

Hauptstudie zur Gasbeschaffenheit Phase I

Abschlussbericht

Prof. Dr. Hartmut Krause

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig

Dr. Anne Giese

Gas- und Wärme-Institut Essen e. V., Essen

Dr. Holger Dörr

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut Karlsruhe-EBI, Karlsruhe

Hans-Jochen Brückner

INNOFACT AG, Düsseldorf

Herausgeber

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

info@dvgw.de

www.dvgw.de

**Hauptstudie zur Analyse der
volkswirtschaftlichen Auswirkungen
von Gasbeschaffenheitsschwankungen
auf die Sektoren des Gasverbrauchs
und deren Kompensation
Phase I
Hauptstudie Gasbeschaffenheit**

Abschlussbericht

November 2016

DVGW-Förderkennzeichen G 201504
(G 1/01/15 Phase I)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	VII
Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Gesamtziel und Ablaufplan	4
2 Stand von Wissenschaft und Technik	6
2.1 Stand von Wissenschaft und Technik zum Zeitpunkt des Projektbeginns	6
2.2 Analyse internationaler Studien	9
2.3 DVGW-Forschungsprojekt G 1/06/10 – Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen	13
2.4 DVGW-Forschungsprojekt G 1/03/12 – Vorstudie zur Untersuchung des Einflusses von dauerhaft wechselnden Wobbe-Indizes von H-Gasen	15
2.5 Zusammenfassung der bekannten europäischen Aktivitäten zur Harmonisierung der Gasbeschaffenheit	16
2.6 DVGW-Forschungsvorhaben G5/01/12-A – Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz	18
2.7 DVGW-Forschungsvorhaben G3/03/13-A – „Studie Warn- und Knappheitssignale“	19
2.8 Gasbeschaffenheit und ihre Schwankungen in E.ON-Verteilnetzen	19
3 Entwicklung des Pflichtenheftes für die Marktforschungsstudie	23
3.1 Eingrenzung der Gasverwendungssektoren	23
3.2 Entwicklung und Erstellung der Fragebögen für die ausgewählten Gasverwendungssektoren	24
3.2.1 Methodik der Erhebung	24
3.2.2 Grundsätzlicher Aufbau der Fragebögen	25
3.2.3 Gewerbe- und Industriebereich (Hersteller und Betreiber)	26
3.2.4 Dezentrale und zentrale Energieversorgung (Hersteller und Betreiber)	28
3.2.5 Häusliche Gasverbraucher (Fachhandwerker, Installateure)	29
3.2.6 Mobilität	30
3.3 Statistische Grundlagen zur Auswahl der Stichprobengröße und Bewertung der durchgeführten Erhebungen	31
3.3.1 Grundlagen	31
3.3.2 Statistische Bewertung der durchgeführten Erhebungen	32
4 Ergebnisse der Marktforschungsstudie für Gasverwendungssysteme	35
4.1 Gewerbe- und Industriebereich (Betreiber und Hersteller)	35
4.1.1 Auswertung der Befragung bei Betreibern von Thermoprocessanlagen (thermische und stoffliche Nutzung)	35
4.1.2 Auswertung der Befragung bei Herstellern von Thermoprocessanlagen	46

4.1.3	Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse	52
4.2	Dezentrale und zentrale Energieversorgung (Hersteller und Betreiber)	53
4.2.1	Erhebung zentrale Energieversorgung	54
4.2.2	Erhebung dezentrale Energieversorgung – Gasgebläsebrenner nach EN 676	60
4.2.3	Erhebung dezentrale Energieversorgung – Hersteller dezentraler Hallenheizsysteme	64
4.2.4	Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse	70
4.3	Häusliche Gasverbraucher (Fachhandwerker, Installateure)	71
4.3.1	Auswertung der Erhebung	71
4.3.2	Zusammenfassung der wesentlichen Analyseergebnisse	85
4.4	Mobilität	87
4.4.1	Analyse bestehender Studien im Mobilitätssektor	87
4.4.2	Zusammenfassung der wesentlichen Analyseergebnisse	88
5	Analyse der deutschen Gasversorgungslandschaft – Netze	90
5.1	Grundsätze der Datenerhebung und Auswertungsmethodik	90
5.1.1	Erhobene Daten	90
5.1.2	Methodik der Auswertung	91
5.2	Analyse der Grundgase und Identifizierung der Regionen	92
5.2.1	Analyse des Verhaltens der H-Grundgase	92
5.2.2	Identifizierung von Regionen mit abgrenzbaren Netzgebieten	104
5.3	Analyse aktueller Schwankungsbreiten der Gasbeschaffenheit in den Regionen	107
5.3.1	Region 1 – Nord-Ost	107
5.3.2	Region 2 – Ost	111
5.3.3	Region 3 – Süd-Ost	114
5.3.4	Region 4 – West	117
5.3.5	Region 5 - L-Gas-Gebiete	122
5.4	Vergleich Gasbeschaffenheitsschwankungen in den Regionen und Störgeschehen bei Gasverbrauchern	125
6	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Phase I und Schlussfolgerungen für die Phase II	128
	Anlagenverzeichnis	133

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ökologische Effekte einer Einspeisung erneuerbarer Gase auf den CO ₂ -Footprint des Energieträgers Gas	2
Abbildung 2: Verteilung des Erdgasverbrauches auf Sektoren in Deutschland und Europa	3
Abbildung 3: Prozesswärmebedarf in ausgewählten Branchen	3
Abbildung 4: Lösungsansätze für die Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen	4
Abbildung 5: Konzeption und Ablaufplan des Gesamtprojektes in Phase I - Marktanalyse und Phase II - Analyse der Lösungsstrategien, Bewertung und Roadmap	5
Abbildung 6: Empfindlichkeiten verschiedener industrieller Prozesse in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen (übersetzt nach [6])	10
Abbildung 7: Einschätzung der Empfindlichkeit verschiedener Thermoprozesse in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen [1]	14
Abbildung 8: Grundsätzlicher Aufbau der Fragebögen	26
Abbildung 9: Regionale Verteilung der Rückantworten auf die Hauptregionen und Bundesländer	36
Abbildung 10: Verteilung der beantworteten Fragebögen auf Industriebranchen	36
Abbildung 11: Verteilung der Anlagen mit stofflicher (rechts) und thermischer Nutzung (links) des Erdgases im Sektor Industrie	38
Abbildung 12: Anlagentypen mit alleiniger thermischer Nutzung des Erdgases in den Branchen	39
Abbildung 13: In die Befragung einbezogene Anlagen mit thermischer Erdgasnutzung	39
Abbildung 14: Verteilung der thermischen Anlagenleistung	40
Abbildung 15: Wichtige Kennwerte für die Produktqualität bei thermischer Erdgasnutzung	41
Abbildung 16: Verteilung der Anlagentypen mit stofflicher Erdgasnutzung	42
Abbildung 17: Wichtige Kennwerte für die Produktqualität bei der stofflichen Erdgasnutzung	42
Abbildung 18: Relevante Kenngrößen nach denen die Anlagen im Sektor Industrie eingestellt werden	43
Abbildung 19: Häufigkeit von beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen größer 3 %	44
Abbildung 20: Verteilung der beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen	45
Abbildung 21: Beobachtete Auswirkungen bei Schwankung einer wichtigen Gaskenngröße größer 3 %	45
Abbildung 22: Zuordnung der Unternehmen zu den Tätigkeitsfeldern der Hersteller und Industriebranchen für den Einsatz der Anlagen	47
Abbildung 23: Angaben zur Kenntnis der Gasbeschaffenheit bei Auslegung von Anlagen	48
Abbildung 24: Relevante Kenngrößen, nach denen die Anlagen bei Erstinbetriebnahme bzw. Wartungsarbeiten eingestellt werden	49
Abbildung 25: Entscheidende Kennwerte für die Produktqualität; Welche Kennwerte für Abgas oder Ofenraumatmosfera sind bei der thermischen Gasnutzung entscheidend für die Produktqualität	50
Abbildung 26: Entscheidende Gaskennwerte für die Produktqualität bei der stofflichen Nutzung	50
Abbildung 27: Verteilung der prozessbedingten Grenzen von Gasbeschaffenheitsparametern	51

Abbildung 28: Frage nach einer automatischen Ausregelung verschiedener Grenzen und Größen von Gasbeschaffenheitsschwankungen	52
Abbildung 29: Darstellung der erhaltenen Rückmeldungen mit der Zuordnung der jeweiligen Branchen	54
Abbildung 30: Verwendete Gasart und regionale Verteilung der Rückmeldungen	55
Abbildung 31: Kenntnisstand zur anliegenden Gasbeschaffenheit und zu den benötigten Kennwerten	55
Abbildung 32: Eingesetzte Anlagentypen in der Branche	56
Abbildung 33: Kritische Abgaswerte, Überwachungspflicht der Anlagen und Überwachungsintervall	57
Abbildung 34: Einstellpraxis der Anlagen.	58
Abbildung 35: Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen	60
Abbildung 36: Regionale Verteilung und Branchenzugehörigkeit der dezentralen Energieversorgungsanlagen	61
Abbildung 37: Anlagenzweck und Leistungsverteilung von Kesseln mit Gebläsebrennern	62
Abbildung 38: Übersicht zur Verbrennungsregelung und Einstellpraxis bei Gasgebläsebrennern	63
Abbildung 39: Übersicht zur Art der Einstellung und Wartungshäufigkeit von Gasgebläsebrennern	63
Abbildung 40: Verteilung der hergestellten Geräteeinheiten auf die Produktklassen	65
Abbildung 41: Verteilung der hergestellten Leistungsgrößen	65
Abbildung 42: Gasbeschaffenheit bei Errichtung der Anlage und Verfolgung der Änderung der Gasbeschaffenheit	66
Abbildung 43: Überwachungspflicht bei Hallenheizungssystemen	67
Abbildung 44: Einstellgewohnheiten von Hallenheizungssystemen bei Installation und Wartung	68
Abbildung 45: Einstellmethoden und Luftzahleinstellung bei Hallenheizungen	68
Abbildung 46: Wartungsintervalle, empfohlen und tatsächlich	69
Abbildung 47: Häufigkeit von Störungen	70
Abbildung 48: Regionale Verteilung der Rückmeldungen bei der Befragung häusliche Gasgeräte	72
Abbildung 49: Verteilung der Anzahl der Installateure und des Betriebsalters auf die befragten Unternehmen	73
Abbildung 50: Geografische Verteilung der im Jahr 2014 installierten Erdgasgeräte, die Größe der Tortendiagramme/Punkte entspricht der Anzahl der installierten Gasgeräte	74
Abbildung 51: Befragungsergebnis zur gelieferten Gasart und Gasbeschaffenheit	75
Abbildung 52: Verteilung der Gasgerätetypen auf den Gerätebestand und die Neuinstallationen	76
Abbildung 53: Verteilung der Gasgeräteleistungsklassen im Bestand und die Neuinstallationen	76
Abbildung 54: Prozentuale Verteilung der Leistungsklassen der Gasgeräte in Abhängigkeit der Baujahresklasse (nach ZIV – Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 2014)	77
Abbildung 55: Anteil selbstkalibrierender Gasgeräte aus der Befragung der Fachhandwerker und Vergleich mit der BDH-Verbandstatistik (rechts)	78

Abbildung 56: Verteilung der Gasgeräte mit selbstkalibrierender Verbrennungsregelung, der Durchmesser der Kreisdiagramme ist abhängig von Anzahl der installierten Gasgeräte im Unternehmen	79
Abbildung 57: Vergleich der Luftzuführung und der Aufstellungsräume bei Neuinstallation und bei den gewarteten Geräten	80
Abbildung 58: Einstellung der Gasgeräte auf lokale Gasbeschaffenheit bei Neuinstallation und bei Wartungsarbeiten	81
Abbildung 59: Einstellmethoden der Gasgeräte auf die lokale Gasbeschaffenheit bei Neuinstallation und Wartung	81
Abbildung 60: Verteilung der gewarteten Gasgeräte, bei denen eine Nachregelung der Verbrennungs- einstellungen notwendig wurde	82
Abbildung 61: Intervall der Erdgasgerätewartung	83
Abbildung 62: Im Jahr 2014 aufgetretene Störungen in Erdgasgerätebeständen bei der Wartung	84
Abbildung 63: „Häufig“ und „sehr häufig“ aufgetretene Störungen in Erdgasgerätebeständen nach eigener Erhebung und nach Erhebung des ZIV	84
Abbildung 64: Auftretende Störungen im betreuten Erdgasgerätebestand (installiert und gewartet) – geografische Verteilung	85
Abbildung 65: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von Russlandgas	94
Abbildung 66: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von Russlandgas	95
Abbildung 67: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und des Brennwertes von Russlandgas	95
Abbildung 68: zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von Russlandgas inkl. der Häufigkeitsverteilung	96
Abbildung 69: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von H-Verbundgas	98
Abbildung 70: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas	98
Abbildung 71: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und Brennwertes von H-Verbundgas	99
Abbildung 72: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas inkl. der Häufigkeitsverteilung	100
Abbildung 73: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von Nordverbundgas	101
Abbildung 74: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas	102
Abbildung 75: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und des Brennwertes von Nordverbundgas	102
Abbildung 76: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas inkl. der Häufigkeitsverteilung	103
Abbildung 77: Identifizierte Regionen mit abgrenzbaren Netzgebieten, Hauptflussrichtungen der importierten Erdgase sowie der Grenzübergangspunkte und Untergrundgasspeicher	105
Abbildung 78: Verteilung der in Deutschland betriebenen Biomethan-Einspeiseanlagen (Quelle: DBI)	106
Abbildung 79: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 1.	108

Abbildung 80: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 1 – Nord-Ost mit Häufigkeitsverteilung	109
Abbildung 81: Änderungsgeschwindigkeit des Wobbe-Index in Region 1 Nord-Ost	110
Abbildung 82: Schwankungsbereich von Brennwert und oberem Wobbe-Index in Region 2 - Ost	112
Abbildung 83: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 2 – Ost	113
Abbildung 84: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 2 – Ost, inkl. der Häufigkeitsverteilung	113
Abbildung 85: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost	115
Abbildung 86: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost	116
Abbildung 87: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost, inkl. der Häufigkeitsverteilung	117
Abbildung 88: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 4	119
Abbildung 89: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 4 – West	119
Abbildung 90: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-index in der Region 4 - West	120
Abbildung 91: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der Region 4 – West	121
Abbildung 92: Häufigkeitsverteilung der Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der gesamten Region 4, sowie an den Messstellen mit den höchsten (Ref. 4.1) bzw. den niedrigsten (Ref. 4.3) Spitzenwerten	121
Abbildung 93: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)	123
Abbildung 94: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas) und dessen Häufigkeitsverteilung	124
Abbildung 95: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)	125
Abbildung 96: Gemeldete Störungen an häuslichen Gasgeräten innerhalb der identifizierten Regionen	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kalifornische Studie zur Auswirkung von wechselnder Gasbeschaffenheit bei Industriebrennern (übersetzt von [8])	11
Tabelle 2:	Statistische Angaben und Bewertung im Sektor Industrie - Anlagenbetreiber	33
Tabelle 3:	Statistische Angaben Gasverwendungssektor zentrale/dezentrale Energieversorgung.	33
Tabelle 4:	Bewertung der Erhebung Fachhandwerker	34
Tabelle 5:	Empfehlung der Automobilindustrie zu den Kennwerten von Erdgas als Kraftstoff ¹⁾	88
Tabelle 6:	Statistische Kennwerte von Russlandgas	93
Tabelle 7:	Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von Russlandgas	96
Tabelle 8:	Statistische Kennwerte von H-Verbundgas	97
Tabelle 9:	Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas	99
Tabelle 10:	Statistische Kennwerte von Nordverbundgas	101
Tabelle 11:	Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas	103
Tabelle 12:	Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 1 – Nord-Ost	107
Tabelle 13:	Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 1	110
Tabelle 14:	Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 2 - Ost.	111
Tabelle 15:	Änderungsgeschwindigkeiten des Wobbe-Index in der Region 2 - Ost	112
Tabelle 16:	Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 3 – Süd-Ost	114
Tabelle 17:	Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der Region 3 – Süd-Ost	116
Tabelle 18:	Verbrennungstechnische Kennzahlen in Region 4 - West	118
Tabelle 19:	Statistische Daten zur Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in der Region 4 – West	120
Tabelle 20:	Wobbe-Index in Region L-Gas	122
Tabelle 21:	Änderungsgeschwindigkeit des Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)	124

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

Formelzeichen und Indizes:

$W_{s,n}$	Oberer Wobbe-Index im Normzustand in kWh/m ³ unter Normbedingungen (25°C/0°C und 1,01325 bar) falls nicht anders angegeben
$H_{s,n}$	Brennwert im Normzustand in kWh/m ³ unter Normbedingungen (25°C/0°C und 1,01325 bar) falls nicht anders angegeben
ρ	Dichte im Normzustand in kg/m ³ (0°C, 1,01325 bar)
λ	Luftzahl, Luftfaktor
d_n	relative Dichte im Normzustand
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxid, Stickstoffdioxid
O ₂	Sauerstoff

Abkürzungen:

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BDH	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.
BVGlas	Bundesverband Glasindustrie e.V.
DKG	Deutsche Keramische Gesellschaft e.V.
EASEE-gas	European Association for the Streamlining of Energy Exchange - gas
figawa	Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V.
FNB	Fernleitungsnetzbetreiber
FNBGas	Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas
GAD	Gas Appliance Directive
GIS	Geographisches Informationssystem
GÜP	Grenzübergangspunkt
GuD	Gas- und Dampf (-Kraftwerk)
GWP	Gaswärmepumpe
KÜO	Kehr- und Überprüfungsordnung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung, μ -KWK – Mikro-KWK
LNG	Liquefied Natural Gas, verflüssigtes Erdgas
PL	Performance Level
SIL	Safety Integrity Level
TA-Luft	Technische Anleitung Luft
THG	Treibhausgas
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V.
VDEh	Stahlinstitut VDEh
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

VDA	Verband der Deutschen Automobilindustrie e.V.
VGB	VGB PowerTech e.V., Fachverband der Strom- und Wärmeerzeugung
VIK	Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft
ZIV	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband
ZVSHK	Zentralverband Sanitär Heizung Klima

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

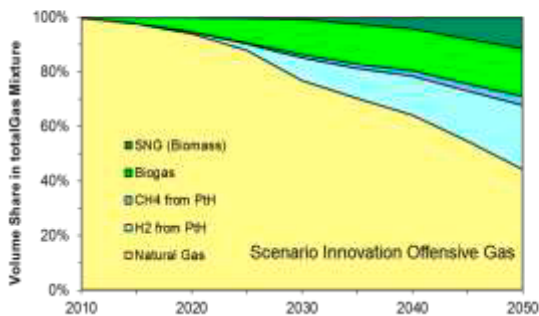
Erdgas ist ein Naturprodukt, das aus unterschiedlichen Quellen gefördert wird, wodurch die Zusammensetzung variieren kann. In Deutschland war die stabile Versorgungssituation seit Jahrzehnten durch zumeist geringe lokale Gasbeschaffheitsbandbreiten geprägt. Grund hierfür war unter anderem die stabile Bezugssituation. Durch die Nutzung unterschiedlicher und neuer Quellen können aber in naher Zukunft Schwankungen der Erdgasbeschafftheit häufiger und ausgeprägter auftreten. Die Gründe für diesen Wandel sind vielfältig und vor allem in den politisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im europäischen und globalen Umfeld zu suchen:

- Politisch gewollte Liberalisierung des Marktes
 - Höhere Flexibilität der Importe nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten
 - Entflechtung („unbundling“) der ursprünglich integrierten Gasversorgungsunternehmen
 - Regulatorisch bedingte Interessendivergenz und Verantwortlichkeitsverteilung der Marktpartner in der Versorgungswirtschaft, wie Gashandel sowie Gasnetz- und Gasspeicherbetreiber
 - Erhöhung des Wettbewerbs und der Gasmarktliquidität durch den Eintritt neuer Anbieter
- Veränderung der Erdgasquellen
(LNG-Importe in das europäische Gasnetz, Ausfördern europäischer Quellen etc.)
- Einspeisung von erneuerbaren Gasen in das deutsche/europäische Gasnetz mit dem Ziel der Reduktion von THG-Emissionen

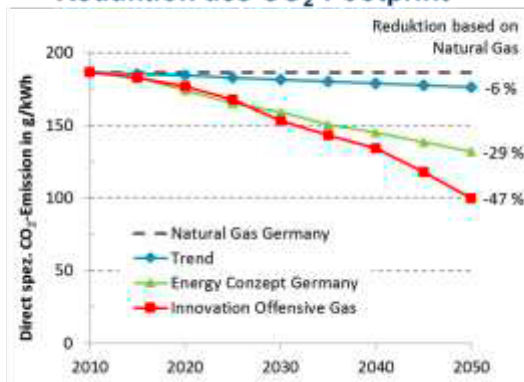
Insbesondere die Diversifizierung der Bezugsquellen kann dabei helfen, die Abhängigkeit von Gasimportländern zu reduzieren. Darüber hinaus hat die Einspeisung von erneuerbaren Gasen, wie Biogas oder Wasserstoff, einen gewollten positiven Effekt auf den CO₂-Footprint des verteilten Gases. Dies trägt zur Zukunftsfähigkeit des Energieträgers Gas bei (s. Abbildung 1). Zudem steht Deutschland als Gastransitland vor besonderen Herausforderungen, da nahezu 25 % des im Transportnetz geführten Erdgases für die europäischen Nachbarn bestimmt ist.

Im Ergebnis dieser Entwicklungen kann es zunehmend zu einer möglicherweise langfristig nicht vorhersehbaren und dauerhaft schwankenden Beschafftheit der verteilten Gase kommen. Beschafftheitseigenschaften sind sowohl die Gaszusammensetzung als auch die daraus abgeleiteten verbrennungstechnischen Kenngrößen, wie Wobbe-Index, Brennwert, Dichte oder Mindestluftbedarf. Durch diesen Wandel in der Versorgungssituation kommen neue Herausforderungen auf Gasgeräte im häuslichen Bereich, besonders aber im produzierenden Gewerbe und der Industrie zu. Dabei spielen weniger die Grenzen des Wobbe-Index die entscheidende Rolle als vielmehr die lokale Schwankungsbreite und Änderungsgeschwindigkeit der Gasbeschafftheit. Die Effekte von Gasbeschafftheitsschwankungen lassen sich nicht allein aus der Änderung des Wobbe-Index ableiten, auch Zusammensetzungsschwankungen bei gleichem Wobbe-Index haben Einfluss auf die energetische und stoffliche Nutzung von Erdgas.

Prognose der EE-Gase im deutschen Gasabsatz



Reduktion des CO₂-Footprint



- **EE-Gasanteil kann ca. 10 % erreichen bis 2020 – 2025**
- **Lokal sind höhere Anteile zu erwarten**
- **EE-Gase haben einen relevanten Einfluss auf die THG Emissionen in der Gasverwendung**
- **Erdgas hat den niedrigsten CO₂-Footprint aller fossilen Energieträger**

(Quelle: DVGW 2012)

Abbildung 1: Ökologische Effekte einer Einspeisung erneuerbarer Gase auf den CO₂-Footprint des Energieträgers Gas

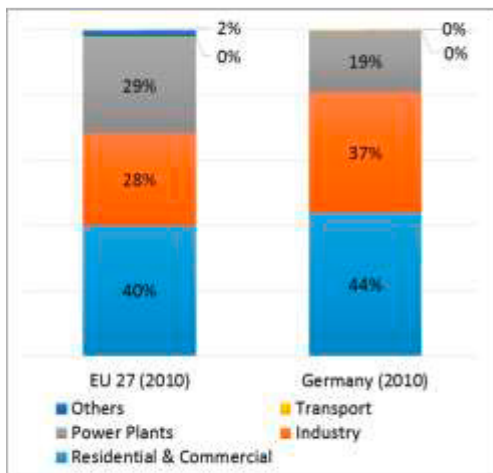
Im Rahmen der Erarbeitung einer harmonisierten europäischen H-Gas-Norm (EN 16726:2016) sind diese Fragen auch auf europäischer Ebene erkannt worden (Mandat M/400, s. Abschnitt 2.1) und sollen in der Normungsarbeit adressiert werden. Die Europäische Union möchte aber sicherstellen, dass bei einem möglichst weit spezifizierten Gasbeschaffungsbereich zur Erleichterung des Handels dennoch alle angeschlossenen Gasverbrauchseinrichtungen weiter sicher, effizient und emissionsarm funktionieren. Dies muss auch unter Berücksichtigung kommender Verschärfungen entsprechender nationaler und internationaler Regelungen gewährleistet sein, wie z.B. Öko-Design-Richtlinie, TA-Luft, BImSchV, SIL/PL-Anforderungen und Weiteres.

Durch die bisher bestehende Praxis von meist geringen lokalen Gasbeschaffungsbandbreiten weisen nur wenige Anwendungen die Fähigkeit auf, im gesamten Gasbeschaffungsbereich des DVGW-Arbeitsblattes G 260 ohne Anpassung der Einstellungen effizient und emissionsarm zu funktionieren. Aktuell sind derartige technische Lösungen nicht für alle Produktgruppen von Gasverbrauchseinrichtungen verfügbar. Darüber hinaus existieren zahlreiche Industrieprozesse, die bisher nicht oder nur in eingeschränktem Maße untersucht wurden. Diese umfassen ca. 60 – 70 % des derzeitigen Erdgasverbrauches mit steigender Tendenz (s. Abbildung 2). Dazu gehören:

- stationäre Energiewandler, wie motorische und alternative BHKW sowie Gasturbinen,
- Prozesse der chemischen und metallurgischen Industrie mit einer stofflichen Nutzung,
- Prozesse in denen Gasflammen als Werkzeuge eingesetzt werden.

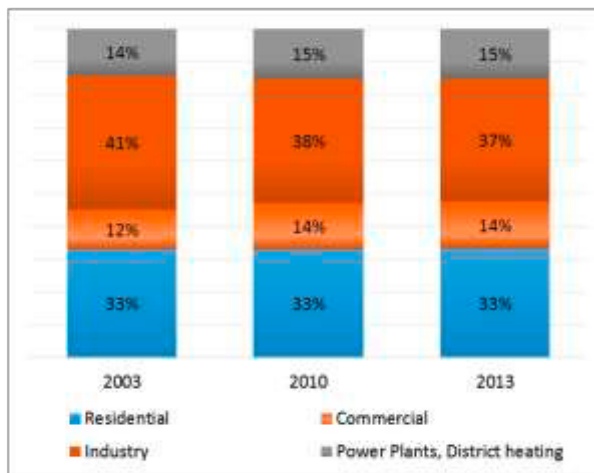
Eine Verteilung des Prozesswärmebedarfes nach Branchen ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

Europäische Situation



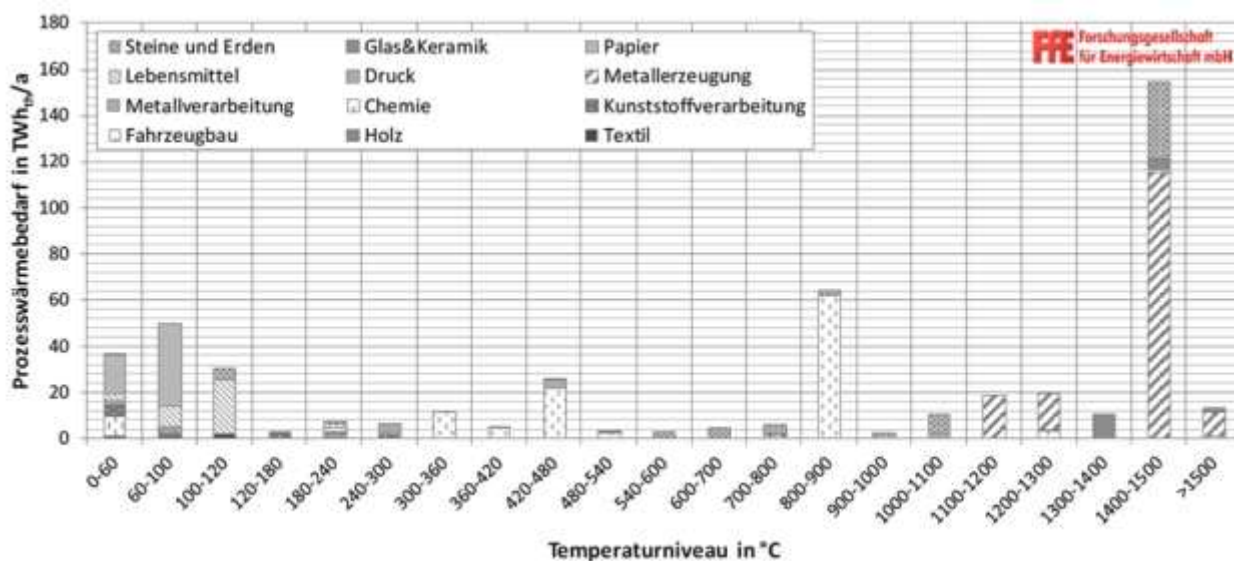
(Quelle: Eurogas 2010)

Deutsche Erdgasverteilung



(Quelle: BDEW 2014)

Abbildung 2: Verteilung des Erdgasverbrauches auf Sektoren in Deutschland und Europa



Quelle: FfE 2015

Abbildung 3: Prozesswärmebedarf in ausgewählten Branchen

Alle Marktbeteiligten, wie Versorgungs-, Netz- und Verbraucherseite zusammen mit den Geräte- und Anlagenherstellern, sind aufgefordert, eine für alle tragfähige Gasbeschaffungsstrategie (Roadmap „Gasbeschafftheit“) zu entwickeln, um den Energieträger Gas auch zukünftig sicher, effizient, emissionsarm und wirtschaftlich nutzen zu können. Dies beinhaltet eine volkswirtschaftliche Analyse aller zur Verfügung stehenden Optionen in der vollen Bandbreite zwischen flexiblen Gasverbrauchern bis hin zu einer schmalen regionalen Beschafftheitsbandbreite durch netzgebundene Kompensationsmaßnahmen (siehe Abbildung 4).

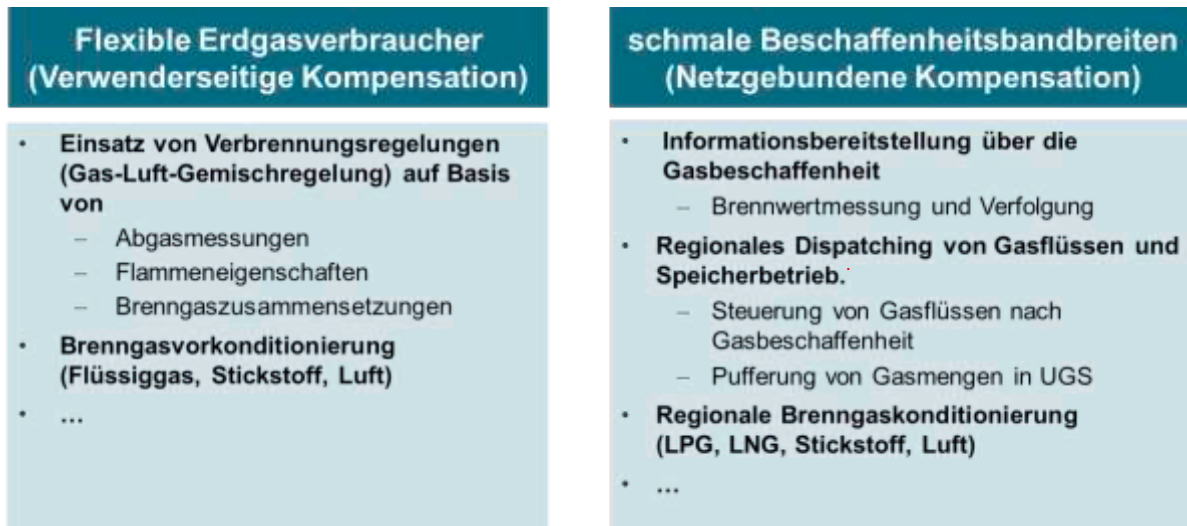


Abbildung 4: Lösungsansätze für die Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen

1.2 Gesamtziel und Ablaufplan

Ziel des Vorhabens ist es, ein wirtschaftliches und verträgliches Gasbeschaffenheitsband für den deutschen Geräte- und Anlagenbestand zu definieren, welches die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben bezüglich Sicherheit, Emissionen und Effizienz weiterhin ermöglicht. Im Rahmen dieser Optimierungsaufgabe wurden in einem breiten Konsens der Marktpartner folgende Ziele definiert:

- Analyse der Gasverbrauchseinrichtungen und der Installationspraxis im Bestand von Haushalt, Gewerbe und Industrie durch eine Marktanalyse, welche durch eine Felddatenerfassung unterstützt wird
- Analyse der bisherigen Versorgungssituation im deutschen Netz
- Ermittlung der Kosten für Kompensationsmaßnahmen auf Seiten flexibler Gasverwendungssysteme und zur Einstellung schmaler Gasbeschaffenheitsbandbreiten im Gasnetzbetrieb
- Erstellung einer Kosten-Nutzen-Analyse für die Realisierung eines volkswirtschaftlich akzeptablen H-Gasbandes, ggf. mit unterschiedlichen regionalen Ausprägungen
- Entwicklung notwendiger Strategien und Maßnahmen zur Lösung der Herausforderungen
- Erarbeitung einer Roadmap „Gasbeschaffenheit“ zur Umsetzung der vorgeschlagenen Strategien

Zur Umsetzung einer solchen Roadmap sind die Marktpartner über ihre Verbände eingebunden worden um Informationen aus deren Mitgliederkreisen zu erhalten. Dazu gehören BDEW, BDH, BVGlas, DKG, figawa, FNBGas, VCI, VDEh, VDMA, VIK, ZIV, ZVSHK und Weitere.

Das geplante Projekt wurde in zwei Arbeitsphasen gegliedert. In der ersten Phase wurden Datenerhebungen in Form einer Marktanalyse sowohl für den Bereich der Gasverwendung als auch für die Gasinfrastruktur vorgenommen und ausgewertet. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der ersten Phase zusammen. In der zweiten Phase wird die volkswirtschaftliche Bewertung der unterschiedlichen Kompensationsstrategien durchgeführt. Die gesamte Projektstrategie ist in der Abbildung 5 dargestellt.

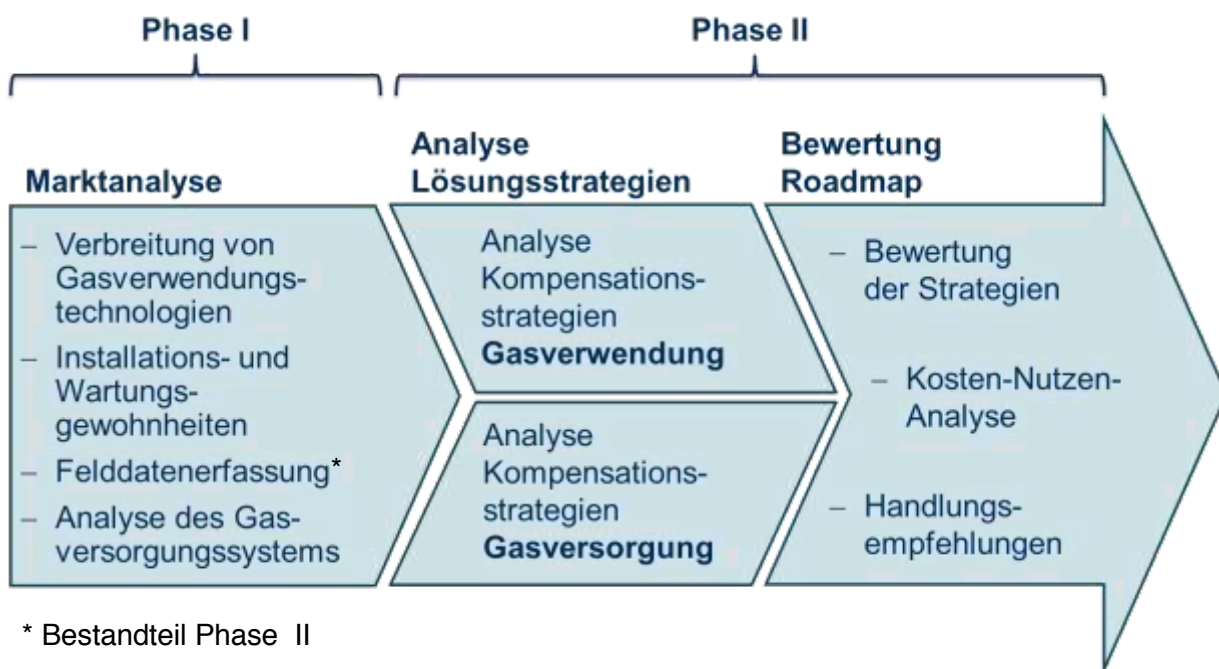


Abbildung 5: Konzeption und Ablaufplan des Gesamtprojektes in Phase I - Marktanalyse und Phase II - Analyse der Lösungsstrategien, Bewertung und Roadmap

2 Stand von Wissenschaft und Technik

Während der Vorbereitung zu dem Projekt wurde eine kurze Zusammenfassung des aktuellen Wissenstandes durchgeführt. Im Rahmen des Projektes wurde diese Zusammenfassung um eine ausführliche Analyse einzelner wesentlicher nationaler und internationaler Studien ergänzt. Beide Analysen werden im Folgenden wiedergegeben.

2.1 Stand von Wissenschaft und Technik zum Zeitpunkt des Projektbeginns

In der Vergangenheit gab es einige Projekte, die sich mit Änderungen der Gasbeschaffenheit und der Gaszusammensetzung sowie deren möglichen Effekten auf die Gasverwendung beschäftigten. Eine Zusammenfassung diesbezüglich enthält u.a. der Abschlussbericht der „Vorstudie Wobbe-Index“ [1] (s. Abschnitt 2.4). Beispielhaft sind die Projekte „GASQUAL“ [2] für den häuslichen Bereich sowie das Projekt „Gasbeschaffenheit Industrie“ [3] für den gewerblichen und industriellen Bereich. Außerdem existieren verschiedene internationale Untersuchungen, z.B. von Slim et al. [4].

Das Projekt „GASQUAL“ [2] (europaweite Marktstudie) zeigte im Rahmen von Gasbeschaffenheitsvariationen bei etwa 100 häuslichen Testgeräten im Neuzustand aus über zwanzig Gerätekategorien bei Einstellung der häuslichen Geräte auf G 20 und dem empfohlenen Gasanschlussdruck, dass ein oberer Wobbe-Index-Grenzwert von $W_{s,n} = 15,46 \text{ kWh/m}^3$ (0/25 °C) bezüglich der Verbrennungsgüte und Funktionssicherheit unkritisch ist. Werden noch Variationen des Gasanschlussdrucks und von G 20 abweichende Einstellungen zugelassen oder ist eine mangelhafte Wartung vorzufinden, so verringert sich der technisch akzeptable Wobbe-Index-Bereich für Durchlaufwasserheizer und Brennwertgeräte weiter. Dieses Szenario würde nach dem Bericht zum Projekt „GASQUAL“ [2] europaweit einen Handlungsbedarf bei 40 - 100 Millionen Gasgeräten erfordern. Maßnahmen zur Verringerung der Anzahl betroffener Geräte wären beispielsweise eine neue Einstellungspraxis auf das Normprüfgas G 20 oder, sofern dies technisch und wirtschaftlich möglich ist, der Ersatz von Altgeräten durch moderne Gas - Brennwertgeräte mit adaptiven Verbrennungsregelungen. Die Bestandsdaten des ZIV weisen vor allem erhöhte Auffälligkeiten bei CO-Emissionen für Wasserheizer mit Heizwerttechnologie und insbesondere mit atmosphärischen Brennern sowie gewerblichen Gasgeräten auf. Der hohe Anspruch an Sicherheit und Effizienz muss auch bei zukünftig variierender Gasbeschaffenheit gegeben sein.

Die Ergebnisse von GASQUAL sind nicht unumstritten, wie etwa in [16] dargelegt wird. Oft genannte Kritikpunkte [16], [17] sind neben der begrenzten Anzahl der untersuchten Geräte (etwa 100 Haushaltsgeräte in 29 Kategorien) die Beschränkung auf Neugeräte, welche nach GAD [18] zertifiziert waren und lediglich unter Laborbedingungen untersucht wurden sowie der Mangel an Langzeituntersuchungen und der Fokus der Studie auf CO-Emissionen. Alle Betriebszustände mit CO-Emissionen unter 500 ppmv wurden als unbedenklich angesehen. Lediglich CO-Emissionen von mehr als 1000 ppmv galten als kritisch. Aspekte zur Energieeffizienz oder zu NO_x-Emissionen wurden im Rahmen der Studie als weniger relevant eingestuft. Diese Kritikpunkte werden in der Studie durchaus adressiert. Insbesondere die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf nicht-häusliche Gasanwendungen wird als problematisch angesehen.

Obwohl das Projekt „GASQUAL“ [2] schon aufschlussreiche Ergebnisse lieferte, gibt es noch erheblichen Forschungsbedarf. Dies trifft insbesondere für häusliche Pre-GAD-Geräte (Zulassung des Gerätes vor Inkrafttreten der Gasgeräteverordnung) und Geräte aus dem Bestand mit unterschiedlichen Einstellungen und Wartungszuständen zu. Außerdem wurden keine Geräte der „neuen Technologien“, wie μ -Kraft-Wärme-Kopplung (μ -KWK) oder Gaswärmepumpen (GWP)

berücksichtigt. In der Bundesrepublik Deutschland machen die Gerätekategorien Heizkessel, Durchlaufwasserheizer und Vorratswasserspeicher mehr als 75 % aller häuslichen Gasgeräte aus. Die GASQUAL-Studie zeigte, dass diese Geräte bei einem Wobbe-Index von mehr als $15,46 \text{ kWh/m}^3$ (s. o.) hohe CO-Emissionen aufweisen. Deshalb besteht auch bei diesen Gerätekategorien weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Verträglichkeit von Gasbeschaffenheitsschwankungen bzw. der Gasanschlussdrücke. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes „GASQUAL“ keinerlei Untersuchungen für industrielle Gasverbraucher durchgeführt.

Speziell für den Sektor Industrie hatte der DVGW das Projekt „Gasbeschaffenheit Industrie“ [3] initiiert. Für die Untersuchungen in dem Projekt wurde auf Basis von Recherchen zur aktuellen und zukünftigen Gasbeschaffenheit in Deutschland und Europa von den maximal möglichen Grenzwerten innerhalb des DVGW-Arbeitsblattes G 260 [5] ausgegangen. Aufgrund der absehbaren Erschöpfung der Erdgas-L-Vorräte (bis 2030) lag der Untersuchungsschwerpunkt auf Erdgas H. Im Gegensatz zu den häuslichen und gewerblichen Anwendungen mit ihrer sehr großen Stückzahl aber überschaubaren Gerätevarianten sind die Stückzahlen der industriellen Anlagen eher gering, aber in ihren Technologien äußerst heterogen und im Erdgasverbrauch den häuslichen Geräten gleichgestellt. Das in Deutschland verteilte Erdgas wird zu ca. 2/3 von Industrie, Gewerbe und Stromerzeugung verbraucht.

Sowohl in der Technologie als auch in der Ausführung sind industrielle Anlagen zumeist Unikate, die optimal an das jeweilige Produkt sowie die örtliche Gasbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Einstellung und die Umweltbedingungen angepasst sind. Weiterhin besteht der Zweck des Gaseinsatzes in industriellen Anlagen nicht nur aus der Wärmebereitstellung wie bei häuslichen Anlagen, dieser ist deutlich umfangreicher. Neben der „klassischen Wärmebereitstellung“ in Wärmebehandlungs- und Trocknungsanlagen, muss Energie u. a. für Schmelz- und Umformprozesse mit definierten Produkteigenschaften bereitgestellt werden. Darüber hinaus gelten strenge Anforderungen an Anlageneffizienz und Schadstoffemissionen (CO, NO_x). In einigen Bereichen, speziell der chemischen Industrie sowie der Stahlindustrie, wird Erdgas nicht nur als Brennstoff, sondern auch als Rohstoff eingesetzt, etwa bei der Dampfreformierung zur Synthesegas- und Wasserstoffherstellung bzw. in der Stahlindustrie in Form von Endogas. In zahlreichen industriellen Prozessen spielt nicht nur die eingebrachte Leistung eine große Rolle, sondern auch die Prozesstemperatur sowie die entstehende Atmosphäre. Der Wobbe-Index als einzige avisierte, verbrennungstechnische Kennzahl in der europäischen H-Gas-Normung hat deshalb für die Auslegung und den Betrieb von industriellen Anlagen nur eine untergeordnete Bedeutung verglichen mit der Gaszusammensetzung, dem minimalen Luftbedarf und dem Heizwert. Die Einstellung mit einem Prüfgas, wie bei der Werkseinstellung von häuslichen Gasgeräten üblich, ist aufgrund der Anlagengröße und den komplexen Anforderungen wirtschaftlich und technologisch nicht praktikabel.

Starke Schwankungen innerhalb des G260-konformen Wobbe-Index-Bereichs können sich nach den Untersuchungen in [3] negativ auf Schadstoffemissionen (CO, NO_x), die Produktqualität, die Energieeffizienz und die Lebensdauer von Anlagen oder Komponenten auswirken, auch in einem schmalen Wobbe-Index-Band ($\pm 2 \%$). Bei Grundeinstellungen mit knapp überstöchiometrischer Luftzahl ($\lambda = 1,05$), wie sie in der Industrie durchaus üblich sind, und zusätzlichen Gasbeschaffenheitsschwankungen können z. B. die CO-Emissionen die gesetzlichen Grenzwerte deutlich überschreiten (s. Abschnitt 2.3).

In Deutschland und in der Europäischen Union gibt es zahlreiche Emissionsvorgaben und Anforderungen an die Energieeffizienz für die Produktzertifizierung, die Überwachung von häuslichen Geräten sowie industriellen Anlagen. Diese Anforderungen sind in europäischen Richtlinien und harmonisierten Normen sowie nationalen Gesetzen und Verordnungen (z. B.

BImSchV, TA Luft, KÜO [1, 6 - 9]) verankert. In den üblichen Zyklen werden die Vorgaben entsprechend dem Stand der Technik verschärft, z.B. Schadstoffemissionen, Wirkungsgrade oder die geplante Luftzahlvorgabe für industrielle Anwendungen von $\lambda = 1,15$ [10 - 13]. Nahezu alle Geräte und Anlagen werden regelmäßig überprüft. Häufig sind Verstöße gegen die Anforderungen an Effizienz oder Schadstoffemissionen in den Kaufverträgen pönalisiert oder ggf. mit Strafen belegt.

Die meisten Geräte und Anlagen im Bestand wurden bisher nur mit deutlich geringeren Gasbeschaffenheitsschwankungen konfrontiert, als im DVGW-Arbeitsblatt G 260 vorgegeben ist. Aus diesem Grund sind weder Erfahrungen aus der Praxis, noch eine entsprechende Automation zur Kompensation bei den meisten Geräten und Anlagen im Bestand vorhanden. Daher ist eine Toleranz gegenüber ausgeprägten Gasbeschaffenheitsschwankungen mit den o. g. Forderungen nach niedrigen Schadstoffemissionen und hoher Energieeffizienz nicht vereinbar.

Insgesamt leitet sich aus den o. g. Untersuchungen [1 – 4, 14, 15] ein Forschungs- und Handlungsbedarf hinsichtlich des Umgangs mit der Gasbeschaffenheitsschwankungen ab. Wie dargestellt, existieren zahlreiche Industrieprozesse, die bisher nicht oder nur in eingeschränktem Maße untersucht wurden. Diese umfassen ca. 60 – 70 % des derzeitigen Erdgasverbrauches mit steigender Tendenz. Dazu gehören u. a. Energiewandler, wie motorische und alternative BHKW, Gasturbinen, Prozesse der chemischen und metallurgischen Industrie mit einer stofflichen Nutzung sowie Prozesse in denen Erdgasflammen als Werkzeuge eingesetzt werden. Weiterhin zeigen die o.g. Untersuchungen den dringenden Bedarf für die vorliegende Aufgabenstellung „Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf die Sektoren des Gasverbrauches und deren Kompensation“ auf.

Literatur:

- [1] DVGW-Projekt G 1/03/12: Vorstudie zur Untersuchung des Einflusses von dauerhaft wechselnden Wobbe-Indizes von H-Gasen auf häusliche und industrielle Gasanwendungstechnologien. Abschlussbericht, Bonn, Mai 2014
- [2] Standardization in the field of gas qualities - Mandate CE M400 Phase 1. Final-Report, CEN BT WG 197 No 310, 2012
- [3] DVGW-Projekt G 1/06/10: Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen". Abschlussbericht, Bonn, April 2014
- [4] Slim, B.K., et al.: The combustion behaviour of forced-draught industrial burners when fired within the EASEE-gas range Wobbe Index. International Gas Union Research Conference 2011, Seoul, 2011
- [5] DVGW-Arbeitsblatt G 260, Gasbeschaffenheit. Bonn, März 2013
- [6] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV). 2010
- [7] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV). 2013
- [8] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 13. BImSchV). 2013
- [9] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). 2002

- [10] VERORDNUNG (EU) Nr. 813/2013 DER KOMMISSION vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten. Europäische Kommission, 2013
- [11] VERORDNUNG (EU) Nr. 814/2013 DER KOMMISSION vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern. Europäische Kommission, 2013
- [12] COMMISSION REGULATION (EU) No. 11 of XXX implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for local space heaters. Europäische Kommission, 2014
- [13] Sustainable Industrial Policy – Building on the Eco-design Directive – Energy-Using Products Group Analysis / 2 – Lot 4: Industrial and Laboratory Furnaces and Ovens – Tasks 1 – 7. Final Report, ERA Technology Limited, 2012
- [14] Dörr, H.: DVGW-Forschungsprojekt G 5/01/12: Wasserstoffeinspeisung in ein Erdgasversorgungsnetz. Präsentation, TUUH, 28.05.2014
- [15] Kaltenmaier, A.; Endisch, J.: Das GASQUAL-Projekt - Ausweitung der Grenzen der Erdgasbeschaffenheit und Konsequenzen für den Betrieb häuslicher Geräte im Bestand. In: gwf Gas Erdgas, 2013, S. 348-357
- [16] Levinsky, H.B.: Requirements for gas quality and gas appliances. DNV GL, Groningen, Niederlande, 74106553.01b, 2015
- [17] Graß, G., Burger, N., Lücke, A.: Projekt GASQUAL - Pilot-Studie Deutschland: Grundsatzposition von BDH und figawa. In: Gaswärme International, Nr. 2, 2013, S. 33–42
- [18] Directive 2009/142/EC of the European Parliament and the Council of 30 November 2009 relating to appliances burning gaseous fuels (codified version). Europäische Union, Directive 2009/142/EC, Brüssel, Belgien, 2009

2.2 Analyse internationaler Studien

Eine ähnlich wie GASQUAL aufgelegte britische Studie mit deutlich kleinerem Umfang [4] untersuchte ebenfalls die Auswirkungen von Brenngasen mit unterschiedlichen Wobbe-Indices auf Gasgeräte. In der Studie wurden 10 gebrauchte Haushaltsgeräte verschiedener Kategorien aus dem Feld und mit bekannter Wartungshistorie untersucht. Dies geschah vor dem Hintergrund möglicher Veränderungen des recht schmalen britischen Wobbe-Index-Bandes im Rahmen der europäischen Harmonisierung. Daher wurde ein weitaus größerer Wobbe-Index-Bereich (13,19 – 16,39 kWh/m³, bezogen auf 25 °C / 0°C) untersucht, als nach dem britischen Regelwerk GS(M)R [5] erlaubt ist (13,82 - 15,05 kWh/m³). Es konnte gezeigt werden, dass eine Korrelation zwischen höheren Wobbe-Indices und höheren CO- und NO_x-Emissionen bestand, während die Geräteeffizienz sich kaum veränderte. Bei manchen Geräten traten bei Wobbe-Indices von 53 MJ/m³ (bei 15 °C/ 15 °C, entspricht 15,51 kWh/m³ im deutschen Bezugssystem) und damit außerhalb des Regelwerks kritische CO-Emissionen von über 1000 ppm auf. Diese Erkenntnisse, dass insbesondere Gase mit hohen Wobbe-Indices problematisch sein können, bestätigen somit auch die GASQUAL-Ergebnisse. Weiterhin wurde im Rahmen dieser Studie untersucht, inwieweit die Gaskonditionierung eine Option für den sicheren und schadstoffarmen Betrieb der Geräte darstellt. Hierzu wurden die

Gase im untersuchten Wobbe-Index-Bereich durch Zugabe von Stickstoff so konditioniert, dass sie innerhalb des zulässigen Wobbe-Index-Bereichs der GS(M)R liegen. Bei diesen Untersuchungen traten, mit Ausnahme eines Geräts, keine überhöhten CO-Emissionen auf. Bei der Mehrheit der Geräte lagen CO- und NO_x-Emission, aber auch der Wirkungsgrad, auf einem vergleichbaren Niveau wie im Betrieb mit dem Grundgas G20.

Auch die Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf industrielle Feuerungsprozesse wurden in den letzten Jahren vermehrt untersucht. So klassifiziert eine GDF-SUEZ-Studie [6] verschiedene Industrieprozesse nach ihrer Empfindlichkeit, wie in Abbildung 6 dargestellt ist.

Prozess	Variation des Brennwertes oder Wobbe-Index		
	< 3 %	3 - 5 %	5 - 10%
Heizkessel	kaum empfindlich	kaum empfindlich	kaum empfindlich
Trocknung	kaum empfindlich	kaum empfindlich	kaum empfindlich
Schmelzprozesse (NE-Metalle)	kaum empfindlich	empfindlich	empfindlich
Vorwärmung (Metalle)	kaum empfindlich	empfindlich	empfindlich
Glasnachbehandlung	kaum empfindlich	empfindlich	empfindlich
Ziegelfertigung	kaum empfindlich	empfindlich	empfindlich
Wärmebehandlung	kaum empfindlich	empfindlich	sehr empfindlich
Glasschmelzen (Behälterglas), Feeder	kaum empfindlich	empfindlich	sehr empfindlich
Porzellanbrennen	empfindlich	sehr empfindlich	sehr empfindlich
Kalköfen, Kalzinierung von Tonerden	empfindlich	sehr empfindlich	sehr empfindlich
Glasschmelzen (Flachglas)	sehr empfindlich	sehr empfindlich	sehr empfindlich
Kunststoffindustrie	sehr empfindlich	sehr empfindlich	sehr empfindlich

Abbildung 6: Empfindlichkeiten verschiedener industrieller Prozesse in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen (übersetzt nach [6])

Die Abbildung veranschaulicht, dass bereits bei Schwankungen von weniger als 3 % des Wobbe-Index oder Brennwertes bei einigen Anlagen und Prozessen mit einer hohen Empfindlichkeit zu rechnen ist. Das DVGW-Projekt „Gasbeschaffenheit Industrie“ [7], das in Abschnitt 2.3. detaillierter vorgestellt wird, kommt zu ähnlichen Schlussfolgerungen.

Eine kalifornische Studie aus dem Jahre 2006 [8] klassifiziert Industriebranchen und vor allem auch verschiedene industriell gebräuchliche Brennerbauformen in Bezug auf ihre Empfindlichkeit für Gasbeschaffenheitsschwankungen. Interessant ist hierbei, dass neben einer Einschätzung verschiedener Anlagen und Prozesse auch Aussagen zum Gasverbrauch der jeweiligen Branchen und der Anzahl der Produktionsstätten (in Kalifornien) getroffen werden. In der Studie wird dabei differenziert nach „Kategorie I“ (möglicher Schaden am Brenner oder der Anlage), „Kategorie II“ (mögliche Beeinträchtigung in Bezug auf Betrieb, Effizienz oder Schadstoffemissionen) und „Kategorie III“ (geringe Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung). Hintergrund der Studie war die Erwartung, dass in Zukunft in Kalifornien mehr LNG mit einem höheren Wobbe-Index verteilt werden würde als bisher. Dabei ging man von historischen Werten für verteiltes Erdgas in Kalifornien aus,

die traditionell in einem recht engen Band liegen (min. Wobbe-Index 1.290 BTU/scf, max. Wobbe-Index 1.358 BTU/scf, durchschnittlicher Wobbe-Index 1.337 BTU/scf), während die potentiellen LNG-Qualitäten einen Wobbe-Index von bis zu 1.428 BTU/scf aufwiesen.

Tabelle 1: Kalifornische Studie zur Auswirkung von wechselnder Gasbeschaffenheit bei Industriebrennern (übersetzt von [8])

Kategorie I: Möglicher Schaden am Brenner oder der Anlage				
Kategorie II: Mögliche Beeinträchtigung des Verbrennungsverhaltens (Leistung, Emissionen, Effizienz)				
Kategorie III: Wahrscheinlich keine Beeinträchtigung				
Branche	Standorte	Rel. Gasverbrauch	Kategorie	Brennertypen
Mineralöl	218	34,8 %	I oder III III III	Naturzugbrenner Flachflammenbrenner Fackeln
Öl-/Gasförderung	232	13,1 %	I und II III	Kesselbrenner (Druck) Fackeln
Lebensmittel/ Getränke	4.544	10,2 %	I und II I und II II II III	Kesselbrenner (Wärme) Strahlheizrohre Wärmestrahler Linienbrenner Kanalbrenner
Zement, Mineralien, Glas	1.524	7,3 %	II II II	Oxy-Fuel-Brenner Regenerativbrenner Hochimpulsbrenner
Zucker und Tiefkühlkost	114	6,8 %	I und II III	Kesselbrenner (Wärme) Kanalbrenner
Textil, Papier, Druck, Kleidung	11.506	4,7 %	I und II II	Kesselbrenner (Wärme) Wärmestrahler
Chemie	1.615	4,1 %	I und II I und II II III	Kesselbrenner (Wärme) Strahlheizrohre Wärmestrahler Flachflammenbrenner
Metallerzeugung	510	3,9 %	I und II I und II II II II	Kesselbrenner (Druck) Strahlheizrohre Oxy-Fuel-Brenner Regenerativbrenner Hochimpulsbrenner
Metallverarbeitung	7.931	3,4 %	I und II I und II II	Kesselbrenner (Druck) Strahlheizrohre Wärmestrahler
Zellstoff	1	2,7 %	I und II	Kesselbrenner (Wärme)
Halbleiter	1.500	1,9 %	I und II	Strahlheizrohre
Bau	69.023	0,6 %	II	Hochimpulsbrenner

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der Studie. Die Darstellung veranschaulicht, dass ein Teil der installierten Anlagen negativ auf einen Gasbeschaffenheitswechsel reagieren kann. Bei einigen seien nach Ansicht der Studie Schäden möglich.

In manchen großtechnischen Anwendungen spielen neben der Wärmefreisetzung selbst auch reaktionskinetische Effekte eine große Rolle für den Anlagenbetrieb, etwa bei Gasmotoren oder Gasturbinen. Bei Gasmotoren steht dabei insbesondere das sogenannte „Klopfen“, also die ungewollte verfrühte Selbstzündung des Brennstoff-Oxidator-Gemischs während der Verdichtung im Vordergrund. Dies wird in der Studie von Dijk et al [9] und in [10] ausführlich beschrieben. Tritt diese Selbstzündung vor der eigentlichen Zündung durch die Zündkerze ein, führt dies zu reduzierter Laufruhe, höheren Schadstoffemissionen, reduziertem Wirkungsgrad und kann auch zu Schäden am Motor führen. Höhere Kohlenwasserstoffe oder auch Wasserstoff erhöhen die Klopfneigung eines Brenngases, was durch rein kalorische Größen, wie Heizwert oder Wobbe-Index, nicht sinnvoll quantifiziert werden kann. Daher kommen hier andere Kenngrößen, etwa die Methan-Zahl (MZ) zum Einsatz. Auch bei der mageren Vormischverbrennung in modernen Kraftwerksgasturbinen spielt die chemische Zusammensetzung des Brennstoffs eine große Rolle, was sowohl in [10] als auch bei Abbott [11] beschrieben wird. Bei diesem Verbrennungskonzept, bei dem aus Gründen der NO_x-Minderung die Brenner in der Nähe der Verlöschungsgrenze betrieben werden, können Veränderungen der Erdgaszusammensetzung im ungünstigen Fall zum Flammenrückschlag führen, d.h. die Flammenfront bewegt sich in den Brennermund und zerstört so den Brenner. Auch thermoakustische Schwingungen, das sogenannte „Brennkammerbrummen“, können durch variable Brenngaszusammensetzungen ausgelöst werden und langfristig zu Schäden an einer Gasturbine führen [11].

Ein grundsätzliches Problem der Gasbeschaffenheitsdiskussion aus Sicht industrieller Gasnutzer ist somit, dass der Wobbe-Index für viele Anwendungsbereiche in der Thermoprozess- und Kraftwerkstechnik technische Aspekte nicht berücksichtigt. Dies wird auch von einer Studie des amerikanischen National Gas Council [12] aus dem Jahre 2005 unterstützt:

„The Wobbe Number provides the most efficient and robust single index and measure of gas interchangeability. There are limitations to the applicability of the Wobbe Number, and additional specifications are required to address combustion performance, emissions and non-combustion requirements.“

Wichtig ist hierbei zudem die recht umfassende Definition der Austauschbarkeit (*interchangeability*):

„Interchangeability is defined as: The ability to substitute one gaseous fuel for another in a combustion application without materially changing operational safety, efficiency, performance or materially increasing air pollutant emissions.“

Gerade in Anwendungen, in denen Prozesswärme auf sehr kontrollierte Weise freigesetzt werden soll oder in denen reaktionskinetische Phänomene eine Rolle spielen, ist der Wobbe-Index als alleinige verbrennungstechnische Kenngröße unzureichend. Für die stoffliche Gasverwendung in der Chemie-Industrie oder der Metallurgie ist er nicht geeignet.

