



**FITR-Informationsveranstaltung
„Instandhaltungsstrategien für städtische Versorgungsnetze“**

Instandhaltungsmanagement

mit

KANEW

Ingo Kropp, Dresden



- Kurzvorstellung Baur+Kropp
- Kanew-Analyserahmen
 - Zustandsanalyse
 - Rehabilitationsstrategien
 - Prioritätenplanung



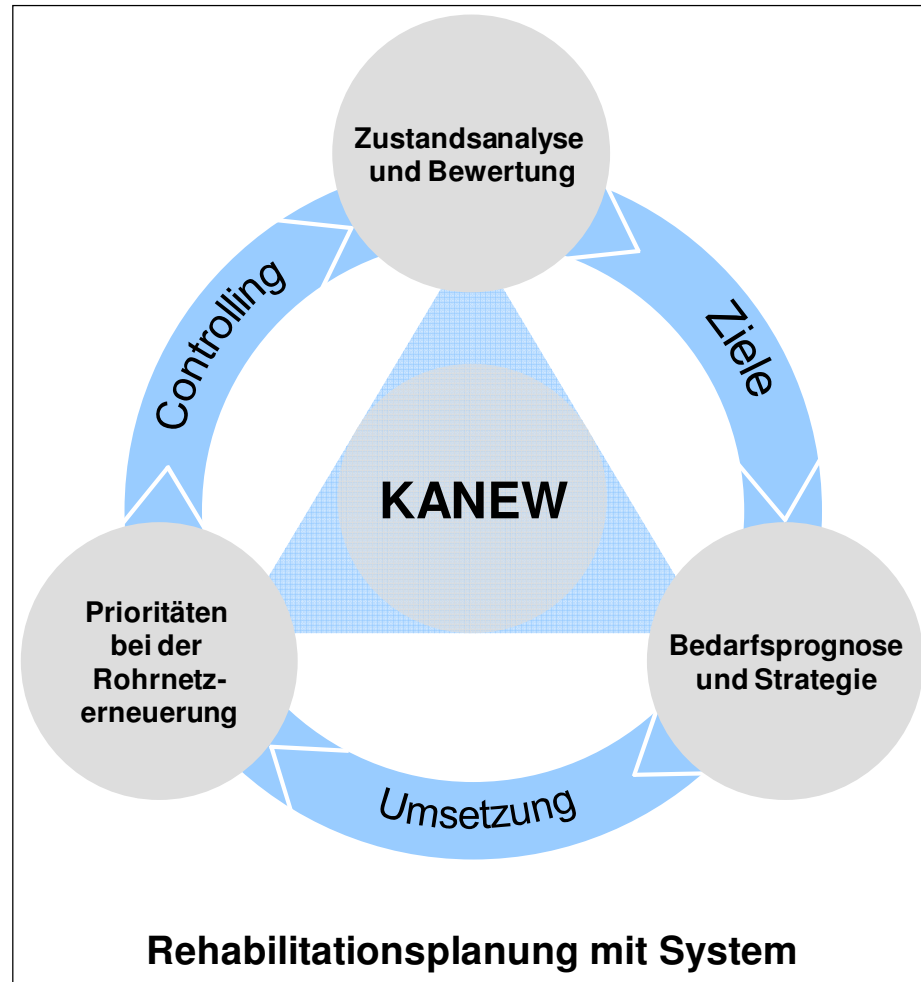
seit 1996 Mitarbeit an Gutachten und Studien im
Rahmen der Tätigkeit am Lehrstuhl
Stadtbauwesen der TU Dresden

Juli 2003 Gründung des Ingenieurbüros
durch Dr.-Ing. Rolf Baur und
Dipl.-Ing. Ingo Kropp

Schwerpunkte der Tätigkeit

- Tätig für Kommunen und Netzbetreiber in Deutschland und im Ausland
- Studien und Softwareentwicklung zum Instandhaltungsmanagement von städtischen Infrastrukturnetzen (Wasser, Abwasser, Energie) sowie
- Untersuchungen zur Infrastruktur im Rahmen der Stadtentwicklungsplanung (Stichwort „Stadtumbau“)

Zustandsorientiertes Instandhaltungsmanagement ermöglicht den nachhaltigen Betrieb städtischer Rohrleitungsnetze.

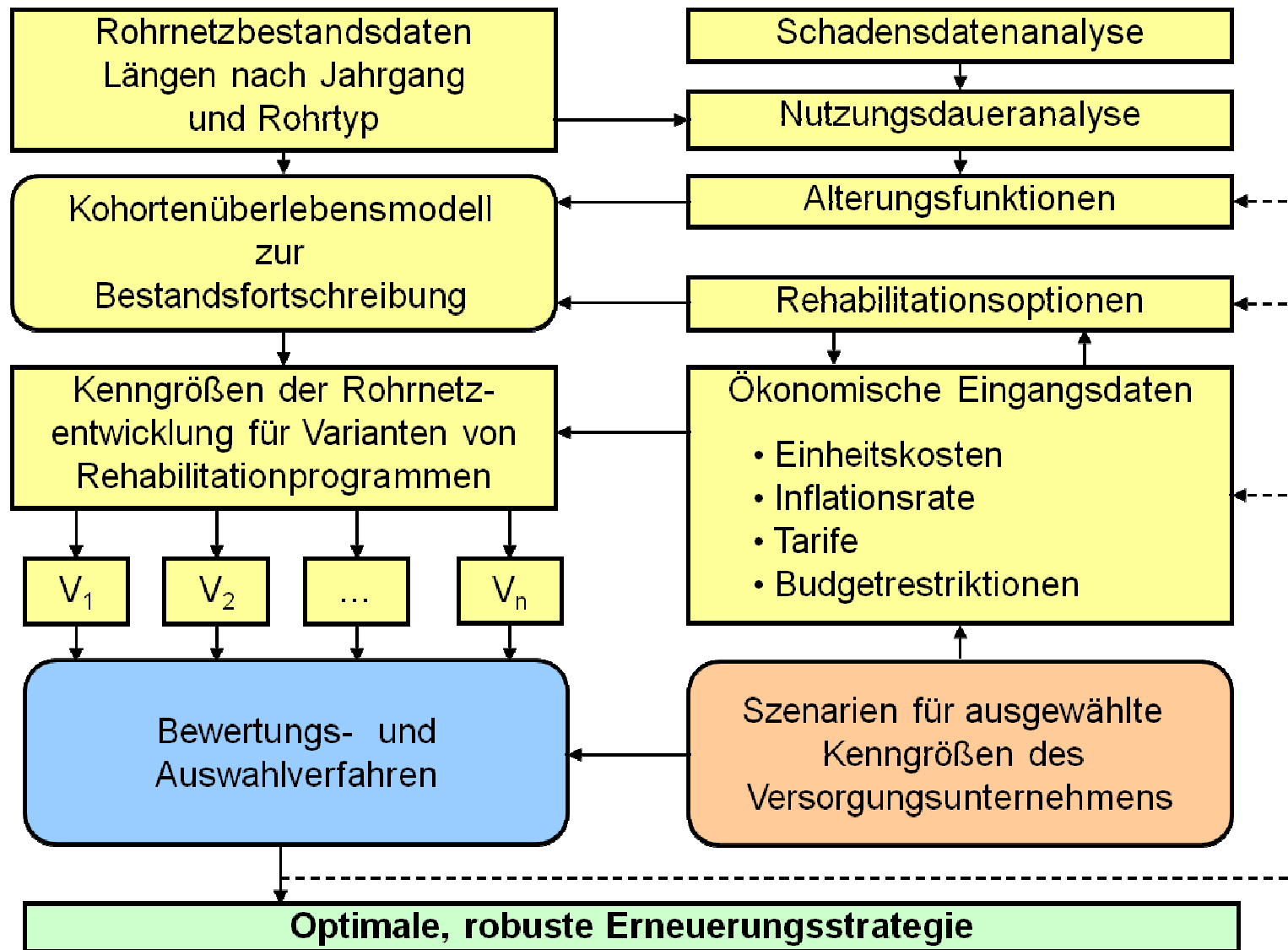


KANEW-Analyserahmen

Software und Methoden

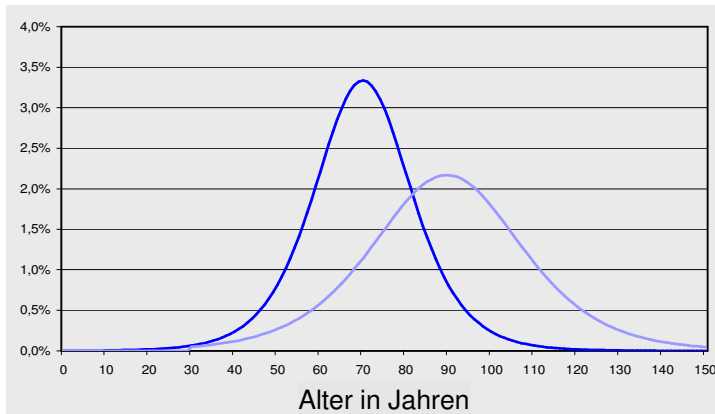
- Statistische Analysen
- Alterungsmodelle für Prognosen und Strategiesimulationen
- Multi-kriterielle Bewertungsverfahren
- Dynamische Investitionsrechnung

Das zugrunde liegendes Alterungsmodell wird in DVGW W401 und G401 als Methode empfohlen

