

# Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft

Zeitreihe 1990 bis 2012

Schlussbericht

*Erstellt für:*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



*Und für:*

*Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds  
der Schweizer Gaswirtschaft (FOGA)*

*Ausgearbeitet durch: Quantis*

Dr. Andrea Del Duce, Analyst  
Dr. Mireille Faist, Project Manager

**10. Februar 2014**

## PROJEKT INFORMATION

Projekttitel	Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft
Auftraggeber	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Bundesamt für Umwelt BAFU
Haftungsausschluss	Die Datengrundlagen dieser Studie beruhen auf Quellen, die als vertrauenswürdig eingestuft wurden. Die korrekte Weiterverwendung der Ergebnisse liegt in der Verantwortung des Lesers. Quantis ist nicht haftbar für allfällige Verluste oder Schäden, welche sich aus der Verwendung der Informationen dieses Berichts ergeben.
Version	finaler Entwurf
Projektteam	Quantis Schweiz/Deutschland ( <a href="http://www.quantis-intl.com">www.quantis-intl.com</a> ) Dr. Andrea Del Duce, Analyst ( <a href="mailto:andrea.delduce@quantis-intl.com">andrea.delduce@quantis-intl.com</a> ) Dr. Mireille Faist, Projektleiter ( <a href="mailto:mireille.faist@quantis-intl.com">mireille.faist@quantis-intl.com</a> )
Kundinnenkontakt	Frau Regine Röthlisberger (BAFU), <a href="mailto:regine.roethlisberger@bafu.admin.ch">regine.roethlisberger@bafu.admin.ch</a> ; Herr Martin Seifert (SVGW), <a href="mailto:m.seifert@svgw.ch">m.seifert@svgw.ch</a>
Interne Qualitätskontrolle	Dr. Hans-Jörg Althaus, LCA-Experte ( <a href="mailto:hans-joerg.althaus@quantis-intl.com">hans-joerg.althaus@quantis-intl.com</a> )
Projektdauer	Von Mai 2013 bis November 2013

## Zusammenfassung

In dieser Studie werden die Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft für die Zeitreihe 1990-2012 abgeschätzt. Das Ziel der Studie ist, dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), dem Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) und dem Verband der Schweizer Gasindustrie (VSG) eine einheitliche Analyse zu den Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft bereit zu stellen, die als Grundlage für die Werte der Schweizer Gaswirtschaft im Treibhausgasinventar dienen. Auftraggeber dieser Studie sind das BAFU, das Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizer Gaswirtschaft FOGA und das SVGW.

Die Studie analysiert die Methanemissionen, die aus der Produktion und dem Import, dem nationalem Transport, der Ortsgasversorgung und dem Verbrauch von Erdgas in der Schweiz entstehen. Die Emissionen, die ausserhalb der Schweizer Grenze entstehen, wurden mit der Methodik der Marcogaz-Studie „Life Cycle Assessment of the European Natural Gas Chain focused on three environmental impact indicators“ von 2010 berechnet, während Emissionen innerhalb der Schweizer Grenze auf die Methodik der Battelle-Studie „Ermittlung der Methan-Freisetzung durch Stoffverluste bei der Erdgasversorgung der Bundesrepublik Deutschland“ von 1994 basieren. Die Mehrheit der Daten, die für das Projekt nötig waren, wurden vom SVGW erhoben und zur Verfügung gestellt. Die Zeitreihe 1990-2012 wird basierend auf Daten der Stichjahre 1990, 1994, 1998, 2007 und 2012 interpoliert.

Bezüglich der Emissionen ausserhalb der Schweizer Grenze wird abgeschätzt, wie viele Verluste und abgasbedingte Methanemissionen bei der Produktion und Transport von Erdgas aus unterschiedlichen Förderländer Russland, Norwegen, Niederlande, Deutschland, Grossbritannien, Italien und Algerien entstehen. Die Ergebnisse zeigen, wie insgesamt die Emissionen aus der Russischen Produktion einen grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben.

Die Emissionen, die innerhalb der Schweiz entstehen, werden in folgenden Kategorien unterteilt: ständige Leckagen der Rohrleitungen, Schäden, Netzpflege, Leckagen von Komponenten und Verbrauch im Haushalt und in der Industrie.

Die ständigen Leckagen der Rohrleitungen ergeben sich aus der Summe der Leckagen, die von den unterschiedlichen Rohrtypen im Netz verursacht werden. Die dazu nötigen Angaben zur Beschaffenheit des Rohrnetzes wurden zum grössten Teil vom SVGW geliefert. Die Emissionen aus Schäden sowie aus der Netzpflege wurden auch basierend auf die tatsächliche Infrastruktur des Schweizer Netzes abgeschätzt. Dieses Vorgehen war dagegen für die Leckagen aus Komponenten im Netz nicht möglich, da die genauen Bestände nötiger Komponenten nicht zur Verfügung standen. Hier wurde mit einem fixen Zuschlag gerechnet, welches in der Battelle-Studie aus den Emissionen des Deutschen Gasnetzes 1994 abgeschätzt wurde. Generell ist der Beitrag dieser drei Kategorien wesentlich kleiner als derjenige der ständigen Leckagen der Rohrleitungen.

Bei den Emissionen aus dem Verbrauch wird zwischen Haushalt und Kleingewerbe einerseits und Industrie und Kraftwerken andererseits unterschieden. Es wird hier zwischen Leckagen unterschieden, die aus der Infrastruktur der Verbraucherseite entweichen, und abgasbedingte Emissionen, die aus der Nutzung von Gasapparaten entstehen. Die berechneten Emissionen basieren

auf die spezifische Anzahl an Anschlüssen und Gasapparaten im Schweizer Gasnetz. Der Beitrag von Erdgastankstellen im Industriesektor wurde in dieser Studie abgeschätzt. Die Zahlen, die zurzeit zur Verfügung stehen, deuten auf einen Beitrag von weniger als 1%.

Die folgenden Abbildungen fassen die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

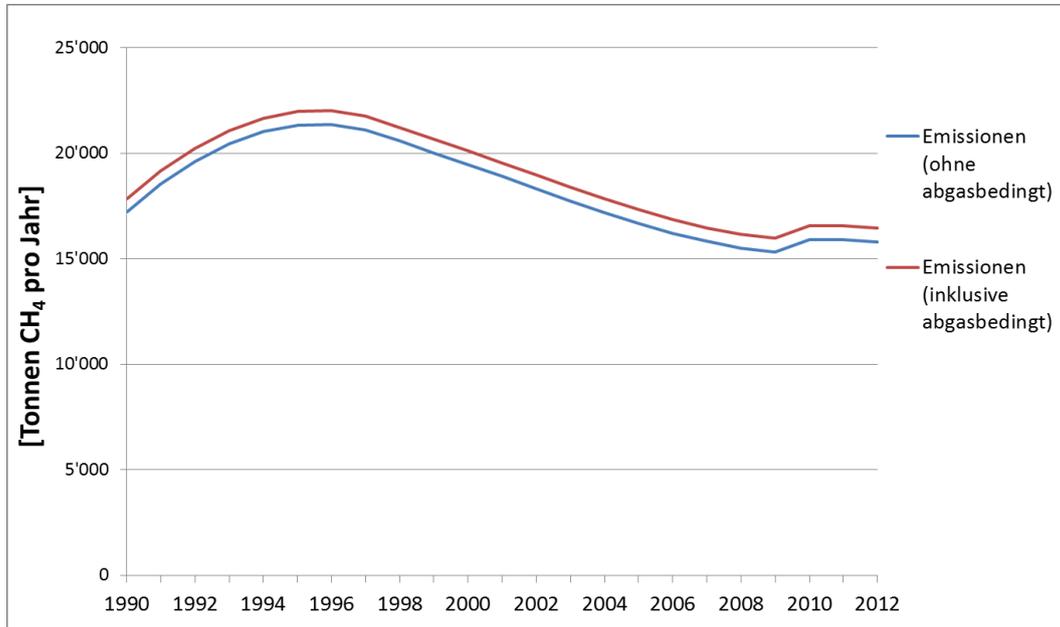


Abbildung I: Zeitreihe der Gesamtemissionen der Schweizer Gaswirtschaft.

In Abbildung I sind die Gesamtemissionen der Schweizer Gaswirtschaft abgebildet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Emissionen in den Jahren stark verändert haben. Der Anfang der 90er Jahre ist von einem stetigen Anstieg der Emissionen charakterisiert, welches mit dem Ausbau des Ortsgasversorgung-Netzes zu erklären ist. Ab Mitte der 90er Jahre kann trotz weiterem Ausbau des Netzes eine deutliche Senkung der Emissionen beobachtet werden. Im Verlauf der 90er Jahre hat sich der Einsatz von Polyethylen als Rohrmaterial immer mehr verbreitet, welches weniger Leckagen als die meisten metallische Rohrleitungen aufweist.

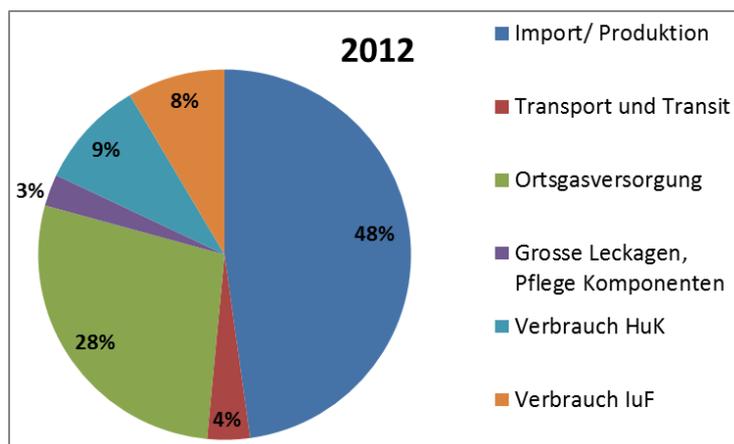


Abbildung II: Relative Bedeutung der einzelnen Emissionskategorien in 2012.

Die relative Bedeutung der einzelnen Emissionskategorien hat sich entsprechend auch geändert. Während die Ortsgasversorgung in 1990 den höchsten Beitrag zu den Gesamtemissionen hatte,

wurde 2012 der Import wichtiger, da die Emissionen in der Gasverteilung in der Schweiz durch die Erneuerung der Rohrleitungen stark reduziert werden konnten. Die relativen und absoluten Werte der Emissionen für 1990 und 2012 sind in Abbildung II und Tabelle I aufgezeigt.

	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 1990	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 2012
Import/ Produktion	4'649	7'618
Transport/ Transit	473	589
Ortsgasversorgung	9'829	4'424
Grosse Leckagen, Pflege Komponenten	332	441
Verbrauch HuK Emissionen	1'196	1'508
Verbrauch HuK - abgasbedingt	535	482
Verbrauch luF Emissionen	871	1'352
Verbrauch luF - abgasbedingt	90	193
Total (ohne abgasbedingte Emissionen)	17'350	15'932
Total (abgasbedingte Emissionen)	17'975	16'607

Tabelle I: Absolute Emissionswerte für 1990 und 2012.

Mit den oben aufgezeigten Gesamtwerten erhält man bei einem Erdgasimport der Schweiz für 2012 von 37.8 TWh ein Emissionswert in Gramm CO<sub>2</sub>-equivalente pro importierter kWh von 11.8g CO<sub>2</sub>-eq.<sup>1</sup>/kWh ohne abgasbedingte Emissionen und von 12.3g CO<sub>2</sub>-eq./kWh wenn auch die abgasbedingten Emissionen dazu gerechnet werden.

In dieser Studie wurden die Emissionen der Lichtensteiner Gaswirtschaft basierend auf den Gasverbrauch von Lichtenstein aus den Gesamtergebnissen skaliert, um separate Ergebnisse für die Schweiz und Lichtenstein bereitzustellen.

Ein weiteres Produkt dieser Studie ist das Excel-Tool, mit dem die Berechnungen der Studie ausgeführt wurden und mit welchem es möglich ist, Methanemissionen für die zukünftigen Jahre zu ermitteln. Neben den Gesamtemissionen werden im Excel-Tool auch die Emissionen bezogen auf die spezifischen IPCC Kategorien für das Treibhausgasinventar wiedergegeben. Ausserdem wird eine Energiebilanz der Schweizer Gaswirtschaft vorgestellt, in der weitere Verluste aus nicht-Methan Kohlenstoffe und Eigenverbrauch der Industrie einbezogen werden.

