

**Zustandsbewertung und optimale
Rehabilitationsstrategie für
Gas- und Wassernetze
mittels einer
„modifizierten Greenfield-Planung“**

Jürgen Ahrens
Büro für Rohrnetzanalysen
15366 Neuenhagen bei Berlin

Die 4 Schritte zur Rehabilitationsstrategie

1. Schritt: Ist-Zustand

1.1 Schadensprognosen

1.2 Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit

1.3 Risiko- und Zustandsbewertungen

2. Schritt: Wert des Netzes

2.1 Wiederbeschaffungswert

2.2 Zeitwert und Substanzverlust

2.3 Kalkulatorische Kosten (WBW und HAK)

Die 4 Schritte zur Rehabilitationsstrategie

3. Schritt: Optimale Netzgestaltung

3.1 Modifizierte Greenfield-Planung
(Durchmesseroptimierung)

3.2 Vergleich Ist-Netz zum Ziel-Netz
(Optimierungsgrad)

4. Schritt: Rehabilitationsstrategie

4.1 Rehabilitationsrate und Kapitalbedarf

4.2 Optimierte Rang- und Reihenfolge der
Maßnahmen

1. Schritt: Ist-Zustand

1.1.1 Modell der Alterung (Stressfaktoren)

$$S(f) = (a_0 + (a_1 * f_1 * f_2 * \dots * f_n * T^2)) * l$$

- mit $f_1..f_n$ = Einflussfaktoren (**Stressfaktoren**)
- **Materialart, Alter, Nennweite, Länge**, Nenndruck, Wanddicke
- Rohrverbindungsart, Anzahl der Armaturen und Hausanschlüsse
- Art des Rohrschutzes außen und innen, Erdart und Bodenaggressivität, Bodenbewegung
- Verlegetiefe und Grundwasser, Oberflächenbefestigung, Lage und Verkehrsbelastung
- Länge und Medium, **Anzahl, Zeitpunkt und Ort der Schäden**,
- Schadensursachen und Schadensarten, Zustand der Rohrwand außen und innen, des Rohrschutzes innen und außen, Rohrzustand innen
- Reparaturart, Schadensstelle, Abstand zu Dritten
- Durchfluss und Druck, Streuströme

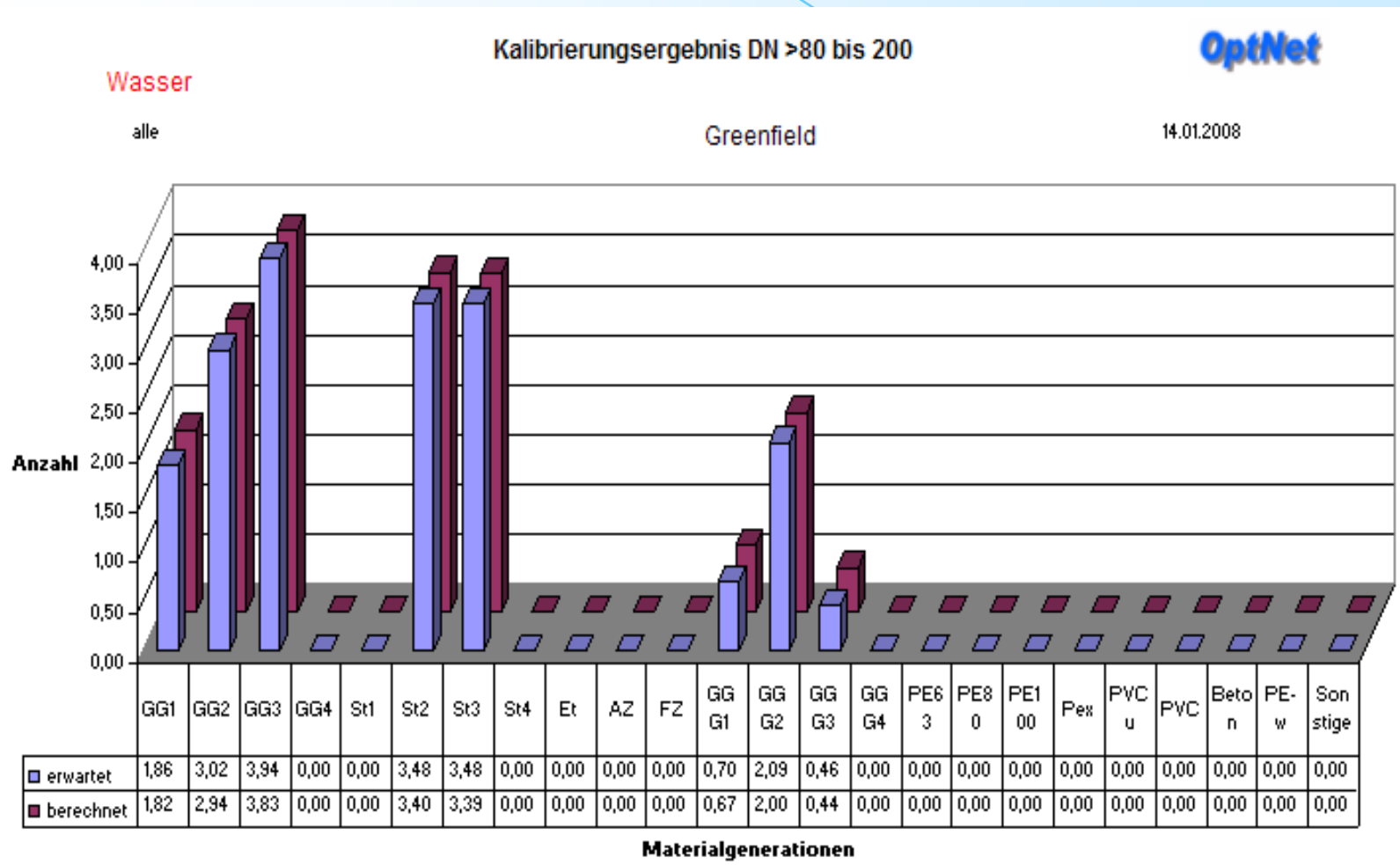
Die roten Parameter sind unbedingt zu erfassen.