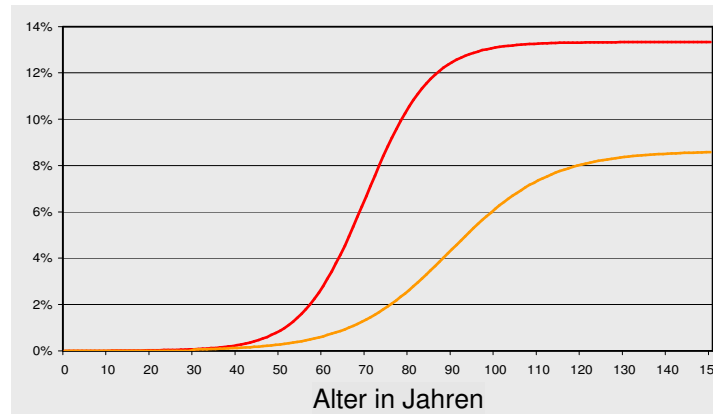




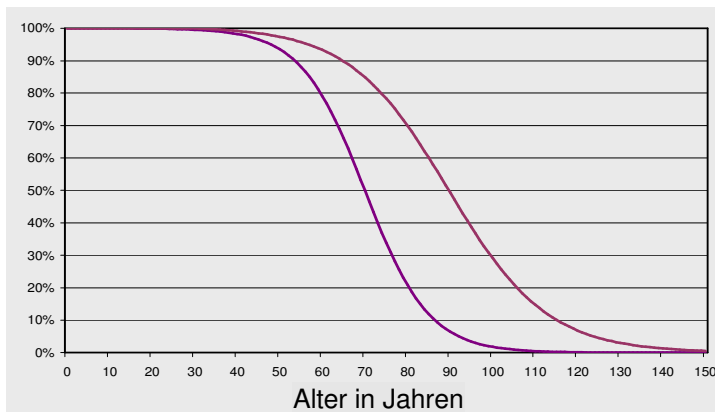
Verteilungsdichtefunktion



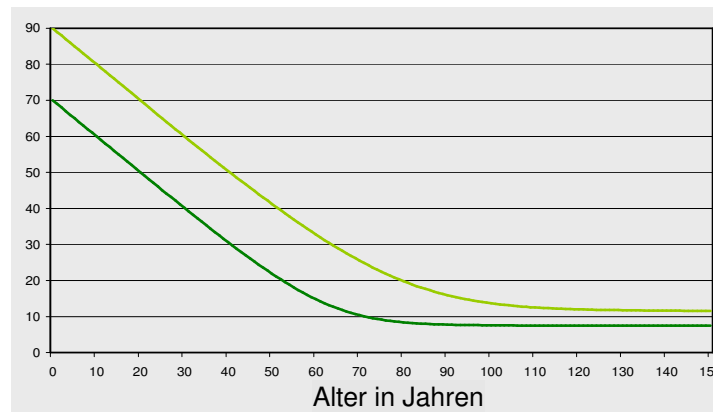
Ausfallrate



Überlebensfunktion



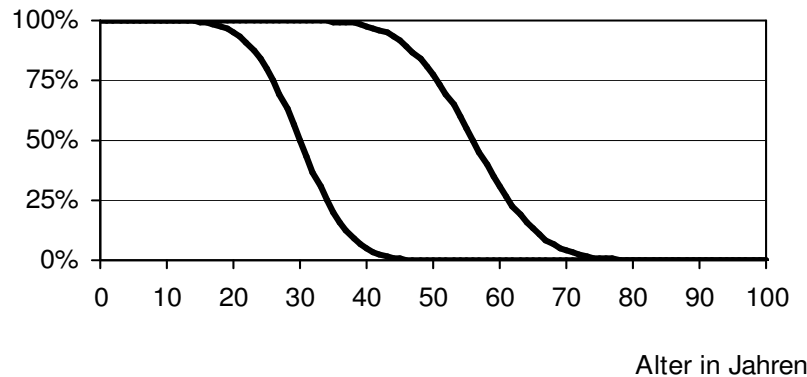
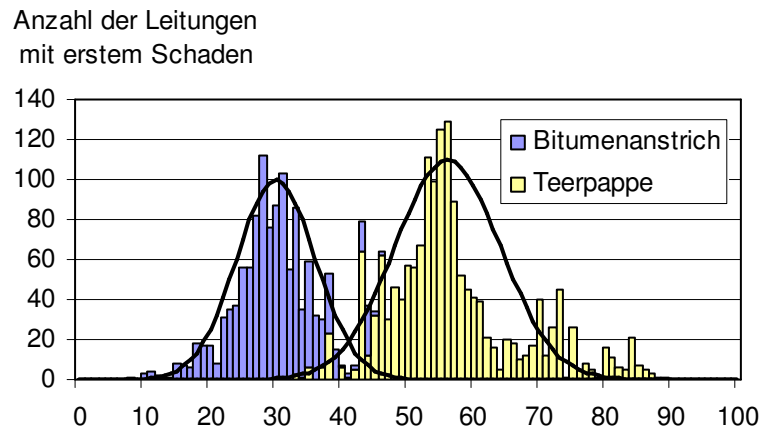
Restlebenserwartung





- Analyse von Störungen (Schadensereignissen) aus der Vergangenheit
 - gibt Aufschluss über die tatsächliche Alterung der Netzelemente
- Analyse der Erneuerungsaktivitäten in der Vergangenheit
 - berücksichtigt die vergangene Rehabilitationspolitik, auch beeinflusst durch externe Maßnahmen, z.B. koordinierte Erneuerung
- Berücksichtigung der zukünftigen Rehabilitationspolitik
 - Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Rehabilitationspolitik

Beispiel: Stahlleitungen (Überprüfung im konkreten Anwendungsfall immer erforderlich!!!)

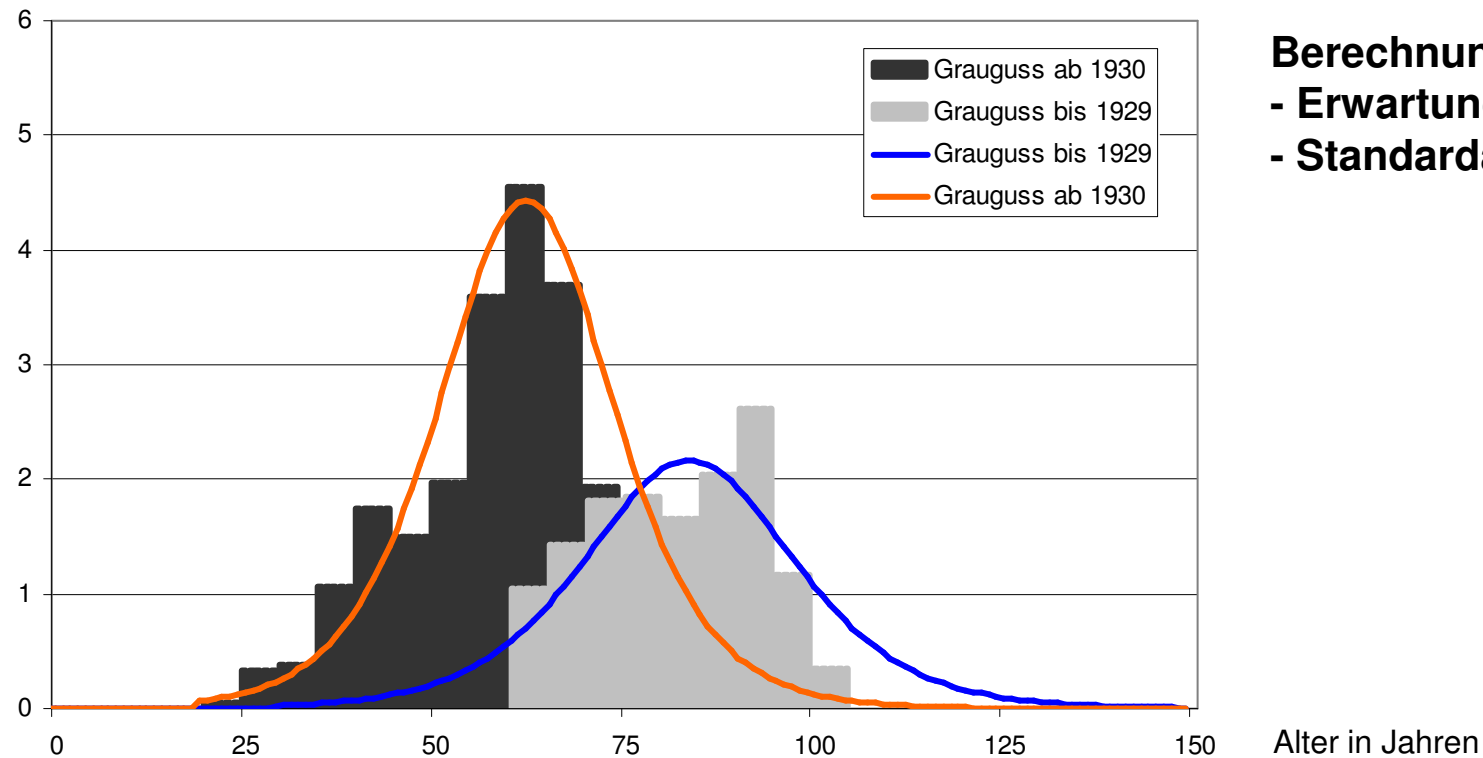


Häufigkeitsdichteverteilung hier:
des Alters einer Leitung beim ersten Schaden

→ **Verteilungsdichtefunktion** $f(t)$ mit Erwartungswert und Standardabweichung

Beispiel: Gusseisen (Überprüfung im konkreten Anwendungsfall immer erforderlich!!!)

