

**VERLÄNGERUNG DER LEBENSDAUER
VON DRUCKGERÄTEN DURCH ERHÖHTE
ERSTMALIGE DRUCKPRÜFUNG**

von

Dr.-Ing. Helmut Wiedemann
SGS-TÜV Saarland GmbH

Vortrag gehalten **anlässlich** des

III. Dillinger Kolloquiums

**DRUCKBEHÄLTER-
UND KESSELBAU**

9. November 2000

DILLINGER HÜTTE GTS

INHALTSVERZEICHNIS:

1. Heutige Ausgangssituation
2. Druckprüfung
3. Empfehlungen für einen freiwilligen erhöhten Erstprüfdruck
4. Ergebnisaussage für die Qualitäts- und Preisfindung
5. Erfahrungen mit erhöhtem Prüfdruck bei Dampfkesselanlagen als Großwasserraumkessel und bei Pipelines
6. Druckgeräterichtlinie und erhöhter Prüfdruck
7. Betriebssicherheitsverordnung und wirtschaftlicher Anlagenbetrieb
8. Zusammenfassung

1. HEUTIGE AUSGANGSSITUATION

Wird ein Druckgerät für seinen vorgesehenen Einsatz bestellt, so sind die Randbedingungen gemäß der Bestellvorschrift u.a.

- der maximal zulässige Betriebsdruck PS
- die zulässige minimale / maximale Temperatur TS
- das Volumen V
- die Nennweite DN
- das Fluid, wie Gas, Flüssigkeit oder Dampf
- die Betriebsweise, etc.

Der Anbieter wählt das Druckgerät unter fertigungstechnischen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten mit seinem Konstrukteur aus. Es fällt die Entscheidung u.a. für

- den Werkstoff
- die Geometrie
- das Schweißverfahren.

Die Erfahrungen des Behälterbauers aus bisher ausgeführten Anlagen können in Kenntnis der Betriebsweise, der Verträglichkeit des Mediums mit dem Werkstoff und der Revisionsstillstände qualitätsverbessernd für Neukonzeptionen genutzt werden.

Eine qualitätsverbessernde Umsetzung der Erfahrungen über die Garantiefrist hinaus, erfolgt jedoch in der Regel nur in dem Maße, wie dies von dem Kunden preislich honoriert wird. Für die Preisakzeptanz benötigt der Kunde objektive Leistungsmerkmale, wie z.B.

- Art und Umfang der Fertigung, der zerstörungsfreien Prüfungen, der Wärmebehandlung, der Rückverfolgbarkeit, etc.
- den Faktor des Prüfdruckes, die **Schlussprüfungen** und die Prüfungen an den Sicherheitseinrichtungen
- eine **aufschlussreiche** Betriebsanleitung
- die Garanzzeiten, etc.

Der Anbieter von Druckgeräten fertigt oder bezieht heute aus Kostengründen weltweit sein Druckgerät entsprechend den Minimalanforderungen des geltenden Regelwerkes und bietet dieses mit dem Prüfdruckfaktor (Mindestwert), der in der Vorschrift gefordert ist, an. **Aufgrund** des kostenminimierten Materialeinsatzes ist für einen erhöhten Prüfdruck - gegeben durch Wandstärkenreserven inkl. Korrosionszuschlag - wenig Spielraum.

Nutzt der Hersteller jedoch seine Erfahrungen, um die Konstruktion in den hochbelasteten Teilen gegen Korrosion und Erosion entsprechend stärker zu dimensionieren, so kann er die Verbesserungen über eine erhöhte Druckprüfung dokumentieren und verkaufspreisbildend einsetzen.

Das im ausgewiesenen erhöhten Prüfdruckfaktor dargelegte Qualitätsmerkmal gibt dem Betreiber, der geringe Betriebskosten anstrebt, die Möglichkeit, seine Angebote differenzierter zu betrachten und die Möglichkeit eine gezielte, vorausschauende Erstinvestition zu tätigen.

Die Gesamtkosten lassen sich im Betrieb nur minimieren, wenn Erstinvestitionskosten und Betriebskosten aufeinander abgestimmt sind.

2. DRUCKPRÜFUNG

Nach Fertigstellung des Druckkörpers erfolgt als Nachweis der Festigkeit des Druckgerätes in der Regel ein hydrostatischer Druckversuch (Abs. 3.2.2 DruckgeräteRL), bisher als erstmalige Druckprüfung (§ 9DruckbehV) bekannt.

