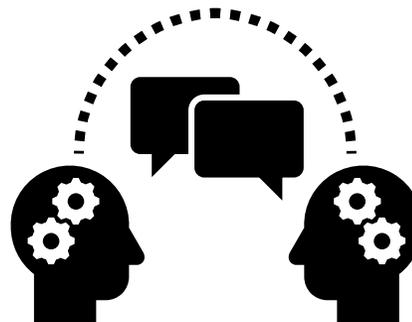


Aufbereitetes Wissen

Wissenstransfer zum Thema unterirdische Leitungskanäle

Stand: Oktober 2022





Schwerpunkt 1: Einführung

- 1.1 Ver- und Entsorgungssysteme
- 1.2 Einordnung Leitungskanäle in Ver- und Ents. struktur
- 1.3 Erdverlegte und kanalverlegte Leitungen
- 1.4 Vor- und Nachteile kanalverlegter Leitungen
- 1.5 Unterirdische Leitungskanäle, Begriffe und Abgrenzung
- 1.6 Unterirdische Leitungskanäle - Merkmale
- 1.7 Unterirdische Leitungskanäle - Grundfunktionen
- 1.8 Unterirdische Leitungskanäle - Bestand / Alter / Medien
- 1.9 Rechtliche Grundlagen für Bau und Betrieb





1.1 Ver- und Entsorgungssysteme⁽¹⁾

- ▶ sind eine wesentliche Form der Daseinsvorsorge mit räumlich – zeitlichem Bezug, d. h. bedarfsgerecht und anpassungsfähig in Siedlungs- und Freiräumen
- ▶ Hauptstruktur: Energie-, Wasser-/Abwasser-, Abfall- und Verkehrswirtschaft, sowie Informationsbereitstellung (ITK – Infrastruktur)
- ▶ Investitionen der Energie-, Wasser- und Entsorgungswirtschaft umfassten im Jahre 2019 21,7 Milliarden € ⁽²⁰⁾
- ▶ Gebäude und bauliche Anlagen, Transportmittel (Güterverkehr), sowie Leitungen (Rohr- und Kabelleitungen mit Schächten und Armaturen), räumliche Einordnung: als Standort, Trasse oder in Netzform, stofflicher/energetischer Transport von Medien (Begriffsvielfalt)



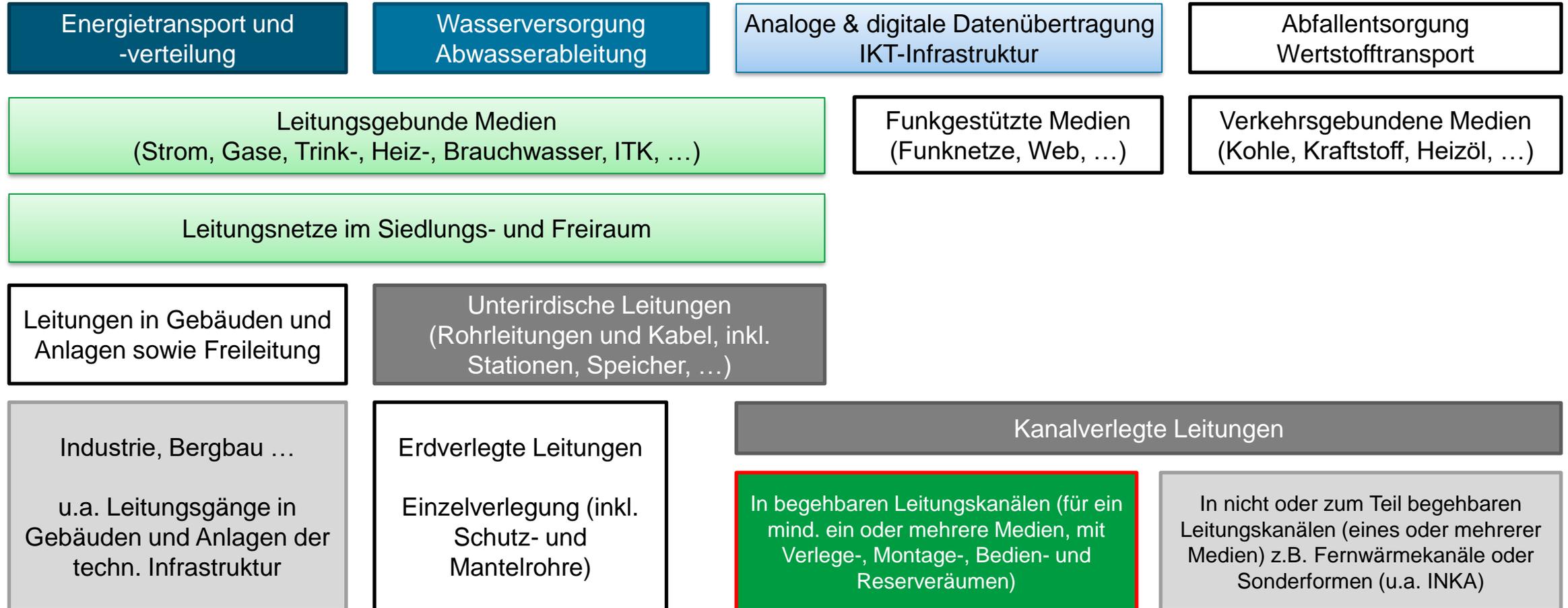
Kriterien für die Auslegung der Systeme:

Standicherheit / Dauerhaftigkeit, Ver- und Entsorgungssicherheit, Umwelt- und Sozialverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit



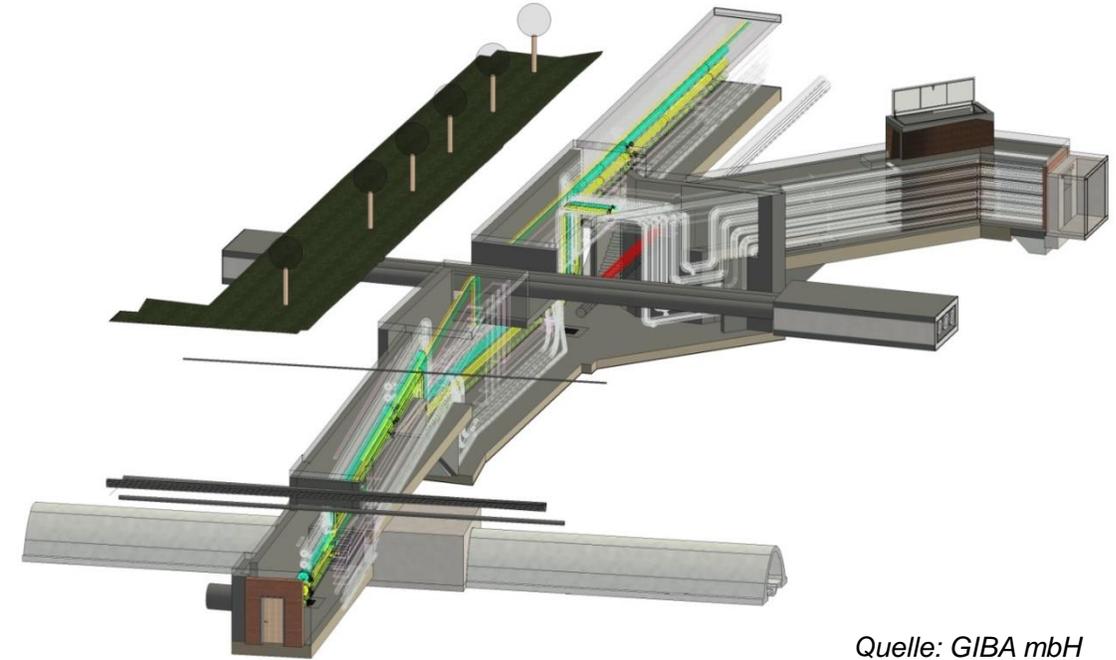
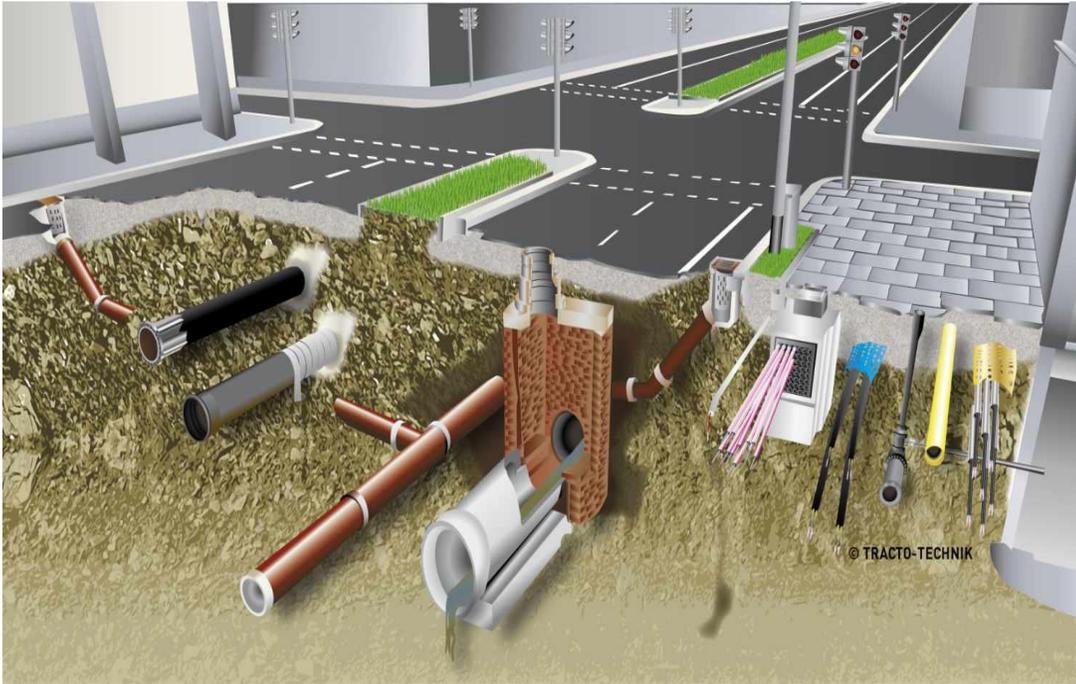


1.2 Einordnung Leitungskanäle in Ver- und Entsorgungsstruktur





1.3 Erdverlegte und kanalverlegte Leitungen



Quelle: GIBA mbH

- ▶ Erdverlegte Leitungen als Einzelverlegung nach DIN 1998 sowie Leitungsarten spezifisch entsprechend DIN EN 15885 ff
- ▶ Kanalverlegte Leitungen ermöglichen als Mehrfachverlegung die Bündelung verschiedener Leitungssysteme in einer Trasse / baulichen Anlage ⁽⁹⁾



1.4 Vor- und Nachteile kanalverlegter Leitungen (vereinfacht)

- ▶ Vorteil 1: Hohe Versorgungssicherheit / geringere Störanfälligkeit
- ▶ Vorteil 2: Verlängerung der Nutzungsdauer der Leitungen
- ▶ Vorteil 3: Flexible Nutzung eines kompakten Verlegeraumes
- ▶ Vorteil 4: Vermeidung offene Bauweise durch grabenlose Technologien
- ▶ Vorteil 5: direkter und indirekter Umwelt- und Klimaschutz
- ▶ Vorteil 6: Ressourceneffizienz / -schutz (langfristig)

- ▶ Nachteil 1: zusätzliche Investition in bauliche Hülle und Ausrüstung
- ▶ Nachteil 2: zusätzliche Instandhaltung des Kanals
- ▶ Nachteil 3: spezifische Anwendung Konzessions- / Gestattungsrecht
- ▶ Nachteil 4: indirekte rechtliche Vorgaben
- ▶ Nachteil 5: wenige direkte technische Standards / Normung
- ▶ Nachteil 6: kurzfristige Mehraufwendungen / langfristiger Nutzen



Quelle: Vortrag zur „Sicherheit in begehbaren Leitungsgängen“ anlässlich 22. Int. NO DIG Conference, 15.-17. November 2004 (Reim, K.-P.)





1.5 Unterirdische begehbare Leitungskanäle – Begriffe und Abgrenzung⁽²⁾

- A** sind bauliche Anlagen zur Verlegung und zum Betrieb von Rohrleitungen und Kabeln.
- B** Der allseits umschlossene Raum umfasst Verlege-, Montage-, Bedien- und Reserveräume.
- C** gliedern sich in Kanalstrecken und Schachtbauwerken (linien- und punktförmig).
- D** bestehen aus baulichen Hüllkonstruktionen, Lager- und Unterstützungsstrukturen für die Leitungen sowie betriebliche Einrichtungen / *Ausrüstungen*.

Synonym verwendete Begriffe sind u.a.: Leitungsgang, Versorgungskanal, Infrastrukturkanal, Medienkanal, Leitungstunnel, Sammelkanal, Kollektor, Leitungsdüker, Rohrkanal, Kabelkanal, ...

Nicht betrachtet werden: Schutzrohrstrecken oder andere luftgefüllte Ringräume (nicht begehbar); Leitungsgänge in den Kellergeschossen von Gebäuden, begehbare Kanäle als Bestandteil bergbaulicher, wasserwirtschaftlicher oder von Verkehrsanlagen; begehbare Abwasserkanäle, auch nicht wenn zusätzliche Leitungen verlegt sind; betretbare Schachtbauwerke, die nicht in Linienform eingeordnet sind;...





1.6 Unterirdische Leitungskanäle - Merkmale

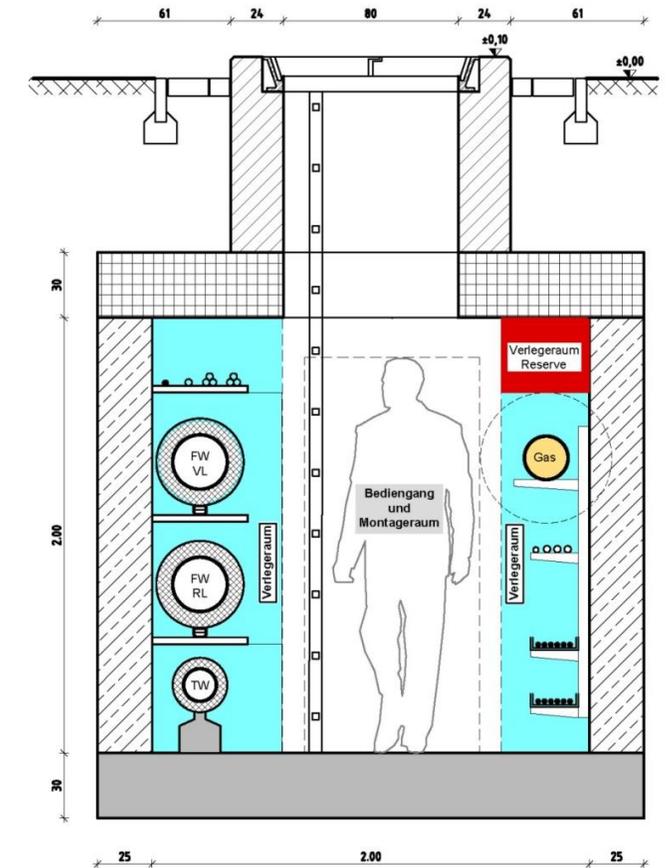
- ▶ **unterirdisch:** ... (fast) vollständig von Erdreich umschlossen - Ausnahmen: Bauteile der Ein- /Ausstiegs-, schächte, Ein-/Ausgänge, Montageschächte, Lüftungsanlage und sonstiger betrieblicher Einrichtungen.
- ▶ **Bauliche Hülle:** ... bestehend aus Baustoffen und Bauteilen in lang gestreckte Form zur Leitungsführung.
- ▶ **Lager- und Unterstützungsstrukturen:** für Rohrleitungen gemäß Rohrstatik, für Kabel nach Bemessung und generell nach physikalischen Eigenschaften (u.a. Wärmeabstrahlung, Feldwirkungen).
- ▶ **Betriebliche Einrichtungen:** hauptsächlich Betriebsstromanlage (Beleuchtung, Steckdosen), Lüftung (natürliche oder technische), Entwässerung (Freigefälle oder Druckentw.), Schutzpotential und Erdung, Sicherheitsbauteile (z.B. Brandwände) bzw. -technik (z.B. Wassermelder), Beschilderung + Kennzeichnung...
- ▶ **Leitungen:** Rohrleitungen und Kabel werden in gleicher Trasse verlegt und betrieben, jedoch durch verschiedene Eigentümer/Betreiber einzeln bewirtschaftet, ggf. ausgetauscht, ergänzt oder zurück gebaut.
- ▶ **Transport von Medien/Stoffen:** darunter Trinkwasser, Brauchwasser, Heizwasser, Gase, Starkstrom (in unterschiedlichen Druckstufen bzw. Spannungsebenen), Informationen und Daten, Sondermedien
- ▶ **Eignung:** Bündelung aller Leitungen zur kompakten und flexiblen Nutzung des Verlegeraumes.





1.7 Unterirdische Leitungskanäle - Grundfunktionen

- ▶ Gewährleistung der Technischen Sicherheit aller Leitungen über den Nutzungszeitraum erdverlegter Leitungen hinaus (Anspruch an Konstruktion und Betrieb);
- ▶ Zusätzlicher Schutz der Leitungen vor Einwirkungen aus dem Baugrund (u.a. Erd- und Verkehrslasten, Erdfeuchte, Tag- und Grundwasser, Schadstoffe, Erschütterungen, Unterspülungen, sog. Baggerbiss, ...);
- ▶ ständige Revisionierbarkeit der Leitungen und Anlagen,
- ▶ grabenlose / aufgrabungsarme Verlegung, Betrieb, Instandhaltung, Austausch, Rückbau aller Leitungen;
- ▶ umfassender Personenschutz (baulich, technisch, organisatorisch),
- ▶ langfristige Vorteile der Anlage, u.a. Stadtökologie, Stadtklima, ungestörter Wohnkomfort, Gewerbeausübung, Verkehrsfluss, zusätzlicher Schutz vor Schäden durch Naturereignisse...



