

Einsatz der Rohrnetzrechnung in Form von Bestands- Optimierungs- und Planungsanalysen

Einführungen und Erläuterungen zur Rohrnetzrechnung und
Planungsstrategien Anwendungsbeispiele zu aktuellen
Projekten Ergebnisumsetzung, Kostenoptimierungs-verfahren

Verfasser: D. Büttner, Ingenieurbüro Dieter Büttner, Wolfen

Inhalt:

1	Einführung.....	3
2	Wichtige Objekte in der Netzberechnung.....	4
2.1	Knoten.....	4
2.2	Leitungen (Stränge, Strecken, Kanten).....	4
2.3	Einspeisestellen.....	4
2.3.1	Hochbehälter.....	4
2.3.2	Pumpen/Pumpenanlagen.....	4
2.3.3	Druckerhöhungsanlage bestehend aus Pumpen (Rückschlagklappen) und Regler.....	5
2.3.4	Regler/ Druckminderer (Druck- und Volumenregler).....	5
2.3.5	Druckknoten.....	5
2.4	Leitungseinbauten.....	5
2.5	Verbrauchsdaten.....	5
2.5.1	Einflussgrößen.....	6
3	Voraussetzungen an das Datenmodell.....	7
4	Rohrnetzberechnung.....	8
4.1	Systemgleichungen.....	8
4.2	Reibungsgesetze.....	8
4.3	Widerstandszahl.....	9
4.4	Schema - Datenquellen.....	9
5	Erstellung eines aktuellen kompletten Netzmodells.....	10
5.1	Datengrundlage.....	10
5.2	Rechennetzplan.....	10
5.2.1	Schemaplan.....	10
5.2.2	Übersichtsplan (Lageähnlicher Rechennetzplan).....	11
5.2.3	Maßstäblicher Plan.....	11
5.3	Übernahme GIS - Daten.....	12
5.3.1	Allgemeines.....	12
5.3.2	Generierung eines Knoten-Kanten-Modells.....	12
5.3.3	Arbeitsablauf.....	12
5.3.4	Bestandsdaten aus einem GIS – Auszug Textdatei.....	13
6	Schnittstellen.....	14
6.1	Einleitung.....	14
6.2	Aufgabenstellung.....	14
6.2.1	Arbeitsablauf.....	14
6.2.2	Wo sollen die Daten geführt werden - Datensynchronisation ?.....	14
6.2.3	Wo werden die Konfigurationsdateien gepflegt ?.....	15
6.2.4	Welche Daten sollen aus dem GIS übertragen werden ?.....	15
6.2.5	Wie oft sollen die Bestandsdaten aus dem GIS übernommen werden ?.....	15
6.2.6	Sollen alle Bestandsdaten oder die Änderungen übernommen werden ?.....	15
6.2.7	Sollen kurze GIS- Leitungsabschnitte zusammengefasst werden ?.....	15
6.2.8	Sollen Rechenergebnisse ins GIS zurückübertragen werden ?.....	16
6.2.9	Erfüllt das Datenmodell des GIS Mindestvoraussetzungen der RNB ?.....	16
6.3	Import-Export-Schnittstellen.....	16
6.3.1	STANET- Schnittstellen.....	16
6.4	Beispiel Textimport.....	18
6.4.1	STANET- Textformate.....	18
6.4.2	Import-Definition / Import.....	18
6.5	Import von weiteren Netzelementen.....	19
6.5.1	Import von Zweipolen.....	19
6.5.2	Import von Knickpunkten, Schiebern und Hydranten.....	19
6.5.3	Import von Hausanschlussleitungen.....	20
6.5.4	Höheneingabe.....	21
6.6	Rückexport nach Import.....	21
6.6.1	Allgemeines.....	21
6.6.2	Eindeutige Schlüssel.....	21
6.6.3	Durchgehende Leitungen.....	22
6.7	Zusammenfassung.....	22
7	Kontrolle Bestandsdaten.....	23
8	Netzüberarbeitung.....	24

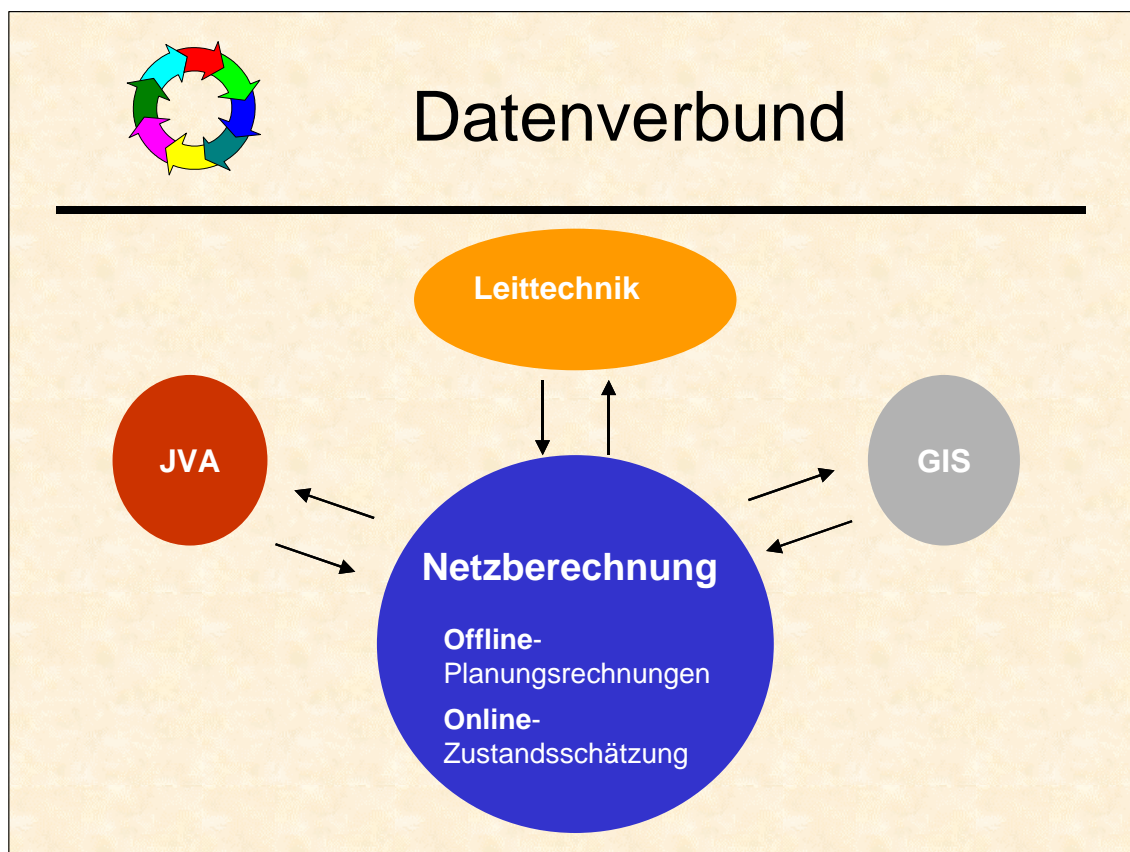
8.1	Strukturbereinigung.....	24
8.2	Rohrtypen.....	24
8.3	Höhen.....	24
9	Verbrauchsdaten/ Verbrauchszuordnung	25
9.1	Allgemein	25
9.2	Gleichmäßige Aufteilung auf alle Leitungen einer Straße	25
9.3	Aufteilung nach Hausnummerbereichen.....	25
9.4	Zuweisung nach Position	25
9.5	Zuordnung nach Knotennummern	26
9.6	Übernahme der Häuser und Hausanschlüsse aus Fremdsystemen	26
9.7	Aufbau der Zählwertdatei.....	26
9.7.1	Verbrauchsdaten aus einer Verbrauchsabrechnung – Auszug.....	26
9.7.2	Zählerdaten - Auszug	26
10	Bedarfsermittlung.....	27
10.1	Allgemeines	27
11	Netzmodelleichtung mit Vergleichsmessungen.....	29
11.1	Allgemeines	29
11.2	Messdaten	30
11.2.1	Wertarten	30
11.3	Geräte/Datenquellen	31
11.4	Export aus Prozessleitsystem	32
12	Lastfälle	33
12.1	Allgemeines	33
12.2	Brandfallberechnung	34
12.2.1	Allgemeines	34
12.2.2	Ergebnissauswertung	35
13	Darstellung der Berechnungsergebnisse	37
13.1	Auswertung der Netzdrücke - Beispiel	37
13.2	Auswertung Übergabeschächte - Beispiel	38
13.3	Auswertung Geschwindigkeitsverteilung im Netz - Beispiel.....	38
14	Erarbeitung optimaler Ausbaumaßnahmen (Planungsvarianten) mit optimaler Dimensionierung neuer Leitungen, Sanierung alter Leitungen - Konzeption – Netzneugestaltung.....	39
14.1	Allgemeines	39
	Welche Rohrmaterialien sind zukünftig einzusetzen?	39
	Wie sind Rohrnetze zukünftig zu gestalten?.....	39
	In welcher Reihenfolge soll die Rehabilitation erfolgen?	39
15	Analyse und Optimierung der Bewirtschaftung komplexer Wasserversorgungssysteme.....	40
15.1	Netzanalyse.....	40
16	Zusammenfassung	44
17	Ausblick	44
18	Literatur / verwendete Normen	45

1 Einführung

Heute werden neue Anforderungen bei der Planung von Wasserverteilungsanlagen gestellt. Neben der Umsetzung der europäischen Normung wird im Bereich der Wasserversorgung durch den DVGW die neue technische Regel „Wasserverteilungsanlagen“ (TRWV) als Arbeitsblatt W 400 erarbeitet. Das Arbeitsblatt Teil 1 „Planung“ fasst die Inhalte der DIN EN 805 „Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden“ zusammen und ergänzt und konkretisiert diese. Die bisherige Planungsregel W 403 wird damit ersetzt und fortgeschrieben. Dadurch ergeben sich bei der Definition von Begriffen, den Planungszielen, der Wasserqualität, der Leitungstrassierung, der Netzgestaltung, der hydraulischen Bemessung und der Auswahl und Anordnung von Anlagenteilen neue Anforderungen an die Planung von Wasserverteilungsanlagen. Die gegenwärtige Situation der Wasserverteilung ist vor allem in Ostdeutschland durch eine gewisse Überalterung der Netze, den enormen Rückgang im Wasserverbrauch und allgemeinen Kostendruck gekennzeichnet.

All dieser Aufgaben werden unter Nutzung moderner Rechenetzprogramme auf zeitgemäß ausgestatteten PC-Anlagen gelöst. Der Einsatz derartiger Rechenprogramme ist größtenteils unverzichtbar geworden bzw. dringend zu empfehlen und entspricht mittlerweile den Stand der Technik.

Folie: Netzberechnung im Datenverbund



2 Wichtige Objekte in der Netzberechnung

2.1 Knoten

Ein Knoten teilt das Netz in Leitungsabschnitte. Für die umliegenden Verbraucher ist er eine stellvertretende Entnahmestelle.

Ein Knoten muss/sollte an folgenden Stellen gesetzt werden:

- an einer Abzweigung
- bei einer Durchmesseränderung
- Anfang/ Ende einer Leitung
- bei einem Materialwechsel
- Baujahrwechsel
- Straßenwechsel

2.2 Leitungen (Stränge, Strecken, Kanten)

Eine Leitung wird durch einen Anfangs- und Endknoten begrenzt.

Für die Berechnung sind notwendig:

- Rohrlänge
- Innendurchmesser
- Rauigkeit entsprechend Angabe des Werkstoffes und des Baujahres
- Verlustfaktor (ζ)

2.3 Einspeisestellen

Eine Einspeisestelle ist eine zwingende Randbedingung für die Netzberechnung, welche einen Druck bzw. eine Menge für die Berechnung vorgibt. Die Versorgung der einzelnen Druckzonen kann erfolgen über:

2.3.1 Hochbehälter

- Gegenbehälter
Der Behälter ist einem Knoten zugeordnet und wird durch Grundfläche, Maximaler Füllstand und Ist-Füllstand beschrieben.
- Durchlaufbehälter
Ein Durchlaufbehälter wird beschrieben durch Einspeise- und einen Auslaufknoten, Grundfläche, Maximaler Füllstand, Ist-Füllstand,

2.3.2 Pumpen/Pumpenanlagen

Eine Pumpe liegt zwischen Anfangs- (Saug-) und Endknoten (Druckknoten) und wird mit dem Pumpentyp (Kennlinie, Drehzahl) und der Pumpenschaltung (an/aus) beschrieben.

Sie sind in der Regel in Druckerhöhungsanlagen integriert.

Art und Anzahl der Pumpen richten sich nach

- dem erforderlichen Förderstrom
- der Förderhöhe.

Die Pumpen sollten überwiegend im Bereich des besten Wirkungsgrads laufen.

Die Steuerung der Pumpen kann erfolgen:

- durchflussabhängig (Drehzahlregelung, Zu- Abschalten von gleichen oder unterschiedlichen Pumpen)
- druckabhängig
- zeitabhängig
- wasserstandsabhängig

2.3.3 Druckerhöhungsanlage bestehend aus Pumpen (Rückschlagklappen) und Regler

Eine Druckerhöhungsanlagen kann in folgenden Fällen erforderlich oder zweckmäßig sein:

- zwischen Gewinnungs- und Versorgungsgebiet ist Wasser über geodätische Höhenunterschiede zu heben.
- einzelne Druckzonen liegen besonders hoch.
- in der Druckleitung treten hohe Druckverluste auf.

2.3.4 Regler/ Druckminderer (Druck- und Volumenregler)

Druckminderer dienen der Begrenzung auf den höchsten Systembetriebsdruck. Dieser Druck wird durch den zulässigen Betriebsdruck bestimmt.

Bei Drücken über 8 bar sind Druckminderer in der Trinkwasserinstallation erforderlich.

Der Regler/Druckminderer liegt zwischen Anfangs- und Endknoten und wird mit Name, Solldruck bzw. Sollvolumen beschrieben.

Der Knoten an der Druckseite des Reglers wird von der Berechnung als Einspeiseknoten behandelt, da u.a. folgende Anforderungen gelten:

- gleichbleibender Ausgangsdruck bei wechselnden Durchflüssen und schwankenden Eingangsdrücken
- gutes Mindestdruckverhalten

2.3.5 Druckknoten

Einfachste Art der Randbedingung. Setzen einer konstanten Druck- bzw. Mengenvorgabe

2.4 Leitungseinbauten

- Schieber
- Ventile/Zonentrennschieber
- Hydranten
- Rückschlagklappen
- Lagekoordinaten/Knickpunkte (Bögen)

2.5 Verbrauchsdaten

Die Verbrauchswerte sind eine weitere Randbedingung für die Netzberechnung. Als Summe geben Sie die Last des Netzes an und werden durch Abnehmer (Sonder-, Großkunden) und HA-Zähler (Tarifkunden) mit deren speziellen Profilen definiert.

Abnehmer

Abnehmer enthalten die Verbrauchswerte, die einem bestimmten Knoten zugeordnet werden. Die in den Abnehmerdateien abgelegten Verbrauchswerte werden mit einem zeitveränderlichen "Profilmultiplikator" multipliziert, der in Abhängigkeit des Profilnamens definiert wird.

HA-Zähler

Zähler beinhalten Informationen aus der kommerziellen Verbrauchsabrechnung.

Die Übernahme der Verbrauchsdaten findet regelmäßig über eine Datei, welche aus dem Verbrauchsabrechnungssystem zur Verfügung gestellt wird, statt.

2.5.1 Einflussgrößen

	Direkter Einfluss, sofortige Wirkung		Indirekter Einfluss, langsame Wirkung
Äußerer Einfluss	Meteorologie	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur - Dauer von Trockenperioden 	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäude- und Gerätetechnik - Neubauten
Kundenverhalten Zusammensetzung Wasserverbraucher	Lebensweise, individuelles Verhalten (HA-Zähler)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagestyp - Jahreszeit - Ferienzeit - Ereignisse (Veranstaltungen usw.) - Spezielle Vorhersagen des Bedarfs 	<ul style="list-style-type: none"> - Neuanschlüsse - Wachstumsperiode - Abgänge - Preisentwicklung
	Produktionsweise (Abnehmer)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagestyp - Jahreszeit - Ferienzeit - Ereignisse (Veranstaltungen usw.) - Spezielle Vorhersagen des Bedarfs - auftragsabhängig 	<ul style="list-style-type: none"> - wirtschaftliche und technische Neuerungen - Vertragsänderungen - Preisentwicklung

3 Voraussetzungen an das Datenmodell

In einer Netzberechnung für Fluidnetze (Gas, Flüssigkeiten) aber auch bei Elektronetzen werden stets Potentialdifferenzen (Drücke oder Spannungen) entlang einer Strecke zwischen 2 Knoten berechnet. Die Differenz zwischen den beiden Potentialen am Anfangs- und Endknoten errechnet sich aus dem Widerstand und dem Fluss durch die Strecke: Oder die Potentialdifferenz kann entstehen, weil die Verbindung zwischen zwei Knoten unterbrochen wurde (Schalter aus oder Schieber zu).

Beispiele für allgemeine Strecken sind:

- Leitung
- Reduzierventile („Regler“)
- Kompressoren/Pumpen
- Zonentrennschieber
- Behälter
- Rückschlag-Klappen

An jedem Netzknoten, an dem 2 oder mehr Strecken aufeinander treffen, wird eine Massenbilanz gebildet, d.h. die Summe aller ankommenden und abgehenden Ströme ist gleich Null.

