
M. Eng. Jens Hüttenrauch

Langzeitverhalten und Schadensprognose von PE-Leitungsnetzen

**Gaswirtschaftlicher Beirat
Jahresversammlung 2007**

Freiberg, am 15. Januar 2008

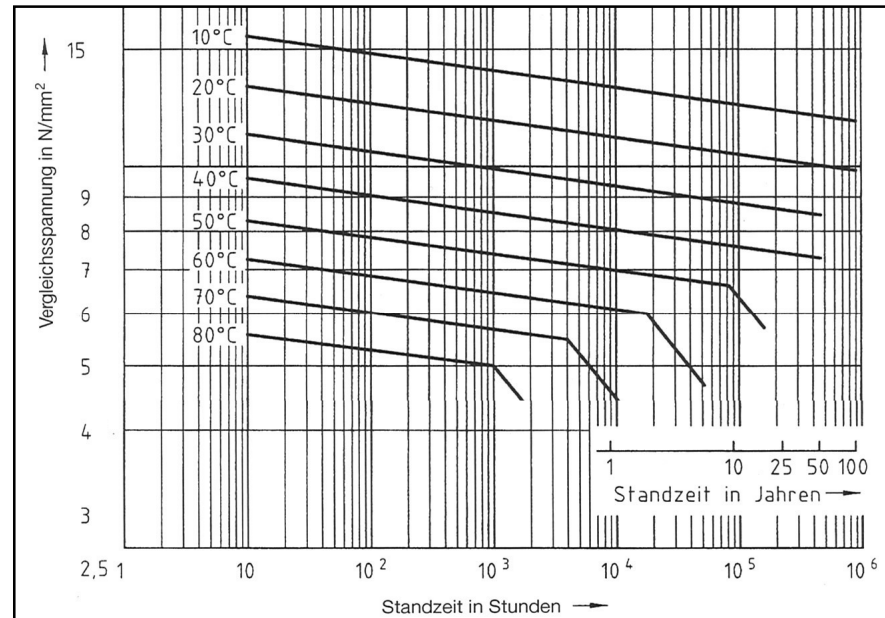
- Für PE-Leitungen wird eine Lebensdauer zwischen 50 (PE 63) und 100 Jahren (PE 100) angenommen
- Die Lebensdauer sagt noch nichts über die Streubreite der Versagenszeitpunkte aus
- Neben dem Versagenszeitpunkt ist das Versagensverhalten interessant, da dieses sich von dem von Stahlleitungen unterscheiden kann
- Große, gleichzeitig verlegte Leitungslängen können in einem engen Zeitfenster ausfallen → Investitionspeaks
- Optimierte Instandhaltungsplanung spart Kosten und erhöht die Versorgungssicherheit

- Das Versagen von Stahlrohrleitungen basiert im Wesentlichen auf Korrosion
- Stahlrohrleitungen werden spätestens dann ausgetauscht, wenn sie die wirtschaftlich optimale Lebensdauer erreicht haben
- PE-Rohrleitungen weisen während ihrer Betriebszeit so gut wie keine Schäden auf
- Es ist ein Totalversagen am Ende der Lebensdauer zu erwarten, wenn das Material die herrschenden Spannungen nicht mehr aufnehmen kann

- Schadensursachen sind u.a.:
 - Produktionsfehler
 - Transport- und Lagerfehler
 - Verlegefehler
 - Montagefehler
 - Externe Ursachen

- Bei Ausschluss all dieser Ursachen (z.B. durch Qualitätskontrollen und qualifizierte Mitarbeiter) bleibt
 - Alterung

- Alterungsursachen sind u.a. Wärmezufuhr, Strahlung, mechanische Beanspruchung, chemische Einflüsse und diverse innere Ursachen
- Je höher die Beanspruchung (Druck, Temperatur) auf eine Rohrwand, desto schneller altert die Rohrleitung und desto eher versagt sie auch



Zeitstand-Innendruckverhalten von Rohren aus PE 100

- Die Spannung σ , die in einer Rohrwand wirkt, ist linear abhängig von der Wandstärke s

$$\sigma = p \frac{d - s}{2s}$$

- Je größer die positive Abweichung von der Soll-Wanddicke, desto geringer die in der Rohrwand wirkende Spannung

Parameter: $p=4$ bar, SDR 11	
$d=110$ mm, $s=10,0$ mm	$d=110$ mm, $s=11,2$ mm
$\sigma = 0,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{110 \text{ mm} - 10 \text{ mm}}{2 \cdot 10 \text{ mm}}$	$\sigma = 0,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{110 \text{ mm} - 11,2 \text{ mm}}{2 \cdot 11,2 \text{ mm}}$
<u>$\sigma = 2,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$</u>	<u>$\sigma = 1,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$</u>

