


Technische Regel

Arbeitsblatt G 2000 B1 | September 2007



1. Beiblatt zum DVGW-Arbeitsblatt G 2000
Leitfaden zur Ermittlung des Netzpuffers

ISSN 0176-3490

Preisgruppe: 2–4

© DVGW, Bonn, September 2007

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Str. 1–3
D-53123 Bonn

Telefon: +49 228 91-88-5
Telefax: +49 228 91-88-9-90
E-Mail: info@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des
DVGW e.V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn
Telefon: +49 228 9191-40 · Telefax: +49 228 9191-499
E-Mail: info@wvgw.de · Internet: www.wvgw.de
Art. Nr.: 307115

Inhalt

Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen.....	5
4 Bestimmung des Netzpuffers.....	6
4.1 Allgemeines	6
4.1.1 Voraussetzungen	6
4.1.2 Berechnungs-/ Ermittlungsmethoden	6
4.2 Bezeichnungen und Berechnungs- formeln für unterschiedliche Netz- inhalte	7
4.2.1 Netzinhalte	7
4.2.2 Netzpuffer als Netzinhaltsdifferenz	8
4.3 Grundlagen zur Berechnung des Netzinhaltes einzelner Rohrleitungs- abschnitte	9
4.3.1 Grundlegende Zusammenhänge.....	9
4.3.2 Ermittlung des Druckes in einer Rohrleitung	9
4.3.3 Netzinhalt im stationären Strömungszustand	10
4.4 Praktische Hinweise	10
4.4.1 Druckmessorte	10
4.4.2 Genauigkeit	10
5 Analyse historischer Ergebnisse, Prognose und Nutzbarmachung	11
5.1 Analyse der historischen Fahrweise für die langfristige Abschätzung	11
5.2 Ein- und Auspufferungsleistung des Netzpuffers	12
5.3 Ermittlung von Prognosewerten.....	13
6 Formelzeichen	13

Vorwort

Dieses Beiblatt „Leitfaden zur Ermittlung des Netzpuffers“ zum DVGW-Arbeitsblatt G 2000 „Mindestanforderungen bezüglich Interoperabilität und Anschluss an Gasversorgungsnetze“ wurde vom DVGW-Projektkreis „Ermittlung des Netzpuffers“ im DVGW-Lenkungskomitee „Gasversorgung“ erarbeitet.

In zahlreichen Netzen kann die Fähigkeit, Gas zu puffern, zum Ausgleich von Lastspitzen beim Gas-transport genutzt werden. Diese als Netzpufferung bezeichnete Fähigkeit wird auch im Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 erwähnt.

In der von BGW, VKU und GEODE ausgearbeiteten „Vereinbarung über die Kooperation gemäß § 20 Abs. 1 b) EnWG zwischen den Betreibern von in Deutschland gelegenen Gasversorgungsnetzen“ in der Fassung vom 25. April 2007 werden konkrete Hinweise zum Einsatz des Netzpuffers zur Glättung von Lastspitzen gegeben. Für die Ermittlung des Netzpuffers und dessen Umrechnung in eine stündliche und kumulative Toleranzgrenze wurde festgelegt, einen abgestimmten einheitlichen Berechnungsstandard zu verwenden.

Die Festlegung und Beschreibung dieses Berechnungsstandards ist der Gegenstand dieses Leitfadens.

Änderungen

Dieses Beiblatt ergänzt die technische Regel DVGW G 2000 (A):2006-10.

1 Anwendungsbereich

Dieser Leitfaden beschreibt die Komponenten des Netzpuffers und die Grundregeln zur Ermittlung der Netzpufferinhalte des Gasrohrnetzes aus technischer Sicht.

Die Bereitstellung des Netzpuffers liegt in der kommerziellen Entscheidung des jeweiligen Netzbetreibers. Die hierfür erforderlichen Abwicklungsprozesse und Kommunikationswege sind an anderer Stelle beschrieben und nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

Zusätzlich zum Puffervolumen des eigentlichen Rohrnetzes können weitere Puffervolumen von eventuell vorhanden Röhrenspeichern und/oder Kugelbehältern vorhanden sein. Die Beschreibung dieser Elemente ist ebenfalls nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils des DVGW-Regelwerkes sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nicht. Anwender dieses Teils des DVGW-Regelwerkes werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neusten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokumentes. Aufgeführte DIN-Normen können Bestandteil des DVGW-Regelwerkes sein.

DVGW-Arbeitsblatt G 2000, *Mindestanforderungen bezüglich Interoperabilität und Anschluss an Gasversorgungsnetze*.

DIN EN 12831, *Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*.

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

Auspufferungsleistung N_{LA}

Nutzbarer Gasvolumenstrom (Leistung) bei der Ausspeisung aus dem Netzpuffer, angegeben in m^3/h im Normzustand. Die Angabe im Bilanzkreismanagement erfolgt in kWh/h .

