

Gutachten

zur „Ermittlung von anerkannten Pauschalwerten
für den Jahresnutzungsgrad (JNG) von Heizungsanlagen“

vorgelegt vom

Institut „Energiefragen der Immobilienwirtschaft“ der EBZ Business School, Bochum

Prof. Dr. Viktor Grinewitschus (Projektleitung)

Katja Lepper, M.Sc.

Bochum, im September 2015

Auftraggeber:

AGFW Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

B.KWK Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.

VfW Verband für Wärmelieferung e.V.

ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. – ESCO Forum

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Management Summary.....	2
2 Ziel des Forschungsprojektes	4
3 Aufbau des Forschungsprojektes.....	5
3.1 Grundlagen und Einflussfaktoren.....	5
3.2 Verwendete Datenquellen	5
4 Vergleich der vorliegenden Daten mit den Ergebnissen der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Pauschalwerte.....	8
5 Abschätzung des auftretenden Fehlers bei der Anwendung des Reziprokwert-Verfahrens.....	14
5.1 Betrachtung der reinen Heizungsanlagen.....	14
5.2 Betrachtung von Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung	16
6 Verbessertes Verfahren zur Ermittlung von Pauschalwerten	20
6.1 Regressionsanalyse.....	21
6.2 Durchführung und Ergebnis	22
7 Zusammenfassung und Ausblick.....	26
8 Anhang	28
Glossar.....	28
Tabelle 13: Deskriptive Statistiken der Zielkorridore/Fehlerintervalle.....	30
Datentabelle	31

Vorwort

Mit der Beauftragung zur Durchführung des Forschungsauftrages und Präsentation der Ergebnisse in Form eines Gutachtens wurde ein technischer Bereich der Wärmeversorgung thematisiert, der bisher keine vertiefenden Untersuchungen erfahren hatte. Daher hat sich auch die anfängliche Erwartung nicht ohne weiteres umsetzen lassen, Betriebsdaten von technisch sehr streng geführten Anlagen in ausreichendem Maße abzurufen und sie einem breiten Bereich von Eigentümer geführten Anlagen, also solchen mit durchschnittlicher Betriebsführung, gegenüberstellen zu können. Rasch hat sich herausgestellt, dass – da Standards zur Datenaufnahme und -bearbeitung nicht existieren – jedes der Unternehmen die von ihm kommunizierten Daten nach seinen eigenen betrieblichen Belangen erhoben und aufbereitet hat. So musste zunächst eine Vergleichbarkeit der Datensätze, inhaltlich und die gelieferten Formate übergreifend, hergestellt werden, damit sie in entsprechender Auswertung aufgearbeitet werden konnten.

Diese Vorarbeiten wurden geleistet, sie stehen dauerhaft zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe können auch künftige Datenmengen nach gleicher Logik verarbeitet werden. Es ist möglich, einen sich durch Zeitablauf ändernden Anlagenbestand im Feld in gleicher Analyselogik auszuwerten und so die Jahresnutzungsgradermittlung als wiederholbaren Prozess zu verankern, der technologische Veränderungen systemimmanent zu verarbeiten in der Lage ist.

Die Abarbeitung des Forschungsauftrages wurde ermöglicht durch die Zuarbeit von großen Unternehmen der Deutschen Wohnungswirtschaft einerseits und gewerblichen Wärmelieferanten andererseits, die ihre hoch auflösenden Beobachtungen zu den von ihnen errichteten und geführten Wärmeerzeugungsanlagen zur Verfügung gestellt haben. Wenn hier eine namentliche Danksagung nicht in Frage kommt, so respektiert das die Bedingung, unter der alle Unternehmen ihr Datenmaterial zur Verfügung gestellt haben: die Lieferung erfolgte gegen Zusicherung der Wahrung absoluter Anonymität.

Ebenfalls möchten sich die Autoren des Gutachtens bei David Reichenbacher für seinen Beitrag zur Erarbeitung der dem Gutachten zu Grunde liegenden Systematik bedanken.

1 Management Summary

Mit der Novellierung des deutschen Mietrechtes im Jahr 2013 wurden u.a. Vorschriften für die Umstellung der Wärmeversorgung im vermieteten Wohnungsbestand erlassen. Diese sind im § 556c BGB und in der Wärmelieferverordnung (WärmeLV) niedergelegt und betreffen Vermieter, Mieter und Wärmelieferant.

Für eine solche Umstellung ist der Jahresnutzungsgrad (JNG) einer Heizungsanlage ein entscheidender Parameter, der über die korrekte Umsetzung dieser neuen Vorschriften in dem vom Gesetzgeber vorgegebenen wirtschaftlichen Rahmen entscheidet. Daher ist die Frage nach dem Jahresnutzungsgrad einer Heizungsanlage im Bestand für die Umstellung der Wärmeerzeugung von deren Betrieb durch den Vermieter hin zur gewerblichen Wärmelieferung von elementarer Bedeutung. Der JNG kann nach Vorgabe des Gesetzgebers durch Messung oder, wo gemessene Werte nicht vorliegen, durch Verwendung sgn. „anerkannter Pauschalwerte“ ermittelt werden.

Als anerkannte Pauschalwerte gelten nach gesetzlicher Begründung zur WärmeLV durch das BMJ entsprechend einer vom BMVBS veröffentlichten „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ vom 30. Juli 2009 zu ermittelnde Werte, bei denen als einzig maßgebliche Größen die Eingangsparameter Kesselart (Konstanttemperatur, Niedertemperatur oder Brennwerttechnik), das Alter der Anlage, die Betriebsart (mit oder ohne Warmwasser-Bereitung) und die Größe des Gebäudes vorgesehen sind. Das vorliegende Gutachten untersucht anhand einer Vielzahl der von Wohnungsbau-Unternehmen und Energiedienstleistern zur Verfügung gestellten Daten aus im Bestand betriebener Heizungsanlagen die Genauigkeit des in der Begründung der WärmeLV vorgesehenen Verfahrens (nachfolgend kurz „Reziprokwert-Verfahren“ genannt, auch wenn die vom BMVBS veröffentlichten Erzeuger-Aufwandszahlen hierfür ursprünglich nicht vorgesehen waren) und schlägt für den Bereich der untersuchten Leistungsklassen ein verbessertes Verfahren für die Ermittlung solcher Pauschalwerte vor.

Bedingt durch die von den Datenlieferanten (Wohnungsbau-Unternehmen und Energiedienstleistern) zur Verfügung gestellten Werte liegen vor allem Daten über die dort verwendeten Anlagentypen und Leistungsklassen vor. Diese wurden dem Gutachten zugrunde gelegt, und nur auf diese Leistungsklassen beziehen sich die in diesem Gutachten gemachten Aussagen und Analysen.

Vergleicht man die nach dem Reziprokwert-Verfahren ermittelten Pauschalwerte mit den in der Praxis gemessenen Mittelwerten für die jeweiligen Kategorien, ist für den untersuchten Bereich zu erkennen, dass nach Reziprokwert-Verfahren der JNG der Bestandsanlagen deutlich zu hoch abgeschätzt wird (siehe hierzu Tabelle 6, Seite 11 und Tabelle 7, Seite 12). Bei reinen Heizungsanlagen liegen die mittels Reziprokwert-Verfahren ermittelten Pauschalwerte zwischen 8,5 % und 14,0 %, bei den Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung zwischen 6,6 % und 19,8 % über den Mittelwerten der Messergebnisse. Es ist zu erkennen, dass insbesondere die neueren Anlagen nach dem Reziprokwert-Verfahren deutlich effizienter eingestuft sind, als durch die in der Praxis gemessenen Werte bestätigt wird (Tabelle 6, Seite 11 und Tabelle 7, Seite 12, Zeilen „ab 95“).

Die reine Betrachtung der Mittelwerte drückt allerdings noch nicht aus, wie groß die Genauigkeit der Abschätzung bei der Anwendung des Reziprokwert-Verfahrens ist. Daher

wurde in vorliegendem Gutachten ebenfalls untersucht, welcher Prozentsatz der Anlagen bei der Anwendung der aus dem reziproken Einsatz der Erzeuger-Aufwandszahlen ermittelten-Pauschalwerte in einem Zielkorridor von $\pm 5\%$ liegt. Nach den erhobenen Daten hat das Reziprokwert-Verfahren die höchste Genauigkeit bei reinen NT-Heizungsanlagen ab Baujahr (BJ) 1995, hier liegen noch 32,6 % der Anlagen in diesem Intervall. Bei Brennwertkesseln mit Warmwasserbereitung (BJ 1987-1994) sinkt dieser Wert auf 4,2 %.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein neues Verfahren erarbeitet, mit dem sich die Genauigkeit der Abschätzung des JNG bei Bestandsanlagen wesentlich steigern lässt. Hierbei wird der JNG anhand der vorliegenden Anlagendaten auf der Basis einer statistischen Regressionsanalyse ermittelt. Die in vorliegendem Gutachten als relevant herausgearbeiteten konstruktiven Merkmale wie

- Kesselart (Brennwert- / Niedertemperaturtechnik),
- Brennerart (atmosphärischer oder Gebläse-Brenner),
- Betriebsart (Heizung / Heizung mit Warmwasserbereitung),
- Nennleistung der Kessels sowie
- Betriebsvollaststunden

werden als Eingangsgrößen verwendet. Die Einflussfaktoren der genannten Parameter auf den JNG wurden anhand von 579 Bestandsanlagen¹ ermittelt.

Das hier vorgestellte Verfahren wurde anhand eines kombinierten Datensatzes aus mehreren Quellen überprüft. Es ermittelt den Jahresnutzungsgrad von Bestandsanlagen wesentlich exakter als das Reziprokwert-Verfahren. Mit dem vorliegenden Datenmaterial konnte eine deutliche Steigerung der Genauigkeit im Vergleich zu den BMVBS-Werten erreicht werden. So lagen beim Vergleich der gemessenen zu den nach dem hier vorgeschlagenen Verfahren berechneten JNG ca. 70 % der Anlagen in dem Zielkorridor von $\pm 5\%$. Siehe hierzu Kapitel 6.

Ebenfalls wurde – erwartungsgemäß – festgestellt, dass es Auswirkungen auf den JNG gibt, die nicht aus der Anlagentechnik allein erklärbar sind. Es existiert bei der Abschätzung der Parameter eine Bandbreite, die im Wesentlichen auf die Handhabung der Anlagen durch ihre Betreiber zurückgeht. Das erklärt Anlagen, die jenseits des Zielkorridors $\pm 5\%$ liegen und entweder bessere oder schlechtere JNG aufweisen. Diese Streubreite der Ergebnisse ist allerdings der vom Gesetzgeber vorgesehenen Pauschalisierung immanent: die Qualität der Handhabung einer Anlage kann messtechnisch nur im Einzelfall, nicht aber über statistische Durchschnittsaussagen erfasst werden.

Das im vorliegenden Gutachten vorgestellte Verfahren ist unter der Prämisse entwickelt, dass zur Beurteilung des JNG nur Eingangsgrößen heranzuziehen sind, die sich anhand in jedem Fall vorliegender Daten ermitteln lassen, also an der Anlage selbst feststellbar sind oder vom Anlagenbetreiber ohne weiteres zur Verfügung gestellt werden können. Damit entspricht die Vorgehensweise und Systematik vom Prinzip her der vom BMJ vorgesehenen Einteilung zur Ermittlung von Pauschalwerten für den JNG. Mit den in dieser Untersuchung ermittelten, erweiterten Eingangsgrößen wird eine deutliche Steigerung der Genauigkeit im Vergleich zu den Ergebnissen nach Reziprokwert-Verfahren erreicht.

¹ Wertennachweis im Anhang.

2 Ziel des Forschungsprojektes

Die Verbände AGFW, BDEW, B.KWK, ESCO Forum im ZVEI und VfW haben gemeinsam ein Forschungsprojekt zur „Ermittlung von anerkannten Pauschalwerten für den Jahresnutzungsgrad (JNG) von Heizungsanlagen“ durch das EBZ in Bochum initiiert. Ziel des Forschungsprojektes ist es, ein Verfahren zu entwickeln, welches es erlaubt, den JNG von Heizungsanlagen im Bestand auf der Basis von empirischen Daten anhand von konstruktiven Merkmalen und Angaben zum Brennstoffeinsatz der Anlagen mit höherer Genauigkeit als bisher möglich abzuschätzen.

Die Beauftragung ist vor dem Hintergrund der zum 01.07.2013 in Kraft getretenen Rechtslage nach § 556c BGB und der auf dieser Basis ergangenen Wärmelieferverordnung (WärmeLV) erfolgt. Diese sieht vor, dass eine Umstellung der Wärmeversorgung (Heizwärme- und Brauchwarmwasserbereitung) in vermieteten Immobilien ohne Mieterzustimmung von der Eigenversorgung des Vermieters auf gewerblichen Wärmebezug zulässig ist, wenn die Umstellung in einer für den Mieter betriebskostenneutralen Weise erfolgt. Zur Berechnung der Kostenneutralität ist der Rückgriff auf „anerkannte Pauschalwerte“ zur Ermittlung des JNG gesetzlich zugelassen.

Der Forschungsauftrag fokussiert die Analyse der im Feld zu erhebenden Betriebsdaten von Wärmeerzeugern und deren Verarbeitung zu JNG-Pauschalwerten. Der Forschungsauftrag wird mit der Ermittlung einer Methode oder eines Algorithmus erfüllt, die eine pauschale Bewertung des Jahresnutzungsgrades eines verbauten Wärmeerzeugers ermöglicht.

Derzeit ist vom Verordnungsgeber der WärmeLV als „Anerkannte Pauschalwerte“ der reziproke Einsatz der sogenannten Erzeuger-Aufwandszahlen aus der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ des BMVBS vom 30. Juli 2009 empfohlen. Damit beinhaltet der Forschungsauftrag auch die Diskussion dieses Rechenweges im Hinblick auf seine Prognosegenauigkeit zu den dort aufgeführten Klassifizierungen.