Ahrens; 23.08.2007

1. Schritt: Ist-Zustand

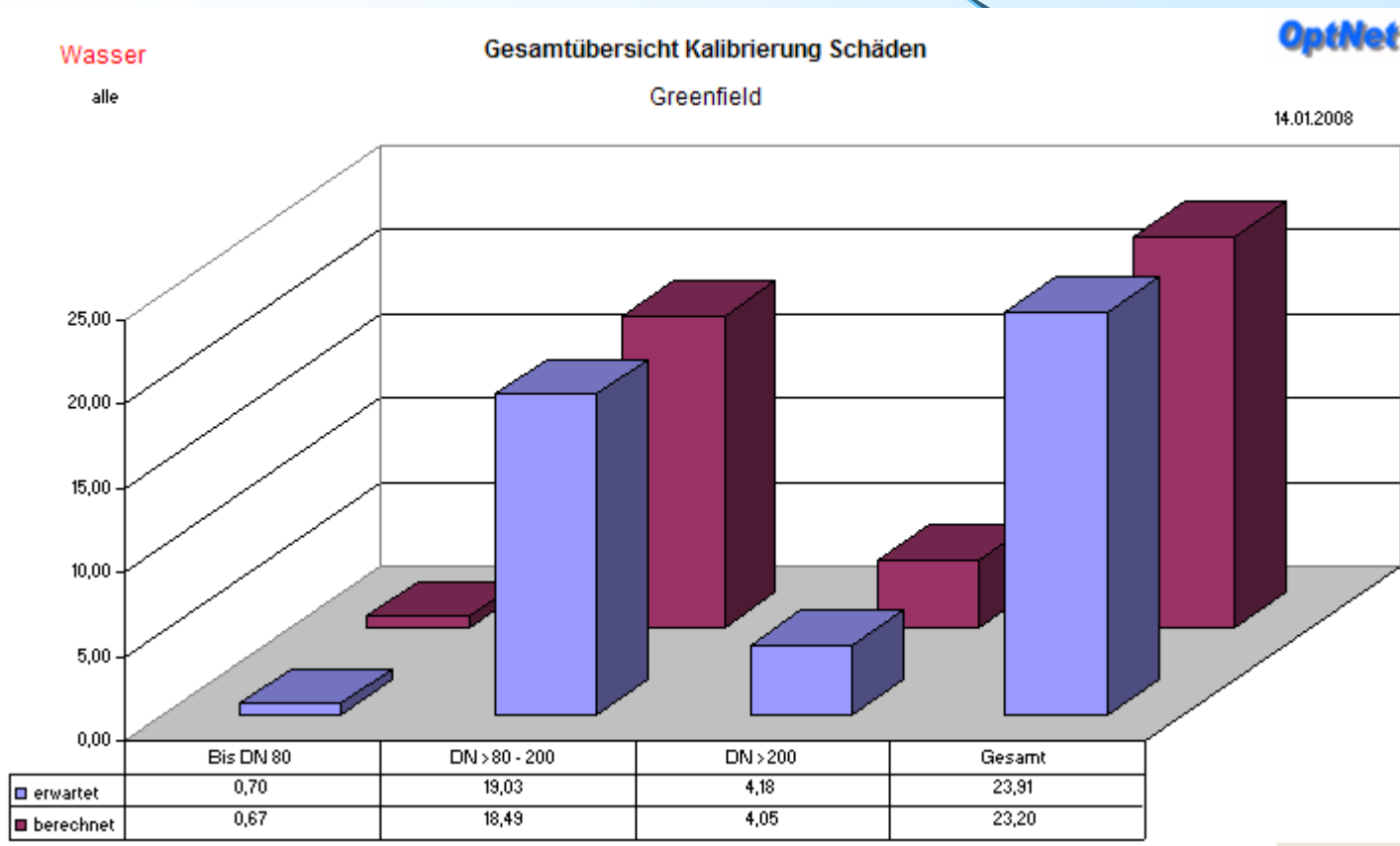
1.1.2 Kalibrierung der Stressfaktoren

(Historische Schäden und berechnete Schäden)



1. Schritt: Ist-Zustand

1.1.3 Gesamtergebnis der Kalibrierung der Schadensfunktionen



JA3

Gegenüberstellung der tatsächlich erwarteten Schäden und der berechneten Schäden.

