

Gasdruckregel- und Messanlagen (GDRMA) für Erdgas und / oder Wasserstoff

Erste Betriebserfahrungen sowie zusätzliche Anforderungen zur Planung, Errichtung und Betrieb gemäß DVGW Arbeitsblatt G 491 (Ausgabe 2020).



Jens Möbius
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Anlagensicherheit IS-AN1-LEI
Tel.: +49 160 9349 1720
e-Mail: jens.moebius@tuvsud.com

Anwendungsbereich DVGW Arbeitsblatt G 491

- Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb bis hin zur Stilllegung und Entsorgung von Gas-Druckregelanlagen für einen Auslegungsdruck bis 100 bar
- Gas-Druckregelanlagen in Gastransport- und Verteilungssystemen, sowie Anlagen zur Versorgung des Gewerbes, der Industrie oder vergleichbarer Einrichtungen
- Gas-Druckregelung zur Eigenversorgung von betriebsnotwendigen Heizanlagen als Teil der Gas-Druckregelanlage
- für kombinierte Gas-Druckregel- und Messanlagen zusätzlich DVGW-Arbeitsblatt G 492 beachten



Inhalt des Vortrags

- Zum Zeitpunkt der Planungen für die GDRMA im „Wasserstoff-Dorf Chemiepark Bitterfeld Wolfen“ lag das heute gültige DVGW Arbeitsblatt G 491 – Ausgabe 2020 nur im Entwurf vor.
- Die Anlagenplanung stellte alle Beteiligten aufgrund damals noch nicht vorhandener Regelwerksvorgaben vor große Herausforderungen.
- Der Vortrag stellt die heute gültigen allgemeinen Vorgaben der G 491 vor, zeigt beispielhaft die praktische Umsetzung in der H₂-Versuchsanlage und gibt Hinweise für die zukünftige Planung und den Betrieb von Anlagen mit H₂-haltigen Brenngasen.



Anwendungsbereich DVGW Arbeitsblatt G 491

- Die Neuausgabe des DVGW-Arbeitsblattes G 491 gilt nicht für bestehende Anlagen, die vor der Veröffentlichung in Betrieb genommen worden sind.

Aber:



- Bei neuen Erkenntnissen im Betrieb oder Änderungen der technischen Regelwerke ist vom Betreiber das Sicherheitsrisiko neu zu bewerten.
- Ist das Risiko erhöht und inakzeptabel, sind Maßnahmen zur Anpassung an den Stand der Technik zu ergreifen.
- Bei wesentlichen Änderungen sind die Anforderungen des aktuellen Arbeitsblattes zu erfüllen.

Anwendungsbereich DVGW Arbeitsblatt G 491

Wesentliche Änderungen sind ...

... Anpassungen, die das Sicherheitskonzept der Anlage berühren, z. Bsp.:

- ✓ **Änderung der Druckabsicherung und Druckfestigkeitsbereiche,**
- ✓ **Änderung des Aufstellungsortes** sowie der **Aufstell- und Umgebungsbedingungen** mit Auswirkungen auf das Sicherheitskonzept,
- ✓ **Wasserstoffeinspeisung** in eine bestehende Anlage,
- ✓ **Änderung der Gasbeschaffenheit**, wie z. B. **wasserstoffreiche Brenngase**. Hierbei hat der Betreiber im Rahmen einer **erneuten umfassenden Gefährdungsbeurteilung** zu bewerten, ob eine wesentliche Änderung vorliegt.



Beispiel „Wasserstoff-Dorf Chemiepark Bitterfeld Wolfen“

Tabellarische Bewertung zur Eignung der Komponenten ...