Aus dem Gesagten ergeben sich folgende Voraussetzungen an das Datenmodell

- Strecken müssen immer **mindestens** 2 Knoten haben (Anfangs- und Endknoten), auch z.B. Regler, Zonentrennschieber usw.
- Die Knotenbezeichnungen (Knotennamen) müssen eindeutig sein
- Falls sich der Widerstand einer Strecke ändert, weil sich das Material, der Durchmesser oder eine andere Eigenschaft ändert, die den Widerstand beeinflusst, dann muss die Strecke geteilt werden und es muss ein Knoten zwischen die beiden Strecken gesetzt werden.

Typische Beispiele von Fällen einer Datenmodellierung, die den Anforderungen der Netzberechnung zuwiderlaufen, sind:

- 2 Knoten gleichen Namens sitzen aufeinander
- Strecken treffen zwar sichtbar zusammen, aber zwischen den Koordinaten der Endpunkte gibt es kleine, für das menschliche Auge im Plan nicht sichtbare Differenzen.

In der Netzberechnung kann in solchen Strecken nichts fließen, da sie an einem toten Knoten enden !

- Ein Druckreduzierventil (oder ein Kompressor) ist als Knoten definiert und sitzt auf einer Strecke. In diesem Fall müssen die Strecke und das Reduzierventil in ein einziges Objekt zusammengefasst und an die Netzberechnung übergeben werden. Probleme können aber entstehen bei der Rückwärts-Abbildung von Ergebniswerten, z.B. der beiden unterschiedlichen Potentiale am Anfang und Ende des Druckreglers. Potentiale können aus physikalischen Gründen immer nur einem Punkt, d.h. einem Knoten zugeordnet sein.

4 Rohrnetzberechnung

4.1 Systemgleichungen

Systemgleichungen

Knoten	$\sum Q_i = 0$	Q_i	= Volumenstrom
Maschen	$\sum \Delta p = 0$	Δp	= Druckabfall

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

4.2 Reibungsgesetze

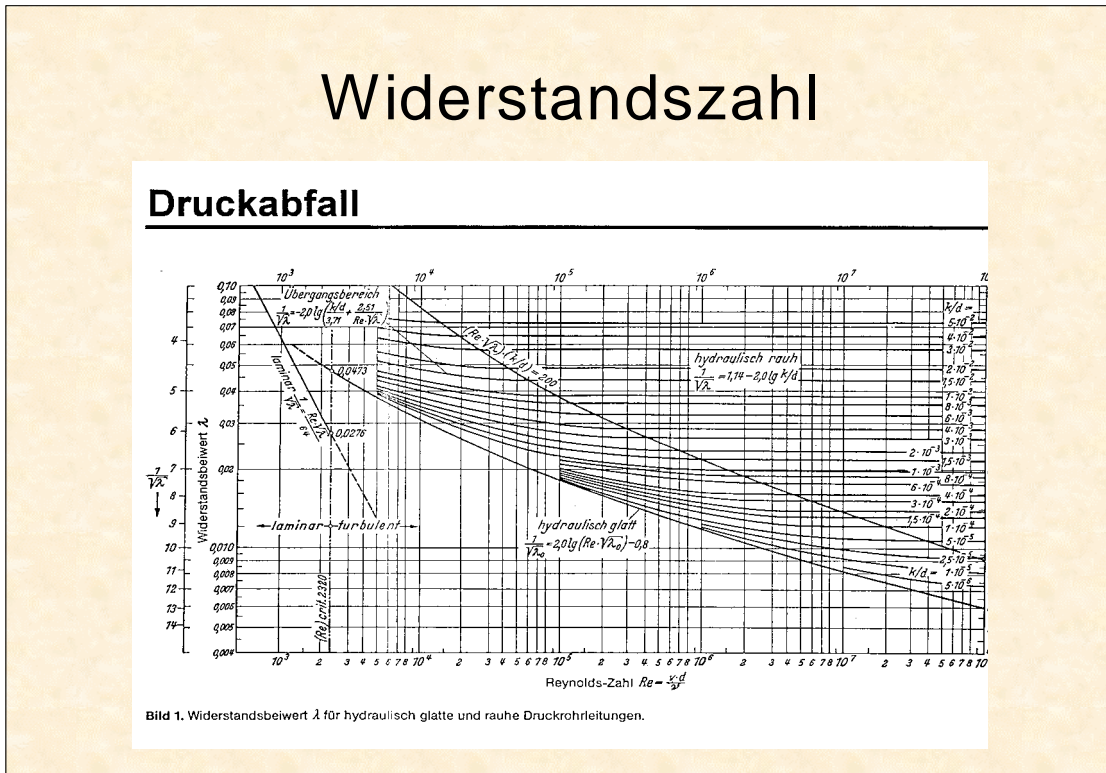
Reibungsgesetze

Widerstandszahl als Funktion der Reynoldszahl:

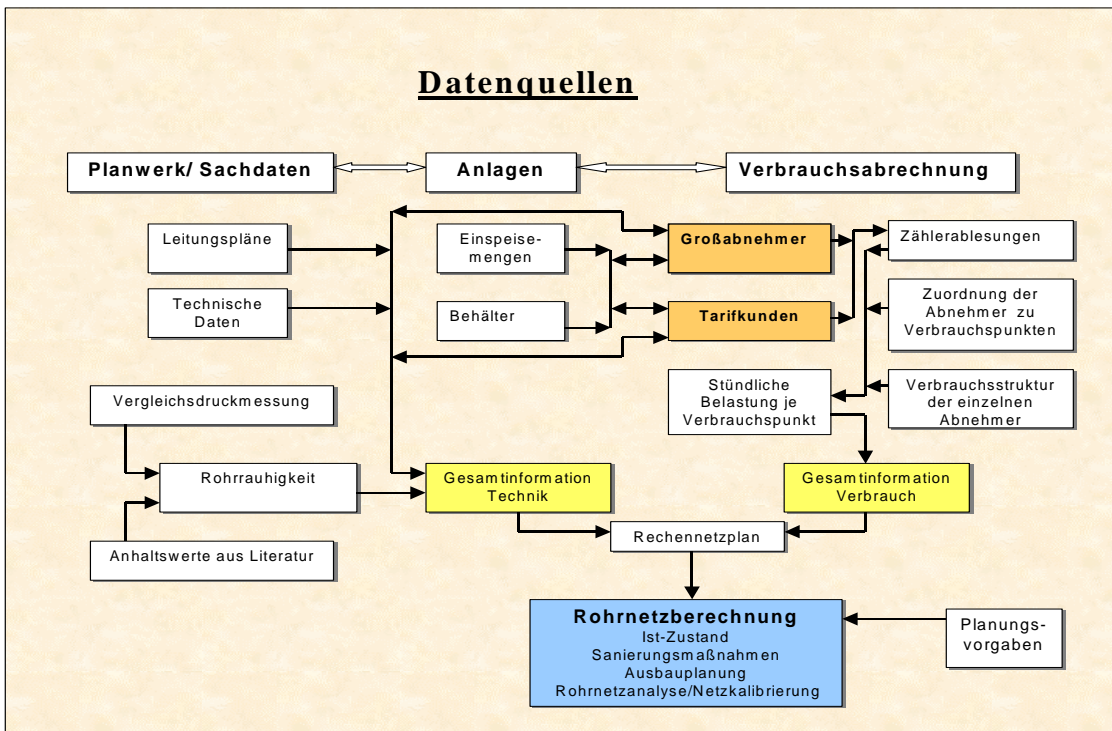
1. Prandtl-Colebrook (P-C) für „Übergangsbereich“
2. P-C mit Interpolation zwischen $Re = 2320$ und 4000
3. Nikuradse glatt („hydraulisch rauh“)
4. Nikuradse stetig (mit Knick)

nur Unterschiede beim Übergang laminar -> turbulent

4.3 Widerstandszahl



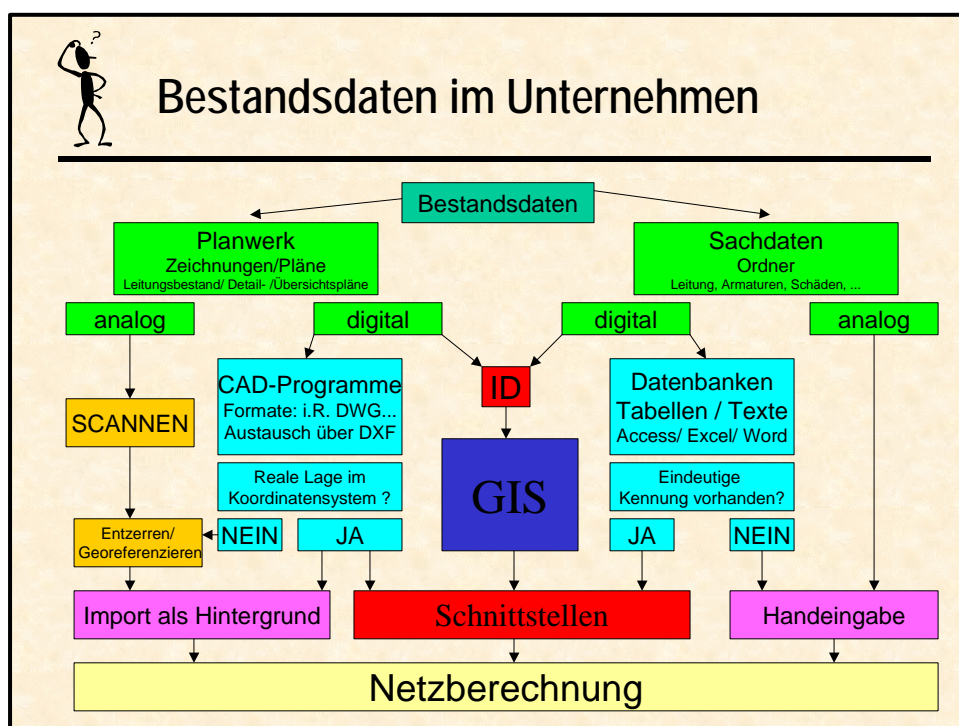
4.4 Schema - Datenquellen



5 Erstellung eines aktuellen kompletten Netzmodells

5.1 Datengrundlage

Die deutschen Versorgungsunternehmen (VU) führen heute zum großen Teil ihr Planwerk und zahlreiche sonstige Informationen digital in einem GIS. Kleinere Unternehmen dagegen haben teilweise digitale Daten (Excel-Tabellen, Word-Dokumente, DXF- Daten aus der Vermessung, DWG - Zeichnungen ...) und größtenteils analoge in Ordnern abgelegte Unterlagen (Bestandspläne, Übersichtspläne,...) zu ihren Versorgungsgebiet.



5.2 Rechenetzplan

Das Versorgungsunternehmen hat alle Unterlagen über die aktuelle Geometrie und Topologie der Wasserverteilungsanlagen zur Verfügung zu stellen, aus denen der Rohrnetzplan erarbeitet wird. Er ist die wesentliche Grundlage jeder Netzberechnung.

5.2.1 Schemaplan

Bei der Herstellung eines unmaßstäblichen Rechenetzplanes werden erhebliche Netzvereinfachungen vorgenommen. Nur größere Leitungsdurchmesser oder für die Versorgung unbedingt erforderliche Leitungen werden in die Berechnung einbezogen, d.h. kleinere Verteilungsleitungen von örtlicher Bedeutung werden weggelassen. Die Vorgabe der Leitungslänge ist zwingend notwendig. Bei der Teilung eines Stranges sind die Teillängen neu vorzugeben. Die Hausanschlüsse werden nicht berücksichtigt.

Der Vorteil ist, dass an jedem Strang bestimmte Berechnungsergebnisse angeschrieben werden können, was bei maßstäblichen Plänen bei zu kurzen Strängen nicht immer möglich ist.

Ein Netz mit 3000 bis 5000 Knoten wurde so stark vereinfacht, dass der Rechenetzplan nur noch 250 – 300 Knoten enthielt. Die Differenz der Sanierungskosten zwischen Schemaplan und

maßstäblichem Plan ergibt oft Unterschiede zwischen 50.000,00 bis 500.000,00 €, während der Aufwand für eine genaue Netzberechnung nicht oder nicht nennenswert über dem bisher üblichen Verfahren liegt. Bei digital und vollständigen vorliegenden Quelldaten kann die genaue Rohrnetzberechnung erheblich günstiger sein als die separate Erstellung eines vereinfachten Rechennetzplans mit der Ermittlung der wahren Längen etc..

→ heute nicht mehr Stand der Technik !

Einsatz evtl. für die Hausanschlussdimensionierung (praktisches Beispiel am PC).

5.2.2 Übersichtsplan (Lageähnlicher Rechennetzplan)

Ableitung der Netzdaten aus dem Übersichtsplan, Ergänzung der für die Berechnung notwendigen Daten: hydraulischer Leitungszustand, Verbrauchszuordnung über Schnittstellendefinition, maßgebliche Netzbelastungen, künftige Ausbaumaßnahmen u.a.m., meistens auf der Basis der Deutschen Grundkarte 1:5000, DGK5 mit Angabe von Zonen- und Versorgungsgrenzen sowie Lage der Einspeisestellen sowie Druckminderer- und Druckerhöhungsanlagen.

Der Rechennetzplan kann als Übersichtsplan zur schnellen Auskunft genutzt werden.

1. Der Rohrnetzbestand wird manuell mit Einbeziehung der hybriden Technik (Hintergrundeinblendung einer Rasterkarte) bzw. auf Basis Vektor- Hintergrundbilder in Straßenmitte bzw. Straße – links/ rechts digitalisiert.
2. Der Rohrnetzplan wird auf Basis gescannter Übersichtspläne mittels manueller Nachdigitalisierung am Bildschirm (Screendigitizing) erstellt.
Auszeichnungen an Knotenpunkten werden i.R. nicht berücksichtigt, dadurch wird die Knotenzahl gegenüber dem maßstäblichen Plan noch entsprechend gering gehalten.

→ Wird heute sehr häufig bei kleinen und mittleren Versorgungsunternehmen, welche kein GIS bzw. keine oder unvollständige digitalen Daten zur Verfügung haben, angewendet.

5.2.3 Maßstäblicher Plan

Die Leitungen werden unmittelbar aus dem digitalen Planwerk mittels Schnittstelle übernommen, wobei der maßstäbliche Rechennetzplan identisch mit dem Bestandsplan ist und alle dort vorhandenen Informationen enthält. So fließen die tatsächlichen Längen, Durchmesser u.a.m. aus dem Bestand in die Berechnung. Wird nach einer gewissen Zeit eine Neuberechnung des Netzes vorgenommen, werden vom System die Leitungen abgeglichen. Dadurch wird sichergestellt, dass nach Ergänzung bzw. Überarbeitung der Bestand aus dem GIS mit dem Rechennetzplan vollständig übereinstimmt.

Werden keine Längen vom GIS übergeben, werden diese vom eingesetzten Rechenprogramm unter Berücksichtigung der Höhenlage automatisch ermittelt.

Zur Orientierung kann im maßstäblichen Plan auch z. B. eine Liegenschaftskarte (Grundstücksgrenzen, Gebäude etc.) hinterlegt werden.

Es empfiehlt sich eine Kombination mit unmaßstäblichen Schaltbildern innerhalb von Stationen (Verschaltung) herzustellen.

5.3 Übernahme GIS - Daten

5.3.1 Allgemeines

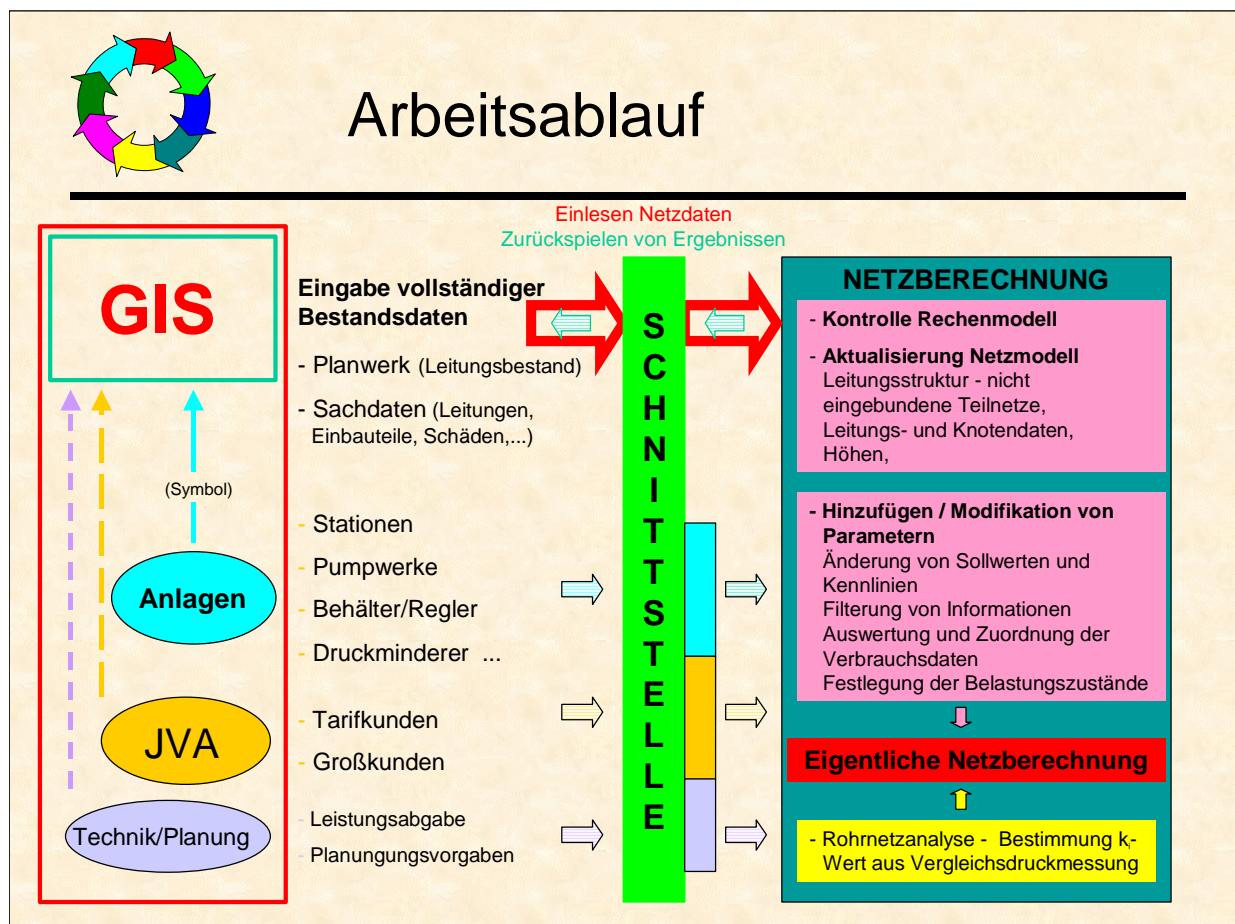
Da bei den Versorgungsunternehmen in zunehmendem Maße ein digitales Bestandsplanwerk geschaffen wird, sollten an ein modernes Netzberechnungsprogramm die Anforderungen gestellt werden, dass eine automatisierte Übernahme der Bestandsdaten in die Berechnung möglich ist. Der Auftraggeber stellte dem Auftragnehmer eine Textdatei mit alle zur hydraulischen Berechnung notwendigen Daten aus dem eingesetzten GIS zur Verfügung.

