Unabhängige Unternehmensgruppe des DVGW

DBI Gruppe

www.dbi-gruppe.de

H_2-Umstellung

Konzept zur operativen Umstellung eines Ortsnetzgebiets von Erdgas auf Wasserstoff

Abschlussbericht



Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

© Adobe Stock - Maksym Yemelyanov

Impressum

Abschlussbericht

H_2-Umstellung

Konzept zur operativen Umstellung eines Ortsnetzgebiets von Erdgas auf Wasserstoff

Durchführung

Projektleitung

Jens Hüttenrauch
jens.huettenrauch@dbi-gruppe.de
T +49 341 2457-128

Kontakt

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
D-04229 Leipzig

www.dbi-gruppe.de

Autoren

Sandra Wagner

Josephine Glandien

Jonas Sperlich

Maik Hoffmann

Jens Hüttenrauch

Laufzeit

01.04.2026 bis 06.11.2026

Kurzfassung

Ausgangslage und Ziel

Die Umstellung bestehender Gasverteilnetze auf 100 % Wasserstoff ist technisch und organisatorisch anspruchsvoll. Dieses Projekt konkretisiert den im DVGW-Forschungsvorhaben G 202312 „H2Umstell“ [1] entwickelten Gesamtprozess auf Maßnahmenebene. Ziel ist ein standardisierter, zugleich an die jeweilige Netzstruktur anzupassender Arbeitsablauf, der die erforderlichen Tätigkeiten, technischen und organisatorischen Voraussetzungen sowie den Personal- und Zeitbedarf zusammenführt.

Prozessablauf

Der beschriebene Ablauf für die Umstellung eines Gasverteilnetzbezirks einschließlich der angeschlossenen Kundenanlagen gliedert sich in drei Phasen:

- **Vorbereitung des Umstellbezirks**: hydraulische Abgrenzung, kontrollierter Druckabbau und (falls erforderlich) Herstellung zusätzlicher temporärer oder dauerhafter Trennstellen (Absperreinrichtungen).
- **Abschnittsweise Umstellung**: Außerbetriebnahme und Umstellung der Gasdruckregel- und Messanlage (GDRMA), Trennung der Leitungsabschnitte durch Absperren, Inertisierung mit Stickstoff, Wasserstoffbefüllung sowie erforderliche Dichtheitskontrollen, Prüfungen und Kundenumstellungen.
- **Abschluss und Übergabe**: Rückbau temporärer Maßnahmen, Zusammenführung der Prüf- und Bestandsdokumentation, Übergabe an den Netzbetrieb und Nachkontrolle im Wasserstoffbetrieb.

Als Referenzprozess wird auf Basis der aktuellen Regelwerksanforderungen (Stand 10/2026) die indirekte Spülung mit Stickstoff betrachtet. In der praktischen Anwendung stellt das direkte Spülen mit Wasserstoff ohne vorherigen Einsatz von Stickstoff eine wirtschaftlich günstigere Alternative dar. Die Gaszusammensetzung wird während der Spül- und Befüllvorgänge messtechnisch überwacht. Freigaben erfolgen auf Basis der festgelegten Nachweise. Die angeschlossenen Gasgeräte und Kundenanlagen müssen zum Umstellzeitpunkt für Wasserstoff geeignet bzw. vorbereitet sein.

Beispielnetz

Der im Projekt entwickelte Referenzprozess wird beispielhaft für ein Ortsnetz mit 3,7 km Versorgungsleitungen und 64 Netzanschlüssen dargestellt. Das Netz wird hierzu in drei Leitungsabschnitte gegliedert und schrittweise umgestellt. Der modellierte Ablauf verdeutlicht die Vielzahl der hierfür erforderlichen Absperr- und Schalthandlungen sowie die organisatorischen und technischen Abhängigkeiten zwischen Netz, Regelanlage und Kundenanlagen. Die dargestellte Abschnittsbildung ist als Modellannahme zu verstehen und muss für die praktische Umsetzung an die jeweilige Netzstruktur und die vorhandenen Absperrmöglichkeiten angepasst werden.

Zentrale Erkenntnisse und Handlungsbedarf

Die größten Hebel für eine praxistaugliche und wirtschaftliche Umstellung liegen in einer netzspezifischen Abschnittsbildung, möglichst wenigen zusätzlichen Trennstellen, der Bündelung von Tätigkeiten und einer frühzeitigen Vorbereitung aller Maßnahmen, die nicht unmittelbar den Gasartwechsel erfordern. Besonders zu prüfen sind größere Spülabschnitte, alternative Spülstrategien wie die direkte Verdrängung von Erdgas durch Wasserstoff, sowie die Synchronisation von Netz- und Kundenumstellung. Hinzu kommen ein abgestuftes Prüf- und Nachkontrollkonzept, die Planung paralleler Arbeitskolonnen und die Validierung der Zeit-, Personal- und Kostenansätze anhand realer Umstellungen. Die technische und regelwerksseitige Zulässigkeit alternativer Verfahren ist vor einer Anwendung gesondert zu prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 6

1 Motivation und Zielsetzung 8

2 Umstellkonzeption 8

3 Planung der Netzumstellung 9

4 Durchführung der Netzumstellung 10

4.1 Phase 1: Vorbereitung des Umstellbezirks 12
4.1.1 Hydraulische Trennung des Umstellbezirks 13
4.1.2 Herstellung zusätzlicher Absperrungen bei Bedarf 13
4.1.3 Personal, Kosten und Dauer für Phase 1 17
4.2 Phase 2: Abschnittsweise Netzumstellung 18
4.2.1 Außerbetriebnahme Regelanlage 19
4.2.2 Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage 21
4.2.3 Absperrung des Leitungsabschnitts 22
4.2.4 Indirekte Spülung mit Stickstoff 23
4.2.5 H_2-Befüllung Versorgungsleitung 25
4.2.6 Druckprüfung Versorgungsleitung 26
4.2.7 Gasinstallation und Kundenanlagen 27
4.2.8 Endkontrolle Leitungsabschnitt 31
4.2.9 Abschluss des Umstellbezirks 32
4.2.10 Personal, Kosten und Dauer für Phase 2 33
4.3 Phase 3: Abschluss und Dokumentation 35
4.3.1 Dokumentation 36
4.3.2 Übergabe an Betrieb 37
4.3.3 Nachkontrolle Netz 38
4.3.4 Personal, Kosten und Dauer für Phase 3 39

5 Beispielhafte Umstellung eines Ortsnetzgebiets 40

5.1 Umstellung Netzgebiet 40
5.2 Umstellung Regelanlage 50
5.3 Umstellung Gasinstallation und Kundenanlage 53
5.4 Personalkosten Netzumstellung 56

6 Handlungsempfehlungen 58

7 Literatur 61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Gesamtprozess der abschnittsweisen Umstellung auf H_2 (Quelle: eigene Darstellung DBI).10
Abbildung 4-2: Phase 1: Vorbereitung des Umstellbezirks (Quelle: eigene Darstellung DBI).....12
Abbildung 4-3: Legende zu den Prozessbildern (Quelle: eigene Darstellung DBI) 12
Abbildung 4-4: Phase 2: Umstellung von Leitungsabschnitten im Bezirk (Quelle: eigene Darstellung DBI)..18
Abbildung 4-5: Ebene 3 - Regelanlage (Quelle: eigene Darstellung DBI) 19
Abbildung 4-6: Ebene 3 - Gasinstallation und Kundenanlagen (Quelle: eigene Darstellung DBI) 27
Abbildung 4-7: Phase 3: Abschluss und Dokumentation (Quelle: eigene Darstellung DBI).....35
Abbildung 5-1: Beispiel Netzgebiet 40
Abbildung 5-2: Legende zu Abbildung 5-1 41
Abbildung 5-3: Schematische Darstellung einer Gasdruckregelmessanlage (GDRMA) 50
Abbildung 5-4: Legende zu Abbildung 5-4 50
Abbildung 5-5: Schematische Darstellung der Gasinstallation - Kundenanlage.....53
Abbildung 5-6: Legende zu Abbildung 5-6 53
Abbildung 6-1: Optimierter Zielprozess (gestrichene Schritte entfallen) (Quelle: eigene Darstellung DBI)....59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Prozessschritt „Hydraulische Trennung des Umstellbezirks“ 13
Tabelle 4-2: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Hydraulische Trennung des Umstellbezirks“ 13
Tabelle 4-3: Prozessschritt „Baustelleneinrichtung“ 14
Tabelle 4-4: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Baustelleneinrichtung“ 14
Tabelle 4-5: Prozessschritt „Baugrube öffnen und Leitung freilegen“ 15
Tabelle 4-6: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Baugrube öffnen und Leitung freilegen“ 15
Tabelle 4-7: Prozessschritt „Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen“ 16
Tabelle 4-8: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen“ 16
Tabelle 4-9: Teilkostenrechnung „Hydraulische Trennung“ 17
Tabelle 4-10: Teilkostenrechnung „Herstellung zusätzlicher Trennstellen bei Bedarf“ 17
Tabelle 4-11: Prozessschritt „Außerbetriebnahme Regelanlage“ 20
Tabelle 4-12: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Außerbetriebnahme Regelanlage“ 20
Tabelle 4-13: Gesamtaufwand für unterschiedliche Stationsgrößen (Quelle: Beispiel DBI) 20
Tabelle 4-14: Prozessschritt „Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage“ 21
Tabelle 4-15: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage“ 21
Tabelle 4-16: Prozessschritt „Absperrung des Leitungsabschnitts“ 22
Tabelle 4-17: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Absperrung des Leitungsabschnitts“ 22
Tabelle 4-18: Prozessschritt „Indirekte Spülung mit Stickstoff“ 23
Tabelle 4-19: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Vorbereitung der Spülung und Aufbau der Fackel“ 23
Tabelle 4-20: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Inertisierung der Versorgungsleitung mit Stickstoff“ 24
Tabelle 4-21: Prozessschritt „H_2-Befüllung Versorgungsleitung“ 25
Tabelle 4-22: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „H_2-Befüllung Versorgungsleitung“ 25
Tabelle 4-23: Prozessschritt „Druckprüfung Versorgungsleitung“ 26
Tabelle 4-24: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Druckprüfung Versorgungsleitung“ 26
Tabelle 4-25: Prozessschritt „Spülung der Gasinstallation mit Stickstoff“ 28
Tabelle 4-26: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Spülung der Gasinstallation mit Stickstoff“ 28
Tabelle 4-27: Prozessschritt „H_2-Befüllung Gasinstallationsleitung“ 29
Tabelle 4-28: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „H_2-Befüllung Gasinstallationsleitung“ 29
Tabelle 4-29: Prozessschritt „Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung“ 30
Tabelle 4-30: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung“ 30
Tabelle 4-31: Prozessschritt „Endkontrolle Leitungsabschnitt“ 31
Tabelle 4-32: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Endkontrolle Leitungsabschnitt“ 31
Tabelle 4-33: Prozessschritt „Abschluss des Umstellbezirks“ 32
Tabelle 4-34: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Abschluss des Umstellbezirks“ 32

Tabelle 4-35: Kostenrechnung für Umstellung Leitungsabschnitt 33
Tabelle 4-36: Kostenrechnung für Umstellung Regelanlage 34
Tabelle 4-37: Kostenrechnung für Gasinstallation und Kundenanlagen 34
Tabelle 4-38: Prozessschritt „Dokumentation“ 36
Tabelle 4-39: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Dokumentation“ 36
Tabelle 4-40: Prozessschritt „Übergabe an Betrieb“ 37
Tabelle 4-41: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Übergabe an Betrieb“ 37
Tabelle 4-42: Prozessschritt „Nachkontrolle Netz“ 38
Tabelle 4-43: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Nachkontrolle Netz“ 38
Tabelle 4-44: Kostenrechnung für 4.3 Phase 3: Abschluss und Dokumentation 39
Tabelle 5-1: Kostenberechnung für Beispielnetz, Netzbetreiber 56
Tabelle 5-2: Kostenberechnung für Endverbraucher / Anschlussnehmer 57

1 Motivation und Zielsetzung

Die Transformation der Gasverteilnetze hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung stellt Netzbetreiber vor neue technische und organisatorische Herausforderungen. Forschungs- und Demonstrationsvorhaben haben die grundsätzliche Eignung bestehender Gasinfrastrukturen für den Wasserstoffbetrieb untersucht. Das DVGW-Forschungsprojekt G 202312 „H_2-Umstellmanagement für Gasverteilnetze (H2Umstell)“ [1] entwickelte darauf aufbauend einen ganzheitlichen Prozess zur Umstellung von Gasverteilnetzen, Gasinstallationen und Gasanwendungen auf 100 % Wasserstoff (H_2).

Während die erforderlichen Prozessschritte und technischen Randbedingungen bereits beschrieben wurden, bestehen weiterhin offene Fragen zur operativen Umsetzung. Insbesondere die Organisation, personelle Planung und zeitliche Abstimmung von Netztrennungen, Tiefbau-, Spül- und Inbetriebnahmearbeiten erfordern eine detaillierte Betrachtung.

Ziel dieses Projekts ist daher die Entwicklung eines standardisierten Arbeitsablaufs für die Umstellung eines Ortsnetzgebiets von Erdgas auf Wasserstoff. Hierzu wird der im Projekt H2Umstell entwickelte Gesamtprozess auf Maßnahmenebene konkretisiert und anhand eines Beispielnetzes veranschaulicht. Für die einzelnen Prozessschritte werden Tätigkeiten, technische und organisatorische Anforderungen sowie Personal-, Zeit- und Kostenaufwände betrachtet. Die Ergebnisse dienen als Planungsgrundlage für zukünftige Netzumstellungen. Der dargestellte Ablauf beschreibt einen standardisierten Referenzprozess nach den Anforderungen des aktuellen DVGW-Regelwerks (Stand 10/2026). In der praktischen Umsetzung können einzelne Schritte abhängig von Netzstruktur, vorhandenen Absperrmöglichkeiten, Anlagenkonfiguration und betrieblichen Randbedingungen entfallen, zusammengefasst oder durch zusätzliche Maßnahmen ergänzt werden.

2 Umstellkonzeption

Die Umstellkonzeption legt fest, welche Netzteile in welcher Reihenfolge von Erdgas auf Wasserstoff umgestellt werden und welche vorbereitenden Maßnahmen erforderlich sind. Die grundlegende Vorgehensweise wurde bereits im DVGW-Forschungsprojekt „H_2-Umstellmanagement für Gasverteilnetze (H2Umstell)“ [1] entwickelt. Dazu gehören insbesondere die vorbereitenden Analysen, die Bildung von Umstellzonen und -bezirken sowie die Erstellung eines Transformationsfahrplans. Der Schwerpunkt des vorliegenden Projekts liegt auf der operativen Umsetzung der daraus abgeleiteten Maßnahmen.

Ausgangspunkt ist die Prüfung des betroffenen Netzgebiets hinsichtlich seiner Eignung für die Umstellung auf Wasserstoff. Wesentliche Kriterien sind die zukünftige Wasserstoffversorgung, Netzstruktur und Druckstufen, Kundenstruktur sowie Möglichkeiten zur hydraulischen Trennung. Darüber hinaus sind geplante Netzentwicklungen, kommunale Wärmeplanungen und der zukünftige Wasserstoffbedarf zu berücksichtigen.

Anschließend wird das Netzgebiet in Umstellzonen und Umstellbezirke gegliedert. Umstellzonen umfassen größere strategische Netzbereiche, während Umstellbezirke kleinere, operativ handhabbare Einheiten bilden. Deren Größe richtet sich insbesondere nach den Trennmöglichkeiten, der Anzahl angeschlossener Kunden und den verfügbaren Ressourcen.

Die zeitliche Umstellreihenfolge berücksichtigt die Wasserstoffverfügbarkeit, die Versorgungssicherheit angrenzender Netzbereiche, erforderliche Anpassungsmaßnahmen sowie saisonale und organisatorische Randbedingungen. Abhängigkeiten zwischen den Umstellbezirken werden in einem Umstellfahrplan zusammengeführt.

Aus der Umstellkonzeption ergeben sich die erforderlichen Vorbereitungsmaßnahmen, insbesondere Anpassungen der Netzinfrastruktur durch zusätzliche Absperreinrichtungen oder physische Netztrennungen, die Vorbereitung von Regelanlagen und die Abstimmung mit externen Beteiligten. Die operative Vorbereitung und Koordination werden im folgenden Kapitel beschrieben.

3 Planung der Netzumstellung

Die Planung der Netzumstellung umfasst die operative Vorbereitung, Koordination und Absicherung der Netzumstellung. Ziel ist es, Personal, Betriebsmittel, Kommunikation und Arbeitsabläufe so aufeinander abzustimmen, dass die Umstellung sicher und effizient durchgeführt werden kann.

Ablaufplanung

Die Ablaufplanung überführt die Umstellkonzeption in konkrete Arbeitsschritte. Dazu werden Leitungsabschnitte den Umstellbezirken zugeordnet und die Voraussetzungen für deren hydraulische Trennung geprüft. Gegebenenfalls sind zusätzliche Absperrarmaturen oder temporäre Trennstellen vorzusehen. Ein zeitlicher Ablaufplan legt die Reihenfolge, Abhängigkeiten und mögliche Parallelisierung der Arbeiten fest. Zu berücksichtigen sind insbesondere hydraulische Trennung, Inertisierung, Begasung und Freigabe. Zudem sind Auswirkungen auf angrenzende Netzbereiche und die Versorgungssicherheit zu bewerten sowie gegebenenfalls eine Ersatzgasversorgung einzuplanen.

Personal- und Kommunikationsplanung

Der Personaleinsatz ist hinsichtlich Anzahl, Qualifikation, Aufgaben und Verantwortlichkeiten einschließlich externer Dienstleister festzulegen. Einsatzleitung, technische Aufsicht und Freigabeberechtigungen müssen eindeutig geregelt sein. Für die Abstimmung sind Kommunikationswege und -mittel festzulegen sowie aktuelle Kontaktlisten bereitzustellen. Die Erreichbarkeit von Netzleitstelle und Bereitschaftsdienst ist sicherzustellen. Darüber hinaus sind persönliche Schutzausrüstung und weitere sicherheitsrelevante Ausrüstung bereitzustellen. Die erforderliche Sachkunde ist unter Berücksichtigung des DVGW-Arbeitsblatts GW 129 [2] sicherzustellen.

Betriebsmittel- und Gerätelogistik

Erforderliche Geräte und Betriebsmittel sind rechtzeitig bereitzustellen. Dazu zählen insbesondere Fackeln, geeignete Messgeräte, Fahrzeuge, Stickstoffversorgung und gegebenenfalls Einrichtungen zur Ersatzgasversorgung. Neben der Verfügbarkeit sind Transport, Aufstellflächen, Einsatzzeiten, Sicherheitsabstände, Wartungszustand und erforderliche Redundanzen zu berücksichtigen. Das Personal muss entsprechend qualifiziert und unterwiesen sein. Anforderungen an Arbeitsmittel beschreibt unter anderem die DGUV Information 203-090 [3]. Beim Einsatz mobiler Fackeln sind insbesondere Windverhältnisse, Bebauung, Verkehrswege und benachbarte Anlagen zu berücksichtigen. Bei indirekter Spülung ist die Stickstoffversorgung einschließlich erforderlicher Druckminderungs- und Verdampfungseinrichtungen einzuplanen.

Baustellenlogistik

Erforderliche Tiefbauarbeiten sind einschließlich Baugrubensicherung, Arbeits- und Lagerflächen, Zufahrten, Verkehrssicherung, Energieversorgung und Entsorgung zu planen. Die Baustellenlogistik ist mit dem Arbeitsablauf und dem Geräteeinsatz abzustimmen.

Sicherheits- und Umweltmanagement

Grundlage der Sicherheitsplanung sind die erforderlichen Gefährdungsbeurteilungen. Sicherheits- und gegebenenfalls explosionsgefährdete Bereiche sind festzulegen und abzusichern. Bei Abfackel-, Ausblase- und Spülvorgängen sind Emissions- und Sicherheitsanforderungen einzuhalten. Alle Prozesse sind zu überwachen und zu dokumentieren.

Dokumentation und Arbeitsprogramm

Alle Maßnahmen werden in einem Arbeitsprogramm zusammengeführt. Dieses enthält den räumlichen und zeitlichen Ablauf, Personal und Verantwortlichkeiten, Geräte- und Materialeinsatz, Sicherheits- und Kommunikationsmaßnahmen sowie Freigabe- und Dokumentationsvorgaben. Während der Umstellung sind insbesondere Schaltzustände, Messwerte, Prüfergebnisse und Abweichungen zu erfassen. Anschließend werden die Bestandsunterlagen aktualisiert.

4 Durchführung der Netzumstellung

Aufbauend auf der Umstellkonzeption und der Planung der Netzumstellung (Kapitel 2 und 3) wird die praktische Umstellung eines Ortsnetzgebiets von Erdgas auf Wasserstoff anhand eines modellierten Prozesses beschrieben. Dieser wird auf ein beispielhaftes Ortsnetz mit 3,7 km Versorgungsleitungen und 64 Netzanschlüssen, welches in drei Leitungsabschnitte aufgeteilt wurde, angewendet (siehe dazu Kapitel 5). Im Mittelpunkt stehen die erforderlichen Arbeitsschritte sowie deren technische, organisatorische und personelle Anforderungen.

Die Darstellung erfolgt auf drei Detailebenen. Ebene 1 zeigt den Gesamtprozess (siehe Abbildung 4-1), Ebene 2 ordnet den Prozessschritten relevante Regelwerke zu und Ebene 3 konkretisiert ausgewählte Teilprozesse, insbesondere die Umstellung der Gasdruckregel- und Messanlage (GDRMA) sowie der Gasinstallationen und Kundenanlagen.

