



14. Deutscher Reparaturtag

17. September 2025

AUTOMATISIERTES SANIERUNGSKONZEPT AUF DER GRUNDLAGE EINER SUBSTANZBEWERTUNG



INHALT

1. **Einleitung und Motivation**
2. Grundlagen der Substanzberechnung
3. Programmtechnische Umsetzung
4. Ergebnisse und Diskussion
5. Fragestellung



EINFÜHRUNG UND MOTIVATION

Herausforderung:

- Pflicht zur regelmäßigen Zustandsüberwachung
- Personalmangel → Sanierungsrückstände
- Kontinuierlicher Erhaltungsbedarf durch Alterung

Aktuelle Situation:

- Bestimmung der Sanierungspriorität anhand einer Zustandsbewertung
→ Gesamtqualität der Bausubstanz nicht ableitbar
- Bisher kein einheitlicher Standard zur Substanzbewertung

Motivation:

- Bedarf an effizienten Prognosen für Sanierungsbedarf & Kosten
- Unterstützung bei Personal- und Budgetplanung (Konzeptebene)
- Entwicklung eines praxisnahen Bewertungsstandards für die Bausubstanz (Substanzklasse)
- Feststellung der Grenze zwischen konsumtiver und investiver Sanierung
→ Vergleich mit den Ergebnissen eines dynamischen Kostenvergleichs

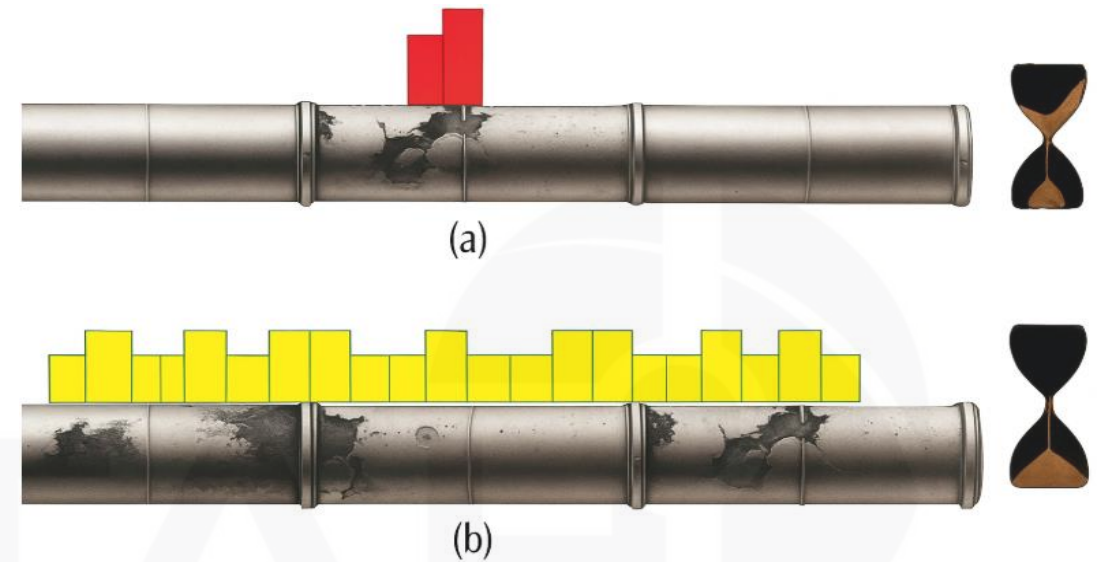


Abbildung 1: Schematische Darstellung zwei Haltungen mit Zustandsklasse und Abnutzung / Substanzklasse

INHALT

1. Einleitung und Motivation
- 2. Grundlagen der Substanzberechnung**
3. Programmtechnische Umsetzung
4. Ergebnisse und Diskussion
5. Fragestellung



GRUNDLAGE DER SUBSTANZBERECHNUNG BEI DER VORGEHENSWEISE NACH SUBKANS

Projekt SubKanS – Übersicht

1. Motivation

- Kein Standard zur langfristigen Substanzbewertung
- Bisher Fokus nur auf kurzfristiger Funktionalität

2. Maßnahmen

- Schadensarten & -ausprägungen identifizieren
- Schadensgewichte berechnen
- Substanzklassifizierung durchführen

3. Ziel

- Abnutzung & Substanz abbilden
- Einheitliches Verfahren zur Substanzklassifizierung entwickeln
- Fundierte Entscheidungsgrundlage für Sanierungsstrategien

