

Hydraulische Rohrnetzberechnung als Grundlage für die Auswahl des Rehabilitationsverfahrens

Ingenieurbüro Dieter Büttner

Karl-Liebknecht-Str. 52 Tel.: 03494 - 40 15 51
06766 Wolfen Fax: 03494 - 40 15 50

E-mail: D-Buettner@t-online.de

Internet: www.ib-buettner.de

Aufgabenstellungen



Allgemein

- Was ist, wenn ...?
- Was ist zur Zeit ...?
- Was ist am günstigsten ...?

Beispiel

Welche Auswirkungen auf Änderungen der Betriebsverhältnisse treten beim Zusammenschalten oder Trennen von Netzen auf ?

Ziel einer Berechnung (GW 303)



Die Rohrnetzberechnung dient der Ermittlung der Druck und Strömungsverhältnisse im Rohrnetz.

Ergebnisse:

- Knotendruck
- Druckverlust auf der Leitung
- Durchfluss (Volumenstrom)
- Geschwindigkeit
- Fließrichtung

Rechenverfahren



Netzbedingungen vermaschtes Rohrnetz

Knoten	$\sum Q_i = 0$	$Q_i = \text{Volumenstrom}$
Maschen	$\sum \Delta p = 0$	$\Delta p = \text{Druckabfall}$

In der Praxis werden vorwiegend zwei Verfahren verwendet:

- Iteration nach Hardy – Cross
- **Newton - Raphson-Iteration mit Gauß – Elimination**

Ziel:

- Geringer Speicherplatz
- Kurze Rechenzeit
- Maximale Genauigkeit

Systemgleichungen



Turbulente Reibung Wasser:

$$P(A) - P(B) = \frac{8 \rho_N Q |Q|}{\pi^2 D^4} \left(\frac{L}{D} \lambda + \zeta \right)$$

Laminare Reibung Wasser:

$$P(A) - P(B) = \frac{128 \eta L Q}{\pi D^4}$$

- P Druck
- λ Widerstandszahl
- L Rohrlänge
- Q Volumen-Fluss
- D Durchmesser
- ρ Dichte
- ζ Verlust-Beiwert ZETA
- η dynamische Zähigkeit

Widerstandszahl (Prandtl-Colebrook)