Einpufferungsleistung N_{LE}

Nutzbarer Gasvolumenstrom (Leistung) zur Einspeisung in den Netzpuffer, angegeben in m^3/h im Normzustand. Die Angabe im Bilanzkreismanagement erfolgt in kWh/h .

Ausspeisepunkt

Ein Punkt, an dem Gas aus dem Netz oder Teilnetz eines Netzbetreibers entnommen werden kann.

Einspeisepunkt

Ein Punkt, an dem Gas an einen Netzbetreiber in dessen Netz oder Teilnetz übergeben werden kann, einschließlich der Übergabe aus Speichern, Gasproduktionsanlagen, Hubs oder Misch- und Konversionsanlagen.

Maximaler Einspeisedruck $p_{E\text{max}}$

Der maximale Einspeisedruck, mit dem ein Netz hinter einem Netzkopplungspunkt beaufschlagt wird, ist in der Regel der Auslegungsdruck des Ausspeisenetzes abzüglich der Druckstaffelungen der Gasdruckregelgeräte und Sicherheitseinrichtungen in den Stationen am Netzkopplungspunkt.

Minimaler Einspeisedruck $p_{E\text{TV}}$

Der kleinste erforderliche Druck hinter dem Einspeisepunkt eines Netzes bzw. Leitungsabschnitts, bei dem die notwendige Transportkapazität bei Auslegungstemperatur gemäß EN 12831 darstellbar ist unter Berücksichtigung der Stationskapazität des Einspeisenetzkopplungspunktes.

Minimaler für teilgenutzte Transportkapazität erforderlicher Einspeisedruck p_{ETT}

Der kleinste erforderliche Druck am Einspeisepunkt zur Sicherstellung von Transporten durch das nachgelagerte Netz oder Teilnetz im Teillastbereich.

Minimaler Ausspeisedruck p_{Amin}

Der kleinste erforderliche Druck am Ausspeisepunkt, der zum Betrieb der nachgeschalteten Anlagen erforderlich ist.

Netzkopplungspunkt

Verbindet zwei Gasversorgungsnetze miteinander.

Netzpuffer NP

Der Netzpuffer bezeichnet das nutzbare Volumen eines Gasnetzes zum Ausgleich von Prognoseabweichungen und zur Glättung des Ausspeiselastgangs innerhalb eines 24-Stunden Intervalls bzw. eines 1-Wochen-Intervalls.

Netzinhalt NI

Ist die Gasmenge, die beim jeweiligen Gasdruck im Netz vorhanden ist.

Nicht nutzbarer Netzinhalt NI_{NN}

Ist die Gasmenge, welche zur Sicherstellung der für den Transport erforderlichen Drücke im Netz vorhanden sein muss.

Nutzbarer Inhalt von dem Netz zugeordneten Pufferanlagen NI_{AnI}

Der nutzbare Inhalt NI_{AnI} wird ermittelt aus dem geometrischen Volumen und der verfügbaren Druckdifferenz des in diesem Volumen enthaltenen Gases (Kugelbehälter, Teleskopbehälter, Röhrenspeicher).

4 Bestimmung des Netzpuffers

4.1 Allgemeines

4.1.1 Voraussetzungen

Durch den minimalen Einspeisedruck p_{ETT} ist der minimale Netzinhalt zur Sicherstellung der Trans-

porte festgelegt. Eine gezielte Netzpuffernutzung setzt eine nutzbare Druckdifferenz zwischen tatsächlichem Einspeisedruck p_E und dem minimal erforderlichen Einspeisedruck p_{ETV} voraus. Hierzu sind mengengesteuerte Netzeinspeisungen erforderlich. Die Steuerung der Einspeisemengen erfolgt dabei in der Regel durch das Dispatching des Netzbetreibers. Der Netzbetreiber muss an allen Ausspeisepunkten den jeweils minimal erforderlichen Druck p_{Amin} jederzeit gewährleisten.

4.1.2 Berechnungs-/Ermittlungsmethoden

Der Netzpuffer ergibt sich aus der Differenz zwischen dem ermittelten maximalen Netzinhalt und dem nicht nutzbaren Netzinhalt.

Die Bestimmung des Netzinhaltes kann durch verschiedene Methoden erfolgen. Das anzuwendende Verfahren ist von den zur Verfügung stehenden Messwerten und Ausgangsdaten sowie der Netzstruktur abhängig.

- Berechnung des Netzinhalts auf Basis gemessener Drücke an relevanten Ein- und Ausspeisepunkten (Ermittlung der fehlenden Drücke durch Interpolation). Hierbei muss das geometrische Volumen des Netzes bekannt sein.
- Berechnung des Netzinhalts mittels dynamischer Netzsimulation auf Basis gemessener Ein- und Ausspeiselastgänge und der Drücke an den Einspeisepunkten.