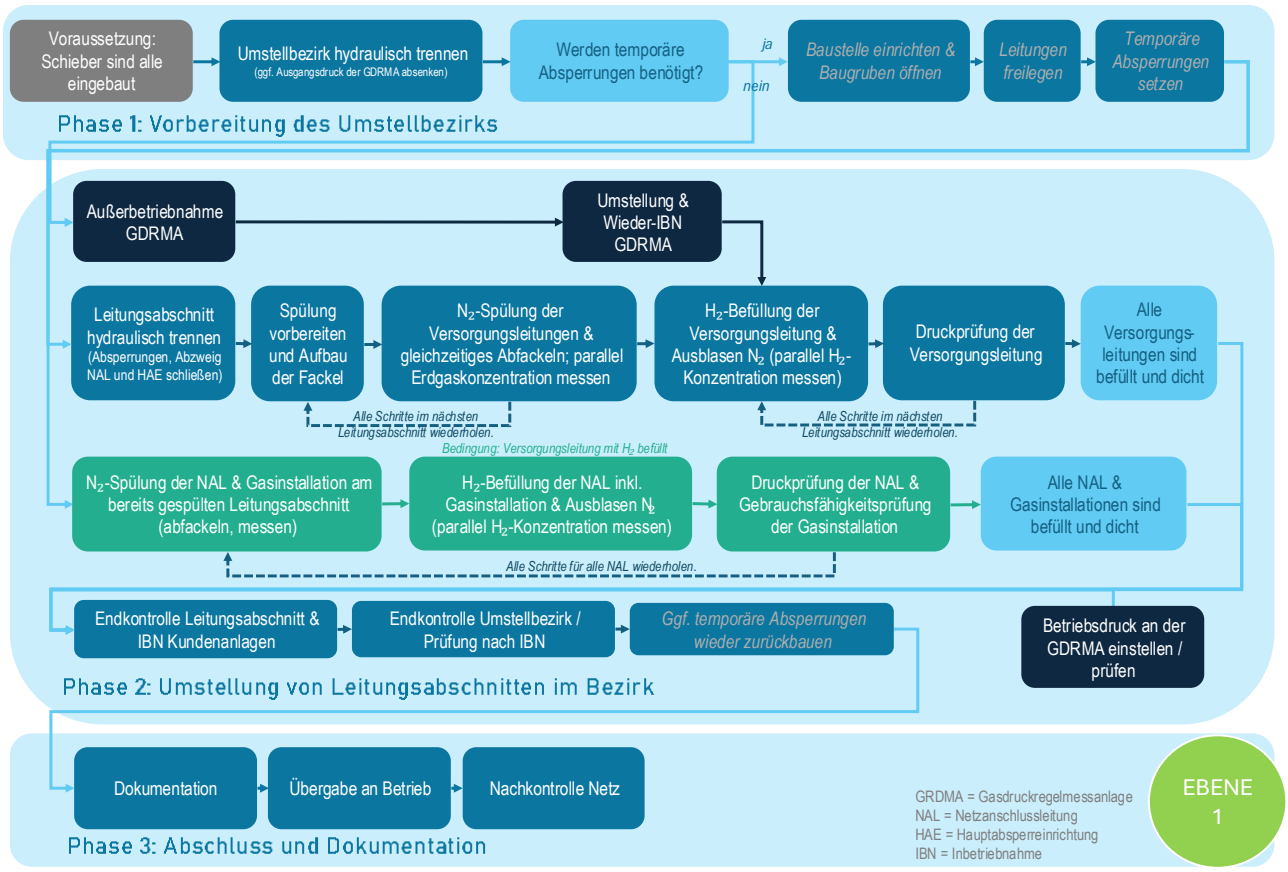


Abbildung 4-1: Gesamtprozess der abschnittsweisen Umstellung auf H_2 (Quelle: eigene Darstellung DBI)

Der Umstellprozess umfasst drei Phasen:

1. **Vorbereitung des Umstellbezirks:** Hydraulische Trennung und gegebenenfalls Herstellung zusätzlicher Absperrmöglichkeiten.
2. **Abschnittsweise Netzumstellung inkl. Kundenanlagen:** Außerbetriebnahme und Umstellung der GDRMA, Inertisierung mit Stickstoff und Wasserstoffbefüllung der Leitungsabschnitte einschließlich Netzanschlussleitungen und Gasinstallationen sowie erforderliche Prüfungen und Freigaben.
3. **Abschluss und Dokumentation:** Rückbau temporärer Maßnahmen, Dokumentation, Übergabe an den regulären Betrieb und Nachkontrolle.

Definition von Begriffen

Als **„Leitungsabschnitt“** wird im Folgenden eine unverzweigte Versorgungsleitung verstanden, die z. B. von T-Stück zu T-Stück in Betrieb genommen wird. Dies stellt sicher, dass es beim Umstellen keine Stellen gibt, an denen Erdgas nicht vollständig durch Wasserstoff ausgetauscht wird (Toträume). Dieses könnte sich ansonsten später mit Wasserstoff vermischen und den sicheren Betrieb von Gasanwendungen gefährden.

Da eine **„Umstellung“** als Prozess nicht näher definiert ist, wird auf die regelwerkskonforme Definition der „Inbetriebnahme“ zurückgegriffen. Streng genommen kann nur in Betrieb genommen werden, was vorher außer Betrieb war, also entweder neu errichtet oder zuvor außer Betrieb genommen wurde. Daher wird ebenfalls die regelwerkskonforme Definition der „Außerbetriebnahme“ berücksichtigt.

Das in diesem Bericht beschriebene Prozessmodell geht von einer weitgehend abschnittsweisen Absperrbarkeit aus. Da diese in bestehenden Gasverteilnetzen häufig aber nicht gegeben ist, können zusätzliche Trennstellen bzw. Absperrungen erforderlich werden. Die Praxistauglichkeit und der damit verbundene Aufwand werden in Kapitel 4.1.2 betrachtet.

Abgrenzung des betrachteten Spülverfahrens

Für die vorliegende Prozessbeschreibung wird die indirekte Spülung mit Stickstoff (N_2) zugrunde gelegt, welche sich aus dem aktuell gültigen DVGW-Regelwerk (Stand 10/2026) ergibt, insbesondere aus der DVGW G 407 (M) [4], der DVGW G 408 (M) [5] und der DVGW G 221 (M) [6]. Der zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorliegende Entwurf des DVGW-Arbeitsblatts G 408 sieht bereits beide Umstellvarianten vor: die Umstellung unter Verwendung von Inertgas sowie die Umstellung ohne Verwendung von Inertgas. Für die Umstellung eines Erdgasnetzes müssen Anforderungen an die sichere Außerbetriebnahme, Inbetriebnahme und das Vermeiden explosionsfähiger Gasgemische gewährleistet werden.

Bei der indirekten Spülung wird das im außer Betrieb genommenen Leitungsabschnitt vorhandene Erdgas zunächst durch Stickstoff verdrängt. Nachdem die erforderliche Gasfreiheit bzw. zulässige Restgaskonzentration (50 % UEG) [3] festgestellt wurde, erfolgt die Begasung mit Wasserstoff, wobei wiederum der Stickstoff aus dem Leitungsabschnitt verdrängt wird. So wird verhindert, dass Restluft im Leitungssystem mit Wasserstoff vermischt wird, was ein explosionsfähiges Gasgemisch darstellen würde. Die Konzentration des jeweiligen Gases wird während der Spül- bzw. Begasungsvorgänge messtechnisch überwacht. Möglichkeiten einer direkten Spülung werden im Rahmen der Handlungsempfehlungen in Kapitel 5 diskutiert.

Darstellung der Prozessschritte

Die Prozessschritte werden in Form von Tabellen hinsichtlich ihrer Ziele, Voraussetzungen, Ergebnisse und Regelwerksbezüge beschrieben. Ergänzend enthalten die Tabellen die erforderlichen Tätigkeiten sowie Personal- und Zeitansätze. Diese dienen als Orientierungswerte und sind abhängig von Netzstruktur, Druckstufe, Leitungsdimensionen, Absperrmöglichkeiten und örtlichen Randbedingungen. Die Übertragung auf das konkrete Beispielnetz und die daraus resultierende Ressourcen-, Zeit- und Kostenbetrachtung erfolgt anschließend in Kapitel 5.

Methodik der Ressourcen-, Zeit- und Kostenbetrachtung

Die Aufwandsermittlung erfolgt tätigkeitsbezogen nach dem Bottom-up-Prinzip. Der Personalaufwand ergibt sich aus der Anzahl eingesetzter Fachkräfte, ihrer jeweiligen Einsatzdauer und den zugrunde gelegten Stundensätzen. Die daraus abgeleiteten Zeit- und Kostenansätze stellen **überschlägige Orientierungswerte** dar und können abhängig von der Netzstruktur, den örtlichen Gegebenheiten, der Erfahrung des eingesetzten Personals sowie den netzbetreiberspezifischen Prozessen variieren. Kommt es bei den Prüfungen zu Mängelanzeigen, müssen diese zusätzlich berücksichtigt werden. Zeiten für Mängelbeseitigung sind in der Betrachtung nicht enthalten.

Personalkosten = Personalstärke × Tätigkeitsdauer × Stundensatz

Die im Bericht angegebenen Tätigkeitsdauern für die einzelnen Arbeitsschritte wurden im Austausch mit Verteilnetzbetreibern validiert. Für die überschlägige Kalkulation wurden Stundensätze von ca. 80 €/h für Netzmeister/Leitstelle, 75 €/h für Betriebsmitarbeiter und ca. 65 €/h für Monteure/Tiefbauer/Baugeräteführer

angesetzt. Zusätzliche Material-, Geräte-, Tiefbau- und Fremdleistungskosten sind abhängig vom jeweiligen Prozessschritt gesondert zu berücksichtigen.

Die Gesamtdauer einer Umstellung hängt neben den Einzelzeiten insbesondere von der Anzahl verfügbarer Arbeitskolonnen sowie den Möglichkeiten zur Parallelisierung der Arbeiten ab. Weitere Einflussgrößen sind die Netzstruktur, Leitungslängen und -dimensionen, die Anzahl der Hausanschlüsse sowie gegebenenfalls erforderliche Tiefbaumaßnahmen. Potenzielle Effizienzsteigerungen, beispielsweise durch eine optimierte Einsatzplanung, den parallelen Einsatz mehrerer Arbeitskolonnen oder eine Anpassung der Arbeitsabläufe, sind in den dargestellten Ansätzen nicht systematisch berücksichtigt. Die Übertragung der ermittelten Aufwände auf das Beispielnetz erfolgt in Kapitel 5.

4.1 Phase 1: Vorbereitung des Umstellbezirks

In der ersten Phase wird der Umstellbezirk hydraulisch vom übrigen Erdgasnetz getrennt. Reichen die bestehenden Absperrmöglichkeiten für die vorgesehene Abschnittsbildung nicht aus, sind zusätzliche temporäre oder dauerhafte Trennstellen vorzusehen (siehe Abbildung 4-2). Eine Legende zu den verwendeten Symbolen ist in Abbildung 4-3 zu finden.

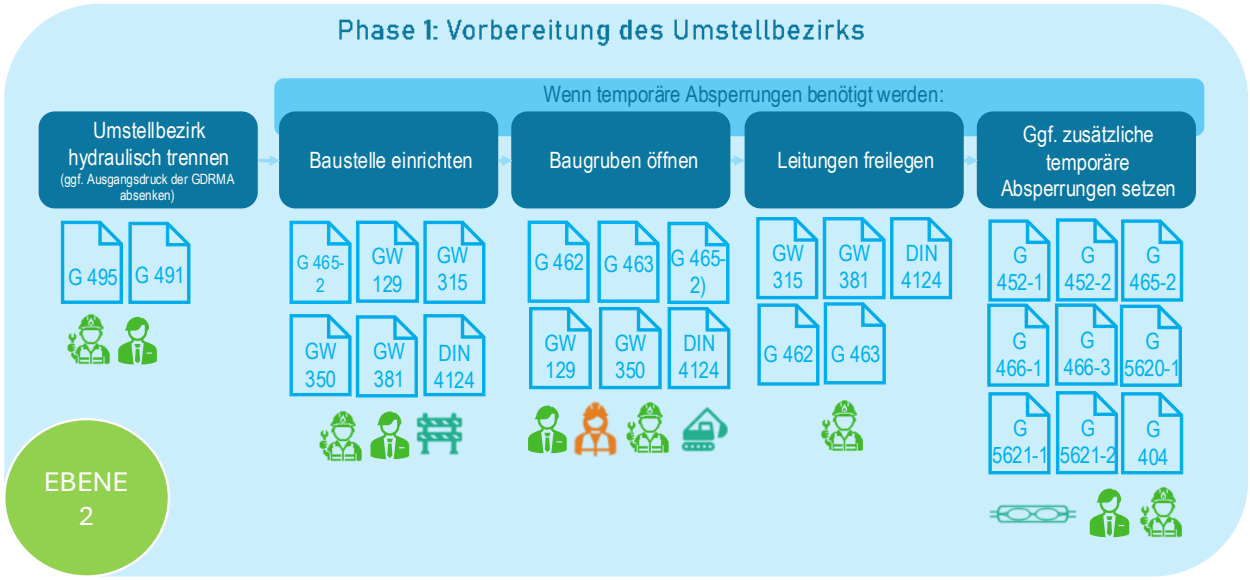


Abbildung 4-2: Phase 1: Vorbereitung des Umstellbezirks (Quelle: eigene Darstellung DBI)

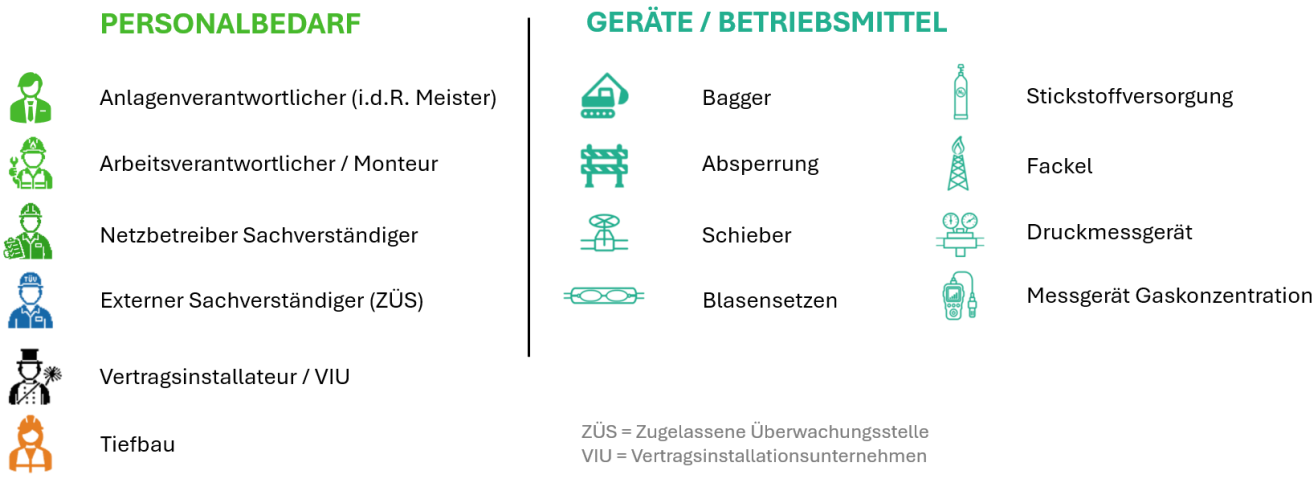


Abbildung 4-3: Legende zu den Prozessbildern (Quelle: eigene Darstellung DBI)

4.1.1 Hydraulische Trennung des Umstellbezirks

Ziel dieses Prozessschrittes ist die sichere hydraulische Abgrenzung des Umstellbezirks vom übrigen Erdgasnetz. Dies erfolgt an der einspeisenden Gasdruckregelnetzanlage (GDRMA). Alternativ kann die hydraulische Trennung auch über im Versorgungsnetz befindliche Absperrarmaturen vorgenommen werden kann. Die vorgesehenen Absperrorgane sind entsprechend der vorab festgelegten Schaltanweisung zu betätigen und der resultierende Schaltzustand ist zu kontrollieren und dokumentieren.

Tabelle 4-1: Prozessschritt „Hydraulische Trennung des Umstellbezirks“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Hydraulische Trennung des Umstellbezirks vom übrigen Erdgasnetz.
Voraussetzungen	Schaltplanung und Schaltanweisung liegen vor. Beteiligte Mitarbeitende und Leitstelle sind informiert. Betroffene Absperrorgane sind zugänglich und betriebsbereit. Sicherheits- und Betriebsfreigaben wurden erteilt.
Ergebnis	Der Umstellbezirk ist hydraulisch vom übrigen Erdgasnetz getrennt. Der vorgegebene Schaltzustand wurde hergestellt, kontrolliert und dokumentiert.
Folgeschritt	Ggf. Herstellung zusätzlicher Trennstellen oder Absperrung Leitungsabschnitt.
Regelwerksbezug	DVGW G 491 (A)[7], DVGW G 495 (A)[8]

Tabelle 4-2: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Hydraulische Trennung des Umstellbezirks“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Anfahrt und Anlagenübernahme	1 Meister, 1 Monteur	15 min
2	Arbeitsbereich absichern	1 Meister, 1 Monteur	15 min
3	Anlagenzustand aufnehmen	1 Meister, 1 Monteur	15 min
4	Hydraulische Trennung durchführen	1 Meister, 1 Monteur	30 min
5	Wirksamkeit der Trennung prüfen	1 Meister, 1 Monteur	30 min
6	Dokumentation und Übergabe	1 Meister	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 1 Monteur**	**2 h**

4.1.2 Herstellung zusätzlicher Absperrungen bei Bedarf

Reichen die vorhandenen Absperrarmaturen für die vorgesehene Abschnittsbildung nicht aus, sind zusätzliche temporäre oder dauerhafte Trennstellen erforderlich. Als Verfahren kommen unter anderem der Einbau von Absperrarmaturen, das Blasensetzen, das Abquetschen geeigneter PE-Leitungen sowie Stopple- bzw. Schleusenverfahren infrage. Die Auswahl richtet sich insbesondere nach Rohrwerkstoff, Dimension, Betriebsdruck, Zugänglichkeit und erforderlicher Trennungsdauer.

Für den nachträglichen Einbau einer dauerhaften Absperrarmatur wurden im Austausch mit Netzbetreibern einschließlich der Tiefbauarbeiten Kosten von etwa 7.500 € bis 12.000 € je Einbaustelle und eine Dauer von rund 2,5 Arbeitstagen genannt. Die im Prozessmodell angenommene weitgehende Abschnittsbildung würde in bestehenden Gasverteilnetzen jedoch eine hohe Anzahl zusätzlicher Trennstellen erfordern. Der damit verbundene Aufwand wurde im Praxisdialog als kritisch bewertet. Die Abschnittsbildung ist daher als Modellannahme zu verstehen und muss für eine praktische Umsetzung durch ein netzspezifisches Absperr- und Spülkonzept optimiert werden.

Falls temporäre Absperrungen benötigt werden, müssen die nachfolgenden Schritte durchgeführt werden. Falls nicht, kann mit Kapitel 00

Phase 2: begonnen werden.

4.1.2.1 Baustelleneinrichtung, Baugrube öffnen und Leitungsfreilegung

Baustelleneinrichtung

Sind für zusätzliche Absperrungen Tiefbauarbeiten erforderlich, ist zunächst eine geeignete Arbeitsstelle einzurichten und zu sichern. Umfang und Aufwand richten sich insbesondere nach Lage, Zugänglichkeit, Verkehrsraum und erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen. Die einzelnen Tätigkeiten sowie der Personal- und Zeitbedarf sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 4-3: Prozessschritt „Baustelleneinrichtung“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Herstellung eines sicheren und arbeitsfähigen Baustellenbereichs für die nachfolgenden Tiefbau- und Umstellarbeiten.
Voraussetzungen	Arbeitsstelle und Trennstelle festgelegt; erforderliche Genehmigungen bzw. verkehrsrechtliche Anordnungen liegen vor; Arbeitsprogramm und Sicherheitsmaßnahmen sind abgestimmt; erforderliches Personal, Geräte und Material stehen zur Verfügung.
Ergebnis	Baustelle eingerichtet und gesichert; Arbeitsbereich, Geräte und Material vorbereitet; Arbeitsfreigabe für die nachfolgenden Arbeiten erteilt.
Folgeschritt	Baugrube öffnen und Leitung für die Herstellung der Trennstelle freilegen.
Regelwerksbezug	DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW GW 129[2], DVGW GW 315[10], DVGW GW 350 (A)[11], DVGW GW 381 (A)[12], DIN 4124[13]

Tabelle 4-4: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Baustelleneinrichtung“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Anfahrt und Baustellenübernahme	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Verkehrssicherung aufbauen	2 Monteure	30 min
3	Arbeitsbereich absichern	2 Monteure	15 min
4	Geräte und Material bereitstellen	2 Monteure	30 min
5	Baustelleneinrichtung komplettieren	1 Meister, 2 Monteure	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**1,75 h**

Der dargestellte Personal- und Zeitbedarf stellt einen Orientierungswert für die Einrichtung einer einzelnen Arbeitsstelle dar. Insbesondere Art und Umfang der Verkehrssicherung sowie Anzahl und Größe der bereitzustellenden Geräte können den tatsächlichen Aufwand beeinflussen. Einzelne Tätigkeiten können zudem parallel ausgeführt werden, sodass sich die Gesamtdauer nicht aus der Addition sämtlicher Einzelzeiten ergibt.

Baugrube öffnen und Leitung freilegen

Für die Herstellung der zusätzlichen Absperrung ist die Leitung im erforderlichen Umfang freizulegen. Hierzu sind Leitungslage und Fremdleitungen festzustellen, die Baugrube entsprechend den örtlichen Gegebenheiten herzustellen und zu sichern sowie ein ausreichender Arbeitsraum für das vorgesehene Absperrverfahren bereitzustellen. Der erforderliche Aufwand hängt insbesondere von Oberflächenbeschaffenheit, Verlegetiefe, Bodenverhältnissen, vorhandenen Fremdleitungen und dem eingesetzten Verfahren ab.

Tabelle 4-5: Prozessschritt „Baugrube öffnen und Leitung freilegen“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Herstellung eines sicheren und ausreichend dimensionierten Arbeitsraums sowie Freilegung der Leitung im Bereich der vorgesehenen Trennstelle.
Voraussetzungen	Baustelle eingerichtet und freigegeben; Leitungslage und Fremdleitungen bekannt bzw. geortet; Lage und erforderliche Abmessungen der Baugrube festgelegt.
Ergebnis	Leitung im erforderlichen Umfang freigelegt und zugänglich; Baugrube gesichert; Arbeitsraum für die nachfolgende Maßnahme hergestellt.
Folgeschritt	Herstellung der vorgesehenen temporären bzw. zusätzlichen Absperrung.
Regelwerksbezug	DVGW G 462 (A)[14], DVGW G 463 (A)[15], DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW GW 129[2], DVGW GW 315[10], DVGW GW 350 (A)[11], DVGW GW 381 (A)[12], DIN 4124[13]

Tabelle 4-6: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Baugrube öffnen und Leitung freilegen“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Leitungslage prüfen und Baugrube markieren	1 Meister, 1 Tiefbauer	15 min
2	Oberfläche öffnen	1 Baugeräteführer, 2 Tiefbauer	30 min
3	Maschineller Aushub	1 Baugeräteführer, 2 Tiefbauer	30 min
4	Handschachtung im Leitungsbereich	2 Tiefbauer	30 min
5	Baugrube sichern	3 Tiefbauer	30 min
6	Leitung vollständig freilegen	1 Monteur, 1 Tiefbauer	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 1 Monteur, 1 Baugeräteführer, 3 Tiefbauer**	**2,5 h**

Der Aufwand für die Herstellung einer Baugrube ist stark von den örtlichen Randbedingungen abhängig. Wesentliche Einflussgrößen sind insbesondere Oberflächenbefestigung, Verlegetiefe, Bodenverhältnisse, vorhandene Fremdleitungen, erforderliche Baugrubengröße und das eingesetzte Absperrverfahren.

4.1.2.2 Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen

Das Blasensetzen wird exemplarisch als Verfahren zur temporären Absperrung eines Leitungsabschnitts betrachtet. Hierzu wird über ein geeignetes Zugangssystem eine Absperrblase in die gasführende Leitung eingebracht und zur Unterbrechung des Gasstroms beaufschlagt.

Vorzugsweise sind Systeme mit zwei Absperrblasen und zwischenliegender Entlüftung einzusetzen. Die Voraussetzungen für abweichende Verfahren sowie Anforderungen an geeignete Geräte ergeben sich insbesondere aus DVGW G 465-2 [9] und DGUV Information 203-090 [3]. Während der Arbeiten sind Leitungsdruck und Wirksamkeit der Absperrung durchgehend zu überwachen. Die zulässige Einsatzdauer ist bei der Ablaufplanung zu berücksichtigen.