Druckabfall

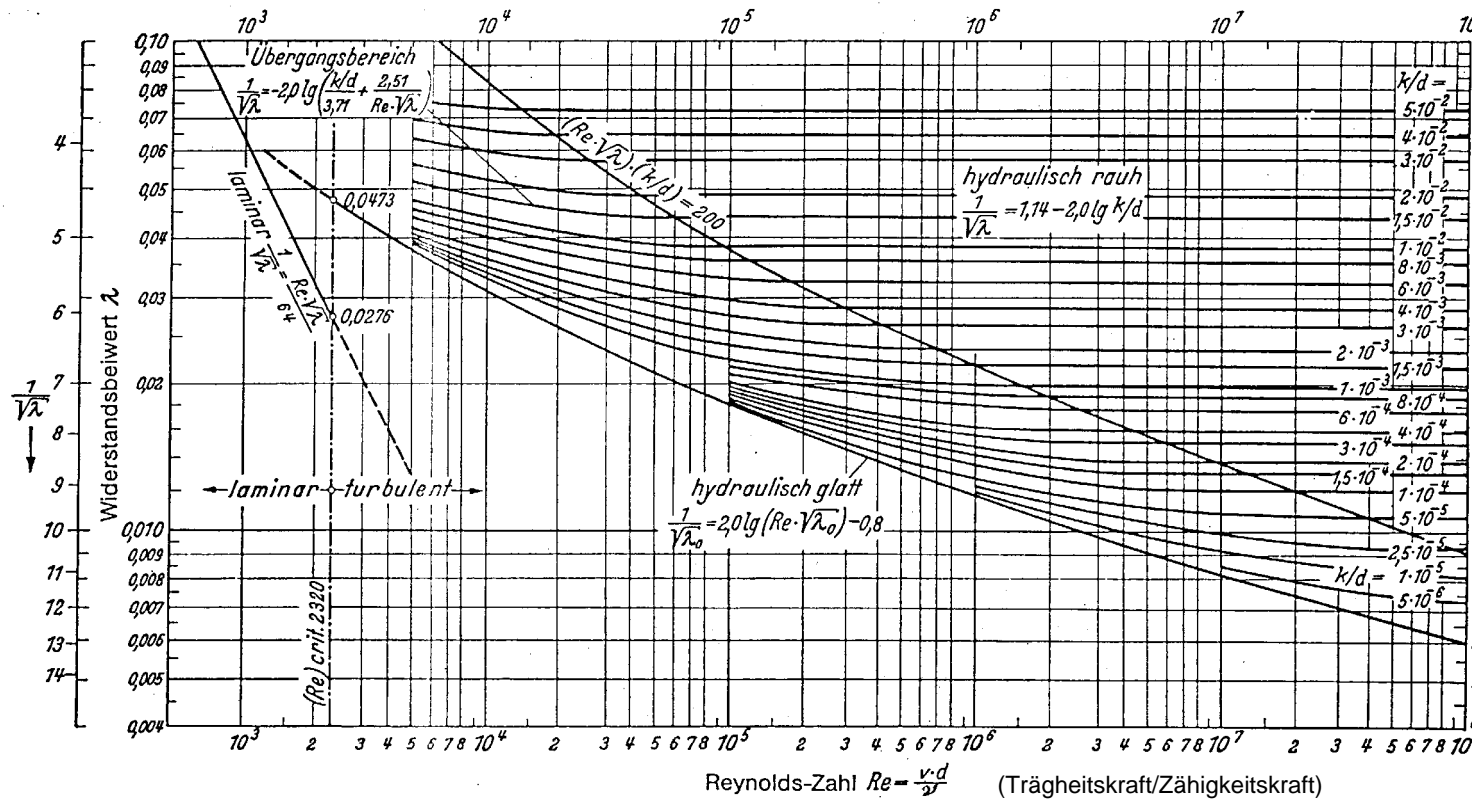


Bild 1. Widerstandsbeiwert λ für hydraulisch glatte und raue Druckrohrleitungen.

Wichtige Objekte in der Netzberechnung



Knoten

Abzweigung, Attributänderung (Durchmesser, Material, Baujahr), Anfang/Ende
Straßenwechsel

Leitungen (Stränge, Strecken, Kanten) mit Knickpunkten

Rohrlänge, Innendurchmesser, Rauigkeit, Verlustfaktor

Leitungseinbauten

Schieber, Ventile/Zonentrennschieber, Hydranten, Rückschlagklappen

Einspeisestellen

Wasserbehälter, DEA, Pumpen, Regler/Druckminderer, Druckknoten

Verbrauchsdaten

Abnehmer (Großkunden), HA-Zähler (Tarifkunden)

Voraussetzung an das Datenmodell



Kantenobjekte

Leitung, Hausanschlussleitung, Regler/Reduzierventil, Pumpe/
Kompressor, Zonentrennschieber,
Durchlaufbehälter, Rückschlagklappe

Punkt-/Knotenobjekte mit Lagenachweis (x-, y- Koordinaten)

Knoten, Knickpunkt, Streckenschieber, Hydrant, Haus mit Zähler,
Hausanschlussverbindung, Höhenfixpunkte, Schäden