Im vorliegenden Gutachten werden Konzeption, Annahmen und wesentliche Ergebnisse des Forschungsprojektes dokumentiert.

3 Aufbau des Forschungsprojektes

3.1 Grundlagen und Einflussfaktoren

Dem Forschungsprojekt liegt der Ansatz zugrunde, dass die JNG von Heizungsanlagen wesentlich von solchen konstruktiven Eigenschaften abhängen, die sich im Rahmen einer Begehung der Anlagenstandorte einfach ermitteln lassen. Als solche kommen in Frage:

- Alter der Heizungsanlage
- Art des Wärmeerzeugers (Konstant-Temperaturkessel, Niedertemperatur-Kessel, Brennwertkessel)
- Brennerart (atmosphärischer Brenner, Gebläsebrenner)
- Leistung des Kessels
- Betriebsart der Anlage (reine Heizungsanlage, Heizungsanlage mit Warmwasserbereitung)

Dazu ergänzend wird angenommen, dass der JNG von weiteren Parametern abhängt, die sich aus den Verbrauchsdaten ermitteln lassen. Als solche sind anzusehen:

- Betriebsvolllaststunden
- Verbrauchsanteil einer Warmwasser-Bereitung

Es ist zu erwarten, dass die quantitative Ermittlung einer Kombination dieser Werte bei Bestandsanlagen zu einem spezifischen JNG der Anlage führt und dass sich mit einer hinreichend großen Menge an betrachteten repräsentativen Anlagen diese Einflussfaktoren zuverlässig abschätzen lassen.

Alle im vorliegenden Gutachten gemachten Aussagen zum JNG beziehen sich immer auf den unteren Heizwert des Brennstoffs (Hi). Damit folgt die Darstellung hier der Darstellung, die in den Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand nach BMVBS-Veröffentlichung vom 30. Juli 2009 gewählt ist.

3.2 Verwendete Datenquellen²

1. Wohnungswirtschaftliche Anlagen

Für die Analyse der Abhängigkeiten und die Entwicklung des Verfahrens wurden die Daten von Anlagen in Mehrfamilienhäusern herangezogen. Die verwendeten Datensätze stammen aus Liegenschaften der Wohnungswirtschaft, deren Anlagen entweder von den Wohnungsbau-Unternehmen selbst oder durch von diesen eingeschaltete Dienstleister betrieben werden (wohnungswirtschaftliche Anlagen). Im letzten Fall sind die Anlagen von den Dienstleistern zwar übernommen, aber nicht von diesen geplant oder in der Betriebsführung optimiert worden.

² Eigene Daten von wohnungswirtschaftlichen Anlagen oder Contracting-Anlagen wurden vom EBZ nicht erhoben. Des Weiteren wurden auch keine vor Ort Messungen oder Begehungen der Anlagen durchgeführt.

Herangezogen wurden Anlagen, bei denen der Brennstoffverbrauch bekannt ist und die produzierte Wärmemenge mit Wärmemengenzählern erfasst wurde, so dass deren JNG im Rahmen der bestehenden Messgenauigkeiten ermittelt werden konnte. Des Weiteren lagen die konstruktiven Merkmale der Anlagen vor.

Da jeder Datenlieferant seine Daten in der für seinen Betrieb opportunen Form erhebt und klassifiziert, musste das zur Verfügung gestellte Datenmaterial homogenisiert werden. Nach Bereinigung um unplausible Datensätze (z.B. JNG unter 65 % und über 110 % jeweils bezogen auf Hi) ergab eine den gestellten Anforderungen entsprechende Sortierung eine verwertbare Schnittmenge von

2847 aussagefähiger Beobachtungen von Feldanlagen aus dem Bereich der nicht von Energiedienstleistern optimierten Wärmeerzeugern.

Jede Beobachtung entspricht einem Zeitraum von mehreren Monaten bis hin zu einem Jahr, in dem Brennstoffverbrauch und produzierte Wärmemenge bekannt sind.

Insgesamt standen die Daten aus sechs Quellen zur Verfügung. Tabelle 1 zeigt den Umfang der Datensätze (A1 bis A6) aus dem wohnungswirtschaftlichen Anlagenbereich.

Vorhandene Angaben	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Zeitraum	1. Halbjahr 2015	2010 - 2013	2013 - 2014	2013	2010 - 2014	1. Halbjahr 2015
Kesselart	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Brennerart	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Betriebsvolllaststunden	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Alter des Kessels	Ja, klassiert	Ja	Ja	Teilw.	Ja	Ja
Nennleistung	Ja, klassiert	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Heizungssystem	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Energieträger	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	151	227	227	533	1.321	388

Tabelle 1: Übersicht über die Datenquellen, die zur Verfügung gestellten Informationen und die Anzahl der Beobachtungen (Rohdaten, d.h. nicht bereinigte Datensätze aus unterschiedlichen Jahren).

Der Detaillierungsgrad, mit dem die konstruktiven Merkmale der Anlagen erfasst werden, ist unterschiedlich. Sowohl die Wohnungsbau-Unternehmen, wie die Energiedienstleister erfassen in der Regel nur die für sie erforderlichen Daten in ihrer eigenen Systematik. Eine Nacherhebung von Daten konnte nicht stattfinden.

Die Anlagen aus den verschiedenen Datenquellen weisen im Mittelwert des JNG Unterschiede auf, die sich nicht nur über die konstruktiven Merkmale der Wärmeerzeugungsanlagen erklären lassen. Es ist zu vermuten, dass sich hier der Einfluss der Güte der Betriebsführung (Handhabung der Anlagen) zeigt. Diese Annahme lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht weiter präzisieren. Die festgestellten Abweichungen führen zu einer Streuung bei der Abschätzung der JNG der Anlagen, die inhaltlich den Umfang der Pauschalierung ausmacht.

2. Contractoren-Anlagen

Zusätzlich wurden dem EBZ

- 403 aussagefähiger Beobachtungen aus dem Bereich der von gewerblichen Wärmelieferanten errichteten und betriebsgeführten Anlagen

für weitergehende Plausibilitätsuntersuchungen zur Verfügung gestellt.

4 Vergleich der vorliegenden Daten mit den Ergebnissen der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Pauschalwerte

Von folgender Prämisse ist auszugehen: Das Forschungsprojekt ist erfolgreich, liefert also eine genauere Pauschalwertbestimmung als das Reziprokwert-Verfahren, wenn die im Feld betrachteten Wärmeerzeugungsanlagen mit besserer Trefferquote vorhergesagt werden können, als das nach Reziprokwert-Verfahren der Fall ist.

Daher werden, um die Güte des hier erarbeiteten Verfahrens bewerten zu können, zunächst die vorliegenden gemessenen, mithin bekannten JNG von Wärmeerzeugungsanlagen mit den sich bei Anwendung des Reziprokwert-Verfahrens ergebenden Werten verglichen.

Das Reziprokwert-Verfahren sieht in Abhängigkeit von der Größe des Gebäudes und der Kesselart eine Erzeuger-Aufwandszahl vor, deren reziproker Wert bei reinen Heizungsanlagen dem JNG des Wärmeerzeugers entspricht (Tabelle 2). Der JNG einer Kategorie ergibt sich somit aus dem Kehrwert der Erzeuger-Aufwandszahl.

Das Reziprokwert-Verfahren unterscheidet die Effizienz der Wärmeerzeugung für die Heizung und für Warmwasser. Die Erzeuger-Aufwandszahlen für die Warmwasser-Erzeugung sind in Tabelle 3 dargestellt. Für Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung ist die Gesamt-Aufwandszahl anteilig aus dem Wärmebedarf für die Heizung und der Warmwasserbereitung zu berechnen. Der JNG ergibt sich dann aus dem Kehrwert der Gesamt-Erzeuger-Aufwandszahl. Die Tabelle der Erzeuger-Aufwandszahlen definiert auch solche für sogenannte „verbesserte Brennwertkessel“, bei denen unterstellt wird, dass die in der DIN V 4701-10, Abschnitt 5. 4.2.1 vorgegeben Wirkungsgrade eingehalten werden. Die Anwendung dieser Regel erhöht die JNG der Anlagen um ca. 7 % bei Erzeugung von Heizwärme und um ca. 2 % für die Warmwassererzeugung. Die vorliegenden Beobachtungen lassen nicht erkennen, welche BW-Anlagen dieser Kategorie entsprechen. Diese Information ist weder an der einzelnen Anlage, noch aus den verfügbaren Angaben des Anlagenbetriebes ersichtlich. Aus unserer Sicht spricht nichts dagegen, alle BW-Anlagen als technisch gleichen Entwicklungsstand gemeinsam zu behandeln.

Wärmeerzeugung Heizung				
Kesselart	Baujahr	Erzeuger-Aufwandszahl		
		150 m ²	500 m ²	2500 m ²
Konstant-Temp.-Kessel	bis 86	1.47	1.36	1.28
	87-94	1.34	1.26	1.19
	ab 95	1.33	1.23	1.16
NT-Kessel	bis 86	1.24	1.21	1.18
	87-94	1.19	1.15	1.13
	ab 95	1.14	1.11	1.09
Brennwert-Kessel	bis 86	1.11	1.09	1.07
	97-94	1.09	1.06	1.04
	ab 95	1.07	1.05	1.04

Alle Angaben bezogen auf den Hi (unterer Heizwert)

Tabelle 2: Erzeuger-Aufwandszahl für reine Heizungsanlagen

Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung				
Kesselart	Baujahr	Erzeuger-Aufwandszahl		
		150 m ²	500 m ²	2500 m ²
Konstant-Temp.-Kessel	bis 86	2.05	1.64	1.33
	87-94	1.9	1.57	1.31
	ab 95	1.71	1.46	1.26
NT-Kessel	bis 86	1.3	1.23	1.18
	87-94	1.31	1.23	1.17
	ab 95	1.19	1.15	1.12
Brennwert-Kessel	bis 86	1.24	1.17	1.13
	97-94	1.25	1.17	1.12
	ab 95	1.15	1.12	1.09

Alle Angaben bezogen auf den Hi (unterer Heizwert)

Tabelle 3: Erzeuger-Aufwandszahl für die Warmwasserbereitung

Da das BMVBS die verschiedenen Pauschalwerte für den Jahresnutzungsgrad auf die Wohnfläche der Gebäude bezogen hat, die uns vorliegenden Daten jedoch regelmäßig keine Wohnfläche ausweisen, wurden die Leistung der Wärmeerzeuger und deren spezifische Leistungsdichten pro qm für die BMVBS-Werte (150 m², 500 m² bzw. 2500 m²) anhand der verschiedenen energetischen Qualitäten von Gebäuden abgeschätzt³. Aufgrund der Unterschiede der Wärmedämmvorschriften für Gebäude unterschiedlichen Alters ergibt sich ein Leistungsbereich für die Gebäude gleicher Größe, aber unterschiedlichen Alters (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

³ H. Burger, W. Rogatty: Überschlägige Ermittlung der erforderlichen Kesselleistung, IKZ-Haustechnik, Ausgabe 18/2004, Seite 44. ff, abrufbar unter <http://www.ikz.de/1996-2005/2004/18/0418044.php>

Für Einfamilienhäuser mit einer Größe von 150 m² liegt die Leistung des Wärmereizers demnach im Bereich von 9 kW bis 14 kW, für Wohngebäude mit einer Größe von 500 m² zwischen 22 kW und 65 kW sowie für Gebäude mit einer Größe von 2500 m² zwischen 100 kW und 150 kW.

Leistungsdichte Wärmereizer (W/m ²)				
Häuserklasse		Baujahr Gebäude		
		1978-83	1984-94	ab 1995
Einfamilienhaus	freistehend	95	75	60
	Reihenhaus			
	Endhaus	90	70	55
	Mittelhaus	85	65	50
Mehrfamilienhaus	bis 8 WE	65	60	45
	über 8 WE	60	55	40

Tabelle 4: Überschlägige Abschätzung der Leistungsdichten der Wärmereizer (Angaben in W/m²)

Leistung Wärmereizer			
Häuserklasse	Baujahr Gebäude		
	1978-83	1984-94	ab 1995
EFH (150 m ²) in kW	14.25	11.25	9
MFH (500 m ²) in kW	32.5	30	22.5
MFH (2500 m ²) in kW	150	137.5	100

Tabelle 5: Berechnete Leistungen der Wärmereizer nach den vom BMVBS vorgegebenen Gebäudegrößen in Abhängigkeit vom Baujahr (Angaben in kW) anhand der Angaben aus Tabelle 4.