Der Netzpuffer kann auch durch Bilanzierung der Zu- und Abflüsse (Mengenmessung aller Ein- und Ausspeisestellen) ermittelt werden.

Für einen Rohrleitungsabschnitt sind die Berechnungsgrundlagen nachfolgend angegeben. Bei verzweigten Netzen sind die Rohrleitungsabschnitte entsprechend zu kombinieren. Bei komplex vermaschten Netzen ist der Einsatz von Netzsimulationsprogrammen erforderlich.

4.2 Bezeichnungen und Berechnungsformeln für unterschiedliche Netzinhalte

4.2.1 Netzinhalte

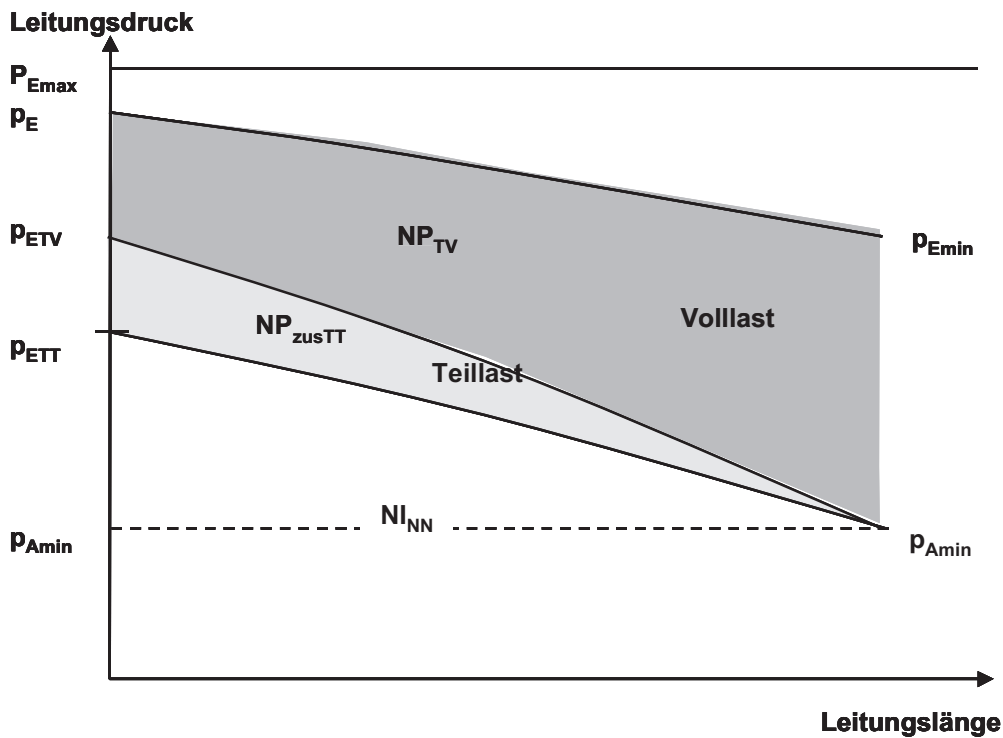


Bild 1 – Darstellung des Netzpuffers

$p_{E_{max}}$ = maximal zulässiger Betriebsdruck

$p_{A_{min}}$ = minimal zulässiger Druck an den Ausspeisepunkten

p_{ETV} = minimal notwendiger Einspeisedruck zu Sicherung der gebuchten Transporte bei Volllast, so dass $p_{A_{min}}$ nicht unterschritten wird (Berechnung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 2000).

p_{ETT} = minimal notwendiger Einspeisedruck zu Sicherung der Transporte bei Teillast, so dass $p_{A_{min}}$ nicht unterschritten wird (Berechnung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 2000).

p_E = Einspeisedruck, ist bekannt bei historischen Berechnungen oder wird angenommen für Prognosen

$p_{E_{min}}$ = Druck am Ausspeisepunkt beim Einspeisedruck p_E

NP_{TV} = Netzpuffer beim Einspeisedruck p_E und voller Transportleistung (Volllast)

NP_{zusTT} = zusätzlicher Netzpuffer beim Einspeisedruck p_E und Transport mit Teillast

Für einen beliebigen Ausspeisepunkt eines Netzes lässt sich nach den Ähnlichkeitsgesetzen der Strömungslehre für stationäre Strömung und gleichen Lastzustand der Ausspeisedruck errechnen zu:

$$p_{E\min}^2 = p_E^2 - (p_{ETT}^2 - p_{A\min}^2) \quad (\text{Gl.1})$$

für den Einspeisedruck p_E statt eines Einspeisedruckes p_{ETT} .

