

Professor Dr.-Ing. Reinhard F. Schmidtke

Berater in Wirtschaftlichkeitsfragen
Siedlungswasserwirtschaft, Flussbau, Hochwasserschutz
Bertha-von Suttner-Weg 10 , D-82152 Planegg
Teil. +49 89 8575293, E-Mail: rf.schmidtek@t-onlin.de



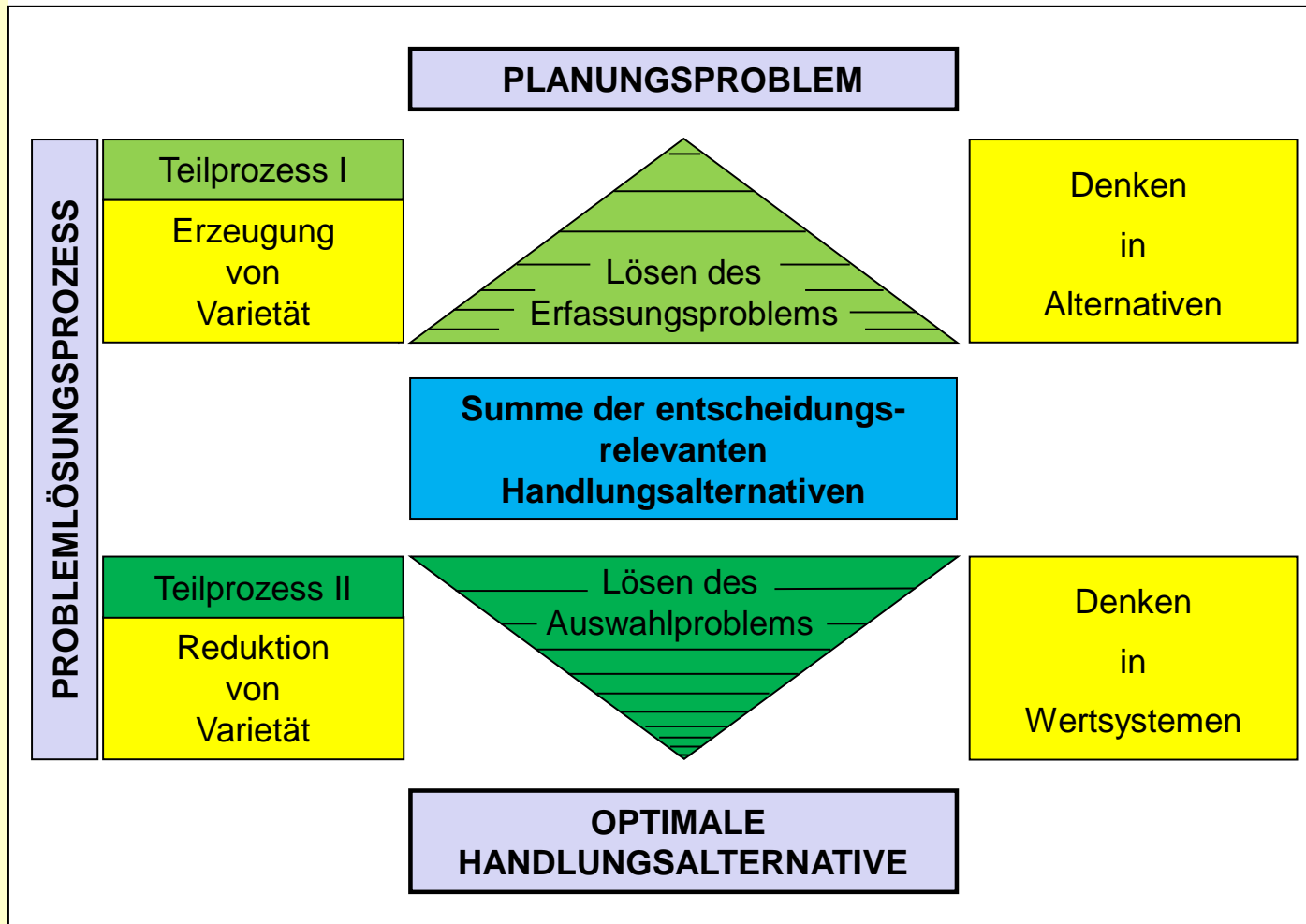
Praktische Kostenvergleichsrechnung bei Sanierungsvorhaben auf der Basis der KVR-Leitlinien

Vortrag am 11. April 2013
beim

11. Deutscher Schlauchlinertag, Würzburg

Meine Anliegen

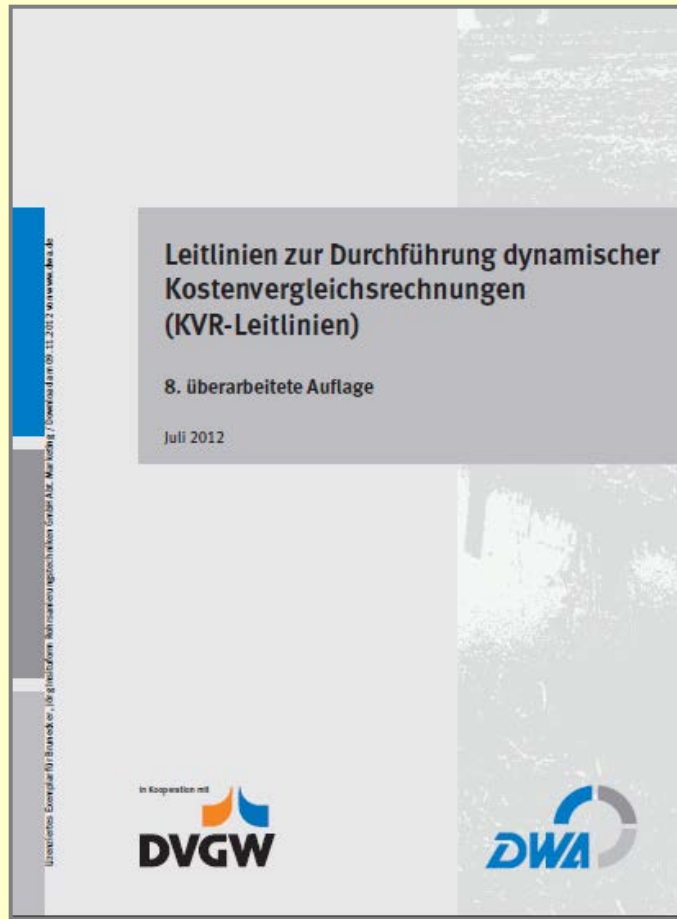
- Motivation erzeugen:
Warum Kostenvergleichsrechnungen?
- Methodisches und praktisches Wissen vermitteln:
Wie führt man in der Praxis Kostenvergleichsrechnungen durch? Standard: KVR-Leitlinien
- Hilfestellung geben:
Wo und durch **wen** kann man sich weiter qualifizieren?