Da die vorliegenden Daten aus Heizungsanlagen der Wohnungswirtschaft stammen, liegen für dort regelmäßig nicht vorkommende Leistungsklassen und Anlagentypen keine oder nur wenige Beobachtungen vor. Dies betrifft vor allem die kleinen Leistungsklassen (9 kW bis 14 kW) ebenso wie Konstanttemperatur-Kessel. Werden die vorliegenden Daten in die Leistungsklassen einsortiert, so ergeben sich für den JNG im Vergleich zu den Pauschalwerten nach Reziprokwert-Verfahren die Mittelwerte für reine Heizungsanlagen wie in Tabelle 6 und Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung wie in Tabelle 7 dargestellt. Bei den Heizungsanlagen mit Warmwasserbereitung wurde ein Warmwasseranteil von 30 % angenommen, hierfür wurden die JNG nach Reziprokwert-Verfahren berechnet. Laut Techem-Energiekennwerte Report hängt der Warmwasser-Anteil bei den Gebäuden in der Wohnungswirtschaft von der Dämmung der Gebäude ab. Bei sehr gut gedämmten Gebäuden mit Erdgas-Heizung liegt dieser bei 35 %, bei schlecht gedämmten Gebäuden bei ca. 15 % des Gesamtwärmeverbrauchs. Da hier Bestandsanla-

gen betrachtet werden, wird eine untere Grenze für den Heizungs- und Warmwasserbedarf von $> 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ unterstellt, diese führt zu einem maximalen Warmwasser-Anteil von 30 %. Das Reziprokwert-Verfahren schätzt den Nutzungsgrad der Warmwasser-Bereitung niedriger als den von Heizwärme ein. Der Gesamtnutzungsgrad ist anteilig aus den Nutzungsgraden der Heizwärmeerzeugung und der Warmwasserbereitung zu ermitteln. Ist der Warmwasser-Anteil niedriger als die hier angenommenen 30 %, führt dies lt. Reziprokwert-Verfahren zu einem höheren JNG.⁴

Die Tabellen 6 und 7 zeigen den nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten JNG und den JNG der im Feld gemessenen Anlagen als Mittelwert der jeweiligen Kategorie. Dabei wird entsprechend der Umrechnung angenommen, dass für Gebäude mit einer Größe von 150 m^2 eine Anlage mit einer Nennleistung von 9-14 kW, für Gebäude mit einer Größe von 250 m^2 eine Anlage mit einer Nennleistung von 22-32 kW und für Gebäude mit einer Größe von 2500 m^2 eine Anlage zwischen 100 und 150 kW installiert ist (s.o. Tabellen 4 und 5).

	Bau-jahr	Gemessener mittlerer JNG der Anlagen für eine Nennleistung von 9-14 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 150 m^2 nach Reziprokwert-Verfahren	JNG in % (Mittelwert) der Anlagen für eine Nennleistung von 22-32 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 500 m^2 nach Reziprokwert-Verfahren	JNG in % (Mittelwert) der Anlagen für eine Nennleistung von 100-150 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 2500 m^2 nach BMVBS
NT	Bis 86	-	81	-	83	74,7 (4)	85
	87 - 94	-	84	76,5 (30)	87	83,2 (21)	88
	Ab 95	-	88	83,5 (35)	90	76,7* (6)	92
B W	Bis 86	-	90	-	92	-	93
	87 - 94	-	92	-	94	78,4* (9)	96
	Ab 95	-	93	79,5* (4)	95	82,5 (29)	96

Tabelle 6: Vergleich der Mittelwerte aus den gemessenen Anlagen mit den nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten -Werten, jeweils für reine Heizungsanlagen, Angaben in %, Werte in Klammern entsprechen der Anzahl der Beobachtungen. Alle Daten sind bezogen auf Hi.

*In den Kategorien, in denen nur wenige Beobachtungen vorliegen, kann es zu dem Effekt kommen, dass Brennwertanlagen einen niedrigeren JNG aufweisen als NT-Kessel. Dies entspricht den Beobachtungen im Feld für einzelne Anlagen. Bei steigender Anzahl von Beobachtungen bestätigt sich jedoch, dass im Mittel Brennwert-Anlagen effizienter arbeiten als NT-Anlagen.

⁴ Die hier mit dem Verfahren ermittelten JNG von Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung sind als untere Grenze zu betrachten, da bei den gemessenen Anlagen der Warmwasser-Anteil eher niedriger sein wird.

	Baujahr	JNG in % (Mittelwert) der Anlagen für eine Nennleistung von 9-14 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 150 m ² nach Reziprokwert-Verfahren	JNG in % (Mittelwert) der Anlagen für eine Nennleistung von 22-32 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 150 m ² nach Reziprokwert-Verfahren	JNG in % (Mittelwert) der Anlagen für eine Nennleistung von 100-150 kW	JNG in % für eine Wohnfläche von 2500 m ² nach BMVBS
NT	Bis 86	-	79,5	-	82,2	75,3 (4)	84,7
	87 - 94	79,5 (4)	81,7	82,4 (5)	85,5	82,7 (66)	87,6
	Ab 95	71,1 (19)	86,6	77,6 (11)	89,1	80,5 (35)	91
B W	Bis 86	-	81	-	91,9	71,5 (4)	92
	87 - 94	-	80	-	94	84,3 (39)	94,1
	Ab 95	-	87	83,5 (2)	94,8	82,3 (44)	94,8

Tabelle 7: Vergleich der Mittelwerte aus den gemessenen Anlagen und den nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Werten (angenommener Warmwasser-Anteil 30%), jeweils für Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung. Angaben in %, Werte in Klammern entsprechen der Anzahl der Beobachtungen. Alle Daten sind bezogen auf Hi.

Das Reziprokwert-Verfahren erlaubt nach BMVBS-Anwendungshinweisen zu den Tabellen eine Interpolation für Anlagen, die nicht direkt in die betrachteten Klassen fallen. Daher wurden in den Tabellen 8 und 9 die Anlagen mit Zwischengrößen aufgeführt. Das macht sichtbar, dass die Streuungen zu den benachbarten Kategorien tendenziell abnehmen, wenn die Anzahl der Beobachtungen ansteigt. Dies eröffnet die Möglichkeit, für die einzelnen Kategorien (z.B. Heizungsanlagen NT-Kessel ab 95) eine Regressionsgerade durch die Kategorien zu legen und daraus den Pauschalwert für die Kategorien abzuleiten, in denen weniger als z.B. 20 Beobachtungen vorhanden sind. Damit werden die Ausschläge nach oben und unten in den verschiedenen Kategorien reduziert. Die Grundaussagen, dass die nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Werte höher liegen als die gemessenen JNG, und die nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten JNG vor allem der neueren Anlagen deutlich zu positiv eingeschätzt sind, ändern sich nicht.

	Klasse	JNG in % für eine Nennleistung: 9-14 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 15-21 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 22-32 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 33-99 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 100-150 kW	JNG in % für eine Nennleistung: > 150 kW
NT	Bis 86	0	0	0	66,2 (2)	74,7 (4)	86,0 (2)
	87 - 94	0	82,0 (11)	76,5 (30)	77,5 (100)	83,2 (21)	82,8 (28)
	Ab 95	0	81,6 (29)	83,5 (35)	81,8 (88)	76,7 (6)	85,7 (21)
B W	Bis 86	0	0	0	0	0	71,2 (5)
	87 - 94	0	0	0	0	78,4 (9)	89,3 (22)
	Ab 95	0	0	79,5 (4)	82,5 (39)	82,5 (29)	82,0 (13)

Tabelle 8: Mittlerer JNG für reine Heizungsanlagen (in Klammern die Anzahl der Beobachtungen). Alle Angaben sind bezogen auf Hi.

	Klasse	JNG in % für eine Nennleistung: 9-14 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 15-21 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 22-32 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 33-99 kW	JNG in % für eine Nennleistung: 100-150 kW	JNG in % für eine Nennleistung: > 150 kW
N T	Bis 86	0	0	0	0	75,3 (4)	82,5 (1)
	87 - 94	79,5 (4)	0	82,4 (5)	80,0 (114)	82,7 (66)	81,4 (54)
	Ab 95	71,1 (19)	0	77,6 (11)	81,4 (133)	80,5 (35)	80,9 (48)
B W	Bis 86	0	0	0	69,4 (2)	71,5 (4)	78,7 (4)
	87 - 94	0	0	0	72,9 (33)	84,3 (39)	86,6 (70)
	Ab 95	0	0	83,5 (2)	89,0 (73)	82,3 (44)	81,4 (41)

Tabelle 9: Mittlerer JNG für Heizungsanlagen mit Warmwasserbereitung (in Klammern die Anzahl der Beobachtungen). Alle Angaben sind bezogen auf Hi.

5 Abschätzung des auftretenden Fehlers bei der Anwendung des Reziprokwert-Verfahrens

Um die Güte (Treffericherheit) der BMVBS-Werte bei der Bestimmung des JNG abzuschätzen wurde ermittelt, wie viele der gemessenen Anlagen in den verschiedenen Kategorien in einem Zielkorridor von $\pm 5\%$ liegen.

Aus der Gesamtheit der Daten (siehe Tabelle 1) wurden 1.109 Datensätze identifiziert mit hinreichender Detaillierung für die Auswertung nach dem Reziprokwert-Verfahren (vgl. Tabelle 13 im Anhang).

5.1 Betrachtung der reinen Heizungsanlagen

Diese Betrachtung wurde nur für die Kategorien durchgeführt, bei denen Daten von mehr als 20 Anlagen als zu beobachtende Menge zur Verfügung gestanden haben. Für die vorliegenden Daten war dies bei reinen Heizungsanlagen für NT-Heizungen Baujahr 1987-1994 (Abbildung 1), NT Heizungen ab Baujahr 1995 (Abbildung 2) sowie Brennwert-Anlagen ab Baujahr 1995 (Abbildung 3) möglich.

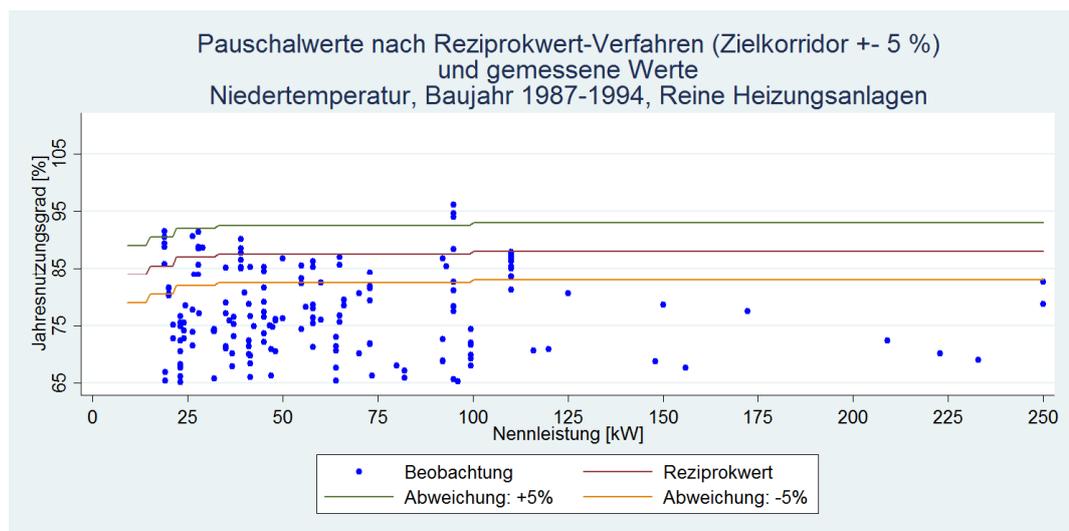


Abbildung 1: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für NT-Heizungsanlagen BJ 1987-1994. 29,3 % der Beobachtungen liegen im $\pm 5\%$ Intervall des Zielkorridors.

Interpretation der Abbildung 1: 70 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werten. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

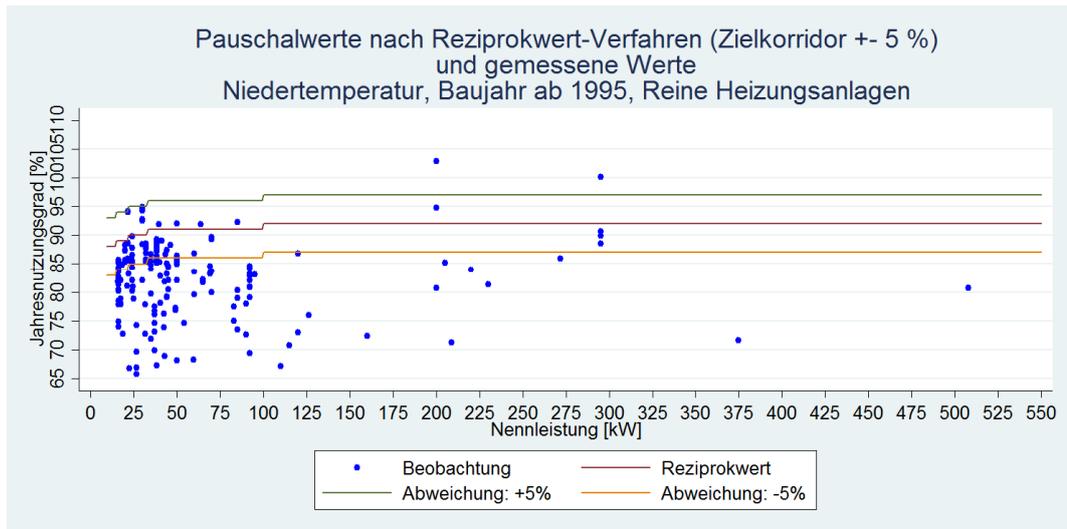


Abbildung 2: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für NT-Heizungsanlagen BJ ab 1995. 32,6 % der Beobachtungen liegen im +5% Intervall des Zielkorridors.

Interpretation der Abbildung 2: ca. 67 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werten. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

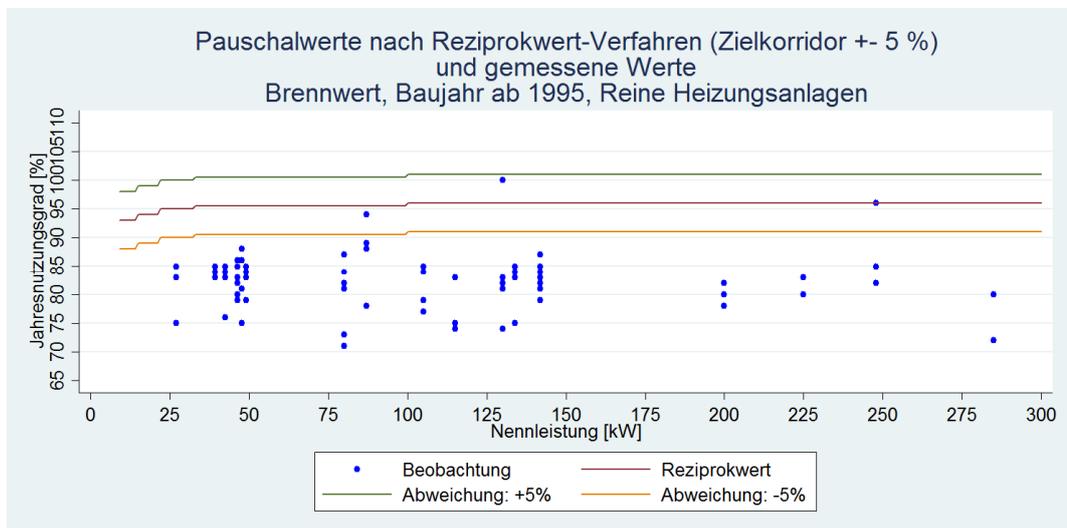


Abbildung 3: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für reine Brennwert-Heizungsanlagen BJ ab 1995. 3,2 % der Beobachtungen liegen im +5% Intervall des Zielkorridors.