Damit lassen sich die Netzinhalte unter Berücksichtigung der Gleichung (9) ermitteln:

$$NI_{NNV} = \text{Nicht nutzbarer Netzinhalte bei Volllast mit } p_1 = p_{ETV} \text{ und } p_2 = p_{A\min}$$

$$NI_{NNT} = \text{Nicht nutzbarer Netzinhalte bei Teillast mit } p_1 = p_{ETT} \text{ und } p_2 = p_{A\min}$$

$$NI_E = \text{Netzinhalte bei Einspeisedruck } p_E \text{ mit } p_1 = p_E \text{ und } p_2 = p_{E\min}$$

4.2.2 Netzpuffer als Netzinhaltsdifferenz

Der maximale Netzpuffer lässt sich bei gleichem, stationärem Lastzustand ermitteln als Differenz eines Netzinhaltes mit einem prognostiziertem Einspeisedruck p_E und einem erforderlichen Einspeisedruck p_{ETT} bei Teillast zu:

$$NP_{TT} = NI_E - NI_{ETT} =$$

$$V_{\text{geo}} \cdot \frac{450\text{bar}}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{\text{Gas}}} \cdot \left(\frac{\frac{p_E^2 + p_E \cdot p_{E\min} + p_{E\min}^2}{\frac{3}{2} \cdot 450\text{bar} \cdot (p_E + p_{E\min}) - (p_E^2 + p_E \cdot p_{E\min} + p_{E\min}^2)} - \frac{p_{ETT}^2 + p_{ETT} \cdot p_{A\min} + p_{A\min}^2}{\frac{3}{2} \cdot 450\text{bar} \cdot (p_{ETT} + p_{A\min}) - (p_{ETT}^2 + p_{ETT} \cdot p_{A\min} + p_{A\min}^2)}} \right) \quad (\text{Gl. 2})$$

Der Netzpuffer bei Transport mit Volllast lässt sich bei gleichem, stationärem Lastzustand ermitteln als Differenz eines Netzinhaltes mit einem prognostiziertem Einspeisedruck p_E und einem erforderlichen Einspeisedruck p_{ETV} bei Volllast zu:

$$NP_{TV} = NI_E - NI_{ETV} =$$

$$V_{\text{geo}} \cdot \frac{450\text{bar}}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_{\text{Gas}}} \cdot \left(\frac{\frac{p_E^2 + p_E \cdot p_{E\min} + p_{E\min}^2}{\frac{3}{2} \cdot 450\text{bar} \cdot (p_E + p_{E\min}) - (p_E^2 + p_E \cdot p_{E\min} + p_{E\min}^2)} - \frac{p_{ETV}^2 + p_{ETV} \cdot p_{A\min} + p_{A\min}^2}{\frac{3}{2} \cdot 450\text{bar} \cdot (p_{ETV} + p_{A\min}) - (p_{ETV}^2 + p_{ETV} \cdot p_{A\min} + p_{A\min}^2)}} \right) \quad (\text{Gl. 3})$$

4.3 Grundlagen zur Berechnung des Netzinhaltes einzelner Rohrleitungsabschnitte

4.3.1 Grundlegende Zusammenhänge

Der Netzinhalt ergibt sich aus dem **geometrischen Volumen** des mengengesteuerten Netzes und dem in der Leitung herrschenden **Druck**. Hierzu wird der Druck über die Länge der Rohrleitung integriert.

Unter Berücksichtigung der Kompressibilität und der Temperatur, ergibt sich für den Netzinhalt NI eines Rohrleitungsabschnitts mit konstantem Querschnitt folgende Formel:

$$NI = V_{\text{geo}} \cdot \frac{1}{p_n \cdot K_m} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{Gas}}} \cdot \int_0^l p(x) dx \quad (\text{Gl. 4})$$

Die Ermittlung des geometrischen Volumens erfolgt über die Längenangaben und den Innendurchmesser eines Rohrleitungsabschnittes der Länge l .

$$V_{\text{geo}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot l \quad (\text{Gl. 5})$$

Die Genauigkeit des zu ermittelnden geometrischen Volumens ist sehr stark von der Vollständigkeit und

Richtigkeit der Dokumentation des Rohrnetzes (Planwerk) abhängig. Das geometrische Volumen ist mit dem **tatsächlichen** Innendurchmesser d_i zu berechnen. Abhängig vom Rohrmaterial und der Wandstärke ergeben sich nicht zu vernachlässigende Unterschiede.

Für die Gastemperatur T_{Gas} wird die Temperatur des Erdbodens in 1 Meter Tiefe angenommen. Diese ist über ein Jahr betrachtet nicht konstant. Sie ist abhängig von der Jahreszeit und der geografischen Lage des Netzes in der Bundesrepublik Deutschland. Aus DIN 4710 ist ersichtlich, dass die Bodentemperaturdifferenz zwischen Sommer und Winter bis zu 10 K betragen kann. Es empfiehlt sich, die zur Berechnung verwendete Gastemperatur monatlich festzulegen.