Mit der Definition einer Importschnittstelle innerhalb des Netzberechnungsprogramms werden die übergebenen Daten in das Rechenformat konvertiert

5.3.2 Generierung eines Knoten-Kanten-Modells

STANET[®] bietet beim Import die Möglichkeit, nahe beieinander liegende Leitungsenden in einem gemeinsamen Knoten zu fangen. Man muss aber eine feste Toleranz (z.B. 0,5 Meter) als Durchmesser eines Kreises angeben, innerhalb dessen die Leitungen gefangen werden. Dies kann bei parallel liegenden Leitungen zu Fehlzuordnungen führen, die von Hand wieder zu beheben sind, aber schwer zu finden sind.

5.3.3 Arbeitsablauf



5.3.4 Bestandsdaten aus einem GIS – Auszug Textdatei

GEB;3602206.30000;5783484.90000;;10329; Kastanienweg;37;
GEB;3602206.60000;5783517.80000;;10329; Kastanienweg;39;
GEB;3601859.00000;5783603.80000;;10329;Kastanienweg;5;

W_LEI;12080000000000376215;K000000001;K000000002;VW;PE;32;;;10329;Allee;
W_LEI;12080000000000373655;K000000003;K000000002;VW;PA;32;;;10329;Musterweg;
W_LEI;12080000000000372503;K000000004;K000000005;VW;GG;100;;;4329;Baumstr.;

W_KNI;1;12080000000000373655;3602211.67156;5783755.52339;
W_KNI;2;12080000000000373655;3602211.19129;5783748.73329;
W_KNI;3;12080000000000373655;3602210.44657;5783710.13361;

W_SCH;12080000000000372503;3601755.89874;5783614.52401;
W_SCH;12080000000000374574;3601591.14528;5783772.42136;
W_SCH;L000000011;3601500.19042;5783768.99230;

W_HYD;12080000000000372503;3601745.62959;5783543.95223;
W_HYD;12080000000000374574;3601591.48507;5783771.64224;
W_HYD;L000000017;3601714.43578;5783627.15090;

W_KNO;K000001604;3599965.05653;5785707.16774;
W_KNO;K000001603;3599930.04373;5785696.68051;
W_KNO;K000001602;3599927.26979;5785708.71401;

6 Schnittstellen

6.1 Einleitung

Im folgenden Beitrag wird die Datenkopplung zwischen grafischen Informationssystemen (GIS) und Programmsystemen zur Rohrnetzberechnung untersucht. Am Beispiel des Programmsystems STANET[®] werden die unterschiedlichen Aufgabenstellungen des Daten-Imports und -Exports und Erfahrungen beim Datenaustausch mit GIS- Systemen geschildert.

6.2 Aufgabenstellung

Die Datenkopplung zwischen grafischen Informationssystemen (GIS) und Programmsystemen zur Rohrnetzberechnung (RNB) ist eine vergleichsweise neue Aufgabenstellung, die erst im letzten Jahrzehnt mit der großen Verbreitung der GIS- Systeme in der Versorgungswirtschaft entstand.

Für eine Datenkopplung zwischen GIS und RNB sprechen vor allem 2 Gründe:

- Die Wirtschaftlichkeit: Die doppelte Eingabe von Netzdaten im GIS- System und getrennt davon für die Rohrnetzberechnung ist deutlich aufwendiger.
- Die Datenkonsistenz: Bei getrennter Dateneingabe können Abweichungen entstehen, die nur schwer zu finden und zu beheben sind.

6.2.1 Arbeitsablauf

Der typische Arbeitsablauf besteht aus folgenden Arbeitsschritten:

- Eingabe eines vollständigen Netzes im GIS- System
- Einlesen der Netzdaten aus dem GIS- System nach STANET[®]
- Hinzufügen oder auch Modifikation von Parametern innerhalb STANET[®] , z.B. Änderung von Sollwerten und Pumpenkennlinien oder auch Topologieänderungen (!)
- Durchführung der eigentlichen Netzberechnung, d.h. Lösung der Netzgleichungen
- Optional: Zurückspielen von Rechenergebnissen in das GIS- System

Die Aufgabenstellung einer Datenkopplung erscheint auf den ersten Blick klar und einfach zu sein. In der praktischen Umsetzung entstehen jedoch vielfältige Fragen, die sorgfältig abgewogen werden und beantwortet werden müssen.

6.2.2 Wo sollen die Daten geführt werden - Datensynchronisation ?

Die Antwort lautet fast immer: **Im GIS**, da dort der umfangreichere Datenbestand geführt wird. In seltenen Fällen wird das RNB- Programm aber auch als GIS- Ersatz genutzt, z.B. wenn noch kein GIS im Unternehmen existiert.

Falls Netze zwischen einem GIS- System und dem RNB transferiert werden, kann im allgemeinen Fall in beiden Systemen eine Datenpflege durchgeführt werden, d.h. es werden neue Elemente eingegeben oder bestehende gelöscht. Die Gründe sind: Im GIS werden üblicherweise die Bestandsdaten zeitverzögert (bis zu einem Jahr) eingegeben; Planungen in der RNB sollten aber auf aktuellen Daten basieren.

Achtung: Bei Rücktransfer von Ergebnisdaten kann es deshalb vorkommen, dass ein Element im GIS- System noch nicht existiert, da es in STANET[®] neu definiert wurde !

Es muss festgelegt werden, ob und wo eine Datenmodifikation erlaubt ist bzw. ob und ggf. wie eine Synchronisation der Datenmodelle erfolgt.

6.2.3 Wo werden die Konfigurationsdateien gepflegt ?

Pflege und Transfer der sogenannten Konfigurationsdateien, d.h. der allgemeinen netzübergreifenden Dateien, wie

Rohrtypen
Netzvarianten („Projekte“)
Kompressor-/Pumpen-Typen
Ganglinien („Verbrauchsprofile“)

Problematik: Wird beispielsweise eine Rohrtyptabelle auch im GIS- System gepflegt ?
Soll sie bei Netztransfer übertragen immer oder nur bei Bedarf übertragen werden ?

6.2.4 Welche Daten sollen aus dem GIS übertragen werden ?

Das Minimum, um eine Berechnung durchführen zu können, besteht aus den Rohrleitungen mit den Eigenschaften (den „Attributen“) **Rohrlänge** und **Innendurchmesser**. Wichtig für die grafische Darstellung sind auch die Koordinaten des Leitungsverlaufs, d.h. die **Lagekoordinaten** der beiden Endpunkte einer Leitung und am besten auch der Knickpunkte im Verlauf einer Leitung. Meist kann man einen **Rohrtyp** bzw. Nennweite und Material aus dem GIS übernehmen. Aus dem Rohrtyp kann man maschinell die Attribute **Material** und **Innendurchmesser** ableiten. Von Vorteil ist auch das **Baujahr** und die **Druckstufe**, falls vorhanden.

6.2.5 Wie oft sollen die Bestandsdaten aus dem GIS übernommen werden ?

Wenn sich das Rohrnetz in Laufe der Zeit ändert, z.B. durch Stilllegung oder Neuverlegung von Leitungen, müssen diese Änderungen irgendwann auch bei der Berechnung berücksichtigt werden, wenn man realistische Rechenergebnisse erwarten will. Dann muss entweder ein neue Übernahme des gesamten Bestandes durchgeführt werden oder die Änderungen müssen überspielt werden.

6.2.6 Sollen alle Bestandsdaten oder die Änderungen übernommen werden ?

Falls alles neu überspielt wird, müssen evtl. viele Daten, die im GIS fehlen, von Hand oder per Programm nachgetragen werden. Dies können z.B. die Sollwerte von Druckreglern im ND-Netz sein oder die Rohrrauhigkeiten in den Leitungen. Alternativ kann man alle in der Rohrnetzberechnung benötigten Daten auch im GIS führen.

Wenn nur Änderungen übernommen werden, wird man in der Rohrnetzberechnung am besten auf dem Stand nach der letzten Übernahme aufsetzen. Es darf nicht zugelassen werden, dass die Änderungen schon in der Netzberechnung vorab von Hand eingegeben wurden. Dann wären die neuen Leitungen nach dem Import doppelt vorhanden.

6.2.7 Sollen kurze GIS- Leitungsabschnitte zusammengefasst werden ?

Leitungsabschnitte sind im GIS oft sehr kurz. Wenn sich die für die Rohrnetzberechnung wichtigen Attribute wie Innendurchmesser, Material, evtl. auch Baujahr nicht ändern, dann können diese Leitungsabschnitte in STANET[®] zu einer einzigen Leitung zusammengefasst werden. Dabei ist die Angabe von Toleranz-Parametern wie maximale Länge und/oder Winkel möglich.

6.2.8 Sollen Rechenergebnisse ins GIS zurückübertragen werden ?

Dies ist in der Regel nicht sinnvoll. Wenn es gefordert ist, dann müssen 2 Bedingungen erfüllt sein:

- Im GIS muss jedes Netzelement aus der Netzberechnung ein Ebenbild finden
- Die Benennung der Elemente in beiden Systemen muss übereinstimmen (eindeutiger Schlüssel)

Dies stellt sehr hohe Anforderungen an die Datenkonsistenz. Es muss gesichert sein, dass temporäre Änderungen im Netzmodell zur Berechnung von Netz-Alternativen (Varianten) **nicht** ins GIS zurückgespielt werden.

6.2.9 Erfüllt das Datenmodell des GIS Mindestvoraussetzungen der RNB ?

Knoten-Kanten-Modell: Für die Visualisierung der Leitungen im GIS ist es ausreichend, wenn sich die einzelnen zusammenhängenden Leitungsabschnitte an ihren Enden so nahe kommen, dass das Auge des Betrachters sie als eine durchgehende Leitung erfasst. Die Rohrnetzberechnung verlangt dagegen zwingend, dass der Leitungszusammenhang auch durch interne Verknüpfung hergestellt ist. Die Leitungen müssen an „Knoten“ zusammenhängen. Die Netzberechnung erfordert dieses Knoten-Kanten-Modell, das im GIS nicht zwingend benötigt wird und aus diesem Grund, insbesondere bei älteren GIS- Systemen, nicht vorhanden ist (z.B. GRADIS 2000).

6.3 Import-Export-Schnittstellen

6.3.1 STANET- Schnittstellen

Für einen Datentransfer von und nach STANET gibt es folgende Möglichkeiten :

- ASCII-Textdateien
- Objekt-Import aus DXF- Dateien (DXFOBIM)
- ODBC- Zugriff
- spezielle externe Importmoduln (ArcView, Geograt, GRIPS, IBM-GTIS, Ingrada, Küest-Grewer NETZ, Magellan, Mapinfo, Pegasus/Optiplan, PolyGIS, AutoGIS, AutoCAD, AutoCAD MAP, ROKA, SICAD-SQD, SIEMENS-Sincal, Smallworld)
- integrierte Importmoduln für dBase, ArcView, Mapinfo

Für einen ersten Test ist ein Datenaustausch über ASCII-Textdateien oder aus einer DXF- Datei am einfachsten. Eine Textdatei hat den großen Vorteil, dass sie "menschlesbar" ist. Damit können mögliche Fehler sehr viel leichter erkannt werden. Ein Nachteil ist, dass viele GIS- Systeme nicht in der Lage sind, die Lagekoordinaten als Texte auszugeben.

In diesem Fall kann man versuchen, eine DXF- Datei zu erzeugen. Falls das auch nicht möglich ist, weil ein DXF- Exportmodul im Fremdsystem nicht verfügbar ist, existieren für STANET in einigen Fällen (siehe oben) spezielle Importmodule.

6.3.1.1 DXF- Import

In DXF- Dateien ist in der Regel nur die Lageinformation der Leitungen enthalten. Es fehlt in vielen Fällen eine eindeutige Kennzeichnung des Rohrtyps (Nenndurchmesser, Material). Falls der Rohrtyp als Text an einer Leitung steht, kann man zwar diesen Text automatisch der importierten Leitung zuordnen. Hier ist aber mit Fehlern zu rechnen. In vielen Fällen, z.B. bei kurzen Leitungen ohne Text, muss der Rohrtyp entweder aus benachbarten Leitungen automatisch interpoliert werden oder aber nachträglich von Hand eingegeben werden.

Der DXF- Import ist als externes Schnittstellenprogramm implementiert, das zunächst eine Textdatei erstellt, die dann von STANET importiert werden kann. Der DXF- Import sollte nur dann angewendet werden, wenn alle anderen Möglichkeiten versagen oder kurzfristig nicht verfügbar sind, da in den meisten Fällen zuviel Nacharbeit erforderlich ist. Falls beim Digitalisieren jedoch genügend Ebenen (AutoCAD-Layer) eingeführt wurden, anhand derer die Rohrtypen eindeutig unterschieden werden können, werden mit dem DXF- Import brauchbare Ergebnisse erzielt.

6.3.1.2 ODBC- Import

ODBC ist eine Programmschnittstelle, die ursprünglich von Microsoft entwickelt wurde, heute aber als Industriestandard für den Zugriff auf Datenbanken akzeptiert und verbreitet ist.

In STANET existiert ein Dialogsystem, mit dem ein ODBC- Zugriff auf die Standard-Datenbank eines Fremdsystems (z.B. MS- Access oder Paradox) mit wenigen Mausklicks definiert werden kann. Dazu müssen jeweils die STANET- Datenfelder (z.B. Rohrlänge, Durchmesser) und die fremden Datenfelder ausgewählt werden.