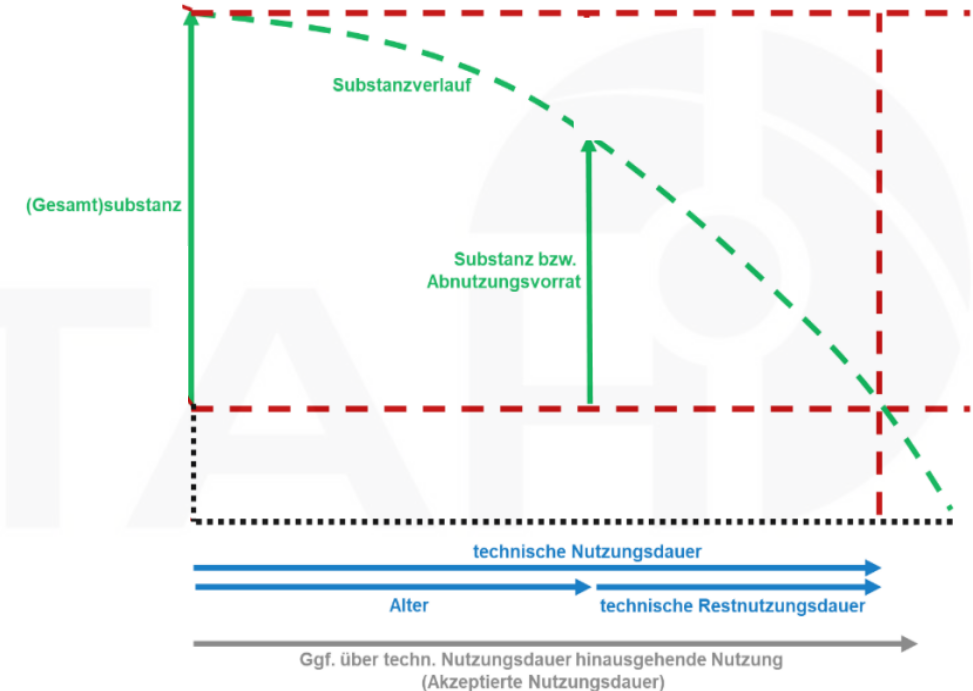
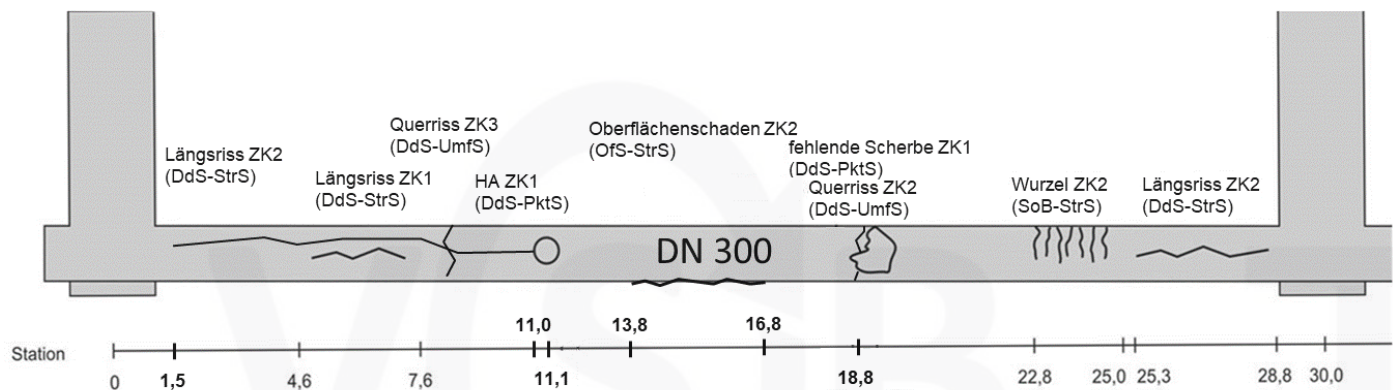


Abbildung 2: Abbau des Abnutzungsvorrats über die Zeit gemäß SubKanS- Verständnis (Quelle: Abschlussbericht [SubKanS](#))

GRUNDLAGE DER SUBSTANZBERECHNUNG BEI DER VORGEHENSWEISE NACH SUBKANS

- **Grundlage:** Schadensprotokolle mit Angaben zu Station, Schadenscode, Schadensart & -ausprägung
- **Schadensarten:** Punktschäden (PktS), Umfangsschäden (UmfS), Streckenschäden (StrS)
- **Schadensausprägungen:** durchdringend (DdS), oberflächlich (OfS), ohne baulichen Bezug (SoB)
- **Berechnung Schadensgewicht (SGi):** $SGi = SLi \times StGi \times KGi$
- SLi = Schadenslänge (z. B. 0,3 m für PktS)
- $StGi$ = Startgewicht (abhängig von Schadensart/-ausprägung)
- KGi = Klassengewicht (abhängig von Schadensklasse SK0–SK5)
- **Abnutzung (ABNrel):** $ABN_{rel,j} = \frac{BSL_{abs,j}}{Haltungslänge} \leq 1$
- $BSL_{abs,j}$ = Summe aller Schadensgewichte pro Schutzziel j
- **Substanzberechnung:** $SUB = 100 \% - ABN$
- **Darstellung über Substanzklassen**

GRUNDLAGE DER SUBSTANZBERECHNUNG BEI DER VORGEHENSWEISE NACH SUBKANS



$$\text{Abnutzung ABN} = \frac{BSL}{HL} = \frac{11,18 \text{ m}}{30 \text{ m}} * 100 = 37 \%$$

=> **Substanz SUB = 100% - ABN = 63 %**

Substanzklasse SBK	Beschreibung
5 (S ≥ 95 %)	Sehr gute bis vollständige Substanz/ Vernachlässigbare bis keine Abnutzung I. d. R. Monitoring (planmäßige Inspektion), keine Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung erforderlich
4 (95 % > S > 85 %)	Gute Substanz/Geringe Abnutzung Kaum investive Maßnahmen zur vollständigen Substanzwiederherstellung erforderlich, hohe Wahrscheinlichkeit für Reparaturverfahren
3 (85 % > S > 67 %)	Ausreichende Substanz/Fortschreitende Abnutzung Überwiegend Reparaturverfahren mit steigendem investiven Anteil zur Substanzwiederherstellung
2 (67 % > S > 33 %)	Schlechte Substanz/Hohe Abnutzung Überwiegend investive Maßnahmen mit sinkendem Reparaturanteil zur Substanzwiederherstellung
1 (33 % > S > 5 %)	Sehr schlechte Substanz/Kritische Abnutzung Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung werden zumeist investiv sein, Reparaturanteil sehr gering
0 (S ≤ 5 %)	Substanz vollständig aufgebraucht/Vollständige Abnutzung Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung i. d. R. nur noch investiv möglich

Quelle: Abschlussbericht Verbundvorhaben "Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Abwasserkanälen und Schächten (SubKans)"

INHALT

1. Einleitung und Motivation
2. Grundlagen der Substanzberechnung
- 3. Programmtechnische Umsetzung**
4. Ergebnisse und Diskussion
5. Fragestellung



UNTERSUCHUNG AUF REALES KANALNETZDATEN

- Untersuchung basiert auf Kanalnetzdaten einer mittelgroßen westfälischen Kreisstadt
- Gesamt Kanallänge: 214 km
- Haltungsanzahl: ungefähr 6.000
- EU-Norm Befahren: 2.740 Kanäle
- Nur Kreis- und Rechteckprofil