Verbindung mit Punktobjekten

Abnehmer, (HA-Zähler), Gegenbehälter

Erstellung Rechennetzplan



Rechennetzplan

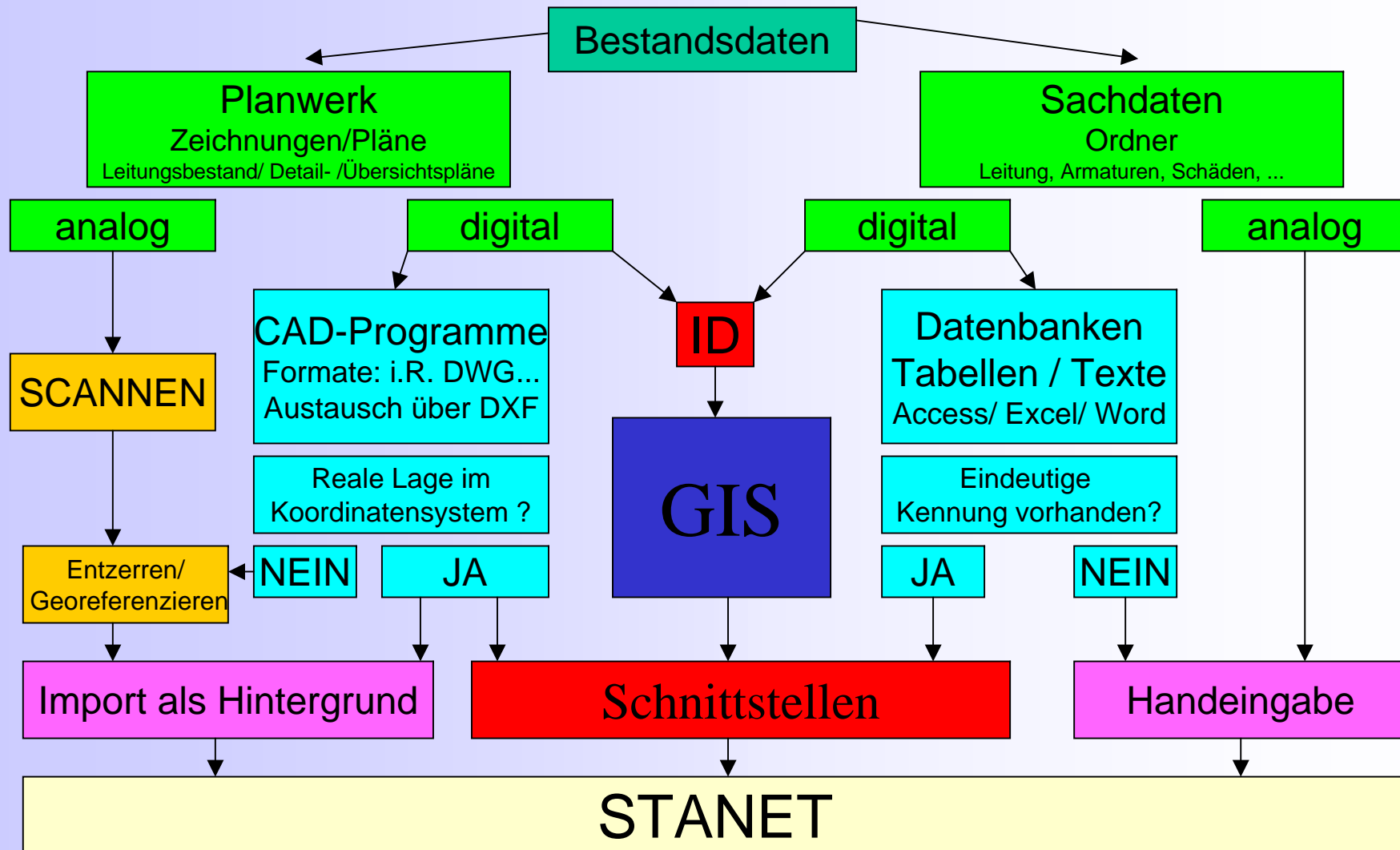
- Schemaplan
 - Hausanschlussauslegung
 - unmaßstäblicher Rechennetzplan
- Übersichtsplan (lageähnlicher Rechennetzplan)
 - Netz mit Rasterhintergrund
- Maßstäblicher Plan (Übernahme aus digitalen Daten)
 - Netzübernahme mittels Schnittstelle

Datengrundlage

Für die Erstellung des Rechennetzplanes sind die vorhandenen Daten im Unternehmen zu analysieren.