Literatur

- [1] Levinsky, H.B.: Requirements for gas quality and gas appliances. DNV GL, Groningen, Niederlande, 74106553.01b, 2015
- [2] Graß, G., Burger, N., Lücke, A., Projekt GASQUAL - Pilot-Studie Deutschland: Grundsatzposition von BDH und figawa. In: Gaswärme International, Nr. 2, 2013, S. 33–42

- [3] Directive 2009/142/EC of the European Parliament and the Council of 30 November 2009 relating to appliances burning gaseous fuels (codified version). Europäische Union, Directive 2009/142/EC, Brüssel, Belgien, 2009
- [4] Teekaram, A., Parker, J., Topaltziki, A., Fletcher, A., Kingswood, C.: Assessment of gas quality on domestic appliances. BSRIA/DTI, Final Report 19299/1, Bracknell, United Kingdom, 2005
- [5] Gas Safety (Management) Regulations 1996. Statutory Instruments 1996 No. 551, London, United Kingdom, 1996
- [6] Cordier, R.: Impacts des variations de la qualité du gaz H dans les usages industriels. Colloque d'AFG sur la qualité du gaz, Paris, Frankreich, 2012
- [7] Krause, H., Wersch, M., Franke, S., Giese, A., Benthin, J., Dörr, H.: DVGW-Forschungsauftrag: Gasbeschaffenheit Industrie - Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen (G 1/06/10 Phase I und II). Abschlussbericht, DVGW Forschungsprojekt G 1/06/10, Bonn, 2014.
- [8] Rue, D., Chudnovsky, Y., Soupos, V., Tickel, T.: Natural Gas in California: Environmental Impacts and Device Performance: Literature Review and Industrial Burner Evaluations. CEC-500-2006-096, 2006
- [9] van Dijk, G.H.J., Dijks, A., Gersen, S., Levinsky, H.B., van Essen, V.M.: Ranking the knock resistance of gaseous fuels by their physical and chemical properties. CIMAC Congress, Shanghai, China, 2013
- [10] Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality. BP/IGU, 2011
- [11] Abbott, D.: The impact of variations in gas composition on gas turbine operation and performance. Energy Delta Institute Quarterly, vol. 4, no. 1, 2012
- [12] White Paper on Natural Gas Interchangeability and Non-Combustion End Use. National Gas Council, USA, 2005

2.3 DVGW-Forschungsprojekt G 1/06/10 – Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen

Die zunehmende Ausnutzung der Gasbeschaffenheitsgrenzen des DVGW-Arbeitsblattes G 260 ist von vielen Gasverbrauchern noch unbeobachtet. Gerade im Bereich der Thermoprozesstechnik und Chemieindustrie sind jedoch zahlreiche Prozesse bekannt, die aus Gründen der Prozessführung empfindlich auf Schwankungen der Gasbeschaffenheit bezüglich der Prozessstabilität, Produktqualität, Effizienz und Umweltverträglichkeit reagieren. Einzelfälle, in denen fluktuierende Gasbeschaffenheiten zu Produktionsproblemen geführt haben, sind bekannt. In der Vergangenheit wurden dafür Einzellösungen erarbeitet. Gerade für Deutschland mit seinen zumeist geringen lokalen Gasbeschaffenheitsbandbreiten und dem breiten Einsatz von Erdgas in Industrie und Gewerbe ist die Zunahme von lokalen Schwankungen der Gasbeschaffenheit eine neue Herausforderung.

In dem durchgeführten Forschungsprojekt im Rahmen der DVGW - Innovationsoffensive Gastechologie wurden die Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf eine Reihe gewerblicher und industrieller Feuerungsprozesse untersucht. Mit Hilfe von Simulationen und

experimentellen Untersuchungen wurden die potentiellen Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen aufgezeigt und analysiert.

Gasbeschaffenheitsschwankungen wirken sich auf den Betrieb feuerungstechnischer Anlagen aus, selbst innerhalb der von der G260 vorgegebenen Grenzen. Ob diese Schwankungen zu Betriebsproblemen führen oder nicht, ist jedoch in hohem Maße von der konkreten Bedingungen der Technologien und der Anlage mit ihren Mess- und Regelungseinrichtungen abhängig. Manche Systeme im Bereich der Thermoprozesstechnik sind bei entsprechender Einstellung hinreichend robust, um trotz plötzlicher Veränderungen der Gasbeschaffenheit noch innerhalb der Spezifikationen weiter betrieben werden zu können. Für einige sehr sensible Prozesse und Anlagen, zum Beispiel aus der Glas-, Keramik- und Metallindustrie aber auch aus der chemischen Industrie, haben Gasbeschaffenheitsschwankungen ggf. erhebliche Auswirkungen auf die Effizienz und Wertschöpfung der Produktion, die Schadstoffemissionen, die Anlagenlebensdauer und die Produktqualität, soweit kein geeignetes Kompensationsverfahren vorgesehen ist. Gasbeschaffenheitsschwankungen berühren in der Industrie die Bereiche Produktion, Sicherheit und Emissionsschutz. Als besonders gasbeschaffenheitssensibler Prozesse wurden Prozesse mit direktem Medienkontakt, z.B. Glasschmelzwannen, identifiziert (s. Abbildung 7).

Lösungsansätze zur Kompensation gegenüber größeren Gasbeschaffenheitsschwankungen müssen in der Regel individuell auf den jeweiligen Prozess abgestimmt werden und erfordern vielfach Forschungs- und Entwicklungsbedarf, vor allem bei den genannten besonders empfindlichen Prozessen.

Branche	Prozess	Effizienz	Sicherheit (Emissionen + thermische Überlast)	Produktqualität
Bei Umstellung von niederen auf höheren Wobbe-Index (gesamte mögliche Schwankungsbreite DVGW G 260)				
Wärme	Heiz- und Dampfkessel	Yellow	Red	Green
	Hellstrahler	Yellow	Red	Green
	direkte und indirekte Trocknung	Yellow	Yellow	Yellow
Metallurgie	Vorwärmung (Metalle)	Yellow	Red	Yellow
	Thermochem. Wärmebehandlung	Yellow	Yellow	Green
	Endogaserzeugung	Red	Yellow	Red
	Verzinkungsprozesse	Yellow	Green	Red
	Schmelzprozesse (NE-Metalle)	Red	Red	Red
Keramik	Kalköfen, Kalzinierung von Tonerden	Yellow	Yellow	Yellow
	Ziegelfertigung	Yellow	Red	Red
	Porzellanbrennen	Yellow	Red	Red
Glas	Glasschmelzen (Flachglas)	Red	Red	Red
	Glasschmelzen (Behälterglas), Feeder	Red	Red	Red
	Glasnachbehandlung	Red	Red	Red
Chemie	Chemie-, Kunststoffindustrie	Red	Red	Red




 kein Handlungsbedarf
 z. T. Handlungsbedarf
 Handlungsbedarf

Abbildung 7: Einschätzung der Empfindlichkeit verschiedener Thermoprozesse in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen [1]

Je nach Anforderung und Möglichkeiten können die Kompensationsmaßnahmen dem Prozess vorgeschaltet, nachgeschaltet oder im Prozess integriert sein. Vom Aufwand reichen in einigen Fällen entsprechende Systemeinstellungen, Temperaturfühler und Drucksensoren als Sensorik, bei manchen Gasanwendungen müssen die relativ kostspieligen GC- oder korrelativen Gasbeschaffenheitsmessgeräte eingesetzt werden. Angesichts der Vielfalt an gasbefeuchten Thermoprozessen gibt es keine allgemeingültige Lösung für den Umgang mit Gasbeschaffenheitsschwankungen. Die daraus erwachsenen Aufgaben sind in Handlungsempfehlungen für Hersteller, Anwender und Regelsetzer zusammengefasst und adressiert worden, um den Herausforderungen für einen auch zukünftig sicheren, wirtschaftlichen, effizienten und umweltfreundlichen Einsatz von Erdgas im Industrie- und Gewerbebereich Rechnung zu tragen.

Die Liberalisierung und Entflechtung des deutschen Erdgasmarkts, die sich ändernde Versorgungssituation in Europa sowie die zunehmende Bedeutung brennbarer Gase aus regenerativen Quellen haben zur Folge, dass die chemischen Zusammensetzungen und damit die Verbrennungseigenschaften von Gasen im deutschen Erdgasnetz in größerem Umfang als bisher räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterworfen sein werden. Zudem wird die Einspeisung von neuen, als LNG angelieferten Gasen zunehmen.

Die Öffnung des Marktes für unterschiedliche Gase trägt dazu bei, die Gaspreise niedrig und auch zukünftig konkurrenzfähig zu halten. Die Zumischung regenerativer Gase ist volkswirtschaftlich sinnvoll, um z. B. die CO₂-Einsparungsziele zu erreichen und stellt somit zusammen mit modernen Gasanwendungstechniken eine Chance für die Gaswirtschaft dar. Gleichzeitig kann sie eine Lösung für die gewaltigen gesellschaftlichen Herausforderungen der Energiewende sein. Auch die Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas ist dadurch weiterhin sichergestellt. Durch eine Diversifizierung der Gasquellen kann darüber hinaus die Abhängigkeit von einigen wenigen Förderländern vermieden werden.

Literatur:

- [1] DVGW-Forschungsprojekt G1/06/10: Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen. Abschlussbericht, Bonn, 04-2014

2.4 DVGW-Forschungsprojekt G 1/03/12 – Vorstudie zur Untersuchung des Einflusses von dauerhaft wechselnden Wobbe-Indizes von H-Gasen

Das DVGW-Forschungsprojekt G 1/03/12 „Vorstudie zur Untersuchung des Einflusses von dauerhaft wechselnden Wobbe-Indizes von H-Gasen auf häusliche und industrielle Gasanwendungstechnologien – mit Fokus auf die derzeit betriebenen Technologien“ [1] war als Vorstudie das direkte Vorbereitungsprojekt zur Hauptstudie. Der Abschlussbericht fasste den Stand der Literatur zum Thema Gasbeschaffenheitsschwankungen zusammen. Des Weiteren enthielt er bereits die Formulierung des Antrags für die Hauptstudie. Auszüge aus dem Stand der Literatur gibt unter anderem der Abschnitt 2.1 wieder. Im Abschlussbericht waren neben allgemeinen verbrennungstechnischen Betrachtungen und der Literatursichtung vor allem auch aktuelle Daten des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), Immissionsbestimmungen in Deutschland und der EU sowie Umfrageergebnisse zu verteilten Gasbeschaffenheiten aus einigen Gasnetzgebieten zusammengetragen und bewertet worden. Aus den Daten des ZIV konnten für einen Großteil der Gasverwendungstechnik die Altersstrukturen und Auffälligkeiten bei den turnusmäßigen Emissionskontrollen, aufgelöst auf einzelne Bundesländer, aufgezeigt werden. Die Auflistung der Immissionsbestimmungen zeigte speziell für gewerbliche und industrielle

Anlagen die Anforderungen an eine möglichst gute Verbrennung auf, die durch Gasbeschaffenheitsschwankungen bei hoher Prozesseffizienz ohne gasadaptive Regelungen schwieriger einzuhalten sind. Selbst die Umfrage bei den Gasnetzbetreibern zeigte trotz einer eher geringen Beteiligung, dass die erlaubten Schwankungsbreiten nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 zunehmend ausgenutzt werden. Als Vergleich diene unter anderem eine Marcogaz-Erhebung aus dem Jahr 2002 [2].

Aus diesen bereits reichhaltigen Daten wurden dann die Fragestellungen für die Hauptstudie abgeleitet, um zu einer Festlegung von verträglichen Gasbeschaffenheitsparametern in der europäischen Gasbeschaffenheitsnormung zu kommen, zu diesem Zeitpunkt speziell für die Vornormen prEN 16726, prEN16723-1 und -2.

Literatur:

- [1] DVGW-Forschungsprojekt G1/03/12: Vorstudie zur Untersuchung des Einflusses von dauerhaft wechselnden Wobbe-Indizes von H-Gasen auf häusliche und industrielle Gasanwendungstechnologien – mit Fokus auf die derzeit betriebenen Technologien. DVGW, Abschlussbericht, 20.05.2014
- [2] Marcogaz: National situations regarding gas quality. 2002

2.5 Zusammenfassung der bekannten europäischen Aktivitäten zur Harmonisierung der Gasbeschaffenheit

Das Thema „schwankende Erdgasbeschaffenheiten“ ist hochaktuell. Zwar wurde eine Einigung für einen Entwurf der Europäischen Norm 16726 zur harmonisierten Definition von H-Gas-Qualitäten innerhalb der Europäischen Union erzielt (hier wurden bereits zahlreiche Grenzwerte z. B. für Kohlenwasserstoffkondensationspunkte, Wassergehalt, Sauerstoff oder Schwefelverbindungen festgelegt), allerdings beinhaltet die im März 2016 veröffentlichte Norm als einzige verbrennungsrelevante Kenngröße eine minimale Methan-Zahl (65). Bei der Definition eines für alle Marktpartner akzeptablen Wobbe-Index-Bandes konnte zwischen den Mitgliedsstaaten keine Einigkeit erzielt werden. Deshalb schlug die Europäische Kommission aus verfahrenstechnischen Gründen vor, vorerst eine Norm ohne eine Definition des Wobbe-Index-Bandes zu verabschieden. Allen Marktpartnern ist klar, dass dies keine zufriedenstellende Lösung sein kann. Im Zeitraum bis zur nächsten Revision der EN 16726 soll eine verbindliche Definition für den Wobbe-Index-Bereich entwickelt werden. Eine erweiterte europäische Studie, welche nicht-häusliche Gasanwendungstechnologien weitaus stärker berücksichtigt als bisher, wurde unter dem Namen Pilotstudy 2.0 im Mai 2016 gestartet.

Uneinigkeit bezüglich eines für alle verträglichen Wobbe-Index-Bandes herrscht aufgrund unterschiedlicher Positionen der verschiedenen Marktpartner. Dies sind einerseits die Hersteller und Betreiber von Gasverbrauchsgeräten und -anlagen. Sie fordern aus Gründen von Effizienz, Betriebssicherheit und Schadstoffemissionen ein enges Wobbe-Index-Band. Im Bereich der industriellen Gasnutzung kommt hinzu, dass der Wobbe-Index als verbrennungstechnische Kenngröße kaum Verwendung findet. Relevant sind entweder der Heizwert oder die Erdgaszusammensetzung. Andererseits sprechen sich Gashändler und Netzbetreiber für ein weites Wobbe-Index-Band aus. Im ursprünglichen Normenentwurf waren die Grenzen der EASEE-gas Common Business Practice [2] enthalten. Argumente sind die Versorgungssicherheit aber auch die Möglichkeit, kostengünstig LNG oder Gase aus erneuerbaren Energien in die Gasnetze einspeisen zu können.

Aber auch auf der Ebene der Mitgliedsstaaten gibt es sehr unterschiedliche Positionen. Ein Kompromissvorschlag, den oberen zulässigen Wobbe-Index auf unter 53 MJ/m^3 (Bezugstemperaturen $15^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$) zu begrenzen, wurde von einigen süd-europäischen Ländern abgelehnt. LNG mit verhältnismäßig hohen Wobbe-Indizes ist in den Regionen weit verbreitet. Daher drängt man auf eine hohe obere Grenze für das Wobbe-Band, um Kosten für die Gaskonditionierung zu sparen. Dem entgegen stehen die Aussagen der GASQUAL-Studie [3]. Sie weist zumindest für die untersuchten Haushaltsgeräte sicherheitsrelevante Probleme im Bereich hoher Wobbe-Indizes ($> 53 \text{ MJ/m}^3$, $15^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$) aus.

Allgemeiner Konsens in Europa scheint nach wie vor zu sein, dass bei vielen Fragen zu diesem Thema erheblicher Forschungsbedarf besteht, insbesondere in den sehr heterogenen Bereichen der nicht-gewerblichen und industriellen Gasverwendung. So wurde zum Beispiel seitens der Kommission, basierend auf einem Workshop im Jahre 2014, vorgeschlagen, neben dem Wobbe-Index noch eine weitere Größe zur Definition der lokalen Änderung der Gasbeschaffenheit einzuführen, um installierte Anlagen vor plötzlichen und unerwarteten Veränderungen des lokal gelieferten Erdgases zu schützen. Wie eine solche Größe aussehen und wie sie sinnvoll festgelegt werden könnte, ist zu untersuchen [4].

Auch im Bereich der häuslichen Gasverwendung besteht noch Forschungsbedarf, etwa hinsichtlich der Frage, inwieweit Gasgeräte, die noch nicht unter die Gas Appliance Directive [5] fallen, zu berücksichtigen sind. In einem Bericht für die niederländische Regierung empfehlen Levinsky et al. [6], basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche zu Untersuchungen aus dem Bereich der häuslichen Gasverwendung, ein engeres Wobbe-Index-Band als es die EASEE-gas-Vorgaben vorsehen. Zudem wird die Anwendbarkeit einiger in der EN 437 [7] definierten Prüfgase, insbesondere G222, in Frage gestellt. Nitschke-Kowsky et al. [8] verweisen andererseits auf Betriebserfahrungen eines überregionalen deutschen Gasnetzbetreibers, dem trotz teils deutlich schwankender lokaler Gasbeschaffenheit bisher nur vereinzelt Probleme bekannt geworden sind. Auf der World Gas Conference in Paris 2015 wurde das Thema Gasqualität im Rahmen einer Session kontrovers diskutiert (vgl. z. B. [9], [10]).

Literatur:

- [1] EUROGAS Statistical Report 2014. Eurogas, 2015.
- [2] Common Business Practice: Harmonisation of Natural Gas Quality. European Association for the Streamlining of Energy Exchange - gas (EASEE-gas), Paris, France, 2005-001/02, 2009
- [3] GASQUAL Deliverable Approved by CEN/BT WG 197 'Gas Quality. CEN/AFNOR/WG 197 N 231, 2010
- [4] Meyer, C., Schülken, H.: Status report: EN on gas quality group H. Madrid Forum, 2015
- [5] Directive 2009/142/EC of the European Parliament and the Council of 30 November 2009 relating to appliances burning gaseous fuels (codified version). European Union, Brussels, Belgium, Directive 2009/142/EC, 2009
- [6] Levinsky, H.B.: Requirements for gas quality and gas appliances. DNV GL, Groningen, NL, 74106553.01b, 2015
- [7] EN 437 Test gases -Test pressures - Appliance categories. Comité Européen de Normalisation., Brüssel, Belgien, Europäische Norm EN 437:2003, 2003

- [8] Nitschke-Kowsky, P., Martino, A., Weßing, W., Vogt, M.: Gasbeschaffenheit und ihre Schwankungen in E.ON-Verteilnetzen - Auswirkungen auf die Gasanwendung. In: energie | wasser-praxis, Heft 02/2016, S. 12–22
- [9] Vatin, A.: Gas Quality: A Growing Concern for End Users. 26th World Gas Conference, Paris, Frankreich, 2015
- [10] Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Werschy, M., Franke, S., Krause, H., Dörr, H.: Investigation of the Effects of Changing Gas Qualities on Industrial Combustion Processes. 26th World Gas Conference (WGC2015), Paris, Frankreich, 2015.

2.6 DVGW-Forschungsvorhaben G5/01/12-A – Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz

Auch das DVGW-Forschungsvorhaben G5/01/12 „Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz – Auswirkungen auf den Betrieb von Gasanwendungstechnologien im Bestand, auf Gas-Plus-Technologien und auf Verbrennungsregelungsstrategien“ [1] steht in direktem Zusammenhang mit der Hauptstudie. Die Zumischung von Wasserstoff aus den Power-to-Gas-Szenarien wird zukünftig wahrscheinlich und wird Einfluss auf die Gasbeschaffenheit haben. Dieses Projekt gliederte sich in zwei wesentliche Teile, einen Laborteil und einen Feldtestteil. Im Laborteil wurden an Laborbrennern mit verschiedenen Verbrennungsregelungen Untersuchungen mit Wasserstoffzumischungen bis zu 55 Vol.-% durchgeführt. Die Untersuchungen wurden parallel auf handelsübliche Heizgeräte mit Wasserstoffanteilen bis 30 Vol.-% erweitert. Die positiven Ergebnisse waren die Voraussetzung für den Feldtest, der an der deutsch-dänischen Grenze in einer Pendelzone an ungefähr 180 Bestandsgeräten durchgeführt wurde. Hierbei konnten keine negativen Effekte durch die Wasserstoffzumischung im Rahmen der Grenzen des DVGW-Arbeitsblatts G 260 und bei Wasserstoffanteilen <10 Vol.-% unter den vor Ort gegebenen Umständen festgestellt werden. Die Auffälligkeiten lagen leicht unterhalb des langjährigen Durchschnitts der ZIV-Untersuchungen. Weiterhin fielen die CO-Emissionen bei Wasserstoffzumischung tendenziell etwas geringer aus als bei normalen Erdgasbetrieb. Für die Hauptstudie sind insbesondere die Methodik der Felddatenerhebung aus diesem Projekt und deren Ergebnisse von Interesse. Sie fließen in das Arbeitspaket 4 in der Phase II ein. Die Datensätze aus Anfangs- und Abschlusserhebungen zusammen mit den Messungen während der Wasserstoff-einspeisungsphasen decken einen Teil der Felddatenerhebung für den häuslichen Gasverwendungssektor ab. Anhand der bereits ermittelten Daten konnte gezeigt werden, dass ein nicht unwesentlicher Teil der Geräte von der Werkseinstellung abwich und auf die lokale Gasbeschaffenheit eingestellt worden war.

Literatur:

- [1] DVGW-Projekt G5/01/12: Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz – Auswirkungen auf den Betrieb von Gasanwendungstechnologien im Bestand, auf Gas-Plus-Technologien und auf Verbrennungsregelungsstrategien. Abschlussbericht, Frühjahr 2016, noch unveröffentlicht.

2.7 DVGW-Forschungsvorhaben G3/03/13-A – „Studie Warn- und Knappheitssignale“

Im DVGW-Projekt „Warn- und Knappheitssignale im Rahmen der Versorgungssicherheit“ [1] wurden die Voraussetzungen für das frühzeitige Erkennen von nahenden angespannten Versorgungssituationen geschaffen, um damit den proaktiven Einsatz von Maßnahmen zu deren Vermeidung oder Verminderung zu ermöglichen. Dazu wurden im Rahmen des Projekts acht Warn- und Knappheitssignale ausgestaltet und zu einem resultierenden Warn- und Knappheitssignal miteinander verknüpft. Des Weiteren wurden die Signale im Rahmen einer Testphase dahingehend untersucht, ob damit nahende Versorgungsengpässe frühzeitig und zuverlässig erkannt werden können. Die Analyse der Ursachen für angespannte Versorgungssituationen erfolgte im Vorgängerprojekt „Korrelationsanalyse Gasmarkt und Versorgungssicherheit“ [2]. Dazu wurden verschiedene Versorgungssituationen, darunter die Gasmangelsituation im Februar 2012, und die resultierenden Veränderungen der Gasflüsse in Deutschland und den umliegenden Ländern untersucht. Im Februar 2012 trat in Teilen von Süddeutschland ein Versorgungsengpass im Gasnetz auf. Dieser wirkte sich deutlich auf die üblichen Flussrichtungen in den Gastransportleitungen aus. Im Rahmen des Projekts wurde eine Analyse der Gasflüsse im deutschen Transportnetz durchgeführt, sowohl in Standard-Situationen für Sommer und Winterbetrieb als auch bei Szenarien, die einen Ausfall von Transportleitungen berücksichtigen. Die verwendeten Modelle und Erkenntnisse fließen in das vorliegende Projekt ein und wurden für die Definition der Regionen im Abschnitt 5.2 herangezogen.

Literatur:

- [1] DVGW-Projekt G3/03/13-A: Warn- und Knappheitssignale im Rahmen der Versorgungssicherheit. Abschlussbericht, Bonn: 2015
- [2] DVGW: Korrelationsanalyse Gasmarkt und Versorgungssicherheit. DVGW, Bonn, 2013

2.8 Gasbeschaffenheit und ihre Schwankungen in E.ON-Verteilnetzen

Bei der in [1] vorgestellten Studie handelt es sich um die Ergebnisse eines internen Projektes der E.ON zur Analyse der Gasbeschaffenheit, ihrer Schwankungen und möglichen Auswirkungen auf die Gasverbraucher. Die Studie wurde parallel zu dem DVGW-Projekt Hauptstudie Gasbeschaffenheit durchgeführt. Betrachtet wurden dabei ausschließlich die E.ON-Verteilnetze, namentlich Schleswig-Holstein Netz AG, Hamburger Netz GmbH, HanseWerk AG, E.DIS AG, Avacon AG, Avacon Hochdrucknetz GmbH und Bayernwerk AG. Die Analyse der Gasbeschaffenheit zeigt die Bandbreite des Wobbe-Indexes für einzelne Messpunkte bzw. Einspeisestellen in den Verteilnetzen. Grundsätzlich wird festgestellt, dass die im DVGW-Arbeitsblatt G 260 festgelegten Grenzen des Wobbe-Indexes in allen Fällen eingehalten werden. Im überwiegenden Teil der Verteilnetze wird die mögliche Bandbreite zu weniger als 50 % ausgeschöpft. Es konnten dabei nur an einzelnen Einspeisestellen Schwankungen des Wobbe-Index bis zu 1,5 kWh/m³ gezeigt werden. Etwa 75 % der Verteilnetze haben Schwankungsbreiten deutlich unter 1 kWh/m³. Damit werden die Ergebnisse des hier vorliegenden DVGW-Projektes in Bezug auf die Analyse des Gasnetzes (s. Abschn. 5) bestätigt.

Die Schlussfolgerungen der E.ON-Studie sind nicht unumstritten. Zum einen wird die Gasbeschaffenheit ausschließlich auf den Wobbe-Index reduziert, was für viele nicht-häusliche Gasanwendungen zu kurz greift (siehe u. a. [2], [3], [4], [5]). Zum anderen wird die Klassifizierung von Schwankungsbreiten für „sehr niedrige“ (< 4,7 %) und „mäßige“ Schwankungen (< 6,7 %) nicht

erläutert und widerspricht auch den Erkenntnissen anderer Studien, etwa der im Abschnitt 2.2 diskutierten französischen Studie [6]. Deren Autoren stufen einige industrielle Anwendungen bereits bei Schwankungen von $< 3\%$ des Wobbe-Index als „sehr empfindlich“ ein. Das DVGW-Projekt „Gasbeschaffenheit Industrie“ [3] kam zu ähnlichen Schlussfolgerungen wie die französische Studie.

In Bezug auf die Auswirkungen der Gasbeschaffenheitsschwankungen auf Gasverbrauchseinrichtungen werden die Untersuchungen des bereits analysierten Projektes GASQUAL (s. Abschn. 2.1) zitiert. Daraus wird abgeleitet, dass die häuslichen Gasgeräte prinzipiell sicher und zuverlässig arbeiten. Unter zuverlässigem Betrieb wird dabei ein störungsfreies Zünden sowie die Einhaltung der Abgasgrenzwerte für CO von kleiner 1000 ppmv verstanden, Aspekte wie Energie-Effizienz oder NO_x -Emissionen wurden nicht berücksichtigt. Voraussetzung ist zusätzlich, dass die Geräte jeweils auf das Grundgas G 20 (Wobbe-Index $14,8 \text{ kWh/m}^3$) eingestellt sind, was für den häuslichen Gasgerätebestand durch die Hauptstudie Gasbeschaffenheit jedoch nicht bestätigt werden kann. Dazu wird richtiger Weise eine Feldstudie angeregt, da bisher auch keine Ergebnisse aus Feldstudien bekannt geworden sind. Um dennoch eine Bewertung des häuslichen Gerätebestandes vornehmen zu können, wird auf die Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) zurückgegriffen. Die Autoren der Studie leiten daraus ab, dass nur ein sehr geringer Prozentsatz der häuslichen Gasgeräte einen erhöhten CO-Gehalt ($> 500 \text{ ppmv}$) im Abgas aufweisen, und damit prinzipiell richtig eingestellt sind. Die pauschale Argumentation, aus der geringen Anzahl an Mängelanzeigen ließe sich in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen schließen, dass der gesamte häusliche, gewerbliche und industrielle Geräte- und Anlagenbestand im Untersuchungsgebiet in der Lage sei, größere Gasbeschaffenheitsschwankungen zu tolerieren, muss kritisch hinterfragt werden. Die Erhebung des ZIV zielt natürlich auf alle Netzgebiete in Deutschland, also auch auf solche mit geringen Schwankungsbreiten. Für den häuslichen Sektor wurde zudem das typische Wartungsgeschehen vor den Schornsteinfegerprüfungen nicht berücksichtigt. Zusätzlich kann eine Wartung nach einer Prüfung dazu führen, dass eine Einstellung abweichend vom Grundgas G 20 erfolgt, da das Fachhandwerk als Einstellbasis ausschließlich die lokale Gasbeschaffenheit nutzen kann.

Ein weiterer wesentlicher Kritikpunkt an der Studie ist die Konzentration auf sicherheitstechnische Aspekte, insbesondere die CO-Emissionen. Im Haushaltsbereich sind erst CO-Emissionen von mehr als 500 ppm als sicherheitsrelevant eingestuft, ab einem Wert von 1000 ppmv muss ein Gerät gesperrt werden. Die für Industrieanlagen mit Feuerungswärmeleistungen von weniger als 50 MW in Deutschland relevante TA Luft [7] schreibt hingegen einen CO-Grenzwert von 50 mg/m^3 bei 3% Restsauerstoff im Abgas vor, was etwa 40 ppmv entspricht, also weniger als ein Zehntel des Grenzwerts, der im Haushaltsbereich prinzipiell zulässig ist. Zudem sind auch andere Schadstoffemissionen für Genehmigung und Betrieb von Industrieanlagen relevant, insbesondere Stickstoffoxide. Außerdem spielen Aspekte wie Effizienz oder Produktqualität eine große Rolle, die bei den Betrachtungen der E.ON völlig außer Acht gelassen werden. Die hohen Luftzahlen, die viele Haushaltsgeräte verhältnismäßig tolerant gegenüber Gasbeschaffenheitsschwankungen machen und als mögliche Kompensationsmaßnahme vorgeschlagen werden, sind für Industrieprozesse aus wirtschaftlichen und prozesstechnischen Gründen nicht realisierbar und wären zudem für alle Gasverbrauchseinrichtungen mit erheblichen Energieeffizienzeinbußen verbunden.

Die angesprochene Möglichkeit, bei sensiblen Industrieprozessen das Erdgas lokal auf eine konstante Führungsgröße, sei es Wobbe-Index oder auch Heizwert, zu konditionieren, ist einerseits mit nicht unerheblichen Kosten verbunden, andererseits auch nicht immer zielführend. So finden sich in der Literatur durchaus Beispiele, wo eine Brenngaskonditionierung auf einen bestimmten Wobbe-Index erfolgreich implementiert wurde [8], [9], während in anderen Fällen eine solche Regelung nicht zum Ziel geführt hätte [10], etwa bei Wechseln zwischen Nordsee-H und Russland-

H-Gas mit annähernd identischen Wobbe-Indices [11]. Auch und gerade in Deutschland wird dies derzeit untersucht, als Beispiel sei etwa auf das BMWi-Projekt „GasqualitaetGlas“ [15] hingewiesen.

Ein weiterer Punkt, der im Rahmen der Gasbeschaffenheitsdiskussionen immer wieder von Seiten der großtechnischen Endverbraucher genannt wird, ist die Festlegung einer maximalen Änderungsgeschwindigkeit der lokalen Gasbeschaffenheit. Dies war auch eine der Anregungen der EU-Kommission im Rahmen der Diskussion um die europäische H-Gasnorm EN 16726. Während diese in der E.ON-Studie [1] als schwierig quantifizierbar und daher bei den weiteren Ausführungen außer Acht gelassen wird, ist gerade die Änderungsrate für viele Anlagenbetreiber wichtig [2], [14], [16]. Eine solche Kenngröße aus den Überlegungen auszuschließen, erscheint zu kurz gegriffen. Dies ist umso bemerkenswerter, da das Thema schon früher von E.ON im Hinblick auf evtl. anfällige industrielle Prozesse adressiert wurde [17]. In dem Vortrag wurde eine Änderungsrate für den Wobbe-Index von etwa 0,5 - 1 % pro Minute vorgeschlagen.

Literatur:

- [1] Nitschke-Kowsky, P., Martino, A., Weßing, W., Vogt, M.: Gasbeschaffenheit und ihre Schwankungen in E.ON-Verteilnetzen - Auswirkungen auf die Gasanwendung. In: energie | wasser-praxis, Heft 2/2016, S. 12–22
- [2] White Paper on Natural Gas Interchangeability and Non-Combustion End Use. National Gas Council, USA, 2005.
- [3] Krause, H., Wersch, M., Franke, S., Giese, A., Benthin, J., Dörr, H.: DVGW-Forschungsauftrag: Gasbeschaffenheit Industrie - Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen (G 1/06/10 Phase I und II). Abschlussbericht, DVGW-Forschungsprojekt G 1/06/10, 2014.
- [4] Abbott, D.: The impact of variations in gas composition on gas turbine operation and performance. In: Energy Delta Institute Quarterly, vol. 4, No. 1, 2012.
- [5] Levinsky, H.B., van Rij, M.L.D.: Gaskwaliteit voor de toekomst Deel 1. KEMA DNV/KIWA, 66970153–CGS 11.R.61755, Arnhem, Niederlande, 2011.
- [6] Cordier, R.: Impacts des variations de la qualité du gaz H dans les usages industriels. Colloque d'AFG sur la qualité du gaz, Paris, Frankreich, 2012.
- [7] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002.
- [8] Holle, T., Korsmeier, W., Meister, H.: Erfahrungen mit dem Einsatz einer Wobbe-Index-Regelanlage für industrielle Prozesse mit hochgenauer Wärmemengensteuerung. In: Gaswärme International, Band 39, Nr. 8, 1990, S. 335–339
- [9] Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality. BP/IGU, 2011
- [10] Fleischmann, B.: Einfluss von Gasbeschaffenheitsänderungen auf den Glasherstellungsprozess - Teil 2: Ist eine Regelung mit dem Wobbe-Index möglich? Mitteilung Nr. 2161, Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V., Offenbach, 2014.
- [11] Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Wersch, M., Franke, S., Krause, H., Dörr, H.: Impact of Changing Natural Gas Qualities on Industrial Combustion Processes. International Gas Union Research Conference (IGRC), Copenhagen, Denmark, 2014.

- [12] Slim, B.K., Darneveil, H.D., Gersen, S., Levinsky, H. B.: The combustion behaviour of forced-draught industrial burners when fired within the EASEE-gas range of Wobbe Index. In: Journal of Natural Gas Science and Engineering, vol. 3, no. 5, 2011, pp. 642–645
- [13] Hemmann, P.: Entwurf einer optimalen Regelstrategie zur vorrauschauenden Kompensation schwankender Gasqualitäten für die Sicherung stabiler Schmelztemperatur. 90. Glastechnische Tagung der DGG, Goslar, 2016
- [14] Levinsky, H.B.: EU Harmonization of Gas Quality? Energy Delta Institute Quarterly, vol. 4, no. 1, 2012.
- [15] GasQualitaetGlas. [Online], gqg.hvg-dgg.de.
- [16] Klimstra, J., Zepf, P.: Gas Quality Harmonisation -Lessons from the USA. EC Workshop on Gas Quality, Brussels, Belgium, 2011.
- [17] Altfeld, K.: Industrial Issues. GQ Pilot Workshop, Bonn, 2012.

3 Entwicklung des Pflichtenheftes für die Marktforschungsstudie

Ziel des Pflichtenheftes war die Vorbereitung einer systematischen Erhebung bei industriellen, gewerblichen und häuslichen Anwendungen inkl. Anlagen der dezentralen und zentralen Energieversorgung. Dazu sind die Ergebnisse der bisherigen Studien des DVGW zu dem Thema um Analysen aus anderen Verbänden (BDEW, BDH, VDMA, VCI, etc.) erweitert worden. Auf dieser Basis erfolgt die Erarbeitung des Pflichtenheftes für die Marktforschungsstudie. Der Fokus lag auf

- der Analyse der Akteure,
- der Definition der Grundgesamtheit der beteiligten Branchen und daraus abzuleitenden Stichproben für eine Befragung inkl. der Beschaffung von Adressen mit Unterstützung der Verbände,
- der Definition der Analysekriterien und der zu erfassenden Daten,
- der Entwicklung spezifischer Fragebögen, gegliedert nach Akteuren und Branchen.

3.1 Eingrenzung der Gasverwendungssektoren

Bereits im Rahmen der Antragstellung wurde die Auswahl der wesentlichen Gasverwendungssektoren vorgenommen. Die Auswahl folgte dabei den üblichen Einteilungen für statistische Erhebungen in Wirtschaftssektoren. Hintergrund war die Kompatibilität der Ergebnisse der vorliegenden Auswertungen mit anderen Veröffentlichungen.

Im Rahmen der Gespräche mit den jeweiligen Verbänden hat sich gezeigt, dass innerhalb der Sektoren eine Abgrenzung zwischen Herstellern und Betreibern der Gasverwendungssysteme sinnvoll ist. Befragungen und Analysen bei Betreibern sind in die Vergangenheit gerichtet und geben ein Bild der Bestandssituation. Die Befragungen bei Systemherstellern geben den aktuellen Stand der Technik wieder und die möglichen Veränderungen des Bestandes in der Zukunft. Darüber hinaus lassen sich in einigen Fällen Unterschiede in der Praxis der Gerätenutzung und den von Herstellern vorgegebenen Betriebsweisen identifizieren.

Im Sektor häusliche Gasverwendungssysteme wurden anstatt der Betreiber die Installations- und Wartungsunternehmen befragt, da in der Regel der Betreiber keine Einstellungen oder Wartungsmaßnahmen vornimmt. Ebenso ist in diesem Sektor bei den Betreibern keine Fachkenntnis zu erwarten.

Der Sektor Mobilität ist im deutschlandweiten Vergleich zu den anderen Sektoren sehr klein. Die Analyse wurde deshalb auf die Hersteller der Systeme begrenzt.

Die Sektoren wurden entsprechend der nachfolgenden Struktur abgegrenzt.

- **Gewerbe- und Industriesektor:**
 - Anlagentypen, Technologien:
Erhebung von Thermoprozessanlagen mit Erdgas als Energieträger sowie Anlagen zur stofflichen Nutzung von Erdgas
 - Adressaten in den Bereichen:
 - Betreiber Chemieindustrie (Erdölverarbeitung, Kunststoffproduktion etc.)
 - Betreiber Glas/Keramik, Baustoffe

- Betreiber Metallurgie (Stahl, NE-Metallurgie)
- Anlagenbauer von Thermoprozessanlagen
- **Dezentrale und zentrale Energieversorgung:**
 - Anlagentypen, Technologien:
Erhebung von Technologien mit Erdgas als Energieträger, z.B. motorische BHKW, Gasturbinen, GuD-Kraftwerke, Anlagen zur Wärme- und Dampferzeugung etc. in den Leistungsklassen ≥ 250 kW
 - Adressaten in den Bereichen:
 - Energieversorger (Nah- und Fernwärmenetzbetreiber)
 - Kraftwerksbetreiber der öffentlichen Energieversorgung
 - Betreiber industrieller Wärme- und Stromversorgungen
 - Hersteller Hallenheizungssysteme (Hell - und Dunkelstrahler)
- **Häusliche Gasverbraucher:**
 - Anlagentypen, Technologien:
Erhebung der Gasverwendungstechnologien und Klassifizierung nach Grundtypen: Heizungsgeräte, Durchlaufwassererhitzer, BHKW, Kochgeräte u. ä.
 - Adressaten:
 - Gerätehersteller
 - Installations- und Wartungsunternehmen des SHK-Gewerbes
- **Mobilität:**
 - Erhebung der Technologien bei Gas-Ottomotoren
 - Adressaten:
 - Motoren- und Fahrzeugsystementwickler
 - Komponentenhersteller
 - Zusätzlich: Auswertung von Studien

3.2 Entwicklung und Erstellung der Fragebögen für die ausgewählten Gasverwendungssektoren

3.2.1 Methodik der Erhebung

Gemeinsam mit dem Marktforschungsunternehmen INNOFACT wurde eine effiziente Methodik ausgewählt und für eine für den Zweck der Erhebung spezifiziert. Die gewählte Methodik unterschied sich jeweils geringfügig nach der Größe der Zielgruppe bzw. der Stichprobe. Für ausreichend große Zielgruppen, was für die meisten Befragungen zutraf, wurde ein Online-Verfahren gewählt. Für kleine Stichprobengrößen sind Fragebögen gezielt an die Probanden versendet worden und es erfolgte eine Auswertung der zurückgesendeten Fragebögen. Im Folgenden wird die Methodik anhand der Online Befragung erläutert.

1. Identifizierung der Zielgruppen

Aus dem jeweiligen Sektor wurden die aktiven Wirtschaftsverbände bzw. -vereinigungen identifiziert. In Abstimmung mit diesen Verbänden sind die zu befragenden Zielgruppen

eingegrenzt worden (s. Abschnitt 3.1). Mit den Zielgruppen wurde die Grundgesamtheit erfasst. Als Grundgesamtheit dienten jeweils frühere Erhebungen der Verbände bzw. der Umfang der Mitglieder. Der Ansatz besitzt eine gewisse Unschärfe, da anzunehmen ist, dass nicht alle Mitglieder einer Zielgruppe auch verbandsgebunden sind. Dennoch kann angenommen werden, dass eine hohe Abdeckung der Zielgruppe erreicht wird. Darüber hinaus sind die Kontaktdaten der Zielgruppe in den Verbänden üblicherweise aktuell und die Unterstützung durch die Verbandsgemeinschaft ist gegeben.

2. Entwicklung des jeweiligen Fragebogens

Die Fragebögen wurden jeweils in einer Arbeitsgruppe aus den Projektpartnern, Vertretern der Projektbegleitgruppe und der Verbände ausgearbeitet. Integraler Bestandteil des Fragebogens war ein Anschreiben mit dem Ziel, die Probanden für die Beantwortung der Fragen zu motivieren. Die Ausarbeitung folgte einem Iterationsprozess durch die Arbeitsgruppe, in dem die Fragebögen geprüft und optimiert wurden. Letzte Stufe des Prozesses war ein Pretest im Einzelinterview mit wenigen Probanden ($n \leq 10$) zum Test des Fragebogens und des Anschreibens auf Verständlichkeit, Schlüssigkeit, Eindeutigkeit der Fragen, angemessene Wortwahl, Anordnung der Themen/Fragen, Vollständigkeit sowie die Identifizierung von Stör- und Schwachstellen.

3. Durchführung der Erhebung

Der finalisierte Fragebogen wurde anschließend als Browser-fähige Webseite programmiert und die Anschreiben mit dem spezifischen Online-Link an die Zielgruppe per Email gesendet. Die Versendung erfolgte entweder durch den jeweiligen Verband bzw. durch das Marktforschungsinstitut im Auftrag. In wenigen Fällen erfolgte eine direkte Übernahme der Antworten durch den Verband inkl. der anschließenden Auswertung.

4. Auswertung und Anonymisierung der Ergebnisse

Den Grundsätzen des Datenschutzes folgend wurden die Ergebnisse der Befragungen anonymisiert und zusammengefasst. So wurde ausgeschlossen, dass eine Rückverfolgbarkeit einzelner Unternehmen möglich ist. Mit der Auswertung war eine Prüfung der statistischen Verlässlichkeit der Antworten verbunden (s. Abschnitt 3.3).

Die Fragebögen für die einzelnen Zielgruppen werden nach Sektoren und Zielgruppen getrennt in den Abschnitten 3.2.3 bis 3.2.5 erläutert. Für den Sektor Mobilität wurde auf die Auswertung bestehender Studien des FAV und des VDMA zurückgegriffen. Die Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse wird in Abschnitt 4 beschrieben.

3.2.2 Grundsätzlicher Aufbau der Fragebögen

Für die Fragebögen wurde unabhängig von der Zielgruppe eine ähnliche Struktur gewählt. Diese Struktur orientiert sich an den für die Studie notwendigen Informationen sowie an der Lebenschronologie von Geräten und Anlagen. Der grundsätzliche Aufbau der Fragebögen wird in Abbildung 8 dargestellt.



Abbildung 8: Grundsätzlicher Aufbau der Fragebögen

Der Umfang der konkreten Fragen wurde je nach den zu erwartenden Geräte- und Anlagentypen sowie den Kenntnissen und Erfahrungen der Zielgruppe variiert. In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Themen der Fragebögen benannt. Die vollständigen Fragebögen sind in der Anlage zu diesem Bericht enthalten.

3.2.3 Gewerbe- und Industriebereich (Hersteller und Betreiber)

Die Fragebögen zur Erfassung der Daten im Bereich Industrie - Anlagenbetreiber und Hersteller sind im Gegensatz zu den Fragebögen für den häuslichen Bereich bzw. die Energieversorgung deutlich umfangreicher und spezifischer. Dies entspricht auch dem heterogeneren Anforderungsprofil an den Energieträger bzw. Rohstoff „Erdgas“, der in zahlreichen Industrieprozessen auf sehr unterschiedliche Weise zum Einsatz kommt. Entgegen dem ursprünglichen Plan hat sich bei der Erarbeitung der Fragen herauskristallisiert, dass eine Trennung der Befragung zwischen Anlagenbetreiber und Anlagenhersteller zielführender ist.

Beide Fragebögen sind im Anhang enthalten. Um bei der Industriebefragung die Spezialisierung deutlicher zu erfassen bzw. den Umfang der Fragen zu begrenzen, wurde nicht nur zwischen thermischer und stofflicher Erdgasnutzung unterschieden, sondern auch zwischen den einzelnen Industriebranchen, die noch in spezifische Anlagentypen unterteilt wurden. Grundsätzlich folgten die Fragebögen jedoch der im Abschnitt 3.2.2 dargestellten Struktur. Es wurde auf Kompatibilität geachtet.

Befragung der Betreiber

Der Fragebogen für Betreiber von industriellen Thermoprozessanlagen wurde über folgende Verbände an deren Mitgliedsunternehmen verteilt:

- Verband der chemischen Industrie e. V. (VCI)
- Verband der Industriellen Energie und Kraftwirtschaft (VIK)
- Stahlinstitut VDEh
- Deutsche keramische Gesellschaft e. V. (DKG)
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (Ziegel)
- Bundesverband Glasindustrie e. V. (BVGlas)

Für den Betreiberfragebogen wurden zu den folgenden Themenfeldern Fragen formuliert:

- Angaben zum Unternehmen
 - Allgemeine Angaben zum Unternehmen
 - Zuständiger Netzbetreiber
 - Jahresenergieverbrauch
 - Zuordnung zu den Industriebranchen
- Gastechnische Kennwerte
 - Gasart: Erdgas H oder L
 - Angaben zur Kenntnis der aktuellen Gasbeschaffenheit
 - Art der Informationsbereitstellung der Gasbeschaffenheit und der zeitlichen Auflösung
- Gasnutzung und Spezifizierung des Anlagentyps (getrennt nach thermischer und stofflicher Nutzung)
 - Angabe zu betriebenen Anlagentypen (Größe, Prozess etc.)
 - Angaben zu diversen Betriebsparametern (Erdgasverbrauch, Betriebsweise, Prozesstemperatur, Oxidator, Luftvorwärmung, Art und Anzahl der Brenner, relevante Abgaskennwerte, usw.)
 - Überwachungsmodalitäten
- Messung, Steuerung und Regelung
 - Angaben zu relevanten Regelgrößen und dessen Erfassung
 - Angaben zur Überwachung der Gas-, Luft- und Abgaseigenschaften
 - Art der Regelung
- Einstellungs- und Wartungspraxis
 - Wie und nach welchen Gasparametern wurden die Anlagen bei Inbetriebnahme und Wartung eingestellt?
 - Welche Wartungszyklen werden genutzt?
- Erfahrungen mit wechselnder Gasbeschaffenheit
 - Angabe zur Relevanz des Wobbe-Index für den Prozess
 - relevante Kenngrößen der Gasbeschaffenheit
 - prozessbedingte Grenzen der Gasbeschaffenheitskenngrößen
 - beobachtete Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf Anlage oder Prozess

- vorhandene Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen

Befragung der Hersteller (Anlagenbauer)

Der Fragebogen für Anlagenbauer wurde über den VDMA verteilt. Die befragten Unternehmen bedienen hauptsächlich den Markt für Anlagen der Metallurgie, Keramik- und Chemieindustrie. Weitere Branchen sind jedoch in kleinerem Umfang berücksichtigt. Der Herstellerfragebogen ist grundsätzlich ähnlich aufgebaut wie der Betreiberfragebogen. Die Fragen richten sich aber hauptsächlich auf Themenfelder der Auslegung von Anlagen und dem empfohlenen Betriebsregime:

- Angaben zum Unternehmen
 - Allgemeine Angaben zum Unternehmen
 - Zuordnung der hergestellten Thermoprozessanlagen und Komponenten zu den Industriebranchen
- Gastechnische Kennwerte
 - Kenntnis der Gasbeschaffenheit bei der Auslegung von Anlagen
 - relevante Gasbeschaffenheitskenngrößen für die Auslegung von Anlagen
 - Kenntnis von anlagen- und prozessbedingten Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen
- Gasnutzung und Spezifizierung des hergestellten Anlagentyps (getrennt nach thermischer und stofflicher Nutzung)
 - hergestellte Anlagentypen
 - diverse Betriebsparameter (Leistungsklasse, Betriebsweise, Prozesstemperatur, Oxidator, Luftvorwärmung, Art und Anzahl der Brenner, relevante Abgaskennwerte usw.)
 - gesetzliche Überwachungsmodalitäten
- Messung, Steuerung und Regelung
 - relevante Regelgrößen für den Prozess
 - Überwachung der Gaseigenschaften
- Einstellpraxis der Anlage
 - typische Einstellung der Anlagen bei Erstinbetriebnahme
- Wartung / Instandhaltung
 - Zyklus von Wartung und Neueinstellung der Anlage in Bezug auf die Gasbeschaffenheit
- Gasbeschaffenheit und Erfahrungen
 - prozessbedingte Grenzen der Gasbeschaffenheitskenngrößen nach beobachteten Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf Anlage oder Prozess
 - vorhandenen Kompensationsstrategien

Die vollständigen, konkreten Fragebögen sind in den Anlagen 1 und 2 enthalten.

3.2.4 Dezentrale und zentrale Energieversorgung (Hersteller und Betreiber)

Analog zum Sektor Industrie wurde die Erhebung in Betreiber und Anlagenbauer getrennt. Anders als im Sektor Industrie wurden separat spezifische Bereiche erhoben. In diesen Bereichen ist der Kenntnisstand der Betreiber unterschiedlich. In manchen Bereichen wird die Überwachung des

Anlagenbetriebes als Serviceleistung durch die Hersteller übernommen, wie z. B. bei den Hallenheizungen.

Die gewählten Hauptbereiche sind:

- Betreiber von zentralen Energieversorgungsanlagen
unterstützt durch die Verbände VIK/VCI und VGB – Online-Befragung durch INNOFACT
Bereich: Stromerzeugung, Heizkraftwerke und Heizwerke für die Fernwärmeerzeugung
Anlagentypen: motorische BHKW, Gasturbinen, Kraftwerke (Gasturbinen, GuD)
Leistungsklassen > 250 kW
- Betreiber von dezentralen Energieversorgungsanlagen
unterstützt durch BDH als direkte Befragung an Betreiber über Hersteller der Anlagen
Bereich: KWK-Anlagen und Heizzentralen zur Versorgung von Nahwärmenetzen
(grundsätzlich können diese Brenner auch für allgemeine Thermoprozessanlagen eingesetzt werden)
Anlagentypen: Gebläsebrennersysteme nach EN 676
Leistungsklassen > 250 kW
- Hallenheizungssysteme
unterstützt durch figawa – Online-Befragung durch INNOFACT
Bereich: Hell und Dunkelstrahler, Warmluftheizer mit Gebläse- oder Premix-Brenner

Die Fragebögen lehnten sich an die Fragebögen der industriellen Thermoprozessanlagenbetreiber (s. Abschnitt 3.2.3) an. Lediglich der in der Energieversorgung nicht vorhandene Bereich der stofflichen Nutzung und der Anlagentyp waren an den Spezifika des Sektors ausgerichtet. An dieser Stelle sollen lediglich die Schwerpunkte genannt werden. Die vollständigen, konkreten Fragebögen sind in den Anlagen 3 bis 5 enthalten.

Inhaltliche Schwerpunkte der Fragebögen:

- Angaben zum Unternehmen
- Anlagentyp und wesentliche Elemente zur Messung, Steuerung und Regelung der Anlage
- Einstellpraxis des Anlagentyps auf die Gasbeschaffenheit am Standort bei Installation, Wartung und Instandhaltung
- Gasbeschaffenheit: Wesentliche Kenngrößen der Gasbeschaffenheit, Betriebserfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

3.2.5 Häusliche Gasverbraucher (Fachhandwerker, Installateure)

Die Befragung im häuslichen Sektor richtete sich hauptsächlich an Installateure von Gasgeräten. Eine Befragung der Betreiber war als nicht zielführend erachtet worden, da üblicherweise der notwendige Kenntnisstand fehlt. Die Befragung wurde über den ZVSHK und die Landesinnungsverbände initiiert und als Online-Befragung durch INNOFACT durchgeführt. Grundsätzlich sollten alle Gasgerätetypen erfasst werden. Im Verlauf der Befragung zeigte sich jedoch, dass hauptsächlich Antworten zu Heizungssystemen kamen, was der Verteilung der aktuell abgesetzten Gerätetypen entspricht.

Der Fragebogen zur Erfassung der Daten ist im Gegensatz zu den Fragebögen für den Gewerbe- und Industriebereich und den Bereich der dezentralen und zentralen Energieversorgungssysteme

weniger umfangreich. Der konkrete, komplette Fragebogen ist in der Anlage 6 enthalten. Er konzentrierte sich im Wesentlichen auf die Verteilung der Anlagentypen sowie auf die Einstellpraxis:

- Angaben zum Unternehmen
 - Größe des Unternehmens und Anzahl der Gasmonteure
 - Alter des Betriebes
 - Anzahl der jährlich installierten bzw. gewarteten Geräte
- Typen der installierten und gewarteten Gasgeräte
 - Getrennt nach Heizungsgeräte, BHKW, Kochgeräte, Durchlaufwassererhitzer
 - Einsatz adaptiver Regelungssysteme
- Einstellpraxis bei der Installation der Geräte
 - Art der Einstellung
 - Kenngrößen der Einstellung
 - Kenntnis der Gasbeschaffenheit
- Einstellpraxis bei der Wartung
 - Art der Einstellung
 - Wartungshäufigkeit
- Hinweise zum Umgang mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

3.2.6 Mobilität

Ein ausgearbeiteter Fragebogenentwurf mit den detaillierten Fragen wurde an den Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA) gesandt, der die Interessen des Mobilitätssektors in diesem Projekt vertritt. Folgende Themen waren Inhalt des Fragebogens:

- zulässige Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen und Auswirkungen auf Klopfestigkeit, Emissionen und Effizienz
- Grenzen für Spurenkomponenten
- Status adaptive Regelungssystemen (z.B. Lambdasonden, Klopfensoren)
- Wartungspraxis (z.B. Wartungszyklen, Kontrolle von Einstellungen)
- bisherige Erfahrungen mit schwankender Gasbeschaffenheit

Durch bilateralen Austausch ergab sich, dass die Anforderungen des Mobilitätssektors an die Gasbeschaffenheit bereits recht umfänglich seitens des europäischen Automobilverbands ACEA, dem auch der VDA angehört, für die Normung von Erdgas als Kraftstoff aufbereitet worden waren. Daher konnte auf eine Umfrage verzichtet werden. Eine Auswertung der entsprechenden Berichte ist im Abschnitt 4.4 enthalten.

3.3 Statistische Grundlagen zur Auswahl der Stichprobengröße und Bewertung der durchgeführten Erhebungen

3.3.1 Grundlagen

Die Vorbereitung, Durchführung und auch die statistische Auswertung der Befragungen wurden mit Unterstützung des Marktforschungsinstitutes INNOFACT AG vorgenommen. Die Planung der Erhebungen fußt auf Grundsätzen die sicherstellen, dass die erlangten Aussagen verlässlich und robust sind. Im Folgenden werden diese spezifischen Grundlagen erläutert und auf die Zielgruppenbefragungen in den betrachteten Gasverwendungssektoren angewendet.

Für endliche Grundgesamtheiten wird die minimale erforderliche Stichprobengröße nach folgender Formel berechnet:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{(N-1) e^2}{z^2 p q}} \quad (1)$$

Mit:

n – minimal erforderlicher Stichprobenumfang

N – Anzahl der Elemente in der Grundgesamtheit (z.B. Anzahl Fachhandwerkerbetriebe in Deutschland)

e – gewählter tolerierter Fehler

z – Sicherheitswahrscheinlichkeit (Vertrauensniveau)

p – prozentualer Anteilswert an der Grundgesamtheit

q – (1 - p)

Die Sicherheitswahrscheinlichkeit sagt aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit die empirisch ermittelten Werte für die Stichprobe um den tolerierten Fehler von den tatsächlichen Werten der Grundgesamtheit abweichen. Die üblichen Größenordnungen für die Sicherheitswahrscheinlichkeit und den maximal tolerierten Fehler liegen in der empirischen Forschung bei einem Vertrauensniveau von 95 %. Dies ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Lösung innerhalb des Konfidenzintervalls liegt. Für den maximal tolerierten Fehler wurden 5 % für die Erhebungen dieser Studie gewählt. p bzw. q geben die Verteilung der Antworten in der Grundgesamtheit wieder. Da der wahre Wert nicht bekannt ist, wird eine Verteilung von 50:50 angenommen, da hier das Produkt aus p und q am größten ist und die benötigte Stichprobenzahl nicht unterschätzt werden kann.

Beispiel zur Interpretation:

Als Interpretationsbeispiel soll die Erhebung im Sektor häusliche Gasgeräte bei den Fachhandwerksunternehmen herangezogen werden. Für die Fachhandwerkerbefragung wurden folgende Basisdaten ermittelt bzw. definiert:

N – 53.000

(Anzahl Fachhandwerkerbetriebe in Deutschland gemäß einer Analyse des ZVSHK)

e – 5 % = 0,05

$z = 1,96$ (entspricht 95 % Vertrauensniveau)

$p = q = 0,5$

Aus den Basisdaten ergibt sich ein Stichprobenumfang von mindestens $n = 381$. Während der Befragung konnte der erforderliche Stichprobenumfang für Deutschland deutlich überschritten werden. Insgesamt haben $n = 1.222$ Unternehmen den Fragebogen vollständig ausgefüllt.

Betrachtet wird eine Frage, die von allen Probanden ($n = 1222$) beantwortet wird und nur mit Ja bzw. Nein beantwortet werden kann.

Z.B. die Frage: Ist Ihr Betrieb älter als 20 Jahre? Die Frage wird im Beispiel von 50 % der Befragten mit „ja“ beantwortet.

Aufgrund des berechneten Stichprobenfehlers kann nun mit einer Sicherheit von 95 % gesagt werden, dass der wahre Wert in der Grundgesamtheit (alle Fachhandwerkerbetriebe) um maximal 2,8 % nach oben oder nach unten abweicht. Kurz: Der wahre Wert (Anteil der Betriebe die älter als 20 Jahre sind) liegt zu 95 % in dem folgenden Intervall [47,2 %; 52,8 %].

Die Ausprägung der Konfidenzintervalle ist somit eine Funktion der betrachteten Stichprobe im Verhältnis zur Grundgesamtheit aber auch der Homogenität des Antwortverhaltens. Je heterogener dieses ist, desto breiter ist das Konfidenzintervall. Die oben ausgewiesenen Werte beziehen sich auf Ja/Nein Antworten und bilden somit die maximal mögliche Heterogenität ab, d.h. die vorsichtigste Bewertung der statistischen Ergebnisgüte.

Ebenfalls wichtig für die Güte der Ergebnisse ist die Zufallsauswahl der Probanden, d.h. alle Teilnehmer aus der Grundgesamtheit hatten die gleiche Chance an der Befragung teilzunehmen. Dies spiegelt sich in der Verteilung der antwortenden Unternehmen auf die relevanten Zielgruppenkriterien, wie PLZ, Betriebsgröße, Alter etc. wider.

Wird, wie im Fall des Beispiels, der erforderliche Stichprobenumfang überschritten oder wie sich später zeigen wird, unterschritten, kann der Stichprobenfehler durch die Umstellung der Gleichung (1) bestimmt werden:

$$e = \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{N z^2 p q}{n(N-1)}} \quad (2)$$

Zur Bewertung der Erhebungen wird, dort wo möglich, im Folgenden der maximale Stichprobenfehler angegeben.

3.3.2 Statistische Bewertung der durchgeführten Erhebungen

Sektor Industrie und Gewerbe

Für den Gasverwendungssektor Industrie/Betreiber aus den Verbänden VCI und VIK sind statistische Angaben in Tabelle 2 enthalten. Darüber hinaus sind Rückläufe über die Verbände BVGlas (12), VDEh (4) und DKG (1) gekommen. Damit wurden insgesamt 56 Antworten ausgewertet. Die vorliegenden Ergebnisse der Erhebung im Bereich Industrie-Betreiber erlauben hiermit eine qualitativ gute Trendaussage für das gesamte Bundesgebiet.

Tabelle 2: Statistische Angaben und Bewertung im Sektor Industrie - Anlagenbetreiber

Verband	Grund-gesamtheit ¹⁾	Completes	Quote (Completes/ Angeschriebene)	Empfohlene Stichprobengröße ²⁾	max. Stichproben-fehler ³⁾
VCI	650	35	5,4 %	242	16,1 %
VIK	40	4	10,0 %	37	47,1 %
VCI / VIK	690	39	5,7 %	247	15,3 %

1) Unternehmen, welche durch den Verband als Branche erfasst sind

2) Kleinste empfohlene Stichprobengröße (Vertrauensniveau 95 %; max. Stichprobenfehler 5 %)

3) max. Stichprobenfehler bei realisierter Fallzahl und 95 % Vertrauensniveau

Die Befragung der Anlagenbauer und Komponentenhersteller im Bereich industrieller Thermoprozessanlagen erfolgte in Zusammenarbeit mit dem VDMA. Befragt wurden die im Verband organisierten Anlagenbauer und Komponentenhersteller. Da die Grundgesamtheit aufgrund des internationalen Marktes der Thermoprozessanlagen nicht exakt bestimmt werden kann, wurde auf eine statistische Bewertung verzichtet. Insgesamt wurden in dem Rahmen Fragebögen von 32 namhaften Anlagenbauern und Komponentenhersteller mit hohem Marktanteil ausgewertet. Einige der Hersteller haben Angaben zu mehreren Anlagentypen gemacht, sodass ausgefüllte Fragebögen zu 39 Anlagentypen bzw. Komponenten vorliegen. Dies entspricht einer hohen Abdeckung des deutschen Marktes und kann somit als repräsentativ betrachtet werden.