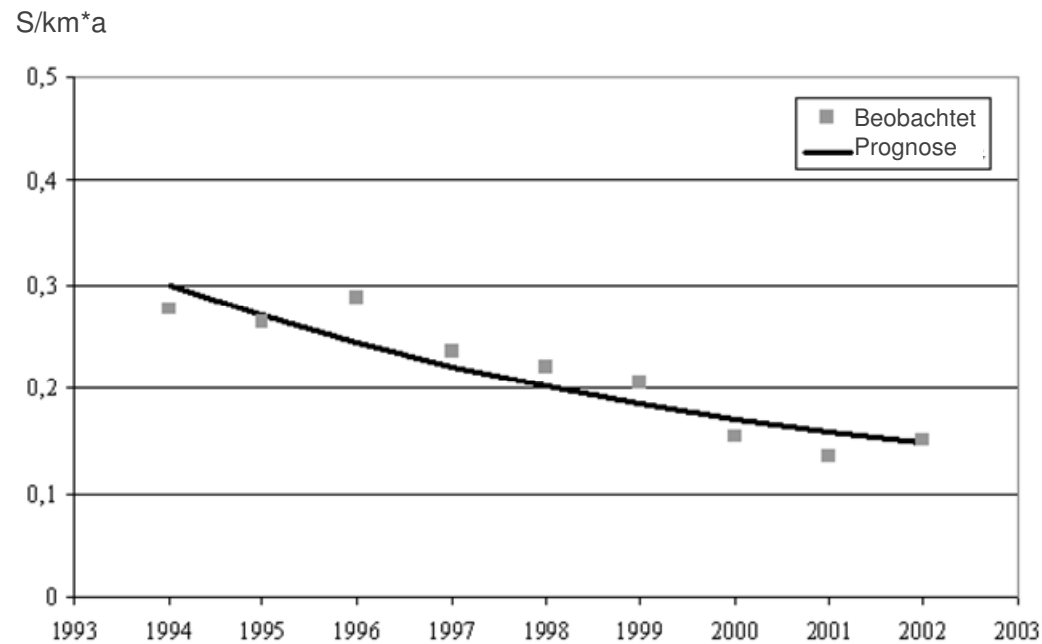
Erneuerungslänge
in km



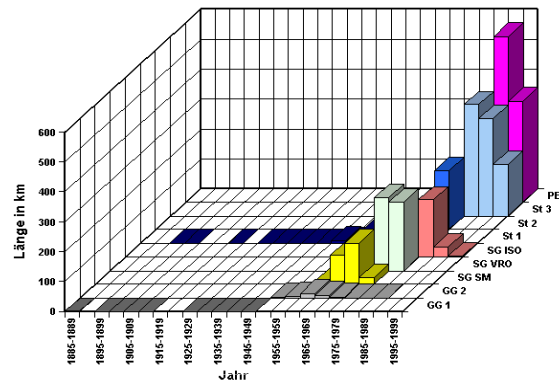
Berechnung von
- Erwartungswert
- Standardabweichung



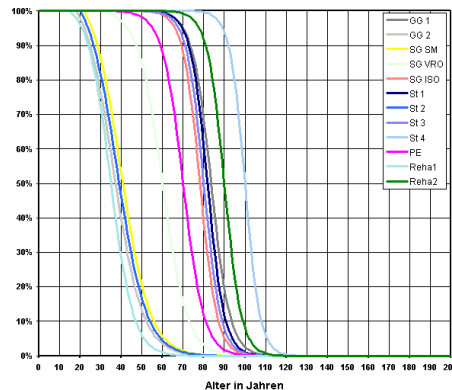
- Aktuelle Schadensraten als Startwert
- jährliche Steigerung bei „Nichts-tun“
- Berücksichtigung der Effizienz der Erneuerung
im Beispiel: Effizienzfaktor 5
→ Schadensrate der erneuerten Leitungen weist einen
5-fach höheren Wert auf als der Netzdurchschnitt



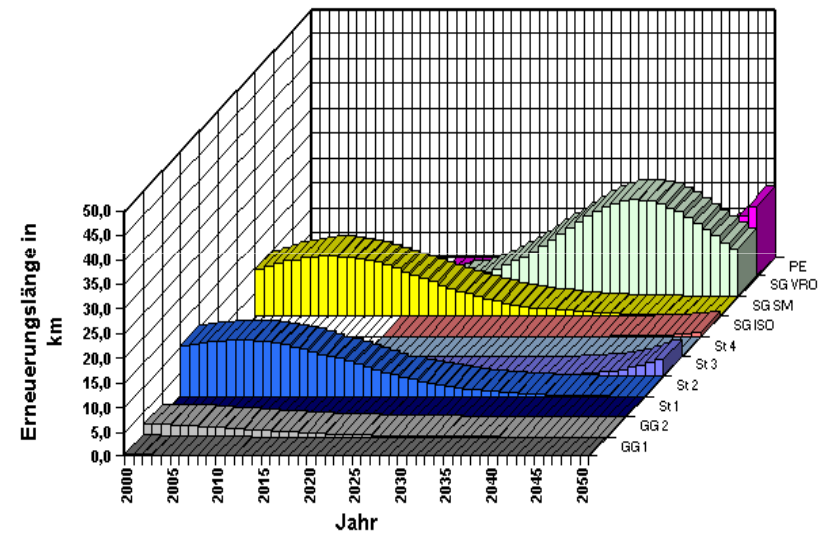
Alterungsprognose für Leitungsnetze



Bestand nach Rohrtypen und Baujahr



Überlebensfunktionen nach Herz-Verteilung



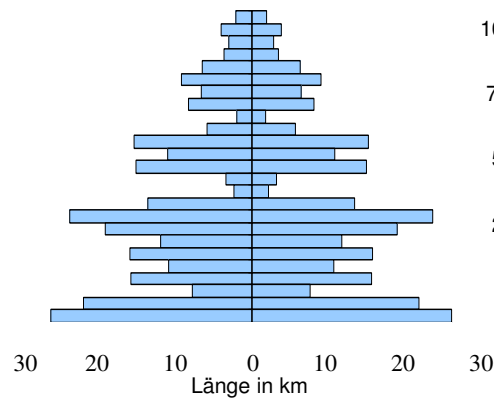
Prognostizierter Erneuerungsbedarf



Bauperiode
(5 Jahre)