Haltungsverteilung nach Kodiersystem (KS)

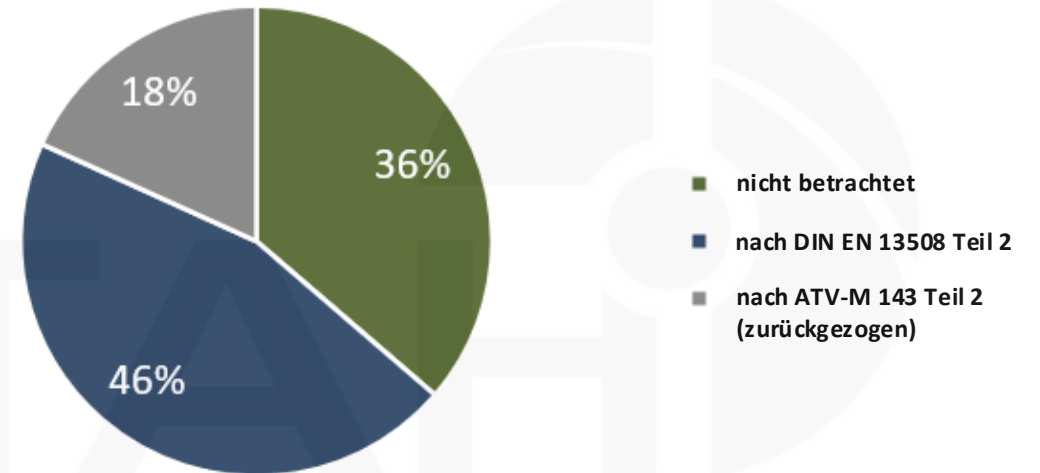


Abbildung 3: Haltungsverteilung nach Kodiersystem (KS)

ARBEITSABLAUF



ZUORDNUNG VON SANIERUNGSMAßNAHMEN ZU SCHÄDEN

- Zuordnung für zwei Szenarien:
 - Reparatur
 - Renovierung (inkl. Vor- und Nacharbeit)
- Zuordnung für zwei Nennweitgröße:
 - Unbegehbaren Kanäle(< DN800) (Roboterverfahren)
 - Begehbaren Kanäle(≥ DN800) (Manschetten, Handsanierung)
- In komplexe Fälle → Ingenieurmäßige Begutachtung
- Sekundäre Schäden → keine Maßnahmen