-
- Es besteht also ein Zusammenhang zwischen
 - der Höhe der Belastung und der Lebensdauer
 - der Wanddicke und der in der Rohrwand wirkenden Spannung

 - Daraus lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Wanddicke einer Rohrleitung und deren Lebensdauer ableiten

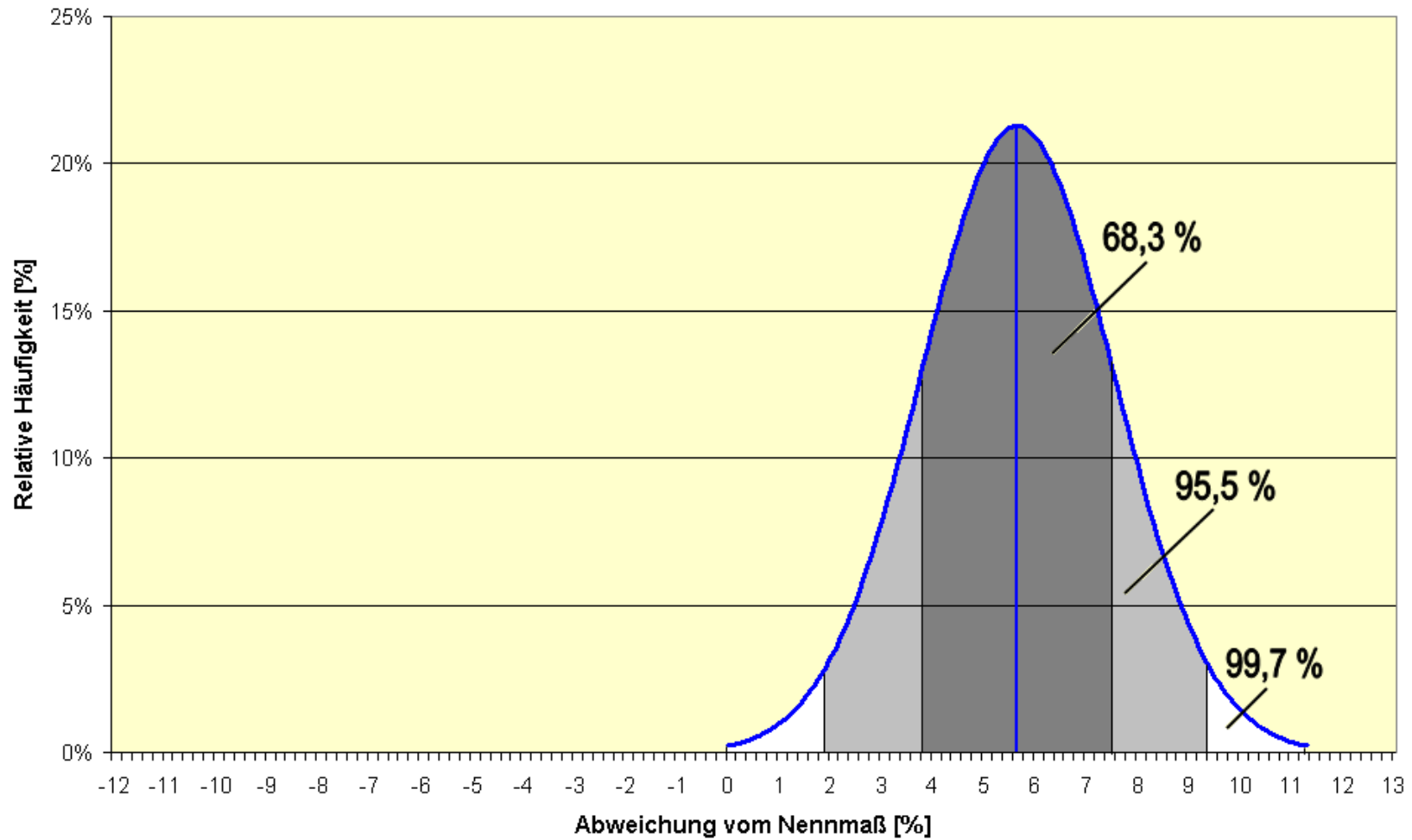
■ Die zulässigen Fertigungstoleranzen betragen