4.3.2 Ermittlung des Druckes in einer Rohrleitung

Je weiter sich das Gas von der Einspeisestelle fortbewegt, desto geringer wird infolge der auftretenden Druckverluste der Druck. Beim Transport von Gasen in Rohrleitungen ergibt sich bei laminarer Strömung ein parabolischer Druckverlauf.

Parabolischer Druckverlauf

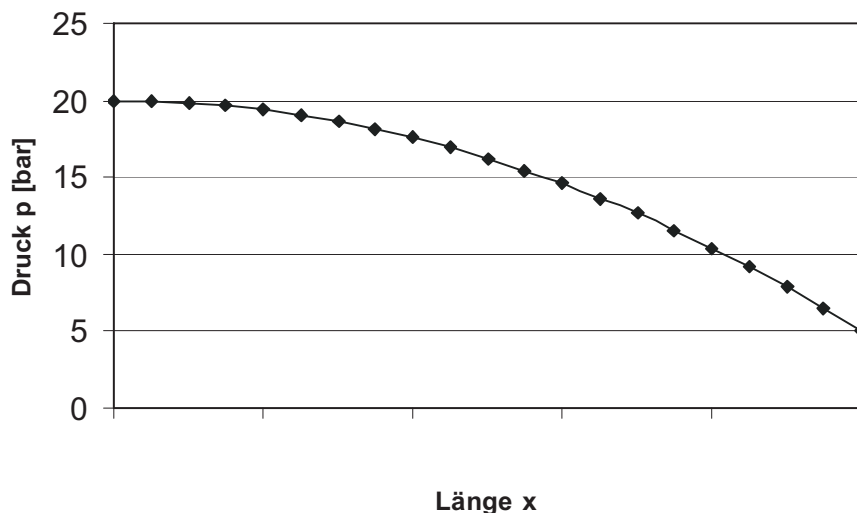


Bild 2 – Parabolischer Druckverlauf in einem durchströmten Rohr

Der integrierte Mittelwert des absoluten Druckes p_m kann wie folgt berechnet werden:

$$p_m = \frac{2}{3} \frac{(p_1^3 - p_2^3)}{(p_1^2 - p_2^2)} \quad (\text{Gl. 6})$$

Mit diesem integrierten Mittelwert des absoluten Drucks p_m kann die Berechnung der mittleren Kompressibilitätszahl K_m nach GERG 88 oder näherungsweise mit der Formel

$$K_m \approx 1 - \frac{p_m}{450 \text{ bar}} \quad (\text{Gl. 7})$$

erfolgen. Die Näherungsformel in Gleichung (7) gilt für Gase in erdverlegten Leitungen bei ca. 12 °C und bis zu etwa 70 bar.

4.3.3 Netzinhalt im stationären Strömungszustand

Allgemein gilt für den Netzinhalt im stationären Strömungszustand:

$$NI = V_{\text{geo}} \cdot \frac{1}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{Gas}}} \cdot \frac{p_m}{K_m} \quad (\text{Gl. 8})$$

Mit Einsetzen der Gleichungen (6) und (7) erhält man:

$$NI = V_{\text{geo}} \cdot \frac{1}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{Gas}}} \cdot \frac{p_m}{1 - \frac{p_m}{450 \text{ bar}}} = \frac{V_{\text{geo}} \cdot \frac{450 \text{ bar}}{p_n} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{Gas}}} \cdot \frac{p_1^2 + p_1 \cdot p_2 + p_2^2}{\frac{3}{2} \cdot 450 \text{ bar} \cdot (p_1 + p_2) - (p_1^2 + p_1 \cdot p_2 + p_2^2)}}{\quad} \quad (\text{Gl. 9})$$

4.4 Praktische Hinweise

4.4.1 Druckmessorte

Für die Erstellung eines Berechnungsmodells ist die Verteilung der Druckmessaufnehmer im Netz entscheidend. Druckmessstellen sollten an repräsentativen Punkten des Netzes eingerichtet werden. Solche Punkte sind immer die Anfangspunkte (Einspeisepunkte) und die Endpunkte von atmenden Netzen. In größeren Netzen sollte zusätzlich an wichtigen Abnahmepunkten der Druck gemessen werden. Bei der Berechnung mit gemessenen Drücken wird das dynamische Verhalten des Netzes berücksichtigt.

Fehlende Drücke können auch unter Berücksichtigung gemessener Volumenströme bzw. durch Interpolation nach den Berechnungsgrundlagen beschrieben werden.