1875
1900
1925
1950
1975
2000
2025
2050
2075
2100

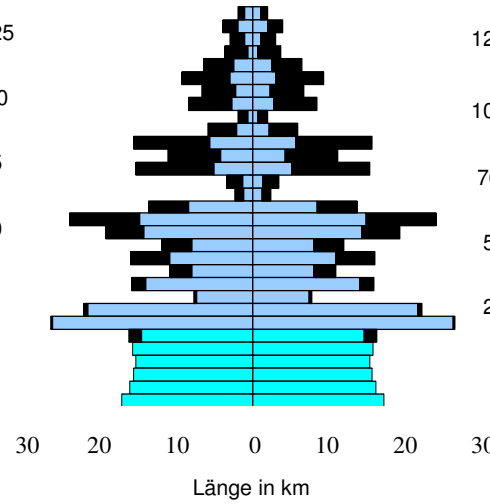
2000



Alter

101-125
76-100
51-75
26-50
1-25

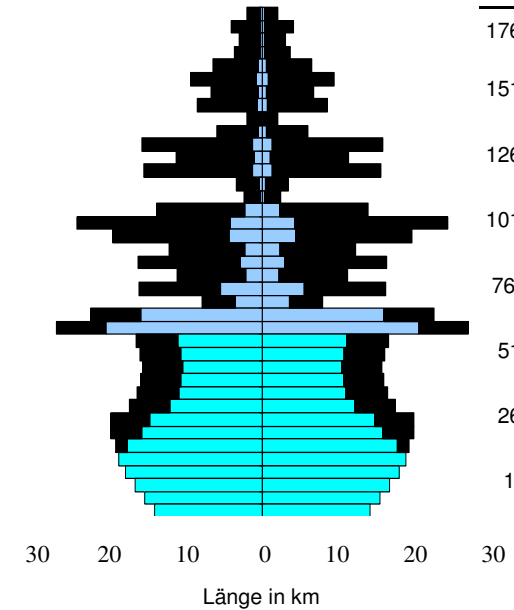
2030



Alter

126-155
101-125
76-100
51-75
26-50
1-25

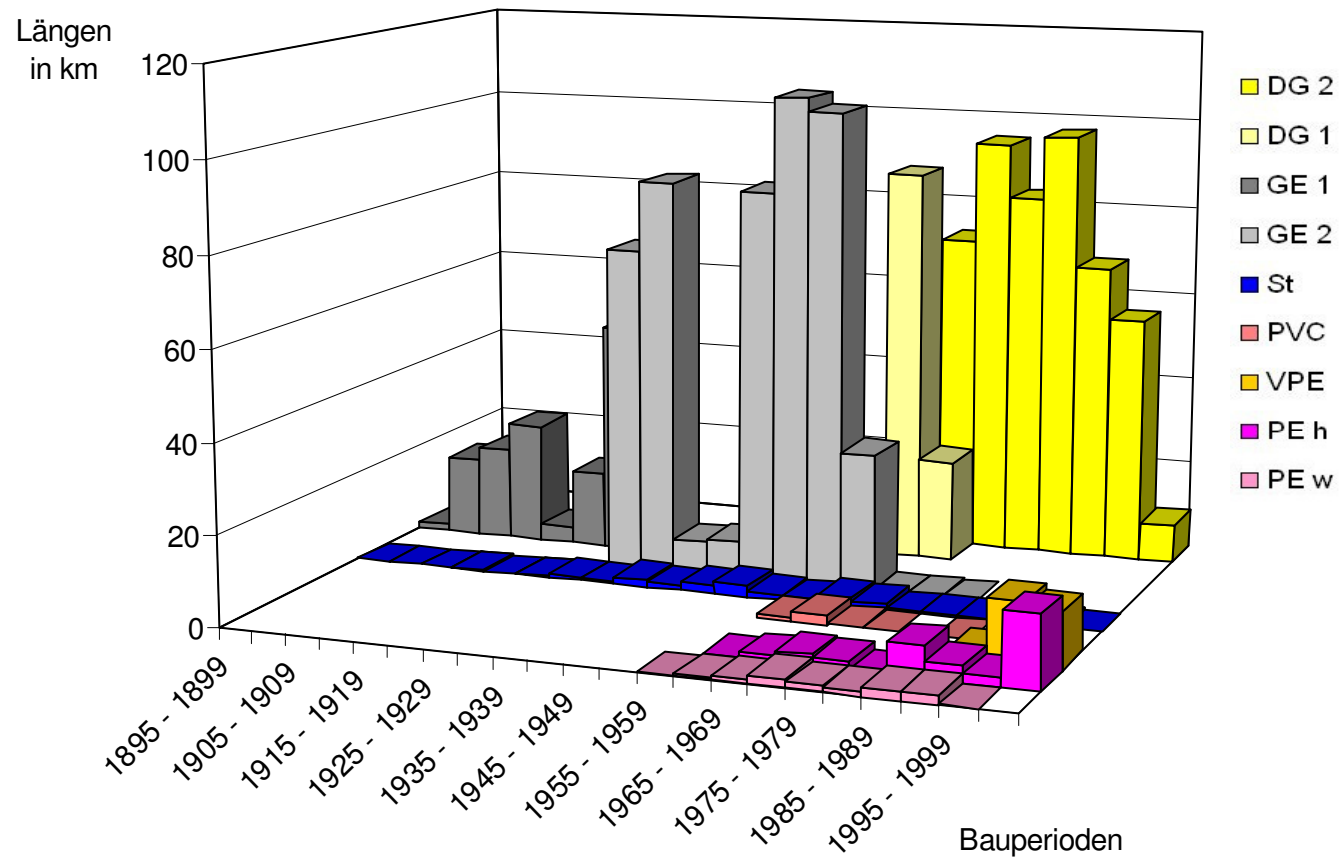
2070



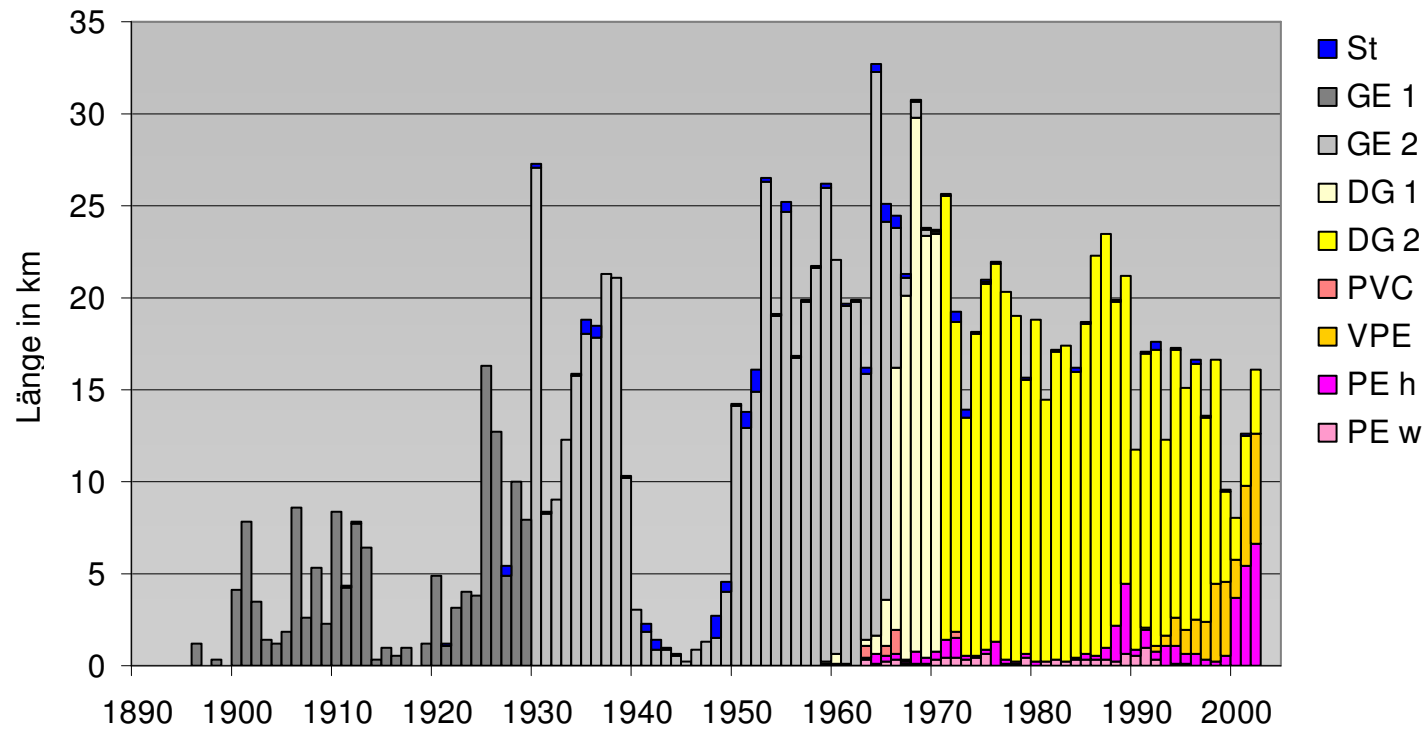
Alter

176-195
151-175
126-150
101-125
76-100
51-75
26-50
1-25

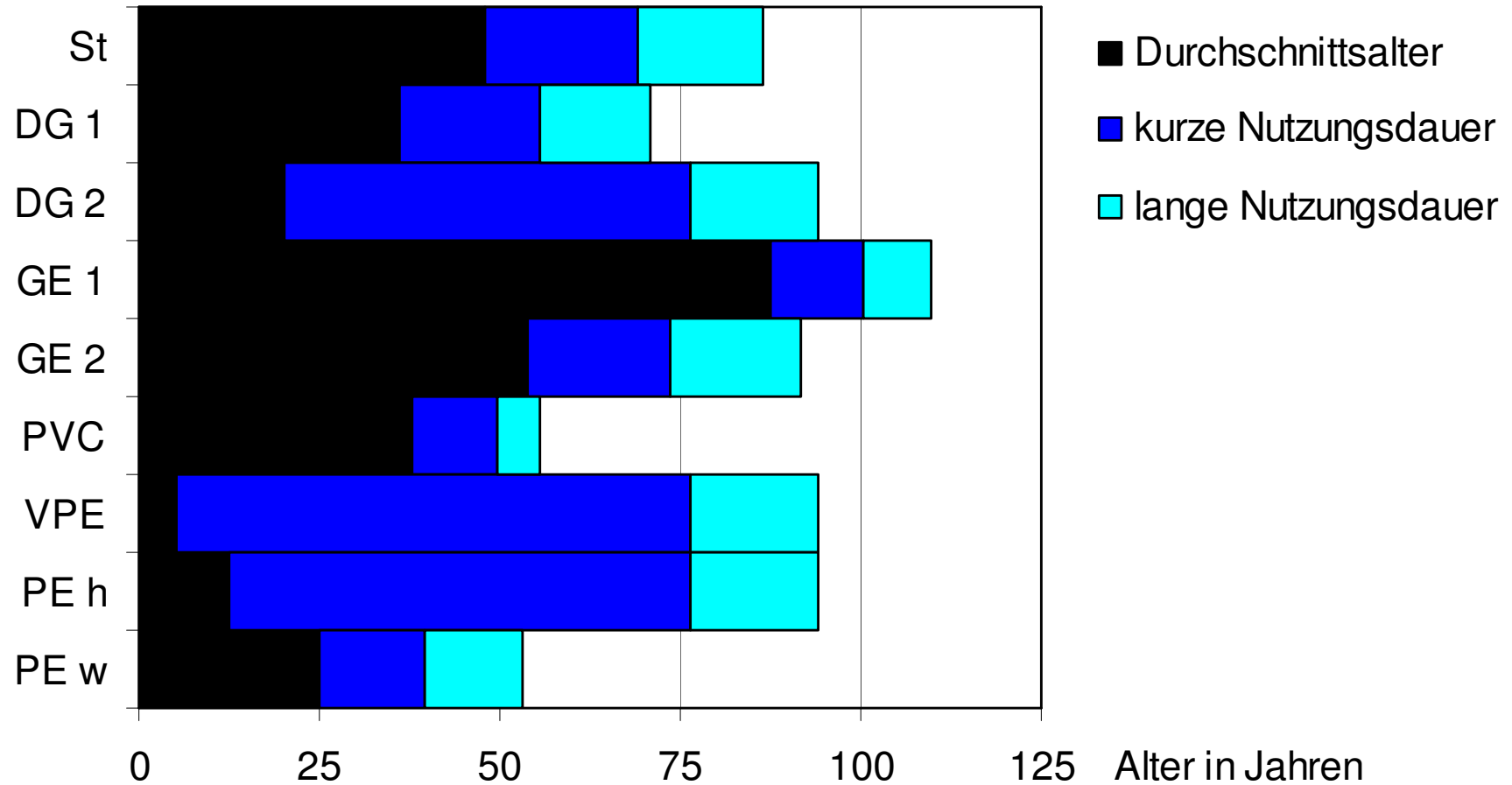
Leitungsbestand der Rohrtypen nach Bauperioden



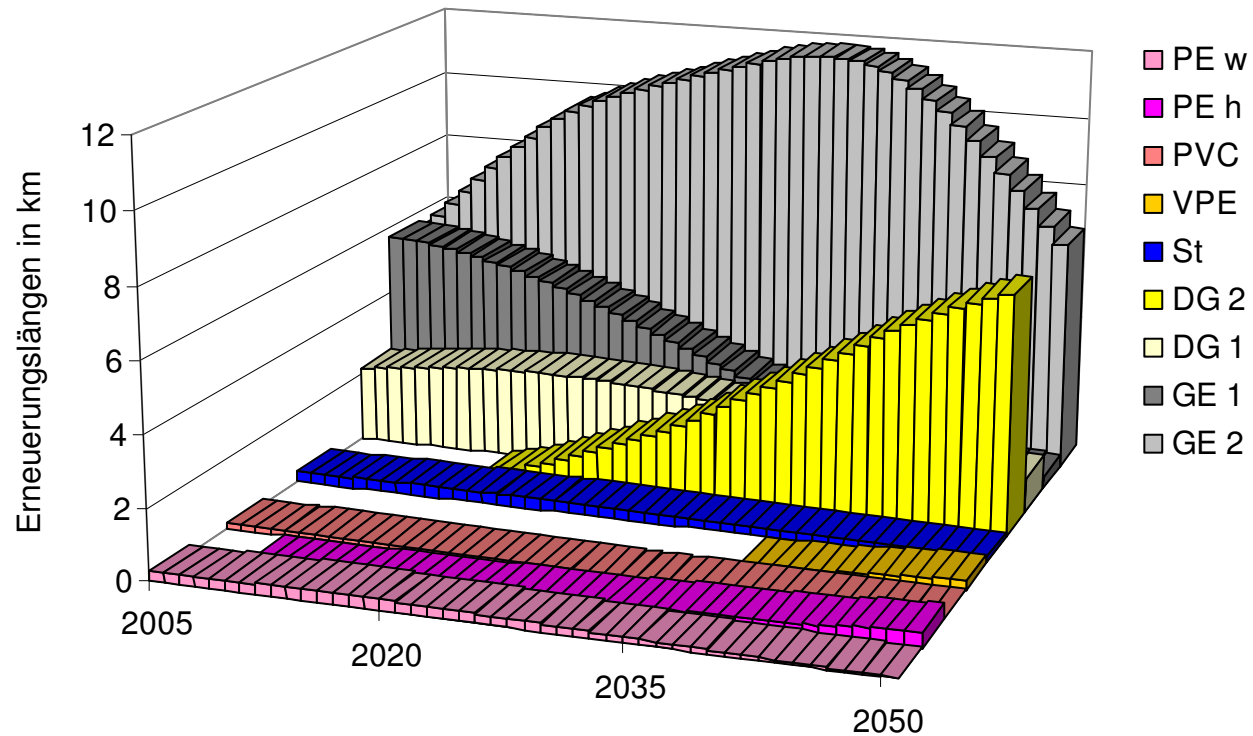
Längen der Rohrtypen im Netz nach Installationsjahrgängen