Die Druckgeräterichtlinie (DruckgeräteRL) fordert in Anhang I „Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ die zulässige Beanspruchung im Betrieb eines Druckgerätes „*hinsichtlich der nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Versagensmöglichkeiten abhängig von den Betriebsbedingungen*“ zu begrenzen. (Abs. 2.2.3 DruckgeräteRL)

Dazu sind Sicherheitsfaktoren anzuwenden. Die zulässige, allgemeine Membranspannung darf, z.B. bei überwiegend statischen Belastungen für ferritischen Stahl, 2/3 (66,7 %) der Elastizitätsgrenze $R_{e,t}$ (obere

Streckgrenze) und 5/12 (41,7 %) des Mindestwertes der Zugfestigkeit bei 20°C, $R_{m,20}$ nicht überschreiten (DruckgeräteRL, Anhang I, Abs. 7.1.2). Für Druckgeräte aus ferritischem Stahl mit überwiegend statischen Belastungen bedeutet dies im Betrieb beim zulässigen Druck einen Sicherheitsfaktor von 1,5 zur Elastizitätsgrenze $R_{e,t}$ und 2,4 zum Mindestwert der Zugfestigkeit $R_{m,20}$.

Für den hydrostatischen Prüfdruck gilt in der Regel ein Prüfdruckfaktor von 1.43 zum maximal zulässigen Betriebsdruck (vgl. DruckgeräteRL, Anhang I, Abs. 7.4) oder bei beheizten Druckgeräten (Dampfkessel) alternativ ein Prüfdruckfaktor von $1.25 \times R_{e,t \text{ Prüf}} / R_{e,t \text{ Betrieb}}$

mit $R_{e,t \text{ Prüf}} =$ Elastizitätsgrenze bei Prüftemperatur (kalt)
 und $R_{e,t \text{ Betrieb}} =$ Elastizitätsgrenze bei Betriebstemperatur (warm)

Beispiel:

beheiztes Druckgerät; TS = 250°C, PS = 40 bar
 Werkstoff: P 265 GH (H II)
 Streckgrenze (kalt) $R_{e,20} = 245 \text{ N/mm}^2$
 Streckgrenze (warm) $R_{e,250} = 175 \text{ N/mm}^2$

hieraus folgt:

$$R_{e,20} / R_{e,250} = 1.40$$

Der Prüfdruckfaktor ergibt sich hierbei zu:

$$1.25 \times 1.40 = 1.75$$

Gemäß Druckgeräterichtlinie ist der höhere Faktor anzuwenden. Im vorliegenden Beispiel eines Dampfkessels ein Prüfdruckfaktor von 1.75 **anstelle** 1.43 bei einem nichtbeheizten Druckgerät. Nachfolgend werden der Einfachheit halber nichtbeheizte Druckgeräte betrachtet.

Allgemeine Anforderungen an unbeheizte Druckgeräte:

Für den hydrostatischen Prüfdruck gilt in der Regel ein Faktor von 1.43 zum höchstzulässigen Betriebsdruck (DruckgeräteRL, Anhang I, Abs. 7.4).

Der Verhältnisfaktor 1.5/1.43 gibt den Sicherheitsfaktor bei Prüfdruckaufgabe zur Elastizitätsgrenze $R_{e,t}$ an. Er beträgt: 1.05, d.h. 5% Abstand zur Elastizitätsgrenze.

Bemerkung:

Der Sicherheitsbeiwert S' beim Prüfdruck beträgt nach dem uns heute bekannten AD-Regelwerk für vorliegenden Fall $S' = 1.1$, d.h. 10% Abstand zur Streckgrenze (AD-Merkblatt B0, Tafel 2). Hieraus errechnet sich ein Prüfdruckfaktor von 1,36, der nach AD-Regelwerk angewandt werden dürfte.

Aus technisch-historischen Gründen wurde in der Regel ein abgerundeter Wert von 1.3 als Prüfdruckfaktor zum maximal zulässigen Betriebsdruck festgelegt.