Quelle: GIBA mbH





1.8 Unterirdische Leitungskanäle – Bestand / Alter / Medien

- ▶ älteste Versorgungskanäle 1893 (Hamburg) und 1899 nach wie vor in Betrieb mit ersetzten und zusätzlichen Medien (siehe Bild rechts oben); zum Vergleich Kanal seit 5 Jahren in Betrieb (Bild rechts unten);
- ▶ Bestand und in Betrieb ca. 600 bis 800 Trassen-km in BR Deutschland (existiert keine offizielle Statistik);
- ▶ Kurzstrecken ab 25 m bis zu knapp 20.000 m in einem Stadtgebiet;
- ▶ Typische Querschnitte von B x H: 1,60 m x 1,80 m bis 4,80 m x 3,60 m bzw. im Kreisquerschnitt DN 2.000 bis ca. DN 3.800 mit integrierten Schachtbauwerken von ca. 10 m³ bis 3.200 m³ umbauter Raum;
- ▶ Gesamtlängen der verlegten Rohrleitungen und Kabelbündel ca. 9.000 km (grobe Schätzung, deutlich <1 % des Gesamtbestandes);
- ▶ Hauptmedien: Heiz-, Trink-, Brauchwasser, Starkstromkabel, TK-Kabel; seltener Gase, Abwasser, Druckluft, Löschwasser ...



Quelle: GIBA mbH



Quelle: GIBA mbH





1.9 Rechtliche Grundlagen für Bau und Betrieb

Im Fachrecht der Ver- und Entsorgungswirtschaft werden Leitungskanäle oder deren Synonyme nicht explizit genannt, gleichwohl stehen hinreichend rechtliche Gestaltungsoptionen zur Verfügung.⁽⁴⁾

Im Sinne der Landesbauordnungen stellen begehbare Leitungskanäle „künstliche Hohlräume unter Geländeoberfläche“ dar, die einer eigenständigen Unterhaltung bedürfen. Sie sind als selbstständige Bauliche Anlage einzustufen⁽³⁾ und nicht als Leitung, da unmittelbar keine Medienführung erfolgt.“⁽⁴⁾

Es handelt sich um einen Sonderbau, „wenn seine Art oder Nutzung Gefahren oder Risiken begründen, die über ein Maß hinaus gehen, dass mit der Nutzung üblicherweise verbunden ist,...“⁽³⁾

„Die Zuordnung kann über ein bauaufsichtliches Genehmigungsverfahren bzw. über eine Gefährdungsbeurteilung für den Einzelfall geprüft werden.“⁽³⁾

Es ergeben sich umfangreiche Rechtsfolgen aus dem Begriff Bauliche Anlage bzw. Sonderbau zum Bau, dem Betrieb und der Instandhaltung, u.a. zur Verkehrssicherheit, Brandschutz, Lüftung, Rettungswege.

Der Betrieb von Leitungskanälen stellt eine zulässige wirtschaftliche Betätigung dar. Seine Bewirtschaftung liegt grundsätzlich im Gemeinwohlinteresse.⁽⁴⁾

Bestandsschutz bzw. Bestandserhaltung in der ursprünglich genehmigten Funktion zu verstehen.





Schwerpunkt 2: Bau

2.1 Historie

2.2 Bauweisen im Leitungsbau

2.3 Baumaterialien, -verfahren, sowie -technologien

2.4 Anwendungs- bzw. Einsatzfälle

2.5 Neubau, inner- oder randstädtisch

2.6 Funktionsvorgaben

2.7 Beispiele für Ausstattungselemente





2.1 Historie⁽⁵⁾

- ▶ Überlieferungen aus der Antike (Tunnel für Wasserleitung)
- ▶ Wachstum historischer Stadtkerne ab 1850 (Industrialisierung) brachten unregelmäßige Nutzung der Straßen durch verschiedene Gesellschaften mit „ununterbrochenen Pflasteraufbrüchen [...] als schwere Störung empfunden“
- ▶ James Hobrecht (1825 – 1903): Pipe-Subways unter verkehrsreichen Straßen
- ▶ Deutschland erste Leitungskanäle in Hamburg (1893) und Dresden überliefert
- ▶ Versorgungskanal in der Dresdner Altstadt seit 1899 in Betrieb:
Sächs. König wünschte Heizung für die Hofkirche, aber ohne Kohlendreck
- ▶ Betrieb über 120 Jahre mit wechselnder Belegung / Ausstattung
(heute mit Ausstellung im öff. begehbaren Teil zur Geschichte des Kanals und der Leitungen) sowie Instandsetzung und Verbesserung der Sicherheit zwischen 2010 – 2020.



Quelle: GIBA mbH



Quelle: GIBA mbH





2.2 Bauweisen im Leitungsbau

Errichtung der baulichen Hülle

Offene Bauweise	Geschlossene Bauweise	Mischbauweise
<ul style="list-style-type: none">• Ortbetonkonstr.• Fertigteile• Mischform• Stahlrohre und -segmente	<ul style="list-style-type: none">• Vortriebs-technologien• Tunnelbau• bergbaul. Techn.	<ul style="list-style-type: none">• Schachtbauwerke in offener Bauweise• Kanalstrecke, Hausanschlüsse in geschl. Bauweise

Einsatz unterschiedlichster Konstruktionsformen, -querschnitte und Materialien



Vortriebsstrecke im Rohbau nach Rückbau der Vortriebstechnik in der Startgrube, späteres Schachtbauwerk
Quelle: GIBA mbH

Verlegung der Leitungen

Offene Bauweise	Geschlossene Bauweise
Erstverlegung vor Einbau der Deckenkonstruktion	Erst- und Nachrüstung bei fertigen Leitungskanal

Verlege- und Montagetechnologien von Leitungen und Ausrüstungen

vereinfachte Darstellung



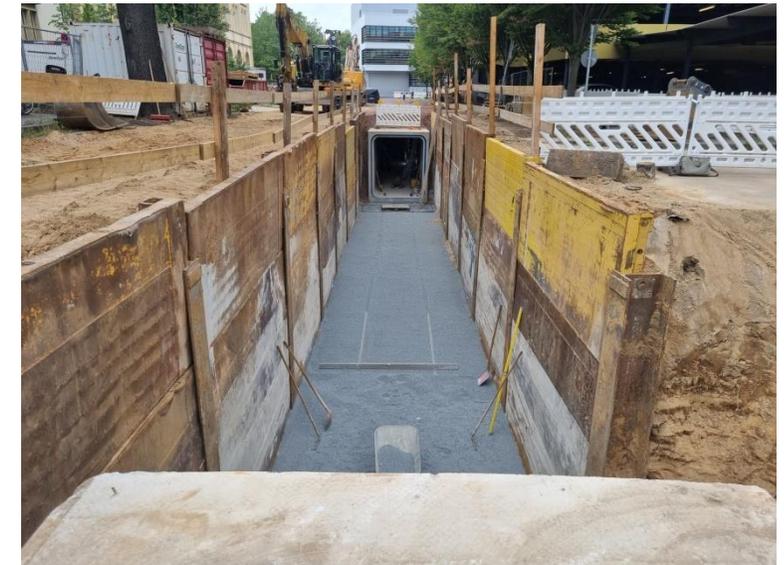
Nachrüstung von 120 kV Kabeln im Sohlbereich in einem betriebenen Leitungskanal
Quelle: GIBA mbH





2.3 Baumaterialien, -formen und –technologien⁽⁶⁾

- ▶ **Baumaterialien:** Stahlbeton, Spannbeton, Faserbeton, Stahlrohre und Stahlsegmente, ergänzend zementgebundene, bituminöse und bauchemische Materialien; historisch: Massenbeton unbewehrt), Mauerwerk (Ziegel, Betonsteine), bewehrter Beton; Carbon- und Recycling(R-)beton für Bauteile künftig vorstellbar.
- ▶ **Bauformen:** Rechteck-, Quadrat-, Kreis-, Halbkreisquerschnitt, einzeln und in Kombination, historisch: Trapez-, Gewölbe- sowie unsymmetrische Sonderformen;
- ▶ **Bautechnologien:** nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (DIN EN, Merkblätter ...)
Ortbetonverfahren (Hauptmerkmale: Transportbeton, Schalung, Verbau, Wasserhaltung oder Bohrpfähle, Spritzbeton u.a. als Teil der Technologien in größeren Tiefen);
Einbau Betonfertigteile (in Baugrube oder im Vortrieb);
Mischbauverfahren: z. B. U-Profil in Ortbeton und Fertigteildeckenplatten.



Quelle: GIBA mbH

(vereinfachte Erläuterung)





2.4 Anwendungs- bzw. Einsatzfälle

Voraussetzung ist die Einschätzung zur städtebaulichen Ausgangssituation, der Leitungs- bzw. Flächeninfrastruktur über vergangene und künftige Zeiträume (leitungsgebundene Erschließung);

Typische Anwendungsfälle sind:

- ▶ Leitungsbündelung in beengten Bauräumen unterschiedlicher Tiefen (u.a. Ausweichen auf 2. Horizont)
- ▶ Verlegung in gleicher Trasse unter intensiv genutzten Verkehrsräumen,
- ▶ Querung von Infrastrukturtrassen oder von Gewässern bzw. Flächen mit ökologischen Schutzstatus (Düker),
- ▶ Verbindung von Gebäuden gleicher Liegenschaft,
- ▶ Erschließung von Grundstücken / Flächen mit nachgeordneten ggf. wechselnden Medienbedarf,
- ▶ Diversifizierung im Medienbedarf (Elt, IT, Wasser – oder bei Technologiewandel / Smart City).



Langfristig genutzter Leitungskanal in **Prag**
als Beispiel für eine nachhaltige
Erschließungslösung
Quelle: GIBA mbH





2.5 Neubau, inner- und randstädtisch

Tech. Randbedingungen (innerstädtisch):

- ▶ Einschränkungen in der Trassierung durch bestehenden Leitungsbestand, Baugrund bzw. Schichten-/ Grundwasser
- ▶ Baufreiheit für Parallelverlegung und Kreuzungen notwendig
- ▶ Synergien aus der Netzcharakteristik (vermascht, verästelt, ringförmig) mehrerer Medien als Voraussetzung der Leitungsbündelung
- ▶ unterschiedlicher Zustand der Leitungs- und Verkehrsanlagen (Abgleich ob „zeitgleiche“ Erneuerungen möglich sind)
- ▶ Gestaltung von Hausanschlüssen (grabenlos, kanalverlegt)
- ▶ problematischer Wechsel in den 2. Horizont

Tech. Randbedingungen (randstädtisch):

- ▶ Bau- und Gestaltungsfreiheiten
- ▶ restriktive Bebauungsflächen
- ▶ Querungs-/ Verbindungsanspruch mehrerer Medien
- ▶ Öko. Schutzstatus wirkt ggf. restriktiv
- ▶ Problematischer Baugrund.



Anpassung der Kubatur im beengten Bauraum am Beispiel eines Kanalendbauwerks
Quelle: GIBA mbH





2.6 Funktionsvorgaben

Basis: Grundfunktionen gemäß Punkt 1.7: Technische Sicherheit, Anlagen- und Personenschutz, grabenlose Leitungsverlegung, ständige Revisionierbarkeit, kompakte / vorteilhafte Leitungsführung, Bau und Betrieb im Gemeinwohlinteresse (Umwelt- und Klimaschutz),

- ▶ 1. Die bauliche Hülle ist auf eine Nutzungsdauer von mindestens 80 Jahren auszulegen, u.a. durch eine dauerhafte Konstruktion (statisches Konzept, Bauteildicke, Bewehrungsgehalt, Betondeckung etc.), Abdichtungskonzept.
- ▶ 2. Alle Leitungen sollen die Nutzungsdauer der Erdverlegung überschreiten, u.a. durch Einhaltung der Mindestabstände zwischen den Leitungen, keine Taupunktunterschreitung, Minimierung von Risiken).
- ▶ 3. Verlege-, Montage- und Reserveräume ermöglichen die Komplettierung, den Austausch oder Rückbau von Leitungen während des Betriebs der anderen Leitungen.
- ▶ 4. Bedienhandlungen, Inspektionen und Wartungsaufgaben können jederzeit und ohne Einschränkung benachbarter Leitungen sowie des Verkehrs bzw. Wohn- und Gewerbeumfelds erfolgen.
- ▶ 5. Eine Betreibergesellschaft oder Struktureinheit des Eigentümers arbeitet nach betriebswirtschaftlichen Grundsätzen.





2.7 Beispiele für Ausstattungselemente



Notausgang im denkmalgeschützten Bereich

Quelle: GIBA mbH



Einstieg sowie Lüftungshaube

Quelle: GIBA mbH



Außenabdichtung, einschl. Dämmschicht

Quelle: GIBA mbH



Betriebsstrom- und Sicherheitsanlage

Quelle: GIBA mbH



Ventilator, schallgedämmt

Quelle: GIBA mbH



Sohlentwässerung mit Dreistabsonde

Quelle: GIBA mbH





Schwerpunkt 3: Strategische Planung

- 3.1 Kommunal- und Unternehmensplanung**
- 3.2 Planungsgrundlagen und Fachrecht**
- 3.3 Leitfaden zu Bau und Betrieb von Leitungskanälen**
- 3.4 Vergleich der Einzel- zur Mehrfachverlegung**
- 3.5 Gründe für die geringe Anwendung der Leitungskanäle**
- 3.6 Interessendivergenz und -ausgleich**
- 3.6 Kosten – Nutzen - Untersuchung**
- 3.7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
- 3.8 Modellansatz Wirtschaftlichkeit**





3.1 Kommunal- und Unternehmensplanung⁽⁷⁾

Erste Überlegungen werden ausgelöst durch:

- ▶ Fortschreibung der Flächennutzungsplanung (u.a. Verdichtung der Innenstädte, intensive /extensive Flächennutzung),
- ▶ Strategien der Versorgungsunternehmen (u.a. Erschließung, Verbindungstrassen bei Dezentralisierung, technische Stationen, Speicher, Ressourceneinsatz, Leitungsbündelung, Netzstabilisierung),
- ▶ Kommunale Zielsetzungen: Klimaschutz, Stadtökologie, Nachhaltigkeit, Verkehr, Wirtschaft und Tourismus,
- ▶ Bedarfsplanung, in Anlehnung an DIN 18205
- ▶ Rolle der Tiefbauämter bei der Erschließung neuer Wohn- und Gewerbestandorte bzw. beim Erkennen von Synergien, z.B. grundhafter Ausbau einer Straßenbahngleistrasse, Tiefenenttrümmerung bei künftigen Bauvorhaben, Koordinierung von Leitungsverläufen, Komplettierung im Leitungsbestand (Minimierung bzw. Vermeidung von Aufgrabungen).

Die Klammer für Akteure kann eine **Grundsatzvereinbarung / kommunale Satzung aller Beteiligten sein!?**

Fachdaten:

- ▶ unterschiedliche Bauzustände für Verkehrs- sowie Ver- / Entsorgungsanlagen und deren zeitliche Einordnung der Instandsetzung / Erneuerung,
- ▶ Stand der Bauleitplanung und Ausrichtung auf Nachhaltigkeit,
- ▶ ökologische und energetische Standards,
- ▶ Strategien von Investoren bzw. Bauträgern.





3.2 Planungsgrundlagen und Fachrecht⁽⁸⁾

Voraussetzung:

Kenntnisse zum Bauordnungs- und Bauplanungsrecht der Bundesländer zur Einordnung einer selbstständigen, spartenübergreifenden baulichen Anlage in die kommunale Bauleitplanung

Analyse der Ausgangssituation:

z. B. über eine Machbarkeitsstudie bzw. Grundlagenermittlung mit Variantenuntersuchung oder Vergleich der Einzel- zur Mehrfachverlegung, Bedarfs- bzw. Nutzungskonzept;

Integrieren einer Kosten – Nutzen – Untersuchung als Vorstufe einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die ersten Planungsphasen, Ziele:

- ▶ Transparenz bei allen Beteiligten (TÖB),
- ▶ fortschreibbare Daten,
- ▶ Aussagen zu Gesamtkosten, Ressourcen, Nachhaltigkeit;

Rechts- und Fachgrundlagen:

ohne spezialgesetzlichen Regelungen, jedoch keine rechtlichen Hindernisse! Berücksichtigung BGB, BO der Länder, DIN, EN zum Ingenieurbau erdberührter Bauwerke, zu Baustoffen, Bauteilen, ArbSchG, DGUV - Regelwerk, Richtlinien und Technische Regeln, Werknormen, Merkblätter und Leitfäden.





3.3 Leitfaden zu Bau und Betrieb von Leitungskanälen und Dükern



Überarbeitung des GSTT – Leitfadens Teile 1 - 3 der Jahre 1999 / 2002 / 2007
erfolgt ab 2020 im Projektkreis der AGFW e.V.



Teil 1: Grundlagen – strategische Planung, Wirtschaftlichkeit

Anwendungsbereich, Abgrenzung, Begriffe, normative Verweise, rechtliche Einordnung, Grundlagen zur Planung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Teil 2: Konstruktive Planung – Bauausführung

u.a. Planungsphasen, baukonstruktive Gestaltung, Leitungsverlegung, betriebliche Ausrüstung, bauliche Instandhaltung

Teil 3: Betrieb und Sicherheit

u.a. Betriebsorganisation, Sicherheitsmanagement, dazu bauliche, technische und organisatorische Erfordernisse

Bearbeitungsstand: ein Projektkreis, drei Arbeitsgruppen, Koordinatoren u.a. zur Steuerung der Mitwirkung der Fachverbände, Organisationen und Einbindung Ausland, nachgeordnete Vertiefung in Fachstandards, z. B. durch die AGFW e.V.



