

www.dvgw-innovation.de

Wasserstoff Lunch & Learn DVGW-Forschungsprojekt G 202333

BAG464

Begrenzung des Anwendungsbereiches für
bruchmechanische Bewertungen von Gasleitungen nach
DVGW G 464

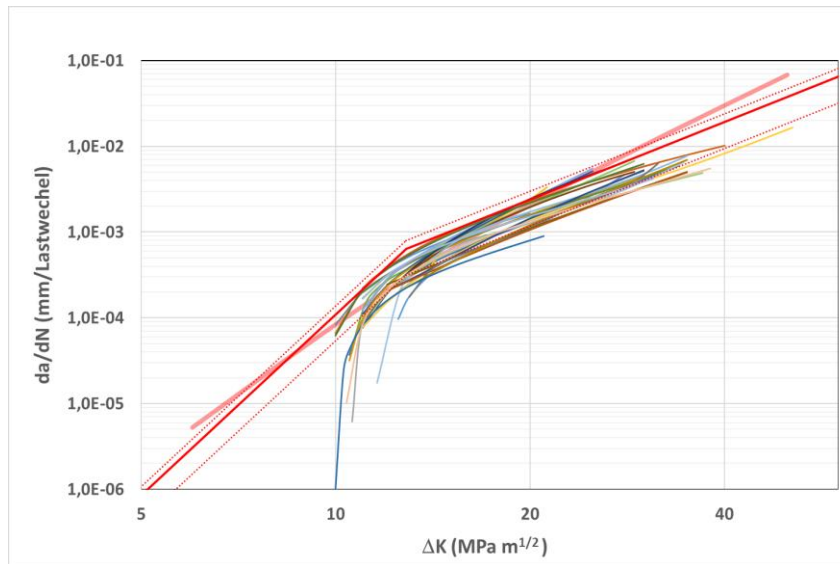
Hintergrund / SyWeSt H2

➔ Forschungsprojekt SyWeSt H2

➔ > 200 Prüfungen und Bestätigung der H2-Tauglichkeit von deutschen Stählen

Werkstoff	Prüfung da/dN & JR	H2-Prüfdruck [bar]	R-Wert
L290 NE	GW, SAWL	100	0,5
Grade A	GW, SAWL		
St 35	GW		
15 k (St. 35)	GW, SAWL, RN		
X42	GW, ERW, RN, WEZ		
RR St 43.7	GW		
P355 NH	GW		
L360 NE	GW		
StE 360.7	SAWL, GW		
L360 NB	SAWL, GW		
14 HGS	GW, LN, RN		
TStE 355 N	GW		
WStE 420	GW		
St53.7	RN, GW		
X56.7	GW, SAWL, RN		
St60.7	GW, RN		
P 460 NH	SAWL, GW		
X70	GW, SAWH, WEZ		
X70	GW, RN, WEZ		
L485	GW, SAWH, WEZ		
GR550/X80	GW, SAWL		
L485 (HV hoch/niedrig)	GW, RN, WEZ		
L415 (Bogen)	GW, SAWL		
P355 NL1 (Armatur)	GW		
GS 400 (Armatur)	GW		
C22.3 (Armatur)	GW		
GS C25 N (Armatur)	GW		
P460 QL1 (Armatur)	GW		
St 35	GW	0 / 0,2 / 1 / 2 / 5 / 10 / 20 / 100	0,1 / 0,5 / 0,7
L485	GW		
L360 NB	GW, SG		
StE 320.7	GW, RN		
StE 480.7 TM	GW, SAWL, RN		
L485	GW		
L360	GW		

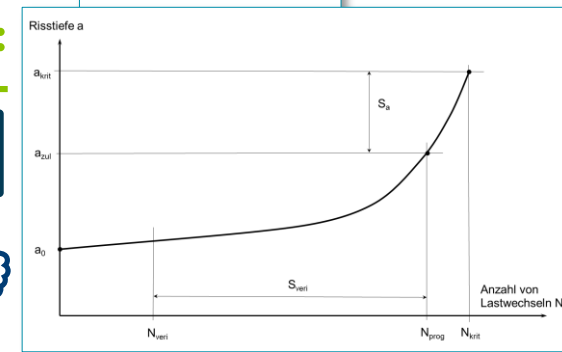
Legende	
da/dN	Risswachstum
JR	Bruchzähigkeit
GW	Grundwerkstoff
WEZ	Wärmeeinflusszone
SAWL	UP-Längsschweißnaht
SAWH	UP-Spiralschweißnaht
ERW	Electric Resistance Weld
RN	Rundschweißnaht



➔ Übernahme der Ergebnisse in DVGW Merkblatt G 464

Bruchmechanische Bewertung nach DVGW G 464

- ➔ Bruchmechanische Bewertung ist ein aufwendiges Verfahren
- ➔ Ist **vor** Inbetriebnahme durchzuführen
 - ➔ Annahme eines Ausgangsfehlers
 - ➔ Rechnerische Bewertung für Rohre mit niedrigster Spannungsintensität ΔK_I (**$S_a=1,5$** und **S_{Veri} mind. 5**)
- ➔ Erfassung der realen Betriebsdruckänderungen
- ➔ Umrechnung in Einstufenbelastung (Vollastwechsel)
- ➔ Verifizierung der Bewertung
oder: wie viele Lastwechsel waren es wirklich?