Mit den Informationen zur Datengrundlage, die zurzeit zur Verfügung stehen, ist es nicht möglich, die Unsicherheiten der Berechnungen abzuschätzen. Da der grösste Teil der Studie sich auf die Battelle-Methodik von 1994 stützt und diese die Unsicherheiten auf ±30% bewertet, wird angenommen, dass die Unsicherheiten der hier vorgestellten Analyse eine ähnliche Grössenordnung haben. Grundsätzlich weisen die Werte für die spezifischen Leckagen der einzelnen Bauteile des Schweizer Gasnetzes (e.g. Rohrleitungen, Komponente, Netzpflege, usw.) die grössten Unsicherheiten auf. Diese stammen weitgehend aus der Battelle-Studie von 1994, die jeweils auf Messungen zurückgreift, die 1989 für das Deutsche Gasnetz durchgeführt wurden und heute immer

<sup>1</sup> Umrechnung basiert auf ein Emissionsfaktor für die Umrechnung von Gramm Methan in Gramm CO<sub>2</sub> aus dem „Fifth Assessment Report (AR5)“ des IPCCs (2013). Methan hat laut AR5 ein Treibhausgaspotential von 28 relativ zu CO<sub>2</sub>.

noch in der Literatur verwendet werden. Es stehen also keine aktuellen und für die Schweiz spezifischen Informationen zu den Leckagen der einzelnen Bauteile zur Verfügung. Die Datengrundlage der hier präsentierten Studie erlaubte es nicht, die spezifischen Leckagen neu abzuschätzen. Um die Präzision zukünftiger Berechnungen zu erhöhen, empfehlen wir die Durchführung einer gezielten Messkampagne, um aktuelle und Schweiz-spezifische Daten zu den Emissionen der unterschiedlichen Bauteile der Schweizer Gaswirtschaft zu erheben.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	ii
Abbildungsverzeichnis .....	viii
Tabellenverzeichnis.....	ix
Abkürzungen und Fachbegriffe.....	x
Einheiten .....	xi
1 Einleitung .....	1
1.1 Ziel der Studie und Begründung .....	1
1.2 Datenerhebung und wichtigste Quellen .....	1
1.3 Struktur dieses Berichts .....	1
2 Methodik.....	3
2.1 Emissionen aus Import und Produktionsländern.....	4
2.2 Datengrundlagen der Methanemissionen in der Schweiz.....	8
2.2.1 Ständige Leckagen der Rohrleitungen .....	8
2.2.2 Brüche und Schäden, Netzpflege und Komponenten.....	14
2.2.3 Verbrauch.....	16
2.2.4 Emissionen von Lichtenstein.....	19
2.2.5 Berücksichtigung der NMVOCs .....	20
2.3 Interpolation und Zeitreihen.....	21
3 Diskussion der Ergebnisse.....	22
3.1 Überblick.....	22
3.2 Unsicherheiten und Datenqualität .....	24
4 Schlussfolgerungen .....	26
4.1 Potential zur weiteren Reduktion der Emissionen .....	26
4.2 Verbesserung der Datengrundlage .....	26
5 Referenzen .....	28
6 Annex – Berechnungstool .....	29
6.1 Dateninput .....	29
6.2 Output.....	30

6.2.1	Gesamtergebnisse und Zeitreihe .....	30
6.2.2	Emissionen in IPCC Kategorien für die Schweiz und Lichtenstein .....	31
6.2.3	Gesamtenergiebilanz der Gaswirtschaft.....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundaspekte der Methodik. 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 als Input für das UNFCCC Reporting. ....	4
Abbildung 2: Zusammenfassung der Quellen und Datengrundlage. ....	4
Abbildung 3: Methanemissionen aus dem Import von Erdgas in die Schweiz für das Jahr 2012. ....	7
Abbildung 4: Methanemissionen aus den ständigen Leckagen der Rohrleitungen. ....	14
Abbildung 5: Gesamte Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft. ....	22
Abbildung 6: Emissionen aus Import, Transport/ Verteilung und Verbrauch. ....	23
Abbildung 7: Emissionsbeiträge für 2012 ....	23
Abbildung 8: Ausschnitt aus der Dateneingabe. ....	30
Abbildung 9: Auszug aus "Output Gesamtergebnisse" ....	31
Abbildung 10: Auszug der Outputdaten für die IPCC Kategorien für die Schweiz. ....	32
Abbildung 11: Auszug aus der Energiebilanz der Schweizer Gaswirtschaft. ....	33

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Relative Importbeiträge von Russland und Norwegen (Quelle VSG).....	5
Tabelle 2: Herkunftsmix aus den Verkäuferländern. Für Russland wurde mit den direkten Informationen vom VSG gerechnet.....	5
Tabelle 3: Importmix aus Produktionsländern. ....	6
Tabelle 4: Gesamtimport der Schweiz .....	6
Tabelle 5: Methanemissionen aus dem Schweizer Import.....	7
Tabelle 6: Emissionsfaktoren in m <sup>3</sup> Erdgas pro Jahr und km für das Schweizer Gasnetz mit den entsprechenden Quellen. ....	9
Tabelle 7: Datengrundlage zur Struktur des Schweizer Gasnetzes.....	10
Tabelle 8: Finaler Datenbestand für die ständigen Leckagen der Rohrleitungen.....	11
Tabelle 9: Längen in km der Rohrmaterialien im Schweizer Gasnetz.....	13
Tabelle 10:Emissionsfaktoren für Schäden im Netz (Tabelle 3-5 in Battelle 1994 [2]). ....	15
Tabelle 11: Emissionsfaktoren der Netzpflege (Tabelle 3-5 in Battelle 1994 [2]). ....	15
Tabelle 12: Emissionen aus Schäden, Netzpflege und Komponente .....	16
Tabelle 13: Emissionsfaktoren für den Verbrauch von Erdgas im HuK Bereich .....	16
Tabelle 14: Datenbestand für die Verbraucherseite. ....	17
Tabelle 15: Methanemissionen aus dem Haushalt und Kleingewerbe.....	18
Tabelle 16: Emissionsfaktoren der Leckagen für den IuF Sektor. ....	18
Tabelle 17: Methanemissionen aus Industrie und Kraftwerken.....	18
Tabelle 18: Anzahl der Erdgastankstellen und Gesamtmethanemissionen . ....	19
Tabelle 19: Erdgasbezug der Schweiz und von Lichtenstein. ....	20
Tabelle 20: Abgeschätzte Methanemissionen von Lichtenstein. ....	20
Tabelle 21: Massen- und Energieanteile von NMVOCs im Erdgas.....	21
Tabelle 22: NMVOC Emissionen und deren Energiegehalt.....	21
Tabelle 23: Spezifische Beiträge (in Tonnen CH <sub>4</sub> ) aus den unterschiedlichen Sektoren der Schweizer Gaswirtschaft für 1990 und 2012. ....	24

## Abkürzungen und Fachbegriffe

AD	Aktivitätsdaten: werden mit Emissionsfaktoren 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.
BAFU	Bundesamt für Umwelt
DN	Druckniveau
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.
HD	Hochdruck; 1bar-5bar in der Verteilung, >5bar im Transport
HuK	Haushalt und Kleingewerbe
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IuF	Industrie und Kraftwerke
MD	Mitteldruck; 101mbar-999mbar
Nm <sup>3</sup>	Norm-Kubikmeter
PN	Niederdruck (aus dem Englischen „Pressure Nominal“) ≤100mbar
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VSG	Verband der Schweizer Gasindustrie

## Einheiten

Emissionsfaktoren Rohrleitungen	[m <sup>3</sup> Erdgas/(km und Jahr)]
Importmengen	[GWh]
Emissionen (Ergebnisse: Import, Transport, Transit, Ortsgasversorgung, usw.)	[Tonnen CH <sub>4</sub> ]
Länge Rohrleitungen	[km]

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel der Studie und Begründung

Zur Erstellung des Treibhausgasinventars der Schweiz muss das BAFU jährlich die Methanemissionen aus der Schweizer Gasindustrie abschätzen. Die aktuellen Zahlen basieren auf einer Extrapolation einer früheren Studie und sind mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Ziel dieses Projektes ist die Neubeurteilung der Emissionen für die Zeit seit 1990, bei der die neusten Daten berücksichtigt werden.

In dieser Studie werden die Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft für den Zeitraum 1990-2012 untersucht. Die Emissionen werden basierend auf den Daten zum Gasnetz des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches SVGW und auf Daten aus der Literatur berechnet. Dabei wird zwischen Emissionen aus der Vorkette bis an die Schweizer Grenze und Emissionen in der Schweiz unterschieden. Für die Emissionen in der Schweiz wird nach den IPCC Berichterstattungsrichtlinien für das Treibhausgasinventar vorgegangen.

In diesem Bericht werden die Datengrundlagen und die Berechnungsmethodik beschrieben sowie die beigezogenen Quellen aufgeführt. Zusätzlich wurde ein Excel-Tool erstellt, welches die Fortschreibung der Zeitreihe erlaubt.

## 1.2 Datenerhebung und wichtigste Quellen

Die Methanemissionen der Gaswirtschaft werden in Anlehnung auf die IPCC Berichterstattungsrichtlinien in zwei Bereichen unterteilt: einerseits die Emissionen, die innerhalb der Schweiz durch die Nutzung und die Verteilung des Erdgases entstehen, andererseits die Emissionen, die durch die Produktion im Ausland und durch den Import verursacht werden.

Für die Berechnung der Emissionen im Ausland wurde als Grundquelle für die Methodik die Marcogaz-Studie von 2011 „Life Cycle Assessment of the European Natural Gas Chain focused on three environmental impact indicators“ [1] benutzt. Für die Emissionen innerhalb der Schweiz war die Hauptquelle für die Methodik die Battelle-Studie von 1994 „Methanfreisetzung bei der Erdgasnutzung in der Schweiz und Vergleich mit anderen Emittenten“ [2].

Die Daten zur technischen Beschreibung des Schweizer Gasnetzes, zu den Importmengen und zu dem Verbrauch von Erdgas in der Schweiz wurden vom SVGW zur Verfügung gestellt. Die Hauptquellen dazu sind die SVGW Jahrbücher und die VSG Statistiken.

## 1.3 Struktur dieses Berichts

Die Methodik und Daten für die unterschiedlichen Emissionsbeiträge in der Schweizer Gaswirtschaft sind in Kapitel 2 beschrieben. Kapitel 2.1 befasst sich mit den Emissionen, die ausserhalb der Schweizer Grenze von Produktion und Import verursacht werden, während sich Kapitel 2.2 mit den Emissionen

innerhalb der Schweiz auseinandersetzt. Bezüglich der Emissionen innerhalb der Schweizer Grenze werden in Kapitel 2.2.1 die Emissionen aus den ständigen Leckagen der Rohrleitungen beschrieben und in 2.2.2 die Emissionen, die aus Schäden, Netzpflege und Komponenten verursacht werden. Kapitel 2.2.3 befasst sich mit den Emissionen, die aus dem Verbrauch von Erdgas in der Schweiz entstehen. Hier wird jeweils in Kapitel 2.2.3.1 und 2.2.3.2 zwischen den Emissionen aus dem Haushalt und Kleingewerbe (HuK) im Gegensatz zu denen aus der Industrie und Kraftwerken (IuF) unterschieden. In Kapitel 2.2.4 wird beschrieben, wie die Emissionen von Lichtenstein behandelt wurden. Da bei einer Erdgasemission auch eine Reihe von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMVOC) entweicht, wurde in Kapitel 2.2.5 zusätzlich zu den Methanemissionen auch der Energiebeitrag berechnet, welches durch die Emission der NMVOCs verloren geht.. Kapitel 2.3 beschreibt schlussendlich die Interpolation, die zur Fertigstellung der kompletten Zeitreihe von 1990 bis 2012 aus den Stichjahren, für welche Daten zur Verfügung standen, benutzt wurde.

In Kapitel 3 werden die Gesamtergebnisse diskutiert und die spezifischen Beiträge aus den unterschiedlichen Sektoren der Schweizer Gaswirtschaft verglichen (3.1). Weiterhin werden in 3.2 Datenqualität und Unsicherheiten diskutiert.

Kapitel 4 stellt die Schlussfolgerungen des Projektes sowie Empfehlungen für die Verbesserung der Datengrundlage vor.

Im Annex werden der Aufbau und die Nutzung des Excel-Tools beschrieben, welches für die Berechnung der zukünftigen Emissionen entwickelt worden ist.

## 2 Methodik

Die Berechnung der Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft wurde in zwei Bereiche aufgeteilt: Emissionen aus der Vorkette bis an die Schweizer Grenze und Emissionen, die in der Schweiz entstehen. Grundsätzlich wird die gleiche Methodik für beide Bereiche angewendet: die Emissionen werden durch die Multiplikation von Emissionsfaktoren (EF) mit Aktivitätsdaten (AD) ermittelt. Ein Emissionsfaktor gibt das Verhältnis einer bestimmten Substanz zu einer bestimmten Ausgangsgrösse<sup>2</sup> an. Zum Beispiel werden Emissionsfaktoren für die Berechnung der ständigen Leckagen bei Rohrleitungen typischerweise in m<sup>3</sup> Methan pro km und Jahr angegeben. Aktivitätsdaten sind die entsprechenden Grössen, die das System charakterisieren. Im Beispiel der Rohrleitungen ist das nötige Aktivitätsdatum die Länge einer Leitung im Netz. Das Produkt des Emissionsfaktors (Emissionen pro km) mit dem entsprechenden Aktivitätsdatum (Länge der Leitung im Netz) ergibt die Gesamtemissionen aus den Rohrleitungen. Im Falle der Emissionen der Schweizer Gaswirtschaft beschreiben Emissionsfaktoren eine technische Eigenschaft von einzelnen Bauteilen oder Sektoren, während die Aktivitätsdaten typischerweise Grössen darstellen, die das gesamte System beschreiben – zum Beispiel Gesamtlänge der Rohrleitungen im Schweizer Netz oder Gesamtimportmengen an Erdgas.

Da Emissionsfaktoren eine technische Eigenschaft von einem Objekt oder Prozessschritt beschreiben, bleiben diese typischerweise über längere Jahre konstant. Änderungen können bei technologischen Fortschritten oder bei neuen Messresultaten für die gleichen Objekten, oder falls neue Installationen zu einer Modernisierung des Netzes führen. Für diese Studie wurden Emissionsfaktoren aus der Literatur entnommen. Die Hauptquelle für Emissionsfaktoren für den Emissionen aus Produktion und internationalen Transport des Erdgases ist die Marcogaz-Studie von 2011 „Life Cycle Assessment of the European Natural Gas Chain focused on three environmental impact indicators“ [1] benutzt, welche sich mehrheitlich auf die ecoinvent Datenbank Version 2 abstützt. Bei den Emissionen innerhalb der Schweiz gilt die Battelle-Studie von 1994 „Methanfreisetzung bei der Erdgasnutzung in der Schweiz und Vergleich mit anderen Emittenten“ [2] als Grundreferenz. Die Methodik, die in der Battelle-Studie benutzt wird, ist vereinbar mit den Richtlinien des IPCCs zur Erstellung der nationalen Treibhausinventare. Die Ergebnisse dieses Projektes können deswegen für das UNFCCC-Reporting der Treibgasemissionen der Schweiz benutzt werden. Die Kernaspekte der Methodik werden in Abbildung 1 zusammengefasst.