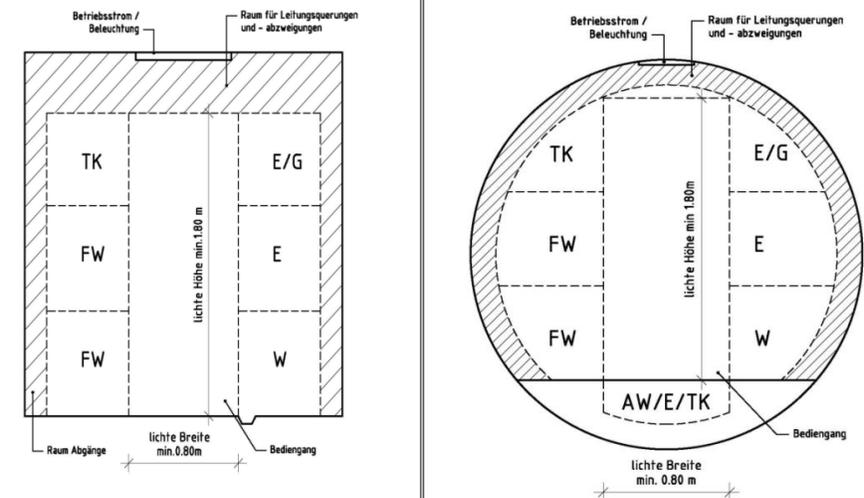


3.4 Vergleich der Einzel- zur Mehrfachverlegung⁽⁹⁾

- ▶ Einzelverlegung bedeutet, dass jedes Medium, ob in Rohrleitungen oder Kabel, separat im Erdreich im Leitungsgraben oder grabenlos verlegt wird (incl. Mitverlegung weiterer Leitungen oder Vorhalten von Hüll- bzw. Leerrohren);
- ▶ Mehrfachverlegung bedeutet, dass mehrere Medien in Rohrleitungen oder Kabel, hier in einer dafür vorgesehenen unterirdischen baulichen Hüllkonstruktion grabenlos, bzw. aufgrabungsarm montiert werden. Der Erdbau und die Erdverlegung der Leitungen entfallen somit für alle Leitungen. Der klassische Tiefbau erfolgt nur einmalig durch den Bau des Leitungskanals in offener oder geschlossener Bauweise (siehe auch Folien 1.2 und 1.3).

Voraussetzung für die Bewirtschaftung bzw. Darstellung des Nutzens ist das Erkennen der Möglichkeiten, die ein baulich vorbereiteter Verlege-, Montage-, Bedien- und Reserveraum mit sich bringt.

siehe Belegungsschemata (nebenstehend):



Quelle: GIBA mbH





3.5 Gründe für die bisher geringe Anwendung der Leitungskanäle

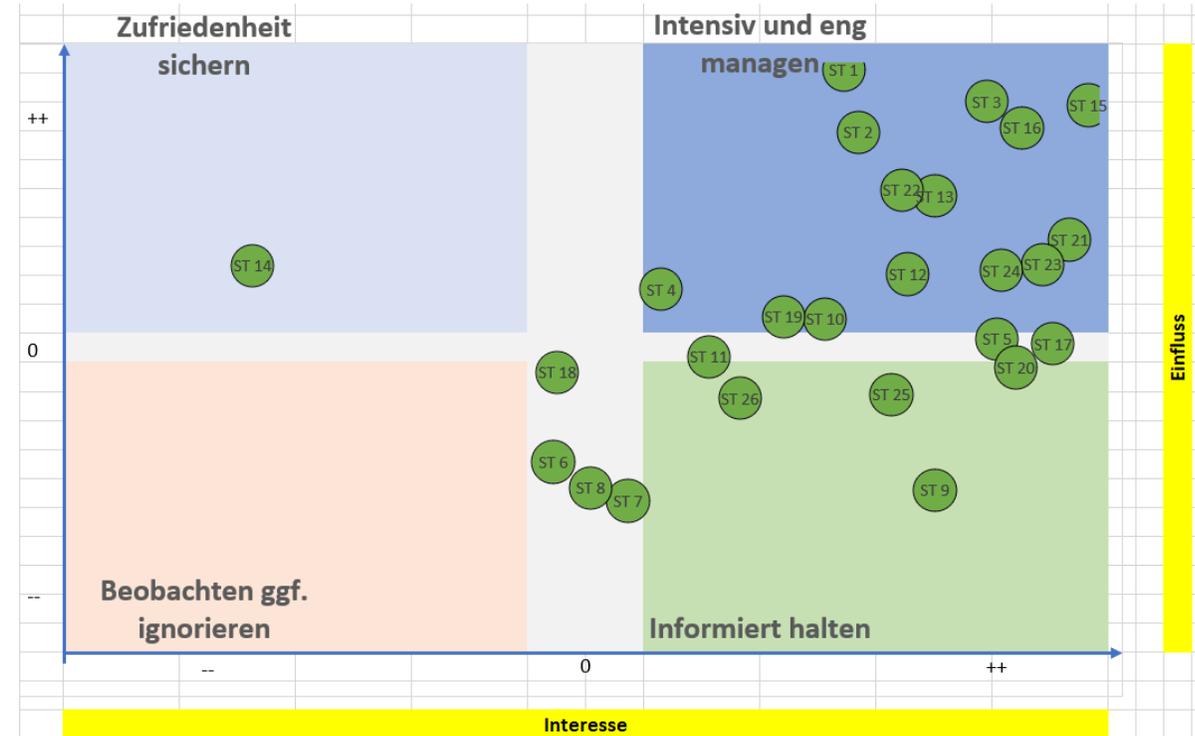
- ▶ Das Konzessions- und Gestattungsrecht ist „spartenbezogen“ ausgerichtet.
- ▶ kurzfristige Einzelinteressen dominieren gegenüber langfristigen und Gemeinwohlinteressen,
- ▶ Widerspruch zwischen volkswirtschaftlichen Nutzen und betriebswirtschaftlichen Zwängen zum Teil schwer aufzulösen,
- ▶ Investition aus Eigenmitteln bei VU schwer umsetzbar / verschiedene Gründe (Budget- bzw. Umlagezwang, Amortisation unter 20 Jahre erwartet, ...),
- ▶ selten Teilfinanzierung als Kredit, Wertanlage oder Beteiligung der Bank,
- ▶ rechtliche Unsicherheiten zum Bau und zum Betrieb („Spartenkonsens“ erzielen),
- ▶ Finanzierung nur durch Fördermittel wird als Ziel vorgegeben (ggf. fachliche Defizite),
- ▶ Unterschiedliche Vorstellungen zu Mieten / Nutzungsentgelten sowie zur Konzessionsabgabe,
- ▶ Verantwortungswille bei Entscheidungsträgern im speziellen Fall teilweise gering ausgeprägt.





3.6 Interessendivergenz und -ausgleich

- ▶ Die Komplexität bei der Bewertung von Leitungskanälen besteht in der Divergenz der Einzelinteressen der verschiedenen Akteure
- ▶ Qualitative, finanzielle und gesellschaftliche Ziele müssen erfüllt werden
- ▶ Die zu befriedigenden Ziele hängen von der Anzahl und Art der Akteure ab umfassen allerdings meist:
 - ▶ Hohe Versorgungsqualität / -sicherheit
 - ▶ Rendite auf das eingesetzte Kapital
 - ▶ Effiziente und nachhaltige Stadtentwicklung
 - ▶ Wirtschaftlich vertretbare Versorgungslösungen
 - ▶ Gemeinwohl
 - ▶ Bedarfsgerechte Versorgung zu günstigen Preisen
 - ▶ Erfüllung des Versorgungsauftrags





3.6 Kosten – Nutzen - Untersuchungen

Ziel: Vergleich monetärer mit nicht monetärer Kenngrößen verschiedener Einbauverfahren (Kanal- zur Erdverlegung) als gesamtwirtschaftliche Betrachtung durch ...

- ▶ Auswahl und Wichtung der Teilziele,
- ▶ Variantenbildung zu Verlegeverfahren,
- ▶ Wertung der Ziele nach Varianten (rein arithmetische Punktbewertung)

als **Vorstufe** einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Ergebnis: Wertung der Einbauverfahren durch subjektive, jedoch transparente Widerspiegelung der Einsatzbedingungen; Punktbewertung ersetzt nicht die ausführliche fachliche und datenbasierte Betrachtung / Berechnung!

Kosten - Nutzen - Untersuchung		Vergleich Kanalverlegung (KV) in Varianten zur Endverlegung								
Zeile 1. Ausgangssituation										
1	Betrachtungszeitraum:	80 Jahre		Trassenlänge:		6.450 m				
2	Bewertungsform:	Die Wertung der Ziele erfolgt mit einer Punkteskala von 0 bis 10 (Hochwert = Bestwert).								
3	Form der Wichtung:	Die Wichtung der Ziele erfolgt in Prozent.								
2. Hauptmerkmale der Varianten										
4	Varianten	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4		
5	Beschreibung	KV auf Haupttrasse		KV auf Haupttrassen		KV auf Haupt- und Anschlussstrassen		Erdverlegung		
6	Bauweise / Raum	offene / begehbar		geschlossene / begehbar		offen / geschlossen / begehbar / bekriechbar		offene + geschlossene / begehbare Schächte		
3. Ziele		Wichtung in %	Wertung	Wichtung x Wertung	Wertung	Wichtung x Wertung	Wertung	Wichtung x Wertung	Wertung	Wichtung x Wertung
7	Senkung einmalige Kosten	30	6	1,8	4	1,2	2	0,6	10	3,0
8	Senkung laufende Kosten	20	8	1,6	8	1,6	10	2,0	4	0,8
9	Erhöhung der Nutzungsdauer	5	8	0,4	8	0,4	10	0,5	6	0,3
10	Versorgungssicherheit / Senkung Störanf.	5	8	0,4	8	0,4	10	0,5	6	0,3
11	flexible Nutzung des Verlegeraumes	5	10	0,5	6	0,3	8	0,4	2	0,1
12	Innovationsgehalt / Stand der Technik	5	8	0,4	10	0,5	10	0,5	8	0,4
13	Senkung Umweltbeeinträchtigung	15	8	1,2	8	1,2	10	1,5	4	0,6
14	Senkung soziale Kosten (Ausfallzeiten, Einschränkung Mobilität, Arbeitsumfeld)	15	8	1,2	8	1,2	10	1,5	2	0,3
16	Summen	100	7,5		6,8		7,5		5,8	

Quelle: GIBA mbH



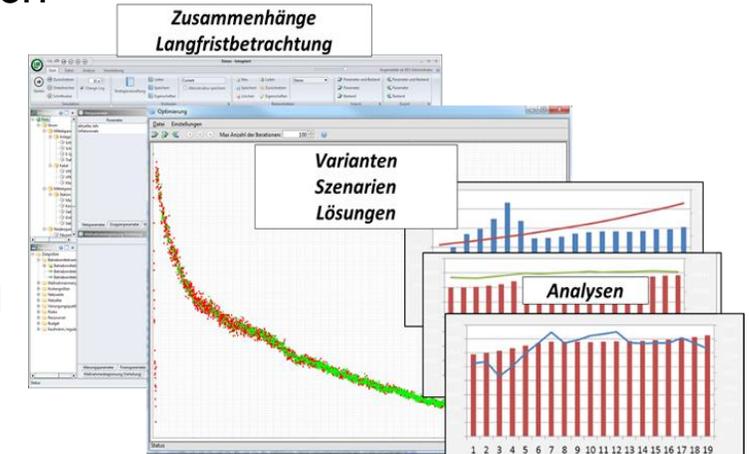


3.8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Gebot wirtschaftlichen Handelns im Grundgesetz vermerkt (§ 114 II GG); Wirtschaftlichkeit (allgemein) ist das Verhältnis eines Zweckes (hier sicherer und dauerhafter Transport von Medien in Rohren und Kabeln) zu den eingesetzten Mitteln (hier erdverlegten Leitungen oder Leitungen zusätzlich in unterirdischen Hüllkonstruktionen);

Verhältnis von Nutzen zu Kosten bzw. Leistung zu Ressourcen wird betriebswirtschaftlich, volkswirtschaftlich oder nach Haushaltsrecht unterschiedlich bilanziert, d.h. was in der Jahresbilanz unverhältnismäßig erscheint, kann über die Nutzungsdauer wirtschaftlich bzw. effizient sein.

Bisher übliche Verfahren sind die Bilanzrechnung, die Amortisationsrechnung, Abschreibungsmodelle sowie spartenbezogener Kostenvergleichsrechnungen (einschl. indirekter Kosten).





3.9 Modellansatz Wirtschaftlichkeit⁽¹⁰⁾

Der „Schlüssel“ für den Nachweis einer wirtschaftlichen Anwendung der Leitungskanäle ist die Anrechnung vermeidbarer Aufgrabungen gegenüber der dominierenden Erdverlegung von Leitungen durch:

- ▶ Kalkulation vermiedener Kosten bei späterer Verlegung, Austausch oder Rückbau von Leitungen ohne Aufgrabung,
- ▶ Kalkulation der vermiedenen Kosten bei Betriebsstörungen / Havarien (z.B. „Baggerbiss“, defekte Straßenkappen/Armaturen),
- ▶ Kalkulation der indirekten bzw. sozialen Kosten durch Vermeidung von Über tage - Baustellen, die zusätzlich Emissionen, Ressourcen, Beeinträchtigungen der Wirtschaft und Bevölkerung sowie Belastungen von Natur und Umwelt (auch in Folgejahren) verursachen.

Deshalb:

- ▶ Zahlung von Mieten bzw. Nutzungsentgelten der Leitungseigentümer als Vorteilsausgleich (bilanzwirksam beim Investor / Betreiber),
- ▶ Anrechnung / Minderung der Konzessionsabgabe als Vorteilsausgleich der Kommune bzw. Straßenbaulasträger bzw. Grundstückseigentümer.



Ein mehrfacher Nutzen spiegelt sich auf verschiedenen ökonomischen Ebenen und Zeiträumen direkt und indirekt wider und kann nur je Anwendungsfall bilanziert werden !!





Schwerpunkt 4: Umwelt- und Ressourcenschutz

- 4.1 Gegenstand
- 4.2 Ressourcen- und Energieverbrauch
- 4.3 Reduzierung des Ressourcen- und Energiebedarfs
- 4.4 Emissionen
- 4.5 Emissionsminderungspotentiale
- 4.6 Lebenszyklusbetrachtung
- 4.7 Monetisierung vermeidbarer Leistungen
- 4.8 Nachhaltigkeitsansatz





4.1 Gegenstand

- ▶ Umweltschutz: ... schutzzielorientierte Planung, Bau und Betrieb über die gesamte Lebensdauer;
- ▶ Klimaschutz: ... treibhausgasreduzierte Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen und Materialien,
... Minderung stadttökologisch bedeutsamer Beeinträchtigungen,
- ▶ Ressourcen: ... Einsatz von Energie, Rohstoffen, Flächen, Halbfabrikaten und Produkten im Sinne der
Funktion der Leitungskanäle und dem Ziel ihres rationellen / effizienten Einsatzes,
- ▶ Wirkungsbezug: ... Vergleich der Einbauformen (Leitungen in einer separaten baulichen Hülle gegenüber
mit der konventionellen Erdverlegung) über die gesamte Nutzungsdauer,
- ▶ Schutzziele: ... Boden- und Gewässerschutz, Vegetation und Tierwelt, ...
... Schutz des Menschen vor Lärm, Staub, Schadstoffen, Erschütterungen ...,

Generelle Ziele:

- ▶ Langfristige Versorgungssicherheit, Dauerhaftigkeit, Standsicherheit,
- ▶ Minderung der Umweltbeeinträchtigungen durch Vermeidung von Tiefbau, Verkehr, soziale und
gewerbliche Beeinträchtigungen.





4.2.1 Ressourcen- und Energieverbrauch

Hauptbaustoffe:

- ▶ Beton + Bewehrungsstahl = Stahlbeton,
- ▶ Stahl/Stahlsegmente für Rohre und für Ausrüstungen (Stahlprofile),
- ▶ dazu Dichtungs- und Beschichtungsmaterialien sowie
- ▶ Kunststoffe (Mineralöl- / chemische Produkte)

Energieintensive Herstellung von Zement und Baustahl im Drehrohrofen bzw. Hochofen über fossile Energieträger. Alternativverfahren zur Reduzierung des sog. Klinkerfaktors im Kalkstein bzw. Aufspaltung von Eisenerz in Pilotprojekten über Wasserstoff oder Abwärme wurden bereits publiziert.

Für einen Trassenmeter Leitungskanal werden bei einem lichten Querschnitt von rund 5 m² für Strecke und Schächte durchschnittlich 2,5 m³ Stahlbeton mit einem Gewicht von rund 6,0 Tonnen benötigt.





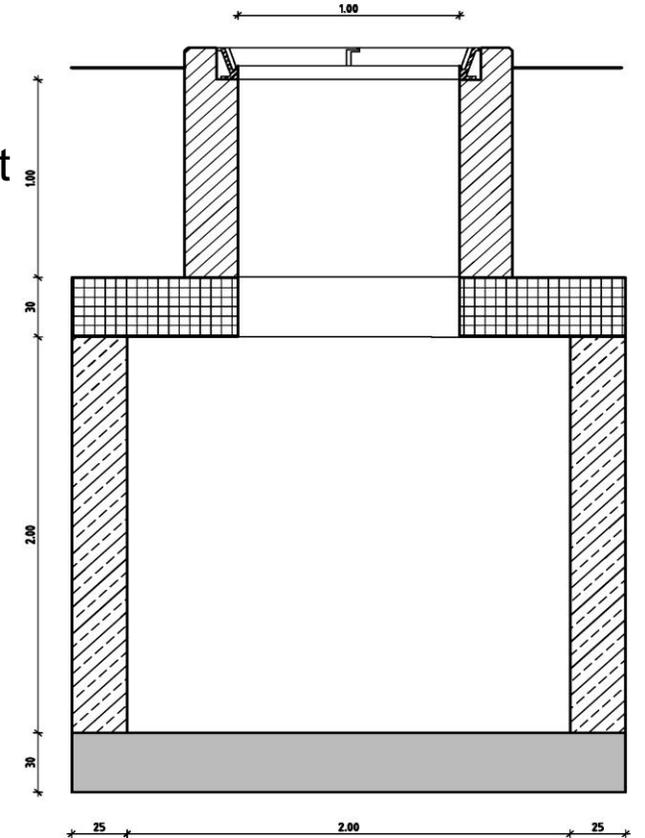
4.2.2 Ressourcen- und Energieverbrauch

Ausgangssituation: Energieintensive Herstellung von Zement und Baustahl

Für einen Trassenmeter Leitungskanal werden bei einem lichten Querschnitt von rund 5 m² für Strecke und Schächte durchschnittlich 2,5 m³ Stahlbeton mit einem Gewicht von rund 6,0 Tonnen benötigt.

Das entspricht bei einer Betongüte C 30/37 einem Zementanteil von ca. 1.500 kg sowie etwa 900 kg Bewehrungsstahl. Hinzu kommen Stahleinbauten, Dichtungen, Estriche und Verbundwerkstoffe.

Der Energiegehalt für einen Meter Leitungskanal beträgt für diesen Ansatz zwischen 5 und 7 MJ oder 1,5 bis 2,2 kWh. Dabei werden rund 850 kg CO₂ bei der Zementherstellung als Hauptemittent erzeugt. Über alle Baustoffe liegen die THG – Emissionen bei rund 1 Tonne (Tendenz sinkend).