Pos.	Bett.	Komponente	DVGW-Zulassung		Nachweis der Eignung für H ₂		erforderlich	Bemerkung
			ja	nein	ja	nein		
5	1.0	Komponente	x		x		x	APZ 3.1
6	1.1	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
7	1.2	Komponente	x		x		x	ATEX
8	1.3	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
9	1.4	Komponente	x		x			TA-Luft Ausführung
10	1.5	Komponente	x		x			CE für Gase nach G 260
11		Komponente						
12	1.6.0	Komponente	x		x		x	2.3 keine Medienangaben
13	1.6.1	Komponente	x		x		x	für Combi / Petrolchemie
14	1.6.2	Komponente	x		x		x	ATEX
15	1.6.3	Komponente	x		x		x	APZ 3.1
16	1.6.4	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
17	1.6.5	Komponente	x		x			
18	1.6.6	Komponente	x		x			
19	1.6.7	Komponente	x		x			
20	1.6.8	Komponente	x		x			
21	1.6.9	Komponente	x		x			APZ 2.2
22		Komponente						Stark nach G 260 / Sonderprüfung Metall
23	2.1	Komponente	x		x			CE-Druckgerät
24	2.2	Komponente	x		x			
25	2.3	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
26		Komponente						
27	2.4.0	Komponente	x		x		x	2.3 keine Medienangaben
28	2.4.1	Komponente	x		x		x	für Combi / Petrolchemie
29	2.4.2	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
30	2.4.3	Komponente	x		x			
31	2.4.4	Komponente	x		x			
32	2.4.5	Komponente	x		x			
33	2.4.6	Komponente	x		x			
34	2.4.7	Komponente	x		x		x	ATEX
35		Komponente						APZ 3.1
36	3.1	Komponente	x		x			
37	3.2	Komponente	x		x			Baumusterprüfung
38	3.3	Komponente	x		x			Druckgeräte / VdV TÜV 500
39		Komponente						



Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Bei der Neuplanung oder Änderung von GDRMA für H₂-reiche Brenngase ist ...

- ✓ insbesondere der **Anhang O** des aktuellen DVGW-Arbeitsblatt **G 491** zu berücksichtigen,
- ✓ die **Eignung aller Komponenten und Bauteile** durch eine **geeignete Herstellererklärung** für H₂ bzw. H₂-reiche Brenngase nachzuweisen,
- ✓ durch den **Betreiber die Eignung von Komponenten** mit fehlender Herstellererklärung im Rahmen einer umfassenden **dokumentierten Gefährdungsbeurteilung selbst festzustellen**,
- ✓ darauf zu achten, dass eine **Auslegung von Komponenten für Erdgas** und anschließende **Nutzung für H₂ bzw. H₂-reiche Brenngase unzulässig** ist.



Beispiel „Wasserstoff-Dorf Chemiepark Bitterfeld Wolfen“

... und daraus resultierende Festlegungen in der HAZOP:

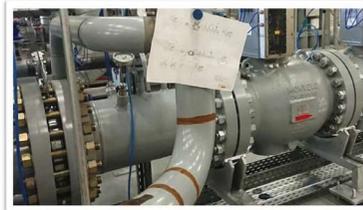
- ✓ **natürliche Lüftung** für das Gebäude,
- ✓ separate **Außenaufstellung der Odorierungsanlage mit primären Ex-Schutzmaßnahmen** aufgrund fehlender ATEX-Zulassung für das Dosiersystem inkl. N₂-Spülung, Dosierüberwachung und Integration in das **SIL2 Not-Aus-System** der Gesamtanlage,
- ✓ Ausführung **elektr. Komponenten in ATEX Explosionsgruppe IIC**,
- ✓ **H₂-Gaswarnanlage** mit Weiterleitung zur Leitwarte **sowie Not-Abschaltung** der Anlage bei Überschreitung festgelegter Grenzwerte,
- ✓ **regelmäßiges Abspüren** der Anlage und weitere Tätigkeiten.



Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Gasdichtheit der Anlage:

- Der **Betreiber hat geeignete Maßnahmen festzulegen**, damit die **technische Dichtheit** der Anlage **sichergestellt ist**.
 - ✓ Zu diesen Maßnahmen zählen u.a. **Instandhaltungsmaßnahmen** gem. **DVGW-Arbeitsblatt G 495**, insbesondere aber **regelmäßige Kontrollen und Prüfungen der Dichtheit**.
 - ✓ Für **Flanschverbindungen in Gasanlagen** muss die **DVGW-Information GAS Nr. 19 berücksichtigt werden**.
 - ✓ Ein **rechnerischer Nachweis** gem. **DIN EN 1591** aller neuen Flanschverbindungen **wurde eingeführt!**



Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Inhalte der DVGW-Information GAS Nr. 19 – Ausgabe Oktober 2019