Tabelle 3: Statistische Angaben Gasverwendungssektor zentrale/dezentrale Energieversorgung.

Verband	Grund-gesamtheit ¹⁾	Completes	Quote (Completes/ Angeschriebene)	Empfohlene Stichprobengröße ²⁾	max. Stichproben-fehler ³⁾
Zentrale Energieversorgung: Industrie- und Großkraftwerke (Betreiber)					
VIK	350	48	13,7 %	183	13,2 %
VGB	140	24	17,1 %	103	18,3 %
Gesamt	490	72	14,7 %	216	10,7 %
Dezentrale Wärmeversorgung: Hallenheizungen (Hersteller)					
figawa	23	11	47,8 %	22	21,8 %

1) Unternehmen, welche durch den Verband als Branche erfasst sind

2) Kleinste empfohlene Stichprobengröße (Vertrauensniveau 95 %; max. Stichprobenfehler 5 %)

3) max. Stichprobenfehler bei realisierter Fallzahl und 95 % Vertrauensniveau

Zentrale/dezentrale Energieversorgung

Für den Gasverwendungssektor zentrale/dezentrale Energieversorgung sind statistische Angaben in Tabelle 3 enthalten. Die Angaben sind nach den Einzelbefragungen separiert. Dazu gehören die Betreiber von Industrie- und Großkraftwerken aus den Verbänden VCI/VIK sowie VGB. Für die Hersteller von Gebläsebrennersystemen und Großkesseln wurde der BDH als wesentlicher Verband

eingebunden. Für die Gruppe der Hallenheizungen konnte ebenfalls eine gesonderte Befragung der Hersteller über die figawa durchgeführt werden.

Als Fazit der statistischen Bewertung erlauben die Ergebnisse der Erhebung im Sektor dezentrale und zentrale Energieversorgung für die in Tabelle 3 angegebenen Bereiche eine qualitativ gute Tendaussage für das gesamte Bundesgebiet.

Für die Erhebung zu den Brennern für Großkesselanlagen (Betreiber) ist die exakte Ermittlung der statistischen Sicherheit nicht möglich, da die Grundgesamtheit nicht exakt definiert werden konnte. Für diese Gruppe wurden insgesamt 137 Fragebögen ausgewertet. Auch in diesem Fall kann von einer guten qualitativen Tendaussage gesprochen werden.

Sektor häusliche Gasverwendung

Aus der Anzahl Fachhandwerkerbetriebe in Deutschland von 53.000 und den statistischen Kenndaten (s. Abschnitt 3.3.1) ergibt sich ein Stichprobenumfang von mindestens $n = 381$. Während der Befragung konnte der erforderliche Stichprobenumfang für Deutschland deutlich überschritten werden. Wird die Grundgleichung zur Ermittlung des Stichprobenumfanges nach e - Erwartungswert für den Fehler umgestellt (Gleichung 2), so lässt sich der maximale Fehler der Befragung berechnen. Der maximale Stichprobenfehler ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Bewertung der Erhebung Fachhandwerker

Region	N ¹⁾	n	max. Stichprobenfehler ²⁾
Deutschland, gesamt	53000	1222	2,8 %
Nach Regionen			
West	18767	407	4,8 %
Ost	10446	264	6,0 %
Süd	15243	339	5,3 %
Nord	8544	212	6,6 %

¹⁾ Die regionalen Verteilungen der Handwerksbetriebe sind anhand der Bevölkerungsverteilung abgeschätzt

²⁾ max. Stichprobenfehler bei einem Vertrauensniveau von 95 %

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Antworten in Bezug auf das gesamte Bundesgebiet eine sehr hohe Verlässlichkeit mit einem sehr kleinen Konfidenzintervall von $\pm 2,8$ % besitzen. Da sich die Auswertungen auf Deutschland beziehen, kann von einer sehr hohen Güte ausgegangen werden. Auch die Ergebnisse der regionalen Verteilungen liegen im Rahmen des vorgegebenen Konfidenzintervalls.

4 Ergebnisse der Marktforschungsstudie für Gasverwendungssysteme

Die Auswertung der Erhebungen wird in den folgenden Abschnitten nach Gasverwendungssektoren (s. Abschnitt 3.1) dargestellt. Auswertungen nach den Verbänden bzw. Einzelbranchen erfolgten gesondert, insofern es sich als sinnvoll erwies. Die Analyse der Erhebungen folgt nach Möglichkeit der gleichen Strategie. Zunächst erfolgte eine Prüfung der Verteilung zu den Rückantworten auf Regionen und Branchen. Als regionale Verteilung wurde für die Prüfung die Ebene der Bundesländer gewählt bzw. Hauptregionen (Nord, West, Ost, Süd) gebildet. Darüber hinaus wurden die Antworten anhand der Unternehmensgrößen analysiert. Wo es möglich war, wurden die Daten mit Angaben des Statistischen Bundesamtes, Ergebnissen von anderen Erhebungen bzw. Branchendaten verglichen. Die Prüfung diente dazu, Verzerrungen in den Antworten zu erkennen und in der Bewertung zu berücksichtigen. Erst danach erfolgte die konkrete Auswertung der Daten.

Die Datenauswertung beschränkte sich auf die für die Aufgabenstellung des Projektes wesentlichen Erkenntnisse. Aus diesem Grund sind nicht alle Fragen in die Auswertung einbezogen. Im Rahmen der Auswertung wurden die Ergebnisse der Fragebögen auch in ein GIS-System eingepflegt. Damit kann innerhalb der Phase II eine Verknüpfung mit den Daten zur Gasbeschaffenheit erfolgen.

In jedem der Sektoren werden am Ende der Kapitel Schlussfolgerungen gezogen. Die wesentlichen Schlussfolgerungen werden im Abschnitt 6 zusammengefasst.

4.1 Gewerbe- und Industriebereich (Betreiber und Hersteller)

Wie bereits im Abschnitt 3.1 erläutert, wurden die Befragungen jeweils für Betreiber und für Hersteller der Anlagen vorgenommen. Beide Gruppen wurden getrennt analysiert, da sich die Fragebögen gemäß deren Spezifika unterscheiden.

4.1.1 Auswertung der Befragung bei Betreibern von Thermoprozessanlagen (thermische und stoffliche Nutzung)

Mit dem Abschluss der Erhebung lagen 56 vollständig ausgefüllte Fragebögen vor, welche in die folgende Auswertung eingegangen sind. Die Erhebungen wurden im Zeitraum Dezember 2015 bis Mai 2016 durchgeführt. Entsprechend der statistischen Bewertung kann von einer qualitativ guten Tendaussage für das gesamte Bundesgebiet ausgegangen werden.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Die regionale Zuordnung der Rückläufe in Abbildung 9 korreliert in den Hauptregionen (Nord, West, Ost, Süd) sehr gut mit dem jeweiligen Bruttoinlandsprodukt. Damit ist die Zuordnung der Aussagen zu den Hauptregionen ebenfalls als robust zu bezeichnen. In der Verteilung auf die einzelnen Bundesländer zeigen sich Schwerpunkte in Nordrhein-Westfalen (NRW), gefolgt von Bayern, was gut mit der Dichte an Unternehmen und Standorten der produzierenden Industrie korreliert. Eine Zuordnung der Aussagen zu einzelnen Bundesländern, abgesehen von NRW und Bayern, ist derzeit nicht sinnvoll.

Region

F1: Bitte geben Sie die fünfstellige Postleitzahl (PLZ) Ihres Betriebes an.

Basis: Alle Befragten (n= 56), Angaben in %

Bundesland	Teilnehmer	Einwohner	BIP
Baden-Württemberg	5,4	13,2	15,1
Bayern	19,6	15,6	17,9
Berlin	0	4,2	4,0
Brandenburg	1,8	3,0	2,1
Bremen	0	0,8	1,0
Hamburg	3,6	2,2	3,6
Hessen	3,6	7,5	8,6
Mecklenburg-Vorpommern	0	2,0	1,3
Niedersachsen	8,9	9,6	8,7
Nordrhein-Westfalen	35,7	21,8	21,5
Rheinland-Pfalz	8,9	4,9	4,4
Saarland	0	1,2	1,2
Sachsen	5,4	5,0	3,7
Sachsen-Anhalt	5,4	2,8	1,9
Schleswig-Holstein	0	3,5	2,9
Thüringen	0	2,7	1,9
Außerhalb BRD	1,8	-	-
NORD	3,6	16,1	16,2
SÜD	25	26,8	33
WEST	57,1	35,4	35,7
OST	12,5	19,7	14,9
Außerhalb BRD	1,8	-	-

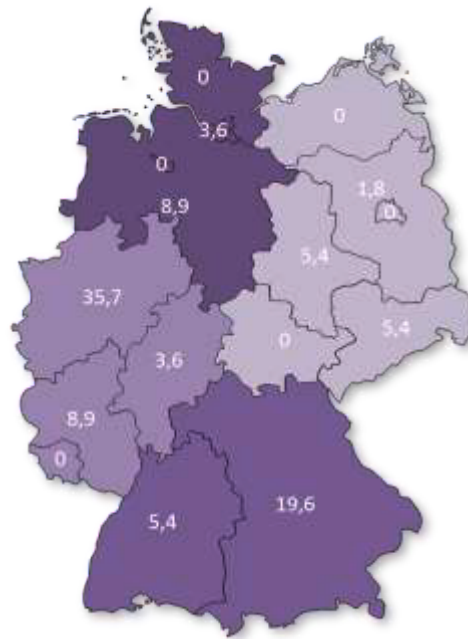


Abbildung 9: Regionale Verteilung der Rückantworten auf die Hauptregionen und Bundesländer

In Abbildung 10 ist die Verteilung der beantworteten Fragebögen auf die einzelnen Industriebranchen dargestellt. Hier sind deutliche Schwerpunkte bei der chemischen Industrie (43 %) und der Glasindustrie (29 %) zu erkennen.

Branchenzugehörigkeit

F3: In welcher Branche sind Sie mit Ihrem Betrieb im Schwerpunkt tätig?

Basis: Alle Befragten (n= 56), Single Choice, Angaben in %

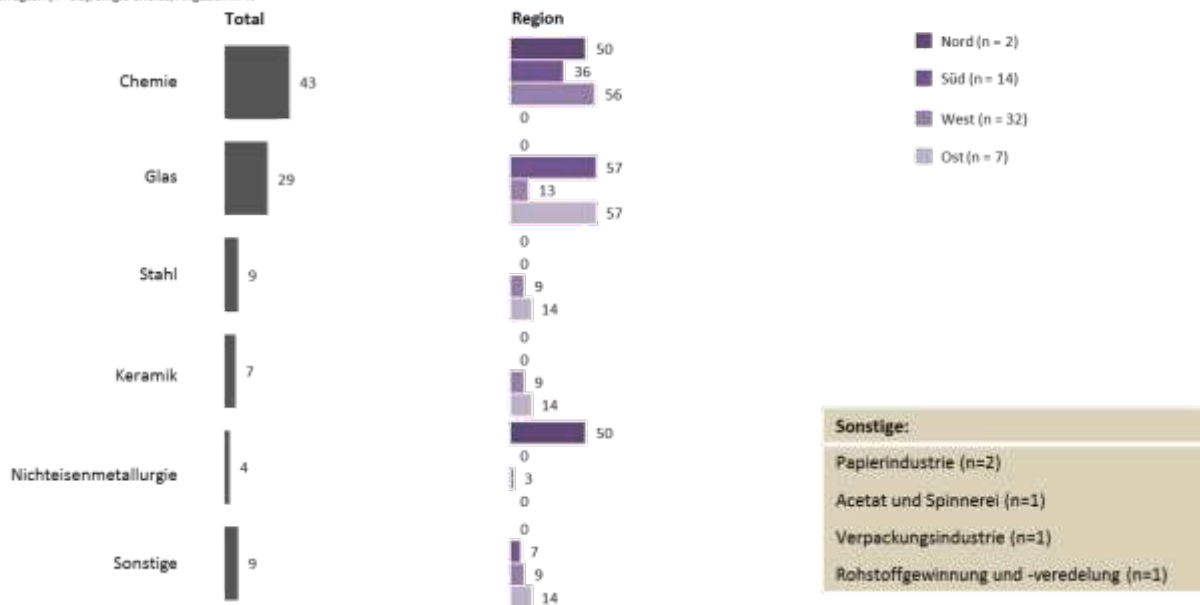


Abbildung 10: Verteilung der beantworteten Fragebögen auf Industriebranchen

Die Verteilung bezüglich Netzbetreiber und Druckstufen ist relativ gleichmäßig. Beim jährlichen Erdgasverbrauch liegen die Schwerpunkte bei Groß- bzw. Kleinverbrauchern. Der mittlere Verbrauchsbereich ist nur sehr schwach ausgeprägt.

79 % der Befragten gaben an, ihre Anlagen mit Erdgas H zu betreiben, 16 % mit Erdgas L und 5 % mit beiden Gasarten. Da die Befragung auch an Großunternehmen gerichtet war, kann vermutet werden, dass insbesondere diese Unternehmen an mehreren Standorten tätig sind bzw. parallele Gasnetze betreiben.

Abschnitt Gasbeschaffenheit

Ein für die Befragung bedeutsamer Themenkomplex ist die Kenntnis über die Gasbeschaffenheit im Unternehmen. Hier gaben 79 % der Befragten an, dass ihnen diese bekannt sei. Bringt man die Antwort mit den nachfolgenden Fragen zur Bereitstellung und Erfassung der Daten in Einklang, zeigt sich folgende Situation. Die Anteile beziehen sich auf die Befragten, die angaben, dass ihnen die Gasbeschaffenheit bekannt sei:

- 61 % gaben an, dass sie die Werte als Monats- oder Wochenmittelwert im Nachgang erhalten. Diese Informationen sind somit nur für Abrechnungszwecke bedeutsam, können aber nicht direkt im Anlagenbetrieb genutzt werden.
- 27 % haben die Daten zur Gasbeschaffenheit in Echtzeit zu Verfügung, von denen die Hälfte diese Daten selber ermitteln.
- 80 % bekommen diese Daten von ihrem Netzbetreiber bereitgestellt.

Von allen Befragten erhalten 41 % die chemische Zusammensetzung des gelieferten Erdgases als Mittelwert im Nachgang.

Schlussfolgernd aus diesen Angaben ist zu bemerken, dass rund ein Fünftel (21 %) der befragten Unternehmen die aktuell gelieferte Gasbeschaffenheit kennen. Die überwiegende Kenntnis der Gasbeschaffenheit bezieht sich meist auf Monatsmittelwerte im Nachgang, die zu abrechnungstechnischen Zwecken benötigt werden, für den Anlagenbetrieb selbst aber nicht relevant sind.

Abschnitt Anlagentyp

Die befragten Unternehmen konnten Ihren repräsentativen Anlagentyp auswählen und die dafür gestellten Fragen beantworten. Mit 77 % hat der überwiegende Teil der Befragten den größten Erdgasverbraucher gewählt. Bei 70 % war es der Typ, dessen exakte Arbeitsweise für die Produktqualität ausschlaggebend ist. Zu 80 % der Anlagen wird Erdgas allein thermisch genutzt. Bei den restlichen Anlagen liegt eine kombinierte Nutzung (7 %) bzw. zu 13 % eine rein stoffliche Nutzung vor. Die Verteilung der Anlagen auf das Bundesgebiet inkl. der Zuordnung zu L- oder H-Gasgebiet ist der GIS-Abbildung 11 zu entnehmen.

Anlagentypen mit thermischer Nutzung von Erdgas

In der Abbildung 12 ist die Verteilung der Anlagentypen in den befragten Unternehmen bezogen auf die einzelnen Branchen zusammengefasst. Die Antworten zeigen die große Vielfalt der betriebenen Anlagen und gleichzeitig den vielseitigen und heterogenen Einsatz von Erdgas auf. Die Aussagen unterstreichen die hochgradige Spezialisierung von erdgasbetriebenen Anlagen in der Industrie.

Für die konkrete anlagenspezifische Befragung im Bereich der thermischen Erdgasnutzung wurden von den Befragten sehr unterschiedliche Anlagentypen gewählt, welche in Abbildung 13 enthalten sind.

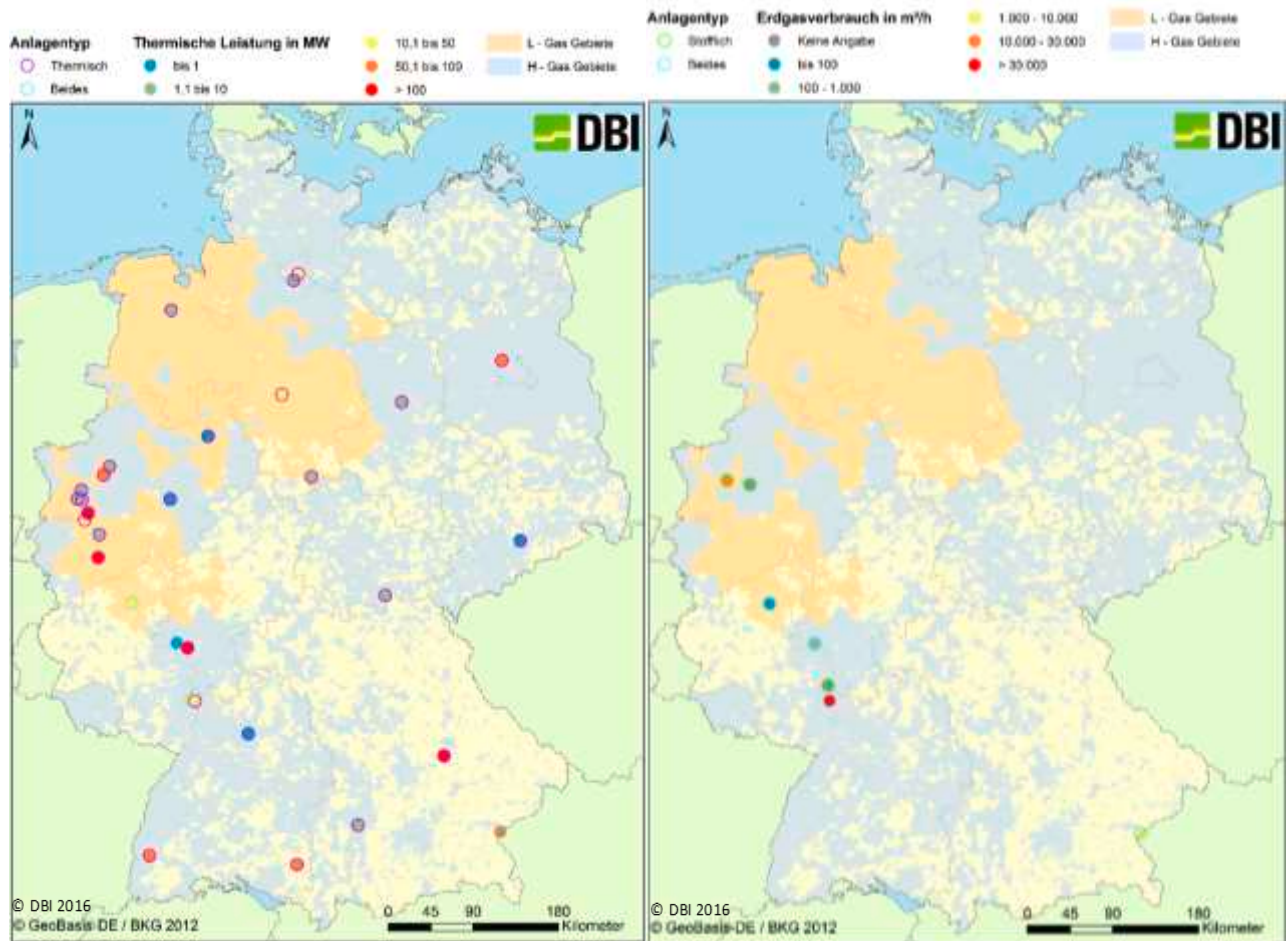


Abbildung 11: Verteilung der Anlagen mit stofflicher (rechts) und thermischer Nutzung (links) des Erdgases im Sektor Industrie

Anlagentyp – Betrieb generell

F17: Welche Anlagentypen betreiben Sie? Geben Sie bitte an, welche Anlagentypen Sie generell betreiben (Spalte 1) und welchen Anlagentyp Sie für diese Befragung auswählen (Spalte 2).

Basis: Nur für ausgewählte Branche laut F3 (n = 49), Mehrfachantwort, Angaben in %

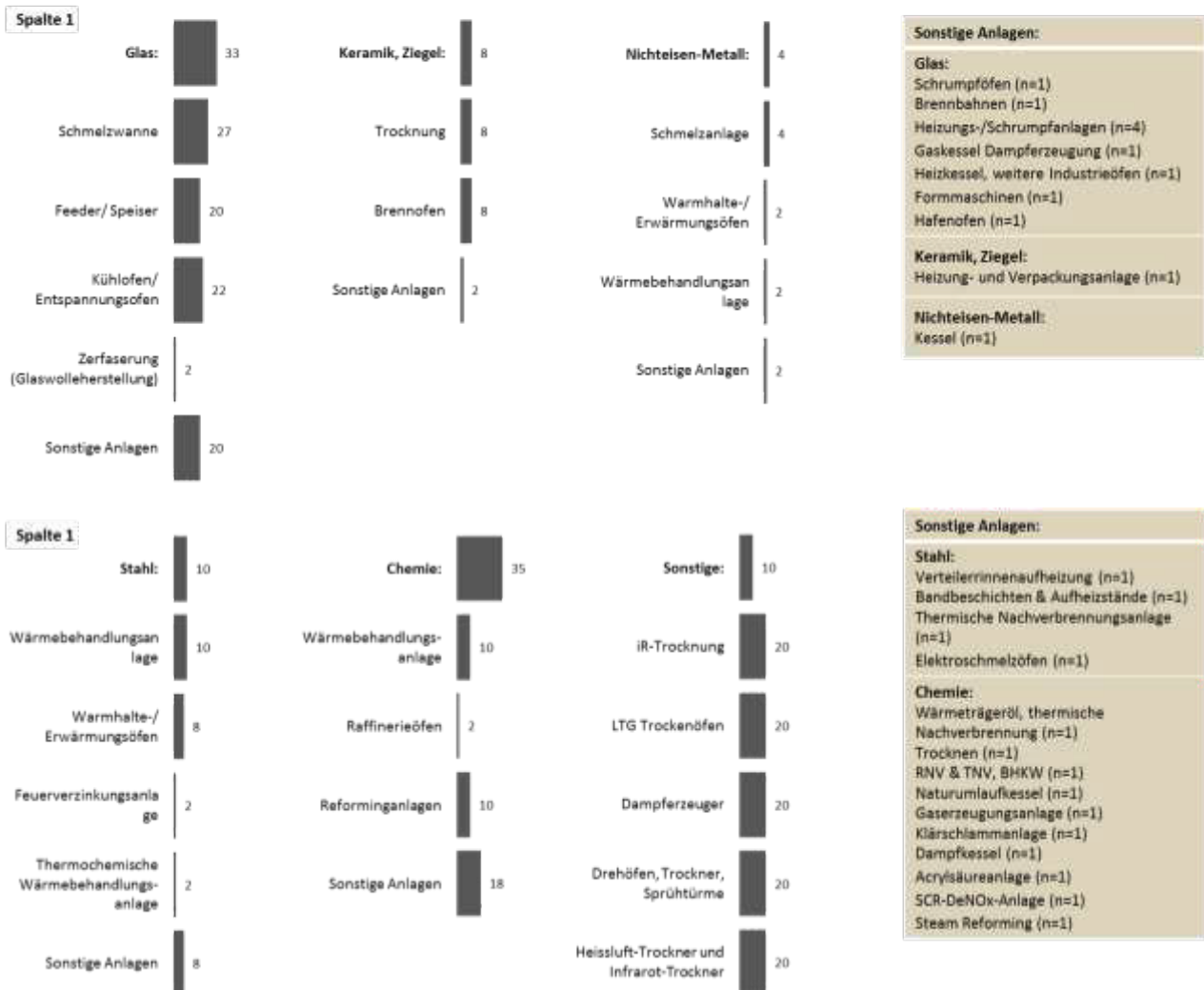


Abbildung 12: Anlagentypen mit alleiniger thermischer Nutzung des Erdgases in den Branchen

Frage F17, Spalte 2: Welchen Anlagentyp wählen Sie für die Befragung aus?

Glas (n=16)	Keramik, Ziegel (n=4)	Nichteisen-Metall (n=2)	Stahl (n=5)	Chemie (n=17)	Sonstige (n=5)
Schmelzwanne (n=12)	Brennofen (n=4)	Schmelzanlage (n=1)	Warmhalte-/Erwärmungsöfen (n=4)	Wärmebehandlungsanlagen (n=4)	iR-Trocknung (n=1)
Feeder/Speiser (n=1)		Sonstige: Schutzgas (n=1)	Sonstige: Verteilerrinnenaufheizung (n=1)	Raffinerieöfen (n=1)	LTG Trockenöfen (n=1)
Kühlöfen/Entspannungsöfen (n=1)				Reforminganlagen (n=4)	Dampferzeuger (n=1)
Sonstige: Formmaschinen (n=1) Keine Angabe (n=1)				Sonstige (n=8): Dampfkessel (n=1) Klärschlammanlage (n=1) Synthesegas (n=1) Naturumlaufkessel (n=1) Sprühtrockner (n=1) Wärmeträgeröl, thermische Nachverbrennung (n=1) SCR-DeNOx-Anlage (n=1) Acrylsäureanlage (n=1)	Drehrohröfen (n=1)
					Heissluft-Trockner (n=1)

Abbildung 13: In die Befragung einbezogene Anlagen mit thermischer Erdgasnutzung

Fast 50 % der Befragten, welche eine thermische Gasnutzung angegeben haben, betreiben Anlagen mit einer Leistung bis 10 MW, 33 % bis 50 MW und 10 % über 100 MW (s. Abbildung 14). Diese Großverbraucher (> 100 MW) kommen aus der Chemie- und Stahlindustrie. Ansonsten sind die Anlagen bis 50 MW Leistung relativ gleichmäßig über die verschiedenen Industriezweige verteilt.

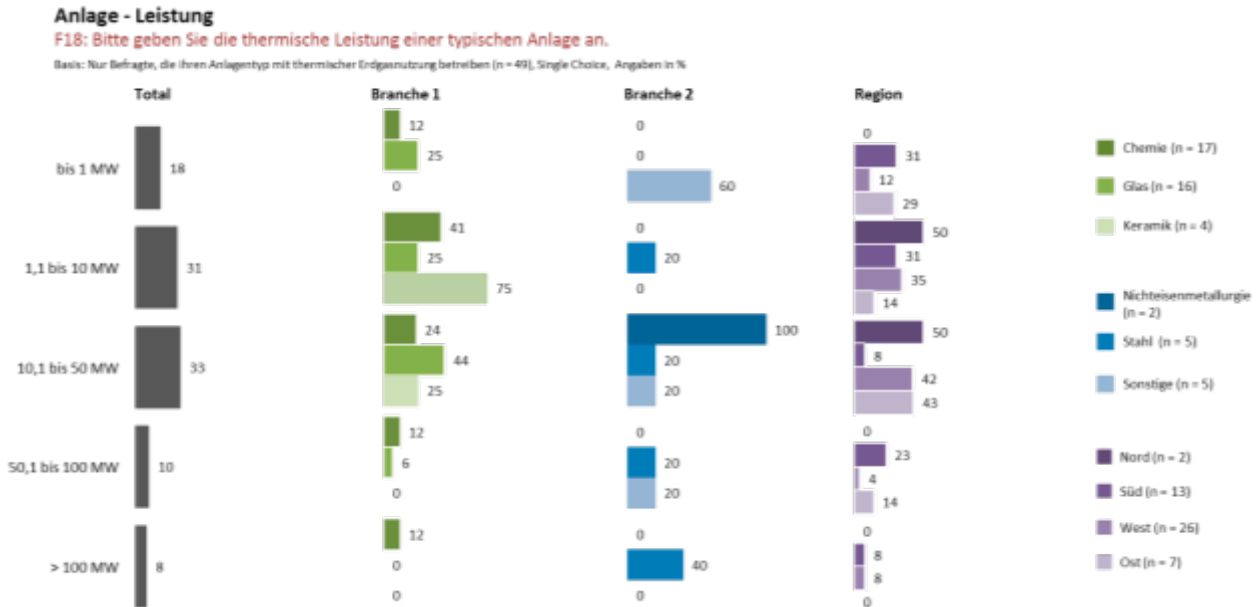


Abbildung 14: Verteilung der thermischen Anlagenleistung

Die Auswertung der Betriebsweise der thermischen betriebenen Anlagen zeigt Folgendes:

- Die meisten Anlagen werden in einem Prozesstemperaturbereich von ungefähr 1.000 °C betrieben. Nur die Glasindustrie hat Prozesstemperaturen oberhalb 1.300 °C und sogar oberhalb 1.600 °C.
- Ca. 90 % der Anlagen werden kontinuierlich betrieben.
- Über 67 % der Befragten gaben an, mit Luftvorwärmung zu arbeiten. Davon nutzen ca. 50 % eine Luftvorwärmtemperatur über 300 °C. In der Glasindustrie (15 %) werden Luftvorwärmtemperaturen oberhalb 800 °C genutzt. Die Luftvorwärmung erfolgt in zwei Drittel der Fälle zentral.
- 82 % der Befragten arbeiten mit einer direkten Befeuerung in ihren Anlagen, wobei etwa 80 % nicht vorgemischte Brenner verwenden.
- Bei mehr als 55 % der Befragten sind mehr als fünf Brenner in einer Anlage installiert.

Wichtige Abgaskennwerte

F31: Welche Kennwerte für Abgas oder Ofenraumatmosfera sind entscheidend für die Produktqualität?

Basis: Nur Befragte, die ihren Anlagentyp mit thermischer Erdgasnutzung betreiben (n = 49). Mehrfachantwort, Angaben in %

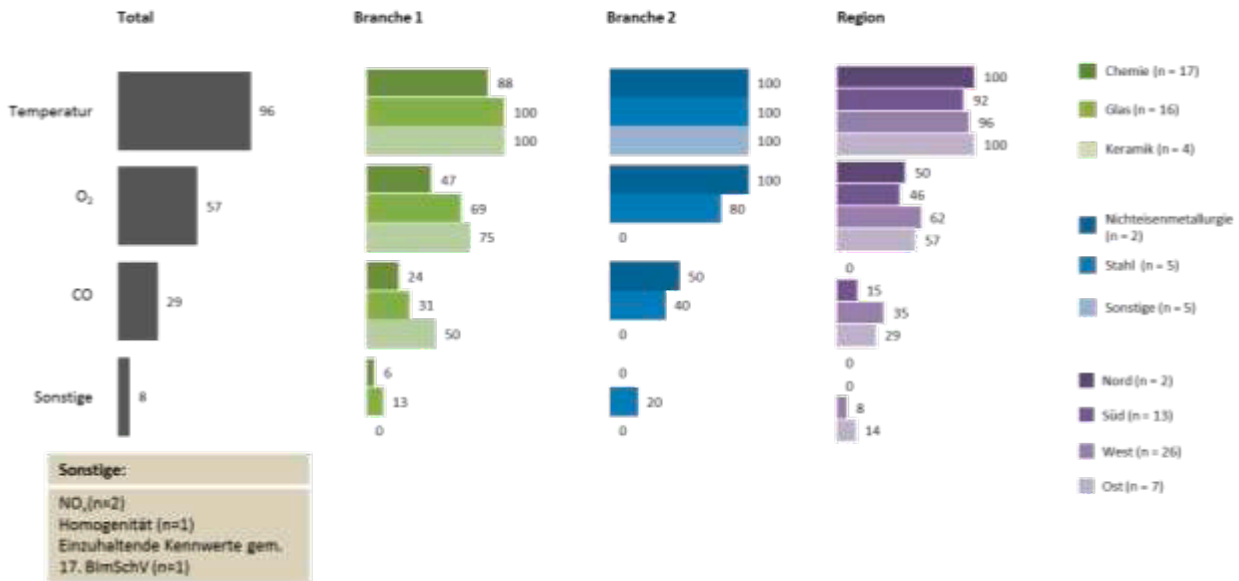


Abbildung 15: Wichtige Kennwerte für die Produktqualität bei thermischer Erdgasnutzung

Ein wesentliches Fazit dieser Auswertung ist, dass die Anlagen der Industrie größtenteils nahstöchiometrisch gefahren werden. Die Industrie ist demzufolge sehr darauf bedacht ist, energetisch effizient und gleichzeitig schadstoffarm zu arbeiten. Dafür spricht auch, dass 67 % mit einer Luftvorwärmung arbeiten, d. h. die im Abgas enthaltene Restwärme wird dem Prozess wieder zugeführt. Neben der Ofenraumtemperatur ist auch die Ofenatmosphäre in den meisten Fällen für die Produktqualität ausschlaggebend (Abbildung 15).

Anlagentypen mit stofflicher Nutzung von Erdgas

Die zurückgemeldeten Anlagen mit stofflicher Nutzung des Erdgases stammen nach bisherigem Auswertestand nur aus in der chemischen Industrie (s. Abbildung 16). Hier zeichnet sich ein Trend zu entweder relativ kleinen und sehr großen Anlagen ab. Die Anlagen werden ausschließlich kontinuierlich betrieben und arbeiten in allen Temperaturbereichen bis 1.600 °C. Für die Produktqualität sind neben dem CH₄-Gehalt (82 %), höhere Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff mit je 55 % und Schwefel mit 64 % sowie Sauerstoff und weitere Komponenten relevant (s. Abbildung 17).

Das bedeutet, dass gerade für die stoffliche Nutzung in der chemischen Industrie die chemische Zusammensetzung des Erdgases (bis hin zu Spezies mit geringen Mengenanteilen wie Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel) maßgeblich für Produktqualität und -menge ist, während „klassische“ Gasbeschaffenheitskenngrößen, wie der Wobbe-Index, irrelevant sind.

Anlagentyp

F36: Welche Anlagentypen betreiben Sie? Geben Sie bitte an, welche Anlagentypen Sie generell betreiben (Spalte 1) und welchen Anlagentyp Sie für diese Befragung auswählen (Spalte 2).

Basis: Nur falls „stofflich“ oder „beides“ laut F12, sonst weiter mit F50; Nur für ausgewählte Branche laut F3 (n = 11). Angaben in %

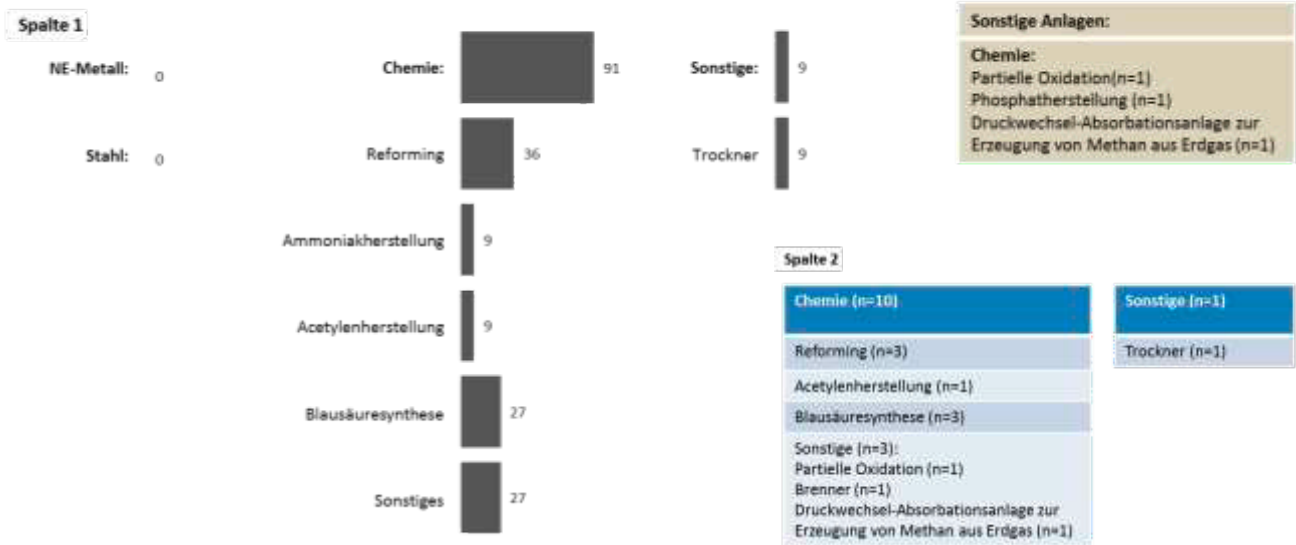


Abbildung 16: Verteilung der Anlagentypen mit stofflicher Erdgasnutzung

Wichtige Erdgaskomponenten

F41: Welche Erdgaskomponenten sind für Ihre Produktqualität/-menge von Bedeutung?

Basis: Nur Befragte, die ihre Anlagen mit stofflicher Gasnutzung betreiben (n = 11), Mehrfachantwort, Angaben in %

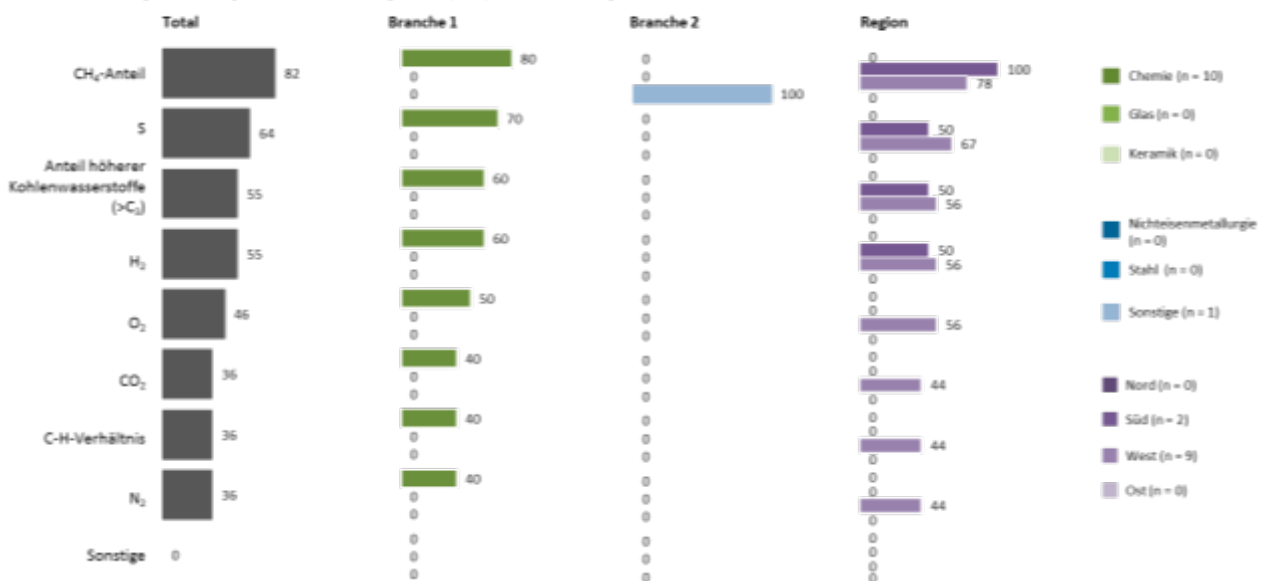


Abbildung 17: Wichtige Kennwerte für die Produktqualität bei der stofflichen Erdgasnutzung

Abschnitt Automatisierung, Einstell- und Wartungspraxis

Die Antwortbreite der Führungsgrößen ist sehr vielfältig und spiegelt die unterschiedlichen Anforderungen und Praktiken der Industrie wider. Für den überwiegenden Anteil der Betreiber ist eine charakteristische Temperatur die Hauptführungsgröße, gefolgt von der Abgaszusammensetzung mit ca. 40 %. Ungefähr ein Drittel der Befragten gaben an, keine kontinuierliche Überwachung des Abgases (z. B. O₂-Gehalt) vorzunehmen. Das bedeutet, bei diesen Anlagen

besteht praktisch keine Möglichkeit, auf eine signifikante Gasbeschaffenheitsschwankung zu reagieren.

38 % der Befragten überwachen die Gasbeschaffenheit. Überwiegend sind dies Brennwert, Heizwert, Zusammensetzung und Dichte. Für die Produktqualität ist bei nahezu 60 % der Befragten neben der Ofenraumtemperatur (96 %) der Sauerstoffgehalt im Ofenraum entscheidend (s. Abbildung 15).

Hinsichtlich der Regelung des Verbrennungsprozesses ist ein hoher Automationsgrad festzustellen. Etwa bei 80 % der Feuerungsanlagen wird eine elektronische Verbundregelung eingesetzt. Diese können gemeinsam mit einer Überwachung und Regelung wesentlicher Abgasparameter (O₂, CO) indirekt die Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen ermöglichen.

Über 70 % der Befragten die ihre Anlagen nach der Luftzahl einstellen (20 %), betreiben die Anlagen mit einer Luftzahl ≤ 1,1. Von denjenigen, die ihre Anlagen nach dem Sauerstoffgehalt im Abgas einstellen (53 %), verwenden 40 % einen äquivalenten Sauerstoffgehalt unter 2,5 %. Damit stellen insgesamt ca. 50 % aller Betreiber ihre Anlagen energetisch sehr nahe am Optimum (Stöchiometrie) ein.

Bei der Frage nach den Einstellkennwerten bei der Inbetriebnahme bzw. nach Wartungsarbeiten ist die Bandbreite ebenfalls sehr groß. Hauptsächlich sind dies Brenn- und Heizwert, Mindestluftbedarf/O₂-Gehalt und CH₄-Gehalt (s. Abbildung 18). Lediglich 9 % der Befragten nannten den Wobbe-Index als eine Einstellungsgröße. Dies unterstreicht die Aussage, dass der Wobbe-Index in der industriellen Gasnutzung bei weitem nicht die zentrale Rolle spielt, wie im Haushaltssektor oder der Netzregelung. Bezüglich der Wartungsintervalle gaben 33 % der Befragten einen Wert unter einem Jahr an. 39 % warten 1-mal im Jahr, 27 % deutlich seltener.

Einstellung des Brenners/ der Anlage bei Erstinbetriebnahme

F52: Wie wurde(n) der/ die Brenner bzw. die Anlage bei Erstinbetriebnahme bzw. nach Wartungsarbeiten eingestellt? Nach Gaskennwerten

Basis: Alle Befragten (n= 56), Mehrfachantwort, Angaben in %



Abbildung 18: Relevante Kenngrößen nach denen die Anlagen im Sektor Industrie eingestellt werden

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass zwei Drittel der Anlagen mit einer Überwachung des Abgases ausgestattet sind. Rückschlüsse auf eine sich verändernde Gasbeschaffenheit über den

O₂-Gehalt sind somit für diese Anlagen möglich. Der Wobbe-Index spielt als Einstellungsgröße der Anlagen nur eine untergeordnete Größe.

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

Ähnlich zu den Aussagen der vorherigen Themenkomplexe gaben nur 36 % der Befragten an, dass der Wobbe-Index für ihren Prozess bzw. ihre Anlage aussagekräftig ist. Die restlichen Befragten nennen als relevante Größen Heiz- und Brennwert, Zusammensetzung und Mindestluftbedarf. Zur Frage von prozess- oder anlagenspezifischen Grenzen der Gasbeschaffenheit gaben 43 % der Befragten an, dass solche Grenzen existieren. Als wichtigste Größe für die Gasbeschaffenheitsschwankungen nannten ca. 50 % der Befragten den Heiz- oder Brennwert.



Abbildung 19: Häufigkeit von beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen größer 3 %

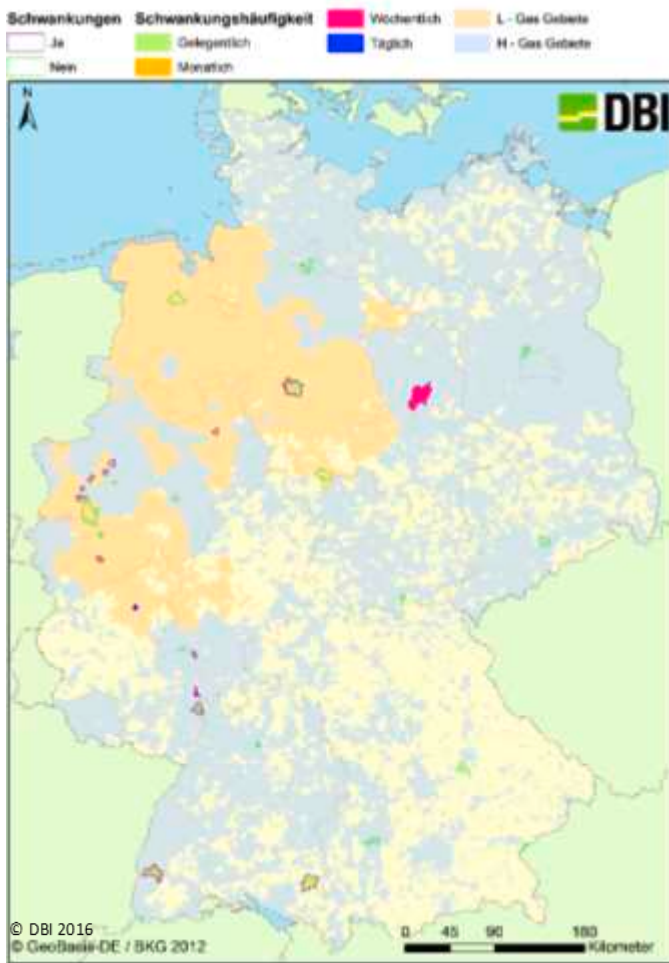


Abbildung 20: Verteilung der beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen

Auswirkungen der Gasbeschaffenheitsschwankungen – Top 5

F63: Welche Auswirkungen hatten die Gasbeschaffenheitsschwankungen nachweislich auf Ihren Prozess / Ihr Produkt / Ihre Anlage?

Basis: Nur falls „Ja“ laut F60 (n = 27). Offene Eingabe, Angaben in %



Abbildung 21: Beobachtete Auswirkungen bei Schwankung einer wichtigen Gaskenngröße größer 3 %

Die Frage nach beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen einer wichtigen Gaskenngröße größer 3 % beantworteten fast die Hälfte (48 %) mit ja. Außer in der Nichteisenmetallurgie wurden in allen Industriezweigen solche Gasbeschaffenheitsschwankungen beobachtet. Diese traten bei einem Viertel dieser Gruppe täglich bis monatlich auf (s. Abbildung 19). Von den Befragten, die Gasbeschaffenheitsschwankungen feststellten, gab knapp die Hälfte an, vom Gasversorger informiert worden zu sein. Dies betraf meist Anlagen mit einer Leistung größer 50 MW aus der Chemie-, Stahl- und Keramikindustrie. Die regionale Zuordnung der beobachteten Gasbeschaffenheitsschwankungen ist in der Abbildung 20 dargestellt.

Abschließend wurde die Gruppe, welche größere Gasbeschaffenheitsschwankungen beobachtete, nach den festgestellten Auswirkungen befragt. In Abbildung 21 sind die Antworten zu 5 Kategorien zusammengefasst. Die meisten Auswirkungen beziehen sich auf die Produktqualität und den Mehraufwand durch manuelles Nachregeln. Die Frage nach den installierten Kompensationsmöglichkeiten von Gasbeschaffenheitsschwankungen beantworteten 23 % mit einer automatischen, in der Regelung hinterlegten Kompensation, 14 % gaben einen manuellen Eingriff an. Eine lokale Konditionierung der Gasbeschaffenheit als mögliche Kompensationsstrategie wurde von keinem der Befragten genannt.

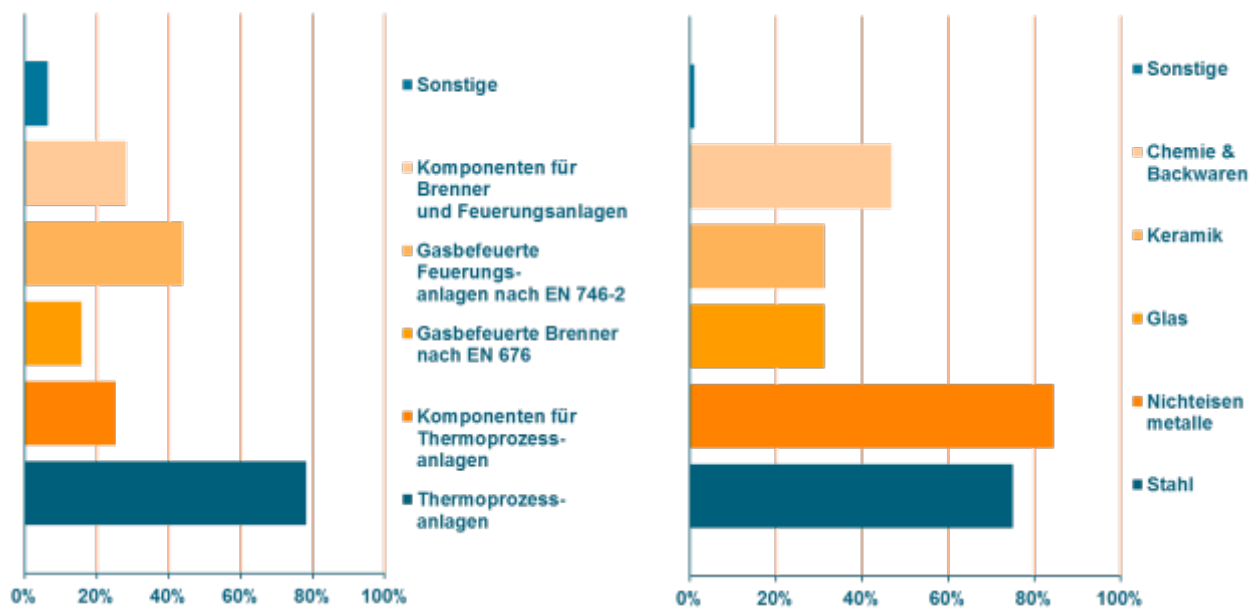
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Gasbeschaffenheitsschwankungen größer 3 % von fast 50 % der Befragten bereits beobachtet wurden. Diese Erfahrung deckt sich auch mit anderen Studien, wie etwa der Umfrage der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG, s. Abschnitt 2.3) zu dem Thema. Diese Schwankungen wirken sich nur zum kleineren Teil auf die Produktqualität oder das Regelverhalten der Anlage aus. Positiv fällt auf, dass schon fast ein Viertel der Befragten mit einer automatischen Kompensation arbeiten.

4.1.2 Auswertung der Befragung bei Herstellern von Thermoprozessanlagen

Der VDMA hat einen abgeleiteten Fragebogen an seine Mitglieder im Fachverband Thermoprozesstechnik versendet. Die Mitglieder des Fachverbandes sind Hersteller von Thermoprozessanlagen und Komponenten aus Deutschland und europäischen Nachbarstaaten. Die Befragung fand in der Zeit von Januar bis einschließlich April 2016 statt. Die Zusammensetzung der Branchen und Tätigkeitsfelder der Befragten ist in Abbildung 22 dargestellt. Es liegen 32 ausgefüllte Fragebögen von Herstellern vor, wobei zu 39 Anlagentypen bzw. Hauptkomponenten Aussagen gemacht wurden.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Die Mehrzahl der Befragten (fast 80 %) stellen Thermoprozessanlagen her, d.h. Schmelz-, Erwärmungs- bzw. Wärmebehandlungsanlagen sowie deren Komponenten für eine sehr breite Produktpalette (Abbildung 22). Die Anlagen und Komponenten werden hauptsächlich für die Nichteisenmetallurgie (ca. 85 %) und Eisenmetallurgie (ca. 75%) hergestellt, im Gegensatz zur Betreiberbefragung Industrie (s. Abschnitt 4.1.1), bei welcher der Schwerpunkt auf der Chemie- und Glasindustrie lag. Durch die kombinierte Betrachtung beider Befragungen lässt sich somit ein recht umfassendes Bild der industriellen Gasnutzung in Deutschland erstellen.



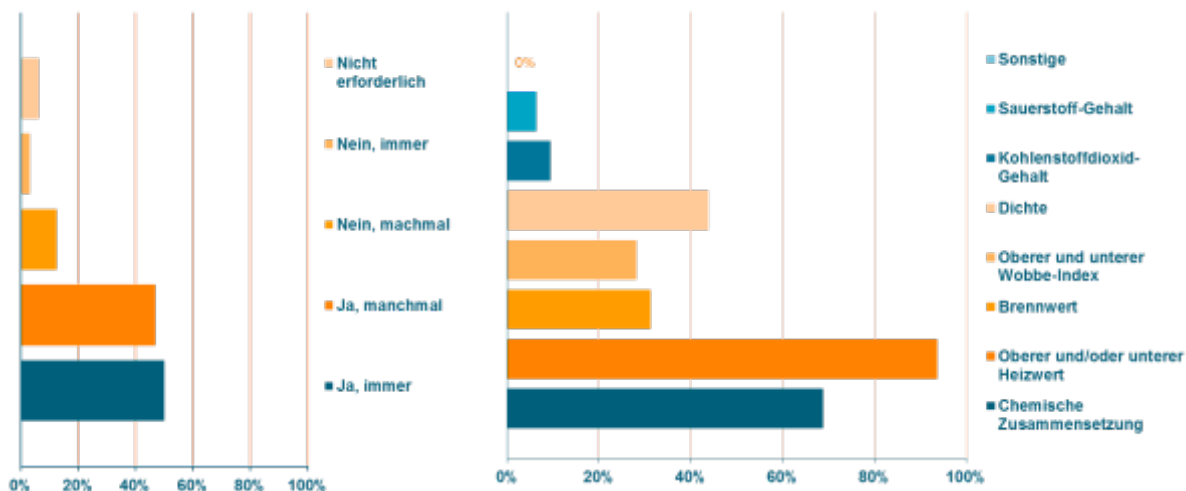
a.) Welche Anlagen/Komponenten stellen Sie her?

b.) In welchen Branchen sind Ihre Kunden, für die Sie die Anlagen/Komponenten herstellen, tätig?

Abbildung 22: Zuordnung der Unternehmen zu den Tätigkeitsfeldern der Hersteller und Industriebranchen für den Einsatz der Anlagen

Abschnitt Gasbeschaffenheit

Zum Themenkomplex der Kenntnis der Gasbeschaffenheit bei der Auslegung von Anlagen und Komponenten gaben 50 % der Befragten an, dass sie immer bekannt ist (Abbildung 23). Dazu kommen Herstellerunternehmen, die nicht in jedem Fall Kenntnis von der Gasbeschaffenheit am Kundenstandort haben. Aus dem Ergebnis kann geschlossen werden, dass die Gasbeschaffenheit überwiegend bekannt ist. Als relevante Kennwerte der Gasbeschaffenheit werden dabei mit über 90 % der Heizwert und mit ca. 70 % die Zusammensetzung genannt. Der Wobbe-Index mit weniger als 30 % spielt eine untergeordnete Rolle. Dies deckt sich mit den Aussagen der Befragung der Betreiber von Thermoprozessanlagen.



- a) Ist Ihnen die Gasbeschaffenheit bei ihren Kunden bei der Auslegung von Anlagen oder Komponenten bekannt? b) Wenn ja, in welcher Form?

Abbildung 23: Angaben zur Kenntnis der Gasbeschaffenheit bei Auslegung von Anlagen

Abschnitt Anlagentyp

Ähnlich wie in der Befragung der Betreiber wurde versucht auch hier eine Unterscheidung zwischen thermischer und stofflicher Nutzung vorzunehmen. Lediglich 8 % der Befragten gaben an, dass die nachfolgend beschriebene Anlage die stoffliche Nutzung von Erdgas vorsieht. Die spezifischen Fragen zum Anlagentyp wurden dann allerdings von allen gleichermaßen beantwortet.

Die Auswertung der Fragen nach der Ausstattung der Anlagen für thermische Gasnutzung ergab Folgendes:

- Der Anteil der Befragten, die Brennersysteme mit einer Luftvorwärmung (z. B. Rekuperatorbrenner) herstellen bzw. ihre Anlagen mit einer Luftvorwärmung auslegen, liegt bei ca. 45 %. Die Befragung der Betreiber Industrie ergab bei der Frage nach einer Luftvorwärmung (zentral oder dezentral) einen deutlich höheren Prozentsatz von 67 %.
- Der Anteil nicht vorgemischter Brenner liegt nur leicht höher (bei 28 %) als bei der Betreiberbefragung.

Abschnitt Automatisierung, Einstell- und Wartungspraxis

Die Auswertung der Fragen nach der Betriebsweise der Anlagen für thermische Gasnutzung ergab Folgendes:

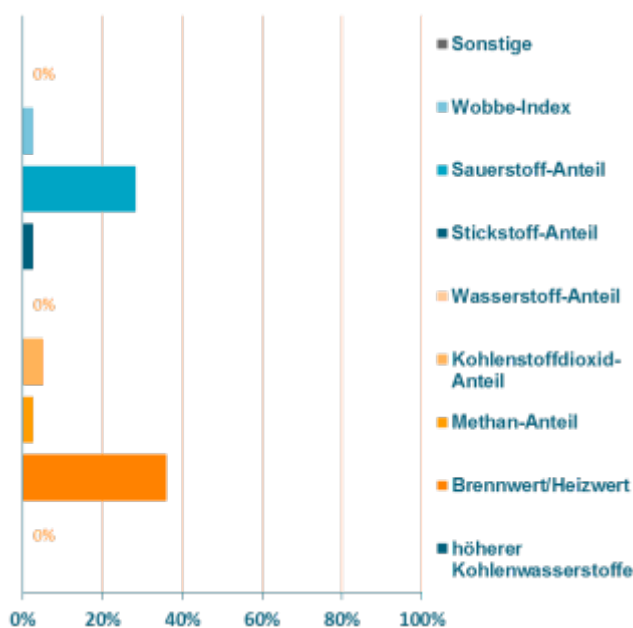
- Ca. 40 % der Befragten legen ihre Anlagen und Komponenten für eine Luftzahl von kleiner gleich 1,1 aus. Über 30 % der Befragten gaben eine Luftzahl von 1,15 an. Wird die Anlage nach dem Sauerstoffgehalt eingestellt, liegt der Grenzwert zu ca. 75 % kleiner gleich 3 %. Diese Aussagen decken sich mit den Angaben der Betreiber.
- Die Auslegung der Brennersysteme erfolgt größtenteils nach Brenn- oder Heizwert. Die konkrete Einstellung der Brenner erfolgt mit ca. 70 % nach Abgaskennwerten, wie CO, O₂

oder NO_x. Einstellkriterien, wie Flammenbild oder Temperatur, spielen mit ca. 30 % eine eher untergeordnete Rolle (s. Abbildung 24).

- Die Befragung nach aussagekräftigen Kennwerten der Gasbeschaffenheit ergab eine Verteilung von 42 % auf den Heizwert, ca. 25 % auf die Gaszusammensetzung und ca. 20 % auf den Mindestluftbedarf. Ähnlich wie bei den Betreibern hat der Wobbe-Index für die Einstell- und Wartungspraxis mit 14 % eine nachrangige Bedeutung.
- Die Unterschiede in den Parametern der Betriebsweise ergeben sich aus den Akteuren der verschiedenen Branchen, die die Fragebögen ausgefüllt haben. Die Befragung der Betreiber Industrie hatte den Fokus auf der Glas- und Chemieindustrie. Der Schwerpunkt der Herstellerbefragung liegt auf dem Metallsektor, dabei handelt es sich eher um kleinere Anlagen die auch deutlich einfacher aufgebaut sind.

Die Frage nach den Einstellkennwerten bei Erstinbetriebnahme und Wartungsarbeiten zeigt eine ähnlich Breite wie bei der Betreiberbefragung Industrie (s. Abbildung 24). Auch hier ist eine deutliche Dominanz des Heizwertes und des Mindestluftbedarfs zu erkennen. Der Wobbe-Index spielt hierbei keine Rolle.

Nach Gaskennwerten, und zwar...



Nach Prozess- oder Abgaskennwerten, und zwar...

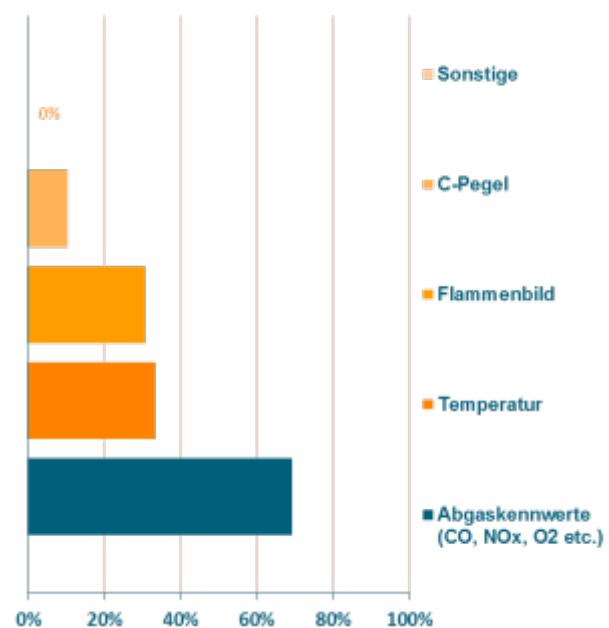


Abbildung 24: Relevante Kenngrößen, nach denen die Anlagen bei Erstinbetriebnahme bzw. Wartungsarbeiten eingestellt werden

Als für die Produktqualität entscheidende Kenngröße bei den Anlagen der thermischen Gasnutzung wurde mit etwa 50 % die Temperatur und zu ca. 25 % die Atmosphäre (O₂) angesehen (s. Abbildung 25).