Quelle: GIBA mbH





4.3 Reduzierung des Ressourcen- und Energieverbrauches⁽¹¹⁾

Reduzierung durch Wegfall von Baustellenprozessen während der Nutzungszeit des Kanals:

- ▶ kein Verkehrsflächenaufbruch und Wiederherstellung, kein Verbau der Baugrube,
- ▶ kein Erdaushub und Wiedereinbau, kein Transport zum Zwischenlager oder Erdmassenaustausch,
- ▶ keine Grundwasserabsenkung / keine Wasserhaltung notwendig,

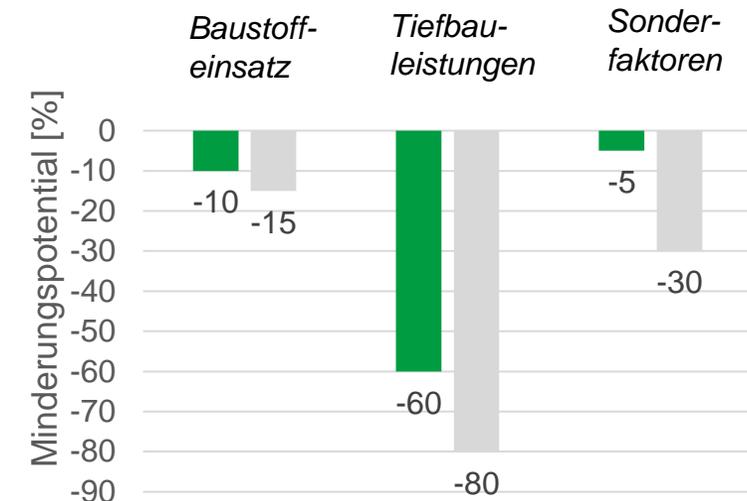
▶ Energie- und Emissionsbilanz:

- ▶ Minderungspotential gegenüber der Erdverlegung (im Graben),
- ▶ Einbeziehung „negativer Emissionen“ durch Ausgleichsmaßnahmen, nach BNatschG (z.B. 100 Baumsetzlinge binden ca. 1 t CO₂/a)
- ▶ oder Abwärmennutzung bei der Zement- /Stahlherstellung,

indirekte Vermeidung des Energie- und Ressourcenaufkommens:

- ▶ keine Umleitungen oder Staus, geringe Verkehrseinschränkungen,
- ▶ keine oder geringe Störung von Betriebsabläufen im Umfeld der Baustelle.

Geschätztes Minderungspotential über die Nutzungsdauer





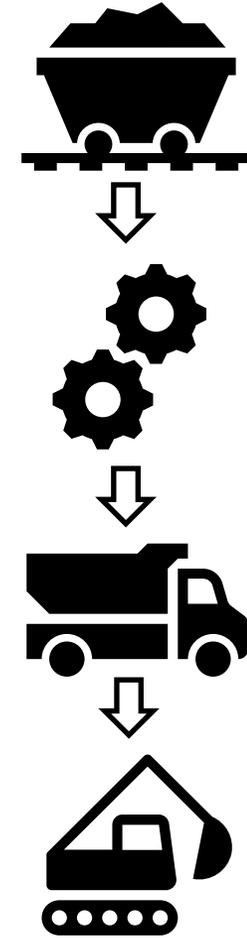
4.4 Emissionen⁽¹²⁾

Emissionen bei der Baustoffherstellung:

- ▶ Zementindustrie sorgt für 6 - 8 % der weltweiten CO₂ – Emissionen (1 to Zement ca. 0,6 to CO₂)
- ▶ energieintensive kohlenstoffbasierte Stahlerzeugung,
- ▶ Emissionen aus der Erdölverarbeitung (Dichtstoffe),
- ▶ Bereitstellung von Halbfabrikaten und Produkten (Bauholz, Schalungskörper, Stützen, Lager, Gitterroste ...)
- ▶ Beton nimmt über den Lebenszyklus CO₂ wieder auf (Karbonatisierung) und verbessert damit die Bilanz.

Emissionen beim Transport zur und auf der Baustelle:

- ▶ Lärm, Staub, Schadstoffe in Abhängigkeit der Baustellencharakteristik sehr unterschiedlich (z. B. Baulänge und -tiefe, Entfernungen Vorfertigung / Zwischenlager, Bauweise,
- ▶ externe Umweltkosten bei durchschn. 20 Cent pro km (PKW, LKW, Baumaschinen),
- ▶ sog. Klimakosten im Mittel 70,- €/t CO₂.





4.5 Emissionsminderungspotentiale

Bau:

- ▶ Verwendung **CO₂ – reduzierter Betonsorten** (klinkerreduzierte CEM II/III - Zemente, oder durch kalzinierte Tone, Optimierung der Bindemittelgehalte, Einsatz von Füllstoffen wie Schlacken und Aschen), einschl. Abscheidung oder Verwendung von CO₂ (sog. CCU-, CCS-, Oxyfuel-Technologien),
- ▶ **Substitution von Bewehrungsstahl** vorrangig durch Stahl- / Textilfasern bzw. Carbon,
- ▶ **schlanke Bauteile** (Optimierung in der statischen Auslegung, Anforderungen an Dichtheit u.a.m.),
- ▶ Verwendung von **Recyclingbeton**, z. B. im Gründungsbereich

Betrieb:

- ▶ Verlängerung der **Nutzungsdauer** der Rohrleitungen und Kabel im Leitungskanal, dadurch Einsparung von Rohwerkstoffen,
- ▶ Vermeidung von **Medienverlusten** (u.a. Gasleckagen) im Kanal,
- ▶ Minimierung der **Bautätigkeiten** durch emissionsarme Einzugstechnologien zur Leitungsverlegung ohne klassischen Tiefbau,
- ▶ Reduzierung durch **indirekte Wirkungen** (weniger Umleitungen, Lärm, Schadstoffe durch Verkehr und Baumaschinen).





4.6 Lebenszyklusbetrachtung

Die Nutzungsdauer eines Leitungskanals kann mit 80 Jahren plus X angenommen werden, wenn

- ▶ die allg. anerkr. Regeln der Technik berücksichtigt sind,
- ▶ sich die Baugrundverhältnisse nicht wesentlich ändern,
- ▶ sich der oberirdische Lasteintrag nicht deutlich verändert,
- ▶ nicht vorhersehbare Einwirkungen beherrscht werden.

Dadurch können Leitungen bei Bedarf sicher und grabenlos ergänzt oder getauscht werden.

Im Laufe des Nutzungszeitraumes des Kanals ergeben sich längere Lebenszyklen für die Leitungen durch

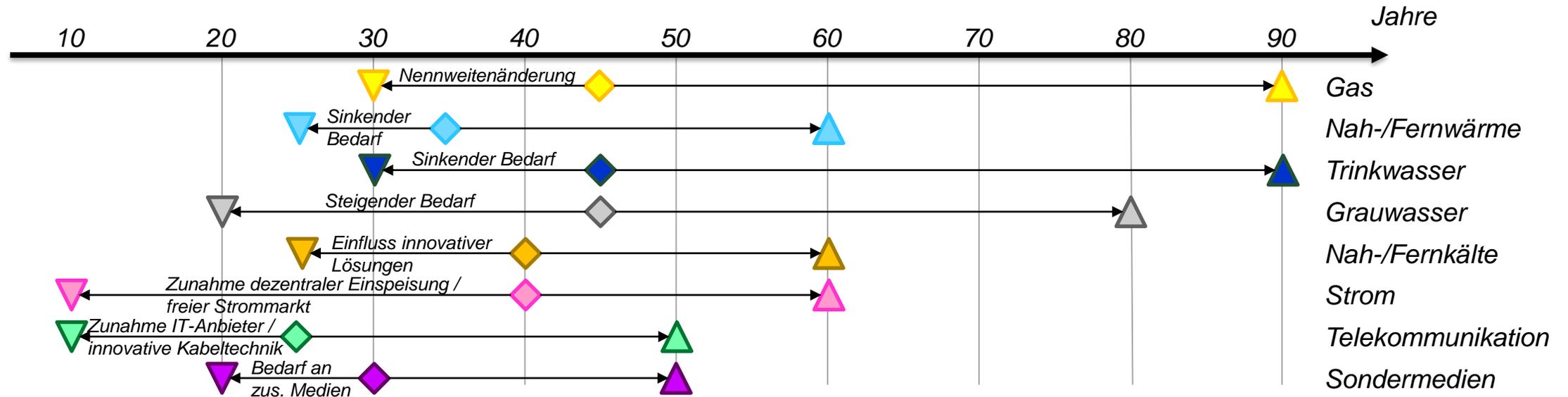
- ▶ Minderung der Alterungs- und Verschleißprozesse der Werkstoffe bei Verlegung im Leitungskanal,
- ▶ ein hohes Maß an Austausch - Flexibilität in der Verlegung,
- ▶ den technischen Fortschritt und
- ▶ Reduzierung von Betriebsstörungen.

Dadurch werden Tiefbauleistungen im Vergleich eingespart





4.6.1 Lebenszyklusbetrachtung



- ▽ Sinkende ND
- ◇ Typ. ND bei Erdverlegung
- △ Verlängerte ND bei Kanalverlegung

In Anlehnung an Projektbeispiele





4.7 Monetisierung vermeidbarer Leistungen⁽¹³⁾

Durch Einsatz geschlossener Bauweisen und Bauverfahren sowie Durchführung der Instandhaltungsleistungen im Leitungskanal können 50 – 80 % der Kosten gegenüber dem konventionellen Tiefbau eingespart werden, d.h. nach Bau des Kanals und Erstverlegung (ggf. in offener Bauweise) können bei allen Nachverlegungen und Instandhaltungsleistungen im Nutzungszeitraum die Kosten

- ▶ des Straßen- und Erdbaus, einschließlich Transporte (20 – 30 €/Kfz. Std.),
- ▶ externer Umweltbeeinträchtigung, z. B. 14 – 300 € je Tonne CO₂ je nach Größe und Technologien auf der Baustelle,
- ▶ des Energieaufwandes je Längenkilometer Leitung (stark Nennweiten und Material abhängig),
- ▶ für Bußgelder und Schadensersatzansprüche bzw. Versicherungsleistungen,
- ▶ für Ausgleichsmaßnahmen nach BNatschG vermieden werden.

Hinzu kommen ideelle Zugewinne (Erholung, kurze Wege, Flächennutzung etc.)

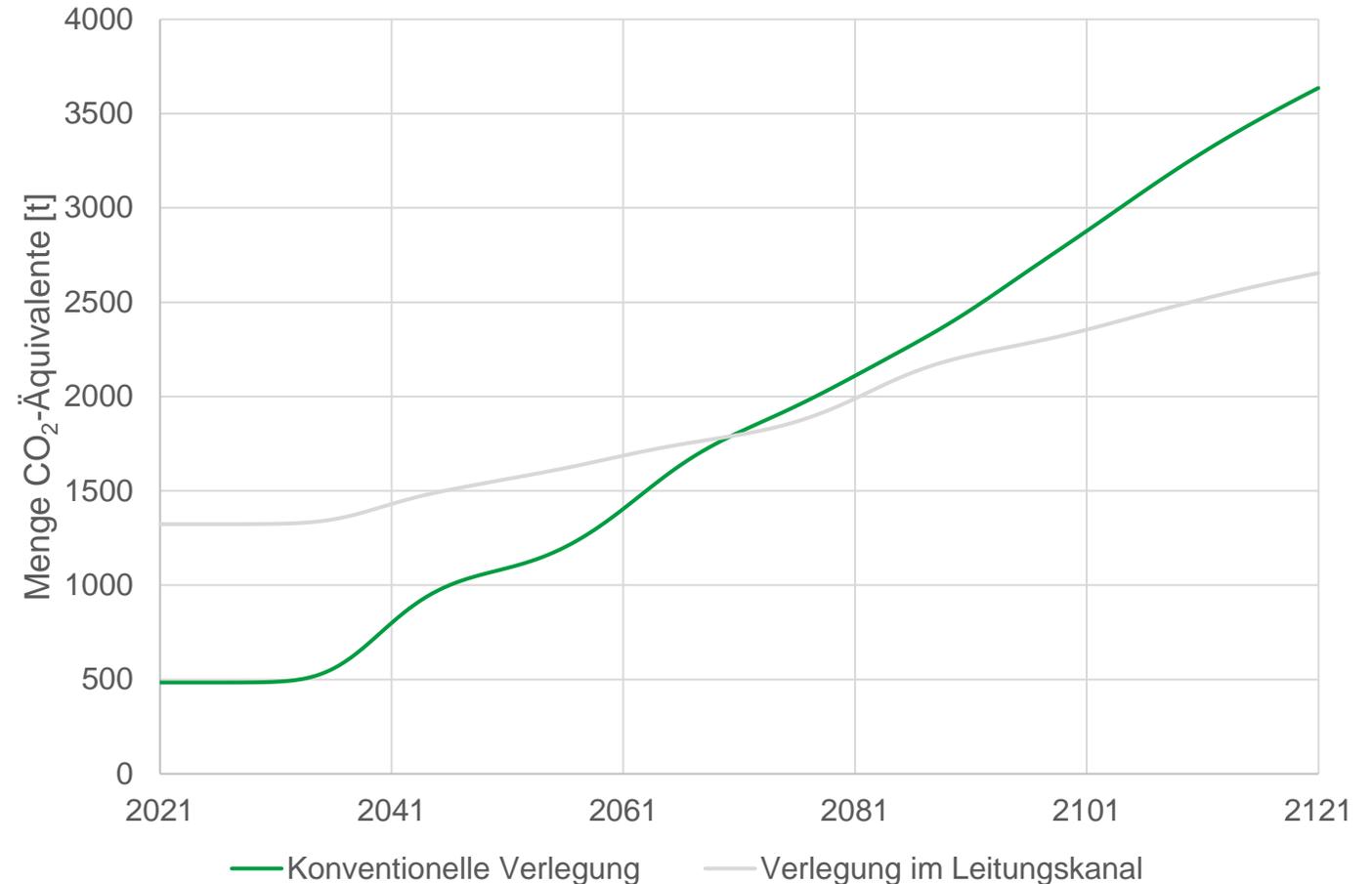
Da sich die Anwendungsfälle stark unterscheiden, sind die Kennziffern für jede Anwendungsfall auf Plausibilität zu prüfen. Eine Bewertung der Ressourceneffizienz kann über die VDI 4800 erfolgen.





4.8 Nachhaltigkeitsansatz

- ▶ Die Emissionen beim Bau des Leitungskanals führen zuerst zu einem höheren CO₂-Budget
- ▶ Längere Lebensdauern der Betriebsmittel und die grabenlose Erneuerung führen über den Lebenszyklus zu geringeren CO₂-Emissionen
- ▶ In Zukunft wird dies sich auch finanziell stärker widerspiegeln, wenn CO₂-Emissionen stärker bepreist werden





Schwerpunkt 5: Projektplanung

- 5.1 Finanz- und Bauplanung**
- 5.2 Leistungsphasen / Planungsmethodik**
- 5.3 Vertrags- und Leistungsbeziehungen**
- 5.4 Integriertes Asset Management**
- 5.4 Planung der baulichen Hülle**
- 5.5 Planung Leitungsverlegung und Ausrüstung**
- 5.6 Planung der betrieblichen Einrichtungen**
- 5.7 Zusammenfassung und Empfehlungen**





5.1 Finanz- und Bauplanung

Finanzplanung:

- ▶ Verweise auf strategische Vereinbarungen / Absichtserklärungen, Nachhaltigkeits- / Ressourcenbezug
- ▶ Abnehmerwandel, Energieträgerwandel, ...
- ▶ Budgetplanung: Leitungseigentümer, Kommune, Investoren, ...
- ▶ Finanzierungskonzepte / Refinanzierung / Amortisationen, ...

Bauplanung:

- ▶ Grundlagenermittlung, Fortschreibung strategischer Konzepte mit Wirtschaftlichkeitsbezug,
- ▶ Klärung der Genehmigungsvoraussetzungen zum Bauantrag,
- ▶ Aufzeigen und Klären von Interessenkonflikten (u.a. rechtliche Bedenken, funktionale Vorbehalte),
- ▶ arbeitsteilige Vergabe der Planungsaufgaben: Asset, Baugrund, Bautechnik, Rohrtechnik, Medienparameter künftiger Leitungen, Trassenkonflikte und Parallelvorhaben über Projektkoordinierung.



Leitungskanal im Kreisquerschnitt

Quelle: GIBA mbH

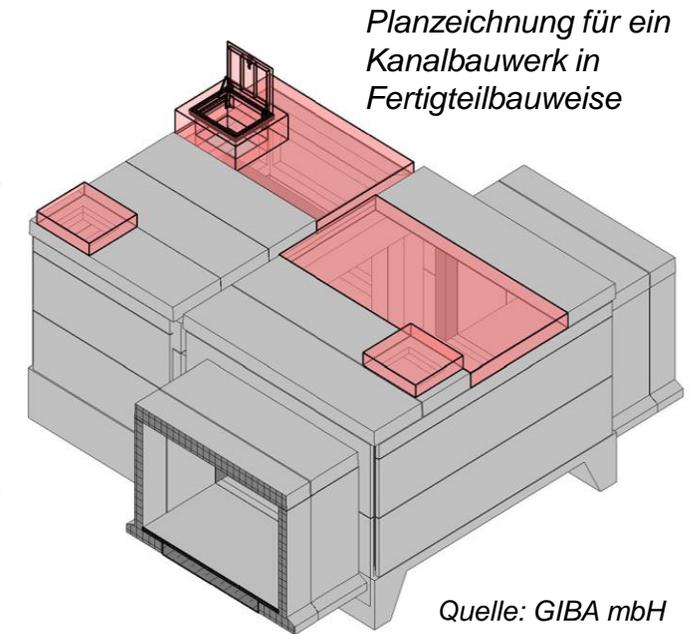




5.2 Leistungsphasen / Planungsmethodik

Leistungsphasen gemäß HOAI (Reform 2021), dazu ausgewählte typische Merkmale:

- ▶ Phase 1: Grundlagenermittlung (als Fortschreibung der strateg. Planung),
- ▶ Phase 2: Vorplanung (Variantenuntersuchungen, Lage- u. Funktionsbezug mit frühzeitiger Einbindung der Leitungseigentümer / potentielle Nutzer, Klären von Interessenkonflikten, einschl. Schutzgüter),
- ▶ Phase 3: Entwurfsplanung (detailliert heraus gearbeitete Vorzugsvariante auf allen Teilgebieten, Sicherheitsbetrachtung),
- ▶ Phase 4: Genehmigungsplanung (Einordnung nach Landesbaurecht als bauliche Anlage oder Sonderbau, ggf. Einordnung in Gebäudeklasse 5),
- ▶ Phase 5: Ausführungsplanung (statisch-konstruktive Planzeichnungen zur Gebrauchstauglichkeit, Standsicherheit, Lüftung, Brandschutz, Betriebsstrom, Beleuchtung, Schutzpotential, Rettungswege etc.),
- ▶ Phase 6: Vorbereitung der Vergabe (mit LV und allen Bauunterlagen),
- ▶ Phase 7: Mitwirkung bei der Vergabe: (Bieter-/Vergabegespräche),
- ▶ Phase 8: Objektüberwachung (Bauleitung, Bauüberwachung, SiGeKo ...),
- ▶ Phase 9: Objektbetreuung (Gewährleistung nach VOB, dazu Mängelfeststellung, -beseitigung, Instandhaltungskonzept ableiten).