Nach Abschluss der Umstellung werden die Absperrblasen entfernt und die hergestellten Leitungszugänge fachgerecht verschlossen. Die einzelnen Tätigkeiten sowie der Personal- und Zeitbedarf sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 4-7: Prozessschritt „Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Sichere temporäre hydraulische Trennung des für die Umstellung vorgesehenen Leitungsabschnitts vom weiterhin gasführenden Netz.
Voraussetzungen	Absperrkonzept festgelegt und freigegeben; geeignetes Absperrverfahren ausgewählt; Leitung zugänglich und im erforderlichen Umfang freigelegt; Rohrwerkstoff, Dimension und Betriebsdruck bekannt; Arbeitsstelle gesichert; erforderliche Geräte und Messmittel verfügbar.
Ergebnis	Leitungsabschnitt wirksam und kontrolliert abgesperrt sowie für die nachfolgenden Arbeiten freigegeben.
Folgeschritt	Abschnittsweise Außerbetriebnahme bzw. Umstellung des hydraulisch getrennten Leitungsabschnitts.
Regelwerksbezug	DVGW G 452-1 (A)[16], DVGW G 452-2 (A)[17], DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW G 466-1 (A)[18], DVGW G 466-3 (A)[19], DVGW G 5620-1 (P[20]), DVGW G 5621-1 (P)[21], DVGW G 5621-2 (P)[22], DGUV Information 203-090[3], DVGW G 404 (A)[23]

Tabelle 4-8: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsstelle vorbereiten	1 Meister, 2 Monteur	15 min
2	Anbohrstelle herstellen	2 Monteur	30 min
3	Leitung anbohren	2 Monteure	30 min
4	Blase einführen	2 Monteure	15 min
5	Absperrblase setzen und beaufschlagen	2 Monteure	15 min
6	Dichtheits- und Funktionskontrolle	1 Meister, 2 Monteure	15 min
7	Freigabe der Arbeitsstelle	1 Monteur	10 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**2,25 h**

Der tatsächliche Aufwand für das Blasensetzen wird wesentlich durch Leitungsdimension, Betriebsdruck, Zugänglichkeit der Leitung, das eingesetzte Blasensetzsystem sowie die örtlichen Arbeitsbedingungen bestimmt.

4.1.3 Personal, Kosten und Dauer für Phase 1

Die Personalkosten für die hydraulische Trennung betragen im betrachteten Modell ab ca. 274 € je Umstellbezirk. Sind zusätzliche Trennstellen erforderlich, entstehen hierfür weitere Personalkosten ab ca. 1.011 € je betrachteter Maßnahme. Die jeweiligen Ansätze sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst. Material-, Geräte- und externe Baukosten sind darin nicht enthalten.

Tabelle 4-9: Teilkostenrechnung „Hydraulische Trennung“

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Hydraulische Trennung des Umstellbezirks	Meister	2	80	160
	Monteur	1,75	65	114
Gesamt				**274**

Tabelle 4-10: Teilkostenrechnung „Herstellung zusätzlicher Trennstellen bei Bedarf“

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Baustelleneinrichtung	Meister	0,5	80	40
	Monteur	3,5	65	228
Baugrube öffnen und Leitung freilegen	Meister	0,25	80	20
	Monteur	0,25	65	17
	Tiefbauer	5	65	325
	Baugeräteführer	1	65	65
Temporäre Absperrung mittels Blasensetzen	Meister	0,5	80	40
	Monteur	4,25	65	276
Gesamt				**1.011**

4.2 Phase 2: Abschnittsweise Netzumstellung

Nach Abschluss der vorbereitenden Maßnahmen (Phase 1) erfolgt die Umstellung der Regelanlage sowie der einzelnen Leitungsabschnitte einschließlich der zugehörigen Netzanschlussleitungen, Gasinstallationen und Kundenanlagen. Die Arbeitsschritte werden entsprechend dem festgelegten Umstellablauf wiederholt, bis der gesamte Umstellbezirk mit Wasserstoff versorgt wird und die erforderlichen Prüfungen abgeschlossen sind (siehe Abbildung 4-4).

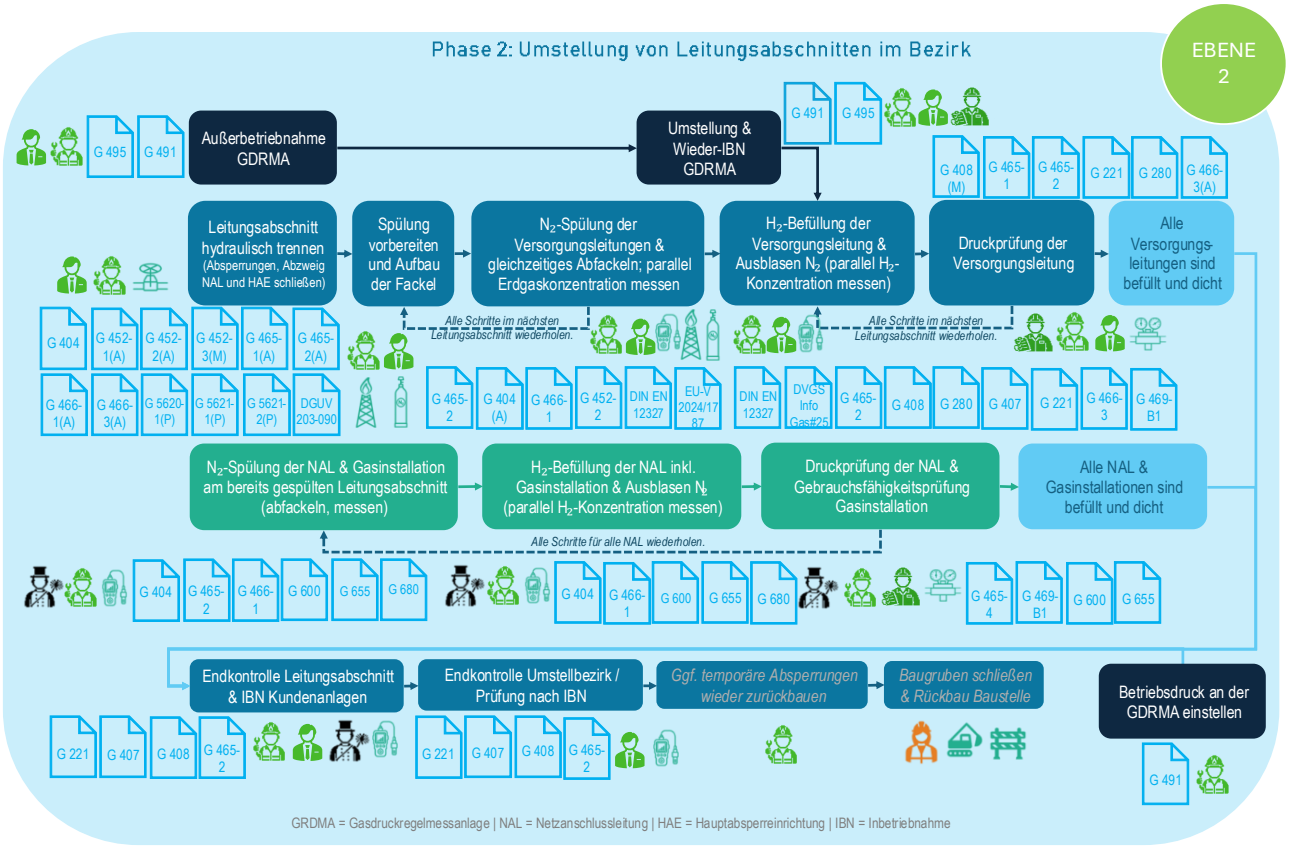


Abbildung 4-4: Phase 2: Umstellung von Leitungsabschnitten im Bezirk (Quelle: eigene Darstellung DBI)

4.2.1 Außerbetriebnahme Regelanlage

Vor der Umstellung auf Wasserstoff wird die Regelanlage sicher vom vor- und nachgelagerten Netz getrennt, drucklos gemacht und mit Stickstoff inertisiert. Hierzu sind die vorgesehenen Absperreinrichtungen auf Funktionsfähigkeit und dichten Abschluss zu prüfen. Die Arbeiten sind mit der Netzleitstelle und den Verantwortlichen der angeschlossenen Netzbereiche abzustimmen.

Soweit die Anlagenkonfiguration dies ermöglicht, kann die Last vor der Außerbetriebnahme reduziert oder auf eine Reserve-Regelstraße umgeschaltet werden. Nach dem Absperren und kontrollierten Druckabbau wird das verbleibende Erdgas durch Stickstoff verdrängt. Der erreichte Zustand ist durch Konzentrationsmessungen nachzuweisen und zu dokumentieren.

Erforderliche Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen sollten möglichst vor dem Umstellungstermin erfolgen. Maßnahmen, die eine vollständige Außerbetriebnahme voraussetzen, erfolgen nach der Freigabe des definierten Anlagenzustands. Der detaillierte Ablauf ist in Abbildung 4-5 dargestellt.

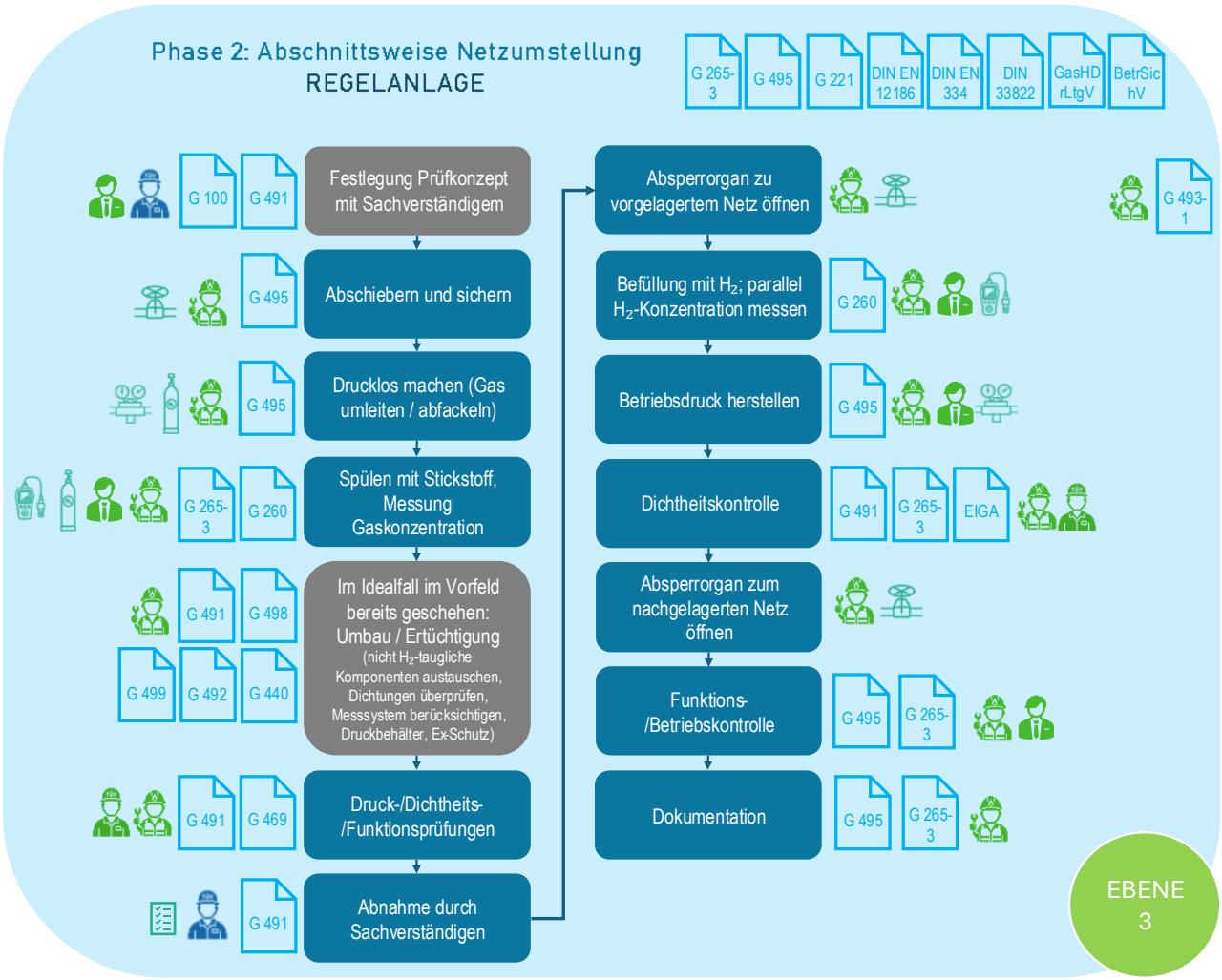


Abbildung 4-5: Ebene 3 - Regelanlage (Quelle: eigene Darstellung DBI)

Tabelle 4-11: Prozessschritt „Außerbetriebnahme Regelanlage“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Regelanlage sicher vom Gasnetz trennen, drucklos machen und durch Inertisierung mit N_2 in einen definierten Zustand für die nachfolgenden Umstellungs- bzw. Anpassungsmaßnahmen überführen.
Voraussetzungen	Arbeits- und Schaltanweisung liegt vor; Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Netzbereiche sind geprüft; erforderliche Absperreinrichtungen sind zugänglich und funktionsfähig; Personal, Mess- und Spüleinrichtungen stehen zur Verfügung.
Ergebnis	Regelanlage hydraulisch getrennt, drucklos und inertisiert; erforderliche Konzentrationsmessungen und Freigabe dokumentiert.
Folgeschritt	Ggf. Umbau/Ertüchtigung und Prüfungen; anschließend H_2-Befüllung und Wiederinbetriebnahme.
Regelwerksbezug	DVGW G 491 (A)[7], DVGW G 495 (A)[8]; weitere Regelwerke entsprechend Prozessgrafik Ebene 3

Tabelle 4-12: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Außerbetriebnahme Regelanlage“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsfreigabe und Sicherheitsunterweisung	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Anlage kontrolliert aus dem Betrieb nehmen	1 Meister, 2 Monteure	15 min
3	Eingangsarmaturen schließen	2 Monteure	15 min
4	Druck abbauen	2 Monteure	30 min
5	Anlage mit N_2 inertisieren und Erdgas abfackeln	1 Meister, 2 Monteure	60 min
6	Gaskonzentration messen	1 Monteur	15 min
7	Erfolg der Inertisierung feststellen und Anlage freigeben	1 Meister, 1 Monteur	15 min
8	Dokumentation	1 Monteur	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**3 h**

Tabelle 4-13: Gesamtaufwand für unterschiedliche Stationsgrößen (Quelle: Beispiel DBI)

Gesamtaufwand	Personal	Dauer (ab ca.)
Niederdruck Ortsnetzstation (DP 77 mbar)	1 Meister, 2 Monteure	3 h
Mitteldruck GDRMA (DP 0,9 bar)	1 Meister, 3 Monteure	6 h
Hochdruck Übergabestation (DP 15 bar)	1 Meister, 4 Monteure	8 h

4.2.2 Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage

Voraussetzung für die Wiederinbetriebnahme ist der dokumentierte Nachweis der Wasserstofftauglichkeit der Regelanlage durch den Anlagenbetreiber. Erforderliche Anpassungen an Komponenten, Mess- und Regeltechnik sowie Sicherheitseinrichtungen müssen abgeschlossen sein. Art und Umfang der erforderlichen Prüfungen sowie die Qualifikation der prüfenden Person sind anhand der Anlagenkonfiguration, der durchgeführten Änderungen und der einschlägigen technischen und rechtlichen Anforderungen festzulegen. Dabei ist zwischen Prüfungen durch Sachkundige und solchen durch Sachverständige beziehungsweise zugelassene Überwachungsstellen zu unterscheiden. Da bei der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff immer eine wesentliche Änderung vorliegt, muss die abschließende Prüfung durch einen Sachverständigen erfolgen. Ist die GDRMA eine überwachungsbedürftige Druckanlage nach Betriebssicherheitsverordnung, ist die Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS, z.B. TÜV, DEKRA, ...) erforderlich.

Nach Abschluss der erforderlichen Prüfungen wird die zuvor inertisierte Regelanlage kontrolliert mit Wasserstoff befüllt. Der Stickstoff wird über geeignete Entlüftungswege gefahrlos ins Freie abgeführt. Während der Befüllung sind Druckaufbau und Gaszusammensetzung zu überwachen, bis die erforderliche Gasqualität nachgewiesen ist.

Anschließend werden der vorgesehene Betriebsdruck hergestellt, Regler und Sicherheitseinrichtungen auf Funktion geprüft und die Anlage nach erfolgreicher Betriebskontrolle für den Wasserstoffbetrieb freigegeben. Die Wiederinbetriebnahme ist mit den Verantwortlichen der angeschlossenen Netzbereiche abzustimmen.

Tabelle 4-14: Prozessschritt „Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Regelanlage für den H_2-Betrieb vorbereiten, mit H_2 befüllen, prüfen und sicher wieder in Betrieb nehmen.
Voraussetzungen	Anlage außer Betrieb, drucklos und inertisiert; H_2-Tauglichkeit bewertet; erforderliche Umbau-/Ertüchtigungsmaßnahmen abgeschlossen; Prüfkonzept festgelegt; erforderliche Prüfungen/Freigaben erfolgt; H_2-Versorgung verfügbar.
Ergebnis	Regelanlage ordnungsgemäß mit Wasserstoff befüllt, erforderliche Prüfungen abgeschlossen und Anlage für den H_2-Betrieb freigegeben.
Folgeschritt	H_2-Versorgung des nachgelagerten Leitungsabschnitts bzw. Einstellung des vorgesehenen Betriebsdrucks.
Regelwerksbezug	DVGW G 440 (A)[24], DVGW G 469 B1 (A)[25], DVGW G 491 (A)[7], DVGW G 493-1 (A)[26], DVGW G 495 (A)[8], DVGW G 498 (A)[27], weitere anlagen- und prüfbezogene Regelwerke gemäß Ebene 3 Prozessbild

Tabelle 4-15: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Befüllung der Regelanlage mit Wasserstoff	1 Meister, 2 Monteure	30 min
2	Funktionsprüfung und Inbetriebnahme	1 Meister, 2 Monteure	30 min
3	Dokumentation und Übergabe	1 Monteur	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**1,25 h**

4.2.3 Absperrung des Leitungsabschnitts

Vor der Inertisierung wird der umzustellende Leitungsabschnitt entsprechend dem Schalt- und Ablaufplan vom übrigen Netz sowie von den angeschlossenen Netzanschlussleitungen und Kundenanlagen hydraulisch getrennt. Hierzu werden die vorgesehenen Absperreinrichtungen betätigt und die zugehörigen Hauptabsperreinrichtungen geschlossen. Gegebenenfalls erforderliche zusätzliche Trennstellen wurden bereits in Phase 1 hergestellt (siehe Kapitel 4.1.2).

Anschließend sind die Wirksamkeit der Absperrung und der hergestellte Schaltzustand zu kontrollieren und zu dokumentieren. Erst nach entsprechender Freigabe kann die Inertisierung erfolgen.

Tabelle 4-16: Prozessschritt „Absperrung des Leitungsabschnitts“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Sichere hydraulische Trennung des umzustellenden Leitungsabschnitts vom übrigen Netz sowie von den angeschlossenen Netzanschluss- und Kundenanlagen.
Voraussetzungen	Leitungsabschnitt und Absperrpunkte gemäß Schalt- und Ablaufplan festgelegt; erforderliche vorhandene bzw. temporäre Absperreinrichtungen funktionsfähig und zugänglich; zugehörige Netzanschlüsse bekannt; Arbeits- und Schaltfreigabe liegt vor.
Ergebnis	Leitungsabschnitt erfolgreich hydraulisch getrennt; zugehörige Netzanschlüsse/Kundenanlagen abgesperrt; Schaltzustand kontrolliert und für die Inertisierung freigegeben.
Folgeschritt	Vorbereitung der Spülung und Aufbau der Fackel; anschließend Inertisierung des Leitungsabschnitts.
Regelwerksbezug	DVGW G 465-2 (A)[9], DGUV Information 203-090[3], weitere Regelwerke abhängig vom eingesetzten Absperrverfahren (siehe Abbildung 4-4)

Tabelle 4-17: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Absperrung des Leitungsabschnitts“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsvorbereitung und Freigabe	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Betroffene Armaturen lokalisieren und prüfen	1 Meister, 2 Monteure	15 min
3	Versorgungsleitung absperren	1 Meister, 2 Monteure	30 min
4	Wirksamkeit der Absperrung prüfen	1 Meister, 2 Monteure	30 min
5	Freigabe zur Inertisierung erteilen	1 Meister	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**1,75 h**

4.2.4 Indirekte Spülung mit Stickstoff

Für die Umstellung wird im betrachteten Referenzprozess die indirekte Spülung mit Stickstoff zugrunde gelegt. Die folgenden Arbeitsschritte werden für die jeweiligen Leitungsabschnitte entsprechend dem festgelegten Spülkonzept durchgeführt. Alternative Spülverfahren werden in Kapitel 5 betrachtet.

Tabelle 4-18: Prozessschritt „Indirekte Spülung mit Stickstoff“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Verdrängung des Erdgases durch N_2 und Herstellung eines definierten inertisierten Zustands als Voraussetzung für die anschließende H_2-Befüllung.
Voraussetzungen	Leitungsabschnitt hydraulisch getrennt und freigegeben; Spülkonzept liegt vor; N_2-Versorgung sowie Ein- und Ausblasepunkte eingerichtet; Fackel/Ausblaseeinrichtung betriebsbereit; Messstellen und geeignete Konzentrationsmessgeräte vorhanden.
Ergebnis	Erdgas bis zum festgelegten Grenzwert verdrängt; erforderlicher inertisierter Zustand messtechnisch nachgewiesen und dokumentiert.
Folgeschritt	Befüllung mit H_2.
Regelwerksbezug	DVGW G 404 (A)[23], DVGW G 452-2[17], DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW G 466-1 (A)[18], DIN EN 12327[28], VO (EU) 2024/1787[29], ggf. weitere leitungs- bzw. druckstufenabhängige Regelwerke

4.2.4.1 Vorbereitung der Spülung und Aufbau der Fackel

Vor der Inertisierung sind die Stickstoffversorgung sowie die erforderlichen Spül-, Mess- und Gasabführeinrichtungen einzurichten und auf Funktionsfähigkeit zu prüfen. Beim Einsatz einer mobilen Fackel sind insbesondere Aufstellort, Sicherheitsabstände, Brandschutz und die sichere Ableitung des austretenden Gases zu berücksichtigen.

Tabelle 4-19: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Vorbereitung der Spülung und Aufbau der Fackel“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsvorbereitung und Freigabe	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Arbeitsbereich absichern	2 Monteure	15 min
3	Stickstoffversorgung aufbauen	2 Monteure	30 min
4	Fackelanlage aufbauen	2 Monteure	30 min
5	Funktions- und Dichtheitsprüfung	1 Meister, 2 Monteure	30 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**2 h**

4.2.4.2 Inertisierung der Versorgungsleitung mit Stickstoff

Nach der hydraulischen Trennung wird das in der Versorgungsleitung vorhandene Erdgas kontrolliert durch Stickstoff verdrängt. Hierzu wird das Inertgas am vorgesehenen Einspeisepunkt eingebracht und das Erdgas über den festgelegten Ausblase- beziehungsweise Fackelpunkt abgeführt.

Der Spülvorgang erfolgt entsprechend dem festgelegten Spülkonzept unter Berücksichtigung der erforderlichen Strömungsgeschwindigkeit und Spülkriterien gemäß DVGW G 465-2 [9] beziehungsweise DIN EN 12327 [28]. Die Gaszusammensetzung wird am maßgeblichen Messpunkt überwacht und dokumentiert. Sobald der erforderliche inertisierte Zustand nachgewiesen ist, kann der Leitungsabschnitt für die anschließende Wasserstoffbefüllung freigegeben werden.