Die Abweichung beträgt $571/569=0.4\%$

Ahrens; 23.08.2007

1. Schritt: Ist-Zustand

1.1.4 Prognose der Schadenentwicklung bis 2027 bei fehlender Rehabilitation

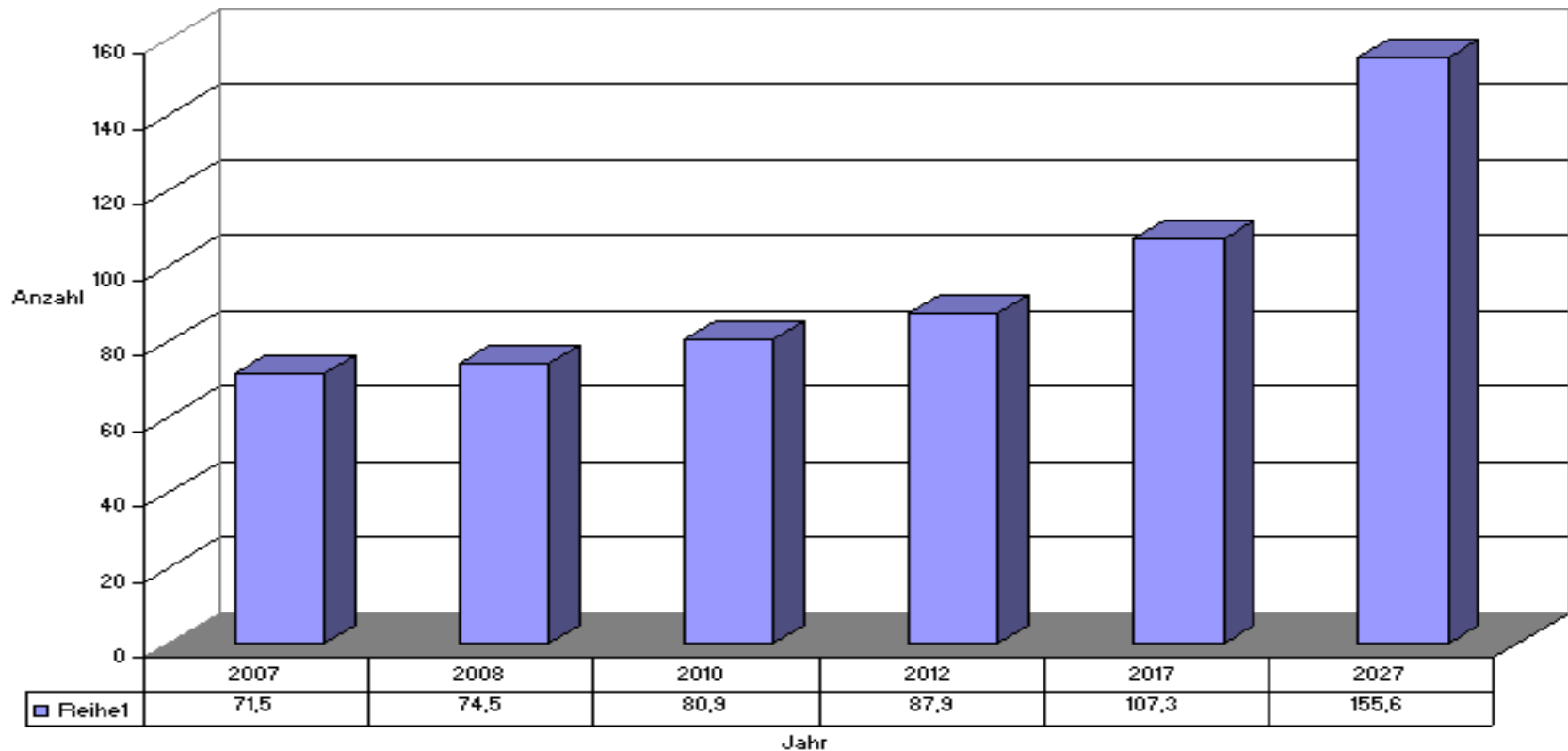
Wasser
alle

Schadensprognose für 20 Jahre

OptNet

Greenfield-Planung

26.11.2007

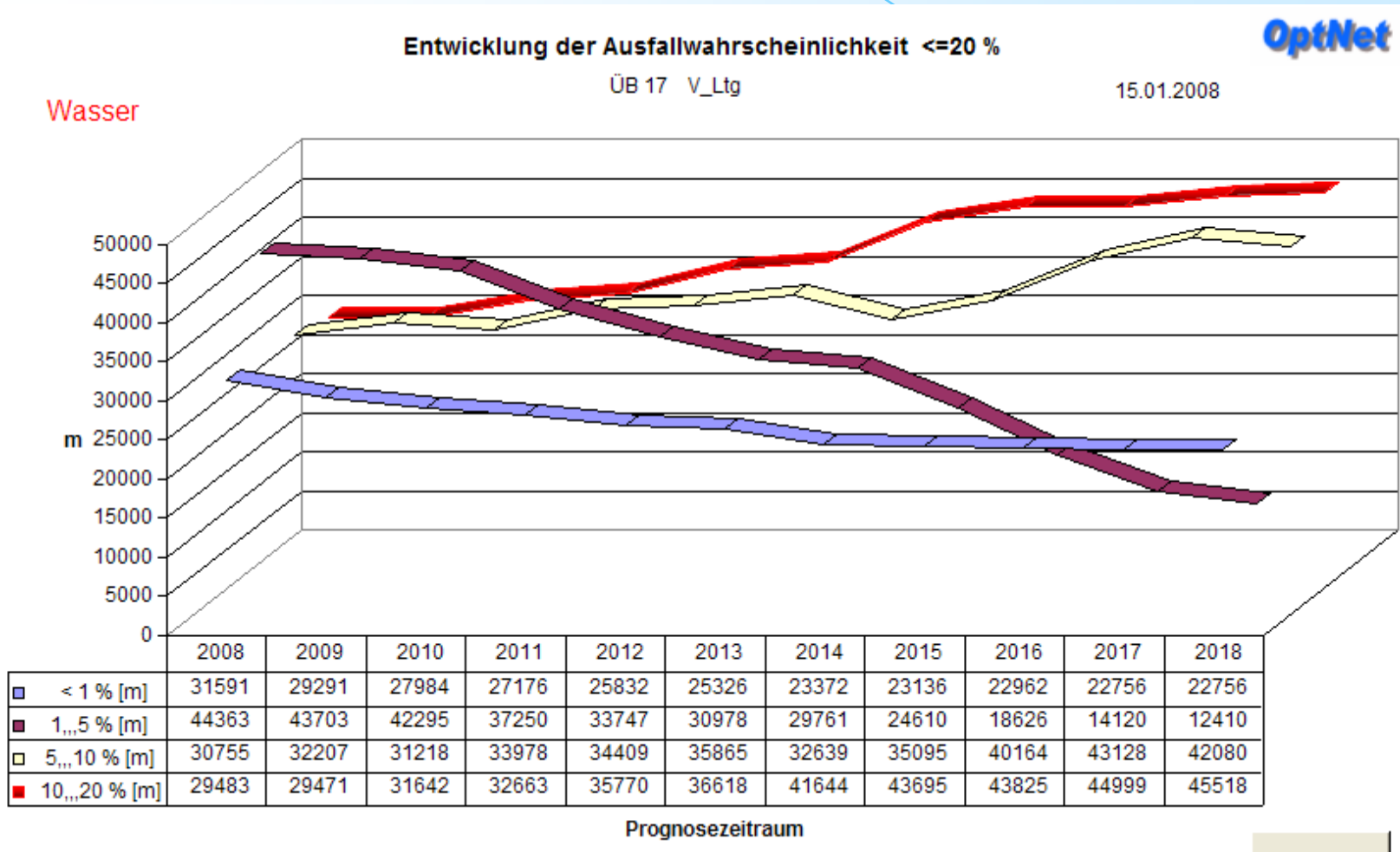


18.01.2008

FITR-Informationstagung 2008
Weimar

1. Schritt: Ist-Zustand

1.2.1 Zuverlässigkeit - Ausfallwahrscheinlichkeit



1. Schritt: Ist-Zustand

1.2.2 Zustandsbewertung

Wasser

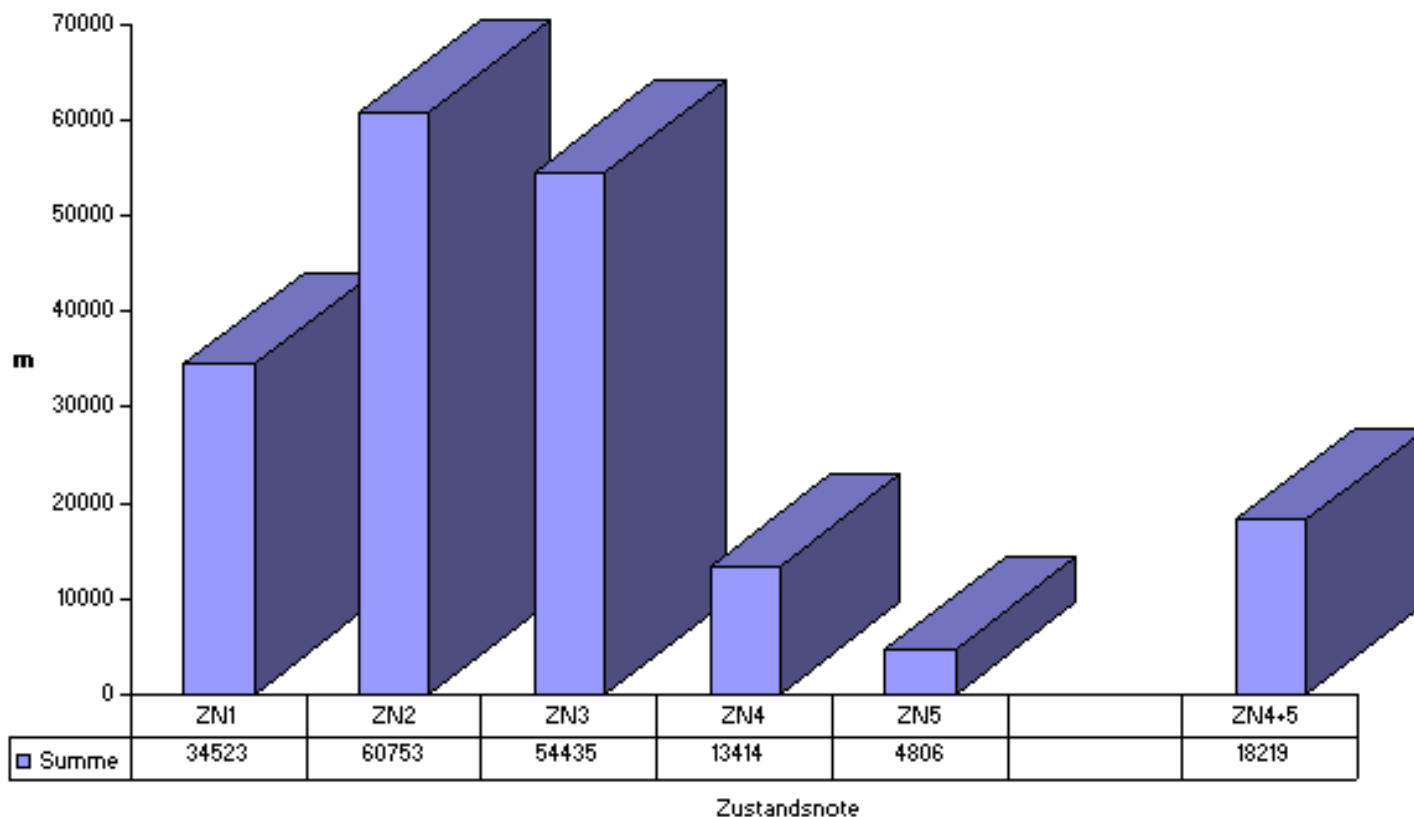
alle

Zustand2: Längen des Netzes nach dem Zustand

OptNet

Greenfield

14.01.2008



18.01.2008

FITR-Informationstagung 2008
Weimar

JA1

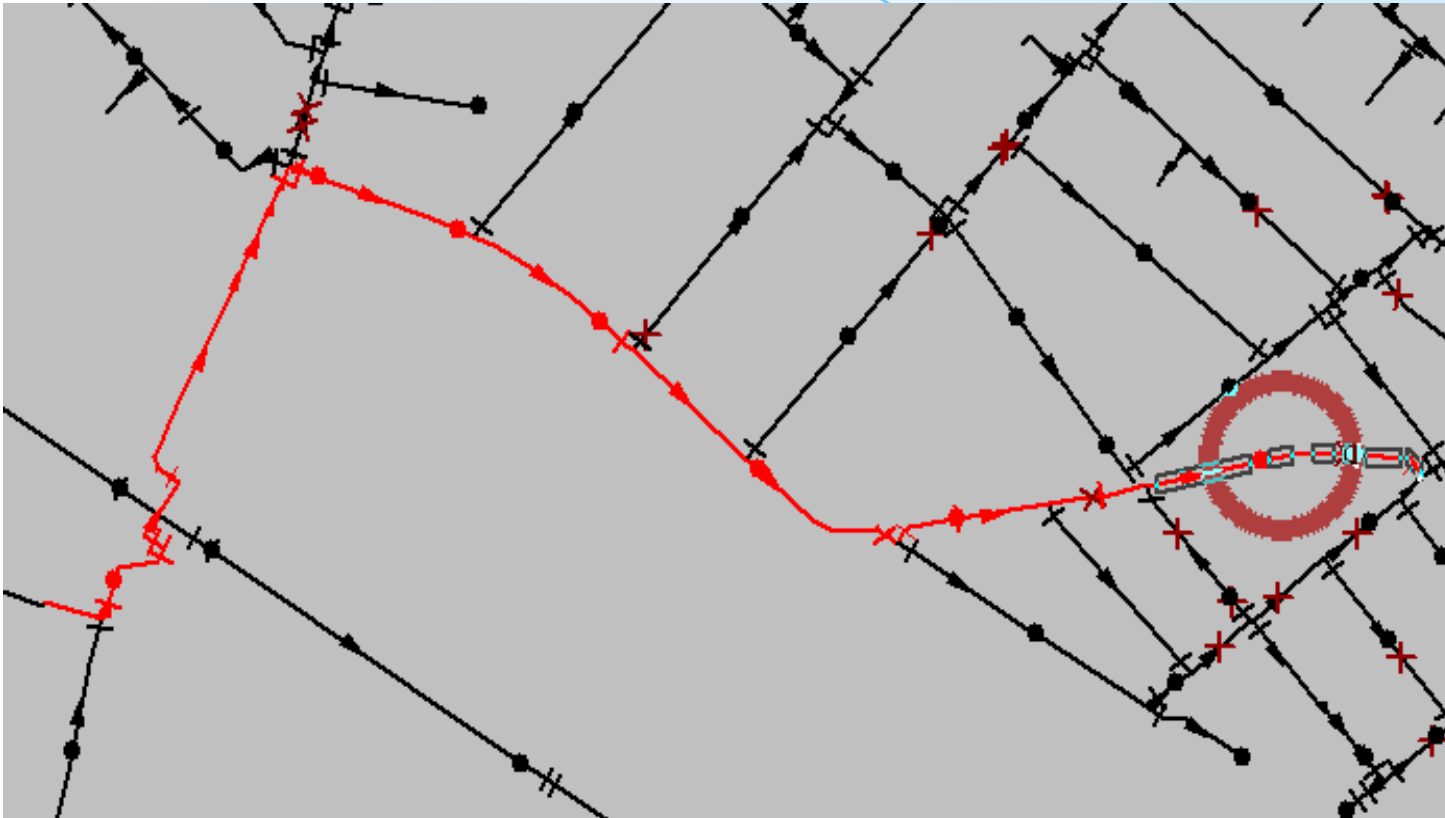
Die Materialgenerationen können bearbeitet werden, d.H. es kann festgelegt werden, von bis wann welche Materialgeneration verwendet wurde.

Ahrens; 23.08.2007

1. Schritt: Ist-Zustand

OptNet