Interpretation der Abbildung 3: mehr als 95 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werten. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

In den betrachteten Kategorien ergibt sich für den Vergleich der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Pauschalwerte mit den gemessenen Werten das folgende Ergebnis:

Kesselart	Baualtersklasse	Prozentsatz der Beobachtungen im +5% Fehler-Intervall
NT-Kessel	BJ 1987-1994	29,3 %
NT-Kessel	ab BJ 1995	32,6 %
Brennwert	ab BJ 1995	3,2 %

Tabelle 10: Prozentsatz der Beobachtungen im +5 % Zielkorridor der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten-Werte für reine Heizungsanlagen

Deutlich ist zu erkennen, dass bei den reinen Heizungsanlagen max. 32,6 % der Anlagen in dem Zielkorridor von +5 % liegen. Das bedeutet, dass der mit dem Reziprokwert-Verfahren ermittelte Pauschalwert mit einer Abweichung von bis zu +5% nur bei ca. 32,6 % der reinen Heizungsanlagen (ohne Warmwasser-Bereitung) einen zutreffenden Wert ausweist.

Besonders hohe Abweichungen zwischen dem nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten-Pauschalwert und den Messungen treten bei Brennwertgeräten ab 1995 auf. Hier liegen nur 3,2 % der Beobachtungen im +5% Zielkorridor.

5.2 Betrachtung von Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung

Für die Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung wurde für die Berechnung der nach Reziprokwert-Verfahren bestimmten Pauschalwerte ein Warmwasser-Anteil von 30 % zugrunde gelegt. Abnehmende Warmwasser-Anteile würden nach dem vom BMJ vorgeschlagenen Verfahren den Pauschalwert für den JNG erhöhen (siehe Erläuterungen hierzu auf S. 10 und 11).

Niedertemperatur-Kessel mit Warmwasser-Bereitung

Zunächst werden die bei NT-Geräte für die Baujahre 1987-1994 (Abb. 5) sowie NT-Geräten ab Baujahr 1995 (Abb. 6) gemessenen JNG mit den Pauschalwerten verglichen.

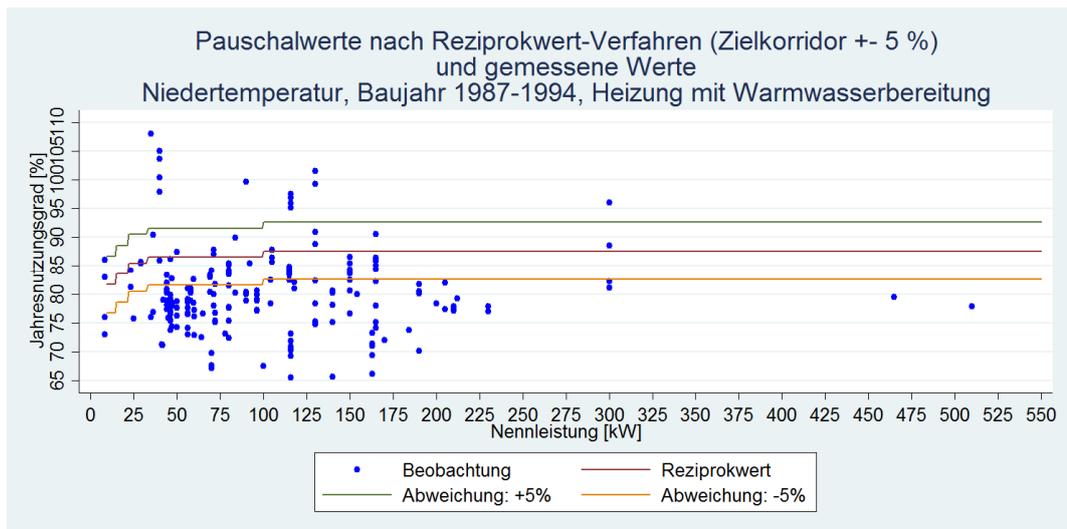


Abbildung 4: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für NT-Heizungsanlagen Baujahr 1987-1994 mit Warmwasserbereitung. 24,8 % der Beobachtungen liegen im +5% Intervall des Zielkorridors

Interpretation der Abbildung 4: mehr als 75 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werten. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

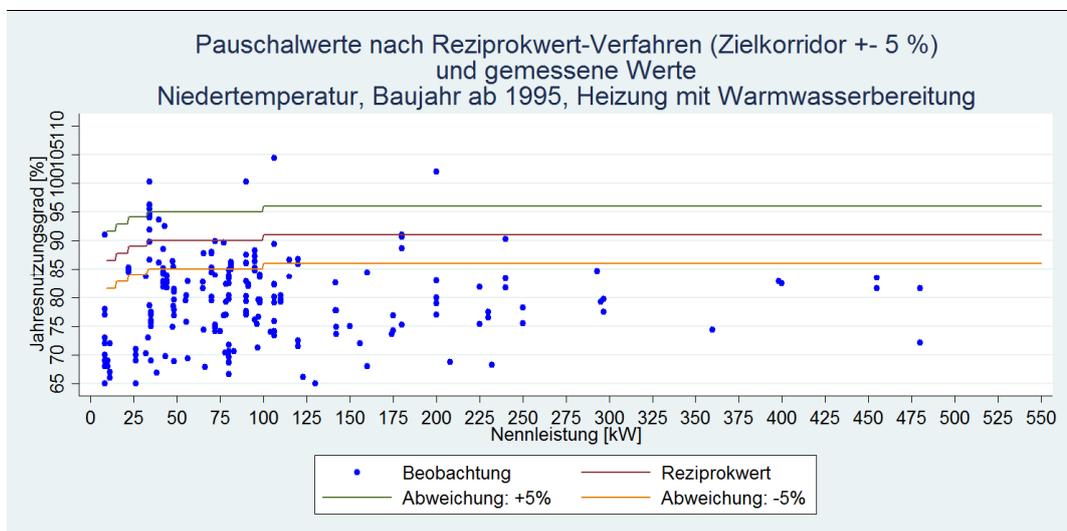


Abbildung 5: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für NT-Heizungsanlagen Baujahr ab 1995 mit Warmwasserbereitung. 19,2 % der Beobachtungen liegen im +5% Intervall des Zielkorridors

Interpretation der Abbildung 5: mehr als 80 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werten. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

Brennwert-Kessel mit Warmwasser-Bereitung

Im Folgenden werden nun der gemessene JNG von Brennwert-Kesseln mit Warmwasser-Bereitung mit den nach Reziprokwert-Verfahren bestimmten Werten hinsichtlich der auftretenden Fehler betrachtet.

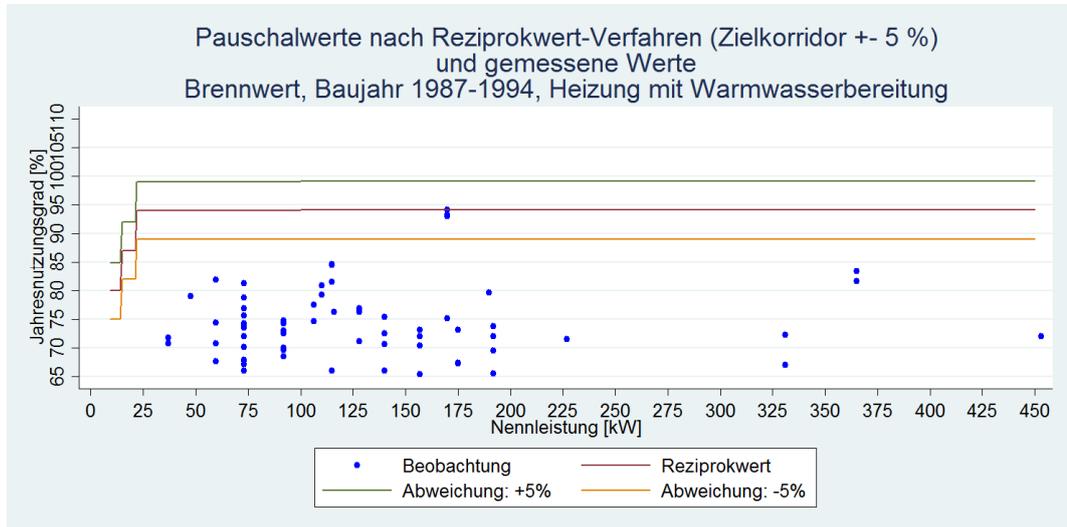


Abbildung 6: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für Brennwert-Heizungsanlagen der Baujahre 1987-1994 mit Warmwasserbereitung. 4,2 % der Beobachtungen liegen im +/-5% Zielkorridor

Interpretation der Abbildung 6: Ca. 95 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werte. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

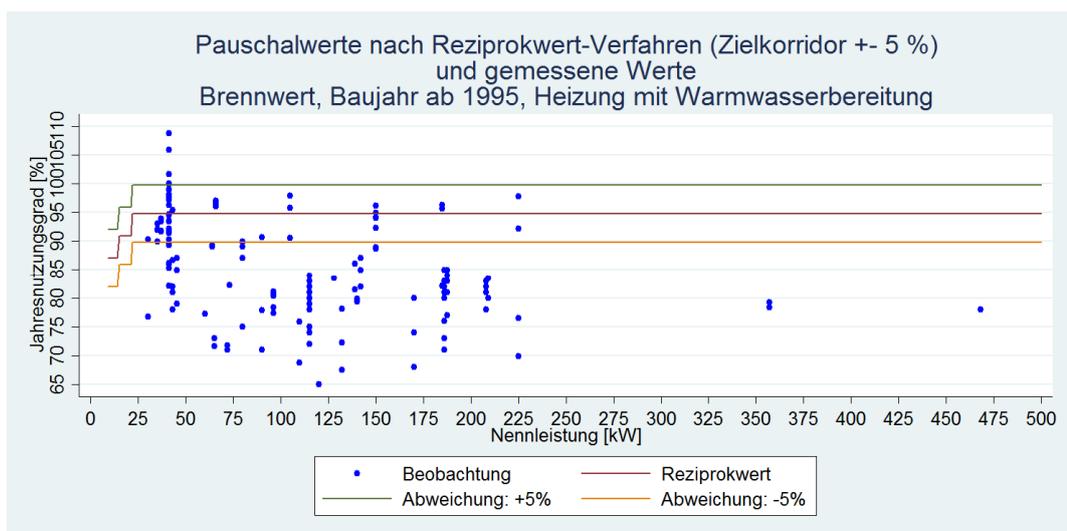


Abbildung 7: Vergleich nach Reziprokwert-Verfahren bestimmte-Pauschalwerte und Messwerte für Brennwert-Heizungsanlagen ab Baujahr 1995 mit Warmwasserbereitung. 28,9 % der Beobachtungen liegen im +/- 5 % Zielkorridor.

Interpretation der Abbildung 7: ca 71 % der Anlagen liegen mehr als 5 %-Punkte unter den nach Reziprokwert-Verfahren zu veranschlagenden Werte. Der JNG dieser Anlagen ist also um mehr als 5 %-Punkte geringer als der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelte ausweist.

In den betrachteten Kategorien ergibt sich für den Vergleich der nach Reziprokwert-Verfahren bestimmten Pauschalwerte mit den gemessenen Werten das folgende Ergebnis:

Kesselart	Baualtersklasse	Prozentsatz der Beobachtungen im + 5% Zielkorridor
NT-Kessel	BJ 1987 – 1994	24,7 %
NT-Kessel	ab BJ 1995	19,7 %
Brennwert	BJ 1987 – 1994	4,2 %
Brennwert	ab BJ 1995	28,9 %

Tabelle 11: Prozentsatz der Beobachtungen im +-5 % Zielkorridor der nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten-Werte für Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung

Der mit dem Reziprokwert-Verfahren ermittelte Pauschalwert weist mit einer Abweichung von bis zu +5% nur bei 4,2 % bis 29,9 % der Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung einen korrekten Wert aus.

Besonders hohe Abweichungen zwischen dem nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten-Pauschalwert und den Messungen traten bei den Brennwert-Geräten mit den Baujahren 1987-1994 auf, hier liegen nur 4,2 % der Anlagen in dem +-5 % Zielkorridor.

Tabelle 13 (im Anhang) zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten Fehler in den verschiedenen Kategorien.

6 Verbessertes Verfahren zur Ermittlung von Pauschalwerten

Die bisherigen Untersuchungen weisen nach, dass im Vergleich zu gemessenen JNG von Bestandsanlagen das Reziprokwert-Verfahren im Mittel deutlich zu positive Werte liefert, da in keiner Kategorie mehr als ca. 32 % der Anlagen mit einer Abweichung von max. ± 5 % korrekt einschätzbar sind. Die hier festgestellte mangelnde Präzision des Verfahrens liegt daran, dass wesentliche Einflussfaktoren auf den JNG von Bestandsanlagen bei dem Reziprokwert-Verfahren nicht berücksichtigt werden.