Tabelle 4-20: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Inertisierung der Versorgungsleitung mit Stickstoff“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Spülvorgang starten	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Inertisierung durchführen	1 Meister, 2 Monteure	60 min
3	Gaskonzentrationen messen	1 Meister, 1 Monteur	30 min
4	Nachweis der erfolgreichen Inertisierung	1 Meister, 1 Monteur	30 min
5	Spülanlage außer Betrieb nehmen	1 Meister, 2 Monteure	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**2,5 h**

4.2.5 H_2-Befüllung Versorgungsleitung

Nach erfolgreicher Inertisierung wird die Versorgungsleitung kontrolliert mit Wasserstoff befüllt. Hierzu wird Wasserstoff aus dem vorgelagerten Netz eingeleitet und der vorhandene Stickstoff über den vorgesehenen Ausblasepunkt abgeführt.

Während der Befüllung ist die Gaszusammensetzung am maßgeblichen Messpunkt zu überwachen. Sobald die erforderliche Wasserstoffkonzentration nachgewiesen und dokumentiert ist, wird der Ausblasepunkt geschlossen und der Leitungsabschnitt für die weiteren Prüf- und Inbetriebnahmeschritte freigegeben.

Tabelle 4-21: Prozessschritt „H_2-Befüllung Versorgungsleitung“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Befüllung der Versorgungsleitung mit H_2 nach erfolgter N_2-Spülung.
Voraussetzungen	Inertisierung ist vollständig abgeschlossen. Vorgelagertes H_2-Netz ist betriebsbereit und für Befüllung freigegeben. Freigabe zur H_2-Befüllung liegt vor.
Ergebnis	Versorgungsleitung ist vollständig mit H_2 befüllt, die erforderliche Gasbeschaffenheit ist am Messpunkt nachgewiesen und die Leitung befindet sich im definierten Zustand für die anschließende Prüfung.
Folgeschritt	Druckprüfung der Versorgungsleitung.
Regelwerksbezug	DIN EN 12327[28], DVGW G 280 (A)[30], DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-2 (A)[9], ggf. DVGW-Information Gas Nr. 25[31]

Tabelle 4-22: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „H_2-Befüllung Versorgungsleitung“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Verbindung zum vorgelagerten H_2-Netz herstellen	1 Meister, 2 Monteure	30 min
2	Kontrollierte H_2-Befüllung der Versorgungsleitung und Ausblasen von N_2	1 Meister, 2 Monteure	30 min
3	Nachweis der erforderlichen H_2-Konzentration am Ausblasepunkt	1 Meister, 2 Monteure	30 min
4	Schließen des Ausblasepunktes und Herstellung des Betriebsdrucks	1 Meister, 2 Monteure	30 min
5	Dokumentation und Betriebsübergabe	1 Meister	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**2,25 h**

Bei der Befüllung und Inbetriebnahme sind die Anforderungen an die Odorierung gemäß DVGW G 280 (A) [30] sowie die Eignung der eingesetzten Odorier- und Messtechnik für Wasserstoff und die vorgesehene Anwendung zu berücksichtigen.

4.2.6 Druckprüfung Versorgungsleitung

Nach der Wasserstoffbefüllung ist der ordnungsgemäße Zustand des Leitungsabschnitts zu bestätigen. Da in jedem Fall eine wesentliche Änderung vorliegt, erfolgt eine Druckprüfung. Art und Umfang der erforderlichen Prüfungen richten sich nach dem Leitungszustand, den durchgeführten Arbeiten und dem festgelegten Prüfkonzept.

Tabelle 4-23: Prozessschritt „Druckprüfung Versorgungsleitung“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Nachweis des ordnungsgemäßen und sicheren Zustands der Versorgungsleitung für den H_2-Betrieb.
Voraussetzungen	H_2-Befüllung abgeschlossen; erforderliche Umstellarbeiten durchgeführt; Prüfkonzept und geeignete Prüfeinrichtungen vorhanden.
Ergebnis	Erforderliche Druckprüfungen erfolgreich abgeschlossen und dokumentiert.
Folgeschritt	Freigabe des Leitungsabschnitts und Fortführung der Umstellung an den nachgelagerten Netzanschlussleitungen und Kundenanlagen.
Regelwerksbezug	DVGW G 221 (M)[6], DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW G 466-3 (A)[19], DVGW G 469-B1 (A)[25], DIN EN 12327[32]

Tabelle 4-24: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Druckprüfung Versorgungsleitung“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsvorbereitung und Freigabe	1 Meister, 2 Monteure	15 min
2	Prüfeinrichtungen anschließen	2 Monteure	30 min
3	Druckprüfung durchführen	1 Meister, 2 Monteure	60 min
4	Dichtheitskontrolle an Armaturen und Verbindungen	1 Meister, 2 Monteure	30 min
5	Bewertung der Prüfergebnisse	1 Meister	15 min
6	Dokumentation und Freigabe zum Regelbetrieb	1 Meister	15 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure**	**2,75 h**

4.2.7 Gasinstallation und Kundenanlagen

Voraussetzung für die Umstellung der Gasinstallation und Kundenanlagen ist, dass alle angeschlossenen Gasgeräte zum Umstellungszeitpunkt H_2-ready sind. Erforderliche Anpassungen der Kundenanlage, insbesondere der Austausch nicht wasserstoffgeeigneter Gasströmungswächter, sind im Vorfeld durchzuführen.

Die Umstellung der Leitungsanlagen erfolgt in aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten. Zunächst werden die Netzanschlussleitungen und die zugehörigen Gasinstallationsleitungen mit Stickstoff gespült. Die anschließende Wasserstoffbefüllung erfolgt ebenfalls gemeinsam. Nach erfolgreichem Nachweis der erforderlichen Gasbeschaffenheit und Abschluss der erforderlichen Prüfungen können die Kundenanlagen in Betrieb genommen werden.

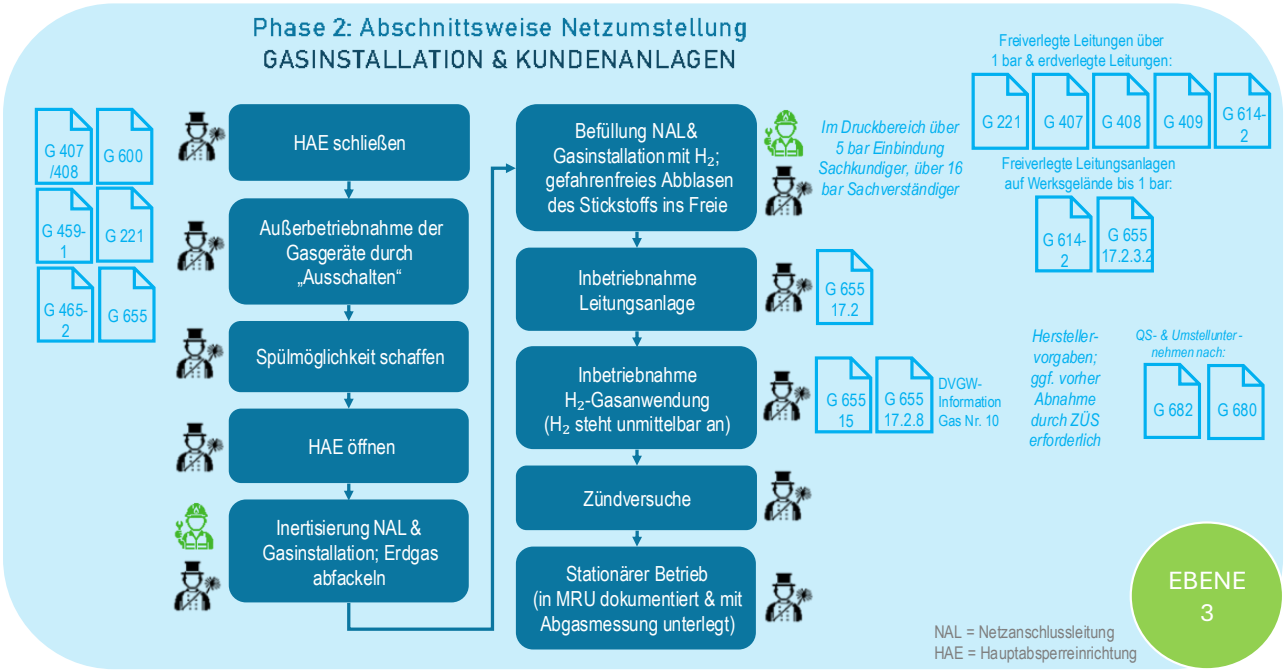


Abbildung 4-6: Ebene 3 - Gasinstallation und Kundenanlagen (Quelle: eigene Darstellung DBI)

Im Rahmen der Praxisdiskussion mit verschiedenen Netzbetreibern wurde angemerkt, dass die getrennte Inertisierung und Wasserstoffbefüllung der Netzanschlussleitung und der Gasinstallationsleitung insbesondere bei kurzen Anschlussleitungen einen zusätzlichen operativen Aufwand verursacht. Aus praktischer Sicht ist eine gemeinsame Spülung in einem durchgehenden Arbeitsgang zweckmäßig.

Eine getrennte Spülung der Netzanschlussleitung erfordert einen sicheren Ausblasepunkt, das könnte beim Gaszähler, wenn dieser getauscht wird, sein. Eine weitere Variante ist das Anbringen eines T-Stückes mit Kugelhahn und Gas-Sicherheitsstopfen. Dieses Vorgehen ist jedoch nur zulässig, wenn der Endverbraucher keinen freien Zugang zum Heizraum hat.

Die formale Trennung der Verantwortlichkeiten zwischen Netzbetreiber und Installationsunternehmen bleibt dabei zu berücksichtigen. Inwieweit eine Zusammenfassung der Arbeitsschritte technisch und regelwerksseitig zulässig ist, sollte für zukünftige Umstellvorhaben geprüft werden.

4.2.7.1 Spülung der Gasinstallation mit Stickstoff

Während der Inertisierung der zugehörigen Netzanschlussleitung wird die Gasinstallationsleitung mit Stickstoff gespült. Dabei wird das vorhandene Erdgas kontrolliert verdrängt und die Gaszusammensetzung am vorgesehenen Messpunkt überwacht. Der erforderliche inertisierte Zustand ist nachzuweisen und zu dokumentieren. Der Vorgang wird für alle an der Versorgungsleitung anliegenden Netzanschlussleitung und Gasinstallationen wiederholt.

Tabelle 4-25: Prozessschritt „Spülung der Gasinstallation mit Stickstoff“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Sichere Verdrängung des Erdgases aus der Gasinstallationsleitung und Herstellung eines zündfähigkeitsfreien Zustands vor weiteren Umstellungsarbeiten auf H_2.
Voraussetzungen	Stickstoff liegt an der Netzanschlussleitung an. Arbeits- und Sicherheitsfreigaben liegen vor.
Ergebnis	Die Gasinstallationsleitung ist vollständig mit N_2 gespült. Erdgasreste wurden sicher verdrängt. Die Leitung befindet sich in einem nicht zündfähigen Zustand und ist für nachfolgende Umstellungs- oder Prüfschritte vorbereitet.
Folgeschritt	Umstellung der Gasinstallation und Kundenanlage auf H_2-Betrieb.
Regelwerksbezug	DVGW G 404 (A)[23], DVGW G 465-2 (A)[9], DVGW G 466-1 (A)[18], DVGW G 600 (A)[33], DVGW G 655 (M)[34], DVGW G 680[35]

Tabelle 4-26: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Spülung der Gasinstallation mit Stickstoff“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Arbeitsbereich vorbereiten	1 VIU Installateur	15 min
2	Kundenanlage außer Betrieb nehmen	1 VIU Installateur	15 min
3	N_2-Spülung vorbereiten	1 VIU Installateur	15 min
4	Gasinstallationsleitung mit N_2 spülen	1 VIU Installateur	30 min
5	Gasfreiheit / Spülergebnis feststellen	1 VIU Installateur	5 min
6	N_2-Spülung beenden und H_2-Befüllung vorbereiten	1 VIU Installateur	15 min
7	Abschlusskontrolle und Dokumentation	1 VIU Installateur	15 min
	Gesamt	**1 VIU Installateur**	**2 h**

4.2.7.2 H_2-Befüllung der Gasinstallationsleitung

Nach erfolgreicher Inertisierung wird die Gasinstallationsleitung kontrolliert mit Wasserstoff befüllt. Die erforderliche Wasserstoffkonzentration ist am vorgesehenen Messpunkt nachzuweisen und zu dokumentieren. Anschließend kann die Leitungsanlage für die weiteren Prüf- und Inbetriebnahmeschritte freigegeben werden.

Tabelle 4-27: Prozessschritt „H_2-Befüllung Gasinstallationsleitung“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Befüllung der Gasinstallationsleitung mit H_2 sowie Herstellung der Betriebsbereitschaft für die anschließende Inbetriebnahme der Kundenanlage.
Voraussetzungen	Netzanschlussleitung und Gasinstallationsleitung wurden erfolgreich inertisiert. Freigabe zur H_2-Befüllung liegt vor. Erforderliche Mess- und Sicherheitseinrichtungen sind betriebsbereit.
Ergebnis	Netzanschlussleitung und Gasinstallationsleitung sind vollständig mit H_2 befüllt. Der erforderliche H_2-Gehalt wurde nachgewiesen. Die Leitungen befinden sich im vorgesehenen Betriebszustand für die Inbetriebnahme der angeschlossenen Verbrauchseinrichtungen.
Folgeschritt	Gebrauchsfähigkeitsprüfung der H_2-Geräte bzw. der auf H_2 umgestellten Kundenanlage.
Regelwerksbezug	DVGW G 404 (A)[23], DVGW G 466-1 (A)[18], DVGW G 600 (A)[33], DVGW G 655 (M)[34], DVGW G 680 (A)[35]

Tabelle 4-28: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „H_2-Befüllung Gasinstallationsleitung“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	H_2-Befüllung vorbereiten	1 VIU Installateur	15 min
2	Gasinstallationsleitung mit H_2 befüllen	2 VIU Installateure	45 min
3	H_2-Konzentration messen	1 VIU Installateur	15 min
4	H_2-Befüllung beenden	1 VIU Installateur	15 min
	Gesamt	**2 VIU Installateure**	**1,5 h**

4.2.7.3 Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung

Vor der Inbetriebnahme der Kundenanlage ist der ordnungsgemäße Zustand der Gasinstallationsleitung nachzuweisen. Art, Umfang und Zeitpunkt der erforderlichen Gebrauchsfähigkeitsprüfung richten sich nach dem Anlagenzustand, den durchgeführten Umstellarbeiten und den einschlägigen Regelwerksanforderungen. Die erforderlichen Prüfergebnisse sind zu dokumentieren und bilden die Grundlage für die anschließende Freigabe.

Tabelle 4-29: Prozessschritt „Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Nachweis der Gebrauchsfähigkeit der Gasinstallationsleitung nach der H_2-Befüllung und vor der Inbetriebnahme der Kundenanlage.
Voraussetzungen	Gasinstallationsleitung ist vollständig mit H_2 befüllt. Alle Umstellungsarbeiten wurden abgeschlossen. Prüfeinrichtungen sind angeschlossen und kalibriert. Leitung ist für die Prüfung freigegeben.
Ergebnis	Die Gebrauchsfähigkeit der Leitungen wurden nachgewiesen. Es wurden keine unzulässigen Druckverluste oder Leckagen festgestellt. Die Anlage ist für die Inbetriebnahme freigegeben.
Folgeschritt	Inbetriebnahme der Kundenanlage einschließlich Funktionskontrolle der angeschlossenen H_2-Geräte und Dokumentation der Umstellung.
Regelwerksbezug	DVGW G 465-4 (M)[36], DVGW G 469 B1 (A)[25], DVGW G 600 (A) [33], DVGW G 655 (M)[34]

Tabelle 4-30: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Prüfung vorbereiten	1 VIU Installateur	5 min
2	Anlage für Gebrauchsfähigkeitsprüfung vorbereiten	1 VIU Installateur	10 min
3	Prüfdruck aufbringen	1 VIU Installateur	5 min
4	Gebrauchsfähigkeitsprüfung durchführen	1 VIU Installateur	30 min
5	Prüfergebnis bewerten	1 VIU Installateur	5 min
6	Gebrauchsfähigkeitsprüfung beenden	1 VIU Installateur	10 min
7	Prüfung dokumentieren und Anlage freigeben	1 VIU Installateur	10 min
	Gesamt	**1 VIU Installateur**	**1,25 h**

4.2.8 Endkontrolle Leitungsabschnitt

Nach Abschluss der Wasserstoffbefüllung und der gemäß Prüfkonzept erforderlichen Kontrollen erfolgt eine abschließende Überprüfung des Leitungsabschnitts. Dabei werden die Vollständigkeit der Arbeiten und Prüfnachweise sowie der vorgesehene Betriebszustand kontrolliert. Nach erfolgreicher Endkontrolle wird der Leitungsabschnitt freigegeben und die Umstellung mit dem nächsten Abschnitt fortgeführt.

Tabelle 4-31: Prozessschritt „Endkontrolle Leitungsabschnitt“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Abschließende Kontrolle und Freigabe des umgestellten Leitungsabschnitts.
Voraussetzungen	H_2-Befüllung und erforderliche Prüfungen abgeschlossen; Prüfnachweise und Arbeitsdokumentation vorhanden.
Ergebnis	Vollständigkeit und ordnungsgemäßer Betriebszustand bestätigt; Leitungsabschnitt freigegeben.
Folgeschritt	Umstellung des nächsten Leitungsabschnitts bzw. Abschluss des Umstellbezirks.
Regelwerksbezug	DVGW G 221 (M)[6], DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-2 (A)[9]

Tabelle 4-32: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Endkontrolle Leitungsabschnitt“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Endkontrolle vorbereiten	1 Meister, 1 Monteur	10 min
2	Betriebsdruck kontrollieren	1 Meister, 1 Monteur	10 min
3	Gasqualität kontrollieren	1 Meister, 1 Monteur	10 min
4	Dichtheit abschließend kontrollieren	1 Meister, 1 Monteur	15 min
5	Gesamtzustand des Leitungsabschnitts prüfen	1 Meister, 1 Monteur	10 min
6	Endkontrolle bewerten und dokumentieren	1 Meister	10 min
7	Leitungsabschnitt freigeben und übergeben	1 Meister, 1 Monteur	10 min
	Gesamt	**1 Meister, 1 Monteur**	**1,25 h**

4.2.9 Abschluss des Umstellbezirks

Die technische Umstellung des Umstellbezirks ist abgeschlossen, wenn die GDRMA, alle vorgesehenen Leitungsabschnitte sowie die zugehörigen Netzanschlussleitungen, Gasinstallationen und Kundenanlagen auf Wasserstoff umgestellt und die erforderlichen Prüfungen und Freigaben erfolgt sind. Der erreichte Betriebszustand wird abschließend kontrolliert und dokumentiert. Anschließend erfolgt der Übergang in Phase 3. Nach Abschluss der Umstellung werden gegebenenfalls eingesetzte temporäre Absperrungen zurückgebaut sowie Baugruben und Baustellen geschlossen.

Tabelle 4-33: Prozessschritt „Abschluss des Umstellbezirks“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Technischer Abschluss der Umstellung des Umstellbezirks.
Voraussetzungen	GDRMA und vorgesehene Leitungs- und Kundenanlagen umgestellt; erforderliche Prüfungen und Freigaben abgeschlossen.
Ergebnis	Umstellbezirk technisch vollständig auf H_2 umgestellt und dokumentiert.
Folgeschritt	Dokumentation und Übergabe an den Netzbetrieb gemäß Phase 3.
Regelwerksbezug	DVGW G 221 (M)[6], DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-2 (A)[9]

Tabelle 4-34: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Abschluss des Umstellbezirks“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Status aller Umstellungen prüfen	1 Meister, Leitstelle	15 min
2	Prüf- und Freigabestatus kontrollieren	1 Meister, Leitstelle	15 min
3	Betriebszustand des Umstellbezirks kontrollieren	1 Meister, Leitstelle	15 min
4	Offene Mängel und Abweichungen bewerten	1 Meister, 1 Monteur	15 min
5	Umstellbezirk freigeben	1 Meister, Leitstelle	10 min
	Gesamt	**1 Meister, 1 Monteur, Leitstelle**	**1,25 h**

4.2.10 Personal, Kosten und Dauer für Phase 2

Die nachfolgenden Tabellen fassen die tätigkeitsbezogenen Personalkosten für die Umstellung der Leitungsabschnitte, der GDRMA sowie der Gasinstallationen und Kundenanlagen zusammen. Die Ansätze beziehen sich auf den beschriebenen Referenzprozess. Bedarfsabhängige Tätigkeiten, insbesondere Druckprüfungen und Mängelbeseitigungen, sind nur anzusetzen, sofern sie im jeweiligen Prüf- und Umstellkonzept erforderlich sind.

Tabelle 4-35: Kostenrechnung für Umstellung Leitungsabschnitt

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Absperrung des Leitungsabschnittes	Meister	2,25	80	200
	Monteur	3	65	195
Vorbereitung der Spülung und Aufbau der Fackel	Meister	0,75	80	60
	Monteur	4	65	260
Inertisierung der Versorgungsleitung mit N_2	Meister	2,5	80	200
	Monteur	4	65	260
H_2-Befüllung der Versorgungsleitung	Meister	2,25	80	180
	Monteur	4	65	260
Druckprüfung der Versorgungsleitung	Meister	2,25	80	180
	Monteur	4,5	65	293
Endkontrolle Leitungsabschnitt	Meister	1,25	80	100
	Monteur	1,25	65	82
Abschluss des Umstellbezirks	Meister	1,25	80	100
	Monteur	0,25	65	17
	Leitstelle	1	80	80
Gesamt				**2.467**

Der ausgewiesene Prüfaufwand stellt einen Maximalansatz für den betrachteten Referenzprozess dar. Eine Druckprüfung sowie gegebenenfalls erforderliche Nachprüfungen sind nur zu berücksichtigen, wenn sie sich aus dem jeweiligen Prüfkonzept ergeben.

Tabelle 4-36: Kostenrechnung für Umstellung Regelanlage

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Außerbetriebnahme Regelanlage	Meister	1,75	80	140
	Monteur	5,25	65	342
Umstellung und Wiederinbetrieb-nahme der Regelanlage	Meister	1	80	80
	Monteur	2,25	65	147
Gesamt				**709**

Tabelle 4-37: Kostenrechnung für Gasinstallation und Kundenanlagen

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Spülung Gasinstallation mit Stickstoff	VIU Installateur	2	65	130
H_2-Befüllung Gasinstallationsleitung	VIU Installateur	2,25	65	147
Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasin-stallationsleitung	VIU Installateur	1,25	65	82
Gesamt				**359**

4.3 Phase 3: Abschluss und Dokumentation

Nach Abschluss der technischen Umstellung wird der Umstellbezirk in den regulären Wasserstoffbetrieb überführt. Phase 3 umfasst die abschließende Dokumentation, die formale Übergabe an den Netzbetrieb sowie die anschließende Nachkontrolle (siehe Abbildung 4-7).