Datenaufbereitung Bestand



Datenaufbereitung Verbrauchsdaten



- Nutzung der Daten aus der Jahresverbrauchsabrechnung
- Zuordnung der Verbrauchsdaten
 - Gleichmäßige Aufteilung auf alle Leitungen einer Straße
 - Aufteilung nach Hausnummernbereiche
 - Zuweisung nach Position
 - Zuordnung nach Knotennummern
 - Berechnung mit Hausanschlussleitungen
 - Aufbau Zählerdatei

Bedarfsanalyse



- Leistungsabgabe

- pro Tag
- pro Stunde
- pro Jahr
- pro Monat

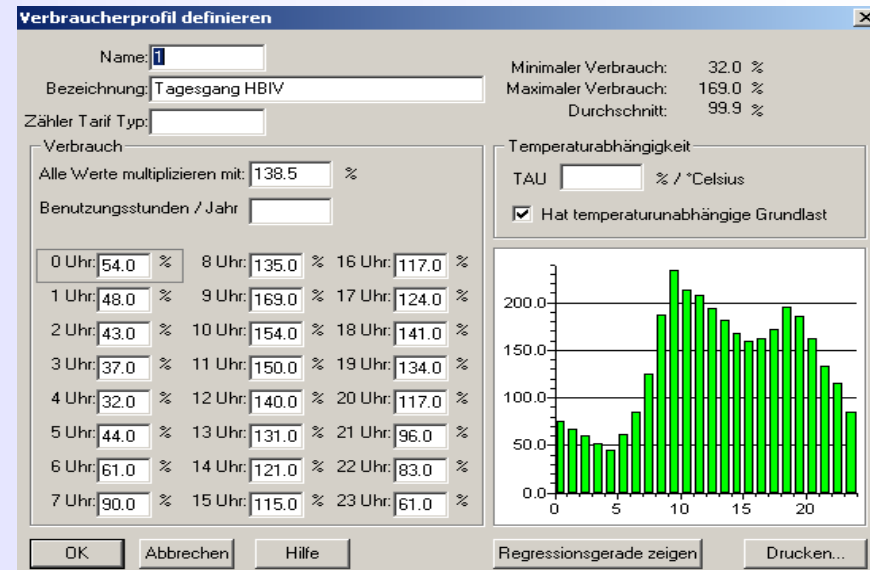
- Verbrauchsabrechnung

- Einwohnerzahlen - Einzugsgebiet
- Sonderabnehmer, Tierhaltung,...
- Ermittlung des gegenwärtigen Pro-Kopf-Verbrauch

- Planungsvorgaben (Bauvorhaben, Fremd- oder Eigenanlage)

Hinweis:

Der Erhöhungsfaktor ist medienspezifisch zu betrachten und ist abhängig von Jahreszeit, Tag und Stunde.



Netzkalibrierung



Vergleichsdruckmessung

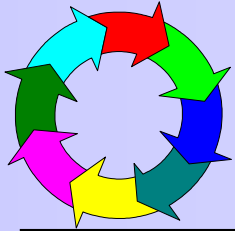
- **Messplanung (Messzonen, Druckmess-, Sollentnahmestellen)**