Makrostruktur des rationalen Planungsprozesses

Dynamische Kostenvergleichsrechnung

8. Auflage (ab 2012)



Die **KVR-Leitlinien** liegen derzeit in 6 Sprachen vor:

Deutsch
Bulgarisch
Englisch
Rumänisch
Slowakisch
Ungarisch

207 Seiten, 44 Bilder, 52 Tabellen,
6 Anlagen

Zielsetzung

Der Einsatz der KVR-Leitlinien bei der technisch-wirtschaftlichen Maßnahmenplanung in der Kanalsanierung dient dem Ziel,

die langfristig kostenminimalen Lösungen unter Beachtung sämtlicher Vorgaben aus den einschlägigen Normen und Regelwerken aufzufinden.

Damit wird der Vollzug des Sparsamkeitsprinzips nachhaltig gewährleistet.

Einschränkende Bedingungen bei der KVR

- **Normative Zielvorgabe**

Eine bestimmte vorgegebene Leistung ist zwingend zu erbringen.

- **Nutzengleichheit der Alternativen**

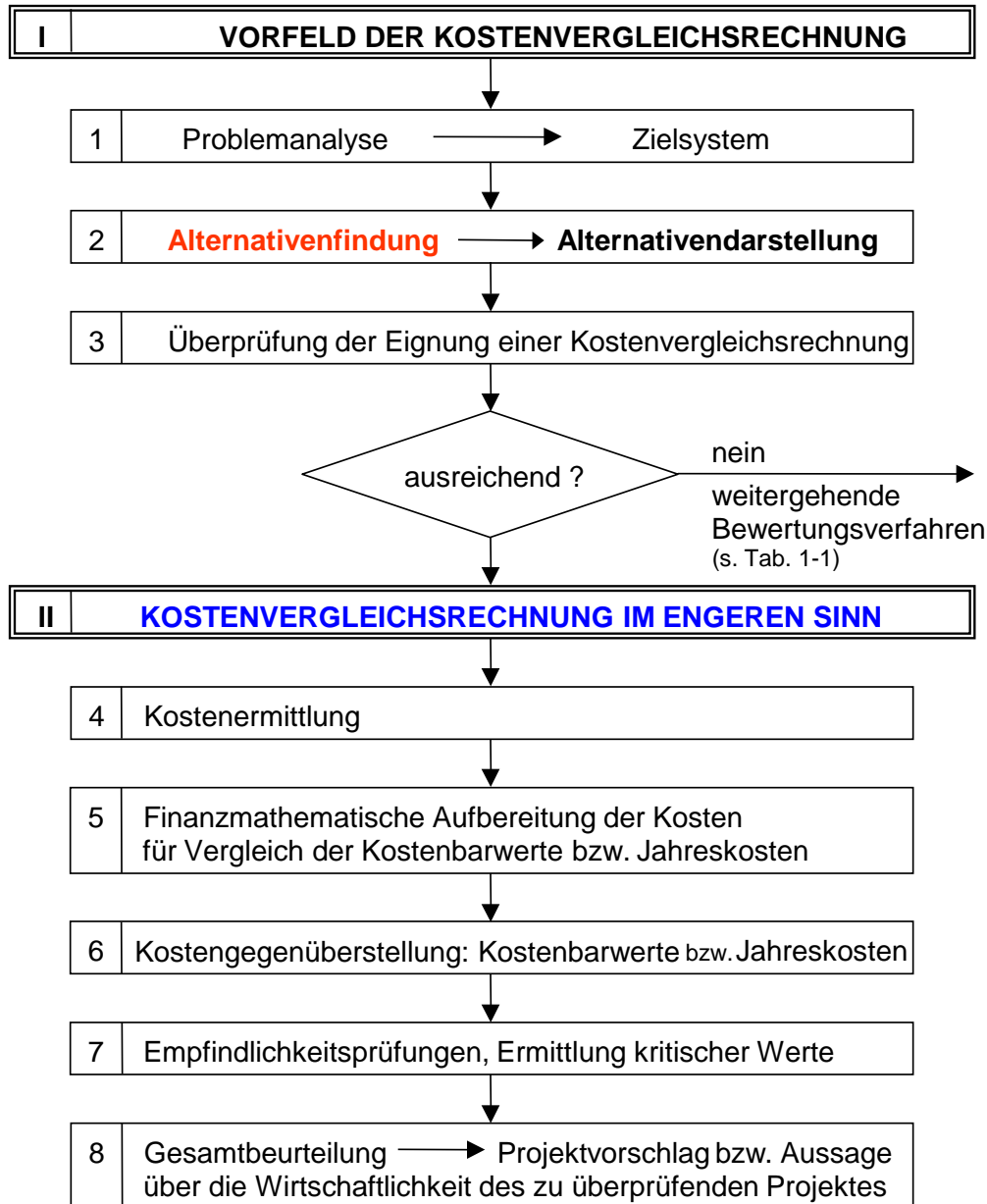
Ausnahme: Die kostengünstigste Alternative weist die größten Nutzenüberschüsse gegenüber den anderen auf.

- **Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Kostenwirkungen**

Intangible Kosten sind nicht oder in gleicher Größenordnung vorhanden.