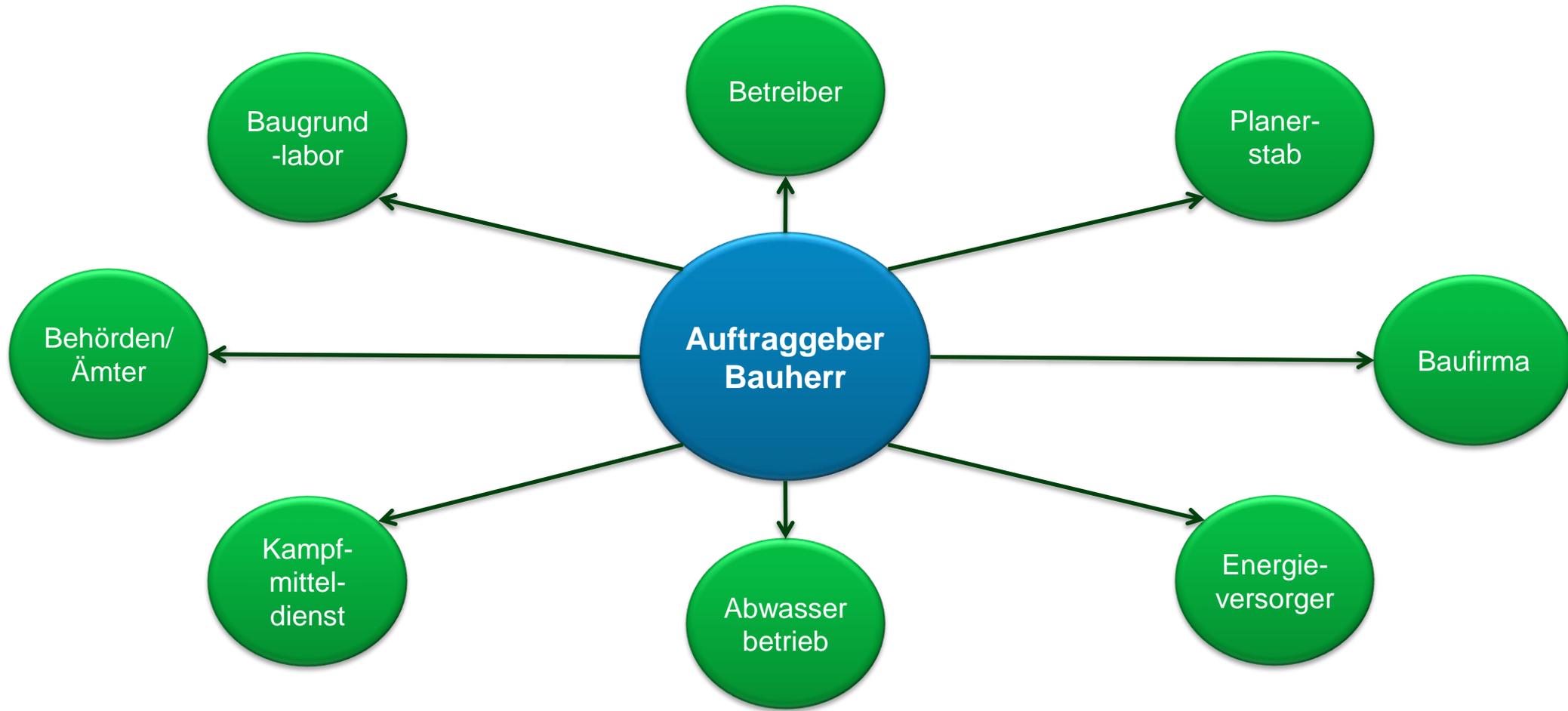


Quelle: GIBA mbH





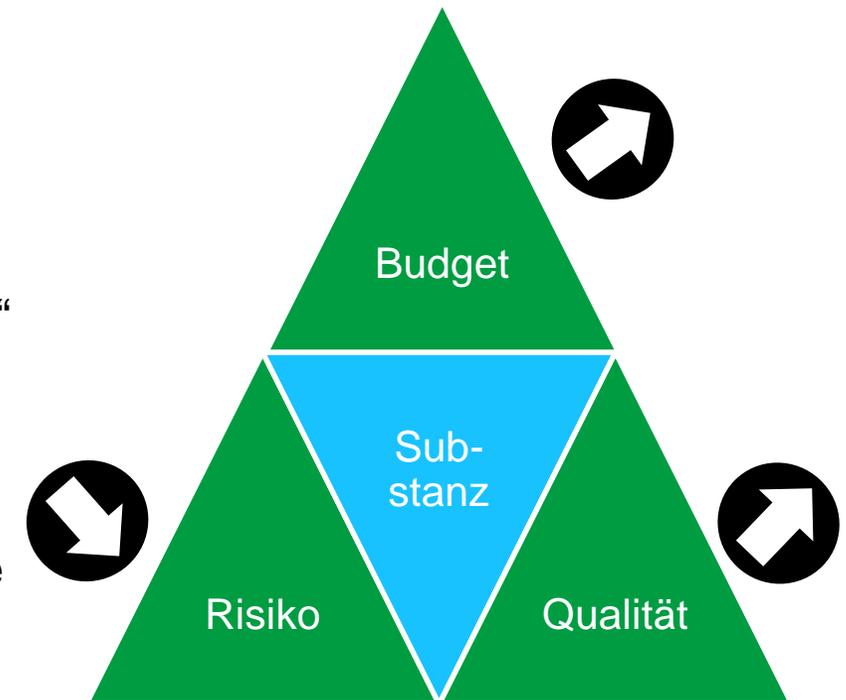
5.3 Vertrags- und Leistungsbeziehungen (Beispiel)





5.4 Integriertes Asset Management

- ▶ Kernaufgabe sind die konkurrierenden Zielgrößen „Budget“, „Qualität“, „Risiko“ und „Substanz“ innerhalb der gegebenen Managementvorgaben und sonstigen Randbindungen aus zu balancieren
- ▶ Das Risiko lässt sich mittels einer „Risikoermittlung“, „Langfristbetrachtung“ und einer „risikobasierten Maßnahmenliste“ schlüssig abbilden
- ▶ Risiko ist das monetarisierte Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Konsequenz
- ▶ Im Asset Management sind Unschärfen aufgrund des Blicks in die Zukunft immer vorhanden und müssen durch verschiedene Planungszeiträume (Kurz-, Mittel- und Langfristig) in Einklang gebracht werden



Wesentliche Zielgrößen bei der Betrachtung von Infrastrukturen
Quelle: entellgenio

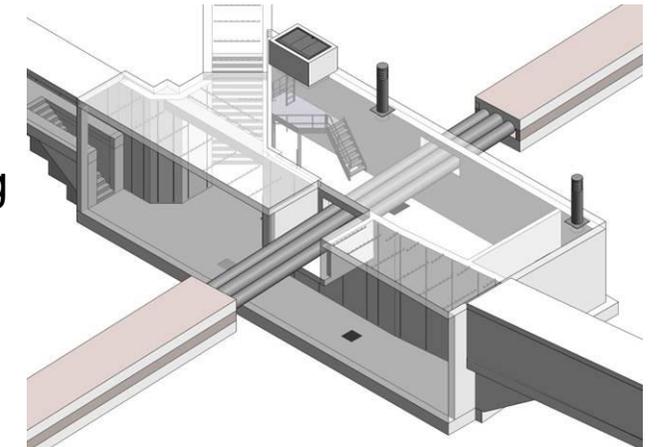




5.5 Planung der baulichen Hülle

Schwerpunkte sind u.a.:

- ▶ Lokalisierung der Anbindepunkte in Lage und Höhe,
- ▶ Festlegen der Kubaturen des Leitungskanals und der Bauwerke vorrangig in Abhängigkeit des Bedarfs sowie geplanter und absehbarer Leitungsparameter (Nutzungskonzept),
- ▶ Festlegen der Ausstattungsmerkmale wie Notausstiege, Montageöffnungen, Lüftungsstandorte in Lage und Höhe sowie in Abhängigkeit der oberirdischen Bedingungen (Sicherheitskonzept),
- ▶ Ermitteln der unterirdischen baulichen Hindernisse im Trassenverlauf,
- ▶ Wahl der Bauweise in Abhängigkeit der Ausgangssituation (Trassenlage/-tiefe, Querungen, Baugrund, Grund- und Schichtenwasser, u.a.m.)
- ▶ Statische Bemessung nach Lastfällen (Normalbetrieb / Betriebsstörung) und zur Lage im Baugrund (z. B. vorhandene Baukörper),
- ▶ Abdichtungskonzept gemäß zulässigem Feuchteintrag in Kanal sowie hydrogeologische Bedingungen.



Quelle: GIBA mbH

Planung eines unterirdischen Kanalbauwerks



Quelle: GIBA mbH

Abdichtung eines Kanals





5.6 Planung Leitungsverlegung und Ausrüstung

Die Lager- und Unterstützungsstrukturen müssen den Anforderungen der Rohrstatik und aller Lastfälle zu unterschiedlichen Betriebszuständen (Normalbetrieb, Betriebsstörung) entsprechen. Zur Leitungsverlegung sind die DVGW-, AGFW-, VDE-, DWA- und weitere Regelwerke zu beachten bzw. zu ergänzen (u.a. TK-Linien).

Dazu gehören die

- ▶ Einhaltung der medienabhängigen Mindestabstände zwischen Rohrleitungen und Kabel sowie zu Innenwänden,
- ▶ Wand- oder Deckendurchdringungen (druckwasserdicht,...),
- ▶ Materialwahl nach Kriterien zur Dauerhaftigkeit (u.a. Brandschutz),
- ▶ Kompensation / Ableitung der Kräfte (Fahrweise, Temperatur bedingt, mechanischer und Korrosionsschutz),
- ▶ Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMF),
- ▶ flexible Auslegung der Kabelebenen, einschl. Reserven sowie Einordnung von Armaturen und Verbindungselementen.



Verlegung von Leitungen größerer Nennweiten und Spannungsebenen
Quelle: GIBA mbH



Mehrsparthenanschluss
Quelle:
C.Dupre Bau GmbH & Co. KG

Bau- und Leitungsplaner müssen in jeder Phase eng zusammenarbeiten !





5.7 Planung der betrieblichen Einrichtungen

Die betrieblichen Einrichtungen dienen der Absicherung aller Funktionen des Leitungskanals, dazu gehören u.a.:

- ▶ Vorhalten des Verlege- und Montageraumes,
- ▶ Sicherung von Bedien- und Rettungswegen sowie zeitweiliger Arbeitsplätze (Gitterrostflächen, Leitern, Podeste, Geländer...)
- ▶ Auslegung Betriebsstrom mit Beleuchtung und Steckdosenanlage,
- ▶ Bemessung der Lüftungs- und Entwässerungsanlagen,
- ▶ Auslegung baulicher und technischer Brandschutz (Brandlasten),
- ▶ Auslegung der Schutzpotential- und Erdungsanlage,
- ▶ Vermeidung des unbefugten Zutritts / Vandalismus.



Kanaleckbauwerk nach Deckenschluss mit Montage-, Ein- und Ausstiegs- sowie Entwässerungsschacht (Quelle: GIBA mbH)

Die dazu notwendigen Ausstattungen und Bauteile sind im Wesentlichen von der Leitungsbelegung, der Lage und den Kubaturen abhängig. In der Praxis haben sich eine Vielzahl von Erzeugnissen und Materialien mit speziellen Funktionsvorgaben bewährt.

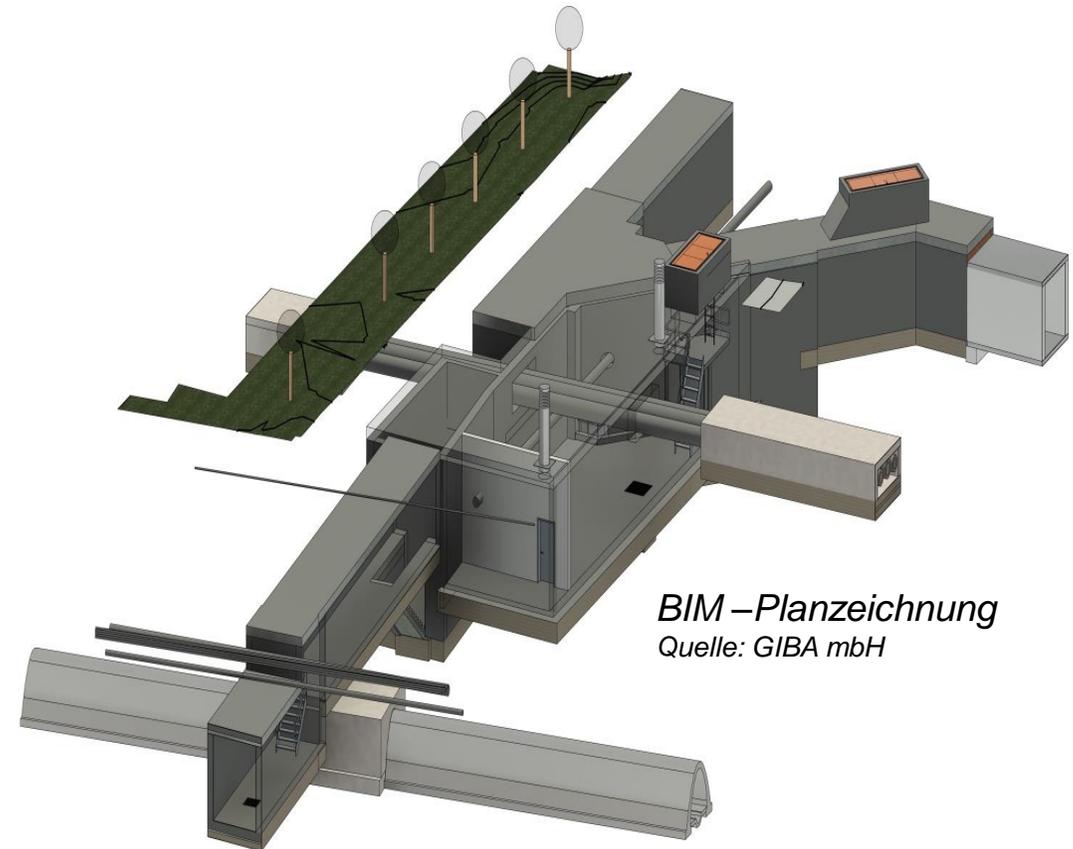




5.8 Zusammenfassung und Empfehlungen

„Unterirdische begehbare Versorgungskanäle / Leitungskanäle sind, sofern deren Vorteile über die gesamte technische Nutzungsdauer wirken können, ein klassisches **Beispiel Nachhaltigen Bauens**. Zur Verbesserung der Akzeptanz und der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wird im Rahmen der Facharbeit der Stand der Technik regelmäßig aufbereitet und interessierten Fachkreisen mitgeteilt. Unsicherheiten zum Rechtsrahmen sowie zur Anwendung von Fach- und Sicherheitsstandards, dazu fehlende Kostentransparenz unterschiedlicher Verursacher, insbesondere zu vermiedenen Kosten sind im Wesentlichen die Gründe für eine allgemein zögerliche Auseinandersetzung mit Leitungskanälen. Es bleibt für die weitere Gestaltung einer modernen technischen Infrastruktur zu hoffen, dass Gesetzgeber, Versorgungsträger, Kommunen und Fachorganisationen diese generelle Alternative, Versorgungsleitungen in einer separaten baulichen Hülle zu verlegen, zu betreiben und den Leitungsbestand grabenlos und kosteneffizient nach Bedarf zu ergänzen oder auszutauschen, ernsthafter im Zieldreieck Versorgungssicherheit – Dauerhaftigkeit – Wirtschaftlichkeit in Betracht ziehen.“

siehe dazu: Heinemann / Reim „Begehbare Versorgungskanäle – Stand der Technik“ in Euroheat & Power 47(2018), Heft 1 - 2



BIM – Planzeichnung
Quelle: GIBA mbH





Schwerpunkt 6: Projektbeispiele

- 6.1 Leitungskanal zur innerstädtischen Versorgung
- 6.2 Erschließung eines Gewerbegebietes
- 6.3 Leitungsbündelung unter einer Hauptstraße
- 6.4 Leitungskanalnetz in einem Wohngebiet
- 6.5 Leitungskanal / Düker in Querung einer Gleistrasse
- 6.6 Demo-Case: Stilllegung vs. Renovierung
- 6.7 Demo-Case: Neubau – Konventionell vs. Leitungskanal





6.1 Leitungskanal zur innerstädtischen Versorgung

Ausgangssituation:

- ▶ mittelfristige Änderung des Medienbedarfs erkennbar (neue Klinikgebäude und Fachbereiche),
- ▶ hochfrequentierte Verkehrsflächen (Zu-/Ausfahrt, Parkhaus) parallel über Leitungstrassen,
- ▶ Leitungskanal endet in Kellergeschossen der Klinikbauten

Besonderheiten:

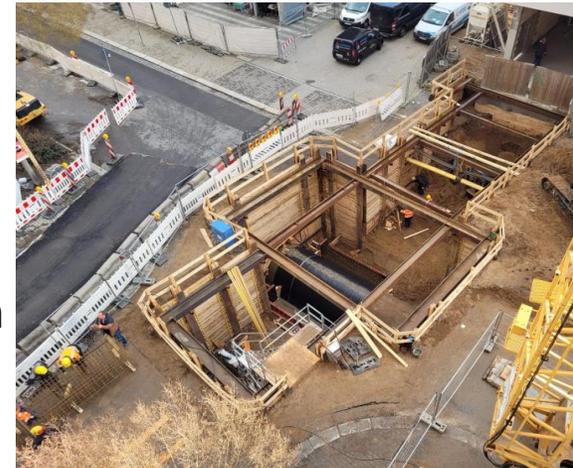
- ▶ Sondernutzungserlaubnis unter öffentlicher Straße,
- ▶ Kanaleigentümer ist auch Eigentümer aller Leitungen
- ▶ Zusätzliche Einordnung einer unterirdischen Station,

Wirtschaftlichkeitsansatz:

- ▶ relativ hohe Baukosten im innerstädtischen Bereich,
- ▶ Anwendung Ortbeton- und Fertigteilbauweise,
- ▶ kalkulierbarer Nutzen der vermeidbaren Tiefbaukosten durch absehbare grabenlose Nachverlegung und grabenlose Hausanschlüsse.