Der ODBC- Datenzugriff hat Vorteile:

- Es werden Feldnamen in beiden Systemen verknüpft (eindeutig und leicht zuzuordnen)
- Für alle marktgängigen Datenbanksysteme stehen fertige Treiber zur Verfügung

Aber die Nachteile des Verfahrens sind auch sehr deutlich:

- Für die ODBC- Treiber müssen bei Aufrüstung/Umrüstung Updates beschafft und neu installiert werden
- Die Treiber sind teilweise fehlerhaft
- Die Treiber produzieren häufig nicht einfach interpretierbare Fehlermeldungen
- Die Treiber sind teilweise extrem langsam

6.3.1.3 ASCII-Text-Schnittstelle

Der Datenaustausch über Textdateien ist nach allen Erfahrungen der sicherste, schnellste und kostengünstigste Weg, Daten gelegentlich zwischen heterogenen Systemen auszutauschen. Selbst beim Industriestandard ODBC ergeben sich bei jedem Update der Datenbank oder des Betriebssystems neue Aufwendungen für Installation und ggf. Anpassungen. Die Vorteile des Datenaustauschs zwischen 2 Systemen über Textdateien sind:

- Textdateien sind menschlesbar und deshalb leicht interpretierbar.
- Testbarkeit: Die Dateien können ohne direkte Kopplung vorab z.B. per Email ausgetauscht und getestet werden.
- Der Dateiinhalt kann auch im späteren Betrieb von Dritten einfach überprüft werden
- Die Wartung der beiden „Software-Welten“ kann unabhängig voneinander erfolgen.
- Rückwirkungsfreier Zugriff (wenn ein Fehler auftritt, ist nur die Textdatei des Verursachers und nicht die Funktionsfähigkeit des gesamten Datenverbundes betroffen)
- Geringe Investitionen in neue Software-Moduln beim Zugriff auf andere Systeme (Wiederverwendbarkeit)

6.4 Beispiel Textimport

6.4.1 STANET- Textformate

Im ersten Arbeits-Schritt sollte zunächst versucht werden, nur Leitungsdaten und, falls vorhanden, die zugehörigen Knotendaten aus dem Fremdsystem in eine Textdatei zu schreiben. Diese Textdatei kann zum Beispiel folgendermaßen aussehen:

Beispiel 1 einer Textdatei ("Unsortierte Einzelobjekte mit Kennungen")

```
    Knotenname  x      y      Höhe
KNO; K1001; 3538000; 5684000; 123.000000
KNO; K1002; 3538010; 5684010; 125.000000
KNO; K1003; 3538040; 5684025; 128.000000
KNO; K1004; 3538200; 5684060; 132.000000
```

```
    Anfang  Ende  Länge  Durchmesser  Rohrtyp
LEI; K1001; K1002; 300.000000; 136.19999; 150 PVC 16
LEI; K1002; K1003; 300.000000; 136.19999; 150 PVC 16
LEI; K1003; K1004; 300.000000; 136.19999; 150 PVC 16
```

Beispiel 2 einer Textdatei ("Tabellen nach Kennungszeile")

```
/KNO
K1001; 3538000; 5684000; 123.000000
K1002; 3538010; 5684010; 125.000000
K1003; 3538040; 5684025; 128.000000
K1004; 3538200; 5684060; 132.000000
/LEI
K1001; K1002; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
K1002; K1003; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
K1003; K1004; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
```

Beispiel 3 einer Textdatei ("Tabellen mit fester Trennzeile")

```
K1001; 3538000; 5684000; 123.000000
K1002; 3538010; 5684010; 125.000000
K1003; 3538040; 5684025; 128.000000
K1004; 3538200; 5684060; 132.000000
99999
K1001; K1002; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
K1002; K1003; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
K1003; K1004; 300.000000; 136.199; 150 PVC 16
```

Hinweise zu den 3 Beispielen:

- Beispiel 1 enthält die empfohlene Dateistruktur, da die Zeilen eindeutig zugeordnet werden können. Beliebige Zwischenzeilen ohne Kennung am Zeilenbeginn werden einfach weggelassen.
- Die einzelnen Blöcke sollten in einer einzigen Datei zusammengefasst werden.
- Im Beispiel 3 ist es wesentlich, dass die Reihenfolge der Blöcke fest ist.
- Wenn keine Knoten vorhanden sind, müssen die Anfangs- und die Endkoordinaten der Leitungsstrecken ausgegeben werden
- Die einzelnen Sätze können sich über mehr als eine Zeile erstrecken. Die Anzahl der Zeilen muss in diesem Fall immer gleich sein und bei der Import-Definition in STANET angegeben werden. Es sei denn, jeder Wert in einer Zeile ist mit einer eindeutigen Kennungen versehen.

6.4.2 Import-Definition / Import

Im einem weiteren Arbeits-Schritt werden alle für den Import notwendigen Angaben am praktischen Beispiel erläutert !

6.5 Import von weiteren Netzelementen

6.5.1 Import von Zweipolen

Zusätzlich zum aus den Leitungen bestehenden Grundgerüst eines Netzes können weitere spezielle Netzelemente eingelesen werden, wie z.B. Druckminderventile (in STANET „Regler“ genannt) oder Kompressoren, allgemein als Zweipole bezeichnet, da sie zwischen 2 Knoten liegen.

Hier tritt eine weitere Schwierigkeit auf. In GIS- Systemen werden diese Objekte oft nur an einem einzigen Punkt mit einem entsprechenden Symbol gezeichnet. Für die Berechnung sind diese Objekte jedoch keine Einzel-Knoten, sondern liegen zwischen 2 Knoten. Der Grund wurde bereits erläutert: Am Anfangsknoten und Endknoten dieser Objekte herrschen unterschiedliche Drücke, die in getrennten Knoten-Sätzen abgelegt werden müssen.

Falls diese Elemente im Fremdsystem ebenfalls zwischen 2 Knoten angeordnet werden können, werden die Objekte genauso wie Leitungen eingelesen. Falls dies nicht der Fall ist, gibt es prinzipiell 3 Möglichkeiten:

- Die Elemente werden nachträglich in STANET von Hand eingegeben
- Die Objekte werden im GIS- System umdefiniert, sodass sie zwischen 2 Knoten liegen
- Die Objekte werden in STANET zunächst als Sonder-Knoten mit einer speziellen Kennung im STANET- Feld "TYP" eingelesen und dann nachträglich in STANET behandelt. Diese Lösung ist jedoch schwierig, da man unbedingt die Richtung des Objektes (Orientierung) übergeben muss.

6.5.2 Import von Knickpunkten, Schiebern und Hydranten

Knickpunkte im Verlauf einer Leitung werden in STANET in einem getrennten Objekt mit folgenden Feldern abgelegt:

- Anfangsknotenname der zugehörigen Leitung
- Endknotenname der zugehörigen Leitung
- laufende Nummer des Knickpunktes auf einer Leitung beginnend mit 1 vom Anfangsknoten aus gezählt
- laufende Parallel-Nummer der Leitung
- Die Parallel-Nummer einer Leitung ist im Normalfall = Null. Die erste zusätzliche Parallel-Leitung erhöht die Parallel-Nummer auf 1 usw.

Mit den ersten drei genannten Angaben kann man eine Leitung eindeutig beschreiben.

Eine bessere Möglichkeit besteht darin, die Knickpunkte einer bestimmten Leitung mit Hilfe eines eindeutigen Leitungs-Schlüssels zuzuordnen. Die richtige Reihenfolge der Knickpunkte innerhalb einer Leitung ist auch in diesem Fall wichtig, da die Leitung als fortlaufendes Polygon vom Anfangsknoten zum Endknoten gezeichnet wird.

Beispiel 4 mit Knickpunkten ("Unsortierte Einzelobjekte mit Kennungen")

	Knotenname	x	y	Höhe
KNO;	K1001;	3538000;	5684000;	123.000000
KNO;	K1002;	3538010;	5684010;	125.000000
KNO;	K1003;	3538040;	5684025;	128.000000
KNO;	K1004;	3538200;	5684060;	132.000000

	Anfang	Ende	Länge	Durchmesser	Rohrtyp	ID
LEI;	K1001;	K1002;	300.00000;	136.19999;	150 PVC 16;	L00001
LEI;	K1002;	K1003;	300.00000;	136.19999;	150 PVC 16;	L00002
LEI;	K1003;	K1004;	300.00000;	136.19999;	150 PVC 16;	L00003

	x	y	ID
KNI;	3538002;	5684001;	L00001
KNI;	3538003;	5684004;	L00001
KNI;	3538010;	5684030;	L00002
KNI;	3538020;	5684042;	L00002
KNI;	3538030;	5684056;	L00002
KNI;	3538100;	5684456;	L00003

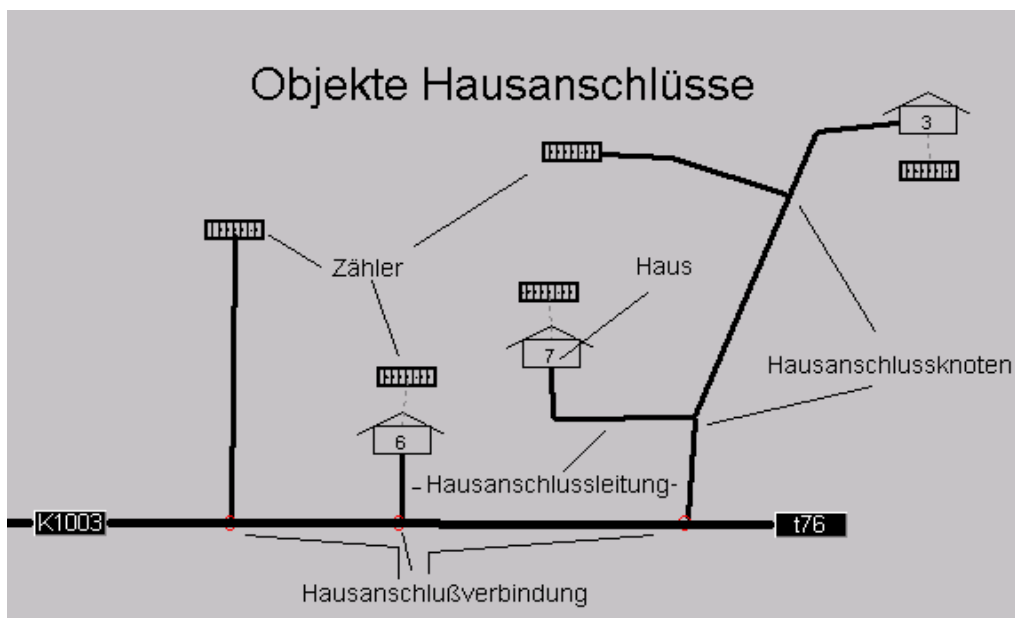
Der eindeutige Leitungsschlüssel wird im Leitungsfeld STANETID abgelegt. Beim Knickpunkt wird dieser Leitungsschlüssel im Feld "Verbindung 1" (interner Feldname CLIENTID) abgelegt.

Bei Schiebern, Hydranten und HA-Verbindungen (das sind die speziellen Knoten, die Hausanschlussleitungen und Versorgungsleitungen in der Straße verbinden) wird genauso verfahren. Beide Objekte haben auch das Feld "Verbindung 1", in das der Leitungsschlüssel eingetragen wird. Nach dem Import muss man das erzeugte Netz in STANET reorganisieren mit der Funktion "Datei->Netzmanager", Schaltfläche "Reorganisieren", um eine interne Verzeigerung über die Satznummer der Leitung herzustellen, da der Bildaufbau aus Geschwindigkeitsgründen über diese Satznummer arbeitet.

6.5.3 Import von Hausanschlussleitungen

Bei Hausanschluss-Leitungen müssen (im Gegensatz zu den vorgenannten Objekten) 2 Schlüssel definiert werden. In der Hausanschlussleitung muss das Feld "Verbindung 1" mit der STANETID des Objektes "HA-Verbindung" belegt werden, das Feld "Verbindung 2" mit der STANETID des Objektes "Zähler", falls die Zähler schon bekannt bzw. definiert sind, oder an das Objekt "Haus" (= Hauseinführung), falls die Zähler zunächst nicht im GIS- System vorhanden sind und erst zu einem späteren Zeitpunkt in STANET nachträglich eingelesen werden.

Nach dem Abschluss des Imports muss das Netz reorganisiert werden.



6.5.4 Höheneingabe

Für die Rohrnetzberechnung in bergigen Gebieten ist die Kenntnis der Höhenlage erforderlich. Die Erfassung der Geländehöhen kann mit STANET auf verschiedene Weisen erfolgen:

- Eingabe der Knotenhöhen von Hand
- Interpolation aus vorgegebenen Höhenpunkten beliebiger Lage

Günstig und einfach ist die Eingabe von Höhen aus einem digitalen Geländemodell. Von den Landesvermessungsämtern werden Höhen in einem quadratischen Gitter von 40 oder 50 Meter Seitenlänge auf Datenträgern als Textdateien gegen Entgelt dafür zur Verfügung gestellt.

6.6 Rückexport nach Import

6.6.1 Allgemeines

Hauptproblem bei der Rückübertragung nach Import ist die Behandlung von zwischenzeitlichen Änderungen in STANET. Dabei sind zu unterscheiden:

- Topologieänderungen
- Parameteränderungen und Ergebniswerte bei unveränderter Topologie

Topologieänderungen erfordern die Neukonstruktion von Elementen im Fremdsystem. Diese werden in der Regel ausgeschlossen, da bei Neudefinition von Elementen unter Umständen Pflichtparameter erforderlich sind oder Topologieregeln eingehalten werden müssen, die nur im Fremdsystem definiert sind.

Parameteränderungen und Ergebniswerte können leicht übertragen werden. Voraussetzung ist, dass alle Elemente über eindeutige Schlüssel identifiziert werden können und dass diese Schlüssel beim Import an STANET übergeben wurden. Bei ODBC kann der Export von STANET aus direkt auf die fremden Tabellen schreibend zugreifen. Beim Textexport aus STANET muss das Fremdsystem die Daten selbst einlesen, die richtigen Sätze in den eigenen Tabellen finden und die Werte eintragen.

6.6.2 Eindeutige Schlüssel

Zu prüfen ist, ob beim Fremdsystem eindeutige Schlüssel vorliegen.

Wichtig: In manchen Systemen gibt es die Eindeutigkeit nur innerhalb eines Objektes (Leitung, Knoten) wie z.B. bei GeoWater von MicroStation. Bei vielen anderen Systemen (Smallworld, Geograt) ist der Schlüssel wie bei STANET für **alle** Elemente eines Netzes eindeutig.

Sofern der Schlüssel netzweit eindeutig ist, kann er beim Import direkt in das Feld STANETID übernommen werden.

Wenn der Schlüssel nicht netzweit eindeutig ist, muss bei der STANET- Importdefinition ein Prefix angegeben werden. Dieses Prefix muss für jedes Element (Knoten, Leitung, Schieber usw.) anders lauten. Der fremde Schlüssel muss beim Import in das Feld OTHERKEY eingelesen werden, sofern ein Rückexport vorgesehen ist, damit das fremde Element mit dem fremden (reduzierten) Schlüssel wieder gefunden werden kann.

6.6.3 Durchgehende Leitungen

Die Netzberechnung ermittelt im allgemeinen Durchflüsse, die nur zwischen 2 Knotenpunkten konstant sind. Sobald an einem Knoten eine dritte Leitung auftritt, sind an allen 3 ankommenden Leitungsabschnitten die Durchflüsse verschieden. Das hat zur Folge, dass in der Netzberechnung auch 3 Leitungen definiert sein müssen.

Vor allem bei Zeichnungen aus CAD-Systemen gibt es oft Leitungen, die an einem Knotenpunkt, an denen eine weitere Leitung abgeht, weiter vorbeilaufen. In diesem Fall **muss** nach dem Vorgesagten beim Import nach STANET die weiterlaufende Leitung aufgetrennt werden. Diese Möglichkeit ist im Programm DXFOBIM für DXF- Import enthalten.

Das führt aber zu Problemen beim Rückimport, wenn im GIS- System Rechenergebnisse wie Durchfluss und Geschwindigkeit der Leitungen ausgegeben werden sollen. Es gibt dann eine Leitung mit mehreren Rechenergebnissen. In diesem Fall bleiben nur 2 Möglichkeiten:

- a) Die Ergebnisse der Leitungen werden im GIS- System nicht dargestellt
- b) Die Leitung wird im GIS- System in mehrere Abschnitte aufgeteilt, die den STANET- Leitungen entsprechen

6.7 Zusammenfassung

Alle geschilderten Verfahren des Datentransfers haben wesentliche Vor- und Nachteile. Insbesondere ist der Wartungsaufwand zu sehen. Es ist zu prüfen, ob die Vorteile einer engen Ankopplung die Nachteile des ständigen Wartungsaufwandes aufwiegen.

Die Funktionen der Rohrnetzberechnung sind ständigem Wandel unterworfen. Neue Aufgaben der Optimierung und Lastverteilung erfordern laufend die Implementierung neuer, aufwendiger Verfahren, die auch Konsequenzen für das Datenmodell der Rohrnetzberechnung haben. Es ist auch der Fall zu berücksichtigen, dass man eines der beiden Systeme austauschen möchte. Insofern hat auch eine lose anpassungsfähige Kopplung beträchtliche Vorteile.

Weiterhin ist die Häufigkeit der Datenübertragung zu überdenken. Es ist nicht erforderlich, jede kleine Änderung des Datenmodells laufend in die Rohrnetzberechnung zu übertragen. Umgekehrt sind viele Planungsvarianten der Netzberechnung für das GIS- System bedeutungslos.

Eine Implementierung der Kopplung kann auch stufenweise erfolgen. Zunächst wird eine einfache Textdatei benutzt; am Ende kann eine vollständige Integration der Netzberechnung in das GIS stehen.

Ein Test mit Hilfe spaltenorientierten Textimportes kann schon in der Entwurfsphase Unzulänglichkeiten des GIS- Datenmodells schnell aufdecken.

7 Kontrolle Bestandsdaten

Nach dem Import der GIS- Daten muss eine Kontrolle in folgenden Schritten durchgeführt werden:

- Teilnetzprüfung
- Leitungen mit Durchmesser und Länge gleich "Null"
- Isolierte Knoten im Netz
- Objektprüfung (Schieber, Hydranten, andere)

Mit der Teilnetzprüfung wird festgestellt, ob das Netz in sich geschlossen ist, um nach Vergabe der Randbedingungen eine Berechnung durchführen zu können.

Ein Fehlerbericht gibt Aufschluss über die festgestellten Mängel, so z.B.:

- aufeinanderliegende Knoten
- nicht verknüpfte Leitungen
- Anzahl der Teilnetze

8 Netzüberarbeitung

8.1 Strukturbereinigung

Um ein homogenes Netzmodell herzustellen, müssen alle Teilnetze entfernt bzw. eingebunden/korrigiert werden. Alle weitere erkannte Fehler, wie z.B.: Nennweite Null, werden abgestellt.

8.2 Rohrtypen

Bei einigen Rohrwerkstoffen (vor allem bei Stahl- und Kunststoffrohren) ist der Innendurchmesser nicht mit der DN – Angabe identisch. Es ist daher ratsam, eine Tabelle zu hinterlegen, die für die einzelnen Rohrmaterialien und für die betreffenden DN – Werte den jeweiligen Innendurchmesser enthält, damit dieser bei der Rohrnetzberechnung verwendet werden kann. Bei einigen Versorgungsunternehmen wurden bzw. werden Rohre verwendet, die nicht nach deutschen Normen gefertigt wurden. In diesen Fällen ist ein spezieller Rohrtyp zu verwenden. In den vorhandenen Unterlagen werden in der Regel Material und Nennweite übergeben.