Aktuelle Situation im Erdgas

- ➔ Transportnetz > 16 bar
 - ➔ Gesamtlänge ~ 40 000 km

- ➔ Verteilnetz ≤ 16 bar
 - ➔ Gesamtlänge ~ 560 000 km
 - ➔ ~ 95 % < 12 bar, ~ 85 % < 5 bar

➔ * Die Karte zeigt das durch die Bundesnetzagentur am 22.10.2024 genehmigte Wasserstoff-Kernnetz.



<https://oge.net/de/wasserstoff/wasserstofftransport/h2-kernnetz>

Kriterien aus DVGW G 464, bei denen keine bruchmechanische Bewertung durchgeführt werden muss

- ➔ Streckgrenze $R_{t0.5} \leq 360 \text{ MPa}$ und
Auslastungsfaktor $f_0 \leq 0.5$ und
vorwiegend ruhende Belastung (≤ 1 äquivalenter Vollastwechsel¹⁾ /Jahr)
- ➔ Betriebsdruckänderungen $\leq 2 \text{ bar}$
- ➔ Spannungsintensität $\Delta K < 6.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, also die Belastung, die ein nur vernachlässigbares Risswachstum bewirkt

¹⁾ Ein Vollastwechsel ist ein Druckwechsel von 0 bar bis zum maximalen Betriebsdruck und zurück auf 0 bar. Druckwechsel mit z.B. nur der halben Amplitude entsprechen etwa 1/8 eines Vollastwechsels; bei einem Viertel der Amplitude entspricht diese Belastung etwa 1/64 eines Vollastwechsels.

Aufgabenstellung BAG464

- ➔ Ist eine bruchmechanische Bewertung für Verteilnetze bis 16 bar oder niedrige Wasserstoffpartialdrücke weitestgehend verzichtbar?
- ➔ Kann auch für Werkstoffgüten > L360 ggf. auf eine bruchmechanische Bewertung verzichtet werden?
- ➔ Unterhalb welchem maximalen Betriebsdruck kann die bruchmechanische Bewertung generell entfallen?
- ➔ Kann für Gashochdruckleitungen über 16 bar unter beschreibbaren Randbedingungen eine bruchmechanische Bewertung entfallen?

Aufgabenstellung BAG464

Betrachtete Gasleitungen:

- ➔ Gashochdruckleitungen über 16 bar: DVGW G 463 in Kombination mit DIN EN 1594 (S=1,6)
- ➔ Gasleitungen bis 16 bar: DVGW G 462 in Kombination mit DIN EN 12007-3 (Wanddicke gesetzt oder mit Sicherheitsbeiwert S=2,2)
- ➔ Bauteile für Anlagen der Gasversorgung: DVGW G 491 in Kombination mit DIN 30690-1 und S=1,5

- ➔ minimal zulässigen Werte für die Wanddicke nach geltendem Regelwerk für allgemeingültige und konservative Ergebnisse
- ➔ Variation von DN, DP, Werkstoff und initiale Fehlertiefe

Betrachtete Werkstoffe

Gruppe 1		Gruppe 2	Gruppe 3		Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6
L235GA	RST 35.3	API 5L x42	API 5L X46	RST 47.7	API 5L X56	API 5L X60	GRS 550
L245	RST 37.2	L290	API L X52	S355J2G3	L415	API 5L X65	GRS 550 TM
L245 MB	RST 38.7	L290 ME	L320	S355N	L415 MB	API 5L X70	GRS 555 TM
L245 ME	S235JRG2	L290 NB	L360	ST 360.7	L415 ME	GRS X70	L555
L245 N	ST 34	L290 NE	L360 MB	ST 43.7	L415 NE	L450	L555 ME
L245 NB	ST 35	P250GH	L360 ME	ST 47.7	ST 56.7	L485	
L245 NE	ST 35.29	P265GH	L360 N	ST 52.3	ST 60.7	L485 MB	
MRST 34	ST 35.56	P275NL	L360 NB	ST 53.7	STE 385.7	L485 ME	
MRST 34.2	ST 35.8/I	P275NL1	L360 NE	STE 320.7	STE 415.7	PS X70	
MRST 35	ST 35b	STE 270.7	MRST 43.7	STE 360.7	X 56	ST 70.7	
MRST 37	ST 35b-2 C	STE 290.7	MST 52.3			STE 480.7	
MRST 37.2	ST 37	X42	MST 52.7			X 60	
MST 35.29	ST 37.0		P355NH			X 70	
P235GH	ST 37-2		P355NL				
P235TR1	ST 38.7		RST 43.7				
RST 35	STE 240.7						
RST 35.29							