1.2.3 Zuverlässigkeitsuntersuchung – für Einzelabschnitte oder ganze Netze



Zuverlässigkeit
Mittlere Dauer bis zum Ausfall
Nichtverfügbarkeit

mittlere Ausfalldauer
Ausfallwahrscheinlichkeit
Summe Ausfalldauer

JA12 Die Zuverlässigkeit wird für den einzelnen Netzabschnitt und hier für eine "Kette" bestimmt. Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Kette ist höher als die des Individuums. Es wird aber auch die Versorgung von der Gegenseite untersucht und daraus die Versorgungssicherheit abgeleitet. Berechnungswerte sind die Druckverhältnisse vor und während der Sperrung an der untersuchten Leitung. Die Berechnung erfolgt $n-1$ mal, also für jeden Netzabschnitt!

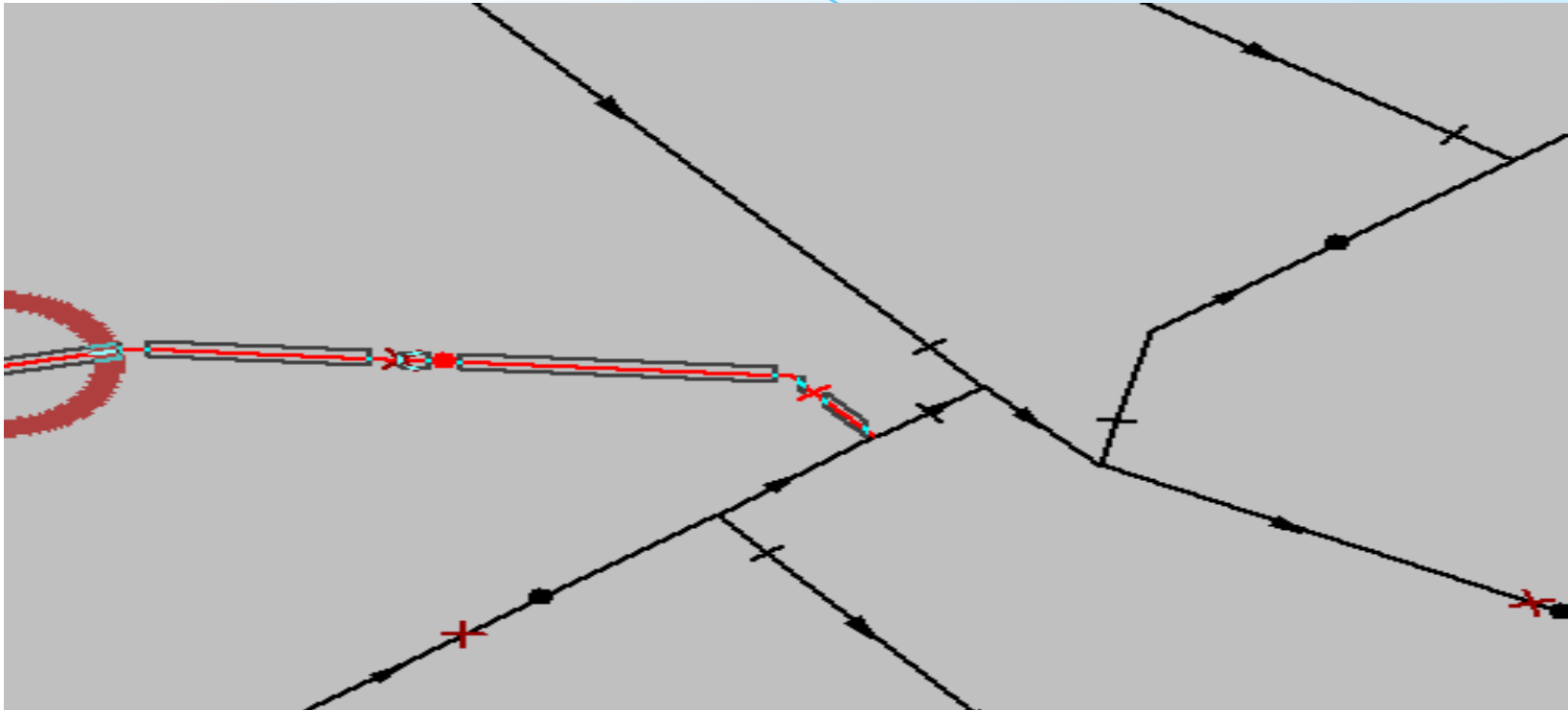
Ahrens; 23.08.2007

JA14 Jeder Netzabschnitt wird im Kontext seiner Umgebung (serielle Verbindungen oder Ketten) untersucht und durch Simulation von Sperrmaßnahmen die Auswirkungen auf den Abnehmer untersucht.

