daten und zeigt jeweils den verfügbaren Zeitraum sowie die Nutzung auf. Falls nicht anders bezeichnet, sind die Daten mindestens seit 2009 vorhanden.

Kategorie	Erläuterung	Zeitraum	Bemerkungen/Nutzung
Netze/Struktur	Vorgelagerte Netze und Einspeisestellen	seit 2019	Nicht genutzt
	Fremde, mitbetriebene Netze	seit 2019	Nicht genutzt
Gasabgabe/Kunden	An die Endverbraucher abgegebenes Gas [GWh]		
	Eigenbedarf [GWh]	seit 2017	
	Davon an Grossbezüger (> 50 GWh) abgegeben		Nur für Herleitungen genutzt
	Davon an Drittbefierte abgegeben [GWh]	seit 2019	Nicht genutzt
	Davon an Erdgas-Tankstellen abgegeben [GWh]	seit 2019	Nicht genutzt
	Anzahl Endverbraucher		
	Anzahl Grossbezüger (> 50 GWh)		Nur für Herleitungen genutzt
	Eingespeiste erneuerbare Gase [GWh]	seit 2017	Nicht genutzt
	Transport in nachgelagerte Netze [GWh]	seit 2019	Nicht genutzt
	Anzahl Erdgas-Tankstellen	seit 2017	
Leitungsnetz bis 5 bar	Anzahl Drittbefierte	seit 2017	Nicht genutzt
	Länge [km] je Klasse		
	Druck (bis 1 bar/1 bis 5 bar)		
	Typ (Transport- oder Versorgung/Anschluss)		
Leitungsnetz über 5 bar	Durchmesser DN (<80/80-200/>200)		Nur für Herleitungen genutzt
	Material/Sanierungsverfahren (9 Materialien)		
	Länge [km] je Klasse		
Anz. Gasdruckregelanlagen	Material/Sanierungsverfahren (9 Materialien)		Nur für Herleitungen genutzt
	Druckbereich bis 1 bar	nur bis 2016	Nur für Herleitungen genutzt
	Druckbereich 1 - 5 bar	nur bis 2016	Nur für Herleitungen genutzt
Gasspeicher/Gasbehälter	Druckbereich über 5 bar	nur bis 2016	Nur für Herleitungen genutzt
	Typ (Kugel/Zylinder/Röhren/Andere)		Nicht genutzt
	Druck		Nicht genutzt
	Gasart (Erdgas, Flüssiggas, Wasserstoff, Andere)		Nicht genutzt
	Geometrisches Volumen	nur bis 2016	Nicht genutzt
	Nutzbares Volumen		Nicht genutzt
Biogaseinspeisung	Standort / Bemerkung		Nicht genutzt
	Druck / Anzahl	nur bis 2016	Nicht genutzt
	Gaserzeugung / Einspeisung	nur bis 2016	Nicht genutzt
Spitzendeckung	Standort / Verwendung / Bemerkungen	nur bis 2016	Nicht genutzt
	Druck/ Anzahl	nur bis 2016	Nicht genutzt
	Gaserzeugung / Einspeisung	nur bis 2016	Nicht genutzt
Schäden	Standort / Verwendung / Bemerkungen	nur bis 2016	Nicht genutzt
	Druck (bis 1 bar/1 bis 5 bar)		
	Typ (Versorgungsleitung/Anschlussleitung)		
	Durchmesser DN (<80/80-200/>200)		Nur für Herleitungen genutzt
	Material/Sanierungsverfahren		
	Schadensursache (6 mögliche Ursachen)		
	Gasaustritt (ja, nein, unbekannt)	seit 2017	
Kantone/BFE	Anzahl		
	Leitungslängen je Kanton (bis 1 bar/1 bis 5 bar)	seit 2016	Nicht genutzt
	Anz. Baubew. je Kanton (bis 1 bar/1 bis 5 bar)	seit 2016	Nicht genutzt
	Anz. Betr.Bew. je Kanton (bis 1 bar/1 bis 5 bar)	seit 2016	Nicht genutzt

Tabelle 2: SVGW-Gasstatistik

3.3.2 Weitere Datenquellen

Einige zusätzliche Aktivitätsdaten sowie auch absolute Verluste werden über weitere Datenquellen erhoben:

- Transitgas - Durchschnittliche Verdichterleistung (Geschäftsbericht, ggf. aus Leistungen und Betriebszeiten berechnet)
- Transitgas - Abblasungen wegen Wartungsarbeiten (OGMP-Bericht)
- Transitgas - abgeblasenes Gas Stationen Ruswil und Wallbach (OGMP-Bericht)
- Transitgas - abgeblasenes Gas Strecke inkl. DRM/PGC (OGMP-Bericht)
- LNG-Menge, Nutzung als LNG-Treibstoff (über Tankstellenbetreiber)
- LNG-Tankstellen: Anzahl Ventings/Blow-offs (über Tankstellenbetreiber)
- Importierte LNG-Menge total (Swiss-Impex, Kategorie «Erdgas, verflüssigt», 2711.11)
- Anzahl Heizungsanlagen (VSG-Jahresstatistik, Tabelle Tab-6b)
- Gasabsatz an Industrie (VSG-Jahresstatistik)

Weiter relevant sind die jährlich vom SVGW publizierten Gaseigenschaften.

3.4 Emissionsberechnungen 1990 bis 2020

In der bisherigen Modellierung wurde die Zeitreihe zwischen 1990 und 2012 mit Stützwerten und Interpolationen abgeschätzt. Bei den genutzten Stützwerten (Jahre 1994, 1998 und 2007) wurden zwar jeweils die Aktivitätsdaten aktualisiert, die zugehörigen Emissionsfaktoren wurden jedoch für die gesamte Zeitreihe als konstant angenommen.

Im aktuellen Modell werden die erwähnten Stützwerte für die Aktivitätsdaten grösstenteils weiterhin benutzt, die Emissionsfaktoren werden neu aber ebenfalls über die Zeitreihe interpoliert. Dadurch kann die Entwicklung der Emissionen seit dem Referenzjahr 1990 sehr viel besser abgebildet werden. Insbesondere bei den spezifischen, in $\text{g CO}_{2\text{eq}}/\text{MWh}$ umgerechneten Emissionen, kann die stetige Verbesserung aufgezeigt werden:

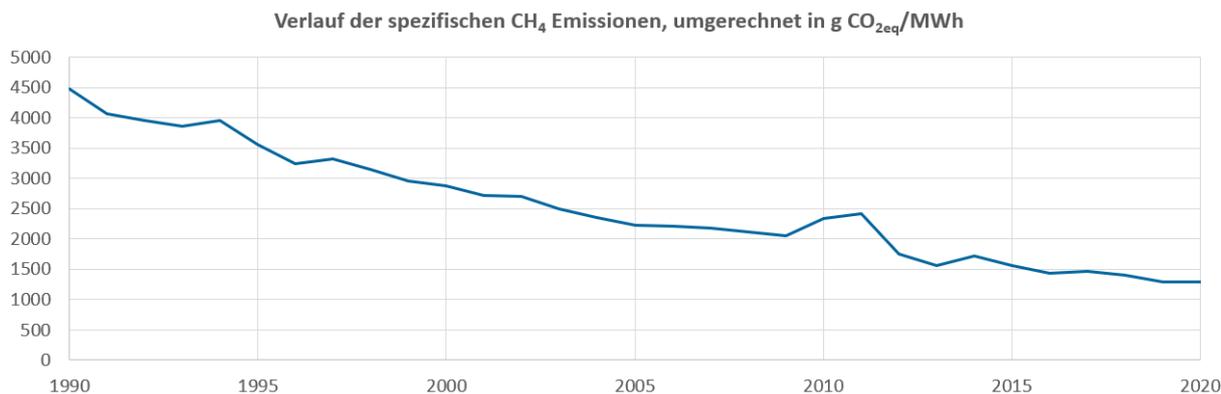


Abbildung 5: Verlauf der spezifischen Methan-Emissionen von 1990 bis 2020

3.5 Untersuchtes System

Das untersuchte Gesamtsystem hat dieselben Systemgrenzen wie die Erhebung von Quantis 2013:

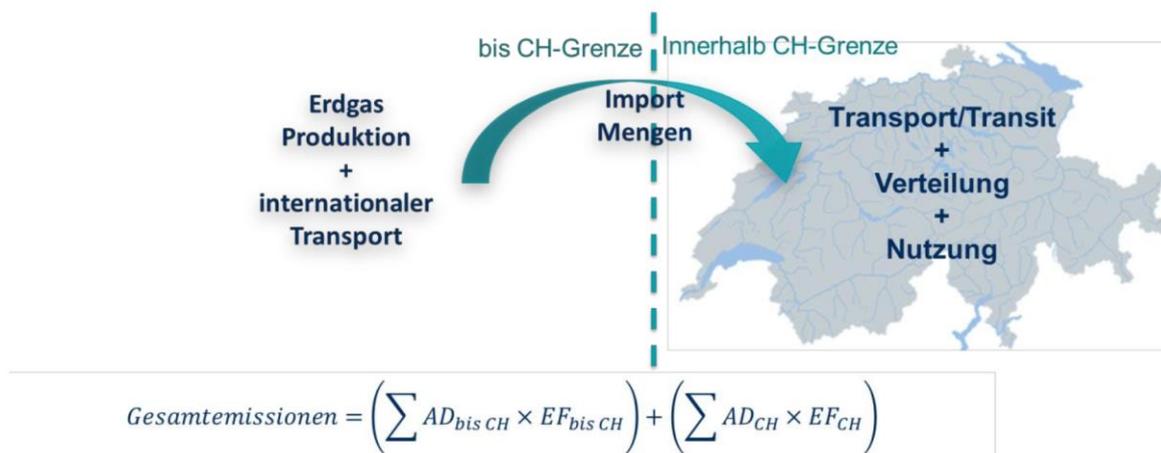


Abbildung 6: Systemgrenzen der Untersuchung

Die Gesamtemissionen ergeben sich aus der Summe der Emissionen in der Vorkette bis zur Schweizer Grenze und den Emissionen in der Schweiz. Die Emissionen innerhalb der Schweiz werden basierend auf der IPCC-Methodik berechnet und dienen damit als Eingabegrösse für das Reporting zu Handen der UNFCCC. In erster Linie wurden für die Jahre ab 2020 neue Ansätze für die Herleitung von Emissionsfaktoren oder den zugehörigen Aktivitätsdaten erarbeitet, welche jedoch nach Möglichkeit auch für die Zeitreihe ab 1990 genutzt wurden.

Die Herleitung der Auslandsemissionen ist in Kapitel 4 detaillierter beschrieben, die Modellierung der Emissionen innerhalb der Landesgrenzen wird in Kapitel 5 bis 7.12 erläutert.

Wenn nicht anders beschrieben, werden die genutzten Emissionsfaktoren in m^3 Erdgas pro km Leitung und Jahr angegeben, beziehungsweise in m^3 Erdgas pro Komponente und Jahr bei anderen Emissionsquellen. Die resultierenden Methan-Emissionen in Kubikmetern werden über den jährlich erhobenen Methangehalt in Tonnen umgerechnet. In einem weiteren Schritt kann mit Hilfe des Treibhausgaspotentials für Methan (28, d.h. $28 \text{ kg CO}_2\text{eq} / \text{kg CH}_4$) das Treibhauspotential der Gesamtemissionen hergeleitet werden.

Bisher wurden die Aktivitätsdaten inklusive des Anteils der Emissionen von Liechtenstein am Leitungsnetz erfasst, und in der Berechnung innerhalb des Tools ausgewiesen. Dieser Anteil musste danach in den Tabellen für die Schweiz entsprechend abgezogen werden. Mit der neuen Modellierung werden die Aktivitätsdaten ohne die Teile von Liechtenstein erhoben und daher bei den Berechnungen nicht mehr gesondert ausgewiesen.

Die folgenden Kapitel erläutern die Herleitung der berechneten Methan-Emissionen für die einzelnen Bereiche des Transport- und Verteilnetzes für Erdgas in der Schweiz und im Ausland. Im Sinne der Transparenz und Nachvollziehbarkeit wird dabei häufig auf ausgelagerte Herleitungen (separate Excel-Berechnungen) verwiesen, mit welchen auch zukünftige Entwicklungen berücksichtigt werden können. Die nachfolgende Liste zeigt einen Überblick über die verfügbaren ausgelagerten Herleitungen (für Details siehe nachfolgende Kapitel):

- Herleitung_Leckagen_Permeation_Verteilnetz.xlsx
- Herleitung_Drittschäden.xlsx
- Herleitung_Transitgas_Verdichterstation.xlsx

- Herleitung_Komponenten_Gasdruckregelanlagen.xlsx
- Herleitung_Industrie.xlsx
- Herleitung_Hausinstallationen.xlsx
- Herleitung_Gaskochgeräte_Heizungsanlagen_Tankstellen.xlsx
- Herleitung_LNG.xlsx

4 Erschliessung

Innerhalb der Zeitreihe von 1990 bis heute wurden keine neuen eigenen Erdgasquellen innerhalb der Schweiz erschlossen, daher sind für den gesamten Zeitraum keine Emissionen aus diesem Bereich deklariert.