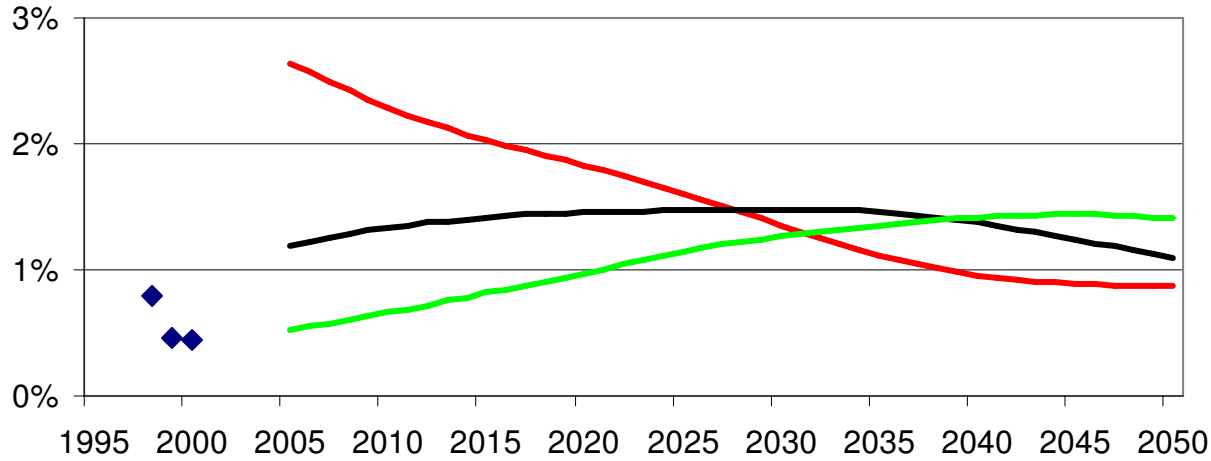


Rohrtyp	GE 1	GE 2	DG 1	DG 2	St	PVC	PE w	PE h	VPE
S/km*a ₁₀	0,84	0,50	0,25	0,11	0,52	0,43	0,08	0,19	0,02
S/km*a ₅	0,61	0,35	0,18	0,06	0,40	0,06	0,06	0,17	0,03



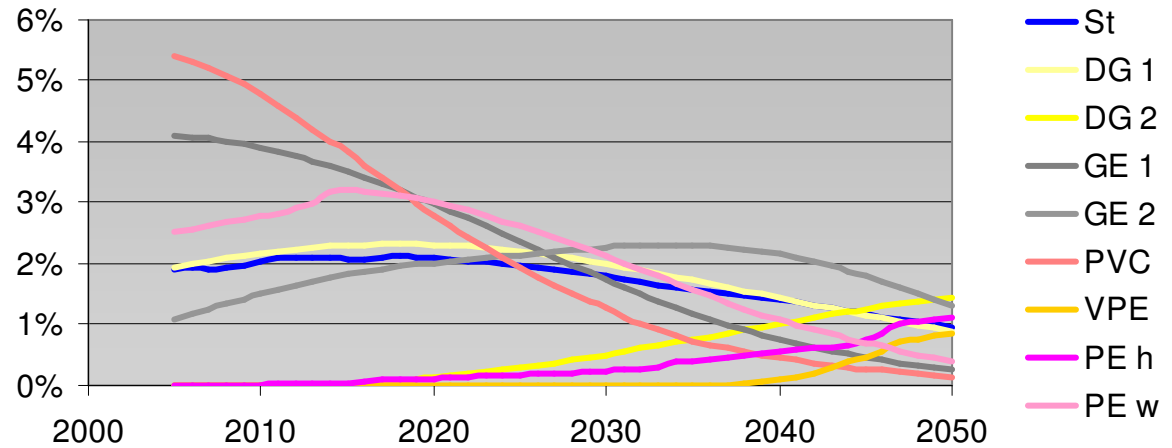
Erneuerungslängen der Rohrtypen für mittlere Nutzungsdauern





← Gesamtnetz

für einzelne
Rohrtypen →





Entwicklung einer Instandhaltungsstrategie

auf der Basis

- des aktuellen Netzbestands
- statistischer Auswertungen von Schadensfällen an Rohrtypen
- über deren Liegezeit und in ihrer zeitlichen Entwicklung
- spezifischer Reparatur- und Rehabilitationskosten
- prognostizierter mittel- bis langfristiger Wirkungen
- unterschiedlicher Strategievorgaben

erlaubt

- systematische Suche und Auswahl der „besten“ Rehabilitationsstrategie
- in einem interaktiven Lernprozess
- unter aktiver Mitwirkung aller Beteiligten.



Folgende Strategieszzenarien können mit KANEW simuliert werden:

1. Operate to failure (Nichts-Tun)

- keine Rehabilitationaktivitäten während der Strategiephase
- weiterhin Schadens- und Leckageprognose
- dient als Referenzszenario

2. Rehabilitation entsprechend Erneuerungsbedarfsprognose

- Rehabilitation wird gemäß dem prognostizierten Bedarf durchgeführt

3. Rehabilitation entsprechend definiertem Rehabilitationsprogramm

- individuelle Festlegung von Rehabilitationsaktivitäten
- Berücksichtigung bestehender Einschränkungen (z.B. Budget oder Personal)

4. Rehabilitation entsprechend eines vorgegebenen Service-Levels

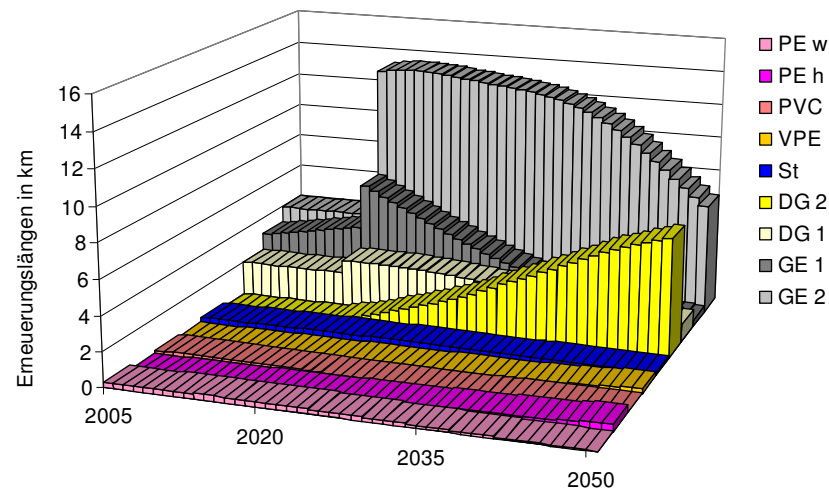
- Vorgabe einer Zielgröße, z.B. Zielschadensrate oder erlaubte Anzahl von Unterbrechungen
- Ermittlung des entsprechenden Erneuerungsprogramms mit dem dieses Ziel erreicht werden kann



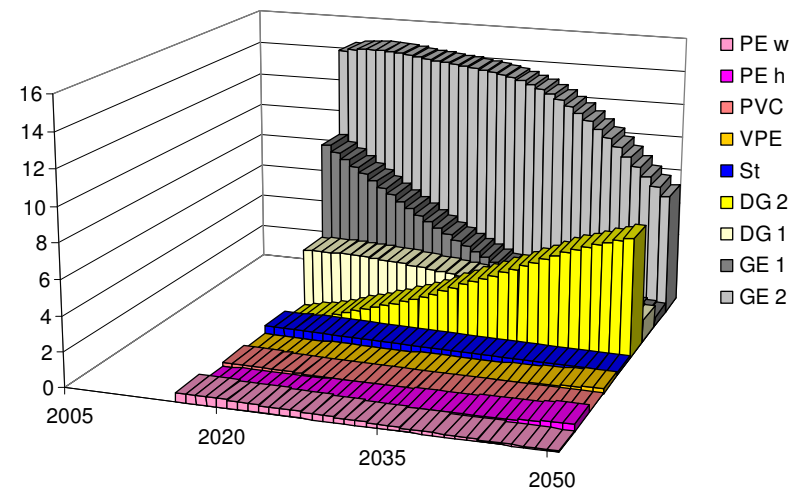
Strategie 1 legt Erneuerungsraten für die Rohrtypen fest, wobei entsprechend der Rehabilitationsleistung der letzten Jahre eine Netzerneuerungsrate von 0,8% angestrebt wird.

Strategie 2 ist die Null-Variante, d.h. bis 2015 werden ausschließlich Rohrbrüche und Leckagen repariert und es findet keine Auswechslung oder Sanierung von Leitungen statt.