4.4.2 Genauigkeit

Die Berechnungsverfahren und die dabei eingesetzten technischen Einrichtungen sollen mindestens den Anforderungen einer Betriebsmessung genügen. Sofern aus betrieblichen Gründen eine größere Genauigkeit erforderlich sein sollte, so können zwischen den betroffenen Netzbetreibern engere Toleranzgrenzen vereinbart werden. Die Toleranzgrenzen sind möglichst klein zu halten.

Die Kontrolle und ggf. die Nachkalibrierung der Druckmesseinrichtungen sind in regelmäßigen Abständen nach Bedarf durchzuführen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Das Zeitintervall muss aufgrund von Erfahrungswerten bestimmt werden.

Das Berechnungsergebnis der Netzpufferinhalte ist wesentlich von der Genauigkeit und Geeignetheit der Eingangsgrößen abhängig. Hier werden beispielhaft, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, einige nützliche Hinweise gegeben, die bei der Berechnung besonders beachtet werden sollten.

- **Druckermittlung:**
 - Druckaufnehmer an geeigneten, repräsentativen Stellen einbauen
 - Messleitung so kurz wie möglich wählen
 - Genauigkeitsklasse beachten
 - Messbereich angepasst wählen
 - Auflösung der A/D-Wandler für die Messwertübertragung beachten
 - geodätische Höhe (Absolutdruck und Überdruck!) beachten
- **Volumenermittlung:**
 - Genaue Dokumentation aus GIS bzw. Rohrbuch
 - Innendurchmesser muss nicht gleich DN-Angabe sein
 - Leitungsabschnitte wählen (auf Durchmesseränderungen z.B. aufgrund von Umlegungen etc. achten)
- **Berechnung:**
 - Wahl des Berechnungsverfahrens, Näherungen
 - Einfluss der Gastemperatur
 - Rohrrauigkeit
 - Durchflussänderungen/Druckstoß
 - Verwendete Druckwerte (integrierter Stundenmittelwert, Stundenendwert...)

5 Analyse historischer Ergebnisse, Prognose und Nutzbarmachung

Für die Betrachtung der Leistungsfähigkeit des vorhandenen Netzpuffers sollten folgende Werte für mindestens ein Gaswirtschaftsjahr analysiert werden:

- Historische stündliche Ein- und Auspufferleistungen
- Historische kumulierte Netzpufferfüllstände

jeweils in Abhängigkeit von den Vordrücken, Temperaturen und Stundenleistungen an den leistungsrelevanten Netzkopplungspunkt.

Diese Werte sollen dazu dienen, Anhaltswerte zu liefern, in welchen Größenordnungen der Netzpuffer in der Zukunft voraussichtlich zur Verfügung gestellt werden kann.

Ziel ist die Ableitung einer Funktion (Kurve, Matrix) aus der bei der jeweiligen Tagesmitteltemperatur die zur Verfügung stehenden Netzpufferwerte

- maximale Einpufferungsleistung, maximale Auspufferungsleistung
- maximale Tagesmenge – die max. Menge die für einen Tagesausgleich zur Verfügung steht.

- maximale Wochenmenge – die max. Menge die für eine Wochenausgleich zur Verfügung steht

abgelesen werden können.

Bei Netzpuffern mit variablem Vordruck ist der verfügbare Netzpuffer jeweils mit einer Vordruckvorhersage zu prognostizieren.

Dabei sind bei den verschiedenen Tagesmitteltemperaturen die jeweilige Transportaufgabe, der jeweilige Tagestyp und die Stundenregression gesondert zu berücksichtigen.

5.1 Analyse der historischen Fahrweise für die langfristige Abschätzung

Da die Ausspeisemengen in den meisten Gasnetzen nicht an allen Ausspeisepunkten gemessen werden, können sie nur über eine theoretische Betrachtung errechnet werden:

- Stündliche Ausspeisung = gemessene Stundenmengen am Netzkopplungspunkt
- + errechnete stündliche Veränderung des Netzpuffervolumens

Diese Beachtung gibt Aufschluss darüber, ob und in welchem Umfang der Netzpuffer die Glättung der