4.1 Produktion von Erdgas innerhalb der Schweiz

Der einzige Förderbetrieb (in Finsterwald, Entlebuch LU) wurde Anfang Juli 1994 eingestellt, weshalb sämtliches Erdgas nach 1994 vollständig aus dem Ausland bezogen wurde und wird. Im Jahr 1993 stammten lediglich 0.1 % des gesamten Erdgases aus eigenen Quellen, entsprechend sind auch die zugehörigen Emissionen aus der Inlandsproduktion für die Schweiz von geringer Bedeutung. Für die Abschätzung der Emissionen wird daher auf Default-Emissionsfaktoren gemäss den 2006 IPCC Guidelines abgestützt:

- Für die Produktion wird ein CH₄-EF von 2.3 Gramm pro Kubikmeter produziertem Erdgas angenommen (Table 4.2.4, 2006 IPCC Guidelines).
- Für Flaring im Zusammenhang mit der Produktion wird ein CH₄-EF von 0.00076 Gramm pro Kubikmeter produziertem Erdgas angenommen (Table 4.2.4, 2006 IPCC Guidelines).

Als Aktivitätsdaten dienen die produzierte Erdgasmenge gemäss der Gesamtenergiestatistik des BFE (gegeben in TJ), wobei sich die Umrechnung nach Kubikmeter auf den vom SVGW erhobenen Erdgaseigenschaften abstützt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im CH₄-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

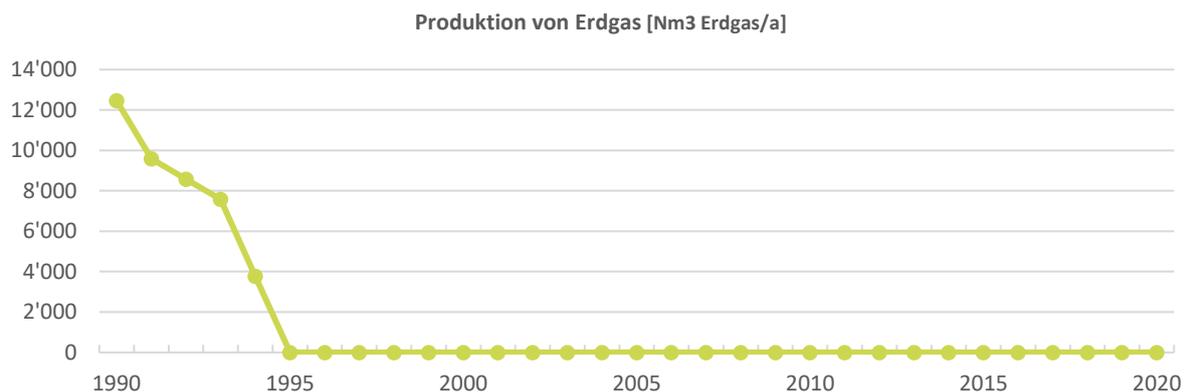


Abbildung 7: Zeitreihe Produktion von Erdgas

5 Verarbeitung

5.1 LNG – Verdampfung (innerhalb der Schweiz)

Aktuell ist die Menge an direkt in die Schweiz importiertem, verflüssigten Erdgas so gering, dass die direkten Emissionen aus der Verdampfung bzw. Regasifizierung innerhalb der gesamten Methanemissionen nicht sichtbar werden. Die vorliegenden Abschätzungen basieren auf Daten der Schweizerischen Importstatistik und belaufen sich beispielsweise für das Jahr 2019 auf rund 1'190 Tonnen («Eidgenössische Zollverwaltung EZV», 2020; «Eidgenössische Zollverwaltung EZV», 2021).

Die Verluste aus der Verteilung von LNG innerhalb der Schweiz, insbesondere bei LNG-Tankstellen, werden im Abschnitt 7.11 behandelt.

6 Transport und Transit

Das Transportnetz (>5 bar) besteht einerseits aus der Transitgasleitung, welche primär der Durchleitung zwischen Deutschland/Frankreich und Italien dient, und andererseits aus den regionalen Hochdrucknetzen inklusive Swissgas. Ein anteilmässig kleiner Teil des Gases wird aus der Transitgasleitung entnommen und via Zollmessstationen in das Hochdrucknetz eingespeist. Durch dieses wird das Erdgas über längere Distanzen innerhalb der Schweiz zu den lokalen Ortsgasunternehmen transportiert.

Für die Modellierung wurde der Bereich «Transport und Transit» in folgende Teilbereiche unterteilt:

- Transport von Transitgas (Verdichterstation)
- Transport von Transitgas (Strecke innerhalb der Schweiz)
- Komponenten Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)
- Netzpflege Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)

6.1 Transport von Transitgas (Verdichterstation)

Ursprünglich wurden die Emissionen der Verdichterstation Ruswil über die installierte Maximalleistung der Gasturbinen sowie einem festen Emissionsfaktor aus Battelle 1989, Kapitel 4.3-7 abgeschätzt, was aufgrund der falschen Interpretation der einzusetzenden Verdichterleistung zu einer Überschätzung dieses Beitrags geführt hat. Für die Zeitreihe wurde daher neu die tatsächlich genutzte Verdichterleistung aus Daten des Betreibers Transitgas als Bemessungsgrundlage verwendet, ausserdem wurde zwecks besserer Transparenz der bestehende Emissionsfaktor in die acht in Battelle 1989 genutzten Teilbereiche zerlegt.

Dies ermöglichte es, den Massnahmen zur Emissionsminderung bei der Verdichterstation Rechnung zu tragen. So fällt der signifikanteste Teilbereich, die bei der Verdichterentspannung abgeblasene Gasmenge, ab 2003 durch den Einbau einer Speicherleitung mit Rekomprimierung grösstenteils weg. Da das nach dem Druckausgleich jedoch weiterhin abgeblasene Restgas erst ab 2016 separat ausgewiesen wurde, konnte für die Modellierung dieser Teilbereich erst ab 2016 weggelassen werden. Die Emissionen zwischen 2003 und 2016 werden somit mangels Daten überschätzt. Seit Dezember 2022 ist zusätzlich ein Gasrückgewinnungssystem in Betrieb, welche gemäss Transitgas die Verluste an den Wellendichtungen der Verdichter sowie bei Inspektionen um 98% senkt.

Gegenüber den Vorjahren sind insbesondere folgende neuen Rahmenbedingungen hervorzuheben:

- Die Verdichter werden gasfrei gemacht, sofern sie nicht in Betrieb sind. Vorherige Abschätzungen hatten ebenfalls einen Verlust angenommen, wenn ein Verdichter nicht in Betrieb war.
- Gasverluste aus den Wellendichtungen der Verdichter werden wieder ins Leitungsnetz zurückgeführt (rekomprimiert).

Ab dem Jahr 2016 werden die abgeblasenen Gasmengen bereits für vier der acht Teilbereiche direkt durch Transitgas deklariert, wodurch die so abgeschätzten Emissionen starken, betriebsbedingten Schwankungen unterliegen und nicht direkt mit den Vorjahren vergleichbar sind.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Transitgas_Verdichterstation.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

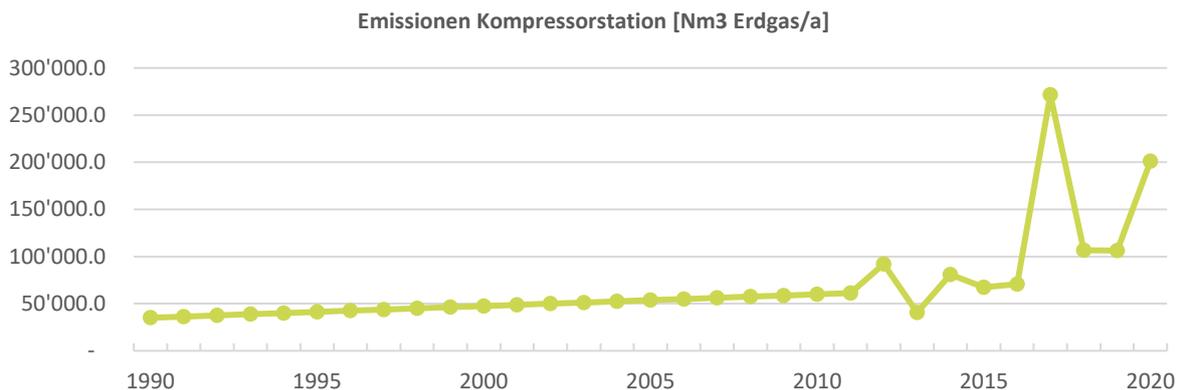


Abbildung 8: Zeitreihe Emissionen Kompressorstation

6.1.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Korrektur der für die Aktivitätsdaten genutzten Verdichterleistung von der installierten zur tatsächlich abgerufenen Leistung.
- Aufteilung des bisher genutzten Emissionsfaktors in einzelne Komponenten und ab 2016 Berücksichtigung der tatsächlichen Gasverluste bei einigen Komponenten des Emissionsfaktors.

6.2 Transport von Transitgas (Strecke innerhalb der Schweiz)

Verluste aus dem Betrieb und Unterhalt der Transitleitung werden ab dem Jahr 2016 ebenfalls mit absoluten Zahlen von Transitgas anstelle von festen Faktoren und Aktivitätsdaten berücksichtigt. Die gemeldeten Verluste beinhalten Abblase- und Spülmengen (Netzpflege) sowie Verluste aus Komponenten, DRM-Stationen und Messgeräten.

Für die Zeitreihe 1990 bis 2015 wurden mangels absoluten Werten weiterhin Emissionsfaktoren eingesetzt. Für die Abblase- und Spülmengen wurde für 1990 der Emissionsfaktor aus Battelle 1989 eingesetzt, welcher durch Interpolation bis zum Jahr 2020 schrittweise in denjenigen aus dem aktuellen Bericht DVGW G201812 überführt wird. Für die Verluste aus DRM-Stationen (Kategorie «Komponenten») wurde für die gesamte Zeitreihe der Emissionsfaktor aus dem Bericht DVGW G201812 genutzt, welche auf die Strukturen des Schweizer Gasnetzes umgerechnet werden mussten. Da dieser auf Messungen basierende Faktor um 90% höher ausfällt als der bisherige, in Battelle 1989 beschriebene, geschätzte Faktor, wurde der aktuellere Faktor (DVGW G201812) rückwirkend für die gesamte Zeitreihe eingesetzt.

Gegenüber den Vorjahren sind insbesondere folgende neuen Rahmenbedingungen hervorzuheben:

- Bevor Venting (Abblasen) einer Leitung stattfindet, wird der Druck in der Leitung jeweils reduziert. Dieser reduzierte Druck konnte über die Jahre immer weiter abgesenkt werden, was die Verluste weiter reduziert. Weitere Verbesserungen können mit der neuen Modellierung berücksichtigt werden.
- Tendenziell wird in den letzten Jahren weniger Gas im Transit befördert.

Im Jahr 2010 wurde in der Region Guttannen aufgrund eines Murgangs die Transitgasleitung teilweise freigelegt, jedoch nicht beschädigt. Zur Entlastung der Leitung wurde darauf jedoch eine signifikante Menge Erdgas abgeblasen, um den Druck innerhalb der Leitung zu senken. Im darauffolgenden Jahr wurde die Leitung schlussendlich auf die andere, weniger gefährdete Talseite verlegt, worauf aufgrund der notwendigen Spülung vor der Wiederinbetriebnahme abermals eine beträchtliche Menge Erdgas ausgestossen wurde. Beide Mengen wurden bisher fälschlicherweise in der Kategorie «Unfälle/Schäden

Transport und Transit» aufgeführt. Da es sich jedoch um betriebsbedingte Emissionen handelt, werden diese Mengen neu ebenfalls in diesem Abschnitt berücksichtigt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Komponenten_Gasdruckregelanlagen.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

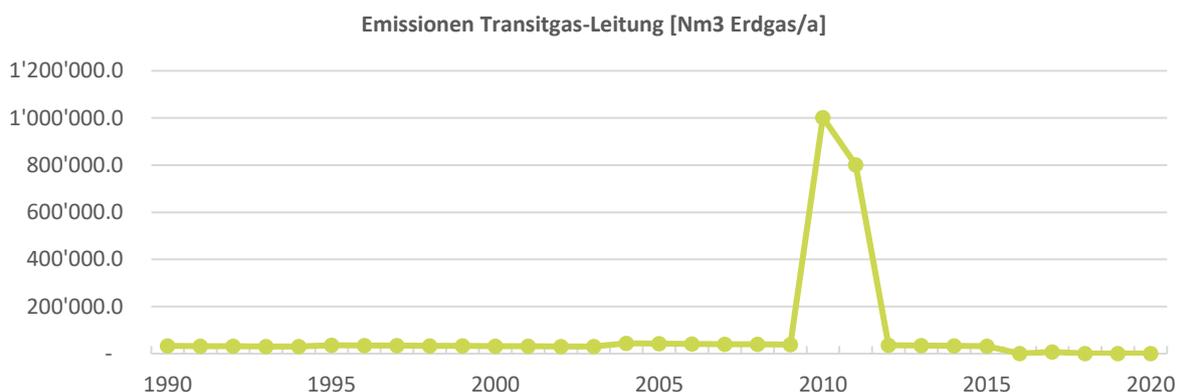


Abbildung 9: Zeitreihe Emissionen Transitgas-Leitung

6.2.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Ersatz der Emissionsfaktoren aus Battelle 1989 durch Faktoren aus dem Bericht DVGW G201812 für die Zeitreihe von 1990 bis 2015.
- Ab 2016 Verwendung von absoluten, durch Transitgas gemeldete Verluste anstelle von festen Faktoren.
- Berücksichtigung der in den Jahren 2010 und 2011 aufgrund Leitungsentlastung- und anschließender Verlegung abgeblasenen Mengen.