Ahrens; 23.08.2007

1. Schritt: Ist-Zustand

1.2.4 Bestimmung der Versorgungssicherheit



- Simulation einer Störung auf der Versorgerseite und hydraulische Durchrechnung des Netzes und Auswertung der Auswirkungen (Druck, Fließrichtung, Menge und Fließgeschwindigkeit)
- Bestimmung der Versorgungssituation des untersuchten Abschnittes (Versorgung von der Gegenseite – Druck und Menge)

2. Schritt: Wert des Netzes

2.1.1 Kalibrierung der Wiederbeschaffungswerte

Wasser

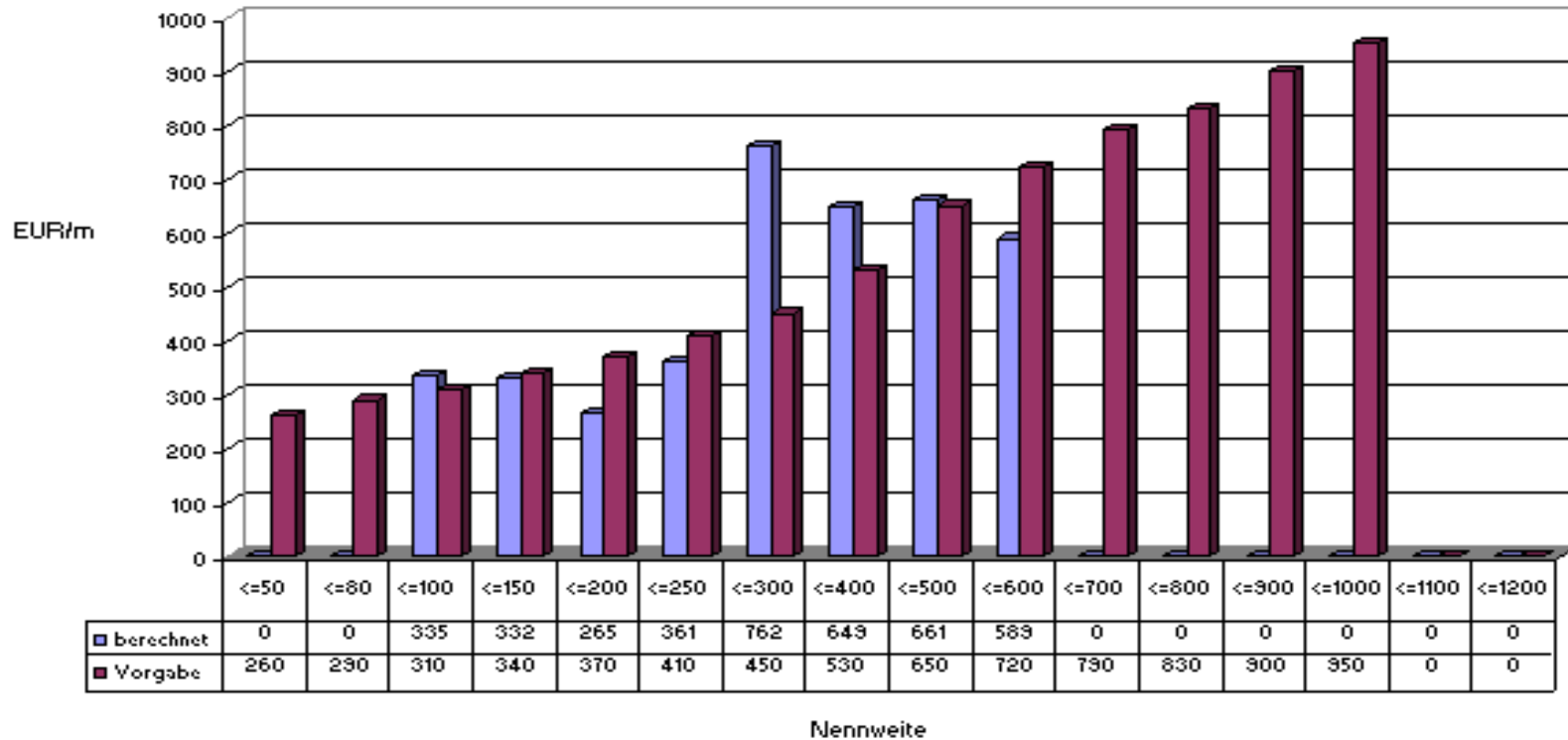
alle

Invest1: Investitionen Vorgaben und berechnet

OptNet

Greenfield

14.01.2008



2. Schritt : Wert des Netzes

2.1.2 Wiederbeschaffungswert des Netzes im Jahr 2008

Wasser

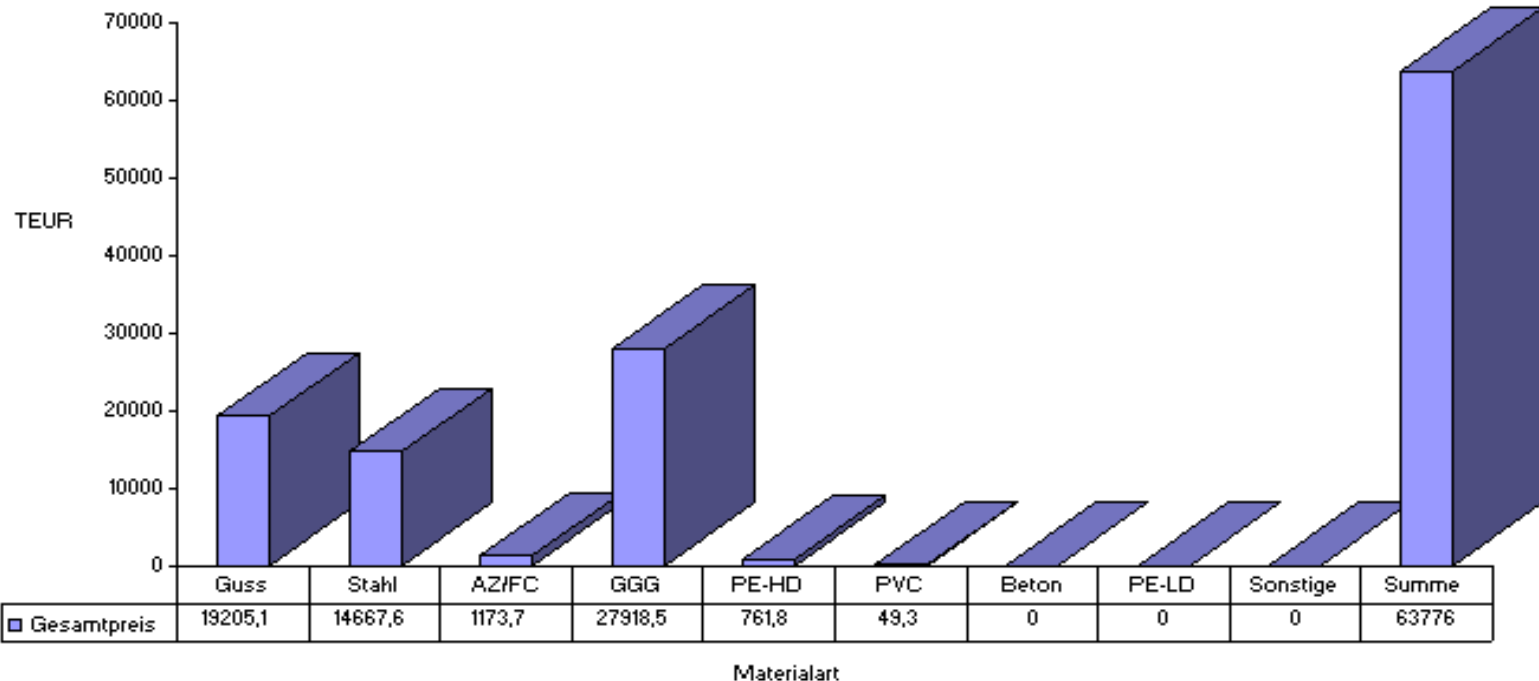
alle

Kalkulierter Wiederbeschaffungswert des Netzes

OptNet

Greenfield

14.01.2008



18.01.2008

FITR-Informationstagung 2008
Weimar

JA6 Hinweis auf 840 Mio. € WBW.
Später zeigen Sie den Zeitwert oder Substanzwert
Ahrens; 23.08.2007