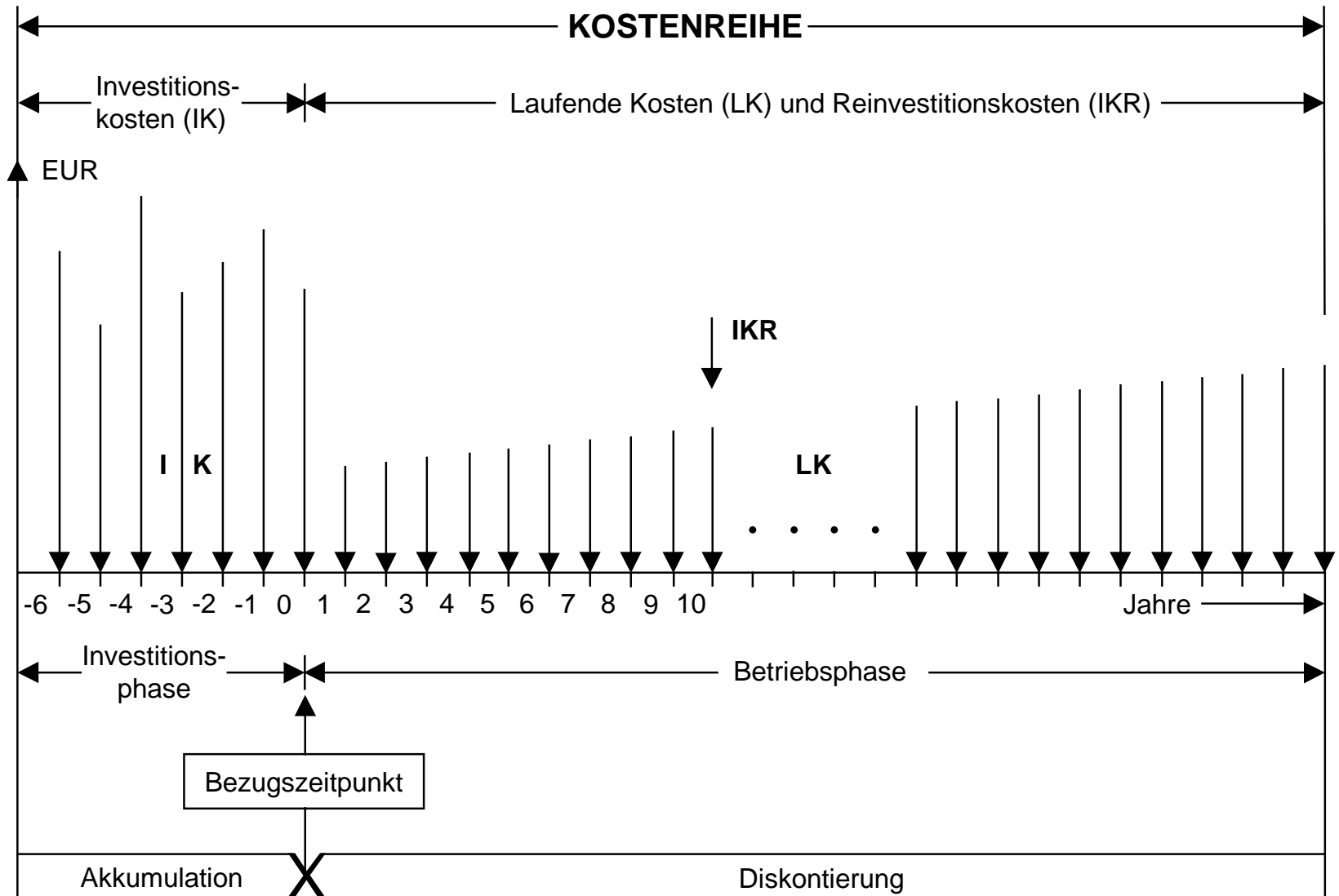
Abgrenzung gegenüber geldwirtschaftlichen Betrachtungen

- **Real- und geldwirtschaftliche Betrachtungen:**
 - Realwirtschaftlich: Vorbereitung von Entscheidungen aus der Sicht der abwassertechnischen Fachplanung
 - Geldwirtschaftlich: Haushalts- und Finanzplanungen, Gebühren- und Beitragsrechnungen etc.
- **Bei realwirtschaftlichen Betrachtungen zu beachten:**
 - Kosten stellen den in Geldeinheiten bewerteten Einsatz von Gütern und Leistungen dar (keine kalkulatorischen Kosten!).
 - Keine Einbeziehung von Transfers (Steuern, staatliche Zuwendungen, Vorteile aus zinsvergünstigten Darlehen; etc.)
 - Verwendung realer Kosten und realer Zinssätze (Realwertprinzip)



Ablaufschema für eine Kostenvergleichs- rechnung (Quelle: KVR-LL)

Denken in
Alternativen und
Wertsystemen
(in der KVR:
Kosteneffizienz)



Kostenstruktur und zeitliche Gewichtung von Kosten (Quelle: KVR-LL)

Kostengegenüberstellung

In der Sanierungsplanung grundsätzlich zu empfehlen:

- Vergleich der **Projektkostenbarwerte PKBW**

Der Vergleich der Jahreskosten JK ist auf Grund der Ausprägung der Sanierungskonzepte nur sehr bedingt zielführend.