6.3 Netzpflege Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)

Für das Hochdrucknetz wurde derselbe Ansatz wie für die Transitgas-Leitung gewählt. Die Abblase- und Spülmengen wurde für 1990 mit dem Emissionsfaktor aus Battelle 1989 berechnet, während für das Jahr 2020 der Emissionsfaktor aus dem Bericht DVGW G201812 genutzt wird. Ging Battelle für das Jahr 1990 noch von einer Pflegerate von 5% der gesamten Leitungslänge aus, so sank diese Rate gemäss den Analysen im Bericht G201812 auf 2%.

Zur Bildung einer vollständigen Zeitreihe wurden die Faktoren zwischen 1990 und 2020 linear intrapoliert. Die Leitungslänge für das Hochdrucknetz ergibt sich aus der Gesamtlänge aller Leitungen über 5 bar, abzüglich der Länge der Transitgasleitung.

Die Herleitung der Zeitreihe wird im CH4-Tool aufgeführt, es ergibt sich dabei der folgende Verlauf:

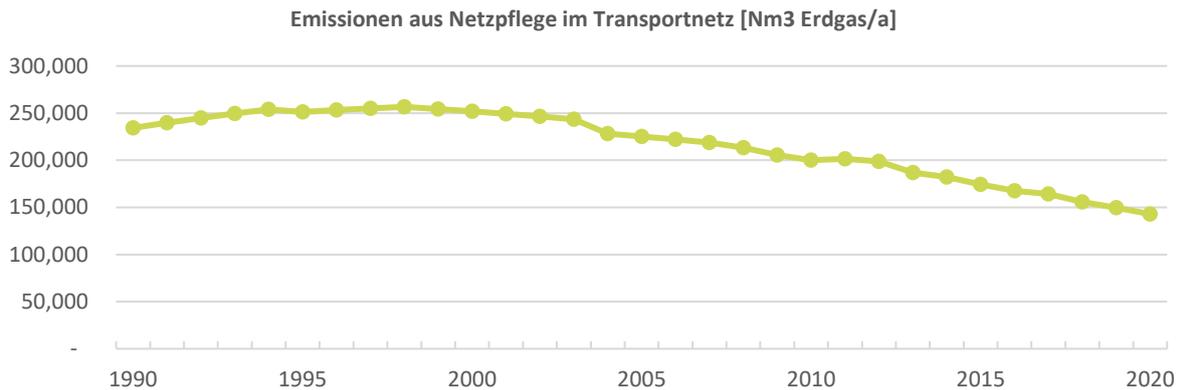


Abbildung 10: Zeitreihe Emissionen aus Netzpflege im Transportnetz

6.3.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Aufteilung des bisher genutzten Emissionsfaktors aus Battelle 1989 in «Netzpflege» und «Komponenten».
- Für 2020 Nutzung des neuen Emissionsfaktors aus dem Bericht DVGW G201812.
- Lineare Interpolation des Emissionsfaktors für die Zeitreihe 1990 (bisheriger Faktor aus Battelle 1989) bis 2020 (neuer Faktor aus Bericht DVGW G201812) anstelle eines festen Emissionsfaktors.

6.4 Komponenten Transportnetz Schweiz (ohne Transitgas)

Für die Komponenten im Hochdrucknetz (primär DRM-Stationen) wurde ebenfalls der bei der Transitgas-Leitung gewählte Ansatz übernommen. Die Emissionsfaktoren wurden wiederum aus dem Bericht DVGW G201812 übernommen, wobei für den Druckbereich >5 bis 16 bar ein durchschnittlicher Verlust von 0.49 kg CH₄/Anlage pro Jahr und für den Druckbereich über 16 bar ein Verlust von 124.41 kg CH₄/Anlage pro Jahr gemessen wurde. Mangels Unterteilung der Leitungsdaten in der SVGW-Gasstatistik in diese beiden Druckbereiche wurde für alle Anlagen im Transportnetz über 5 bar der höchste Verlust angenommen, was vermutlich zu einer starken Überschätzung führt. Da die Anzahl der DRM-Stationen zuletzt im Jahr 2016 erhoben worden ist, wurde auf Grundlage der damaligen Leitungslänge ein leitungslängenabhängiger Emissionsfaktor gebildet und für die gesamte Zeitreihe genutzt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Komponenten_Gasdruckregelanlagen.xlsx» sowie im CH₄-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

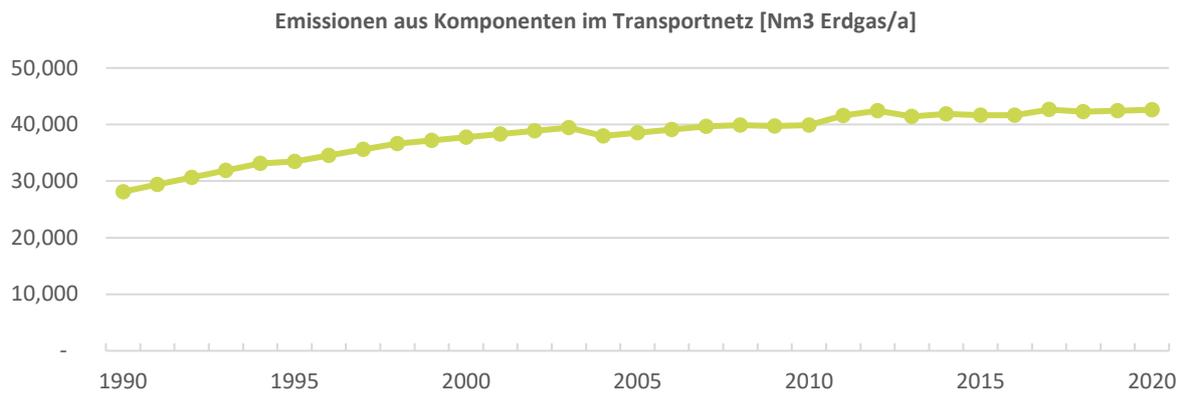


Abbildung 11: Zeitreihe Emissionen aus Komponenten im Transportnetz

6.4.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Aufteilung des bisher genutzten Emissionsfaktors aus Battelle 1989 in «Netzpflege» und «Komponenten».
- Nutzung eines aus den Messergebnissen im Bericht DVGW G201812 gebildeten, auf die Leitungslänge umgerechneten Emissionsfaktors.

7 Verteilung und Nutzung

Aus den Transportnetzen wird das Erdgas in die Ortsgasversorgungsnetze eingespeist, aus welchen es schlussendlich an die Endverbraucher abgegeben wird. Dabei wird zwischen den Verteilnetzen und den Hausanschlussleitungen unterschieden. Das Verteilnetz transportiert das Erdgas vom Netzkopplungspunkt mit dem Hochdruck-Transportnetz bis zu den Quartierstrassen, von welchen aus die Anschlussleitungen bis zu den Zählern der Endverbraucher führen.

Bei den Endverbrauchern wird das Erdgas entweder durch industrielle Netze oder durch Hausinstallationen zu den Verbrauchsgeräten gebracht, welche gleichzeitig die Systemgrenze für den vorliegenden Bericht darstellen.

Für die Modellierung wurde der Bereich «Verteilung und Nutzung» in folgende Teilbereiche unterteilt:

- Leckagen
- Schäden durch Fremdeinwirkung (Drittschäden)
- Permeation
- Komponenten
- Netzpflege
- Industrielle Netze
- Hausinstallationen
- Heizungsanlagen
- Gaskochgeräte
- Tankstellen
- LNG
- Biogas

7.1 Leckagen

Bisher erfolgte die Abschätzung der ständigen bzw. diffusen Emissionen des Leitungsnetzes mittels Daten aus Battelle, welche ihren Ursprung in den Siebziger- und Achtzigerjahren haben. Die ursprüngliche Battelle-Studie lieferte dazu eine umfangreiche Liste an Emissionsfaktoren für eine Reihe unterschiedlicher Rohrmaterialien sowie für die verschiedenen Druckniveaus. Mit Einbezug der Aktivitätsdaten (Leitungslängen je Klasse) der einzelnen Jahre liessen sich damit die Emissionen aus den ständigen Leckagen abschätzen. Durch diese Methodik wurden technologische Fortschritte, welche sich beispielsweise in stetig sinkenden Leckagehäufigkeiten (Anzahl Leckagen pro km Leitung) zeigen, nicht berücksichtigt.

Für die neue Modellierung werden die tatsächlich aufgetretenen Leckagen aus den Daten der SVGW-Gasstatistik genutzt. Es melden jeweils ca. 75% aller Netzbetreiber die im Bemessungsjahr aufgetretenen Leckagen, welche dabei nach folgenden Parametern klassiert werden müssen:

- Leitungstyp
- Druckniveau
- Leitungsmaterial
- Nenndurchmesser der Leitung
- Ursache der Leckage
- Gasaustritt (ja/nein)

Durch die ebenfalls in der Gasstatistik vorhandenen Leitungslängen sämtlicher Netzbetreiber in der Schweiz können die Leckagen für jedes Jahr auf das gesamte Gasnetz hochskaliert werden. Für die

Abschätzung der Emissionen liefert der Bericht DVGW G201812 die aus zahlreichen Messungen hervorgegangenen Verluste je Leckage. Somit kann auf die bisherigen, festen Emissionsfaktoren verzichtet werden und stattdessen jährlich unterschiedliche, von den tatsächlichen aufgetretenen Leckagen abhängige Emissionsfaktoren gebildet werden.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Leckagen_Permeation_Verteilnetz.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Die nachfolgende Aufstellung zeigt die Leckagehäufigkeiten sämtlicher berücksichtigten Leitungsklassen sowie deren Beitrag zu den Verlusten. Aufgrund der anteilmässig geringen Leitungslängen tragen die leckageanfälligen Graugussleitungen nur geringfügig zu den Emissionen bei.

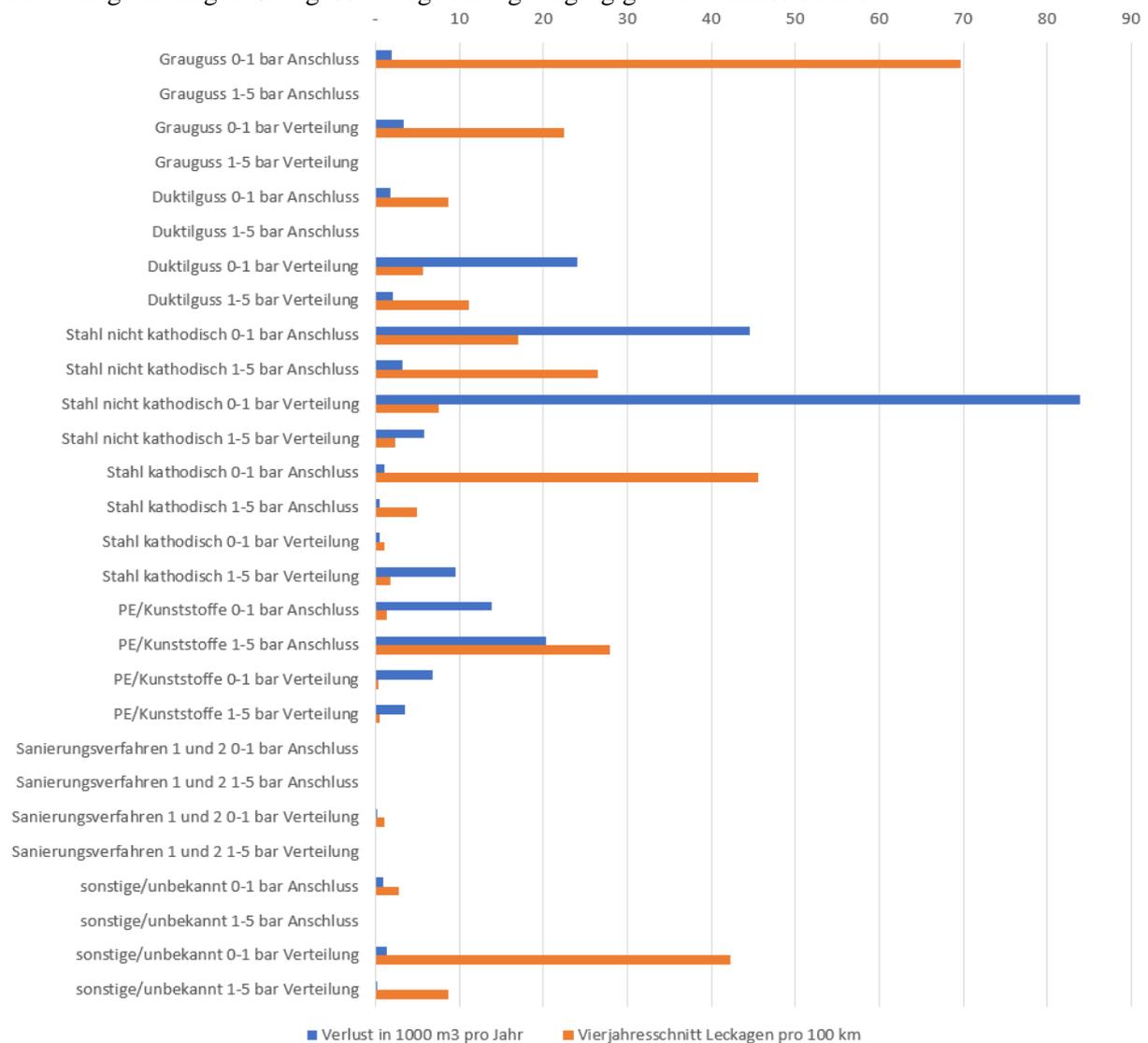


Abbildung 12: Leckagehäufigkeiten und Verluste der eingesetzten Rohrleitungsmaterialien im Jahr 2020

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

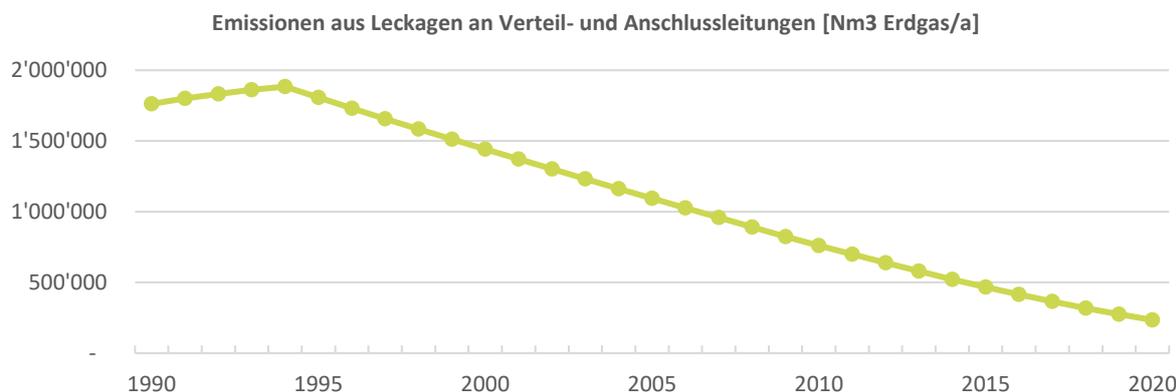


Abbildung 13: Zeitreihe Emissionen aus Leckagen an Verteil- und Anschlussleitungen

7.1.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Berücksichtigung der tatsächlichen Leckagehäufigkeiten anstelle von festen, von den Leitungslängen abhängigen Emissionsfaktoren.
- Nutzung der aus den Messergebnissen im Bericht DVGW G201812 hervorgegangenen Verluste pro Leckage je Leitungsklasse.