Rohbau im Bereich einer Montageöffnung



Planung und Realisierung Kanalneubau in Querung eines Abwassersammlers





6.2 Erschließung eines Gewerbegebietes

Ausgangssituation:

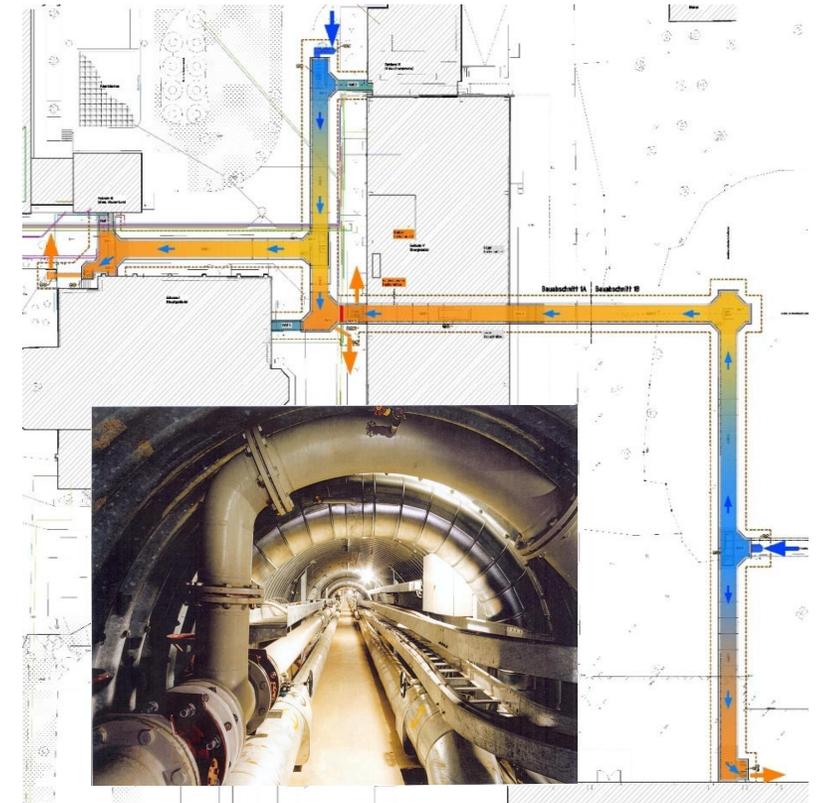
- ▶ Ansiedlungsprozess in 1990er Jahre auf rund 100 Grundstücken (Groß-/Kleinhandel, Hotel, klein-u. mittelständische Unternehmen)
- ▶ hohes Fracht- und Kundenaufkommen auf Gewerbestraßen;

Besonderheiten:

- ▶ Nutzungsänderungen auf mehreren Liegenschaften nach rund 25 Jahren mit zusätzlichen und veränderten Medienbedarf,
- ▶ Eigentümer / Betreiber fungiert auch als Nahwärmeversorger;

Wirtschaftlichkeitsansatz:

- ▶ Betriebskostenrechnung weist Wirtschaftlichkeit nach;
- ▶ Leitungskanal nach 25 Jahren abgeschrieben;
- ▶ Mehrfache Verhinderung von Tiefbaumaßnahmen im öffentlichen Straßen- und Wegenetz innerhalb der letzten 25 Jahre.



Querschnitt und Trassierung mit Darstellung
des Lüftungskonzeptes

Quelle: GIBA mbH





6.3 Leitungsbündelung unter einer Hauptstraße

Ausgangssituation:

- ▶ Transitleitungen auf Verbindungsstraße zweier Stadtteile (Fernwärme DN 500, Trinkwasser DN 400 und bis zu 20 Elt- Kabelbündel),
- ▶ 4streifige Hauptstraße, Fahrrad- und Gehwege sowie Straßen begleitendes Grün,
- ▶ Kanaltrasse mit zweifachem Seitenwechsel;

Besonderheiten:

- ▶ Konflikte zum Wurzelraum der Bäume und Höheneinordnung der Straßenentwässerung,
- ▶ Einordnung Notausstiege problematisch,
- ▶ Reserveraum zur Nachrüstung Kabel, Nahwärme und ggf. Fernkälte;

Wirtschaftlichkeitsansatz:

- ▶ hohes Fahrzeugaufkommen,
- ▶ Nachrüstungsbedarf in nächsten 20 Jahren erkennbar.



Zweikammerkanal unter einer Hauptstraße

Quelle: GIBA mbH





6.4 Leitungskanalnetz in einem Wohngebiet⁽¹⁴⁾

Ausgangssituation:

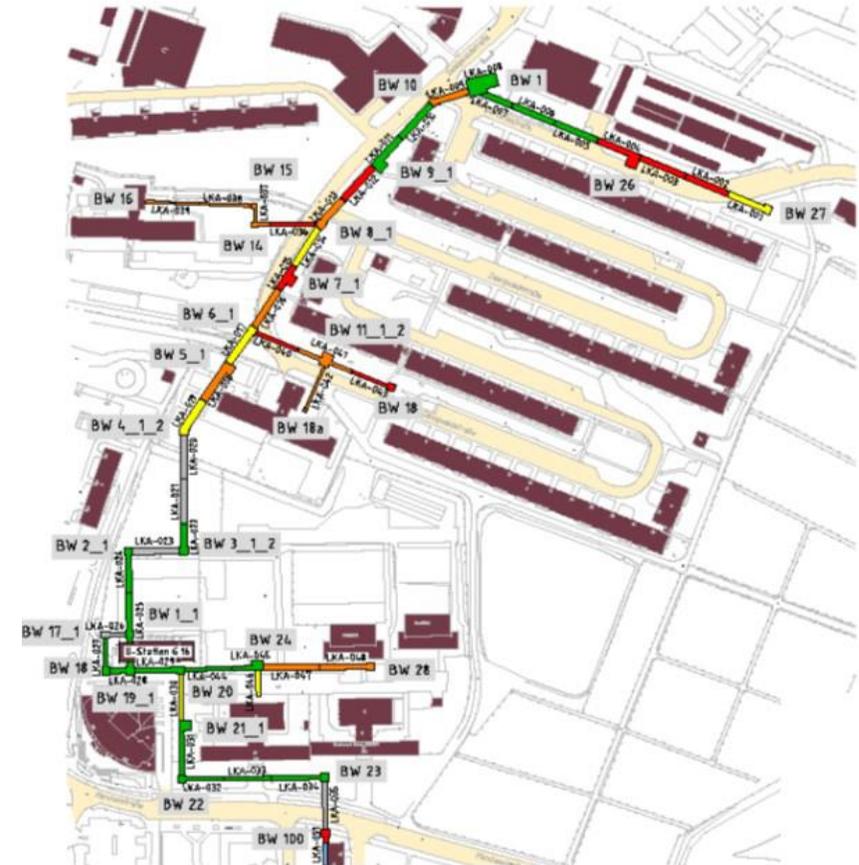
- ▶ Kanalnetz über 40 Jahre in Betrieb mit mehrfachen Medienwechsel (Dampf zu Heizwasser, Stadtgas zu Erdgas) und neuen Kabelarten (Glasfaser, Breitband ...);

Besonderheiten:

- ▶ Kanaleigentümer ist Querverbundunternehmen (Stadtwerk), zusätzliche Kabelbetreiber, insbesondere bei Nachbelegung,
- ▶ Trassierung über öffentliche und private Grundstücksflächen;

Wirtschaftlichkeitsansatz:

- ▶ Verlängerung der Nutzungsdauer durch bauliche Instandsetzung statt Rückbau des Kanals und Erdverlegung,
- ▶ Tiefbaumaßnahmen in 40 Jahren minimiert (verschiedenartiger Nutzen im Wohngebiet).



Quelle: GIBA mbH





6.5 Leitungskanal / Dükter in Querung einer Gleistrasse

Ausgangssituation:

- ▶ Zwangspunkte in Querung der Bahntrasse „Frankenmagistrale“,
- ▶ hoher Belegungsdruck kontra Sicherheit und Instandhaltungsfreiräume,

Besonderheiten:

- ▶ Sondernutzungserlaubnis in Querung der Gleistrasse über spezielle Genehmigungsschritte der DB AG,
- ▶ erschütterungsfreier Betrieb einer HD – Gasleitung,
- ▶ Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit zu HS-Kabeln, mit Ummantelung durch wärmeableitenden Beton,

Wirtschaftlichkeitsansatz:

- ▶ alternative Trassenwahl mit deutlich höheren Leitungslängen.



Dükter in Vorbereitung der Nachrüstung

Quelle: GIBA mbH



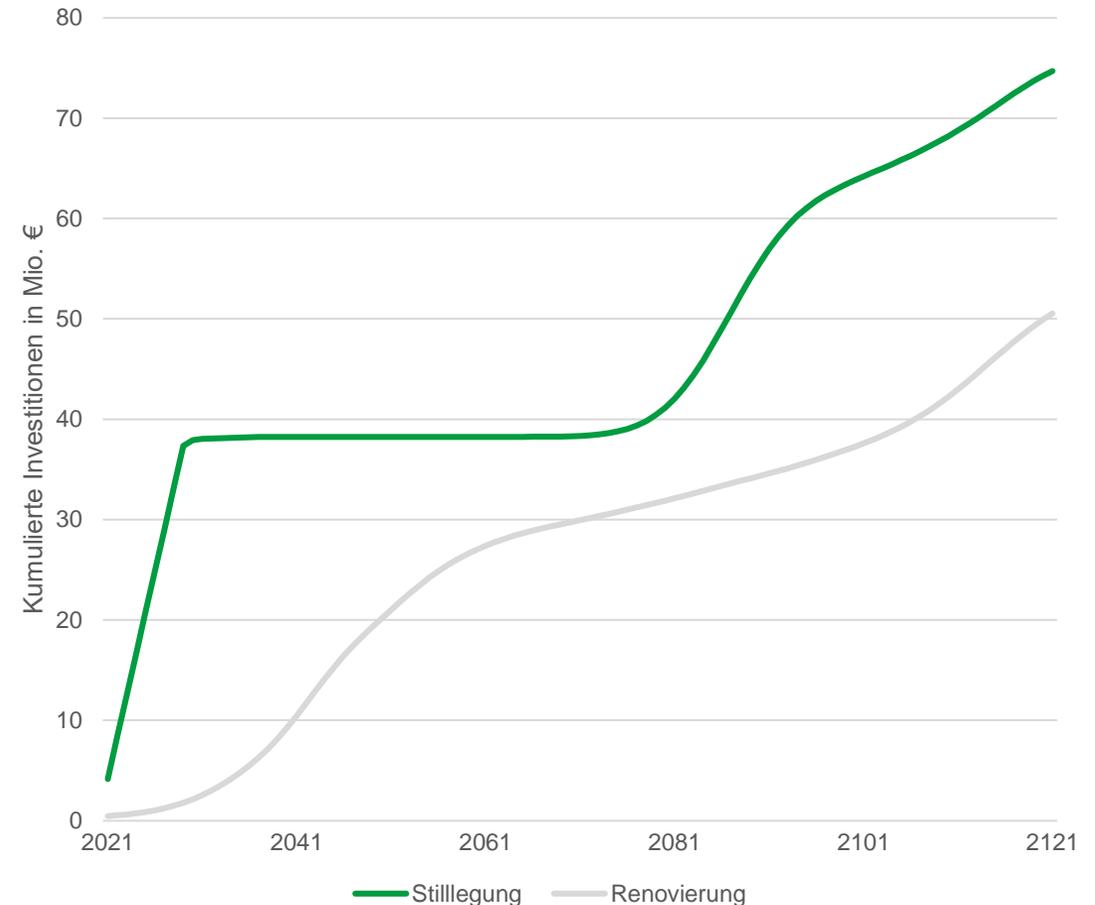
Quelle: GIBA mbH





6.6 Demo-Case: Stilllegung vs. Renovierung (Beispiel mit neutralen Daten)

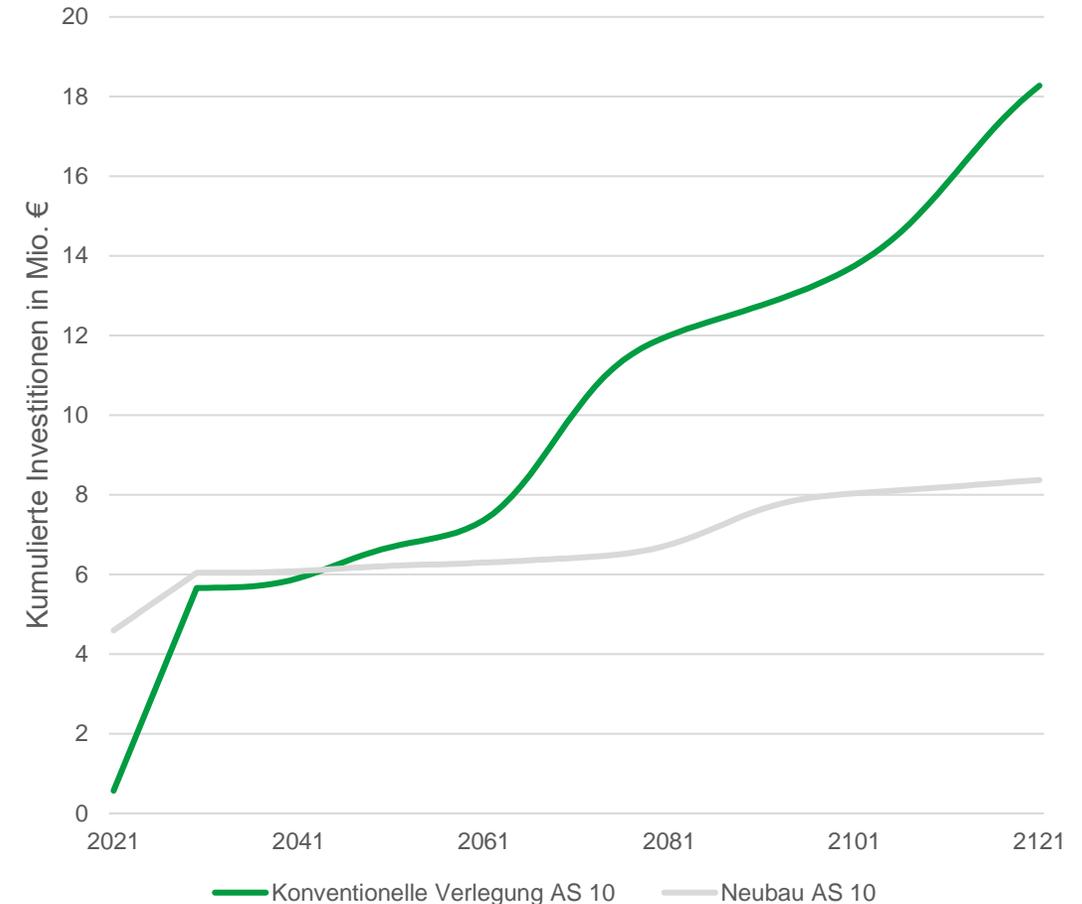
- ▶ Der an einem realen Beispiel angelehnte Demo-Case zeigt den Vergleich zwischen einer Stilllegung eines bestehenden Leitungskanals und anschließenden konventionellen Verlegung sowie der kontinuierlichen Renovierung des bestehenden Leitungskanals.
- ▶ Die Renovierungskosten bleiben dabei über den gesamten betrachteten Zeitraum unterhalb der Stilllegungskosten. Eine bestehender Leitungskanal sollte also aus Kostensicht auch künftig weiter betrieben werden.





6.7 Demo-Case: Neubau – Konventionell vs. Leitungskanal (Beispiel mit neutralen Daten)

- ▶ Die Investitionen beim Neubau von Leitungskanälen sind zu Beginn der Lebensbetrachtung höher als bei konventioneller Verlegung.
- ▶ Auch über Zeiträume unter 30 Jahren kann der Einsatz schon finanzielle Vorteile bieten. Über längere Betrachtungszeiträume baut sich dieser Vorteil aufgrund der geringeren Erneuerungskosten weiter aus.
- ▶ Der Break-Even-Punkt ist dabei stark abhängig von den Randbedingungen des Projekts





Schwerpunkt 7: Entwicklungen

- 7.1 Leitungsgebundener Medienbedarf im 21. Jahrhundert
- 7.2 Verdichtung der Innenstädte/externer Flächenverbrauch
- 7.3 materiell – technische Entwicklungslinien
- 7.4 Baustoffe und Recyclingbeton
- 7.5 Carbonbeton für Kanalbauwerke
- 7.6 Einbau- und Verlegetechniken
- 7.7 Automatisierung / Digitalisierung
- 7.8 Prognose





7.1 Leitungsgebundener Medienbedarf im 21. Jahrhundert

- ▶ These 1: Der Grad der Zentralisierung und Dezentralisierung der Versorgungswirtschaft beeinflusst und neue Endenergielösungen (u.a. Lade- und Wärmepumpenstrom) beeinflussen den Ausbau der leitungsgebundenen Infrastruktur.
- ▶ These 2: Hohe Versorgungssicherheit wird auch durch Leitungs- und Anlagensicherheit zu garantieren.
- ▶ These 3: Trinkwasser ist nach DIN 2000 (Menge und Güte) zur Verfügung zu stellen (zentrale Lösung unumgänglich).
- ▶ These 4: Diversifizierung und Wandel im Energiesektor sowie zusätzliche Marktakteure bestimmen die Medienvielfalt;
- ▶ These 5: Zusätzliche bzw. Sondermedien drängen auf den Markt. (u.a. Brauchwasser, Fernkälte, Mischgase, separate IT-Lösungen)
- ▶ These 6: Unterirdische Leitungen bleiben nach Art und Länge präsent und sind in einem engen Baugrund dauerhaft einzuordnen.