- für PE-Rohrleitungen zwischen ${}^{+0,4}_0$ mm (für $s=2$ mm) und ${}^{+7,2}_0$ mm (für $s=70$ mm), im Mittel $+11,1$ %
- für Stahlleitungen nahtlos ${}^{+14,2}_{-12,1}$ % (absolut $26,3$ %), geschweißt ${}^{+11,0}_{-5,5}$ % (absolut $16,5$ %)

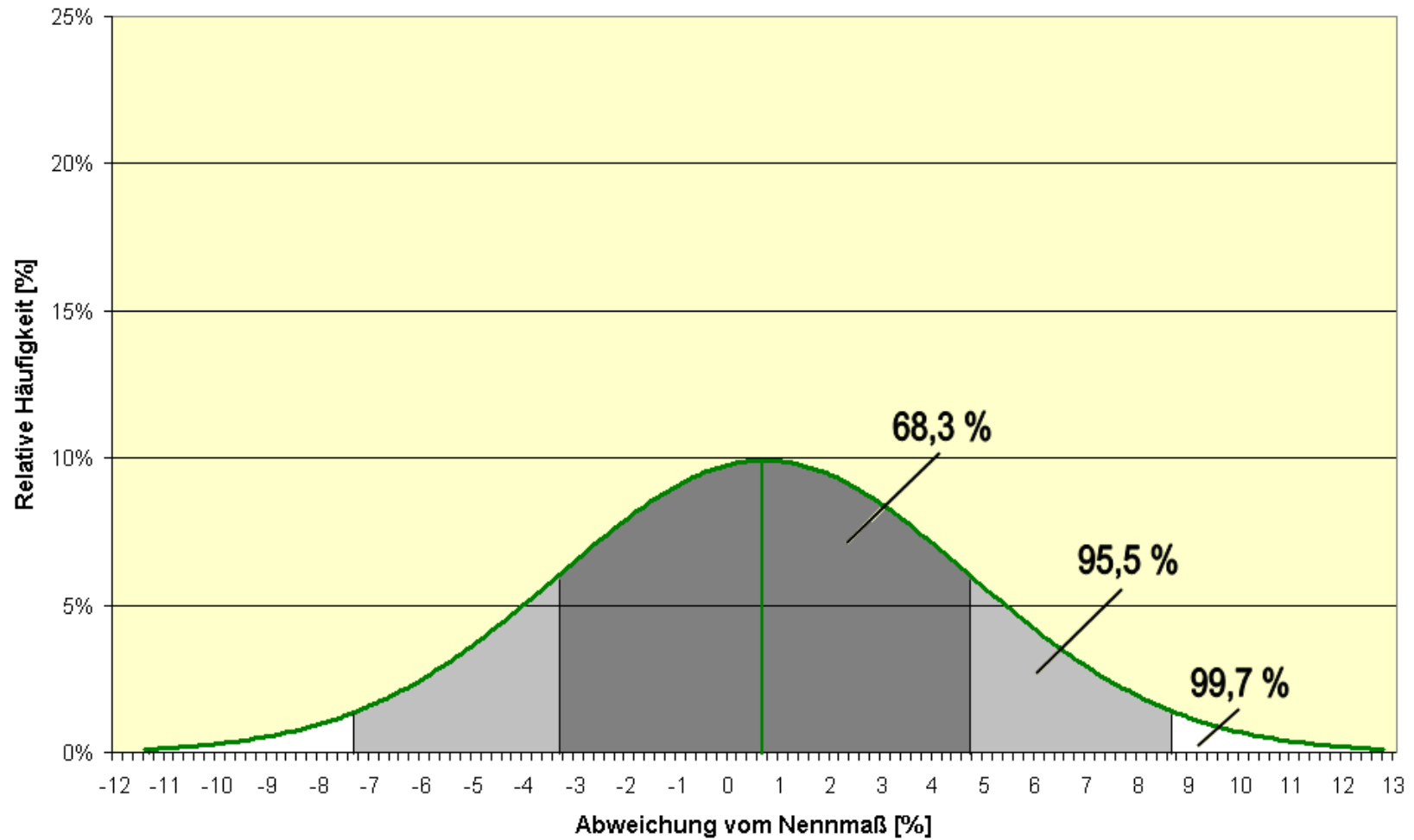
■ Annahmen:

- Aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Wandstärke und Lebensdauer werden die Streuungsbereiche der Fertigungstoleranzen als Streuungsbereiche der Lebensdauer angenommen
- Die realen Fertigungstoleranzen sind innerhalb der zulässigen Grenzen normalverteilt