---

<sup>2</sup> <http://www.umweltlexikon-online.de/RUBsonstiges/Emissionsfaktor.php>

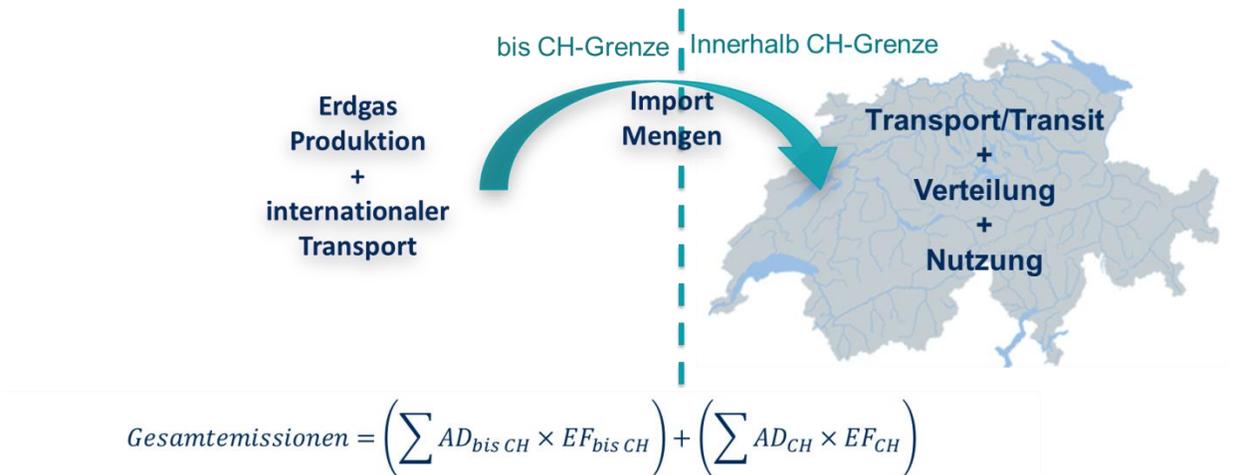


Abbildung 1: Grundaspekte der Methodik. Die Gesamtemissionen ergeben sich aus der Summe der Emissionen in der Vorkette bis zur Schweizer Grenze und den Emissionen in der Schweiz. Die Emissionen innerhalb der Schweiz werden basierend auf der IPCC Methodik berechnet und dienen als Input für das UNFCCC Reporting.

Aktivitätsdaten beschreiben konkrete Daten zur Entwicklung Jahr für Jahr der Systemgrößen der Schweizer Gaswirtschaft. Diese mussten deswegen spezifisch für die verschiedenen Stichjahre erhoben oder abgeschätzt werden. Der grösste Teil der Aktivitätsdaten wurde vom SVGW zur Verfügung gestellt. Wichtige Quellen waren in diesem Fall die SVGW Jahresstatistiken und die Statistik des Verbandes der Schweizer Gasindustrie (VSG). In Abbildung 2 sind die wichtigsten Quellen und die Datengrundlage des Projektes zusammengefasst.

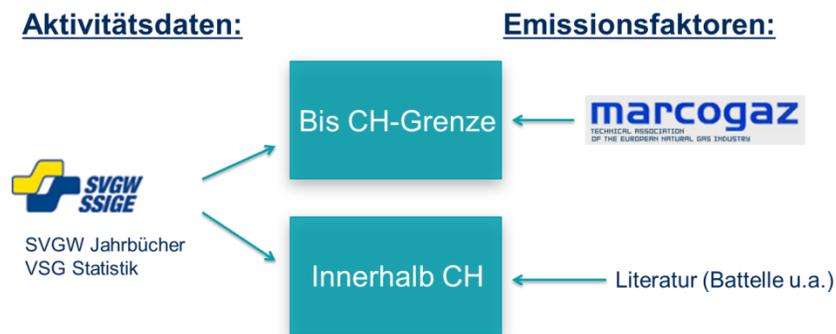


Abbildung 2: Zusammenfassung der Quellen und Datengrundlage.

Zuletzt ist zu beachten, dass für die Zusammenstellung der Zeitreihe der Emissionen von 1990 bis 2012 nur Daten zu den Stichjahren 1990, 1994, 1998, 2007 und 2012 vorliegen. Für die restlichen Jahre werden die Emissionen aus den Stichjahren interpoliert.

### 2.1 Emissionen aus Import und Produktionsländern

1994 wurde die Inlandproduktion von Erdgas in der Schweiz eingestellt. Ab 1994 kommt das ganze Erdgas, welches in der Schweiz verbraucht wird, aus dem Ausland. Wie zum Beispiel aus den vergangenen Jahresstatistiken des VSG entnommen werden kann, gibt es eine Reihe von

unterschiedlichen, internationalen Importeuren, die zurzeit die Schweiz mit Erdgas versorgen. Um die Emissionen des Erdgasimportes zu ermitteln, muss deshalb berechnet werden, wie viel Erdgas aus welchen Erdgasförderländern in die Schweiz importiert wird und welche Emissionen bei der Produktion des Erdgases in diesen Ländern und beim internationalen Transport entstehen.

Für den Import aus Norwegen und Russland stehen ab 2009 spezifische Daten vom VSG<sup>3</sup>.

	2009	2010	2011	2012	Durchschnitt
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Russland	23	24	22	23	23
Norwegen	25	23	21	24	23.25

Tabelle 1: Relative Importbeiträge von Russland und Norwegen (Quelle VSG).

Für 2012 wurden für Russland und Norwegen die in Tabelle 1 unter 2012 aufgezeigten Werte benutzt. Für 2007 wurde der Durchschnitt der Werte von 2009 bis 2012 genommen. Die Werte für die restlichen Jahre und Förderländer mussten mit folgender Methodik abgeschätzt werden. Die VSG Statistik erhebt wie viel Erdgas aus unterschiedlichen Verkäuferländern importiert wird (Tabelle 2). Da für 2012 noch keine Daten zur Verfügung standen und die Daten aus 2011 stark aggregiert waren im Gegensatz zu den vorigen Jahren, wurde für 2012 der gleiche Importmix wie in 2007 angenommen.

	1990	1994	1998	2007	2012
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Deutschland	46.0	47.8	50.1	50	50
Niederlande	26.5	22.8	22.0	18	18
Russland	12.8	15.6	12.5	*	*
Frankreich	13.7	12.5	13.8	14	14
Italien	0.9	1.4	1.6	2.1	2.1
Inland	0.2	0.1	0.0	0	0

Tabelle 2: Herkunftsmix aus den Verkäuferländern. Für Russland wurde mit den direkten Informationen vom VSG gerechnet.

Um den Importmix aus den Produktionsländern zu ermitteln, wurden die Produktionsimportmixe der unterschiedlichen Verkäuferländer aus derecoinvent Bericht „Erdgas“ [3] benutzt. Die Multiplikation dieser Angaben mit dem Importmix der Verkäuferländer ergibt den Produktionsimportmix für die Schweiz, welcher in Tabelle 3 zusammengefasst wird.

<sup>3</sup> Persönliche Mitteilung von Dr. A. Grossen (Leiter Politik, VSG)

Import Mix (Produktionsländer)	1990	1994	1998	2007	2012
Russland	25.9	27.3	27.5	23.0	23.0
Norwegen	18.2	18.5	18.6	23.3	24.0
Niederlande	35.1	32.7	32.0	29.3	29.3
Deutschland	10.6	11.4	11.3	11.7	11.7
Frankreich	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
UK	6.2	6.1	6.0	5.7	5.7
Algerien	3.7	3.5	3.9	4.1	4.1
Italien	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5
Andere	0.2	0.1	0.3	2.4	1.6

Tabelle 3: Importmix aus Produktionsländern.

Die gesamte Importmenge wurde aus den VSG Statistiken ermittelt.

	1990	1994	1998	2007	2012
Gesamtimport Schweiz [GWh]	21'100	25'700	30'500	34'000	37'800

Tabelle 4: Gesamtimport der Schweiz

Durch Tabelle 3 und Tabelle 4 kann die Menge an Erdgas abgeschätzt werden, die aus den unterschiedlichen Produktionsländern importiert wird. Insbesondere erlaubt Tabelle 3 mit den vom VSG angepassten Korrekturen die separate Bilanzierung der Emissionen aus Deutschland und Russland. Zuerst werden die Emissionen aus der Produktion in Russland und dem Transport bis zur Deutschen Grenze ermittelt und anschliessend die aus dem Transport in Deutschland des aus Russland importierten Erdgases.

Mit diesen Werten können zusammen mit den Emissionsfaktoren, die in der Marcogaz-Studie [1] zu finden sind, die Emissionen aus dem Import für jedes Land aus Tabelle 4 berechnet werden. Die Emissionsfaktoren der Marcogaz-Studie decken Förderung, Verarbeitung und internationalen Transport in Russland, Norwegen, Holland, Deutschland, Italien und Algerien und basieren auf ecoinvent Version 2 und aktueller Literatur. Für die Emissionen aus dem russischen Export, die in der Vergangenheit stark diskutiert wurden, berücksichtigt die Marcogaz-Studie die Ergebnisse der Studie des Fraunhofer Instituts zu dem Emissionen des russischen Exports [4] von 2005.

Grundsätzlich gibt Marcogaz-Studie für die unterschiedlichen Länder die direkten Leckagen an, die bei der Produktion, Verarbeitung und Transport verursacht werden. Durch den Methangehalt des Erdgases dieser Länder kann die daraus emittierte Menge an Methan berechnet werden. In einigen Fällen werden auch die Mengen an abgefackeltem Erdgas angegeben. Die Gesamtemissionen werden also aus der Summe der direkten Leckagen und des Methans, welches bei der Abfackelung freigesetzt wird, berechnet.

In der Marcogaz-Studie werden weiter die Emissionen beschrieben, die bei der Verflüssigung von Erdgas entstehen. Das ist für den Anteil an Erdgas wichtig, welches aus Algerien importiert wird.

In Tabelle 5 sind die Gesamtemissionen, die aus dem Import von Erdgas in die Schweiz verursacht werden, zusammengefasst.

	1990	1994	1998	2007	2012
Methanemissionen Import [Tonnen CH <sub>4</sub> ]	4'649	5'958	7'060	6'800	7'618

Tabelle 5: Methanemissionen aus dem Schweizer Import.

Tabelle 5 zeigt, dass die Gesamtemissionen seit 1990 grundsätzlich gestiegen sind, was durch den wachsenden Import an Erdgas in die Schweiz erklärt werden kann. Nur zwischen 1998 und 2007 kann man einen Rückgang der Emissionen beobachten. Dies hängt mit der Tatsache zusammen, dass zwischen 1998 und 2007 der Anteil an russischem Erdgas kleiner geworden ist. Hier ist aber zu beachten, dass es keine konsistente Datenquelle für die ganze Zeitreihe existiert.

Die folgende Abbildung zeigt die relative Bedeutung der Herkunftsländer für das Stichjahr 2012.

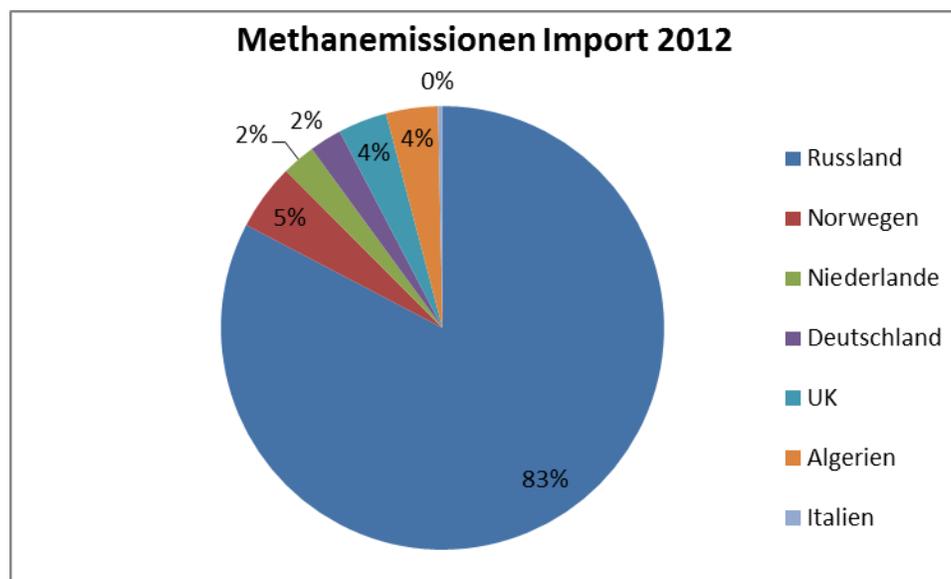


Abbildung 3: Methanemissionen aus dem Import von Erdgas in die Schweiz für das Jahr 2012.

Die Emissionen aus dem russischen Import dominieren das Endergebnis. Dies hängt damit zusammen, dass Russland der grösste Exporteur für die Schweiz nach den Niederlanden ist und dass die Emissionsfaktoren für Russland typischerweise grösser als diejenigen der anderen Länder sind. Besonders stark trägt der Transport hier bei; in der Marcogaz-Studie ist der Emissionsfaktor für den Transport aus Russland um ungefähr ein Faktor 10 grösser als derjenige für die Europäischen Länder.