7.2 Schäden durch Fremdeinwirkung (Drittschäden)

In der bisherigen Methodik waren die Drittschäden bereits in den Emissionsfaktoren für Leckagen aus Battelle 1989 enthalten, wodurch Änderungen in der Häufigkeit nicht berücksichtigt werden konnten. Mit der neuen Methodik können, wie auch bei den Leckagen, die tatsächlich aufgetretenen Drittschäden aus der SVGW-Gasstatistik genutzt und für die gesamte Schweiz hochgerechnet werden. Zur Abschätzung der Verluste je Schaden werden die im Bericht DVGW G201812 beschriebenen Ergebnisse auf die Netzstrukturen (Druck, Durchmesser, Anteile etc.) der Schweiz umgerechnet.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Drittschäden.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

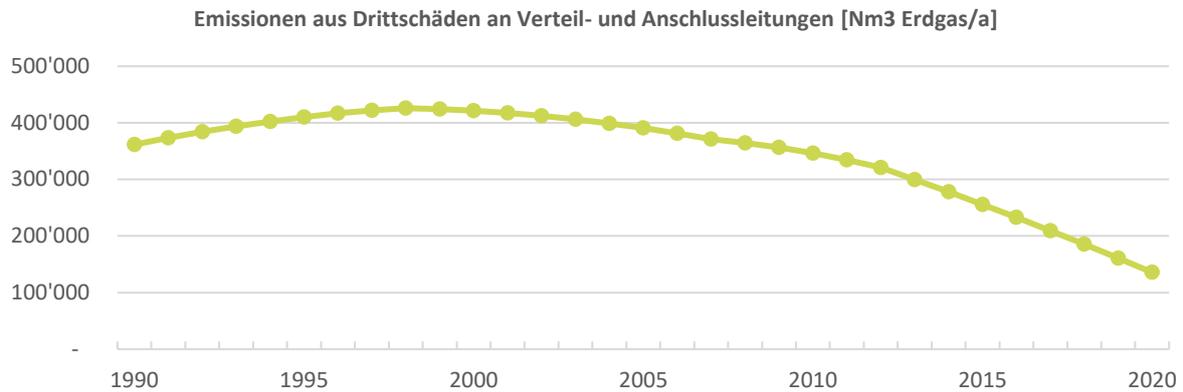


Abbildung 14: Zeitreihe Emissionen aus Drittschäden an Verteil- und Anschlussleitungen

7.2.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Berücksichtigung der tatsächlich aufgetretenen Drittschäden anstelle von festen, von den Leitungslängen abhängigen Emissionsfaktoren.
- Nutzung der aus den Messergebnissen im Bericht DVGW G201812 hervorgegangenen Verluste pro Schaden je Leitungs-kategorie.

7.3 Permeation

Die Permeation an PE-Leitungen wurde in der bisherigen Methodik nicht berücksichtigt. Neu werden die Verluste mit den Angaben aus dem Bericht DVGW G201812 abgeschätzt, welche auf Messungen basieren.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Leckagen_Permeation_Verteilnetz.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

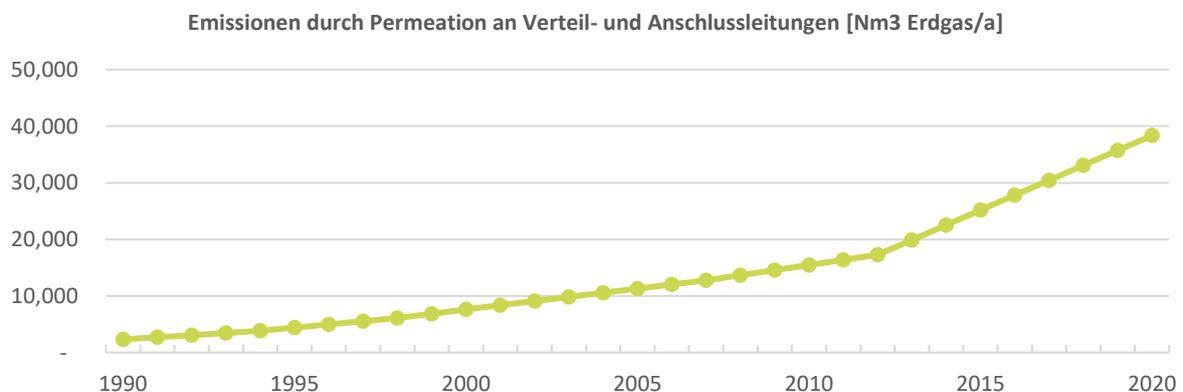


Abbildung 15: Zeitreihe Emissionen durch Permeation an Verteil- und Anschlussleitungen

7.3.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Berücksichtigung der Permeation an PE-Leitungen.

7.4 Komponenten

Die Kategorie «Komponenten» umfasst nur Gasdruckregelanlagen und grössere DRM-Stationen, da Emissionen aus Armaturen bereits in der Kategorie «Leckagen» erfasst werden. Der aus Battelle 1994 stammende, bisher genutzte Emissionsfaktor wird in der Zeitreihe für das Jahr 1990 verwendet und durch Interpolation bis zum Jahr 2020 in die neuen Faktoren für die beiden Druckbereiche für Verteilnetze (0 bis 1 bar sowie >1 bis 5 bar) überführt. Zur Herleitung der neuen Faktoren wurden die im Bericht DVGW G201812 beschriebenen, auf Messungen basierenden Resultate genutzt. Im Jahr 2016 wurden in der SVGW-Gasstatistik zuletzt die Anzahl an Gasdruckregelanlagen und DRM-Stationen erfasst, womit schlussendlich Emissionsfaktoren pro km Leitung gebildet werden konnten.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Komponenten_Gasdruckregelanlagen.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

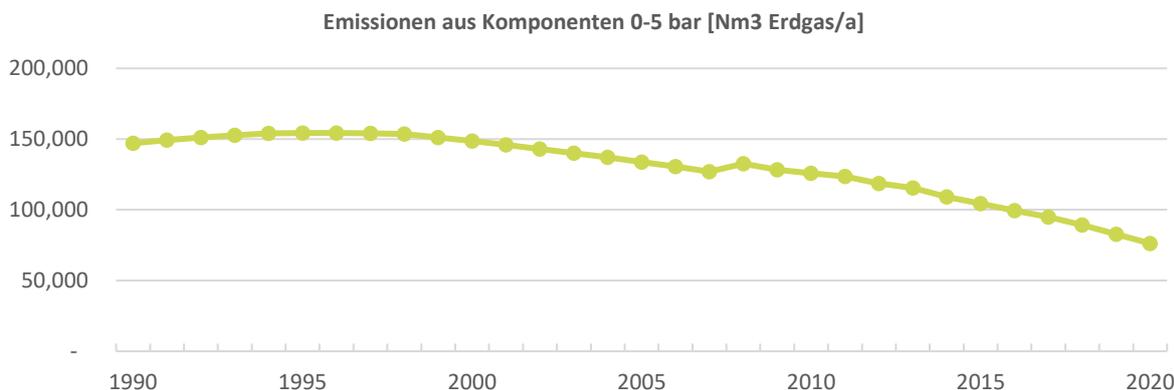


Abbildung 16: Zeitreihe Emissionen aus Komponenten 0-5 bar

7.4.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Nutzung der Verlustmessungen aus dem Bericht DVGW G201812 sowie der tatsächlichen Anzahl an Gasdruckregelanlagen und DRM-Stationen zur Bildung von neuen Emissionsfaktoren.
- Lineare Interpolation des Emissionsfaktors für die Zeitreihe 1990 (bisheriger Faktor aus Battelle 1994) bis 2020 (neuer Faktor aus Bericht DVGW G201812) anstelle eines festen Emissionsfaktors.

7.5 Netzpflege

Die Netzpflege umfasst die betrieblichen Emissionen, insbesondere aufgrund von Wartungen. Dies sind zum einen die zwecks Druckabsenkung vor Wartungen häufig durchgeführten Ausblasungen sowie die nach abgeschlossenen Wartungen notwendigen Spülungen.

Für das Jahr 1990 wird der Emissionsfaktor aus Battelle 1994 übernommen, welcher unter anderem auf Aussagen von Netzbetreibern basiert, dass jährlich 5% des Leitungsbestandes gewartet werden müssen. Für das Jahr 2020 wurden im Bericht DVGW G201812 die Emissionen mit erneuten Umfragen zur Wartungshäufigkeit abgeschätzt, wobei durchschnittlich nur noch 2% genannt wurden. Durch vorgängiges Absenken des Leitungsdruckes sowie verminderten Spülmengen konnten die Verluste weiter gesenkt werden. Da für die jeweiligen Jahre beide Werte plausible erscheinen, wird der Emissionsfaktor für die Zeitreihe 1990 bis 2020 linear interpoliert.

Massnahmen zur Minderung der Emissionen wie Abfackeln oder weiteres Absenken des Leitungsdruckes mit Hilfe von mobilen Kompressoren werden mit der aktuellen Berechnungsmethodik nicht berücksichtigt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

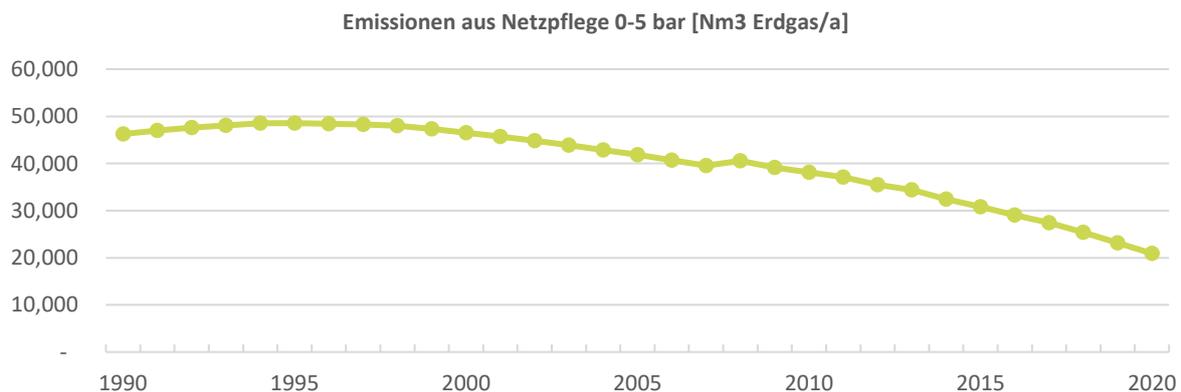


Abbildung 17: Zeitreihe Emissionen aus Netzpflege 0-5 bar

7.5.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Nutzung der Resultate aus dem Bericht DVGW G201812 für das Jahr 2020.
- Lineare Interpolation des Emissionsfaktors für die Zeitreihe 1990 (bisheriger Faktor aus Battelle 1994) bis 2020 (neuer Faktor aus Bericht DVGW G201812) anstelle eines festen Emissionsfaktors.

7.6 Industrielle Netze

Als industrielle Netze werden die Leitungen und zugehörigen Komponenten zur Feinverteilung ab Grundstücksgrenze eines Industrieareals bis zu den Verbrauchern bezeichnet. Battelle 1994 beschreibt zur Abschätzung der Verluste einen Emissionsfaktor, welcher aus Leckageraten pro Armatur und Flansch sowie deren Anzahl pro 1000 m Leitung gebildet wurde.