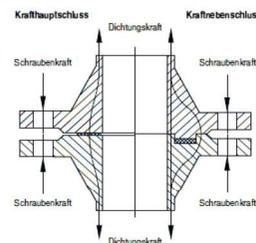
- Für Flanschverbindungen im Bestand ist der **Betreiber für die Ermittlung und Bereitstellung der Anzugsmomente verantwortlich**.
- **Werden ältere Flanschverbindungen** im Rahmen von Wartungs- oder Reparaturmaßnahmen **geöffnet, muss die Neumontage dem Stand der Technik entsprechen**.
 - ✓ Die **Vorgaben** der neuen **TA Luft** bzw. der **DVGW-Information GAS Nr. 19** sind **einzuhalten**.
 - ✓ Die „alten“ **Flanschverbindungen** sind mit den Ergebnissen der rechnerischen Nachweise gem. **DIN EN 1591** zu **montieren** und zu **dokumentieren**.



Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Inhalte der DVGW-Information GAS Nr. 19 – Ausgabe Oktober 2019

- Auslegung von Flanschverbindungen gem. **AD 2000** oder **ASME** berücksichtigt **nur die Festigkeit der Schrauben und Flansche** ohne Dichtheitsnachweis.
- Die **Berechnung von Flanschverbindungen gem. DIN EN 1591-1** zum Nachweis der Festigkeit und Dichtheit ist **Stand der Technik**.
 - ✓ Ein **rechnerischer Nachweis** gem. **DIN EN 1591-1** ist **für alle üblichen Dichtungsarten** durchzuführen!
 - ✓ Lediglich bei **Stahl-Dichtungen mit Elastomer-Dichtelement im Kraftnebenschluss** kann der rechnerische **Nachweis entfallen**.



Typische Defizite an Flanschverbindungen

Hinweise zur Auslegung von Flanschverbindungen:

- Die **Auswahl geeigneter Flansche, Dichtungen** und **zugehöriger Verbindungsmittel** sowie die **fachgerechte Montage** haben einen **erheblichen Einfluss** auf die spätere **Dichtheit des Anlagensystems**.
 - ✓ Die nun festgelegte **maximale Leckagerate von 0,01 mg/(s*m)** kann **nicht von allen** bisher „üblichen“ **Flansch-Dichtungs-Schrauben-Kombinationen sicher erreicht werden**.
 - ✓ Beispielsweise erfüllen bereits typische **DIN/EN-Vorschweißflansche DN100 PN16** in Kombination mit bestimmten **IBC-Flachdichtungen** und **5.6-er Verbindungsmittel** nicht mehr die geforderte Leckagerate!
 - ✓ Die **Eignung von Apparate- und Armaturenflanschen** für die oft höheren Montage-Drehmomente **muss separat geprüft werden**.



Typische Defizite an Flanschverbindungen

Hinweise zur Auslegung von Flanschverbindungen:



Einsatz in Flanschen nach	Typ / Norm		Gewinde	Werkstoff ^a		Temperatur-einsatz-grenzen °C
	Schraube	Mutter		Schraube	Mutter	
DIN EN 1092-1	Kopfschraube DIN EN ISO 4014 oder DIN EN ISO 4017	Sechskantmutter DIN EN ISO 4032	metrisches Gewinde DIN 13-1	5,6 ^{b,c}	5-2 ^{b,c}	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Die DIN 30690-1 regelt zulässige Werkstoffe für Flanschverbindungsmitel. ✓ 8.8er Schrauben sind bereits seit 2016 im Geltungsbereich DIN 30690-1 unzulässig! ✓ Schrauben aus 25CrMo4, 42CrMo4 sowie ASTM A193 B7 erfordern generell eine Attestierung mit APZ-3.2.
				Gewindebolzen DIN 976		
DIN EN 1759-1 ASME B 16.5	Gewindebolzen Stud-Bolt	Heavy Hex Nut ASME B 18.2.2	Zollgewinde ASME B 1.1	ASTM A193 Gr. B7	ASTM A194 Gr. 2H	
				42CrMo4 1.7225 ^c	42CrMo4 1.7225 ^c	

Auszug DIN 30690-1 - 2019-05

Typische Defizite an Flanschverbindungen

Hinweise zur Auslegung von Flanschverbindungen:



▪ Gummi-Stahl-Dichtungen im Krafthauptschluss

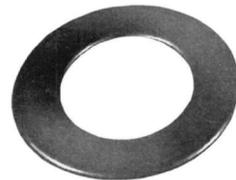
- ✓ Bei Nutzung für Erdgas oder Wasserstoff bzw. H₂-reiche Brenngase unter höheren Drücken sollte immer auch die Thematik der **Explosiven Dekompression (ED)** genau bewertet werden.
- ✓ Ein **rechnerischer Nachweis** gem. **DIN EN 1591** ist „umstritten“ und **nur schwierig möglich**, da die verpressten Bereiche vom inneren Aufbau der Dichtung abhängen und diese **herstellerspezifischen Konstruktionsdetails** meist **nicht vorliegen**.



Typische Defizite an Flanschverbindungen

Hinweise zur Auslegung von Flanschverbindungen:

▪ Gummi-Stahl-Dichtungen im Krafthauptschluss



Der Einsatz von Gummidichtungen mit metallischer Einlage für Auslegungsdrücke DP über 10 bar bis 40 bar ist zulässig bei erfolgtem Nachweis über das Kriechverhalten, die Ausblassicherheit, die Maximal- und Mindestflächenpressung sowie das Alterungsverhalten nach DIN 28090-2/DIN EN 13555.

Auszug DIN 30690-1 - 2019-05



- ✓ Der Einsatz der „beliebten“ Dichtungen ist **nur mit einem Nachweis über das Kriechverhalten**, die **Ausblassicherheit**, der Maximal- und Mindestflächenpressung sowie zum **Alterungsverhalten** zulässig.
- ✓ Insbesondere die **Alterungsbeständigkeit** und die **Ausblassicherheit im Brandfall** sollten **kritisch** hinterfragt werden.

Typische Defizite an Flanschverbindungen

Hinweise zur Auslegung von Flanschverbindungen:

- Unwissenheit, **Kostendruck** und **Planungsfehler** sowie unzureichend geschultes Montagepersonal **führen** immer wieder zu **mangelhaften Schraubverbindungen** mit **unzulässigen** bzw. **unzureichend attestierten Schraubenwerkstoffen** oder zu **kurzen Gewinden**.



- ✓ Die **Beurteilung der Werkstoffe inkl. Attestierung und Einschraubtiefen** muss im Rahmen einer Begutachtung durch den Sachkundigen / Sachverständigen erfolgen.
- ✓ **Überstand des Gewindes mindestens ein voller Gewindegang** aus der Mutter.
- ✓ Ausreichend **Schmierfett zur Montage** verwenden!

Beispiel „Wasserstoff-Dorf Chemiepark Bitterfeld Wolfen“

- Im Rahmen der Projektbegleitung durch den TÜV SÜD wurden vorrangig **Kammprofildichtungen aus austenitischen Werkstoffen mit beidseitiger Grafit-Auflage** an den Flanschverbindungen eingesetzt.
- Bei simulierten Instandhaltungs- und Reparaturmaßnahmen wurde auch die **Eignung von Gummi-Stahl-Dichtungen mit Dichtelement im Kraftnebenschluss (KNS-Dichtungen) erfolgreich getestet**.
- Weitere Tests mit alternativen „günstigeren“ Dichtungstypen werden vom Betreiber in Eigenregie fortgeführt.



Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Elektrische Einrichtungen und Informationstechnik:

- EMSR-Lösungen auf Basis **sicherheitsgerichteter Steuerungen** müssen im Fehlerfall die **Anlage in einen technisch sicheren Zustand überführen**.
 - Die **Integrität und Manipulationsfreiheit sicherheitsrelevanter Daten und Steuersignale** muss mit geeigneten technischen Hilfsmitteln **gewährleistet** und ein **unberechtigter Zugriff auf die Schutzsysteme unterbunden** werden.



- Eine **stete Neubewertung** der installierten EMSR-Schutzeinrichtungen ist durch die sich **allzeit ändernde Sicherheitslage der IT-Infrastruktur** oder **auch bei Softwareänderungen erforderlich**. → Erheblicher Aufwand!