Netzabgleich

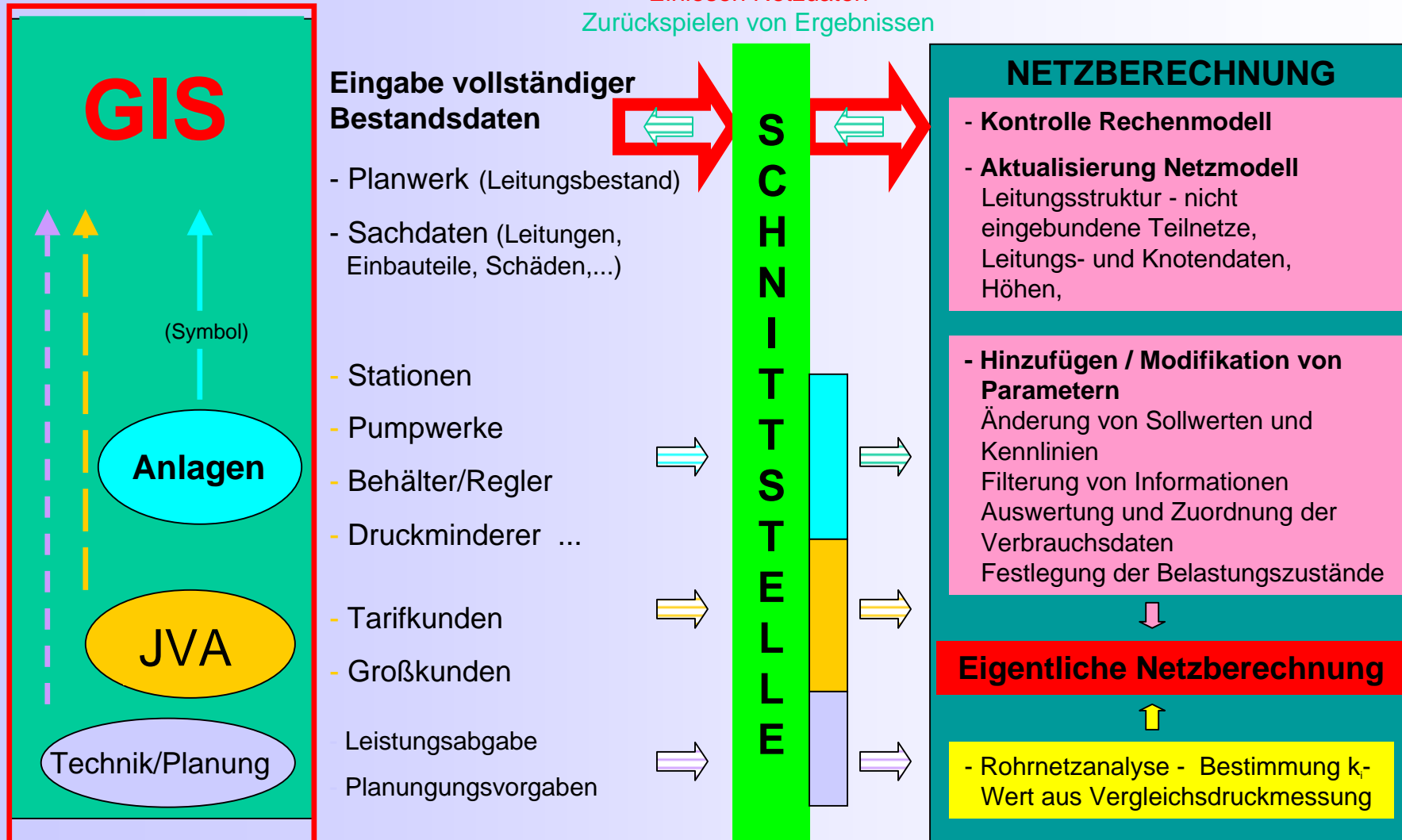
- **Erzielung einer guten Übereinstimmung zwischen den Mess- und Berechnungsergebnissen.**