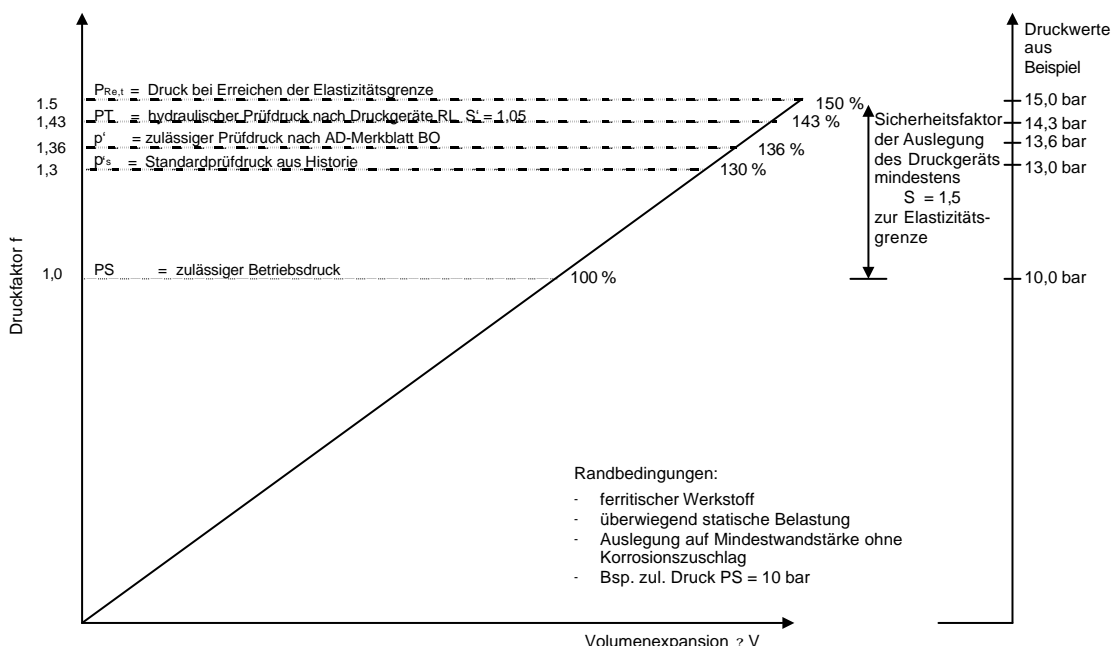


Bild 1: Mindestauslegung von Druckgeräten und deren Prüfdruckfaktoren

Es bleibt festzuhalten:

Druckgeräte, die nach Druckbehälterverordnung mit einem Prüfdruckfaktor von 1.3 geprüft wurden, werden zukünftig nach der Druckgeräterichtlinie mit einem Prüfdruckfaktor von 1.43 geprüft. Für den Prüfdruck folgt: $PT = 1.43 \times PS$. Dies ist eine Aufwertung der Wasserdruckprüfung!

Dieser Mindestprüfdruckfaktor gibt jedoch noch keinen **Aufschluss** über qualitätsverbessernde Reserven in den Wandstärken und dem Korrosionszuschlag.

3. EMPFEHLUNG FÜR EINEN FREIWILLIGEN ERHÖHTEN ERSTPRÜFDRUCK:

Es wird vorgeschlagen, den rechnerisch maximal ermittelten erhöhten Prüfdruck als

Qualitätsmerkmal der Konstruktion

in der Dokumentation zu benennen und den festgelegten erhöhten Erstprüfdruck nach der Herstellung als Qualitätsmerkmal der Erstprüfung kundzutun.

Folgende Definitionen werden hierzu vom Autor getroffen:

Faktor der **Q**ualitäts**r**eserven in der Konstruktion für **erh**öhten Prüfdruck: f_{QRH}

Rechnerische **M**indestwandstärke ohne Zuschläge: S_{min}
 ausgeführte Wandstärke : S_{ist}
 (incl. Korrosionszuschläge und Reserven der Wandstärken)

Es gilt:

$$f_{QRH} = S_{ist} / S_{min}$$

weiterhin wird definiert:

Rechnerisch maximal ermittelter erhöhter Prüfdruckfaktor: $f_{PT, HR}$

Festgelegter erhöhter Prüfdruckfaktor: $f_{PT, H}$

Normaler Prüfdruckfaktor: f_{PT}

Die Auswirkungen der Aussagen und Definitionen für die Qualitäts- und Preisfindung sollen an einem Beispiel dargelegt werden.

Daten eines ausgewählten Druckgerätes:

Maximal zulässiger Druck im Betrieb	PS	=	10 bar
Sicherheitsbeiwert zur Elastizitätsgrenze:	S	=	1,5
Bauform:			zylindrisches Gerät
Schweißnahtverbindungskoeffizient = 1, d.h. keine Verschwächung im Beispiel			
Werkstoff:			ferritischer Stahl
Mindestwandstärke ohne Korrosionszuschlag	S_{min}	=	10 mm
Korrosionszuschlag	C_2	=	1,0 mm
erforderliche Wandstärke	S_{erf}	=	11 mm
ausgeführte Wandstärke	S_{ist}	=	12,2 mm
d.h.: Qualitätsreservezuschlag inkl. Korrosions- zuschlag	C_{QR}	=	2,2 mm
Schweißnahtfaktor	V	=	1,0

Hieraus ergibt sich für die Druckprüfung:

A) Hydrostatischer Prüfdruck nach DruckgeräteRL

$$PT = 1.43 \times PS = 1.43 \times 10 \text{ bar} \quad f_{PT} = 1,43$$

$$PT = 14,3 \text{ bar}$$

Bemerkung: nach Druckbehälterverordnung hätte der Prüfdruck in der Regel 13 bar betragen.