Dem Reziprokwert-Verfahren liegen ausschließlich die Faktoren

- Kesselart (Konstant-Temperatur, Niedertemperatur, Brennwert),
- Kesselalter, die Größe des Wärmeerzeugers (über die Wohnfläche abgeschätzt)
- und Anteil der Warmwasserbereitung

zugrunde.

Mit dem im Rahmen des Forschungsprojektes erhobenem Datenmaterial konnten verschiedene Betrachtungen hinsichtlich der Abhängigkeiten durchgeführt werden. Dabei wurden die folgenden tendenziellen Abhängigkeiten⁵ festgestellt:

1. Brennwert-Geräte haben in der Regel einen besseren JNG als Niedertemperatur-Geräte.
2. Die Brennerart (atmosphärisch/mit Gebläse) hat einen signifikanten Einfluss auf den JNG.
3. Reine Heizungsanlagen haben einen besseren JNG als Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung.
4. Die Auslastung des Heizkessels hat einen Einfluss auf den JNG.
5. Das Kesselalter hat einen deutlich geringeren Einfluss auf den JNG als die vorstehend zu 1. bis 3. genannten Faktoren.

Die im Rahmen des Forschungsprojektes ausgewerteten Daten haben es ermöglicht, die aufgeführten Abhängigkeiten zu quantifizieren und so ein Verfahren zu entwickeln, bei dem die Abhängigkeiten anhand einer großen Anzahl von Beobachtungen über eine Regressionsanalyse einander zugeordnet und quantifiziert werden konnten.

⁵ Neben den konstruktiven Merkmalen ist erwartungsgemäß auch die Handhabung der Anlagen von Einfluss auf den JNG. Dieser Einfluss führt zu einer Streuung des JNG bei Anlagen mit vergleichbaren konstruktiven Merkmalen.

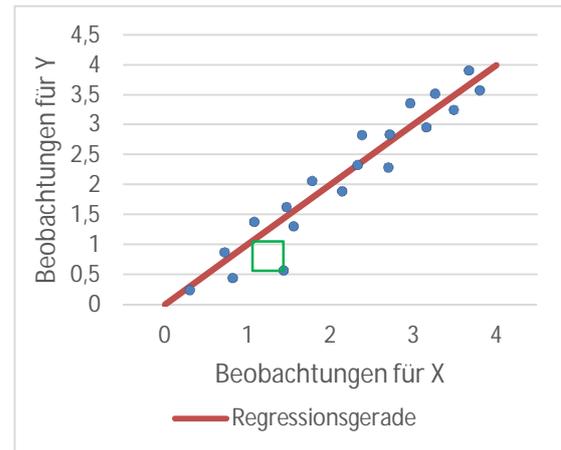
6.1 Regressionsanalyse

Bei der Regressionsanalyse handelt es sich um ein Rechenverfahren, welches die Beziehung zwei oder mehrerer Variablen untersucht. Dabei wird das Vorhandensein, die Richtung und Größe des Einflusses sogenannter unabhängiger Variablen (X_i) auf eine abhängige Variable (Y) analysiert.

Einschub: Erläuterung Regressionsanalyse „Einfaches Modell“

Ziel einer Regressionsanalyse ist es daher, den Zusammenhang mindestens zweier Variablen näher zu bestimmen. Dies soll am Beispiel eines einfachen Modells erläutert werden: Es wird ein linearer Zusammenhang von Variable X und Variable Y untersucht. Der Zusammenhang beider Variablen wird durch das folgende Regressionsmodell wiedergegeben:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X$$



Y stellt die abhängige Variable dar, die durch die unabhängige Variable X beeinflusst wird.

β_0 entspricht einem Startwert, während β_1 die Steigung der Geraden wiedergibt. Die Regression bestimmt die β -Koeffizienten so, dass die Regressionsgerade (rot) den beobachteten Werten (blau) bestmöglich entspricht, indem die Abweichungsquadrate (grün) minimiert werden. Dies ist die Methode der kleinsten Quadrate (Ordinary Least Squares, OLS).

Im vorliegenden Gutachten stellt die zu erklärende, abhängige Variable (Y) den JNG dar. In der Praxis werden folgende Einflussfaktoren als maßgeblich für die Höhe des JNG erkannt:

- Kesselart (Brennwert/NT)
- Brennerart (atmosphärisch/mit Gebläse)
- Betriebsart (Heizung/Heizung mit Warmwasserbereitung)
- Betriebsvollaststunden

Diese werden innerhalb der Regressionsanalyse als unabhängige Variablen (X_i) einbezogen.

Die Regressionsanalyse bestimmt die Koeffizienten (β_i) in der folgenden Formel so, dass für den zugrunde gelegten Datensatz die Abweichungen zwischen der zu Grunde gelegten Regressionsfunktion und dem gemessenen JNG minimal sind:

$$JNG = JNG0 + bw * \beta_{bw} - ath * \beta_{ath} + h * \beta_h + p * \beta_p - (bv h * \beta_{1_{bv h}} + \frac{\beta_{2_{bv h}}}{bv h})$$

Dabei ist

JNG berechneter Jahresnutzungsgrad in %

$JNG0$ Aus der Regression berechneter Startwert

bw = 1, wenn die betrachtete Anlage eine Brennwertanlage ist

β_{bw} Einfluss des Brennwerteffektes in %

ath = 1, wenn die betrachtete Anlage einen atmosphärischen Brenner besitzt

β_{ath} Einfluss des atmosphärischen Brenners in %

h = 1, wenn die betrachtete Anlage eine reine Heizungsanlage ist

β_h Einflussfaktor des reinen Heizungsbetriebes in %

p Nennleistung in kW

β_p Einflussfaktor der Nennleistung in %/kW

$bv h$ Betriebsvolllaststunden der Anlage, berechnet aus der jährlichen Brennstoffmenge dividiert durch die Kesselleistung

$\beta_{1_{bv h}}, \beta_{2_{bv h}}$ Einflussfaktoren der Betriebsvolllaststunden in %/h

6.2 Durchführung und Ergebnis

Mit dem vorliegenden Datenmaterial, welches im Anhang beigefügt ist, ist es möglich, die Einflussfaktoren mittels der Regressionsanalyse zu quantifizieren. Die Anwendung des Verfahrens wurde hier nicht auf verschiedene Brennstoffe angewandt. Dies ist prinzipiell möglich, allerdings lagen für Öl- oder Festbrennstoffe keine ausreichenden Daten vor. Daher wurde das Verfahren hier nur auf Gasanlagen angewandt.

Zunächst wurden aus den zur Verfügung stehenden Quellen (Tabelle 1) Datensätze für drei aufeinanderfolgende Jahre 2011-2013 ausgewählt, bei denen die konstruktiven Merkmale der Anlagen hinreichend genau bestimmbar waren. Diese Daten stammen aus den Datenquellen A2, A4 und A5. Abb. 9 zeigt die Häufigkeitsverteilung (Histogramm) des JNG der Anlagen in dem zusammengestellten Datensatz.

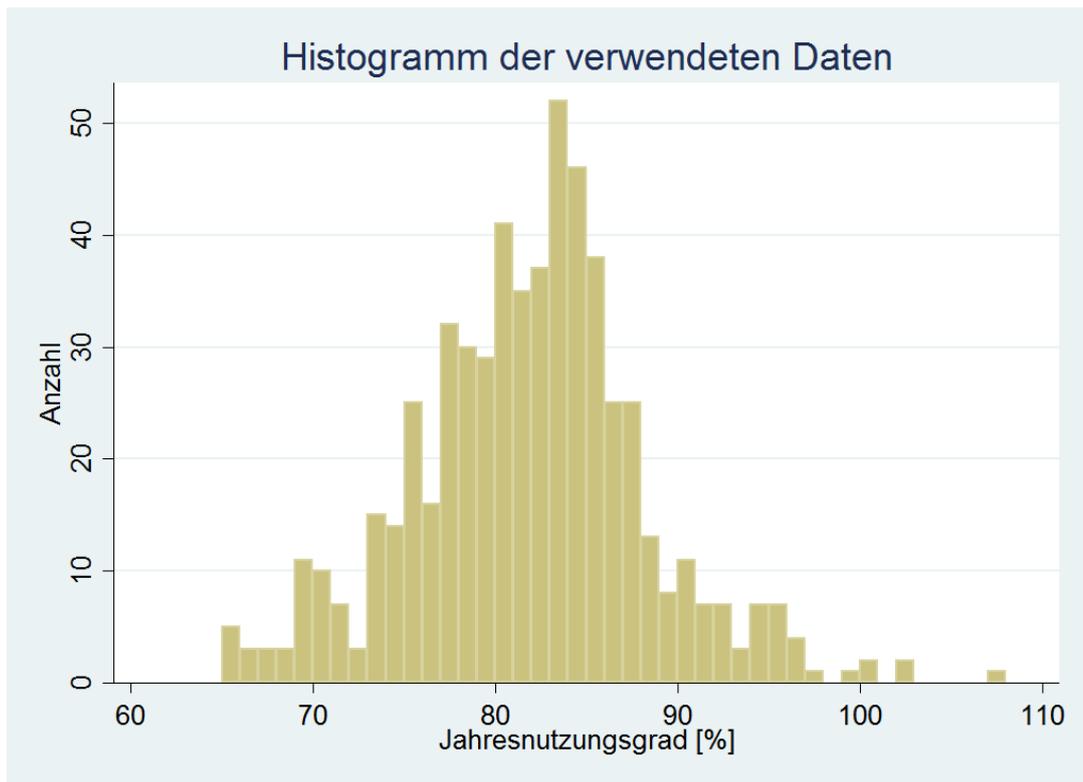


Abbildung 9: Histogramm des JNG der betrachteten Anlagen

Insgesamt standen so 579 Beobachtungen für die Durchführung der Regressionsanalyse zur Verfügung. Diese ergab für die oben genannten Einflussfaktoren die folgenden Werte:

Einflussgröße	Ermittelte Werte für die Einflussfaktoren
Brennwert (bw, =1 für Brennwertanlagen)	$\beta_{bw} = 1,617$ [%] ***
Atmosphärisch (ath =1 für atmosphärische Brenner)	$\beta_{ath} = -4,131$ [%] ***
Reine Heizungsanl. (h =1 für reine Heizungsanlagen)	$\beta_h = 1,161$ [%] *
Nennleistung (p, Angabe in kW)	$\beta_p = 0,00428$ [%/kW] ***
Betriebsvollaststunden (bvh, Angabe in Stunden)	$\beta_{1\ bvh} = -0,00153$ [%/h] **
1/bvh (Korrekturfaktor)	$\beta_{2\ bvh} = -2,071$ [%/h] *
Startwert (JNG0)	85,56 % ***
Anzahl Beobachtungen	579
R-squared	0,221
Adj. R-squared	0,212

Tabelle 12: Einflussfaktoren auf den Jahresnutzungsgrad, die durch eine Regressionsanalyse ermittelt wurden. Die Anzahl der * kennzeichnen die Signifikanz des Parameters, d.h. die mit *** gekennzeichneten Einflussfaktoren sind sehr signifikant, die mit * gekennzeichneten Faktoren weniger signifikant. Zur Betrachtung der Formel: Die ermittelten Koeffizienten geben keinen absoluten qualitativen Aussagewert ab. Sie sind nur im Gesamtzusammenhang der genutzten Formel aussagekräftig für die rechnerische Bestimmung des JNG.

Damit ist die folgende Formel für die Berechnung des Jahresnutzungsgrades geeignet:

$$JNG = 85,56 + bw * 1,617 - ath * 4,131 + h * 1,161 + p * 0,00428 - (bvh * 0,00153 + \frac{2,071}{bvh})$$

Die ermittelten Koeffizienten hängen von Art und Umfang des Ausgangsdatensatzes ab. Die verwendeten 579 Beobachtungen können als repräsentativ für den aktuellen Anlagenbestand in der Wohnungswirtschaft angesehen werden.⁶

Eine durchgeführte Fehleranalyse (siehe Abb. 10) zeigt, dass sich mit der oben vorgestellten Formel der JNG so berechnen lässt, dass ca. 70 % der Anlagen in dem Zielkorridor $\pm 5\%$ liegen. Für ca. 35% Prozent der Anlagen konnte der JNG noch im Zielkorridor $\pm 2\%$ errechnet werden, für 18% der Anlagen sogar im Zielkorridor $\pm 1\%$.