Auszug Rohrtypentabelle:

Satz	TYP	DN	MKZ	DA	WS	DI	BEZEICH	RAU
27	100 GG	100	GG	118	6,1	106	Grauguss	2,75
28	125 GG	125	GG	144	6,2	132	Grauguss	2,40
29	150 GG	150	GG	170	6,5	157	Grauguss	2,17
30	200 GG	200	GG	222	7	208	Grauguss	1,88
31	250 GG	250	GG	274	7,5	259	Grauguss	1,70

Die **Rauhigkeit** wird entsprechend Erfahrung für alle Rohrtypen festgelegt.

Erfahrungswerte:

Pos.	Material	K ₂
1	GGG	1,0...2,0
2	Kunststoff	0,1...0,3
3	AZ	0,1...0,3
4	GG; St	= 1+ (Alter* 0,025)*100/NW → (1,0...7,5)

Werden durch die Netzanalyse höhere Rauigkeiten ermittelt, setzt man „wirksame“ Durchmesser für die Innendurchmesser ein.

Die Erfahrungswerte ersetzen keine Netzanalyse.

8.3 Höhen

Höhen werden in den GIS- Systemen nicht immer geführt.

Die zugehörigen Geländehöhen können durch Interpolation vorhandener Höhenknoten aus der Grundkarte ermittelt werden.

Möglichkeiten für die Verbesserung der Höhenangaben sind:

- Einbeziehung der Kanaldeckelhöhen
- Direkte Höhenbestimmung mit Hilfe von Tachymeter- oder GPS-Messungen
- Einbeziehung digitales Geländemodell

9 Verbrauchsdaten/ Verbrauchszuordnung

9.1 Allgemein

Die räumliche Verteilung der Abnahmemengen wird mit Hilfe der Zählermengen aus der Verbrauchsabrechnung bestimmt. Dazu werden die Zählerwerte, die in Form einer Textdatei zur Verfügung stehen müssen, zunächst importiert.

Für jede Zählermenge muss die zugehörige Zeitdauer bekannt sein und der Ort, an dem sie abgenommen wurde. Jeder Jahreszählwert wird dann durch die Anzahl der Stunden im Jahr geteilt. Die augenblickliche Abnahme zu einem bestimmten Planungszeitpunkt wird durch die Vorgabe eines Faktors festgelegt.

Die örtliche Zuordnung der Zählermengen kann auf verschiedene Weisen erfolgen:

9.2 Gleichmäßige Aufteilung auf alle Leitungen einer Straße

Voraussetzung ist, dass in jeder Rohrleitung die Nummer der Straße (Straßencode), in der sie liegt, eingegeben wird. Die Gesamtmenge einer Straße wird entsprechend der Länge auf alle Rohrleitungen in derselben Straße aufgeteilt.

9.3 Aufteilung nach Hausnummerbereichen

Voraussetzung ist, dass in jeder Rohrleitung außer der Nummer der Straße (Straßencode), in der sie liegt, auch die Hausnummern von- bis auf jeder Seite der Straße (rechts und links) eingegeben werden. Das sind 5 Werte je Rohrleitung, d.h. 5 mal soviel wie in der Variante 1). Außerdem wird generell vorgegeben, ob die Hausnummern in Einerschritten oder in Zweierschritten auf einer Straßenseite zunehmen. Bei dieser Variante werden für jeden existierenden Zählwert auch die Häuser in einem festen Abstand von der Rohrleitung automatisch konstruiert. Die Varianten 1) und 2) können in einem Netz und sogar in einer Straße gemischt auftreten.

9.4 Zuweisung nach Position

Voraussetzung ist, dass jedes Haus einzeln mit Angabe der Straßenummer und der Hausnummer vorhanden ist, zumindest der Ort, an dem der Hausanschluss endet. Dann werden alle Zähler eines Hauses punktgenau dem richtigen Haus zugeordnet. Die Hausanschlüsse werden entweder als Lot auf die nächstgelegene Leitung automatisch konstruiert, können jedoch auch von Hand digitalisiert werden. Alternativ kann die Abnahmemenge dem nächstgelegenen Knoten bzw. der nächstgelegenen Leitung zugeordnet werden. Bei diesem Verfahren können Leitungstypen (z.B. MD-Leitung) festgelegt werden, denen automatisch kein Verbrauch zugeordnet werden darf.

Die Verbrauchszuordnung erfolgt über den Dialog Spezial: Verbrauchsdaten zuweisen nach Position. Hiermit ist es innerhalb STANET® möglich die importierten Zähler anhand ihres Hauses und dessen Koordinaten zu Knoten zuzuordnen.

Beschreibung:

Es findet eine räumliche Zuordnung aufgrund der bestehenden Koordinaten des Hauses statt. Mit der Option *Knoten suchen* wird das Haus dem nächstgelegenen Knoten zugeordnet. Mit der Option *Leitung suchen* wird die nächstgelegene Leitung gesucht und das Haus entsprechend dem Abstand zur Leitungsmittelpunkt einem Knoten zugeordnet.

Voraussetzung dieser Zuordnung ist eine eindeutige Kennung über Straßenummer, Hausnummer und Hausnummernzusatz. Diese Kennung muss in der Verbrauchsabrechnung und im Objekt Haus identisch sein.

Prüfung auf Übereinstimmung der Kennung mit den übergebenen Häusern mit Angabe der Nichtzuweisung.

9.5 Zuordnung nach Knotennummern

Eine feste Zuordnung der Abnahmemengen auf die einzelnen Knotennummern ist ebenfalls möglich, bedeutet aber hohen Pflegeaufwand.

9.6 Übernahme der Häuser und Hausanschlüsse aus Fremdsystemen

Die eleganteste Lösung ist der automatische Import aller Hausanschlüsse aus einem GIS- System. Voraussetzung ist, dass die Straßencodes der Jahresverbrauchsabrechnung und im GIS- System identisch sind.

9.7 Aufbau der Zählwertdatei

Die Zählwertdatei muss in jedem Fall die Verbrauchsmenge enthalten, bei Knotenzuordnung die Knotennummer und in allen anderen Fällen den Ort der Abnahme, d.h. Straßenummer und Hausnummer mit evtl. Erweiterung (A,B,C,...). Falls der Ablesezeitraum unterschiedlich ist, muss auch dieser in der Liste enthalten sein.

Für den Import von Zählern aus einer Textdatei benötigen Sie eine Importfunktion, in der für jeden Zähler mindestens die Straßenummer und die Hausnummer enthalten sind. Die Importfunktion richtet sich nach dem Format der Textdatei.

Gleichgültig, welches der oben beschriebenen Zuordnungsverfahren angewendet wird, empfiehlt sich, für die stündliche Abnahme zunächst Jahresdurchschnittswerte in Ansatz zu bringen. Über spezielle Erhöhungsfaktoren, mit dem die Durchschnittsbelastungen multipliziert werden, um die aktuelle Netzbelastung zu erhalten, kann der jeweils zu untersuchende Lastfall generiert werden. Für bestimmte Verbraucherguppen mit ähnlichem Verbrauchsverhalten können gleiche Erhöhungsfaktoren gezielt zugeordnet werden.

9.7.1 Verbrauchsdaten aus einer Verbrauchsabrechnung – Auszug

```
KDNR;NAME1;NAME2;PLZ;ORT;SCHLUESSEL;;STRASSE;HAUS-NR.;ERG;NAM1;NAM2;PLZ;ORT;STRASSE;HAUS-  
NR.;ERG;BRANCHE;TS;VERBRAUCH;ZEITRAUM  
50252;Müller1,Bernd;;65432;Musterstadt;00129;129;Allee;4;;Müller2,  
Gisela;;65432;Musterstadt;Frankfurter Str.;978;A;850;1;202;10102311202  
50255;Wohnbau Musterstadt;;65432;Musterstadt;00129;129;Adalheit-Straße;2;;Wohnbau  
Musterstadt;;65432;Musterstadt;Windstr.;9;;794;1;1710;10102311202  
50256;Mayer1,Albert;;38239;Musterstadt;00129;129;Allee3;6;;;0;;;0;850;1;43;10102311202
```

9.7.2 Zählerdaten - Auszug

Satz	Straßenname	Straßennummer	Hausnummer	Hausnr. Zusatz	Verbrauch/Jahr m3
10	Muster-Allee	1A	345	A	115
11	Muster-Allee	1A	135	B	65
12	Muster-Allee	1A	146		23

10 Bedarfsermittlung

10.1 Allgemeines

Da es nicht möglich ist, stündliche Verbrauchswerte aller Abnehmer/Zähler abzulesen, wird der Jahresverbrauch der angeschlossenen Abnehmer für die Berechnung zu Grunde gelegt.

Der Wasserbedarf ist in Grenzen temperaturabhängig. Er steigt ab einer bestimmten mittleren meteorologischen Tagestemperatur (etwa 15°C bis 21°C) bis zu einem oberen Grenzwert nahezu linear an.

Der tägliche Wasserbedarf wird jedoch noch von zahlreichen anderen Einflüssen, wie Dauer von Trockenperioden, Wachstumsperiode, Zusammensetzung der Wasserverbraucher, Schulferien, Wochentagen usw. beeinflusst.

Werden die gemessenen Tagesverbrauchswerte in Form einer Dauerlinie geordnet, zeigt sich, dass an rund 300 Tagen im Jahr etwa der mittlere Tagesbedarf abgegeben wird. Nur für wenige Tage ist mehr Wasser bereitzustellen.

Der Spitzenfaktor als Verhältnis von höchstem Tagesbedarf zum mittleren Tagesbedarf wird in Abhängigkeit der Größe des Versorgungsgebietes mit 2,0 bis 1,3 angegeben, der entsprechende Stundenspitzenfaktor bewegt sich zwischen 6,5 und 1,8.

Zum stündlichen Wasserbedarf ist aufgeführt, dass der Wasserverbraucher in der Regel nur kurzzeitig und stoßweise Wasser entnimmt, sodass der Spitzenverbrauch einer Versorgungszone sehr stark von der Anzahl der dort versorgten Verbraucher abhängt. Die Spitzenfaktoren fallen mit zunehmender Einwohnerzahl (EWO). In der Regel sind folgende kurzzeitige Spitzenbelastungen maßgebend:

- | | |
|---|-------------------------------|
| - für Hausanschlussleitungen | Spitzendurchfluss 10 Sekunden |
| - für Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen | Spitzendurchfluss 1 Stunde |
| - für Pumpen- und Druckminderanlagen | Spitzendurchfluss 1 Stunde |
| - für Behälter | Spitzenbedarf für 1 Tag |

Seit etwa 1980 ist ein tendenziell rückläufiger Wasserbedarf der Bevölkerung und des Kleingewerbes zu verzeichnen. Der derzeit und auch langfristig nicht weiter sinkende Bedarf von ca. 120 l/Ed wird in der neuen Anforderung bei Planung von Wasserverteilungsanlagen angegeben. Für den mittleren Bedarf von Gewerbeflächen und Verwaltungsgebäuden wird ein Bemessungswert von 40 – 50 l/Ed genannt.

Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers wie Trübungen und Verfärbungen, Geschmacksbeeinträchtigungen, Ablagerungen und Verkeimungen zu vermeiden, wird eine Mindestfließgeschwindigkeit beim mittleren Stundenbedarf von $18\text{m/h} = 432\text{m/d} = 0,005\text{ m/s}$ empfohlen.

Für die Annahme der Erhöhungsfaktoren für die Stundenspitze ergibt sich nach Rudi Wehr:

$$f_h = 0,26 / (\log 0,1 * EWO)$$

f_h ... Anteil der in der max. Stundenspitze abgenommenen Wassermenge im Verhältnis zur max. Tagesabgabe (Q_{dmax})

EWO ... Einwohnerzahl

$$f_d = Q_d / Q_{dmax}$$

Q_d ... Tagesabgabe im Jahresdurchschnitt

Q_{dmax} ... maximaler Tagesverbrauch

f_d ... Tagesspitzenfaktor

Daraus errechnen sich die Erhöhungsfaktoren (E) wie folgt:

$$E_{\max} = 24 * f_h * f_d$$

Der Erhöhungsfaktor für den Minimalverbrauch wird nach MUTSCHMANN/STIMMELMAYR „Taschenbuch der Wasserversorgung“ für Kleinstädte von 0,06 bis 0,08 angegeben.

Als Richtwerte für den höchsten Stundenbedarf können für Kleinstädte etwa 10% des höchsten Tagesbedarfs angenommen werden.

Weitere Angaben entnehmen Sie bitte dem Arbeitsblatt TRWV 400-1 Seite 44 – 47.

11 Netzmodelleicherung mit Vergleichsmessungen

11.1 Allgemeines

Es haben sich in der Praxis zwei Verfahren durchgesetzt:

1. Durchführung von Druckmessungen an erdverlegten Wasserleitungen durch Belastungsmessungen an Hydranten, inkl. Ermittlung der Drücke und Druckverläufe nach DVGW W 405. Standrohrentnahmen mit Registrierung der Auslaufmengen, während der Tagstunden im normalen Netzbetrieb.

Hinweis:

Diese Art der Messungen ergeben nicht so exakte Daten für den Netzabgleich, als Druckverlustmessungen in den verbrauchsarmen Nachtstunden. In der Regel sind diese Messungen auch preisgünstiger.

2. Durchführung von Druckverlustmessungen an erdverlegten Wasserleitungen durch Belastungsmessungen an Hydranten, inkl. Ermittlung der Drücke und Druckverläufe nach DVGW W 405. Standrohrentnahmen mit Registrierung der Auslaufmengen als Nachtmessungen nach dem Stuttgarter Verfahren, zur optimalen Absenkung der Drücke innerhalb der einzelnen zu untersuchenden Stränge.

Hinweis:

Da in den Nachtstunden keine größeren Wasserentnahmen zu erwarten sind, kann während des Betriebszustandes ohne Kurzentnahmen die geodätische Höhe **exakt** überprüft werden.

Wenn eine Netzberechnung für bestehende Versorgungsnetze durchgeführt werden soll, muss die Datengrundlage für das verwendete Netzmodell der Wirklichkeit möglichst nahe kommen. Dabei sind folgende Datengruppen zu unterscheiden:

- Bestandsdaten (z.B. Länge, Durchmesser, Material)
- Randbedingungen (z.B. Abnahmemengen, Sollwerte, Schieberstellungen)
- Physikalische Parameter (z.B. Rauheiten, Wärmedurchgangszahlen)
- Modellierung der Netzeinrichtungen wie Pumpen, Hochbehälter, Durchfluss- und Druckregler etc. (MB)

Insbesondere unbekanntes Schieberstellungen und falsch vorgegebene Rauheiten können das Ergebnis einer Planungsrechnung grob verfälschen. Deshalb wird im DVGW-Arbeitsblatt GW303 verlangt:

„Für die Berechnung bestehender Rohrleitungen und Rohrnetze sollten die Rauheiten grundsätzlich durch Vergleichsmessungen und Vergleichsrechnungen bestimmt werden.“

Vergleichsmessungen können von fest installierten Messpunkten oder aus kurzzeitig aufgestellten Messgeräten übernommen werden. Dazu wurden in der Vergangenheit meist Messgeräte mit optischer Anzeige oder mechanische Schreiber verwendet. Die Messwerte wurden von Hand in das Netzberechnungsprogramm übergeben. Mittlerweile werden immer häufiger Datenlogger verwendet, die Messwerte in digitaler Form und variablen Aufzeichnungsintervallen zur Verfügung stellen.

Die Messreihen aus den Datenloggern können zwar mit den vorhandenen Importfunktionen automatisch übernommen werden. Aber der gesamte Prozess Planung des Messprogramms, Vergleichsmessungen/Vergleichsrechnungen / Kalibrierung

kann noch an folgenden Punkten erheblich verbessert werden:

- Kostengünstige Beschaffung vieler Messgeräte für einen begrenzten Messzeitraum
- Bestimmung der örtlichen Verteilung der Messgeräte für optimale Genauigkeit
- Normierung der Schnittstellen zwischen Messgeräten und Rechenprogramm
- Besseres Handling der Messreihen und der Ergebnisausgabe im Rechenprogramm
- Programmoption für automatische Ermittlung unbekannter Parameter (Rauheit, Verlustbeiwert)
- Handbuch/Anleitung mit Tipps für das Vorgehen auch in schwierigen Fällen (z.B. Wärmedurchgangszahlen in Fernwärmenetzen, Unterschied Durchfluss/Massenstrom, häufige Fehler usw.)
- Langzeitmessungen (Kapazität der Logger ist oft noch begrenzt)

Auch die Planung eines Messprogramms auf der Basis einer ersten stationären Rechnung sollte vereinfacht werden, bzw. Messpunkte sollten vorgeschlagen werden!?

Die Entnahmen müssen in der Wasserversorgung nachts (also in den verbrauchsschwächsten Zeiten) vorgenommen werden. Dies ist betrieblich nicht so ganz einfach und auch teuer für die Betreiber.

11.2 Messdaten

11.2.1 Wertarten

Um Vergleichsrechnungen durchführen zu können, ist eine gewisse Mindestanzahl von Messwerten aus dem realen Prozess erforderlich. Im Arbeitsblatt GW303 sind dazu Anforderungen genannt.