## 2.2 Datengrundlagen der Methanemissionen in der Schweiz

Das zu importierende Erdgas wird durch Zollstationen in das Schweizer Gasnetz eingeführt. Das Schweizer Gasnetz kann grundsätzlich in zwei Bereiche geteilt werden: das Hochdruck-Transportnetz, welches das Erdgas über längere Distanzen innerhalb der Schweiz transportiert und es den lokalen Ortsgasunternehmen zur Verfügung stellt, und das Ortsgasversorgungsnetz, in welchem die Ortsgasversorgungsunternehmen das Erdgas an die Kunden verteilen. Zum Hochdruck-Transport gehört auch das Transitnetz, das Erdgas transportiert, welches nicht in der Schweiz verbraucht wird. Weiter wird bei der Ortsgasversorgung zwischen dem Verteilungsnetz und den Hausanschlussleitungen unterschieden. Das Verteilungsnetz transportiert das Erdgas vom Kontaktpunkt mit dem Hochdruck-Transportnetz bis zu den Strassen, wo die Kunden sind. Die Anschlussleitungen führen von der Strasse bis zum Zähler der Kundinnen.

Die Emissionen, die innerhalb der Schweizer Grenze entstehen, wurden basierend auf der Methodik der Battelle-Studie von 1994 [2] berechnet. Diese unterteilt die Berechnung in folgenden 5 Sektoren:

- Emissionen aus den ständigen Leckagen der Rohrleitungen im Netz
- Emissionen aus Schäden in den Rohrleitungen
- Emissionen aus der Netzpflege
- Emissionen aus den Komponenten (Armaturen, Zähler, usw.)
- Emissionen vom Verbrauch des Erdgases durch die Kunden.

Wenn nicht anders beschrieben, werden Emissionsfaktoren typischerweise bei Rohrleitungen in  $\text{m}^3$  Erdgas pro km und Jahr angegeben oder in  $\text{m}^3$  Erdgas pro Apparat/ Komponente/ Anlage und Jahr bei den anderen Emissionsquellen. Die daraus entstehenden Gesamtemissionen werden in Tonnen Methan aufgezeigt. Die Umwandlung von  $\text{m}^3$  Erdgas auf Tonnen Methan wird für jedes Stichjahr separat berechnet und basiert auf die Werte der Erdgaskomposition, die in den SVGW Jahrbüchern veröffentlicht werden.

### 2.2.1 Ständige Leckagen der Rohrleitungen

Emissionsfaktoren für die ständigen Leckagen der Rohrleitungen beschreiben, wie viel Erdgas pro km ein spezifisches Rohrtyp bei einem bestimmten Druck verliert. Kennt man die Längen von den unterschiedlichen Rohrtypen im Gasnetz für die verschiedenen Druckniveaus, können damit die Gesamtemissionen berechnet werden.

Die Battelle-Studie von 1994 liefert eine umfangreiche Liste an Emissionsfaktoren für eine Reihe von unterschiedlichen Rohrmaterialien bei Niederdruck (0.1-1 bar), Mitteldruck (1-5 bar) und Hochdruck (>5bar). Da die Emissionsfaktoren der Battelle-Studie auf Messungen des Deutschen Gasnetzes beruhen und 1994 veröffentlicht wurden, wurde die Literatur nach aktuelleren und für die Schweiz spezifischere Emissionsfaktoren untersucht. Die einzige aktuellere Quelle zu Schweizer Emissionsfaktoren ist die von Xinmin aus 2004 [5]. Diese benutzt zum grössten Teil die gleichen Emissionsfaktoren der Battelle-Studie

von 1994 im Niederdruck- und Mitteldruck-Bereich, aber tiefere Emissionsfaktoren für den Hochdruck-Bereich. Zwei weitere Studien wurden in Betracht genommen: eine Deutsche Studie des Fraunhofer Instituts von 2000 [6] und eine Amerikanische von der American Petroleum Association [7]. Beide basieren aber auf Methoden, die sich nicht leicht an die Schweizer Perspektive anpassen lassen. Da schlussendlich die Battelle-Methodik eine transparente und komplette Studie darstellt, die für die Schweiz vorbereitet wurde, wurden in Absprache mit dem SVGW [8] dessen Emissionsfaktoren benutzt und mit den Aktualisierungen aus der Xinmin Studie ergänzt. In Tabelle 6 sind die Emissionsfaktoren in  $m^3$  Erdgas pro km und Jahr aus der Battelle und Xinmin Studie für Niederdruck (PN), Mitteldruck (MD) und Hochdruck (HD) wiedergegeben.

Material	[ $m^3$ Erdgas/(a km)]	Quelle
Grauguss PN	7008	Battelle [2], S.90-91
Grauguss MD	10512	Battelle [2], S.90-91
Grauguss HD	1681.92	Xinmin [5], Tabelle 5
Duktilguss PN	770.88	Battelle [2], S.90-91
Duktilguss MD	1156.32	Battelle [2], S.90-91
Duktilguss HD	20.148	Xinmin [5], Tabelle 5
Stahl, nicht kathodisch, PN	770.88	Battelle [2], S.90-91
Stahl, nicht kathodisch, MD	115.632	Xinmin [5], Tabelle 5
Stahl, nicht kathodisch, HD	5.4312	Xinmin [5], Tabelle 5
Stahl, kathodisch, PN	70.08	Battelle [2], S.90-91
Stahl, kathodisch, MD	105.12	Battelle [2], S.90-91
Stahl, kathodisch, HD	0.1752	Xinmin [5], Tabelle 5
Stahl, kathodisch, Transport	249	Battelle [2], S.90-91
Polyethylene (PE) PN	70.08	Battelle [2], S.90-91
PE MD	140.16	Battelle [2], S.90-91
PE HD	5.4312	Xinmin [5], Tabelle 5
Saniert, PE, PN	70.08	Battelle [2], S.90-91
Saniert, PE, MD	140.16	Battelle [2], S.90-91
Saniert, PE HD	0.1752	Xinmin [5], Tabelle 5
Saniert, andere PN	105.12	Battelle [2], S.90-91
Saniert, andere MD	210.24	Battelle [2], S.90-91

Tabelle 6: Emissionsfaktoren in  $m^3$  Erdgas pro Jahr und km für das Schweizer Gasnetz mit den entsprechenden Quellen.

Basierend auf Battelle 1994 wurde ausserdem ein Emissionsfaktor von  $6'096m^3$  pro Jahr und MW Leistung für die Verdichterstation Ruswil angenommen. Diese Werte wurden für alle Stichjahre der Studie benutzt.

Um die Gesamtemissionen aus den ständigen Leckagen berechnen zu können, müssen für alle Stichjahre die Längen der unterschiedlichen Rohrleitungen (i.e. Material und Druckbetrieb) erhoben werden. Daten dazu wurden vom SVGW geliefert oder waren für das Jahr 1993/1994 in der Battelle-Studie zu finden. Es standen aber nicht für alle Stichjahre komplette Datensätze zur Verfügung.

In Tabelle 7 ist die Datengrundlage zur Struktur des Schweizer Gasnetzes für die verschiedenen Stichjahre zusammengefasst. Im optimalen Fall ist die Länge pro Rohrmaterial und Druckniveau (DN) vorhanden. Wenn diese nicht verfügbar war, wurde die Zusammensetzung der Rohrleitungen mit der Gesamtlänge des Netzes und der Materialzusammensetzung des Netzes aus anderen Stichjahren abgeschätzt.

	Hausanschlussleitungen		Verteilung		Transport Transit
	Länge pro Material und DN	Gesamtlänge	Länge pro Material und DN	Gesamtlänge	Gesamtlänge
1990	X	X	X	X	X
1993/1994*	✓	✓	✓	✓	✓
1998**	X	X	Gesamtl. für ND+MD, HD	✓	✓
2006 ***	X	X	✓	✓	✓
2012 ****	X	✓	ND+MD, HD	✓	✓

\* Battelle 1994

\*\* VSG Statistik 1998

\*\*\* SVGW Jahrbuch 2008 (Erhebung 2006)

\*\*\*\* SVGW Jahrbuch 2013 (Erhebung 2012)

Tabelle 7: Datengrundlage zur Struktur des Schweizer Gasnetzes.

Tabelle 7 zeigt, dass es generell grosse Datenlücken für 1990 und für die Hausanschlussleitungen gibt. Für 1990 wurde deswegen die Gesamtlänge aus den Gesamtlängen für 1993/1994 und 1998 extrapoliert. Da in diesen Jahren das Netz sehr stark und kontinuierlich ausgebaut wurde, ist die Gesamtlänge fast linear gestiegen, sodass eine lineare Extrapolation akzeptabel ist [8]. Die Aufteilung des Netzes in den Längen der unterschiedlichen Rohrtypen wurde aus der Battelle-Studie von 1994 entnommen. Hier ist zu beachten, dass die Berechnungen der Battelle-Studie auf Erhebungen der Längen von 1993 basieren. Für die vorliegende Studie wurde die Aufteilung aus der Battelle-Studie für 1993 auf die Gesamtlänge des Netzes für 1994 angewendet und die Materialzusammensetzung des Netzes für 1994 so extrapoliert. Für 1998 wurde die Länge der Hausanschlussleitungen aus der Länge für 1993/1994 skaliert. Dabei wurde angenommen, dass die Länge der Hausanschlussleitungen proportional zum Verteilungsnetz gewachsen ist.

Da der Anteil an Gussleitungen einen grossen Einfluss auf die Leckage-Mengen hat und ab Mitte der 90er Jahre diese Leitungen laufend durch PE-Rohrleitungen ersetzt wurden, wurden für diese Art von

Leitungen und für die Jahre 1998 bis 2007 spezifische Daten vom SVGW benutzt. Die Längen der anderen Materialien wurden entsprechend angepasst. Um die Längen der restlichen Rohrtypen zu berechnen, wurde auch für 1998 die Materialkomposition der Battelle-Studie von 1994 benutzt. Bei 2007 ist zu beachten, dass keine Informationen zu den Hausanschlussleitungen zur Verfügung standen. Deren Gesamtlänge wurde aus dem Wert für 2012 runterskaliert. Für die Aufteilung in die unterschiedlichen Rohrtypen wurde die gleiche Materialzusammensetzung wie im Verteilungsnetz angenommen. Für 2012 waren dagegen einige Daten zur Materialzusammensetzung im Verteilungsnetz aggregiert. Daten aus 2007 wurden benutzt, um eine feinere Aufteilung in die verschiedenen Rohrtypen zu bekommen. Das gleiche Vorgehen wurde auch für die Hausanschlussleitungen von 2012 angewendet, da keine anderen Informationen zur Verfügung standen. In Tabelle 8 sind die Annahmen für die Fertigstellung der Datengrundlage nochmals zusammengefasst.

	Hausanschlussleitungen		Verteilung		Transport Transit
	Länge pro Material und DN	Gesamtlänge	Länge pro Material und DN	Gesamtlänge	Gesamtlänge
1990	Materialisierung Battelle*	Skaliert 1994-1998	Materialisierung Battelle*	Skaliert 1994-1998	Skaliert 1994-1998
1994	Materialisierung Battelle*	Skaliert Battelle	Materialisierung Battelle*	✓	Skaliert Battelle
1998	Materialisierung Battelle*	Skaliert Battelle	Materialisierung Battelle* und SVGW***	✓	✓
2007	Materialisierung Verteilung (2006)**	Skaliert 2006-2012	Materialisierung Verteilung (2006)** und SVGW***	Skaliert 2006-2012	Skaliert 2006-2012
2012	Materialisierung Verteilung (2006)**	✓	Materialisierung Verteilung (2006)**	✓	✓

\* Battelle 1994

\*\* SVGW Jahrbuch 2008 (Erhebung 2006)

\*\*\* Persönliche Mitteilung von Herrn M. Grilc, SVGW

Tabelle 8: Finaler Datenbestand für die ständigen Leckagen der Rohrleitungen.

In Tabelle 9 sind die resultierenden charakteristischen Längen für das Schweizer Gasnetz in den verschiedenen Stichjahren aufgezeigt. Bei den Werten in Tabelle 9 muss beachtet werden, dass, wie oben besprochen, wegen Mangel an genaueren Informationen einige Daten aus denen von anderen Jahren skaliert wurden. Das gilt besonders für die Anschlussleitungen, bei welchen es die grössten Datenlücken gibt. So ist, zum Beispiel, der 2007 Wert für Grauguss im Niederdruck für die Anschlussleitungen (114km – ein Wert, welcher grösser ist, als die Werte für 1998 und 2012) oder die Werte für „Anderen Materialien“ im Niederdruck / Anschlussleitungen (1.8 und 44.4km) ein Artefakt der Skalierung. Da diese Werte nur einen kleinen Einfluss auf die Schlussresultate haben, wurden sie nicht weiter verfeinert.