Beschreibung	Hauptkode	CH1	Reparatur bis DN800	Reparatur ab DN800	Vorarbeiten Renovierung	Vorarbeiten Renovierung ab DN800
or Reparatur / Renovierung einer Haltung (einmalig)			1x 2.1 +2x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8)+5.1	1x 2.1 +2x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8)+5.1	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Verformung (biegesteif und biegeweich)	BAA	A	16.X + 16.X.2 if Meter über 1	16.X + 16.X.2 if Meter über 1	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Verformung (biegesteif und biegeweich)	BAA	B	16.X Teilerneuerung, offen	16.X Teilerneuerung, offen	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Rissbildung	BAB	alle	14.1 + 14.XX	13.1 + 13.2 bzw. 13.4	-	-
Rohrbruch/Einsturz	BAC	A,C	s. Kriterium offen; 16.X	s. Kriterium offen; 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Rohrbruch/Einsturz	BAC	B	15.1 + 15.5 ; bei Streckenschäden größer 0,8 m => Teilerneuerung 16.X	18.7 x 3m ² ; bei Streckenschäden größer 0,8 m => Teilerneuerung 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Defektes Mauerwerk	BAD	A	Ingenieurmäßige Begutachtung	Ingenieurmäßige Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Defektes Mauerwerk	BAD	C,D	s. Kriterium offen; 16.X	s. Kriterium offen; 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Defektes Mauerwerk	BAD	B	15.1 + 15.5 ; bei Streckenschäden größer 0,8 m => Teilerneuerung 16.X	18.1 + 18.8 x 3m ² ; bei Streckenschäden größer 0,8 m => Teilerneuerung 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Fehlender Mörtel	BAE	-	11.1 + 11.7 bei Punktschäden; bei Streckenschäden: Ing. Begutachtung	18.1 + 18.4x4 bei Punktschäden; bei Streckenschäden: Ing. -	-	-
Oberflächenschaden	BAF	A,B,C	14.1 + 14.XX	13.1 + 13.2 bzw. 13.4	-	-
Oberflächenschaden	BAF	D,E	14.1 + 14.XX	13.1 + 13.2 bzw. 13.4	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Oberflächenschaden	BAF	F	11.1 + 11.7 bei Punktschäden; bei Streckenschäden Ing. Begutachtung	18.1 + 18.7 x 3 bei Punktschäden; bei Streckenschäden Ing. s. Reparatur	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Oberflächenschaden	BAF	H	11.1 + 11.2 (0,5 h) + 11.7 bei Punktschäden; bei Streckenschäden Ing. Begutachtung	18.1 + 18.2 (0,5 h) + 18.7 x 3 bei Punktschäden; bei Strecke s. Reparatur	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Oberflächenschaden	BAF	G	11.1 + 11.2 (0,5 h) + 11.7 bei Punktschäden; bei Streckenschäden Ing. Begutachtung	18.1 + 18.2 (0,5 h) + 18.7 x 3 bei Punktschäden; bei Strecke s. Reparatur	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Oberflächenschaden	BAF	J,K,Z	Ing. Begutachtung	Ing. Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Oberflächenschaden	BAF	I	s. Kriterium offen; 16.X	s. Kriterium offen; 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Einragender Anschluss	BAG	-	11.1 + 11.2 (0,5 h) + 12.1 + 12.3	18.1 + 18.2 (0,5 h) + 18.9	11.1 + 11.2 (0,5 h)	18.1 + 18.2 (0,5 h)
Schadhafter Anschluss	BAH	A	s. Kriterium offen; 16.X	s. Kriterium offen; 16.X	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Schadhafter Anschluss	BAH	B	12.1 + 12.5	18.1 + 18.10	-	-
Schadhafter Anschluss	BAH	C	12.1 + 12.3	18.1 + 18.10	-	-
Schadhafter Anschluss	BAH	D	15.1 + 15.6	18.1 + 18.2 (0,5 h) + 18.7 x 1 m ²	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Schadhafter Anschluss	BAH	E	Ing. Begutachtung	Ing. Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Schadhafter Anschluss	BAH	Z	Ing. Begutachtung	Ing. Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Eingradnes Dichtungsmaterial	BAI	alle	11.1 + 11.6	18.1 + 18.5 (Umfangberechnung)	11.1 + 11.2 (0,5 h)	18.1 + 18.5 (Umfangberechnung)
Verschobene Verbindung	BAJ	A	11.1 + 11.6	18.1 + 18.5 (Umfangberechnung)	-	-
Verschobene Verbindung	BAJ	C	s. Kriterium offen; 16.X	s. Kriterium offen; 16.X	keine vorarbeit bei ZK2,3,4	keine vorarbeit bei ZK2,3,4 und bei ZK0,1
Verschobene Verbindung	BAJ	B	11.1 + 11.2 (0,5h) + 14.1 + 14.2, offen	18.1 + 18.2 (1 h) + 13.1 + 13.4, offen	11.1 + 11.2 (0,5h)	18.1 + 18.2 (1 h)
Schadhafte Innenauskleidung	BAK	alle	11.1 + 11.2 (0,5 h) + 14.1 + 14.2 (bei Punktschäden) + 14.X (bei Strecken	18.1 + 18.2 (1 h) + 13.1 + 13.4 (für DN800 13.2) (bei Punkts	11.1 + 11.2 (0,5 h)	18.1 + 18.2 (1 h); bei Streckenschäden: C
Schadhafte Reparatur	BAL	alle	11.1 + 11.2 (0,75 h) + 13.1 + 13.2	18.1 + 18.2 (1 h) + 13.1 + 13.4 (für DN800 13.2)	11.1 + 11.2 (0,5 h)	18.1 + 18.2 (1 h)
Schadhafte Schweißnaht	BAM	alle	Ingenieurm. Begutachtung	Ingenieurm. Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Poröses Rohr	BAN	-	Ingenieurm. Begutachtung	Ingenieurm. Begutachtung	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Boden sichtbar	BAO	-	keine Maßnahme, da Sekundärschaden (-> dieser Kode muss immer zusi	keine Maßnahme, da Sekundärschaden (-> dieser Kode mu s. Reparatur	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Hohlraum sichtbar	BAP	-	keine Maßnahme, da Sekundärschaden (-> dieser Kode muss immer zusi	keine Maßnahme, da Sekundärschaden (-> dieser Kode mu s. Reparatur	s. Reparatur	s. Reparatur ab DN 800
Wurzeln	BBA	alle	11.1 + 11.2 (Punktschäden: 0,5 h; Streckenschäden (bis 1m: 0,5 h; ab 1 n 18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Streckenschäden (bis 1r 11.1 + 11.2 (Punktschäden 18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Strec	18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Strec	-	-
Anhaftende Stoffe	BBB	A	11.1 + 11.2 (Punktschäden: 0,5 h; Streckenschäden (bis 1m: 0,5 h; ab 1 n 18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Streckenschäden (bis 1r 11.1 + 11.2 (Punktschäden 18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Strec	18.1 + 18.2 (Punktschäden: 0,75 h; Strec	-	-
Anhaftende Stoffe	BBB	B,C,Z	1x 2.1 +1x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8) nur wenn keine anderen Sch	1x 2.1 +1x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8) nur wenn keini	-	-
Ablagerungen	BBC	alle	1x 2.1 +1x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8) nur wenn keine anderen Sch	1x 2.1 +1x 2.2X + 1 x 3.1 + 1 (2) x3.2X + (3.8) nur wenn keini	-	-

Abbildung 4: Sanierungsmaßnahmen für jeweiligen Schadenskodierung

ARBEITSABLAUF

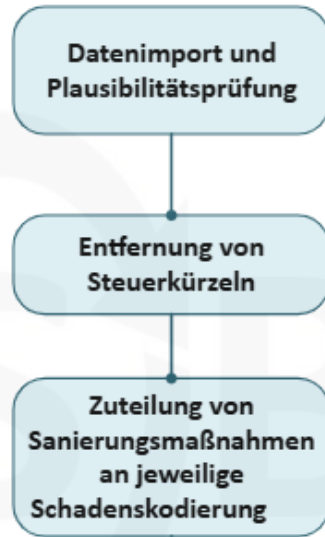


Abbildung 3: Arbeitsverlauf der automatisierten Ermittlung des Sanierungsbedarfs

ELIMINIERUNG DER DUPLIZIERTEN SANIERUNGSMAßNAHMEN

- Grund der überlagernden Sanierungsmaßnahmen → räumlich konzentrierte oder überlagernde Schäden
- Prüfung aller Sanierungsmaßnahmen in einer Haltung auf Überlagerung / Doppelung
- Art der Überlagerung:
 - Überlagerung von zwei oder mehreren punktuellen Sanierungen
 - Überlagerung von zwei oder mehreren Teilerneuerungen
 - Überlagerung von zwei oder mehreren identischen Streckensanierung (Kurzliner, Fräsen etc.)
 - **Überlagerung von zwei oder mehreren Teilerneuerungen mit einer Streckensanierung**