- Kapitalisierte Kostenersparnisse $KKE = \Delta PKBW$

KVR - Basisstandard



**Grundlegendes methodisches
Rüstzeug**

KVR-Leitlinien

8. Auflage, Hennef, 2012

+

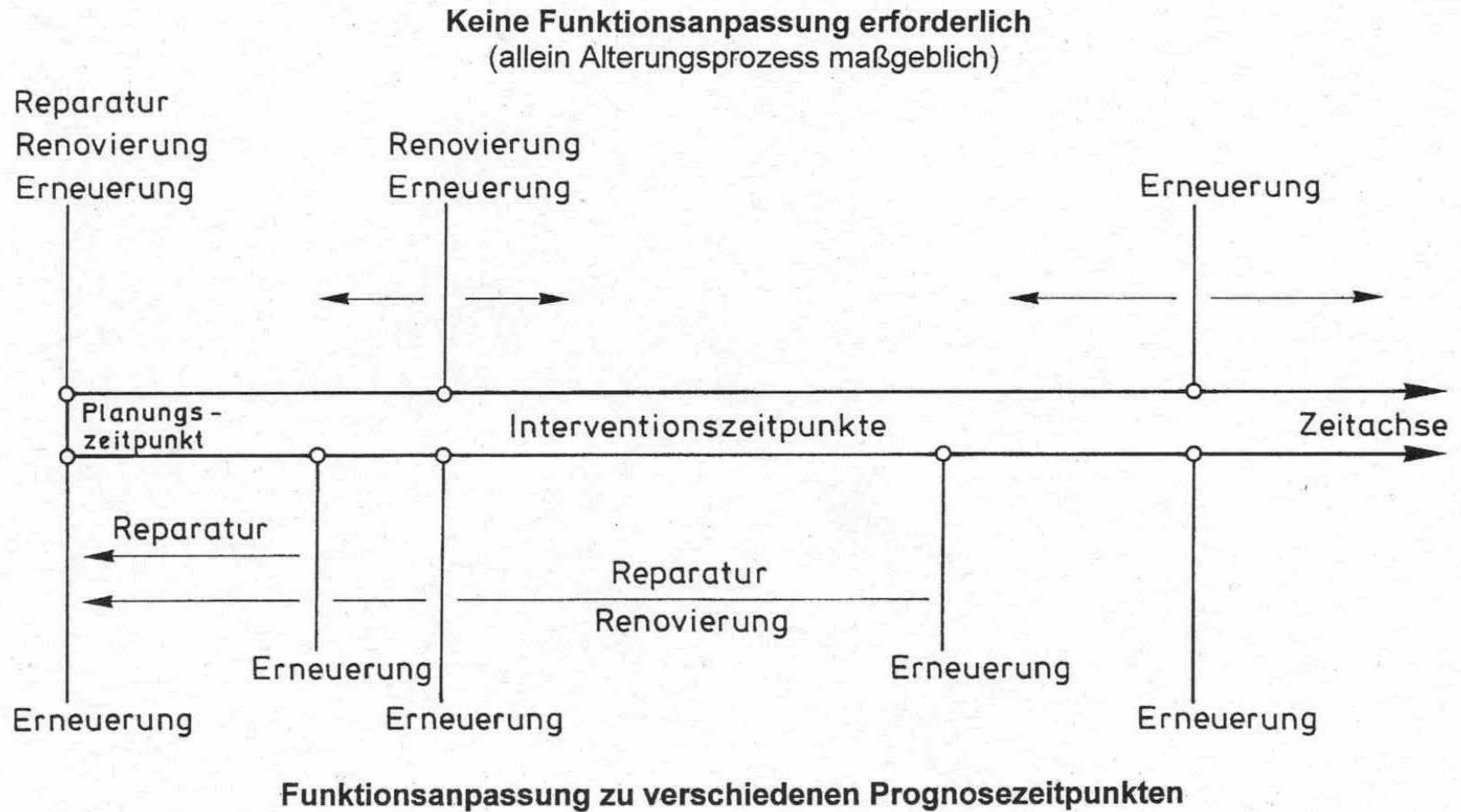
Fallspezifische Daten

Kanal-/ Leitungszustand

Zustandsprognose

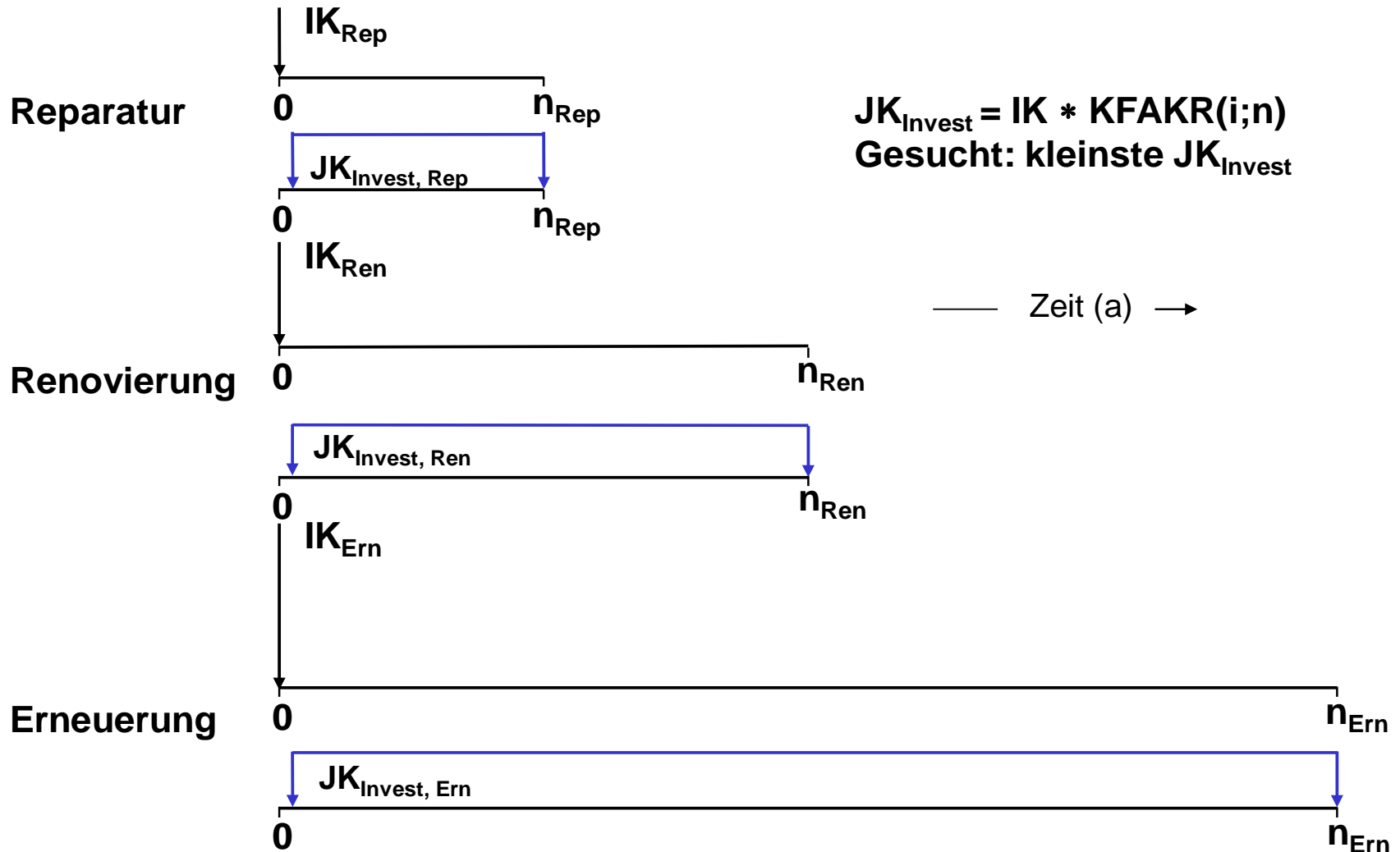
Funktionsanpassungen

Alternativen

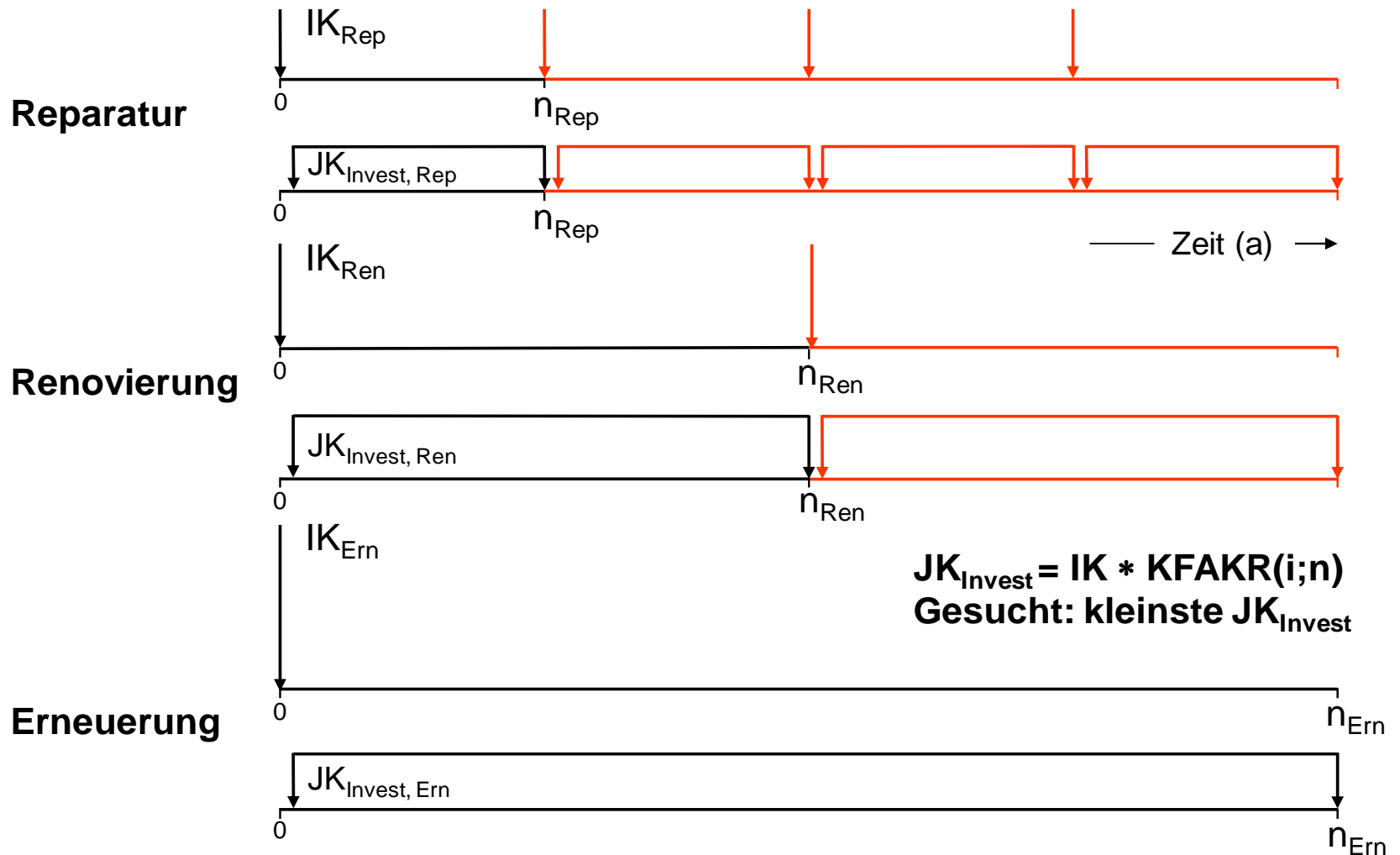


Alternative Sanierungskonzepte ohne und mit notwendiger Funktionsanpassung

Unstatthafte Alternativenbetrachtungen



Unstatthafte Alternativenbetrachtungen





Alternativenbetrachtungen und Sanierungskonzepte

- 3 grundsätzliche Sanierungskonzepte aus engerer bautechnischer Sicht:
 - Reparatur gefolgt von Renovierung gefolgt von Erneuerung
 - Renovierung gefolgt von Erneuerung
 - Erneuerung
- Der Ansatz entspricht der Langlebigkeit der Entwässerungssysteme, auf den die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen abzustellen sind.
- **Unstatthafte Alternativenbetrachtungen**
 - Verfahrensvergleich für unmittelbar anstehenden Sanierungsbedarf
 - Folge gleichartiger Reinvestitionen

Untersuchungszeitraum

Grundsatz: Für alle Alternativen ist der gleiche Betrachtungshorizont zu Grunde zu legen. Es treten 2 Fälle auf:

- Die Nutzungsdauern führen zu einem klar definierbaren Untersuchungszeitraum.
- Im anderen Fall kann der Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Kostenbarwerte über eine lange Betrachtungsdauer durch die Bereitstellung kritischer Werte die benötigte Entscheidungshilfe liefern.

Projektbeispiel zur Anwendung der KVR* (1)

Die Bearbeitung des Projektes erfolgt nach der in den KVR-Leitlinien dokumentierten Vorgehensweise mit den dort standardmäßig eingeführten 8 Arbeitsschritten:

- 1. Projektbeschreibung
- 2. Beschreibung der Projektalternativen
- 3. Eignung der Kostenvergleichsrechnung