Ergänzend zu den aufgelisteten Rohrstählen können weitere - in den relevanten Normen zugelassene Stähle - auf Grundlage ihrer Streckgrenze den aufgelisteten Gruppen zugefügt werden, soweit die mechanisch-technologischen Kennwerte den hier aufgeführten Materialien entsprechen.

Vorgeschlagene, konservative Annahme für Fehlertiefen

- ➔ DP > 16 bar (in der Regel mit zf-Prüfung im Rohrwerk)
 - ➔ neuwertige Gasleitungen mit 5 bzw. 10% der Wanddicke (Angabe im Abnahmeprüfzeugnis)
 - ➔ ältere Gasleitungen mit 20 bis 35% der Wanddicke

- ➔ DP ≤ 16 bar (in der Regel ohne zf-Prüfung im Rohrwerk)
 - ➔ neuwertige Gasleitungen mit 20% der Wanddicke
 - ➔ ältere Gasleitungen mit 35% der Wanddicke

➡ Wenn eine Mindestanzahl von ausreichend vielen Lastwechseln N_{safe} erreicht wird:

➔ **Gasleitungen mit $p \leq 16$ bar ➔ $N_{\text{safe}} = 100.000$ VLW**

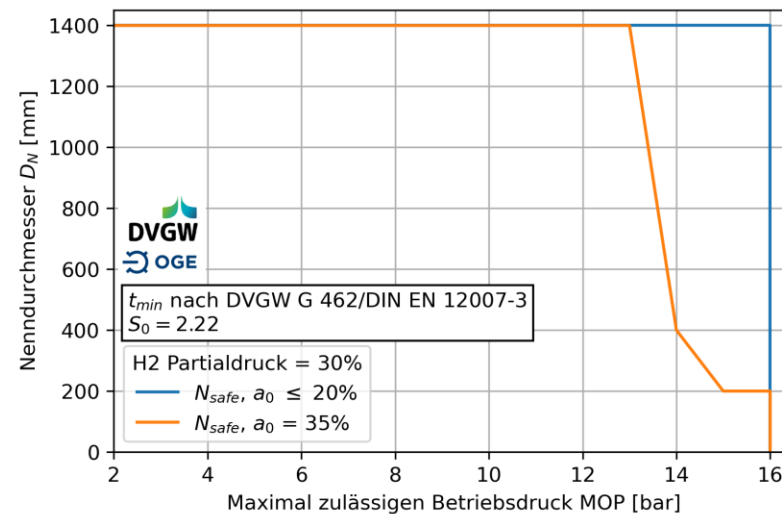
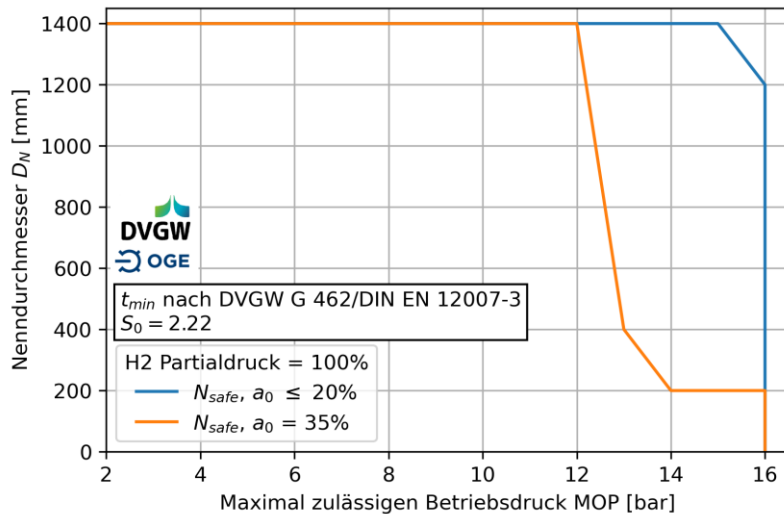
mehr als 2 Volllastwechsel pro Tag über 100 Jahre

(2 Volllastwechsel/Tag * 365 Tage/Jahr * 100 Jahre = 73.000 VLW)