Erneuerungslängen für Strategie 1

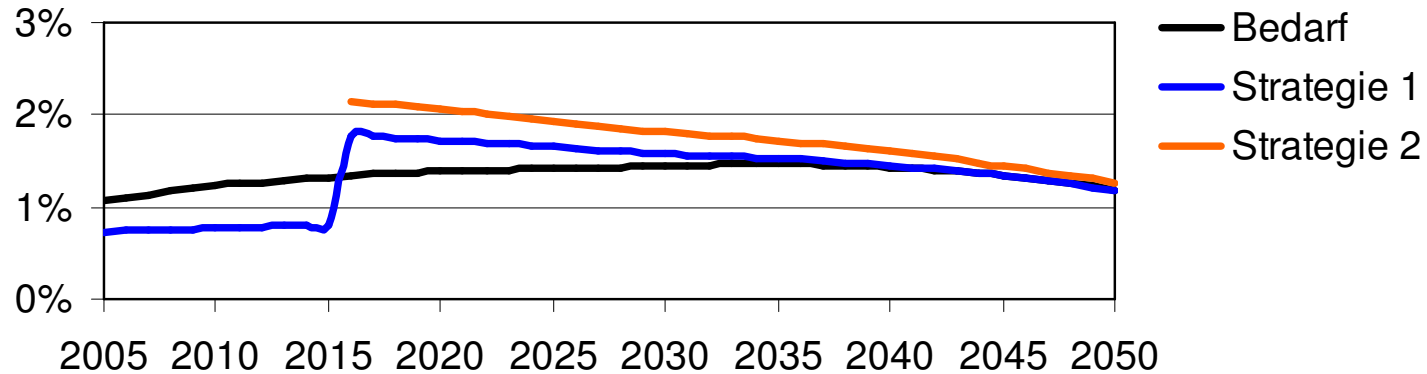


Erneuerungslängen für Strategie 2

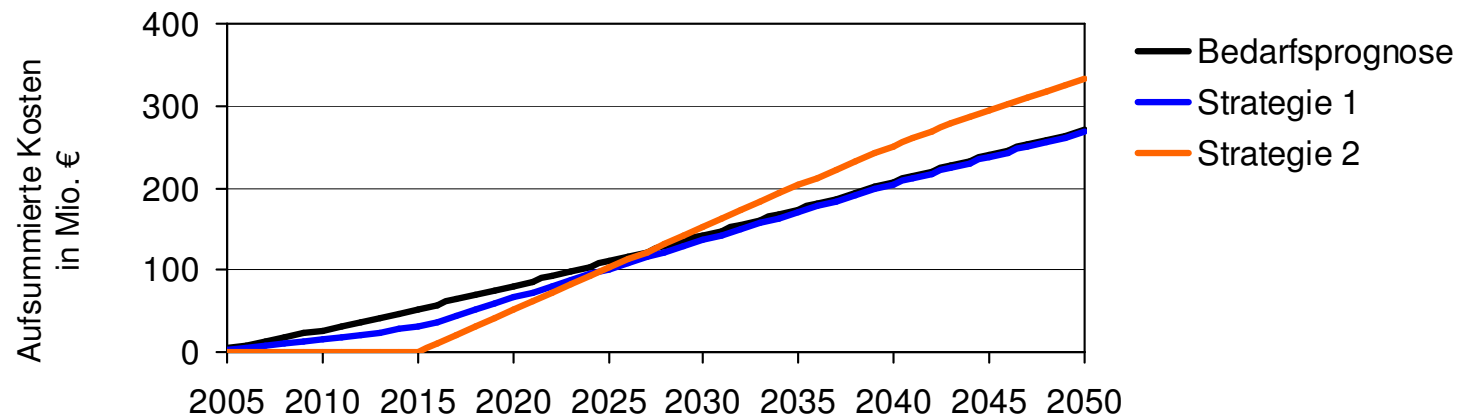




Netzerneuerungsraten bei mittlerer Nutzungsdauer

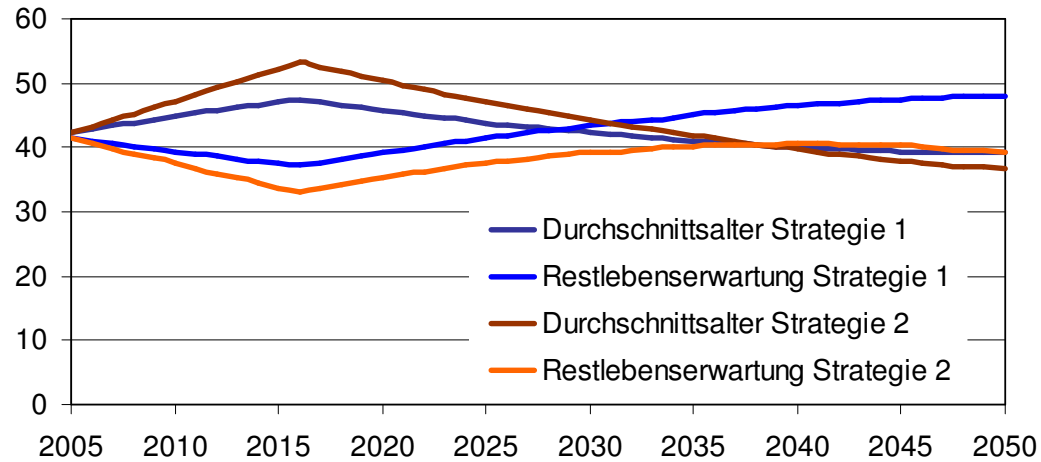


Entwicklung der aufsummierten Investitionskosten

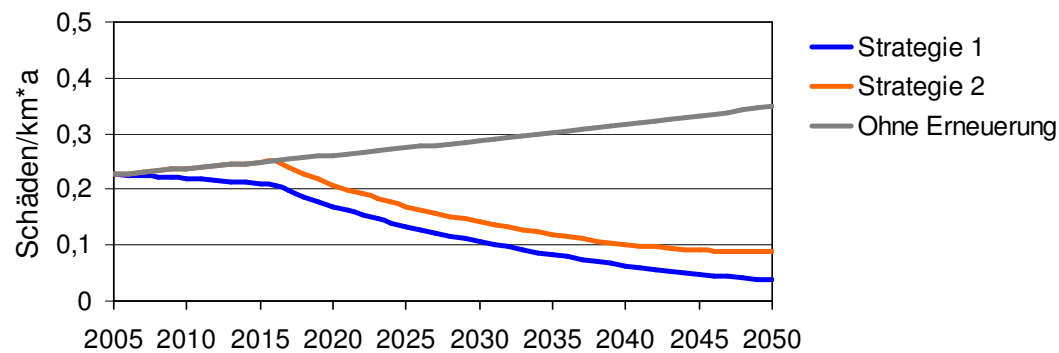




Durchschnittsalter und Restlebenserwartung bei mittlerer Nutzungsdauer

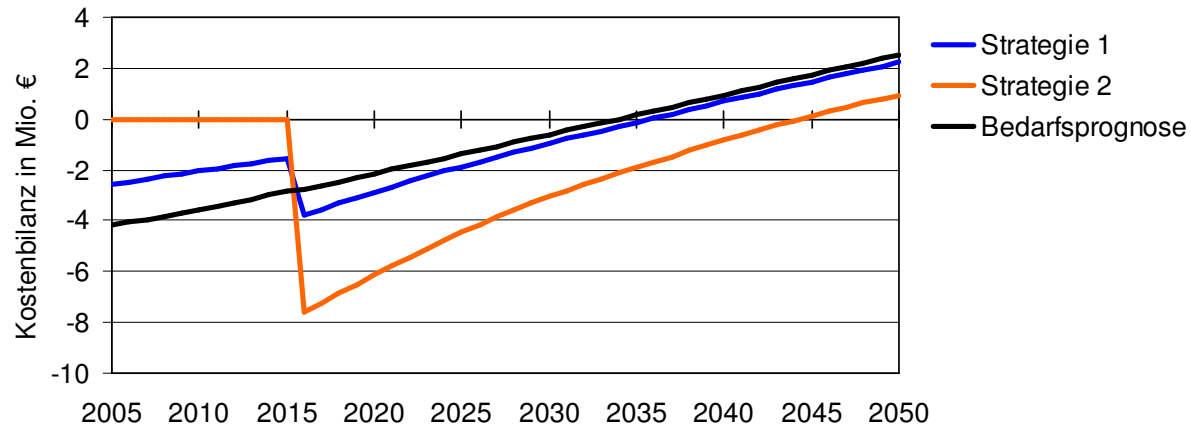


Entwicklung der Schadensraten

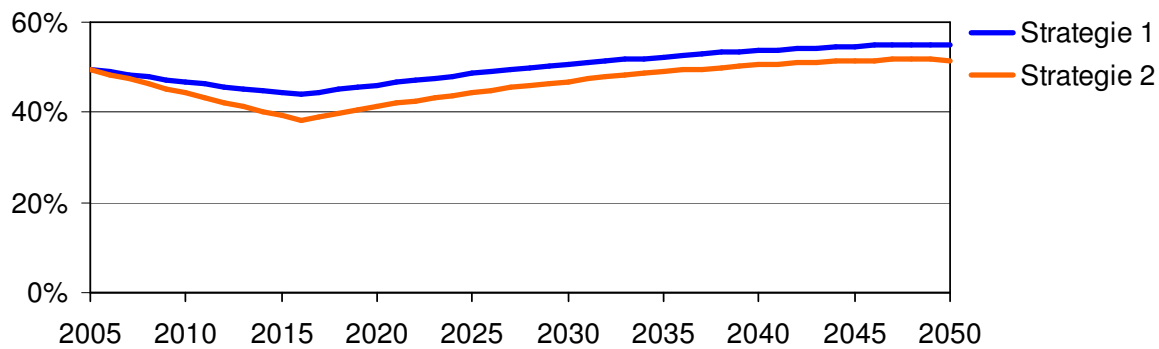


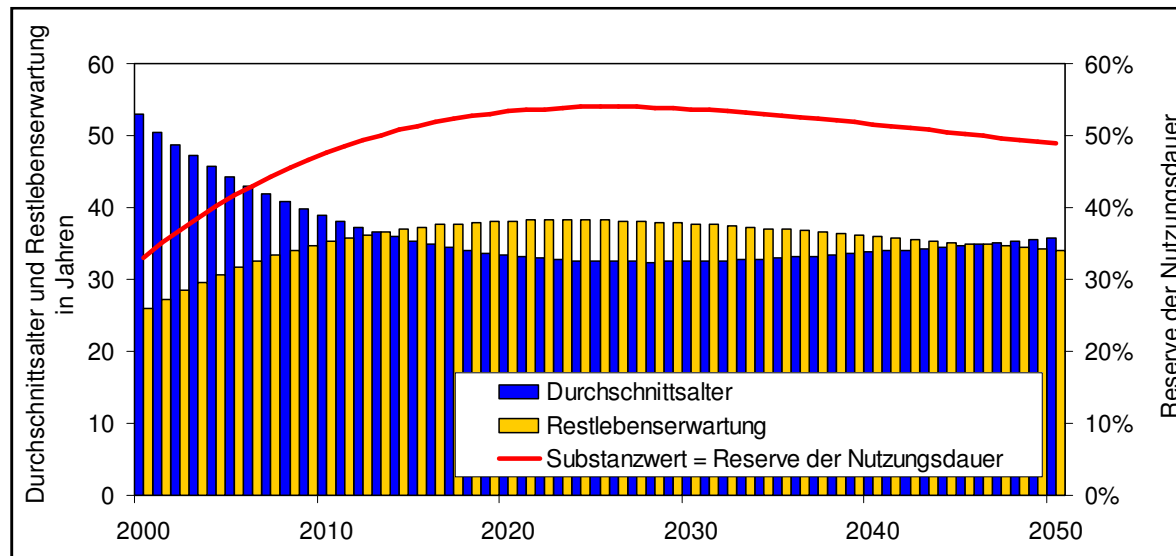


Kostenbilanz der Strategien



Entwicklung des Substanzwertes





Durchschnittsalter,
Restnutzungsdauer
und Substanzwert

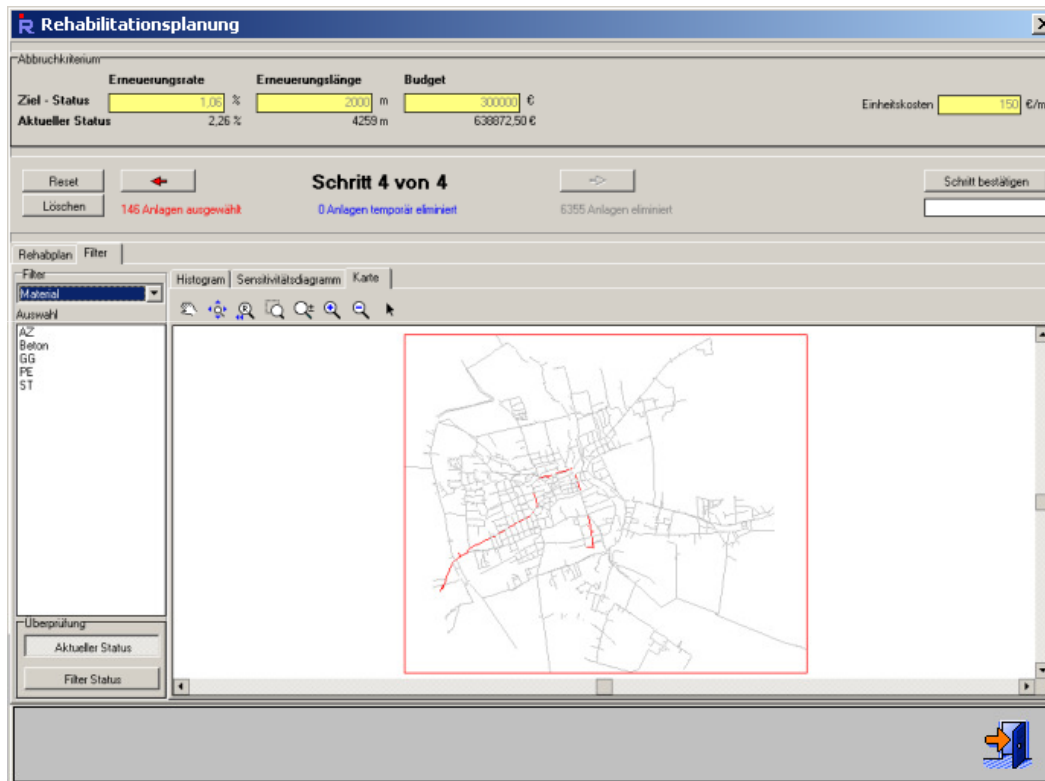
$$\text{Reserve der Nutzungsdauer} = \frac{\text{Restlebenserwartung}}{\text{Restlebenserwartung} + \text{Alter}}$$



Vorteile und Nachteile alternativer Strategien

Kriterien	Strategie 1		Strategie 2	
	2015	2040	2015	2040
Netzerneuerungsrate	0,8 %	1,4 %	0 %	1,6 %
Aufsummierte erneuerte Netzlänge	159 km	650 km	0 km	622 km
Aufsummierte Investitionskosten	30	204	0	251
Eingesparte Reparaturkosten in Mio.€	0,03	1,6	0	0,9
Kostenbilanz in Mio.€	- 1,6	0,7	0	- 0,8
Durchschnittsalter	47 Jahre	40 Jahre	52 Jahre	40 Jahre
Restnutzungsdauer	37 Jahre	46 Jahre	34 Jahre	41 Jahre
Substanzwert	44%	54%	39%	51%

Verwendung eines unternehmensspezifischen Kriterienkatalogs