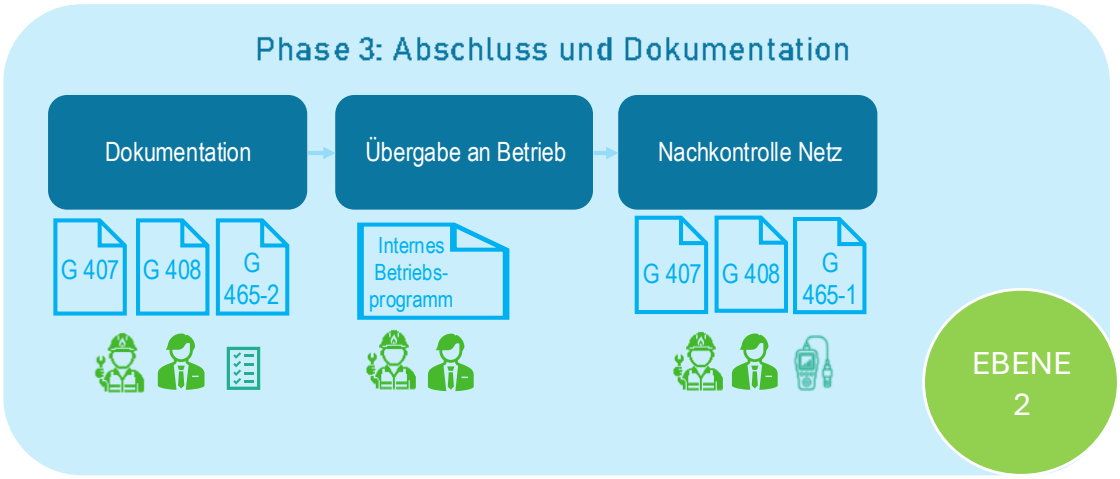


Abbildung 4-7: Phase 3: Abschluss und Dokumentation (Quelle: eigene Darstellung DBI)

4.3.1 Dokumentation

Nach Abschluss der technischen Umstellung werden die während der Arbeiten entstandenen Schalt-, Mess-, Prüf- und Freigabeunterlagen zusammengeführt und geprüft. Erforderliche Bestands- und Anlagendokumentationen sind zu aktualisieren. Die vollständige Umstellungsdokumentation bildet die Grundlage für die anschließende Übergabe an den Netzbetrieb.

Tabelle 4-38: Prozessschritt „Dokumentation“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Zusammenführung und Prüfung aller während der Umstellung erstellten Unterlagen sowie Aktualisierung der Bestandsdokumentation zur Vorbereitung der Übergabe des Umstellbezirks in den regulären H_2-Betrieb.
Voraussetzungen	Die technische Umstellung des Umstellbezirks ist vollständig abgeschlossen. Alle Versorgungsleitungen, Netzanschlussleitungen, GDRMA und Kundenanlagen wurden erfolgreich auf H_2 umgestellt und in Betrieb genommen. Sämtliche Schalt-, Mess-, Prüf- und Freigabeunterlagen liegen vor.
Ergebnis	Die Umstellungsdokumentation ist vollständig erstellt und geprüft. Bestandspläne, Anlagendokumentationen sowie Prüf- und Messprotokolle wurden aktualisiert. Der ordnungsgemäße Zustand des Netzes ist dokumentiert und nachgewiesen.
Folgeschritt	Übergabe des Umstellbezirks an den Netzbetrieb einschließlich Festlegung des Bereitschafts- und Überwachungskonzepts für die erste Betriebsphase.
Regelwerksbezug	DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-2 (A)[9], sowie die betrieblichen Vorgaben zur Dokumentation, Qualitätssicherung und Netzbetriebsführung.

Tabelle 4-39: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Dokumentation“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Umstellunterlagen zusammenführen	1 Meister	30 min
2	Prüf- und Messergebnisse zusammenführen	1 Meister	30 min
3	Abweichungen und Restarbeiten erfassen	1 Meister	15 min
4	Gesamtdokumentation prüfen	1 Meister	30 min
5	Abschluss des Umstellbezirks dokumentieren	1 Meister, Leitstelle	15 min
6	Unterlagen übergeben und archivieren	1 Meister, Leitstelle	30 min
	Gesamt	**1 Meister, 1 Leitstelle**	**2,5 h**

4.3.2 Übergabe an Betrieb

Nach Abschluss der Dokumentation erfolgt die formale Übergabe des Umstellbezirks an den Netzbetrieb. In diesem Prozessschritt wird bestätigt, dass sämtliche umgestellten Anlagen und Netzbereiche ordnungsgemäß in Wasserstoffbetrieb überführt wurden, alle erforderlichen Nachweise vorliegen und die Voraussetzungen für einen sicheren Regelbetrieb erfüllt sind. Zudem werden die Verantwortlichkeiten für Betrieb, Überwachung und Störungsmanagement an die Betriebsorganisation übergeben.

Tabelle 4-40: Prozessschritt „Übergabe an Betrieb“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Übergabe des vollständig umgestellten Umstellbezirks an den Netzbetrieb sowie Freigabe für den regulären H_2-Betrieb.
Voraussetzungen	Technische Umstellung abgeschlossen. Dokumentation vollständig erstellt und geprüft. Alle Versorgungsleitungen, Netzanschlussleitungen, GDRMA und Kundenanlagen befinden sich im H_2-Betrieb. Prüf-, Mess- und Freigabeprotokolle liegen vor.
Ergebnis	Der Umstellbezirk wurde an den Netzbetrieb übergeben. Die Betriebsverantwortung wurde übernommen. Die Regelanlage, das Leitungsnetz und die angeschlossenen Kundenanlagen sind für den regulären H_2-Betrieb freigegeben. Das Bereitschafts- und Überwachungskonzept für die erste Betriebsphase ist festgelegt.
Folgeschritt	Nachkontrolle und Betriebsüberwachung des H_2-Netzes während der ersten Betriebsphase.
Regelwerksbezug	Aktuell keine

Tabelle 4-41: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Übergabe an Betrieb“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Übergabebereitschaft prüfen	1 Meister, Leitstelle	10 min
2	Offene Punkte an Betrieb übergeben	1 Meister, Betrieb	10 min
3	Betriebliche Überwachung abstimmen	1 Meister, Betrieb, Leitstelle	10 min
4	Umstellbezirk an Betrieb übergeben	1 Meister, Betrieb, Leitstelle	10 min
	Gesamt	**1 Meister, Leitstelle, Betrieb**	**0,75 h**

4.3.3 Nachkontrolle Netz

Nach der Übergabe des Umstellbezirks an den Betrieb erfolgt die Nachkontrolle des Netzes. Ziel dieses Prozessschrittes ist die Überprüfung, ob sich das auf Wasserstoff umgestellte Netz unter Betriebsbedingungen in einem sicheren und stabilen Zustand befindet. Hierzu werden insbesondere Betriebsdruck, Gasqualität sowie der Zustand relevanter Netz- und Anlagenkomponenten kontrolliert. Festgestellte Auffälligkeiten werden bewertet und erforderlichenfalls geeignete Maßnahmen zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Netzbetriebs eingeleitet.

Tabelle 4-42: Prozessschritt „Nachkontrolle Netz“

Merkmal	Inhalt
Ziel	Überprüfung und Bestätigung des sicheren und stabilen H_2-Betriebs nach Abschluss der technischen Umstellung und Übergabe an den Betrieb.
Voraussetzungen	Umstellbezirk wurde vollständig an den Betrieb übergeben. Alle Umstellungsarbeiten sind abgeschlossen. Dokumentation und Freigaben liegen vor. Das Netz befindet sich im regulären H_2-Betrieb.
Ergebnis	Betriebsdruck, Gasqualität und Netzzustand wurden überprüft und bewertet. Ein sicherer und stabiler Betriebszustand des Umstellbezirks wurde bestätigt bzw. erforderliche Nacharbeiten wurden eingeleitet.
Folgeschritt	Regelmäßige Betriebsüberwachung und Instandhaltung des H_2-Netzes im Rahmen des Normalbetriebs.
Regelwerksbezug	DVGW G 407 (M)[4], DVGW G 408 (M)[5], DVGW G 465-1 (A)[37], sowie die betrieblichen Vorgaben zur Betriebsüberwachung und Netzführung.

Tabelle 4-43: Arbeitsschritte, Personal und Zeit „Nachkontrolle Netz“

Nr.	Tätigkeit	Personal	Dauer (ab ca.)
1	Nachkontrolle vorbereiten	1 Meister, Leitstelle	10 min
2	Netzdruck kontrollieren	1 Meister, 1 Monteur	15 min
3	Netz auf Auffälligkeiten kontrollieren	1 Meister, 1 Monteur	30 min
4	Betriebsmeldungen und Störungen prüfen	1 Meister, Leitstelle	15 min
5	Abweichungen und Auffälligkeiten bearbeiten	1 Meister, 2 Monteure	30 min
6	Stabilen Netzbetrieb bestätigen	1 Meister, Leitstelle	10 min
	Gesamt	**1 Meister, 2 Monteure, Leitstelle**	**2 h**

Ergänzend zur tätigkeitsbezogenen Personalplanung kann für die überschlägige Abschätzung der Nachkontrollkosten ein längenbezogener Erfahrungswert herangezogen werden. Basierend auf dem Austausch mit verschiedenen Netzbetreibern wurde hierfür ein Ansatz von rund 210 €/km herangezogen. Dieser ist als alternativer Vergleichswert zu verstehen und bei der Gesamtkostenberechnung mit den bereits erfassten Personalaufwendungen abzugleichen.

4.3.4 Personal, Kosten und Dauer für Phase 3

Die nachfolgende Übersicht fasst die Personalaufwände für Dokumentation, Übergabe an den Netzbetrieb und Nachkontrolle zusammen. Die Ansätze stellen Orientierungswerte dar und sind an Umfang und Organisation des jeweiligen Umstellvorhabens anzupassen.

Tabelle 4-44: Kostenrechnung für 4.3 Phase 3: Abschluss und Dokumentation

Prozessschritt	Personal	Dauer (ab ca.) [h]	Stundensatz [€/h]	Kosten (ab ca.) [€]
Dokumentation	Meister	2,5	80	200
	Leitstelle	0,75	80	60
Übergabe an Betrieb	Meister	0,75	80	60
	Betrieb	0,5	75	38
	Leitstelle	0,5	80	40
	Meister	2	80	160
Nachkontrolle Netz	Monteur	1,75	65	114
	Leitstelle	0,75	80	60
Gesamt				**732**

5 Beispielhafte Umstellung eines Ortsnetzgebiets

5.1 Umstellung Netzgebiet

Die Anwendung des in Kapitel 4 beschriebenen Prozesses wird nachfolgend anhand eines beispielhaften Ortsnetzgebiets mit 3,7 km Versorgungsleitung und 64 Netzanschlüssen dargestellt. Das Netzgebiet wird für die Umstellung in die Leitungsabschnitte A, B und C gegliedert, abschnittsweise inertisiert sowie anschließend mit Wasserstoff befüllt.

Die dargestellte Abschnittsbildung setzt eine weitgehende hydraulische Trennbarkeit der einzelnen Leitungsabschnitte voraus. Die im beispielhaften Netzgebiet aufgeführten Absperrstellen stellen eine Modellannahme dar. In der Praxis sind Abschnittsbildung, Absperrstellen und Spülkonzept netzspezifisch zu optimieren.

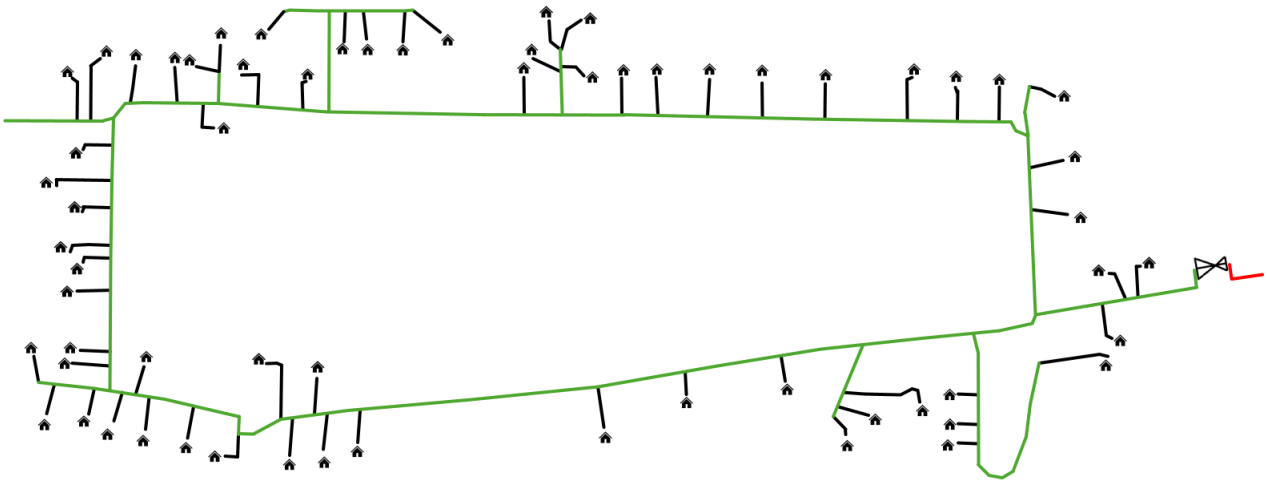
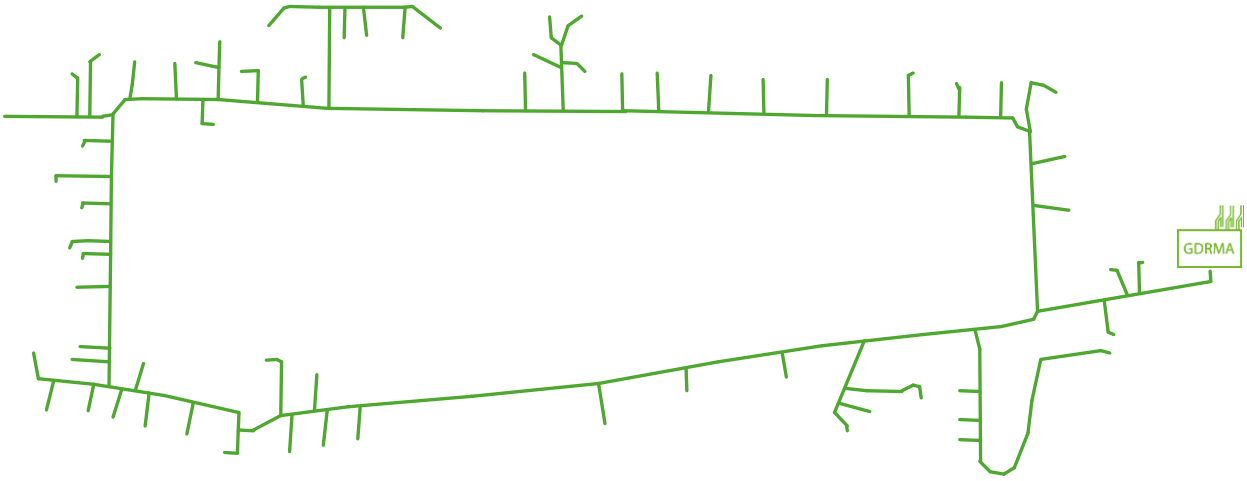


Abbildung 5-1: Beispiel Netzgebiet

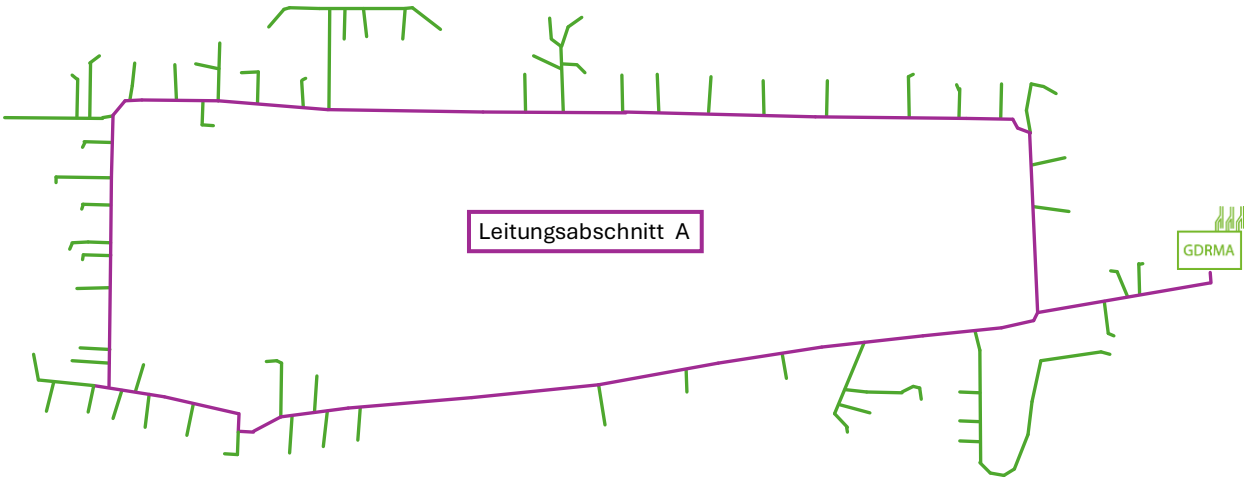


	Erdgas		Geschlossene Absperrung (Schieber, Blasen, Quetschen)
	Inertgas (Stick-stoff)		Geöffnete Absperrung (Schieber, Blasen, Quetschen)
	Wasserstoff		Ausbläser
	Gasfackel	GDRMA	Gasdruckregelmessanlage (GDRMA)

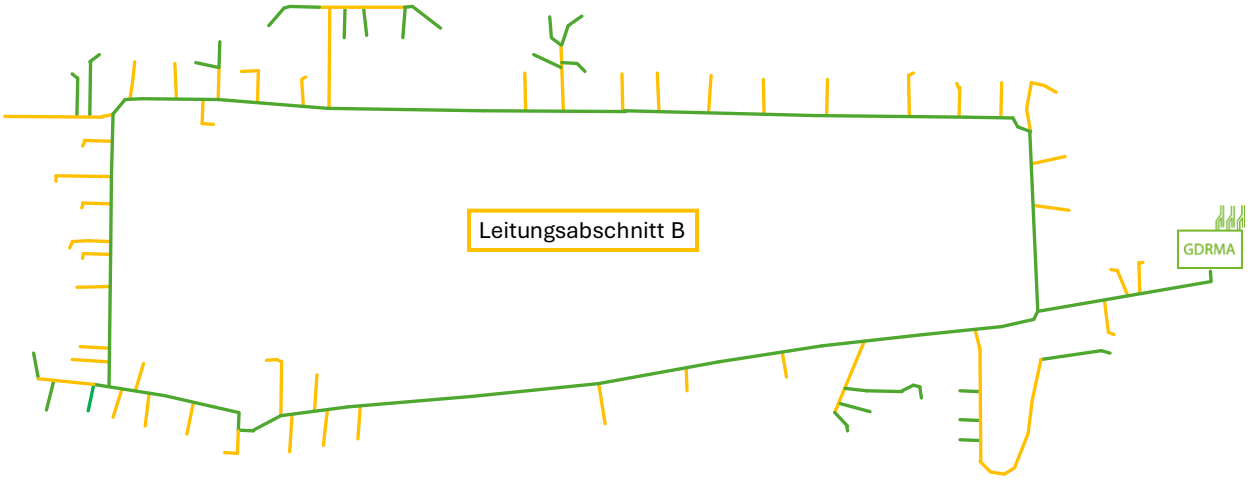
Abbildung 5-2: Legende zu Abbildung 5-1



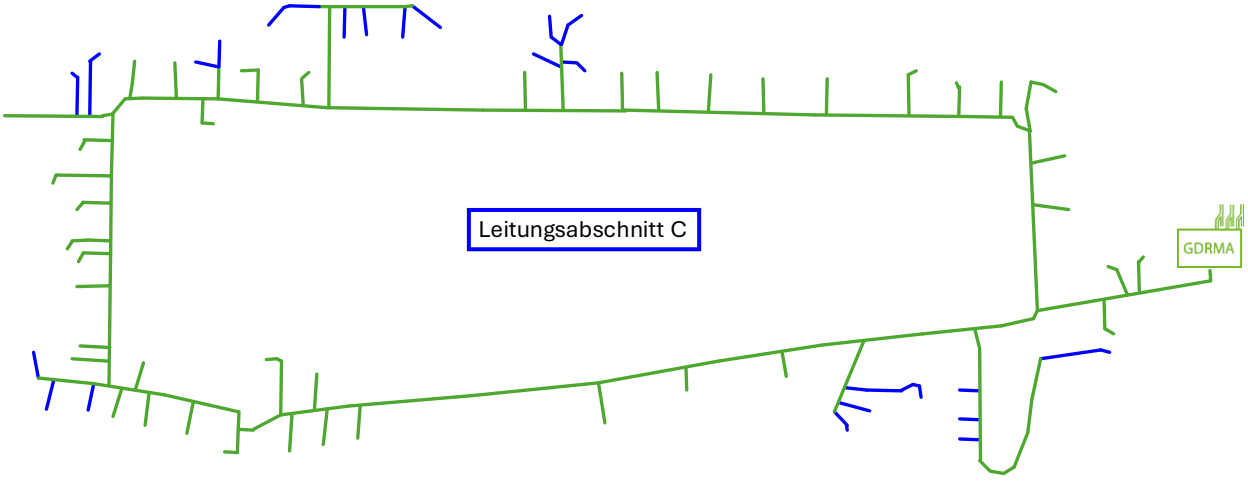
Ausgangszustand: Der Umstellbezirk wird vollständig mit Erdgas versorgt.