Ergebnis der Auswertung

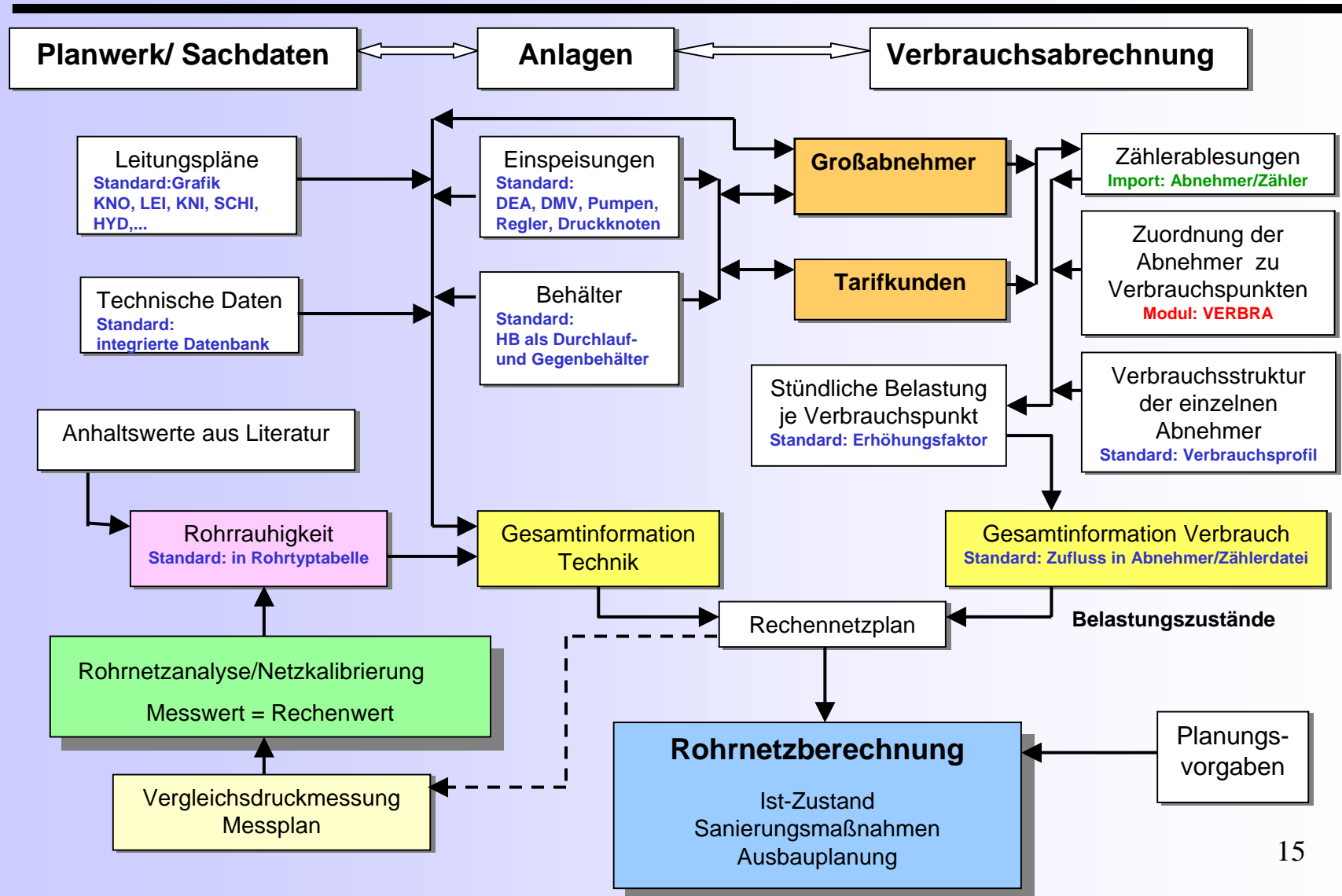
- **Schwachstellen im Versorgungsnetz**
- **Fehler in den Bestandsunterlagen**
- **Falsche Schieberstellungen**
- **...**



Arbeitsablauf



Datenquellen



Planungsrechnungen



- **Schwachlast**
- **Normalbetrieb**
- **Spitzenlast**
- **Brandfallberechnung**
 - vorgegebene Hydrantenmenge
 - vorgegebener Hydrantendruck
 - vorgegebener Netzdruck
 - Feuerlöschvarianten mit mehreren Abnahmestellen

Optimierung

Versorgungskonzepte

- Variantenerstellung zur Optimierung der Eigenversorgung unter Berücksichtigung der Neuerschließung von Absatzgebieten

Simulation von Bewirtschaftungsvarianten

- Überprüfung der Funktionalität
- Modifikation bzw. Ableitung alternativer Varianten