ELIMINIERUNG DER DUPLIZIERTEN SANIERUNGSMÄßNAHMEN

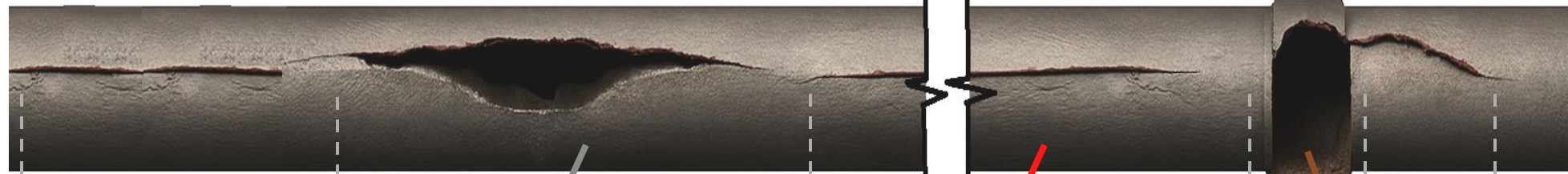
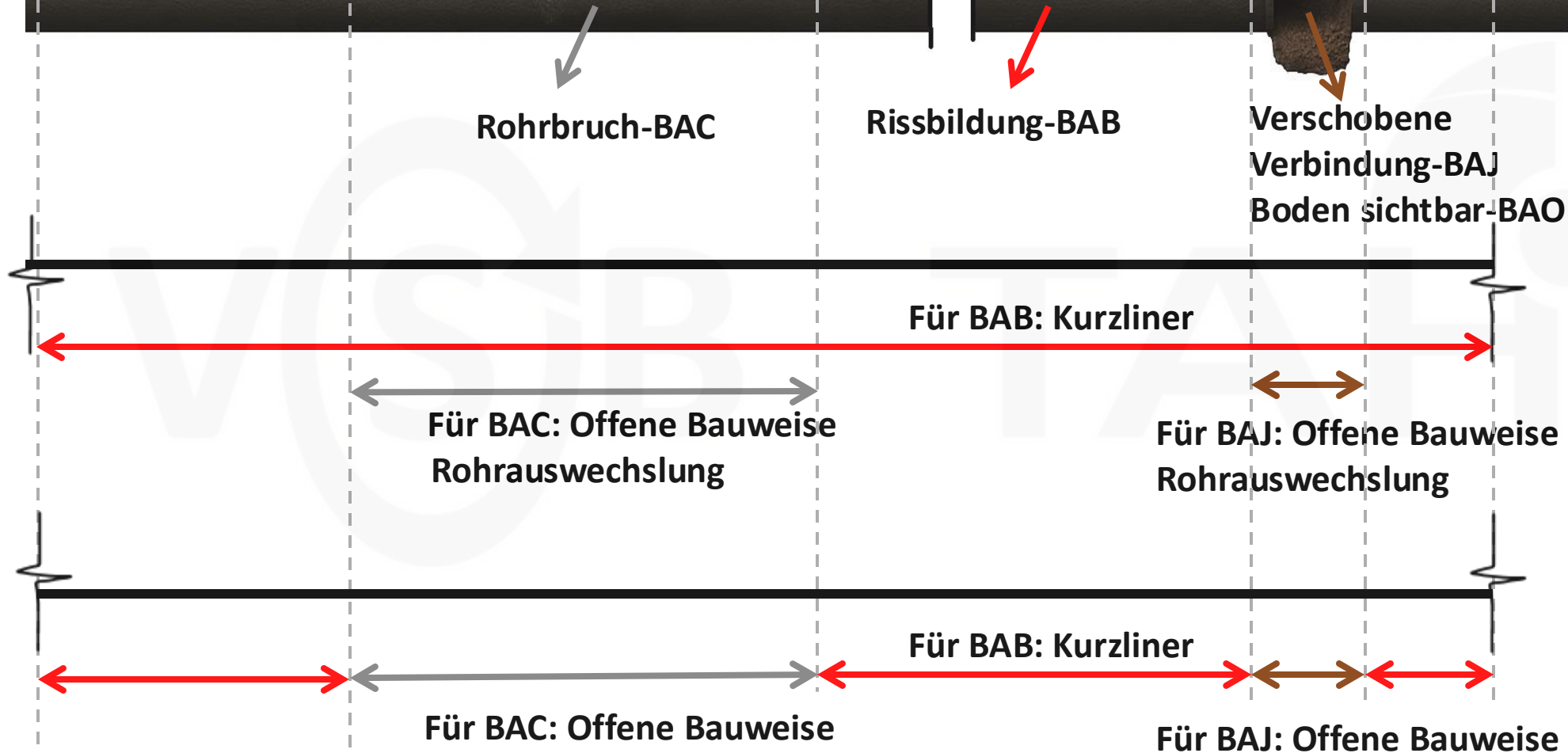