2. Schritt: Wert des Netzes

2.2.1 Substanzwert des Netzes im Jahr 2008

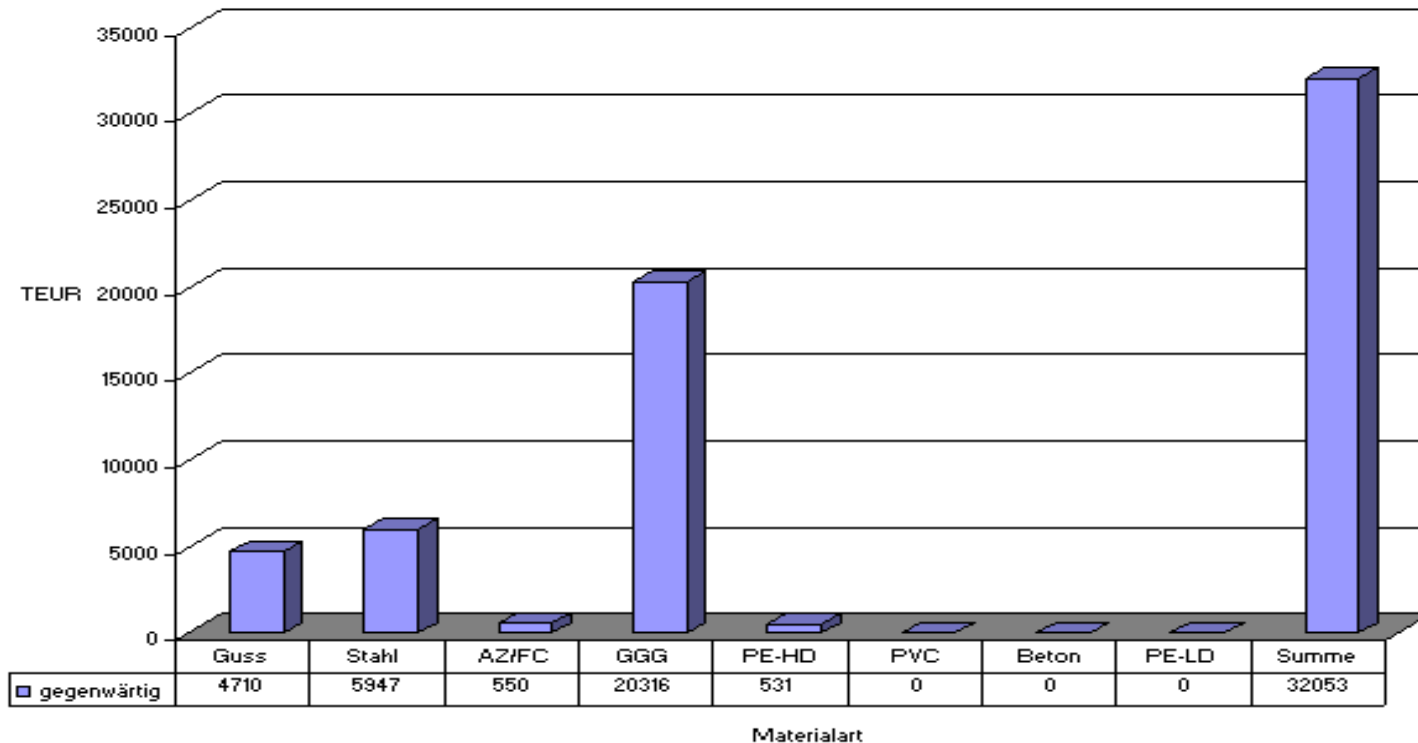
Wasser
alle

Gegenwärtiger Sachzeitwert

OptNet

Greenfield

14.01.2008



MKZ

Der Abnutzungsvorrat beträgt gerade 50 % des WBW!

18.01.2008

FITR-Informationstagung 2008
Weimar

2. Schritt : Substanzverlust

2.2.2 Substanzverlust des Netzes bis 2017

Wasser

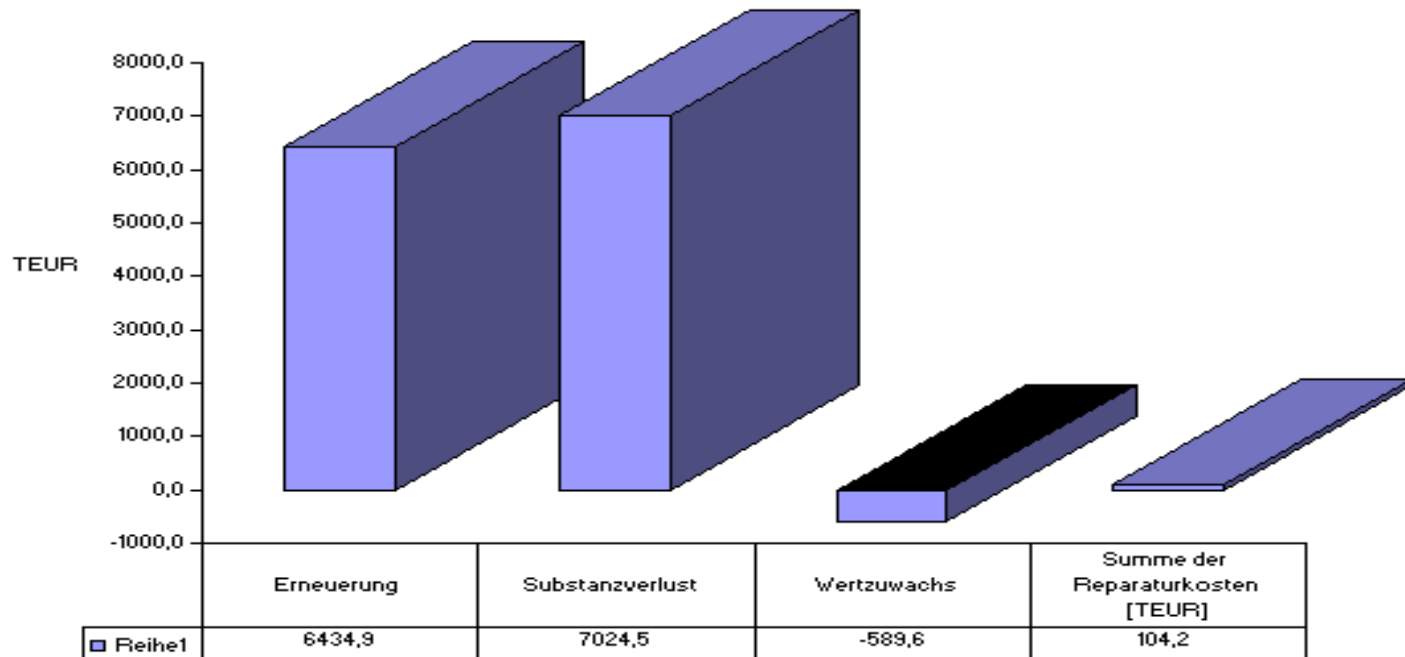
Reha 23: Erneuerungsinvestitionen, Substanzverlust und Einsparung an Reparaturkosten für 10 Jahre(mit Reha)