	1990	1994	1998	2007	2012
Material und Druckbereich	km	km	km	km	km
Grauguss PN Anschluss	47	56	62	114	66
Grauguss MD Anschluss	7	8	9	0	0
Grauguss HD Anschluss	0	0	0	0	1
Grauguss PN Verteilung	1'295	1'549	1'000	255	143
Grauguss MD Verteilung	63	76	85	0	0
Grauguss HD Verteilung	19	23	26	0	7
Duktilguss PN Anschluss	28	33	37	894	846
Duktilguss MD Anschluss	2	2	2	18	17
Duktilguss HD Anschluss	0	0	0	10	8
Duktilguss PN Verteilung	1'951	2'334	2'200	2'000	1'830
Duktilguss MD Verteilung	102	122	137	75	69
Duktilguss HD Verteilung	137	164	100	108	93
Stahl nicht kathodisch Geschützt PN Anschluss	2'036	2'437	2'717	940	893
Stahl nicht kathodisch Geschützt MD Anschluss	132	158	177	38	36
Stahl nicht kathodisch Geschützt HD Anschluss	252	301	336	27	32
Stahl nicht kathodisch Geschützt PN Verteilung	1'719	2'057	2'294	2'103	1'931
Stahl nicht kathodisch Geschützt MD Verteilung	206	246	275	162	149
Stahl nicht kathodisch Geschützt HD Verteilung	196	235	262	286	395
Stahl kathodisch Geschützt PN Anschluss	0	0	0	9	5
Stahl kathodisch Geschützt MD Anschluss	0	0	0	44	24
Stahl kathodisch Geschützt HD Anschluss	0	0	0	117	105
Stahl kathodisch Geschützt PN Verteilung	111	133	148	19	10
Stahl kathodisch Geschützt MD Verteilung	100	119	133	187	101
Stahl kathodisch Geschützt HD Verteilung	895	1'071	1'194	1'246	1'304
Stahl kathodisch Geschützt Transport	1'433	1'715	1'913	2'159	2'161
PE PN Anschluss	641	767	855	2'359	3'079
PE MD Anschluss	32	38	43	172	226
PE HD Anschluss	0	0	0	162	206
PE PN Verteilung	1'417	1'696	2'700	5'275	6'659
PE MD Verteilung	271	325	362	740	934
PE HD Verteilung	405	485	946	1'725	2'554
Andere Materialien PN Anschluss	0	0	0	2	44
Andere Materialien MD Anschluss	0	0	0	0	6
Andere Materialien HD Anschluss	0	0	0	1	2
Andere Materialien PN Verteilung	0	0	0	4	96

Andere Materialien MD Verteilung	0	0	0	1	24
Andere Materialien HD Verteilung	0	0	0	13	25
Sanierte PE Relining PN Anschluss	0	0	0	218	0
Sanierte PE Relining MD Anschluss	0	0	0	13	0
Sanierte PE Relining HD Anschluss	0	0	0	9	0
Sanierte PE Relining PN Verteilung	326	390	434	488	0
Sanierte PE Relining MD Verteilung	31	37	41	58	0
Sanierte PE Relining HD Verteilung	20	24	27	101	0
Sanierte Folien/ Schlauch Relining PN Anschluss	0	0	0	127	126
Sanierte Folien/ Schlauch Relining MD Anschluss	0	0	0	7	7
Sanierte Folien/ Schlauch Relining HD Anschluss	0	0	0	0	0
Sanierte Folien/ Schlauch Relining ND Verteilung	238	284	317	284	273
Sanierte Folien/ Schlauch Relining MD Verteilung	50	59	66	31	29
Sanierte Folien/ Schlauch Relining HD Verteilung	5	5	6	4	1
Sanierte andere Methoden PN Anschluss	0	0	0	10	11
Sanierte andere Methoden MD Anschluss	0	0	0	2	2
Sanierte andere Methoden HD Anschluss	0	0	0	0	1
Sanierte andere Methoden PN Verteilung	0	0	0	22	25
Sanierte andere Methoden MD Verteilung	0	0	0	8	9
Sanierte andere Methoden HD Verteilung	0	0	0	0	12

Tabelle 9: Längen in km der Rohrmaterialien im Schweizer Gasnetz.

Werden die Daten aus Tabelle 9 mit den passenden Emissionsfaktoren aus Tabelle 6 multipliziert, so können daraus die Emissionen aus den ständigen Leckagen berechnet werden. Abbildung 4 zeigt die Evolution über die Stichjahre der Methanemissionen der ständigen Leckagen der Rohrleitungen. Aus der Abbildung kann man entnehmen, wie die Methanemissionen nach einem Maximum in den `90 Jahren deutlich gesunken sind und zwar trotz eines kontinuierlichen Wachstums sowohl der Netzlänge, die zwischen 1990 und 2012 von ca. 14'200 auf ca. 24'600km gekommen ist, als auch des Verbrauches, welches von ungefähr 21'000 auf etwa 37'800GWh gestiegen ist. Die Senkung der Emissionen lässt sich durch die Änderungen in den Rohrmaterialien erklären, da über den Jahren immer mehr Rohrleitungen aus Polyethylen (PE) eingesetzt wurden, die deutlich weniger Leckagen als Gussleitungen haben.

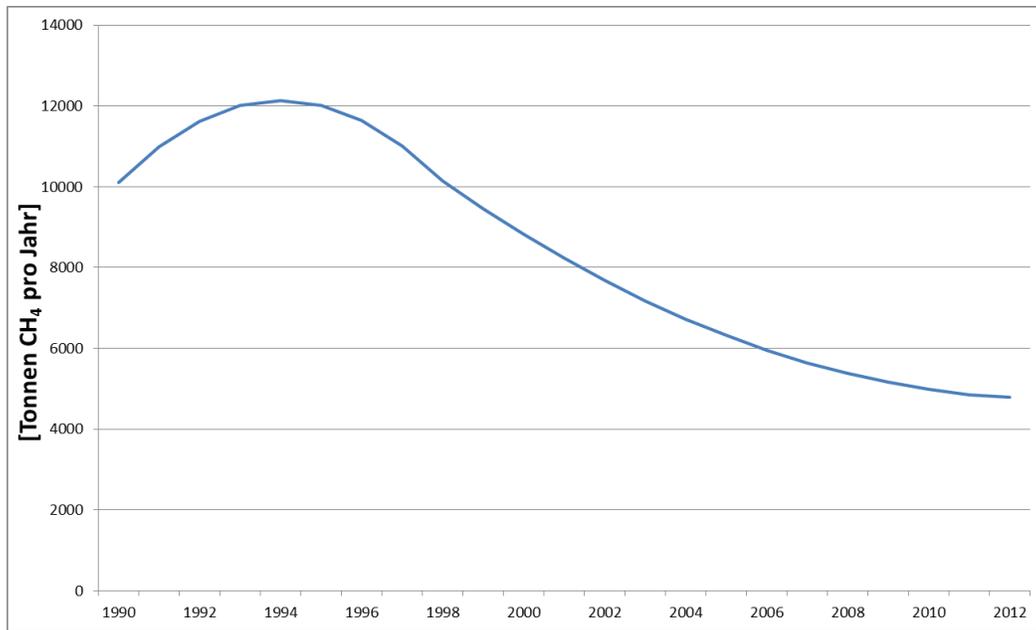


Abbildung 4: Methanemissionen aus den ständigen Leckagen der Rohrleitungen.

### 2.2.2 Brüche und Schäden, Netzpflege und Komponenten

In der Battelle-Studie von 1994 werden Emissionsfaktoren vorgestellt für jeweils:

- Grössere Leckagen aus Schäden
- Netzpflege
- Emissionen aus Netzkomponenten.

In Tabelle 10 und Tabelle 11 sind die Emissionsfaktoren für grössere Leckagen und Netzpflege aufgezeigt.

Niederdruck	Emissionsfaktor [m <sup>3</sup> Erdgas/(Jahr km)]
Stahl, Duktiguss - Brüche	12
Stahl, Duktiguss - Fremdeinwirkung	0.08
Grauguss - Brüche und Fremdeinwirkung	96
Kunststoff - Brüche (Bagger)	7.75
Mitteldruck	
Stahl, Duktiguss	32
Kunststoff	34
Hochdruck	
Stahl, Duktiguss	8

Tabelle 10: Emissionsfaktoren für Schäden im Netz (Tabelle 3-5 in Battelle 1994 [2]).

	Emissionsfaktor [m <sup>3</sup> Erdgas/(Jahr·km)]
Niederdruck	71
Mitteldruck Stahl/Duktil	(bereits in den Emissionsfaktoren für MD in Tabelle 10 enthalten)
Mitteldruck Kunststoff	(bereits in den Emissionsfaktoren für MD in Tabelle 10 enthalten)
HD	71

Tabelle 11: Emissionsfaktoren der Netzpflege (Tabelle 3-5 in Battelle 1994 [2]).

Die nötigen Aktivitätsdaten für die Emissionen aus Schäden und aus der Netzpflege sind die Gleichen als für die ständigen Leckagen, nämlich die Leitungszusammensetzung des Netzes. Bei den Emissionen der Netzpflege wurde laut der Battelle-Studie von 1994 angenommen, dass Eingriffe bei 5% des Netzes nötig sind.

Die Battelle-Studie enthält auch Emissionsfaktoren für die Emissionen aus Netzkomponenten. Um diese Emissionsfaktoren benutzen zu können, ist der Bestand an Komponenten im Netz nötig. Leider stimmen die verfügbaren Werte der Battelle-Studie nicht mit den Komponententypen überein, für die das SVGW Zahlen erhebt. Folglich können in diesem Fall die Emissionsfaktoren der Battelle-Studie nicht benutzt werden. Das Problem stellte sich auch bei der Fertigstellung der Battelle-Studie von 1994; damals wurden deshalb diese Emissionen mit einem fixen Faktor aus der Battelle-Studie von 1989 [9]. Diese Studie über die Methanemissionen in der Bundesrepublik Deutschland zeigte, dass die Emissionen aus den Komponenten ungefähr 1.4% der Emissionen aus den ständigen Leckagen der Rohrleitungen entsprechen. Dieser Wert wurde damals benutzt, um die Emissionen der Komponente im Schweizer Gasnetz basierend auf den ständigen Leckagen der Rohrleitungen abzuschätzen. Diese Annahme wurde in der jetzigen Studie übernommen. Für 1994 wurden die Emissionen der Komponenten als 1.4% der

Emissionen aus den ständigen Leckagen abgeschätzt. Für die anderen Stichjahre wurde dieser Wert mit der Netzlänge entsprechend skaliert. In Tabelle 12 sind die sind die Ergebnisse für die besprochenen Beiträge zusammengefasst.

	1990	1994	1998	2007	2012
	[Tonnen CH <sub>4</sub> ]				
Schäden	167	199	177	150	152
Netzpflege	27	33	36	44	48
Komponente	138	165	184	221	242

Tabelle 12: Emissionen aus Schäden, Netzpflege und Komponente

### 2.2.3 Verbrauch

Nach der Verteilung durch das Gasnetz gelangt das Erdgas zu dem Verbraucher. Auf der Verbraucherseite entstehen grundsätzlich Emissionen aus den Leckagen der Innenleitungen und aus den Leckagen der Apparate. Weiter entstehen Methanemissionen auch während der Nutzung der Apparate – sogenannte abgasbedingte Emissionen. Die Battelle Methodik unterscheidet zwischen Emissionen, die im Haushalt oder bei kleinen Gewerben (HuK) entstehen und Emissionen aus der Industrie und Kraftwerken (IuF).

#### 2.2.3.1 Emissionen aus Haushalt und kleinen Gewerben (HuK)

Um die Emissionen aus dem HuK Bereich zu berechnen, stehen folgende Emissionsfaktoren zur Verfügung (Tabelle 13).

	[m <sup>3</sup> Erdgas / (Jahr und Stück)]	Quelle
Hausinnenleitung	5.11	Battelle 1994 [2], S.114
Brauchwarmwasser-Erzeuger, Gasherde, Raumheizer, usw., (Leckagen)	0.132	Battelle 1994 [2], Tabelle 3-9
Abgasbedingte Emissionen der Heizungen	2	Reicher, Schhön 2000 [6], Tabelle 2.6

Tabelle 13: Emissionsfaktoren für den Verbrauch von Erdgas im HuK Bereich

Die ersten zwei Emissionsfaktoren stammen aus der Battelle-Studie von 1994. Der letzte Wert stammt aus einer aktuelleren Studie des Fraunhofer-Instituts [6]. Um diese Emissionsfaktoren benutzen zu können, ist die Anzahl an Innenleitungen und Apparate im HuK Bereich nötig.

Die Anzahl an Innenleitungen wurde aus den VSG Statistiken entnommen. Diese erheben die Anzahl an Netzanschlüsse. Weiterhin werden für einige Stichjahre Daten zu der Anzahl an grossen Kunden (i.e. mit einem Verbrauch von >1GWh) gegeben. Die Anzahl an Innenleitungen für den HuK-Bereich wurde als die Differenz zwischen Netzanschlüssen und der Anzahl an grossen Kunden berechnet. Bezüglich der Anzahl an Gasapparaten sind in der VSG Statistik die Anzahl an Gaskochherden und die gesamte Anzahl an

Heizapparaten (inklusive Prozesswärme) im Schweizer Gasnetz zu finden. Es wurde hier angenommen, dass alle Gaskochherde im HuK-Bereich benutzt werden. Die gesamte Anzahl an Heizapparaten muss aber zwischen den HuK- und LuF-Bereichen aufgeteilt werden. Die Aufteilung der Anzahl an Gasapparaten zwischen HuK und LuF wurde folgendermassen abgeschätzt. In der VSG Statistik von 1994 wurde erhoben, welcher Anteil an Erdgas im HuK zu Heizzwecken benutzt wird. Weiterhin erhebt die VSG Statistik auch welcher Anteil an Energie jeweils vom HuK und LuF verbraucht wird und wie viel Energie insgesamt an Heizungsanlagen abgegeben wird. Die Anzahl an Heizungsanlagen im HuK wurde basierend auf der Heizenergie im HuK relativ zur gesamten Gasabgabe an Heizungsanlagen skaliert:

$$\text{Anzahl Heizanlagen HuK} = \text{Gesamt Heizungsanlagen} \cdot \frac{\text{Heizenergie HuK}}{\text{Heizenergie Total}}$$

Da der Anteil der Gasabgabe für Heizzwecke im HuK-Bereich (ca 94% im Haushalt und 84% im Kleingewerbe) nur für das Jahr 1994 zur Verfügung stand, wurden diese Werte auch für die restlichen Stichjahre benutzt. Diese Aufteilung ergibt, dass ca. 49% der Gasapparate im HuK sind während 51% im LuF Bereich. In Tabelle 14 ist der Datenbestand für die Verbraucherseite zusammengefasst.