Dükerstrecke im Ausbau

Quelle: moll-prd GmbH





7.2 Verdichtung der Innenstädte / externer Flächenverbrauch

- ▶ Beim grundhaften Um- und Ausbau von Verkehrs- und Leitungstrassen in Innenstädten bieten Versorgungskanäle bestimmbare Vorteile und ihr Einsatz ist generell prüffähig.
- ▶ Vorteile sind u.a. Vermeidung von Leitungsschäden durch überlagernde Tiefbaumaßnahmen bzw. Senkung der Störungsraten durch Fremdeinwirkung; Flexible Nutzung des Verlegeraumes durch grabenlose Komplettierung und Austausch von Rohrleitungen und Kabel in absehbaren Zeiträumen (wechselnde Gebäudenutzung, dezentrale Einspeisung);
- ▶ Für die nachträgliche Einordnung von Versorgungskanälen größerer Nennweiten in Innenstädten ohne Parallelmaßnahmen bleibt meist nur der zweite Horizont (Überdeckung mind. 4 Meter)
- ▶ Eine randstädtische Verlegung der Leitungskanäle (z. B. zur Erschließung von Gewerbeflächen oder Flächenrevitalisierung) ist erfahrungsgemäß zukunftsorientiert und kosteneffizient.
- ▶ Die Verlegung auf einer Liegenschaft, z. B. Klinik-, Messe- und Hochschulflächen oder Industriestandorte, sorgt für eine vereinfachte Genehmigung und Reduzierung von Konflikten.
- ▶ Für die Querung von Verkehrsstrassen oder Gewässer eignen sich sog. Düker, die meist grabenlos verlegt werden (Vortriebstechnologien über Start- und Zielbaugruben, spätere Endbauwerke).





7.3 Materiell – technische Entwicklungslinien

- ▶ Stahlbeton bleibt auf absehbarer Zeit der dominierende Baustoff (hohe Regelungsdichte zu Baustoffen und Bauprodukten für alle Einbautechnologien), dazu Stahlrohre / Stahlprofile;
- ▶ Carbon- und Faserbeton können sich am Markt bei Mehrfachnutzung etablieren (Vorteile: schlanke und zugstabile Bauteile, höhere Belastung, korrosions-, riss- und formbeständig, ...);
- ▶ Einsatz von Recyclingbeton (R-Beton) ist in den Gründungsschichten möglich und durch Fachstandards abzusichern;
Ein Leitungskanal ist nach Rückbau voll recyclingfähig.
- ▶ Material- und Energieträgersubstitution bei deren Herstellung (Baustoffe, Power-to-X bzw. Wasserstoff – Technologien);
- ▶ Ausbau der Standardisierung und des Sicherheitsmanagements für Bau und Betrieb der Leitungskanäle (über AGFW e.V. / GSTT e.V. bzw. IKT gGmbH).



*Verstärkung einer Deckenplatte
mittels CFK – Lamellen*





7.4 Baustoffe und Recyclingbeton⁽¹⁵⁾

- ▶ Für Dauerhaftigkeit / Standsicherheit der Gesamtkonstruktion stehen u.a. folgende Baustoffeigenschaften im Blickfeld: dauerhaftes Gefüge (prüffähig und nachträglich abdichtbar), träges Alterungsverhalten (u.a. Karbonatisierung), rissüberbrückende und verschleißfeste Oberflächen, Wasser abweisend, nachträgliche Bearbeitbarkeit, Teilelastizität, dämmende, schlanke und gewichtsreduzierende Bauteile, nicht brennbar / schwer entflammbar, ...
- ▶ Für den Einsatz von Recyclingbeton (R-Beton) sind Anforderungen in Normen und Richtlinien geregelt, u.a. Herkunftsnachweis Altbeton, AKR-Prüfung u.a.m., dann AbZ oder Zustimmung für den Einzelfall.
- ▶ Verwendungsquote für mineralische Bauabfälle gegenwärtig bei ca. 95 %, Quotenerhöhung nur unter Qualitätssicherungsstandards;
- ▶ Ökologische Vorteile sind je nach Anwendungsfall zu prüfen, u.a. Gewährleistung der langfristigen Qualitätsmaßstäbe, Transportentfernung, Lager/Dosierung in Mischanlage.



*Innere Vorsatzwand aus wasserundurchlässigen Stahlbeton
Quelle: GIBA mbH*



*Nachträgliche Fugenabdichtung von Innen mittels Injektion
Quelle: GIBA mbH*





7.5 Carbonbeton für Kanalbauwerke

Weiterentwicklung Beton

- ▶ Verbundwerkstoffe für Bauteilgruppen vorzugsweise als Fertigteile / Potentialabschätzung für sog. „grüne“ Carbonfasern;
- ▶ Ersatz der Stahlbewehrung durch korrosionsbeständige chemisch inerte Kohlefasern (textile Bewehrung mit 4fach höherer Zugfestigkeit und 6fach geringerer Dichte / Tränkungsmaterial hier Epoxidharz);
- ▶ Versuchsaufbau zur Biege- und Querkrafttragfähigkeit an der TUDresden;
- ▶ Pilotherstellung in Regelbauweise mit aktuell verfügbaren Maschinen;

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung als Stückkostenberechnung:

- ▶ Kalkulatorischer Bauteilvergleich Stahlbeton zu Carbonbeton, mit Herstellungskostendifferenz ca.+ 10%; mit deutlichen Einsparpotentialen bei der Herstellung der Carbonbewehrung, der Schalung und den Transportkosten (ca. 40 % Transportgewicht gegenüber Stahlbeton); Betriebskosten bedürfen der weiteren Analyse (positiv bei Marktetablierung);
- ▶ Carbonbeton ist wiederverwertbar (unter Beachtung Gesundheitsschutz).



Abplatzungen unter Maximallast
Quelle: IMB TUD



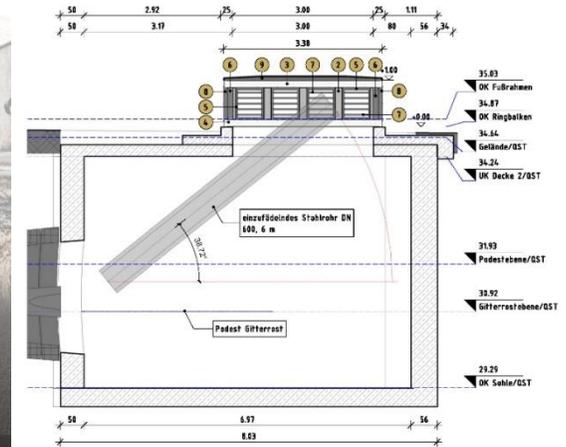
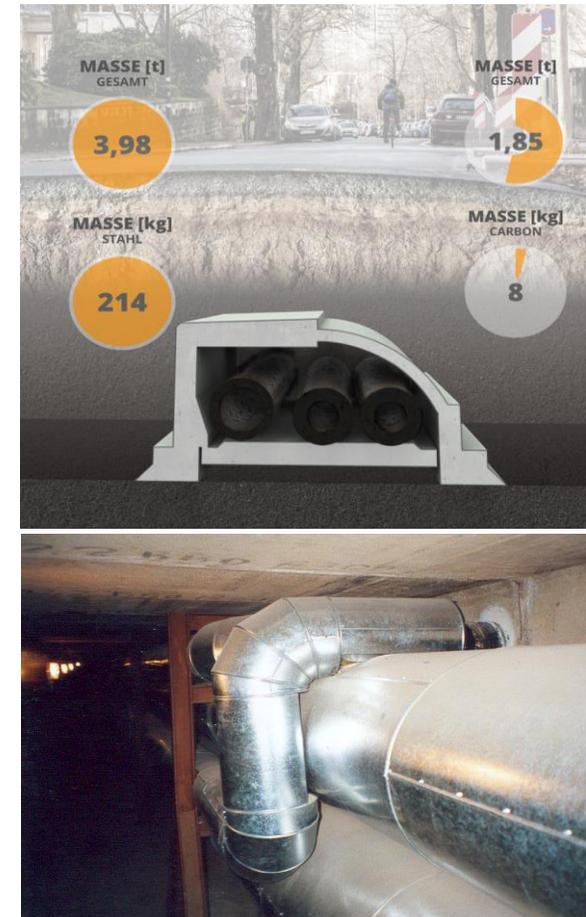
Schalungsteil und Fixierung des Textils
Quelle Fotos: IMB TUD



7.6 Einbau- und Verlegetechniken⁽¹⁶⁾

Ausgewählte Entwicklungsbausteine

- ▶ Einzieh- und Montageverfahren für Leitungen sind zu vereinheitlichen / standardisieren.
- ▶ Substitution von Bewehrungsstahl durch Carbon (Pilotstrecke in Dresden / Ersatz von Bauteilen);
- ▶ grabenlose erdverlegte Hausanschlüsse über sog. Bewehrungsfenster in Kanalwänden, dazu nachträgliche Mehrspartendurchdringungen;
- ▶ abnutzungsmindernde Montageschächte;
- ▶ Kabeltragsysteme für flexible Wandmontagen;
- ▶ Funktionsoptimierung von Stahleinbauten;
- ▶ Optimierungsbausteine im Sicherheitssystem (baulich, apparativ, organisatorisch);
- ▶ Stichwort 3D – Druck (künftig eher Schächte als lang gestreckte Ingenieurbauwerke / Kosten);



Links oben: Massenvergleich
Beton und Stahl
Quelle: IMB TUD

Rechts oben: Kombination
Lüftungs- und Montagebauwerk
Quelle: GIBA mbH

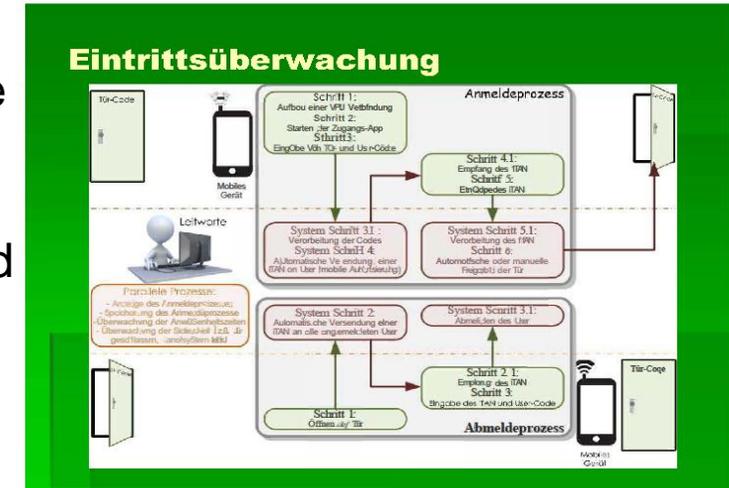
Links unten: Knapper Reserveraum
für nachträglichen Heizanschluss
Quelle: GIBA mbH





7.7 Automatisierung / Digitalisierung

- ▶ Die ständige Möglichkeit der rein visuellen Inspektion oder der Bedienung von Armaturen und MSR - Technik wird durch die weitere Automatisierung an Bedeutung verlieren (steigender Anteil von Sensorik, Stellmotoren, Datenanalyse in Echtzeit).
- ▶ Die Freiräume sind dennoch für alle Formen der Instand-haltung und Änderungen im Leitungsbestand vorteilhaft, da langfristig zur grabenlosen Verlegung entsprechende Montage- und Verlegeräume benötigt werden.
- ▶ Senkung der Stückkosten durch weitere Automatisierung, vorrangig in der Vorfertigung, zum Teil auch auf der Baustelle.
- ▶ Beispiele für die Automatisierung im Kanal sind u.a.
 - ▶ Brandmelde- / Gaswarnanlagen, weitere Überwachungsdienste
 - ▶ Lüftungssteuerung für alle Witterungsbedingungen, bei zusätzlichen Emissionen und bei Betriebsstörungen,
 - ▶ Beleuchtungssteuerung, Zutrittserkennungssysteme,
 - ▶ Funkmelde- und - ortungsanlagen sowie weitere Komponenten.



Fließschema (oben) und
Steuereinheit für Lüftungsanlage
Quelle: GIBA mbH



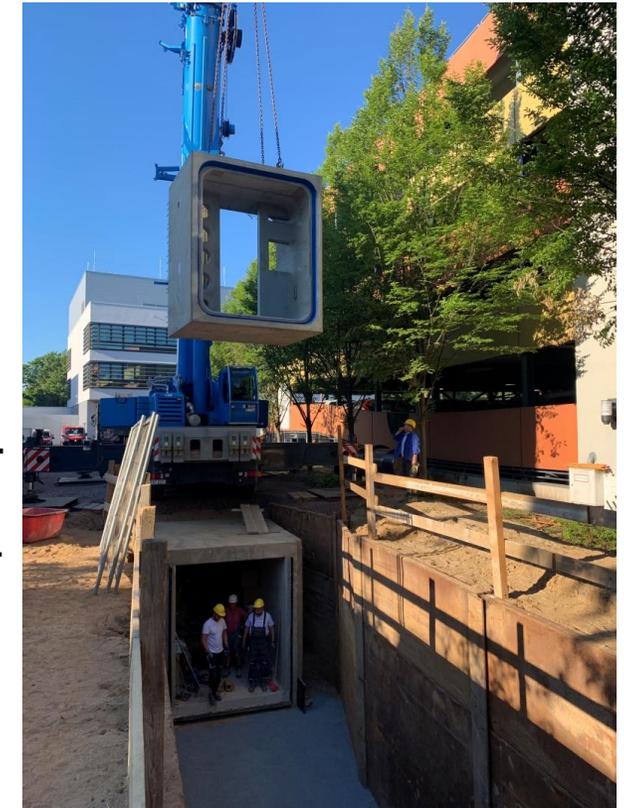


7.8 Prognose

- ▶ Leitungsbündelung im eng begrenzten Baugrund hat auch künftig in der „Energiewende“ bzw. bei Energieträger- und Abnehmerwandel Priorität.
- ▶ Effizienz und Dauerhaftigkeit bleiben Zielkriterien der Versorgungssicherheit als Teil nachhaltigen Wirtschaftens.
- ▶ Leitungskanäle sind „selbstständige bauliche Anlagen“, damit eine Art vergegenständlichte Dienstleistung gegenüber Leitungseigentümern.
- ▶ Zielkonflikte zwischen kurzfristiger und langfristiger Effizienz können am jeweiligen Anwendungsfall wirtschaftlich betrachtet bzw. kalkuliert werden.

Dazu gehören:

- ▶ Auslegung des Leitungskanals auf zu erwartende Veränderungen, z. B. Trink- und Brauchwasser, Fern- und Nahwärme sowie Fernkälte, Erd- und Mischgase, neue Stromabnehmer, lokale IKT – Netze sowie durch Integration in die strategische Zielplanung (u.a. Wärmenetze 4.0/ „kalte“ Nahwärme, dezentrale Power-to-Heat-Technik).
- ▶ Die ökologischen Vorteile werden weiter in den Vordergrund treten, wie Ressourcenschutz, Vermeidung klassischer Tiefbaubeeinträchtigungen.



Montage von Fertigteilesegmenten eines Leitungskanals
Quelle: GIBA mbH





Schwerpunkt 8: Betrieb

- 8.1 Rechtliche, technische und organisatorische Rahmenbedingungen**
- 8.2 Verwaltung und Verträge / Betreibermodelle**
- 8.3 Betriebsführung / Anlagenmanagement**
- 8.4 Instandhaltungsmanagement**
- 8.5 Inspektion und Wartung**
- 8.6 Instandsetzung und Verbesserung**
- 8.7 Sicherheitsmanagement**
- 8.8 bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen**





8.1 Rechtliche, technische und organisatorische Rahmenbedingungen

- ▶ Akzeptanz zum Status der Leitungskanäle als „Bauliche Anlage“, mit Anerkennung der Rechtsfolgen und Anforderungen;
- ▶ Grundbucheintrag als Dokumentation des Nutzungsrechts,
- ▶ „beschränkt persönliche Dienstbarkeit“ gemäß §§ 1090 ff BGB,
- ▶ den Betrieb als „zulässige wirtschaftliche Betätigung“ im Gemeinwohlinteresse anerkennen;
- ▶ Grundlagen für die Bewirtschaftung schaffen (selbstständige Unterhaltsplanung, separate Kostenrechnung und Bilanzierung);
- ▶ Gründung / Zuweisung einer Betreibergesellschaft;
- ▶ Erfassung und Abgrenzung der baulichen Anlage: u.a. bei Anschluss an Gebäuden, Zuordnung der Kabeltrassen, ...
- ▶ Inkraftsetzung einer Betriebsordnung mit Rechten und Pflichten des Kanaleigentümers, des –betreibers, der Leitungseigentümer (Nutzer) und beauftragter Drittfirmen;



*Bestandskanal ca. 45 Jahre in Betrieb
mit ergänzten und ausgewechselten Leitungen
Quelle: GIBA mbH*



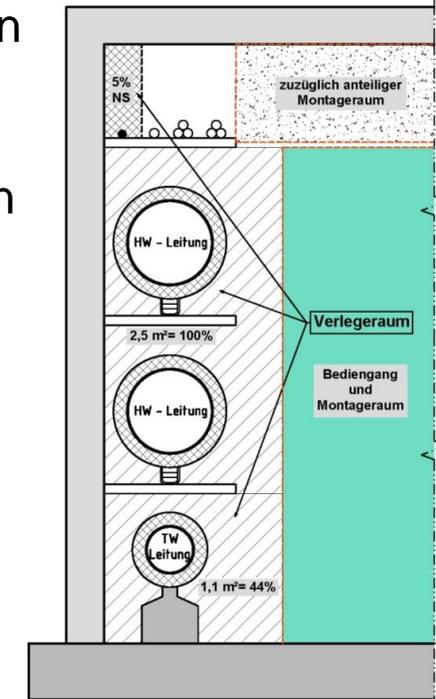


8.2 Verwaltung und Verträge / Betreibermodelle⁽¹⁷⁾

Voraussetzung: Gründung einer Betreibergesellschaft, Rechts- und Betriebsformen des öffentlichen bzw. des Privatrechts sind an unterschiedliche Rechtsfolgen gebunden, z. B. die der zulässigen wirtschaftlichen Betätigung. Mehrheitlich wird die Rechtsform der GmbH gewählt. Der Betrieb kann auch in einer selbstständigen Struktur eines Versorgungsunternehmens als „Eigenbetrieb“ erfolgen.