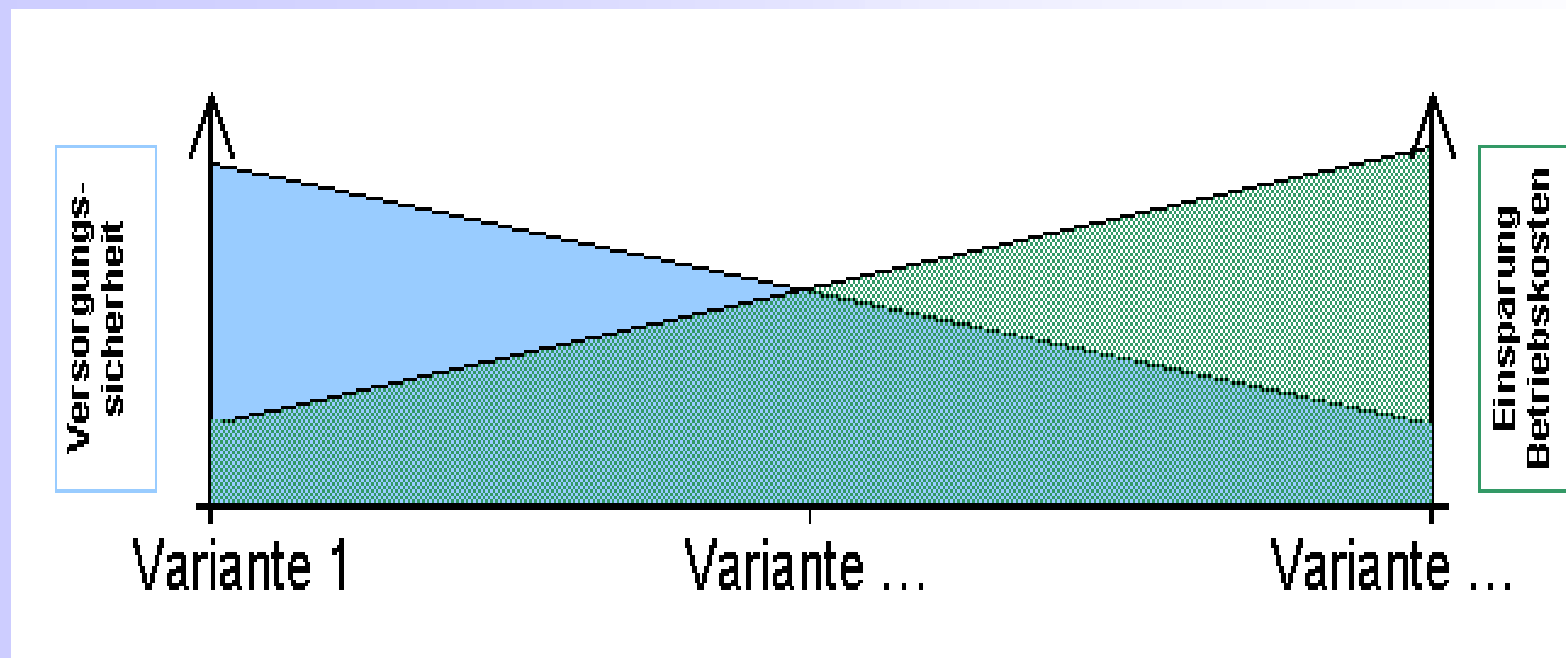
Kostenvergleichsrechnung

- Ermittlung der Investitionskosten und der Betriebskosten
- Berechnung der Barkostenwerte
- Ermittlung der betriebswirtschaftlich günstigsten Variante unter Berücksichtigung der Gesamtnutzungsdauer

Ergebnis der Optimierung



Annäherung an die optimale Trinkwasserversorgung



Zusammenfassung



Das wesentliche Ziel der Rohrnetzanalyse liegt darin, die Kapazität (hydraulische Leistungsfähigkeit) eines bestehenden Versorgungsnetzes zu ermitteln und eine zuverlässige Entscheidungshilfe für die Absatzstrategien und Ausbauplanungen zu erarbeiten.

Dieses Ziel kann nur zuverlässig erreicht werden, wenn alle Berechnungsdaten die realen Bedingungen genau widerspiegeln.

Hauptaufgabe – Erfassung aller Einflussgrößen:

- Netzgeometrie
- Verbrauchsbelastung/ Verbrauchsverteilung
- Rückschluss auf die Rohrrauigkeit aus Vergleichsdruckmessungen