Durchfluss-Messungen

An ausgewählten Stellen wie Einspeisungen, Großkunden, Druckminderanlagen, Druckerhöhungsanlagen, Speichern. Grundsätzlich müssen alle größeren Einspeisemengen und Abnahmemengen gemessen werden. Ausgenommen sind die Masse der Abnehmer, bei denen ein gleichartiges Verbrauchsverhalten angenommen werden kann, sodass die aktuelle Abnahme sich zur Gesamtabnahme prozentual ähnlich verhält wie die abgelesenen Jahresverbrauchsmengen, sodass die Abnahme anteilmäßig zur gemessenen Gesamteinspeisung angesetzt werden kann. Umgekehrt folgt daraus, dass alle Großabnehmer mit stark abweichenden Tages-Ganglinien gemessen werden sollten, wie z.B. Kraftwerke, Schwimmbäder, Fabriken usw.

Druckmessungen

In GW303 sind abhängig von der Netzlänge Mindestwerte für die Anzahl von Druckmesspunkten genannt:

Netzlänge[km]	Anzahl Messpunkte
50 – 100	20 – 130
100 – 200	30 – 150
200 – 300	50 – 170
300 – 500	70 – 100

In der Realität hängt die Anzahl der Messpunkt allerdings stark von der Struktur des Netzes ab. Gibt es viele Zonen und vor allem alte Netze, können auch viel mehr Punkte erforderlich werden.

Bisherige Messungen haben gezeigt, dass man eine erste Messung auch mit wenigen Punkten macht und diese dann lokal verdichtet.

Je höher die Anzahl der Vergleichsmessungen, desto brauchbarer d.h. fehlerfreier ist die darauf basierende Netzzeichnung.

Die örtliche Verteilung der Messpunkte ist wesentlich. Bei Druckmessungen hinter Hausanschlüssen besteht die Unsicherheit, ob zum Messzeitpunkt die angenommene geschätzte Menge entnommen wurde oder nicht. Diese beiden Lastfälle führen zu stark unterschiedlichen Drücken, somit kann die Eichung stark verfälscht werden. Am besten sind Druckmessungen an Stellen anzuordnen, an denen ein Durchfluss herrscht, der durch Addition vieler Abnahmen entsteht, sodass sich Ungleichzeitigkeiten gut ausgleichen.

Die Druckmesser sind mittlerweile so komfortabel, dass sie (bei Wassernetzen) auf einen Hydranten aufgesetzt und die Klappe wieder verschlossen werden kann. So können die Messungen auch über einen langen Zeitraum erfolgen

Höhenmessungen

Für Druckmessungen muss die (konstante) geodätische Höhe der Messaufnehmer mit ausreichender Genauigkeit bekannt sein. Bei Wasserbehältern sollte der Höhenstand in derselben Zeitauflösung wie die anderen Messwerte, und zwar mit einer Genauigkeit von +/- 1 Meter zur Verfügung stehen.

MB: Wir geben immer Höhengenaugigkeiten von +/- 0,5m vor. Die Wasserstandshöhen sind meistens im PLS dokumentiert, die anderen Höhen kommen aus dem NIS oder einem DGM => dann wird's ungenauer. Höhen sind immer noch ein Problem, weil reine Vermesser immer noch die z-Koordinate nicht kennen!

Temperatur

Bei Fernwärmenetzen sollten mehrere Temperaturmesspunkte an Endpunkten des Netzes installiert sein, vorzugsweise dort, wo geringe Geschwindigkeiten zu erwarten sind, da nur bei geringer Fließgeschwindigkeit größere Temperaturabsenkungen im Netz auftreten.

11.3 Geräte/Datenquellen

Als Datenquellen kommen in Betracht:

1. Permanente Anzeigergeräte und Schreiber (Ablösung erforderlich, z.B. Mengen in Druckregelanlagen oder Druckschreiber im Netz)
2. Fernübertragene archivierte Messwerte aus Netzleitsystemen
3. Mobile Datenlogger mit Langzeit-Speicherung (siehe oben)
4. kombinierte Abnahme und Druckmessung am Standrohr

In diesem Zusammenhang sind besonders die 3 letztgenannten Datenquellen von Interesse. Von diesen beiden Quellen ist eine automatische Übertragung und Auswertung vieler Messwerte über einen größeren Zeitraum möglich.

Mengengerüst

Meistens tritt die Schwierigkeit auf, dass das Versorgungs-Unternehmen keine oder nicht genügend Datenlogger besitzt, um eine notwendige Mindestanzahl von Drücken, Durchflüssen und Temperaturen (bei Fernwärme) zu messen.

Beim Zeitraum ist wichtig, dass die Messungen beim Medium Wasser nicht erfolgen, wenn es friert. Wenn bei Abnahmen Wasser auf die Strassen läuft, kann es entsprechende Beeinträchtigungen geben.

Örtliche Zuordnung

Oft entstehen Fehler durch falsche örtliche Zuordnung der Messgeräte. Deshalb muss beim Import der Messreihen ein Kopf bzw. eine Zeile mit entsprechenden Inhalten mitgegeben werden (Straßenname o.ä.).

Die Zuordnung zwischen Messstellen-Bezeichnung und Knoten-Namen sollte nach dem Import in das Netzberechnungsprogramm erfolgen, da bei Messwerten aus Netzleitstellen in jedem Fall eine Zuordnung über eine getrennte Messstellen-Bezeichnung erforderlich ist.

Aus der Erfahrung sind die Daten sofort nach dem Einlesen zuzuordnen und zu verifizieren. Eine spätere Zuordnung bei den anfallen Datenmengen/Dateien ist fehlerbehaftet. Eine erste Verifizierung kann z.B. über die Ablesung des Druckes am Standrohr erfolgen. Messpunkt und Abnahme müssen aber hier sehr nahe beieinander liegen (x, y, und z).

Schnittstelle Datenlogger/Netzberechnung

Hier können die bekannten Möglichkeiten der Datenübernahme genutzt werden. Empfehlenswert sind folgende Punkte:

- Menschlesbare ASCII-Textschnittstelle
- Keine Leerzeichen oder Tabulatoren als Feldtrenner
- Keine komplexen Datenformate wie bei SQD oder DXF, die zudem versionsabhängig sind
- am besten pro Einzelmessung eine neue Zeile (Überschriften)

Genauigkeit

Die Messgenauigkeit der Messaufnehmer muss vorab z.B. entsprechend GW303 spezifiziert werden und für jeden Messaufnehmer bekannt sein („Genauigkeitsklasse“)

11.4 Export aus Prozessleitsystem

Bei der Mehrzahl der größeren Versorgungsnetze sind Prozessleitsysteme (PLS) installiert. Große Netzstationen werden permanent überwacht und wichtige Messwerte werden in die Zentrale übertragen und dort archiviert, sodass sie als Vergleichsmessungen / Ausgangsdaten wie Füllstände / Durchflussmengen zur Verfügung stehen.

Wichtig ist, dass das Prozessleitsystem die Messwerte in Form von Tabellen in eine Textdatei exportieren kann. Falls das nicht möglich ist, müssen tabellarische Druckerausgaben ausgewertet werden. Für diesen Zweck gibt es kommerzielle Programme, die die Daten aus Messwert-Protokollen extrahieren können (z.B. MONARCH).

Es tritt weiter das Problem auf, das der Messwert-Zyklus im PLS mit dem Messwert-Zyklus der mobilen Datenlogger abgestimmt werden muss.

Zur Simulation eines Netzzustandes müssen alle dafür verwendeten Messdaten genau vom selben Zeitpunkt stammen. Es muss sich dabei auch möglichst um Kurzzeitwerte (Durchfluss in einer Minute) handeln und nicht um Durchschnittswerte eines längeren Zeitraums (z.B. Mittelwert des Durchflusses in einer Stunde).

Mittlerweile kann man auch auf viele PLS mit einem ODBC Treiber zugreifen.

12 Lastfälle

12.1 Allgemeines

Welche Lastfälle im Rahmen von Netzberechnungen untersucht werden müssen, hängt von der Aufgabenstellung ab, die im Auftrag vor Beginn der Untersuchung(en) festgelegt wird. Meistens ist die Frage zu beantworten, ob das Netz für den Spitzenlastfall (maximal auftretende Spitzenspitze) ausreichend bemessen ist.

Für die Auslegung von Versorgungsanlagen ist es notwendig, auch den am häufigsten vorkommenden Lastfall zu berücksichtigen und dafür zu sorgen, dass für ihn optimale Betriebsbedingungen herrschen.

Häufig müssen Lastfälle zur Überprüfung der Versorgungssicherheit bei Ausfall wichtiger Leitungen oder Versorgungseinrichtungen untersucht werden.

Für alle Versorgungsnetze stellt sich häufig die Frage, ob ein neuer Großabnehmer auch bei Spitzenlast sicher versorgt werden kann. Für Wasserversorgungsnetze ist nicht selten zu klären, welche Löschwassermenge im Brandfall zur Verfügung steht.

Gelegentlich ist in Versorgungsnetzen mit mehreren Einspeisestellen von Interesse, die Bereiche zu ermitteln, die bei einem häufig auftretenden Lastfall von einer Anlage versorgt werden (Einflussbereiche der Einspeisungen). Häufig muss diese Berechnung für unterschiedliche Lastfälle durchgeführt werden, um die Gebiete zu ermitteln, in denen die Versorgung von unterschiedlichen Einspeisestellen erfolgt. Hier treten in den Leitungen z.T. unterschiedliche Fließrichtungen auf, und die aus den verschiedenen Anlagen stammenden Medien mischen sich.

Auf der Grundlage des kalibrierten Rechnetzplanes und der ermittelten Belastungen können Simulationsberechnungen durchgeführt werden.

Der erforderliche Versorgungsdruck im Schwerpunkt einer Druckzone richtet sich nach der überwiegend ortsüblichen Geschosshöhe der Bebauung dieser Zone.

Für die einwandfreie Deckung des üblichen Bedarfes sind mindestens folgende Versorgungsdrücke – gemessen am Hausanschluss – anzustreben:

- für Gebäude mit EG 2,0 bar
- für Gebäude mit EG und 1 OG 2,35 bar
- für Gebäude mit EG und 2 OG 2,70 bar
- für Gebäude mit EG und 3 OG 3,05 bar
- für Gebäude mit EG und 4 OG 3,40 bar

Als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone sind 4 bis 6 bar am Hausanschluss empfehlenswert.

Für die Berechnung sind maßgebende Betriebszustände:

- die höchsten und die niedrigsten Betriebsdrücke
- Abnahme am Knoten

Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen beeinflusst nicht nur die Wirtschaftlichkeit einer Versorgungsleitung; sie hat auch großen Einfluss auf die Betriebssicherheit.

Hohe Fließgeschwindigkeiten führen zu erheblichen Druckverlusten. Große Geschwindigkeitsveränderungen verursachen hohe dynamische Druckänderungen und ggf. auch Wassertrübungen durch Aufwirbelungen.

Geringe Fließgeschwindigkeiten haben lange Verweilzeiten zur Folge. Hier ist auf einen ausreichenden Wasseraustausch aus hygienischen Gründen (Wassertrübung, Verkeimung) zu achten.

Leitungsabschnitte mit geringem Gefälle entlüften sich bei kleinen Fließgeschwindigkeiten häufig unzureichend.

Als Richtwerte für Fließgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Rohrleitungen werden empfohlen::

- Pumpdruckleitungen: 1,0 - 2,0 m/s
- Pumpsaugleitungen: 0,5 - 1,0 m/s
- Fallleitung mit Drucksteigung: < 2,0 m/s
- Hauptleitungen in Verteilernetzen: # 1,0 m/s
- Versorgungsleitungen: # 0,5 m/s

Zur Betrachtung der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtungsänderungen heißt es in der TRVV 400-1

„ Geringe Fließgeschwindigkeiten haben lange Verweilzeiten zur Folge. Hier ist auf einen ausreichenden Wasseraustausch aus hygienischen Gründen (Wassertrübung, Verkeimung) zu achten. Leitungsabschnitte mit geringem Druckgefälle entlüften sich bei kleinen Fließgeschwindigkeiten häufig unzureichend.“

Weiter heißt es:

„Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers bzgl.

- *Trübung und Verfärbung*
- *Geschmacksbeeinträchtigung*
- *Ablagerung*
- *Verkeimung*

*zu vermeiden, sollten Fließgeschwindigkeiten beim mittleren Stundendurchfluss den Wert von **0,005 m/s** (= 18 m/h = 432 m/d) nicht unterschreiten. Hierbei wird beispielsweise das Wasservolumen einer 430 m langen Leitung innerhalb eines Tages oder einer 1300 m langen Leitung innerhalb von 3 Tagen erneuert.“*

Für die Berechnung sind maßgebende Betriebszustände:

- die Fließgeschwindigkeiten
- das Druckgefälle

12.2 Brandfallberechnung

12.2.1 Allgemeines

Die Brandfalluntersuchungen werden für Versorgungsgebiete auf der Grundlage der Projektdaten des Ist-Zustandes durchgeführt. Es werden die vorhandenen Einspeisedrücke des Rohrnetzes in Ansatz gebracht.

Für die Netzbelastung im Brandfall werde gemäß DVGW-W 405 die **Stundenspitze an einem Durchschnittstag** angesetzt, ferner der minimale Löschwasserdruck von 1,5 bar am Hydranten des jeweils angenommenen Brandherdes.

Die Leistungsfähigkeit der Hydranten ist abhängig von den Leitungsquerschnitten, der Rohrrauheit, ihrer Lage im Netz, der Netzvermaschung und ihrer Höhenlage.

Es sollte laut DVGW - Arbeitsblatt W405 an keiner Stelle , soweit keine höheren Netzdrücke für besondere Abnehmer einzuhalten sind, der Netzdruck nicht unter 1,5 bar abfallen.

Durch die Möglichkeit, für jeden Ortsteil an jedem Punkt einen Brandfall zu simulieren, ist es möglich festzustellen, ob ausreichende Löschmöglichkeiten, bei Einhaltung von 1,5 bar im Netz, vorhanden sind und ob zusätzliche Löschfahrzeuge, Schlauchwagen, Hydranten oder sogar Löschteiche oder Speicher angeschafft bzw. eingerichtet werden müssen.

Für alle Hydranten in einem Netz werden entweder Feuerlöschmengen oder Hydrantendrucke berechnet. Es sind grundsätzlich drei alternative Aufgabenstellungen lösbar.

12.2.1.1 *Feuerlöschfallvariante - Vorgegebene Hydrantenmenge*

Wenn man im Programm STANET® unter "Spezial → Löschmengen berechnen" ankreuzt: "Druck zur vorgegebenen Löschmenge jedes Hydranten errechnen", dann muss man vorher in der Hydrantendatei im Feld "Vorg. Löschmenge" eine Menge von z.B. 24, 48, 96 oder 192 m³/h gemäß eingeben. In diesem Fall wird der Druck an jedem Hydranten berechnet und in das Feld "Berechneter Löschedruck" eingetragen. Außerdem wird der minimale Druck im Netz an allen Abgabeknoten und der zugehörige Knotenname abgelegt und zwar bei demjenigen Hydranten, für den jeweils die Löschmenge berechnet wird.

12.2.1.2 *Feuerlöschfallvariante - Vorgegebener Hydrantendruck*

Wenn man bei "Spezial → Löschmenge errechnen für Druck am Hydranten" ankreuzt und den zu haltenden Druck vorgibt (für alle Hydranten ein einziger Wert), dann wird die zugehörige Löschmenge ermittelt und in das Feld "Ber. Löschmenge" bei jedem Hydranten eingetragen. Wie im vorigen Fall wird der minimale Druck im Netz an allen Abgabeknoten und der zugehörige Knotenname abgelegt und zwar bei demjenigen Hydranten, für den jeweils die Löschmenge berechnet wird.

12.2.1.3 *Feuerlöschfallvariante - Vorgegebener Netzdruck*

Wenn man bei "Spezial → Löschmenge aus [192, 96, 48, 24, 0] m³/h bei minimalem Druck im Netz" ankreuzt und den zu haltenden Druck vorgibt (für das Netz ein einziger Wert), dann wird die zugehörige Löschmenge ermittelt und in das Feld "Ber. Löschmenge" bei jedem Hydranten eingetragen. Wie im vorigen Fall wird der minimale Druck im Netz an allen Abgabeknoten und der zugehörige Knotenname abgelegt und zwar bei demjenigen Hydranten, für den jeweils die Löschmenge berechnet wird.

12.2.1.4 *Feuerlöschvariante mit mehreren Abnahmestellen*

Für den Fall einer größeren Löschwassermenge wird in der Praxis diese Menge nicht an einem einzelnen Hydranten entnommen, sondern an benachbarten Hydranten. Wenn man die entnommene Gesamtmenge in der Berechnung an einem einzigen Hydranten konzentriert, kommt gegenüber der Wirklichkeit ein zu großer Druckabfall zustande.

Um diesen Fall nachzubilden, kann man deshalb die entsprechenden Hydranten kennzeichnen und eine Berechnung nur mit den gekennzeichneten Hydranten durchführen. Gesonderte Berechnung nach Bedarf.