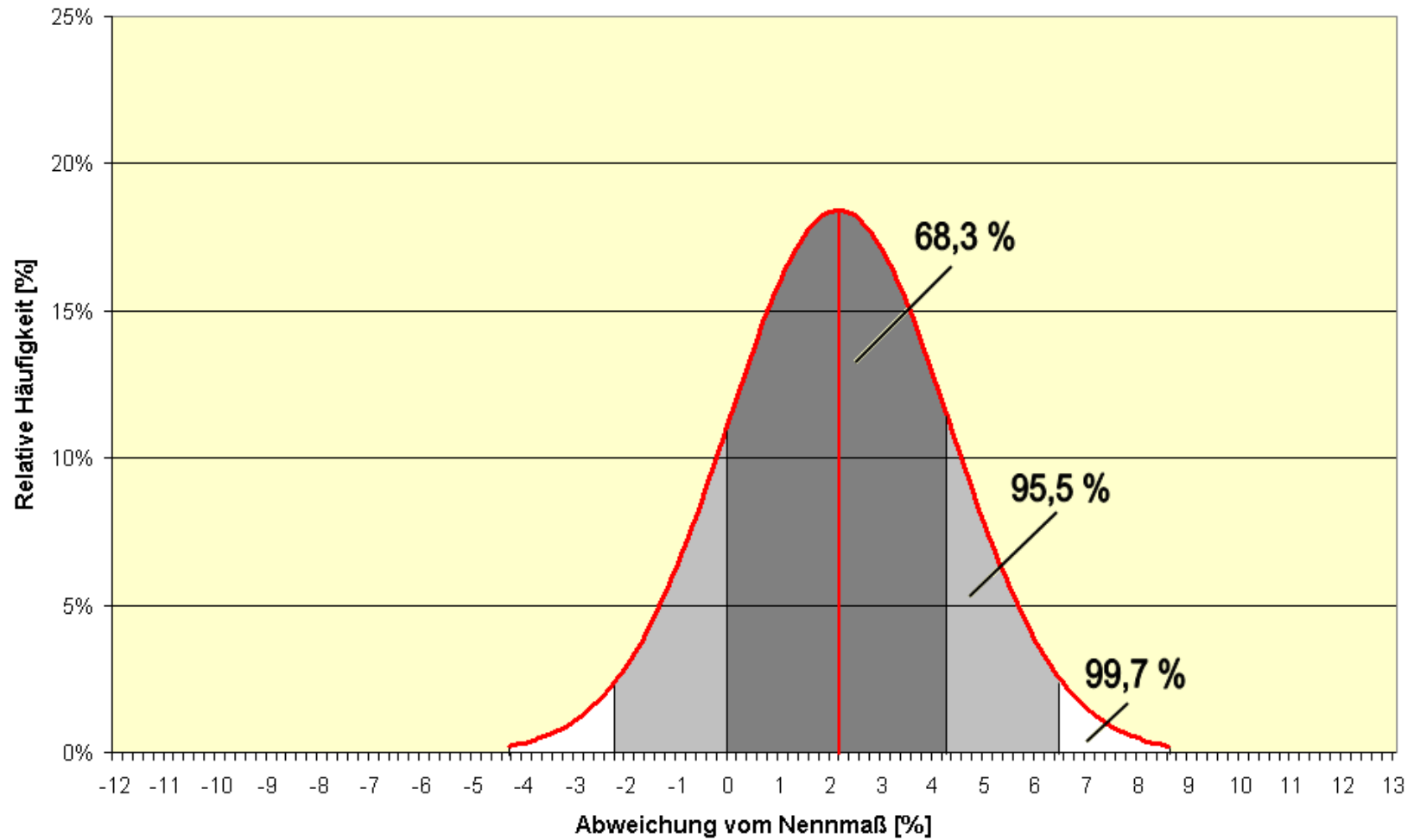
Resultierender Streuungsbereich - PE



Resultierender Streuungsbereich – Stahl, nahtlos

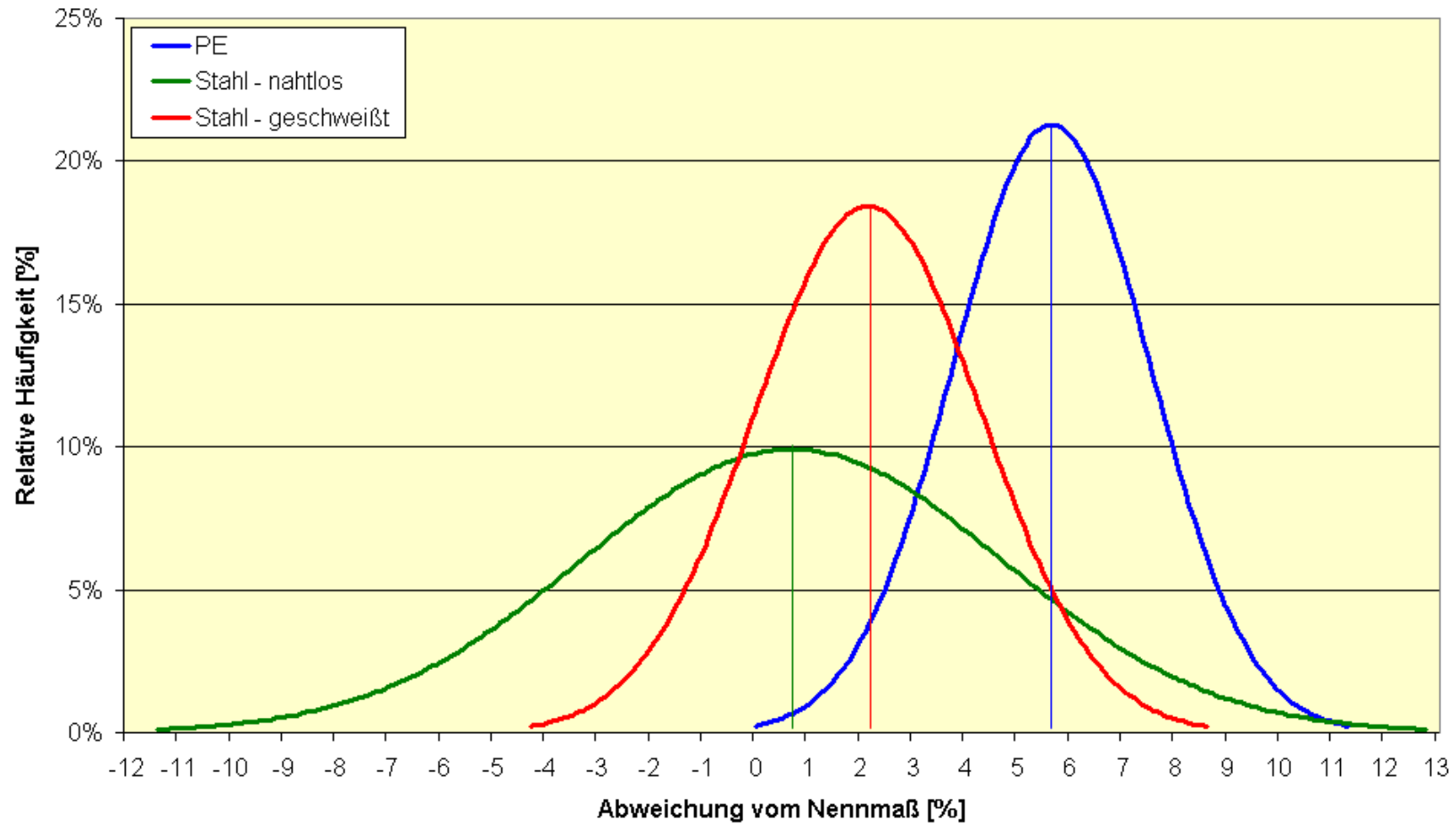


Resultierender Streuungsbereich – Stahl, geschweißt



Resultierender Streuungsbereich – Vergleich

Vergleich der Verteilungen der mittleren Streuungsbereiche



- Das Zeitfenster, in welchem mit dem Versagen von PE-Rohrleitungen gerechnet werden muss, kann als 11 % der Mindestlebensdauer (100 Jahre für PE 100) angenommen werden (100 - 111 Jahre)

- Bei Stahlleitungen streut das Zeitfenster um die mittlere Lebensdauer (Annahme 75 Jahre)
 - Nahtlos: 66 – 88 Jahre
 - Geschweißt : 72 – 81 Jahre

- Für langfristige Netzplanung ist eine gründliche Analyse des Netzes notwendig
- Empfohlen wird eine detaillierte, leitungsabschnittsbezogene Aufnahme des Schadensgeschehens
- Große Leitungslängen, deren Ausfall in einem kleinen Zeitfenster zu erwarten ist, verursachen erhebliche Investitionspeaks
- Durch gezielte Neuverlegung vor dem eigentlichen Austauschzeitpunkt können diese Peaks vermieden und das benötigte Budget vergleichmäßig werden
- Für langfristige Netz- und Investitionsplanung kann auf entsprechende Software zurückgegriffen werden

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**