OptNet

alle

Greenfield

14.01.2008



Jährlicher Substanzverlust ca. 0,70 Mio. € = Daseinsvorsorge

18.01.2008

FITR-Informationstagung 2008
Weimar

2. Schritt: Optimale Nutzungsdauer

2.2.3 Optimale Nutzungsdauer eines realen Netzes

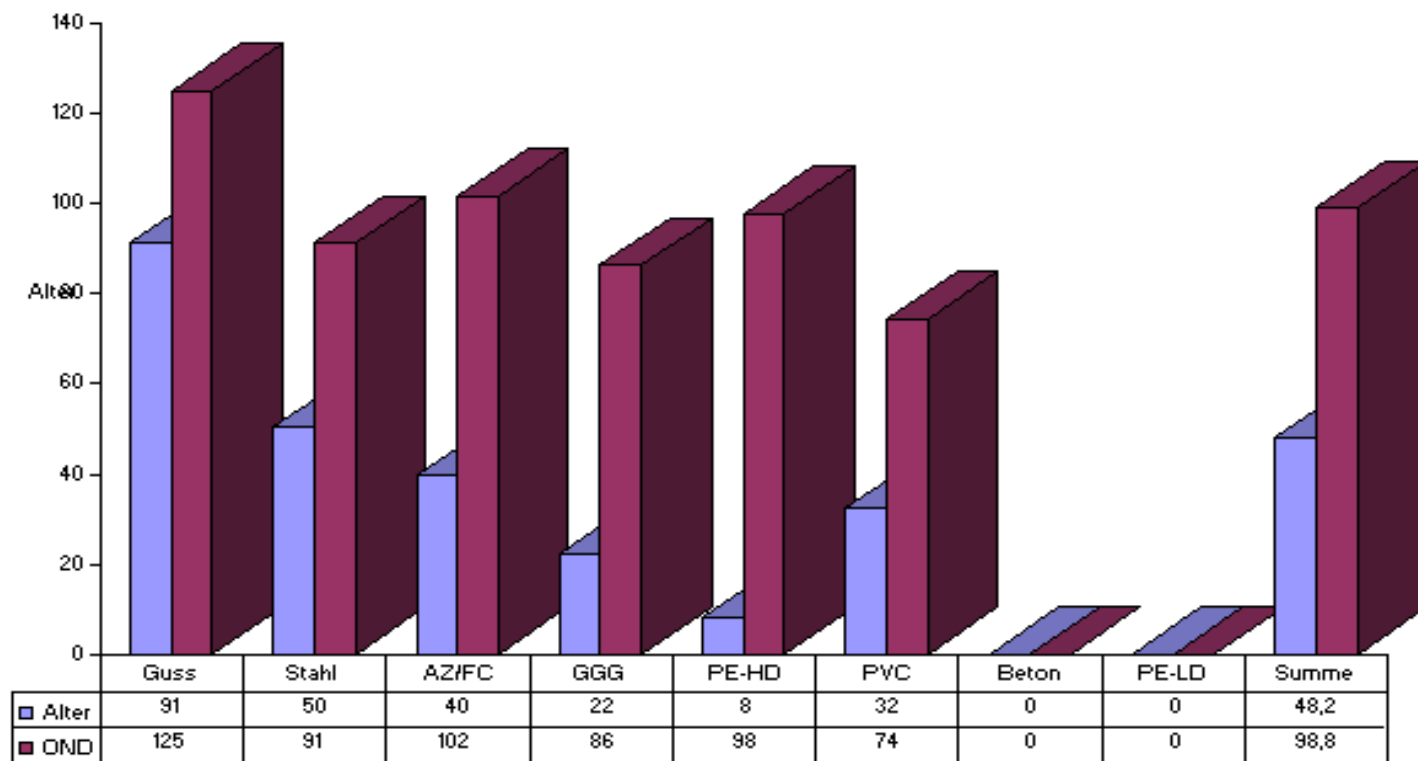
Wasser
alle

Optimale Nutzungszeit und Alter

OptNet

Greenfield

14.01.2008



Alter, optimale Nutzungsdauer pro Materialart

TKZ zurück

JA5

Die mittlere Nutzungsdauer beträgt 94 Jahre, das Alter bereits 48,4 Jahre
Damit wird klar, dass der Substanzwert des Netzes nur noch ca. 50 % betragen kann!

Ahrens; 23.08.2007

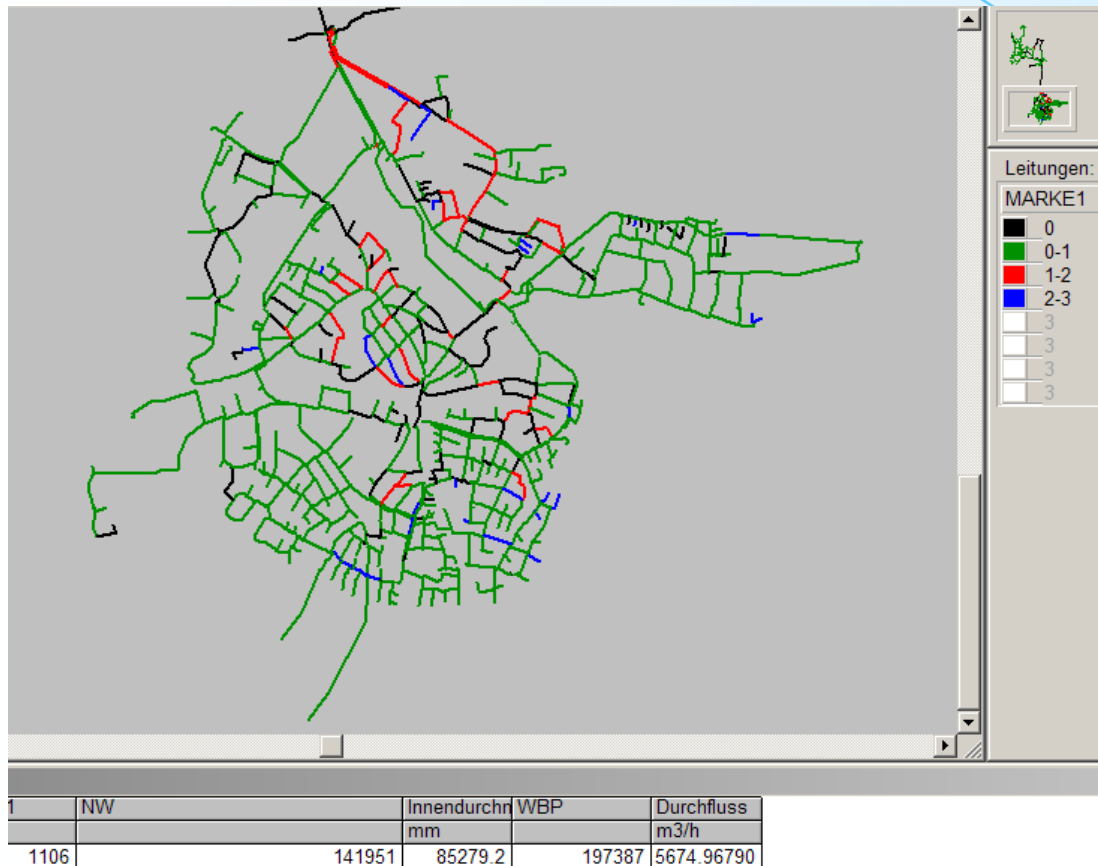
3. Schritt: Optimale Netzgestaltung

3.1 Optimierungsschritte

1. Kritische Randbedingungen festlegen: Druck, Menge; Grundbedarf, Objektschutz, Verbrauchsentwicklung
2. Bestimmung der optimalen Durchmesser ohne Grundbedarf und Objektschutz mit STANET
3. Berechnung mit Grundbedarf und Objektschutz
4. Minimierung des Investitionsaufwandes durch
 1. Möglichst wenig Durchmesserergrößerungen
 2. Vorschlag moderner Rehabilitationsverfahren (Rohrrelining, Press/Zieh, Berstlining)
 3. Minimierung der Hydranten
 4. Minimierung der Reglerstationen
 5. Gestaltung der Druckzonen

3. Schritt: Optimale Netzgestaltung

3.2 Modifizierte Greenfield-Planung (Durchmesseroptimierung)



Rot = zu klein
 Schwarz = korrekt
 Grün = zu groß
 Blau = viel zu groß

Summe vorhandener Nennweiten:
 141.951
 Summe optimierter Nennweiten:
 85.279
Optimierungsgrad Durchmesser:
60,0 %
Optimierungsgrad Wieder-
beschaffungswert:
94,7 %

Das Ziel-Netz liegt auf dem Ist-Netz – Abweichungen vom Optimum sind sofort sichtbar!

JA13

Ein Benchmark ist das Verhältnis des WBW heute zu dem optimierten Netz.

Der Optimierungsgrad wird zukünftig die Einsparungen beim Einsatz moderner Reha-Verfahren berücksichtigen.

Ahrens; 24.08.2007

4. Schritt: Rehabilitationsstrategie

4.1 Optimierte Rang- und Reihenfolge der Maßnahmen

- **Rangfolge** der Maßnahmen kann nach verschiedenen Kriterien festgelegt werden
 - Erhalt der Zuverlässigkeit/Schäden
 - Versorgungssicherheit nach Verbraucherklassen
 - Bedeutung für die Versorgung
 - der Kostenreduzierung durch Relining u.a. Verfahren
- Jede Maßnahme kann durch eine kurze Baudokumentation dokumentiert werden.
- Die Bewertungsergebnisse können an andere Systeme (NAM, GIS, SAP, EXCEL...) übergeben werden.