Bild A: Haltungsschnitt



ARBEITSABLAUF

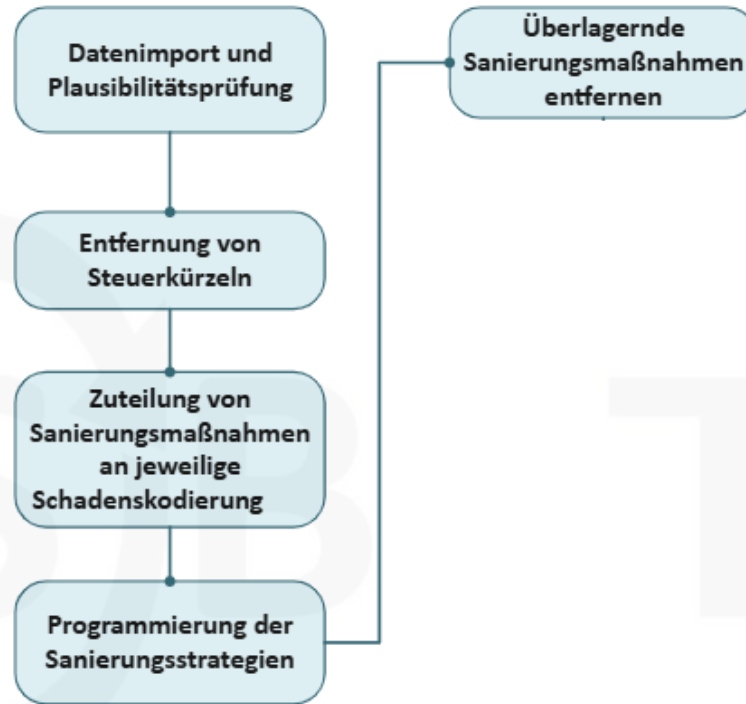


Abbildung 3: Arbeitsverlauf der automatisierten Ermittlung des Sanierungsbedarfs

ABNUTZUNGSGRENZE

- **Definition:** Abnutzungsgrenze = Grenze, ab der Renovierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen strategisch relevant werden
- **Ziel:** Technisch fundierte Auswahl von Sanierungshauptverfahren
- **Abnutzungsgrenze:** projektspezifisch bzw. betreiberspezifisch festgelegt durch ingenieurmäßige Begutachtung repräsentativer Haltungen
- **Referenz:** Ingenieurtechnische Planung gilt als „Wahrheit“
- **Modellanpassung:** Kalibrierung der Abnutzungsgrenze zum Erreichen einer hohen Übereinstimmung mit der ingenieurmäßigen Planung
- **Benutzerdefiniert:** Grenze abhängig von Vorgehensweise des Betreibers frei einstellbar
- **Ergebnisse für dieses Kanalnetz:**
 - 25–35 % für Nennweiten ≤ 1000 mm
 - 40–50 % für größere Nennweiten
- **Hinweis:** Abnutzungsgrenze kann sich bei anderen Datensätzen/Rahmenbedingungen verändern

INHALT

1. Einleitung und Motivation
2. Grundlagen der Substanzberechnung
3. Programmtechnische Umsetzung
- 4. Ergebnisse und Diskussion**
5. Fragestellung



ERMITTLUNG DER SANIERUNGSHAUPTVERFAHREN

- Überschreiten der Abnutzungsgrenze → investive Sanierung (Renovierung oder Erneuerung)
- Unterschreiten der Abnutzungsgrenze → konsumtive Sanierung (Reparatur)
- Abbruch Kriterium
 - Überschreitung der maximalen Gesamtlänge bei Teilerneuerungen → Reparatur unwirtschaftlich → vollständige investive Sanierung
 - Überschreitung der maximalen Gesamtlänge bei Reparatur → Reparatur unwirtschaftlich → vollständige investive Sanierung