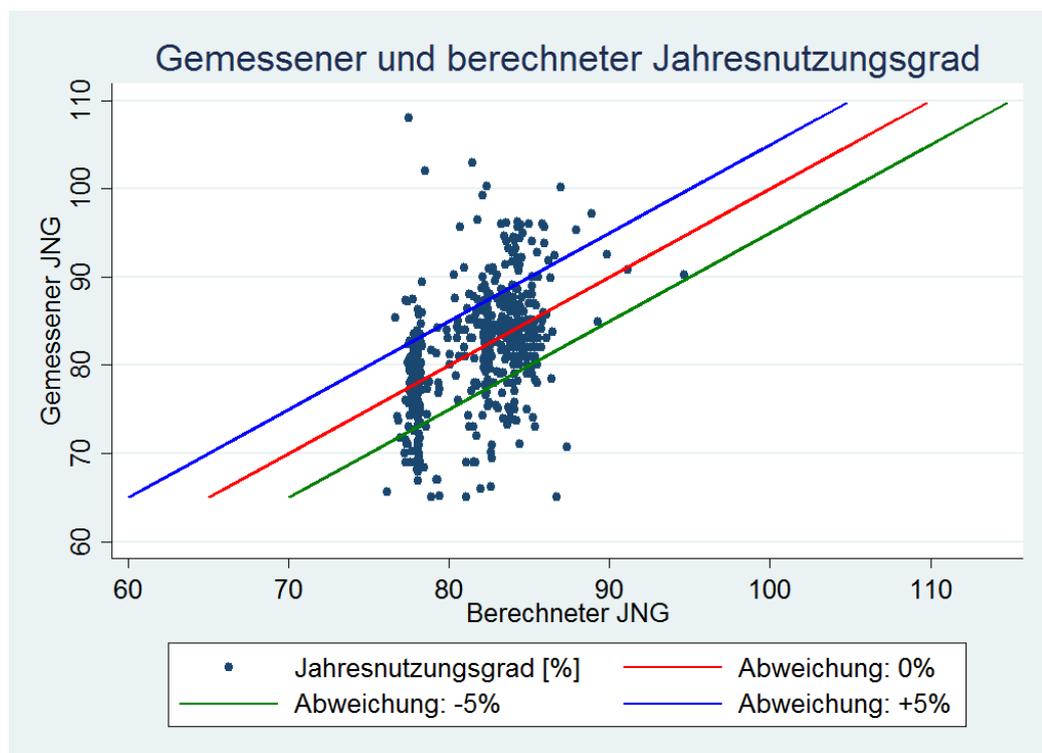


Abbildung 10: Zielkorridor und Fehleranalyse gemessener und berechneter Werte ($\pm 5\%$ Intervall)

⁶ Eine größere Anzahl von Beobachtungen führt zu einer weiteren Erhöhung der Repräsentativität. Ein Maß für die Güte des Verfahrens ist die Präzision der Vorhersagegenauigkeit (entsprechend die Größe des auftretenden Fehlers), die aus einem Vergleich der berechneten zu den gemessenen Werten zu ermitteln ist. Auftretende Abweichungen weisen darauf hin, dass Einflussfaktoren vorhanden sind, die die Regressionsgleichung nicht abbildet.

Damit ist eine erhebliche Verbesserung der Pauschalwerte im Vergleich zu den nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Werten erreicht. Dies wurde im Wesentlichen durch die Einbeziehung von Messwerten aus dem Feld und Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wie die Brennerart, die Nennleistung und die Betriebsvollaststunden etc. erreicht. Die ermittelten Koeffizienten basieren auf einer hinreichend großen Anzahl von für den Gesamtbestand der betrachteten Anlagentypen und Größenklassen repräsentativen, vermessenen Anlagen im Feld, so dass diese die realen Verhältnisse der Bestandsanlagen als mit hinreichender Deutlichkeit wiedergegeben anzusehen sind.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das in der Begründung der WärmelV vom BMJ vorgeschlagene Verfahren mit reziproker Anwendung der Erzeuger-Aufwandszahlen nach BMVBS-Tabelle bildet in den hier untersuchten Anlagenkategorien und Größenklassen die für die Abschätzung des JNG von Bestandsanlagen maßgeblichen Verhältnisse beim realen Betrieb von Heizungsanlagen nur unzureichend ab. Insbesondere neuere Anlagen werden bei dem Verfahren deutlich effizienter eingeschätzt als durch die gemessenen JNG von Bestandsanlagen bestätigt werden kann. Vergleicht man die Kategorien einer Kesselart und einer Altersklasse, zeigt sich in allen Bereichen, dass die nach dem vom Reziprokwert-Verfahren vorgeschlagenen JNG deutlich höher liegen als die Mittelwerte der im Feld gemessenen Anlagen. Bei reinen Heizungsanlagen liegen die nach Reziprokwert-Verfahren ermittelten Werte zwischen 8,5 % und 14,0 % über den Messergebnissen, bei den Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung zwischen 6,6 % und 19,8 %. Deutlich ist bei den Vergleichen zu erkennen, dass max. 32,6 % der Anlagen in einem Fehlerintervall von +5 % liegen. Das bedeutet, dass der mit dem Reziprokwert-Verfahren ermittelte Pauschalwert mit einer Abweichung von bis zu +5% nur bei ca. 32,6 % der Heizungsanlagen einen korrekten Wert ausweist.

In dem hier vorgelegten Gutachten ist ein Verfahren entwickelt, welches mit einer Regressionsanalyse die Einflussfaktoren konstruktiver Merkmale von Bestandsanlagen einander zuordnet und quantifiziert und so die Abschätzung des JNG über eine Formel ermöglicht. Eine durchgeführte Fehleranalyse bei diesem Verfahren zeigt, dass sich mit der Formel

$$JNG = 85,56 + bw * 1,617 - ath * 4,131 + h * 1,161 + p * 0,00428 - (bvh * 0,00153 + \frac{2,071}{bvh})$$

der JNG so berechnen lässt, dass ca. 70 % der Anlagen in dem Zielkorridor +-5 % liegen. Für ca. 35% Prozent der Anlagen konnte der JNG noch im Zielkorridor +- 2% errechnet werden, für 18% der Anlagen noch im Zielkorridor +-1%. Damit lässt sich die Vorhersagegenauigkeit gegenüber dem Reziprokwert- Verfahren durch Anwendung der Formel in signifikanter Weise steigern.

$$JNG = \begin{array}{|c|} \hline \text{JNG Startwert} \\ \hline 85,56 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Brennwertanlage} \\ \hline \text{Ja} = 1 \\ \text{Nein} = 0 \quad \times \\ \hline 1,617 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Atmosph. Brenner} \\ \hline \text{Ja} = 1 \\ \text{Nein} = 0 \quad \times \\ \hline 4,131 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Reine Heizungsanl.} \\ \hline \text{Ja} = 1 \\ \text{Nein} = 0 \quad \times \\ \hline 1,161 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Nennleistung} \\ \hline kw \quad \times \\ \hline 0,00428 \\ \hline \end{array} - \left[\begin{array}{|c|} \hline \text{Betriebsvollaststunden} \\ \hline bvh \quad \times \quad + \quad \frac{2,071}{bvh} \\ \hline \end{array} \right]$$

Ausblick:

Die nicht im Zielkorridor liegenden Ergebnisse, also die Anlagen jenseits der + - 5% Bandbreite, werden weiter zurückgehen, wenn die Datenbasis, die dem Verfahren zu Grunde liegt, vergrößert wird. Dies kann durch eine systematische Erhebung der konstruktiven Merkmale und die Messung des JNG von Bestandsanlagen geschehen. Liegen weitere Daten vor, lassen sich die hier ermittelten Werte der Einflussfaktoren systemkonform anpassen. Allerdings bedeutet eine weitere Verbesserung der Datenbasis nur die sichere Erkenntnis, dass die Anzahl der innerhalb der definierten Fehlergrenzen liegenden Anlagen erhöht wird. Ob die zu errechnenden Pauschalen selbst geändert werden, also die

weitere Verdichtung des Datenmaterials überhaupt von grundsätzlicher statistischer Relevanz sind, ist nicht abschätzbar.

Einen signifikanten Einfluss auf den JNG haben auch die Betriebsführung (Handhabung) der Anlagen und deren Peripherie (z.B. ein hydraulischer Netzabgleich). Dies wurde bei der Auswertung der Daten dadurch sichtbar, dass Anlagen mit identischen konstruktiven Merkmalen in einzelnen Fällen deutlich voneinander abweichende JNG aufgewiesen haben. Auch haben Anlagen von unterschiedlichen Betreibern in ihrer Gesamtheit andere durchschnittliche JNG aufgewiesen. Eine Verbreiterung des auswertbaren Datenbestandes wird auch die Erkenntnisse um die konstruktiven Einflussfaktoren auf die JNG der Bestandsanlagen noch weiter präzisieren, dadurch zugleich die in der Handhabung der Anlagen und der Gestaltung ihres Umfeldes liegenden Unwägbarkeiten quantifizieren, aber nicht beeinflussen können – diese sind Bestandteil der vom Gesetzgeber vorgesehenen Pauschalisierung.

8 Anhang

Glossar

Die nachfolgenden Erläuterungen stellen keine wissenschaftlichen Definitionen dar. Sie sollen dem Nichtfachmann den Zugang zu den verwendeten Begriffen erleichtern.

Adj. R-squared	Korrigiertes R-squared, welches mögliche Überschneidungen zwischen Einflussfaktoren berücksichtigt.
ath	atmosphärisch
Beobachtung	Teilmenge der erhobenen Daten, eine definierte Wärmeerzeugungsanlage in einem bestimmten Zeitabschnitt betreffend
BJ	Baujahr
BMJ	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
BMVBS	vormaliges Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; kraft Organisationserlass per 17. Dezember 2013 in Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unter gleichzeitiger teilweiser Aufgabenänderung umbenannt.
bvh	Betriebsvolllaststunden = die Zeit, die die Anlage bei voll ausgeschöpfter Leistung benötigt, um die in einem definierten Zeitraum abgegebene Arbeit herzustellen.
BW, bw	Brennwert
BW-Anlagen	Wärmeerzeuger in Brennwerttechnik
EBZ	European Business School, Europäisches Bildungszentrum der Wohnungswirtschaft und Immobilienwirtschaft, www.e-b-z.de
Endenergie	die zur Erzeugung von Nutzenergie benötigte Energie. Dimension kWh
JNG	Jahresnutzungsgrad = Quotient der in einem Jahr aus einer Energieumwandlungsanlage erhaltenen Nutzenergie im Verhältnis zu der zu ihrer Erzeugung im gleichen Zeitraum eingesetzten Endenergie. Dimension: keine
kW	Kilowatt (siehe W)
Median	mittlerer Beobachtungswert der nach Größe sortierten Beobachtungen
Mittelwert	arithmetisches Mittel zusammengefasster Beobachtungen
MW	Megawatt (siehe W)
Nennleistung	vom Hersteller angegebene Leistung, die ein Gerät oder eine Anlage umsetzen (aufnehmen) oder generieren (abgeben) kann. Dimension: W, kW oder MW
NT-Anlagen	Wärmeerzeuger in Niedertemperaturtechnik
Nutzenergie	die aus einer Energieumwandlungsanlage vom Nutzer bestimmungsgemäß erzeugte Energie. Dimension: kWh
Regressionsanalyse	Rechenverfahren, welches die Beziehung von zwei oder mehreren Variablen untersucht
Reziprokwert-Verfahren	Vom BMJ in der Begründung zur WärmeLV benanntes Verfahren zur Ermittlung anerkannter Pauschalwerte von JNGen von Wärmeerzeugern. Diesem sind die in der Veröffentlichung des BMVBS "Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand" vom 30. Juli 2009, ergangen im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, publizierten Erzeuger-Aufwandszahlen zur Heizwärmeerzeugung und für Trinkwarmwasserbereitung jeweils in reziproker Form zugrunde zu legen.

R-squared	Gütemaß, welches die Qualität des Regressionsmodells für den zugrunde gelegten Datensatz wiedergibt.
W	Watt (Definition der Leistung), Zusätze el, th geben an, ob es sich um elektrische oder thermische Leistung handelt
WärmeLV	Wärmelieferverordnung vom 7. Juni 2013 (BGBl. I S. 1509), Volltext des Titels: Verordnung über die Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung für Mietwohnraum. Siehe z.B.: www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/w_rmelv/gesamt
Wirkungsgrad	Verhältnis der erhaltenen Nutzenergie zu der erforderlichen Endenergie (Momentanbetrachtung) Dimension: keine.
wohnungswirtschaftliche Anlagen	Wärmeerzeugungsanlagen, wie sie im vermieteten Wohnungsbestand errichtet und vermierterseitig oder von Dritten ohne besonderen Betriebsführungsaufwand in üblicher Weise betrieben sind.
Zielkorridor	Qualitätsmaß statistischer Aussagen: definierte zulässige Abweichung von der errechneten Größe, die ein Ergebnis als vertretbar erscheinen lässt (auch als Fehlerintervall bezeichnet)

Tabelle 13: Deskriptive Statistiken der Zielkorridore/Fehlerintervalle

Gruppe	Anzahl der Beobachtungen	Beobachtungen innerhalb des +-5% Zielkorridors	Beobachtungen innerhalb des +5% Zielkorridors	Beobachtungen innerhalb des -5% Zielkorridors	Durchschnittliche Abweichung (%)	Min. Abweichung (%)	Max. Abweichung (%)
Jahrgang: 87-94, NT, Reine Heizung	167	49 (29,3%)	12 (7,2%)	37 (22,2%)	-9.4	-22.2	8.6
Jahrgang: Ab 95, NT, Reine Heizung	181	59 (32,6%)	11 (6,1%)	48 (26,5%)	-8.5	-24.9	10.9
Jahrgang: Ab 95, BW, Reine Heizung	94	3 (3,2%)	2 (2,3%)	1 (1,1%)	-14.0	-24.5	4
Jahrgang: 87-94, NT, Heizung+WWB	218	54 (24,8%)	11 (5,1%)	43 (19,7%)	-6.6	-22.1	21.5
Jahrgang: Ab 95, NT, Heizung+WWB	218	43 (19,7%)	7 (3,2%)	36 (16,5%)	-10.0	-25.9	13.3
Jahrgang: 87-94, BW, Heizung+WWB	72	3 (4,2%)	1 (1,4%)	2 (2,8%)	-19.8	-28.6	.1
Jahrgang: Ab 95, BW, Heizung+WWB	159	46 (29,9%)	21 (13,2%)	25 (15,7%)	-9.7	-29.7	13.9

Tabelle 13: Vergleicht man die Kategorien einer Kesselart und einer Altersklasse, zeigt sich in allen Bereichen, dass die nach dem vom Reziprokwert-Verfahren vorgeschlagenen JNG deutlich höher liegen als die Mittelwerte der im Feld gemessenen Anlagen. Bei reinen Heizungsanlagen liegen die BMVBS-Werte zwischen 8,5 % und 14.0 % über den Messergebnissen, bei den Heizungsanlagen mit Warmwasser-Bereitung zwischen 6,6 % und 19,8 %.