In der bisherigen Methodik wurden pro industriellem Netz 1000 m Leitung angenommen. Eine Anfang 2022 bei 12 Netzbetreibern durchgeführte Umfrage ergab jedoch, dass die durchschnittliche Leitungslänge selbst bei den Grossbezüglern mit einem Verbrauch über 50 GWh/Jahr maximal 650 m beträgt. Da die Anzahl der industriellen Netze nicht bekannt ist, wohl aber die jährlich an den Industriesektor abgegebene Gasmenge, wurde aus den Annahmen von Battelle (Verluste pro Komponente sowie Anzahl Komponenten pro km Leitungslänge) ein neuer, von der Gasmenge abhängiger Emissionsfaktor gebildet.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Industrie.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

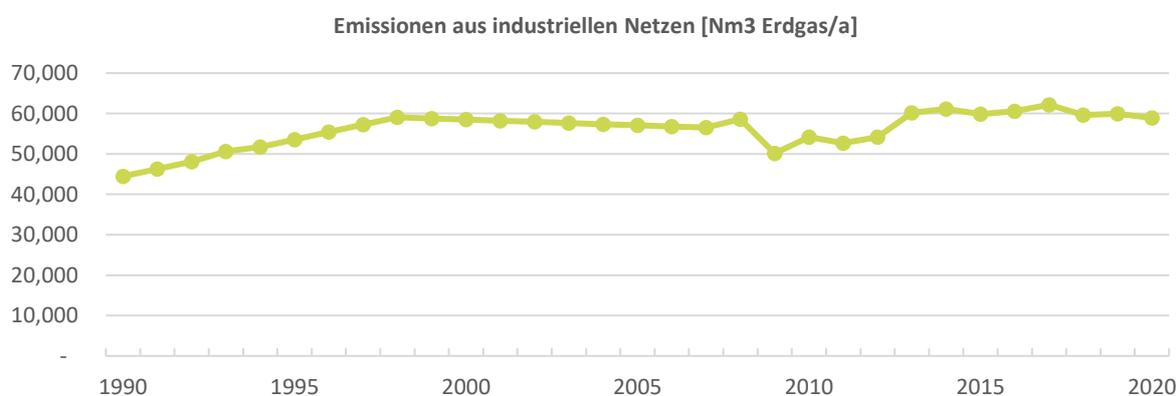


Abbildung 18: Zeitreihe Emissionen aus industriellen Netzen

7.6.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Neuer Emissionsfaktor mit Bezug auf die an den Industriesektor abgegebene Gasmenge anstelle der Anzahl Grossverbraucher.

7.7 Hausinstallationen

Bei Hausinstallationen treten Verluste primär an undichten Rohrleitungsverbindungen auf. Im Rahmen der Gebrauchsfähigkeitsprüfungen (GFP) müssen die Installationen regelmässig (üblicherweise alle 12 Jahre) auf Verluste (Liter pro Stunde) geprüft werden, welche danach wie folgt klassiert werden:

- <1 l/h: Installation ist gebrauchsfähig, keine Massnahmen erforderlich
- 1 l/h bis 5 l/h: Installation ist bedingt gebrauchsfähig, zeitnahe Reparatur erforderlich
- >5 l/h: Installation ist nicht gebrauchsfähig, umgehende Ausserbetriebnahme

Battelle 1994 beschreibt die Bildung eines Emissionsfaktors (jährlicher Verlust pro Hausinstallation) anhand von Messwerten aus Gebrauchsfähigkeitsprüfungen. Der dadurch erhaltene Emissionsfaktor von 5.11 m³/a beruht auf über 22'000 Messungen, welche zwischen den Jahren 1987 und 1990 durchgeführt wurden.

Dabei wurde jedoch nicht berücksichtigt, dass bei Verlusten von über 1 l/h eine Reparatur zwingend notwendig ist. In diesen Fällen kann statistisch davon ausgegangen werden, dass die Leckagen nur während der halben Zeit zwischen zwei Prüfungen bestanden haben, wodurch sich der Emissionsfaktor von

5.11 m³/a auf 3.07 m³/a senkt. Da diesem Emissionsfaktor nach wie vor Messungen aus den Jahren 1987 bis 1990 zugrunde liegen, wird in der Zeitreihe für das Jahr 1990 der korrigierte Emissionsfaktor von 3.07 m³/a eingesetzt.

In Anlehnung an die Deutsche technische Regel für Gasinstallation (Technische Regel für Gasinstallationen, 2008), wird in der Schweiz ebenfalls eine Überprüfung der Gebrauchsfähigkeit im Intervall von maximal 14 Jahren vorgeschrieben. Anlässlich einer Messkampagne von mehreren Netzbetreibern aus der Schweiz wurden insgesamt Verluste von über 15'000 Hausinstallationen aufgezeichnet. Aufbauend auf den erfassten Daten konnten so die Verluste aus Hausinstallationen für das Jahr 2020 neu ermittelt und ein entsprechender Emissionsfaktor hergeleitet werden, welcher neu nur noch bei 0.745 m³/a liegt. Für die Zeitreihe wird der Emissionsfaktor für das Jahr 1990 (3.07 m³/a) durch lineare Interpolation schrittweise in denjenigen für das Jahr 2020 (0.745 m³/a) überführt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Hausinstallationen.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

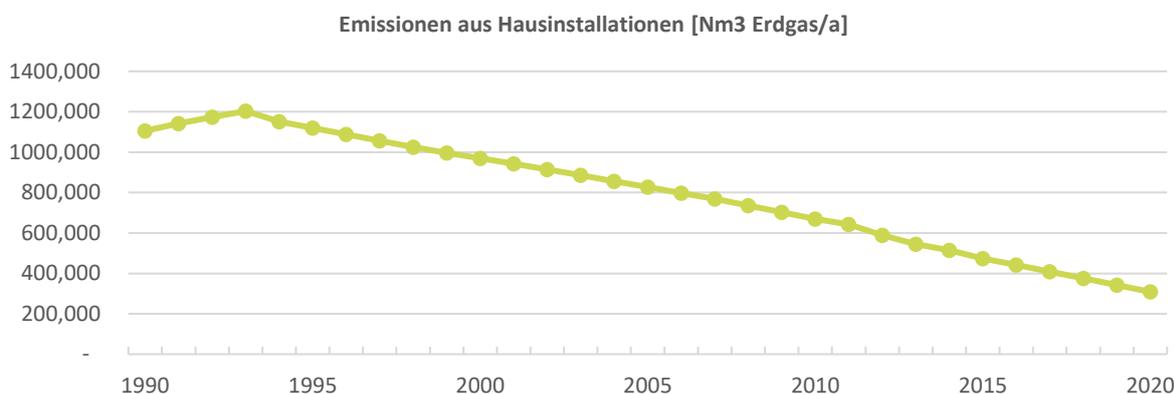


Abbildung 19: Zeitreihe Emissionen aus Hausinstallationen

7.7.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Für das Jahr 1990 Korrektur des Emissionsfaktors unter Beibehaltung der damaligen Messresultate.
- Bildung eines neuen Emissionsfaktors aufgrund aktueller Messungen für das Jahr 2020.
- Lineare Interpolation des Emissionsfaktors für die Zeitreihe 1990 bis 2020 anstelle eines festen Emissionsfaktors.

7.8 Heizungsanlagen

In Heizungsanlagen können zum einen Leckagen im Gerät selbst auftreten, andererseits ist, insbesondere während instationären Verbrennungsvorgängen, mit betriebsbedingten Emissionen zu rechnen. Für die Leckagen wird der Emissionsfaktor von 0.13 m³/a pro Gerät aus Battelle 1994 übernommen. Emissionen aus instationären Verbrennungsvorgängen finden während den Start- und Stoppzyklen statt und sind somit proportional zur Anzahl der Zyklen (Zündungen eines Brenners).

Im Rahmen des Abschlussberichtes DVGW G201908 «Entwicklung der Methanemissionen in der Gasanwendung» wurden Messungen an diversen Geräten durchgeführt. Als Mittelwert zeigten sich Verluste

von 0.313 Liter pro Zyklus. Zur Abschätzung der Anzahl Zyklen wurden die Serviceabteilungen von Heizungsherstellern bzw. Vertreibern befragt, was einen konservativen Durchschnittswert von 10'000 Zyklen pro Gerät und Jahr ergab. Für die Zeitreihe wurde im Weiteren angenommen, dass im Jahr 1990 aufgrund der damals noch wenig verbreiteten, modulierenden Brennern, die doppelte Anzahl von Zyklen auftrat.

Zu beachten ist, dass die CH₄-Emissionen, welche durch unvollständige Verbrennung bei stationären Verbrennungsvorgängen auftreten, im Rahmen des Treibhausgasinventars nicht den Gasverlusten, sondern der Energienutzung zugewiesen werden. Daher werden CH₄-Emissionen aus stationären Verbrennungsvorgängen hier nicht berücksichtigt.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Gaskochgeräte_Heizungsanlagen_Tankstellen.xlsx» sowie im CH₄-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

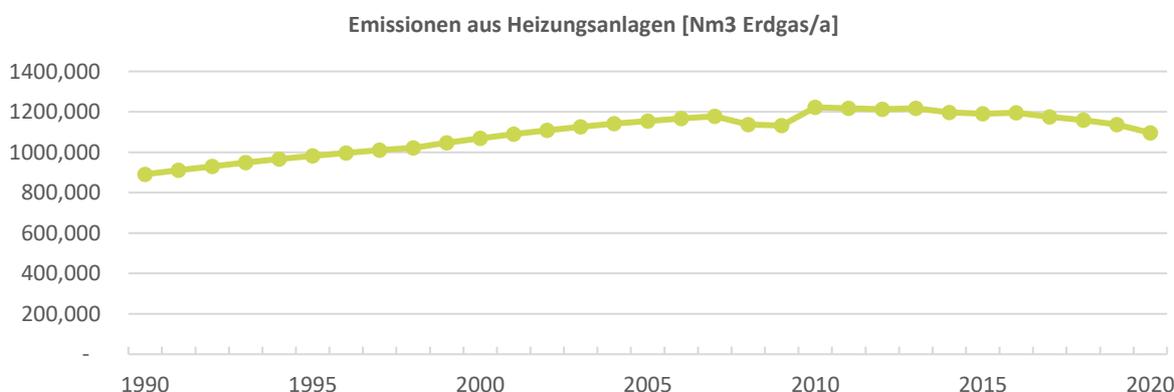


Abbildung 20: Zeitreihe Emissionen aus Heizungsanlagen

7.8.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Berücksichtigung der Emissionen aus instationären Verbrennungsvorgängen mit Hilfe von Messungen sowie der von Anzahl Start-Stopp-Zyklen.
- Lineare Interpolation des Emissionsfaktors für Emissionen aus instationären Verbrennungsvorgängen für die Zeitreihe 1990 bis 2020 anstelle eines festen Faktors.

7.9 Gaskochgeräte

Zur Abschätzung der Emissionen aus Gaskochgeräten wurde der bisherige, in Battelle 1994 beschriebene Emissionsfaktor weiterhin genutzt. Da die Anzahl an Gaskochgeräten jedoch zuletzt 1998 erhoben wurde, führte der SVGW im Jahr 2021 eine Umfrage bei 7 grösseren Netzbetreibern, welche gemeinsam über 30.3% des Endverbrauchs abdecken, durch. Die Auswertung ergab, dass 38.7% der berücksichtigten Endverbraucher über ein Gaskochgerät verfügen. Die gesamte Menge an Gaskochgeräten in der Schweiz wird ab dem Jahr 2020 über die Anzahl Endverbraucher hochgerechnet.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Gaskochgeräte_Heizungsanlagen_Tankstellen.xlsx» sowie im CH₄-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

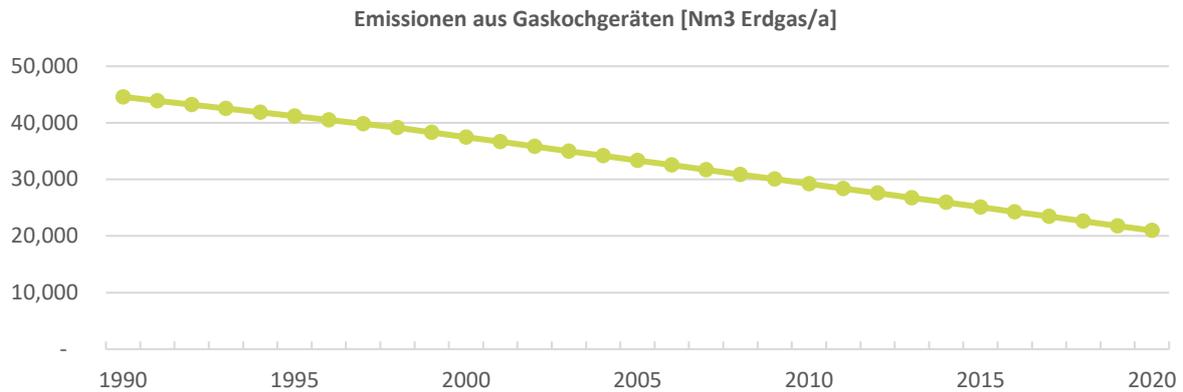


Abbildung 21: Zeitreihe Emissionen aus Gaskochgeräten

7.9.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Hochrechnung der Anzahl an Gaskochgeräten über die Anzahl der Endverbraucher.
- Lineare Interpolation der Anzahl an Gaskochgeräten für die Zeitreihe 1998 bis 2020 anstelle einer Konstante.