4. Schritt: Rehabilitationsstrategie

4.2 Bestimmung der Rangfolgen

Mat.-Art	Länge	Bau...	ZN	Schäd...	Zustan...	Bedeut...	Aufwand...	Gesamtbewer...	Amor...	Ausfall	D
ST2	90.8	1941	5	2	95	72	46	69	17	71	
ST2	492.4	1942	5	3	99	72	24	66	19	81	
ST4	445.2	1989	5	4	97	77	11	64	41	85	
ST2	54.5	1941	5	2	95	72	16	63	22	97	
ST3	62.8	1951	5	2	54	72	75	58	26	71	
ST3	21.3	1954	5	2	54	72	75	58	19	71	
GG3	154.1	1941	5	2	71	72	42	58	27	71	
ST2	120.2	1927	5	4	67	72	42	57	21	91	
GG1	165.3	1881	5	2	55	72	69	57	33	71	
ST2	28.9	1941	4	1	78	72	20	57	21	46	

Standard-Bewertungsanteile

Anteil Zustand **040.00** %

Anteil Bedeutung **030.00** %

Anteil Aufwand **020.00** %

Anteil Versorgungssicherheit **010.00** %

JA4

Die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer wird zunächst von 3 Größen bestimmt:

Wiederbeschaffungswert

Reparaturkosten

Anstieg der Schadensfunktion

Die anderen Faktoren verändern das Ergebnis nur gradual.

FGrenzN = Faktor Grenznutzungsdauer (nur Gasnetze)

FInkr = Faktor für Inkrustationen, die die leistungsfähigkeit senken und die Kosten erhöhen.

FRisiko = Faktor für das Risiko (kombination aus der Ausfallwahrscheinlichkeit, dem Zustand und bei Gasnetzen des Abstandes zu den Gebäuden)

Gesucht wird das Kostenoptimum aus den Investitionskosten und den Reparaturkosten.

Ahrens; 23.08.2007

4. Schritt: Rehabilitationsstrategie

4.3 Umfang der notwendigen Maßnahmen

Umfang der Maßnahmen wird bestimmt von

- der technisch notwendigen Rehabilitationsrate
- dem Substanzerhalt (Nutzungsentgelte!)
- dem angestrebten Optimierungsgrad
- Risikobegrenzung
- Versorgungssicherheit
- Rentierlichkeit der Maßnahme (Gas)

Das Budget begrenzt die Maßnahmen!

4. Schritt: Optimale Netzgestaltung

4.4 Liste der Baumaßnahmen

Länge	Bau...	ZN	Sch...	Zustan...	Bedeut...	Aufwa...	Gesam...	Amor...	Ausfall	Druck...	Rep-K...	WBP/m	M...	REHA	E
73.1	1916	5	2	54	72	38	51	25	83	0.000	307	327	8	2010	
85.9	1929	5	3	59	72	31	51	25	90	0.000	504	424	8	2010	
102.4	1912	5	2	54	72	38	51	25	82	0.000	306	226	8	2010	
97.3	1879	5	2	55	62	42	49	21	89	0.000	580	291	8	2009	
88.0	1878	5	2	55	72	42	52	21	92	0.000	540	313	8	2009	
90.8	1941	5	2	95	72	46	69	17	71	0.000	1069	365	8	2009	
54.5	1941	5	2	95	72	16	63	22	97	0.000	891	865	8	2009	
64.1	1989	1	0	19	52	33	30	41	2	0.000	4	299	3	2009	
445.2	1989	5	4	97	77	11	64	41	85	0.000	140	827	3	2009	
69.2	1914	5	2	55	62	42	49	21	81	0.000	415	289	8	2009	
492.4	1942	5	3	99	72	24	66	19	81	0.000	7814	587	8	2009	
88.3	1894	5	2	54	72	42	52	21	93	0.000	561	309	8	2009	
6.6	1878	5	2	55	57	42	48	22	93	0.000	40	325	8	2009	
83.6	1878	5	3	59	72	38	53	23	93	0.000	513	358	8	2009	
154.5	1925	5	3	59	72	42	54	23	81	0.000	524	210	8	2009	
36.8	1912	5	2	55	72	42	52	18	71	0.000	316	309	8	2009	
59.8	1925	5	2	55	72	42	52	25	80	0.000	294	356	8	2009	
106.2	1889	5	2	54	72	42	52	20	95	0.000	745	309	8	2009	
79.5	1997	1	0	17	62	29	31	41	1	0.000	5	285	0		

Automatische Baudokumentation !

4. Schritt: Optimale Netzgestaltung

4.5 Kontrolle der Optimierung

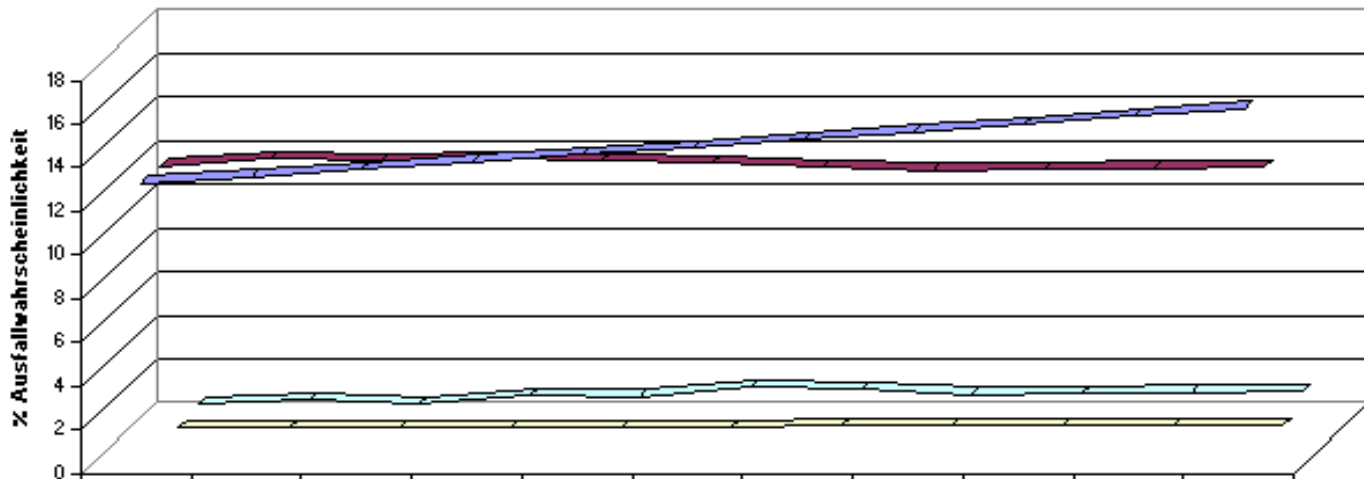
Wasser

Ausfallprognose

OptNet

ÜB 17 V_Ltg

15.01.2008



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
■ mittl, Ausfallw, [%] ohne Reha	13,04	13,36	13,69	14,02	14,36	14,7	15,05	15,41	15,76	16,12	16,47
■ mittl, Ausfallw, [%] mit Reha	13,04	13,36	13,29	13,36	13,24	13,18	12,97	12,83	12,87	12,92	12,97
□ Plan-Budget [MIO. EURO]	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
□ Länge Ersatz [km]	0,509	0,721	0,492	0,877	0,832	1,288	1,164	0,948	1,013	1,038	1,065

Prognosezeitraum

Entwicklung der Ausfallwahrscheinlichkeit

4. Schritt: Optimale Netzgestaltung

4.6 Ergebnisse pro Planjahr

Entwicklung des Netzes bei einem gewählten Budget:

- Wiederbeschaffungswert, Substanzwertes
- Ausfallwahrscheinlichkeit und Schäden,
- Zuverlässigkeit nach Verbraucherklassen
- Optimale Nutzungsdauer, Mindestrehabilitationsrate
- Erneuerungsrate nach den Rehabilitationsverfahren
 - Konventionell, Relining, Berstlining, Press/Ziehverfahren
- Einsparungen durch Einsatz von Rehabilitationsverfahren
- Reparaturaufwand und eingesparte Reparaturkosten

5. Systemkomponenten