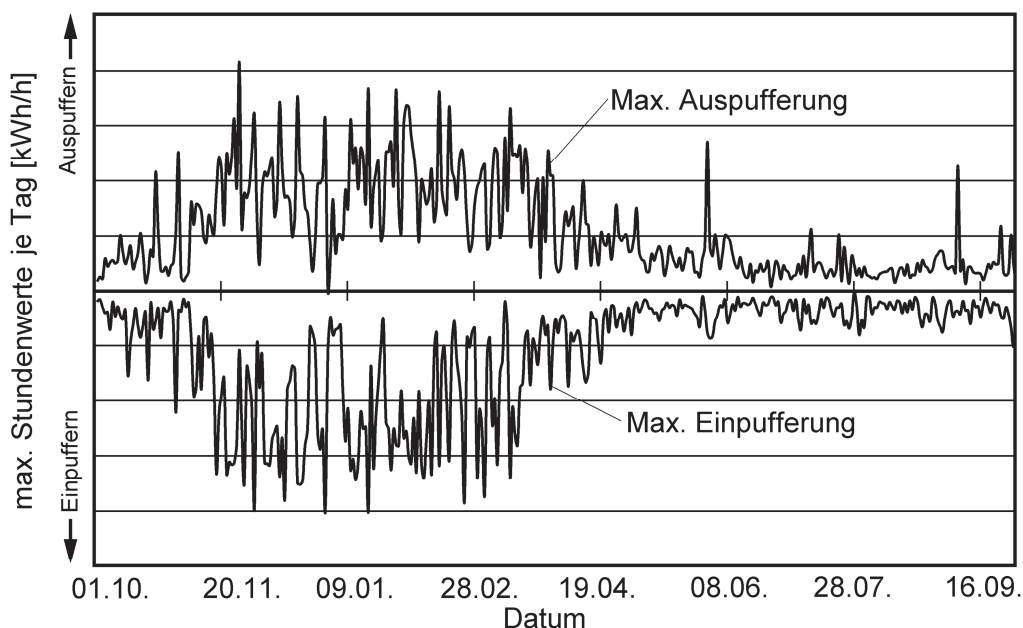


Bild 3 – Beispiel für eine historische Aufzeichnung der täglichen Fahrweise eines Netzpuffers – auf den Tageswert kumulierte Stundenwerte der Ein- und Auspufferung

innerhalb eines Gastages aufgetretenen Lastspitzen an den Netzkopplungspunkten ermöglicht hätte.

5.2 Ein- und Auspufferungsleistung des Netzpuffers

Die maximale Einpufferungsleistung und die maximale Auspufferungsleistung eines Netzpuffers ergeben sich aus den historischen Daten oder werden über eine Modellrechnung bestimmt. Der Zusammenhang zwischen der ermittelten Ein- und Auspufferungsleistung zu den jeweiligen Vollbenutzungsstunden kann durch die nachfolgenden Gleichungen bestimmt werden:

- Einpufferungsleistung:

$$N_{LE} = \frac{NP_{ges}}{24} \cdot V_{hE} \quad (\text{Gl. 10})$$

- Auspufferungsleistung:

$$N_{LA} = \frac{NP_{ges}}{24} \cdot V_{hA} \quad (\text{Gl. 11})$$

Die Darstellung zeigt die Umrechnung der Ein- und Auspufferungsleistung in Vollbenutzungsstunden des Speichers. D. h. das gesamte Netzpuffervolumen wird durch die maximale Ein- bzw. Auspufferungsleistung dividiert.

Technische Restriktionen, wie z.B. max. Anzahl von Lastwechseln, maximaler Durchfluss usw. sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen. Die Angabe erfolgt wahlweise in m³/h bzw. in Vollbenutzungsstunden (V_{hE} für die Einpufferung in den Puffer und V_{hA} für die Auspufferung aus dem Puffer) des Puffers.

Netzpuffer, die historisch nicht nur über den Tag geglättet haben, sondern zum Teil über mehrere Tage hinweg oder über eine ganze Woche, müssen gesondert betrachtet werden. Hier ist die Tagesglättung auf mehrere Tage zu erweitern.