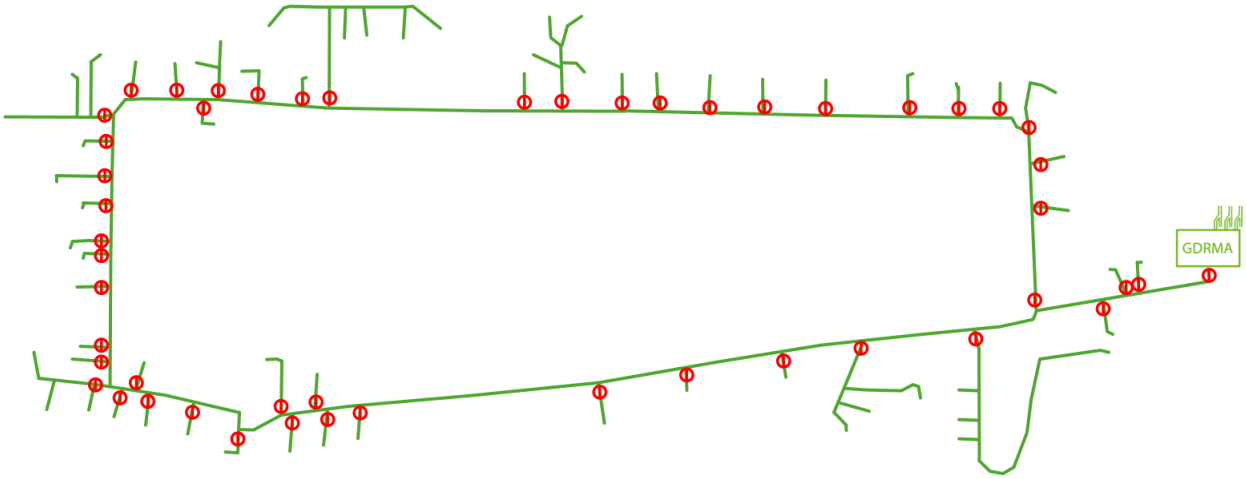
Festlegung der Umstellabschnitte: Leitungsabschnitt A



Leitungsabschnitt B

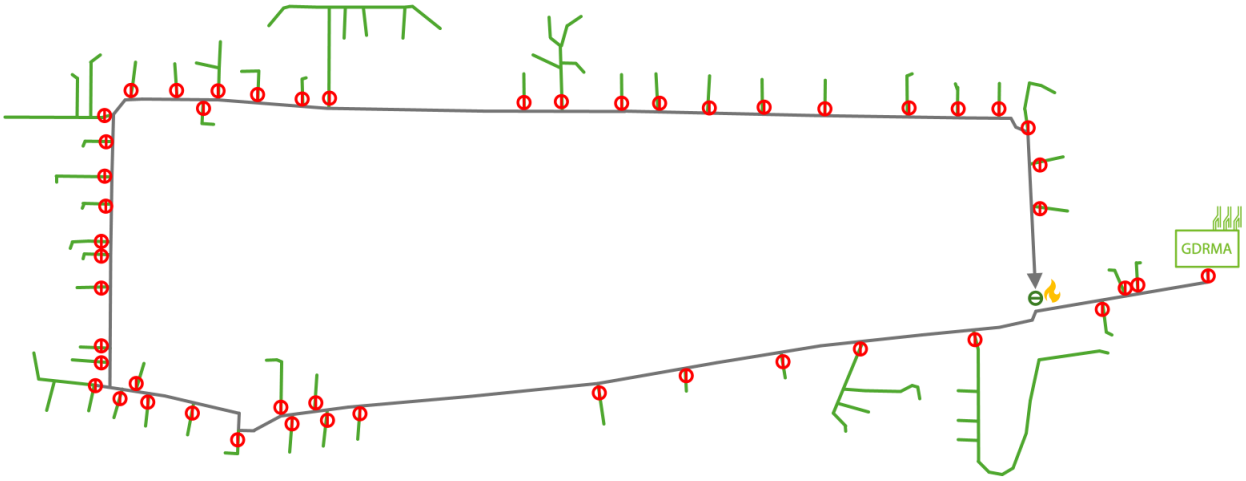


Leitungsabschnitt C

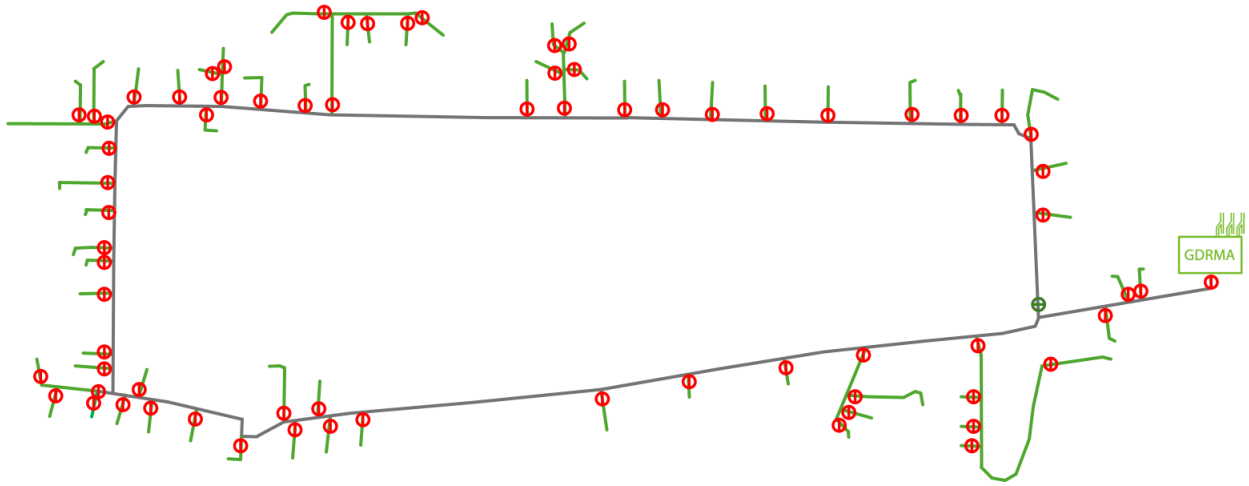


1. Hydraulische Trennung des Umstellbezirks an der GDRMA.
2. Absperrung aller Abzweige von Leitungsabschnitt A. (49 Absperrungen)

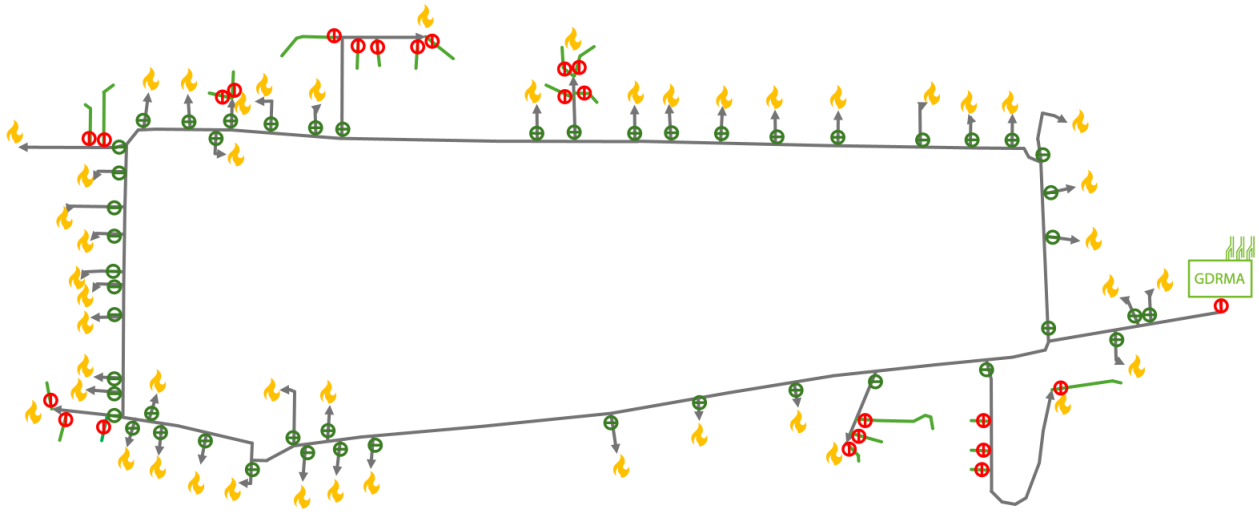
Nach Hydraulischer Trennung kann parallel die GDRMA gemäß Kapitel 5.2 umgestellt werden.



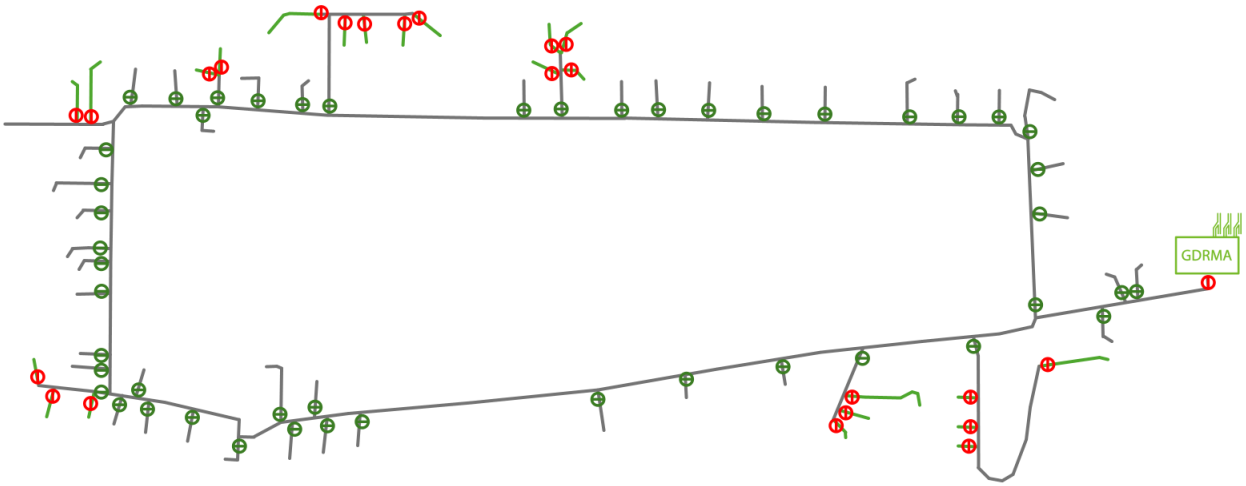
3. Leitungsabschnitt A mit Stickstoff spülen und verdrängtes Erdgas am Ende des Leitungsabschnittes kontrolliert abfackeln.
4. Öffnen der Absperrung zur Wiederherstellung der Masche von Leitungsabschnitt A.



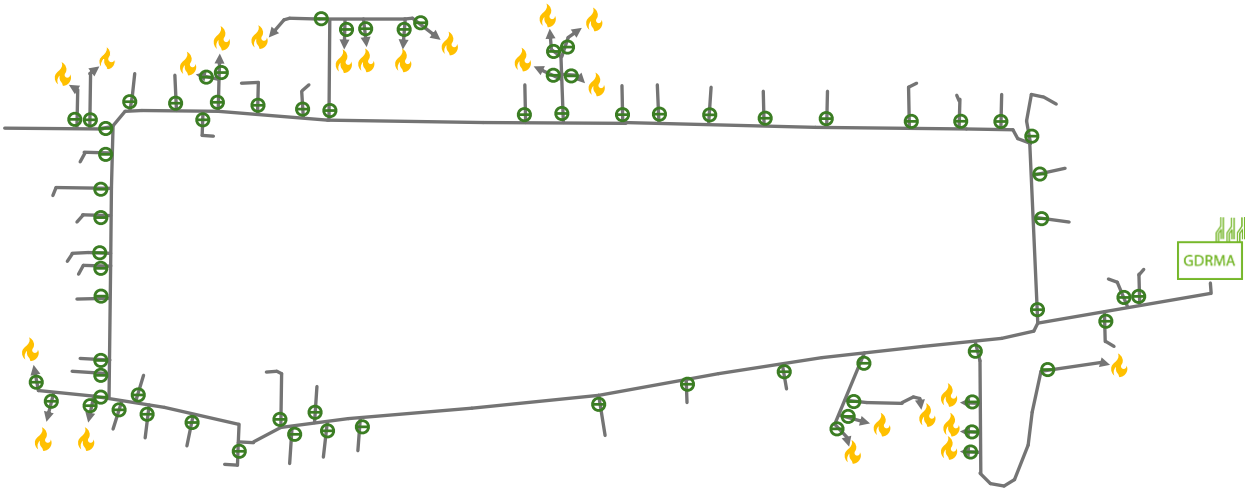
5. Absperrung aller Abzweige von Leitungsabschnitt B (23 Absperrungen).



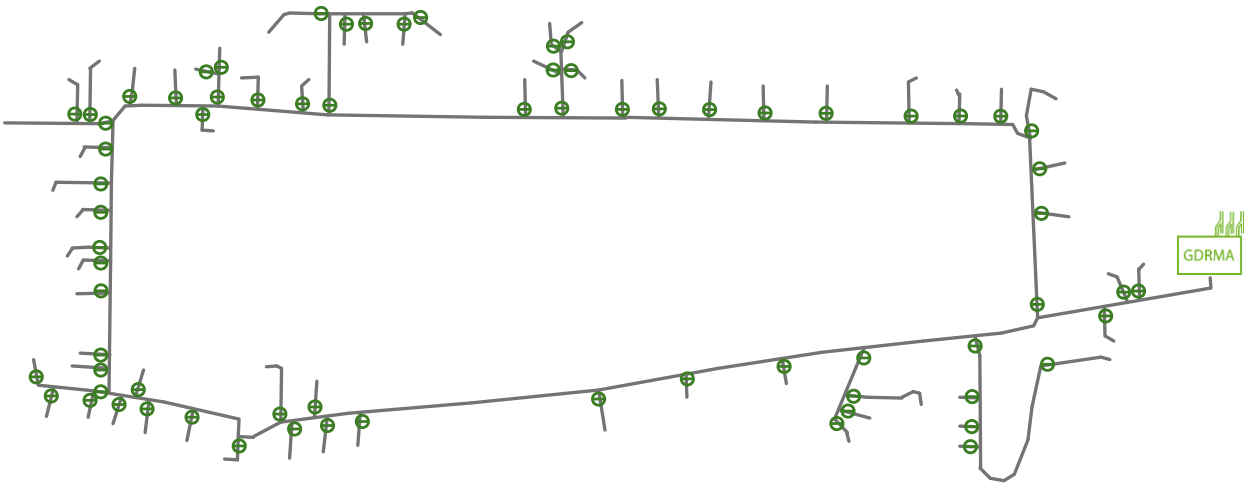
6. Leitungsabschnitte B nacheinander mit Stickstoff spülen und Erdgas an den Leitungsenden abfackeln.



7. Inertisierung von Leitungsabschnitt A und B abgeschlossen.

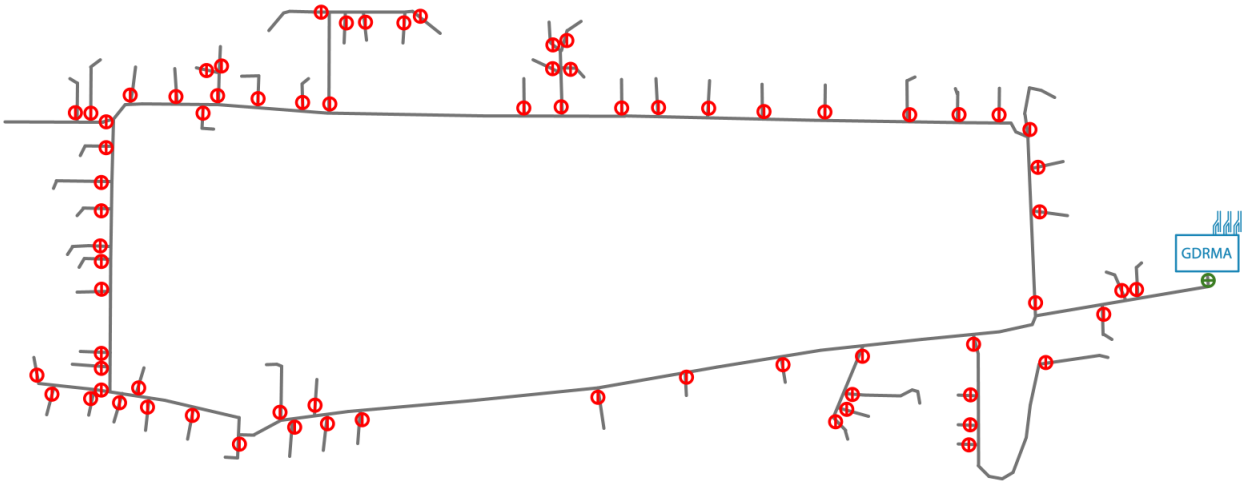


8. Leitungsabschnitt C mit Stickstoff spülen und Erdgas an den Leitungsenden abfackeln.



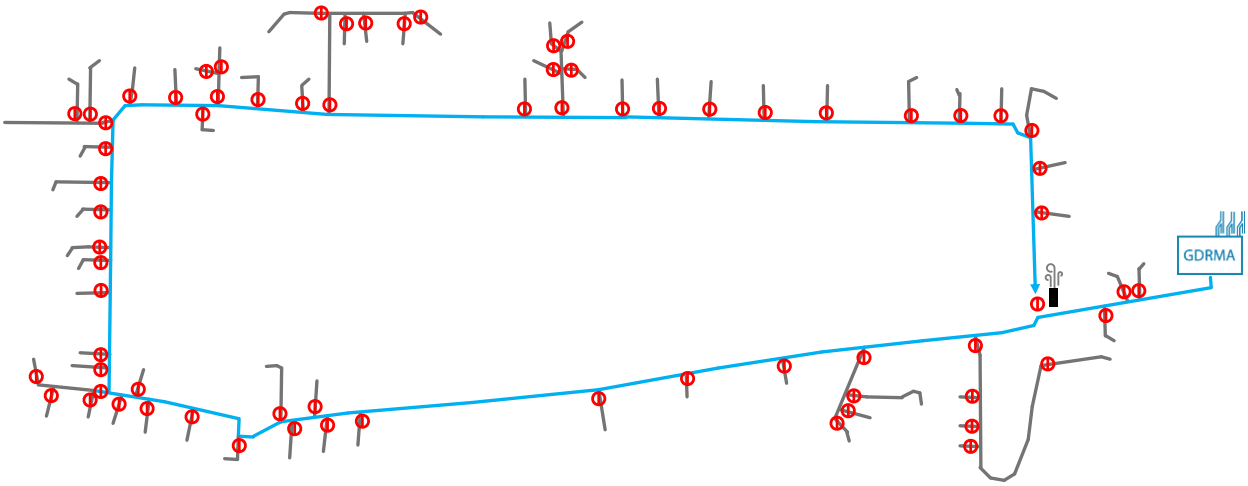
9. Umstellbezirk vollständig inertisiert.

Netzanschlüsse an inertisierten Leitungsabschnitten können parallel mit Stickstoff gespült werden, siehe 5.3 Umstellung Gasinstallation und Kundenanlage.

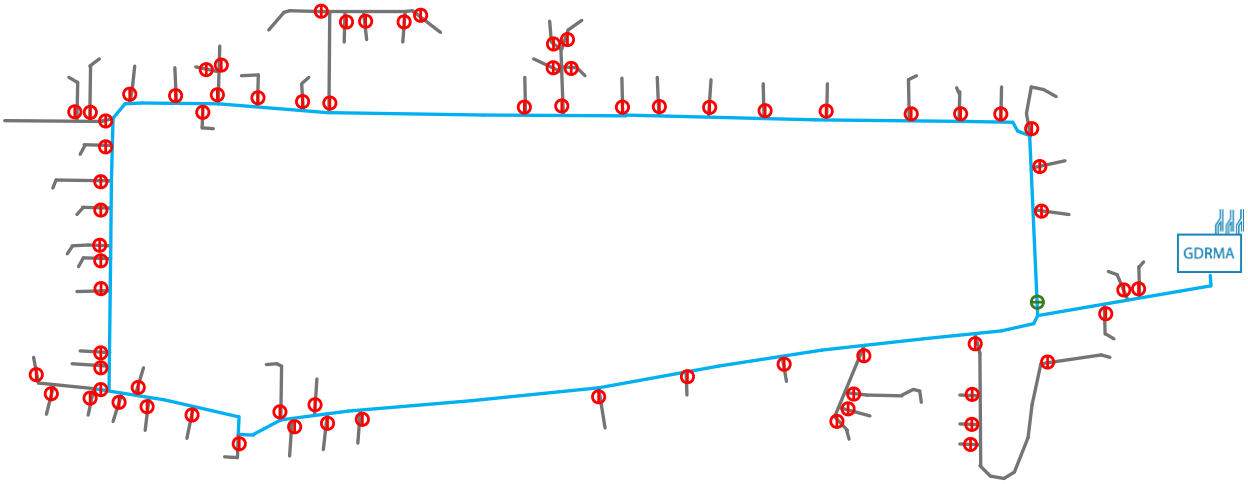


10. Schließen aller Absperrungen im Umstellbezirk.

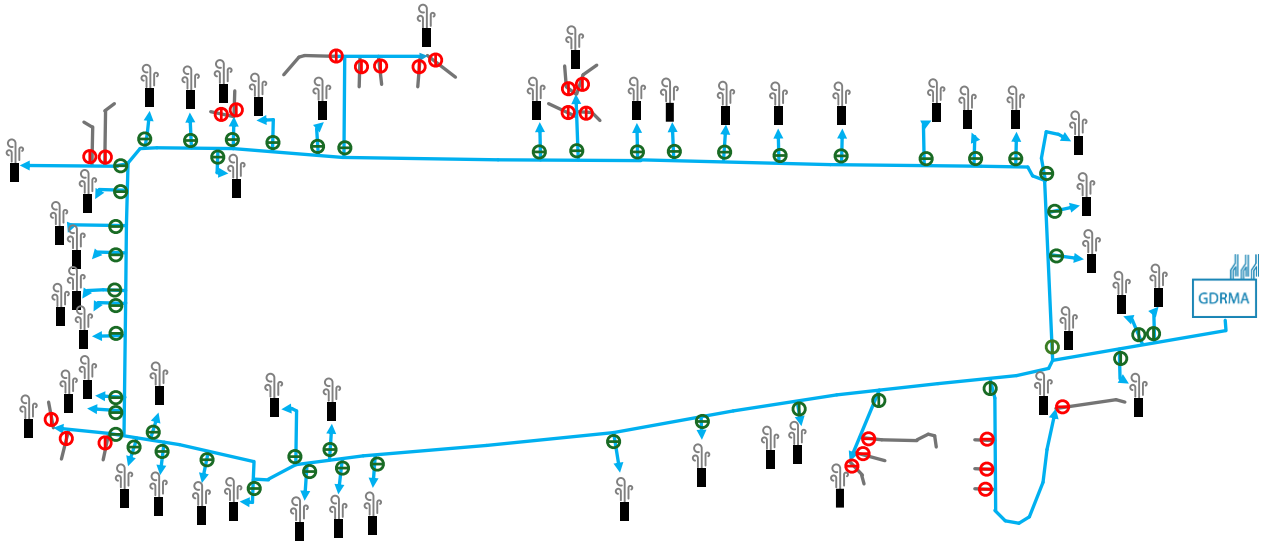
11. GDRMA ist auf Wasserstoff umgestellt, Absperrung zum Leitungsabschnitt wird geöffnet.



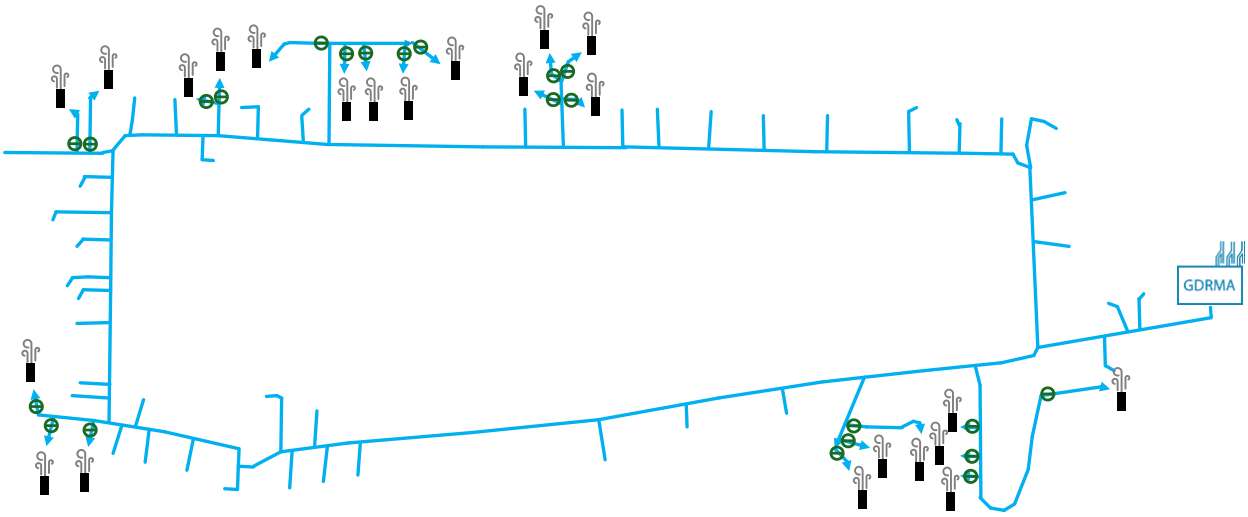
12. Befüllen des Leitungsabschnitts A mit Wasserstoff und Ausblasen des Stickstoffs am Ende des Leitungsabschnitts, bis Gasreinheit des Wasserstoffs gemessen wird.