- 4. Kostenermittlung
- 5. Finanzmathematische Aufbereitung
- 6. Kostengegenüberstellung
- 7. Empfindlichkeitsprüfungen
- 8. Gesamtbeurteilung

1. Projektbeschreibung

- Kanalabschnitt mit 6 Haltungen in innerstädtischer Hauptverkehrsstraße
- Optische Zustandserfassung liegt vor
- Kurzfristige Sanierung einschl. Kanalschächte erforderlich
- Keine derzeitigen und künftigen Funktionsanpassung erkennbar
- Sanierungskonzept auf Basis des baulichen Zustandes und des Alterungsprozesses
- Kostenvergleichsrechnung hier exemplarisch für eine Haltung mit ihrem Anfangsschacht . In der konkreten Projektbearbeitung alle 6 Haltungen zu behandeln

1. Projektbeschreibung (2): Haltungscharakterisierung

- DN 500
- Länge 64,30 m
- Tiefenlage Kanalsohle 3,80 m
- 12 Anschlüsse durch Abzweige
- Material xyz
- Baujahr 1978
- Mischwasser
- Lage zeitweise im Grundwasser
- Strecke von 3,20 m stark einsturzgefährdet
- Strecke von 2,80 m gravierender Längsriss
- Punktuelle Schädigungen (geringer Längsriss, Querrisse, Muffenversätze, Undichtheiten)
- Anfangsschacht Konus gerissen

2. Beschreibung der Alternativen

- **Alternative A1: Reparatur gefolgt von Erneuerung**
 - Teilerneuerung 5,20 m (einsturzgefährdete Strecke)
 - Teilerneuerung 4,80 m (Strecke mit erheblichem Längsriss)
 - Reparaturmaßnahmen: 11 Robotereinsätze, 1 Kurzschlauch 3,20 m, Wiederherstellung von 2 Anschlüssen mittels Anschlusspassstücken
 - Auswechslung Schachtkonus
 - Instandhaltung über 40 Jahre, danach Erneuerung

2. Beschreibung der Alternativen

- **Alternative A2: Renovierung gefolgt von Erneuerung**
 - Teilerneuerung 5,20 m (einsturzgefährdete Strecke)
 - Renovierung mit Schlauchliner 64,30 m
 - Wiederherstellung von 12 Anschlüssen mittels Anschlusspassstücken
 - Auswechslung Schachtkonus
 - Erneuerung der Haltung nach Ablauf der Nutzungsdauer des Liners