[Anzahl]	1990	1994	1998	2007	2012
Hausanschlüsse	179'668	215'000	240'000	300'000	325'585
Gaszähler	348'472	417'000	418'000	438'500	445'000
davon: Kunden mit Jahresverbrauch über 1 GWh	1'189	1'450	2'010	1'924	1'843
Heizungsanlagen total	135'127	161'700	184'000	255'200	290'000
Gasabgabe (GWh) Heizungsanlagen	20'665	25'200	29'900	34'000	34'500
Gaskochherde	342'999	322'000	301'000	253'751	227'501

Tabelle 14: Datenbestand für die Verbraucherseite.

Bezüglich den Werten aus Tabelle 14 ist zu beachten, dass einige Datenlücken gefüllt werden mussten. Für 1990 standen keine Daten zur Verfügung; sie wurden aus den Daten der späteren Jahre skaliert. Weiterhin standen keine Daten zur Anzahl der Gasanschlüssen für 2012, der grossen Kunden für 2007 und 2012 und für die Gaskochherde für 2007 und 2012 zur Verfügung. Diese wurden mit den Daten aus den früheren Daten skaliert.

Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen, die mit den oben genannten Annahmen durchgeführt wurden.

[Tonnen CH <sub>4</sub> ]	1990	1994	1998	2007	2012
Verbrauch HuK - Emissionen	1'196	1'431	1'452	1'489	1'508
Verbrauch HuK - abgasbedingt	535	528	522	495	482

Tabelle 15: Methanemissionen aus dem Haushalt und Kleingewerbe.

Insgesamt bringen die Leckagen aus Innenleitungen und Apparaten einen grösseren Beitrag als die abgasbedingten Emissionen. Die Abnahme der abgasbedingten Emissionen kann durch den Rückgang der Anzahl an Gaskocherden erklärt werden.

### 2.2.3.2 Emissionen aus Industrie und Kraftwerken

Die Emissionsfaktoren für die Leckagen, die für den luF-Bereich im Rahmen dieser Studie zur Verfügung standen, stammen aus der Battelle-Studie von 1994 [2] und sind in Tabelle 16 wiedergegeben. Die Emissionen aus den Innenleitungen hängen in diesem Fall von der Grösse des Betriebes ab. Für die Anzahl der Innenleitungen wurde die Anzahl an grossen Kunden benutzt (Tabelle 14). Als Emissionsfaktor wurde konservativ das für Betrieb mit mehr als 100 Beschäftigte genommen. Für die abgasbedingten Emissionen wurde der gleiche Emissionsfaktor des HuK-Bereichs benutzt.

Grösse und Typ Betrieb	Leckagen aus Industrieller Innenleitung [m <sup>3</sup> Erdgas/(Jahr und Anlage)]
bis 20 Beschäftigte	110.1
zwischen 20 und 100 Beschäftigte	552.2
mehr als 100 Beschäftigte	1104.3
Kraftwerke bis 100MW	334.1
Kraftwerke über 100MW	1119.8
Mittlere Leckage pro Gasverbrauchaggregat	0.132

Tabelle 16: Emissionsfaktoren der Leckagen für den luF Sektor.

Wie oben beschrieben, wurde für die Anzahl an Gasapparaten 51% der in der VSG Statistik erhobenen gesamten Anzahl an Heizanlagen genommen. In Tabelle 17 sind die daraus resultierenden Emissionen zusammengefasst.

	1990	1994	1998	2007	2012
	[Tonnen CH <sub>4</sub> ]				
Verbrauch luF Emissionen	871	1'067	1'497	1'409	1'352
Verbrauch luF - abgasbedingt	90	108	125	170	193

Tabelle 17: Methanemissionen aus Industrie und Kraftwerken.

### 2.2.3.2.1 Emissionen von Tankstellen

, Der Beitrag von Tankstellen im IuF Sektor wurde im Rahmen dieser Studie auch abgeschätzt. Laut der Webseite der Erdgasindustrie ([www.erdgas.ch](http://www.erdgas.ch)) gibt es heute 130 Erdgastankstellen in der Schweiz. In 2006 lag die Anzahl der Tankstellen auf nur ca. 85 [10]. Diese Werte wurden benutzt, um durch lineare Approximation die Anzahl an Tankstellen für die übrigen Stichjahre abzuschätzen. Die Resultate dieser Extrapolation werden in Tabelle 18 gezeigt. Um den Emissionsfaktor für die Innenleitungen abzuschätzen, wurden Tankstellen als Betrieb mit 20 Beschäftigten behandelt. Für die Kompressoren wurde konservativ ein Emissionsfaktor von  $0.264 \text{ m}^3/(\text{Jahr und Stück})$  benutzt, welcher in der Battelle-Studie für Apparate mit einer Leistung über 120kW vorgeschlagen wird. Für die abgasbedingten Emissionen wurde der Wert von  $2 \text{ m}^2$  pro Jahr und Apparat benutzt. In Tabelle 18 sind die Gesamtemissionen aus den Erdgastankstellen wiedergegeben.

	1990	1994	1998	2007	2012
Anzahl Tankstellen	0	0	25	93	130
Methanemissionen Tankstellen [Tonnen CH <sub>4</sub> ]	0	0	1.87	6.78	9.52

Tabelle 18: Anzahl der Erdgastankstellen und Gesamtmethanemissionen .

Diese Beiträge entsprechen weniger als 1% der Emissionen aus dem IuF-Sektor.

### 2.2.4 Emissionen von Lichtenstein

Die Daten zu dem Schweizer Gasnetz, die vom SVGW erhoben werden, schliessen die Werte für Lichtenstein auch ein, ohne sie separat auszuweisen. Deswegen wurden auch die Emissionen von Lichtenstein abgeschätzt und anschliessend von den Gesamtemissionen abgezogen, um den Wert der Schweizer Emissionen zu ermitteln.

Wegen des ähnlichen technologischen Standes des Gasnetzes in der Schweiz und in Lichtenstein wurde angenommen, dass deren Emissionen proportional zu einander sind und dass die Emissionen, die dem Gasnetz von Lichtenstein zugeordnet werden können, mit dem Erdgasbezug von Lichtenstein relativ zu dem der Schweiz skaliert werden können. In Tabelle 19 ist der Bezug an Erdgas von der Schweiz und von Lichtenstein aufgezeigt. Der Erdgasbezug der Schweiz kann aus den VSG Statistiken entnommen werden, während für Lichtenstein Informationen auf der Webseite der Lichtensteinischen Gasversorgung<sup>4</sup> zu finden sind.

<sup>4</sup> <http://www.lgv.li/content.aspx?auswahl=2933&mid=2933>

	1990*	1994	1998	2007	2012
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
Bezug Lichtenstein	139.15	209.8	280.45	389.2	300.4
Bezug Schweiz	21100	25731	30518	34046	37800
* Extrapoliert aus den Werten für 1994 und 1998					

Tabelle 19: Erdgasbezug der Schweiz und von Lichtenstein.

Die Emissionen von Lichtenstein wurde also mit dem Quotient des Erdgasbezuges von Lichtenstein und der Schweiz aus den Gesamtemissionen runterskaliert (Tabelle 20).

	1990	1994	1998	2007	2012
	[Tonnen CH <sub>4</sub> ]				
Emissionen Lichtenstein (ohne abgasbedingte Emissionen)	114	173	191	183	127
Emissionen Lichtenstein (mit abgasbedingte Emissionen)	119	178	197	190	132

Tabelle 20: Abgeschätzte Methanemissionen von Lichtenstein.

### 2.2.5 Berücksichtigung der NMVOCs

Bei einer Emission von Erdgas entsteht nicht nur ein Verlust von Methan, sondern auch von einer Reihe von anderen Substanzen, insbesondere von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC). Neben den Methanemissionen wurden auch die Menge an emittierten NMVOCs und der daraus entstehende Energieverlust berechnet. Da keine statistischen Werte zu den spezifischen Konzentrationen für die Stichjahre vorhanden waren und da es sich bei den NMVOCs um eindeutig geringere Mengen handelt als bei Methan, wurde hier mit einem durchschnittlichen Massen- und Energieanteil an NMVOCs in Erdgas gearbeitet, der aus dem ecoinvent-Bericht „Erdgas“ [3] entnommen wurde. Der benutzte Massen- und Energieanteil ist in Tabelle 21 wiedergegeben.

	[kg/m <sup>3</sup> Erdgas]*	[MJ/kg Erdgas]**	[MJ/m <sup>3</sup> Erdgas]
Ethan	0.03	47.486	1.42458
Propan	0.013	46.354	0.602602
Butan	0.006	45.6	0.2736
C5+	0.003	45	0.135
Schwefel	2.00E-06	9.3	0.0000186
Methan	0.68	50.013	34.00884
Summe NMVOC	0.052		2.435782

\* ecoinvent Bericht Nr. 6 Teil 5, Erdgas [3]

\*\* Cerbe, Grundlage der Gastechnik [11]

Tabelle 21: Massen- und Energieanteile von NMVOCs im Erdgas.

Aus den Emissionen, die innerhalb der Schweiz entstehen (ohne den abgasbedingte Emissionen) wurden durch die Daten aus Tabelle 21 folgende NMVOC Emissionen und den jeweiligen Energiegehalt abgeschätzt:

	1990	1994	1998	2007	2012
Methanemissionen [Tonnen]	12'700	15'239	13'717	9'199	8'315
Summe NMVOC Emissionen [Tonnen]	1'003	1'196	1'060	725	658
Summe NMVOC Emissionen [MJ]	46'979'305	55'999'729	49'636'614	33'941'046	30'821'198

Tabelle 22: NMVOC Emissionen und deren Energiegehalt.

## 2.3 Interpolation und Zeitreihen

Ziel des Projekts war, eine Zeitreihe für die Methanemissionen von 1990 bis 2012 zu berechnen. Deswegen wurden die Ergebnisse aus den Stichjahren 1990, 1994, 1998, 2007 und 2012 interpoliert, um die Werte zu den restlichen Jahren abschätzen zu können. Für die Interpolation wurden die Funktionen von Excel benutzt. In den meisten Fällen wurde eine Polynominterpolation des dritten oder vierten Grades über die 5 Stichjahre benutzt. Nur bei den Emissionen, die in der Ortsgasversorgung und bei den Emissionen aus dem Verbrauch im luF Sektor entstehen, war es nötig, 2 separate Polynominterpolationen für jeweils die Jahre 1990 bis 1998 und 1998 bis 2012 zu benutzen.

Danach war es möglich auch weitere Beiträge aus unvorhersehbaren Quellen in den Zeitreihen einzufügen. Insbesondere wurden für 2010 der Unfall bei der Murgang Hochdruckleitung und für 2011 die Ereignis in der Schieberstation Guttannen mitberücksichtigt, bei welchen ca. 630 Tonnen Methan resp. 500 Tonnen CH<sub>4</sub> emittiert wurden.

Die Gesamtergebnisse der Methanemissionen werden im nächsten Kapitel besprochen.

### 3 Diskussion der Ergebnisse

#### 3.1 Überblick

In Abbildung 5 sind die Gesamtemissionen der Schweizer Gaswirtschaft abgebildet, die aus der oben beschriebenen Datengrundlage und Methodik berechnet wurden.

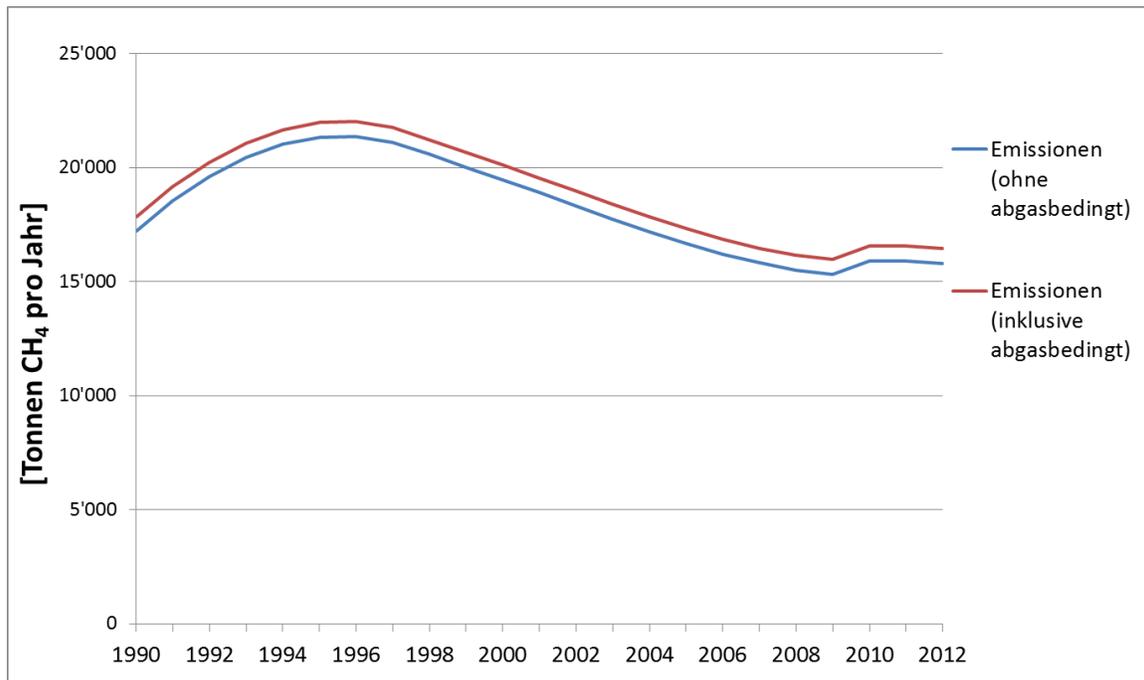


Abbildung 5: Gesamte Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft.