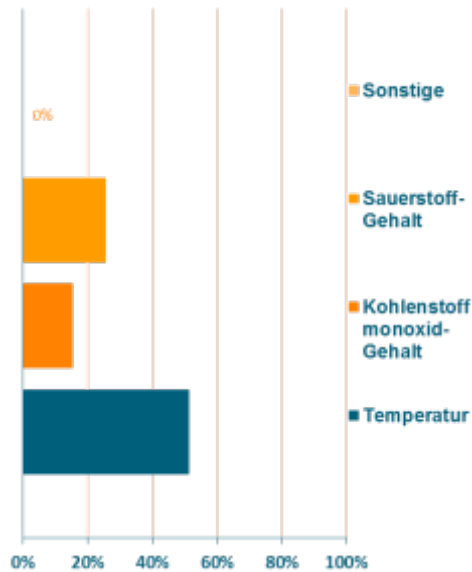


Abbildung 25: Entscheidende Kennwerte für die Produktqualität; Welche Kennwerte für Abgas oder Ofenraumatmosfera sind bei der thermischen Gasnutzung entscheidend für die Produktqualität

Für die stoffliche Gasnutzung ist das Ranking der entscheidenden Erdgaskomponenten für die Produktqualität analog zur Betreiberbefragung: Methan, Schwefel, höhere Kohlenwasserstoffe und Wasserstoff (s. Abbildung 26). Jedoch sind die prozentualen Anteile deutlich geringer als bei der Betreiberbefragung.

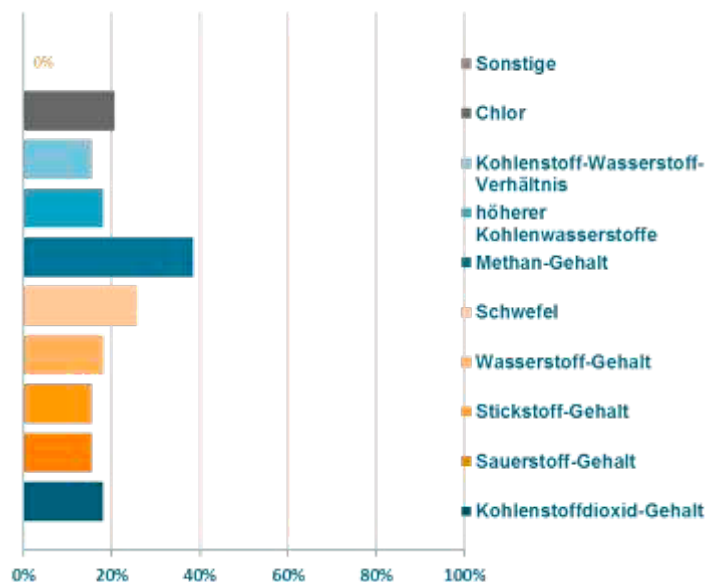


Abbildung 26: Entscheidende Gaskennwerte für die Produktqualität bei der stofflichen Nutzung

Im Themenkomplex der Steuerung- und Regelungspraxis ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Die Steuerung des Gas-Luft-Verhältnisses wird zu ca. 31 % als elektronischer Verbund ausgeführt zu ca. 31 % im mechanischen Verbund und ca. 22 % im pneumatischen Verbund.

- Fast 60 % der befragten Hersteller gaben an, keine kontinuierliche Messung von Abgaskomponenten durchzuführen (Betreiberbefragung: ca. 34 %).
- Über 90 % der Befragten überwachen die Gasbeschaffenheit nicht (Betreiberbefragung: 63 %).

Diese Ergebnisse spiegeln die unterschiedlichen Betriebsweisen und zum Teil auch die wirtschaftlichen Aspekte bei der Ausstattung der Anlagen in den verschiedenen Industriebranchen wider. In der Chemie- und Glasindustrie werden meist die meist großen Anlagen und Prozesse sehr umfänglich überwacht. In der Stahl- und NE-Metallindustrie ist eine kontinuierliche Abgasüberwachung nur bei den größeren Anlagen verbreitet. Insbesondere bei kleinen Anlagen spielen die spezifischen Kosten für die Automation eine herausragende Rolle. In diesen Fällen wird häufig auf eine umfangreiche Überwachungstechnik verzichtet, besonders wenn bei der Errichtung der Anlage von einer gleichbleibenden Gasbeschaffenheit ausgegangen worden ist.

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

Ca. 80 % der befragten Hersteller gaben an, dass der Wobbe-Index für ihren Prozess bzw. Anlage als Gasbeschaffenheitskenngröße allein nicht aussagekräftig ist (Betreiberbefragung: 64 %). Analog zur Betreiberbefragung werden als relevante Kenngrößen und Eigenschaften insbesondere der Heizwert, die Zusammensetzung und der Mindestluftbedarf genannt. Auch die Frage nach prozessbedingten Grenzen der Gasbeschaffenheit beantworteten fast 40 % der Befragten mit ja. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Abbildung 27 enthalten.

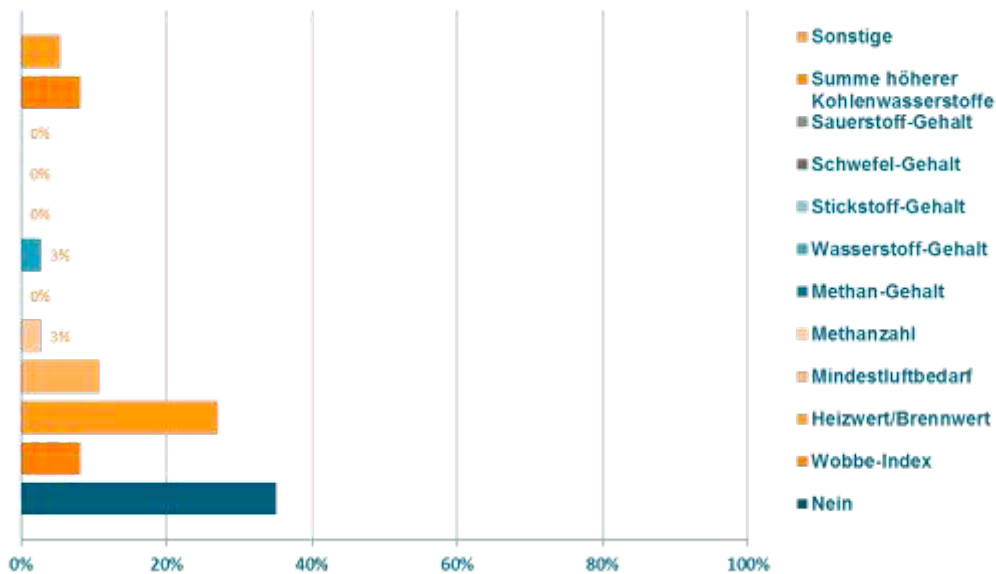


Abbildung 27: Verteilung der prozessbedingten Grenzen von Gasbeschaffenheitsparametern

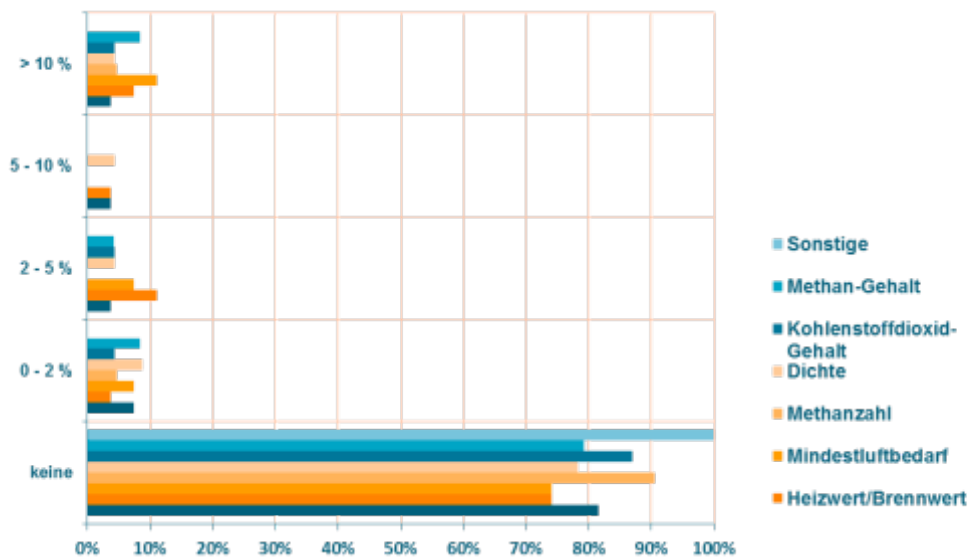


Abbildung 28: Frage nach einer automatischen Ausregelung verschiedener Grenzen und Größen von Gasbeschaffenheitsschwankungen

Auf die Frage nach einer automatischen Kompensation/Regelung der Anlage in Bezug auf unterschiedliche Grenzen und Größen von Gasbeschaffenheitsschwankungen gaben zwischen 75 und 90 % der Befragten an, dass ihre Anlagen keinerlei Schwankungen automatisch ausregeln (s. Abbildung 28). Die Aussage, dass eine automatische Ausregelung von Gasbeschaffenheitsschwankungen größer 10 % möglich ist, wird größtenteils von den Brennerherstellern beantwortet. Auf Nachfrage dazu weisen die Brennerhersteller darauf hin, dass entweder eine Lambda-Regelung (kontinuierliche Messung des O₂-Gehaltes im Abgas) oder eine entsprechende Prozesssteuerung in der eigentlichen Anlage vorhanden sein muss.

4.1.3 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Die Befragung der Hersteller und Betreiber des Industriesektors zeigt mit fast 90 ausgefüllten Fragenbögen über alle Industriebranchen hinweg ein sehr deutliches Bild der Betriebsweise, Einstell- und Regelungspraxis sowie der Kenntnis und des Umganges mit dem Thema Gasbeschaffenheit. Sowohl die Befragung der Hersteller von Thermoprozessanlagen und Komponenten als auch die der Betreiber ergeben tendenziell die gleichen Aussagen.

- Der Wobbe-Index als alleinige Kenngröße für die Gasbeschaffenheit ist für die Industrie nicht ausreichend. Hier sind der Heizwert und die chemische Zusammensetzung des verwendeten Erdgases von deutlich größerer Wichtigkeit. Für die stoffliche Nutzung von Erdgas ist allein die chemische Zusammensetzung ausschlaggebend.
- Eine kontinuierliche Abgasmessung ist abhängig von der jeweiligen Industriebranche (Stahl, NE-Metall, Glas, Chemie etc.) nicht in allen Anlagen vorhanden. Die Spannweite reicht je nach Abgaskennwert von ca. 33 bis 60 %. Somit kann zumindest ein Drittel der Anlagen indirekt auf Gasbeschaffenheitsschwankungen reagieren.

- Die Befragung zeigt auch die große Vielfalt der verwendeten Anlagen und die deutlich stärkere Heterogenität der industriellen Gasnutzung verglichen mit der häuslichen Gasverwendung.
- Die Mehrheit der Anlagen wird aus Energie-Effizienzgründen und zur Reduzierung der Schadstoffemissionen mit Luftzahlen kleiner 1,15 bzw. kleiner 1,1 gefahren und einer Luftvorwärmung ausgestattet.
- Insbesondere bei kleineren Anlagen ist der Automationsgrad niedrig. Es wird auf gleichbleibende Gasbeschaffenheit vertraut und damit selbst auf einfache Kompensationsmöglichkeiten, wie die Messung von Abgaskomponenten, verzichtet.

Kernaussagen zu den Erhebungen im Sektor Industrie und Gewerbe sind:

- **Qualität der Erhebung:** Sie erlaubt qualitative gute Trendaussagen. Die regionale Verteilung entspricht den industriellen Ballungsräumen mit einer hohen Beteiligung der Chemie- und der Glasindustrie.
- **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:** Bei ca. 25 % der Befragten sind **automatische** Kompensationsmaßnahmen vorhanden, insbesondere bei Großverbrauchern. Insgesamt ein Drittel der Befragten kann über die Regelung von Abgaskennwerten indirekt auf Gasbeschaffenheitsschwankungen reagieren.
- **Einstellpraxis ohne Kompensationsstrategien:** Eine Einstellung auf lokale Gasbeschaffenheit ist üblich, Schwankungen werden nur teilweise oder nur diskontinuierlich berücksichtigt. Durch hohe Anforderungen an Produktqualität, Energie-Effizienz, niedrige Emissionen und Prozessstabilität erfolgt die Einstellung bei Installation und Wartung nahe dem Anlagenoptimum, was diese Anlagen empfindlich in Bezug auf Gasbeschaffenheitsschwankungen macht.
- **Wahrnehmung der Gasbeschaffenheit:**
 - Einzelne Kennwerte der Gasbeschaffenheit, wie der Brennwert, werden für Abrechnungszwecke überwiegend verfolgt. Die gesamte Gasbeschaffenheit und deren Schwankungen werden überwiegend nicht verfolgt, lediglich in wenigen sehr großen Anlagen mit stofflicher Nutzung des Erdgases.
 - Der Wobbe-Index ist allein kein aussagekräftiges Kriterium für Gasbeschaffenheit. Als relevante Kenngrößen werden der Heizwert, der minimale Luftbedarf oder auch die vollständige Gaszusammensetzung für Auslegung und Betrieb herangezogen.
 - Bei ca. 45 % der Befragten existieren prozessbedingte Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen.

4.2 Dezentrale und zentrale Energieversorgung (Hersteller und Betreiber)

Für den Sektor Energieversorgung sollen im Folgenden die drei unterschiedlichen Befragungen (s. Abschnitt 3.2.4) separat ausgewertet werden. Für die zentrale Energieversorgung waren die Verbände VIK und VGB einbezogen worden. Die dezentrale Energieversorgung wird durch die Befragung von Anlagenbetreibern mit Gasgebläsebrennern für Kesselsysteme des BDH abgedeckt. Der Bereich der Hallenheizungen als eine besondere Form der dezentralen Beheizung von Industrieanlagen ist durch die Herstellerbefragung der figawa umrissen. Am Ende dieses Abschnittes werden für den Sektor gemeinsame Kernaussagen zusammengefasst.

4.2.1 Erhebung zentrale Energieversorgung

Die anonymisierten Online-Befragungen erfolgten über die Verbände VIK und VGB und wurden vom Marktforschungsinstitut INNOFACT in der Zeit von Dezember 2015 bis April 2016 durchgeführt. Insgesamt sind 72 Rückmeldungen eingegangen. Der Umfang der Stichprobe erlaubt qualitativ gute Trendaussagen. Die folgenden Abbildungen und Erläuterungen zeigen ausgewählte Ergebnisse. Auch für diesen Abschnitt sind zur besseren Sichtbarkeit einzelne Ergebnisse mit GIS-Analysen verknüpft.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Aus der Abbildung 29 geht die Branchenzugehörigkeit hervor. Der überwiegende Anteil sind Betreiber der industriellen Wärme- und Stromversorgung. Ca. 55 % der verbleibenden Unternehmen können der allgemeinen öffentlichen Energieversorgung zugeordnet werden. Ebenso entspricht die regionale Verteilung in etwa dem der industriellen Ballungszentren. Eine Korrelation mit dem BIP in den Regionen Nord, West, Ost und Süd ist nicht eindeutig und bei der Reichweite der Anlagen auch nicht zwingend gegeben. Für das Bundesgebiet kann jedoch von einer guten Trendaussage der Ergebnisse gesprochen werden.

Branchenzugehörigkeit – Betreiber von Energieerzeugungsanlagen

F2: In welcher Branche ist der Betrieb, in dem Sie arbeiten, im Schwerpunkt tätig?

Basis: Alle Befragten (n = 72), Single Choice, Angaben in %

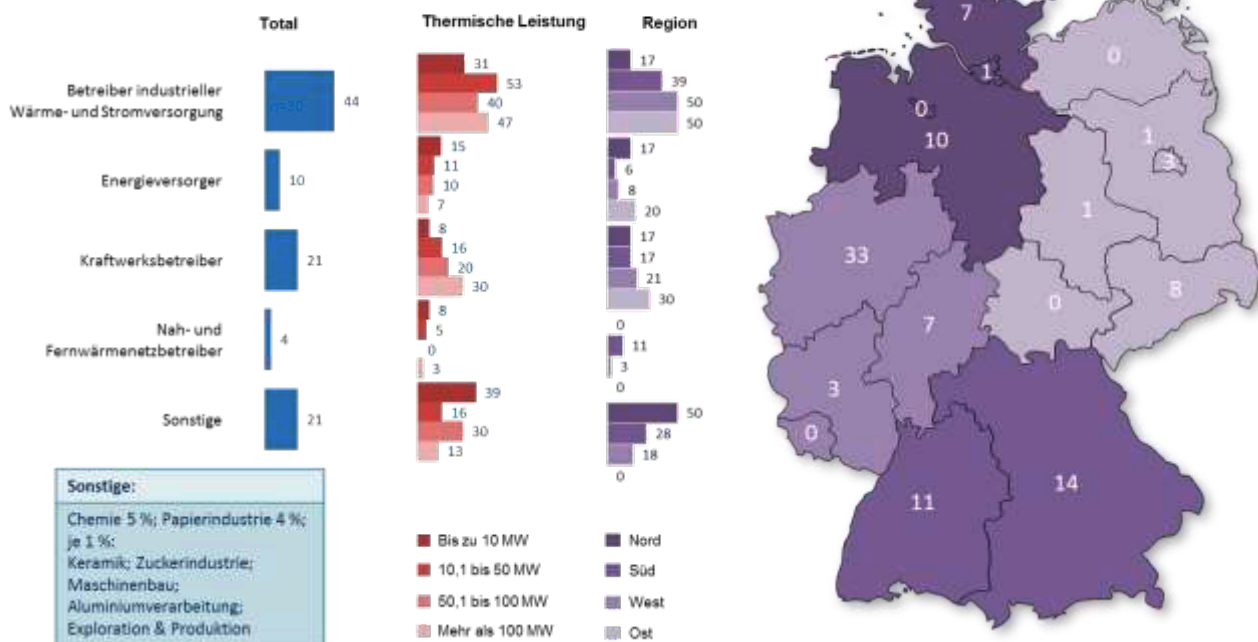


Abbildung 29: Darstellung der erhaltenen Rückmeldungen mit der Zuordnung der jeweiligen Branchen

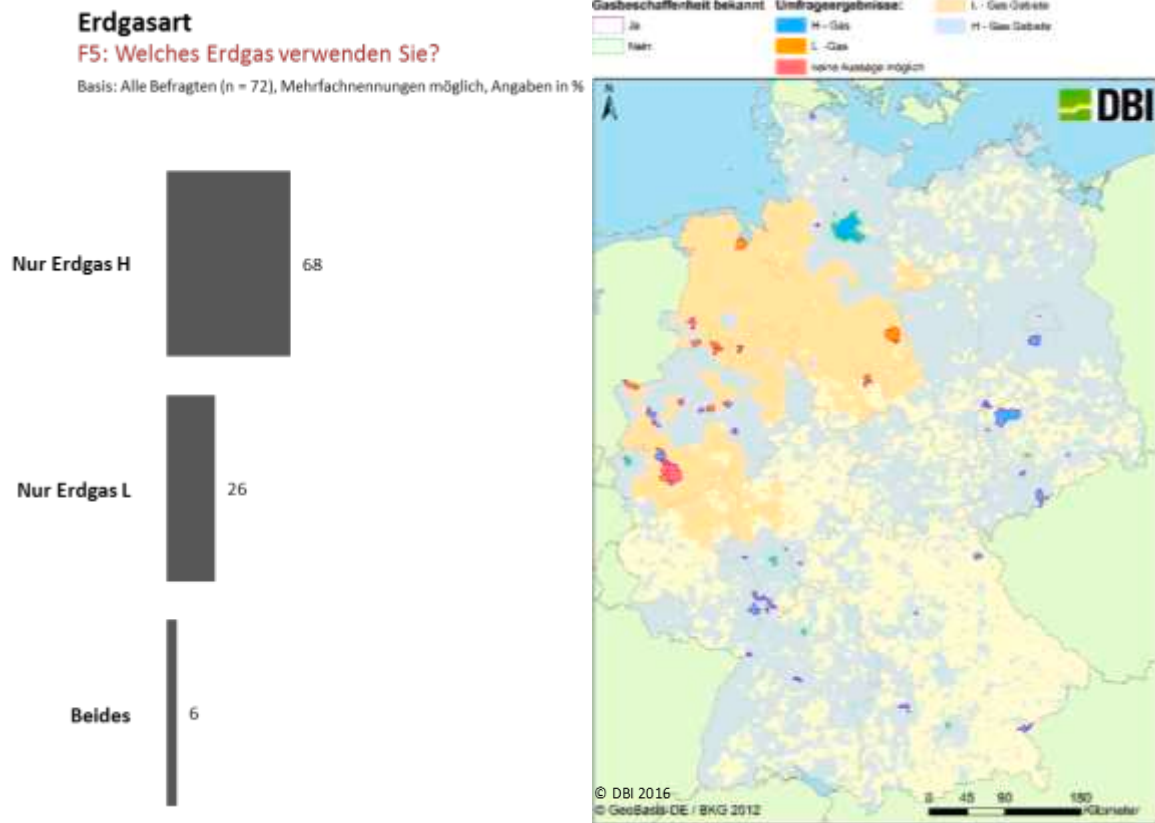


Abbildung 30: Verwendete Gasart und regionale Verteilung der Rückmeldungen

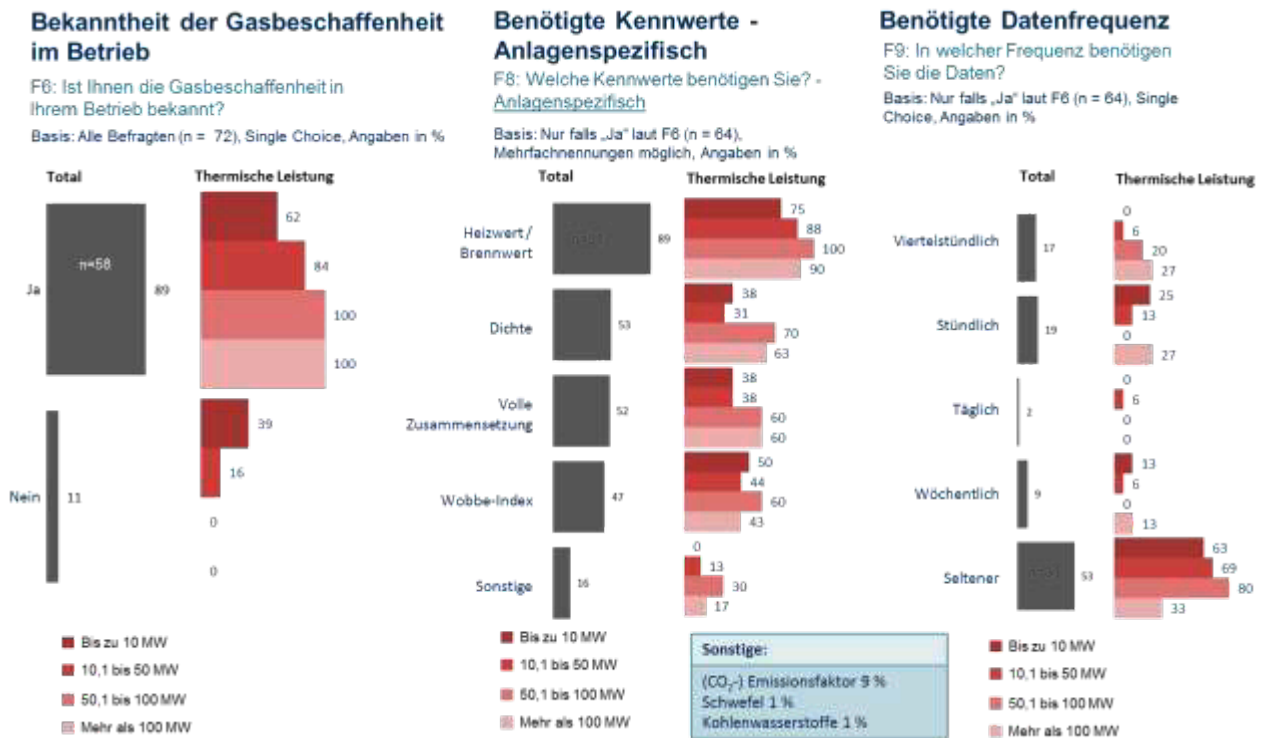


Abbildung 31: Kenntnisstand zur anliegenden Gasbeschaffenheit und zu den benötigten Kennwerten

Abschnitt Gasbeschaffenheit

Gemäß der Abbildung 30 wird wie erwartet überwiegend Erdgas H eingesetzt. Auch in diesem Bereich gibt es Unternehmen, die über beide Gasarten (Erdgas H und L) verfügen.

Ca. 85 % der Befragten gaben an, dass bei der Auslegung des Anlagentyps die Gasbeschaffenheit bekannt war. Im Betrieb ist die Gasbeschaffenheit bei fast allen Unternehmen, ca. 90 %, grundsätzlich bekannt (s. Abbildung 31). Der am meisten benötigte Kennwert ist der Heizwert bzw. Brennwert. Es wird eingeschätzt, dass dieser Kennwert für das Produkt der Branche – Energie – die entscheidende Bedeutung hat. Der Wobbe-Index hat dagegen, wie auch in den vorangegangenen Befragungen, eine untergeordnete Bedeutung und fällt geringfügig hinter die Dichte und die Gaszusammensetzung zurück. Ca. 46 % der Unternehmen verfolgen die Gasbeschaffenheit stündlich oder kürzer. Daraus kann zumindest geschlossen werden, dass diese Werte in eine Prozesssteuerung eingebunden werden können.

Abschnitt Anlagentyp

Bei der Frage nach dem Anlagentyp handelt es sich hauptsächlich um Kessel für die Wärme- und Dampfversorgung (s. Abbildung 32) mit ca. 47 % sowie um Technologien mit Gasturbinen (einzeln oder gekoppelt als GuD) mit gemeinsam 49 %.

Stationäre Motor-BHKW oder Brennstoffzellen sind unterrepräsentiert. Die im Ergebnis der Studie gefundenen Kernaussagen sind nicht repräsentativ für diese Anlagentypen. Zusätzlich sei vermerkt, dass stationäre Gasmotoren aufgrund der deutlich anderen Anforderungen anders als die im Mobilitätssektor (s. Abschnitt 4.4) ausgestattet sind. Die Ergebnisse aus dieser Analyse können damit nur bedingt auf diesen Anlagentyp übertragen werden.

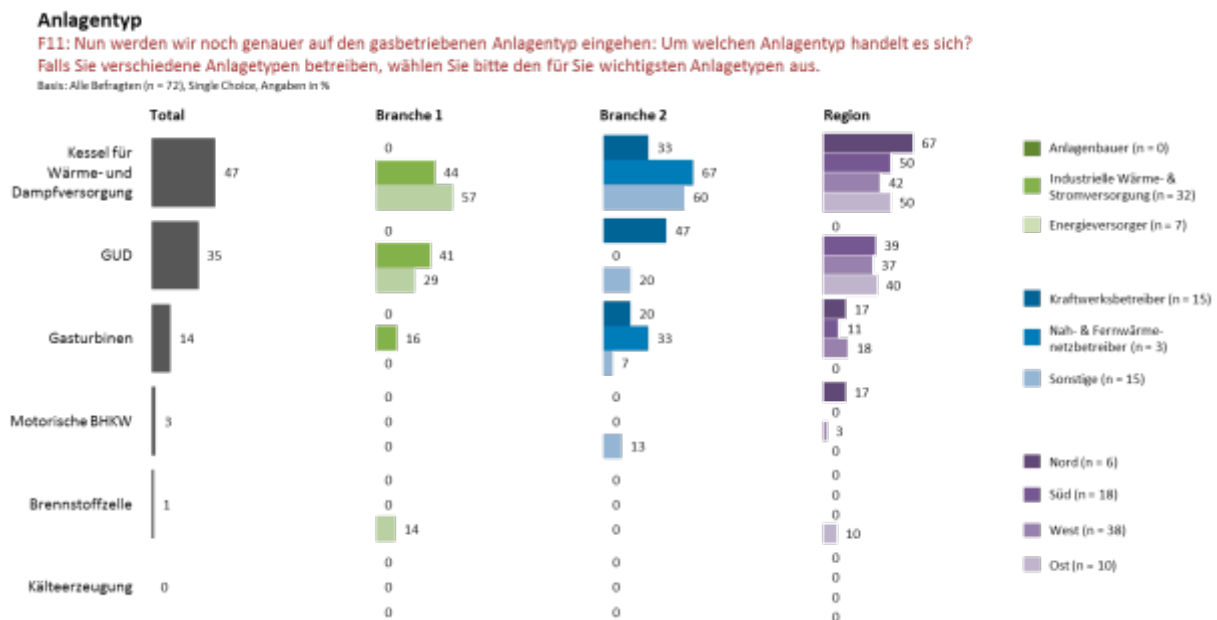


Abbildung 32: Eingesetzte Anlagentypen in der Branche

Zur Einordnung der Anlagentypen können noch folgende Angaben gemacht werden:

- Die meisten Anlagen fallen mit ca. 42 % in den Bereich thermischer Leistung größer 100 MW. Im Leistungsbereich größer 10 bis 100 MW liegen ca. 40 % der Unternehmen. Die

verbleibenden Anlagen konzentrieren sich hauptsächlich auf die Leistungsklasse 1 bis 10 MW mit 11 %.

- Für ca. 53 % der befragten Unternehmen sind dies die Anlagen mit dem überwiegenden Anteil am eigenen Jahresenergieverbrauch.
- Ca. 42 % der Anlagen sind älter als 20 Jahre, weitere 32 % fallen in die Altersklasse größer 10 bis 20 Jahre, ca. 15 % sind bis zu 5 Jahre alt.

Für ca. 65 % der Befragten existieren kritische Abgaskennwerte. Um welche Abgaskennwerte es sich handelt, zeigt die Abbildung 33. Es wird sichtbar, dass es sich dabei überwiegend um Schadstoffemissionen wie NO_x und CO handelt. Aus der Abbildung 33 geht außer den Kennwerten für kritische Abgaswerte auch die Überwachungspflicht und das Überwachungsintervall hervor. Zum überwiegenden Anteil sind die Abgaswerte überwachungspflichtig, dabei wird insbesondere kontinuierlich nach der 13. BImSchV überwacht. Konkret sind dies ca. 65 % aller Befragten (s.a. Abbildung 33). In der Frage 20 – nach dem Überwachungsintervall – standen zusätzlich Zyklen, wie monatlich, zweimonatlich, vierteljährlich und halbjährlich zur Verfügung, diese wurden aber nicht angegeben. Das bedeutet, dass solche Anlagen einer hohen behördlichen Überwachung unterliegen, die im Fall der Überschreitung von Abgasemissionen zu einer Abschaltung führen kann.

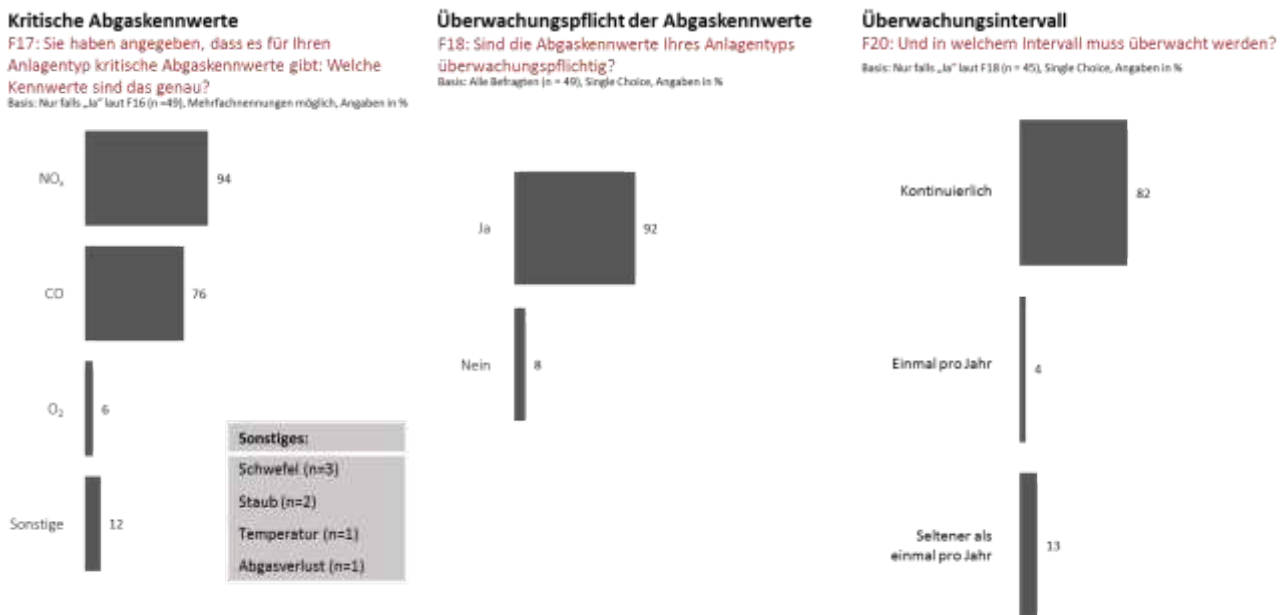


Abbildung 33: Kritische Abgaswerte, Überwachungspflicht der Anlagen und Überwachungsintervall

Abschnitt Automatisierung, Einstell- und Wartungspraxis

Die Abbildung 34 enthält das Ergebnis der Befragung zur Einstellung auf die Gasbeschaffenheit am Standort im kontinuierlichen Betrieb. Es wird sichtbar, dass die Einstellpraxis zu einem überraschend hohen Anteil manuell erfolgt (51 %). Wenn manuell eingestellt wird, haben die Einstellung nach Brennwert und Heizwert (73 %) bzw. die Einstellung nach Abgaskennwerten, wie CO, NO_x, O₂ (70 %), den Vorrang. Andere Parameter, wie Mindestluftbedarf, Wobbe-Index, Gaszusammensetzung bzw. Brennerleistung oder Dampfmenge, werden mit deutlich kleinerem Anteil von ca. ein Drittel angegeben. Die manuelle Einstellung der Anlage erfolgt dabei zu einem Großteil jährlich (24 %) oder seltener (54 %). Kurzfristige Schwankungen der Gasbeschaffenheit können damit nicht

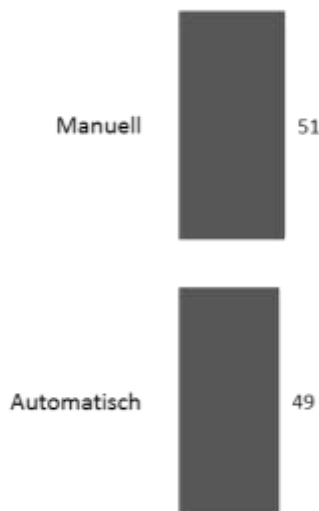
ausgeglichen werden. Sie werden erst durch eine Verfehlung der Abgaskennwerte durch die behördliche Überwachung festgestellt. Die Gasbeschaffenheit bei der Einstellung war überwiegend (68 %) bekannt.

Wenn nach Gaskennwerten eingestellt wird, erfolgt die automatische Regelung nach Mindestluftbedarf, Brennwert/Heizwert, Gaszusammensetzung, Wobbe-Index und Methanzahl. Stehen Prozess –und Abgaskennwerte zur Verfügung, sind Dampfmenge, Brennerleistung, Abgaskennwerte oder Temperatur relevant. Die Messung der Parameter erfolgt überwiegend kontinuierlich mit 84 % der automatischen Regelungen. Auch die Eigenschaften der Luft werden bei 80 % der automatischen Regelungen überwacht.

Einstellung der Gasbeschaffenheit

21: Im Folgenden geht es um die Einstellung auf die Gasbeschaffenheit des Anlagentyps an Ihrem Standort im kontinuierlichen Betrieb: Wird der Anlagentyp manuell oder automatisch eingestellt?

Basis: Alle Befragten (n = 72), Single Choice, Angaben in %



Einstellung des Anlagentyps, manuell

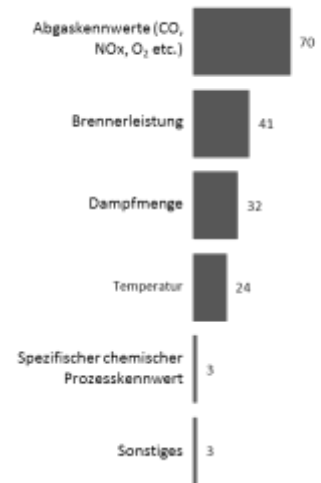
F22: Wie genau wird der Anlagentyp eingestellt?

Basis: Nur falls „Manuell“ laut F21 (n = 37), Mehrfachnennungen möglich, Angaben in %

Nach Gaskennwerten, und zwar...



Nach Prozess- oder Abgaskennwerten, und zwar...

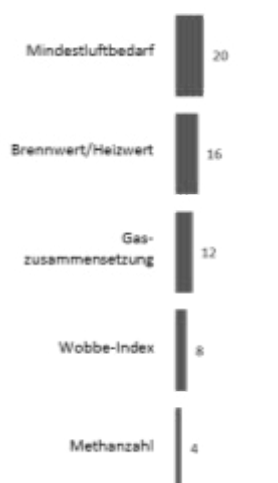


Regelgrößen des Anlagentyps, automatisch

F25: Nach welcher Größe wird der Anlagentyp geregelt?

Basis: Nur falls „Automatisch“ laut F21 (n = 25), Mehrfachnennungen möglich, Angaben in %

Nach Gaskennwerten, und zwar...



Nach Prozess- oder Abgaskennwerten, und zwar...

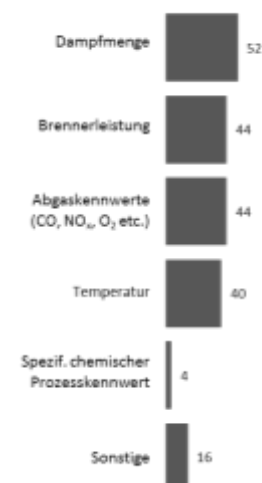


Abbildung 34: Einstellpraxis der Anlagen.

Unabhängig von der manuellen oder automatischen Regelung erfolgt die Verbrennungsregelung überwiegend mit 63 % durch eine elektronische Verbundregelung. Weitere 26 % besitzen eine pneumatische oder mechanische Verbundregelung. Die Erfassung der Prozessparameter erfolgt fast ausschließlich kontinuierlich oder quasikontinuierlich (viertelstündlich) mit ca. 92 %. Insgesamt sind ca. 72 % der Anlagen mit einer kontinuierlichen Abgasmessung für O₂, NO_x oder CO ausgerüstet, von denen mehr als 85 % alle die genannten Größen messen.

Die Wartung von Brennern und sonstigen Anlagenkomponenten erfolgt überwiegend einmal pro Jahr. Dazu gibt es geringfügige Unterschiede bei Brennersystemen mit 54 % und sonstigen Anlagenkomponenten mit 50 %. Weitere 25 % bzw. 32 % der Betreiber gaben an, ihre Systeme auch in kürzeren Abständen zu warten. Auch im Hinblick auf den Zyklus der Instandhaltungsmaßnahmen nannten die meisten Befragten einen jährlichen Zeitraum mit ca. 57 %. Die letzte Rekonstruktionsmaßnahme am Beheizungssystem lag bei etwa der Hälfte der Befragten mehr als 5 Jahre zurück.

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

Prozessbedingte Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen konnten die Befragten überwiegend nicht angeben. Nur ca. 30 % der Befragten benannten prozessbedingte Grenzen (s. Abbildung 35). Der Heiz- bzw. Brennwert wurde an dieser Stelle wiederum zuerst benannt. Schwankungen wichtiger Gaskenngrößen über ± 3 % hinaus wurden von dem überwiegenden Anteil der Befragten (ca. 80 %) nicht beobachtet.

Diejenigen, welche größere Schwankungen beobachten konnten, gaben für die Häufigkeit von Gasbeschaffenheitsschwankungen zu 50 % monatlich oder kürzer an. Es gibt überwiegend keine Vereinbarung mit Netzbetreiber bzw. Gasversorger bzgl. Lieferung von spezifischen Gasbeschaffenheitsparametern. Nur bei einem sehr geringen Anteil dieser Gruppe, das sind ca. 7 % aller Befragten, wurden automatische Kompensationsstrategien im Zusammenhang mit Schwankungen der Gasbeschaffenheit genannt (s. Abbildung 35). Aus der Befragung zur Automation der Anlagen (s. Abbildung 33 und Abbildung 34) geht aber hervor, dass ca. 50 % der Befragten automatische Regelungssysteme haben, welche die Gasbeschaffenheit berücksichtigen.

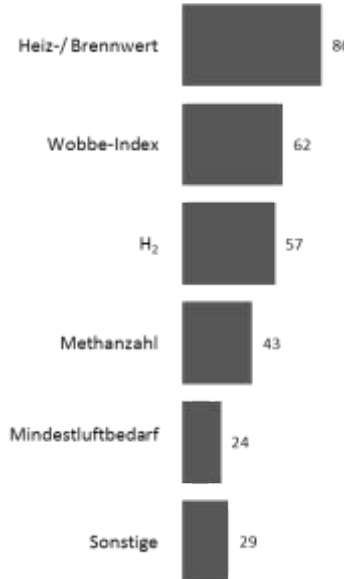
Prozessbedingte Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen
F38: Können Sie Angaben darüber machen, ob es in Ihrer Anlage prozessbedingte Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen gibt.

Basis: Alle Befragten (n= 72), Single Choice, Angaben in %



Bedeutende Kenngrößen
F39: Welche Kenngrößen sind für Ihre Anlage von Bedeutung?

Basis: Nur falls „Ja“ laut F38 (n = 21), Mehrfachnennungen möglich, Angaben in %



Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen
F45: Wie werden solche Gasbeschaffenheitsschwankungen kompensiert?

Basis: Nur falls „Ja“ laut F40 (n = 14), Single Choice, Angaben in %



Abbildung 35: Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

4.2.2 Erhebung dezentrale Energieversorgung – Gasgebläsebrenner nach EN 676

Der Fragebogen zur Erfassung der Daten im Bereich „Hersteller von Brennern nach EN 676 in Anlagen der Industrie und des Gewerbes (Hersteller von Gasbrennern in Anlagen und Gasanlagen der Industrie und Gewerbe im gesamten Bundesgebiet)“ ist im Gegensatz zum Fragebogen für den Gewerbe- und Industriebereich weniger umfangreich, da er auf die wesentlichen Anforderungen dieses Produktsegmentes angepasst war. Die Befragung wurde durch den BDH durchgeführt. Dazu wurden die Betreiber von vier großen deutschen Hersteller bzw. deren Servicepartner befragt. Die Befragung fand in der Zeit von Dezember 2015 bis März 2016 statt. Insgesamt liegen der Befragung 137 ausgefüllte Fragebögen zugrunde.

Da sich der Großteil der ausgefüllten Fragebögen auf einen Leistungsbereich von 0,1 bis 50 MW für die Warm-, Heißwasserbereitung oder Dampferzeugung bezieht (s. Abbildung 36), sind die nachfolgenden Aussagen repräsentativ für den Bereich der dezentralen Wärmeversorgung.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Die Abbildung 36 liefert eine Übersicht zur regionalen Verteilung der Anlagenstandorte sowie eine Verteilung der Betreiberunternehmen auf die Branchenzugehörigkeit. Analog zu den vorangegangenen Befragungen ist die regionale Zuordnung zu den Bundesländern nicht aussagekräftig. Die Verteilung auf die Regionen Nord, Süd, West und Ost liefert jedoch recht brauchbare Ergebnisse. Insbesondere für den Zweck der dezentralen Energieversorgung ist die Korrelation zur Einwohnerzahl naheliegend.

Zugehörigkeit zur Branche

F2: In welcher Branche/Zweck wird die Feuerungsanlage verwendet?

Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %



Regionale Verteilung

F1: Bitte geben Sie die fünfstellige Postleitzahl (PLZ) des Anlagenstandortes an.

Basis: Alle Befragten (n = 137), Angaben in %

Region	Teilnehmer	Einwohner	BIP
NORD	15,3	16,1	16,2
SÜD	28,5	28,8	33
WEST	30,7	35,4	35,7
OST	25,5	19,7	14,9

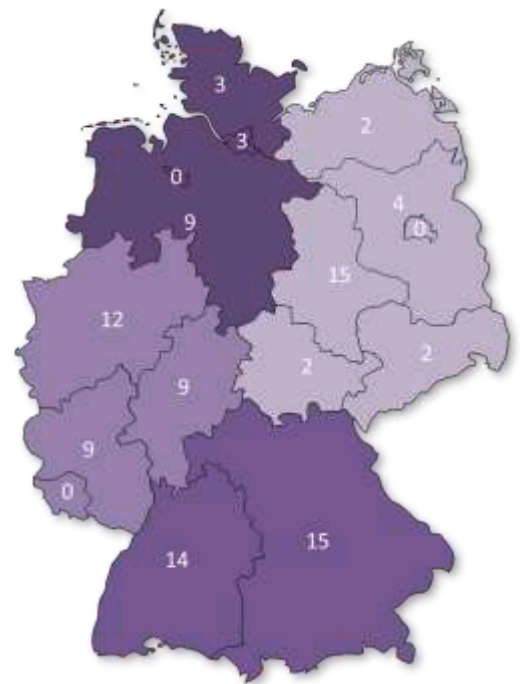


Abbildung 36: Regionale Verteilung und Branchenzugehörigkeit der dezentralen Energieversorgungsanlagen

Abschnitt Gasbeschaffenheit

Die Information zur Gasbeschaffenheit am Anlagenstandort für die Zwecke der Abrechnung oder Einstellung fällt für diesen Gerätetyp vergleichsweise gering aus. Insgesamt verfügen 56 % der Betreiber über Informationen zur Gasbeschaffenheit in Form des Heiz- oder Brennwertes. Der Wobbe-Index wird nur von 20 % erwähnt. Ein Teil dieser Betreiber gab zusätzlich die CO₂-Emissionen als relevanten Wert an. Andere Parameter, wie die Zusammensetzung oder Dichte, wurden nicht benannt.

Im Rahmen der Erhebung wurde auch die Bedeutung von Heiz- oder Brennwert sowie des Wobbe-Index für den Anlagenbetrieb erfragt. Die überwiegende Mehrheit mit 75 % hatte sich auf Heiz- oder Brennwert festgelegt. Nur in 23 % der Antworten wurde der Wobbe-Index eher aussagekräftig bezeichnet.

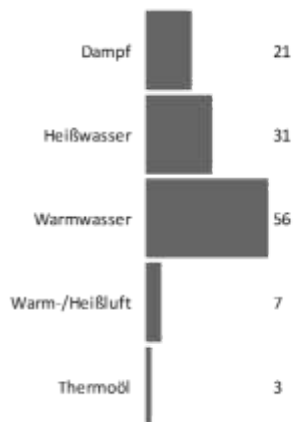
Abschnitt Anlagentyp

Die Zuordnung zum Anlagenzweck wurde in der Befragung in einer weiteren Frage spezifiziert. Der überwiegende Anteil der Anlagen bedient Warmwassernetze. Zusätzlich wurde die Anlagengröße abgefragt (s. Abbildung 37). Mit der Analyse wird bestätigt, dass es sich größtenteils mit über 80 % um kleinere Anlagen im Leistungsbereich bis 10 MW, also Anlagen der dezentralen Energieversorgung, handelt. Zu ca. zwei Drittel sind die Anlagen nach BImSchV überwachungspflichtig, was eine permanente Kontrolle nach sich zieht.

Anlagenzweck

F5: In welchen Bereich fällt die betrachtete Anlage?

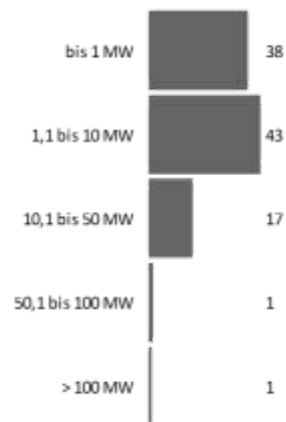
Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %



Anlagenleistung

F6: Bitte geben Sie die Feuerungswärmeleistung der Anlage an.

Basis: Alle Befragten (n = 137), Angaben in %



Überwachungs-/Genehmigungspflicht

F9: Fällt die Anlage unter ein der nachstehenden Regelwerke?

Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %

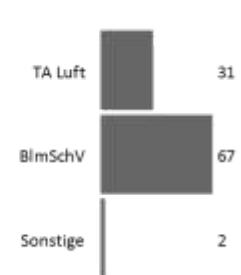


Abbildung 37: Anlagenzweck und Leistungsverteilung von Kesseln mit Gebläsebrennern

Abschnitt Automatisierung, Einstell- und Wartungspraxis

Gasgebläsebrenner sind als ein Standardprodukt vielseitig einsetzbar und können über ihre Grundfunktionen hinaus in die Steuerung der Kessel eingebunden werden. Im Rahmen der Erhebung ist allerdings nur die Automatisierungstechnik und die Einstellung der Brenner erfragt worden. Aus diesem Grund sind einige der Ergebnisse nicht vollständig kompatibel zu den Anlagenerhebungen der vorangegangenen Befragungen. Die im Folgenden erläuterten Ergebnisse sind jedoch vergleichbar und werden entsprechend bewertet.

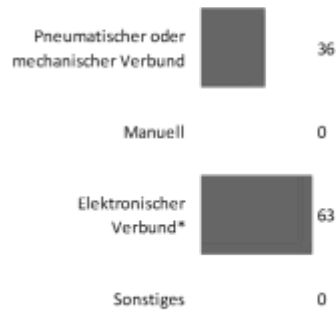
Die in den Anlagen eingesetzten Brenner haben einen grundsätzlich hohen Automatisierungsgrad, dies kann aus dem Anteil der Systeme mit elektronischer Gas-Luft-Verbundregelung mit nahezu zwei Drittel abgeleitet werden. Bei den Anlagen mit elektronischer Verbundsteuerung des Gas-Luftgemisches hatten 15 % aller Betreiber angegeben, dass zusätzlich der Restsauerstoff als Regelgröße eingebunden ist. Bei ca. 4 % der Betreiber wird darüber hinaus der CO-Gehalt im Abgas für Steuerungszwecke genutzt.

Alle Anlagen werden auf den Sauerstoffgehalt im Abgas eingestellt. In lediglich etwa 40 % der Fälle wird zusätzlich noch die Luftzahl als Kenngröße angegeben. Analog zu den anderen Erhebungen wurde die Verteilung von Luftzahl bzw. Restsauerstoffgehalt erfragt. Der überwiegende Teil der Anlagen (ca. 55 %), die auch die Luftzahl berücksichtigen, werden energetisch effizient gefahren, also mit einer Luftzahl von kleiner 1,2. Die in Abbildung 38 dargestellten Ergebnisse zur Einstellpraxis weisen jeweils äquivalente Luftzahlen und Sauerstoffgehalte aus. Der sehr hohe Anteil von Anlagen mit Luftzahlen von 1,2 bzw. Restsauerstoffgehalten größer 2,2 % wird perspektivisch zur Erreichung der zu erwartenden Effizienzrichtlinien angepasst werden müssen.

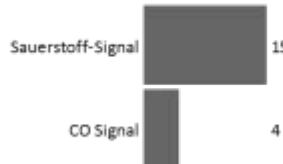
Verbrennungsregelung

F10: Wie wird der Verbrennungsprozess der Anlage oder des Prozesses geregelt?

Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %



* Zusätzliche Regelparameter bei elektronischem Verbund



F7: Bitte geben Sie die eingestellte Luftzahl oder den Restsauerstoff im Abgas bei maximaler Leistung an.

Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %

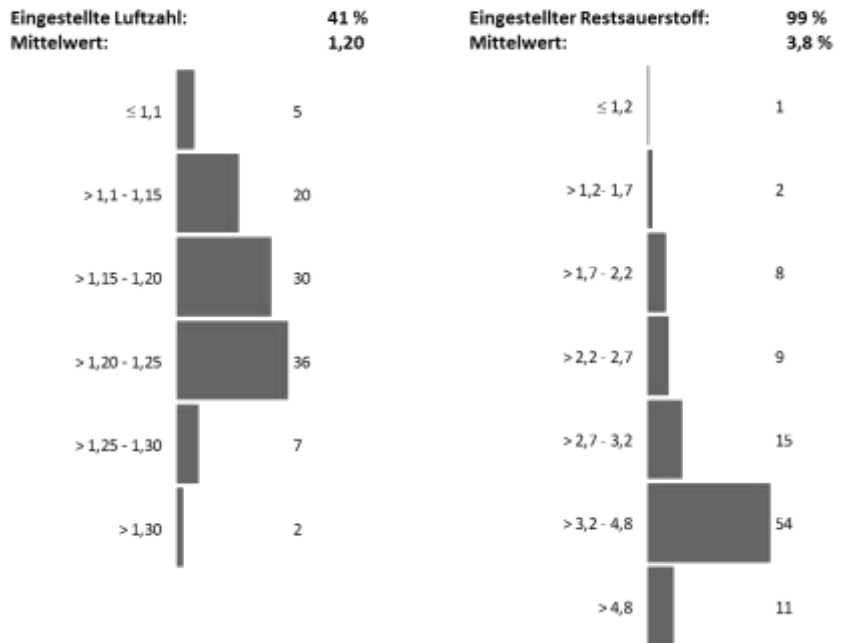
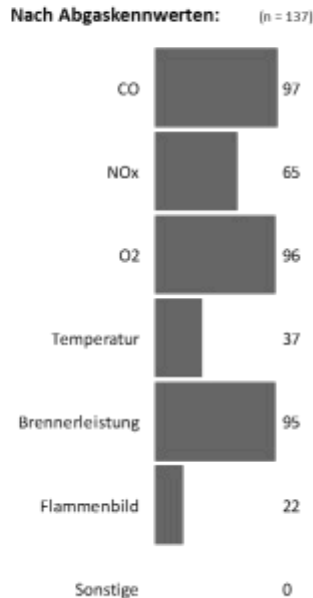
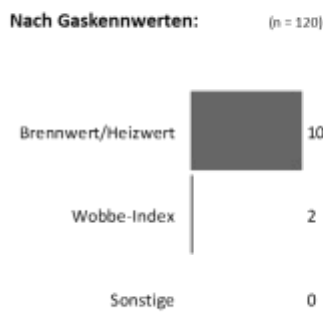


Abbildung 38: Übersicht zur Verbrennungsregelung und Einstellpraxis bei Gasgebläseburnern

Einstellpraxis bei Installation und Wartung

F11: Wie wird(werden) der/die Brenner bzw. die Anlage bei Erstinbetriebnahme bzw. nach Wartungsarbeiten eingestellt?

Basis: Alle Befragten (n = 137), Multiple Choice, Angaben in %



Einstellpraxis – Häufigkeit der Wartung

F13: In welchem Zyklus wird die Anlage bzw. das Brennersystem gewartet bzw. eingestellt?

Basis: Alle Befragten (n = 134), Single Choice, Angaben in %

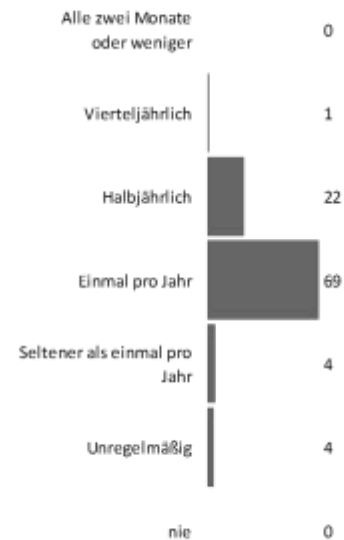


Abbildung 39: Übersicht zur Art der Einstellung und Wartungshäufigkeit von Gasgebläseburnern

Die Einstellung der Anlagen erfolgt in jedem Fall über die Abgaswerte und die Brennerleistung, wobei sowohl der O₂-Gehalt, der CO-Gehalt und die Brennerleistung überprüft werden. In zwei Drittel der Anlagen wird zusätzlich noch der NO_x-Gehalt kontrolliert. Bei einem hohen Anteil der Befragten

(ca. 88 %) wird auch nach Heiz- oder Brennwert eingestellt. Dies hat nach Aussagen des Servicepersonals jedoch nur indikative Bedeutung. Der Wobbe-Index spielt in dieser Hinsicht keine maßgebliche Rolle (s. Abbildung 39). Etwa 77 % der Anlagenbetreiber gaben an, dass Heizwert oder Wobbe-Index zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme oder der Wartung bekannt sind. Die Wartung erfolgt bei den Betreibern mit Wartungsvertrag in einem jährlichen Zyklus. Zu einem kleineren Anteil wird auch halbjährlich gewartet (s. Abbildung 39).

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

In diesem Bereich herrscht eine Einstellpraxis der Anlagen vor, welche zur Kompensation der Schwankung von Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte) genutzt wird. Dies kann aus den vergleichsweise hohen Restsauerstoffgehalten bzw. Luftzahlen (s. Abbildung 38) abgeleitet werden. Dadurch werden unter Umständen auch Gasbeschaffenheitsschwankungen kompensiert. Nur wenige Anlagen (ca. 15 %) nutzen den Restsauerstoffgehalt im Abgas zur Prozessregelung. Darüber kann in sehr eingeschränktem Maße auch auf Gasbeschaffenheitsschwankungen reagiert werden.

In diesem Bereich werden derzeit Gasbeschaffenheitsschwankungen nicht in der Einstellung von Anlagen oder in den Regelstrategien der Verbrennung berücksichtigt. So werden auch nur 12 % der Anlagenbetreiber vom Gasnetzbetreiber oder Gasversorger über zu erwartende Gasbeschaffenheitsschwankungen informiert.

4.2.3 Erhebung dezentrale Energieversorgung – Hersteller dezentraler Hallenheizsysteme

Neben den im vorangegangenen Abschnitt untersuchten Kesselanlagen mit Gasgebläsebrennern stellen Hallenheizungen ebenfalls einen relativ großen Bereich der dezentralen Wärmeversorgung dar. Die Geräte in dem Bereich sind hauptsächlich Hell- und Dunkelstrahler sowie Warmluftheizer mit Gebläsebrennern oder Premix-Brennern mit Leistungen der Geräteeinheiten deutlich kleiner 500 kW.

Die anonymisierten Online-Befragungen erfolgten über den Verband figawa und wurden vom Marktforschungsinstitut INNOFACT durchgeführt. Die Befragung wendete sich an die Hersteller, welche typischerweise auch die Wartung der Anlagen durchführen. Eine Betreiberbefragung wurde als wenig aussichtsreich eingeschätzt, da der notwendige Kenntnisstand nicht vorausgesetzt werden kann. Insgesamt wurden 11 Fragebögen ausgefüllt. Die Erhebung fand zwischen Dezember 2015 und April 2016 statt. Bei der kleinen Grundgesamtheit der Unternehmen sind die Ergebnisse für gute Trendaussagen zu verwenden.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Aufgrund der Befragung von Herstellern macht für diesen Bereich eine regionale Analyse keinen Sinn. Die befragten Unternehmen sind typischerweise klein- und mittelständisch von denen zwei Drittel über weniger als 25 Monteure für Installation und Wartung verfügen. Das verbleibende Drittel hat einen Monteurstamm zwischen 50 und 100. Ein Drittel der Unternehmen ist älter als 50 Jahre. Der Hauptteil der Unternehmen mit ca. 46 % hat ein Alter zwischen 20 und 50 Jahren. Es handelt sich damit um Unternehmen, die erfahrene Mitarbeiter und eine erfolgreiche Marktposition haben. Die Produktionsleistung der befragten Unternehmen für das Jahr 2014 ist mit durchschnittlich 500 Geräteeinheiten nicht unerheblich. Etwa 36 % produzieren mehr als 750 Geräteeinheiten pro Jahr, ca. 36 % haben im Jahr 2014 zwischen 250 – 750 Einheiten hergestellt. Die verbleibenden 27 %

sind Unternehmen mit weniger als 250 Einheiten pro Jahr. Die Unternehmen haben in dem Produktbereich in der Regel ein breites Spektrum an Geräten im Leistungsbereich von sehr kleinen Geräteeinheiten bis zu Großgeräten. Üblicherweise werden meist mehrere (durchschnittlich ca. 10) Geräteeinheiten je Gesamtanlage geliefert. Die Verteilung der hergestellten Geräteeinheiten auf die Produktklassen sowie die Verteilung der hergestellten Leistungsgrößen geht aus Abbildung 40 und Abbildung 41 hervor.