- **Alternative A3: Erneuerung**

- Sofortige Erneuerung der gesamten Haltung einschl. Anfangsschacht



3. Eignung der Kostenvergleichsrechnung

- Nutzengleich bezüglich der Funktionsfähigkeit
- Nutzenungleichheit von A1 gegenüber A2 und A3 bezüglich Kanalsubstanz
- Unterschiede der Alternativen bei Risiken und Auswirkungen während der Bauzeit auf Dritte und Umwelt (indirekte Kosten)

Kostenvergleichsrechnung geeignet mit entsprechenden Empfindlichkeitsprüfungen (Schritt 7) und gegebenenfalls verbal-argumentativer Zusatzinformation im Rahmen der Gesamtbeurteilung (Schritt 8)

4. Kostenermittlung

| Alternative A1 | | |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Teilerneuerung Einsturzstrecke | IK ₁ , Teilerneuerung | 18.800 € |
| Teilerneuerung Längsrissstrecke | IK ₁ , Teilerneuerung | 17.400 € |
| 11 Robotermaßnahmen | IK ₁ , Roboter | 4.490 € |
| 1 Kurzliner, 2 Anschlüsse öffnen | IK ₁ , Kurzschlauch | 5.600 € |
| Auswechslung Schachtkonus | IK ₁ , Konus | 2.750 € |
| Summe IK₁ | | 49.040 € |
| Alternative A2 | | |
| Teilerneuerung Einsturzstrecke | IK ₂ , Teilerneuerung | 18.800 € |
| Renovierung | IK ₂ , Renovierung | 33.800 € |
| Anschlüsse öffnen (12 Stück) | IK ₂ , HA öffnen | 10.300 € |
| Auswechslung Schachtkonus | IK ₂ , Konus | 2.750 € |
| Summe IK₂ | | 65.650 € |
| Alternative A3 | | |
| Erneuerung Haltung | IK ₃ , Ern. Haltung | 131.700 € |
| Erneuerung Schacht | IK ₃ , Ern. Schacht | 7.000 € |
| Summe IK₃ | | 138.700 € |



5. Finanzmathematische Aufbereitung

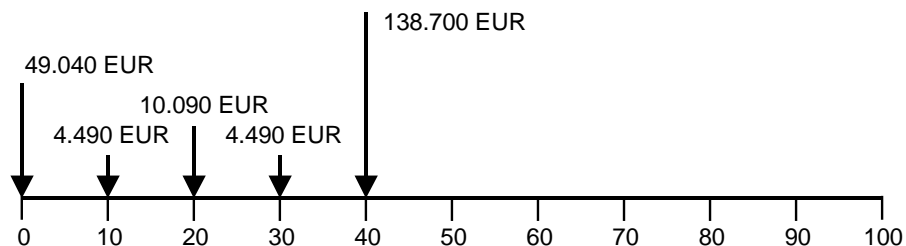
5.1 Kalkulationsparameter

- Zinssatz real 3 % p.a.
- Bezugszeitpunkt: Beginn des Folgejahres nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen
- Nutzungsdauern
 - Robotermaßnahmen: ND_{Roboter} 10 a
 - Kurzschlauch: $ND_{\text{Kurzschlauch}}$ 20 a
 - Renovierung: $ND_{\text{Renovierung}}$ 50 a
 - Erneuerung Haltung: $ND_{\text{Erneuerung}}$ 80 a
 - Erneuerung Konus: ND_{Konus} 80 a
- Untersuchungszeitraum gesetzt: 100 Jahre, da kein gemeinsamer Planungshorizont bestimmbar

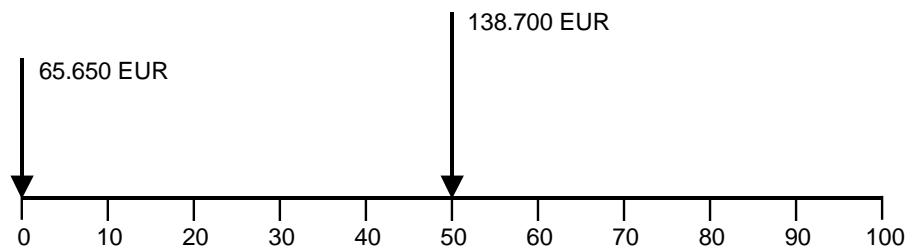


5.2 Durchführung der Kostenvergleichsrechnung (1)

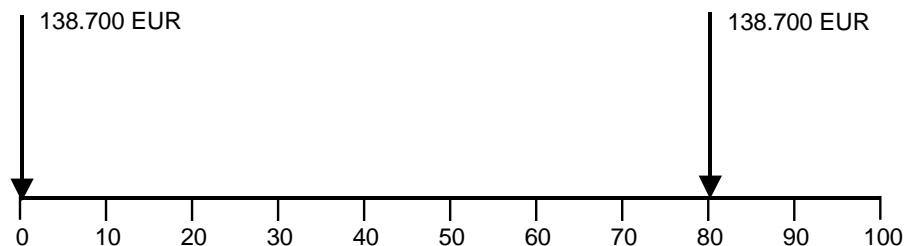
A1: Reparatur gefolgt von Erneuerung



A2: Renovierung gefolgt von Erneuerung



A3: Erneuerung



Kostenreihen
der 3 Alternativen



5.2 Durchführung der Kostenvergleichsrechnung (2)

Berechnung der Projektkostenbarwerte PKBW

| Zeitraum | Berechnung der Kostenbarwerte | Kostenbarwert im Zeitraum (EUR) | Summe Kostenbarwert (EUR) |
|-----------------------|--|---------------------------------|---------------------------|
| Alternative A1 | | | |
| 0 - 10 | $49.040 \cdot D_{FAKE}(3;0) = 49.040 \cdot 1,00000$ | 49.040 | 49.040 |
| 10 - 20 | $4.490 \cdot D_{FAKE}(3;10) = 4.490 \cdot 0,74409$ | 3.341 | 52.381 |
| 20 - 30 | $10.090 \cdot D_{FAKE}(3;20) = 10.090 \cdot 0,55368$ | 5.587 | 57.968 |
| 30 - 40 | $4.490 \cdot D_{KAKE}(3;30) = 4.490 \cdot 0,41199$ | 1.850 | 59.818 |
| 40 - 100 | $138.700 \cdot D_{FAKE}(3;40) = 138.700 \cdot 0,30656$ | 42.520 | 102.338 |
| Alternative A2 | | | |
| 0 - 50 | $65.650 \cdot D_{FAKE}(3;0) = 65.650 \cdot 1,00000$ | 65.650 | 65.650 |
| 50 - 100 | $138.700 \cdot D_{FAKE}(3;50) = 138.700 \cdot 0,22811$ | 31.639 | 97.289 |
| Alternative A3 | | | |
| 0 - 80 | $138.700 \cdot D_{FAKE}(3;0) = 138.700 \cdot 1,00000$ | 138.700 | 138.700 |
| 80 - 100 | $138.700 \cdot D_{FAKE}(3;80) = 138.700 \cdot 0,09398$ | 13.035 | 151.735 |