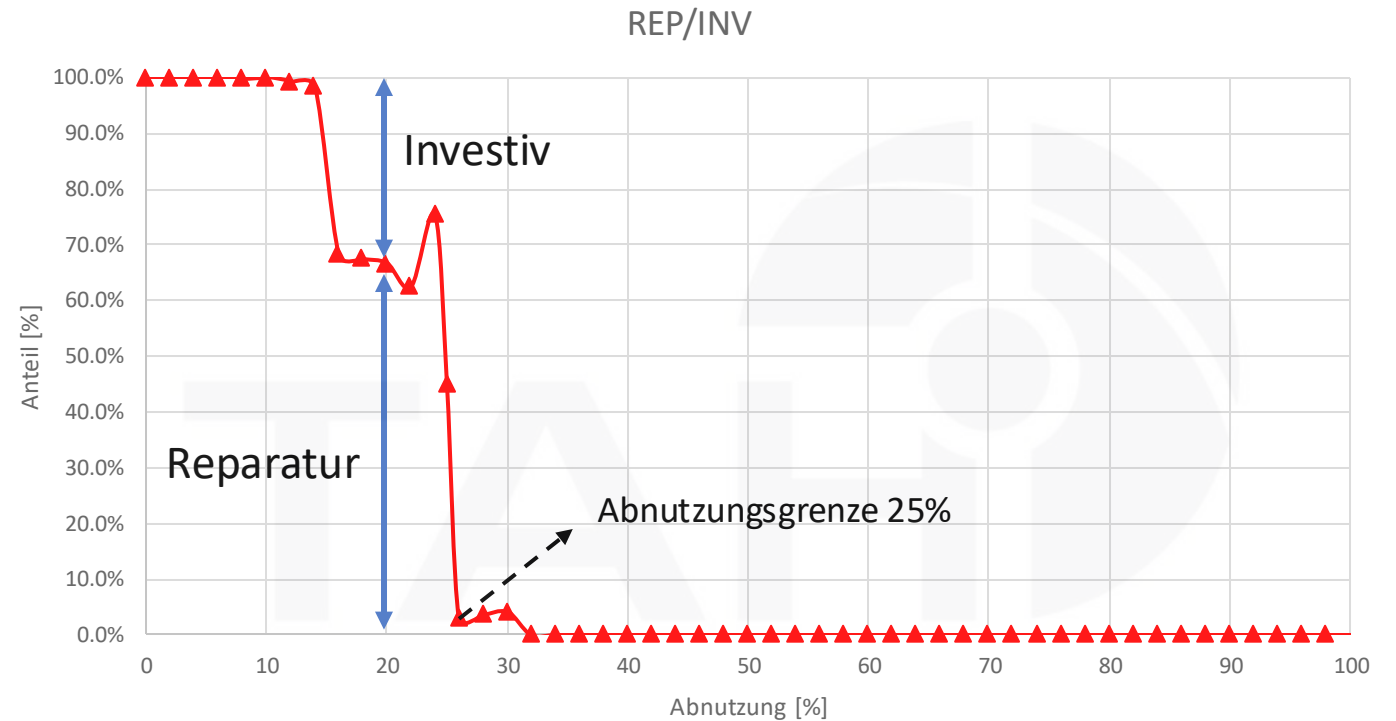


Abbildung 5: Reparaturanteil der substanzbezogenen Betrachtung

ARBEITSABLAUF

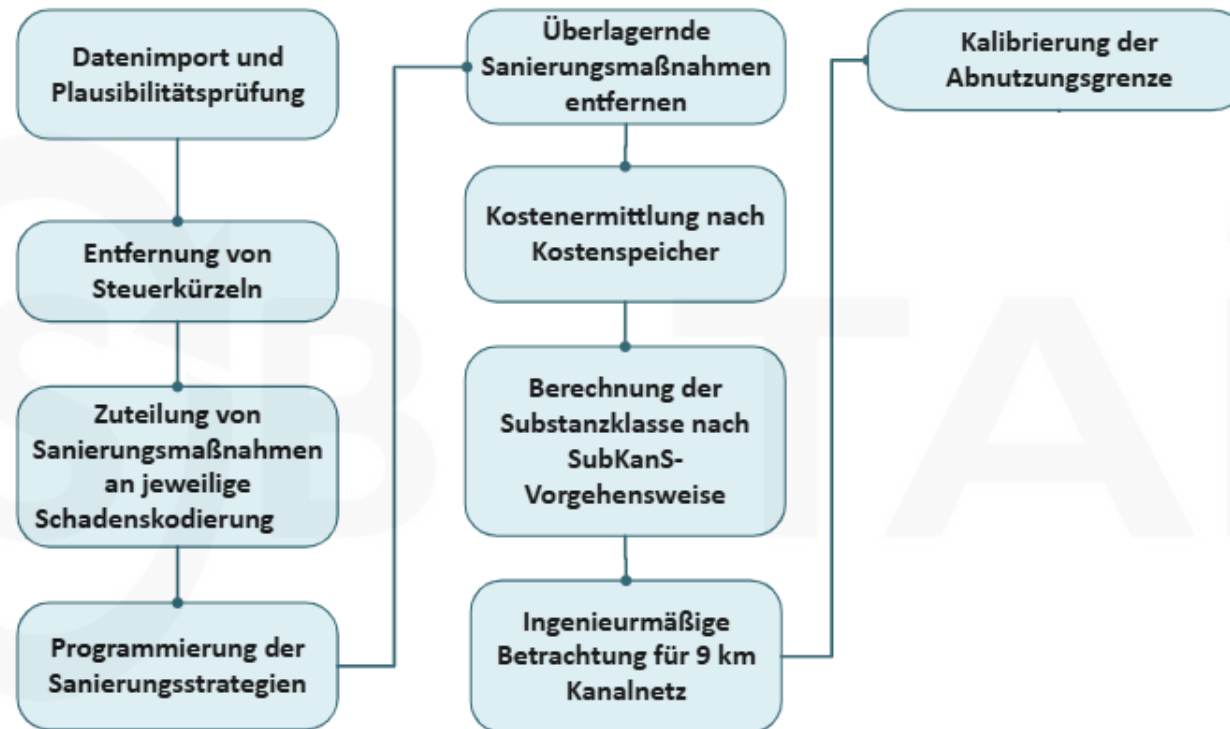


Abbildung 3: Arbeitsverlauf der automatisierten Ermittlung des Sanierungsbedarfs

VERGLEICH MIT DEM DYNAMISCHEN KOSTENVERGLEICH

- DKV: häufig genutztes Entscheidungskriterium
→ betrachtet nur Kosten, nicht technische Zweckmäßigkeit
- Hohe Sensitivität der angenommenen Nutzungsdauer einer Reparatur:
 - Untersuchung für drei Nutzungsdauern 10a, 15a und 20a
 - Ergebnisse für 15a der substanzbezogenen Ermittlung am nächsten
 - Unschärfe bei der Abnutzungsgrenze
- **Weitere Einschränkungen:**
 - Keine Belastbare Untersuchung zur Nutzungsdauer der verschiedenen Reparaturverfahren
 - Fortschreitende Alterung & Folgeschäden nur spekulativ erfassbar
 - Zukünftige Reinvestitionen & Zeitpunkt für investive Maßnahmen sehr spekulativ