Abbildung 5 zeigt einen deutlichen Anstieg der Methanemissionen am Anfang der 90er Jahre, während ab ungefähr Mitte der 90er Jahre eine Inversion dieses Trends zu beobachten ist. Diese Entwicklung kann durch eine nähere Betrachtung der wichtigsten Beiträge zu den Emissionen erklärt werden. Diese sind in Abbildung 6 dargestellt. Am Anfang der 90er Jahre kam der Hauptbeitrag der Emissionen aus dem Transport und der Verteilung des Erdgases innerhalb der Schweiz. Wie detaillierter in Kapitel 2.2.1 beschrieben wird, sind diese aber aufgrund des Ersatzes der Materialien im Verteilungsbereich, insbesondere des Ersatzes der Gussleitungen durch PE-Leitungen ab Mitte der 90er Jahre deutlich gesunken, sodass ab ungefähr 2004 der Beitrag vom Import am relevantesten geworden ist. Der Beitrag aus dem Verbrauch ist in den 90er Jahren ein wenig gestiegen, um dann relativ stabil zu bleiben und ist aber im Gegensatz zu den anderen Emissionen deutlich geringer.

Aus Abbildung 5 kann man auch deutlich entnehmen, dass die abgasbedingten Emissionen einen relativ kleinen Beitrag zum Gesamtergebnis liefern. Weiterhin zeigt Abbildung 5 mit der plötzlichen Steigung der Emissionen in 2010 klar den Beitrag der zwei in Betracht genommenen Unfälle der Jahre 2010 und 2011.

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen, dass die Schweizer Gaswirtschaft durch die Substitution von Materialien in der Ortsgasversorgung einen direkten Einfluss auf einen bedeutenden Teil der Emissionen haben konnte und auch in der Zukunft haben kann.

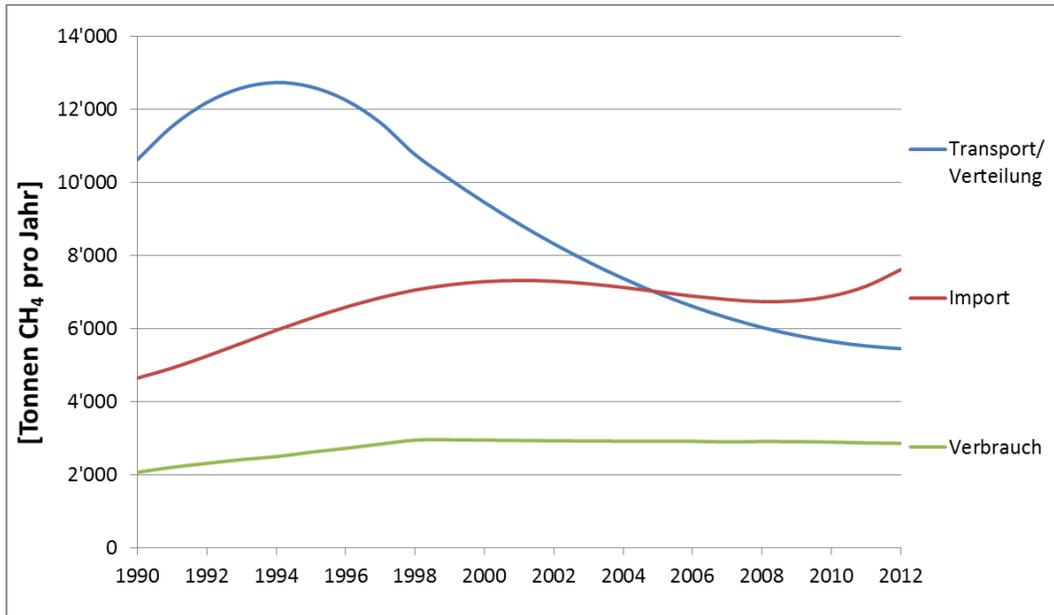


Abbildung 6: Emissionen aus Import, Transport/ Verteilung und Verbrauch.

In Abbildung 7 ist die relative Bedeutung der Emissionsquellen für 2012 abgebildet.

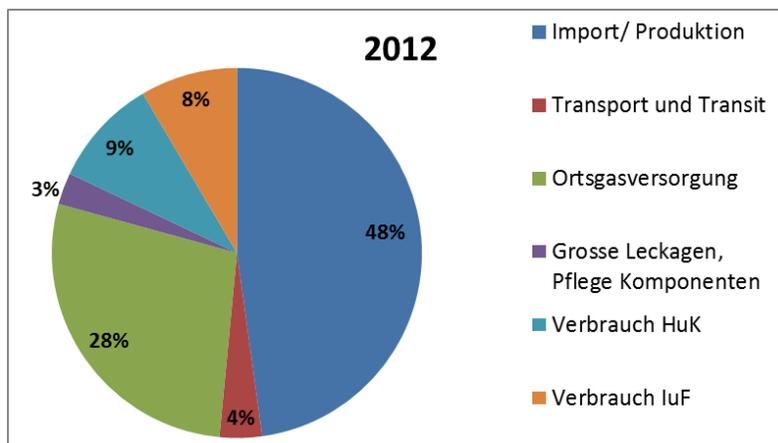


Abbildung 7: Emissionsbeiträge für 2012

In 2012 kamen ungefähr die Hälfte der Emissionen aus dem Import und fast ein Drittel aus der Ortsgasversorgung (Abbildung 7). Die restlichen Beiträge sind alle unter 10% und blieben durch die Jahre auch relativ stabil.

	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 1990	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 2012
Import/ Produktion	4'649	7'618
Transport/ Transit	473	589
Ortsgasversorgung	9'829	4'424
Grosse Leckagen, Pflege Komponenten	332	441
Verbrauch HuK Emissionen	1'196	1'508
Verbrauch HuK - abgasbedingt	535	482
Verbrauch luF Emissionen	871	1'352
Verbrauch luF - abgasbedingt	90	193
Total (ohne abgasbedingte Emissionen)	17'350	15'932
Total (abgasbedingte Emissionen)	17'975	16'607

Tabelle 23 fasst die absoluten Werte der spezifischen Beiträge an Emissionen der Schweizer Gaswirtschaft für das Jahr 2012 zusammen.

	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 1990	[Tonnen CH <sub>4</sub> ] - 2012
Import/ Produktion	4'649	7'618
Transport/ Transit	473	589
Ortsgasversorgung	9'829	4'424
Grosse Leckagen, Pflege Komponenten	332	441
Verbrauch HuK Emissionen	1'196	1'508
Verbrauch HuK - abgasbedingt	535	482
Verbrauch luF Emissionen	871	1'352
Verbrauch luF - abgasbedingt	90	193
Total (ohne abgasbedingte Emissionen)	17'350	15'932
Total (abgasbedingte Emissionen)	17'975	16'607

Tabelle 23: Spezifische Beiträge (in Tonnen CH<sub>4</sub>) aus den unterschiedlichen Sektoren der Schweizer Gaswirtschaft für 1990 und 2012.

Mit den oben aufgezeigten Gesamtwerten erhält man bei einem Erdgasimport der Schweiz für 2012 von 37.8TWh ein Emissionswert in Gramm CO<sub>2</sub>-equivalente pro importierter kWh von 11.8g CO<sub>2</sub>-eq.<sup>5</sup>/kWh ohne abgasbedingte Emissionen und von 12.3g CO<sub>2</sub>-eq./kWh mit den abgasbedingten Emissionen.

### 3.2 Unsicherheiten und Datenqualität

Im allgemeinen stehen wenige Informationen zu den Unsicherheiten in den Daten und in der Methodik zur Verfügung. Die ecoinvent-Datenbank, aus welcher die Marcogaz-Studie viele Informationen zieht,

<sup>5</sup> Umrechnung basiert auf ein Emissionsfaktor für die Umrechnung von Gramm Methan in Gramm CO<sub>2</sub> aus dem „Fifth Assessment Report (AR5)“ des IPCCs (2013). Methan hat laut AR5 ein Treibhausgaspotential von 28 relativ zu CO<sub>2</sub>.

gibt vor allem qualitative Abschätzungen der Datenqualität der einzelnen Parameter. Die einzige numerische Information ist in der Battelle-Studie von 1994 zu finden, die die eigenen Unsicherheiten im Endergebnis auf ca.  $\pm 30\%$  abschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass die hier vorgestellten Ergebnisse eine ähnliche Unsicherheit haben, da Methodik und ein grosser Teil der Emissionsfaktoren die Gleichen sind.

Die Datenqualität wird in Bezug auf die Aktivitätsdaten als hoch eingeschätzt, da der Grossteil der Daten auf direkte Erhebungen des SVGWs und VSGs basieren, obwohl einige Lücken bestanden, die im Wesentlichen mit Skalierung gefüllt werden mussten.

Dagegen scheint die Datenqualität der Emissionsfaktoren geringer zu sein. Die Emissionsfaktoren der Marcogaz-Studie für die Emissionen ausserhalb der Schweizer Grenze wurden aus unterschiedlichen Publikationen entnommen und sind teilweise veraltet. Ein ähnliches Bild steht für die Emissionsfaktoren aus der Battelle-Studie von 1994, die sich auf eine Studie stützt, die 1989 für das deutsche Gasnetz gemacht wurde. Wie schon erwähnt, war es leider aus Mangel an Informationen nicht möglich, den Einfluss dieser Datengrundlage genauer abzuschätzen.

## 4 Schlussfolgerungen

### 4.1 Potential zur weiteren Reduktion der Emissionen

Wie in 2.2.1 besprochen sind die Emissionen der Schweizer Gaswirtschaft ab 1994 stark gesunken, was auf der Substitution im Gasnetz von Gussrohrleitungen mit PE-Rohrleitungen zurückgeführt werden kann. Weitere Entwicklungen in diese Richtung könnten das Gesamtbild der Emissionen noch stärker verbessern. Die Ortsgasversorgung ist also der Bereich, in dem die Schweizer Gaswirtschaft einen direkten Einfluss durch die Substitution von Materialien der Rohrleitungen auf die Gesamtemissionen haben konnte und weiterhin haben kann. Die andere signifikante Emissionsquelle innerhalb der Schweizer Grenzen ist die Verbraucherseite. Informationen zum spezifischen technologischen Stand der Schweizer Gasapparate standen aber für diese Studie nicht zur Verfügung. Es kann also nicht bewertet werden, wie viel Raum es für eine relevante Emissionsreduktion hier tatsächlich gibt.

Gemäss den vorliegenden Ergebnissen stammt heute der grösste Teil der Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft aus der Produktion und dem internationalen Transport vom Erdgas. Das heisst, dass diese Emissionen ausserhalb der Schweizer Grenzen entstehen und zwar in einem Bereich, in dem die Schweiz keine direkten Massnahmen zur deren Senkung treffen kann, sondern höchstens indirekt, zum Beispiel durch eine gezielte Wahl der Produktionsländer. Hier ist aber zu bemerken, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit diese Emissionen auf globaler Stufe trotzdem entstehen würden, da Änderungen im Schweizer Gasmarkt von anderen Ländern kompensiert wären. Zusätzlich wird es aufgrund der Marktentwicklung immer schwieriger, die genaue Herkunft des Gases zu verfolgen und darauf Einfluss zu nehmen.

### 4.2 Verbesserung der Datengrundlage

Bei der Datengrundlage muss zwischen Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren unterschieden werden, die auf sehr unterschiedliche Arten von Quellen basieren.

Die Qualität der Aktivitätsdaten ist bezüglich der Netzinfrastruktur (i.e. Länge der unterschiedlichen Rohrtypen) grundsätzlich hoch. In den Daten zur Situation der vergangenen Jahre bestehen aber einige Lücken, die durch Annahmen geschlossen werden mussten. Für die Zukunft könnte die Qualität der Datengrundlage hierzu weiter erhöht werden, in dem für alle Druckniveaus (PN, MD und HD) jeweils die Längen der unterschiedlichen Rohrtypen angegeben werden und zwar sowohl für die Ortsgasversorgung als auch für die Hausanschlussleitungen.

Schwieriger ist die Situation bei den Komponenten im Netz. Zurzeit stehen Emissionsfaktoren dazu zur Verfügung, nur stimmen diese nicht mit den Komponenten überein, dessen Bestände vom SVGW erhoben werden. Deswegen musste in dieser Studie mit fixen Zuschlägen aus der Battelle-Studie von 1994 gerechnet werden. Würde man die Anzahl der Komponente erheben, für welche es zum Beispiel in

der Battelle-Studie oder in der Studie vom Fraunhofer Institut [6] Emissionsfaktoren gibt, könnte man ein für die Schweiz spezifischeres Bild dieser Emissionen ermitteln.

Die Verfügbarkeit von Emissionsfaktoren ist dagegen deutlich geringer. Die Battelle-Studie von 1994 bietet eine transparente und komplette Liste an Emissionsfaktoren für die Verteilung von Erdgas. Diese sind aber in der Zwischenzeit fast 20 Jahre alt und beruhen auf Messungen, die 1989 für das Deutsche Gasnetz ausgeführt wurden. Auch die Emissionsfaktoren, die in der Studie von Xinmin [5] von 2004 benutzt wurden, greifen weitgehend auf die Battelle-Studie zurück. Es gibt also zurzeit keine aktuellen und für die Schweiz spezifischen Emissionsfaktoren. Weiterhin erlauben die Daten, die für diese Studie zur Verfügung gestellt wurden, keine Berechnung von neuen Emissionsfaktoren. Eine gezielte Messkampagne wäre nötig, um für die Schweiz spezifische Emissionsfaktoren abzuleiten.