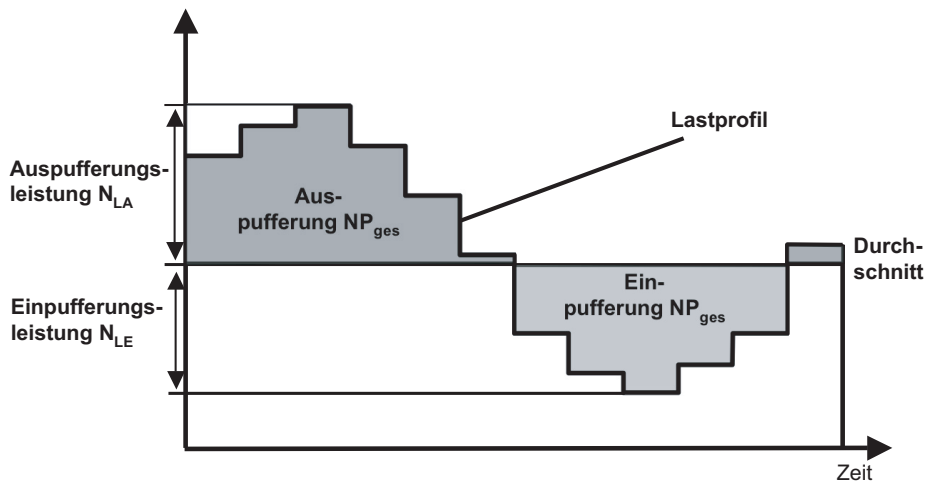


Bild 4 – Lastgang der Ein- und Auspufferung

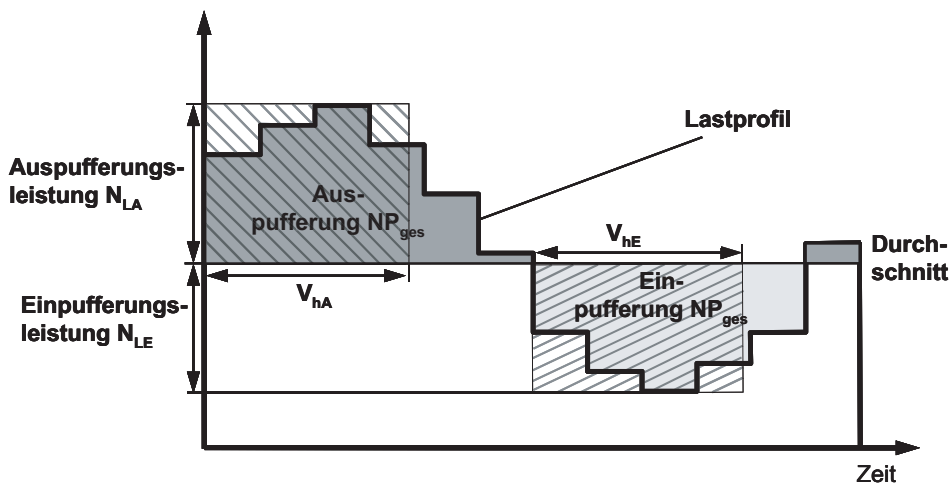


Bild 5 – Zusammenhang zwischen Ein- und Auspufferungsleistung und Vollbenutzungsstunden

5.3 Ermittlung von Prognosewerten

Für die tägliche Prognose des Netzpuffers muss die Ausspeisung an den Ausspeisepunkten prognostiziert werden.

Die vorgelagerten Netzbetreiber sollten ihren nachgelagerten Netzbetreibern insbesondere bei stark im Druck schwankenden Netzkopplungspunkten soweit nötig den erwarteten über dem Mindestvordruck p_{ETV} liegenden Druck mitteilen.

Der Netzbetreiber errechnet auf Basis seines geplanten Ausspeiselastgangs einen möglichst geglätteten Einspeiselastgang. Anhand dieses Lastgangs am Netzkopplungspunkt und des erwarteten Vordrucks wird der Netzpuffer für den nächsten Tag prognostiziert.

p	[bar]	Druck im Rohrnetz
p_1	[bar]	Druck am Anfang eines Rohrleitungsabschnitts
p_2	[bar]	Druck am Ende eines Rohrleitungsabschnitts
p_A	[bar]	Ausspeisedruck, Druck am Ausspeisepunkt
p_{Amin}	[bar]	minimaler Druck am Ausspeisepunkt
p_E	[bar]	Einspeisedruck, Druck am Einspeisepunkt
p_{ETT}	[bar]	minimal notwendiger Druck am Einspeisepunkt zur Sicherung der Transporte bei Teillast

6 Formelzeichen

Lateinische Symbole

d	[mm]	Durchmesser	p_{ETV}	[bar]	minimal notwendiger Druck am Einspeisepunkt zur Sicherung der Transporte
d_i	[mm]	Innendurchmesser	p_m	[bar]	über einen Rohrleitungsabschnitt integrierter Mittelwert des Drucks
K_m	[-]	Mittlere Kompressibilitätszahl	p_n	[bar]	Normdruck
L	[m]	Gesamtlänge	T_{Gas}	[K]	Gastemperatur
l	[m]	Teillänge	T_n	[K]	Normtemperatur
N_{LA}	[kWh/h]	Ausspeiseleistung	V_h	[h]	Vollbenutzungsstunden
N_{LE}	[kWh/h]	Einspeiseleistung	V_{hA}	[h]	Vollbenutzungsstunden Ausspeisung
NI	[m ³]	Netzinhalt	V_{hE}	[h]	Vollbenutzungsstunden Einspeisung
NI_{NN}	[m ³]	Nicht nutzbarer Netzinhalt	V_{geo}	[m ³]	Geometrisches Volumen des Gasnetzes
NI_{NNT}	[m ³]	Nicht nutzbarer Netzinhalt bei Teillast	x	[m]	Längenkoordinate entlang des Rohres
NP	[m ³]	Netzpuffer			
NP_{TV}	[m ³]	Netzpuffer bei Transport mit Vollast			
NP_{TT}	[m ³]	Netzpuffer bei Transport mit Teillast			