Konkretisierte Vorgaben DVGW Arbeitsblatt G 491 - Ausgabe 2020

Leitungen zur Atmosphäre:

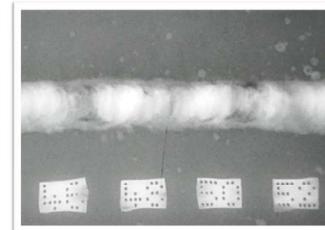
- Abblase- und Entspannungsleitungen dürfen nicht mit Atmungsleitungen in eine Sammelleitung zusammengeführt werden.
- Der Anschluss von Leitungen aus Bereichen mit unterschiedlichem maximal zulässigen Betriebsdruck (MOP) an Sammelleitungen ist nicht mehr zulässig.**



Weitere Hinweise zur Planung bzw. Neubewertung von H₂-Anlagen

Bewertung der Schweißnaht-Qualitäten

- Insbesondere der **Umstieg auf Wasserstoff und H₂-reiche Brenngase** führt zu **höheren Anforderungen an die Schweißnaht-Qualität**, denn **Wasserstoff schädigt** vorrangig zuerst **an Fehlstellen mit erhöhten Spannungen** im Anlagensystem.



- Im Rahmen der **Neuplanung** ist eine **Erhöhung der zFP-Prüfmänge** mit besseren Prüftechniken **empfehlenswert**.
- Bei der **Neubewertung vorhandener Anlagen** zur Nutzung mit H₂-reichen Gasen **sollte der Ist-Stand** nochmals **stichprobenartig neu bewertet** werden.
- Aufgrund der **besseren Auffindbarkeit von Bindefehlern** ist die **Ultraschallprüfung** zu bevorzugen.

Weitere Hinweise zur Planung bzw. Neubewertung von H₂-Anlagen

Bewertung der Schweißnaht-Qualitäten – Nutzung Ultraschall-Technik PAUT



Quelle: Imq GmbH Crimmitschau

- ✓ Die halb- und vollautomatisierte **Phased-Array-Prüftechnik (PAUT)** ist gem. ISO 20601 für **Wanddicken von 3,2 mm bis 8,0 mm** an ferritischen Werkstoffen **zugelassen**.



Quelle: Imq GmbH Crimmitschau



Quelle: Imq GmbH Crimmitschau

- ✓ **PAUT ermöglicht ein effizientes Prüfen an dünnwandigen Rohren** mit sichererem Auffinden von kritischen Ungängen und kann auch an vorhandenen Anlagen genutzt werden.

Fazit und Zusammenfassung

Der **Umstieg auf Wasserstoff und H₂-reiche Brenngase** sowie die damit verbundenen zukünftigen Anpassungen aller Druckgeräte- und DVGW-Regelwerke **werden auch die Vorgaben für Planer, Hersteller, Betreiber sowie Sachkundige und Sachverständige deutlich erweitern.**

Diskussionen über notwendige Änderungen der Regelwerke sind nicht mit „lauter Stimme“ zu führen.

Einzig ein gezielter Blick aller Beteiligten auf die zukünftigen Herausforderungen für einen sicheren Betrieb der Gas-Infrastruktur mit Wasserstoff werden erfolgreich sein.

Fazit und Zusammenfassung

Der **Umstieg auf Wasserstoff und H₂-reiche Brenngase** erfordert eine **umfassende Planung und Prüfung** nicht nur im Bereich der GDRMA, sondern **an der gesamten vorhandenen und neu zu errichtenden Gas-Infrastruktur!**



Falsche Materialwahl, **Planungsfehler** oder auch **Fehler bei der Montage und dem Betrieb** können **erhebliche Schäden in der Umwelt und der Wirtschaft verursachen**, den guten Ruf eines Unternehmens schädigen und im schlimmsten Fall sogar **Menschenleben kosten**.

Im Rahmen des Pilotprojekts „Wasserstoff-Dorf Chemiepark Bitterfeld Wolfen“ konnte die **Eignung vieler Komponenten für den H₂-Umstieg bisher bestätigt werden.**

Gasdruckregel- und Messanlagen (GDRMA)
für Erdgas und / oder Wasserstoff



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Jens Möbius
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Abteilung Anlagensicherheit IS-AN1-LEI
Tel.: +49 160 9349 1720
e-Mail: jens.moebius@tuvsud.com