12.2.2 Ergebnissauswertung

12.2.2.1 *Löschwasserplan*

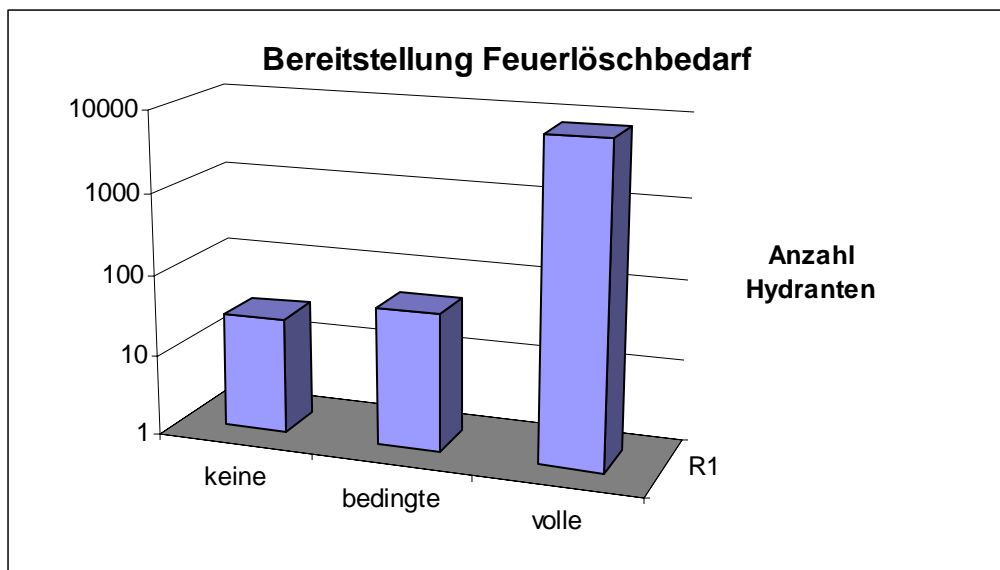
Wenn das Trinkwasserrohrnetz zur Deckung des vollen Löschwasserbedarfes nicht ausreichend ist und keine unerschöpfliche Wasserquellen zur Verfügung stehen, ergeben sich für die zuständige Gemeinde (Grundschutz) und für den Objekteigentümer (Objektschutz) folgende Deckungsmöglichkeiten:

- Entnahme aus Löschwasserteichen oder Brunnen,
- Entnahme aus Löschwasserbehältern,
- Entnahme aus Zierteichen oder Schwimmbecken,
- Erweiterung der Wasserversorgungsanlagen.

Inhalt des Löschwasserplans:

- Katasterbasis – Deutsche Grundkarte M 1:5000 (DKG 5), wenn vorhanden
- Wasserrohrnetz einschließlich Hydranten mit Aussage der Leistungsfähigkeit
Die Hydrantenkapazitäten werden in den Plänen mittels Farbauswertung und möglicher Entnahmemenge grafisch dargestellt.
- Löschwasser-Entnahmemöglichkeiten außerhalb des Rohrnetzes

12.2.2.2 Auswertung Hydrantentauglichkeit für Feuerlöschbedarf



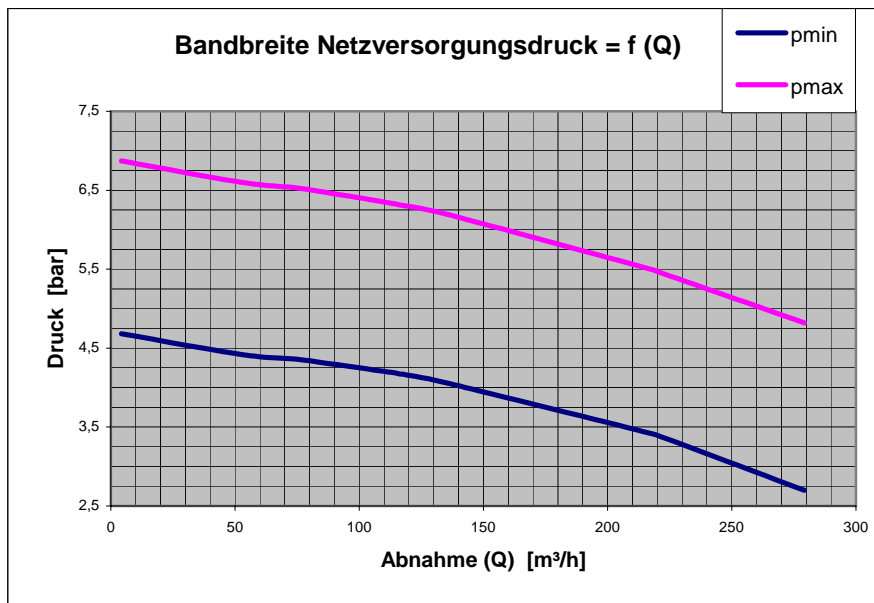
13 Darstellung der Berechnungsergebnisse

In einem Rechnetzplan, der aus dem maßstäblichen Leitungsbestand ohne Netzvereinfachungen, besteht, ist durch die große Anzahl von Knoten und Strängen die Ergebnisausgabe in vollständigen Listen unübersichtlich. Häufig werden nur wenige wichtige Informationen benötigt (Knoten mit schlechtesten und höchsten Versorgungsdrücken, Leitungen mit hohen und geringsten Geschwindigkeiten (Durchfluss), Einspeisemengen und Drücke o.ä.), die in den Listen nur schwer aufzufinden sind. Daher sollten Netzberechnungsprogramme über Datenbankfunktionalitäten verfügen, welche nach bestimmten Kriterien die benötigten Aussagen schnell filtern können, um damit überschaubare Auswertelisten und Auswertegrafiken bzw. übersichtliche Ergebnisdarstellungen erzeugen zu können.

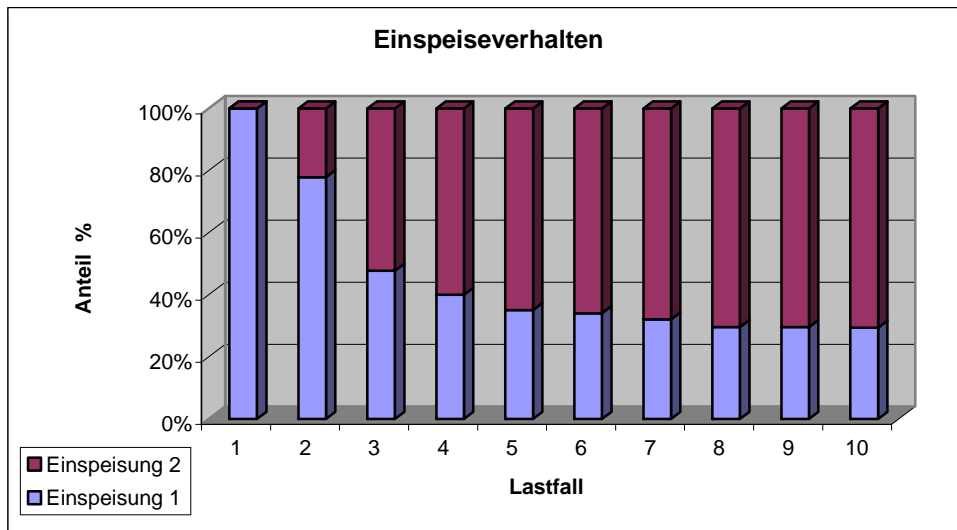
Ferner soll die Möglichkeit bestehen für alle Felder beliebige Attributbelegungen (Farbe, Strichstärke, Strichtyp, Konturlinie, u.a.)zu definieren, um die Berechnungsergebnisse anschaulich in der Grafik darzustellen.

Wenn Netzengpässe (wie unzureichende Versorgungsdrücke) festgestellt werden, lässt sich leicht erkennen, welche Stränge stark überlastet sind, so dass die erforderlichen Netzsanierungsmaßnahmen leicht ermittelt werden können. Wenn zudem bekannt ist, welche Leitungen alt sind und /oder sich in einem schlechten Zustand befinden, kann der erforderliche Aufwand zur Herstellung eines ausreichende leistungsfähigen Netzes optimal klein gehalten werden.

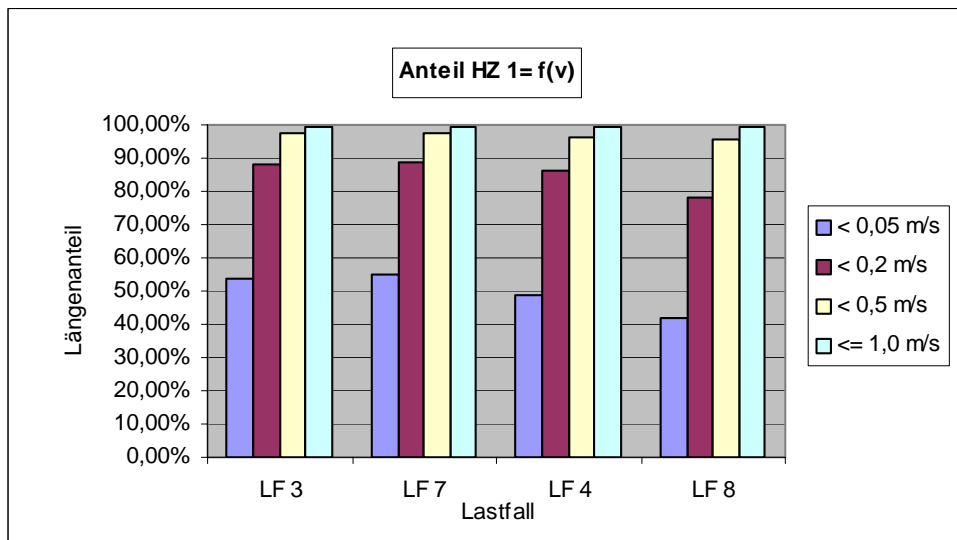
13.1 Auswertung der Netzdrücke - Beispiel



13.2 Auswertung Übergabeschächte - Beispiel



13.3 Auswertung Geschwindigkeitsverteilung im Netz - Beispiel



14 Erarbeitung optimaler Ausbaumaßnahmen (Planungsvarianten) mit optimaler Dimensionierung neuer Leitungen, Sanierung alter Leitungen - Konzeption – Netzneugestaltung

14.1 Allgemeines

Die Rehabilitation von Rohrnetzen sollte immer mit der Neugestaltung für das 21. Jahrhundert verbunden werden – **es ist die einmalige Chance, für einen langen Zeitraum ein Rohrnetz nach dem jetzigen Kenntnisstand umzubauen und künftig wirtschaftlich zu betreiben.**

Dazu gehört die Neudimensionierung, die Anordnung von Versorgungszonen, die Anordnung von Armaturen, die Sicherung des Löschwasserbedarfs usw.

Im Detail heißt das:

Welche Rohrmaterialien sind zukünftig einzusetzen?

- Einheitliche Rohrmaterialien
- Verschiedene

Unter dem Gesichtspunkt Wasserqualitätsparameter

- Rohrhersteller geben neben den DVGW-Richtlinien in Taschenbüchern Informationen über ihre Produkte, so z.B.:
- Wasser-Systemtechnik UNIVERSAL, Technische Informationen Rohre und Formstücke (Gussrohr)
 - Die Gussrohrtechnik für Trinkwasser, Buderus
 - Stahlleitungsrohre für die Wasserwirtschaft, Fuchs-Rohr
 - ...
- Hieraus lassen sich die Rohrtypen ableiten!

Wie sind Rohrnetze zukünftig zu gestalten?

- hinsichtlich der Anordnung und Bauweise der Hydranten
- hinsichtlich der Anordnung und Bauweise der Absperrschieber
- hinsichtlich der Ausbildung der Hausanschlüsse – absperrbar oder nicht absperrbar?
- Hinsichtlich der erforderlichen Anzahl von Absperrarmaturen

„Trinkwasserversorgungssysteme müssen so geplant, ausgerüstet und errichtet werden, dass ein Rückfluss von außen ausgeschlossen ist.“

„Trinkwasserversorgungssysteme müssen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass Stagnation minimiert wird, da diese zu einer unannehmbaren Beeinträchtigung der Wasserqualität führen kann.“

Stagnation tritt bei folgenden Anordnungen auf:

- Endleitungen
 - Stichleitungen zu Hydranten
 - Nicht getrennte Leitungen für spätere Netzerweiterungen
 - Abschnitte mit dauernd niedrigem Durchfluss
 - Überdimensionierung der Rohrleitungen (Löschwasserbereitstellung)
- Einleitung von Spülprozessen zur Wassererneuerung (Spülpläne)

In welcher Reihenfolge soll die Rehabilitation erfolgen?

- vom Einspeisepunkt zum Verbraucher
 - nach der Größe der Wasserverluste in Teilgebieten nach betriebswirtschaftlichen Kriterien, wie Reparaturkosten o.a.
- Änderungen der Fließrichtungen können einerseits die Aufwirbelung von Ablagerungen und damit Trübungen bewirken andererseits zur Aktivierung von Mikroorganismen aus Biofilmen führen – also Wasserqualitätsbeeinträchtigungen hervorrufen.
- Bei einer Neugestaltung des Rohrnetzes sind bis zu einer vollständigen Rehabilitation des Rohrnetzes absperrbare Netzzonen zu bilden, um das Wasser in einer eindeutigen Fließrichtung zu transportieren, um sowohl die Stagnation (bzw. sehr geringe Fließgeschwindigkeiten) in Rohrstrecken als auch Pendelstrecken zu vermeiden.
- Gleichzeitig sind aber die Fragen der möglichen Wassergüteänderungen zu beachten.

15 Analyse und Optimierung der Bewirtschaftung komplexer Wasserversorgungssysteme

Die Bewirtschaftung komplexer Trinkwasserversorgungssysteme ist eine aktuelle Aufgabenstellung. Insbesondere unter dem Aspekt einer Optimierung der Versorgungssysteme muss das Zusammenspiel aller Komponenten (Transportleitung, Hochbehälter, Pumpstationen etc.) detailliert betrachtet und analysiert werden. Mit Hilfe geeigneter Bewirtschaftungsmodelle und der Erfahrung des Ingenieurs kann dann eine wasserwirtschaftlich sinnvolle Betriebsoptimierung vorgenommen werden.

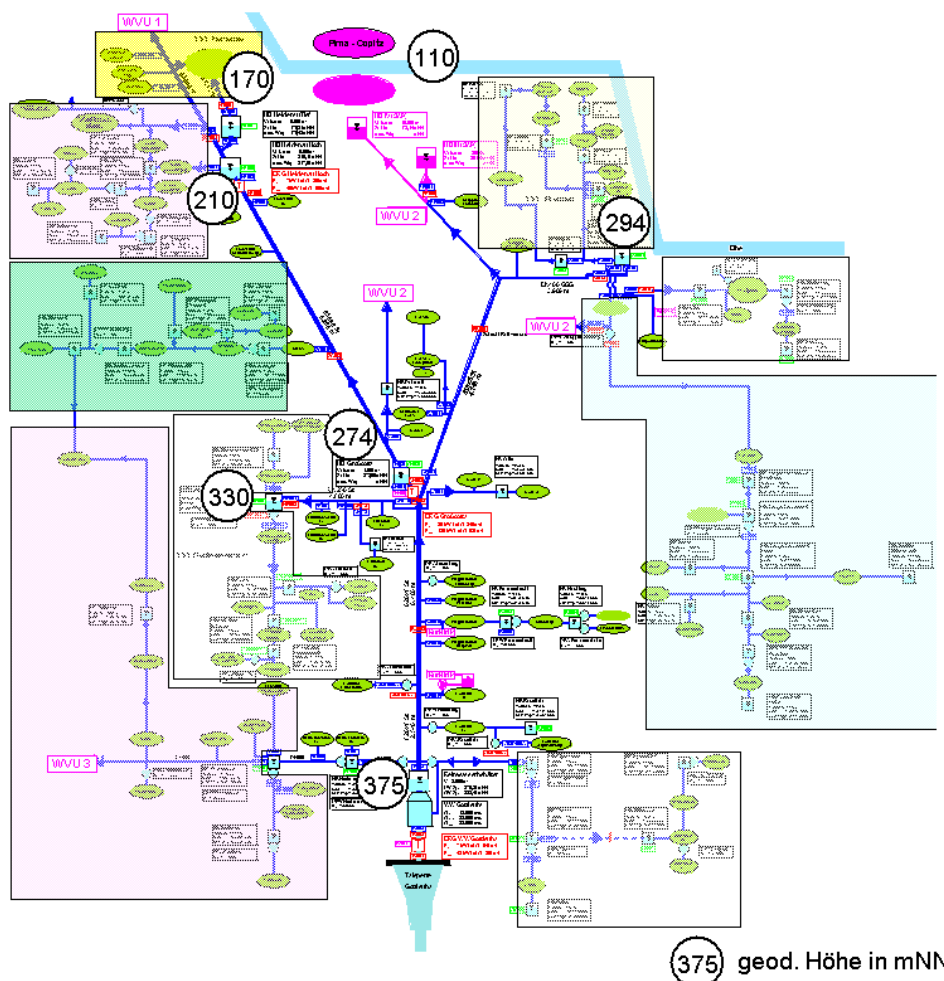
Für die Analyse und Optimierung der Bewirtschaftung wurde das Simulationsmodell **STANET-TASI®** verwendet.

Prinzipiell sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- die Festlegung der Optimierungsziele
- der Aufbau und die Kalibrierung des Modells
- die Analyse der aktuellen Speicherbewirtschaftung und
- der Optimierungsprozess selbst

Als erster Bearbeitungsschritt ist eine Analyse der Struktur des Betrachtungsgebietes erforderlich. Bei komplexen Versorgungssystemen ist die Möglichkeit einer Vereinfachung zu prüfen.