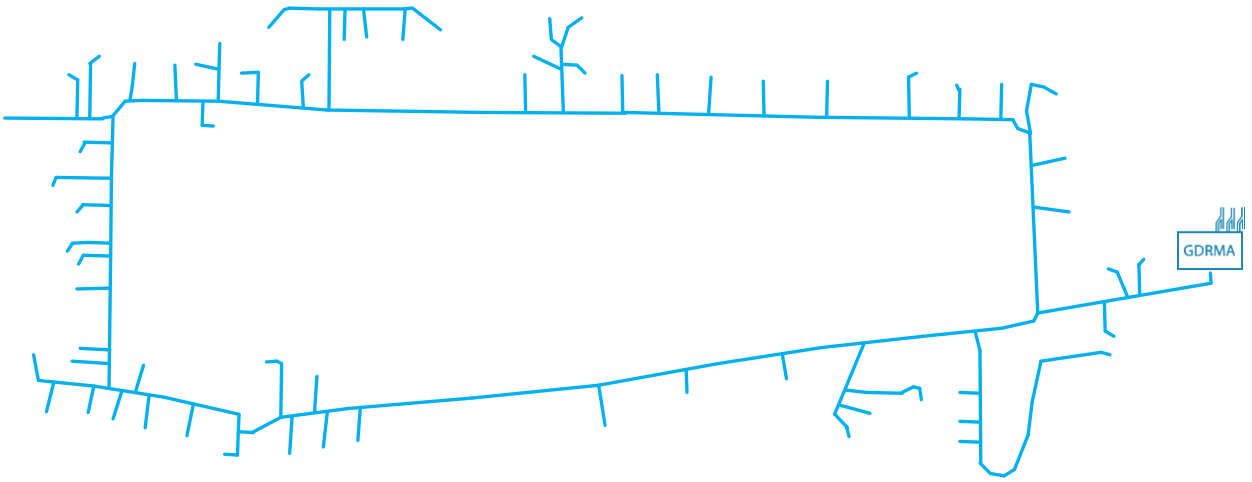
13. Öffnen der Absperrung zur Wiederherstellung der Masche von Leitungsabschnitt A.



14. Nacheinander die Absperrungen zu Leitungsabschnitten B öffnen, mit Wasserstoff befüllen und den Stickstoff an den Enden der Leitungsabschnitte ausblasen, bis Gasreinheit des Wasserstoffs gemessen wird.



15. Nacheinander die Absperrungen zu Leitungsabschnitten C öffnen, mit Wasserstoff befüllen und den Stickstoff an den Enden der Leitungsabschnitte ausblasen, bis Gasreinheit des Wasserstoffs gemessen wird.



16. Umstellbezirk ist vollständig auf Wasserstoff umgestellt.

Das Beispiel verdeutlicht, dass der Aufwand der abschnittsweisen Umstellung wesentlich von der gewählten Abschnittsbildung und der Anzahl erforderlicher Absperrstellen bestimmt wird. Die dargestellte Vorgehensweise bildet einen detaillierten Referenzprozess ab. Im Praxisdialog mit Verteilnetzbetreibern wurde insbesondere die hohe Anzahl der im Beispiel erforderlichen Schalt- und Absperrvorgänge kritisch bewertet. Für reale Umstellvorhaben sind daher größere Spülabschnitte, eine geringere Anzahl zusätzlicher Trennstellen und alternative Spülstrategien zu prüfen. Die daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten werden in Kapitel 6 aufgegriffen.

5.2 Umstellung Regelanlage

Die Umstellung der Gasdruckregelmessanlage (GDRMA) wird nachfolgend beispielhaft für den in Kapitel 4.2.1 und 4.2.2 beschriebenen Prozess dargestellt. Voraussetzung ist, dass die Wasserstofftauglichkeit der Anlage bewertet und erforderliche Anpassungsmaßnahmen vor dem Umstellungstermin erfolgt sind. Betrachtet wird im folgenden Umstellprozess eine Schiene einer typischen Ortsnetzregelanlage mit einem Eingangsdruckbereich < 5 bar.

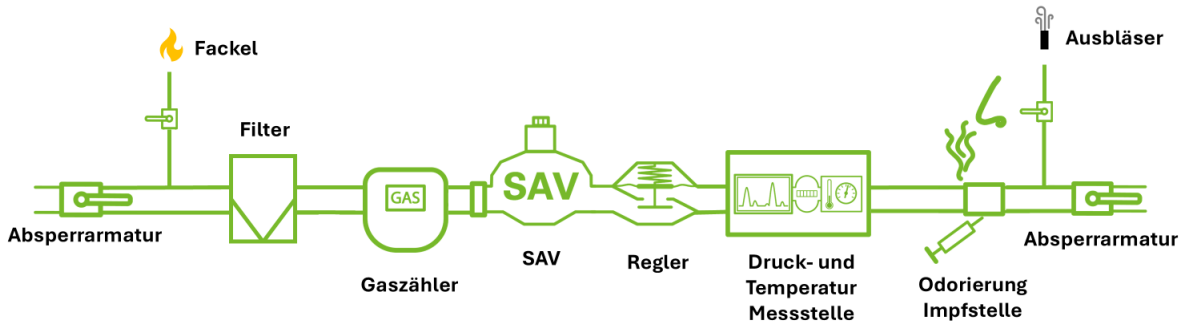


Abbildung 5-3: Schematische Darstellung einer Gasdruckregelmessanlage (GDRMA)[1]

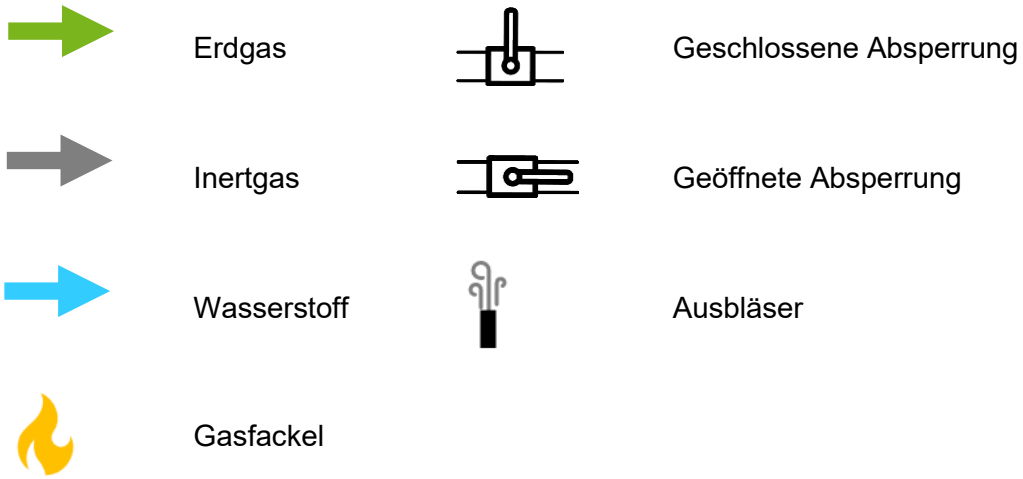


Abbildung 5-4: Legende zu Abbildung 5-3

[1] Der Gaszähler kann alternativ zwischen der Druck- und Temperaturmessung und der Odorierung liegen.



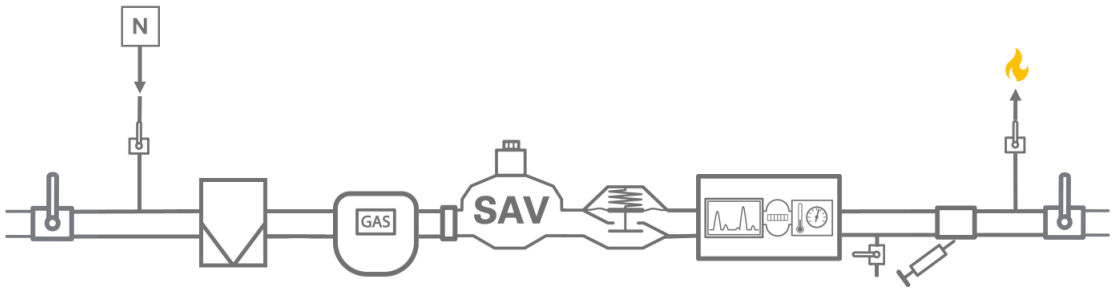
Ausgangssituation für Umstellung, Anlage läuft mit Erdgas.



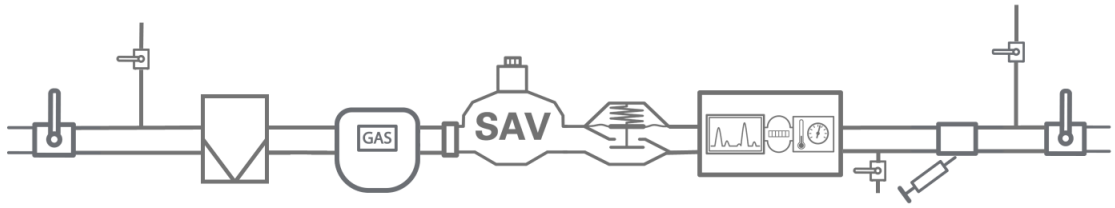
1. Schieber zum vor- und nachgelagerten Netz schließen. Odorierung abschalten.



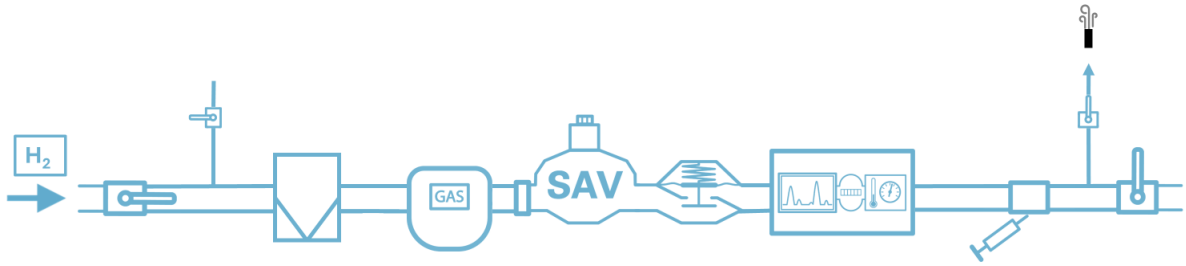
2. Anlage drucklos machen: Erdgas an hinterem Schieber abfackeln.



3. Inertisierung: Stickstoff am vorderen Schieber initiieren. Austretendes Erdgas am hinteren Schieber abfackeln.



4. Erfolgreiche Inertisierung feststellen, Schieber schließen und Anlage freigeben zur Wasserstoff Befüllung.



5. Anlage aus vorgelagertem Netz mit Wasserstoff befüllen. Stickstoff am hinteren Schieber ausblasen.



6. Anlage ist vollständig mit Wasserstoff befüllt. Odorierung wieder zugeschaltet. Absperrorgane zu nachgelagertem Netz geöffnet.

5.3 Umstellung Gasinstallation und Kundenanlage

Die beispielhafte Kundenumstellung erfolgt entsprechend dem in Kapitel 4.2.7 beschriebenen Prozess. Voraussetzung ist, dass die Kundenanlage einschließlich Gasströmungswächter und Gasgerät zum Umstellungszeitpunkt für den Wasserstoffbetrieb vorbereitet beziehungsweise H_2-ready ist. Betrachtet wird ein Gashausanschluss mit innenliegendem Gasströmungswächter und Hausdruckregler.

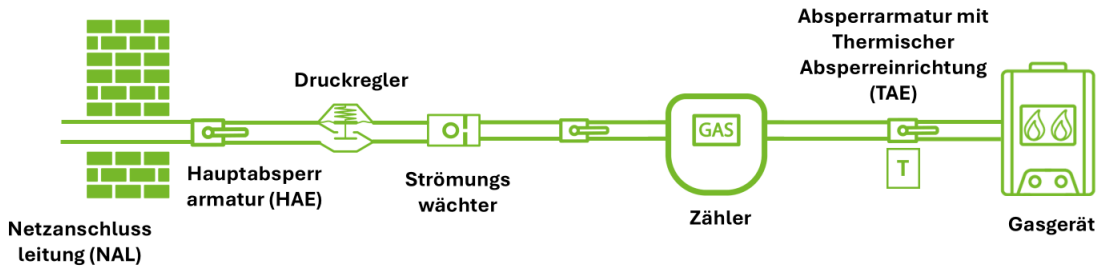


Abbildung 5-5: Schematische Darstellung der Gasinstallation - Kundenanlage

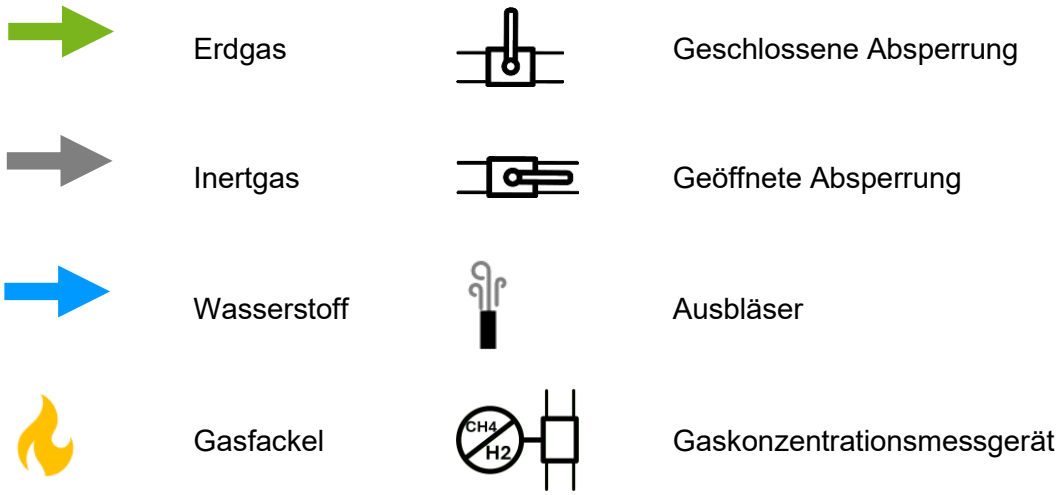
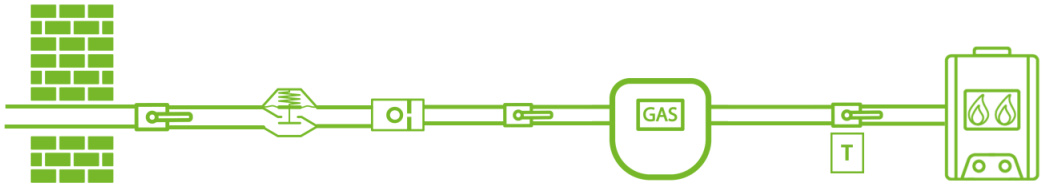
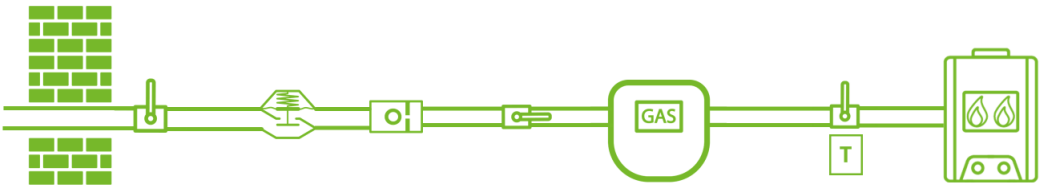


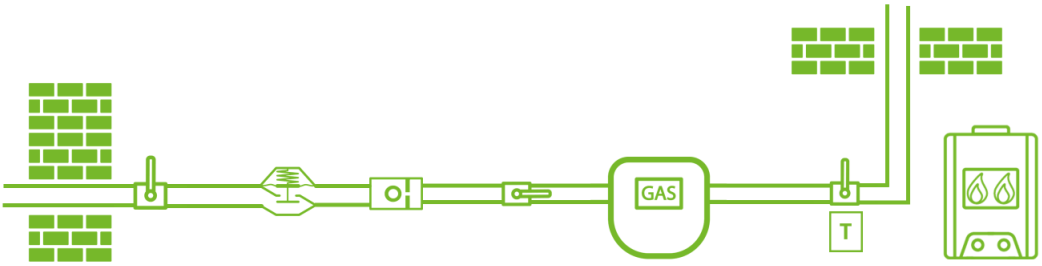
Abbildung 5-6: Legende zu Abbildung 5-5



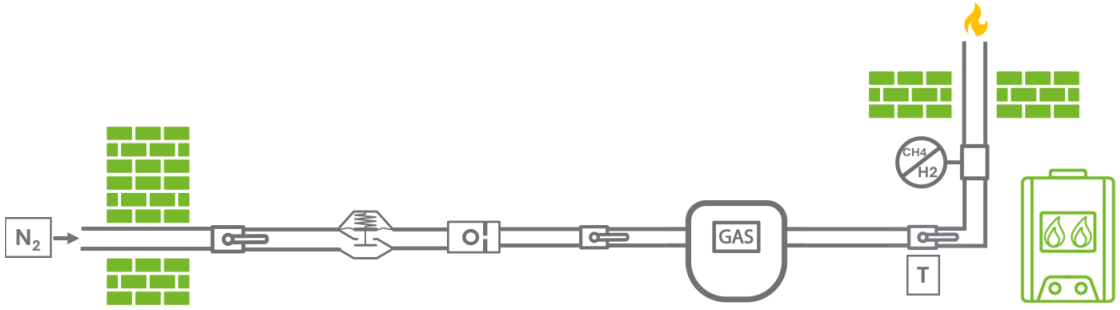
Ausgangssituation für Umstellung: Gasinstallation läuft mit Erdgas.



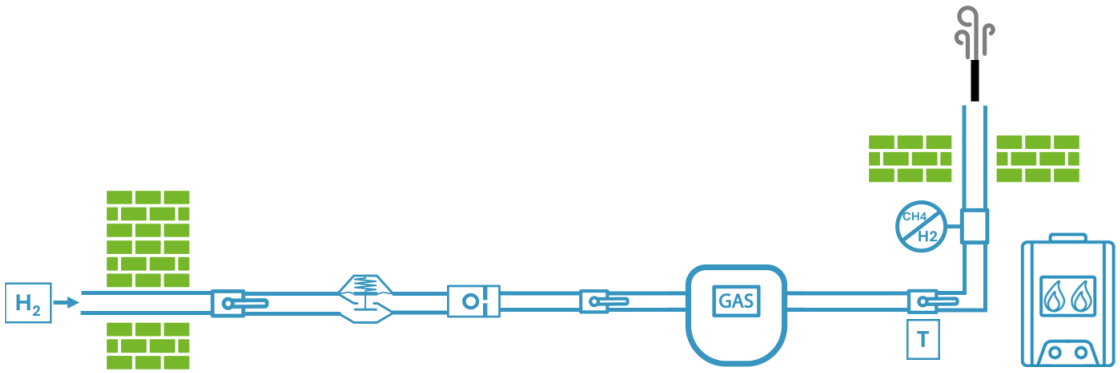
1. Hauptabsperreinrichtung und Absperrung vor dem Gasgerät schließen. Gasgerät außer Betrieb nehmen.



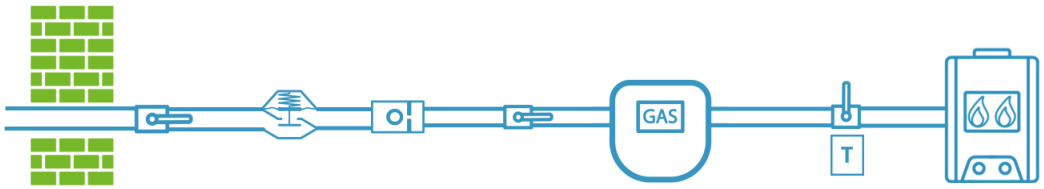
2. Gasgerät für den Spülvorgang vom Leitungssystem trennen. Am offenen Anschluss einen geeigneten Spül-/Ausblaseanschluss anschließen und nach außen führen. Gaskonzentrationsmessgerät anbringen.



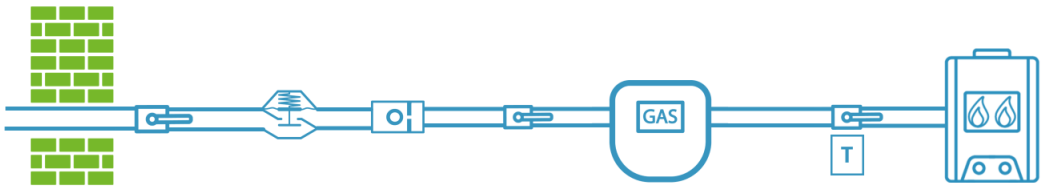
3. An der Netzanschlussleitung liegt Stickstoff an.
4. Hauptabsperreinrichtung öffnen und Gasinstallation über Netzanschlussleitung mit Stickstoff spülen.
5. Gaszusammensetzung am vorgesehenen Messpunkt überwachen und verdrängtes Erdgas sicher abführen (Fackel im Außenbereich).



6. An der Netzanschlussleitung liegt Wasserstoff an.
7. Gasinstallation aus der Netzanschlussleitung mit Wasserstoff beaufschlagen.
8. Stickstoff über den vorgesehenen Gasabführweg ausblasen und die erforderliche Wasserstoffkonzentration am Messpunkt nachweisen. Spülvorgang beenden.



9. Absperrung vor dem Gasgerät schließen.
10. Spülanschluss und Gaskonzentrationsmessgerät zurückbauen. Gasgerät wieder mit der Gasinstallation verbinden.



11. Absperrung vor dem Gasgerät öffnen. Gasgerät gemäß Herstellervorgaben und erforderlichen Prüf- und Freigabeschritten in Betrieb nehmen.

Die Kundenumstellung ist abgeschlossen, wenn die erforderliche Gasbeschaffenheit nachgewiesen, die Leitungsanlage freigegeben und die H_2-Gasanwendung ordnungsgemäß in Betrieb genommen wurde.

5.4 Personalkosten Netzumstellung

Die nachfolgende Kostenberechnung des Beispielnetzes berücksichtigt die tätigkeitsbezogenen Personalkosten, siehe Tabelle 5-1.

Tabelle 5-1: Kostenberechnung für Beispielnetz, Netzbetreiber

Prozessschritt	Anzahl	Kosten einzeln ab ca. [€]	Kosten gesamt ab ca. [€]
Phase 1			
Hydraulische Trennung Umstellbezirk	1	274	274
Phase 2			
Außerbetriebnahme Regelanlage	1	482	482
Umstellung und Wiederinbetriebnahme Regelanlage	1	227	227
Absperrung Leitungsabschnitt A	49	395	19.335
Vorbereitung Stickstoff Spülung und Aufbau Fackel Leitungsabschnitt A	1	320	320
Inertisierung Leitungsabschnitt A	1	460	460
Absperrung Leitungsabschnitte B	23	395	9.085
Vorbereitung Stickstoff Spülung und Aufbau Fackel Leitungsabschnitte B	49	320	15.680
Inertisierung Leitungsabschnitte B	49	460	22.540
Vorbereitung Stickstoff Spülung und Aufbau Fackel Leitungsabschnitte C	23	320	7.360
Inertisierung Leitungsabschnitte C	23	460	10.580
Alle Absperrungen des Leitungsabschnitts schließen	72	395	28.440
Wasserstoffbefüllung Leitungsabschnitt A	1	440	440
Wasserstoffbefüllung Leitungsabschnitte B	49	440	21.560
Wasserstoffbefüllung Leitungsabschnitte C	23	440	10.120
Druckprüfung der Versorgungsleitung	1	473	473
Endkontrolle Leitungsabschnitt	1	182	182
Abschluss des Umstellbezirks	1	197	197
Phase 3			
Dokumentation	1	260	260
Übergabe an Betrieb	1	138	138
Nachkontrolle Netz	1	334	334
Gesamt			**148.507**

Zusätzliche Material-, Geräte-, Stickstoff-, Wasserstoff- und Fremdleistungskosten sowie gegebenenfalls erforderliche bauliche Anpassungen sind nicht enthalten und müssen für eine umfassende Gesamtkostenbetrachtung ergänzend ermittelt werden.

Die Kostenabschätzung basiert auf einer detaillierten, tätigkeitsbezogenen Betrachtung des modellierten Umstellprozesses. Im fachlichen Austausch mit verschiedenen Netzbetreibern wurden insbesondere die hohe Anzahl angesetzter Absperr- und Schalthandlungen sowie die getrennte Durchführung einzelner Spül- und Prüfschritte kritisch bewertet. Es wurde darauf hingewiesen, dass in der betrieblichen Praxis eine Zusammenfassung und Vereinfachung einzelner Tätigkeiten möglich sein könnte. Die berechneten Personalkosten sind daher als modellbasierte Orientierungswerte für den betrachteten Ablauf und nicht als allgemeingültige Kosten einer optimierten Netzumstellung zu verstehen. Durch alternative Spülstrategien, eine angepasste Abschnittsbildung und die Bündelung von Arbeitsschritten besteht ein potenzielles Kostensenkungspotenzial, das im Rahmen der vorliegenden Berechnung nicht quantifiziert wurde.

Die nachfolgende Tabelle 5-2 fasst die Kosten für die Umstellung für den Endverbraucher zusammen.Tabelle 5-2: Kostenberechnung für Endverbraucher / Anschlussnehmer

Tabelle 5-2: Kostenberechnung für Endverbraucher / Anschlussnehmer

Prozessschritt	Kosten [€]
Inertisierung Gasinstallationen	130
Wasserstoffbefüllung Gasinstallation	147
Gebrauchsfähigkeitsprüfung Gasinstallationsleitung	82
Gesamt	**359**

6 Handlungsempfehlungen

Die Detaillierung des Umstellprozesses zeigt, dass die technischen Schritte einer Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff weitgehend beschrieben werden können. Für großflächige Umstellungen besteht jedoch weiterer Optimierungs- und Konkretisierungsbedarf, insbesondere hinsichtlich des operativen Aufwands, der Abschnittsbildung, der Parallelisierung sowie technischer und regelwerksseitiger Anforderungen.

Ein übergeordnetes Optimierungsprinzip besteht darin, alle Maßnahmen, die nicht unmittelbar den Gasartwechsel voraussetzen, möglichst vor dem Umstellungstag durchzuführen. Dazu zählen beispielsweise zusätzliche Absperrarmaturen, Spül- und Messanschlüsse sowie Anpassungen an Regel- und Kundenanlagen. Dadurch lässt sich die Versorgungsunterbrechung auf die unmittelbar erforderlichen Tätigkeiten reduzieren.

Einordnung der Ergebnisse aus dem Praxisdialog

Die entwickelten Prozessabläufe und Kostenansätze wurden im Rahmen eines fachlichen Austauschs mit verschiedenen Netzbetreibern hinsichtlich ihrer praktischen Umsetzbarkeit diskutiert. Dabei zeigte sich, dass die detaillierten Prozessmodelle eine systematische Grundlage für die Planung von Wasserstoffumstellungen darstellen, die tatsächliche Durchführung jedoch stärker an den vorhandenen Netzstrukturen und betrieblichen Randbedingungen ausgerichtet werden muss. Wesentliche Optimierungspotenziale wurden insbesondere bei der Anzahl erforderlicher Absperrstellen, der Abschnittsbildung, der Wahl des Spülverfahrens und der Zusammenfassung einzelner Arbeitsschritte identifiziert. Die Rückmeldungen verdeutlichen, dass die entwickelten Prozess- und Kostenansätze vor einer breiten Anwendung anhand realer Netzstrukturen validiert und weiter optimiert werden sollten.

1. Optimierung des Spül- und Begasungsprozesses

Ein wesentliches Optimierungspotenzial besteht im Spül- und Begasungsprozess (siehe Abbildung 6-1). Im Austausch mit verschiedenen Netzbetreibern wurde die direkte Verdrängung von Erdgas durch Wasserstoff als potenziell wirtschaftlichere Alternative zur indirekten Spülung mit Stickstoff diskutiert. Dadurch könnten insbesondere die Anzahl der erforderlichen Arbeitsschritte sowie der Personal-, Geräte- und Zeitaufwand reduziert werden. Zu untersuchen sind hierbei die Auswirkungen möglicher Rückvermischungen, insbesondere in verzweigten Netzen und Stichleitungen, sowie die erforderlichen Spülgeschwindigkeiten und Konzentrationsnachweise. Die technische und regelwerksseitige Zulässigkeit ist vor einer praktischen Anwendung zu prüfen.

Der zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorliegende Entwurf des DVGW-Arbeitsblatts G 408 sieht bereits beide Umstellvarianten vor: die Umstellung unter Verwendung von Inertgas gemäß Abschnitt 6.2 sowie die Umstellung ohne Verwendung von Inertgas gemäß Abschnitt 6.3. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist dem Entwurf zufolge auf Grundlage einer technischen Bewertung der bestehenden Netztopologie durch einen Sachkundigen vor der Umstellung festzulegen und schriftlich zu dokumentieren. Für die Umstellung ohne Inertgas wird dabei Wasserstoff so lange in das bestehende Erdgasnetz eingeleitet, bis die erforderliche Wasserstoffkonzentration erreicht ist. Das verdrängte Erdgas ist über geeignete Gasfackeln oder Gasverbraucher abzuführen.

Unabhängig vom Spülverfahren besteht Untersuchungsbedarf hinsichtlich erforderlicher Spülgeschwindigkeiten und -volumina sowie belastbarer Abbruch- und Freigabekriterien. Dies gilt insbesondere für verzweigte Netze, Stichleitungen und Toträume. Für jeden Umstellabschnitt sollte daher ein Spülkonzept mit Einspeise-, Ausblase-/Fackel- und Messpunkten erstellt werden. Zudem sind standardisierte Spülanschlüsse für Netzanschluss- und Installationsleitungen erforderlich.

Weiterhin ist das Zusammenspiel zwischen Spülvolumenstrom und vorhandenen Gasströmungswächtern zu untersuchen, um ein unbeabsichtigtes Schließen zu vermeiden. Bei weiterhin erforderlicher Inertisierung sollte geprüft werden, ob dieser Zustand zugleich für Druck- und Dichtheitsprüfungen genutzt werden kann.

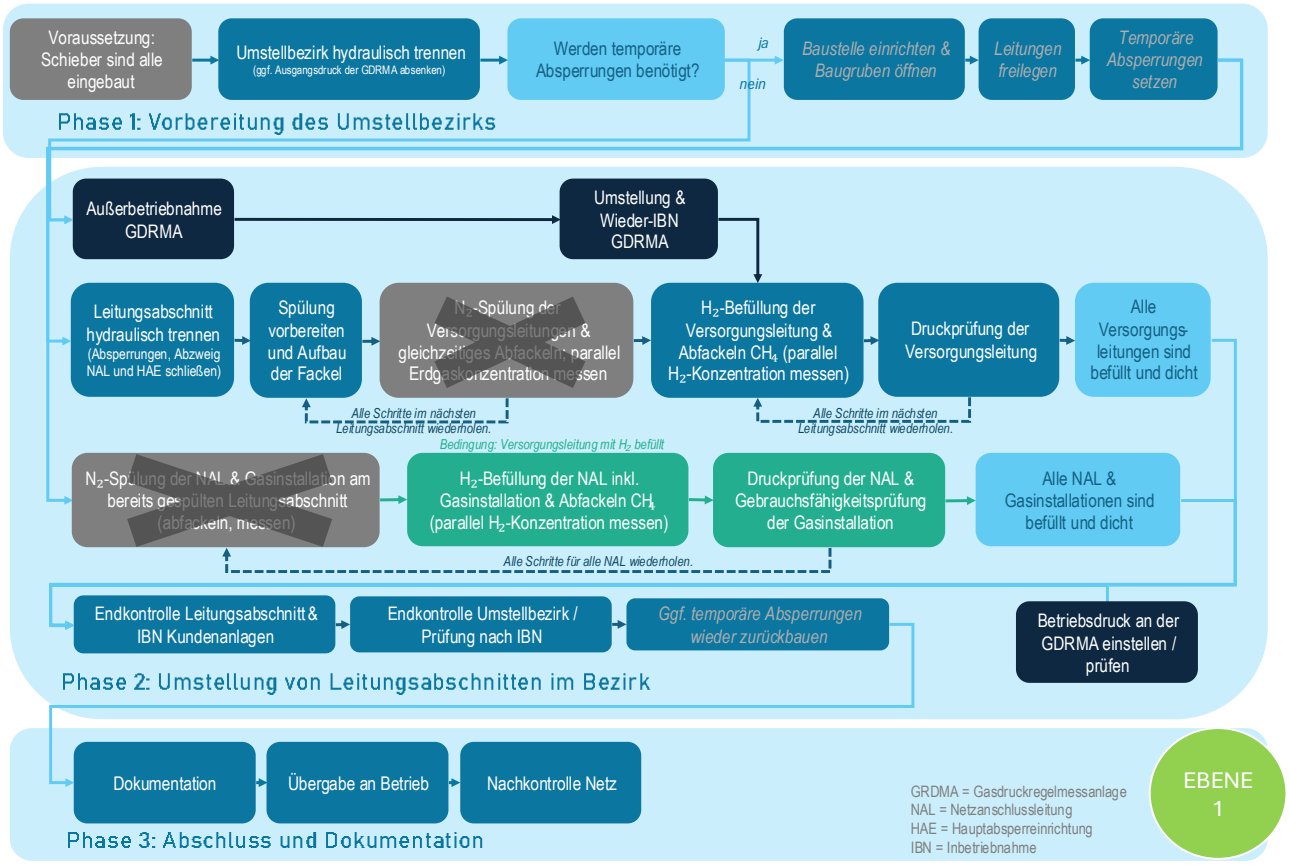


Abbildung 6-1: Optimierter Zielprozess (gestrichene Schritte entfallen) (Quelle: eigene Darstellung DBI)

2. Optimierung der Abschnittsbildung und Netztrennung innerhalb eines Umstellbezirks

Die Größe der Umstellbezirke und Leitungsabschnitte beeinflusst maßgeblich die praktische Umsetzbarkeit. Kleinere Abschnitte erleichtern einzelne Spülvorgänge, erhöhen jedoch die Anzahl der Schalthandlungen und Trennstellen. Größere Abschnitte reduzieren Netzeingriffe, erhöhen aber Leitungsvolumen und Koordinationsbedarf.

Bei der Abschnittsbildung sind daher neben der Netztopologie insbesondere Absperrmöglichkeiten, Spülbarkeit, Kundenanzahl, Personalressourcen und zulässige Versorgungsunterbrechungen zu berücksichtigen. Ziel sind Umstellbezirke, die innerhalb eines organisatorisch beherrschbaren Zeitfensters, beispielsweise ein bis zwei Tagen, umgestellt werden können.

Zusätzliche Absperrstellen sollten möglichst bereits in der Vorbereitung als dauerhafte Armaturen hergestellt werden. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht hinsichtlich der Auswirkungen unterschiedlicher Netztopologien auf Abschnittsbildung, Spülstrategie und Umstelldauer.

3. Personalbedarf, Parallelisierung und kritischer Pfad

Für großflächige Umstellungen ist insbesondere die zeitgleiche Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte entscheidend. Daher sollte für unterschiedliche Bezirksgrößen ermittelt werden, wie viele Netz-, Tiefbau- und Installationsteams parallel verfügbar sind.

Hierzu sind zwingend aufeinanderfolgende Tätigkeiten und der kritische Pfad zu identifizieren sowie Möglichkeiten zur Parallelisierung zu bewerten. Neben der Personalanzahl sind erforderliche Qualifikationen und Verantwortlichkeiten zu berücksichtigen.

Für Umstellungen über mehrere Arbeitstage sind zudem geeignete Schicht-, Übergabe- und Bereitschaftskonzepte erforderlich.

4. Synchronisation von Netz- und Kundenumstellung

Eine besondere Herausforderung ist die zeitliche Abstimmung von Netz-, Netzanschluss- und Kundenumstellung. Für nicht erreichbare oder nicht umstellbare Kunden müssen Verfahren festgelegt werden, insbesondere hinsichtlich der weiteren Netzumstellung bei gesperrten Kundenanlagen.

Zudem sind zulässige Versorgungsunterbrechungen, Ersatzversorgungen und Zwischenzustände zu definieren. H_2-Ready-Geräte und erforderliche Anpassungen sollten möglichst vor dem Umstellungstag installiert werden, sodass vor Ort nur noch unmittelbar mit dem Gasartwechsel verbundene Arbeiten erfolgen.

Voraussetzung ist ein vollständiger Datenbestand zu Gasgeräten, Anschlussleistungen, Zählern, Gasströmungswächtern und weiteren Komponenten. Insbesondere deren H_2-Eignung und Dimensionierung unter veränderten Volumenströmen sind zu prüfen.

5. Optimierung der Prüf- und Nachkontrollstrategie

Für großflächige Umstellungen ist ein skalierbares, auf die jeweiligen Maßnahmen abgestimmtes Prüfkonzept erforderlich. Nicht jeder Leitungsabschnitt benötigt denselben Prüfumfang.

Es sollte festgelegt werden, welche Prüfungen bereits vor der Umstellung, unmittelbar beim Gasartwechsel oder im Rahmen der Nachkontrolle durchgeführt werden können. Vorhandene Prüfergebnisse sollten bei ausreichender Aktualität und Dokumentationsqualität berücksichtigt werden.

Die Verlagerung geeigneter Kontrollen in die Nachbetriebsphase kann den Umstellungstag entlasten. Die vorgesehene Nachkontrolle mit intensivierter Netzüberwachung sowie zusätzlichen Leitungs- und Odorierungskontrollen bietet hierfür einen Ansatz.

6. Validierung der Aufwands-, Personal- und Zeitansätze

Die entwickelten Zeit- und Personalansätze sollten anhand realer oder realitätsnaher Umstellungen überprüft werden. Hierzu sind Personalstärken, Arbeits- und Wartezeiten, Gerätebelegung, N_2- und H_2-Verbrauch sowie Tiefbauaufwände systematisch zu erfassen.

Daraus können belastbare Referenzwerte abgeleitet werden, differenziert nach Druckstufe, Leitungsvolumen, Netztopologie, Netzanschlussanzahl und verfügbaren Arbeitskolonnen.

Besonders wichtig ist die Validierung im größeren Maßstab, da Ergebnisse kleiner Pilotgebiete nicht unmittelbar auf vollständige Ortsnetze übertragbar sind. Zukünftige Demonstrationsvorhaben sollten daher gezielt zur Erfassung von Aufwand, Dauer und Kosten sowie zur Weiterentwicklung des Prozessmodells genutzt werden.

7. Weiterentwicklung des Regelwerks

Aus den identifizierten Optimierungsbedarfen ergeben sich Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung des technischen Regelwerks. Dies betrifft insbesondere die direkte Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff ohne Inertisierung, die Konkretisierung von Spülgeschwindigkeiten, Spülvolumina und Abbruchkriterien sowie den Umgang mit verzweigten Netzen und Totleitungen. Viele dieser Aspekte werden bereits im zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorliegenden Entwurf zur Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblatts G 408 aufgegriffen.

Weitere Anforderungen betreffen Gasströmungswächter, standardisierte Spül-, Mess- und Ausblaseanschlüsse, temporäre Absperrverfahren sowie die Abgrenzung von Dichtheitskontrollen, Druckprüfungen und Nachkontrollen.

Zudem sind Qualifikationen, Rollen und Verantwortlichkeiten für großflächige H_2-Umstellungen weiter zu konkretisieren. Der entwickelte Prozessablauf bietet hierfür eine Grundlage, indem er die regelwerksseitigen Anforderungen den operativen Tätigkeiten zuordnet.

7 Literatur

[1] J. Hüttenrauch *et al.,* "H2-Umstellmanagement für Gasverteilnetze (H2Umstell): DVGW-Projekt G 202312," Aug. 2025. Zugriff am: 8. Oktober 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202312-h2umstell-abschlussbericht.pdf

[2] *DVGW GW 129: Sicherheit bei Bauarbeiten im Bereich von Versorgungs- leitungen – Schulungsplan für Ausführende, Aufsichts-führende und Planer*, GW 129, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Sep. 2006.

[3] *DGUV Information 203-090: Arbeiten an in Betrieb befindlichen Gasleitungen - -Handlungshilfe zur Erstellung der -Gefährdungsbeurteilung“*, 203-090, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin, Jul. 2024.

[4] *DVGW G 407 (M): Umstellung von Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff*, G 407 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Aug. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-407/bc21e0

[5] *DVGW G 408 (M): Umstellung von Gasleitungen aus Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff*, G 408 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Aug. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-408/7138dc

[6] *DVGW G 221 (M): Leitfaden zur Anwendung des DVGW-Regelwerks auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff*, G 221 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Dez. 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-221/7464d0

[7] *DVGW G 491 (A): Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar*, G 491 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jul. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-491/e777e1

[8] *DVGW G 495 (A) Entwurf: Gasanlagen – Betrieb und Instandhaltung*, G 495 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Mai. 2026. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-495-entwurf/b2c751

[9] *DVGW G 465-2 (A): Gasleitungen für einen Auslegungsdruck bis einschließlich 16 bar; Instandsetzung; In- und Außerbetriebnahme*, G 465-2 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jan. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-465-2/413c36

[10] *DVGW GW 315 (A): Maßnahmen zum Schutz von Versorgungsanlagen bei Bauarbeiten*, GW 315 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jan. 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-gw-315/d6dbca

[11] *DVGW GW 350 (A): Schweißverbindungen an Rohrleitungen aus Stahl in der Gas- und Wasserversorgung; Herstellung, Prüfung und Bewertung*, GW 350 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Nov. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-gw-350/19b722

[12] *DVGW GW 381 (A): Bauunternehmen im Leitungstiefbau – Mindestanforderungen (identisch mit AGFW FW 600 und VDE-AR-N 4220)*, GW 381 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Mai. 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-gw-381/611b6c

[13] *DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten*, DIN 4124, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Jan. 2012. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-

regelwerk.de/technische-regel/gas-und-wasserfachliche-norm-din-4124/b2a643

[14] *DVGW G 462 (A): Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck; Errichtung*, G 462 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Mrz. 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-462/5398b6

[15] *DVGW G 463 (A): Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Planung und Errichtung*, G 463 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jun. 2026. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-463/27a0fc

[16] *DVGW G 452-1 (A): Anbohren und Absperren; Teil 1: Anbohren und Absperren von Gasleitungen aus Stahlrohren*, G 452-1 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-452-1/8576c5

[17] *DVGW G 452-2 (A): Anbohren und Absperren; Teil 2: Abquetschen von Kunststoffrohrleitungen für Gas mit Drücken bis 5 bar und Außendurchmesser bis 315 mm*, G 452-2 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Aug. 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-452-2/ae844c

[18] *DVGW G 466-1 (A): Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck*, G 466-1 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Dez. 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-466-1/d46f52

[19] *DVGW G 466-3 (A): Gasleitungen aus PVC; Instandsetzung und notwendige Erweiterungen*, G 466-3 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Aug. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-466-3/521ca6

[20] *DVGW G 5620-1 (P): Blasensetzgeräte für maximale Betriebsdrücke bis 1 bar für die Gasverteilung*, G 5620-1 (P), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/pruefgrundlage-g-5620-1/b2438b

[21] *DVGW G 5621-1 (P): Absperrblasen für Blasensetzgeräte bis 1 bar; Teil 1: Dünnwandige, aufblasbare Gummiblase mit Gewebehülle; Typ A*, G 5621-1 (P), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/pruefgrundlage-g-5621-1/65b8af

[22] *DVGW G 5621-2 (P): Absperrblasen für Blasensetzgeräte bis 1 bar; Teil 2: Dickwandige, aufblasbare Blase mit Verstärkung; Typ B*, G 5621-2 (P), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/pruefgrundlage-g-5621-2/195a54

[23] *DVGW G 404 (A): Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methan- und Wasserstoffemissionen in der Gasinfrastruktur*, G 404, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jul. 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-404/1fc3fe

[24] *DVGW G 440 (M): Explosionsschutzdokument für Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas und Wasserstoff*, G 440 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-440/e8be5b

[25] *DVGW G 469 B1 (A): 1. Beiblatt zum DVGW-Arbeitsblatt G 469:2019-07: Druckprüfverfahren Gastransport/Gasverteilung*, G 469-B1 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jul. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-469-b1/bfbb61

[26] *DVGW G 493-1 (A): Qualifikationskriterien für Planer und Hersteller von Gasanlagen*, G 493-1 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Apr. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-493-1/db7e88

[27] *DVGW G 498 (A): Druckbehälter in Rohrleitungen und Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas und Wasserstoff*, G 498 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jan. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-498/39d722

[28] *DIN EN 12327 Gasinfrastruktur: Druckprüfung, In- und Außerbetriebnahme – Funktionale Anforderungen*, DIN EN 12327:2012-10, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Okt. 2012. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/gasfachliche-norm-din-en-12327/41b37e

[29] Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union, *Verordnung (EU) 2024/1787 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über die Verringerung der Methanemissionen im Energiesektor und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/942Text von Bedeutung für den EWR.: (EU) VO 2019/942*, 2024. Zugriff am: 15. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401787

[30] *DVGW G 280 (A): Gasodorierung*, G 280 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Aug. 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-280/c8456d

[31] *DVGW Info Gas Nr. 25: Odorierung von Wasserstoff und wasserstoffreichen Gasen*, GAS Nr. 25, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Auf 2021.

[32] *Gasinfrastruktur - Druckprüfung, In- und Außerbetriebnahme - Funktionale Anforderungen*, DIN EN 12327:2012-10, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Okt. 2012.

[33] *DVGW G 600 (A): Technische Regel für Gasinstallationen (DVGW-TRGI)*, G 600 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Sep. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-600/d8910c

[34] *DVGW G 655 (M): Leitfaden H2-Ready Gasanwendung*, G 655 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jan. 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/merkblatt-g-655/476f72

[35] *DVGW G 680 (A): Erhebung, Umstellung und Anpassung von Gasgeräten*, G 680 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Mrz. 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-680/50b652

[36] *DVGW G 465-4 (M): Gerätetechnik für die Überprüfung von Gasleitungen und Gasanlagen*, G 465-4 (M), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Mai. 2019.

[37] *DVGW G 465-1 (A): Überprüfung von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck ≤ 16 bar*, G 465-1 (A), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Bonn, Jun. 2026. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw-regelwerk.de/technische-regel/arbeitsblatt-g-465-1/2e0ea3

Unabhängige Unternehmensgruppe des DVGW

DBI Gruppe

www.dbi-gruppe.de

QR-Code scannen, um mehr über uns zu erfahren.

›› www.dbi-gruppe.de