7.10 Tankstellen

Aufgrund der geringen Relevanz der Tankstellen, kamen zur Herleitung der Methanemissionen aus der Nutzung von Erdgas-Tankstellen bis zum jetzigen Zeitpunkt keine neuen Ansätze zur Anwendung. Zur Abschätzung wird daher der bisherige, in Battelle 1994 beschriebene Emissionsfaktor weiterhin genutzt. Ein neuer Ansatz zur Abschätzung der Emissionen über die Anzahl der Betankungsvorgänge wurde geprüft, jedoch mangels Grundlagendaten (bspw. Verluste pro Betankungsvorgang) wieder verworfen.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_Gaskochgeräte_Heizungsanlagen_Tankstellen.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

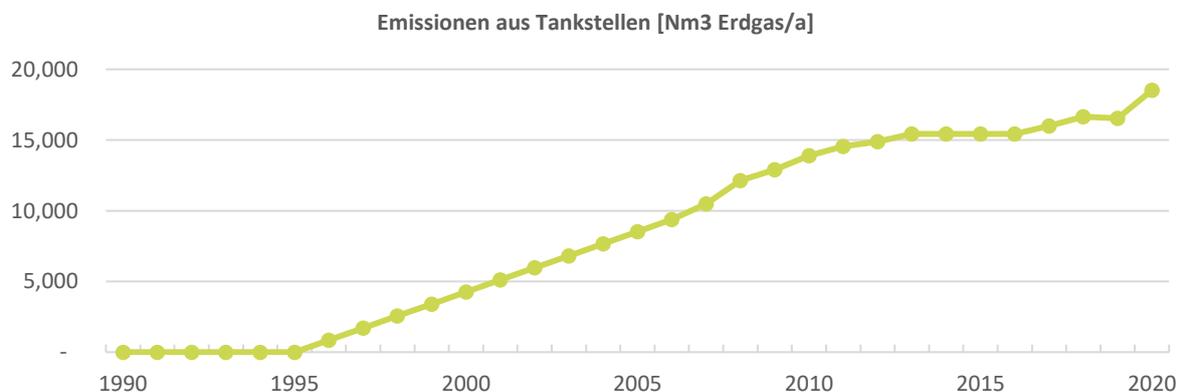


Abbildung 22: Zeitreihe Emissionen aus Tankstellen

7.10.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Keine

7.11 LNG

Erdgas wird mittels LKWs in kleinen Mengen in verflüssigter Form als LNG in die Schweiz eingeführt. Der grösste Teil davon (im Jahr 2020 über 90%) wird dabei für LNG-Tankstellen genutzt, bei welchen LNG betriebene LKWs direkt mit verflüssigtem Erdgas betankt werden können. In diesem Fall finden zwei Umfüllvorgänge statt: Ein Erster vom LNG-Lieferanten in die Tankstelle und ein Weiterer während dem Betankungsvorgang von der Tankstelle in den Fahrzeugtank.

Die restliche Menge des in die Schweiz eingeführten LNGs kann wie folgt verwendet werden, wobei jeweils nur ein einzelner Umfüllvorgang stattfindet:

- Lieferung direkt an Endverbraucher (ggf. mit eigenem LNG-Tank)
- Lieferung an Erdgas-Tankstellen (CNG)
- Einspeisung in ein Gasnetz

Beim Betrieb und beim Befüllen der Tankstellen mit neuem LNG sowie beim Betankungsvorgang können Emissionen entstehen:

- Das Totvolumen der Kupplungsstelle bzw. der Zapfpistole entweicht nach dem Befüllen der Tankstelle sowie nach jedem Betankungsvorgang.
- Bei Tankstellen ohne aktive Kühlung (wie beispielsweise Trailer-Tankstellen) erwärmt sich das LNG kontinuierlich, was zu einem Druckanstieg im Tank führt. Erreicht dieser einen kritischen Wert, so wird ein Abblasen (Blow-off) ausgelöst, um den Druck wieder zu senken.
- Sofern der Druck im Fahrzeugtank zu hoch ist, um einen Betankungsvorgang zu starten, muss zuerst Gas zurück in die Tankstelle zurückgeführt werden (Venting). Wird dadurch in der Tankstelle ein kritischer Wert überschritten, so wird ebenfalls ein Abblasen (Blow-off) ausgelöst, um den Druck wieder zu senken.

Die Verluste aus der Kupplungsstelle lassen sich durch Verringerung des Totvolumens senken. Bei neueren Modellen konnte dieses bereits verringert werden. Durch die Erwärmung des LNGs in den Tankstellen bedingte Blow-offs werden durch regelmässige Betankungsvorgänge unterdrückt und sollten im Normalbetrieb nicht auftreten. Blow-offs, die auf vorgängiges Venting zurückzuführen sind, könnten durch ein optimiertes Flottenmanagement praktisch auf Null gesenkt werden. Beispielsweise sollten LKWs erst betankt werden, wenn deren Tankfüllstand auf einen bestimmten Wert abgesunken ist.

Bisher wurde für die importierten LNG-Mengen ein Emissionsfaktor eingesetzt, welcher für grosse LNG-Terminals mit Verdampfung/Regasifizierung vorgesehen ist. Mit den im Bericht «Nutzung von LBG (Liquefied Biogas) für den Schweizer Schwerlasttransport» beschriebenen Grundlagen und Messungen wurde ein neuer Ansatz zur Abschätzung der Emissionen gebildet. Da die LNG-Tankstellen jedoch erst seit dem Jahr 2020 im Testbetrieb sind, war die Datenlage nicht für alle Herleitungen ausreichend. Bis zum Vorliegen neuer Erkenntnisse wird deshalb, basierend auf einer Schätzung des BFE, mit einem pauschalen Verlust von 1% der in den Tankstellen umgesetzten Menge gerechnet.

Zur Abschätzung der Verluste aus LNG-Mengen, welche nicht für LNG-Tankstellen verwendet werden, wurde derselbe Ansatz mit dem Totvolumen der Kupplungsstellen genutzt. Hierbei ergibt sich jedoch nur der Umfüllvorgang vom LNG-Lieferanten zum Kunden, der für die Betankungen notwendige zweite Umfüllvorgang fällt weg.

Die Herleitung der genutzten Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sowie die sich ergebenden Zeitreihen werden im ausgelagerten Excel-Sheet «Emissionen_ LNG-Importe.xlsx» sowie im CH4-Tool aufgeführt.

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 ergibt sich der folgende Verlauf:

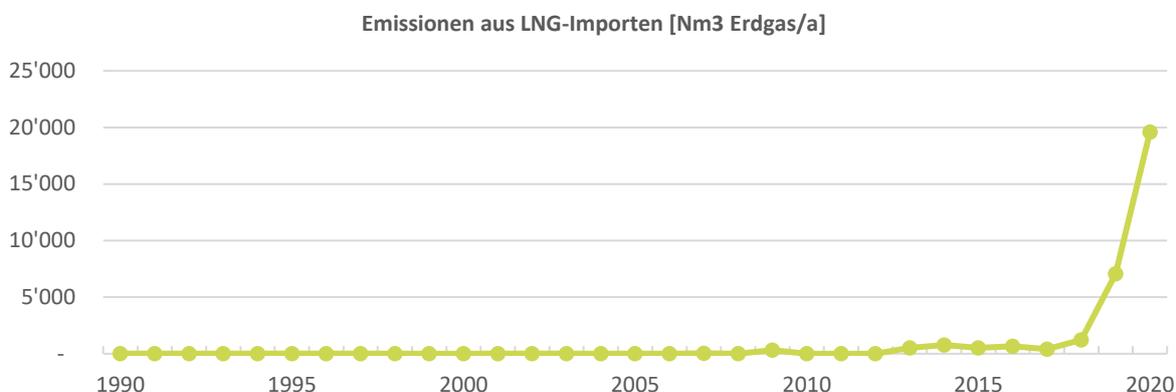


Abbildung 23: Zeitreihe Emissionen aus LNG-Importen

7.11.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Unterscheidung des Verwendungszwecks des importierten LNGs.
- Neue Herleitung der Emissionsfaktoren.

7.12 Biogas

Für Biogas werden die CO₂-Emissionen aus Verbrennung von Biomasse gemäss des IPCC Refinement (Buendia, E u. a., 2019) der IPCC-Kategorie «Agriculture, Forestry and other Land use» (AFOLU) zugeordnet. Die Leitungsverluste aus eingespeistem Biogas werden gemäss IPCC analog Erdgas gehandhabt. Die Emissionen aus der Einspeisung selbst werden als Aufbereitung ohne die Vorkette bilanziert und sind in dieser Studie nicht erfasst, da sie bereits in der Kategorie Abfälle erfasst werden.

8 Sonstiges

8.1 Unfälle/Schäden Transport und Transit

Die im Abschnitt 6.2 beschriebenen, auf die beiden Murgänge in den Jahren 2010 und 2011 zurückzuführenden Emissionen, wurden bisher fälschlicherweise in der Kategorie «Unfälle» aufgeführt. Da es sich dabei jedoch um eine kontrollierte Abblasung bzw. Spülung im Bereich der Schieberstation Guttannen handelte, wurden diese Emissionen in die Kategorie «Transport von Transitgas» verschoben.

8.1.1 Neuerungen in der Berechnungsmethodik

Gegenüber dem letzten Update der Berechnungsmethodik bzw. des Berechnungstools ergeben sich folgende Änderungen:

- Berücksichtigung der bisherigen Emissionen im Zusammenhang mit dem Murgang in Guttannen (2010, 2011) in der Kategorie «Transport von Transitgas» anstatt in der Kategorie «Unfälle».

9 Resultate

Die folgende Zusammenstellung zeigt die Resultate verschiedener Aspekte der Modellierung, welche in den vorangegangenen Kapiteln erläutert worden ist. Die grafischen Darstellungen wurden alle mit Hilfe des neu erstellten Excel-Tools zur Abschätzung der Emissionen erstellt.

9.1 Gesamtemissionen innerhalb der Schweiz

Die folgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft für die vollständige Zeitreihe von 1990 bis 2021, welche mit Hilfe der beschriebenen Modellierung abgeschätzt worden ist.

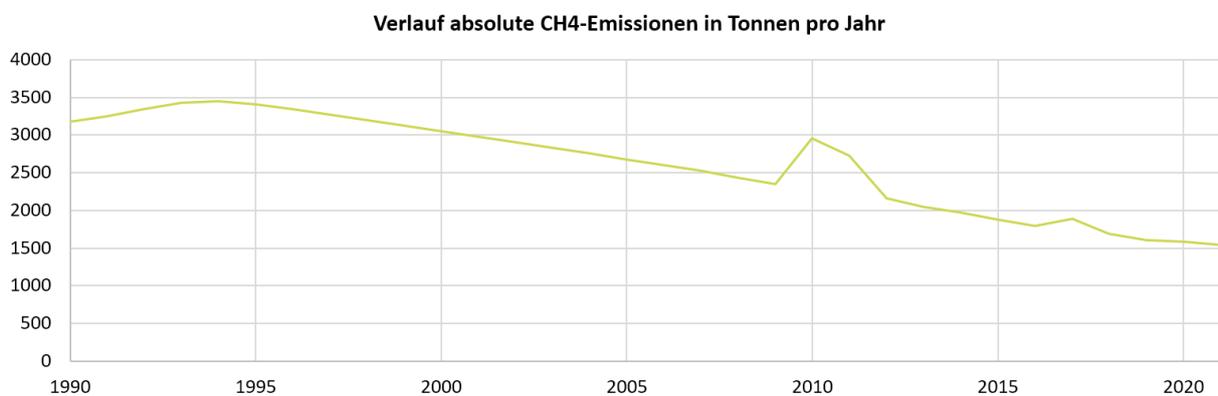


Abbildung 24: Gesamte Methanemissionen Schweiz von 1990 bis 2021

Aus obiger Abbildung wird ersichtlich, dass die abgeschätzten Methanemissionen seit Mitte der neunziger Jahre kontinuierlich abgenommen haben. Dies, obwohl die in der Schweiz abgesetzte Erdgasmenge seit 1990 stark gestiegen ist. Gut erkennbar sind die Folgen der Murgänge im Bereich der Schieberstation Guttannen, bei welcher aufgrund der kurzfristigen Leitungsverlegung in den Jahren 2010 und 2011 signifikante Menge an Erdgas aus der Transitgasleitung abgeblasen wurden.

Wird die Zunahme der jährlich importierten Gasmenge berücksichtigt und die Emissionen pro Energiemenge dargestellt, so wird deutlich, wie stark die Verluste bereits gemindert werden konnten. Die Gasnetze wurden ständig modernisiert, problematische Materialien wurden durch neu entwickelte ausgetauscht (beispielsweise wurden die bruchanfälligen Graugussleitungen inzwischen fast vollständig durch Kunststoffleitungen ersetzt). Neue Prozesse und Verfahren zur Netzüberwachung sowie empfindlichere Messgeräte bei der Leckageortung ermöglichen das frühere Orten und Beheben von kleinsten Leckagen im Netz, während bei grösseren Schäden dank neuen Kommunikationsmitteln schneller reagiert werden kann.