B) Erhöhter hydrostatischer Prüfdruck (PT_c) für die Erstdruckprüfung unter Berücksichtigung des Korrosionszuschlages C₂;

$$\begin{aligned}
 PT &= 1,43 \times PS \times s_{\text{erf}} / s_{\text{min}} && \text{hier im Beispiel:} \\
 & && s_{\text{erf}} / s_{\text{min}} = 11\text{mm}/10\text{mm} = 1,1 \\
 &= 1,43 \times PS \times 1,1 \\
 &= 1,57 \times PS \\
 PT_c &= 15,7 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

Der Faktor des Prüfdruckes unter Einbeziehung des Korrosionszuschlages (f_{PT,C}) bei der Erstdruckprüfung von c₂ = 1 mm kann bei einer Blechstärke von s_{min} = 10 mm auf f_{PT,C} = 1.57(= 1.43 x 1.1) angehoben werden.

C) Erhöhter hydrostatischer Prüfdruck (PT_{HR}) für die Erstdruckprüfung unter Berücksichtigung der verstärkt ausgeführten Istwandstärke mit einem Qualitätsrezervezuschlag C_{QR} = 2,2 mm inkl. Korrosionszuschlag zur Lebensverlängerung des Druckgerätes im Betrieb.

$$\begin{aligned}
 PT_{HR} &= 1,43 \times PS \times s_{\text{ist}} / s_{\text{min}} && \text{hier im Beispiel:} \\
 & && s_{\text{ist}} / s_{\text{min}} = 12,2 \text{ mm} / 10 \text{ mm} = 1,22 \\
 &= 1,43 \times PS \times 1,22 \\
 PT_{HR} &= 1,74 \text{ PS} && PT_{HR} = 17,4 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

Der Faktor des erhöhten Prüfdruckes unter Berücksichtigung der Qualitätsreserven (Blechstärke und Korrosionszuschlag) kann auf f_{PT,HR} = 1.74 weiter angehoben werden.

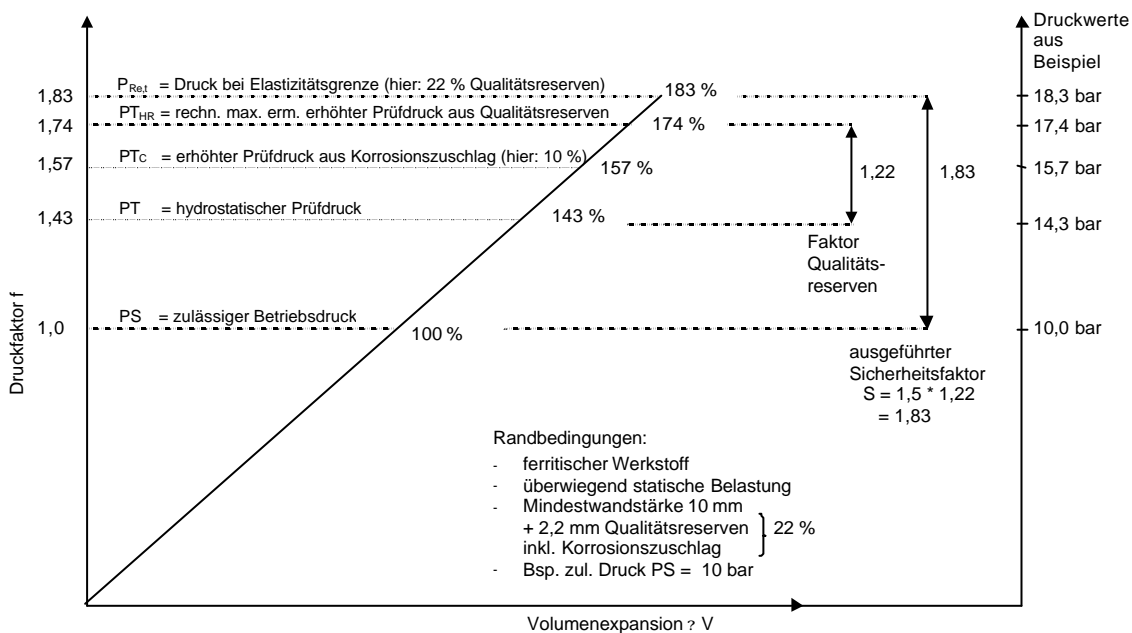


Bild 2: Beispielhafte Darstellung eines Druckgerätes mit Korrosionszuschlag und Qualitätsreserven und der möglichen erhöhten Prüfdruckfaktoren

4. ERGEBNISAUSSAGE FÜR DIE QUALITÄTS- UND PREISFINDUNG

Das Druckgerät wird normalerweise bei einem anzuwendenden Sicherheitsfaktor von 1.5 mit einem Prüfdruckfaktor von 1,43 gemäß der Druckgeräterichtlinie geprüft.

A) Fertigt ein Hersteller ohne Korrosionszuschlag „Hersteller OK“, so kann er maximal einen rechnerisch ermittelten Prüfdruckfaktor von 1,43 (im Beispiel 14,3 bar bei 10 bar zulässigem Druck) ausweisen. (zum Vergleich: nach Druckbehälterverordnung wäre der Faktor 1,3 bzw. maximal 1,36 gewesen).

B) Fertigt ein Hersteller im dargelegten Beispiel den Behälter m mit 1 mm Korrosionszuschlag „Hersteller MK“ bei 11 mm Wandstärke, so kann er für die Druckprüfung einen rechnerisch maximal ermittelten erhöhten Prüfdruck infolge des Korrosionszuschlages für die Erstprüfung von 1,57 (im Beispiel 15,7 bar) benennen.

C) Fertigt ein Hersteller im dargelegten Beispiel den Behälter mit 2,2 mm Qualitätsreservenzuschlag (inkl. Korrosionszuschlag) „Hersteller QR“, d.h. mit 12,2 mm Wandstärke, so kann er für die Druckprüfung einen rechnerisch ermittelten erhöhten Prüfdruckfaktor für die Erstdruckprüfung von 1,74 (im Beispiel 17,4 bar) benennen.

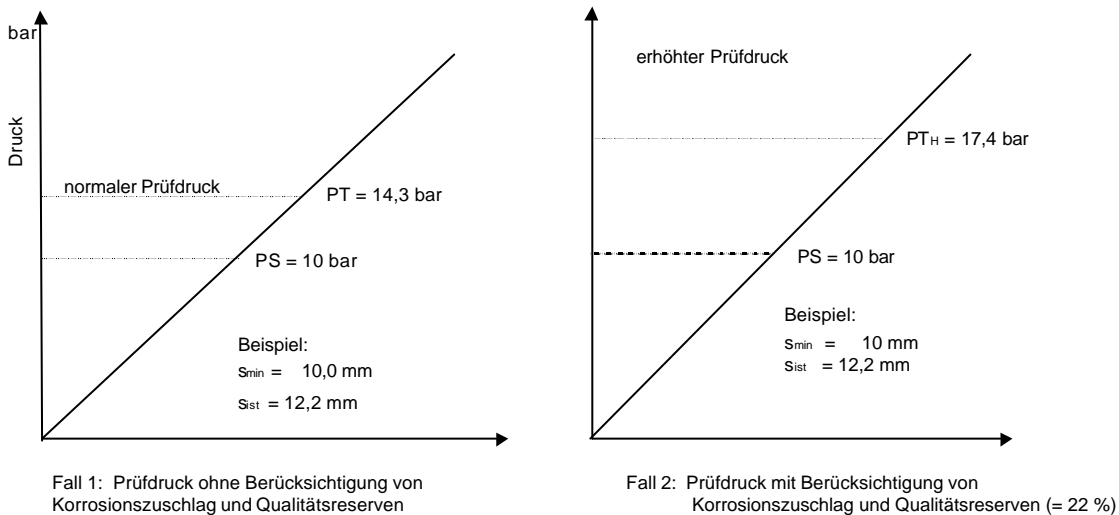


Bild 3: Vergleich Mindestprüfdruck und erhöhter Prüfdruck für gewählte Beispiele ohne und mit Qualitätsreservenbetrachtung (Blechstärkenerhöhung)

Bieten drei Hersteller unter Offenlegung des rechnerisch maximal ermittelten erhöhten Prüfdruckes für PS = 10 bar Betriebsdruck das Druckgerät wie folgt an:

Hersteller "OK"=	$PT_H = 14,3 \text{ bar}$	Faktor = 1,43
Hersteller "MK"=	$PT_H = 15,7 \text{ bar}$	Faktor = 1,57
Hersteller "QR"=	$PT_H = 17,4 \text{ bar}$	Faktor = 1,74,

so bietet sich für den kostenbewussten Einkäufer die Möglichkeit, Erstinvestitionskosten und zu erwartende Betriebskosten für seinen Einsatz zu optimieren.

5. ERFAHRUNGEN MIT ERHÖHTEM PRÜFDRUCK BEI DAMPFKESSEL-ANLAGEN ALS GROSSWASSERRAUMKESSEL UND BEI PIPELINES

Bei Großwasserraumkesseln liegen seit mehr als einem Jahrzehnt Erfahrungen mit dem erhöhten Prüfdruck vor. Geläufig ist der Begriff der „Verbesserten Wasserdruckprüfung“. Es sei hier insbesondere auf die Arbeiten von DECHANT und ROSSMAIER /3/ hingewiesen. Auswertungen zur Schadensverhütung wurden von BRÜNING /6/ publiziert.

In den erhöhten Prüfdruckfaktor beheizter Druckgeräte geht zusätzlich der Faktor der Streckgrenze bei Umgebungstemperatur (K_{kalt}) im Verhältnis zur Streckgrenze bei Betriebstemperatur (K_{warm}) ein. Der Grund liegt darin, dass die Kesselanlage warm betrieben wird und der Prüfdruck im kalten Zustand aufgebracht wird.

Natürlich ist bei der Festlegung des anzufahrenden Prüfdruckes auch die Zähigkeit des Werkstoffes zu berücksichtigen.

Ebenso liegen positive Erfahrungen mit dem „Stresstest“ im Pipelinebereich vor /4/ und /5/.

6. DRUCKGERÄTERICHTLINIE UND ERHÖHTER PRÜFDRUCK

Die Druckgeräterichtlinie (Richtlinie 97/23/EG) kann seit dem 29. November 1999 verbindlich angewandt werden. Nach einer Übergangsfrist von 2 ½ Jahren **muss** sie ab dem 29. Mai 2002 angewandt werden.

Sie dient dem freien Warenverkehr von Druckgeräten innerhalb der Europäischen Union.

Der Hersteller fügt dem Druckgerät, das CE gekennzeichnet sein **muss**, eine Konformitätserklärung und eine Betriebsanleitung bei.

Nach der Druckgeräterichtlinie (PED) darf das Aufbringen des Prüfdruckes in der Regel mit einem Faktor von 1.05 zur Elastizitätsgrenze $R_{e,t}$ bei statisch belasteten ferritischen Werkstoffen erfolgen.

Hieraus ergibt sich bei einem Sicherheitsfaktor von 1.5 zwischen zulässigem Betriebsdruck und Druck bei Erreichen der Elastizitätsgrenze ein Druckfaktor
 $f_{PT} = 1,5/1,05 = 1,43$.

Das heißt, der bisher angewandte Standardfaktor bei Druckbehältern von 1,3 (1,36 war rechnerisch immer zulässig) erhöht sich nach der PED auf den Faktor 1,43. Im Falle stiller Reserven der Ausführung, z.B. dickere Bleche etc., kann dieser Faktor weiter erhöht und als erhöhter Prüfdruck dokumentiert werden.

Es sei darauf hingewiesen, **dass** die PED auch der Abnahme der Elastizitätsgrenze beheizter Druckgeräte bei Temperaturaufgabe im Betrieb Rechnung trägt.

In diesem Fall beträgt der Prüfdruck $PT = 1.25 \times R_{e,t \text{ Prüf}} / R_{e,t \text{ Betrieb}} \times PS$

Der Faktor 1.43 wird auf 1.25 reduziert und mit dem Verhältnis der Elastizitätsgrenzen bei Prüftemperatur zur Betriebstemperatur $R_{e,t \text{ Prüf}} / R_{e,t \text{ Betrieb}}$ multipliziert.

Entsprechend dem Beispiel aus Kapitel 2 heißt dies, dass Druckgeräte mit einer Betriebstemperatur von 250°C und dem Werkstoff P 265 GH (HII) mit dem Faktor 1,75 zum zul. Betriebsdruck (PS) geprüft werden müssen.

Der Grund liegt darin, **dass** der Faktor 1,75 die strengere Anforderung im Vergleich zum Faktor 1.43 darstellt. Reserven in der Konstruktion infolge solider Zuschläge können für höhere Prüfdruckfaktoren herangezogen werden.

7. BETRIEBSSICHERHEITSVERORDNUNG UND WIRTSCHAFTLICHER ANLAGENBETRIEB

Der Betrieb von Anlagen bleibt zunächst nationales Recht. Hierzu wird der Gesetzgeber die **sogenannte** Betriebssicherheitsverordnung erlassen.

Da die Druckgeräterichtlinie nur das Inverkehrbringen von Druckgeräten regelt, ist es folgerichtig, **dass** in einer Betriebssicherheitsverordnung national der Betrieb geregelt wird. Sicherheitstechnisch wird zu diesem Zeitpunkt die Dampfkesselverordnung und die Druckbehälterverordnung in die Betriebssicherheitsverordnung überführt sein.

Der erhöhte Prüfdruck im Verhältnis zum normalen Prüfdruck wird für den Betreiber und die akkreditierte Stelle eine aussagefähige Größe sein, um die Restsicherheit bei Korrosions- und Erosionsfortschritt sowie bei möglichem **Risswachstum** zu beurteilen. Hinsichtlich bruchmechanischer Berechnungen sei insbesondere auf die Arbeiten von CIOCLOV /1/ und /2/ hingewiesen.

Die vorausschauende Beurteilung eines Anlagenzustandes bedarf eines erhöhten Erfahrungsschatzes, in der Regel gegeben durch einen bestmöglichen Erfahrungsaustausch über Schäden ohne Konkurrenzsituation unter den akkreditierten Stellen .

Der Betreiber selbst strebt naturgemäß eine bestmögliche Wirtschaftlichkeit seiner Anlagen an, gegeben durch einen sicheren Betrieb, eine hohe Verfügbarkeit und minimale Gesamtkosten. Hierzu bedarf es einer laufzeitbezogenen Betrachtung zwischen vorausschauender Herstellerqualifikation und Folgekosten im Betrieb.

Der freiwillig durchführbare erhöhte Prüfdruck der Erstprüfung könnte sich als Qualitätsmerkmal durchsetzen.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Wird ein Druckgerät nach Fertigstellung freiwillig einem erhöhten erstmaligen hydrostatischen Prüfdruck unterzogen, so bewirkt die integrale Belastung nahe der Elastizitätsgrenze der hochbelasteten Bauteile

- ein besseres Erkennen von Fertigungsfehlern im Schweißnahtbereich **aufgrund** der höheren Belastung bei gegebenen Fehlertiefen
- einen Abbau von lokalen Zugvorspannungen durch partiell plastische Verformungen mit erreichbaren Druckvorspannungen an den **Rissspitzen**
- **einen Abbau von Schweißseigenspannungen und eine Verringerung der Formabweichungen aus dem Herstellungsprozess (Stutzen, Böden, etc.)**
- eine geringere Anfälligkeit gegen **Risswachstum** bei dynamischer Belastung als Folge der abgebauten lokalen Spannungsspitzen und damit eine geringere Schadensanfälligkeit

Die Einbeziehung des Korrosionszuschlages und der zusätzlichen Wandstärkenreserven in den erstmaligen Prüfdruck dient als Qualitätsmerkmal der Anlage.

Es wird vorgeschlagen in der Dokumentation oder in den Zeichnungen folgende Informationen zum Druck anzugeben:

- | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------|
| - maximal zulässiger Druck | PS | z.B. | 10,0 bar |
| - normaler Prüfdruck
(z.B. aus Druckfaktor f_{PT} nach Druckgerätee RL; hier z.B. 1,43)
• Mindestanforderung aus Vorschrift ! | PT | z.B. | 14,3 bar |
| - rechnerisch maximal ermittelter erhöhter Prüfdruck
(z.B. aus Prüfdruckfaktor $1,43 \times 1,22$ bei 22 % Materialreserven und dem Schweißnahtfaktor $v = 1,0$; hier z.B. 1,74)
• Qualitätsmerkmal aus der Konstruktion! | PT_{HR} | z.B. | 17,4 bar |
| - festgelegter erhöhter Prüfdruck
(z.B. aus Kenntnis der Randbedingungen für die Erstdruckprüfung und auf Grund getroffener Vereinbarungen wird der erhöhte Prüfdruck wie folgt festgelegt:
$PT \leq PT_H \leq PT_{HR}$
gewählter Prüfdruckfaktor S_{PTH} hier z.B. 1,7
• Qualitätsmerkmal aus der Erstprüfung ! | PT_H | z.B. | 17,0 bar |
| empfohlener Prüfdruck für die wiederkehrende Druckprüfung im Betrieb
$PT \leq PT_B \leq PT_H$
hier z.B. Prüfdruckfaktor im Betrieb
$S_{PTB} = 1.7$
- sofern keine Korrosionen vorliegen -
als Vorschlag des Herstellers! | PT_B | z.B. | 17,0 bar |

Bemerkung:

Für den hydrostatischen Prüfdruck der wiederkehrenden Druckprüfung kann durchaus - im Rahmen des zulässigen Bereiches - ein höherer Wert von hier z.B. 17,0 bar gegenüber 14,3 bar gewählt werden.