→ Bestimmung effizienter Erneuerungsprojekte unter Berücksichtigung harter und weicher Kriterien (technisch, ökonomisch, sozial)



Kriterienauswahl:

- **Schadensdynamik**
- **Restnutzungsdauer**
- **Substanzwert**
- Leistungsfähigkeit
- Qualität
- *koordinierte Maßnahmen*
- *Gefährdungsrisiko (betroffene Kunden, Verkehrsdichte, Umgebung etc.)*
- *wirtschaftliche Nutzungsdauer des Einzelobjekts*



Anwendung eines Regressionsmodells der Form

$$S = \underbrace{(1 + \alpha_j)}_{\text{Yule Factor}} \underbrace{\delta t^{\delta-1}}_{\text{Weibull Factor}} \underbrace{\exp(\mathbf{Z}^T \boldsymbol{\beta})}_{\text{Cox Factor}}$$

- $\alpha \rightarrow$ Einfluss bereits aufgetretener Schäden
- $\delta \rightarrow$ Einfluss der „Alterung“ ($\delta=1 \rightarrow$ keine Alterung)
- $\beta \rightarrow$ Einfluss der Regressionskoeffizienten,
z.B. Material, Dimension, Bodenart

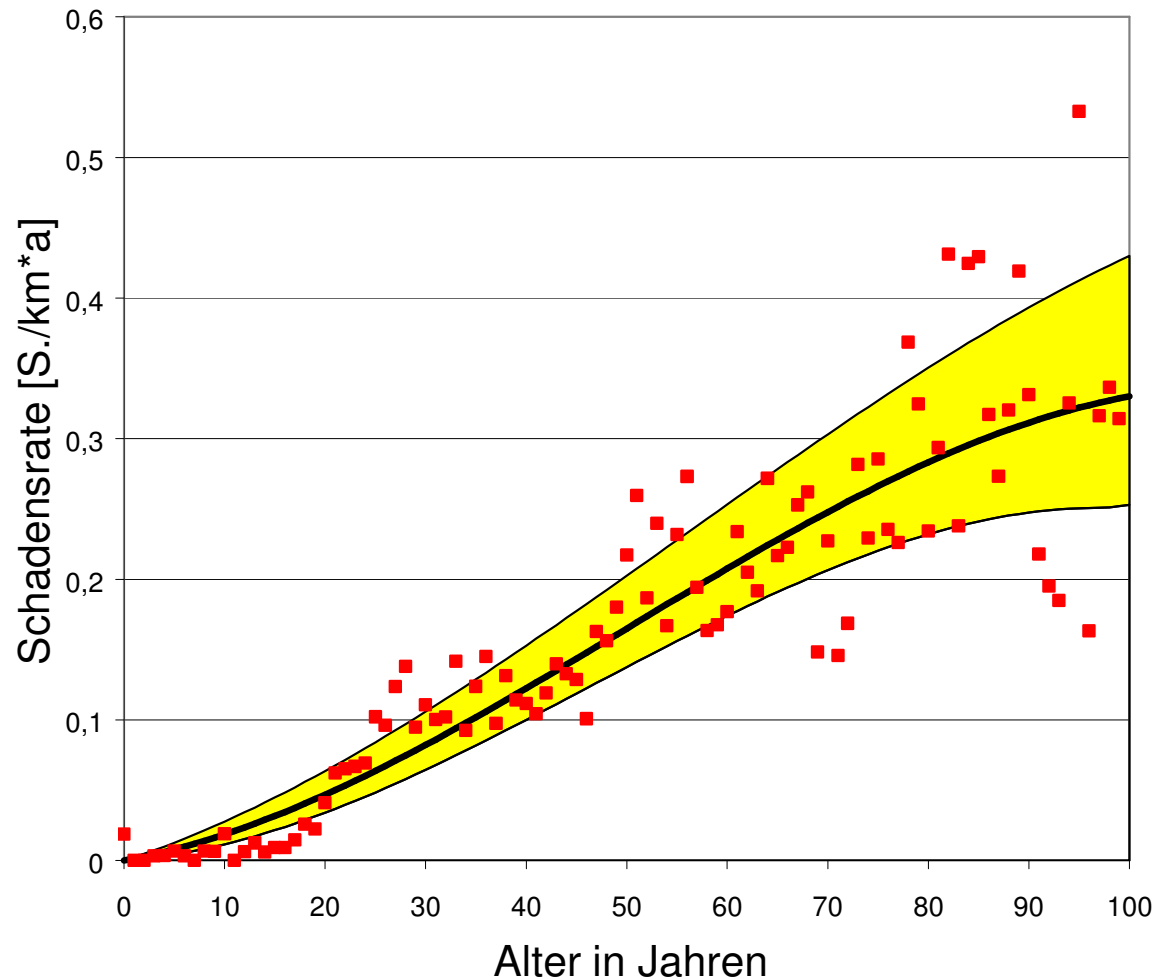


- Untersuchung der Korrelation einzelner Einflussfaktoren
 - Unterteilung der verfügbaren Jahre der Schadenshistorie in
 - eine Kalibrierungsperiode, z.B. 1990-2003
 - eine Prüfperiode, z.B. 2004-2006
- Schadensprognose für 2007-2010

Ergebnisse des Prognosemodells:

- Anzahl der Schäden für jedes Prognosejahr
- Prioritätenliste der Leitungen anhand der Schadensdynamik
- Anzahl Jahre, bis eine maximale Schadensrate erreicht wird
- Nutzenkurve, als weiterer Indikator für die Güte der Prognose