## 5 Referenzen

- [1] M. Papadopoulo et al., „Life Cycle Assessment of the European Natural Gas Chain focused on three environmental impact indicators“, Schlussbericht für Marcogaz, 2011
- [2] E. Gidarkos et al., „Methanemissionen bei der Erdgasnutzung in der Schweiz und Vergleich mit anderen Emittenten“, Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Eschborn, 1994
- [3] M. Faist et al., „Erdgas“, ecoinvent Report No 6-V, 2007
- [4] S. Lechtenböhmer et al., „Treibhausgasemissionen des russischen Erdgas-Exportpipeline-Systems“, Bericht vom Fraunhofer Institut im Auftrag von E.ON. Ruhrgas AG, 2005
- [5] J. Xinmin et al. „Die Methanemissionen der Schweizer Gasindustrie. Abschätzung der Gasemissionen“, Gas, Wasser, Abwasser 5/2004: pp.337-345, 2004
- [6] Reichert et al., „Methanemissionen durch den Einsatz von Gas in Deutschland von 1990 bis 1997 mit einen Ausblick auf 2010“, Fraunhofer Institut, 2000
- [7] T. M. Shires et al., “Compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and natural gas industry”, American Petroleum Institute, 2009
- [8] Besprochen innerhalb der Zwischenstandsprüfung des Projektes.
- [9] Battelle-Institut e.V., „Ermittlung der Methan-Freisetzung durch Stoffverluste bei der Erdgasversorgung der Bundesrepublik Deutschland“, Bericht für die Ruhrgas AG, 1989
- [10] <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgasfahrzeug>
- [11] G. Cerbe, „Grundlagen der Gastechnik“, Hanser Fachbuchverlag, 2008

## 6 Annex – Berechnungstool

Die Emissionen der Schweizer Gaswirtschaft und die Datenreihen 1990-2012 wurden mittels eines Excel-Tools berechnet, das auch in Zukunft die Berechnung der Emissionen erlaubt. Dazu müssen die nötigen Aktivitätsdaten in einem Inputtabellenblatt („Input Daten Eingabe“) eingegeben werden. Um die Zeitreihe konsistent über die Jahre zu halten, ist es nicht möglich, Emissionsfaktoren Jahr für Jahr direkt einzugeben. Diese können aber innerhalb des Excel-Tools verändert werden. Das Tool liefert dann die Ergebnisse über 4 Output-Tabellenblätter („Output Gesamtergebnisse“, „Output Emissionen IPCC CH“, „Output Emissionen IPCC LI“ und „GesamtenergiebilanzGas“). Die unterschiedlichen Tabellenblätter sind so miteinander verknüpft, dass nach Eingabe der Inputdaten zu einem spezifischen Jahr, die daraus entstehenden Ergebnisse direkt im entsprechenden Jahr der unterschiedlichen Output-Tabellenblätter gelesen werden können.

### 6.1 Dateninput

Im Tabellenblatt „Input Daten Eingabe“ können die Aktivitätsdaten für zukünftige Jahre eingegeben werden. Das Tool braucht Daten zu 5 Bereichen: „Gaseigenschaften“, „Import/Produktion“, „Schweizer Gasnetz“, „Verbrauch“ und „Weiteres“

In „**Gaseigenschaften**“ müssen der durchschnittliche Methangehalt und der durchschnittliche Heizwert vom Erdgas in der Schweizer Gaswirtschaft eingegeben werden. Hauptquelle dazu ist das SVGW Jahrbuch.

In „**Import/Produktion**“ werden die Daten zu Importmengen und Verkäuferländer eingespeist. Daten zu diesem Bereich können aus der VSG Statistik entnommen werden.

Die Struktur des Erdgasnetzes wird in „**Schweizer Gasnetz**“ eingegeben. Hier wird die Länge an spezifischen Rohrtypen im Transport, Ortsgasversorgungs- und Hausanschlussnetz mit der Unterscheidung nach den unterschiedlichen Druckniveaus erhoben. Informationen dazu können im SVGW Jahrbuch gefunden werden.

In „**Verbrauch**“ werden Daten zur Gasabgabe und zu den Verbrauchergruppen eingespeist, die zum grössten Teil von der VSG Statistik entnommen werden können.

In „**Weiteres**“ werden zuletzt Daten aus unterschiedlichen Bereichen erhoben. Hier muss zum Beispiel die Menge an Erdgas eingegeben werden, die von Lichtenstein abgenommen wird oder Mengen an Methan, die durch Unfälle freigesetzt werden. In Abbildung 8 ist ein Teil des Tabellenblattes für die Dateneingabe abgebildet.

5							
6	<b>A) Gaseigenschaften - Hauptquelle SVGW Jahrbuch</b>						
7		Einheiten	2012	2013	2014	2015	2016
8	Durchschnittlicher Methangehalt	[%Vol]	0.906	0.906			
9	Durchschnittlicher Heizwert Ho,n	[kWh/m <sup>3</sup> ]	11.249	11.249			
10							
11							
12							
13	<b>B) Import/ Produktion - Hauptquelle: VSG Jahresstatistik</b>						
14		Einheiten	2012	2013	2014	2015	2016
15	Gesamtimport	[GWh]	34499	34499			
16	Import aus Deutschland	[%]	50	50			
17	Import aus Niederlande	[%]	18	18			
18	Import aus Russland	[%]	15	15			
19	Import aus Frankreich	[%]	14	14			
20	Import aus Italien	[%]	2.1	2.1			
21							
22	Inlandproduktion Schweiz	[GWh]	0	0			
23							
24							

Abbildung 8: Ausschnitt aus der Dateneingabe.

## 6.2 Output

### 6.2.1 Gesamtergebnisse und Zeitreihe

In „Output\_Gesamt\_ab\_2013“ werden die Resultate aus der Daten-Eingabe für die Jahre ab 2013 gezeigt. Hier wird auch zusammengefasst, welchen Beitrag die unterschiedlichen Sektoren verursachen, die in der Battelle Methodik betrachtet werden (e.g. Import, Transport, Ortsgasversorgung, usw.). Weiterhin werden auch die Emissionen für Lichtenstein sowie die Verluste durch Emissionen von NMVOCs berechnet berechnet.

„Output Gesamtergebnisse“ zeigt die vollständigen Zeitreihen zu den Gesamtemissionen der Schweizer Gaswirtschaft ab 1990 für die gleichen Kategorien wie im Blatt „Output\_Gesamt\_ab\_2013“.

In Abbildung 9 ist ein Auszug aus diesem Tabellenblatt dargestellt.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>35 Methanemissionen der Schweizer Gaswirtschaft (inklusive Lichtenstein) [kg]</b>						
36						
37 Import/ Produktion	4.65E+06	5.02E+06	5.37E+06	5.71E+06	5.96E+06	6.30E+06
38 Transport innerhalb Schweiz (ohne Transit)	5.76E+04	5.90E+04	6.05E+04	6.12E+04	5.79E+04	6.05E+04
39 Transit	1.82E+05	1.81E+05	1.80E+05	1.80E+05	1.83E+05	1.82E+05
40 Ortsgasversorgung	9.83E+06	1.04E+07	1.09E+07	1.14E+07	1.18E+07	1.23E+07
41 Grosse Leckagen, Pflege Komponenten	3.32E+05	3.56E+05	3.79E+05	3.98E+05	4.00E+05	4.24E+05
42 Verbrauch HuK Emissionen	1.20E+06	1.31E+06	1.37E+06	1.42E+06	1.43E+06	1.47E+06
43 Verbrauch HuK - abgasbedingt	5.35E+05	5.35E+05	5.33E+05	5.31E+05	5.28E+05	5.28E+05
44 Verbrauch luF Emissionen	8.71E+05	8.98E+05	9.40E+05	9.96E+05	1.07E+06	1.15E+06
45 Verbrauch luF - abgasbedingt	9.01E+04	9.45E+04	9.87E+04	1.03E+05	1.08E+05	1.12E+05
46 Unfälle	0.00E+00				0.00E+00	
47 Summe (ohne abgasbedingte Emissionen)	1.71E+07	1.82E+07	1.92E+07	2.01E+07	2.09E+07	2.18E+07
48 Summe (mit abgasbedingte Emissionen)	1.77E+07	1.88E+07	1.98E+07	2.08E+07	2.16E+07	2.25E+07
49						
50						
<b>51 Methanemissionen Lichtenstein (durch den Erdgasbezug von Lichtenstein und Schweiz skaliert) [kg]</b>						
52						
53 Gesamt - Ohne abgasbedingte Emissionen	1.13E+05	1.25E+05	1.40E+05	1.55E+05	1.71E+05	1.86E+05
54 Gesamt - Mit abgasbedingte Emissionen	1.17E+05	1.30E+05	1.44E+05	1.60E+05	1.76E+05	1.91E+05

Abbildung 9: Auszug aus "Output Gesamtergebnisse"

## 6.2.2 Emissionen in IPCC Kategorien für die Schweiz und Lichtenstein

In „Output Emissionen IPCC CH“ werden die gleichen Ergebnisse für die Schweiz nochmals dargestellt, aber diesmal nach den Kategorien aufgeteilt, die in der IPCC Methodik für das UNFCCC Reporting definiert werden (Abbildung 10). Ähnlich werden in „Output Emissionen IPCC LI“ die nach IPCC Kategorien aggregierten Emissionen für Lichtenstein zusammengefasst.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>IPCC Kategorien</b>							
2	In diesem Datenblatt werden die Emissionen nach den IPCC Kategorien zusammen aggregiert.							
3	Da Biogas separat aufgewiesen werden soll, werden 2 Tabellen ausgefüllt: eine für Erdgas und eine für Biogas.							
4								
5								
6								
7	<b>Erdgas</b>							
8	Ohne Lichtenstein. Aus den Gesamtergebnissen der Tabelle "Gesamtergebnisse Methan" wurde in Transmission und Distribution jeweils ein dem rel							
9			<b>Kilotonnen (kt) CH4</b>					
10	<b>I. B. 2. b. Natural gas</b>		1990	1991	1992	1993	1994	1995
11	1. Exploration <sup>(1)</sup>		0	0	0	0	0	0
12	2. Production <sup>(2)</sup>		0.001118874	0.000839156	0.000839156	0.0008392	0.0002825	0
13	3. Processing <sup>(3)</sup>		0	0	0	0	0	0
14	4. Transmission and storage <sup>(4)</sup>		0.23784439	0.238409118	0.239211591	0.2398064	0.2386971	0.2404771
15	5. Distribution <sup>(5)</sup>		12.14785425	12.84025321	13.47413666	14.06904	14.598732	15.162479
16	6. Other <sup>(6)</sup>		0	0	0	0	0	0
17	<b>I. B. 2. c. Venting and flaring</b>							
18	<b>Venting</b>							
19	i. Oil							
20	ii. Gas <sup>(7)</sup>		0	0	0	0	0	0
21	iii. Combined							
22	<b>Flaring<sup>(8)</sup></b>							
23	i. Oil							
24	ii. Gas <sup>(9)</sup>		8.43091E-07	6.32318E-07	6.32318E-07	6.323E-07	2.108E-07	0
25	iii. Combined							
26	<b>I.B.2.d. Other (please specify)</b>							
27	<b>summe (Kilotonnen)</b>		12.38681836	13.07950212	13.71418804	14.309686	14.837712	15.402956
28								

Abbildung 10: Auszug der Outputdaten für die IPCC Kategorien für die Schweiz.

### 6.2.3 Gesamtenergiebilanz der Gaswirtschaft

Zuletzt ist in „GesamtenergiebilanzGas“ eine Energiebilanz der Schweizer Gaswirtschaft wiedergegeben in welcher die Energieverluste aus Methanemissionen, NMVOC-Emissionen und Eigenverbrauch des Gasindustrie analysiert werden. Abbildung 11 zeigt einen Auszug der Energiebilanz.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Gesamtenergiebilanz der Gaswirtschaft								
2									
3	Dieses Blatt fasst die Energiebilanz der Schweizer Gaswirtschaft zusammen und berechnet die relativen Verluste zum Import.								
4	Die Verluste werden als die Summe der Energieverluste aus Methanemissionen, NMVOC-Emissionen und Eigenverbrauch berechnet.								
5	Der Eigenverbrauch wird basierend auf der Battelle Studie auf 0.2% vom insgesamt verbrauchtem Gases abgeschätzt.								
6	Die relativen Verluste werden als Quotient zwischen (Eigenverbrauch+Methan+NMVOC Emissionen) und Import berechnet.								
7									
8			1990	1991	1992	1993	1994	1995	
9	<b>Verbrauch in der Schweiz</b>								
10		Import [GWh]	2.110E+04	2.241E+04	2.378E+04	2.505E+04	2.573E+04	2.731E+04	
11		Verbrauch [GWh]	2.091E+04	2.220E+04	2.355E+04	2.481E+04	2.551E+04	2.706E+04	
12		*Eigenverbrauch [GWh]	4.183E+01	4.441E+01	4.710E+01	4.961E+01	5.103E+01	5.412E+01	
13	<b>Emissionen innerhalb der Schweizer Grenze</b>								
14		Methan [GWh]	169.558581	179.197154	188.023921	196.297635	203.610547	211.477614	
15		NMVOC [GWh]	12.8110347	13.5277953	14.1842769	14.8002247	15.2702014	15.8522233	
16	<b>Eigenverbrauch und Emissionen</b>								
17		Total [GWh]	2.242E+02	2.371E+02	2.493E+02	2.607E+02	2.699E+02	2.814E+02	
18		Relativer Verlust: Verluste/Import [%]	1.063E+00	1.058E+00	1.048E+00	1.041E+00	1.049E+00	1.030E+00	
19	*Battelle Studie ->		0.2 % vom Verbrauch						
20									
	Output Gesamtergebnisse		Output Emissionen IPCC CH		Output Emissionen IPCC LI		GesamtenergiebilanzGas	Ergebnisse Stichtjahre	

Abbildung 11: Auszug aus der Energiebilanz der Schweizer Gaswirtschaft.