Datentabelle

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
1	65	0	0	0	2373	2013	8
2	65	0	0	1	785	2013	895
3	65	0	0	0	4021	2011	8
4	65,1	0	1	0	1404	2013	370
5	65,6	0	1	0	3956	2013	306
6	66	0	0	0	1429	2012	11
7	66,2	0	0	0	1428	2011	163
8	66,8	0	1	0	1077	2013	50
9	67	0	1	1	941	2012	56
10	67	0	1	1	1113	2013	56
11	67,9	0	1	0	1097	2013	41
12	68,2	0	1	0	1404	2013	41
13	68,3	0	1	0	983	2013	139
14	68,8	0	1	0	928	2013	70
15	69	0	0	0	1941	2011	10
16	69	0	1	0	1832	2011	26
17	69	0	0	0	2400	2012	10
18	69	0	1	0	2166	2013	26
19	69	0	0	0	1970	2011	8
20	69	0	0	0	1847	2012	10
21	69,1	0	1	0	1304	2013	41
22	69,1	0	1	0	1123	2013	70
23	69,4	0	0	0	1239	2013	163
24	69,6	0	1	0	954	2013	70
25	70	0	1	0	2197	2012	26
26	70	0	1	0	1022	2013	70
27	70,1	0	0	0	945	2013	163
28	70,2	0	1	0	644	2013	110
29	70,3	0	1	0	1044	2013	43
30	70,4	0	1	0	898	2013	70
31	70,7	0	0	0	1203	2013	1250
32	70,7	0	1	0	1283	2013	43
33	70,9	0	1	0	1313	2013	45
34	70,9	0	1	0	976	2013	70
35	71	0	1	0	1999	2011	26
36	71	0	0	0	1250	2012	163
37	71	1	0	0	1296	2013	186
38	71	0	1	0	2090	2013	26
39	71,4	0	1	0	1443	2013	70
40	71,5	0	1	0	569	2013	90
41	71,8	0	1	0	1223	2013	70
42	71,8	0	1	0	503	2013	100
43	72	0	0	0	1755	2011	11
44	72,2	0	1	0	1060	2013	70
45	72,5	0	1	0	1683	2013	45

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
46	73	0	0	0	2193	2011	8
47	73	0	0	0	2006	2012	8
48	73	0	1	0	1980	2012	26
49	73	0	0	1	461	2012	895
50	73	0	0	0	4268	2012	8
51	73,3	0	0	1	883	2012	137
52	73,3	0	1	0	1386	2011	106
53	73,3	0	1	0	1233	2013	45
54	73,4	0	1	0	1132	2013	82
55	73,4	0	1	0	1066	2013	82
56	73,7	0	1	0	514	2013	56
57	73,7	1	0	0	1221	2013	136
58	73,8	1	0	0	1503	2013	120
59	73,9	0	0	1	1651	2013	100
60	74	1	0	0	2006	2013	170
61	74	0	1	0	1051	2013	56
62	74	1	0	1	1198	2013	115
63	74	0	1	0	1171	2013	45
64	74,1	0	1	0	474	2013	110
65	74,1	0	1	0	950	2011	56
66	74,1	0	1	0	909	2012	56
67	74,3	0	0	0	1494	2013	50
68	74,3	0	1	0	1251	2013	35
69	74,3	0	0	0	2446	2013	50
70	74,3	0	1	0	672	2013	50
71	74,4	0	1	0	1018	2013	183
72	74,6	0	1	0	1039	2013	82
73	74,7	0	1	0	1642	2013	43
74	74,7	0	1	0	719	2013	90
75	75	0	1	0	1724	2013	35
76	75	1	0	0	1156	2011	115
77	75	1	0	1	992	2011	27
78	75	1	0	0	1654	2011	80
79	75,1	0	1	0	1413	2013	41
80	75,1	0	1	0	1118	2012	72
81	75,1	0	0	0	1351	2013	250
82	75,2	0	1	0	840	2013	72
83	75,2	1	0	0	2090	2011	170
84	75,2	0	1	0	2554	2013	268
85	75,2	0	1	0	1590	2013	45
86	75,3	0	1	0	1167	2013	41
87	75,3	0	0	0	1505	2013	130
88	75,3	0	1	0	1399	2013	43,4
89	75,3	0	1	0	1370	2013	45
90	75,4	0	1	0	1054	2013	80
91	75,4	0	1	0	946	2011	72

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
92	75,5	0	0	0	1373	2013	230
93	75,7	1	0	0	1397	2013	130
94	75,7	0	1	0	606	2013	100
95	75,8	0	1	0	948	2013	41
96	75,8	0	1	0	1448	2013	43,4
97	75,8	0	0	0	1238	2013	120
98	75,9	0	1	0	1420	2013	41
99	76	0	0	0	2825	2011	8
100	76	0	1	0	2201	2013	35
101	76	0	1	0	1968	2012	35
102	76	0	1	0	1125	2013	50
103	76	0	1	0	847	2013	82
104	76,1	0	1	0	1532	2013	35
105	76,3	0	1	0	1490	2013	41
106	76,6	0	1	0	1466	2013	45
107	76,6	0	0	0	752	2011	150
108	76,7	0	1	0	1323	2013	55
109	76,8	0	1	0	1051	2013	56
110	76,8	0	0	0	1293	2013	305
111	76,8	0	1	0	1477	2013	45
112	76,8	0	1	0	696	2013	88
113	76,8	0	1	0	1359	2013	349
114	76,8	0	1	0	1867	2013	41
115	76,9	0	0	0	1256	2013	80
116	77	0	0	0	2072	2011	8
117	77	0	1	0	1680	2011	35
118	77	0	1	0	671	2013	100
119	77	0	1	0	1637	2012	35
120	77,1	0	1	0	1047	2011	96
121	77,1	0	1	0	727	2013	90
122	77,1	0	1	0	628	2013	90
123	77,1	0	1	0	1337	2013	41
124	77,1	1	0	0	610	2013	293
125	77,2	0	1	0	808	2013	96
126	77,2	0	1	0	1538	2013	43,4
127	77,3	0	1	0	1203	2013	41
128	77,3	0	1	0	1169	2013	175
129	77,3	0	1	0	967	2012	96
130	77,3	0	1	1	925	2013	116
131	77,4	0	1	0	1082	2013	70
132	77,6	0	1	0	1180	2013	55
133	77,6	0	1	0	917	2011	80
134	77,6	0	0	0	1433	2012	90
135	77,6	0	0	0	1963	2011	50
136	77,7	0	1	0	1394	2013	55
137	77,7	0	0	0	1847	2013	140

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
138	77,7	0	1	0	1048	2013	41
139	77,7	0	1	0	922	2012	80
140	77,7	0	1	0	712	2013	80
141	77,8	0	1	0	1247	2013	41
142	77,9	0	1	1	1439	2013	99
143	77,9	0	0	0	1201	2013	192
144	77,9	0	1	0	1234	2013	41
145	78	0	0	0	1919	2012	8
146	78	0	0	1	905	2013	138
147	78	0	1	0	2003	2012	47
148	78	1	0	0	1091	2011	42,9
149	78	0	1	0	1365	2013	41
150	78	0	0	0	576	2013	150
151	78	1	0	0	1472	2011	468,2
152	78	1	0	0	1405	2013	115
153	78,1	0	1	0	1336	2013	35
154	78,1	0	1	0	1257	2013	175
155	78,1	0	1	0	1776	2013	280
156	78,2	0	1	0	1192	2013	41
157	78,2	0	1	0	1485	2013	45
158	78,2	1	0	0	1459	2013	170
159	78,2	0	1	0	1562	2013	47
160	78,2	0	1	0	1362	2013	129
161	78,2	0	1	0	790	2013	100
162	78,3	1	0	1	654	2013	278
163	78,3	0	1	0	1400	2013	41
164	78,3	0	0	0	1504	2012	130
165	78,4	0	0	0	512	2013	1320
166	78,4	0	1	0	1820	2011	47
167	78,5	0	1	0	1342	2013	41
168	78,5	0	1	0	1436	2013	41
169	78,6	0	1	0	1007	2013	41
170	78,6	0	1	0	1113	2013	48,7
171	78,6	0	1	0	1232	2013	41
172	78,7	0	1	0	1414	2013	612
173	78,7	0	1	0	1590	2013	43
174	78,8	0	1	0	1220	2013	41
175	78,9	0	1	0	781	2013	45
176	78,9	0	1	0	1529	2013	35
177	79	1	0	0	2160	2013	60
178	79	1	0	0	1203	2013	115
179	79	1	0	1	1812	2013	108
180	79	1	0	1	1357	2011	105
181	79	0	1	0	1392	2013	41
182	79	1	0	0	1145	2013	115
183	79	0	1	0	1235	2013	43,4

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
184	79	0	1	0	1971	2013	200
185	79,1	0	1	0	1139	2013	96
186	79,1	0	1	0	1137	2013	41
187	79,2	0	1	0	1385	2013	35
188	79,2	0	0	0	1570	2013	275
189	79,2	0	1	0	1540	2013	106
190	79,2	0	0	0	985	2013	330
191	79,2	0	0	0	1578	2013	110
192	79,3	0	1	0	1938	2013	41
193	79,3	0	1	0	919	2013	82
194	79,4	0	1	0	884	2013	90
195	79,5	0	1	0	1276	2013	41
196	79,5	0	1	0	1292	2013	38,4
197	79,6	0	0	0	1569	2013	170
198	79,7	0	1	0	1882	2013	30
199	79,7	1	0	1	831	2013	120
200	79,7	0	1	0	728	2013	90
201	79,7	0	0	0	1698	2013	95
202	79,9	0	1	0	1755	2013	41
203	79,9	0	1	0	1269	2013	47
204	79,9	0	1	0	1511	2013	43,4
205	80	0	1	0	1569	2013	43
206	80	1	0	1	1942	2012	285
207	80	0	1	0	991	2011	90
208	80	1	0	0	1671	2013	158
209	80	1	0	0	1075	2011	186
210	80	1	0	1	1543	2011	46,3
211	80	1	0	0	1357	2012	115
212	80	1	0	0	1637	2011	170
213	80	1	0	1	763	2011	200
214	80	1	0	0	4522	2013	60
215	80	1	0	0	1756	2012	170
216	80	1	0	0	1208	2013	115
217	80	0	1	0	1995	2012	200
218	80,1	0	1	0	1638	2013	41
219	80,1	0	1	0	1450	2012	106
220	80,2	0	1	0	1689	2013	92
221	80,2	0	1	0	2016	2013	43,4
222	80,2	0	1	0	2058	2013	35
223	80,2	0	0	0	1327	2011	58
224	80,3	0	0	0	1288	2013	110
225	80,3	0	0	0	1604	2012	110
226	80,3	0	1	0	1034	2012	90
227	80,4	0	1	0	1030	2013	41
228	80,4	0	1	0	1117	2013	45
229	80,5	0	1	0	1606	2013	41

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
230	80,5	0	0	0	960	2013	50
231	80,6	0	1	0	1485	2013	43,4
232	80,6	0	0	0	1064	2013	58
233	80,6	1	0	0	964	2013	135
234	80,6	0	0	0	699	2012	150
235	80,6	0	1	0	1013	2013	41
236	80,7	0	1	0	1410	2013	43
237	80,7	0	0	1	798	2011	137
238	80,7	0	1	0	2184	2013	95
239	80,8	0	0	0	1415	2013	58
240	80,8	0	1	0	1783	2013	45
241	80,8	0	0	1	474	2012	200
242	80,8	0	0	1	383	2013	200
243	80,9	0	1	0	1895	2013	43,4
244	80,9	0	1	0	1539	2013	43,4
245	81	1	0	1	1188	2011	80
246	81	1	0	1	523	2012	47,7
247	81	1	0	1	1797	2013	80
248	81	1	0	0	1275	2011	187,5
249	81	0	0	0	2209	2013	340
250	81	1	0	0	1321	2013	208
251	81	1	0	0	1546	2013	187,5
252	81	1	1	0	1220	2013	269
253	81	1	0	0	1151	2011	115
254	81	1	0	0	1139	2012	42,9
255	81	1	0	0	1424	2013	115
256	81	1	0	1	1299	2013	142
257	81	1	0	0	1436	2012	115
258	81	1	0	1	1069	2013	80
259	81	1	0	0	1134	2012	186
260	81	1	1	1	1147	2011	80
261	81	1	0	1	1180	2013	130
262	81	0	0	0	1377	2012	58
263	81,1	1	0	0	1897	2013	105
264	81,1	0	1	0	1006	2013	60
265	81,2	0	1	0	1608	2013	41
266	81,2	1	0	0	4513	2013	60
267	81,2	0	1	0	1748	2013	35
268	81,3	0	1	1	825	2011	90
269	81,3	0	1	0	1354	2013	41
270	81,4	0	1	0	1721	2011	80
271	81,5	0	1	0	1163	2013	47
272	81,5	0	1	0	1515	2013	43,4
273	81,5	0	0	0	1186	2013	130
274	81,6	0	1	1	670	2013	90
275	81,6	0	0	0	1160	2011	63