Gerätetypen

F03: Betrachten wir einmal die Gesamtzahl an gasbetriebenen Geräteeinheiten, die im Jahr 2014 von Ihnen in Verkehr gebracht wurden: Wie verteilen sich die Geräteeinheiten ungefähr auf die folgenden Gerätetypen?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Offene Eingabe, Angaben in %

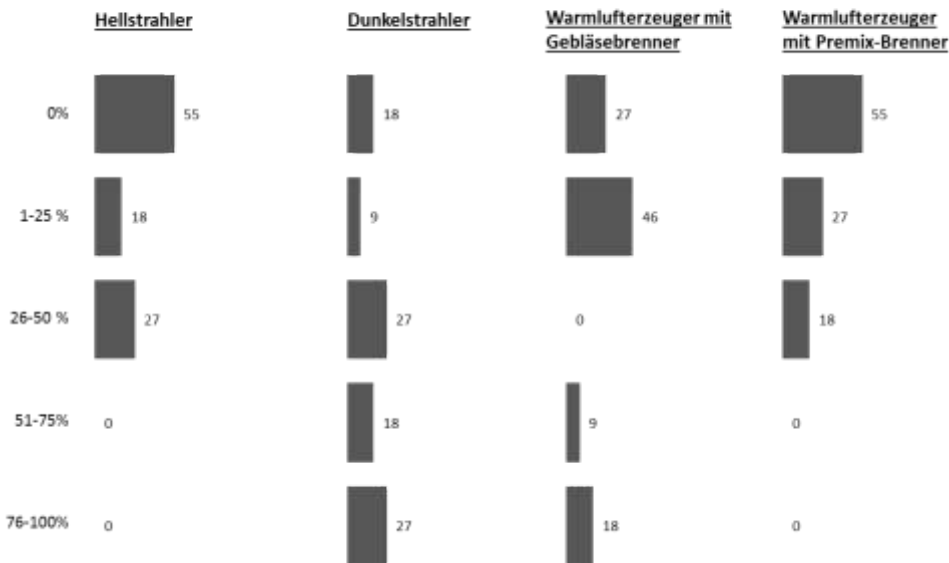


Abbildung 40: Verteilung der hergestellten Geräteeinheiten auf die Produktklassen

Leistungsklassen

F04: Wir betrachten weiterhin die Gesamtzahl an Geräteeinheiten, die im Jahr 2014 von Ihnen in Verkehr gebracht wurden: Wie verteilen sich die Geräteeinheiten ungefähr auf die folgenden Leistungsklassen?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Offene Eingabe, Angaben in %

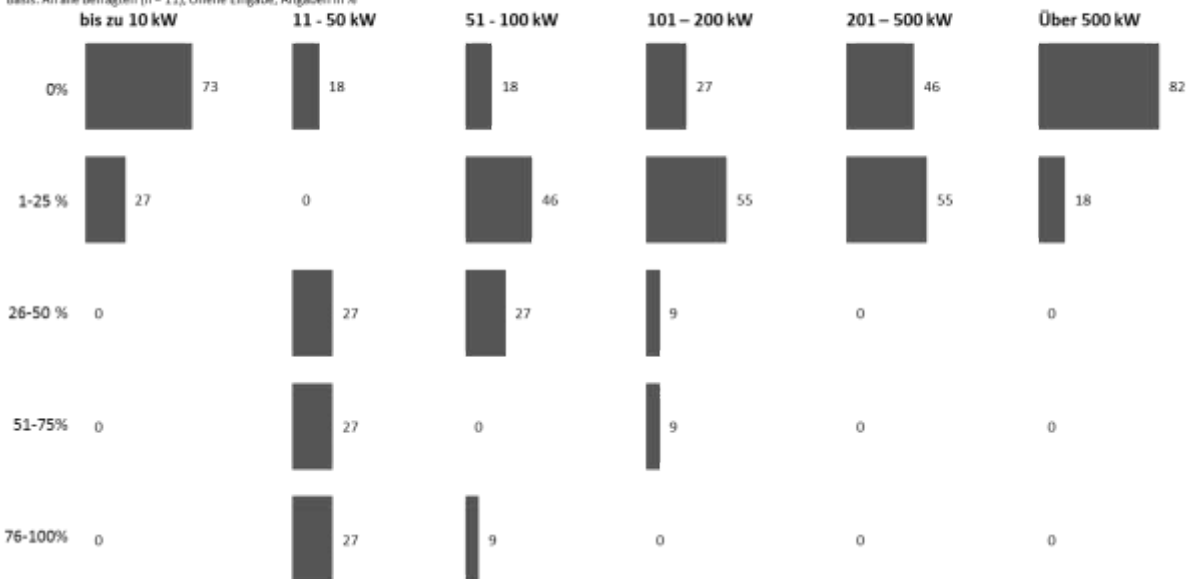


Abbildung 41: Verteilung der hergestellten Leistungsgrößen

Abschnitt Gasbeschaffenheit

Die lokale Gasbeschaffenheit wird überwiegend erfragt, wenn das Gerät beim Kunden errichtet wird. Wie aus der Abbildung 42 ersichtlich, gab ca. ein Drittel der befragten Hersteller an, dass die Kenntnis der lokalen Gasbeschaffenheit nicht notwendiger Weise erfragt wird, da die Geräte vor Ort eingestellt werden. Aus dem Grund wird die Änderung der Gasbeschaffenheit zur Weiterentwicklung der Geräte nur von ca. der Hälfte der Unternehmen verfolgt.

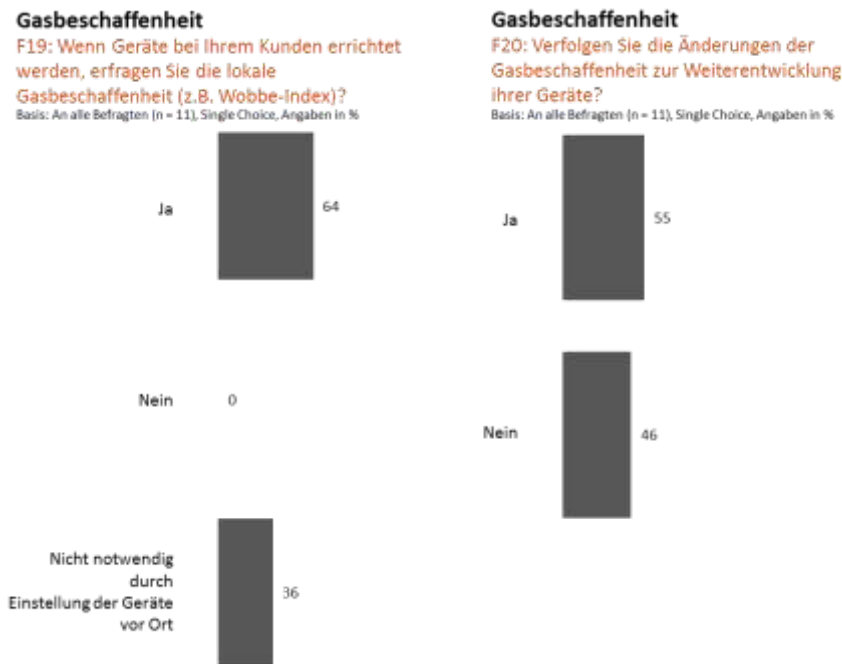


Abbildung 42: Gasbeschaffenheit bei Errichtung der Anlage und Verfolgung der Änderung der Gasbeschaffenheit

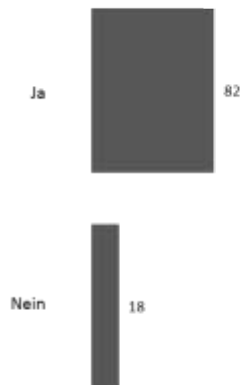
Abschnitt Anlagentyp

Eine Abschätzung der im Jahr 2014 installierten Geräte zeigt keine Bevorzugung eines bestimmten Gerätetyps. Ebenso sind alle Leistungsklassen der o. g. Brennersysteme grundsätzlich vertreten, wobei der größte Anteil auf die Leistungsklasse 10 – 50 kW entfällt. Der Großteil der Anlagen ist, wie zu erwarten, nach BImSchV überwachungspflichtig (s. Abbildung 43).

Überwachungspflicht

F05: Sind Ihre Geräte beim Kunden überwachungspflichtig?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Single Choice, Angaben in %



Überwachungspflicht - Regelwerk

F06: Sie haben angegeben, dass Ihre Geräte überwachungspflichtig sind: Nach welchem Regelwerk muss überwacht werden?

Basis: Nur falls „ja“ laut F05 (n = 9), Mehrfachantwort, Angaben in %



Abbildung 43: Überwachungspflicht bei Hallenheizungssystemen

Abschnitt Automatisierung, Einstell- und Wartungspraxis

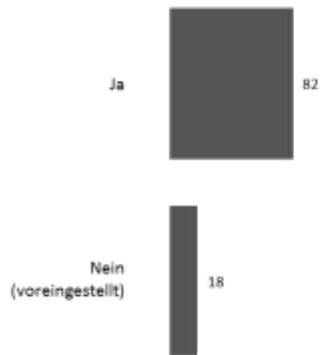
Da es sich bei diesem Gerätetyp um meist kleinere Geräte handelt, deren Herstellung unter erheblichem Kostendruck stattfindet, ist der Einsatz von elektronischen Verbundsystemen für die Verbrennung oder eine automatische Verbrennungsoptimierung nicht verbreitet. Stattdessen wird mit manuell einstellbaren mechanischen Verbundsystemen gearbeitet. Grundsätzlich kann man von einem minimalen Automatisierungsgrad ausgehen.

Entsprechend ist auch die Einstell- und Wartungspraxis auf solche Systeme ausgerichtet. Bei der Neuinstallation erfolgt eine Einstellung auf die örtliche Gasbeschaffenheit bei ca. 80 % der Befragungen (s. Abbildung 44). Bei Wartungsarbeiten wird nach Bedarf nacheingestellt, was bei ca. einem Viertel der Anlagen tatsächlich auch gemacht wird. Die Einstellungsmethoden gehen aus Abbildung 45 hervor. Auch hier dominieren Methoden, die Abgasparameter (O_2) und Schadstoffemissionen (CO) berücksichtigen.

Die eingestellten Luftzahlen liegen größtenteils bei kleiner gleich 1,2 aber fast vollständig unter 1,3. Eine Ausnahme bilden Dunkelstrahler. Diese können bedingt durch das Beheizungsprinzip auch bei höheren Luftzahlen sehr effizient arbeiten (s. Abbildung 45). Damit werden auch diese Systeme überwiegend auf einen effizienten Betrieb eingestellt der ohne eine automatische Verbrennungsregelung nur noch bedingt Gasbeschaffenheitsschwankungen kompensieren kann.

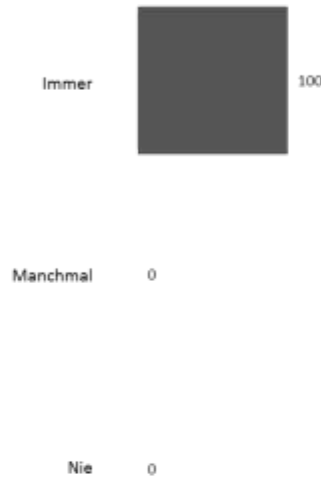
Einstellung auf die örtliche Gasbeschaffenheit
 F07: Werden die Geräte bei der Neuinstallation vor Ort (nach erfolgter Montage) auf die örtliche Gasbeschaffenheit eingestellt?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Single Choice, Angaben in %



Wartung: Überprüfung der Abgaswerte
 F15: Werden bei einer Wartung die Abgaswerte überprüft?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Single Choice, Angaben in %



Nachregelung der Verbrennungseinstellung
 F16: In wie vielen Prozent der Fälle erfolgt eine Nachregelung der Verbrennungseinstellung?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Offene Frage, Angaben in %

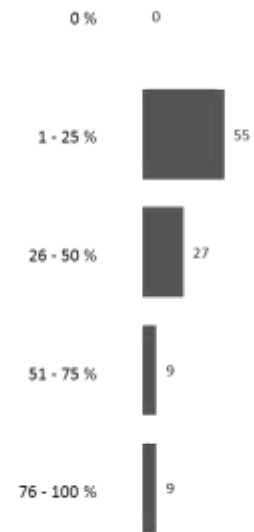
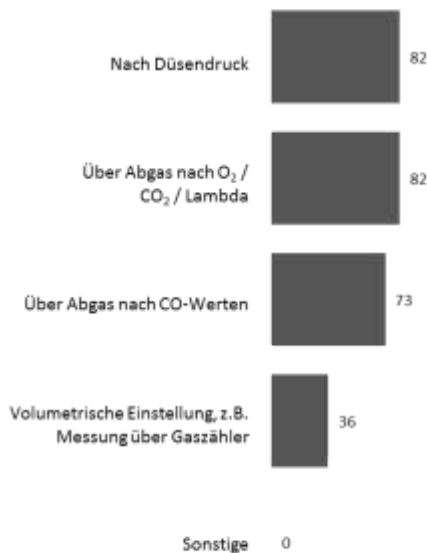


Abbildung 44: Einstellgewohnheiten von Hallenheizungssystemen bei Installation und Wartung

Einstellungsmethode

F09: Nach welcher Methode sollte bei der Installation eingestellt werden?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Mehrfachantwort, Angaben in %



Einstellung des Gerätetyps

F10: Welche Mindestluftzahl (zwischen 1,00 und 2,50) bei Nennlast liegt der empfohlenen Einstellung des Gerätetyps zugrunde?

Basis: An alle Befragten (n = 11), offene Eingabe, Angaben zwischen 1,00 und 2,50

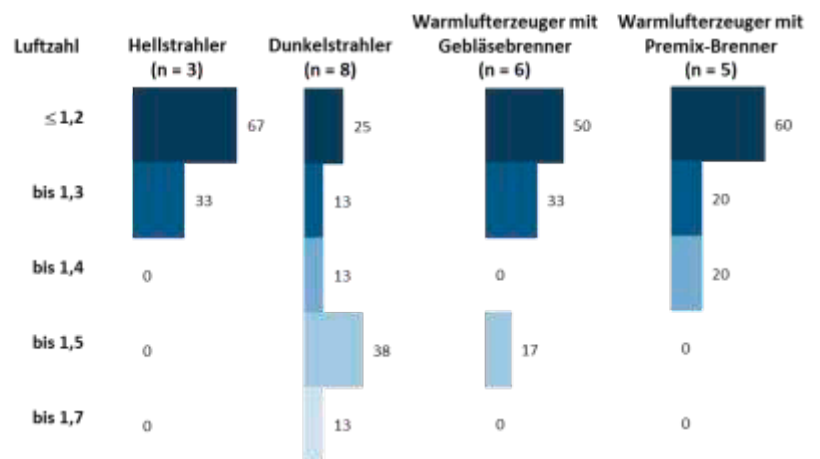


Abbildung 45: Einstellmethoden und Luftzahleinstellung bei Hallenheizungen

Für Anlagen aus dem Bereich Hallenheizungen empfehlen die Hersteller einen jährlichen Wartungszyklus. Tatsächlich weichen die realisierten Wartungsintervalle von dieser Empfehlung ab. Nur zwei Drittel der Kunden mit Wartungsvertrag nehmen diese Empfehlung auch wahr. Der verbleibende Rest nimmt eine zweijährige Wartung in Anspruch bzw. lässt auf Nachfrage warten (s.

Abbildung 46). Auf die Frage hin, wie viele der Anlagen über einen festen Wartungsvertrag gebunden sind, wird deutlich, dass Wartungsverträge nicht üblich sind, obwohl alle befragten Unternehmen einen Wartungsservice anbieten.



Abbildung 46: Wartungsintervalle, empfohlen und tatsächlich

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

Das Wartungsverhalten der Betreiber und die gegenüber anderen Systemen nur geringe Automatisierung zur Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen suggerieren, dass dieses Thema derzeit nicht aufmerksam beobachtet wird. Das heißt, falls tatsächlich Emissionen die vorgegebenen Abgasgrenzwerte überschreiten, bleibt dies bis zur nächsten Wartung unbemerkt. Aus der in Abbildung 45 abgegebenen Einstellung des Luftverhältnis wird deutlich, dass bei vielen Anlagen robuste Werte größer 1,2 bevorzugt werden.

Als ein grober Indikator für Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen können Korrekturen der Einstellung bei der Wartung (s. Abbildung 44) sowie das Auftreten bestimmter Störungen (s. Abbildung 47) herangezogen werden. Die Umfänge sind nicht vernachlässigbar, auch wenn der Zusammenhang zur den Gasbeschaffenheitsschwankungen nicht eindeutig ist. So können solche Störungen auch durch eine starke Verschmutzung der Systeme oder einen schlechten Wartungszustand hervorgerufen werden. Für den spezifischen Störungsfall „schlechte Abgaswerte“, der einer Gasbeschaffenheitsschwankung zugeordnet werden könnte, wird allerdings keine Indikation angegeben.

Häufigkeit von Störungen

F18: Wie häufig kamen in Ihrer Praxis die nachfolgend genannten Störungen (außerhalb des Wartungszyklus) vor?

Basis: An alle Befragten (n = 11), Angaben in %

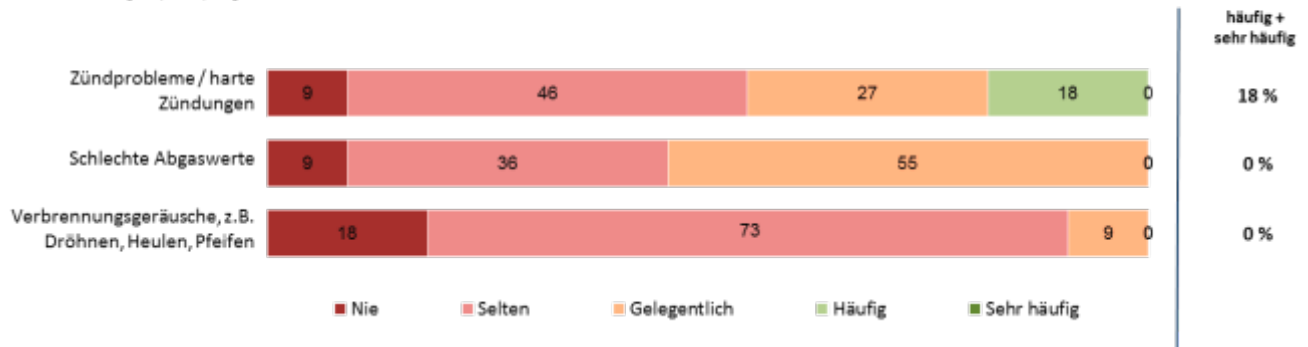


Abbildung 47: Häufigkeit von Störungen

4.2.4 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Die Erhebung für den Sektor dezentrale und zentrale Energieversorgungssysteme erstreckte sich auf drei Bereiche. Zum einen auf große Kraft- und Heizwerke als zentrale Anlagen zum anderen auf Technologien, welche hauptsächlich im kleinen Leistungsbereich, also in dezentralen Einheiten angesiedelt sind. Dazu wurden für die Bereiche Betreiber zentraler Energieversorgungseinheiten 72 Fragebögen, dezentraler Energieversorgungssysteme mit Betreibern von Gasgebläsebrennern 137 Fragebögen und Hersteller von Hallenheizungen 11 Fragebögen ausgewertet. Durch die erhebliche Bandbreite an installierten Leistungen ergeben sich deutliche Unterschiede der Aussagen in den einzelnen Bereichen. Insbesondere bei großen Anlagen herrscht ein sehr hoher Automatisierungsgrad vor, der es erlaubt, die Prozesse sehr nahe am energetischen Optimum zu fahren. Dagegen sind kleine Anlagen, wie zum Beispiel Hallenheizungen oder kleinere Kesselanlagen, auf niedrige Investitionskosten mit einem geringen Ausstattungsgrad der Automation getrimmt. Diese Anlagen erhalten oft manuell eine robuste Einstellung der Verbrennung.

Analog zum vorangegangenen Abschnitt für die industriellen Gasverbrauchseinrichtungen (Pkt. 4.1.3) sollen Kernaussagen zu den Erhebungen im Sektor zentrale und dezentrale Energieversorgung fixiert werden:

- **Qualität der Erhebung:** Sie erlaubt qualitativ gute Trendaussagen. Insgesamt wurden 220 Fragebögen ausgewertet. Die regionale Verteilung entspricht den industriellen Ballungsräumen. Aus allen Leistungsbereichen konnten Antworten ausgewertet werden, daraus ergibt sich eine repräsentative Auswahl an Anlagengrößen. Die Bandbreite an Technologien entspricht im Wesentlichen der des Sektors.
- **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
 - Bei etwa 50 % der zentralen Energieversorgungsanlagen (Industriekraftwerke, Großkraftwerke) sind automatische Strategien vorhanden, die indirekt die Gasbeschaffenheit berücksichtigen. Nur etwa 7 % der Befragten gaben an, dies auch im Zusammenhang mit Gasbeschaffenheitsschwankungen zu nutzen.
 - Gasgebläsebrenner nach EN 676 im mittleren Leistungssegment besitzen als OEM-Produkt eine hohe spezifische Automatisierung durch eine elektronische Gas-Luft-Verbundregelung, die aber durch eine Verbrennungsregelung ergänzt werden muss um Gasbeschaffenheitsschwankungen zu kompensieren. Tatsächlich lassen aber nur wenige

der jeweiligen Anlagen eine begrenzte Regelung indirekt über den Restsauerstoff im Abgas zu, welche nur eingeschränkt eine Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen zulässt.

- Kleine Einheiten, insbesondere Hallenheizungen haben keine Verbrennungsregelungen. Kompensationsstrategie ist eine robuste Einstellung mit entsprechenden Reserven in der Energieeffizienz.
- **Einstellpraxis:**
Sofern keine automatische Verbrennungsregelung vorhanden ist, werden die Systeme manuell auf eine lokale Gasbeschaffenheit eingestellt. Schwankungen der Gasbeschaffenheit werden meistens durch Neueinstellung während der für diese Gruppe überwiegend jährlichen Wartung berücksichtigt. Die Einstellung erfolgt hauptsächlich nach Abgaswerten.
- **Kennwerte zur Einstellpraxis:**
Als aussagefähige Gasbeschaffenheitskenngröße wird überwiegend der Heizwert benannt. Hintergrund sind Abrechnungsprozesse insbesondere bei Großanlagen. Da in diesem Sektor Abgasemissionen einen hohen Stellenwert haben, liegt der Fokus eindeutig auf der Einhaltung der Grenzwerte. Diesem werden Fragen nach Gasbeschaffenheitskennwerten untergeordnet und sind durch die Kontrolle der Abgasemissionen berücksichtigt.
- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
 - Für die zentrale Energieversorgung nehmen ca. 30 % der Befragten wahr, dass Grenzen der Gasbeschaffenheitsschwankungen für ihre Anlagen existieren.
 - Im Bereich der dezentralen Energieversorgungsanlagen und damit kleineren Anlagengrößen werden Gasbeschaffenheitsschwankungen kaum beobachtet. Lediglich indirekt erfolgt eine Kompensation durch eine manuelle, robuste – d.h. mit einer höheren Luftzahl – aber weniger energieeffiziente Einstellung der Systeme.

4.3 Häusliche Gasverbraucher (Fachhandwerker, Installateure)

4.3.1 Auswertung der Erhebung

Der Erhebung im Sektor häusliche Gasverbraucher liegt eine Befragung der Fachhandwerker und Installateure des SHK-Gewerbes zugrunde (s.a. Abschnitt 3.2.5). Die Befragung erfolgte mit Unterstützung des ZVSHK über die in den Landesinnungsverbänden organisierten Fachhandwerker. Damit sind Fachhandwerker im gesamten Bundesgebiet erfasst. Die anonymisierten Online-Befragungen wurde vom Marktforschungsinstitut INNOFACT in der Zeit vom 10. – 23.09.2015 durchgeführt. Insgesamt sind 1.222 Rückmeldungen eingegangen. Der Fragebogen ist in der Anlage zu diesem Bericht enthalten.

Neben der Auswertung der Befragung wurden weitere Befragungen und Statistiken aus dem Sektor ausgewertet. Dazu dienten im Wesentlichen die Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) sowie die Markterhebungen des BDH unter den Herstellern von Gasgeräten. Der BDH hat darüber hinaus im Rahmen dieser Studie eine zusätzliche Befragung zur Installation von selbstkalibrierenden Gasgeräten bei den Herstellern der Geräte gemacht. Die Ergebnisse der Analysen sind an den entsprechenden Stellen zur Validierung der Befragungsergebnisse berücksichtigt worden. Am Ende dieses Abschnittes werden für den Sektor gemeinsame Kernaussagen zusammengefasst.

Abschnitt Angaben zum Unternehmen

Die Verteilung der Rückläufe auf die Bundesländer und die Hauptregionen (Nord, West, Ost und Süd) korrelieren sehr gut mit der Einwohnerzahl in den jeweiligen Regionen (s. Abbildung 48). Der Zusammenhang mit der Einwohnerzahl kann als plausibel und robust bezeichnet werden, da die Anzahl der häuslichen Gasgeräte ebenfalls mit der Einwohnerzahl in Verbindung steht.

Region

S1: Bitte geben Sie die fünfstellige Postleitzahl (PLZ) Ihres Betriebes an.

Basis: Alle Befragten (n = 1.222), Angaben in %

Bundesland	Teilnehmer	Einwohner
Baden-Württemberg	11,0	13,2
Bayern	16,7	15,6
Berlin	2,7	4,2
Brandenburg	4,7	3,0
Bremen	0,7	0,8
Hamburg	3,8	2,2
Hessen	6,3	7,5
Mecklenburg-Vorpommern	2,3	2,0
Niedersachsen	9,3	9,6
Nordrhein-Westfalen	21,4	21,8
Rheinland-Pfalz	3,9	4,9
Saarland	1,6	1,2
Sachsen	6,9	5,0
Sachsen-Anhalt	2,5	2,8
Schleswig-Holstein	3,4	3,5
Thüringen	2,6	2,7
Region	Teilnehmer	Einwohner
WEST	33,3	35,4
OST	21,6	19,7
SÜD	27,7	28,8
NORD	17,3	16,1

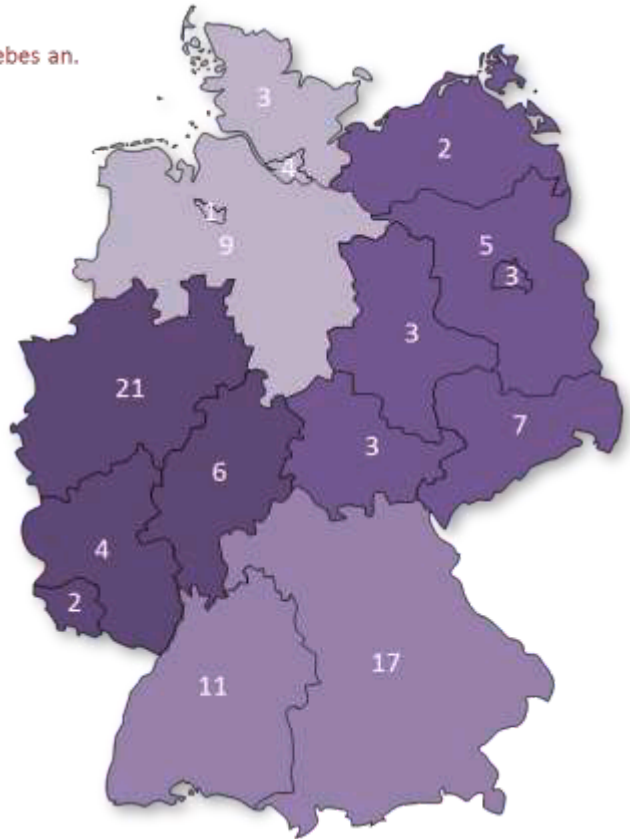


Abbildung 48: Regionale Verteilung der Rückmeldungen bei der Befragung häusliche Gasgeräte

Gasinstallateure / Gas-Monteure im Betrieb

S3: Und wie viele festangestellte Gasinstallateure / Gas-Monteure arbeiten ungefähr in Ihrem Betrieb, Sie selbst eingeschlossen?

Basis: Alle Befragten (n = 1.222), Angaben in %

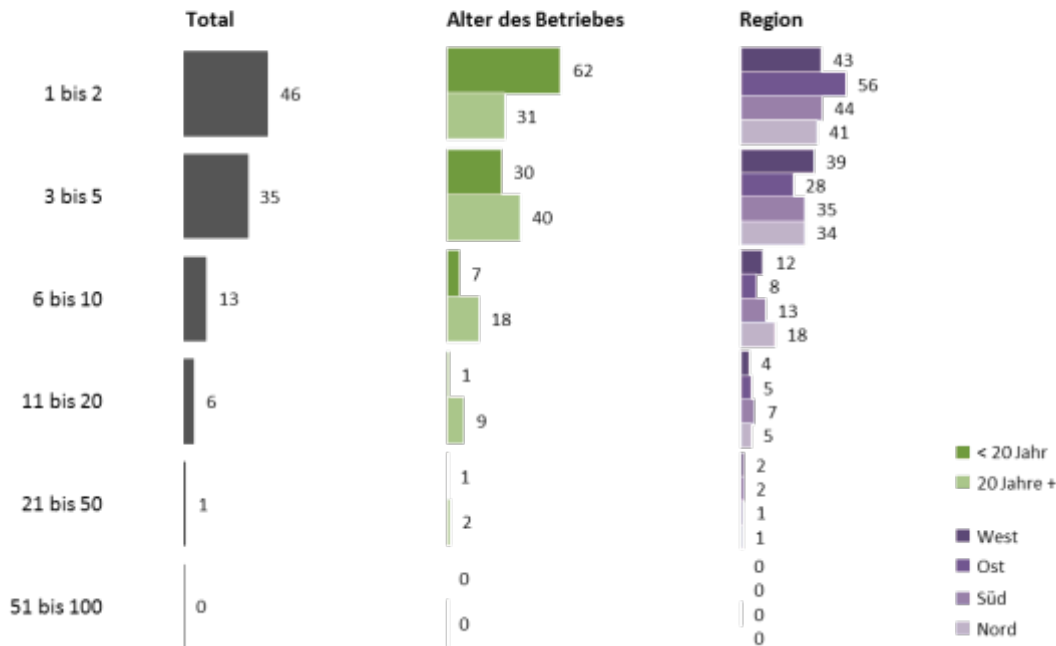


Abbildung 49: Verteilung der Anzahl der Installateure und des Betriebsalters auf die befragten Unternehmen

Die befragten Unternehmen sind überwiegend klein mit wenigen Monteuren (Mittelwert 5). Dies deckt sich mit früheren Erhebungen des ZVSHK. Ca. 81 % der Unternehmen haben fünf oder weniger Gasmonteure, die sich mit der Wartung oder der Installation von Gasgeräten beschäftigen (s. Abbildung 49). Kleinere Unternehmen sind eher jünger als Größere. Das Durchschnittsalter beträgt ca. 26 Jahre. Etwa ein Drittel der Unternehmen fallen in die größte Betriebsaltersklasse von 20 bis 50 Jahre. Ebenso zeigt die regionale Verteilung keine Verzerrung in einer der Hauptregionen. Lediglich im Osten haben sich überdurchschnittlich viele kleine Unternehmen zurückgemeldet.

Die Unternehmen arbeiten mit 2 (29 %) oder 3 (27 %) Erdgasgeräteherstellern zusammen. Etwa 28 % arbeiten mit vier oder mehr Herstellern zusammen. Nahezu alle Unternehmen (99 %) installieren und warten Gasgeräte. Lediglich 0,6 % der Fachhandwerker installieren nicht und 0,8 % warten keine Gasgeräte. Im Jahr 2014 haben die Fachhandwerker durchschnittlich 18 Gasgeräte pro Unternehmen neu installiert und ca. 236 Gasgeräte je Unternehmen gewartet. Um einen Eindruck über die Verteilung der Unternehmen über das Bundesgebiet und deren Größe zu erhalten, sei auf Abbildung 50 verwiesen.

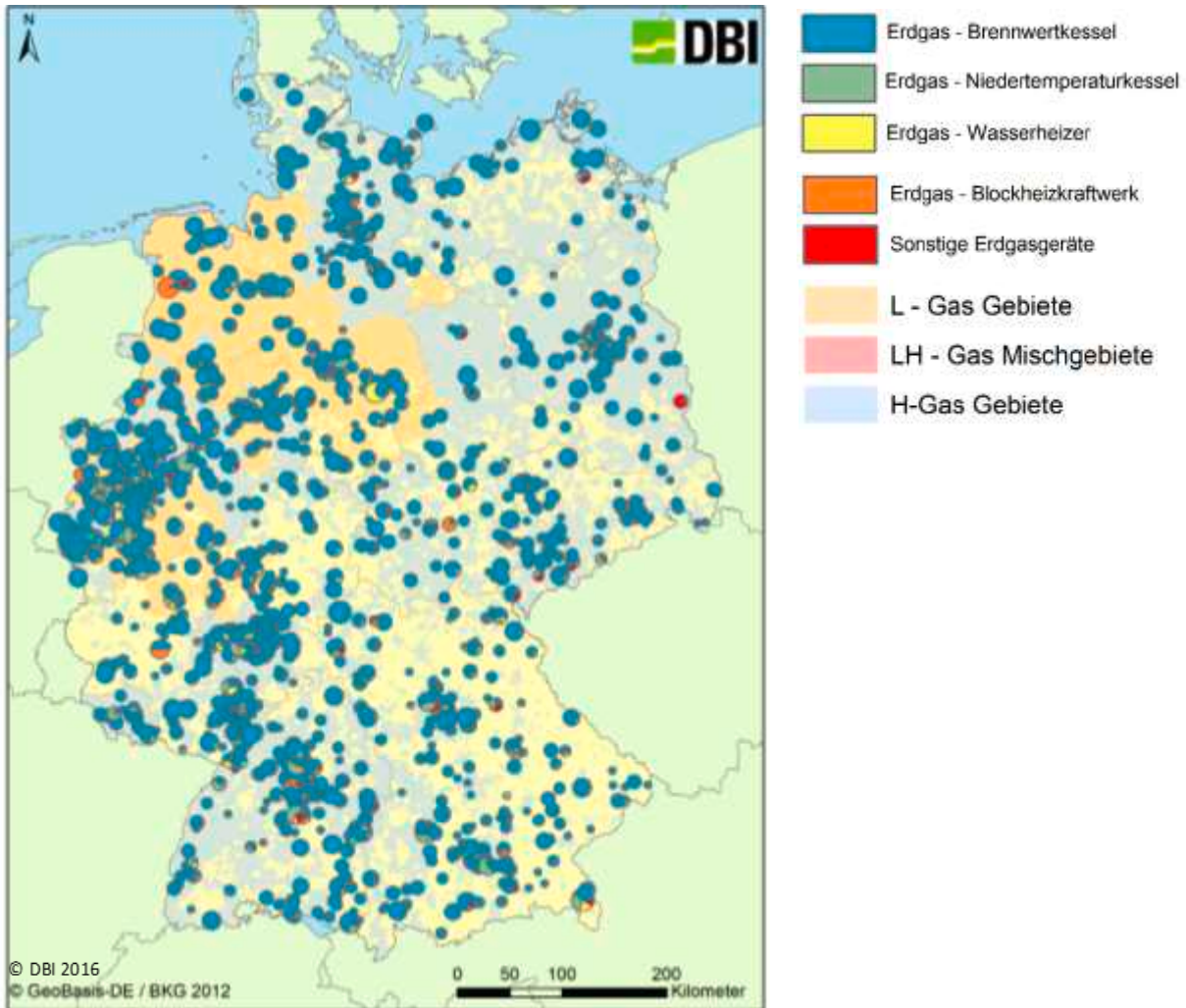


Abbildung 50: Geografische Verteilung der im Jahr 2014 installierten Erdgasgeräte, die Größe der Tortendiagramme/Punkte entspricht der Anzahl der installierten Gasgeräte

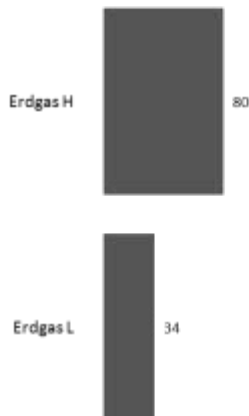
Abschnitt Gasbeschaffenheit

Die Kenntnis der Gasart in den Unternehmen ist grundsätzlich gegeben. Aus der Befragung ergibt sich, dass 80 % der Befragten in mit Erdgas-H versorgten Gebieten Gasgeräte installieren bzw. warten. 34 % der Befragten sind in Gebieten mit Erdgas-L tätig. Ca. 14 % der Unternehmen sind sowohl in L-Gas- als auch in H-Gas-Gebieten tätig. Die aktuelle Gasbeschaffenheit wird jedoch nicht kontinuierlich verfolgt. Nur etwa ein Drittel der Unternehmen erfragt die Gasbeschaffenheit jährlich oder häufiger. Der überwiegende Anteil der Unternehmen beschäftigt sich nicht mit der aktuell anliegenden Gasbeschaffenheit bzw. mit den Schwankungen derselben. Die regionale Verteilung der Unternehmen, welche die Gasbeschaffenheit häufiger verfolgen, deckt sich in etwa mit den Regionen, in denen auch mit Schwankungen zu rechnen ist (s. Abbildung 51 und vergl. Abschnitt 5.2.1).

Gelieferte Gasart an Kunden

F22: Mit welchem Erdgas werden Ihre Kunden versorgt?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren und/oder warten (n = 1.222), Multiple Choice, Angaben in %



Häufigkeit Erfragung des Wobbe-Index

F23: Wie häufig erfragen Sie den örtlichen Wobbe-Index in Ihrem Gebiet?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren und / oder warten (n = 1.222), Angaben in %

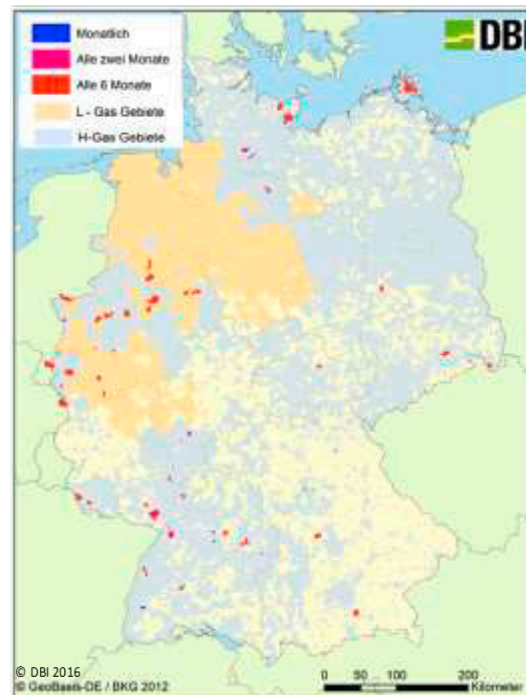


Abbildung 51: Befragungsergebnis zur gelieferten Gasart und Gasbeschaffenheit

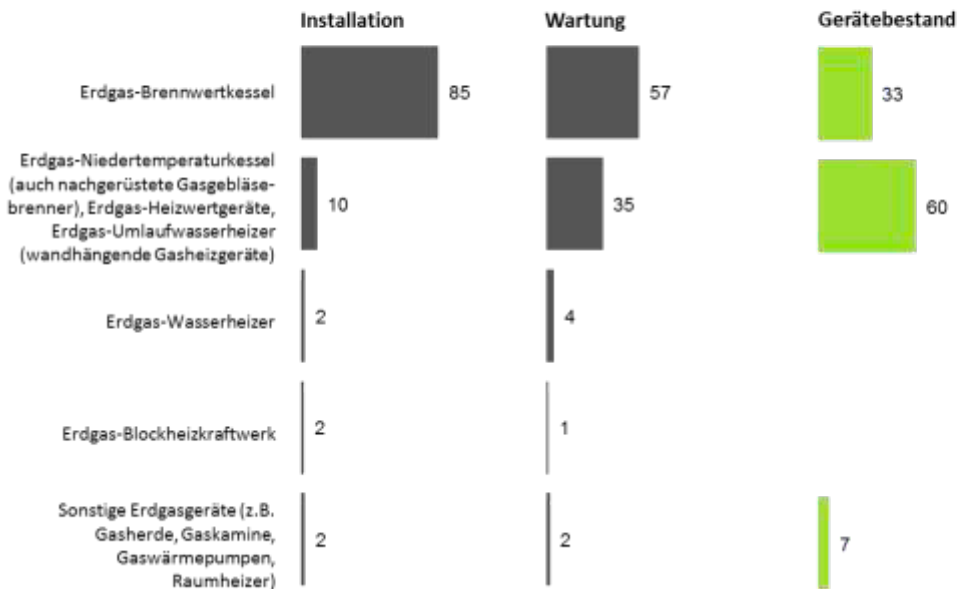
Abschnitt Gerätetyp

Bei der Befragung der Fachhandwerksunternehmen wurde Wert darauf gelegt, den Unterschied zwischen dem langjährigen Gerätebestand und den neu installierten Geräten zu ermitteln. Aus diesem Grund wurde getrennt nach Gerätewartung und Geräteinstallation gefragt. Eine Unschärfe der Erhebung ergibt sich daraus, dass die Struktur der gewarteten Gasgeräte nicht mit der des Gerätebestandes übereinstimmen muss. Die Population der Gasgerätebetreiber, die kein Interesse an einer regelmäßigen Wartung hat, muss nicht zwingend die gleiche Verteilung aufweisen wie die der erfassten Gasgeräte. Aus den Aussagen lassen sich aber dennoch Trends für aktuelle Entwicklungen des Verbraucherinteresses und zur Modernisierung des Gerätebestandes ableiten. Wie bereits im Abschnitt 3.2.5 erwähnt, ist der überwiegende Anteil der Gasgeräte dem Bereich Heizung und Warmwasserbereitung zuzuordnen (s. Abbildung 52). Hinzu kommt ein sehr kleiner Anteil an BHKW unterschiedlichster Typen sowie sonstiger Gasgeräte mit insgesamt ca. 4 % bei der Installation und 3 % in der Wartung. Der Schwerpunkt liegt eindeutig in der Gasbrennwerttechnik sowohl im Gerätebestand als auch bei den Neuinstallationen. Damit zeigt sich ein Trend zur Gasbrennwerttechnik. Dieser Trend wird sowohl durch die Hersteller unterstützt und ist seit dem Jahr 2016 durch den Gesetzgeber vorgeschrieben. Zum Abgleich der Befragung wurde eine Studie mit einem vergleichbaren Befragungsziel aber bei den Betreibern von Erdgasgeräten herangezogen. Die Ergebnisse für die Wartung bzw. den Gerätebestand stimmen nicht überein (s. Abbildung 52). Die Unterschiede in der Gerätetypverteilung ergeben sich aus der befragten Population (Fachhandwerker und Betreiber) sowie den verschiedenen Zeiträumen der Erhebung. In der Befragung der Fachhandwerker werden nicht alle Gasgeräte abgedeckt, hinzukommt eine möglicherweise andere Interessenslage bei den Betreibern der nicht gewarteten Gasgeräte. Die Shell-Studie (Shell BDH Hauswärmestudie: „Klimaschutz im Wohnungssektor – Wie heizen wir morgen?“) liegt zeitlich ca. 2 Jahre vor der vorliegenden Studie. Grundsätzlich lässt sich aber aus beiden Aussagen der beschriebene Trend zu Gasbrennwertgeräten bestätigen.

Vergleich der Gasgerätetypen im Bestand und den Neuinstallationen

F4/F13: Betrachten wir einmal den Gesamtbestand an Erdgasgeräten, der im Jahr 2014 von Ihnen installiert / gewartet wurde: Wie verteilen sich die von Ihnen installierten / gewarteten Erdgasgeräte ungefähr auf die folgenden Gerätetypen?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren (n = 1.215) und / oder warten (n = 1.212), Mittelwerte in %



Shell BDH Hauswärme-Studie (2013)

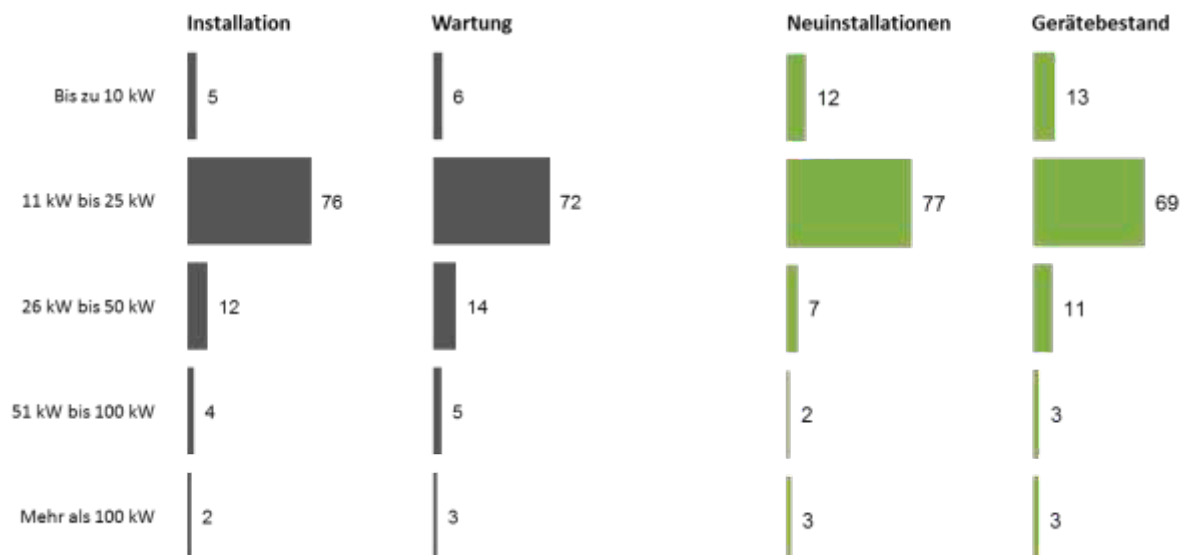
Quelle: Shell BDH Hauswärme-Studie – „Klimaschutz im Wohnungssektor – Wie heizen wir morgen?“ (Erhebung bei Betreibern, Abgeleitet nach Statistiken von ZIV, BDH, Mikrozensus u.a.)

Abbildung 52: Verteilung der Gasgerätetypen auf den Gerätebestand und die Neuinstallationen

Vergleich der Gasgerätegrößenklassen im Bestand und der Neuinstallation

F5/F14: Wir betrachten weiterhin den Gesamtbestand an Erdgasgeräten, der im Jahr 2014 von Ihnen installiert / gewartet wurde: Wie verteilen sich die von Ihnen installierten / gewarteten Erdgasgeräte ungefähr auf die folgenden Leistungsklassen?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren (n = 1.215) und / oder warten (n = 1.212), Mittelwerte in %



Erhebung des ZIV (2014)

Quelle: ZIV – Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 2014

Abbildung 53: Verteilung der Gasgeräteleistungsklassen im Bestand und den Neuinstallationen

Dem gegenüber haben sich die Leistungsklassen der Gasgeräte nur geringfügig verändert (s. Abbildung 53). So ist der Gerätebestand durch einen geringfügig höheren Anteil an größeren Geräten über 25 kW gekennzeichnet. Diese Aussagen decken sich sehr gut mit den Erhebungen

des Schornstiefegerhandwerks (ZIV). Eine zusätzliche Übersicht der Leistungsklassen verteilt auf Baujahresaltersklassen zeigt die Abbildung 54. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass zukünftig hauptsächlich Gasbrennwerttechnik mit zunehmend kleineren Leistungen verbaut wird.

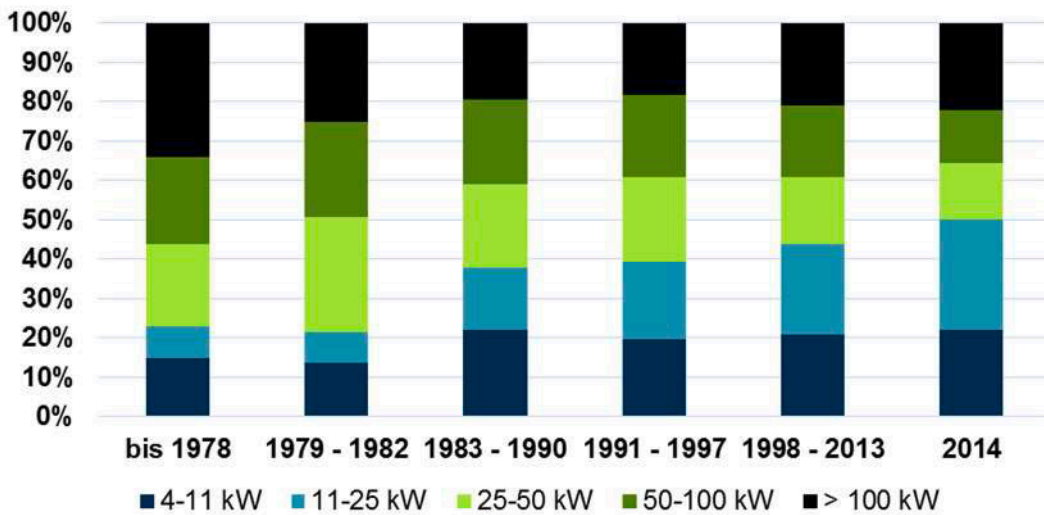


Abbildung 54: Prozentuale Verteilung der Leistungsklassen der Gasgeräte in Abhängigkeit der Baujahresklasse (nach ZIV – Erhebung des Schornstiefegerhandwerks für 2014)

Ein wesentlicher Aspekt für die Fähigkeit auf mögliche Schwankungen der Gasbeschaffenheit vorbereitet zu sein, zeigt sich im Anteil an Gasgeräten, die mit einer selbstkalibrierenden Verbrennungsregelung ausgestattet sind (s. Abbildung 55). In der Befragung wurden ebenso die im Jahr 2014 neu installierten Gasgeräte als auch der gewartete Gerätebestand hinterfragt. Aus der Erhebung ergab sich für die im Jahr 2014 neuinstallierten Gasgeräte ein mittlerer Anteil von ca. 56 % und bei den gewarteten Geräten ein Anteil von ca. 31 % für Geräte mit selbstkalibrierender Verbrennungsregelung. Nur Gasbrennwertgeräte besitzen diese Möglichkeit. Da die Werte aus der Erhebung unerwartet hoch erscheinen, wurde zur Prüfung der Plausibilität durch den BDH eine zusätzliche Umfrage im Rahmen der eigenen Verbandserhebung vorgenommen. Diese zeigt in der Absatzentwicklung einen überproportionalen Anstieg des Anteils selbstkalibrierender Gasgeräte. Der Anteil dieses Gerätetyps ist in dem betrachteten Zeitraum von 2010 bis 2014 um 56 % von 88.400 auf 137.800 Gasgeräte gestiegen. Die absoluten Absatzzahlen der Gasgeräte sind demgegenüber nur um 15 % gestiegen, von 453.600 auf 523.450 Gasgeräte pro Jahr. Im Jahr 2014 betrug der Anteil selbstkalibrierender Gasgeräte am Gesamtabsatz ca. 26 %. Damit wird der Trend der Erhebung bei den Fachhandwerkern bestätigt. Aus der räumlichen Verteilung der Geräte mit selbstkalibrierender Verbrennung lassen sich keine Besonderheiten ableiten. Selbst Regionen, in denen in der Zukunft die L-H-Gas-Anpassung zu erwarten ist, zeigen keine höhere Gerätedichte (s. Abbildung 56).

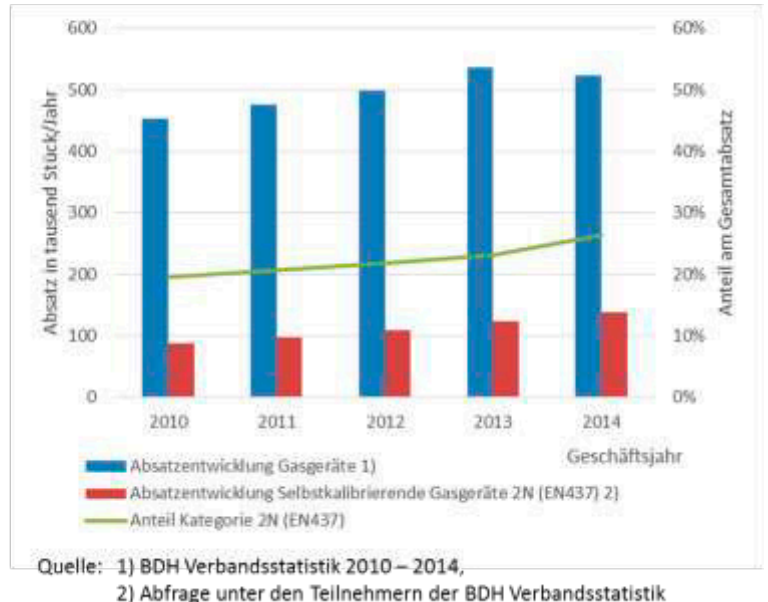
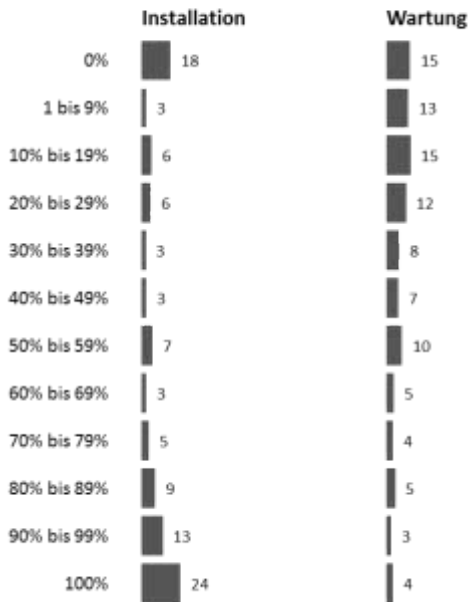
Aus den Ergebnissen bestätigt sich der überraschend hohe Anteil selbstkalibrierender Gasgeräte bei den Neuinstallationen und im Bestand, wenn auch auf einem niedrigeren Niveau als durch die Erhebung bei den Fachhandwerkern zu erwarten war. Einschränkend muss aber konstatiert werden, dass innerhalb des Gerätebestandes noch keine Marktdurchdringung des Gerätetyps stattgefunden hat. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass im Bestand noch eine große Anzahl von Gasgeräten

vorhanden ist, die nicht selbstständig auf Veränderungen der dargebotenen Gasbeschaffenheit reagieren können.

Vergleich selbstkalibrierender Erdgasgeräte mit Verbrennungsregelung

F6/F15: Welchen Anteil haben Erdgasgeräte, die sich automatisch an die Gasbeschaffenheit anpassen (sog. selbstkalibrierende Erdgasgeräte mit Verbrennungsregelung) an der Gesamtzahl der von Ihnen in 2014 installierten Geräte / in dem von Ihnen gewarteten Bestand?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren (n = 1.215) und / oder warten (n = 1.212), offene Eingabe, Angaben in %



Quelle: 1) BDH Verbandsstatistik 2010 – 2014, 2) Abfrage unter den Teilnehmern der BDH Verbandsstatistik

Abbildung 55: Anteil selbstkalibrierender Gasgeräte aus der Befragung der Fachhandwerker und Vergleich mit der BDH-Verbandsstatistik (rechts)

Der Vollständigkeit wegen, wurde die Erhebung auch auf die Luftzufuhr und den Aufstellungsraum der Gasgeräte ausgedehnt um daraus besondere Situationen für die Wartungsnotwendigkeit durch Staub oder Ähnliches ableiten zu können (Abbildung 57). Wie zu erwarten, arbeitet der überwiegende Anteil der neuinstallierten Gasgeräte mit einer raumluftunabhängigen Luftzuführung. Das lässt eine steigende Tendenz im zukünftigen Bestand erwarten.

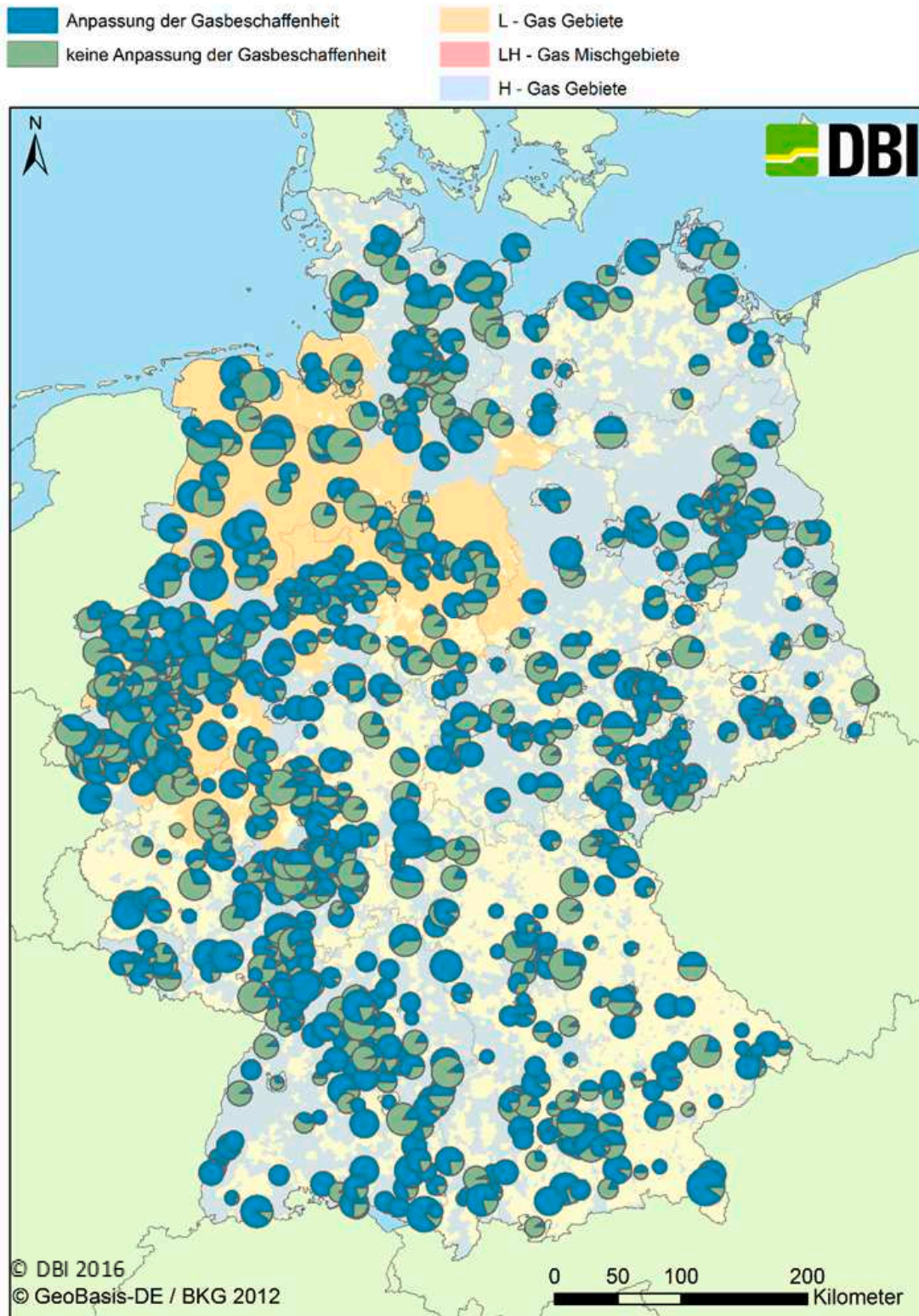
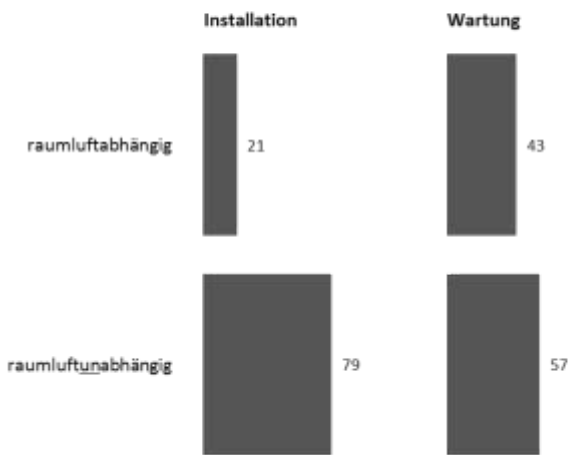


Abbildung 56: Verteilung der Gasgeräte mit selbstkalibrierender Verbrennungsregelung, der Durchmesser der Kreisdiagramme ist abhängig von Anzahl der installierten Gasgeräte im Unternehmen

Vergleich Luftzuführung

F7/F16: Und wie ist die Zuluft- und Abgasanlage bei den von Ihnen in 2014 installierten / gewarteten Erdgasgeräten anteilig ausgeführt?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren und / oder warten, Mittelwerte in %



Vergleich Aufstellungsräume

F7a/F16a: Sie haben gerade angegeben, dass Sie raumluftabhängige Erdgasgeräte installieren / warten: Wie verteilen sich die raumluftabhängigen Erdgasgeräte auf die folgenden Aufstellräume?

Basis: Nur an Befragte, die raumluftabhängige Erdgasgeräte installieren und/oder warten, Mittelwerte in %

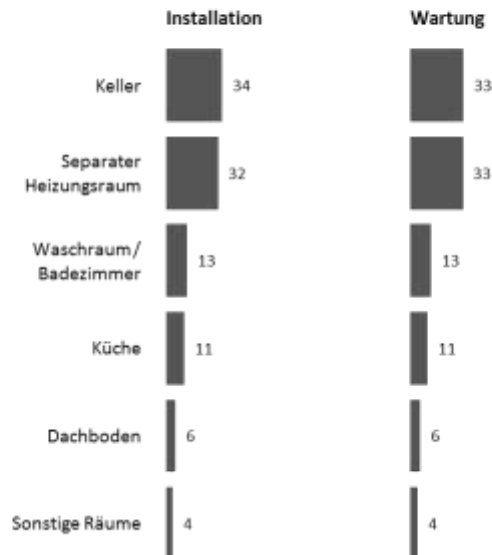


Abbildung 57: Vergleich der Luftzuführung und der Aufstellungsräume bei Neuinstallation und bei den gewarteten Geräten

Abschnitt Einstell- und Wartungspraxis

Mit der Befragung der Fachhandwerker sollte insbesondere geklärt werden, ob und wie die Gasgeräte sowohl während der Installation als auch bei Wartungsarbeiten eingestellt werden. Die Erhebung wurde für beide Fälle gesondert durchgeführt. Sie schließt die Gasgeräte ohne selbstkalibrierende Verbrennungsregelung ein. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 58 für beide Fälle zusammengefasst. Nach Auswertung von Frage 8 und 9 wird bei Neuinstallationen üblicherweise ein Anteil von ca. 70 % aller installierten Gasgeräte auf die lokale aktuelle Gasbeschaffenheit eingestellt. Wenn Gasgeräte gewartet werden, überprüfen die Fachhandwerker grundsätzlich die Abgaswerte. Eine Neueinstellung wurde in durchschnittlich 38 % aller Fälle tatsächlich auch durchgeführt.

Die geografische Analyse der Rückmeldungen, die einen Einstellbedarf entweder bei Neuinstallation oder bei Wartung sehen, wies keine regionalen Spitzen auf (s. Abbildung 60). Eine Zuordnung zu Regionen mit höheren Schwankungsbreiten lässt sich aus den Ergebnissen nicht ableiten.

Die übliche Einstellpraxis von Gasgeräten sieht bei Neuinstallation zu 95 % aller installierenden Unternehmen und bei Wartung zu 97 % aller nachregelnden Unternehmen eine Einstellung nach einem Abgaswert O₂, CO bzw. feuerungstechnischer Wirkungsgrad vor, wobei der O₂-Gehalt bzw. eine abgeleitete Größe dominieren. Die volumetrische Einstellmethode oder die Einstellung nach Düsendruck sind dem deutlich nachgeordnet. Sie werden aber dennoch in nicht unerheblichem Maße angewendet. Die vollständigen Ergebnisse sind in Abbildung 59 enthalten.