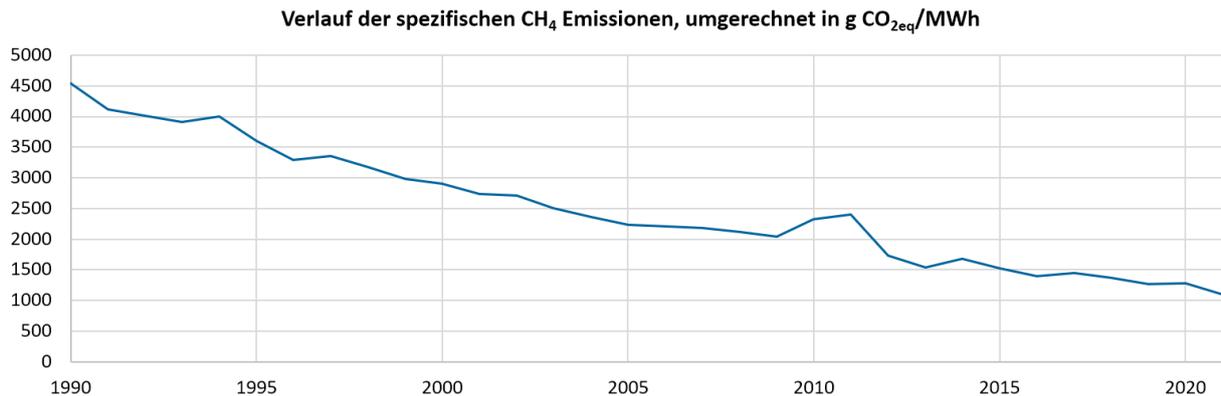


Abbildung 25: Verlauf der spezifischen Methan-Emissionen von 1990 bis 2021

9.2 Emissionen nach Quelle

Die Darstellung nach Herkunft der Emissionen, zusammengefasst nach den wichtigsten Kategorien, zeigt, dass im Jahr 1990 die grössten Verluste bei den Verteilnetzen entstanden (Leckagen, Schäden, Komponenten, Netzpflege etc.). Zusammen mit den Installationen bei den Endverbrauchern machten diese fast drei Viertel der inländischen Emissionen aus. Durch den signifikanten Rückgang der Emissionen aus den Verteilnetzen treten im Jahr 2020 viele andere Kategorien stärker auf, selbst wenn die jeweiligen Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 sanken.

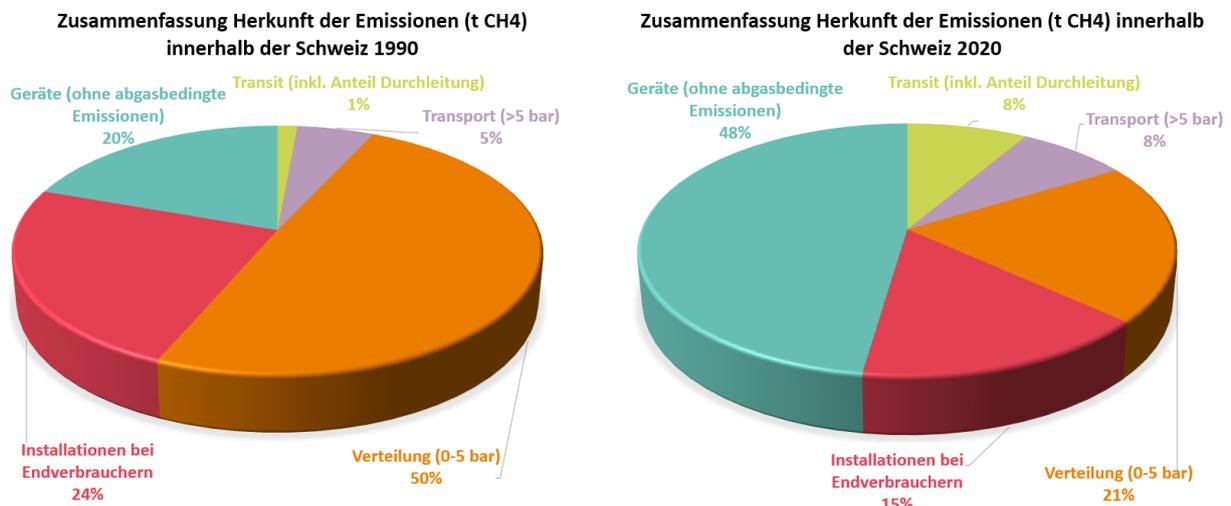


Abbildung 26: Zusammenfassung Methanemissionen Schweiz, 1990 und 2020

Werden die Kategorien weiter verfeinert, so wird folgendes sichtbar:

- Bei den Verbrauchsgeräten dominieren die Heizungsanlagen, dies ist zum einen auf deren grosse Anzahl, zum anderen auf die häufigen Start-Stopp-Zyklen zurückzuführen.
- Die, verglichen mit den industriellen Netzen, grosse Anzahl an Hausinstallationen lässt diese die Kategorie «Installationen bei Endverbrauchern» anführen, obwohl die spezifischen Emissionen bei industriellen Netzen bedeutend höher liegen.
- Im Verteil- und Anschlussnetz führen die Leckagen zu den grössten Verlusten, gefolgt von den Schäden durch Fremdeinwirkung (Drittschäden).

- Im Jahr 2020 entfielen praktisch sämtliche Emissionen bei Transitgas auf die Kompressorstation Ruswil. Jedoch unterliegen die primär wartungsbedingten Emissionen entlang der Leitungsstrecke sehr grossen Schwankungen.

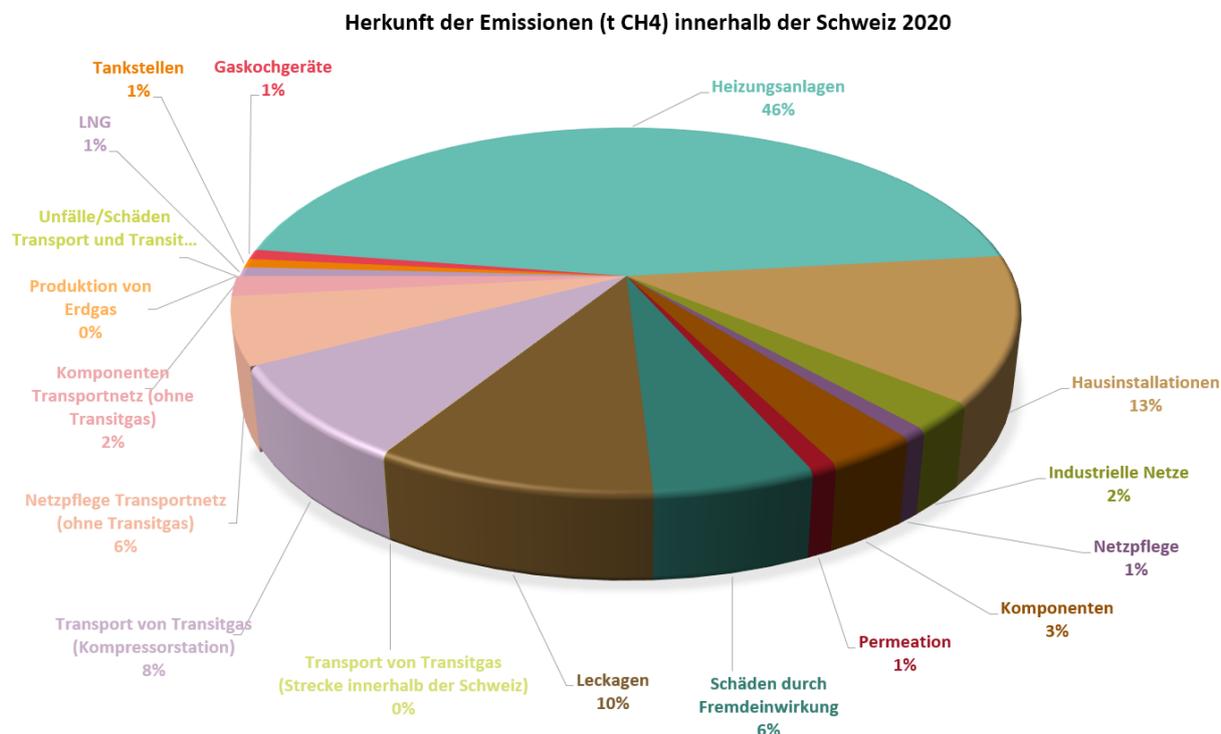


Abbildung 27: Details Methanemissionen Schweiz, 2020

Da im Rahmen der vorliegenden Studie die Konsistenz der Zeitreihe über alle Jahre von 1990 bis heute sichergestellt wurde, können mit der neuen Methodik die zeitlichen Veränderungen der einzelnen Kategorien im Detail betrachtet werden. Um trotz der Zunahme des Gasabsatzes einen Vergleich der beiden Jahre zu ermöglichen, sind die Emissionen nachfolgend pro Energieeinheit (MWh) dargestellt.

Spezifische CH₄ Emissionen umgerechnet in g CO₂eq/MWh, Vergleich 1990 und 2020



Abbildung 28: Spezifische Methanemissionen Schweiz, berechnet mit der neuen Methodik

In fast allen Kategorien können teils signifikante Minderungen ausgewiesen werden. Besonders auffällig ist der Rückgang der spezifischen Emissionen bei den Leckagen. Da sowohl für das Jahr 1990 als auch für 2020 detaillierte Schadens- und Leitungsstatistiken zur Verfügung standen, kann bei den Resultaten eine hohe Schätzqualität erwartet werden. Eine weitere, ebenfalls signifikante Minderung der Emissionen ist bei den Hausinstallationen ersichtlich. Die zugrundeliegenden Abschätzungen der Verluste basieren für beide Jahre auf umfangreichen Messkampagnen, somit auch hier von verlässlichen Ergebnissen ausgegangen werden.

9.3 Vergleich der bisherigen mit der neuen Methodik

Im Folgenden wird die bisherige Berechnungsmethodik gemäss Quantis, 2014 mit der neuen Modellierung verglichen. Für das Jahr 2020 (Abbildung 29) zeigen sich in der Schweiz dabei um 78% tiefere Emissionen, bei den signifikanten Kategorien treten die grössten Differenzen bei industriellen Netzen (-95%) und den Leckagen im Verteilnetz (ebenfalls -95%) auf.

Vergleich bisheriges vs. neues Berechnungsmodell (Methanemissionen 2020 in kt CH₄)

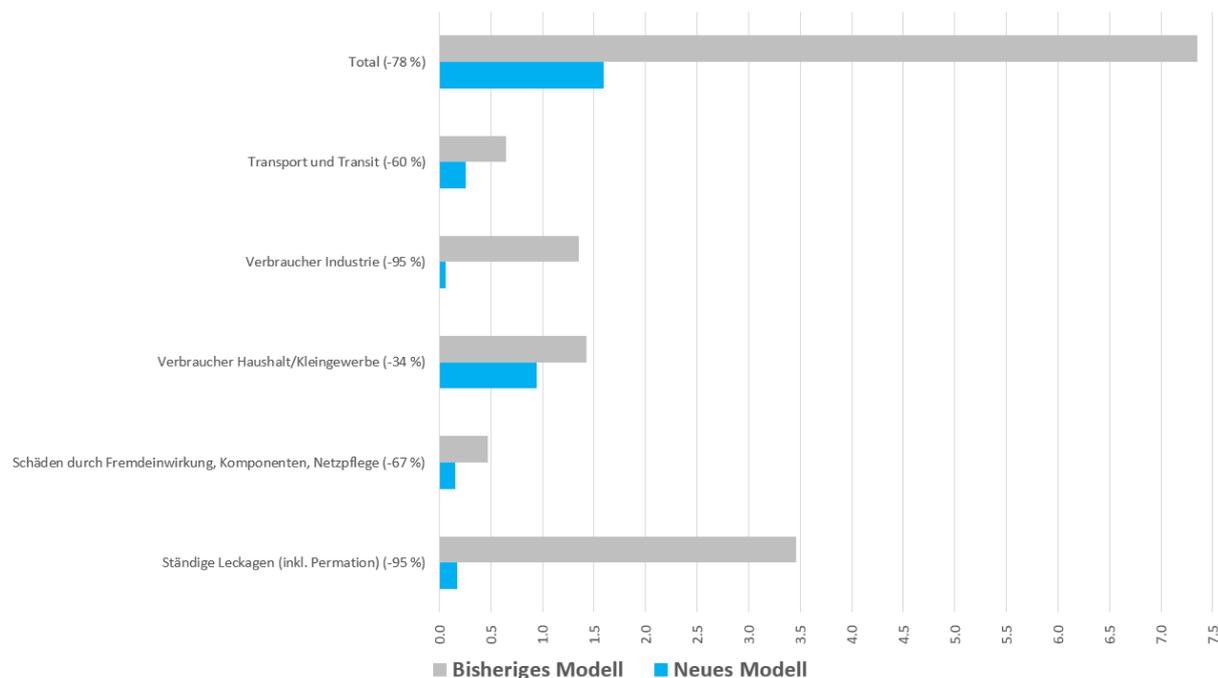


Abbildung 29: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik für das Jahr 2020²

Für das Jahr 1990 (Abbildung 30) zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Gesamtemissionen sinken um 76%, wobei wiederum die Leckagen (-89%) sowie die industriellen Netze (-97%) am stärksten zum Rückgang beitragen.

² Die Zuordnung zu den NFR/IPCC-Codes ist wie folgt (Unterkategorien von 1 «Energy», 1 B «Fugitive emissions from fuels», 1 B 2 «Oil and natural gas and other emissions from energy production»):

- Total: 1 B 2 b «Natural gas»
- Produktion: 1 B 2 b ii «Production» (nur Emissionen bis 1994, daher in Abbildung 29 und Abbildung 30 nicht dargestellt)
- Verarbeitung: 1 B 2 b iii «Processing» (neu keine Emissionen mehr, Emissionen aus LNG werden nun 1 B 2 b v zugeordnet, daher in Abbildung 29 und Abbildung 30 nicht dargestellt)
- Transport und Transit: 1 B 2 b iv «Transmission and storage»
- Verbraucher Industrie / Verbraucher Haushalt/Kleingewerbe / Schäden durch Fremdeinwirkung, Komponenten, Netzpflege / Ständige Leckagen (inkl. Permeation): 1 B 2 b v «Distribution»

1 B 2 b i «Exploration» und 1 B 2 b vi «Other» sind für die Schweiz nicht relevant (die früher unter 1 B 2 b vi in den Jahren 2010 und 2011 fälschlicherweise als Unfälle rapportierten Emissionen sind neu 1 B 2 b iv zugeordnet).