➔ **Gashochdruckleitungen mit $p > 16$ bar ➔ $N_{\text{safe}} = 50.000$ VLW**

mehr als 1 Volllastwechsel pro Tag über 100 Jahre

Typische Ergebnisse ($p \leq 16$ bar)

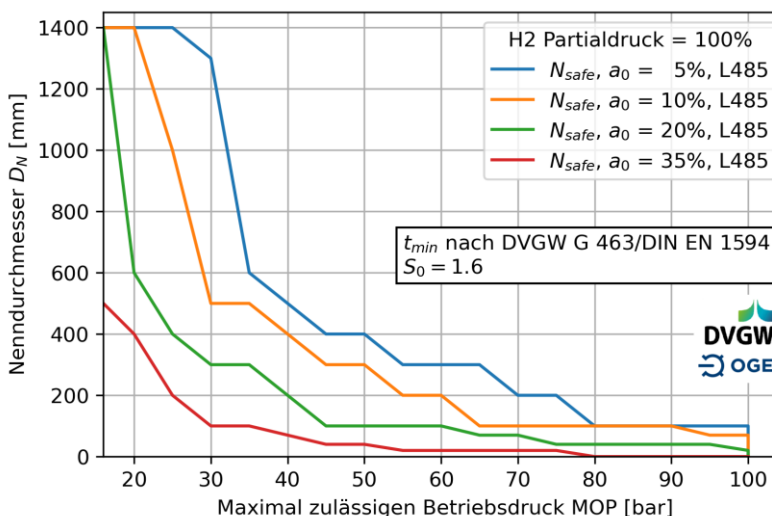
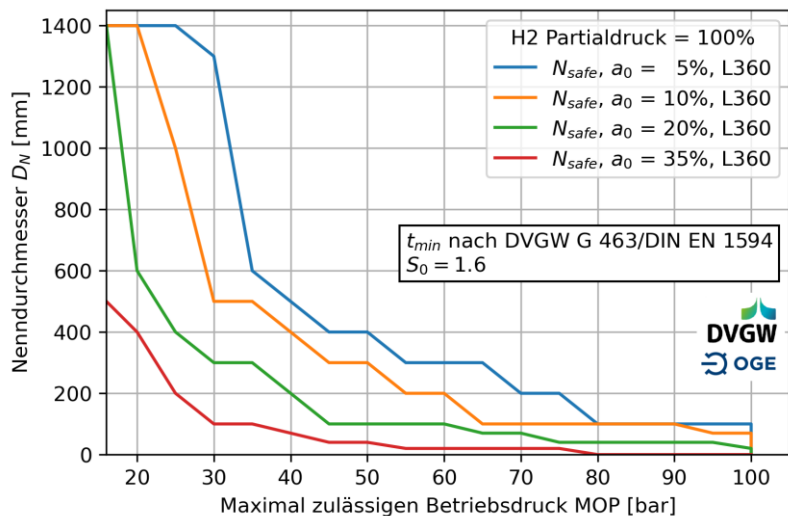


➔ $p \leq 16$ bar $\rightarrow N_{safe} = 100\ 000$ VLW

➔ neuwertige/ältere Gasleitung aus L245/L290 $\rightarrow a_0 = 20\%$ bzw. $a_0 = 35\%$

➔ 100% Anteil von Wasserstoff (links), 30% Anteil von Wasserstoff (rechts)

Typische Ergebnisse ($p > 16 \text{ bar}$)



➔ $p > 16 \text{ bar} \rightarrow N_{safe} = 50\,000 \text{ VLW}$

➔ 100% Anteil von Wasserstoff

➔ L360 (links), L485 (rechts)

Zusammenfassung

- ➔ Bruchmechanische Bewertung nach DVGW G 464 sind aktuell für alle Leitungen (Transport- + Verteilnetz) durchzuführen. Das Projekt BAG 464 wollte prüfen, ob dies in allen Fällen notwendig ist.
- ➔ Berechnungen für Gashochdruckleitungen mit kleinem DP und DN ergeben sehr hohe Werte für zulässige Lastwechselzahlen (> 50.000 VLW). In diesen Fällen sind keine bruchmechanischen Bewertungen erforderlich, wenn eine geringere Anzahl von VLW in der Betriebszeit der Leitung erwartet wird.
- ➔ Insbesondere für große Werte von DP und/oder DN ergeben sich niedrigere zulässige Lastwechselzahlen
- ➔ Für den größten Anteil an Gasleitungen der Gasverteilung bis 16 bar ergeben sich sehr hohe Werte für zulässige Lastwechselzahlen (> 100.000 VLW). Bis 12 bar Betriebsdruck sind (unter Einhaltung der benannten Randbedingungen) bei 100 Vol. % Wasserstoff keine bruchmechanischen Bewertungen erforderlich