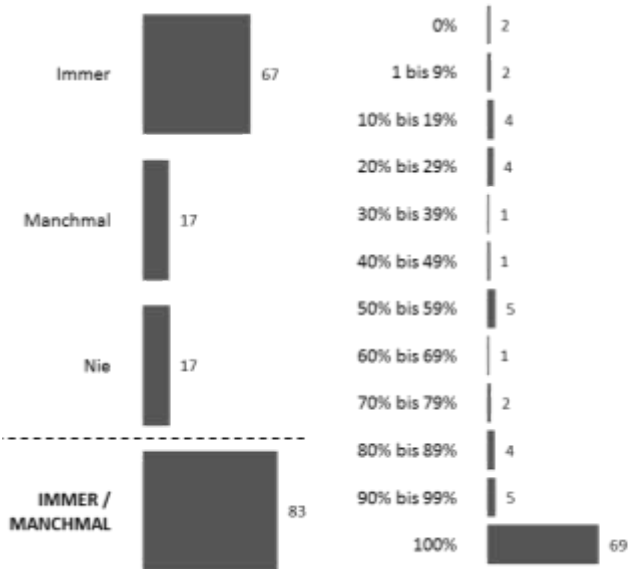
Einstellung örtliche Gasbeschaffenheit bei Neuinstallation

F8: Stellen Sie die Erdgasgeräte bei der Neuinstallation auf die örtliche Gasbeschaffenheit (Überbegriff für die Gaszusammensetzung bzw. abgeleitete Kennzahlen wie z.B. Brenn-/ Heizwert, Wobbe-Index) ein?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren (n = 1.215), Angaben in %

F9: Bei welchem Anteil wird nachgeregelt?

Basis: Nur an Befragte, die bei F8 mit immer/manchmal geantwortet haben, Angaben in %



Überprüfung der Abgaswerte bei Wartung

F18: Werden bei einer Wartung die Abgaswerte überprüft und ggf. die Einstellung der Verbrennung nachgeregelt?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte warten (n = 1.212), Mittelwerte

F19: Bei welchem Anteil wird nachgeregelt?

Basis: Nur an Befragte, die bei F18 mit immer/manchmal geantwortet haben, Angaben in %

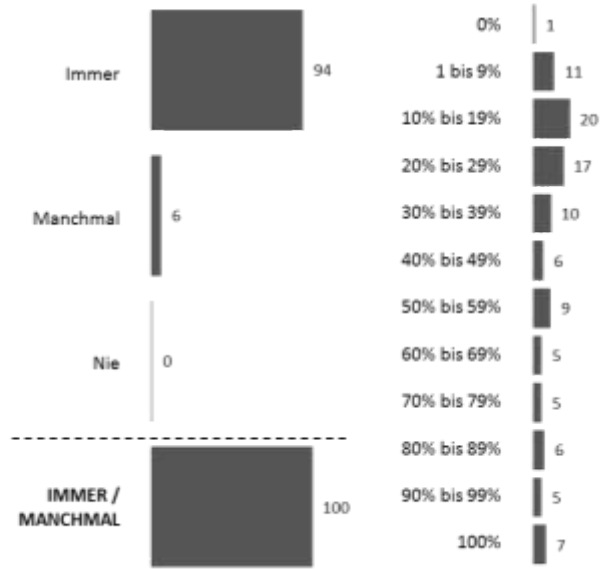
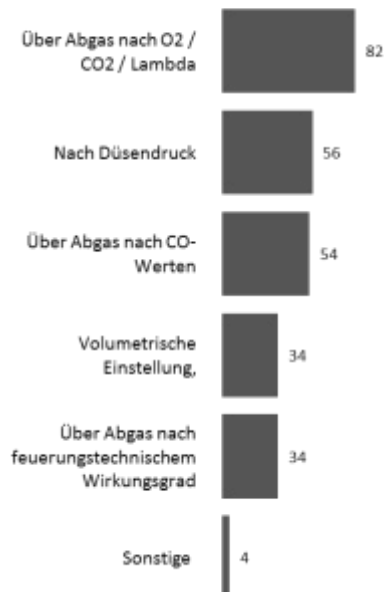


Abbildung 58: Einstellung der Gasgeräte auf lokale Gasbeschaffenheit bei Neuinstallation und bei Wartungsarbeiten

Einstellungsmethode bei Neuinstallation

F10: Nach welcher Methode wird bei der Installation eingestellt?

Basis: Nur an Befragte, die die Verbrennung der Erdgasgeräte einstellen, multiple choice, Angaben in %



Einstellungsmethode bei Wartung

F20: Nach welcher Methode wird bei der Wartung eingestellt?

Basis: Nur an Befragte, die zumindest manchmal die Abgaswerte überprüfen und ggf. die Einstellung der Verbrennung nachregeln, Multiple Choice, Angaben in %

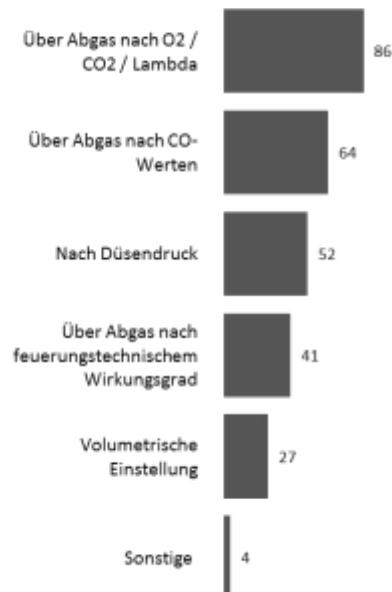


Abbildung 59: Einstellmethoden der Gasgeräte auf die lokale Gasbeschaffenheit bei Neuinstallation und Wartung

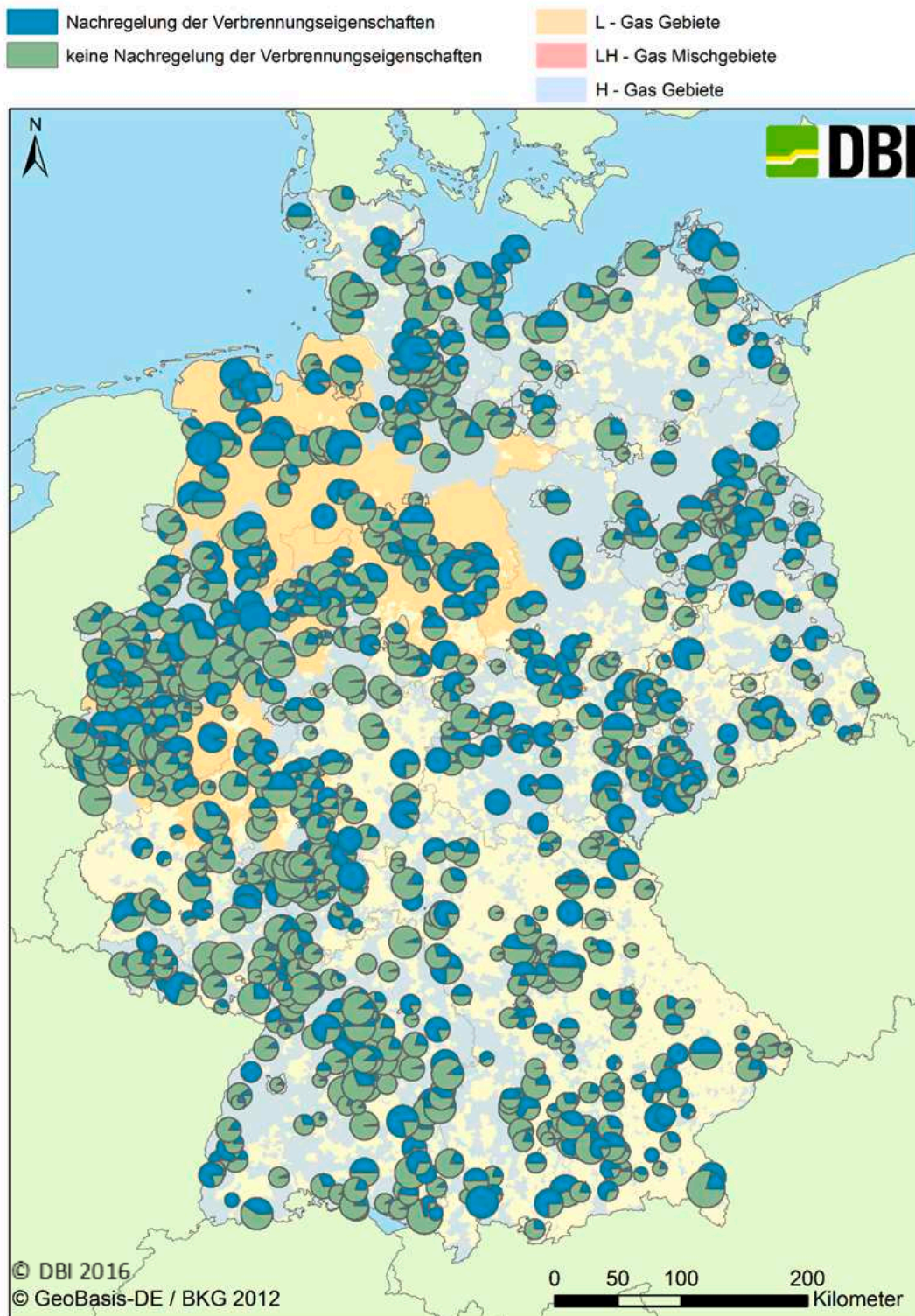


Abbildung 60: Verteilung der gewarteten Gasgeräte, bei denen eine Nachregelung der Verbrennungseinstellungen notwendig wurde

Die Verteilung des Wartungsintervalls für Erdgasgeräte zeigt die Abbildung 61. Es wird überwiegend eine jährliche Gerätewartung benannt (ca. 74 %). Dennoch bleibt eine unbekannte Dunkelziffer der nicht gewarteten Gasgeräte, welche durch diese Erhebung nicht erfasst werden.

Intervall der Erdgasgerätewartung

F17: In welchem Intervall findet typischerweise die Erdgasgerätewartung, unabhängig vom Vorliegen eines Wartungsvertrages, statt?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte warten (n = 1.212), Mittelwerte

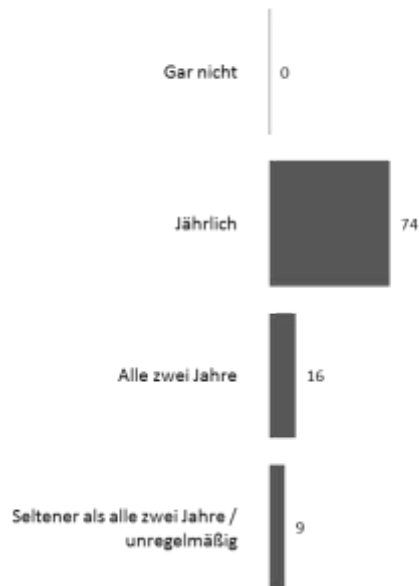


Abbildung 61: Intervall der Erdgasgerätewartung

Abschnitt Erfahrungen mit Gasbeschaffenheitsschwankungen

Da die Fachhandwerker nicht in allen Fällen über die Gasbeschaffenheitsschwankungen informiert sind, wurde auch in diesem Sektor neben den Korrekturen der Verbrennungseinstellung (s. Abbildung 58 und Abbildung 60) das Störgeschehen hinterfragt. Bestimmte Störungen können mit Gasbeschaffenheitsschwankungen in Verbindung gebracht werden, auch wenn der Zusammenhang nicht eindeutig zugeordnet werden kann. In Abbildung 62 sind diejenigen Störungen zusammengestellt, die mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine auf schwankende Gasbeschaffenheit hindeuten. Dies sind in erster Linie „Schlechte Abgaswerte“ und „Zündprobleme“, seltener Verbrennungsgeräusche. Diese Störungen können allerdings auch durch starke Verschmutzung bzw. einen ungenügenden Wartungszustand hervorgerufen werden. Fasst man die relativen Kategorien „häufig“ und „sehr häufig“ zusammen, ergeben sich relevante Störungsmeldungen von bis zu 13 %.

Zur Plausibilitätsprüfung wurden auch hier die Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) aus den Jahren 2010 – 2014 herangezogen (Abbildung 63). Ein direkter Vergleich beider Erhebungen ist nicht zulässig, da von unterschiedlicher Fragestellung und Situationen bei der Meldung des Ereignisses ausgegangen werden muss. Typischerweise werden Fachhandwerker die jährliche Wartung vornehmen, bevor der Schornsteinfeger die Gasgeräte prüft. Je nach zeitlichem Abstand zwischen den Ereignissen können neue Abweichungen auftreten bzw. eine Gasbeschaffenheitsänderung wirksam werden. D. h. bei der Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) muss davon ausgegangen werden, dass ein Teil der relevanten Störungen bereits zuvor beseitigt wurde. Sie stellt etwa eine untere Grenze von Störungen dar, die mit Gasbeschaffenheitsschwankungen in Verbindung gebracht werden kann. Der Umfang signifikanter Mangelmeldungen liegt damit mindestens im Bereich zwischen 2,5 – 3,5 % des kontrollierten Gasgerätebestandes. Das sind etwa 360.000 – 430.000 Geräte.

Aufgetretene Störungen in Erdgasgerätebeständen

F21: Wie häufig treten die folgenden Störungen in dem von Ihnen betreuten (installierten und gewarteten) Erdgasgerätebestand auf?

Basis: Nur an Befragte, die Erdgasgeräte installieren und/ oder warten (n = 1.222), Angaben in %

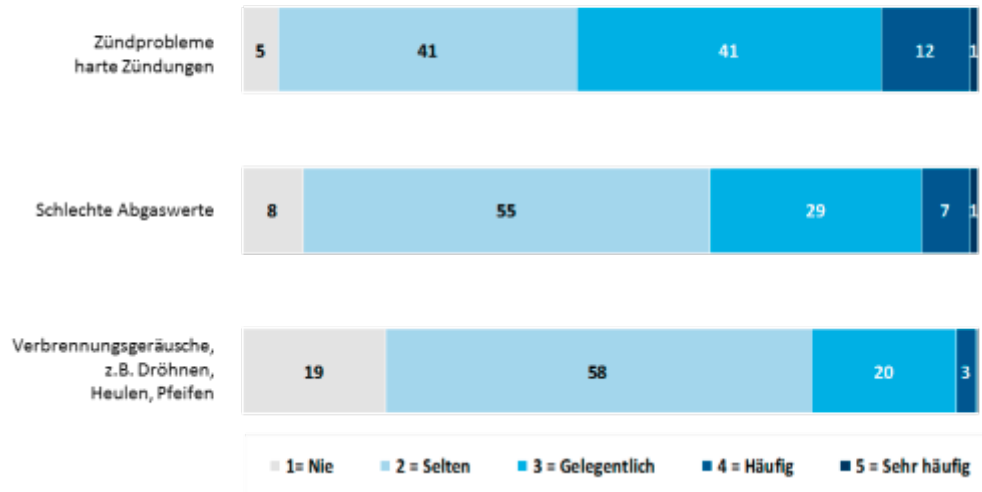
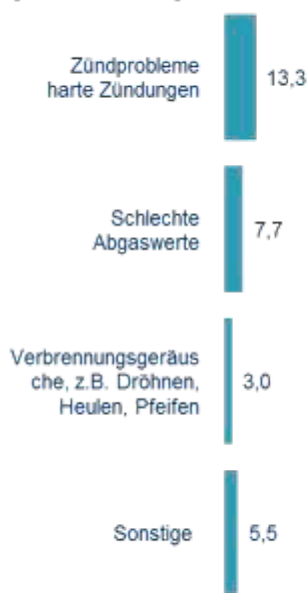


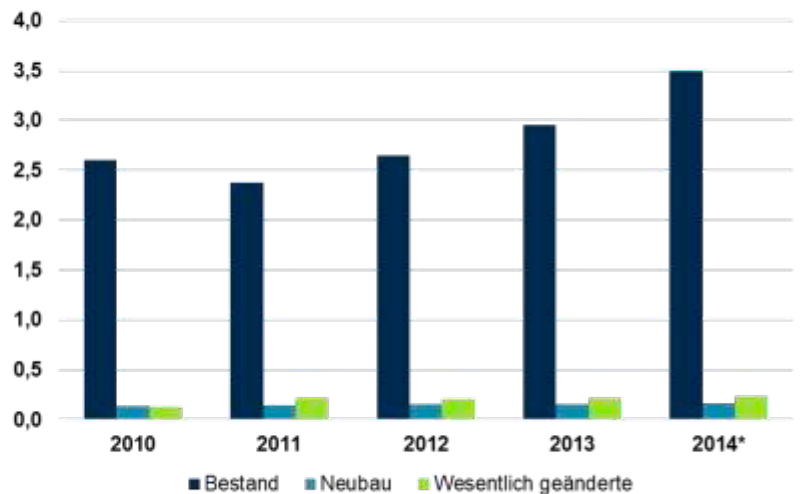
Abbildung 62: Im Jahr 2014 aufgetretene Störungen in Erdgasgerätebeständen bei der Wartung

Befragung INNOFACT AG

Häufig und sehr häufig auftretende Störungen



ZVI: Mängel an bestehenden, neu gebauten und wesentlich geänderten Gasfeuerungsanlagen in Prozent



* Gesamtanzahl der gasbefeuerten Heizungssysteme in 2014: ca. 8,9 Mio.

Quelle: ZIV – Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 2010 bis 2014

Abbildung 63: „Häufig“ und „sehr häufig“ aufgetretene Störungen in Erdgasgerätebeständen nach eigener Erhebung und nach Erhebung des ZIV

Für spätere Analysen soll für diesen Sektor auch die Verteilung der Störungsmeldungen in einem GIS-System abgebildet werden (s. Abbildung 64).

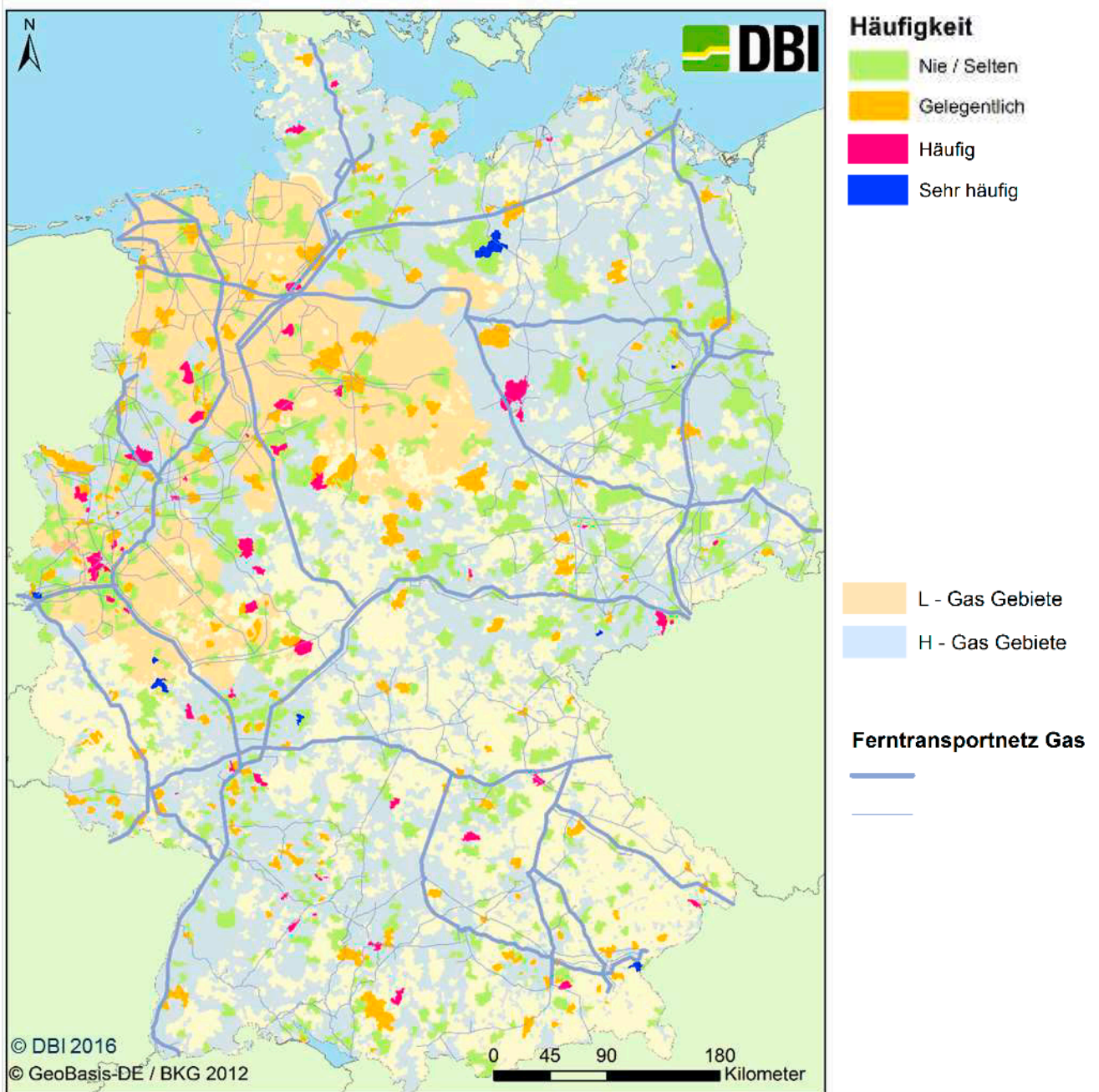


Abbildung 64: Auftretende Störungen im betreuten Erdgasgerätebestand (installiert und gewartet) – geografische Verteilung

4.3.2 Zusammenfassung der wesentlichen Analyseergebnisse

Die Erhebung im Sektor häusliche Gasverbraucher konnte bei den Fachhandwerkern des SHK-Gewerbes mit einer hohen Rückmeldequote von insgesamt 1.222 ausgefüllten Fragebögen abgeschlossen werden. Die Größe der Stichprobe, die Verteilung der Unternehmen auf das Bundesgebiet und die erfassten Gerätetypen zeigen eine hohe Signifikanz der gefundenen Ergebnisse. Die Plausibilitätsprüfung anhand von Ergebnissen anderer Erhebungen fällt grundsätzlich positiv aus.

Die Erkenntnisse der Erhebung lassen sich in folgt zusammenfassen:

- Bei den befragten SHK-Unternehmen handelt es sich hauptsächlich um kleinste und kleine Unternehmen mit durchschnittlich 5 Fachhandwerkern.
- Nahezu alle Unternehmen führen Gasgeräteinstallationen und Wartungsarbeiten an diesen Geräten aus. Durchschnittlich ca. 20 Geräteinstallationen und ca. 240 Wartungsaufträge je Unternehmen.
- Es werden überwiegend Gasbrennwertgeräte eingesetzt, mit steigender Tendenz und mit kleiner werdenden Leistungsgrößen, die Hauptgrößenklasse liegt bei 11 – 25 kW Nennleistung. Bei den Gasbrennwertgeräten ist eine überproportionale Tendenz zu Geräten mit selbstkalibrierenden Verbrennungsregelung (2N-Geräte) zu verzeichnen. Gleichzeitig steigen auch die Absatzmengen nicht adaptiver Gasgeräte, sowohl Brennwert- als auch atmosphärische Geräte. Der Anstieg ist jedoch nicht so stark wie bei 2N-Geräten.
- Der örtliche Wobbe-Index wird überwiegend - zu mehr als 90 % - jährlich, seltener oder gar nicht erfragt.
- Die Gasgeräte werden bei der Neuinstallation überwiegend (84 %) und bei Wartungsarbeiten häufig (38 %) auf die örtliche Gasbeschaffenheit eingestellt, unabhängig von Alter und Größe des Betriebes und der Region. Als Einstellmethode überwiegt die Einstellung über das Abgas, unabhängig von Alter und Größe des Betriebes und der Region. Bevorzugte Methode der Einstellung ist die Nachregelung der Abgaswerte.
- Bei den gewarteten Gasgeräten wird ein jährlicher Zyklus der Wartung eingehalten. Der Umfang der nicht gewarteten Gasgeräte konnte nicht spezifiziert werden.
- Grob geschätzt lassen sich bei weniger als 10 % der gewarteten Gasgeräte Abweichungen feststellen, die neben anderen Ursachen wie Verschmutzung der Geräte oder ein schlechter Wartungszustand mit Schwankungen der Gasbeschaffenheit in Verbindung gebracht werden können.

Im Folgenden sollen analog zu den vorangegangenen Auswertungen die wesentlichen Kernaussagen für diesen Sektor zusammengefasst werden:

- **Qualität der Befragung:** sehr gut, erlaubt zuverlässige Aussagen
Insgesamt wurden 1.222 Fragebögen ausgewertet. Die regionale Verteilung der Unternehmen entspricht der Bevölkerungsverteilung. Es handelt sich um eine repräsentative Auswahl an Unternehmen nach den Kriterien Unternehmensarten und –größe. Mit der Erhebung sind die wesentlichen Technologien in dem Sektor erfasst.
- **Entwicklung bei der Installation, Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
Es werden zunehmend verbrennungsgeregelte Gasbrennwertgeräte sowie nicht adaptive Gasgeräte (Brennwertgeräte, atmosphärische Geräte) installiert, dennoch ist der Gerätebestand durch einen hohen Anteil älterer Systeme geprägt, die **vorwiegend** auf die lokale Gasbeschaffenheit eingestellt sind.
- **Einstell- und Wartungspraxis:**
 - Die Installations- und Wartungsunternehmen stellen zum überwiegenden Teil die Gasgeräte auf die **aktuelle, lokale, dem Fachhandwerker vorwiegend unbekannt**e Gasbeschaffenheit ein.

- Aus der Befragung ergibt sich eine Indikation nicht flächendeckender Wartung.
- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
Die befragten Unternehmen haben die zeitlich variierende Gasbeschaffenheit nicht im Fokus und nehmen diese nicht als Herausforderung war.

4.4 Mobilität

4.4.1 Analyse bestehender Studien im Mobilitätssektor

In Kapitel 3.2.6 wurde bereits ausgeführt, dass für den Mobilitätssektor keine eigenständige Umfrage erforderlich war, sondern die Anforderungen seitens des VDA kompiliert als aktuelle Zuarbeiten für die Normungsaktivitäten von Erdgas als Kraftstoff bereitgestellt wurden (s. Tabelle 5). Im Gegensatz zu den anderen Sektoren sind die Gasverbrauchseinheiten nicht ortsgebunden. Sie müssen für die Fahrt durch unterschiedliche Gasnetzregionen, z. B. auch für L- und H-Gas-Gebiete, geeignet sein. Eine GIS-Geokodierung entfällt daher.

In den zur Verfügung gestellten kompilierten Materialien wird eingangs die aktuelle Verbreitung von Erdgas als Kraftfahrzeugkraftstoff und mögliche Szenarien bei einem Ausbau aufgezeigt. Gründe für den Ausbau wären die bessere Effizienz und geringere relative Kohlenstoffdioxidemission gegenüber Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen.

Der Fokus seitens des Mobilitätssektors liegt vor allem auf Spurenbestandteilen von Schwefel- und siliziumorganischen Verbindungen, da sich beide Verbindungsklassen auf die Abgasnachbehandlungssysteme negativ auswirken. Schwefelverbindungen wirken vor allem als Katalysatorgift auf den Abgaskatalysator und führen zu einer schnelleren Degradation vor allem hinsichtlich der Umwandlung unverbrannter Kohlenwasserstoffe. Siliziumorganische Verbindungen können sich auf Lambdasonden absetzen und deren Funktion maßgeblich beeinträchtigen, was Verbrennungsregelung stört. Durch die LuftzahlEinstellung mittels Lambdasonde sind Fahrzeuge bereits in gewissem Umfang in der Lage, sich selbstadaptiv an verschiedene Gasbeschaffenheiten bezüglich des Verbrennungsluftbedarfs anzupassen. Des Weiteren verfügen sie meistens über eine Klopfsondik, um die Motorsteuerung gegebenenfalls an das Zündverhalten des Gas-Luft-Gemisches anpassen zu können.

Als verbrennungstechnische Kennzahlen sind für die Automobilindustrie der Heizwert und die Methanzahl von Interesse. Der Heizwert steht für den Energieinhalt des Gases. Die Methanzahl beschreibt die Klopfneigung eines Gases. Je niedriger sie gegenüber dem Standard Methan mit einer Methanzahl von 100 ausfällt, umso kloppfreudiger und verschleißintensiver ist die motorische Verbrennung. Des Weiteren führen niedrigere Methanzahlen auch zu Effizienzeinbußen. Z. B. bewirkt ein Wechsel der Methanzahl von 70 auf 60 bei aufgeladenen Ottomotoren (Boosted CNG SI engine CR 12.5) eine Effizienzminderung von ca. 20 %¹.

Bezüglich der Spurenbestandteile und des Energiegehalts sind die Empfehlungen der Automobilindustrie an Erdgas als Kraftstoff in Tabelle 5 kurz zusammengefasst. Der aktuelle

¹ Empfehlungen nach Kramer, U., Ferrera, M., Künne, H., Moreira, D. C., Magnusson, I., „Methane Fuels: European Automotive Fuel Quality and Standardization Requirements“, Gas Powered Vehicles Conference, Stuttgart, 21.10.2015

Grenzwert von 20 mg/m³ in der EN 16726:2016 liegt höher als in der DIN 51624 und auch höher als bei Otto- (EN 228) und Dieselmotoren (EN 590). Das führte zu einem Einspruch des Bundesumweltministeriums während der Vorbereitung der europäischen Norm.

Tabelle 5: Empfehlung der Automobilindustrie zu den Kennwerten von Erdgas als Kraftstoff ¹⁾

Parameter	Einheit	Min	Max	Bemerkung
Unterer Wobbe-Index (H-Gas)	MJ/m ³ kWh/m ³	41,9 11,6	49,0 13,6	entspricht einem oberen Wobbe-Index von ca. 12,8 – 15,0 kWh/m ³
Unterer Wobbe-Index (L-Gas)	MJ/m ³ kWh/m ³	40,5 11,3	-	kein oberer Grenzwert, Übergang zu H-Gas, entspricht einem oberen Wobbe-Index von ca. 12,4 kWh/m ³
Heizwert (H-Gas)	MJ/m ³ kWh/m ³	44 12,2	-	
Heizwert (L-Gas)	MJ/m ³ kWh/m ³	39 10,8	-	
Gesamtschwefel	mg/m ³	-	10	inklusive Odorierung
Methanzahl (hochwertig)	MWM	80	-	Bifuel-Betrieb, kein Netzgas
Methanzahl (Standard)	MWM	70	-	Transport-/Verteilnetz
Gesamtsilizium	mg/m ³	-	0,1	keine einheitl. Messmethode
Wasserstoffgehalt	Vol.-%	-	2	gem. ECE 110, DIN 51624

¹⁾ Empfehlungen nach Kramer, U., Ferrera, M., Künne, H., Moreira, D. C., Magnusson, I., „Methane Fuels: European Automotive Fuel Quality and Standardization Requirements“, Gas Powered Vehicles Conference, Stuttgart, 21.10.2015

4.4.2 Zusammenfassung der wesentlichen Analyseergebnisse

Anders als in den anderen untersuchten Sektoren ist die Berücksichtigung einer wechselnden Gasbeschaffenheit in der Kraftfahrzeugtechnik seit langem Stand der Technik, da sich die mobilen Verbrauchsgeräte zwischen Regionen unterschiedlicher Gaszusammensetzung bewegen müssen. Zudem ist die Verbrennungsregelung von Motoren aus der Flüssigkraftstoffverwendung übernommen und technisch ausgereift. Damit stellen sich für diesen Sektor insbesondere Fragen nach den Grenzen von einzelnen kritischen Gasbestandteilen.

An dieser Stelle sei ausdrücklich vermerkt, dass die Verbrennungsregelungstechnologien der Kraftfahrzeugtechnik deutlich ausgefeilter sind und eine vollständige Durchdringung am Markt gefunden haben. Im Gegensatz dazu werden stationäre Motoren, wie sie im Abschnitt 4.2 enthalten sind, in einem anderen Leistungs- und Regelbereich betrieben und typischerweise fest auf die lokale Gasbeschaffenheit eingestellt. In der Regel wird davon ausgegangen, dass die Gasbeschaffenheit wenig variiert.

Aus der Analyse ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Durch die LuftzahlEinstellung mittels Lambdasonde und Klopfsensorik sind die Fahrzeuge bereits in gewissem Umfang in der Lage, sich selbstadaptiv an die aktuelle verschiedene

Gasbeschaffenheit bezüglich des Verbrennungsluftbedarfs, der Emissionen und der Klopfestigkeit anzupassen.

- Der Fokus der Untersuchungen in der Branche richtet sich vorrangig auf Spurenbestandteilen von Schwefel- und siliziumorganischen Verbindungen, da sich beide Verbindungsklassen negativ auf die Abgasnachbehandlungssysteme auswirken.
- Analog zu den Verbrennungstechnischen Kennzahlen aus dem Flüssigkraftstoffbereich werden Kennzahlen mit Bezug auf einen Vergleichskraftstoff herangezogen. Für Erdgas ist dies die Methanzahl.
- Aus den genannten Gründen ist die Fahrzeugbranche bestrebt, eigene Richtlinien für die Kraftstoffqualität zu definieren: U. Kramer e.a.: „Natural Gas / Methane Fuels: European Automotive Fuel Quality and Standardization Requirements“, Gas Powered Vehicles Conference, Stuttgart, 21.10.2015

Als Kernaussagen lassen sich folgende Punkte festhalten:

- **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen, wie adaptive Motorsteuerungen mittels Klopfensoren und Abgassensorik, sind Stand der Technik in der mobilen Motorentechnik und im Fahrzeugbestand implementiert. Dies trifft nicht für stationäre Motoren der Energieversorgung zu.
- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
 - Die Fahrzeuge müssen für die Fahrt durch unterschiedliche Gasnetzregionen, z. B. auch für Wechsel zwischen L- und H-Gas, geeignet sein. In der Kraftfahrzeugindustrie existiert dafür ein ausgeprägtes Bewusstsein.
 - Als verbrennungstechnische Kennzahlen ist für die Automobilindustrie die Methanzahl ausschlaggebend.
 - Der Fokus der Gasbeschaffenheitsthematik liegt auf Spurenbestandteilen, wie z.B. Schwefel- und Siliziumverbindungen, welche sich auf Abgasnachbehandlungssysteme auswirken sowie auf Wasserstoff, dessen Gehalt durch bestimmte Tanksysteme auf 2% begrenzt wird.

5 Analyse der deutschen Gasversorgungslandschaft – Netze

Neben der Analyse der Erdgasverbraucher war es ein wesentliches Ziel der Studie die bisherigen Gasbeschaffenheitsschwankungen (Wobbe-Index, Brennwert) sowie die lokal zu erwartenden Schwankungsbreiten abzuschätzen. Dazu standen folgende Schwerpunkte im Fokus:

- Zusammenstellung der Gasbeschaffenheit und ihrer Schwankungen in den zurückliegenden Jahren in den Transportnetzen.
- Ermittlung wesentlicher zu erwartender Veränderungen durch veränderte Versorgungssituationen (LNG, L-Gas, EE-Gase, Versorgungsengpässe etc.)
- Analyse des deutschen Gasnetzes zur Eingrenzung von Regionen zusammenhängender Beschaffenheit und Definition solcher Regionen.

Die nachfolgende Analyse der deutschen Gasversorgungslandschaft führt zu Ergebnissen, die für den begrenzten Zeitraum der Auswertung gültig sind. Wie in der Einleitung zu dieser Studie dargestellt, unterliegt die Versorgung mit Erdgas in Deutschland Veränderungen, die derzeit als nicht abgeschlossen betrachtet werden müssen. In den Erläuterungen und den Kernaussagen wird entsprechend darauf hingewiesen.

5.1 Grundsätze der Datenerhebung und Auswertungsmethodik

5.1.1 Erhobene Daten

Im Rahmen dieser Studie wurde mit den Fernleitungsnetzbetreibern (FNB) über deren Verband dem FNBGas der mögliche Umfang der Datenerhebung abgestimmt. Die Einschränkung auf die Fernleitungsnetzbetreiber ist gerechtfertigt, da die wesentlichen Stoffströme und Messdaten in dieser Ebene erfasst und üblicherweise den Verteilnetzbetreibern zur Verfügung gestellt werden, in den Verteilnetzen existieren nicht flächendeckend eigene Gasbeschaffenheitsmesssysteme. Das Autorenteam bedankt sich dafür bei den folgenden FNB und VNB für die Datenbereitstellung:

- bayernets GmbH
- GASCADE Gastransport GmbH
- Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG
- Mainova AG
- Netze BW GmbH
- ONTRAS Gastransport GmbH
- Open Grid Europe GmbH
- Thyssengas GmbH

Für folgende Messpunktgruppen wurden Zeitreihen ausgewertet:

- 6 Grenzübergangspunkte (GÜP), bei denen eine regionale Zuordnung möglich war, dabei handelt es sich sowohl um Entry- als auch Exit-Punkte
- 6 Referenzpunkte (Referenzmessstellen innerhalb der Netzgebiete), welche bestimmten Gebieten zugeordnet sind

- 5 generelle Erdgase, die den Hauptversorgungsquellen für Deutschland zuzuordnen sind
 - H-Verbundgas
 - Nordverbundgas (H-Gas)
 - Russlandgase (H-Gas)
 - Holländisches L-Gas

Im Rahmen der Studie wurde aufgrund der geringen Gasmenge und der begrenzten Einspeisepunkte von Biomethan und Wasserstoff auf eine detaillierte Analyse verzichtet. Im Jahr 2014 wurde ca. 688 Mio. m³ Biomethan in Transportnetze und Verteilnetze eingespeist, das entspricht etwa 0,08 % der in Deutschland verbrauchten Erdgasmenge. Biomethan kann lokal je nach Lastsituation im Gasnetz höhere Anteile annehmen. In solchen Fällen wird entweder eine Konditionierung auf $\pm 2\%$ des Abrechnungsbrennwertes vorgenommen bzw. es wird eine eindeutige Zuordnung der Mengen zu Verbrauchstellen mittels Brennwert-Rekonstruktionssystemen bestimmt (DVGW-Arbeitsblatt G 685). Für Wasserstoff liegen noch keine Einspeisemengen vor, sie sind aber deutlich geringer. Zusätzlich ist derzeit die Zumischung von Wasserstoff auf 2 % begrenzt. Bedingt durch die geringen Mengen wirken sich die erneuerbaren Gase aber nur in sehr begrenzten Gebieten aus, sodass die Versorgung in den Regionen (s. Abschnitt 5.2.2, Abbildung 77 und Abbildung 78) nur marginal betroffen ist.

Die Datenbereitstellung erfolgte vorwiegend für H-Gas-Gebiete. Das L-Gas-Gebiet kann, aufgrund der bereitgestellten Daten nur durch einen Messpunkt repräsentiert werden. Dabei handelt es sich um holländisches Erdgas für das nord-westliche Versorgungsnetz.

Die Zeitreihen umfassen in stündlicher Auflösung die folgenden Kennwerte:

- | | | |
|----------------------------------|------------|---|
| • Wobbe-Index | $W_{S,n}$ | in kWh/m ³ |
| • Brennwert | $H_{S,n}$ | in kWh/m ³ |
| • Dichte | ρ | in kg/m ³ |
| oder relative Dichte | d_n | |
| • CO ₂ -Konzentration | m_{CO_2} | in Mol.-% (für einige Zeitreihen verfügbar, jedoch nicht ausgewertet) |

Die Datenbereitstellung wurde in Abstimmung mit dem FNBBG auf den vorgenannten Umfang begrenzt. Dennoch konnten aber anhand von oberem Wobbe-Index und Brennwert Erkenntnisse über die Schwankungsbreiten der Kennwerte ermittelt und den Regionen zugeordnet werden.

5.1.2 Methodik der Auswertung

Methodisch wurden zunächst die generellen Erdgase als Hauptquellen analysiert, da diese die Gaszusammensetzung in Deutschland definieren. Aus den Hauptflussrichtungen des Erdgases sowie den Übergabepunkten an Verteilnetzgebiete wurden Netzregionen definiert, welche durch die Netztopologie und die Versorgungssituation bestimmten Hauptquellen zuzuordnen sind. Nicht in jedem Fall geht die Zuordnung im Erfassungszeitraum auf eine einzige Quelle zurück. In solchen Fällen treten Pendelzonen auf, die mit wechselnden Quellen versorgt werden. Die Folge sind höhere Schwankungsbreiten. Dies ist in den jeweiligen Gebieten gesondert ausgewiesen.

Für die Grundgase sowie die Referenzmessstellen wurden jeweils analoge Analysen durchgeführt. Die statistischen Analysen bestehen jeweils aus den Mittelwerten, Minima und Maxima sowie den Standardabweichungen. Da die angegebenen Kennzahlen nicht eindeutig den dynamischen

Sachverhalt repräsentieren, wurde zusätzlich das Kennfeld des jeweiligen Gases $H_{s,n} = F(W_{s,n})$ in Bezug auf die Grenzen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 als Diagramm angegeben sowie der zeitliche Verlauf des oberen Wobbe-Index. Darüber hinaus entspricht die Verteilung der Werte des Wobbe-Index nicht immer einer Gauß'schen Normalverteilung, insbesondere dann, wenn mehrere Quellen in eine Region einspeisen. Um solche Verhältnisse zu erkennen, wurde jeweils die Häufigkeitsdichteverteilung für den oberen Wobbe-Index angegeben und bewertet. Für die Ermittlung der normierten Häufigkeitsverteilung wurden jeweils Klassen gleicher Breite gewählt mit $\Delta W_{s,n} = 0,05 \text{ kWh/m}^3$. Damit werden die nachfolgenden Diagramme vergleichbar und geben einen Hinweis auf die Verteilung der Messwerte um den jeweils angegebenen Mittelwert. In Fällen einer Versorgung aus mehreren Quellen lassen sich so mögliche Schwerpunkte identifizieren. Um auch die Gesamtbandbreite in einem Kriterium festzuhalten, wurde in den Häufigkeitsverteilungen zusätzlich das Band angegeben in dem ca. 95 % aller Werte liegen. Damit können Ausreißer eliminiert werden. Das 95 % Vertrauensintervall wird üblicherweise in statistischen Auswertungen genutzt.

Im Zusammenhang mit den zunehmend dynamischen Verhältnissen der Gasversorgung kommt der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index eine neue Bedeutung zu. Deshalb wurde zeitliche Verteilung als auch die Häufigkeitsverteilung in die Analyse einbezogen. Diese Auswertung basiert auf Stundenmittelwerten und ist somit bereits einer gewissen Glättung unterworfen. Sie zeigt vor allem, wie häufig und wie stark sich die Kennwerte ändern und welche Herausforderung auf die Gasverbraucher zukommt. Die Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index ist jeweils als Absolutwert (ohne Vorzeichen) in $\text{kWh}/(\text{m}^3\text{h})$ angegeben. Die Bestimmung der Häufigkeitsverteilung basiert auf einer Klassenbreite von $0,005 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$.

In der Analyse ist ein Zeitraum von zwei Jahren (01.08.2013 bis 31.07.2015) berücksichtigt. Die Auswertung eines längeren Zeitraums ist, nach Abstimmung mit den FNB, nicht zielführend, da sich die Flusssituation in den Fernleitungsnetzen, u.a. aufgrund der Inbetriebnahme der North Stream und des Ausbaus der Kapazität am GÜP Greifswald, signifikant verändert hat. Der Gesamtzeitraum wurde dort, wo es sinnvoll erschien, nach den beiden Heizperioden 2013/2014 als Zeitraum (I) und 2014/2015 als Zeitraum (II) getrennt ausgewertet, um gegebenenfalls Tendenzen zu erkennen.

Durch die starke Vernetzung des deutschen Transportnetzes hat die hier vorgestellte Analyse temporären Charakter. Durch Änderungen in der Quellenstruktur sind andere Konstellationen möglich und auch wahrscheinlich. In der nächsten Dekade wird dies hauptsächlich durch den Wegfall der holländischen Fördergebiete geprägt sein. Die Gasströme werden perspektivisch durch die Hauptquellen Nordsee und Russland kompensiert sowie den Ersatz des holländischen L-Gases durch LNG. Die tatsächlichen Verhältnisse werden durch die globalen Erdgaspreise definiert. Die Analyse kann deshalb nur bedingt zur Ableitung von Tendenzen herangezogen werden und muss in den jeweiligen Kontext gesetzt werden.

5.2 Analyse der Grundgase und Identifizierung der Regionen

5.2.1 Analyse des Verhaltens der H-Grundgase

Im Folgenden werden die vier wesentlichen in Deutschland verteilten H-Grundgase anhand von Grenzübergabepunkten bzw. Referenzpunkten zusammengefasst. Die in diesem Abschnitt dargestellte Auswertung bezieht sich allein auf die H-Gase, da die Messstellen nicht identisch mit den im Abschnitt 5.3 analysierten Referenzpunkten sind. Auf die Analyse des L-Gases wird hier

verzichtet. Dessen Auswertung ist in Abschnitt 5.3.5 enthalten, weil sie sich auf den gleichen Messpunkt bezieht.

Russlandgas

Das Russlandgas stammt aus den sibirischen Quellen Russlands und ist durch die Zusammenfassung vieler Quellen geprägt. Es stellt damit ein sehr stabiles Gemisch dar, welches zu mehr als 95 % Methan enthält. Das Gas wird hauptsächlich über sehr große Entfernungen aus Sibirien nach Europa transportiert, wobei dem Transport zwei wesentliche Ströme zugrunde liegen. Dies ist Erdgas aus den mittelasiatischen Fördergebieten, welches über die MEGAL-Leitung nach Deutschland geleitet werden sowie Erdgas aus den nordwestsibirischen Fördergebieten, welches bisher hauptsächlich über die JAMAL-Leitung und seit 2012 zusätzlich über die Nord-Stream-Pipeline kommt. Durch den Nord-Süd-Verbund OPAL – GAZELLE wird dieses Gas unabhängig von der tatsächlichen Quelle sowohl nach Norddeutschland als auch nach Süddeutschland transportiert (s. Abbildung 77). In der folgenden Analyse werden zwei Messstellen einbezogen, die sich stark ähneln und deshalb zusammengefasst werden.

Der obere Wobbe-Index des Russlandgases ist in Tabelle 6 dargestellt. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Band des oberen Wobbe-Index hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 2,48 % vom Mittelwert bzw. 0,36 kWh/m³.

Tabelle 6: Statistische Kennwerte von Russlandgas

Messstelle	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
Oberer Wobbe-Index					
Russlandgas 1 (I)	14,81	14,83	14,74	- 0,51 % + 0,12 % (0,63%)	0,008 (0,06 %)
Russlandgas 1 (II)	14,81	14,87	14,51	- 2,02 % + 0,40 % (2,42 %)	0,062 (0,42 %)
Russlandgas 2 (I)	14,82	14,85	14,67	- 1,02 % + 0,21 % (1,23 %)	0,011 (0,07 %)
Russlandgas 2 (II)	14,83	14,87	14,78	- 0,33 % + 0,28 % (0,61 %)	0,009 (0,06 %)
Gesamt	14,82	14,87	14,51	- 2,10 % + 0,38 % (2,48 %)	0,033 (0,22 %)
Brennwert					
Russlandgas 1 (I)	11,21	11,30	11,11	- 0,91 % + 0,78 % (1,70 %)	0,017 (0,16 %)
Russlandgas 1 (II)	11,25	11,38	11,17	- 0,68 % + 1,17 % (1,85 %)	0,030 (0,27 %)

Messstelle	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
Russlandgas 2 (I)	11,23	11,38	11,11	-1,21 % + 0,31 % (1,51 %)	0,021 (0,19 %)
Russlandgas 2 (II)	11,23	11,27	11,10	-0,37 % + 0,59 % (0,96 %)	0,015 (0,13 %)
Gesamt	11,24	11,38	11,10	-1,24% + 1,29 % (2,53 %)	0,028 (0,25 %)

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

Die sehr stabile Gasbeschaffenheit des Gases ist anhand des oberen Wobbe-Index in Abbildung 66 und seiner Häufigkeitsverteilung in der Abbildung 67 dargestellt. Selbst die wenigen Abweichungen vom Mittelwert beziehen sich nur auf eine der beiden Messstellen. Das Gas kann damit als sehr stabil bezeichnet werden. Langfristig sind aus diesen Quellen auch keine wesentlichen Schwankungen zu erwarten. Es handelt sich dabei um die weltweit größten Reserven mit bestätigten Reichweiten deutlich über 50 Jahre.

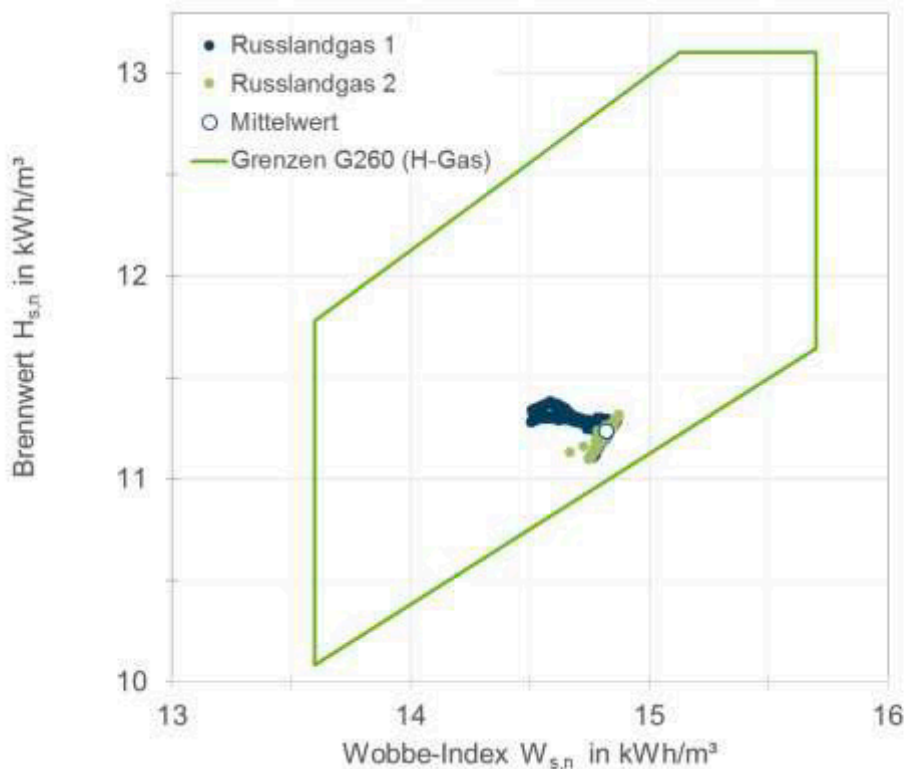


Abbildung 65: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von Russlandgas

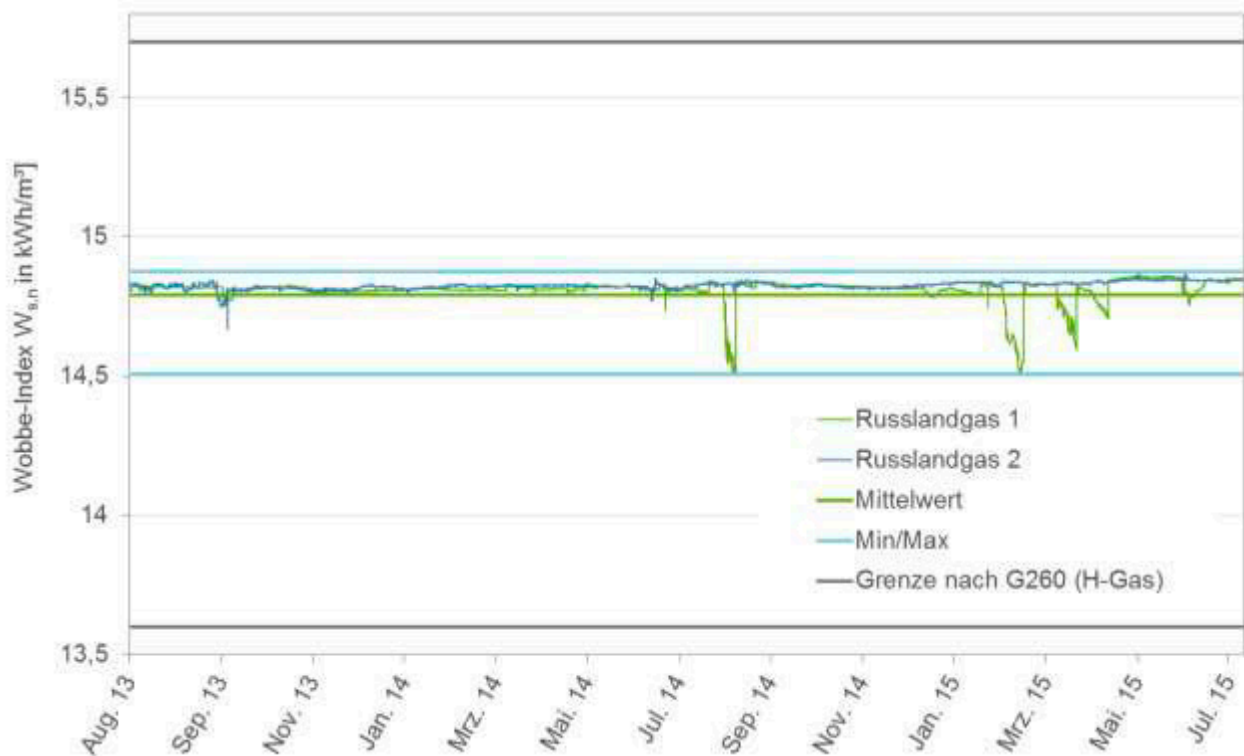


Abbildung 66: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von Russlandgas

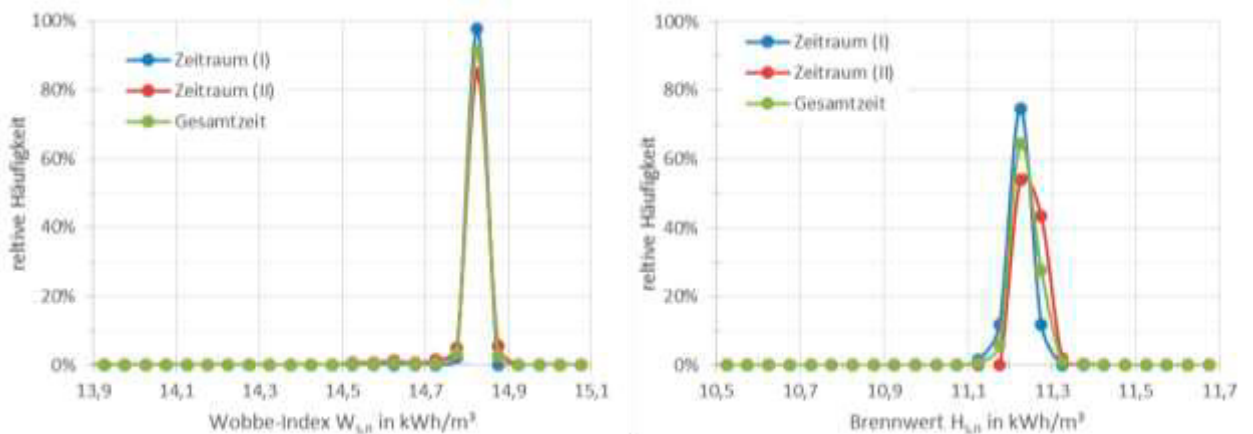


Abbildung 67: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und des Brennwertes von Russlandgas

Aus den geringen Schwankungen können ebenso die Änderungsgeschwindigkeiten des Gases abgeleitet werden. Die statistischen Kennwerte für die Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Die Werte bestätigen die hohe Stabilität des Gases. In sehr wenigen Einzelfällen übersteigt die Änderungsgeschwindigkeit die Marke $0,1 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$ (s. Abbildung 68). Ermittelt man die Breite des Bandes, in dem 95 % aller Werte liegen, so beträgt es weniger als $0,005 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$.

Tabelle 7: Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von Russlandgas

Messstelle (Zeitraum)	Mittelwert kWh/(m³h)	Maximum kWh/(m³h)	Standardabweichung kWh/(m³h)
Russlandgas 1 (I)	0,001	0,048	0,001
Russlandgas 1 (II)	0,001	0,304	0,005
Russlandgas 2 (I)	0,001	0,146	0,003
Russlandgas 2 (II)	0,001	0,053	0,001
Gesamt	0,001	0,304	0,003

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15



Abbildung 68: zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von Russlandgas inkl. der Häufigkeitsverteilung

H-Verbundgas

Erdgas mit der Bezeichnung H-Verbundgas stammt aus Erdgasquellen der Nordsee und wird Brennwert-stabil mit Russlandgas und anderen Gasen abgemischt. Die Erdgasreserven dieser Region werden Europa für die nächsten Jahre zur Verfügung stehen. Sie betragen aber lediglich ein Zehntel der russischen Reserven. Das Erdgas wird über mehrere Pipelines im Nordwesten Deutschlands angelandet und bedient im Wesentlichen die europäische Nord-Süd-Verbindung aus den Pipelines WEDAL und TENP (s. Abbildung 77). Das Erdgas versorgt damit den Süden Deutschlands sowie die Nachbarstaaten Frankreich und Schweiz sowie deren Nachbarn. Mehrere sehr große Untergrundgasspeicher puffern das Erdgas und sorgen dadurch für eine Vermischung der Gase aus unterschiedlichen Quellen. Das Erdgas hat einen deutlich höheren und wechselnden Anteil höherer Kohlenwasserstoffe und Stickstoff. Es liegt damit geringfügig im Wobbe-Index wenig unter dem des Russlandgases. In der folgenden Analyse ist eine Messstelle berücksichtigt.

Der obere Wobbe-Index des H-Verbundgases ist in Tabelle 8 dargestellt. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Band des oberen Wobbe-Index hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 6,72 % vom Mittelwert bzw. 0,98 kWh/m³.

Tabelle 8: Statistische Kennwerte von H-Verbundgas

Messstelle	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
Oberer Wobbe-Index					
H-Verbundgas (I)	14,55	14,86	13,92	- 4,36 % + 2,10 % (6,46 %)	0,129 (0,89 %)
H-Verbundgas (II)	14,57	14,90	13,95	- 4,25 % + 2,22 % (6,46 %)	0,103 (0,70 %)
Gesamt	14,56	14,90	13,92	- 4,43 % + 2,29 % (6,72 %)	0,117 (0,80 %)
Brennwert					
H-Verbundgas (I)	11,31	11,74	11,02	- 2,57 % + 3,85 % (6,42 %)	0,083 (0,74 %)
H-Verbundgas (II)	11,35	11,61	11,00	- 3,10 % + 2,28 % (5,38 %)	0,065 (0,58 %)
Gesamt	11,33	11,74	11,00	- 2,93 % + 3,67 % (6,60 %)	0,077 (0,68 %)

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

Die Gasbeschaffenheit des Gases hat eine deutlich höhere Bandbreite als Russlandgas. Die zeitliche Verteilung ist anhand des oberen Wobbe-Index in Abbildung 70 dargestellt. Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 71 zeigt einen wesentlich geringer ausgeprägten Mittelwert als der des Russlandgases. Das 95%-Band des oberen Wobbe-Index hat eine Breite von ca. 0,45

kWh/m³ (Russlandgas < 0,1 kWh/m³). Der Hintergrund sind die breiter gefächerten Gaszusammensetzungen der verschiedenen nordeuropäischen Gasquellen.