Schadensrate über das Alter



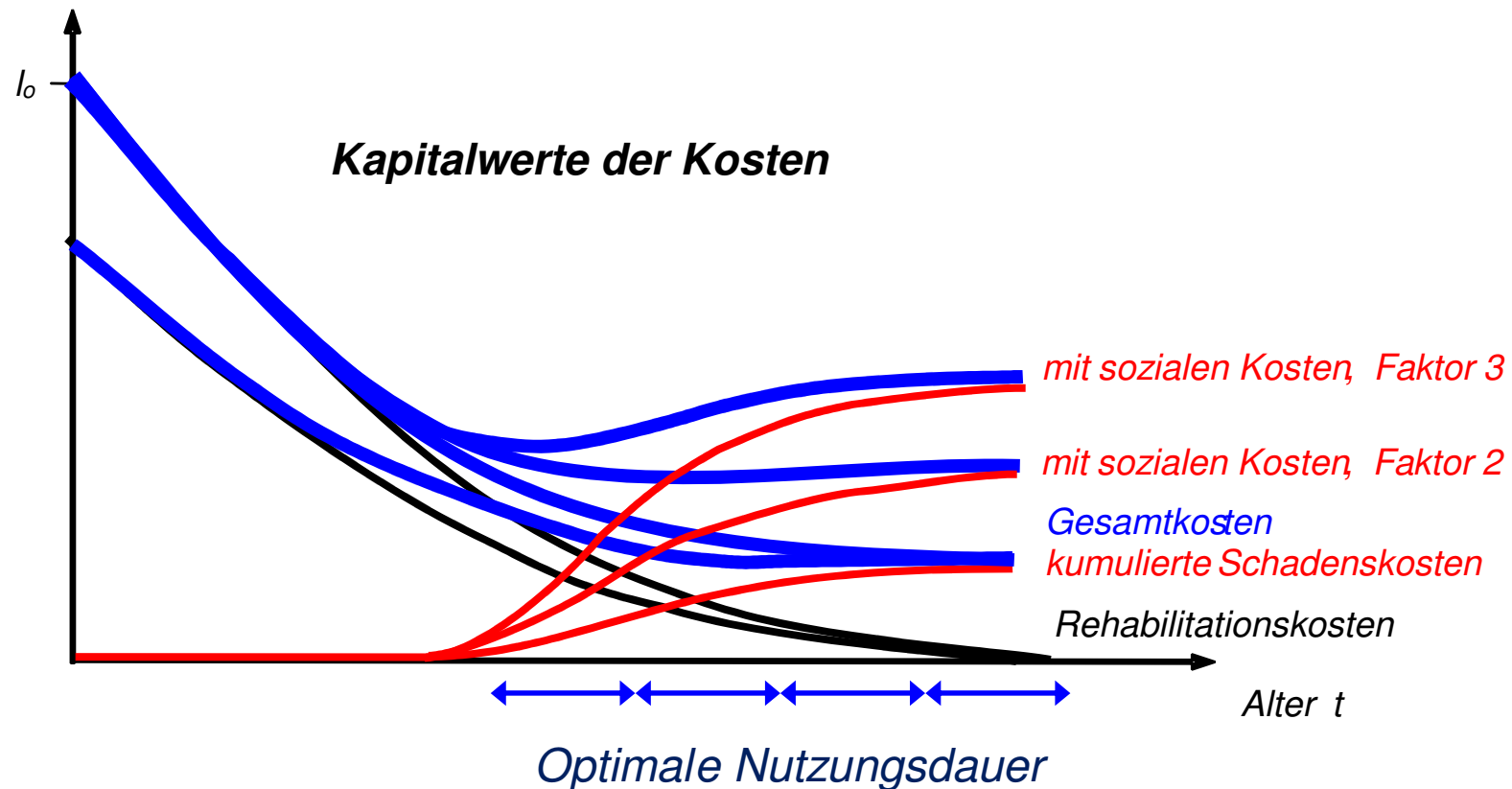
Im Beispiel für ein reales Netz mit Informationen aus 30 Jahren Schadensstatistik ist das beobachtete 50%-Intervall (gelb) markiert, d.h. 50% der beobachteten Schadensraten liegen innerhalb des gelb markierten Bandes.

→ Prognoseintervalle **müssen** immer angegeben werden, um die tatsächliche Prognosegüte bewerten zu können. Eine einzelne Trendfunktion reicht nicht aus!

Das gilt insbesondere bei Prognosen für einzelne Netzelemente, z.B. im Hinblick auf die Bestimmung des „kostenoptimalen“ Erneuerungszeitpunkts.

Es ergibt sich immer eine „kostenoptimale“ Zeitspanne und kein eindeutiger Zeitpunkt.

→ Länger liegen lassen ist immer günstiger als früher auswechseln!





Stammdaten der Anlagen/Leitungen

- ID, Baujahr, Werkstoff/Art, Länge/Menge, Nennweite/Dimension ...

Schadensstatistik

- jährliche Anzahl Schäden/Schadensrate der Vergangenheit oder
- detailliert objektbezogen

(Erneuerungsstatistik)

Ökonomische Kenngrößen

- spezifische Kosten für Reparatur, Sanierung, Erneuerung
- Inflationsrate, Diskontsatz
- externe Kosten, falls erfassbar
- Anlagenbuchwerte und Abschreibungsmodalitäten

**KANEW-Anwender in Deutschland (Auswahl):**

- Gelsenwasser AG
- RWE Aqua GmbH
- MVV Energie AG Mannheim
- Enercity Hannover
- Stadtwerke Mainz AG
- Stadtwerke Saarbrücken AG

KANEW-Anwender im Ausland (Auswahl):

- Veolia Water, Paris
- Thames Water, London
- US Filter (Veolia), Indianapolis
- Wasserversorgung Zagreb
- Kommune Oslo
- Las Vegas Valley Water District

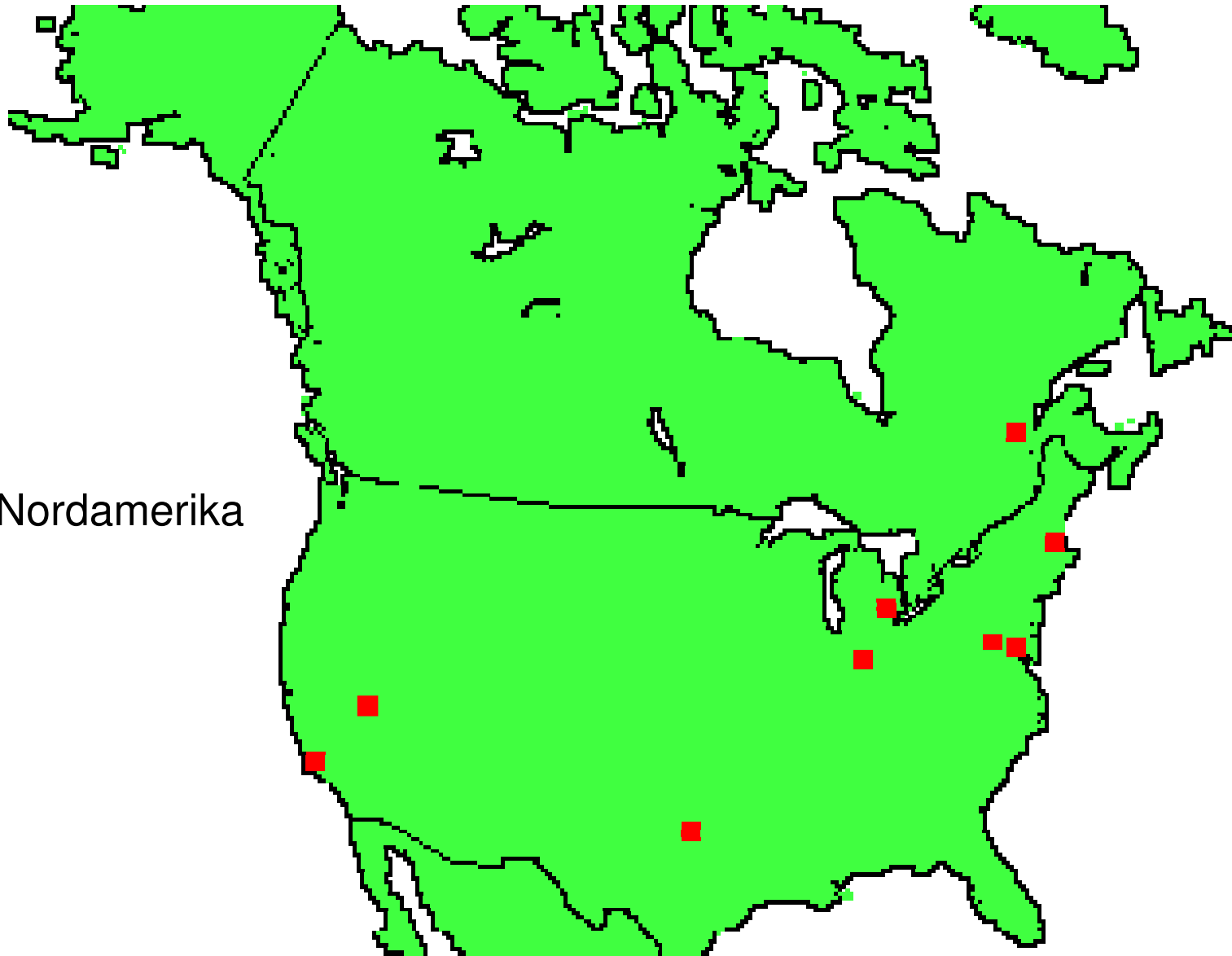


Mehr als 50 KANEW Anwendungen
für Wasser, Gas, Abwasser, Strom u.a.
in Europa ...





... und Nordamerika





Bei Interesse oder weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an uns.



BAUR + KROPP

Lingnerallee 3

01069 Dresden

Tel.: +49 - 351 - 4824531

Fax: +49 - 351 - 4824550

Mobil: +49 - 172 - 7925453

Email: kropp@baur-kropp.de

WWW: www.baur-kropp.de