Zur Finanzierung sind verschiedene Modelle möglich: Wichtig dabei ist die Klärung der Vorteilsannahmen durch die „öffentliche Hand“ und/oder der Nutzer (Leitungseigentümer). Zwischen Betreiber und Nutzer werden Nutzungsverträge abgeschlossen, die u.a. gegenseitige Rechte und Pflichten sowie Haftungs- und Versicherungsgrundlagen klären.

Grundlage der Mieten bzw. Nutzentgeltberechnungen sind in der Regel die Ermittlung der Anteile der Rohrleitungen und Kabel am Kanalquerschnitt mit Zu- und Abschlägen für die Ausnutzung von Verlege- und Montageräumen in Schachtbauwerken, Montageschächten und sonst. Freiräumen.



Schematische Darstellung der Kanalbelegung (einseitig) mit Anrechnung der Verlege- und Montageräume zu ausgewählten Rohrleitungen und einem Kabel
Quelle: GIBA mbH





8.3 Betriebsführung / Anlagenmanagement

Ein Leitungskanal, als bauliche Anlage, ist in Betrieb, wenn sich mindestens eine Leitungsanlage in Betrieb befindet (auch nur Betriebsstromanlage).

Mehrere Leitungen erfordern eine koordinierende Betriebsführung, Instandhaltung sowie den Erhalt eines ordnungsgemäßen Zustandes der gesamten Anlage (§1020 BGB ff). Betrieb und Instandhaltung werden in der Regel kostendeckend organisiert und in einer Kostenrechnung erfasst. Eine Betriebsordnung regelt alle betrieblichen Maßnahmen, die mit dem Aufenthalt von Personen und am Leitungskanal verbunden sind.

Hauptziele:

- ▶ Vermeidung / Minimierung von Gefahren für Gesundheit und Umwelt,
- ▶ Schutz der Leitungen und Ausrüstungen,
- ▶ Verweise auf Normen und Vorschriften zum Betrieb aller Leitungsarten und betrieblichen Einrichtungen.

Inhalt einer Betriebsordnung für Leitungskanäle als Organisationsanweisung (vereinfacht)

1. Zweck und Geltungsbereich
2. Betriebliche Aufgaben der Eigentümer und Nutzer
3. Verhalten beim Aufenthalt in Leitungskanälen
4. Vorgaben zu Arbeiten in Leitungskanälen
5. Sicherheit in und an Leitungskanälen
6. Nachweisführung

Anlagen:

- 1 Lage- und Betriebsplan
- 2 Adressen/Kontakte der Leitungseigentümer
- 3 Liste der befugten Personen
- 4 Formblatt Zutrittsberechtigung
- 5 Merkblatt zum Verhalten in Leitungskanälen
- 6 Erlaubnisschein für Feuerarbeiten
- 7 Bereitstellen von Gaswarngeräten
- 8 Verhalten in Notfällen

Quelle: GIBA mbH





8.4 Instandhaltungsmanagement⁽¹⁸⁾

Das Instandhaltungsmanagement (IM) beginnt bereits mit der Lph 9 Objektbetreuung bis 5 Jahre nach Bauabnahme.
(Grundlagen nach DIN 31051 vom Juni 2019)

Spezifische Inhalte des IM für Leitungskanäle:

- ▶ Zyklische Inspektionen u.a. nach AGFW Merkblatt FW 437;
- ▶ Wartung u.a. für Betriebsstromanlage, Pumpen, Gitterroste, (bewegliche) Einbauten, Schließanlage, Sensorik, Schutzpotential;
- ▶ Instandsetzung der baulichen Hülle und der Stahleinbauten nach Klassifizierung von Zuständen und deren Bewertung, sowie Technische Regeln für Instandsetzungsverfahren,
- ▶ Verbesserung u.a. durch Austausch von Bauteilen und Bauelementen zum Stand der Technik.

Wechselwirkung zwischen Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit und Wahl des optimalen Zeitraumes der Instandhaltungsmaßnahmen hinsichtlich Budget, Effizienz und Dauerhaftigkeit!

Anlage 8: Vereinfachte Hauptprüfung (VHP) begehbarer Kanalstrecken und -bauwerke (SK)

Zusammenfassung

Abchnitt	Begehung vom	S	V	D	Zustandszahl	Zustandsnote	individuelle Bewertung	sofortige Sicherung	Prioritätsstufe*
532 -NSK-SILB NSK 14	20.06.2019	3	2	4	3,3	4		nein	
533 -NSK-SILB NSK 15	20.06.2019	1	2	3	2,7	3		nein	
534 -NSK-SILB NSK 15	20.06.2019	2	3	3	3,2	4		nein	
535 -NSK-SILB NSK 16	20.06.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
536 -NSK-SILB NSK 17	20.06.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
537 -NSK-SILB NSK 18	20.06.2019	4	2	4	4,0	5		nein	
538 -NSK-SILB NSK 19	20.06.2019	1	2	3	2,7	3		nein	
539 -NSK-SILB NSK 20	04.07.2019	1	2	3	2,7	3		nein	
540 -NSK-SILB NSK 20	04.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
541 -NSK-SILB NSK 21	04.07.2019	0	2	3	2,7	3		nein	
542 -NSK-SILB NSK 21	04.07.2019	3	2	3	3,3	5		nein	
543 -NSK-SILB NSK 21	04.07.2019	3	4	3	4,0	5		nein	
544 -NSK-SILB NSK 22	04.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
545 -NSK-SILB NSK 22	04.07.2019	2	2	3	3,0	4		nein	
546 -NSK-SILB NSK 23	04.07.2019	2	4	3	4,0	5		nein	
547 -NSK-SILB NSK 24	04.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
548 -NSK-SILB NSK 24	04.07.2019	2	2	3	3,0	4		nein	
549 -NSK-SILB NSK 24	04.07.2019	2	2	3	3,0	4		nein	
550 -NSK-SILB NSK 25	04.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
551 -NSK-SILB NSK 25	04.07.2019	0	2	3	2,7	3		nein	
552 -NSK-SILB NSK 26	04.07.2019	2	2	3	2,9	3		nein	
553 -NSK-SILB NSK 26	04.07.2019	3	1	3	3,3	4		nein	
554 -NSK-SILB NSK 28	04.07.2019	3	4	4	4,0	5		nein	
555 -NSK-SILB NSK 28	04.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
556 -NSK-SILB NSK 29	04.07.2019	4	2	4	4,0	5		nein	
557 -NSK-SILB NSK 32	18.07.2019	0	2	3	2,7	3		nein	
558 -NSK-SILB NSK 32	18.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
559 -NSK-SILB NSK 32	18.07.2019	1	2	3	2,7	3		nein	
560 -NSK-SILB NSK 32	18.07.2019	1	1	3	2,7	3		nein	
561 -NSK-SILB NSK 33	18.07.2019	4	4	4	4,0	5		nein	
562 -NSK-SILB NSK 34	18.07.2019	3	3	3	3,3	4		nein	
563 -NSK-SILB NSK 35	18.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	
564 -NSK-SILB NSK 35	18.07.2019	3	2	3	3,3	4		nein	

Häufigkeiten:

Note	S V D			Zustand
	Bewertung			
1	6	2	0	0
2	42	31	0	5
3	39	88	5	61
4	44	7	119	51
5	4	7	11	18

Beispiel zur Zustandsbewertung nach AGFW Merkblatt FW 437

Quelle: GIBA mbH





8.5 Inspektion und Wartung

Ziele: Prüfung aller maßgeblichen Merkmale (Inspektion) und Verzögerung der Abnutzung / des Verschleißes zugänglicher Bauteile (Wartung)

Wesentliche Inspektionen sind u.a.

- ▶ Beurteilung des Zustandes der baulichen Hülle, der Lager- und Unterstützungsstrukturen sowie Durchdringungen,
- ▶ Funktionsprüfung aller Stahleinbauten Leitern, Deckel, Türen, Gitterroste, Geländer, Holme, Griffe, Abdeckungen...
- ▶ Funktionsprüfung von Schaltanlagen (u.a. FI-Schutz, Pumpen- und Lüftungssteuerung);

Wesentliche Wartungsmaßnahmen sind

- ▶ Reinigung / Trocknung von Oberflächen, Gerinnen und Tiefpunkten / Pumpensümpfen,
- ▶ Korrosionsschutzanstriche an Stahleinbauten,
- ▶ Schmieren, ölen, fetten von beweglichen Kleinteilen,
- ▶ normgerechte Revision der Betriebsstromanlage,
- ▶ Nachjustieren, Nachspannen von Halterungen u.a.



Quelle: GIBA mbH

Zustandsprüfung in Querschnitt einer Gleistrasse



Quelle: GIBA mbH

Auslesen eines Datenloggers





8.6 Instandsetzung und Verbesserung

Ziele: Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit (Standicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit) sowie Steigerung der Zuverlässigkeit und Funktionsverbesserung durch Werkstoffe und Produkte, an Bauteilen und Ausrüstungen;

Voraussetzung: detaillierte Funktionsprüfung / Kenntnisse zum Zustand bzw. Abnutzung / Verschleiß, z. B. über Baustoffanalysen und Funktionsproben;

Hauptsächliche Maßnahmen:

- ▶ Abdichtung wasserführender und statisch relevanter Risse und Fugen,
- ▶ Korrosionsschutz an der Bewehrung sowie an allen Stahleinbauten,
- ▶ Reprofilierung der Betonsubstanz und kleinteiliger Bewehrungsersatz,
- ▶ Verstärkung / Auswechslung von Bauteilen nach statischer Relevanz,
- ▶ Auswechslung von Komponenten und Bauteilen, u.a. an Pumpen, Ventilatoren, Beleuchtung, Beschilderung u.a.m..



Quelle: GIBA mbH

*Korrosionsschutz-, Reprofilierungs-
und Injektionsarbeiten*



Quelle: GIBA mbH



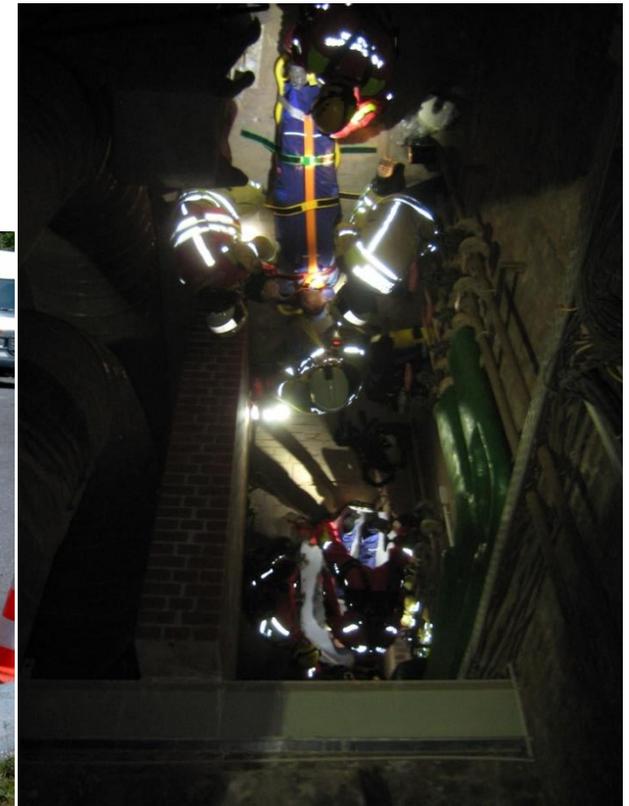


8.7 Sicherheitsmanagement

Die Verbesserung der Sicherheit der Leitungskanäle besitzt in Deutschland einen hohen Stellenwert, vor allem durch detailreiche Vorgaben der Fachverbände (u.a. VDE, DVGW, AGFW) sowie das umfangreiche DGUV – Regelwerk.

Drei Betrachtungsebenen:

- ▶ 1. Erarbeitung und Fortschreibung einer Sicherheitsbetrachtung in den Bauplanungsphasen;
- ▶ 2. Durchführung und Wiederholung einer Gefährdungsbeurteilung bei Inbetriebnahme und wesentlicher Änderung im Betrieb;
- ▶ 3. Aktualisierung der Betriebsordnung und regelmäßige Prüfung, u.a. durch eine Brandschutz- bzw. Rettungsübung (im Bild).



Quelle: GIBA mbH





8.8 Bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen

Verbesserungsbedarf für Bestandskanäle (Beispiele):

- ▶ Betriebsstromanlage: u.a. normgerechte Ausstattung, Kraftstromanschlüsse, differenzierte Beleuchtung u.a. für Bedienplätze, Rettungswege, ggf. Notbeleuchtung;
- ▶ Lüftungskonzept: natürliche und/oder technische Lüftung, Mindestluftströmungen (lage- und zeitbezogen), bei Normalbetrieb, bei Arbeiten und bei Betriebsstörungen;
- ▶ Brandschutzkonzept: u.a. Einteilung in Lüftungs- und Brandabschnitte, Ermittlung von Brandlasten, Risikobewertung, Rauchabzug, Löschangriff, Kennzeichnungen;
- ▶ Entwässerungskonzept: Bemessung nach Einsatzfällen, Freigefälle- oder Druckentwässerung, Dränagen, Vorflut;
- ▶ Nachrüstung von MSR- und Überwachungs-Technik;
- ▶ Organisation u.a. Nutzerinspektionen, Verhalten bei Betriebsstörungen (Meldeschema), Revision von Bestandsunterlagen (Betriebspläne, Feuerwehrpläne ...)



Beispiele: Erneuerung einer Dränageleitung und nachträglicher Einbau einer Brandwand mit Brandschutztür

Quelle: GIBA mbH





Gefördert mit Mitteln der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Schwerpunkt 9: Zusammenfassung

9.1 Voraussetzungen für Planung und Bau



entelligenio

© entelligenio GmbH 2022



Stand Oktober 2022

Anlage 2 – Abschlussbericht Projekt (AZ 35682/01)



Gesellschaft für Ingenieurbau
Bauwerksinstandhaltung und
Anlagenmanagement mbH



9.1 Voraussetzungen für Planung und Bau von Leitungskanälen

- ▶ Ein Leitungskanal wird dann konzeptionell vorbereitet, geplant und gebaut, wenn ...
- ▶ die Versorgungsunternehmen spartenübergreifend die Leitungsbündelung in Betracht ziehen (müssen) und die Vorteile der Verlegeform erkennen,
- ▶ das Stadtplanungsamt sowie Grünflächen-, Verkehrs- und Tiefbauamt die langfristigen Vorteile zur kommunalen Zielvorgabe ernennen,
- ▶ Versorgungsunternehmen und Kommune an einem Strang ziehen und im Sinne des Vorteilsausgleichs die Verträge vereinbaren,
- ▶ im Planungsprozess der Stand der Technik berücksichtigt wird,
- ▶ die Grundstückseigentümer die Gesamtkosten im Blick haben,
- ▶ die langfristigen wirtschaftlichen Effekte in betriebswirtschaftliche Kenngrößen einfließen und
- ▶ perspektivisch im Landesbaurecht, z. B. mit einer Durchführungsverordnung, die Genehmigungsvoraussetzungen vereinfacht werden.





Gefördert mit Mitteln der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Schwerpunkt 10: Anhang

10.1 Literaturverzeichnis





10.1.1 Literaturverzeichnis

- (1) Tietz, H.- P. (2018), *Ver- und Entsorgung* (1.1)
- (2) Stein, D., (2002), *Der Begehbare Leitungsgang*, Verlag Ernst & Sohn, (1.5)
- (3) Positionspapier der IBV (Nov. 2019), *Rechtliche Einordnung unterirdischer Versorgungskanäle* (1.9)
- (4) Güneysu, S.I., (Okt. 2011), *Bündelung unterirdischer Versorgungsleitungen in begehbaren Leitungsgängen* (1.9)
- (5) Stein, D. (2002), *Der begehbare Leitungsgang* und GSTT-Info. (1997), Nr. 6 Statusbericht ... (2.1)
- (6) Stein, D. (2002), *Der begehbare Leitungsgang* (2.3)
- (7) Bauforum Rheinland Pfalz, (05/2014), *Nachhaltige Erschließung – Ökologische und wirtschaftliche Chancen bei der Erschließung durch Begehbare Leitungsgänge* (3.1)
- (8) Abschlussbericht GIBA, (15. Mai 2017) gefördert durch die DBU, (Az 31331/1), *Integrale Planung zur Demonstration eines weiterentwickelten unterirdischen begehbaren Versorgungskanals*, (3.2)





10.1.2 Literaturverzeichnis

- (9) www.gstt.de, www.unitracc.com (3.4)
- (10) GSTT, (Januar 2015), (*Informationen Nr. 11, 4.*) (3.9)
- (11) GSTT vergleiche (2015), (*Informationen Nr. 11*) (4.3)
- (12) GSTT vergleiche (2015), (*Informationen Nr. 11*) (4.4)
- (13) GSTT vergleiche (2015), (*Informationen Nr. 11*) (4.7)
- (14) Rabe, D., (11/2019) *Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Versorgungskanäle im Bestand...*, (Vortrag IBV-Seminar) (6.4)
- (15) R. Mellwitz, (SCHWENK KG) (7.4)
- (16) Curbach E.h., (TU Dresden, 30.09.2019) *Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Carbonbeton bei Infrastrukturbauwerken* (7.5)
- (17) Heinemann/Reim, (1-2/2018) *Fachartikel in der Euro Heat & Power* (7.6)





10.1.3 Literaturverzeichnis

- (18) Siehe *Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken*, Teile 1 – 2, Mai 2020 (8.4)
- (19) vergleiche Güneysu, S.I., *Bündelung unterirdischer Versorgungsleitungen in begehbaren Leitungsgängen* (8.2)
- (20) Investitionen in der Energie-, Wasser- und Entsorgungswirtschaft 2019 um 18,6 % gestiegen, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/12/PD20_518_432.html