Der ausgewiesene, rechnerisch maximal ermittelte erhöhte Prüfdruck für die Erstprüfung und die bescheinigte, erhöhte Erstdruckprüfung dienen als Qualitätsmerkmal für die stillen Reserven im Bauteil und sind ein Maß für die zu erwartende Dauerhaltbarkeit der Druckanlage unter Betriebsbedingungen.

Der qualitätsbewusste Bezieher von Druckgeräten wird in seiner Bestellanforderung den rechnerisch maximal ermittelten erhöhten Prüfdruck erfragen oder diesen sogar vorgeben. Hierdurch werden die eingereichten Angebote nicht nur hinsichtlich ihres Preises, sondern auch in der Kombination Qualität und Preis vergleichbar. Entscheidend für einen qualitätsorientierten teureren Bezug sind die Kostenvorteile im Betrieb der Anlage und diese gilt es darzulegen.

Für den Hersteller bietet sich die Möglichkeit in den hochbelasteten Bauteilen gezielt dickere Bleche, Verstärkungen oder hochwertige Werkstoffe einzusetzen und deren Vorteil im erhöhten Prüfdruckfaktor zu dokumentieren. Diese Druckgeräte werden somit alternativ mit einem höheren Preis für qualitätsbewusste Kunden angeboten. Das Qualitätsmerkmal ist durch den erhöhten Prüfdruckfaktor dokumentiert.

Die Initialzündung zur Offenlegung der stillen Reserven in den Materialstärken und den Werkstoffen des Druckgerätes wird aller Voraussicht nach über die Bestellanforderungen der Einkäufer erfolgen. Diese erfragen für das Druckgerät den rechnerisch maximal ermittelten erhöhten Prüfdruck sowie den unter Praxisbedingungen durchführbaren Prüfdruck und erhalten damit eine wichtige Aussage.

Erfahrene Ingenieure oder Sachverständige können im Betrieb bei Korrosions- oder Erosionsfortschritt diese Größe zur Beurteilung der Restlebensdauer heranziehen. Gleiches gilt für die Restwertermittlung bei Verkauf der Anlage.

LITERATURVERZEICHNIS / VORTRÄGE

- /1/ CIOCLOV, D. D. und H. WIEDEMANN:
Failure of a High-Temperatur Water Pipe in a fossile Power Plant Pipework. A propabilistic Analysis. 2000 ASME – Pressure Vessels and Piping Conference (PVP-2000), USA, Seattle 23. ./ 27. July 2000.
- /2/ CIOCLOV, D., V. SCHMITZ und H. WIEDEMANN:
Probabilistische Bruchmechanik – Anwendung auf die Schadenssimulation und Zuverlässigkeitsanalyse von geschweißten Druckbehältern. DVS-Berichte; Fortschritte bei der Konstruktion und Berechnung geschweißter Bauteile; Kolloquium „Schweißkonstruktionen 1997“ Braunschweig am 27. u. 28. November 1997, DVS 187; S. 14 ./ 17.
- /3/ DECHANT, K.-E. und W. ROSSMAIER:
Verbesserte Wasserdruckprüfungen bei Flammrohr- Rauchrohr- und Wasserrohrkesseln; VGB Kraftwerkstechnik; 77. Jahrgang; Heft 8; August 1997; Seite 623 ./ 629.
- /4/ DECHANT, K. E.:
Effects of High Pressure Testing Technique on Pipelines, ASME, Proceedings of the 15th - International Conference on OMAE; Editor: A. Murray und R. Bruschi, Book No. G 00989-1996, S. 249 ff.
- /5/ SCHANZ, T., D. WÜSTENBERG; H. WIEDEMANN, G. SCHMITT u. R. ECKRICH: Dopplungsfehler in nahtlosen Stahlrohren. TÜ - Technische Überwachung - Bd. 36 (1995) Nr. 6 - Juni.
- /6/ BRÜNING, W.:
Schadenverhütung an Dampfkesselanlagen; Auswertung der Befunde über die „Ergänzende Prüfung an Großwasserraumkesseln nach der Verbändevereinbarung 1987 / 2“; im TÜ Bd. 33 (1992) Nr. 3 – März.
- /7/ CIOCLOV, D.D.
Pressure Vessels (wissenschaftliches Fachbuch), Elsevier / Amsterdam –Oxford – New York – Tokyo) 1992