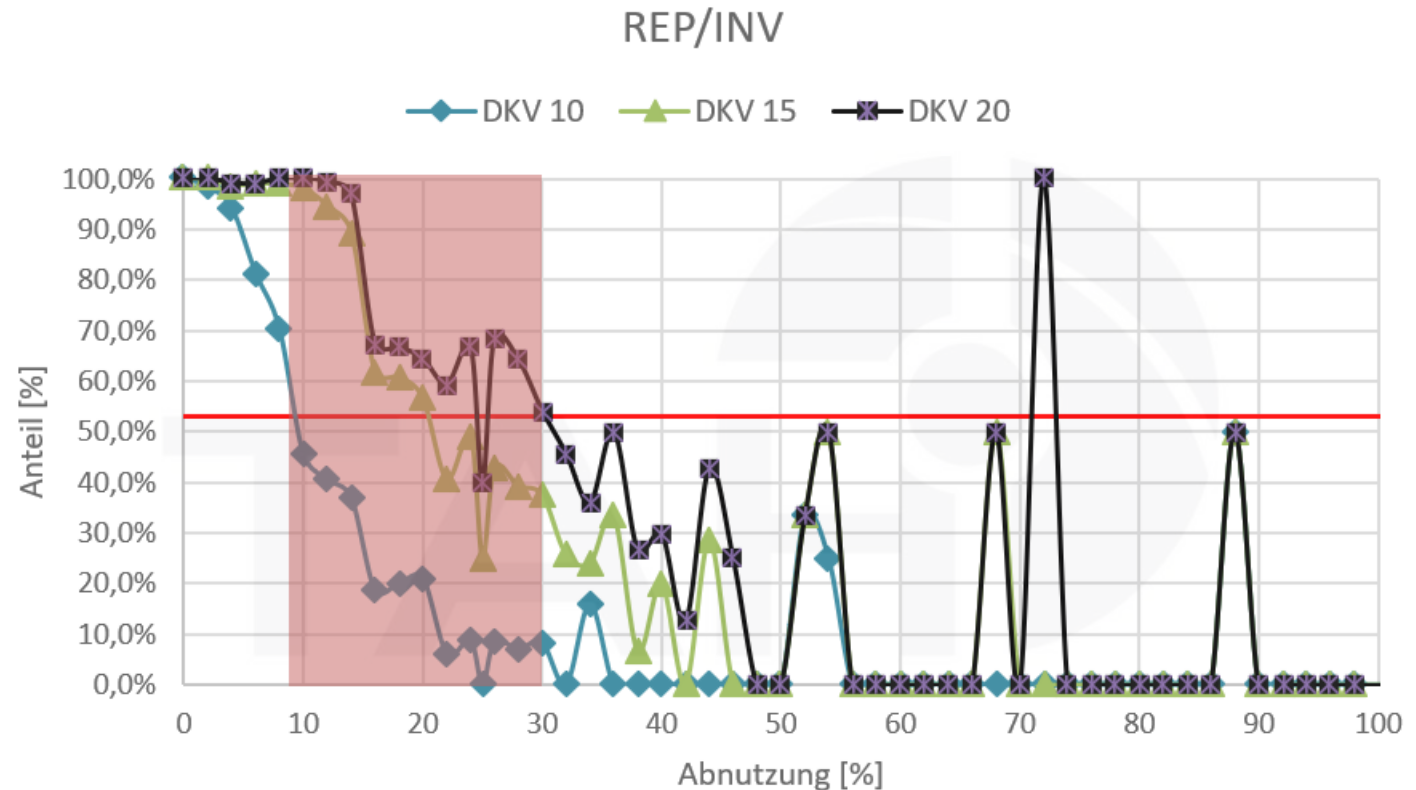


Abbildung 6: Reparaturanteil des DKVs für die drei Nutzungsdauer (10a, 15a und 20a)

VERGLEICH MIT DEM DYNAMISCHEN KOSTENVERGLEICH

- Betrachtung von drei Varianten:
 - Reparatur (15a)
 - Renovierung (40a)
 - Erneuerung (80a)
 - Betrachtungszeitraum: 100a
- Sanierungsvorschlag der DKV → Reparatur (Kostengünstigste Variante)
- **Vergleich:**
 - Abnutzung: 88% → voraussichtlich geringe Restnutzungsdauer
 - gemäß Substanzbetrachtung → Investiv

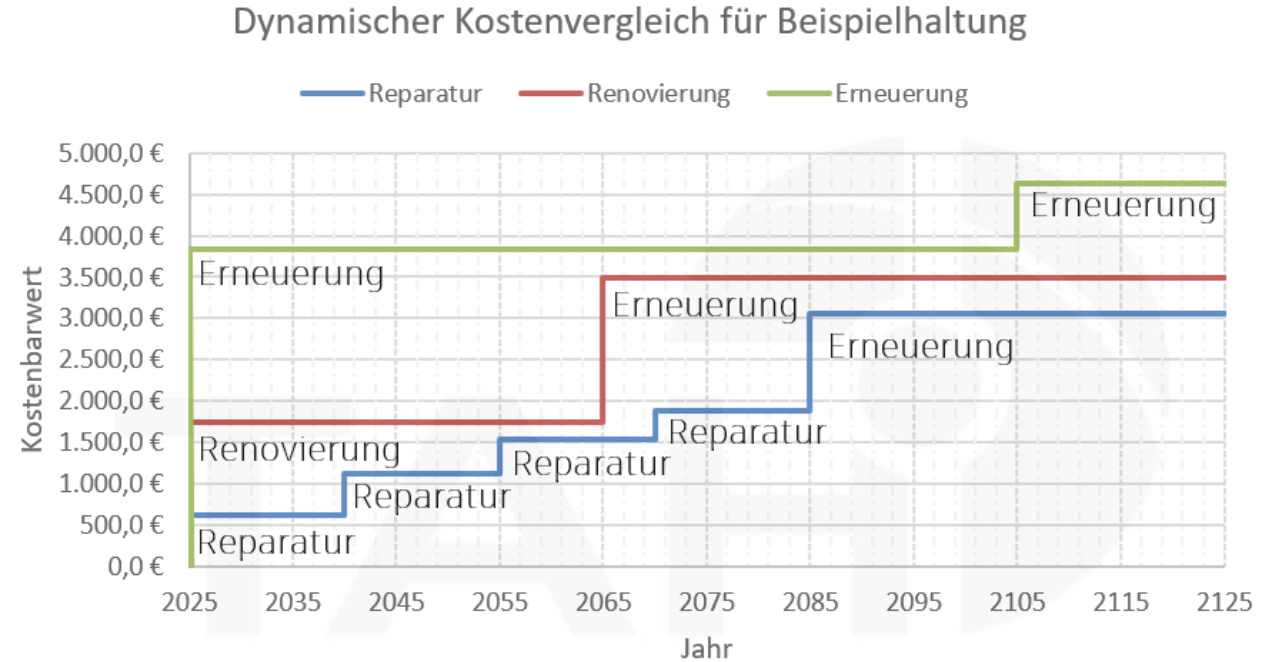


Abbildung 7: Dynamischer Kostenvergleich für eine Beispielhaltung

FAZIT

- **Nutzen der Methode:**
 - Fundierte, transparente & effiziente Sanierungsplanung auf Konzeptebene (ersetzt keine Detailplanung)
 - Erste Einschätzung von Netzzustand, Kosten & Personalbedarf
 - Unterstützung strategischer Entscheidungen (kaufmännisch & personell)
- **Einschränkungen:**
 - Nur innere Rohrbedingungen & Schadensbilder berücksichtigt
 - Externe Faktoren (z. B. Baustellenzugang, Überbauung, Platzverhältnisse, Logistik) müssen in detaillierter Planung einbezogen werden
- **Potenziale für zukünftige Verbesserungen:**
 - Erweiterung der Datengrundlage (größere Nennweiten & Sonderprofile)
 - Integration von Kanalalterungsmodellen (Restnutzungsdauer)
 - Verknüpfung mit GIS-Systemen zur räumlichen Optimierung
- **Fazit:**
 - Datenbasierte, automatisierte Sanierungsplanung ermöglicht realistische Bedarfseinschätzung
 - Unterstützung des zielgerichteten Einsatzes knapper Ressourcen zur Sicherung der Kanalnetzlebensdauer



FISCHER
TEAMPLAN

KREATIVE INGENIEURLEISTUNGEN FÜR EINE INTAKTE UMWELT

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Fragen?