15.1 Netzanalyse



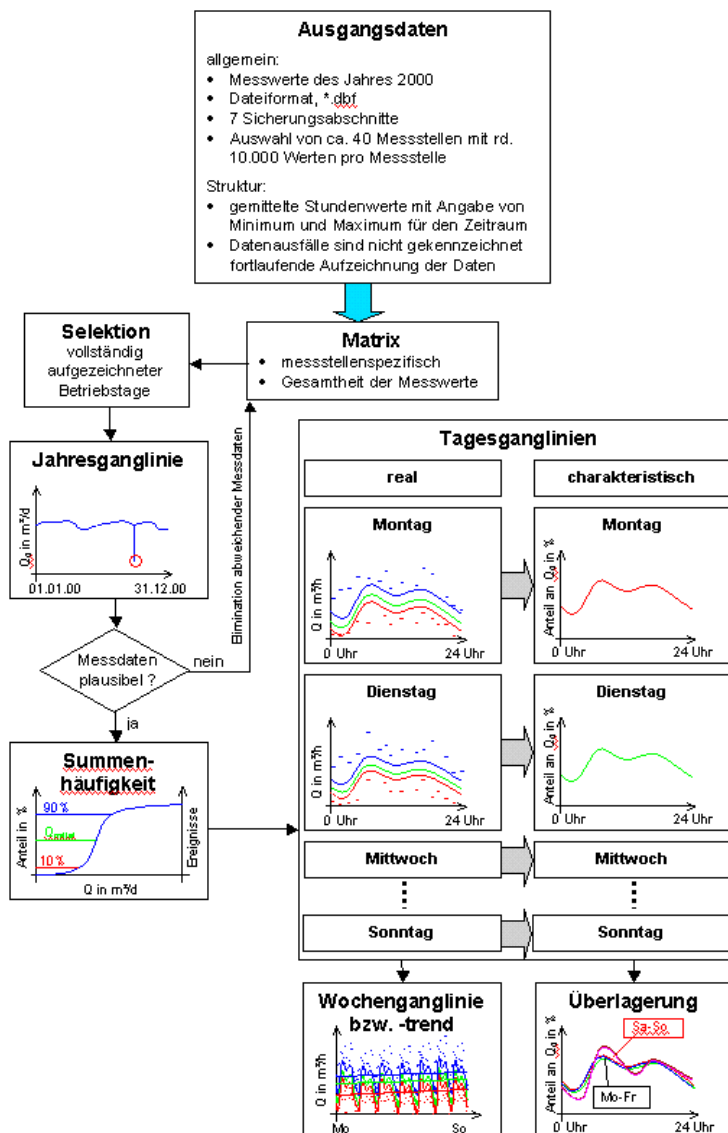
- Netzstruktur (Lagepläne, Fließschema, Längsschnitte)
- Versorgungskomponenten (Dokumentation)
- Datenbank für technische Kenndaten

Anschließend erfolgt die Datenarbeit zur Charakterisierung des aktuellen hydraulischen Systemverhaltens. Dies betrifft im Einzelnen:

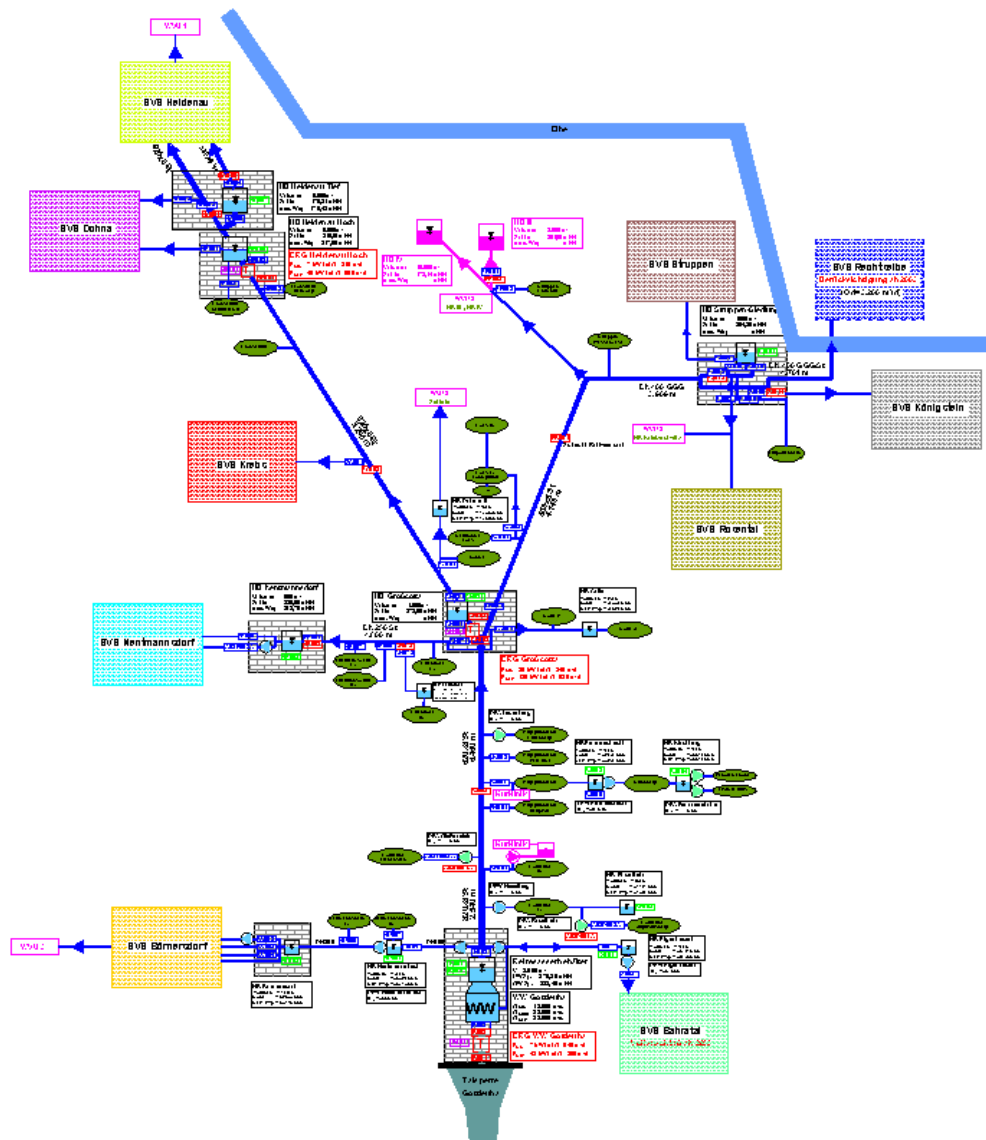
- die Ermittlung des Verbrauchsverhaltens: direkt angeschlossener Versorgungsgebiete und indirekt angeschlossener Subversorgungssysteme,
- die Charakterisierung der Hochbehälterbewirtschaftung: Bewirtschaftungslamelle und Befüllregime,
- die Fahrweise von Überpumpwerken,
- die Ermittlung sonstiger Besonderheiten mit Einfluss auf das Betriebsregime des Ableitungssystems(z.B. Filterspülung im Wasserwerk)

Bei der Analyse des Verbrauchsverhaltens ist eine schrittweise Vorgehensweise erforderlich. Der zu wählende Betrachtungszeitraum ist prinzipiell abhängig von der Struktur des Untersuchungsgebietes. Für die Auswahl und Bewertung der Datengrundlage ist auch die Tendenz der Verbrauchsentwicklung zu beachten. Aus den Erfahrungen haben sich hierbei folgende Betrachtungszeiträume für die Datenauswertung als sinnvoll erwiesen:

Zielstellung	Datengrundlage	Zeitraum
Ermittlung des langjährigen Verbrauchstrends	Jahreswerte	> 5 Jahre
Bewertung des Jahresgangs	Monatswerte	> 1 Jahr
Ausweisung von Spitzenverbräuchen	Tageswerte	> 1 Jahr
Ermittlung von Tagesganglinien	gemittelte Stundenwerte	1 Jahr



Nachdem die Struktur des Versorgungssystems erfasst und das Verbrauchsverhalten analysiert wurde, kann das hydraulische Modell aufgebaut werden.

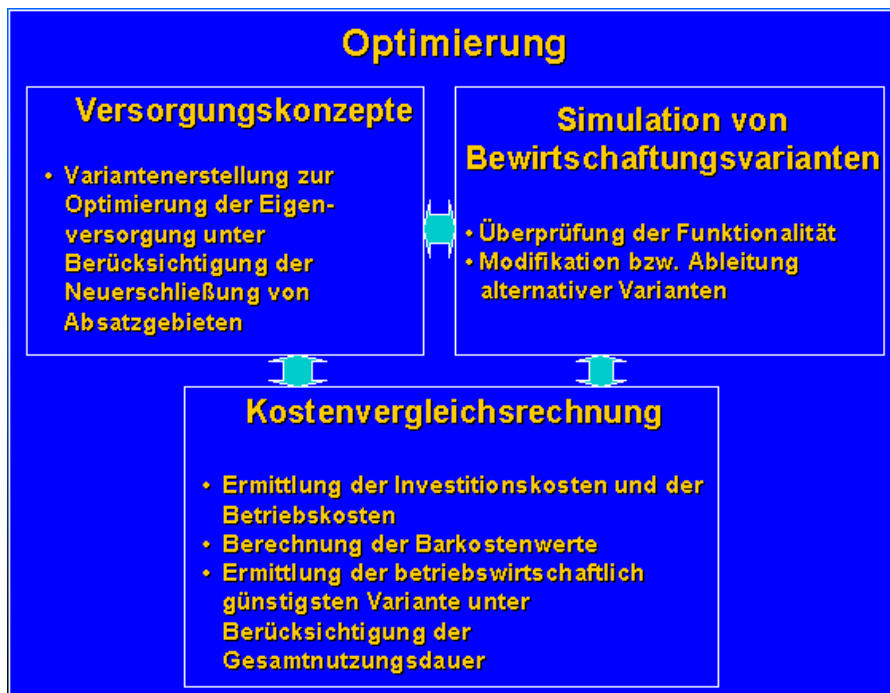


Zur Sicherung einer hohen Aussagegenauigkeit ist dieses sowohl hydraulisch (Leistungsfähigkeit des Systems) als auch bilanziell (Speicherbewirtschaftung) zu kalibrieren.

Zur Überprüfung der Modellansätze empfiehlt sich eine Verifizierung des Modells durch einen Fahrversuch mit einem definierten Systemzustand. Die prognostizierten Ergebnisse sollten dabei mit den real gemessenen übereinstimmen. Ist die nicht gegeben, müssen die Modellansätze überarbeitet werden.

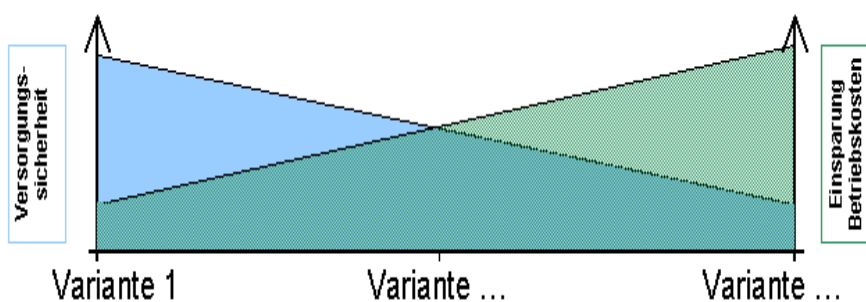
Das kalibrierte und verifizierte Modell bildet nunmehr die Simulationsgrundlage zur Analyse des Bewirtschaftungsregimes. Die Bewertung der meist langjährigen erprobten Bewirtschaftungsregeln erfolgt durch den Vergleich der Simulationsergebnisse mit den vorab definierten Bewirtschaftungszielen. Im Rahmen dieser Gegenüberstellung werden die Vor- und Nachteile der praktizierten Bewirtschaftungsstrategie aufgezeigt. Die daraus resultierende Ausweisung der Bewirtschaftungsdefizite ermöglicht die Ableitung von Optimierungsansätzen.

Der eigentliche Optimierungsprozess erfordert die Erarbeitung neuer Bewirtschaftungsvorgaben, welche mit Hilfe des Modells auf Sinnfälligkeit geprüft werden. Die Bewirtschaftungsergebnisse werden dann mit den Optimierungszielen verglichen. Sind diese nicht erreicht, ist eine Änderung der Bewirtschaftungsvorgaben im Sinne eines iterativen Prozesses erforderlich. Aus dem Pool der Bewirtschaftungsvarianten wird dann durch Gegenüberstellung und Bewertung technologischer und betriebswirtschaftlicher Aspekte die günstigste Variante ausgewählt und zur Umsetzung vorgeschlagen.



Ergebnisse der Optimierung

Annäherung an die optimale Trinkwasserversorgung



Für die Einführung des erarbeiteten Bewirtschaftungsmodells in die Praxis ist es erforderlich, einfache und praktikable Bewirtschaftungsregeln zu erarbeiten. Deren Fein Anpassung kann dann nur im Dauerbetrieb durch das Betriebspersonal erfolgen.

16 Zusammenfassung

Der Einstieg in die technischen Aufgaben eines Energie- oder Wasserversorgungsunternehmens ist am schnellsten und sichersten zu schaffen, wenn man sich mit den Verteilungssystemen beschäftigt. Die Probleme der richtigen Einbindung der Produktions- oder Bezugsanlagen auf der einen und der Kundenanlagen auf der anderen Seite, und natürlich auch deren Auswirkungen lassen sich bei einer guten Kenntnis der Netze leicht erfassen und lösen.

Die für die Netzberechnung mit Hilfe von PC's verwendeten Programme sind ausreichend getestet und in vielen praktischen Fällen eingesetzt worden. Es ist also davon auszugehen, dass bei den Rechenoperationen nahezu keine Fehler auftreten und das Ergebnis einer Rohrnetzberechnung und seine Übertragbarkeit auf den Betrieb neben der Aufgabenstellung im wesentlichen von der Genauigkeit der Ausgangsdaten abhängt, die das Versorgungsunternehmen (VU) zusammenzustellen hat. Große Sorgfalt und die erforderliche Genauigkeit beim Erarbeiten der notwendigen Unterlagen werden sich auf viele Jahre auszahlen.

17 Ausblick

An die Wasserversorgung werden aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre erhöhte Anforderungen gestellt, ihre Versorgungsaufgaben qualitätsgerecht bei hoher Effektivität zu erfüllen. Dabei nehmen die Prozesse der Wasserverteilung aufgrund ihres dominanten Kostenanteils beim Betrieb und bei der erforderlichen Investitionstätigkeit der gesamten Wasserversorgung eine vordergründliche Rolle ein. Die Versorgungssicherheit – also die Verteilung des Trinkwassers in ausreichender Menge, mit dem erforderlichen Druck und einwandfreier Qualität – ist zu gewährleisten.

Für weitere Sanierungsarbeiten wird das Programm OPTNET – Bewertung von Versorgungsnetzen Wasser/Gas empfohlen. Hiermit werden folgende Ziele verfolgt:

- Bestimmung der jährlich notwendigen Rehabilitationsrate, die so bemessen sein muss, dass zuverlässig und mit dem geringsten Gesamtaufwand nachhaltig die Substanz des Netzes gesichert werden kann.
- Bestimmung der Rang- und Reihenfolge der Maßnahmen, welche geeignet sind, die erste Zielstellung zu erreichen.
- Bestimmung des Aufwandes und der Einsparungen, welche durch diese Maßnahmen bedingt sind.

Gleichzeitig ist abzusichern, dass der mit der Realisierung dieser Ziele verbundene Aufwand vertretbar ist und dass jederzeit die sich im zeitlichen Verlauf veränderten Netzzustände neu bewertet werden können.

Es ist weiterhin zu fordern, dass mit der Software die Inhalte der wegweisenden Technischen Mitteilungen W395 und W401 des DVGW weitgehendst realisiert werden.

18 Literatur / verwendete Normen

- [1] Ingenieurbüro Fischer-Uhrig
Technische Notizen Programmsystem STANET[®], Benutzerhandbuch STANET[®]
- [2] Ahrens, J.
Bewertung von Druckrohren – Voraussetzung für die Erarbeitung optimaler
Rehabilitationsstrategien.
- [3] Prof. Dr.-Ing. Habil. H. Roscher
Konzeption für die Rehabilitation der Tiefzone des Wasserversorgungsnetzes der Stadt Erfurt
bei Mischwassereinspeisung vom Hochbehälter Steiger
- [4] Arbeitsblatt TRWV 400-1
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1 Planung (Entwurf)
- [5] Rautenberg, J.
Neue Anforderungen bei der Planung von Wasserverteilungsanlagen GWF Das Gas- und
Wasserfach 144 (2003) 3, S77-84)
- [6] Prof. Dr.-Ing. Kottmann, Albrecht
Planung und Bau von Wasserrohrleitungen und Wasserrohrnetzen Teil 2
- [7] DVGW-W 403: Planungsregeln für Wasserleitungen und Wasserrohrnetze
- [8] DVGW – W405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung
- [9] Dipl.-Ing. G. Friege, Stadtwerke Lübeck, Lübeck
DVGW - Datenaufnahme und Datenmodell am Beispiel Lübeck (Teil 1),
Intensivschulung Planung und Berechnung von Gasverteilungsnetzen,
- [10] Mayer, Wilfried, Ruhrgas AG
Versorgungsverhältnisse, Netzkapazitäten? GIS-Daten geben Auskunft!
ENERGIE WASSER PRAXIS 11/2002 S. 8-13
- [11] Dr.-Ing. Wolfram Kritzner, Dipl.-Ing. Uwe Weiß, Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH
Dipl.-Ing. Uwe Seifert, Gasversorgung Ost GmbH
Einsatz hydraulischer Modelle zur Analyse und Optimierung der Bewirtschaftung komplexer
Wasserversorgungssysteme
- [12] Prof. Dipl.- Ing. Bernhard Küest
Berechnung von Versorgungsnetzen als integrierter Bestandteil eines Netz- bzw. Betriebs-
Informations-Systems