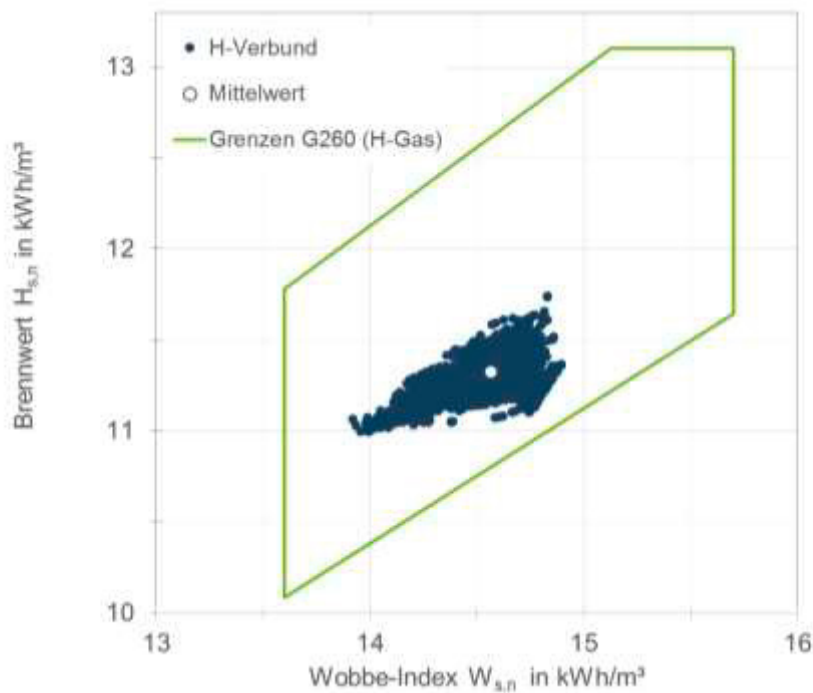


Abbildung 69: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von H-Verbundgas

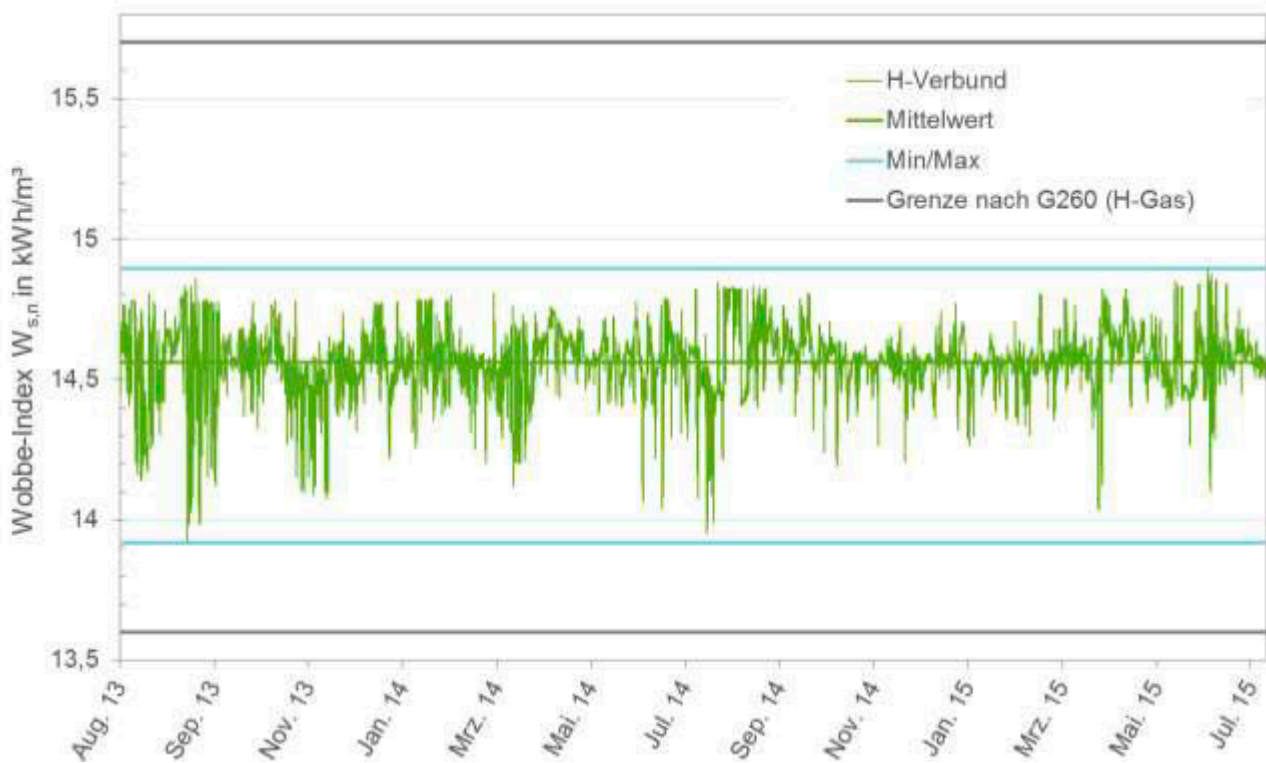


Abbildung 70: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas

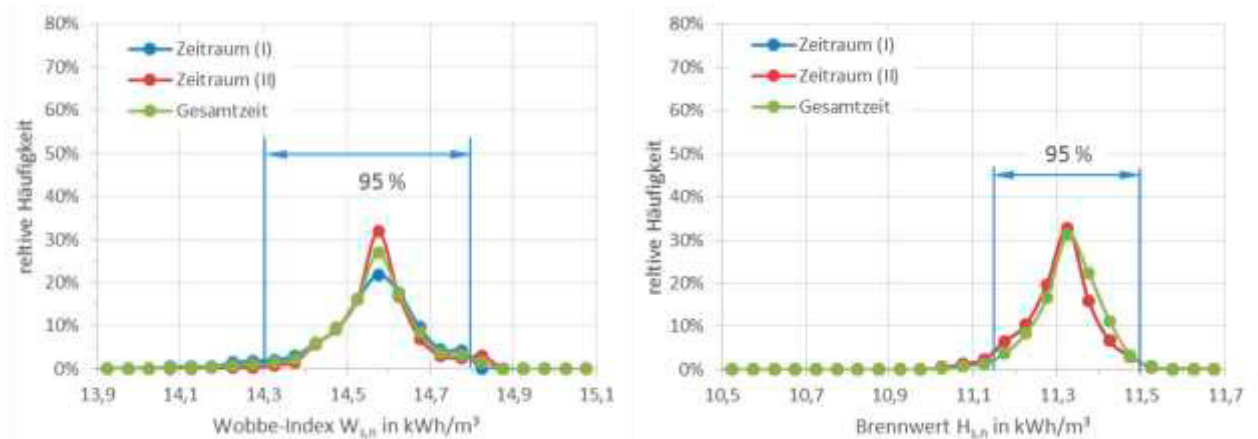


Abbildung 71: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und Brennwertes von H-Verbundgas

Mit dem breiteren Wobbe-Index-Band sind auch die Änderungsgeschwindigkeiten des Gases größer. Die statistischen Kennwerte für die Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Auch sie weisen eine sehr hohe Breite auf. Das 95%-Band umfasst 0,08 kWh/(m³h) (s. Abbildung 72).

Tabelle 9: Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas

Messstelle (Zeitraum)	Mittelwert kWh/(m³h)	Maximum kWh/(m³h)	Standardabweichung kWh/(m³h)
H-Verbundgas (I)	0,022	0,712	0,039
H-Verbundgas (II)	0,016	0,444	0,029
Gesamt	0,019	0,712	0,035

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

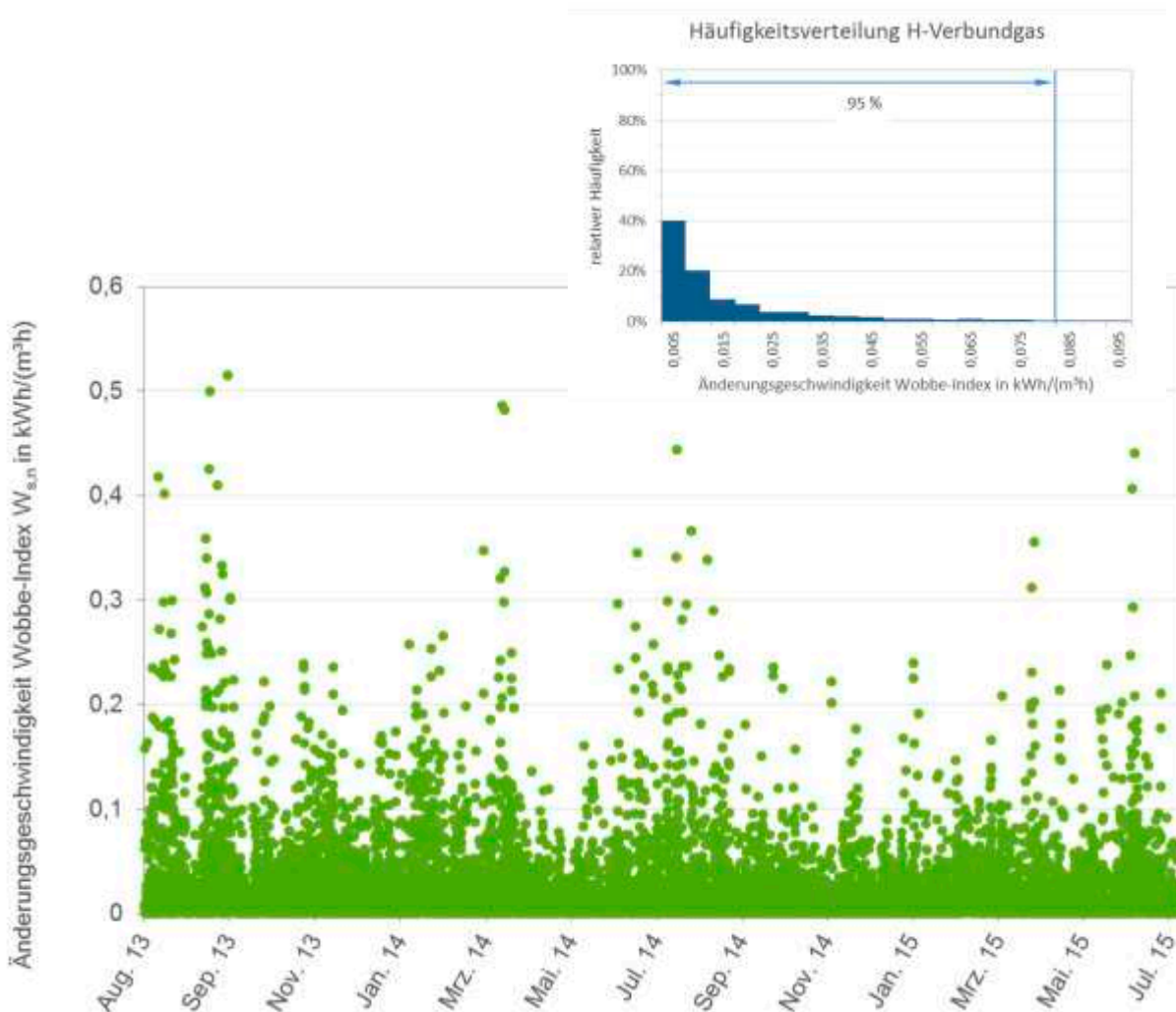


Abbildung 72: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von H-Verbundgas inkl. der Häufigkeitsverteilung

Nordverbundgas

Nordverbundgas bezeichnet ein Gasgemisch, welches zu einem hohen Anteil aus Quellen in der Nordsee gespeist wird. Allerdings weisen die Quellen Anteile von Russlandgas sowie einen höheren Anteil aus Quellen auf mit einem niedrigen oberen Wobbe-Index von ca. 13,9 kWh/m³. Dieses Gas wird hauptsächlich im Westen Deutschlands im Umfeld der TENP-Pipeline gemessen.

Der obere Wobbe-Index des Nordverbundgases ist in Tabelle 10 dargestellt. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Band des oberen Wobbe-Index hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 8,52 % vom Mittelwert bzw. 1,23 kWh/m³. Die Gasbeschaffenheit des Gases hat die höchste Bandbreite aller Grundgase (Abbildung 73). Die zeitliche Verteilung ist anhand des oberen Wobbe-Index in Abbildung 74 dargestellt. Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 75 verdeutlicht die sehr unterschiedliche Verteilung. Das 95%-Band des oberen Wobbe-Index hat die höchste Breite von ca. 0,80 kWh/m³ (Russlandgas < 0,1 kWh/m³).

Tabelle 10: Statistische Kennwerte von Nordverbundgas

Messstelle	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
Oberer Wobbe-Index					
Nordverbundgas (I)	14,45	14,91	13,79	- 4,63 % + 3,12 % (7,75 %)	0,187 (1,29 %)
Nordverbundgas (II)	14,60	15,02	13,93	- 4,58 % + 2,91 % (7,49 %)	0,229 (1,57 %)
Gesamt	14,53	15,02	13,79	- 5,10 % + 3,42 % (8,52 %)	0,221 (1,52 %)
Brennwert					
Nordverbundgas (I)	11,37	11,84	10,85	- 4,55 % + 4,08 % (8,63 %)	0,126 (1,11 %)
Nordverbundgas (II)	11,36	11,71	10,95	- 3,60 % + 3,15 % (6,75 %)	0,152 (1,34 %)
Gesamt	11,36	11,84	10,85	- 4,48 % + 4,15 % (8,63 %)	0,140 (1,23 %)

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

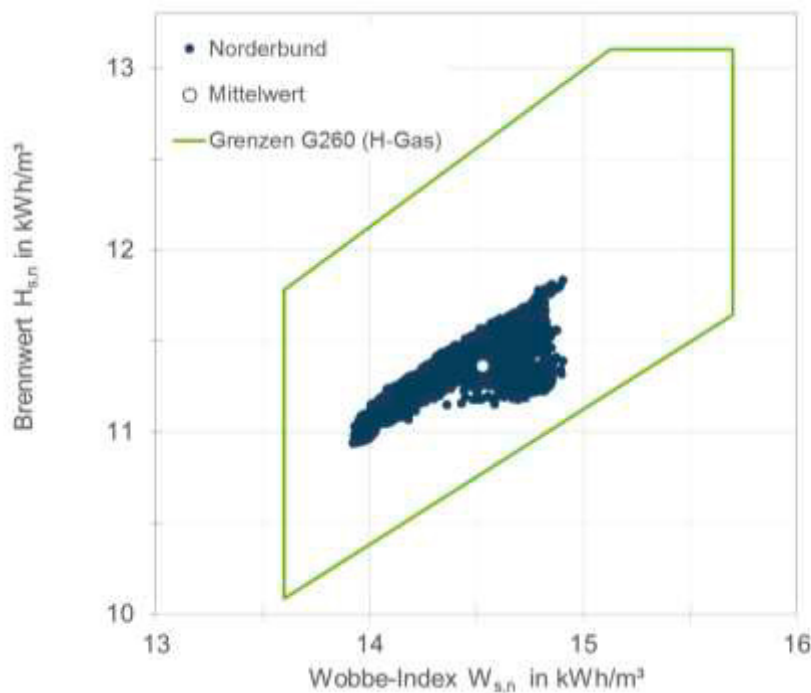


Abbildung 73: Schwankungsbereich von Brennwert und oberer Wobbe-Index von Nordverbundgas

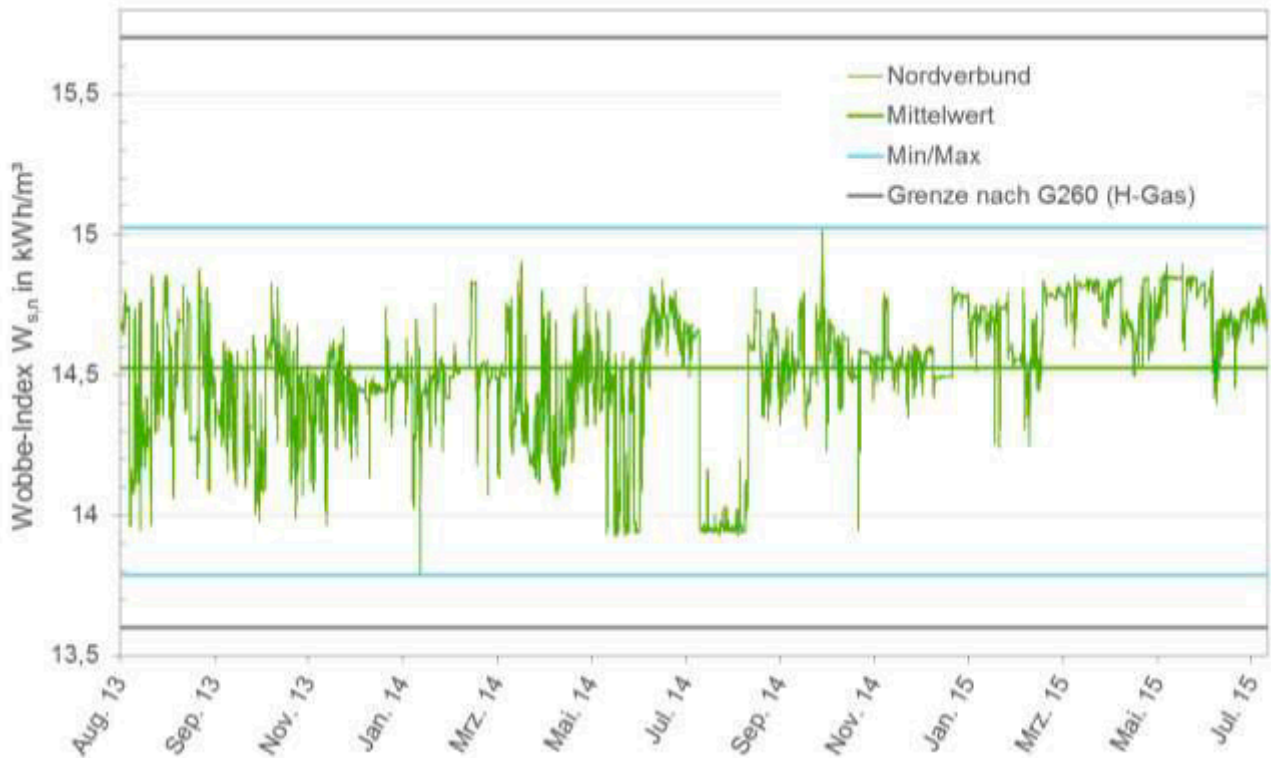


Abbildung 74: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas

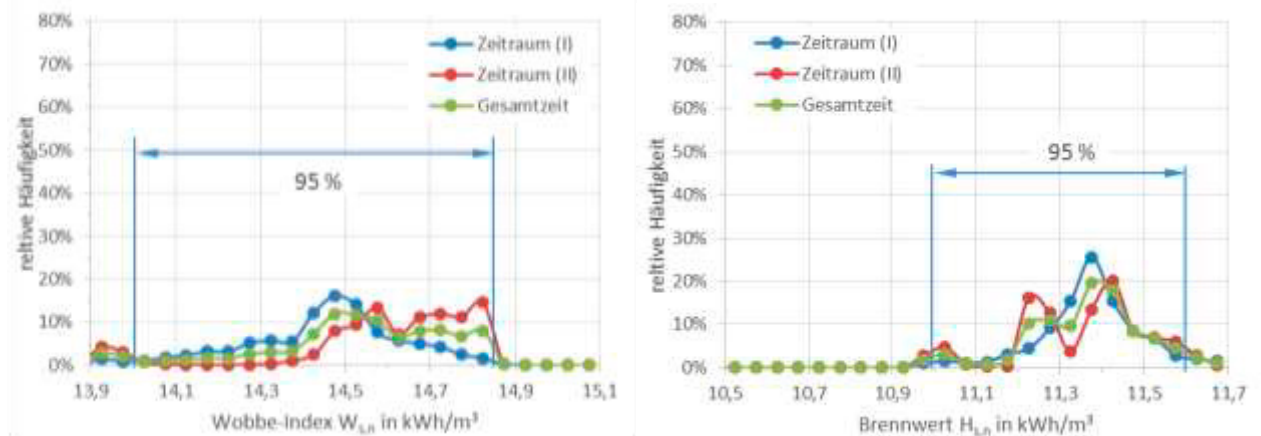


Abbildung 75: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index und des Brennwertes von Nordverbundgas

Die Änderungsgeschwindigkeiten des Wobbe-Index sind im Gegensatz zum H-Verbundgas geringfügig kleiner. Die statistischen Kennwerte sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Dennoch weisen sie eine hohe Breite auf. Das 95%-Band umfasst in diesem Fall ca. 0,065 kWh/(m³h) (s. Abbildung 76).

Tabelle 11: Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas

Messstelle (Zeitraum)	Mittelwert kWh/(m³h)	Maximum kWh/(m³h)	Standardabweichung kWh/(m³h)
Nordverbundgas (I)	0,019	0,501	0,041
Nordverbundgas (II)	0,010	0,599	0,024
Gesamt	0,015	0,599	0,034

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

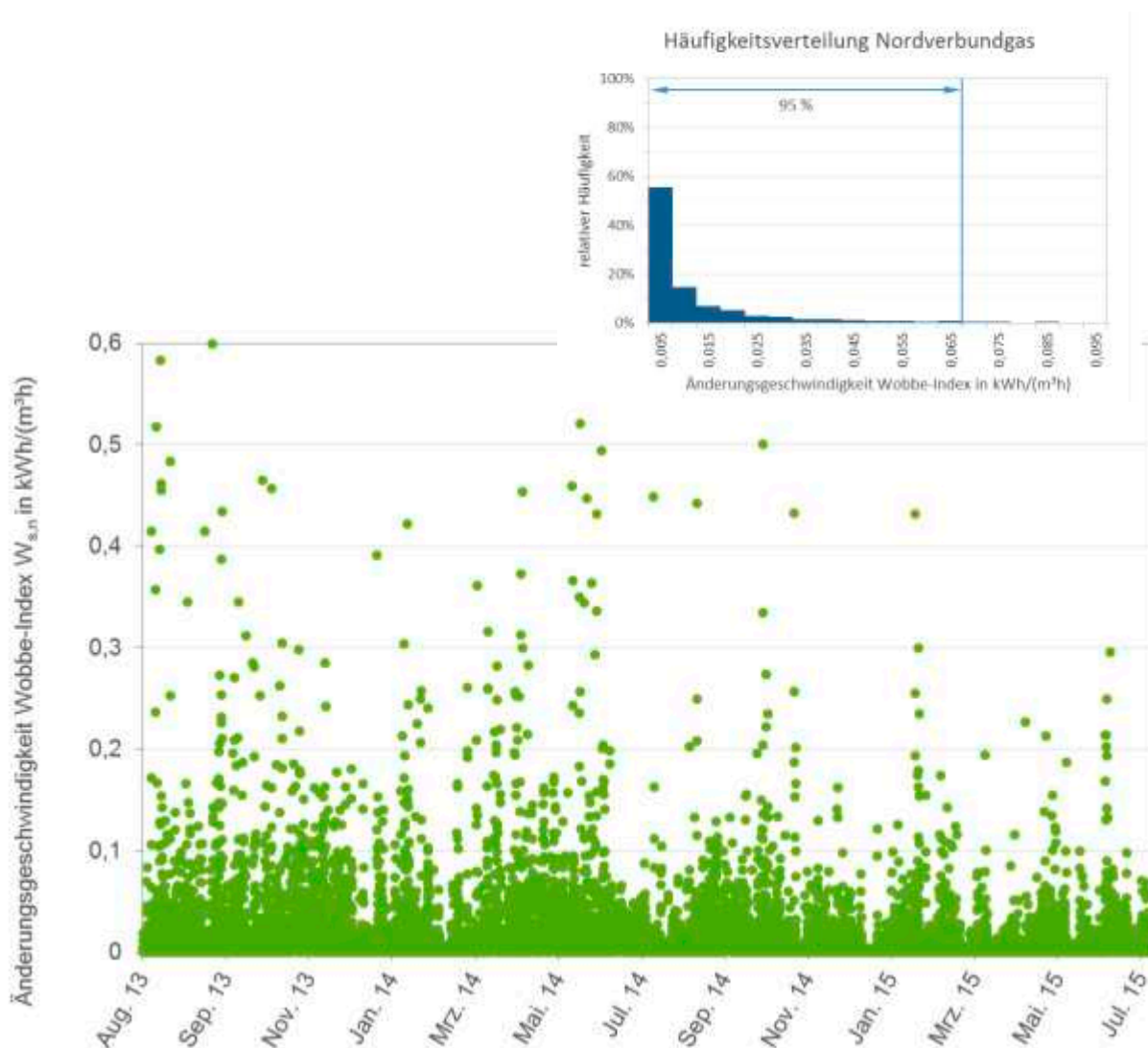


Abbildung 76: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index von Nordverbundgas inkl. der Häufigkeitsverteilung

5.2.2 Identifizierung von Regionen mit abgrenzbaren Netzgebieten

Im Rahmen der Studie wurden Regionen ermittelt, die sich aufgrund der Netztopologie und der vorherrschenden Strömungsrichtungen differenzieren lassen. Es ist damit anzunehmen, dass sich die Gaszusammensetzung in diesen Regionen hinsichtlich der Schwankungsbreite ähnlich verhält. Die geringe Anzahl an bereitgestellten Messpunkten und deren überwiegender Lage an den Grenzen Deutschlands ermöglichte im Rahmen dieser Studie die Abgrenzung von 5 Regionen. Die Regionen sind gekennzeichnet durch weitestgehend abgegrenzte Netzgebiete auf der Verteilnetzebene sowie zuordenbaren Gasströmen aus gleichen Fördergebieten und ähnlichen Schwankungsbreiten der Gasbeschaffenheit.

In Abbildung 77 sind die vier Regionen im H-Gas-Gebiet dargestellt, sowie das L-Gas-Gebiet (dunkelgrau). Die wenigen nicht gasversorgten Gebiete, wie dünn besiedelte ländliche Regionen, Wald- und Seengebiete sowie Gebirgs- und Bergregionen, sind hellgrau gekennzeichnet. Dabei wurden die kommunalen Grenzen herangezogen. Zusätzlich sind die Grenzübergangspunkte eingetragen.

Die Region 4 ist durch ihre komplexe Struktur und die starke Vernetzung zu den europäischen Nachbarn gekennzeichnet. Sie ist zusätzlich zersplittert durch die vorhandenen L-Gasgebiete in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Dadurch entstehen Teilgebiete im Norden (Schleswig-Holstein), zwischen den L-Gasgebieten sowie im Süden. Das Gebiet wird mit wechselnden Anteilen je nach Erfordernissen aus den Grundgasen H-Verbundgas, Nordverbundgas und Russlandgas gespeist. Aufgrund dieser Situation ist diese Region nach gegenwärtigen Erkenntnissen nicht weiter teilbar.

In allen Regionen speisen zusätzlich Biomethananlagen Gas in Verteilnetze und teilweise in Transportnetze ein. Eine Übersicht zu den Biomethan-Einspeiseanlagen ist in der Abbildung 78 dargestellt. Darüber hinaus existieren wenige Einspeiseanlagen, die Wasserstoff in das Transportnetz einspeisen. Die Auswirkung von Biomethan- und Wasserstoffeinspeisungen sind im Rahmen der ersten Phase nicht untersucht worden, da sie sich typischerweise nur in kleinen Gebieten der ausgewiesenen Regionen bemerkbar machen.

Alle Regionen wurden hinsichtlich der Schwankungsbreite und des zeitlichen Verlaufs von Wobbe-Index und Brennwert ausgewertet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten je Region detailliert dargestellt.

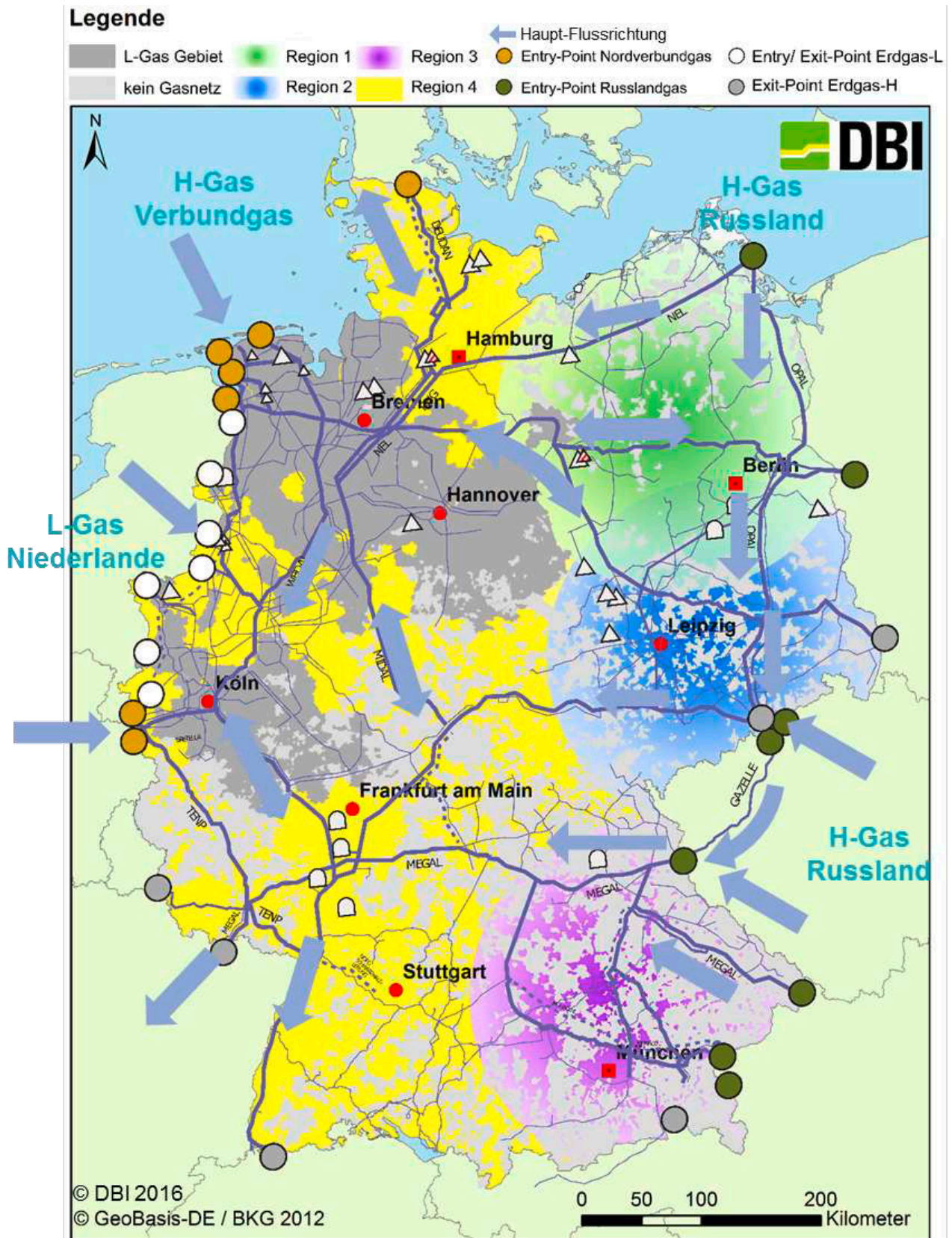


Abbildung 77: Identifizierte Regionen mit abgrenzbaren Netzgebieten, Hauptflussrichtungen der importierten Erdgase sowie der Grenzübergangspunkte und Untergrundgaspeicher

Legende

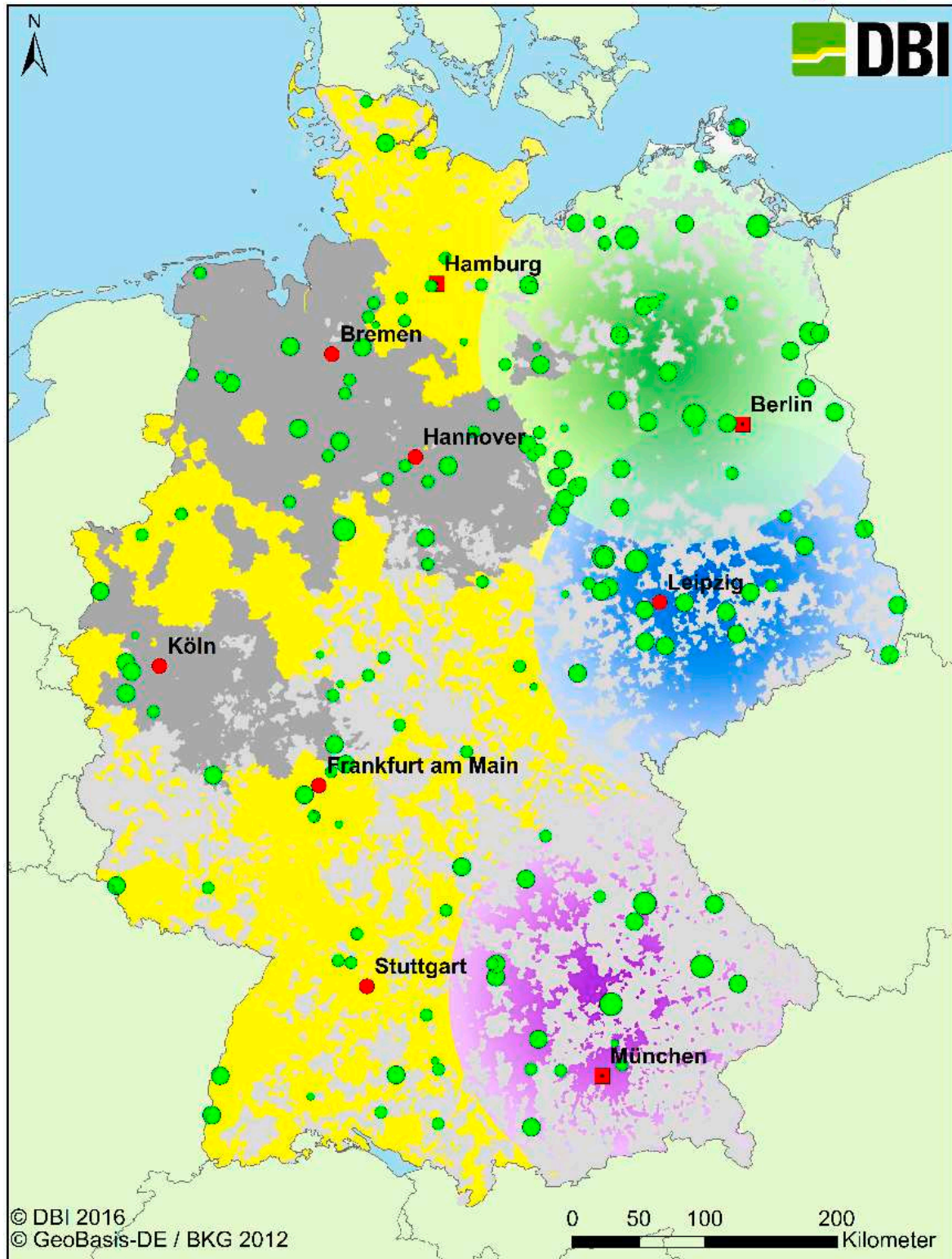


Abbildung 78: Verteilung der in Deutschland betriebenen Biomethan-Einspeiseanlagen (Quelle: DBI)

5.3 Analyse aktueller Schwankungsbreiten der Gasbeschaffenheit in den Regionen

5.3.1 Region 1 – Nord-Ost

In der Region 1 im Nord-Osten Deutschlands wurde im Betrachtungszeitraum (8/2013 – 7/2015) überwiegend Nordverbundgas verteilt. Obwohl vermutet werden könnte, dass die Region durch die angrenzenden großen GÜP der OPAL als auch der NEL versorgt ist, kommen jedoch die Hauptmengen für die regionalen Verteilnetze aus dem Nordwesten Deutschlands und damit aus dem Bereich Nordverbundgas. Die Region wird durch eine Referenzmessstelle repräsentiert. Die Grenzen der Region sind, aufgrund der offenen Fahrweise des Transportnetzes, schwankend. Offene Fahrweise meint hier die Einspeisung von mehreren Seiten in die Region. Lokal kann die Gasbeschaffenheit, aufgrund u.a. von Biogaseinspeisung, von den Werten an der Referenzmessstelle abweichen.

Die wesentlichen Gaskennwerte der Region 1 sind in Tabelle 12 dargestellt. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Band des oberen Wobbe-Index hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 5,46 % vom Mittelwert bzw. 0,79 kWh/m³, das Brennwertband hatte eine Breite von 5,72 % bzw. 0,64 kWh/m³.

Tabelle 12: Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 1 – Nord-Ost

Kennwert	2013/2014 (I)	2014/2015 (II)	Gesamt
Oberer Wobbe-Index			
Mittelwert in kWh/m ³	14,50	14,42	14,46
Maximum in kWh/m ³	14,83	14,83	14,83
Minimum in kWh/m ³	14,10	14,04	14,04
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	- 2,76 % + 2,28 % (5,04 %)	- 2,64 % + 2,84 % (5,48 %)	- 2,90 % + 2,56 % (5,46 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,174 (1,20 %)	0,141 (0,98 %)	0,163 (1,13 %)
Brennwert			
Mittelwert in kWh/m ³	11,20	11,18	11,19
Maximum in kWh/m ³	11,47	11,43	11,47
Minimum in kWh/m ³	10,87	10,83	10,83
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite*	- 2,95 % + 2,41 % (5,36 %)	- 3,13 % + 2,24 % (5,37 %)	- 3,22 % + 2,50 % (5,72 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,081 (0,72 %)	0,085 (0,76 %)	0,083 (0,74 %)

Die Verteilung der Messwerte im Betrachtungszeitraum ist in Abbildung 79 dargestellt. Hier zeigt sich die relativ große Schwankungsbreite des Nordverbundgases.

Der zeitliche Verlauf des Wobbe-Index ist in Abbildung 80 dargestellt. Der Wobbe-Index liegt über die Wintermonate auf einem tendenziell niedrigeren Niveau als in den Sommermonaten. In den Zeiten niedrigen Verbrauchs treten die höchsten Änderungen auf. Ein genereller Trend kann aus dem Verlauf der Werte im Betrachtungszeitraum jedoch nicht abgeleitet werden.

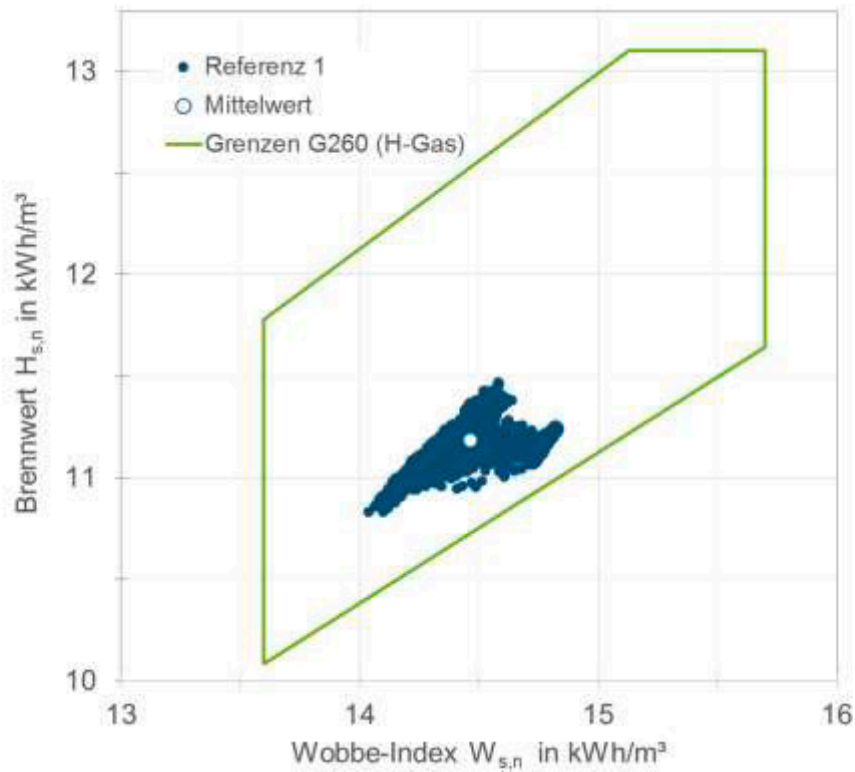


Abbildung 79: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 1.

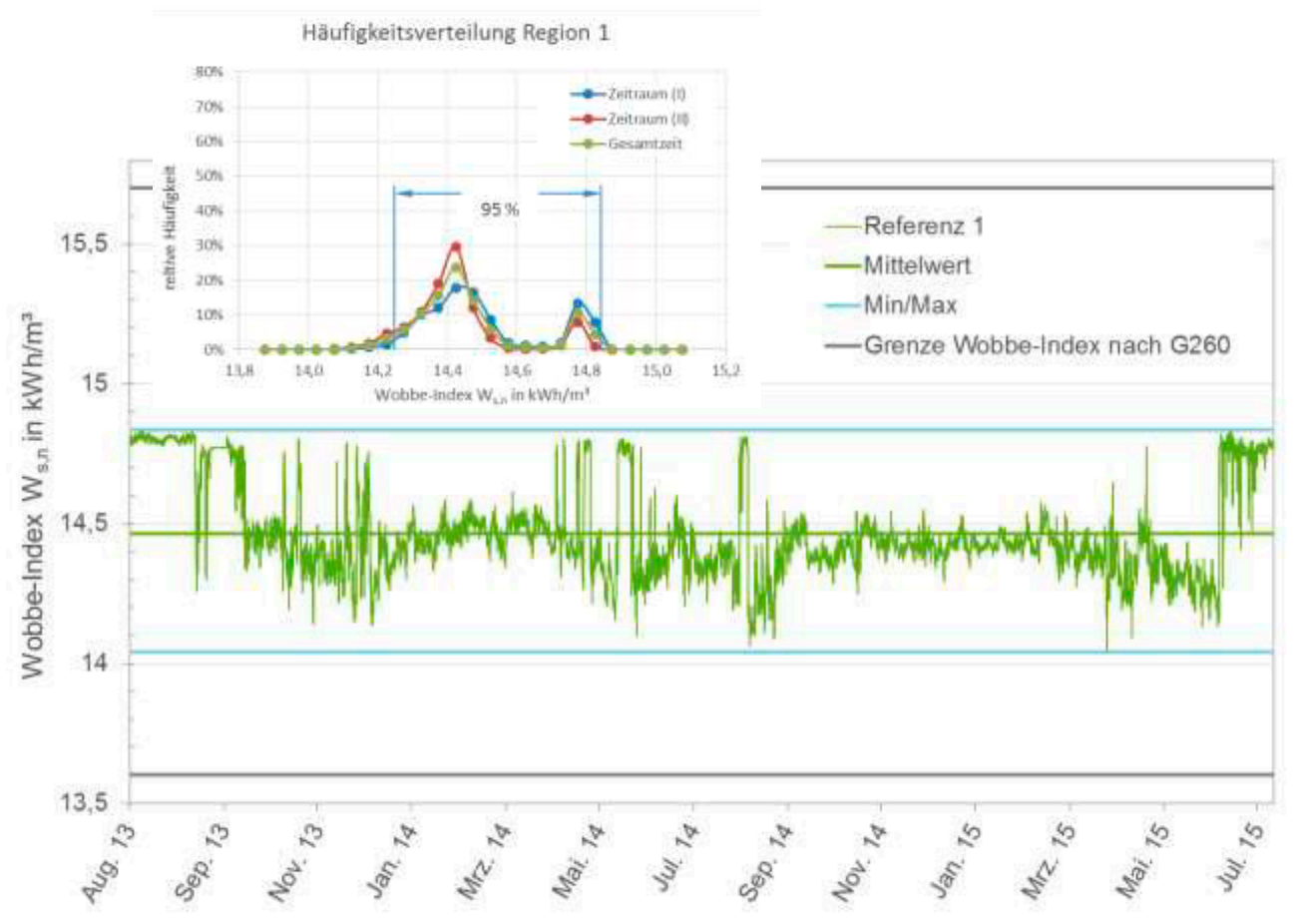


Abbildung 80: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 1 – Nord-Ost mit Häufigkeitsverteilung

In der Abbildung 80 ist ebenfalls die Häufigkeitsverteilung der Messwerte enthalten.

Neben der absoluten Schwankungsbreite soll auch die Änderungsgeschwindigkeit des Wobbe-Index in die Analyse einbezogen werden. Sie ist ein Maß dafür, wie schnell und in welchem Umfang sich die Gasendgeräte auf Veränderungen der Gasbeschaffenheit einstellen müssen. Die Änderungsgeschwindigkeit für den Wobbe-Index in Region 1, als Beispiel für H-Gase, ist in Tabelle 13 sowie in Abbildung 81 dargestellt. Die hier angeführten Berechnungen beziehen sich auf die Stundenmittelwerte der übergebenen Daten. Insofern hat bereits eine „Glättung“ durch die Mittelwertbildung stattgefunden. Dennoch geben die Daten einen Hinweis auf die zu erwartenden Änderungsgeschwindigkeiten in den jeweiligen Regionen. Die Änderungen liegen im Bereich bis zu einem Maximum von $0,422 \text{ kWh/m}^3\text{h}$. Das entspricht einer relativen stündlichen Änderungen ca. 2,9 % bezogen auf den mittleren Wobbe-Index in der Region. Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 81 zeigt darüber hinaus, dass der größte Teil der Änderungen mit ca. 40 % im Intervall bis $0,005 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$ liegt. Ca. 95 % aller Werte liegen im Intervall bis $0,035 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$.

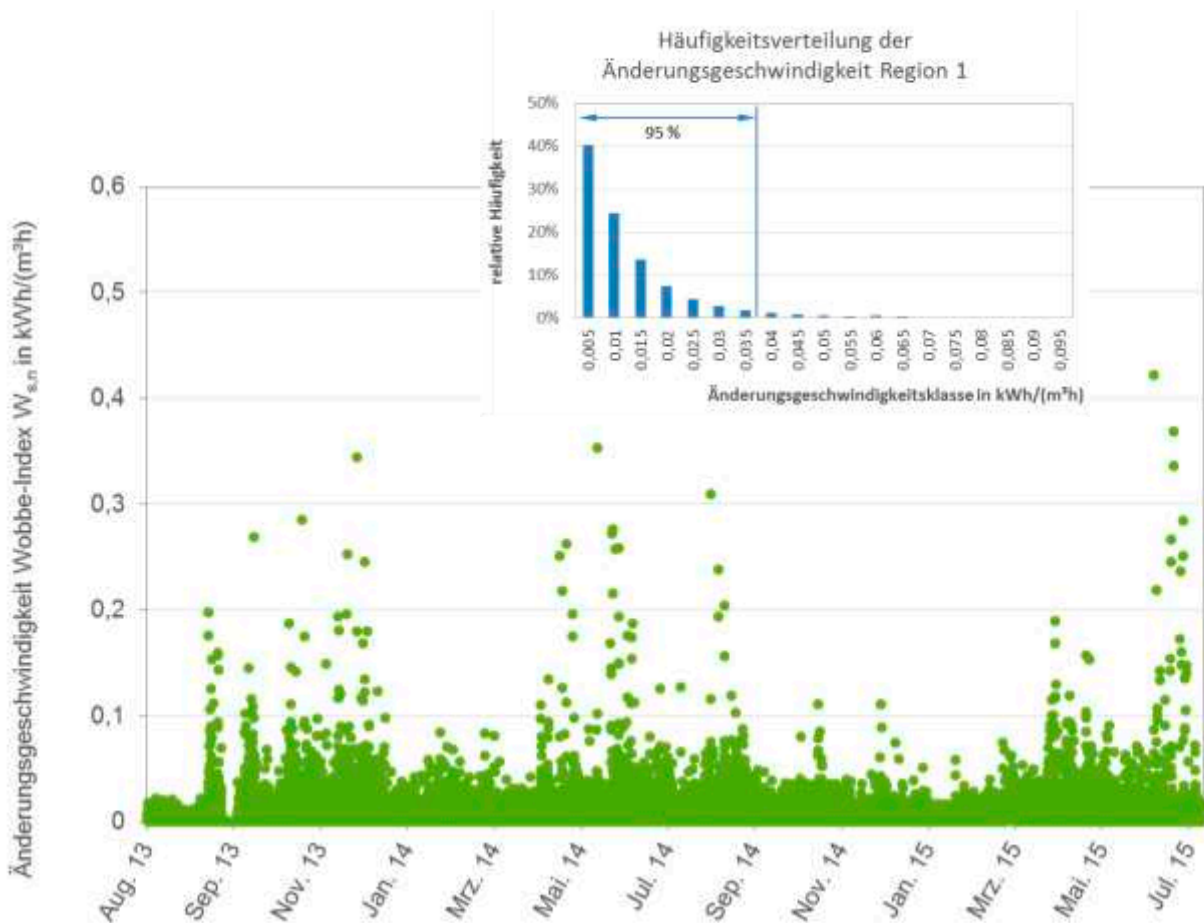


Abbildung 81: Änderungsgeschwindigkeit des Wobbe-Index in Region 1 Nord-Ost

Die Änderungsgeschwindigkeit (Tabelle 13) kann lokal, z.B. durch Einspeisung von Biomethan oder Wasserstoff aus Power-to-Gas-Anlagen insbesondere in den Sommermonaten bei geringen Verbräuchen, höher sein.

Tabelle 13: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 1

Parameter	2013/2014	2014/2015	Gesamt
Mittlere Änderungsgeschwindigkeit in kWh/(m³h)	0,012	0,011	0,011
Standardabweichung in kWh/(m³h)	0,020	0,017	0,019
Maximum in kWh/(m³h)	0,354	0,422	0,422

5.3.2 Region 2 – Ost

In Region 2 im Osten Deutschlands wurde im Betrachtungszeitraum (8/2013 – 7/2015) überwiegend Russlandgas verteilt. Die Region wird durch eine Referenzmessstelle repräsentiert, die Grenzen der Region sind wie bei Region 1, aufgrund der offenen Fahrweise des Netzes, schwankend. Auch in dieser Region kann die Gasbeschaffenheit lokal, aufgrund u.a. von Biogaseinspeisung, von den Werten an der Referenzmessstelle abweichen. Die Gaskennwerte der Region 2 sind in Tabelle 14 zusammengefasst.

Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Band des oberen Wobbe-Index hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 3,56 % vom Mittelwert bzw. 0,61 kWh/m³, das Brennwertband hatte eine Breite von 2,50 % bzw. 0,28 kWh/m³. Die ermittelten Bandbreiten sind damit deutlich kleiner als die in der Region 1. Die Verteilung der Messwerte im Betrachtungszeitraum ist in Abbildung 82 dargestellt. Hier zeigt sich die verhältnismäßig schmale Schwankungsbreite des Russlandgases, vor allem beim Brennwert.

Der zeitliche Verlauf des oberen Wobbe-Index ist in Abbildung 83 aufgezeigt. Die Schwankungsbreite nimmt im Laufe des Betrachtungszeitraums deutlich zu. Die Gründe können u.a. in der Fahrweise des Netzes liegen. Veränderungen beim importierten Russlandgas spielen nur eine untergeordnete Rolle. Ein genereller Trend kann aus dem Verlauf der Werte im Betrachtungszeitraum nicht abgeleitet werden.

Tabelle 14: Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 2 - Ost.

Kennwert	2013/2014	2014/2015	Gesamt
Oberer Wobbe-Index			
Mittelwert in kWh/m ³	14,76	14,69	14,72
Maximum in kWh/m ³	14,84	14,90	14,90
Minimum in kWh/m ³	14,46	14,29	14,29
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite*	- 2,03 % + 0,54 % (2,57 %)	- 2,72 % + 1,43 % (4,15 %)	- 2,92 % + 1,22 % (4,15 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,063 (0,42 %)	0,132 (0,90 %)	0,108 (0,73 %)
Brennwert			
Mittelwert in kWh/m ³	11,20	11,23	11,22
Maximum in kWh/m ³	11,33	11,38	11,38
Minimum in kWh/m ³	11,10	11,14	11,10
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite*	- 0,89 % + 1,16 % (2,05 %)	- 0,80 % + 1,34 % (2,14 %)	- 1,07 % + 1,43 % (2,50 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,040 (0,36 %)	0,037 (0,33 %)	0,042 (0,37 %)

Die in Abbildung 84 dargestellte Verteilung der Änderungsgeschwindigkeiten weist eindeutig auf die vergleichsweise stabile Gaszusammensetzung hin. Das Maximum der Änderungsgeschwindigkeit wird erst zum Ende der Erfassungsperiode erreicht und überschreitet die vorangegangenen Maxima

um mehr als das Doppelte. Das Maximum der Änderungsgeschwindigkeiten liegt aber auch in dieser Region bei einem Wert von 0,431 kWh/(m³h). Das entspricht einer relativen stündlichen Änderungen ca. 2,9 % bezogen auf den mittleren Wobbe-Index in der Region (Tabelle 15). Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 84 zeigt darüber hinaus, dass der größte Teil der Änderungen mit ca. 64 % im Intervall bis 0,005 kWh/(m³h) liegt, ca. 95 % aller Werte liegen im Intervall bis 0,025 kWh/(m³h).

Tabelle 15: Änderungsgeschwindigkeiten des Wobbe-Index in der Region 2 - Ost

Parameter	2013/2014	2014/2015	Gesamt
Mittlere Änderungsgeschwindigkeit in kWh/(m³h)	0,005	0,007	0,006
Standardabweichung in kWh/(m³h)	0,009	0,014	0,012
Maximum in kWh/(m³h)	0,164	0,431	0,431

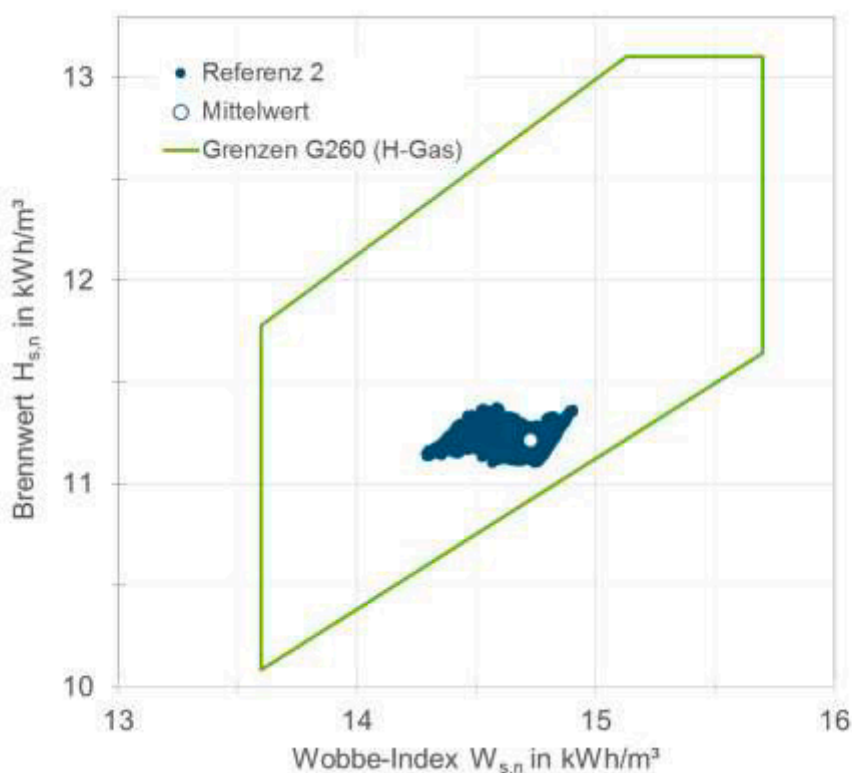


Abbildung 82: Schwankungsbereich von Brennwert und oberem Wobbe-Index in Region 2 - Ost



Abbildung 83: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 2 – Ost

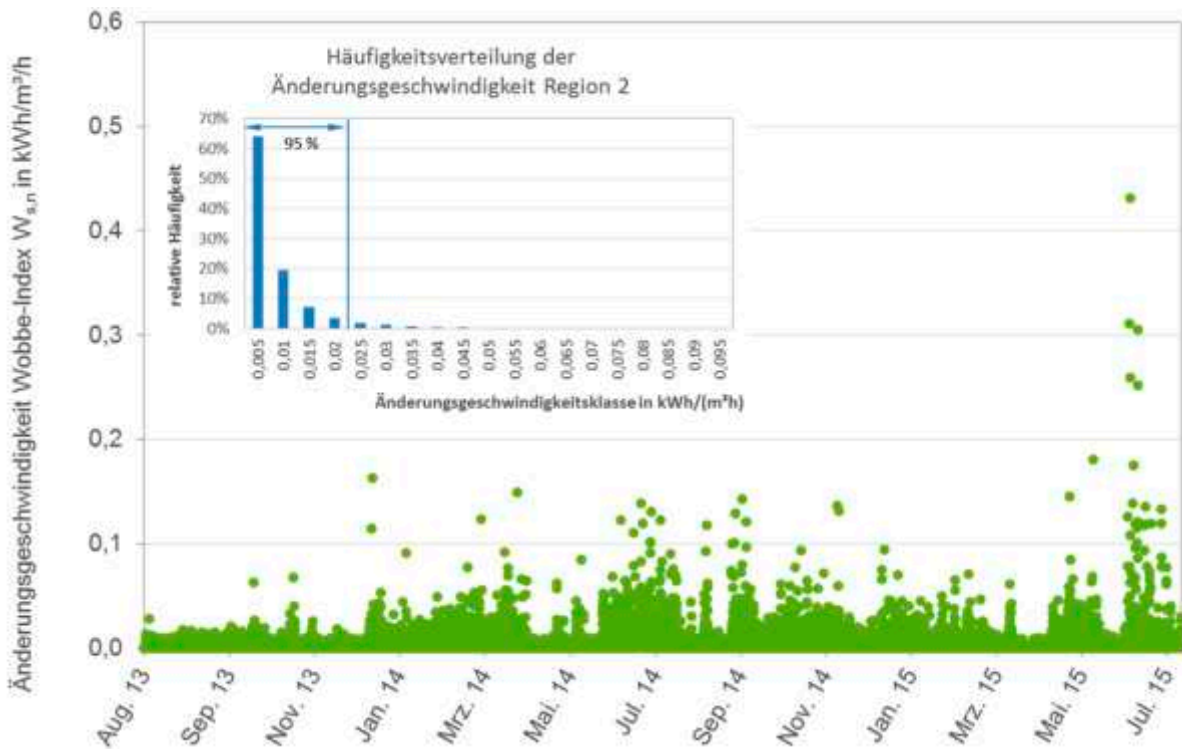


Abbildung 84: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 2 – Ost, inkl. der Häufigkeitsverteilung

Bedingt durch die Einspeisung von Biomethan an einigen Stellen können in der Region lokal in den Verteilnetzen größere Schwankungen auftreten.

5.3.3 Region 3 – Süd-Ost

In Region 3 im Süd-Osten Deutschlands wurde im Betrachtungszeitraum (8/2013 – 7/2015) ebenfalls überwiegend Russlandgas verteilt. Die Region wird durch einen GÜP und eine Referenzmessstelle repräsentiert. Unabhängig von den beiden Messstellen kann die Gasbeschaffenheit lokal, aufgrund u.a. von Biogaseinspeisung geringfügig abweichen.

Ebenso wie die Region 2 liegen auch hier sehr stabile Kennwerte vor. Es wird deutlich, dass die Schwankungsbreite geringfügig kleiner ist als in der Region 2. Das genutzte Wobbe-Indexband hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 2,43 % vom Mittelwert bzw. 0,36 kWh/m³, das Brennwertband hatte eine Breite von 2,66 % bzw. 0,30 kWh/m³. Die gesamten Daten sind in Tabelle 16 enthalten. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen.

Tabelle 16: Verbrennungstechnische Kennwerte in Region 3 – Süd-Ost

Messstelle	Kennw.	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
Ref. 3 (I)	Oberer Wobbe-Index	14,80	14,84	14,64	- 1,04 % + 0,25 % (1,29%)	0,027 (0,18%)
Ref. 3 (II)		14,80	14,87	14,54	- 1,76 % + 0,42 % (2,18 %)	0,039 (0,27%)
GÜP 3 (I)		14,78	14,83	14,54	- 1,68 % + 0,30 % (1,98 %)	0,041 (0,28%)
GÜP 3 (II)		14,78	14,85	14,51	- 1,86 % + 0,47 %	0,041 (0,28%)
Gesamt		14,79	14,87	14,51	- -1,93 % + 0,50 % (2,43 %)	0,039 (0,26%)
Ref. 3 (I)	Brennwert	11,23	11,34	11,10	- 1,16 % + 0,89 % (2,05 %)	0,030 (0,27%)
Ref. 3 (II)		11,25	11,36	11,20	- 0,44 % + 0,89 % (1,33 %)	0,020 (0,18%)
GÜP 3 (I)		11,23	11,39	11,11	- 1,07 % + 1,42 % (2,49 %)	0,036 (0,32%)
GÜP 3 (II)		11,26	11,40	11,18	- 0,71 % + 1,24 % (1,95 %)	0,027 (0,24%)
Gesamt		11,24	11,40	11,10	- 1,24 % + 1,42 % (2,66 %)	0,031 (0,27%)

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

Die Verteilung der Messwerte im Betrachtungszeitraum ist in Abbildung 85 dargestellt, auch hier zeigt sich die verhältnismäßig schmale Schwankungsbreite des Russlandgases. Die Mittelwerte beider Messstellen liegen auf dem gleichen Punkt. Sowohl die Deckungsgleichheit der Bereiche als auch der gemeinsame Mittelwert weisen darauf hin, dass beide Messstellen mit dem gleichen Gas versorgt werden. Abweichungen sind lediglich durch die Messgenauigkeit der Geräte bedingt. Der zeitliche Verlauf des oberen Wobbe-Index ist in Abbildung 86 dargestellt. Dieser zeigt keine Auffälligkeiten.

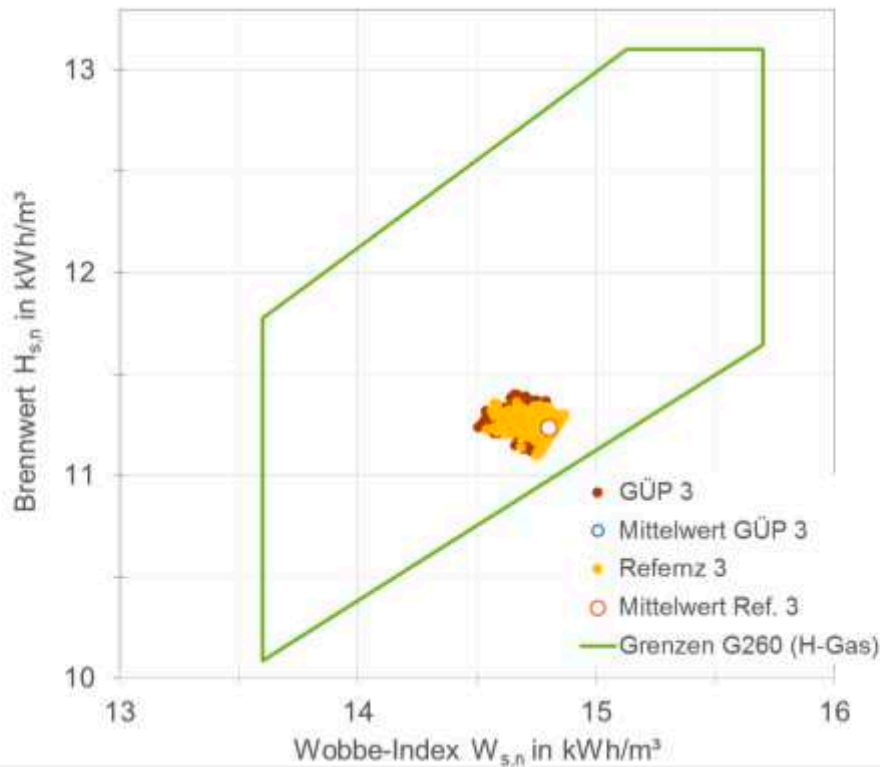


Abbildung 85: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost

Die in Abbildung 87 dargestellte Verteilung der Änderungsgeschwindigkeiten weist eindeutig auf die stabile Gaszusammensetzung in der Region hin. Das Maximum der Änderungsgeschwindigkeit wird in den Sommermonaten erreicht. Es liegt in dieser Region bei einem Wert von $0,226 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$ und damit deutlich unter allen anderen Regionen (s. Tabelle 17). Das entspricht einer relativen stündlichen Änderung von ca. 1,5 % bezogen auf den mittleren oberen Wobbe-Index in der Region. Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 87 zeigt darüber hinaus, dass der größte Teil der Änderungen mit ca. 86 % im Intervall bis $0,005 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$ liegt, 95 % aller Werte liegen im Intervall bis $0,015 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{h})$. Die Werte unterstreichen die stabile Situation im Untersuchungszeitraum.