Vergleich bisheriges vs. neues Berechnungsmodell (Methanemissionen 1990 in kt CH₄)

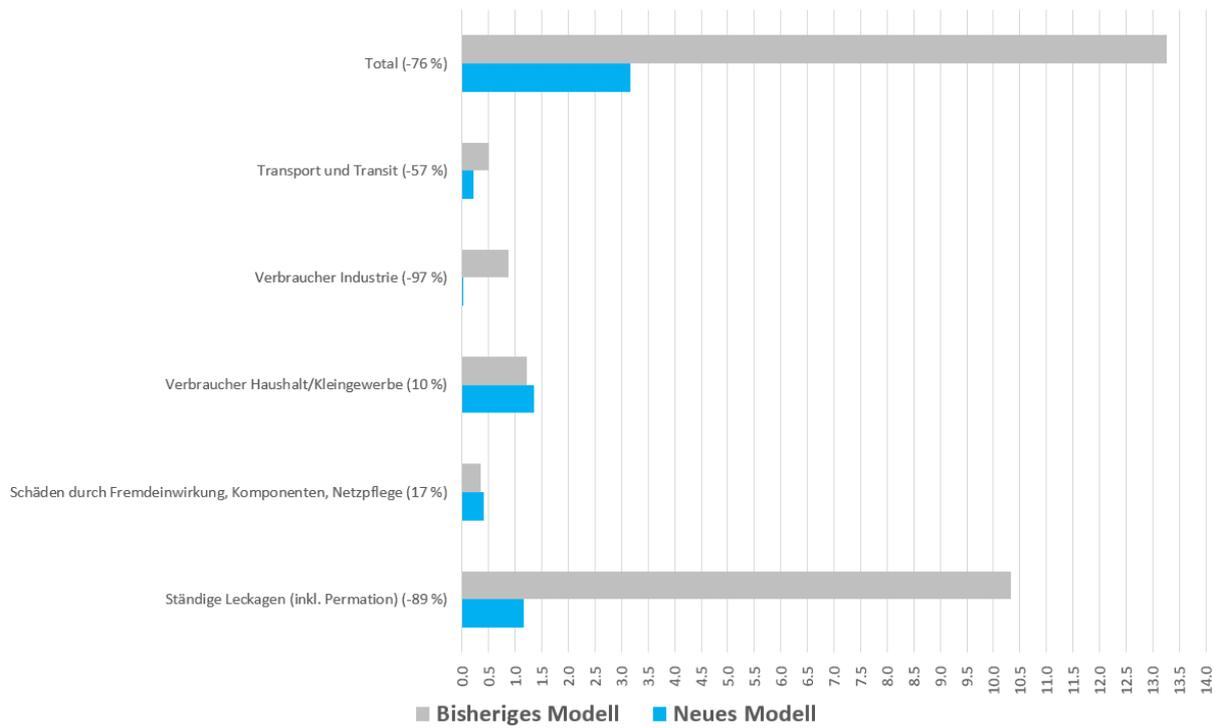


Abbildung 30: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik für das Jahr 1990²

10 Ausblick

10.1 Massnahmen zur Senkung der Emissionen

Es ist zu erwarten, dass durch weitere, teilweise geplante, teilweise aber auch bereits umgesetzte Massnahmen die Emissionen in Zukunft noch weiter abnehmen werden. Erwähnt werden können hier beispielsweise Vorkehrungen, um die vor Instandhaltungsarbeiten abgeblasenen Gasmengen zu minimieren. Diese reichen von vorgängigen Druckabsenkungen in den betreffenden Leitungsstücken bis hin zum Einsatz mobiler Kompressoren. Im Hochdruckbereich kommen vermehrt automatische Überwachungssysteme zum Einsatz, durch welche die Interventionszeiten bei Leckagen stark verkürzt werden können. Die neue Berechnungsmethodik ist bereits darauf ausgelegt, solche Fortschritte abbilden zu können. Jedoch müssen die Entwicklungen periodisch geprüft und beurteilt werden.

10.2 Emissions-Reports für Netzbetreiber

Mit der vorliegenden Berechnungsmethodik bietet sich erstmals die Möglichkeit, mit Hilfe von Daten aus der SVGW-Gasstatistik die Methanemissionen einzelner Netze, inklusive den Anteilen aus vorgelegerten Netzen, getrennt abzuschätzen. Auf dieser Grundlage erarbeitet der SVGW individuelle Reports, welche die Herkunft der Emissionen detailliert aufzeigen und auch Vergleiche zu Durchschnittswerten aller Netzbetreiber enthalten. Diese Reports sollen den Mitgliedern auch als Entscheidungshilfe dienen, wo Massnahmen zur Senkung der Emissionen am effektivsten umgesetzt werden können.

11 Literatur

- Battelle. (1989). Ermittlung der Methan-Freisetzung durch Stoffverluste bei der Erdgasversorgung der Bundesrepublik Deutschland. Bericht für die Ruhrgas AG., Frankfurt am Main: Battelle-Institut e.V.
- Buendia, E, Tanabe, K, Kranjc, A, Baasansuren, J, Fukuda, M, & Ngarize S. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Switzerland.
- Burmeister, F et al. (2022). Entwicklung der Methanemissionen in der Gasanwendung - MeGAN (G201908)
- Bussa, M., Jungbluth, N., & Meili, C. (2021). Life cycle inventories for long-distance transport and distribution of natural gas, 127.
- Carras, J. N., & Picard, D. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Fugitive Emissions.
- DBI GUT. (2018). Methane Emission Estimation Method for the Gas Distribution Grid (MEEM). Requirements for a Benefit-Effort Optimized Method, Potential for Improvements and Need for Further Research.
- ecoinvent. (2020). ecoinvent 2020: Version 3.7.1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Eidgenössische Zollverwaltung EZV. (2020, November 26). Abgerufen von <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/public/bereiche/waren/query.xhtml>
- Eidgenössische Zollverwaltung EZV. (2021, September 6). Abgerufen von <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/public/bereiche/waren/query.xhtml>
- European Environment Agency. (2019). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 and inventory report 2019. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Koninklijke Brill NV. http://doi.org/10.1163/9789004322714_cclc_2016-0201-011
- Faist Emmenegger, M., Heck, T., & Jungbluth, N. (2003). Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. Final report ecoinvent 2000 (No. No. 6-V). Villigen: Paul Scherrer Institut.
- Frank, E et al. (2023). Nutzung von LBG (Liquefied Biogas) für den Schweizer Schwerlasttransport («HelloLBG»)
- GERG. (2016). GERG Project Phase I «Analysing Methods for Determining Methane Emissions in the Gas Distribution Grid». Final Report.
- Gidakos, E., Nikodem, H., Schneider—Fresenius, W., & Wittekind, J. (1994). Methanfreisetzung bei der Erdgasnutzung in der Schweiz und Vergleich mit anderen Emittenten. Eschborn: Battelle Ingenieurtechnik.
- Große, C., Eyßer, M., Eng, M., Lehmann, S., Sammüller, J., Eng, M., u. a. (o. J.). DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, 177.
- Große, C et al. (2022). Ermittlung von Methanemissionen des Gasverteilnetzes - ME DSO (G201812)
- Heldstab, J., Schäppi, B., & Weber, F. (2019). Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2017 (National Inventory Report 2019). Vaduz: Office of Environment, Vaduz/Liechtenstein.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021, The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. Abgerufen von <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Jürgen, R. (2000). Methanemissionen durch den Einsatz von Gas in Deutschland von 1990 bis 1997 mit einem Ausblick auf 2010 : Untersuchung für den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., 33.
- Köllmer, A., & Grosse, C. (2019). Erstellung eines Leitfadens mit Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methanemissionen im Gasverteilnetz (ME-Red DSO) (S. 103). Leipzig: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.
- Liechtenstein. 2021 National Inventory Report (NIR) | UNFCCC. (2021, April 15). Abgerufen 5. September 2021, von <https://unfccc.int/documents/273449>
- MARCOGAZ. (2015). Methane emissions in the European natural gas transmission and distribution

- sectors.
- MARCOGAZ. (2016). Survey methane emissions for gas transmission and distribution in Europe.
- MARCOGAZ. (2018). SURVEY METHANE EMISSIONS FOR GAS TRANSMISSION IN EUROPE (No. WG-ME-17-09). Avenue Palmerston 4, B-1000 Brussels, Belgium.
- MARCOGAZ. (2019). Potential ways the gas industry can contribute to the reduction of methane emission.
- Meili, C., Jungbluth, N., & Bussa, M. (2021). Life cycle inventories of crude oil and natural gas extraction. on behalf of FOEN and VSG.
- Papadopoulo, M., Kaddouh, S., Pacitto, P., & Vernat, A. P. (2011). Life Cycle Assessment of the European Natural Gas Chain focused on three environmental impact indicators, 187.
- Quantis. (2014). Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft. Zeitreihe 1990 bis 2012. Schlussbericht.
- Schütz, S. (2015). Treibhausgas-Minderungspotenziale in der europäischen Gasinfrastruktur (S. 213). Technische Regel für Gasinstallationen: DVGW-TRGI. (2008) (Ausgabe 2008). Bonn: DVGW.
- UNFCCC Process | UNFCCC [unfccc.int]. (o. J.). Abgerufen 20. November 2020, von <https://unfccc.int/process-and-meetings#:2cf7f3b8-5c04-4d8a-95e2-f91ee4e4e85d>
- VSG. (2012). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2013). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2014). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2015). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2016). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2017). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2018). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2019). VSG-Jahresstatistik.
- VSG. (2020). VSG-Jahresstatistik.

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamte Methanemissionen innerhalb der Schweiz	4
Abbildung 2: Details Methanemissionen Schweiz, 2020	5
Abbildung 3: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik	6
Abbildung 4: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik	11
Abbildung 5: Verlauf der spezifischen Methan-Emissionen von 1990 bis 2020	13
Abbildung 6: Systemgrenzen der Untersuchung	14
Abbildung 7: Zeitreihe Produktion von Erdgas	16
Abbildung 8: Zeitreihe Emissionen Kompressorstation	19
Abbildung 9: Zeitreihe Emissionen Transitgas-Leitung	20
Abbildung 10: Zeitreihe Emissionen aus Netzpflege im Transportnetz	21
Abbildung 11: Zeitreihe Emissionen aus Komponenten im Transportnetz	22
Abbildung 12: Leckagehäufigkeiten und Verluste der eingesetzten Rohrleitungsmaterialien im Jahr 2020	24
Abbildung 13: Zeitreihe Emissionen aus Leckagen an Verteil- und Anschlussleitungen	25
Abbildung 14: Zeitreihe Emissionen aus Drittschäden an Verteil- und Anschlussleitungen	26
Abbildung 15: Zeitreihe Emissionen durch Permeation an Verteil- und Anschlussleitungen	26
Abbildung 16: Zeitreihe Emissionen aus Komponenten 0-5 bar	27
Abbildung 17: Zeitreihe Emissionen aus Netzpflege 0-5 bar	28
Abbildung 18: Zeitreihe Emissionen aus industriellen Netzen	29
Abbildung 19: Zeitreihe Emissionen aus Hausinstallationen	30
Abbildung 20: Zeitreihe Emissionen aus Heizungsanlagen	31
Abbildung 21: Zeitreihe Emissionen aus Gaskochgeräten	32
Abbildung 22: Zeitreihe Emissionen aus Tankstellen	32
Abbildung 23: Zeitreihe Emissionen aus LNG-Importen	34
Abbildung 24: Gesamte Methanemissionen Schweiz von 1990 bis 2021	36
Abbildung 25: Verlauf der spezifischen Methan-Emissionen von 1990 bis 2021	37
Abbildung 26: Zusammenfassung Methanemissionen Schweiz, 1990 und 2020	37
Abbildung 27: Details Methanemissionen Schweiz, 2020	38
Abbildung 28: Spezifische Methanemissionen Schweiz, berechnet mit der neuen Methodik	39
Abbildung 29: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik für das Jahr 2020	40
Abbildung 30: Veränderung der abgeschätzten Methanemissionen in den signifikanten Kategorien durch die neue Methodik für das Jahr 1990 ²	41

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der geänderten Bereiche.....	10
Tabelle 2: SVGW-Gasstatistik	12

Anhang

A1 CH4-Tool

Die im vorliegenden Bericht beschriebenen Berechnungen werden im CH4-Tool (separates Excel-Tool) detailliert dargestellt und können jährlich aufdatiert werden.

A2 Ausgelagerte Herleitungen

Ergänzend zum CH4-Tool wurden zwecks besserer Übersicht einige Herleitungen in separate Excel-Berechnungen ausgelagert:

- Herleitung_Leckagen_Permeation_Verteilnetz.xlsx
- Herleitung_Drittschäden.xlsx
- Herleitung_Transitgas_Verdichterstation.xlsx
- Herleitung_Komponenten_Gasdruckregelanlagen.xlsx
- Herleitung_Industrie.xlsx
- Herleitung_Hausinstallationen.xlsx
- Herleitung_Gaskochgeräte_Heizungsanlagen_Tankstellen.xlsx
- Herleitung_LNG.xlsx