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
276	81,6	0	0	0	1306	2013	305
277	81,6	0	1	0	1606	2013	35
278	81,6	0	0	1	1575	2013	70
279	81,6	1	0	0	1233	2013	240
280	81,7	0	0	0	1284	2013	72
281	81,8	0	1	0	1462	2013	43,4
282	81,8	1	0	0	1969	2013	130
283	82	1	0	0	1283	2013	42,9
284	82	1	0	1	1857	2012	80
285	82	1	0	1	1013	2011	130
286	82	1	0	1	1722	2011	46,3
287	82	1	0	1	1016	2012	80
288	82	1	0	1	912	2011	130
289	82	1	0	1	1660	2011	80
290	82	1	0	1	857	2013	200
291	82	1	0	1	1066	2013	130
292	82	1	0	1	1478	2013	187
293	82	1	0	1	1453	2013	248
294	82	1	0	1	795	2012	200
295	82	1	0	1	1251	2012	142
296	82	1	0	0	1949	2011	186
297	82	1	0	0	1151	2012	115
298	82	1	0	0	1286	2012	208
299	82	1	1	1	1350	2013	80
300	82	1	0	0	1053	2011	115
301	82,1	0	1	0	1413	2013	118
302	82,2	0	1	0	1168	2013	80
303	82,2	1	0	0	1443	2013	105
304	82,2	0	1	0	1151	2012	106
305	82,2	0	0	0	1148	2011	300
306	82,4	0	0	0	1277	2011	150
307	82,4	0	1	0	2057	2013	48
308	82,5	0	0	0	1602	2013	95
309	82,5	0	0	0	1439	2013	250
310	82,5	0	0	0	1573	2013	165
311	82,6	0	0	0	1112	2013	90
312	82,6	0	1	0	2362	2013	310
313	82,6	1	0	0	1701	2013	130
314	82,6	1	0	0	1410	2013	70
315	82,7	0	1	0	2005	2013	47
316	82,7	0	1	0	1347	2013	41
317	82,7	1	0	0	1373	2013	225
318	82,8	0	1	0	1796	2013	44
319	82,9	1	0	0	1685	2013	170
320	83	1	1	1	1690	2013	225
321	83	1	0	0	1493	2012	187,5

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
322	83	1	0	1	1470	2013	39,3
323	83	0	0	0	1550	2013	130
324	83	1	0	0	1959	2012	186
325	83	1	0	1	1001	2012	130
326	83	1	0	1	1614	2012	46,3
327	83	1	0	1	1106	2012	130
328	83	1	1	1	1795	2013	49
329	83	1	1	1	1582	2011	225
330	83	1	0	1	1149	2011	142
331	83	0	0	0	924	2013	606
332	83	1	0	1	900	2011	42,5
333	83	1	0	0	1320	2011	115
334	83	1	0	0	1549	2013	187,5
335	83	1	0	1	1390	2013	134
336	83	0	1	0	1392	2013	41
337	83	1	0	1	4201	2011	599
338	83	1	0	1	951	2012	27
339	83	0	0	0	3308	2012	8
340	83	1	0	1	1067	2012	115
341	83	1	1	1	1708	2012	225
342	83	1	0	1	952	2011	115
343	83	1	0	1	1298	2011	187
344	83	0	0	1	740	2013	180
345	83	1	0	0	1088	2012	115
346	83	1	0	0	1192	2011	208
347	83,1	0	0	0	947	2013	63
348	83,1	1	0	0	766	2013	640
349	83,3	1	0	0	1286	2013	130
350	83,3	0	0	0	1052	2013	150
351	83,4	0	0	1	831	2012	110
352	83,4	0	0	0	1390	2013	170
353	83,4	1	0	0	1176	2013	175
354	83,4	1	0	0	1187	2013	134
355	83,5	0	1	0	1246	2013	70
356	83,5	0	1	0	1838	2013	80
357	83,6	0	0	1	1491	2013	34
358	83,6	1	0	0	1399	2013	80
359	83,6	0	0	0	921	2011	115
360	83,7	0	0	1	914	2013	110
361	83,7	0	0	0	1697	2013	95
362	83,7	0	0	0	2240	2013	1232
363	83,7	0	1	0	1358	2011	44
364	83,8	0	1	0	1536	2012	80
365	83,8	0	1	0	1417	2013	43,4
366	83,8	0	1	0	1137	2013	44
367	83,9	0	1	0	1417	2012	44

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
368	83,9	0	0	0	683	2013	300
369	83,9	0	0	0	1178	2013	130
370	83,9	0	0	0	367	2013	115
371	84	1	0	1	1479	2013	105
372	84	1	0	1	1157	2011	73,3
373	84	1	1	1	1648	2011	49
374	84	1	0	1	1334	2011	108
375	84	1	0	1	4481	2012	599
376	84	1	1	1	1218	2012	80
377	84	1	0	0	1139	2012	115
378	84	1	0	1	1255	2012	39,3
379	84	1	0	1	1435	2013	70
380	84	1	0	1	1170	2011	134
381	84	1	0	1	1539	2013	142
382	84	1	0	0	1269	2011	187,5
383	84	1	0	1	963	2013	42,5
384	84	1	0	0	1200	2011	115
385	84	1	0	1	1306	2013	73,3
386	84,1	0	0	1	735	2013	700
387	84,1	0	0	0	1197	2013	106
388	84,1	1	0	0	1604	2013	105
389	84,2	1	0	0	1571	2013	170
390	84,2	0	0	0	1482	2012	150
391	84,2	0	1	0	1017	2013	331
392	84,2	0	0	0	1383	2013	63
393	84,2	0	0	0	1593	2013	115
394	84,3	0	0	0	1528	2013	150
395	84,3	1	0	0	1304	2013	285
396	84,3	0	1	0	1655	2013	662
397	84,4	0	0	1	693	2013	110
398	84,4	1	0	0	1124	2013	170
399	84,4	0	0	0	1791	2013	355
400	84,5	1	0	1	1258	2013	115
401	84,5	1	0	0	1824	2013	180
402	84,5	1	0	0	1066	2013	130
403	84,5	0	0	0	1895	2013	630
404	84,5	0	0	0	2047	2013	225
405	84,5	0	0	0	1331	2013	190
406	84,6	0	0	0	1739	2011	22
407	84,7	0	0	0	1086	2013	115
408	84,7	0	1	0	947	2013	106
409	84,7	0	0	1	2427	2013	42
410	84,7	0	0	0	1026	2012	115
411	84,7	0	0	0	1414	2012	63
412	84,8	0	0	1	681	2013	230
413	84,8	0	0	0	1471	2013	22

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
414	84,8	0	0	0	1491	2012	115
415	84,8	0	0	0	1263	2013	115
416	84,9	0	0	0	1545	2013	1740
417	84,9	1	0	0	1558	2013	225
418	85	1	0	0	1627	2012	45,5
419	85	1	0	1	4685	2013	599
420	85	1	0	1	1220	2011	39,3
421	85	1	0	1	891	2013	27
422	85	1	0	0	2085	2013	186
423	85	1	1	1	1719	2012	49
424	85	1	0	1	1376	2012	105
425	85	1	0	1	1817	2012	46,3
426	85	1	0	1	1343	2012	248
427	85	1	0	1	1584	2013	46,3
428	85	1	0	1	943	2012	42,5
429	85	1	0	0	1459	2012	187,5
430	85	1	0	0	670	2011	142
431	85	1	0	0	1746	2013	45,5
432	85	1	0	1	1267	2012	134
433	85	1	0	0	1582	2013	187,5
434	85	1	0	0	1286	2011	187,5
435	85	1	0	1	1385	2011	142
436	85	1	0	0	1448	2012	187,5
437	85,1	1	0	1	1936	2013	185
438	85,1	0	0	0	2033	2012	22
439	85,1	0	0	0	2277	2013	22
440	85,2	0	0	1	882	2012	110
441	85,2	0	0	1	406	2013	110
442	85,3	0	0	1	774	2011	110
443	85,3	0	1	0	2923	2011	95
444	85,3	0	0	0	2177	2011	70
445	85,5	0	0	1	751	2011	110
446	85,6	0	0	0	1032	2013	165
447	85,7	0	0	0	1152	2011	105
448	85,7	0	1	0	1416	2013	70
449	85,7	1	0	1	372	2013	900
450	85,8	1	0	0	1550	2013	177
451	85,9	0	1	0	1016	2013	106
452	85,9	0	0	0	2179	2013	100
453	85,9	0	0	0	1797	2011	165
454	85,9	0	0	0	946	2013	920
455	86	1	0	1	1793	2013	46,3
456	86	1	0	1	525	2013	47,7
457	86	1	0	0	1996	2013	285
458	86	0	0	0	987	2013	105
459	86	1	0	0	1614	2013	170

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
460	86,2	1	0	0	1073	2013	135
461	86,2	0	0	0	1761	2013	95
462	86,3	0	1	0	1564	2013	80
463	86,4	0	0	0	1865	2012	165
464	86,4	1	1	0	1358	2013	400
465	86,4	0	0	0	1264	2011	95
466	86,4	0	0	0	1918	2013	165
467	86,4	0	0	0	1170	2012	105
468	86,4	0	0	1	1271	2013	210
469	86,5	0	0	0	671	2013	150
470	86,5	1	0	0	2017	2013	105
471	86,5	1	0	0	1232	2013	80
472	86,5	1	0	0	1547	2013	234,5
473	86,6	0	0	1	810	2011	110
474	86,6	0	0	1	1026	2013	110
475	86,6	0	0	0	1857	2013	70
476	86,7	0	0	0	1406	2013	500
477	86,7	1	0	0	1908	2013	285
478	86,7	0	0	1	1092	2013	536
479	86,9	0	0	1	702	2013	110
480	86,9	1	0	0	1262	2013	130
481	87	1	0	1	1220	2012	73,3
482	87	1	0	1	1449	2012	142
483	87	0	0	1	1068	2013	110
484	87	1	0	1	1518	2013	80
485	87	1	0	0	1509	2011	45,5
486	87	1	0	0	1380	2013	80
487	87	1	0	0	734	2012	142
488	87,1	0	0	0	1839	2013	440
489	87,1	1	0	0	1052	2013	88
490	87,2	0	0	1	992	2012	110
491	87,2	0	1	0	2130	2013	50
492	87,3	0	1	0	558	2013	100
493	87,3	0	0	0	1587	2013	95
494	87,4	0	1	0	1787	2013	45
495	87,4	0	0	0	1092	2013	95
496	87,5	0	0	0	1620	2013	275
497	87,5	0	0	0	1893	2012	50
498	87,5	1	1	0	1193	2013	200
499	87,6	0	0	0	1305	2011	90
500	87,7	1	0	0	1736	2013	285
501	87,7	1	0	0	2053	2013	80
502	87,7	0	0	0	1247	2013	105
503	87,7	1	0	0	1427	2013	105
504	87,8	0	0	0	2199	2012	70
505	88	1	0	1	867	2011	47,7

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
506	88	1	0	1	1216	2011	87
507	88	0	0	1	1077	2013	110
508	88	0	0	0	1591	2013	170
509	88	0	0	0	2423	2013	70
510	88,3	0	0	0	1381	2012	95
511	88,4	0	0	1	1094	2013	75
512	88,6	0	0	1	1504	2012	295
513	88,6	0	0	0	1141	2012	300
514	88,7	0	0	1	493	2013	95
515	88,7	1	0	0	1530	2011	150
516	88,8	1	0	0	1357	2013	150
517	88,8	0	0	0	677	2011	130
518	89	1	0	0	1666	2012	150
519	89	1	0	0	1320	2013	90
520	89	1	0	1	1191	2012	87
521	89,1	1	0	0	2989	2013	70
522	89,4	0	1	0	1096	2011	106
523	89,5	0	0	0	665	2013	340
524	89,8	1	0	1	777	2013	425
525	90	1	0	1	1402	2012	108
526	90	1	0	1	1352	2012	187
527	90	0	0	0	1126	2013	754
528	90	0	0	0	1475	2013	50
529	90,2	1	1	0	1768	2013	270
530	90,2	0	0	1	994	2013	2700
531	90,2	0	0	0	1937	2013	340
532	90,7	0	0	1	1487	2013	295
533	90,7	0	0	0	1307	2011	180
534	90,7	0	0	0	1485	2013	180
535	90,8	0	0	0	1353	2013	2140
536	90,8	0	0	0	1333	2013	160
537	90,9	0	0	0	1372	2011	130
538	91	0	0	0	1386	2012	180
539	91	0	0	0	2471	2012	8
540	91,2	0	0	0	1621	2013	580
541	91,3	0	0	0	944	2013	370
542	91,4	1	0	0	1074	2013	185
543	91,7	1	0	0	1474	2013	105
544	91,8	0	0	1	1004	2013	720
545	92,1	1	0	0	1350	2013	180
546	92,2	1	0	0	1326	2011	225
547	92,2	0	0	0	1666	2013	580
548	92,4	0	0	0	1561	2013	1105
549	92,5	0	0	0	1319	2013	1840
550	92,7	1	0	0	1304	2013	80
551	92,8	1	0	1	1065	2013	170

Nummer	JNG_i [%]	bw_i [0/1]	ath_i [0/1]	h_i [0/1]	bvh_i [h]	Jahr	p_i [kW]
552	93,2	1	0	0	1935	2013	130
553	93,3	1	0	0	1597	2012	170
554	93,8	1	0	1	1869	2013	370
555	94	1	0	1	1134	2013	87
556	94,1	0	0	1	1080	2012	95
557	94,2	1	0	0	1726	2013	170
558	94,3	0	0	1	1332	2013	295
559	94,5	1	0	0	1492	2013	116
560	94,6	0	0	1	897	2011	95
561	95	1	0	0	1222	2013	225
562	95,4	1	0	0	1450	2013	1035
563	95,6	1	1	1	629	2013	172
564	95,7	1	0	1	1269	2013	276
565	95,7	1	0	0	1475	2011	185
566	95,8	1	0	0	1269	2013	200
567	96	1	0	1	1192	2011	248
568	96	1	0	1	1914	2013	158
569	96	0	0	0	1149	2013	300
570	96,1	0	0	1	1150	2013	95
571	96,3	1	0	0	1493	2012	185
572	96,5	0	0	0	601	2013	130
573	97,2	1	0	0	964	2013	1245
574	99,2	0	0	0	697	2012	130
575	100,1	1	0	0	969	2013	800
576	100,2	0	0	0	1247	2013	90
577	102	0	1	0	1653	2011	200
578	102,9	0	0	1	373	2013	200
579	108	0	1	0	2014	2011	35