6. Kostengegenüberstellung (1)

- Projektkostenbarwerte PKBW

$$\text{PKBW}_{A1} = 102.338 \text{ €}$$

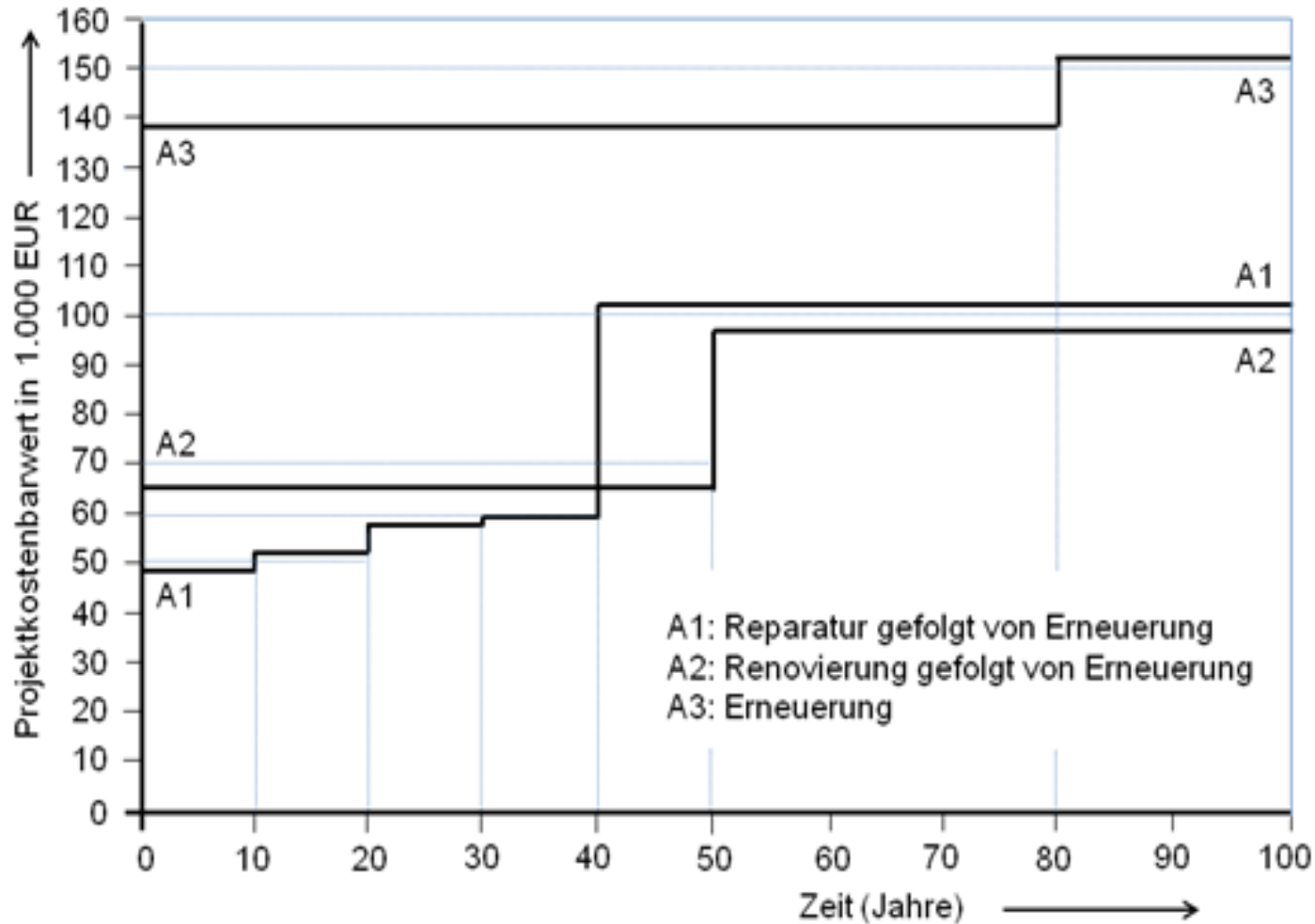
$$\text{PKBW}_{A2} = \mathbf{97.289 \text{ €}}$$

$$\text{PKBW}_{A3} = 151.735 \text{ €}$$

Kapitalisierte Kostenersparnisse KKE von A2 gegenüber A1

$$\text{KKE}_{A2} = 102.338 - 97.289 = \text{rd. } \mathbf{5050 \text{ €}}$$

6. Kostengegenüberstellung (2)



Zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte



7. Empfindlichkeitsprüfungen (1)

- Qualitätsgesicherte Kostenermittlung (Kosten aus aktuellem Sanierungsprogramm)
- Zu hinterfragen:
 - bei A1: unvorhergesehene zusätzliche Reparaturmaßnahmen
 - bei A2: Nutzungsdauer des Liners von 50 Jahren



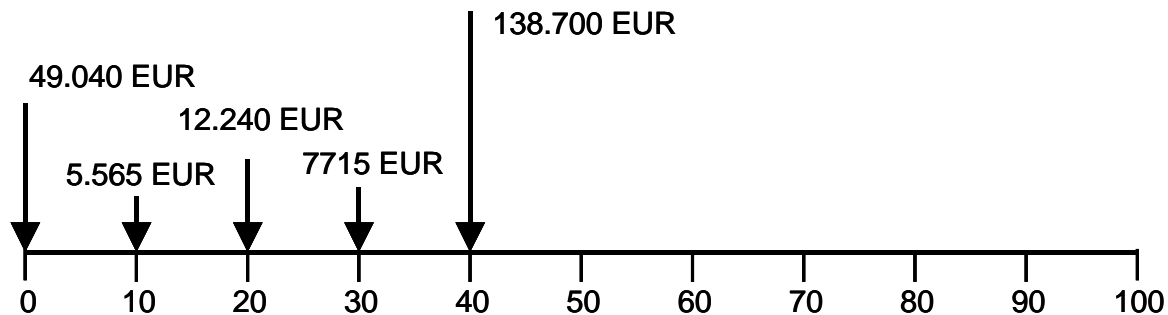
7. Empfindlichkeitsprüfungen (2)