Tabelle 17: Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der Region 3 – Süd-Ost

Messstelle (Zeitraum)	Mittelwert kWh/(m ³ h)	Maximum kWh/(m ³ h)	Standardabweichung kWh/(m ³ h)
Referenz 3 (I)	0,002	0,127	0,004
Referenz 3 (II)	0,002	0,226	0,009
GÜP 3 (I)	0,003	0,138	0,007
GÜP 3 (II)	0,004	0,167	0,009
Gesamt	0,003	0,226	0,008

(I) Erfassungszeitraum 2013/14; (II) Erfassungszeitraum 2014/15

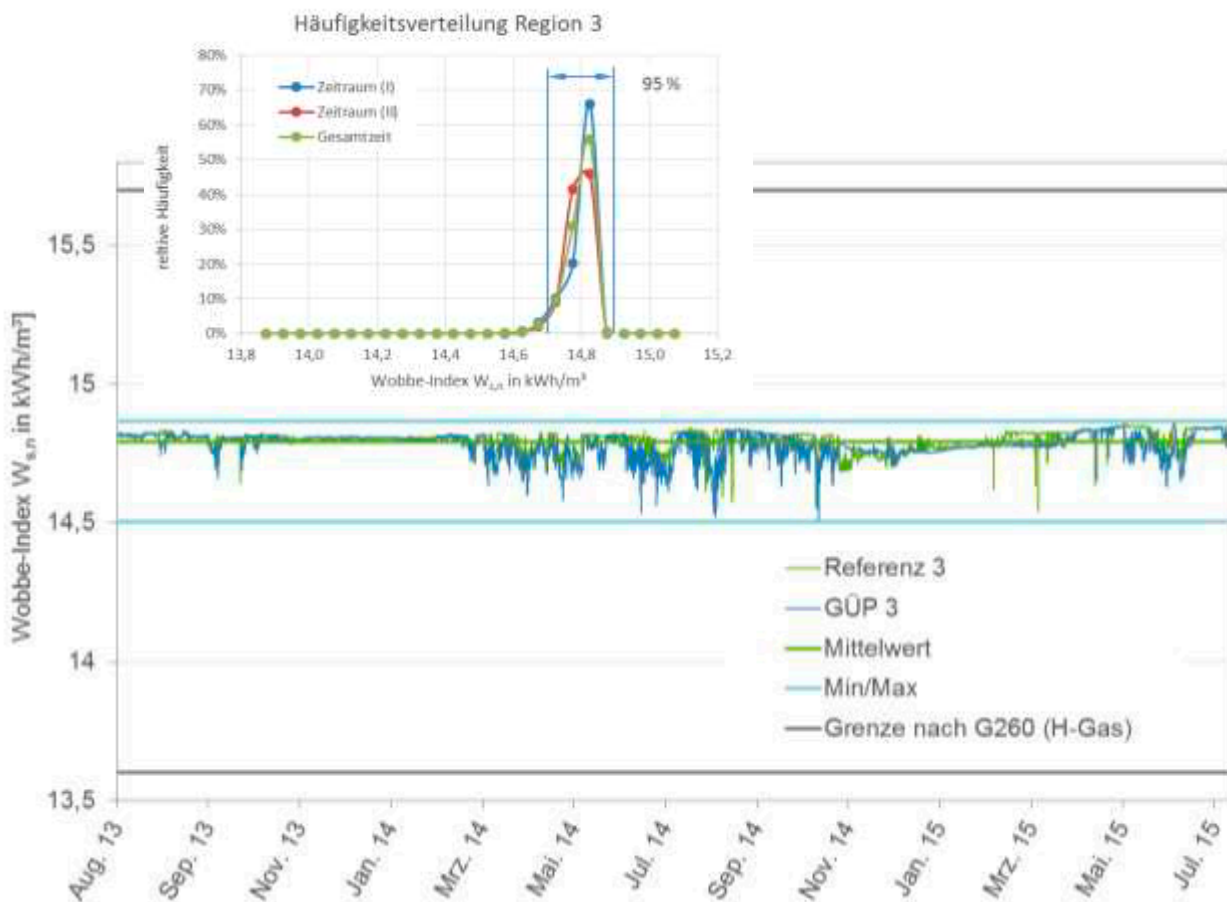


Abbildung 86: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost

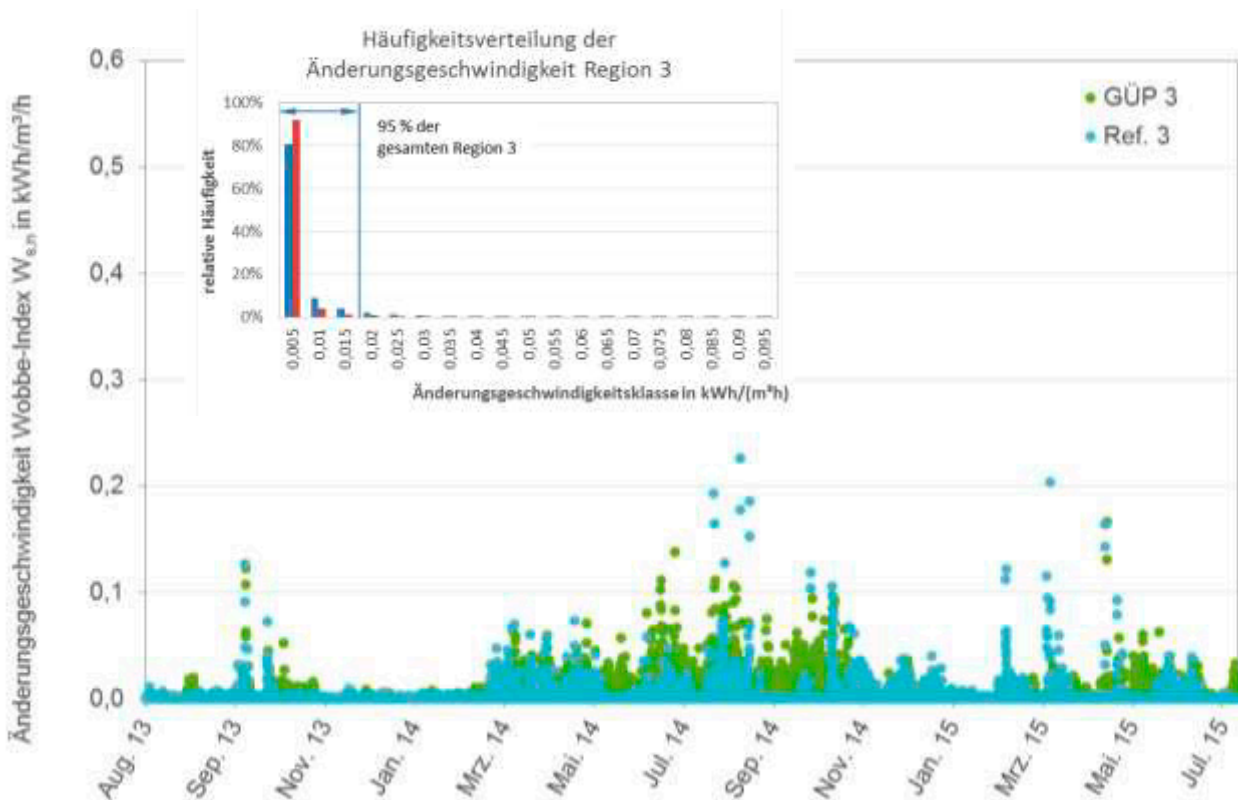


Abbildung 87: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 3 – Süd-Ost, inkl. der Häufigkeitsverteilung

5.3.4 Region 4 – West

In Region 4 im geografischen Westen Deutschlands wurden im Betrachtungszeitraum (8/2013 – 7/2015) sehr verschiedene Gase verteilt. Die Region wird durch 4 GÜP und 3 Referenzmessstellen repräsentiert. An nahezu allen Messpunkten sind große Schwankungen zu verzeichnen. Lokal kann die Gasbeschaffenheit, aufgrund u.a. von Biogaseinspeisung, von den im Folgenden gezeigten Werten abweichen. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen.

Die Gaskennwerte der Region 4 sind in Tabelle 18 zusammengefasst. Das genutzte Wobbe-Indexband hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 8,46 % vom Gesamtmittelwert bzw. 1,23 kWh/m³, das Brennwertband hatte eine Breite von 8,93 % bzw. 1,01 kWh/m³. Die Grenzen der Schwankungsbreite unterscheiden sich in den einzelnen Messstellen geringfügig und liegen im Mittel bei 5,9 % beim Wobbe-Index und bei 7,1 % beim Brennwert. D.h. alle Einspeisepunkte sind von der hohen Bandbreite betroffen, lediglich GÜP 4.1 und der Referenzpunkt 4.1 bilden eine Ausnahme. Die ermittelten Bandbreiten liegen damit am höchsten von allen anderen Regionen.

Die Verteilung der Messwerte im Betrachtungszeitraum ist in Abbildung 88 dargestellt. Hier zeigt sich die verhältnismäßig hohe Schwankungsbreite sowohl für den Brennwert als auch für den oberen Wobbe-Index. Die Grenzen werden einerseits durch Russlandgas andererseits durch das Verbundgas Nord gebildet. Auch in dieser Region ist kein Trend zu noch größeren Schwankungsbreiten auszumachen. Der zeitliche Verlauf des Wobbe-Index ist in Abbildung 89 aufgezeigt. In der Abbildung 90 ist zusätzlich noch die Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-Index dargestellt. Diese weist deutlich zwei dominierende Spitzen auf. Einerseits der durch

Russlandgas dominierte obere Rand, andererseits Nordverbundgas welches die Spitze am unteren Rand definiert. Ergebnis ist das sehr breite 95%-Wobbe-Index-Band mit ca. 0,95 kWh/m³.

Tabelle 18: Verbrennungstechnische Kennzahlen in Region 4 - West

Messstelle	Kennz.	Mittelwert kWh/m ³	Maximum kWh/m ³	Minimum kWh/m ³	ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite	Standardabw. kWh/m ³
GÜP 4.1	Oberer Wobbe-Index	14,64	15,10	14,38	- 1,73 % + 3,14 % (4,88 %)	0,092 (0,63 %)
GÜP 4.2		14,71	14,88	13,87	- 5,75 % + 1,14 % (6,89 %)	0,151 (1,02 %)
GÜP 4.3		14,15	14,86	13,88	- 1,90 % + 5,00 % (6,90 %)	0,285 (2,02 %)
GÜP 4.4		14,18	14,85	13,87	- 2,21 % + 4,70 % (6,91 %)	0,295 (2,08 %)
Ref. 4.1		14,80	14,87	14,56	- 1,67 % + 0,48 % (2,15 %)	0,033 (0,22 %)
Ref. 4.2		14,68	14,88	13,92	- 5,20 % + 1,36 % (6,56 %)	0,141 (0,96 %)
Ref. 4.3		14,62	14,97	13,93	- 4,71 % + 2,40 % (7,11 %)	0,178 (1,22%)
Gesamt		14,54	15,10	13,87	- 4,63 % + 3,88 % (8,45 %)	0,309 (2,13 %)
GÜP 4.1	Brennwert	11,48	11,82	11,27	- 1,80 % + 2,96 % (4,77 %)	0,084 (0,73 %)
GÜP 4.2		11,28	11,89	11,02	- 2,38 % + 5,36 % (7,75 %)	0,062 (0,55 %)
GÜP 4.3		11,15	11,58	10,93	- 1,97 % + 3,89 % (5,96 %)	0,184 (1,65 %)
GÜP 4.4		11,16	11,67	11,88	- 2,55 % + 4,53 % (7,08 %)	0,188 (1,68 %)
Ref. 4.1		11,22	11,36	10,30	- 8,17 % + 1,29 % (9,47 %)	0,040 (0,35 %)
Ref. 4.2		11,29	11,68	11,00	- 2,52 % + 3,44 % (5,96 %)	0,080 (0,71 %)
Ref. 4.3		11,25	11,98	10,96	- 2,56 % + 6,48 % (9,04 %)	0,070 (0,62 %)
Gesamt		11,26	11,98	10,30	- 8,53 % + 6,39 % (14,92 %)	0,154 (1,36 %)

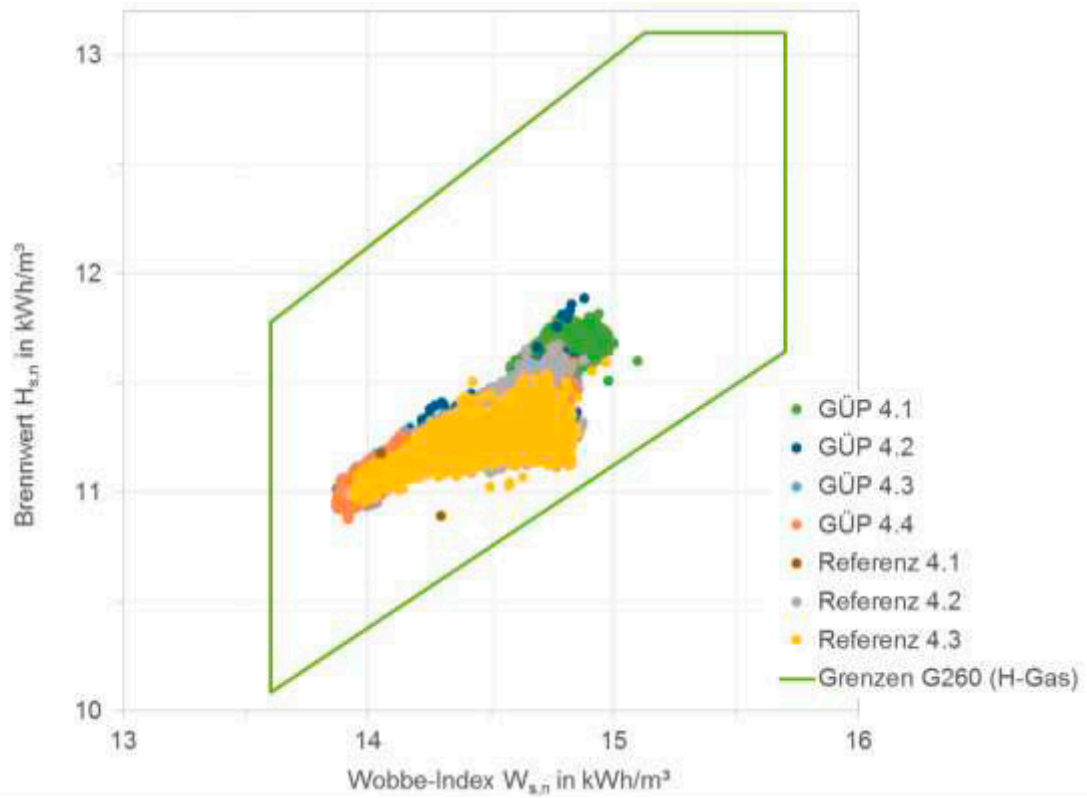


Abbildung 88: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 4

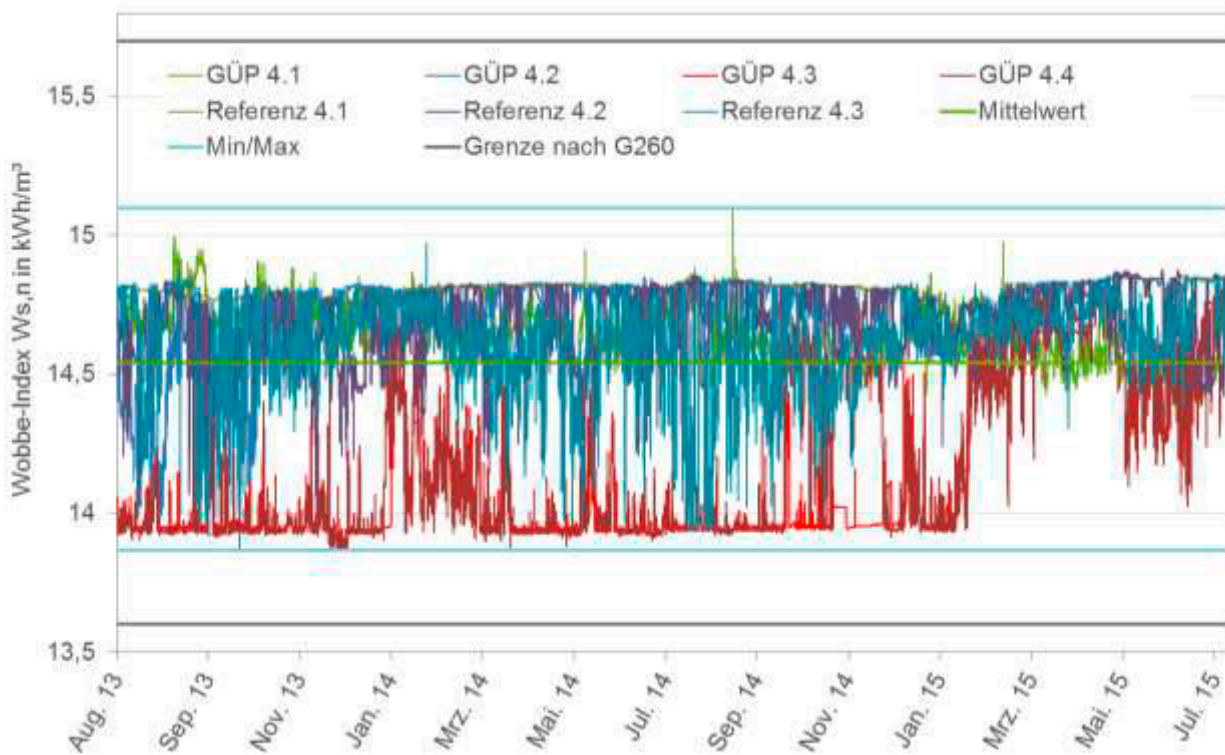


Abbildung 89: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 4 – West

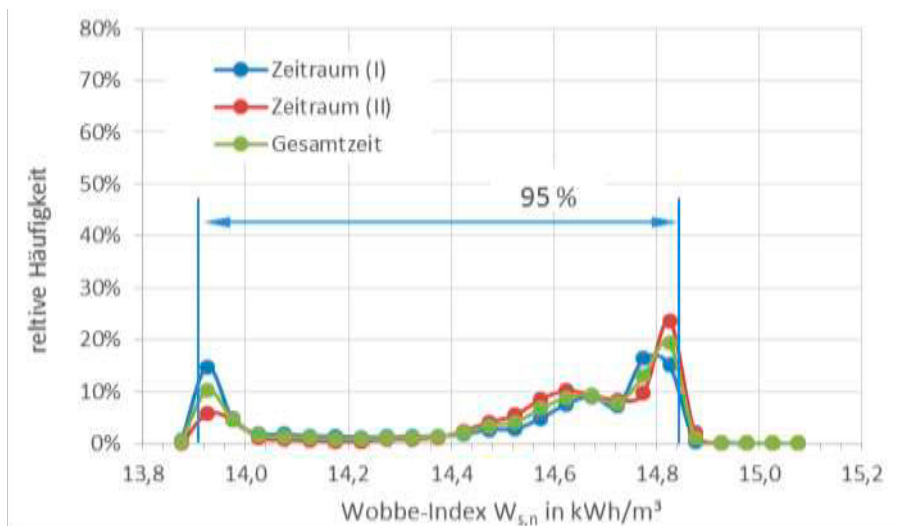


Abbildung 90: Häufigkeitsverteilung des oberen Wobbe-index in der Region 4 - West

Eine Analyse der Änderungsgeschwindigkeiten des Wobbe-Index ergab erwartungsgemäß hohe Werte (s. Abbildung 91). Die stärksten Änderungsgeschwindigkeiten sind am Referenzpunkt 4.3 mit 0,78 kWh/(m³h) ermittelt worden. Lediglich die Messpunkte Referenz 4.1 und GÜP 4.1 weisen im Maximum Werte um 0,2 kWh/(m³h) auf und deuten damit auf eine bevorzugte Versorgung mit Russlandgas hin (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Statistische Daten zur Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in der Region 4 – West

Messstelle (Zeitraum)	Mittelwert kWh/(m³h)	Maximum kWh/(m³h)	Standardabweichung kWh/(m³h)
GÜP 4.1	0,009	0,242	0,013
GÜP 4.2	0,011	0,503	0,024
GÜP 4.3	0,009	0,389	0,024
GÜP 4.4	0,013	0,698	0,026
Ref. 4.1	0,001	0,153	0,004
Ref. 4.2	0,015	0,543	0,033
Ref. 4.3	0,023	0,780	0,044
Gesamt	0,012	0,780	0,024

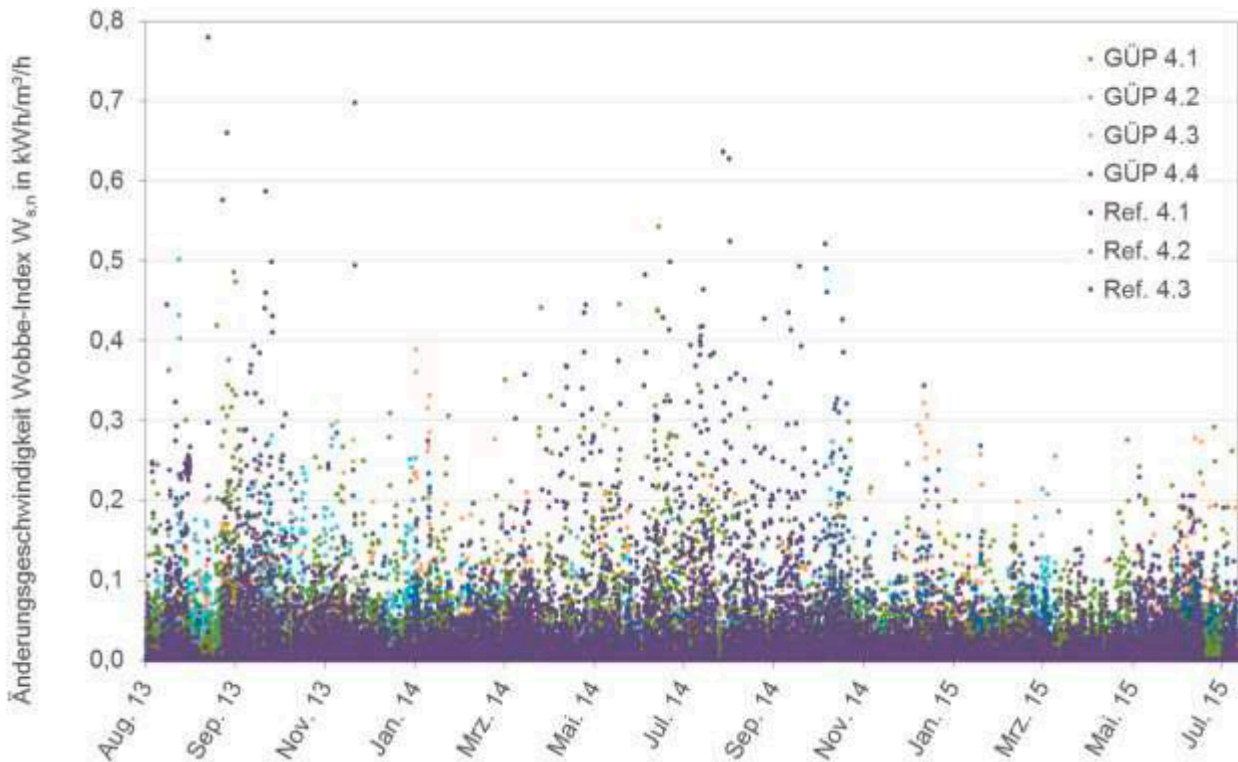


Abbildung 91: Zeitlicher Verlauf der Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der Region 4 – West

Die Analyse der Häufigkeitsverteilung zeigt die Uneinheitlichkeit der Region (s. Abbildung 92). Grundsätzlich liegen die meisten Werte in der kleinsten Größenklasse mit ca. 62 % über die gesamte Region. Die 95%-Grenze für die kumulierte relative Häufigkeit bei wird 0,05 kWh/(m³h) erreicht.

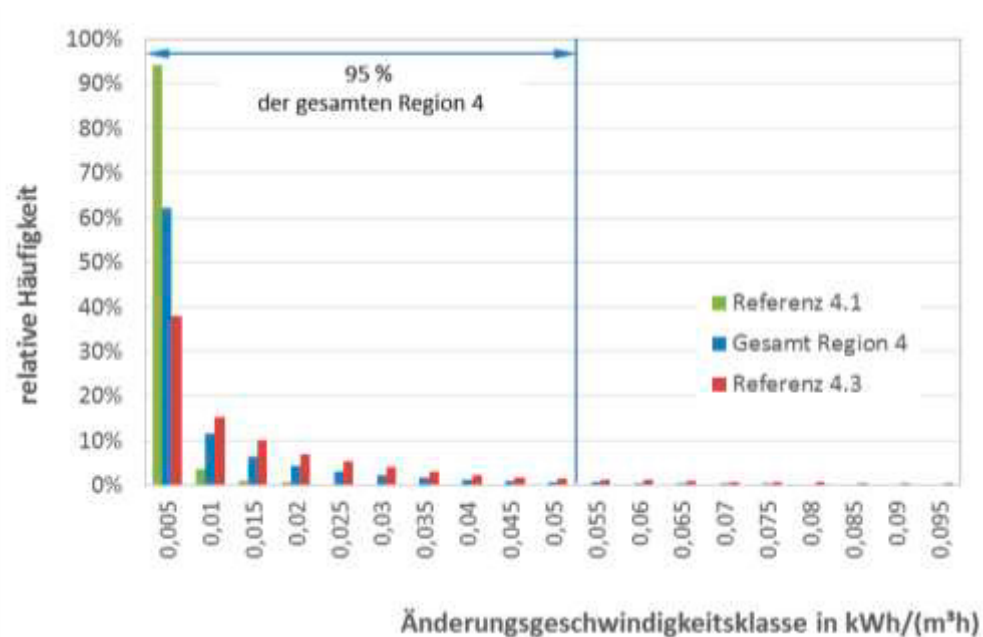


Abbildung 92: Häufigkeitsverteilung der Änderungsgeschwindigkeiten des oberen Wobbe-Index in der gesamten Region 4, sowie an den Messstellen mit den höchsten (Ref. 4.1) bzw. den niedrigsten (Ref. 4.3) Spitzenwerten

Die Region 4 – West ist geprägt durch die sich kreuzenden Gasströme Nord-Süd, die wesentlich durch das Nordseegas bedient werden sowie die Ost-West-Verbindung, welche hauptsächlich durch Russlandgas versorgt ist. Außerdem gibt es in der Region mehrere große Untergrundgasspeicher. Durch diese Situation kommt es häufig zu wechselnden Gasflüssen, die einerseits durch die unterschiedlichen Verbräuche, aber auch durch das Handelsgeschehen in- und außerhalb von Deutschland beeinflusst werden. Ergebnis dieser Situation ist die hohe Bandbreite der Gasbeschaffenheit.

5.3.5 Region 5 - L-Gas-Gebiete

Die L-Gasgebiete wurden in die Analyse der Regionen mit aufgenommen, da sich die Gasverbraucher in den zurückliegenden Jahren in ihren Installations- und Wartungsgewohnheiten auf die Gasbeschaffenheit eingestellt haben und damit der Gerätebestand diesen Randbedingungen unterworfen ist. Die Region 5 im Westen und Nord-Westen Deutschlands wird durch einen Grenzübergangspunkt repräsentiert. Lokal kann die Gasbeschaffenheit auch in dieser Region aufgrund von Biogaseinspeisung von den Werten an dem GÜP abweichen.

Die Gaskennwerte der Region 5 sind in Tabelle 20 zusammengefasst. Alle Werte lagen in den nach DVGW G 260 zulässigen Bereichen. Das genutzte Wobbe-Indexband hatte in der Erfassungszeit eine Breite von 6,32 % vom Mittelwert bzw. 0,79 kWh/m³, das Brennwertband hatte eine Breite von 6,11 % bzw. 0,62 kWh/m³. Die ermittelte Bandbreite ähnelt damit der Region 1 und ordnet sich im Mittelfeld aller Regionen ein.

Tabelle 20: Wobbe-Index in Region L-Gas

Kennwert	2013/2014 (I)	2014/2015 (II)	Gesamt
Oberer Wobbe-Index			
Mittelwert in kWh/m ³	12,52	12,70	12,61
Maximum in kWh/m ³	12,94	12,95	12,95
Minimum in kWh/m ³	12,16	12,29	12,16
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite*	- 2,88 % + 3,38 % (6,26 %)	- 3,28 % + 1,99 % (5,27 %)	- 3,58 % + 2,74 % (6,32 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,087 (0,69 %)	0,205 (1,62 %)	0,182 (1,45 %)
Brennwert			
Mittelwert in kWh/m ³	10,02	10,15	10,09
Maximum in kWh/m ³	10,33	10,38	10,38
Minimum in kWh/m ³	9,76	9,86	9,76
ober. und unt. Abw. Schwankungsbreite*	- 2,61 % + 3,04 % (5,65 %)	- 2,90 % + 2,22 % (5,12 %)	- 3,24 % + 2,87 % (6,11 %)
Standardabweichung in kWh/m ³	0,06 (0,60 %)	0,14 (1,38 %)	0,13 (1,29 %)

Die Charakteristik des im L-Gasgebiet verteilten Gases zeigt im Betrachtungszeitraum eine sehr starke Proportionalität zwischen den beiden wesentlichen Kenngrößen (s. Abbildung 93). Dennoch wird ein relativ großes Band sowohl beim Brennwert als auch beim Wobbe-Index überstrichen.

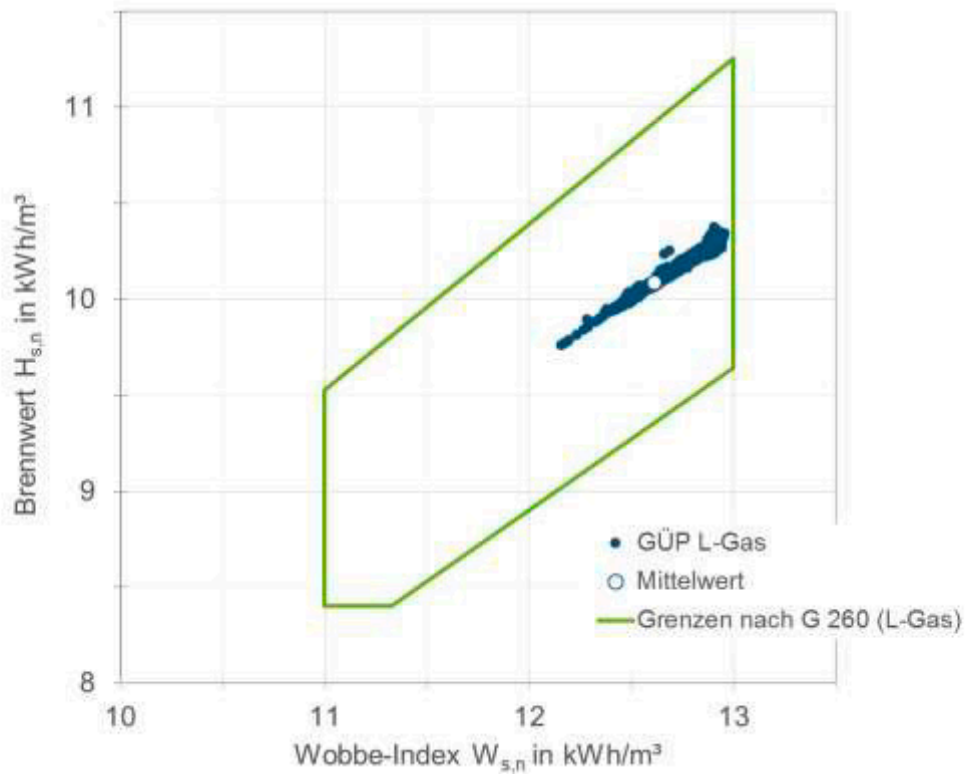


Abbildung 93: Schwankungsbereich von Brennwert und Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)

Der zeitliche Verlauf des oberen Wobbe-Index ist in Abbildung 94 dargestellt. Offensichtlich kam es im Februar 2015 zu einem Wechsel der Versorgung hin zur oberen Grenze des Wobbe-Index. Ein genereller Trend kann aus dem Verlauf der Werte im Betrachtungszeitraum aber nicht abgeleitet werden. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren bestätigt.

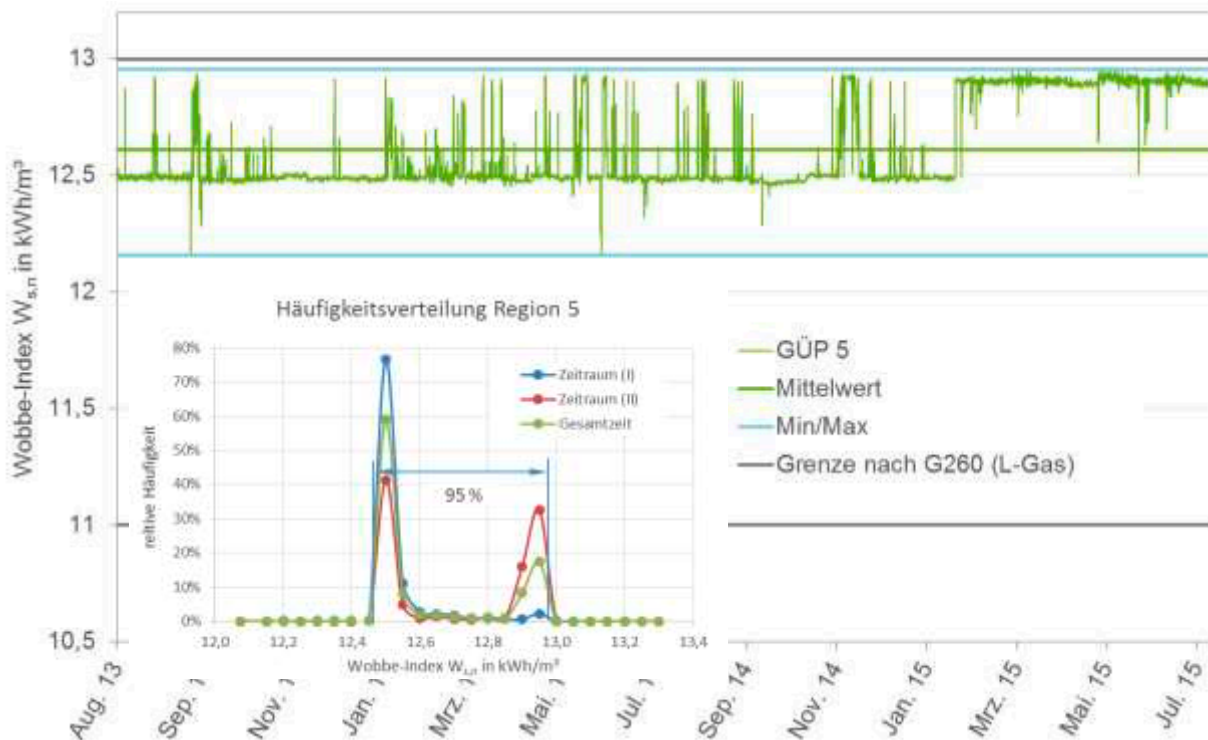


Abbildung 94: Zeitlicher Verlauf des oberen Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas) und dessen Häufigkeitsverteilung

Die Änderungsgeschwindigkeit des L-Gases liegt mit maximal 0,289 kWh/(m³h) signifikant unter der Änderungsgeschwindigkeit des H-Gases in Region 1 (vgl. Tabelle 21 und Abbildung 95), kann aber lokal durch Einspeisung von Biogas oder Gasen aus Power-to-Gas-Anlagen zunehmen.

Durch die verstärkte Einspeisung von LNG in das europäische Verbundnetz und die sinkenden Förderraten in den Niederländischen Erdgasquellen werden der Brennwert und der Wobbe-Index im Durchschnitt zunehmen. Sollte sich jedoch die sich abzeichnende Entwicklung bestätigen, wird sich das zukünftige L-Gas an die obere Grenze des Wobbe-Index anlehnen. Das bedeutet langfristig eine Stabilisierung des Kennwertes auf einem hohen Niveau.

Tabelle 21: Änderungsgeschwindigkeit des Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)

Parameter	2013/2014 (I)	2014/2015 (II)	Gesamt
Mittlere Änderungsgeschwindigkeit in kWh/(m³h)	0,007	0,006	0,007
Standardabweichung in kWh/(m³h)	0,019	0,020	0,019
Maximum in kWh/(m³h)	0,272	0,289	0,289

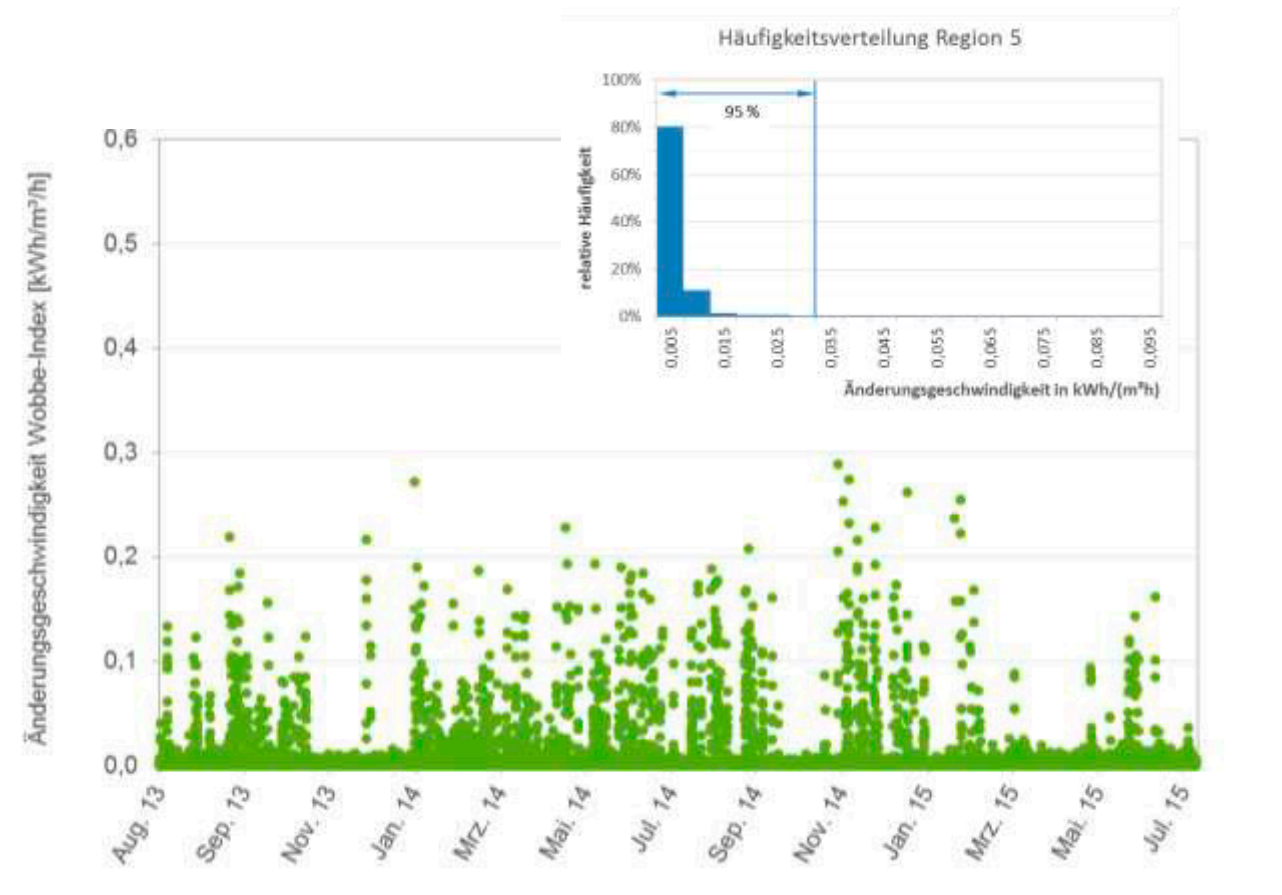


Abbildung 95: Änderungsgeschwindigkeit des oberen Wobbe-Index in Region 5 (L-Gas)

5.4 Vergleich Gasbeschaffenheitsschwankungen in den Regionen und Störgeschehen bei Gasverbrauchern

Aufgrund der von den FNB übergebenen Daten konnten bisher 4 Regionen in Deutschland im H-Gas-Versorgungsgebiet identifiziert werden, die sich hinsichtlich der dort vorherrschenden Schwankungsbreite der verteilten Erdgase unterscheiden. Die Auswertung der Zeitreihen von Wobbe-Index und Brennwert für die vier Regionen und die dort verteilten Erdgase zeigt, dass bereits heute signifikante Schwankungen im Gasnetz auftreten. Ein eindeutiger Trend für die zukünftige Entwicklung lässt sich aus den Messdaten des zweijährigen Betrachtungszeitraums nicht ableiten. Bedingt durch sich ändernde wirtschaftliche Rahmenbedingungen wie die Erdgaspreise ist ein Trend für die Zukunft auch bei einer größeren Datenbasis unsicher.

Allerdings zeigt vor allem die Entwicklung in Region 4, dass die Diversifikation der Quellen, sei es über Erdgasimporte aus verschiedenen Herkunftsländern, LNG-Importe über das europäische Ausland bzw. zukünftig ggf. eigene Terminals, sowie die Einspeisung von erneuerbaren Gasen – heute Biogas, zukünftig auch Wasserstoff und Methan aus Power-to-Gas-Anlagen – vor allem lokal zu erheblichen Schwankungen führen kann. Die Schwankungsbreite wird somit zukünftig lokal eher noch zunehmen.

In diesem Abschnitt sollen nun die Ergebnisse der Marktanalyse und die Ergebnisse aus der Analyse der Gasversorgung zusammengeführt werden. Wesentliche Frage in diesem Zusammenhang ist: Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Wirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen

bzw. den Störungen an Gasgeräten mit den tatsächlich ermittelten Schwankungen der Gasbeschaffenheit? Dazu sollen die durch Fachhandwerker angegebenen Störungen bei Wartungsarbeiten herangezogen werden, da diese den höchsten Umfang und die höchste Dichte aufweisen (s. Abschnitt 3.2.5). Darüber hinaus sind sie am deutlichsten zuzuordnen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 96 zusammengefasst.

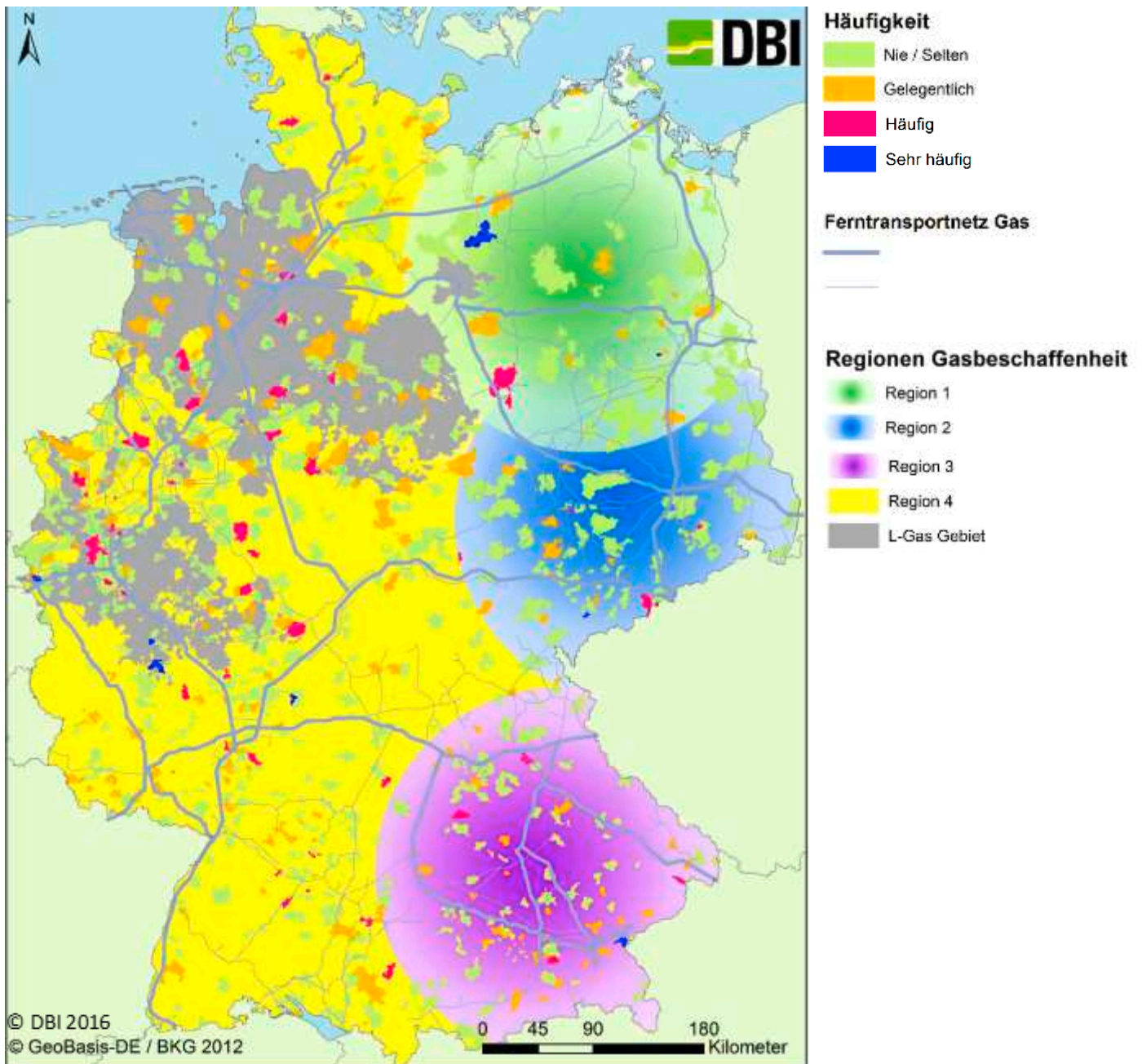


Abbildung 96: Gemeldete Störungen an häuslichen Gasgeräten innerhalb der identifizierten Regionen

Insbesondere in der Region 4 mit ihren Teilgebieten Nord, Mitte und Süd (s. Abs. 5.2.2) sowie an den Grenzen zwischen Region 1 und 4 ist das Störgeschehen deutlich ausgeprägter als in den Regionen 2 und 3. An dieser Stelle muss allerdings vermerkt werden, dass die Störungen lediglich

etwa 3 % der gewarteten Gasgeräte in Deutschland betreffen (s. Abschnitt 4.3). Das Störungsniveau ist damit sehr niedrig.

Vergleicht man dazu die Schwankungsbreiten der Gasbeschaffenheit der Region 4, welche durch zwei Gasbeschaffenheitsspitzen am oberen und unteren Rand des Bandes gekennzeichnet sind (s. Abbildung 90), wird auch der Grund deutlich. Sollten Gasgeräte auf den niedrigen Wobbe-Index eingestellt sein und verschiebt sich im nachträglichen Betrieb die Gasbeschaffenheit in Richtung der oberen Grenze, so ist mit erhöhten CO-Emissionen zu rechnen. Im umgekehrten Fall wird die Energieeffizienz sinken.

Zur Verifizierung dieser These sollte in Phase II eine entsprechende Felderhebung in einem der Landkreise der Region 4, welcher häufige Störungen verzeichnet, durchgeführt werden.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Phase I und Schlussfolgerungen für die Phase II

In diesem Abschnitt sollen die Kernergebnisse im Hinblick auf die durchgeführten Marktanalysen in den verschiedenen Gasverwendungssektoren und die Gasnetzanalysen zusammengefasst werden und Handlungsempfehlungen für die Phase II abgeleitet werden.

Die Ziele der Phase I waren:

- Analyse der Gasanwendungstechniken und der Installationspraxis im Bestand von Haushalt, Gewerbe und Industrie durch eine Marktanalyse
- Analyse der bisherigen Versorgungssituation im deutschen Erdgasnetz

Beide Ziele konnten innerhalb der Phase I erfolgreich und ausführlich bearbeitet werden. Die gewonnenen Ergebnisse untermauern die Herausforderungen, die sich aus den veränderten Versorgungsverhältnissen und dem sich entwickelnden Gerätebestand mit konkreten Erkenntnissen aus Befragungen von Experten und Betreibern von Gasanlagen ergaben. Nachfolgend sollen die wesentlichen Ergebnisse aus den einzelnen Abschnitten der Analyse zusammengefasst und insbesondere Gemeinsamkeiten und Unterschiede der einzelnen Sektoren herausgearbeitet werden. Dabei wird auf die Zusammenfassungen der einzelnen Abschnitte zurückgegriffen. Die Kernaussagen sind jeweils zu den drei Hauptfragen zusammengestellt worden:

- Der Verbreitung von Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen
- Der Einstell- und Wartungspraxis der Verbrauchseinrichtungen
- Wahrnehmung der Gasbeschaffenheit bzw. deren Schwankungen

Generell kann festgehalten werden, dass die Zuverlässigkeit der Markterhebung und der Gasnetzanalyse ausreichend hoch ist, sodass die folgenden Aussagen für die weitere Arbeit genutzt werden können.

Marktanalyse Industrielle Gasverbrauchseinrichtungen

Die Marktanalysen für den Sektor industrieller Gasverbrauchseinrichtungen basiert auf Befragungen von Anlagenbetreibern und Anlagenbauern. Die Befragungsergebnisse stammen aus den industriellen Ballungsräumen Deutschlands mit einer hohen Beteiligung der Chemie- und der Glasindustrie. Die Qualität der Erhebung erlaubt qualitative gute Trendaussagen.

- **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
Bei ca. 25 % der Befragten sind **automatische** Kompensationsmaßnahmen vorhanden, insbesondere bei Großverbrauchern. Lediglich ein Drittel der Befragten kann über die Regelung von Abgaskennwerten indirekt auf Gasbeschaffenheitsschwankungen reagieren.
- **Einstellpraxis ohne Kompensationsstrategien:**
Einstellung auf lokale Gasbeschaffenheit ist üblich, Schwankungen werden nur teilweise oder nur diskontinuierlich berücksichtigt. Durch hohe Anforderungen an Produktqualität, Energieeffizienz, niedrige Emissionen und Prozessstabilität erfolgt die Einstellung bei Installation und Wartung nahe dem Anlagenoptimum.
- **Wahrnehmung der Gasbeschaffenheit:**
 - Einzelne Kennwerte der Gasbeschaffenheit wie der Brennwert werden für Abrechnungszwecke überwiegend verfolgt. Die gesamte Gasbeschaffenheit und deren Schwankungen

werden lediglich in wenigen sehr großen Anlagen mit stofflicher Nutzung des Erdgases verfolgt.

- Der Wobbe-Index ist allein kein aussagekräftiges Kriterium für Gasbeschaffenheit.
- Bei ca. 45 % der Befragten existieren prozessbedingte Grenzen von Gasbeschaffenheitsschwankungen.

Marktanalyse Dezentrale und zentrale Energieversorgung

Die Erhebung für den Sektor erstreckte sich auf die Bereiche der großen Kraft- und Heizwerke sowie auf Technologien, welche hauptsächlich im kleinen Leistungsbereich also in dezentralen Einheiten angesiedelt sind. Durch die erhebliche Bandbreite an installierten Leistungen ergeben sich deutliche Unterschiede der Aussagen in den einzelnen Bereichen. Insbesondere bei großen Anlagen herrscht ein sehr hoher Automatisierungsgrad vor, der es erlaubt, die Prozesse sehr nahe am energetischen Optimum zu fahren. Dagegen sind kleine Anlagen wie zum Beispiel Hallenheizungen oder kleinere Kesselanlagen auf niedrige Investitionskosten mit einem geringen Ausstattungsgrad der Automation getrimmt. Diese Anlagen erhalten oft manuell eine robuste Einstellung der Verbrennung. Die regionale Verteilung entspricht den industriellen Ballungsräumen. Aus allen Leistungsbereichen konnten Antworten ausgewertet werden, daraus ergibt sich eine repräsentative Auswahl an Anlagengrößen. Die Bandbreite an Technologien entspricht im Wesentlichen der des Sektors. Die Qualität der Erhebung erlaubt qualitative gute Trendaussagen.

• **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**

- Bei etwa 50 % der zentralen Energieversorgungsanlagen (Industriekraftwerke, Großkraftwerke) sind automatische Strategien vorhanden, die die indirekte Gasbeschaffenheit berücksichtigen. Nur etwa 7 % der Befragten geben an, dies auch im Zusammenhang mit Gasbeschaffenheitsschwankungen zu nutzen.
- Gasgebläsebrenner nach EN 676 im mittleren Leistungssegment besitzen als OEM-Produkt eine hohe spezifische Automatisierung durch eine elektronische Gas-Luft-Verbundregelung, die aber durch eine Verbrennungsregelung ergänzt werden muss, um Gasbeschaffenheitsschwankungen zu kompensieren. Tatsächlich lassen aber nur 15 % der jeweiligen Anlagen eine begrenzte Verbrennungsregelung indirekt über den Restsauerstoff im Abgas zu, welche nur eingeschränkt eine Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen zulässt.
- Kleine Einheiten, insbesondere Hallenheizungen haben keine Verbrennungsregelungen. Kompensationsstrategie ist eine robuste Einstellung mit entsprechenden Reserven in der Energieeffizienz.

• **Einstellpraxis:**

- Sofern keine automatische Verbrennungsregelung vorhanden ist, werden die Systeme manuell hauptsächlich nach Abgaswerten auf eine lokale Gasbeschaffenheit eingestellt. Schwankungen der Gasbeschaffenheit werden meistens durch Neueinstellung während der für diese Gruppe überwiegend jährlichen Wartung berücksichtigt, wenn abweichende Emissionswerte vorliegen.
- Als aussagefähige Gasbeschaffenheitskenngröße wird überwiegend der Heizwert benannt. Hintergrund sind Abrechnungsprozesse insbesondere bei Großanlagen. Da in diesem Sektor Abgasemissionen einen hohen Stellenwert haben, liegt der Fokus eindeutig auf der Einhaltung der Grenzwerte. Diesem werden Fragen nach Gasbeschaffenheitskennwerten untergeordnet und sind durch die Kontrolle der Abgasemissionen berücksichtigt.

- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
 - Für die zentrale Energieversorgung nehmen ca. 30 % der Befragten wahr, dass Grenzen der Gasbeschaffenheitsschwankungen für ihre Anlagen existieren.
 - Im Bereich der dezentralen Energieversorgungsanlagen und damit kleineren Anlagengrößen werden Gasbeschaffenheitsschwankungen kaum beobachtet. Lediglich indirekt erfolgt eine Kompensation durch eine manuelle, robuste aber weniger energieeffiziente Einstellung der Systeme.

Marktanalyse häuslicher Gasgeräte

Die Erhebung im Sektor häuslicher Gasverbraucher wurde bei den Fachhandwerkern des SHK-Gewerbes durchgeführt. Die Größe der Stichprobe (1.222 ausgefüllte Fragebögen), die Verteilung der Unternehmen auf das Bundesgebiet und die erfassten Gerätetypen zeigen eine hohe Signifikanz der gefundenen Ergebnisse und erlauben sichere Aussagen. Die Plausibilitätsprüfung anhand von Ergebnissen anderer Erhebungen fällt grundsätzlich positiv aus.

- **Entwicklung bei der Installation, Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
Es werden zunehmend verbrennungsgeregelte Gasbrennwertgeräte sowie nicht adaptive Gasgeräte (Brennwertgeräte, atmosphärische Geräte) installiert, dennoch ist der Gerätebestand durch einen hohen Anteil älterer Systeme geprägt, die **vorwiegend** (ca. 80 %) auf die lokale Gasbeschaffenheit eingestellt sind.
- **Einstell- und Wartungspraxis:**
 - Die Installations- und Wartungsunternehmen stellen zum überwiegenden Teil (über 95 %) die Gasgeräte auf die **aktuelle, lokale, vorwiegend unbekannte** Gasbeschaffenheit ein.
 - Aus der Befragung ergibt sich eine Indikation nicht flächendeckender Wartung.
- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
Die befragten Unternehmen haben die zeitlich variierende Gasbeschaffenheit nicht im Fokus und nehmen diese nicht als Herausforderung wahr.

Marktanalyse Mobilitätssektor

Die Analyse in diesem Sektor basiert auf der Auswertung vorhandener Studien von Herstellern mobiler Gasmotoren. Anders als in den anderen untersuchten Sektoren ist Berücksichtigung einer wechselnden Gasbeschaffenheit in der Kraftfahrzeugtechnik Stand der Technik. Die Verbrennungsregelung von Fahrzeugmotoren ist aus der Flüssigkraftstoffverwendung übernommen und technisch ausgereift.

Im Gegensatz dazu werden stationäre Motoren aus dem Sektor der dezentralen Energieversorgung in einem anderen Leistungs- und Regelbereich betrieben und typischerweise fest auf die lokale Gasbeschaffenheit eingestellt. In der Regel wird in diesem Sektor davon ausgegangen, dass die Gasbeschaffenheit wenig variiert.

- **Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen:**
Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen wie adaptive Motorsteuerungen mittels Klopfensoren und Abgassensoren sind Stand der Technik in der mobilen Motorentechnik und im Fahrzeugbestand implementiert. Dies trifft nicht für stationäre Motoren der Energieversorgung zu.

- **Wahrnehmung der Variation der Gasbeschaffenheit:**
 - Die Fahrzeuge müssen für die Fahrt durch unterschiedliche Gasnetzregionen, z. B. auch für Wechsel zwischen L- und H-Gas geeignet sein. In der Kraftfahrzeugindustrie existiert dafür ein ausgeprägtes Bewusstsein.
 - Als verbrennungstechnische Kennzahlen ist für die Automobilindustrie die Methanzahl ausschlaggebend.
 - Der Fokus der Gasbeschaffenheitsthematik liegt auf Spurenbestandteilen wie z.B. Schwefel- und Siliziumverbindungen, welche sich auf Abgasnachbehandlungssysteme auswirken, sowie auf Wasserstoff, dessen Gehalt durch bestimmte Tanksysteme begrenzt ist.

Analyse aktueller Schwankungsbreiten der Gaszusammensetzung

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten 5 Regionen ermittelt werden, in denen sich die Schwankungsbreite der Gasbeschaffenheit aufgrund der Netztopologie und der vorherrschenden Strömungsrichtungen unterscheiden lassen. Es wird angenommen, dass sich die Gaszusammensetzung in ihrer Schwankungsbreite ähnlich verhält. Generell kann festgehalten werden, dass sich die Gasbeschaffenheit in den zulässigen Grenzen des DVGW-Arbeitsblattes G 260 mit ausreichendem Abstand zu den definierten Grenzwerten bewegt.

In allen Regionen speisen zusätzlich Biomethananlagen Gas in Verteilnetze und teilweise in Transportnetze ein. Darüber hinaus existieren wenige Einspeiseanlagen, die Wasserstoff in das Transportnetz einspeisen. Die Auswirkung von Biomethan- und Wasserstoffeinspeisungen sind im Rahmen der ersten Phase dieser Studie nicht untersucht worden, da sie sich typischerweise nur in kleinen Gebieten der ausgewiesenen Regionen bemerkbar machen.

Die Gasbeschaffenheit der identifizierten Regionen unterscheidet sich hinsichtlich der Breite des Gasbeschaffenheitsbandes sowie der Änderungsgeschwindigkeit der Gasbeschaffenheit in Form des Wobbe-Index. Es konnten Regionen mit sehr kleinen Bandbreiten identifiziert werden, als auch solche mit großen Bandbreiten. Die höchste Bandbreite des oberen Wobbe-Index wurde im Westen Deutschlands mit ca. 0,9 kWh/m³ (Vertrauensniveau 95 %) festgestellt. Die Schwankungsbreite der Gasbeschaffenheit deckt sich speziell in den Grenzregionen mit den durch die Fachhandwerker des SHK-Gewerbes festgestellten Störungen, insbesondere bei den Abgasemissionen. Die Störungen an den Gasgeräten belaufen sich allerdings auf einem sehr niedrigen Niveau von etwa 3 % der gewarteten Gasgeräte.

Durch die starke Vernetzung des deutschen Transportnetzes hat die hier vorgestellte Analyse temporären Charakter. Durch Änderungen in der Quellenstruktur sind andere Konstellationen möglich und auch wahrscheinlich. In der nächsten Dekade wird dies hauptsächlich durch den Wegfall der holländischen Fördergebiete geprägt sein. Die Gasströme werden perspektivisch durch die Hauptquellen Nordsee und Russland sowie den Ersatz des holländischen L-Gases durch LNG kompensiert. Die tatsächlichen Verhältnisse werden durch die globalen Erdgaspreise definiert. Die Analyse kann deshalb nur bedingt zur Ableitung von Tendenzen herangezogen werden und muss in den jeweiligen Kontext gesetzt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

- Nur wenige der Gasverbraucher haben das Thema „Veränderung der Gasbeschaffenheit“ im direkten Fokus. Die Gasbeschaffenheit wird in der Regel als Konstante angesehen. Einige Branchen und Unternehmen bilden positive Ausnahmen (z.B. Chemie, Großkraftwerke).

Insbesondere in Sektoren und Bereichen mit kleineren Anlagen und hohem Kostendruck sind wenig bzw. keine Kompensationsstrategien für Gasbeschaffenheitsschwankungen vorhanden.

- Der überwiegende Anteil des Geräte- und Anlagenbestandes ist auf die zur Installation oder Wartung vorhandene lokale Gasbeschaffenheit eingestellt.
- Der Wobbe-Index als verbrennungstechnische Kenngröße spielt für viele Anwendungen, insbesondere im großtechnischen Bereich (Kraftwerke, Thermoprozesstechnik) eine untergeordnete Rolle und ist oft nicht ausreichend aussagekräftig.
- Es gibt deutliche regionale Unterschiede in der Gasbeschaffenheit und dadurch unterschiedliche Herausforderungen für die Netzbetreiber, die Geräteindustrie und die Anlagenbauer. In allen Regionen werden aber die Grenzwerte des DVGW-Arbeitsblattes G 260 eingehalten.

Handlungsempfehlungen für die Phase II:

Aus den Ergebnissen der Studie ergeben sich keine Änderungen des vorgesehenen Arbeitsplanes. Im Rahmen der Analyse des Gasnetzes konnten Regionen identifiziert werden, die im Rahmen von Feldtests zur Verifikation der gefundenen Ergebnisse näher untersucht werden sollen.

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Gewerbe- und Industriebereich – Betreiber
- Anlage 2: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Gewerbe- und Industriebereich – Hersteller
- Anlage 3: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Dezentrale und zentrale Energieversorgung – Betreiber
- Anlage 4: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, dezentrale Energieversorgung – Hersteller Gasgebläsebrenner nach EN 676
- Anlage 5: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Hersteller Dezentraler Hallenheizsysteme
- Anlage 6: Fragebogen Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Häusliche Gasverbraucher (Fachhandwerker, Installateure)