7.1 Reparaturmaßnahmen bei A1

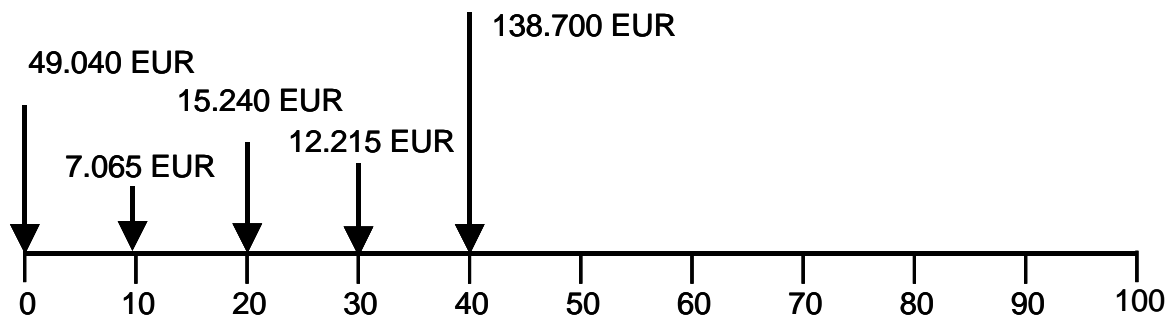
- Bisher nur Reinvestitionen an den Anfangsreparaturstellen
- Jetzt zusätzliche Zustandsverschlechterungen angenommen
- (z. B.: neue undichte Muffen, Vergrößerung von Rissen)
- Annahme von 2 Szenarien
 - **Alternative A1a:** geringe Zustandsverschlechterung
 - 5 zusätzliche undichte Muffen nach jeweils 10 Jahren
 - **Alternative A1b:** starke Zustandsverschlechterung
 - 9 zusätzliche undichte Muffen sowie jeweils einem teuren Robotereinsatz
- Kosten Muffensanierung mit Roboter: je 215 €
- Kosten für Sanierung größerer Schäden: 640 €

7. Empfindlichkeitsprüfungen (3)

**A1a: Reparatur mit geringer Zustandsverschlechterung
gefolgt von Erneuerung**



**A1b: Reparatur mit starker Zustandsverschlechterung
gefolgt von Erneuerung**



Kostenreihen der
beiden Alternativen
A1a und A1b

7. Empfindlichkeitsprüfungen (4)

Berechnung der Projektkostenbarwerte PKBW

| Zeitraum | Berechnung der Kostenbarwerte | Kostenbarwert im Zeitraum (EUR) | Summe Kostenbarwert (EUR) |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Alternative A1a | | | |
| 0 - 10 | $49.040 \cdot \text{DFAKE}(3;0) =$ | $49.040 \cdot 1,00000$ | 49.040 |
| 10 - 20 | $5.565 \cdot \text{DFAKE}(3;10) =$ | $5565 \cdot 0,74409$ | 53.181 |
| 20 - 30 | $12.240 \cdot \text{DFAKE}(3;20) =$ | $12.240 \cdot 0,55368$ | 59.958 |
| 30 - 40 | $7.715 \cdot \text{DKAKE}(3;30) =$ | $7.715 \cdot 0,41199$ | 63.336 |
| 40 - 100 | $138.700 \cdot \text{DFAKE}(3;40) =$ | $138.700 \cdot 0,30656$ | 105.656 |
| Alternative A1b | | | |
| 0 - 10 | $49.040 \cdot \text{DFAKE}(3;0) =$ | $49.040 \cdot 1,00000$ | 49.040 |
| 10 - 20 | $7.065 \cdot \text{DFAKE}(3;10) =$ | $7.065 \cdot 0,74409$ | 54.297 |
| 20 - 30 | $15.240 \cdot \text{DFAKE}(3;20) =$ | $15.240 \cdot 0,55368$ | 62.735 |
| 30 - 40 | $12.215 \cdot \text{DKAKE}(3;30) =$ | $12.215 \cdot 0,41199$ | 67.767 |
| 40 - 100 | $138.700 \cdot \text{DFAKE}(3;40) =$ | $138.700 \cdot 0,30656$ | 110.287 |

7. Empfindlichkeitsprüfungen (4)

▪ Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte

| Alternative | PKBW |
|--|-----------|
| A1: Reparatur gefolgt von Erneuerung ohne Zustandsverschlechterung (A1) | 102.338 € |
| geringe Zustandsverschlechterung (A1a) | 105.656 € |
| starke Zustandsverschlechterung (A1b) | 110.287 € |
| A2: Renovierung gefolgt von Erneuerung | 97.289 € |

▪ Kapitalisierte Kostenersparnisse bei A2

- A2 gegen A1: 5.050 €
- A2 gegen A1a: 8.370 €
- A2 gegen A1b: 13.000 €
- Bandbreite kapitalisierte Risikokosten: 0 bis 7.950 € (13.000 € – 5.050 €)



7. Empfindlichkeitsprüfungen (5)

7.2 Nutzungsdauer der Renovierung bei A2

- Mindestnutzungsdauer von A2 beim Vergleich mit A1
 - Projektkostenbarwert von A1: 102.338 €
 - Erstinvestition von A2: 65.650 €
- - Differenz: 36.388 €
- Damit: $36.688 = 138.700 \cdot D_{FAKE}(3; n_{krit})$
- $\rightarrow D_{FAKE}(3; n_{krit}) \rightarrow n_{krit} = 45$ Jahre
- Vergleich A2 gegen A1a: $n_{krit} = 42$ Jahre
- Vergleich A2 gegen A1b: $n_{krit} = 40$ Jahre



8. Gesamtbeurteilung

- A3 unwirtschaftlichste Alternative
- **A2 langfristig wirtschaftlichste Alternative**
 - Vermeidet Risiken von A1 (Zustandsverschlechterungen)
 - Kritische Nutzungsdauer liegt bei maximal 45 Jahren
- Entscheidung für A2 und Erfolgssicherung setzen best practice beim Netzbetreiber voraus, das sämtliche Aktivitäten von der Ausschreibung und Vergabe über die angemessene örtliche Bauüberwachung zur fachgerechten Ausführung sämtlicher Teilleistungen bis zur Erfolgskontrolle umfasst.

Nachsatz: Haltungsspezifisches Ergebnis ist abschließend im gesamten Projektrahmen zu beurteilen.

Fortbildungsangebot zu KVR und Kanalsanierung

- Wirtschaftlichkeitsberechnung nach DWA/LAWA-Standard – KVR-Leitlinien 2012

Nächstes DWA-Seminar: 17. Sept. 2013, Stuttgart

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Planungen und Investitionsentscheidungen in der Abwasserwirtschaft – Vertiefenseminar (mit ½ Tag Kanalsanierung)

Nächstes DWA-Seminar: 07. Nov. 2013, Kassel

- Inhouse-Schulungen mit individuell abgestimmtem Programm nach Vereinbarung

Johann Wolfgang von Goethe

Es ist nicht genug zu wissen, man muss auch anwenden; es ist nicht genug zu wollen, man muss auch tun.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit