

Alle Wasserversorger sind vergleichbar – oder nicht?

Regionale Rahmenbedingungen beeinflussen die Wasserversorgung erheblich. Die hier vorgestellte Verfahrensentwicklung ermöglicht die Berücksichtigung solcher strukturellen Merkmale für Vergleichszwecke im Benchmarking. Mit 45 Pilotunternehmen wurde das Verfahren getestet und erstmalig in der Praxis angewendet.

Regionale, vom Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbare Rahmenbedingungen prägen die erforderlichen Aufwendungen für die Aufrechterhaltung und Sicherstellung der Wasserversorgung stärker als andere Versorgungsleistungen. Dieser Aspekt lässt sich in Vergleichen von Wasserversorgungsunternehmen und Wasserversorgungsleistungen, wie sie in Kennzahlenvergleichen und Benchmarkingprojekten durchgeführt werden, bislang nicht ausreichend

berücksichtigen. Allein tariforientierte Vergleiche reichen nicht aus, um die aus dem Versorgungsgebiet heraus resultierenden Unterschiede im technischen, personellen und finanziellen Aufwand widerzuspiegeln. Vor diesem Hintergrund entwickelt der DVGW-Projektzirkel „Benchmarking“ mit dem IWW Zentrum Wasser in Mülheim an der Ruhr im DVGW-Forschungsvorhaben W11/01/10 ein methodisch abgesichertes Vergleichsverfahren in folgenden Arbeitsschritten:

- Beschreibung verschiedener struktureller Bedingungen und Identifizierung der relevanten Strukturmerkmale auf Hauptprozessebene,
- Auswahl geeigneter Aufwands- und Leistungskriterien zur Bewertung des Einflusses dieser Strukturmerkmale auf Sicherheit, Qualität, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit der Wasserversorgung,
- Datenerhebung mit 45 teilnehmenden Wasserversorgern und statistischer Aus-

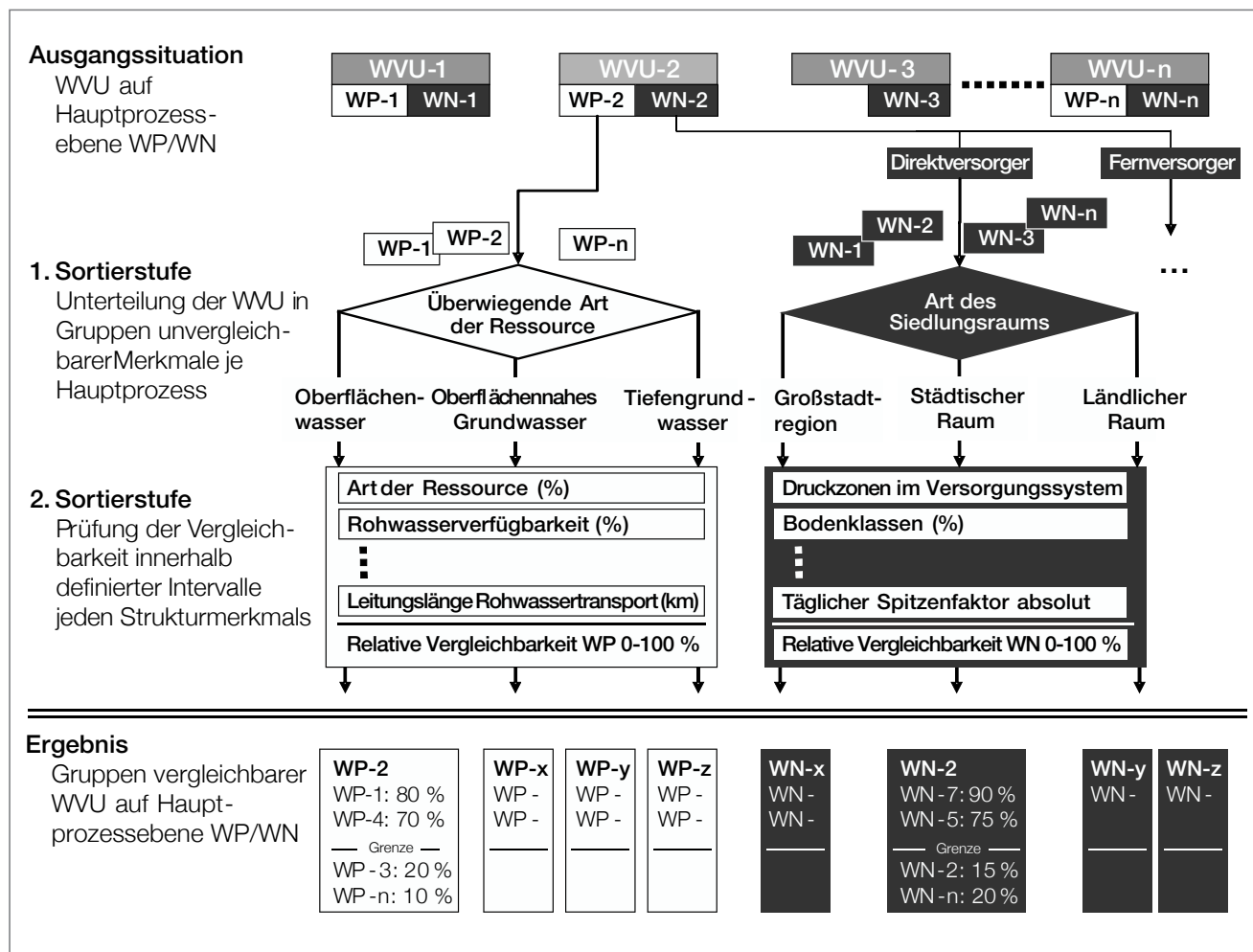


Abb. 1: Zweistufige Ermittlung relativ vergleichbarer Unternehmen

Quelle: IWW

Tabelle 1: Strukturmerkmale der Wasserproduktion (WP)		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Vergleichsintervall
1. Geologie/Hydrologie		
Art der Ressource	Oberflächenwasser	± 33 %
	Oberflächennahes Grundwasser	
	Tiefengrundwasser	
Rohwasserverfügbarkeit am Standort	Lokale Verfügbarkeit der Rohwasserressourcen	± 25 %
2. Gefährdungen im Einzugsgebiet		
Gefährdung der Ressource (Index von 0 bis 3 mit ja = 1, nein = 0)	Gefährdung durch Land- und Forstwirtschaft (j/n)	± 1
	Gefährdung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie (j/n)	
	Geogene Gefährdungen oder besondere Belastungen (j/n)	
Belastung der Ressource Index von 0 bis 3 (ja/nein)	Parameter gemäß TrinkwV 2001, die mit Grenzwerten belegt sind (ohne Indikatorparameter) (j/n)	± 1
	Besondere Parameter (Minimierungsgebot) (j/n)	
	Steigende Trends (j/n)	
3. Wassergüte (Rohwasser)		
Grad der Aufbereitung	Keine Aufbereitung	± 25 %
	Konventionelle Aufbereitung	
	Weitergehende Aufbereitung	
4. Standortspezifische Bedingungen		
Entnahmekapazität	Durchschnittliche Entnahmekapazität für oberflächennahes Grundwasser und Tiefengrundwasser	± 40 m³/Bauwerk/h
	Durchschnittliche Entnahmekapazität für Oberflächenwasser	± 1.000 m³/Bauwerk/h
Förderhöhe Rohwassertransport	Manometrische Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwassertransport	± 50 m
Leitungslänge Rohwassertransport	Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen	± 20 km

Quelle: IWW

wertung zur Überprüfung der Eignung der ausgewählten Strukturmerkmale,

- Entwicklung und praktische Anwendung eines robusten Verfahrens zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen.

Das Vorhaben baute auf den Ergebnissen des vorlaufenden DVGW-Projektes W 11/01/09 auf (Weiß et al., 2010). Erste Zwischenergebnisse wurden bereits bei Merkel et al. (2011) dargestellt.

Strukturmerkmale der Wasserversorgung

Die zu leistenden Aufgaben verschiedener Wasserversorgungsunternehmen (WVU) unterscheiden sich oft erheblich. Anlagen und Prozesse der Wasserversorgung variieren in Abhängigkeit von naturräumlichen Begebenheiten sowie vorhanden Infra- und Siedlungsstrukturen. Um das zu entwickelnde Vergleichsverfahren möglichst transparent und gleichermaßen allgemein anwendbar zu gestalten, wird dieses auf der Hauptprozessebene aufgesetzt. Auf Grundlage der Ergebnisse der Piloterhebung zur Validierung des Sortierverfahrens wurden zwei Hauptprozesse „Wasserproduktion“ (WP) und „Wassernetze“ (WN) de-

finiert. In beiden Hauptprozessen wurden wesentliche Strukturmerkmale ausgehend von den Kontextinformationen und Kennzahlen des IWA-Kennzahlensystems Wasserversorgung (Hirner und Merkel, 2005) definiert.

Daraus wurden in der Projektarbeit wesentliche Strukturmerkmale identifiziert – acht für die Wasserproduktion, neun für die Wassernetze der Direktversorgung bzw. sieben für Fernversorgungsnetze. Für jedes dieser Strukturmerkmale wurde ein Vergleichsintervall definiert, mit der Aussage, dass innerhalb dieses Intervalls zwei Unternehmen unter vergleichbaren Bedingungen arbeiten (Tab. 1 und 2).

Die Vergleichsintervalle wurden zum einen entsprechend den Ergebnissen der Datenerhebung festgelegt. Ausschlaggebend waren die Bandbreite der bewerteten Strukturmerkmale und ihre Auswirkungen auf die ausgewählten Leistungs- und Aufwandsparameter. Zum anderen sind technische und operative Vorgaben, die sich aus Strukturmerkmalen ergeben, in Gesetzen (u. a. Trinkwasserverordnung) und in technischen Normen (ISO/CEN/DIN und DVGW-Regelwerk) festgelegt. Beispiele

dafür sind die Auswahl von Druckstufen im Leitungsbau oder Anforderungen an das Qualitätsmonitoring für die Oberflächenwassergewinnung.

Für jedes Strukturmerkmal wurden mehrseitige Datenblätter entwickelt, die neben der Definition und Beschreibung den naturwissenschaftlich-technischen Hintergrund mit Bezug zum DVGW-Regelwerk darstellen. Diese Datenblätter helfen dem Wasserversorger bei der Identifizierung und Kommunikation seiner strukturellen Eigenheiten und der damit einhergehenden Unterschiede zu anderen Unternehmen. Die aus technischer Sicht zu erwartenden Auswirkungen des Strukturmerkmals auf erforderliche Investitionen sowie den Betriebsaufwand (aufwandserhöhend bzw. -senkend) werden ebenfalls benannt.

Verfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von Wasserversorgern

Ziel des zweistufigen Sortierverfahrens ist die Bildung von Vergleichsgruppen zu einem bestimmten Wasserversorgungsunternehmen innerhalb des jeweiligen Hauptprozesses. Das Sortierverfahren betrachtet zusammenhängende Versorgungsgebiete ei-

Tabelle 2: Strukturmerkmale der Wassernetze (WN) für Direktversorgungsunternehmen ¹⁾

Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Vergleichsintervall
5. Topografie und Versorgungsgebiet		
Art des Siedlungsraums (überwiegend)	Großstadtregion	> 50 %
	Städtischer Raum	
	Ländlicher Raum	
Druckzonen im Versorgungssystem (Anzahl)	Anzahl Druckzonen	± 10
Bodenklassen (%)	Bodenklassen für Tiefbauarbeiten	± 50
Besondere Gefährdungen (ja = 1, nein = 0)	Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme aus Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o. ä.	± 0
6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp		
Bevölkerungsänderung (%/a)	Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre	± 2,5
Spezifischer Wasserverbrauch je EW (l/EW/d)	Durchschnittlicher spezifischer Wasserverbrauch für Haushalts- und Kleingewerbe je Einwohner und Tag	± 20
Abgabe an Gewerbe und Industrie (%)	Anteil der Wasserabgabe in Form von Direktversorgung an Gewerbe und Industrie	± 10
Metermengenwert (m ³ /m)	Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)	± 10
Hausanschlussdichte (HA/km ²)	Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Größe des Versorgungsgebiets	± 50
Täglicher Spitzenfaktor absolut (-)	Maximaler Tagesverbrauch der letzten 10 Jahre	± 0.15
¹⁾ Für die Wassernetze der Fernversorgungsunternehmen wurden sieben teilweise abweichende Strukturmerkmale festgelegt: Metermengenwert, Höhendifferenz in Relation zum Haupteinspeisepunkt, Druckzonen, Bodenklassen, besondere Gefährdungen, Bevölkerungsänderung, täglicher Spitzenfaktor.		

Quelle: IWW

nes Unternehmens, in denen ein einheitliches Tarifsysteem gilt. Für ein derartiges Gebiet mit homogenem Wasserpreis werden alle Strukturmerkmale sowie die Leistungs- und Aufwandskennzahlen gemittelt. Dies gilt auch bei sehr heterogenen Randbedingungen innerhalb dieses Versorgungsgebiets. Für das Beispiel einer großstädtischen Kernregion mit einem ländlich geprägten Umland werden demnach mittlere Hausanschlussdichten ermittelt, oder bei verschiedenen Rohwasser-Ressourcen in verschiedenen Teilbereichen werden die Anteile von Oberflächenwasser, geschütztem und oberflächennahem Grundwasser über das gesamte Gebiet betrachtet. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich in einem einheitlichen Tarifsysteem die Unterschiede innerhalb des Versorgungssystems ausgleichen werden.

Das Sortierverfahren setzt jeweils auf der Hauptprozessebene (Wasserproduktion und Wassernetze) an, wobei den einzelnen Prozessen verschiedene definierte Strukturmerkmale zugeordnet werden. Es ist möglich, dass ein Wasserversorgungsunternehmen nur einen der beiden Hauptprozesse ausführt (Abb. 1 WVU-3 ausschließlicher WN).

Die *erste Sortierstufe* differenziert nach Merkmalen, die zu einer grundsätzlichen Nichtvergleichbarkeit der gebildeten Klassen für den jeweiligen Hauptprozess führen. Ziel der ersten Sortierstufe ist die Trennung von grundsätzlich unvereinbaren Gruppen. Dabei wird nach den folgenden Merkmalsausprägungen sortiert:

- Hauptprozess Wasserproduktion:
 - Überwiegende Art (> 50 Prozent) der Rohwasserressource (Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser, Grundwasser),
- Hauptprozess Wassernetze:
 - Direktversorger: Art des Siedlungsraums (Großstadtregion, städtischer Raum, ländlicher Raum),
 - Fernversorger nach Metermengenwert (MMW) ($MMW \leq 60 \text{ m}^3/\text{m}$; $60 \text{ m}^3/\text{m} < MMW < 200 \text{ m}^3/\text{m}$, $MMW \geq 200 \text{ m}^3/\text{m}$)

Die *zweite Sortierstufe* wendet die definierten Strukturmerkmale zur weiteren Differenzierung an. Hierzu wurde für jede Merkmalsausprägung der einzelnen Hauptprozesse ein Intervall definiert, innerhalb dessen zwei Versorgungssysteme als vergleichbar bewertet werden (Tab. 1 und 2).

Die „relative Vergleichbarkeit“ zweier Unternehmen wird anhand der Anzahl der Übereinstimmungen innerhalb der einzelnen Strukturmerkmale definiert und skaliert ausgedrückt, sodass sich der Grad der relativen Vergleichbarkeit in einem Hauptprozess ergibt (z. B. 90-prozentige Übereinstimmung im Hauptprozess Wassernetze in der Gruppe der großstädtischen Verteilungssysteme). Als Ergebnis werden auf der Hauptprozessebene Vergleichsgruppen gebildet, welche zu einem Ausgangsunternehmen als vergleichbar anzusehen sind. Wie am Beispiel in Abbildung 1 dargestellt, findet das Unternehmen 2 (WVU-2) seine Vergleichspartner in den jeweiligen Gruppen für Wasserproduktion und Wassernetze. Aus der Methodik ergeben sich jeweils individuelle Vergleichsgruppen für jeden einzelnen Versorger, keine festen Vergleichspools.

Als Grenze für eine relative Vergleichbarkeit wird, basierend auf den Ergebnissen der Datenerhebung, ein Wert von mindestens 75 Prozent empfohlen, um eine hohe Ähnlichkeit der Vergleichspartner zu erreichen.

Um die Vorgehensweise zu verdeutlichen, sind in Tabelle 3 die Werte zweier Wasser-

DVGW-Fachgespräch Benchmarking zu Möglichkeiten und Grenzen der Vergleichbarkeit von Wasserversorgern

Der DVGW-Projektkreis „Benchmarking in der Wasserversorgung“ hat am 22. September 2011 ein Fachgespräch Benchmarking in Bonn durchgeführt. Mit Experten aus Versorgungsunternehmen, Forschung und Beratung sowie unter Beteiligung der Fachgremien in BDEW, DWA und VKU wurden aktuelle Aspekte der methodischen Weiterentwicklung des Benchmarkings diskutiert. Im Mittelpunkt des Interesses standen dabei die folgenden Fragen:

- Welchen Einfluss haben äußere strukturelle Rahmenbedingungen, die ein Versorger nicht beeinflussen kann, auf die Ausgestaltung eines Versorgungssystems und den technischen, personellen und finanziellen Aufwand der Leistungserbringung?
- Wie lassen sich strukturelle Unterschiede im Benchmarking für differenzierte prozessbezogene Unternehmensvergleiche und bei der Auswertung von Benchmarkingergebnissen berücksichtigen?

Das IWW stellte als Ergebnis eines DVGW-Forschungsvorhabens ein Verfahren zur strukturellen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen auf der Ebene von Hauptprozessen vor (s. a. Fachbeitrag von Merkel et al. auf S. 66-73). Anschließend wurde über erste Erfahrungen aus der BDEW-Kundenbilanz und die Berücksichtigung struktureller Kenngrößen des sogenannten „Holländer-Gutachtens“ im BkV des VKU berichtet.

In den konstruktiven Diskussionen zeichnete sich schnell ein Konsens darüber ab, dass strukturelle Rahmenbedingungen große Aufwandsunterschiede zwischen Versorgern bedingen und dass diese strukturellen Unterschiede sehr viel stärker als bislang im Benchmarking Berücksichtigung finden müssen. Das würde ein differenzierteres Vorgehen bei Unternehmensvergleichen erlauben.

Bei der Suche nach geeigneten Kenngrößen bestehen bereits große Übereinstimmungen zwischen den verschiedenen Vorhaben. Die Teilnehmer des Fachgesprächs sprachen sich für die Schaffung einer breiteren empirischen Datenbasis zur Überprüfung und Weiterentwicklung von Kenngrößen und Vergleichsverfahren aus, um deren Zuverlässigkeit und Plausibilität sicherzustellen. Gleichzeitig wurde vor dem Hintergrund der aktuellen Debatte um Preisvergleiche vor den Gefahren einer vorschnellen und unreflektierten Anwendung gewarnt. Eine Schlüsselrolle, so ein weiteres Fazit des Gesprächs, kommt daher dem DVGW-Regelwerk zu, das Kennzahlen zur Abbildung struktureller Rahmenbedingungen definieren und eindeutige Berechnungs- und Interpretationshinweise geben sollte.

Dipl.-Ing. Matthias Weiß (Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung),
Dr. Daniel Petry (DVGW)



Quelle: DVGW

versorgungsunternehmen im Bereich Wasserteile aufgeführt, welche als Ergebnis der 1. Sortierstufe der Großstadtregion zugeordnet werden. Während WWU 1 einen Versorger im großstädtischen Bereich mit mittlerem Wasserverbrauch und einer wachsenden Bevölkerung darstellt, handelt es sich bei WWU 2 um einen Wasserversorger aus den neuen Bundesländern, welcher den strukturellen Bedingungen eines geringen jährlichen Pro-Kopf-Wasserverbrauchs und einer innerhalb der vergangenen 20 Jahren stark sinkenden Bevölkerungszahl ausgesetzt ist.

Durch das Sortierverfahren werden die strukturellen Unterschiede der beiden Wasserversorger klar herausgestellt: Mit einer Übereinstimmung in nur fünf von neun Strukturmerkmalen weisen die beiden Unternehmen einen niedrigen Wert der relativen Vergleichbarkeit von 56 Prozent auf.

Praxisanwendung des Sortierverfahrens

Die praktische Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens wurde in einer projektbegleitenden Datenerhebung und -auswertung mit 45 Unternehmen erfolgreich aufgezeigt. Darunter befanden sich 30 Direktversorger mit Endkunden sowie 15 Fernversorger mit Weiterverteilern. Die Summe der Abgabemengen aller an der Erhebung teilgenommenen Wasserversorger beträgt 1,18 Milliarden Kubikmeter, dies entspricht etwa einem Viertel der gesamten deutschen Trinkwasserabgabe. Durch die teilnehmenden Unternehmen wurde die Bandbreite der Randbedingungen der Wasserversorgung in Deutschland hinsichtlich Rohwasserressourcen, Aufbereitung, Topografie und Art des Versorgungsgebiets gut wiedergegeben.

Die erhobenen Daten wurden einer eingehenden Plausibilitätsprüfung unterzogen und durch Nachfragen bei den Unternehmen qualitätsgesichert. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet und die relevanten Lageparameter für jedes Merkmal analysiert. Weiterhin wurden lineare (Pearson Korrelationskoeffizient) und multi-lineare Analysemethoden angewendet, um mögliche Beziehungen zwischen Strukturmerkmalen und den Aufwands- und Leistungsparametern zu untersuchen. Statistische Abweichungen von Mittelwerten zweier Datensamples wurden mittels t-Test und dem nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Test auf ihre Signifikanz überprüft.

Ziel des zweistufigen Sortierverfahrens ist die Bildung von Gruppen vergleichbarer Un-

ternehmen auf Hauptprozessebene. Um die Vergleichbarkeit beurteilen zu können, wurden auf der Ebene der Hauptprozesse geeignete Quantifizierungsgrößen in Anlehnung an die branchenüblichen Kennzahlensysteme bezüglich der fünf Leistungsmerkmale Versorgungssicherheit, Qualität, Kundenservice, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit festgelegt. Hierzu wurden in der Regel gebräuchliche Kennzahlen des IWA-Kennzahlensystems verwendet, welche bei Bedarf erweitert wurden. Die Darstellung der verwendeten Leistungs- und Aufwandskriterien und deren Ergebnisse im Datenpool findet sich in der ausführlichen Ergebnispublikation (Merkel et al., 2012).

Die durchgeführte Datenerhebung spiegelt durchschnittliche Branchenwerte für betriebliche Leistungsparameter wie Wasserverluste, Schadensraten und Rehabilitationsraten wider, wobei diese teilweise deutliche Unterschiede zwischen großstädtischen, städtischen und ländlichen Versorgungsgebieten aufweisen. Hinsichtlich Qualität, Zuverlässigkeit und Kundenzufriedenheit geben die bewerteten Leistungskennzahlen die hohen Standards der deutschen Trinkwasserversorgung im Hinblick auf Trinkwasserqualität und ausreichenden Versorgungsdruck wieder, die sich in seltenen Versorgungsunterbrechungen und Kundenbeschwerden ausdrücken.

Redundante Strukturmerkmale konnten mit Hilfe der Datenanalyse identifiziert werden – zum Beispiel ist der Fremdbezug von Roh- oder Reinwasser indirekt proportional zur Ressourcenverfügbarkeit, so dass das ursprünglich vorgeschlagene Strukturmerkmal Fremdbezug entfallen kann. In der Gefährdungs- und Belastungssituation der Ressourcen bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Versorgern, welche die Intensität der Ressourcenschutz- und Überwachungsmaßnahmen nach sich ziehen.

Unterschiede in der geografischen und hydro-geologischen Struktur des Einzugsgebiets zeigen sich in einer großen Bandbreite von Höhendifferenz und Förderentfernung für das Rohwasser und in den stark unterschiedlichen Entnahmekapazitäten von Entnahmebauwerken/Brunnen. Bei allen Versorgern lagen plausible Redundanzen in der Leistungsfähigkeit ihrer Produktionsanlagen vor, angezeigt in der Durchschnitts- und Spitzenauslastung der Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen. Das Ergebnis sind seltene Fälle von ungeplanten Ausfällen, im Sinne der hohen Versorgungssicherheit der Wasserversorgung. ►

2/3 Elster

Tabelle 3: Relative Vergleichbarkeit zweier WVU im Hauptprozess Wassernetze

Strukturmerkmal	WVU 1	WVU 2	Δ	relativ vergleichbar	
Art des Siedlungsraums	Großstadtregion	Großstadtregion			
Druckzonen im Versorgungssystem [Anzahl]	10	34	24	+/- 10	Nein
Bodenklassen [% Bdkl. 2, 6, 7]	10	0	10	+/- 50	✓
Besondere Gefährdungen	nein	nein	=	0	✓
Bevölkerungsänderung [%]	4,4	-3,6	8	+/- 2,5	Nein
Abgabe an Gewerbe und Industrie [%]	10	16	6	+/- 10	✓
Spezifischer Wasserverbrauch je EW [l/E/d]	130	87	43	+/- 20	Nein
Metermengenwert [m³/m]	19,5	11,1	8	+/- 10	✓
Hausanschlussdichte [HA/km²]	228	128	100	+/- 50	Nein
Spitzenfaktor [-]	1,25	1,16	0,09	+/- 0,15	✓
Relative Vergleichbarkeit [%]					56 %

Quelle: IWW

Die erhobenen Daten wurden auf den Einfluss von Strukturmerkmalen auf den Betriebsaufwand für Wasserproduktion und Wasserverteilung statistisch untersucht. Daraus können folgende generelle Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Keine signifikante Korrelation zwischen dem Betriebsaufwand für die Wasserproduktion mit der Ressourcenart oder dem Aufbereitungsgrad. Mögliche Ursachen liegen vermutlich im zu kleinen Datenpool und in überlagerten Effekten, zum Beispiel aus dem Energieeinsatz.
- Der Betriebsaufwand einer eigenen Wasserproduktion ist häufig (aber nicht zwingend) geringer als ein Fremdbezug von Reinwasser. Zur Bewertung sind unbedingt die örtlichen Versorgungsverhältnisse, die Transportentfernung und die regionale Ressourcenverfügbarkeit zu beachten. Nicht betrachtet wurde der eigene Kapitalaufwand für die Wasserproduktion.
- Hohe Brunnenergiebigkeiten und geringe Förderhöhen beim Rohwassertransport machen sich im Betriebsaufwand Wasserproduktion signifikanter positiv bemerkbar.
- Die Wasserverteilungskosten liegen mit ca. 7.000 EUR/km Betriebsaufwand in Großstadt und Stadt deutlich über dem Aufwand in ländlichen Regionen mit ca. 3.900 EUR/km.
- Es besteht ein statistisch schwacher Zusammenhang zwischen der Hausanschlussdichte und den laufenden Kosten der Wasserverteilung.

Für eine detaillierte Analyse der Personal- und Aufwandskennzahlen und deren Zusammenhang zu den Strukturmerkmalen müssten weitere Daten erhoben werden.

Zusammenfassung und Empfehlungen

Im DVGW-Forschungsvorhaben W11/01/10 entwickelte das IWW Zentrum Wasser in enger Abstimmung mit dem DVGW-Projektteam Benchmarking ein Vergleichsverfahren für Wasserversorgungsunternehmen. Das Verfahren ermittelt die relative Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen anhand spezifischer Strukturmerkmale und bewertet zugehörige Aufwands- und Leistungskriterien. Die definierten Strukturmerkmale der Wasserversorgung wurden im Rahmen des Vorhabens konkretisiert, mit verbesserten Definitionen und der Fokussierung auf relevante Merkmale. Wesentliche Rahmenbedingungen der Vergleichbarkeit in den Hauptprozessen Wasserproduktion und Wassernetze konnten in den Strukturmerkmalen abgebildet werden. Für Fernversorger sind im Hauptprozess Wassernetze noch methodische Konkretisierungen zu einzelnen Strukturmerkmalen erforderlich.

Die statistische Evidenz der Auswirkung von Strukturmerkmalen auf wesentliche Aufwands- und Leistungsparameter ist teilweise gegeben, teilweise aber aufgrund des vergleichsweise kleinen Datenpools noch schwach belegbar.

Aus dem Vergleichsverfahren werden Gruppen von Wasserversorgern mit vergleichbaren Rahmenbedingungen ermittelt, die Basis für eine strukturelle Vergleichbarkeit in einem standardisierten Verfahren ist somit gegeben. Daraus ergeben sich aber nicht zwingend Unternehmen mit vergleichbarer Aufwandshöhe. Zum einen lassen Art und Detailtiefe der vorliegenden Datenerhebung eine eindeutige Bestimmung nicht zu. Zum anderen sind die Unterschiede in der Kostenstruktur, der Investitions- und Abschrei-

bungshistorie, im Anlagevermögen, in der Aktivierungspraxis der Unternehmen so groß, dass strukturelle Vergleichbarkeit nicht gleichbedeutend mit der wirtschaftlichen Vergleichbarkeit sein kann, solange keine standardisierten Kalkulationsgrundlagen geschaffen sind.

Als wichtigste Aufgabe wird die breite Anwendung der Strukturmerkmale und des Vergleichsverfahrens in der Praxis angesehen. Hierzu bieten vor allem die laufenden Benchmarkingprojekte Wasserversorgung in den einzelnen Bundesländern gute Rahmenbedingungen, weil sich das vorgeschlagene Verfahren ohne größeren Aufwand in die anstehenden Erhebungsrunden integrieren lässt. Zu empfehlen wäre die Aufnahme der entwickelten Strukturmerkmale in das DVGW-Regelwerk (z. B. als Beiblatt zum technischen Hinweis W 1100 – Benchmarking) als wichtiger Anreiz für die Träger und Koordinatoren der Landes-Benchmarkingprojekte. Die Landes-Benchmarkingprojekte würden in zweierlei Hinsicht von der Nutzung der Strukturmerkmale profitieren:

- Verbesserte Möglichkeiten einer fachlich sinnvollen Auswertung der ermittelten Kennzahlenergebnisse.
- Als Ergebnis eines Kennzahlenvergleichs auf Landesebene könnten jedem Unternehmen passende Vergleichspartner zur gezielten Fortsetzung der Untersuchungen genannt werden.

Nach einem Zeitraum von zwei bis drei Jahren sollten alle Ergebnisse aus der Anwendung in den Benchmarking-Projekten der Länder gesammelt ausgewertet werden, sinnvollerweise in einem DVGW-Folgevorhaben. Dies würde die weitere Justierung des Verfahrens ermöglichen und in einer

nächsten Iteration vorhandene Schwächen beheben können, zum Beispiel mit der Möglichkeit einer Gewichtung einzelner Strukturmerkmale.

Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen eines DVGW-Forschungsauftrags W10/01/11 gefördert. Besonderer Dank gilt den Mitgliedern des DVGW-Projektkreises Benchmarking für ihre engagierte Begleitung und konstruktive Unterstützung. Weiterhin danken wir den 45 Wasserversorgungsunternehmen, die an der Datenerhebung teilgenommen haben und durch ihre konstruktiven Rückfragen und Anmerkungen aus der Praxis einen wichtigen Anteil an der gemeinsamen Entwicklung hatten. Eine Vielzahl von Anregungen kam von den Mitgliedern der thematischen BDEW- und VKU-Arbeitsgruppen.

Literatur:

DVGW-Vorhaben W 11/01/09: Vorstudie zur Erarbeitung der konzeptionellen Grundlagen für eine methodische Entwicklung und Validierung geeigneter Bewertungskriterien für Strukturmerkmale im Bereich „Externe Rahmenbedingungen und Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen“. IWW Zentrum Wasser, März 2010.

Merkel W. und Hirner W., (2005). Kennzahlen für Benchmarking in der Wasserversorgung. Handbuch zur erweiterten deutschen Fassung des IWA-Kennzahlensystems mit Definitionen, Erklärungsfaktoren und Interpretationshilfen, wwgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 346 S., ISBN 3-89554-152-4.

Merkel W., Petry D. und Weiß M. (2011): Strukturelle Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen. DVGW energie | wasser-praxis (1), 44-49.

Merkel W., Levai P., Bräcker J. und Neskovic M. (2012). Zur strukturellen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland. Eingereicht zur Publikation in gwf Wasser Abwasser.

Weiß M., Niehues B., Petry D. und Merkel W. (2010). Die Bedeutung struktureller Rahmenbedingungen für die Wasserversorgung: Grundlagen für Analyse, Bewertung und Vergleich. DVGW energie | wasser-praxis 3/2010, 40-45.

Autoren:

Dr.-Ing. Wolf Merkel, Dipl.-Kfm. Peter Lévai, Juliane Bräcker, M.Sc., Dipl.-Kffr. Marina Neskovic (IWW), Dipl.-Ing. Matthias Weiß (Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung)

Kontakt:

Dr.-Ing. Wolf Merkel
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut
für Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Moritzstr. 26
45476 Mülheim an der Ruhr
Tel.: 0208 40303-100
Fax: 0208 40303-82
E-Mail: w.merkel@iww-online.de
Internet: www.iww-online.de ■

2/3 Elster

Strukturelle und prozessbezogene Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen

Entwicklung und Validierung eines Bewertungsverfahrens zur Bildung von Vergleichsgruppen auf der Grundlage struktureller Rahmenbedingungen und technischer Aufwands- und Leistungsmerkmale

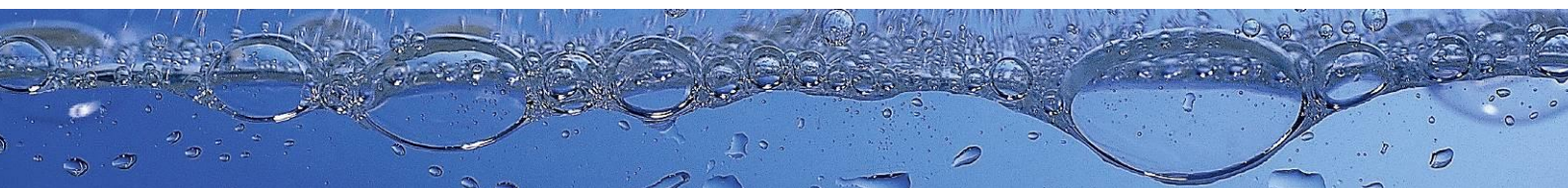
Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben W11/01/10

20373/2009/21205

Oktober 2011

DVGW

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.



Bearbeitung

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH

Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr

www.iww-online.de

Dr.-Ing. Wolf Merkel (Projektleiter)

Telefon: 0208 40303-100

w.merkel@iww-online.de

Juliane Bräcker, M. Sc.

Telefon: 0208 40303-357

j.braecker@iww-online.de

Dipl.-Kffr. Marina Neskovic

Telefon: 0208 40303-213

m.neskovic@iww-online.de

Dipl.-Kfm. Peter Lévai

Telefon: 0208 40303-435

p.levai@iww-online.de

Dipl.-Ing. Nadine Staben

Telefon: 0208 40303-410

n.staben@iww-online.de

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. Andreas Hoffjan

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

Josef-Wirmer-Straße 1-3

53123 Bonn

DVGW PK W-0-0-1

Dr. Daniel Petry

Telefon: 0228 91 88-8 56

petry@dvgw.de

www.dvgw.de

Bearbeitungszeitraum: Juni 2010 bis September 2011

Geschäftsführung:

Dr.-Ing. Wolf Merkel, Klaus-Dieter Neumann

Wissenschaftliches Direktorium:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Gimbel (Sprecher), Prof. Dr. Hans-Curt Flemming

Prof. Dr. Andreas Hoffjan, Prof. Dr. Torsten C. Schmidt, Prof. Dr. Christoph Schüth



Amtsgericht Duisburg HRB Nr. 14699

Sparkasse Mülheim an der Ruhr BLZ 362 500 00 Konto 300 093 019

Commerzbank AG Mülheim an der Ruhr BLZ 362 400 45 Konto 7 626 310

Internet: www.iww-online.de

Danksagung/Vorwort

Das vorliegende Vorhaben wurde im Rahmen eines DVGW-Forschungsauftrags W10/01/11 gefördert. Besonderen Dank gilt den Mitgliedern des DVGW-Projektkreises Benchmarking unter der Leitung von Dipl.-Ing. Matthias Weiß (Bodensee-Wasserversorgung) und der Betreuung von Dr. Daniel Petry (DVGW). Der engagierten Begleitung und konstruktiven Unterstützung des Projektkreises ist der Erfolg des Vorhabens maßgeblich zu verdanken.

Weiterhin danken wir den 45 Wasserversorgungsunternehmen, die an der Datenerhebung teilgenommen haben und durch ihre kritische Rückfragen und Anmerkungen aus der Praxis einen wichtigen Anteil an der gemeinsamen Entwicklung hatten.

Der konstruktive Erfahrungsaustausch mit den Mitgliedern der Arbeitsgruppen von BDEW und VKU sei an dieser Stelle ebenfalls ausdrücklich hervorgehoben.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Mülheim an der Ruhr, den 18.11.2011

gez.

Dr.-Ing. Wolf Merkel

gez. i.V.

Dipl.-Volksw. Andreas Hein

Zusammenfassung der Ergebnisse

Regionale, vom Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbare Rahmenbedingungen prägen die erforderlichen Aufwendungen für die Aufrechterhaltung und Sicherstellung der Wasserversorgung stärker als andere Versorgungsleistungen. Dieser Aspekt wird bei der Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen und Wasserversorgungsleistungen im Allgemeinen nicht ausreichend berücksichtigt. Eine allein tariforientierte Bewertung reicht nicht aus, um die aus dem Versorgungsgebiet heraus resultierenden Unterschiede im technischen, personellen und finanziellen Aufwand wiederzuspiegeln.

Strukturmerkmale und deren ausführliche Beschreibung in Datenblättern

Das hier dokumentierte DVGW-Vorhaben W11/01/10 hat wesentliche Beiträge zur strukturellen und prozessbezogenen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen geleistet. Die im Vorläufervorhaben erarbeiteten Strukturmerkmale wurden bestätigt, konkretisiert und in ausführlichen Datenblättern mit dem Bezug zum DVGW-Regelwerk dargestellt. Diese Datenblätter helfen dem Wasserversorger bei der Identifizierung und Kommunikation seiner strukturellen Eigenheiten und der damit einhergehenden Unterschiede zu anderen Unternehmen. So sind neben einer ausführlichen Beschreibung der einzelnen Strukturmerkmale ebenfalls mögliche Auswirkungen des Strukturmerkmals auf erforderliche Investitionen sowie den Betriebsaufwand (aufwandserhöhend bzw. -senkend) benannt.

Strukturmerkmale der Wasserversorgung (Übersicht der Projektergebnisse)

Wasserproduktion	Wassernetze Direktversorgung	Wassernetze Fernversorgung
Art der Rohwasserressource ¹⁾		Maximale Höhendifferenz
Rohwasserverfügbarkeit	Druckzonen	Druckzonen
Gefährdung der Ressource	Bodenklassen	Bodenklassen
Belastung der Ressource	Art des Siedlungsraums ¹⁾	
Grad der Aufbereitung	Besondere Gefährdungen	Besondere Gefährdungen
Entnahmekapazität Gewinnungsanlage	Bevölkerungsänderung	Bevölkerungsänderung
Rohwassertransport: Förderhöhe	Abgabe Industrie	Abgabe Industrie
RW-Transport: Leitungslänge	Spez. Wasserverbrauch	Spez. Wasserverbrauch
	Metermengenwert	Metermengenwert ¹⁾
	Hausanschlussdichte	
	Täglicher Spitzenfaktor	Täglicher Spitzenfaktor

1) Dieses Merkmal wird in der ersten Sortierungsstufe zur Differenzierung unvereinbarer Rahmenbedingungen eingesetzt.

Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen

Das auf der Basis der Strukturmerkmale ausgearbeitete zweistufige Vergleichsverfahren (s. Abbildung 1) liefert Vergleichsgruppen von Unternehmen für die Hauptprozesse Wasserproduktion und Wassernetze mit einer quantifizierbar relativen Vergleichbarkeit. Dies ermöglicht interessante Anwendungsmöglichkeiten in den Landes-Benchmarkingprojekten der Wasserversorgung. Über die bisher übliche Einteilung in Größenklassen hinaus bieten die Strukturmerkmale differenzierte Einordnungs-, Vergleichs- und Unterscheidungskriterien. Darüber hinaus könnten am Ende eines Kennzahlenvergleichs auf Landesebene jedem Unternehmen sinnvolle Vergleichspartner für eine nachfolgende Optimierung benannt werden.

Das Vergleichsverfahren sieht die fachlich gebotene Differenzierung eines Wasserversorgungsunternehmens in seine Hauptprozesse „Wasserproduktion“ und „Wassernetze“ vor. Diese Trennung fördert die universelle Anwendung, weil eine Vielzahl von Einzelfällen (z.B. Unternehmen mit/ohne eigene Wasserproduktion, die Wasserproduktion von Fern- und Direktversorgern) einheitlich abgedeckt werden kann.

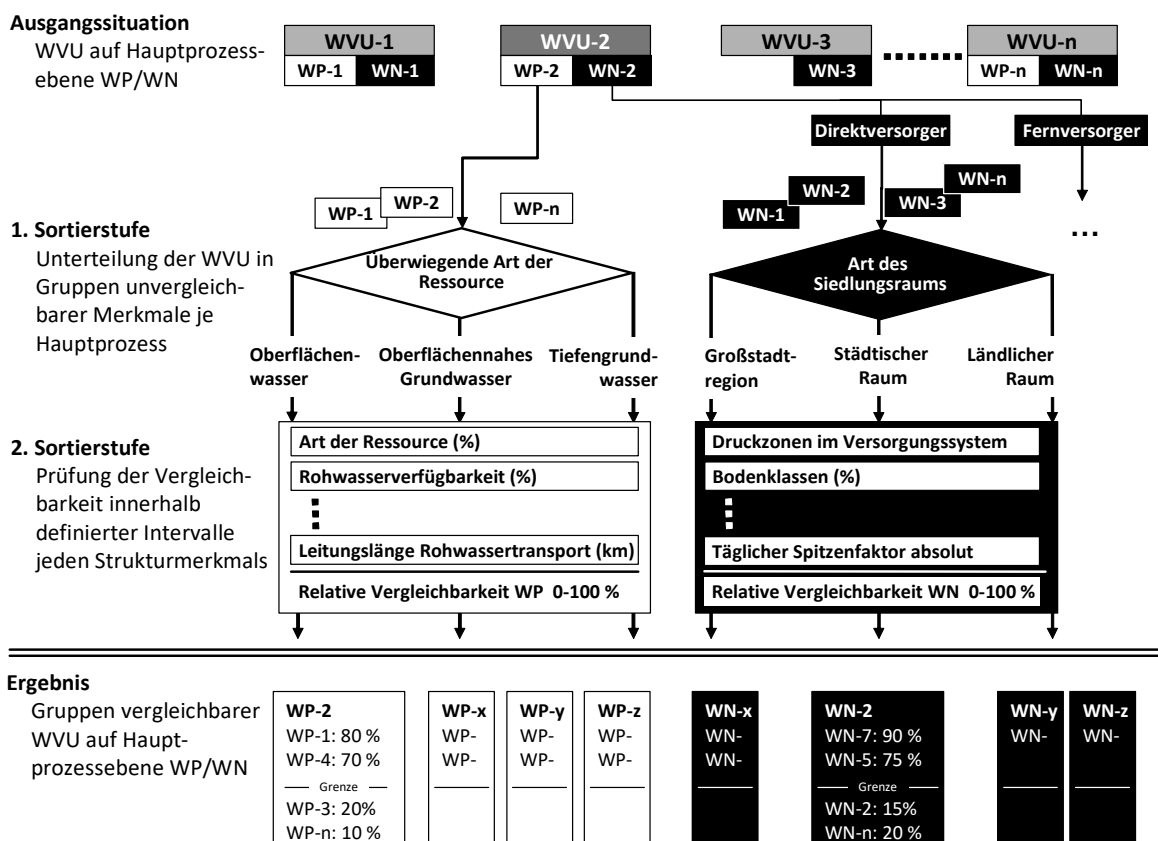


Abbildung 1 Schematische Darstellung des zweistufigen Sortierverfahrens

Das Sortierverfahren betrachtet zusammenhängende Versorgungsgebiete eines Unternehmens, in denen ein einheitliches Tarifsystem gilt. Für ein derartiges Gebiet mit homogenem Wasserpreis werden alle Strukturmerkmale sowie die Leistungs- und Aufwandskennzahlen gemittelt. Dies gilt auch bei sehr heterogenen Randbedingungen innerhalb dieses Versorgungsgebiets. Für das Beispiel einer großstädtischen Kernregion mit einem ländlichen geprägten Umland werden demnach mittlere Hausanschlusssichten ermittelt, oder bei verschiedenen Rohwasser-Ressourcen in verschiedenen Teilbereichen werden die Anteile von Oberflächenwasser, geschütztem und oberflächennahem Grundwasser über das gesamte Gebiet betrachtet.

Die erste Sortierungsstufe differenziert nach Merkmalen, die zu einer grundsätzlichen Nichtvergleichbarkeit der gebildeten Klassen für den jeweiligen Hauptprozess führen (Beispiel: Wasserverteilungssysteme von Direktversorgern in den Siedlungsräumen Großstadt-Stadt-Land unterliegen deutlich unterschiedlichen Bedingungen und dominieren alle betriebliche Prozesse und Kosten). Die erste Sortierungsstufe differenziert im Hauptprozess Wasserproduktion nach der hauptsächlich genutzten Rohwasserressource, im Hauptprozess Wassernetze nach der Art des Siedlungsraums.

Die zweite Sortierungsstufe wendet die definierten Strukturmerkmale zur weiteren Differenzierung an. Die „relative Vergleichbarkeit“ zweier Unternehmen wird anhand der Anzahl der Übereinstimmungen innerhalb der einzelnen Strukturmerkmale definiert und skaliert ausgedrückt, so dass sich der Grad der relativen Vergleichbarkeit in einem Hauptprozess ergibt (z.B. „90 %-ige Übereinstimmung im Hauptprozess Wassernetze in der Gruppe der großstädtischen Verteilungssysteme“). Als Ergebnis werden auf der Hauptprozessebene Vergleichsgruppen gebildet, welche zu einem Ausgangsunternehmen als vergleichbar anzusehen sind.

Die praktische Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens wurde in einer projektbegleitenden Datenerhebung und -auswertung mit 45 Unternehmen erfolgreich gezeigt. Darunter befanden sich 30 Direktversorger mit Endkunden sowie 15 Fernversorger mit Weiterverteilern. Die Summe der Abgabemengen aller an der Erhebung beteiligten Wasserversorger beträgt 1,18 Milliarden Kubikmeter, dies entspricht etwa einem Viertel der gesamten deutschen Trinkwasserabgabe. Durch die teilnehmenden Unternehmen wurde die Bandbreite der Randbedingungen der Wasserversorgung in Deutschland hinsichtlich Rohwasser, Aufbereitung, Topografie und Art des Versorgungsgebiets gut wiedergegeben.

Die erhobenen Daten wurden einer eingehenden Plausibilitätsprüfung unterzogen und durch Nachfragen bei den Unternehmen qualitätsgesichert. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet und die relevanten Lageparameter für jedes Merkmal analysiert. Weiterhin

wurden lineare (Pearson Korrelationskoeffizient) und multi-lineare Analysenmethoden angewendet, um mögliche Beziehungen zwischen Strukturmerkmalen und den Aufwands- und Leistungsparametern zu untersuchen. Statistische Abweichungen von Mittelwerten zweier Datensamples wurden mittels t-Test und dem nicht-parametrischen Mann-Whitney U-Test auf ihre Signifikanz überprüft.

Projektergebnisse und Entwicklungsstand

Die definierten Strukturmerkmale der Wasserversorgung wurden im Rahmen des Vorhabens konkretisiert, mit verbesserten Definitionen und der Fokussierung auf relevante Merkmale. Wesentliche Rahmenbedingungen der Vergleichbarkeit in den Hauptprozessen Wasserproduktion und Wassernetze konnten in den Strukturmerkmalen abgebildet werden. Im Hauptprozess Wassernetze für Fernversorger sind methodische Konkretisierungen zu einzelnen Strukturmerkmalen erforderlich.

Die statistische Evidenz der Auswirkung von Strukturmerkmalen auf wesentliche Aufwands- und Leistungsparameter ist teilweise gegeben, teilweise aber aufgrund des vergleichsweise kleinen Datenpools noch schwach belegbar. Eine quantitative Aussage zu einem Strukturmerkmal als Kostentreiber in den Hauptprozessen konnte bislang nicht getroffen werden. Der dazu notwendigen differenzierten Kostenermittlung im Rahmen der Datenerhebung war von Seiten des DVGW nicht zugestimmt worden.

Die fachliche Einordnung und technische Argumentation zu den Auswirkungen des Strukturmerkmals auf die Umsetzung im Wasserversorgungssystem könnten über das technische Regelwerk des DVGW den Wasserversorgungsunternehmen zugänglich gemacht werden.

Aus dem Vergleichsverfahren werden Gruppen von Wasserversorgern mit vergleichbaren Rahmenbedingungen ermittelt, die Basis für eine strukturelle Vergleichbarkeit in einem standardisierten Verfahren ist somit gegeben. Derzeit gehen alle Strukturmerkmale mit gleicher Gewichtung in das Verfahren ein. Daraus ergeben sich aber nicht zwingend Unternehmen mit vergleichbarer Aufwandshöhe. Zum einen lassen Art und Detailtiefe der vorliegenden Datenerhebung eine eindeutige Bestimmung nicht zu. Zum anderen sind die Unterschiede in der Kostenstruktur, der Investitions- und Abschreibungshistorie, im Anlagevermögen, in der Aktivierungspraxis der Unternehmen so groß, dass strukturelle Vergleichbarkeit nicht gleichbedeutend mit der wirtschaftlichen Vergleichbarkeit sein kann, solange keine standardisierten Kalkulationsgrundlagen geschaffen sind.

Empfehlungen

Wesentliche Empfehlungen zur konkreten Weiterentwicklung betreffen die möglichst umfassende Anwendung in der Praxis, mit nachfolgender Auswertung zur weiteren Justierung des gesamten Verfahrens. Hierzu werden in Abschnitt 6.3 detaillierte Hinweise gegeben.

Als wichtigste Aufgabe wird die breite Anwendung der Strukturmerkmale und des Vergleichsverfahrens in der Praxis angesehen. Hierzu bieten vor allem die laufenden Benchmarkingprojekte Wasserversorgung in den einzelnen Bundesländern gute Rahmenbedingungen, weil sich das vorgeschlagene Verfahren ohne größeren Aufwand in die anstehenden Erhebungsrunden integrieren lassen. Zu empfehlen wäre die Aufnahme der entwickelten Strukturmerkmale in das DVGW-Regelwerk (z.B. als Beiblatt zum technischen Hinweis W 1100 – Benchmarking) als wichtigen Anreiz für die Träger und Koordinatoren der Landes-Benchmarkingprojekte.

Die Landes-Benchmarkingprojekte würden in zweierlei Hinsicht von der Nutzung der Strukturmerkmale profitieren:

- Verbesserte Möglichkeiten einer fachlich sinnvollen Auswertung der ermittelten Kennzahlenergebnisse
- Als Ergebnis eines Kennzahlenvergleichs auf Landesebene könnten jedem Unternehmen passende Vergleichspartner zur gezielten Fortsetzung der Untersuchungen genannt werden

Nach einem Zeitraum von 2 - 3 Jahren sollten alle Ergebnisse aus der Anwendung in den Benchmarking-Projekten der Länder gesammelt ausgewertet werden, sinnvollerweise in einem DVGW-Folgevorhaben. Dies würde die weitere Justierung des Verfahrens ermöglichen und in einer nächsten Iteration vorhandene Schwächen beheben können, zum Beispiel mit der Möglichkeit einer Gewichtung einzelner Strukturmerkmale.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Ergebnisse – Empfehlungen	II
1 Einleitung und Hintergrund	1
1.1 Projektaufgaben	1
1.2 Projektbearbeitung und -durchführung	3
2 Ansatz zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von WVU	4
2.1 Aufteilung in zwei Hauptprozesse der Wasserversorgung	4
2.2 Zweistufiges Sortierverfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit	5
3 Datenerhebung bei Pilotunternehmen der Wasserversorgung	9
3.1 Ablauf der Datenerhebung	9
3.2 Statistische Methoden der Datenauswertung	10
3.3 Beschreibung des Teilnehmerfelds	14
3.4 Darstellung von ausgewählten Ergebnissen	15
3.4.1 Strukturmerkmale Wasserproduktion	16
3.4.2 Strukturmerkmale Wassernetze	22
3.4.3 Aufwands- und Leistungskriterien	29
4 Strukturmerkmale der Wasserversorgung	32
4.1 Vorschlagsliste zu Strukturmerkmalen (Ausgangspunkt)	33
4.2 Aufwands- und Leistungskriterien für vergleichbare Wasserversorger	35
4.3 Validierung der Strukturmerkmale auf Hauptprozessebene	37
4.3.1 Bestätigte Strukturmerkmale Wasserproduktion	38
4.3.2 Gestrichene Strukturmerkmale Wasserproduktion	48
4.3.3 Zusammenlegung des Hauptprozesses „Wasserproduktion“	49
4.3.4 Bestätigte Strukturmerkmale Wassernetze Direktversorgung	50
4.3.5 Gestrichene Strukturmerkmale Wassernetze Direktversorgung	65
4.3.6 Bestätigte Strukturmerkmale Wassernetze Fernversorgung	67
4.3.7 Gestrichene Strukturmerkmale Wassernetze Fernversorgung	76
4.4 Strukturmerkmale der Wasserversorgung (Projektergebnis)	77
5 Verfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit	81
5.1 Hauptprozess Wasserproduktion	81
5.2 Hauptprozess Wassernetze (Direktversorger)	83
5.3 Hauptprozess Wassernetze (Fernversorger)	84
5.4 Bewertung des Vergleichsverfahrens	85
6 Entwicklungsstand und weiterer Untersuchungsbedarf	86
6.1 Entwicklungsstand der Strukturmerkmale	86
6.2 Entwicklungsstand des Vergleichsverfahrens	87
6.3 Weiterer Untersuchungsbedarf	87
7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	89
8 Literatur	90
9 Abkürzungsverzeichnis	94



10	Abbildungsverzeichnis	96
11	Tabellenverzeichnis	98
12	Anhang	99

1 Einleitung und Hintergrund

Die Frage der Vergleichbarkeit von Versorgungsunternehmen und der von ihnen erbrachten Leistungen berührt unmittelbar alle betrieblichen und technischen Aspekte der Wasserversorgung, das technische Regelwerk und die naturwissenschaftlich-technischen Hintergründe. Je nach örtlichen Gegebenheiten sind technische Anlagen und Prozesse unterschiedlich auszugestalten, was eine der wesentlichen Ursachen für die Aufwands- und damit letztlich auch für Preisunterschiede in der Wasserversorgung ist.

Mit der Verankerung des Benchmarking im DVGW-Regelwerk (Hinweis W 1100) und einem Leitfaden zur Durchführung von Benchmarkingprojekten in den DVGW-Informationen hat der DVGW erste Rahmenbedingungen für Vergleiche formuliert, die der Identifizierung von Effizienzsteigerungspotenzialen und der Optimierung betrieblich-technischer Abläufe dienen.

Die fachlichen und methodischen Anforderungen an die konkrete Ausgestaltung und Durchführung solcher Vergleiche fehlen jedoch noch. Deren Erarbeitung ist nicht allein vor dem Hintergrund der aktuellen Debatte um Preisvergleiche, sondern vor allem auch für die Weiterentwicklung und Stärkung des in der Branche etablierten Systems des freiwilligen und anonymisierten Benchmarking dringend erforderlich.

1.1 Projektaufgaben

Die Rahmen des DVGW-Kurzvorhabens W11/01/09 entwickelte Typisierung von strukturellen Rahmenbedingungen wurde mit der Definition von geeigneten Strukturmerkmalen für die drei Hauptprozesse Wasserressourcen, Wassergewinnung-Wasseraufbereitung sowie Wassertransport, -speicherung, -verteilung abgeschlossen. Mit Hilfe der definierten Strukturmerkmale (s. Tabelle 2 bis Tabelle 4) wurden grundsätzliche Bewertungskriterien einer strukturellen Vergleichbarkeit von Versorgungsunternehmen definiert.

Im Rahmen des hier dokumentierten Vorhabens sollten die einzelnen Strukturmerkmale empirisch überprüft und auf der Basis der Ergebnisse die Vorschlagsliste ggf. angepasst werden. Darauf aufbauend war ein durchgängiges Bewertungsverfahren zu entwickeln, mit dem Unternehmen auf der Ebene der genannten Hauptprozesse in eine passende Vergleichsgruppe eingeordnet werden können. Der Anspruch an das Bewertungsverfahren war so gesetzt, dass innerhalb einer derart definierten Vergleichsgruppe die strukturellen Rahmenbedingungen so stark übereinstimmen, dass grundsätzlich vom gleichen technischen Aufwand zur Erbringung derselben Versorgungsleistung auszugehen sein sollte.

Bei der Entwicklung des Bewertungsverfahrens waren grundlegende Zielsetzungen zu erreichen:

- Die Kriterien des Vergleichsrahmens sollen sich wesentlich auf die Anforderungen des DVGW-Regelwerks abstützen.
- Bei Formulierung von quantitativen Kriterien sind die Schwellenwerte auf der Basis von Regelwerksvorgaben oder empirisch abzusichern.
- Das Bewertungsverfahren muss eine Entscheidung zur relativen Vergleichbarkeit zulassen, da eine vollständige Übereinstimmung in der Praxis nicht auftreten wird.
- Das Bewertungsverfahren muss dazu geeignet sein, auch bei Unternehmen mit heterogenen Randbedingungen einsetzbar zu sein (z.B. bei paralleler Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser als Rohwasserressource, bei topografisch differenzierten Versorgungsgebieten)

Im Rahmen des Vorhabens war das entwickelte Verfahren auf seine Plausibilität und Belastbarkeit im Rahmen eines Benchmarking-Prozesses zu prüfen. Zielsetzung dieser Validierung war die qualitative und quantitative Validierung des Bewertungsverfahrens bezüglich einer fachlich plausiblen und nachvollziehbaren Zuordnung zu einer homogenen Vergleichsgruppe. Aus den Ergebnissen der Prüfung wurde die Anpassung des Bewertungsrahmens abgeleitet. Diese Ergebnisse der empirischen Überprüfung sollten auch dazu dienen, den erarbeiteten Vorschlag in der Fachöffentlichkeit zu präsentieren, um die Eignung des Verfahrens demonstrieren zu können.

Damit ergab sich folgende Aufgabenstellung für das Vorhaben:

- Spezifizierung und Ausformulierung der Strukturmerkmale in Anlehnung an das technische Regelwerk
- Ableitung von Schwellenwerten für die Abgrenzung von einzelnen Vergleichsgruppen
- Entwicklung eines qualifizierten Verfahrens zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen
- Datenabfrage bei geeigneten Unternehmen auf Basis einer freiwilligen Mitwirkung an einem Kennzahlen-Vergleichsverfahren
- Plausibilisierung des Bewertungsverfahrens auf quantitativer Basis mittels der erhobenen technischen Aufwandskriterien und auf qualitativer Basis einer Einschätzung innerhalb der Projektgruppe
- Nachfolgende Anpassung des Vergleichsverfahrens
- Vorbereitung einer öffentlichen Darstellung des Vergleichsverfahrens

1.2 Projektbearbeitung und -durchführung

Der DVGW beauftragte das Forschungsvorhaben W11/01/10, eng begleitet durch den DVGW PK Benchmarking. Die Projektbearbeitung verlief planmäßig bis zum Start der Erhebungsphase. In Absprache mit der Projektgruppe und dem DVGW wurde die Datenerhebungsphase um 3 Monate verlängert, um eine möglichst große Beteiligungsquote der Wasserversorgungsunternehmen zu erreichen.

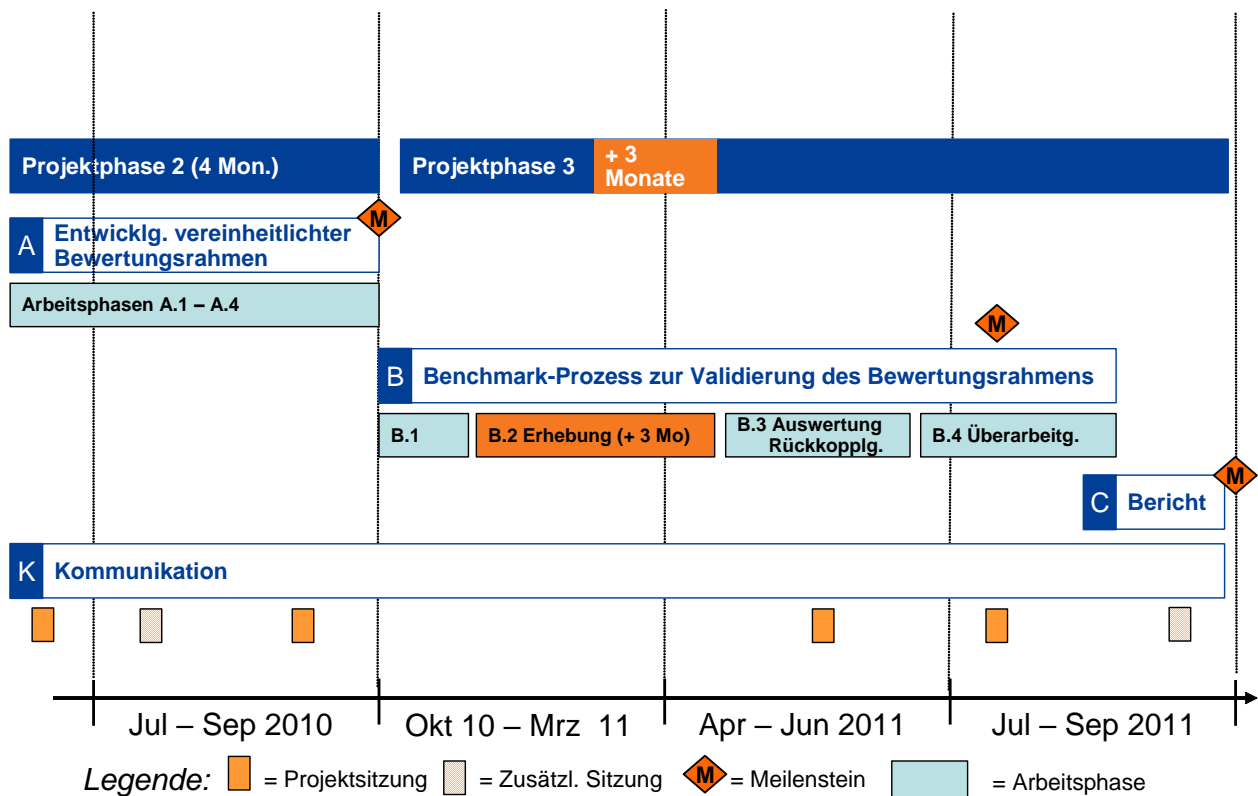


Abbildung 2 Projektverlauf (tatsächlicher Zeitplan mit verlängerter Erhebungsphase)

Bereits während des laufenden Vorhabens wurden Zwischenergebnisse in DVGW-Gremien und den Gremien der Verbände BDEW, VKU und DWA vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurde projektbegleitend auf mehreren Konferenzen über den Stand des Vorhabens berichtet, um eine möglichst weitgehende Abstimmung im Wasserfach sicherzustellen. Die Ergebnisse wurden einem eingeladenen Teilnehmerkreis aus beteiligten WVU und den Verbänden DVGW/VKU/DWA/BDEW im Rahmen des DVGW Fachgesprächs „Benchmarking“ am 22.9.2011 in Bonn vorgestellt.

2 Ansatz zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit von WVU

Regionale, vom Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbare Rahmenbedingungen prägen die erforderlichen Aufwendungen für die Aufrechterhaltung und Sicherstellung der Wasserversorgung stärker als andere Versorgungsleistungen. Das gilt insbesondere für strukturelle Rahmenbedingungen, „also u. a. die naturräumlichen, geologischen, siedlungsstrukturellen und demografischen Gegebenheiten, auf die jedes Versorgungssystem individuell zugeschnitten ist“ (Weiß et al., 2010). Dieser Aspekt wird bei der Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen und Wasserversorgungsleistungen im Allgemeinen nicht ausreichend berücksichtigt. Eine allein preisorientierte Bewertung reicht nicht aus, um die aus dem Versorgungsgebiet heraus resultierenden Unterschiede im technischen, personellen und finanziellen Aufwand wiederzuspiegeln. Aus diesem Grund sollte innerhalb des Forschungsvorhabens ein einheitliches Vergleichsverfahren entwickelt werden, das fachlich abgesichert, transparent und gleichermaßen allgemein anwendbar sein sollte.

2.1 Aufteilung in zwei Hauptprozesse der Wasserversorgung

Die Unternehmensaufgaben verschiedener Wasserversorgungsunternehmen (WVU) sind divers. Anlagen und Prozesse der Wasserversorgung variieren in Abhängigkeit von naturräumlichen Begebenheiten sowie vorhandenen Infra- und Siedlungsstrukturen. Um das zu entwickelnde Vergleichsverfahren möglichst transparent und gleichermaßen allgemein anwendbar zu gestalten, wird dieses auf der Hauptprozessebene aufgesetzt. Basierend auf den Ergebnissen des abgeschlossenen DVGW-Kurzvorhabens W11/01/09 wurden zunächst drei Hauptprozesse zur Darstellung der Unternehmensaufgaben eines Wasserversorgers übernommen (Weiß et al, 2010). Auf Grundlage der Ergebnisse der Piloterhebung zur Validierung des Sortierverfahrens wurden die Hauptprozesse „Wasserressourcen“ und „Wassergewinnung/-aufbereitung“ mit Einvernehmen des Projektkreises Benchmarking zu einem Hauptprozess „Wasserproduktion“ zusammengefasst (siehe Abschnitt 4.3.3).

- *Wasserproduktion (WP)*
 - Ressourcen (Wasserwirtschaft und Ressourcenmanagement),
 - Wasserwerk (Gewinnung und Aufbereitung)
- *Wassernetze (WN: Transport, Speicherung und Verteilung).*

Der Hauptprozess Wassernetze wurde für die Gruppe der Fernversorger (FV) bzw. Direktversorger (DV) differenziert bewertet (s. Abbildung 3). Die dem jeweiligen Hauptprozess

zugeordneten Strukturmerkmale (s. auch Abschnitt 4) werden den insgesamt sechs Kategorien auf Hauptprozessebene zugeordnet. Aufwendungen und Leistungen des Wasserversorgers werden anhand von ausgewählten Kennzahlen hinsichtlich der Aspekte Qualität, Sicherheit, Nachhaltigkeit, Kundenservice und Wirtschaftlichkeit (5-Säulen-Modell) dargestellt.

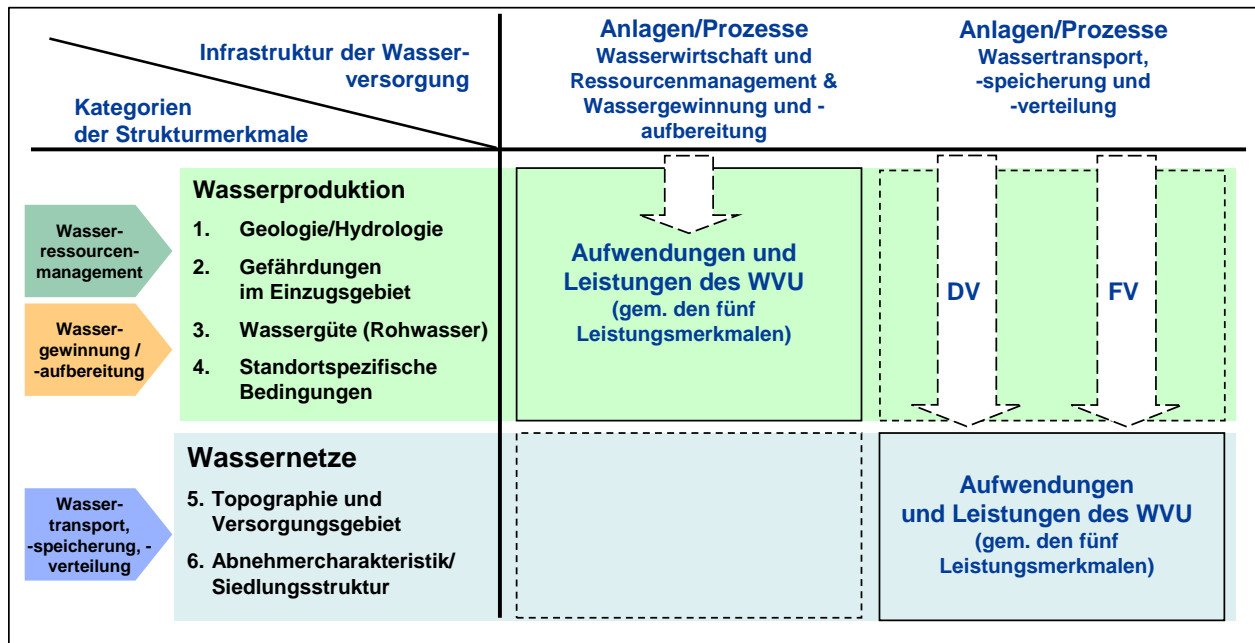


Abbildung 3 Übersicht der Hauptprozesse „Wasserproduktion“ und „Wassernetze“

2.2 Zweistufiges Sortierverfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit

Ziel des zweistufigen Sortierverfahrens ist die Bildung von Vergleichsgruppen zu einem bestimmten Wasserversorgungsunternehmen innerhalb des jeweiligen Hauptprozesses. Das Sortierverfahren betrachtet zusammenhängende Versorgungsgebiete eines Unternehmens, in denen ein einheitliches Tarifsystem gilt. Für ein derartiges Gebiet mit homogenem Wasserpreis werden alle Strukturmerkmale sowie die Leistungs- und Aufwandskennzahlen gemittelt. Dies gilt auch bei sehr heterogenen Randbedingungen innerhalb dieses Versorgungsgebiets. Für das Beispiel einer großstädtischen Kernregion mit einem ländlichen geprägten Umland werden demnach mittlere Hausanschlussdichten ermittelt, oder bei verschiedenen Rohwasser-Ressourcen in verschiedenen Teilbereichen werden die Anteile von Oberflächenwasser, geschütztem und oberflächennahem Grundwasser über das gesamte Gebiet betrachtet. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich in einem einheitlichen Tarifsystem die Unterschiede innerhalb des Versorgungssystems ausgleichen werden.

Das Sortierverfahren setzt je auf der Hauptprozessebene (Wasserproduktion und Wassernetze) an, wobei den einzelnen Prozessen verschiedene definierte Strukturmerkmale (Übersicht aller Strukturmerkmale s. Kapitel 4) zugeordnet werden. Es ist möglich, dass ein Wasserversorgungsunternehmen nur einen der beiden Hauptprozesse ausführt (vgl. Abbildung 4: WVU-3 ausschließlich WN). Die Methodik des 2-stufigen Verfahrens ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt und wird nachfolgend erläutert.

Die erste Sortierungsstufe differenziert nach Merkmalen, die zu einer grundsätzlichen Nichtvergleichbarkeit der gebildeten Klassen für den jeweiligen Hauptprozess führen (Beispiel: Wasserverteilungssysteme von Direktversorgern in den Siedlungsräumen Großstadt-Stadt-Land unterliegen deutlich unterschiedlichen Bedingungen und dominieren alle betriebliche Prozesse und Kosten). Ziel der ersten Sortierungsstufe ist die Trennung von grundsätzlich unvereinbaren Gruppen. Dabei wird nach den folgenden Merkmalsausprägungen sortiert:

- Hauptprozess Wasserproduktion:
 - Überwiegende Art (> 50%) der Rohwasserressource (Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser, Grundwasser),
- Hauptprozess Wassernetze:
 1. Direktversorger (Großstadtregion, städtischer Raum, ländlicher Raum),
 2. Fernversorger nach Metermengenwert MMW ($MMW \leq 60 \text{ m}^3/\text{m}$; $60 < MMW < 200 \text{ m}^3/\text{m}$, $MMW \geq 200 \text{ m}^3/\text{m}$)

Das Vergleichsverfahren ist so konzipiert, dass für jeden der beiden Hauptprozesse im Rahmen der ersten Sortierungsstufe jeweils drei gesonderte Vergleichsgruppen gebildet werden. Beim Hauptprozess Wassernetze werden darüber hinaus Direkt- und Fernversorger getrennt betrachtet. Einem Direkt- bzw. Fernversorgungsunternehmen stehen somit maximal sechs mögliche Vergleichsgruppen zur Verfügung. Über beide Hauptprozesse hinweg betrachtet findet also bei Anwendung der ersten Sortierungsstufe eine Zuordnung zu zwei Vergleichsgruppen statt.

Die zweite Sortierungsstufe wendet die definierten Strukturmerkmale zur weiteren Differenzierung an. Grundprinzip ist die Zugehörigkeit zu definierten Merkmalsklassen eines Hauptprozesses eines bestimmten Unternehmens, aus denen sich ein bestimmtes Vergleichsmuster herausbildet („Fingerabdruck“). Hierzu wurde für jede Merkmalsausprägung der einzelnen Hauptprozesse ein Intervall definiert, innerhalb dessen zwei Versorgungssysteme als vergleichbar bewertet werden. Die Intervalle wurden zum einen aus technisch-fachlicher

Sicht sowie basierend auf den Ergebnissen der Datenerhebung festgelegt (s. auch Abschnitt 3.4).

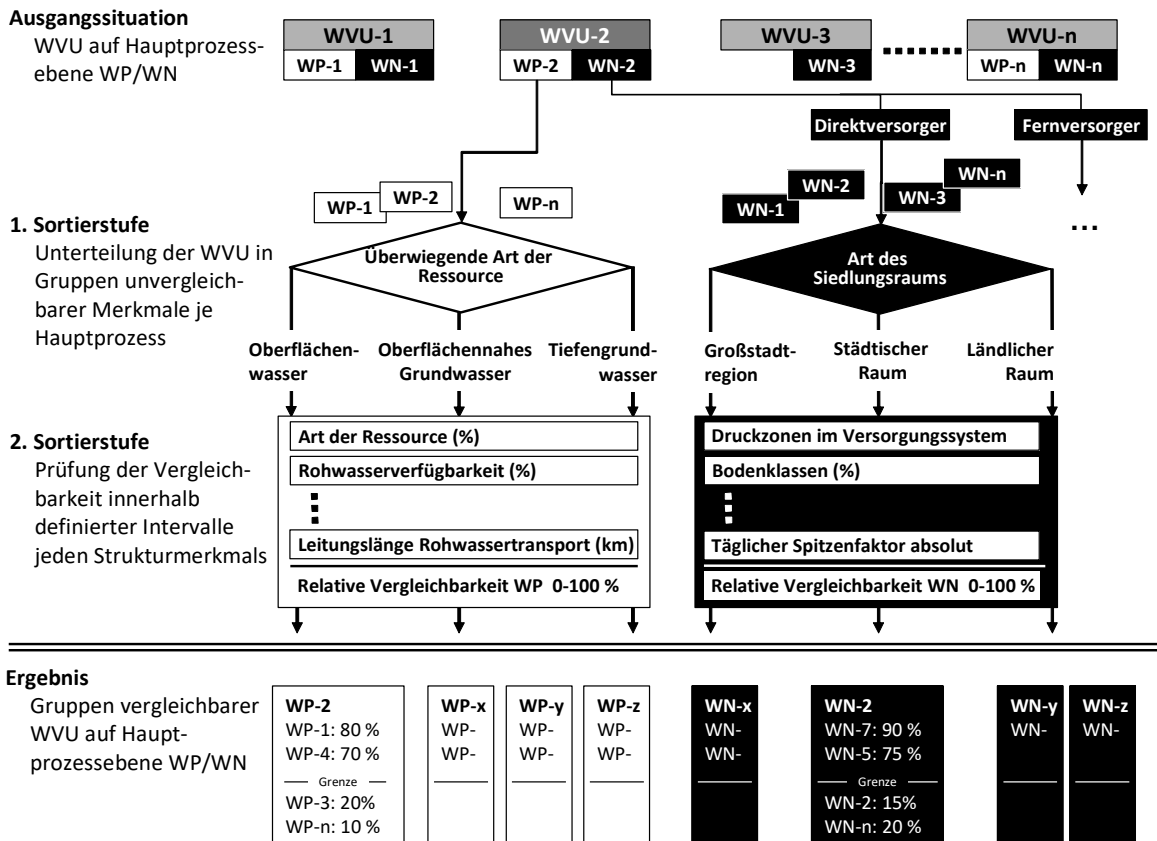


Abbildung 4 Schematische Darstellung des zweistufigen Sortierverfahrens

Die „relative Vergleichbarkeit“ zweier Unternehmen wird anhand der Anzahl der Übereinstimmungen innerhalb der einzelnen Strukturmerkmale definiert und skaliert ausgedrückt, so dass sich der Grad der relativen Vergleichbarkeit in einem Hauptprozess ergibt (z.B. 90 %ige Übereinstimmung im Hauptprozess Wassernetze in der Gruppe der großstädtischen Verteilungssysteme). Als Ergebnis werden auf der Hauptprozessebene Vergleichsgruppen gebildet, welche zu einem Ausgangsunternehmen als vergleichbar anzusehen sind. Als Grenze für eine relative Vergleichbarkeit wird basierend auf den Ergebnissen der Datenerhebung ein Wert von größer 75 % empfohlen, um eine hohe Ähnlichkeit der Vergleichspartner zu erreichen (s. auch Kapitel 5).

Um die Vorgehensweise zu verdeutlichen sind in Tabelle 1 die Werte zweier Wasserversorgungsunternehmen im Bereich Wassernetze aufgeführt, welche als Ergebnis der 1. Sortierstufe der Großstadtregion zugeordnet werden. Während WVU 1 einen Versorger im Großstädtischen Bereich mit mittlerem Wasserverbrauch und einer wachsenden Bevölkerung

darstellt, handelt es sich bei WVU 2 um einen Wasserversorger aus den neuen Bundesländern, welcher den strukturellen Bedingungen eines geringen jährlichen Pro-Kopf-Wasserverbrauchs und einer innerhalb der vergangenen 20 Jahren stark sinkenden Bevölkerungszahl ausgesetzt ist.

Tabelle 1 Relative Vergleichbarkeit zweier WVU im Hauptprozess Wassernetze

Strukturmerkmal	WVU 1	WVU 2	Relativ vergleichbar		
			Δ		
Art des Siedlungsraums	Großstadtregion	Großstadtregion			
Druckzonen im Versorgungssystem [Anzahl]	10	34	24	+/- 10	Nein
Bodenklassen [% Bdkl. 2, 6, 7]	10	0	10	+/- 50	✓
Besondere Gefährdungen	nein	nein	=	0	✓
Bevölkerungsänderung [%]	4,4	-3,6	8	+/- 2,5	Nein
Abgabe an Sondervertragskunden [%]	10	16	6	+/- 10	✓
Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch [l/E/d]	130	87	43	+/- 20	Nein
Metermengenwert [m ³ /m]	19,5	11,1	8	+/- 10	✓
Hausanschlussdichte [HA/km ²]	228	128	100	+/- 50	Nein
Täglicher Spitzenfaktor [-]	1,25	1,16	0,09	+/- 0,15	✓
Relative Vergleichbarkeit [%]					56%

Durch das Sortierverfahren werden die strukturellen Unterschiede der beiden Wasserversorger klar herausgestellt: mit einer Übereinstimmung in nur fünf von neun Strukturmerkmalen weisen die beiden Unternehmen einen niedrigen Wert der relativen Vergleichbarkeit von 56 % auf.

3 Datenerhebung bei Pilotunternehmen der Wasserversorgung

3.1 Ablauf der Datenerhebung

Die zur Validierung des Vergleichsverfahrens durchzuführende Datenerhebung umfasste insgesamt 125 Abfragen, die in sieben Fragebögen zu den Themenblöcken Wassermengen, Personal, Anlagen und Ausstattung, Betrieb, Kunden und Qualität, Betriebswirtschaft und Rahmenbedingungen zusammengefasst wurden. Darunter fanden sich sowohl Abfragen von Zahlenwerten als auch Auswahlfelder (ja/nein und Mehrfachauswahl) sowie Freitexteingaben. Aus Gründen der einfacheren Datenverarbeitung und Erhöhung der Datensicherheit wurde die Datenerhebung online über eine IWW-eigene Erhebungsplattform mittels Online-Fragebogen durchgeführt, für welche die Teilnehmer einen geschützten Zugang erhielten.

In einer ersten Phase ab Ende Oktober 2010 waren zunächst die Mitglieder des PK Benchmarking aufgefordert, Daten für Ihre jeweiligen Unternehmen zu erheben. Im Anschluss daran soll die Datenabfrage dann auf einen größeren Kreis ausgeweitet werden. Die Ansprache der Wasserversorgungsunternehmen zur Teilnahme an der Datenerhebung erfolgte ab November 2010 durch ein Anschreiben des DVGW an ausgewählte Mitgliedsunternehmen, zusätzlich unterstützt durch die persönliche Ansprache ausgewählter Kontakte durch die Mitglieder des PK Benchmarking und das IWW.

Der ursprüngliche Zeitplan sah vor, die Datenerhebung innerhalb des Jahres 2010 abzuschließen. Die Praxis zeigte jedoch, dass die benötigte Zeit für die Ansprache von Unternehmen bis hin zu deren Zusage zur Beteiligung an der Datenerhebung sich als länger herausstellte als veranschlagt. Daher wurde der Zeitraum hierfür ausgeweitet, um eine repräsentative Zielgröße von etwa 50 Wasserversorgern zu erreichen. Die letzte Anmeldung eines Wasserversorgers zur Datenerhebung wurde am 25.03.2011 verzeichnet. Im Anschluss an die Eingabe der Daten durch die teilnehmenden Wasserversorgungsunternehmen erfolgte jeweils eine Qualitätssicherung durch IWW, bei der unplausible Daten sowie Eingabefehler bei der Datenerhebung aufgedeckt wurden. Die identifizierten Unplausibilitäten wurden den Teilnehmern im Rahmen eines QS-Berichtes mitgeteilt. Diese hatten daraufhin die Möglichkeit, ihre Daten einer nachträglichen Überprüfung und Korrektur zu unterziehen. Die letzte Datenkorrektur eines teilnehmenden Wasserversorgungsunternehmens wurde am 12.05.2011 vorgenommen, so dass mit diesem Datum die Phase der Datenerhebung als abgeschlossen betrachtet werden konnte.

Für die Datenerhebung haben sich insgesamt 49 Wasserversorgungsunternehmen angemeldet und einen Zugang zur Erhebungsplattform erhalten. Vier der Unternehmen haben die

Erhebung vorzeitig abgebrochen, so dass schließlich verwertbare Datensätze von 45 Wasserversorgungsunternehmen vorlagen. Darunter befanden sich 30 Direktversorger mit Endkunden sowie 15 Fernversorger mit Weiterverteilern.

3.2 Statistische Methoden der Datenauswertung

Die Vorgehensweise und die dahinter stehenden statistischen Methodiken der Auswertung sind Bestandteil des nachfolgenden Abschnittes. Seit den Untersuchungen von Oelmann et al. (2009), Zschille et al. (2009) sowie der Bundesnetzagentur (2006) werden Strukturmerkmale unter anderem mithilfe von univariaten und multivariaten Regressionen untersucht.¹ Die Vorgehensweise, ein Strukturmerkmal auf dessen Relevanz hin zu bewerten, erfolgt jeweils in unten aufgeführten Schritten; die Fragestellungen, die es zu beantworten galt, sind dem jeweiligen Schritt untergeordnet dargestellt:

1. Eingangswerte für die Auswertung
 - a. Beschreibung der Leistungs-, Aufwands- und Strukturmerkmale
 - b. Bereinigung der Eingangswerte sowie Ausreißeranalyse
2. Korrelationsanalyse
 - a. Validierung der getroffenen Annahmen
 - b. Faktorreduktion
3. Uni- und Multivariate Regression
 - a. Ermittlung der Erklärungskraft von Strukturmerkmalen
 - b. Ermittlung von Strukturmerkmalen mit der höchsten Erklärungskraft
4. Schlussfolgerung

Korrelationsanalyse

Die Korrelation ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen. Die Pearsonsche Korrelation (nachfolgend Korrelation genannt) setzt voraus, dass für beide Variablen mindestens eine Intervallskala vorliegt. Sie bestimmt das Ausmaß, in dem die Werte in beiden Variablen in gewisser Weise "proportional" zueinander sind. Der Wert der Korrelation (d.h. der Korrelationskoeffizient) hängt nicht von den speziellen verwendeten

¹ Die genannten Studien analysieren diese Strukturmerkmale zwar mit dem Ziel, diese Strukturmerkmale für eine Effizienzanalyse nutzen. Dennoch besteht das Ergebnis aller drei Studien darin, Strukturmerkmale zu identifizieren, die einen nennenswerten Einfluss auf die Aufwendungen eines Wasserversorgungsunternehmens aufweisen.

Maßeinheiten ab. Für die Korrelation zwischen Betriebsaufwand und der Anzahl der Druckzonen im Versorgungssystem spielt es z.B. keine Rolle, ob als Maßeinheiten Euro und Anzahl oder Cent und Anzahl verwendet werden. Proportional bedeutet hier, dass ein linearer Zusammenhang besteht. Die Korrelationskoeffizienten können Werte zwischen -1,00 und +1,00 annehmen. Der Wert von -1,00 bedeutet eine perfekt negative Korrelation, während ein Wert von +1,00 eine perfekt positive Korrelation beschreibt. Ein Wert von 0,00 bedeutet fehlende Korrelation (Unkorreliertheit). Für das Untersuchungsvorhaben liefert eine solche Korrelationsanalyse zunächst eine Aussage über die Datenvalidität und bestätigt gegebenenfalls die getroffenen Annahmen.

Uni- und Multivariate Regression

Die Methode der kleinsten Quadrate (Ordinary Least Squares, OLS) dient dazu, den Wert zu schätzender Parameter (Regressionsvariablen) so zu bestimmen, dass die Summe der quadrierten Abweichungen minimiert wird. Derart ermittelte Werte für die Regressionskoeffizienten sind sogenannte beste lineare erwartungstreue Schätzer, d.h. es lässt sich beweisen, dass es keinen linearen erwartungstreuen Schätzer gibt, deren Varianz kleiner ist. Eine weit verbreitete Anwendung der OLS ist die lineare Regressionsanalyse (z.B. lineare Schätzgerade). Diese bildet letztlich einen Erwartungswert für das durchschnittliche Verhalten aller Beobachtungen im untersuchten Datensample ab. Die Schätzgerade verläuft durch die Mitte der Punktwolke. Ihr Verlauf ergibt sich aus der Methode der kleinsten Quadrate und gleicht positive und negative Abweichungen aus. Die Abweichungen einzelner Unternehmen von den im Mittel erwarteten Werten werden in den Residuen v_i (Abstand der Beobachtung zur Schätzgeraden) zusammengefasst. Die Summe der Residuen hat einen Erwartungswert von Null, da sich im Mittel die positiven und negativen Abweichungen aufheben. Eine univariate Regression stellt damit den Zusammenhang zwischen zwei Variablen, einer abhängigen und einer unabhängigen Variable, her. Das allgemeine Ziel der multivariaten Regression besteht darin, etwas über die Beziehungen zwischen verschiedenen unabhängigen oder Vorhersagevariablen und einer abhängigen Variablen zu erfahren. Ein Maß für die Erklärungskraft einer jeden Regression ist dabei das korrigierte Bestimmtheitsmaß R_{korr} . Die Höhe des Bestimmtheitsmaßes gibt an, wie stark die abhängige Variable von einer bzw. mehreren unabhängigen Variablen erklärt werden kann. Es ist somit ein Zeichen für die Güte einer Regression.

Zwei-Stichproben t-Test

Um zu überprüfen, ob das arithmetische Mittel zweier Stichproben sich signifikant voneinander unterscheidet, wird der Zwei-Stichproben t-Test herangezogen, welcher die Nullhypothe-

se, die Differenz beider Stichproben ist gleich Null, überprüft. Voraussetzung sind dabei zwei unabhängige Stichproben aus normalverteilter Grundgesamtheit und unbekannter, aber gleicher Standardabweichung. Bei Zugrundelegung einer Sicherheitswahrscheinlichkeit $\beta = 1 - \alpha$ wird die Nullhypothese $H_0: \mu_1 = \mu_2$ gegen die zweiseitige Alternativhypothese $H_0: \mu_1 \neq \mu_2$ getestet. Der t-Wert berechnet sich nach:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(N_1 + N_2)((N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2)}{N_1 N_2 (N_1 + N_2 - 2)}}}$$

Formel 1

Mit dem Freiheitsgrad $n_1 + n_2 - 2$ ist der errechnete t-Wert mit Schranke t^* zu vergleichen.

Die Nullhypothese kann dann abgelehnt werden, wenn $|t| > t_\beta$ gilt. Die Stichprobenvarianzen werden auf Homogenität mit Hilfe des F-Tests mit s_1^2 / s_2^2 als Testgröße überprüft. Je nach Ergebnis des F-Tests bei einer nicht gegebenen Varianzgleichheit wird auf das Näherungsverfahren von WELCH zurückgegriffen und die Testgröße Formel 1 wird durch Formel 2 ersetzt.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}}$$

Formel 2

Als Testschranke wird die Schranke der t-Verteilung verwendet, deren Freiheitsgrad die größte ganze Zahl darstellt, die kleiner oder gleich

$$\frac{\left(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}\right)}{\frac{s_1^4}{N_1(N_1 - 1)} + \frac{s_2^4}{N_2(N_2 - 1)}} \text{ ist.}^2$$

Formel 3

WILCOXON-MANN-WHITHNEY-U-Test

Dieser nicht-parametrische Test wird herangezogen, um über die Rangfolge signifikante Unterschiede bezüglich der Mediane von zwei Teilstichproben zu überprüfen. Die Betriebsaufwendungen von zwei zu vergleichenden Teilstichproben werden in einer Gesamtheit in eine aufsteigende Reihenfolge gebracht und mit entsprechenden Rangziffern versehen, wobei die Rangziffern für beide Teilstichproben unterschiedlich sind. Die Summe der Rang-

² Vgl. Basler (1994), S. 225.

zahlen aus der ersten Teilstichprobe sei R_1 , die der zweiten Teilstichprobe R_2 . Für jede Stichprobe wird die Prüfgröße U ermittelt.

Formel 4
$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_1,$$

Formel 5
$$U_2 = N_1 N_2 + \frac{N_2(N_2 - 1)}{2} - R_2,$$

Formel 6
$$U = \frac{N_1 N_2}{2} - u(\alpha) \cdot \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}.$$

Die Nullhypothese sagt, dass kein Unterschied in den Verteilungen der Aufwendungen bei der Stichproben besteht. Für diese zweiseitige Fragestellung benötigt man das Minimum von U_1 und U_2 , also $\min(U) = \min(U_1, U_2)$. Die Nullhypothese kann in Abhängigkeit vom Signifikanzniveau verworfen werden, wenn $\min(U) < U$. Die kritischen Werte sind Tabellen zu entnehmen.^{3 4}

Statistische Signifikanz

Gemäß üblicher statistischer Praxis heißen Unterschiede zwischen Variablen signifikant (*bezeichnend*), wenn die Wahrscheinlichkeit, dass sie durch Zufall zustande kommen würden, gering ist. Liegt Signifikanz vor, wird statistisch daraus geschlossen, dass tatsächlich ein Unterschied vorliegt. Überprüft wird die Signifikanz durch an das Datensample angepasste statistische Tests, die eine Abschätzung der Irrtumswahrscheinlichkeit erlauben. Bspw. repräsentieren die mit einem Zwei-Stichproben t-Test ausgegebenen p-Werte die Wahrscheinlichkeit für eine Fehlentscheidung bei Akzeptanz der Hypothese einer existierenden Differenz. In diesem Fall ist es die Wahrscheinlichkeit für den Fehler, dass die Hypothese (keine Differenz zwischen den beiden Gruppen) abgelehnt wird, wenn diese Hypothese in Wirklichkeit zutrifft. Das a priori festzulegende Quantil der maximal zulässigen Irrtumswahrscheinlichkeit wird als Signifikanzniveau α bezeichnet. So bedeutet $\alpha = 0,05$, dass die maximal zulässige Wahrscheinlichkeit für irrtümliches Ablehnen einer eigentlich richtigen Nullhypothese 5 % beträgt (Fehler 1. Art). Umgekehrt beträgt die Wahrscheinlichkeit (statistische

³ Vgl. Rasch et al. (2004), S. 198 ff; Toutenburg (2007), S. 174-176.

⁴ In Stichproben größer als $N=20$ nähert sich die Stichprobenverteilung der U-Statistik schnell der Normalverteilung an. Daher wird mit dem U-Test (korrigiert um verbundene Ränge) zusätzlich ein Z-Wert (Wert für die Normalverteilung) mit entsprechendem p-Wert ausgewiesen.

Signifikanz), dass eine richtige Nullhypothese vom Test korrekt bestätigt wird mindestens $1-\alpha$. Dabei stehen (***) , (**), (*) sowie (n..s.) für die statistische Signifikanz auf 99%-, 95%- und 90%- Niveau sowie für keine statistische Signifikanz.

3.3 Beschreibung des Teilnehmerfelds

An der Datenerhebung im Rahmen des Forschungsvorhabens haben sich insgesamt 45 Wasserversorgungsunternehmen beteiligt. Die Bandbreite der jeweiligen jährlichen Trinkwasserabgabemengen reicht dabei von 0,6 Millionen bis 193 Millionen Kubikmeter (Abbildung 5).

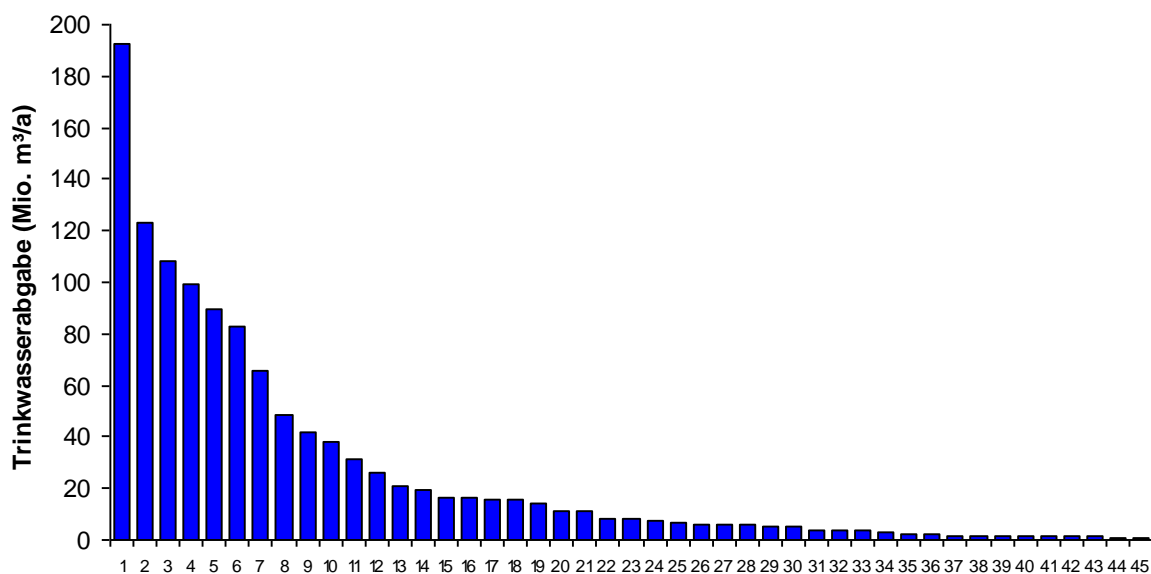


Abbildung 5 Jährliche Trinkwasserabgabe der teilnehmenden Wasserversorgungsunternehmen

Die Summe der Abgabemengen aller an der Erhebung teilgenommenen Wasserversorger beträgt 1,18 Milliarden Kubikmeter, dies entspricht etwa einem Viertel der gesamten deutschen Trinkwasserabgabe.

Nicht alle der 45 Teilnehmer verfügen über alle Hauptprozesse innerhalb der Wertschöpfungskette der Wasserversorgung. Fünf Unternehmen innerhalb des Datenpools haben keine eigene Wasserproduktion, sondern beziehen ausschließlich Trinkwasser von einem Vorlieferanten. Die Wertschöpfungskette beginnt in diesem Fall mit der Verteilung des Wassers, also dem Hauptprozess Wassernetze. Drei der teilnehmenden Wasserversorger betreiben zwar eigene Wasseraufbereitungsanlagen, beziehen jedoch das benötigte Rohwasser von einem Vorlieferanten und haben somit keine Aufgaben des Ressourcenmanagements sowie der Wassergewinnung. Die übrigen 37 Wasserversorgungsunternehmen inner-

halb des Datenpools verfügen sowohl über eine eigene vollständige Wasserproduktion als auch über ein Versorgungsnetz, in welches sie das Trinkwasser einspeisen. Das Feld der an der Datenerhebung teilgenommenen Wasserversorger lässt sich mit Blick auf den Netzprozess weiterhin nach der Art der Trinkwasserversorgung in 15 Unternehmen der Fernwasserversorgung und 30 der Direktversorgung aufteilen. Bei reinen Fernwasserversorgern wird das Wasser durch Leitungen über größere Entfernungen einem oder mehreren Versorgungsgebieten zugeführt und dort an Weiterverteilerkunden übergeben. Eigene Endverteilungsnetze werden jedoch in der Regel nicht betrieben. Direktversorger betreiben eigene Verteilungsnetze und beliefern über Anschlussleitungen ihre Tarif- und Sondervertragskunden. Für die Anwendung des Vergleichsverfahrens ist aufgrund der unterschiedlichen Ausgestaltung der Aufgaben eine getrennte Betrachtung dieser beiden Versorgungsarten notwendig.

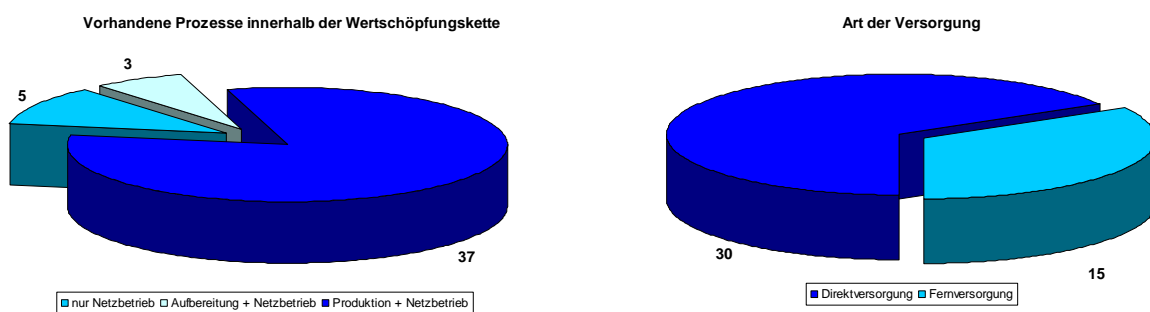


Abbildung 6 Aufteilung teilnehmender Wasserversorgungsunternehmen nach Anzahl vorhandener Prozesse innerhalb der Wertschöpfungskette und Art der Versorgung

3.4 Darstellung von ausgewählten Ergebnissen

Im diesem Abschnitt sollen ausgewählte Ergebnisse der Datenerhebung dargestellt werden: Zum einen ausgewählte Strukturmerkmale aus den beiden betrachteten Hauptprozessen Wasserproduktion (Abschnitt 3.4.1) und Wassernetze (Abschnitt 3.4.2), die als Eingabewerte im Rahmen der Datenerhebung direkt abgefragt oder als Kennzahlen aus den erhobenen Daten berechnet wurden. Zum anderen werden in Abschnitt 3.4.3 exemplarisch zwei den Hauptprozessen zugeordnete Aufwands- und Leistungskriterien dargestellt, mit deren Hilfe sich der unterschiedliche technische Aufwand zur Leistungserbringung messen lässt. Damit sollen die Auswirkungen der strukturellen Rahmenbedingungen quantifiziert werden, was

letztlich zur Validierung des vorgeschlagenen Vergleichsverfahrens genutzt werden kann. Auf alle zur Verwendung gekommenen Strukturmerkmale und Aufwands- und Leistungskriterien wird dann im nachfolgenden Kapitel 4 näher eingegangen.

3.4.1 Strukturmerkmale Wasserproduktion

Die Ergebnisse der Datenerhebung zu den Strukturmerkmalen und zu ausgewählten Leistungs- und Aufwandskennzahlen der Wasserproduktion sind zunächst in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2 Ergebnisübersicht Wasserproduktion: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 37 Unternehmen)

Wasserproduktion	Einheit	n	10%-Perz.	Median	Mittelwert	90%-Perz.
<i>Strukturmerkmale</i>						
Art der Ressource - Oberflächenwasser	%	37	0	0	23	99
Art der Ressource - Oberflächennahes Grundwasser	%	37	0	40	47	100
Art der Ressource - Tiefgrundwasser	%	37	0	0	29	92
Belastung der Ressource	Index 0 bis 3	35	0	0	0	2
Gefährdung der Ressource	Index 0 bis 3	35	0	1	1	3
Rohwasserverfügbarkeit am Standort	%	36	45	134	144	221
Entnahmekapazität (GW und oberflächennahes GW)	m ³ /h/Bauwerk	33	5	20	23	34
Entnahmekapazität (OFW)	m ³ /h/Bauwerk	9	581	892	1574	2864
Förderhöhe Rohwassertransport	m	36	10,3	55,7	75,7	187,0
Leitungslänge Rohwassertransport	km	36	0,1	10,3	43,3	104,0
Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	%	37	0	0	11	46
Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	%	37	0	56	53	100
Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	%	37	0	7	36	100
<i>Aufwand- und Leistungskriterien</i>						
Spezifischer Energieverbrauch Trinkwasserproduktion	kWh / m ³	35	0,07	0,20	0,29	0,61
Personal für Trinkwasserproduktion	VZÄ / Mio. m ³	35	0,59	1,71	1,88	3,80
Betriebsaufwand Trinkwasserproduktion	Euro / m ³	34	0,12	0,30	0,66	1,23
Messstellen je Fläche Wasserschutzgebiet	n / km ²	31	0,0	1,3	3,8	7,2
Messstellen je Fläche Einzugsgebiet	n / km ²	26	0,0	0,8	1,4	3,8
Schutzzonengröße	%	22	16	100	97	110
Schutzgebiet pro genehmigter Menge	km ² / Mio. m ³	32	0,83	2,93	7,50	20,44
Probenahmen Vorfeld pro Wasserförderung	n / Mio. m ³	33	0,0	7,5	22,4	58,6
Ausschöpfung Entnahmerechte (Jahreswert)	%	35	25	56	57	81
Mittlere Auslastung Wassergewinnung	%	36	28	57	57	84
Unterbrechung Wassergewinnung/Wasseraufbereitung	%	32	0,0	0,0	1,3	0,2
Auslastung Aufbereitungskapazität (Jahresdurchschnitt)	%	34	18	42	43	63
Auslastung Aufbereitungskapazität (Spitzenwert)	%	34	28	69	75	101
Anteil Rohwasserbezug	%	36	0	0	7	8
Anteil Reinwasserbezug	%	36	0	19	32	87

Für den Hauptprozess Wasserproduktion wird das Strukturmerkmal **Art der Ressource** als Kriterium zur Bildung von nichtvergleichbaren Gruppen auf der ersten Sortierstufe verwendet. Die Aufteilung erfolgt hier nach der dominierenden (>50%) Ressourcenart. Dargestellt werden in der Abbildung 7 nur diejenigen Wasserversorgungsunternehmen, die über eigene Ressourcen verfügen. Fremdbezogenes Roh- oder Reinwasser wird hierbei nicht betrachtet.

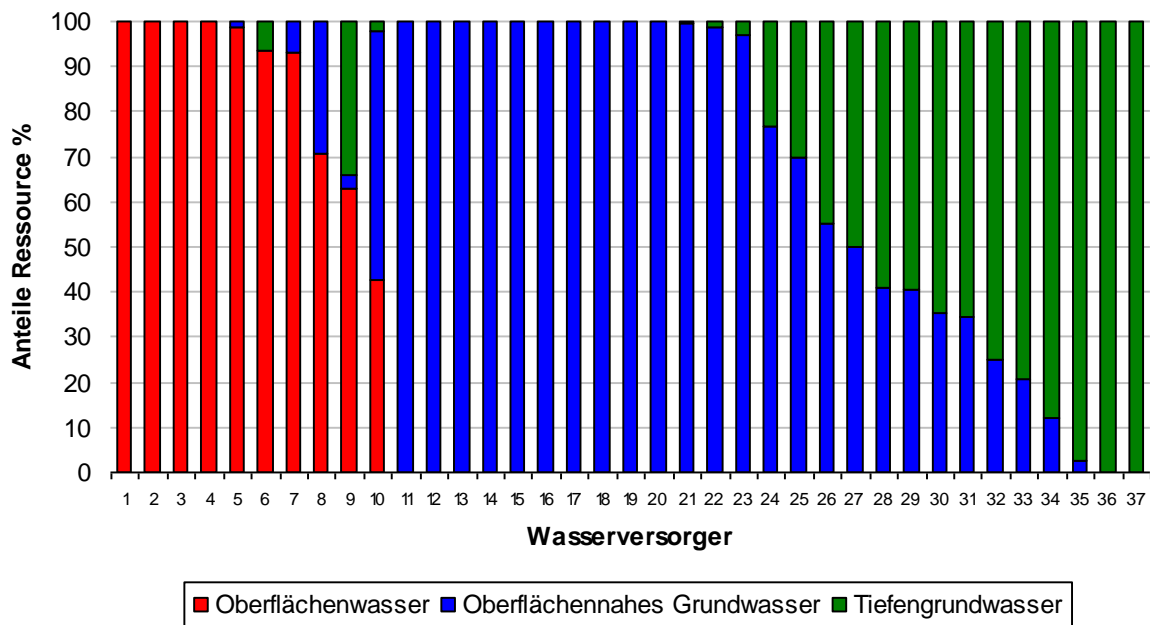


Abbildung 7 Strukturmerkmal Art der Ressource

Insgesamt ist zu erkennen, dass über den gesamten Datenpool gesehen „Oberflächennahes Grundwasser“ die am häufigsten genutzte Ressourcenart darstellt, sie kommt bei 30 der insgesamt 37 dargestellten Wasserversorger vor. Bei 17 Teilnehmern hat sie zudem einen Anteil von über 50% an der gesamten Wasserproduktion. Zweitgrößte Gruppe sind die 11 Versorger mit „Tiefengrundwasser“ als dominierende Ressourcenart, bei neun Unternehmen wird überwiegend „Oberflächenwasser“ verwendet. Etwa die Hälfte der dargestellten Wasserversorger (19 von 37) nutzt ausschließlich eine einzige Ressourcenart, bei den übrigen ist es meist es eine Kombination aus zwei verschiedenen, lediglich bei zwei Unternehmen aus allen drei Ressourcenarten.

Voraussetzung für eine eigene Wasserproduktion ist das Vorhandensein von lokal verfügbaren Ressourcen. Stehen nicht ausreichende Rohwassermengen zur Deckung des Versorgungsbedarfs zur Verfügung oder sollen im Sinne der Versorgungssicherheit mehrere Rohwasserquellen genutzt werden, müssen entsprechende Mengen von einem Vorlieferanten bezogen werden. Die Abbildung 8 stellt das Strukturmerkmal **Rohwasserverfügbarkeit am Standort** dar, welches das Verhältnis zwischen bewilligter Entnahmemenge und der Systemeinspeisung (= Summe aus Eigenförderung und Fremdbezug) zeigt. Ebenfalls dargestellt in der Abbildung ist der Anteil fremdbezogenen Wassers an der Systemeinspeisung. Es ist zu erkennen, dass trotz Vorhandenseins eigener Entnahmerechte in mehreren Fällen größere Anteile des Wassers fremdbezogen werden, im Extremfall sogar bis zu 100%.

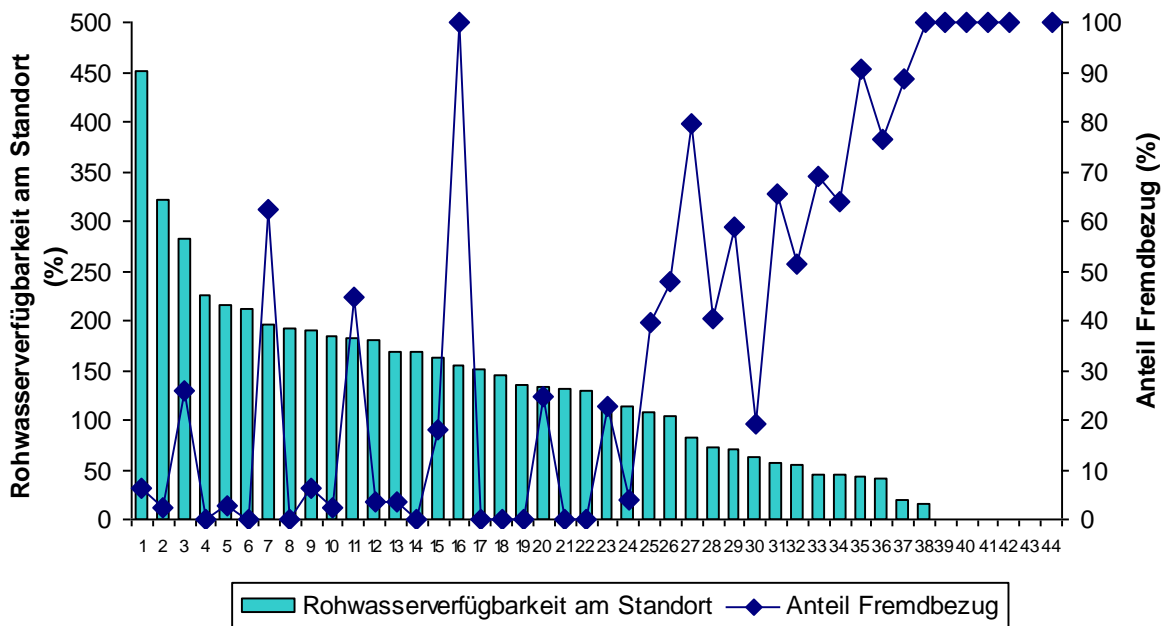
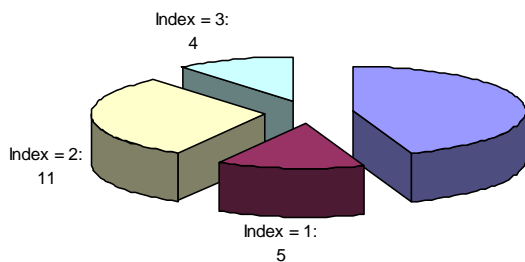


Abbildung 8 Rohwasserverfügbarkeit am Standort und Anteil Fremdbezug

Als weitere die Wasserproduktion betreffenden Strukturmerkmale sind die **Gefährdung** und die **Belastung der Ressource** zu nennen. Als Gefährdung der Ressource werden Gegebenheiten im Einzugsgebiet zusammengefasst, welche eine negative Beeinträchtigung des Rohwassers zur Folge haben können. Es ist in der Regel davon auszugehen, dass mit einer intensiven Nutzung des Einzugsgebietes die Gefahr einer Beeinträchtigung zunimmt. Dazu zählen sowohl Flächennutzungen durch Land- und Forstwirtschaft als auch durch Siedlung, Gewerbe und Industrie. Während der Gefährdungsindex eine potenzielle Beeinträchtigung abbildet, zeigt der Belastungsindex eine bereits tatsächlich vorhandene chemische, biologische oder mikrobiologische Beeinträchtigung an. Die Belastung der Ressource kann sowohl anthropogenen als auch geogenen Ursprunges sein. Gefährdungs- und Belastungsindex bestehen jeweils aus drei abgestuften Einzelindizes, die jeweils den Wert „0“ (keine Gefährdung bzw. Belastung) oder „1“ (Gefährdung bzw. Belastung vorhanden) annehmen können, in der Summe für den Gesamtindex also Werte zwischen 0 und 3 erreichen. Abbildung 9 zeigt die Indexwerte für die Unternehmen des Vergleichspools. Drei Viertel der Versorger hat hier keinerlei Belastungen der Ressource (= Belastungsindex 0), bei 16 Unternehmen nimmt sogar der Index für die Gefährdung den Wert 0 an.

Gefährdung der Ressource (Index 0 - 3)



Belastung der Ressource (Index 0 - 3)

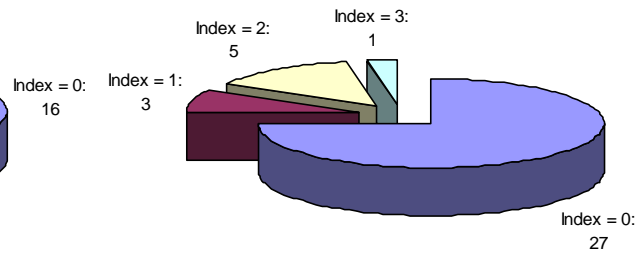


Abbildung 9 Gefährdungs- und Belastungsindex

Das Strukturmerkmal **Entnahmekapazität** beschreibt die räumliche Verteilung der Gewinnungsanlagen. Diese wird primär von naturräumlichen Gegebenheiten wie z.B. den geologischen und hydraulischen Randbedingungen innerhalb des Einzugsgebietes beeinflusst, auf die der Wasserversorger keinen unmittelbaren Einfluss hat.

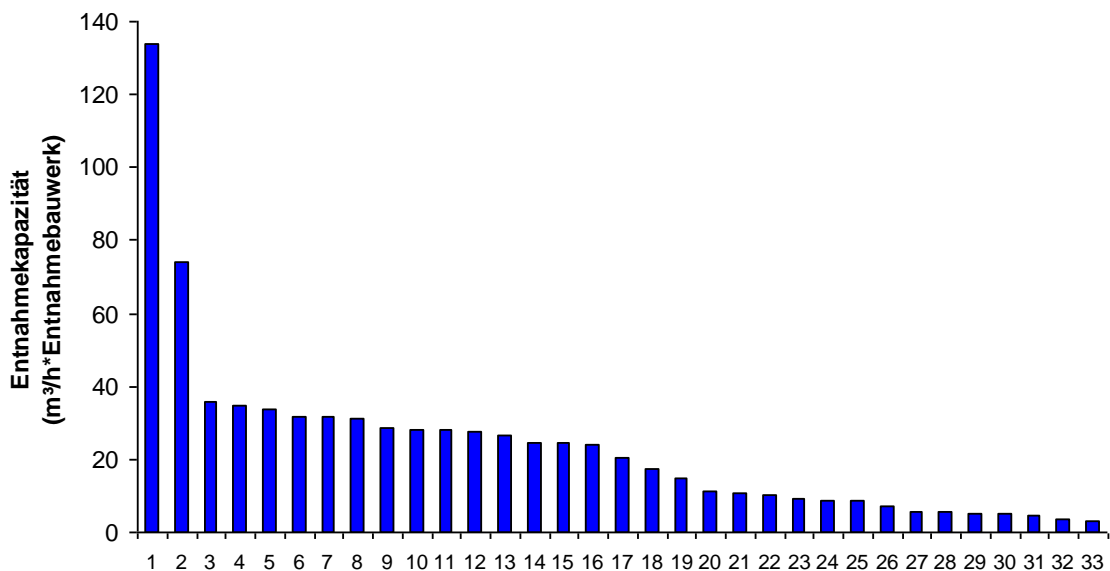


Abbildung 10 Entnahmekapazität Grundwasser

Gewinnungsanlagen für Grund- und Oberflächenwasser werden dabei getrennt betrachtet, da in der Regel die Entnahmebauwerke zur Oberflächenwasserentnahme größer dimensioniert sind als Quell- oder Brunnenwasserfassungen. Abbildung 10 zeigt die durchschnittliche Entnahmekapazität der teilnehmenden Versorger für die Ressourcenarten Tiefengrundwasser und oberflächennahes Grundwasser. Die Bandbreite reicht dabei von drei bis 134 m³ pro Stunde und Fassungsanlage. Bei der Ressource Oberflächenwasser hingegen reichen die Entnahmekapazitäten von etwa 400 bis knapp unter 4800 m³ pro Stunde und Fassungsanlage.

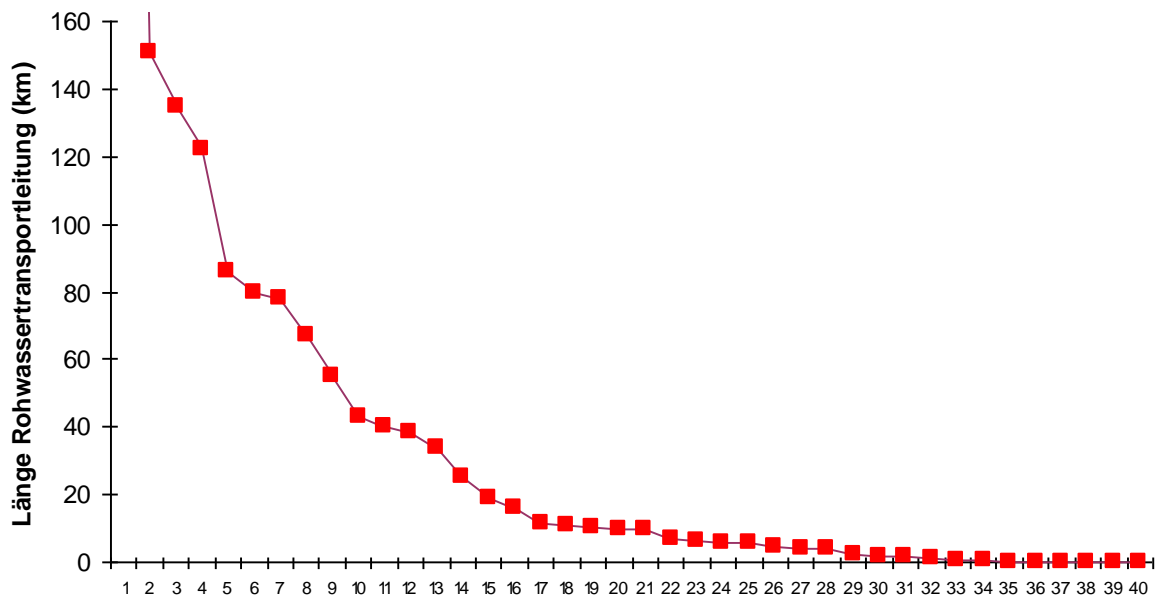


Abbildung 11 Förderhöhe Rohwassertransport

Weitere Strukturmerkmale im Bereich der Wasserproduktion sind die manometrische **Förderhöhe** (Abbildung 11) sowie die **Länge der Rohwassertransportleitungen** (Abbildung 12) bis zum Eingang des Wasserwerkes bzw. der Wasserwerke. Die Förderhöhe hat Auswirkungen auf den erforderlichen Energiebedarf, daneben beeinflusst die zu realisierende Druckhöhe auch die Auslegung der Rohrleitung sowie der Einbauten und Pumpen.

Ebenso wie der Höhenunterschied stellt auch die Länge der Rohwassertransportleitungen eine standortspezifische Gegebenheit dar, die aus der Lage der Gewinnungs- zu den Aufbereitungsanlagen resultiert. Mit zunehmender Entfernung ist aufgrund von Reibungsverlusten mit einem steigenden Energieverbrauch sowie mit einer Zunahme der Betriebs- und Instandhaltungsaufwendungen zu rechnen.

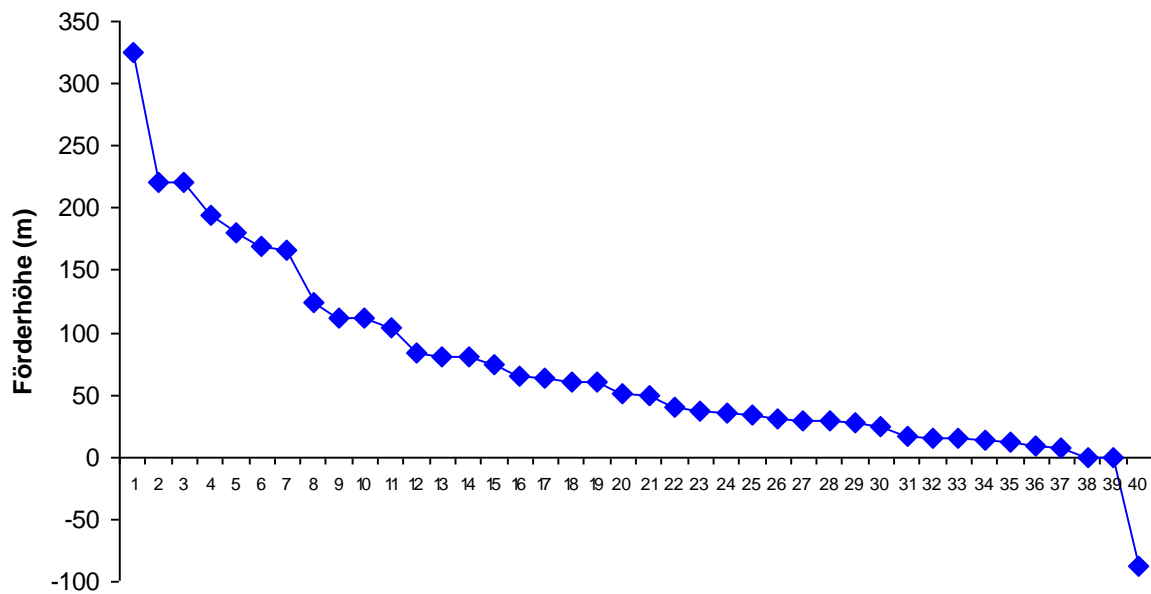


Abbildung 12 Länge Rohwassertransportleitungen

Als weiteres Strukturmerkmal für den Hauptprozess Wasserproduktion ist der **Aufbereitungsgrad** in der Abbildung 13 für die 37 Wasserversorgungsunternehmen des Vergleichsfeldes dargestellt. Unterschieden wird dabei zwischen „Keiner Aufbereitung“, „Konventioneller Aufbereitung“ und „Weitergehender Aufbereitung“. Der erforderliche Grad der Aufbereitung ergibt sich aus der vorliegenden Rohwasserqualität und den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV), behördlichen Auflagen, Regelwerksempfehlungen und ggf. speziellen Anforderungen von Seiten der Kunden des Wasserversorgungsunternehmens. Es ist zu erkennen, dass über die gesamte Gruppe der dargestellten Wasserversorgungsunternehmen die konventionelle Aufbereitung dominiert. Jedoch gibt es auch sieben Unternehmen, bei denen ausschließlich weitergehend aufbereitet wird. Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass die Bandbreite der Aufbereitungserfordernisse in der deutschen Wasserversorgung mit dem vorhandenen Datenpool gut abgebildet wird.

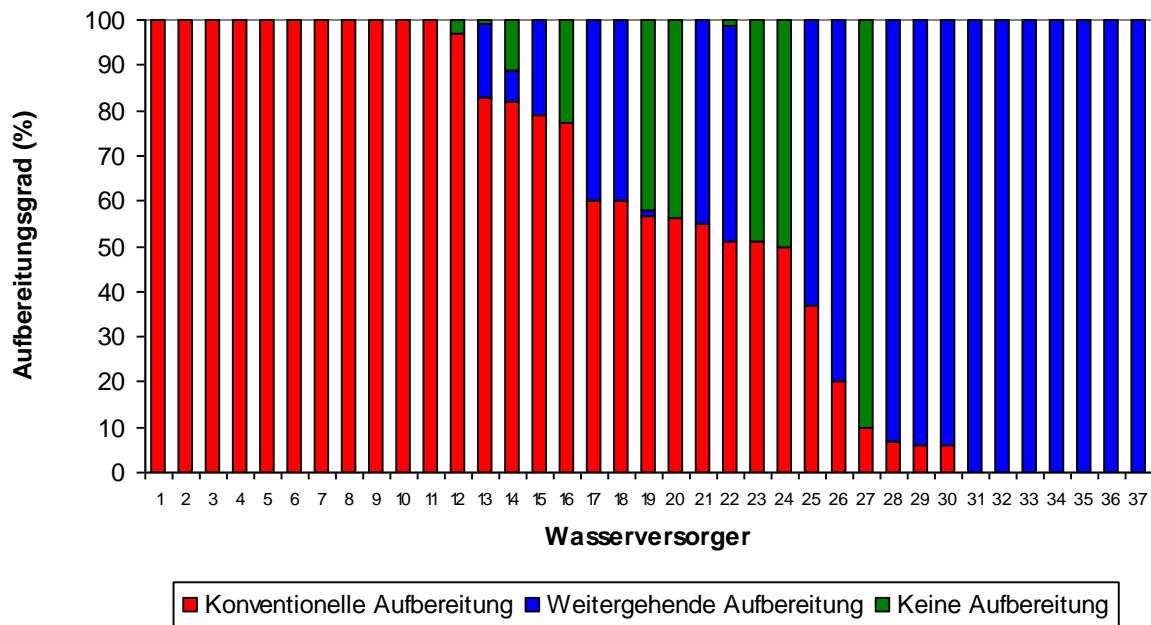


Abbildung 13 Aufbereitungsgrad

3.4.2 Strukturmerkmale Wassernetze

Die Ergebnisse der Datenerhebung zu den Strukturmerkmalen und zu ausgewählten Leistungs- und Aufwandskennzahlen der Wassernetze sind in Tabelle 3 für Direktversorger und Tabelle 4 für Fernversorger zusammengefasst.

Tabelle 3 Ergebnisübersicht Wassernetze Direktversorgung: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 30 Unternehmen)

Wassernetze Direktversorger	Einheit	n	10%-Perz.	Median	Mittelwert	90%-Perz.
<i>Strukturmerkmale</i>						
Druckzonen	Anzahl	30	5	19	27	64
Bevölkerungsänderung	%	29	-1,5	1,0	8,7	28,5
Abgabe an Sondervertragskunden	%	30	0	15	14	27
Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch	l/EW/d	30	99	124	122	142
Metermengenwert	m ³ /m	30	5,0	11,4	13,3	24,6
Hausanschlussdichte	HA/km ²	29	32,0	156,7	198,2	352,1
Täglicher Spitzenfaktor		29	1,15	1,24	1,28	1,44
Bodenklassen	%	28	0	10	20	52
Besondere Gefährdungen	0 (nein) / 1 (ja)	30	0	0	0	1
<i>Aufwand- und Leistungskriterien</i>						
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb	kWh / m ³	30	0,02	0,16	0,26	0,66
Personal Netzbetrieb	VZÄ / 100km	27	1,02	3,84	4,02	7,18
Energiebezugspreis Netzbetrieb	Euro / kWh	29	0,08	0,15	0,15	0,21
Behälterkapazität (DVGW)	d	28	0,25	1,06	1,09	1,63
Absperrarmaturendichte (Distrikttrennung)	n/km	27	0,00	0,07	0,11	0,29
Hydrantendichte	n/km	30	5,46	8,91	9,39	12,60
Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung	n / 1000 AL	26	0,00	0,00	0,35	1,36
Tage mit Versorgungseinschränkungen	%	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Einhaltung Mindestversorgungsdruck (Direktversorgung)	%	28	99,5	100,0	99,8	100,0
Qualitativer Erfüllungsgrad Trinkwasseranalysen	%	28	96,7	99,9	96,5	100,0
Wasserverluste je Leitungslänge	m ³ / km / h	30	0,06	0,12	0,16	0,34
Leitungsschäden	n / 100 km	30	1,93	12,28	13,51	24,87
Versorgungsbeschwerden je 1000 Hausanschlüsse	n / 1.000 HA	28	0,05	2,03	4,77	19,41
Leitungsrehabilitation	%	30	0,00	0,25	0,90	1,07
Anschlussleitungsrehabilitation (inkl. inaktive)	%	24	0,42	0,97	1,05	2,08
Anschlussleitungsschäden	n / 1.000 HA	30	1,53	3,17	4,02	8,07
Veränderung Wasserabgabe Tarifkunden	%	27	-28	-16	-10	21

Tabelle 4 Ergebnisübersicht Wassernetze Fernversorgung: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 15 Unternehmen)

Wassernetze Fernversorger	Einheit	n	10%-Perz.	Median	Mittelwert	90%-Perz.
<i>Strukturmerkmale</i>						
Maximale Höhendifferenz	m	15	207	409	427	672
Druckzonen	Anzahl	13	0	9	17	41
Bevölkerungsänderung	%	13	-0,6	0,6	0,9	7,4
Metermengenwert	m ³ /m	15	17,87	68,92	82,94	155,58
Täglicher Spitzenfaktor		15	1,14	1,24	1,27	1,41
Bodenklassen	%	13	10	30	38	77
Besondere Gefährdungen	0 (nein) / 1 (ja)	14	0	0	0	1
<i>Aufwand- und Leistungskriterien</i>						
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb	kWh / m ³	14	0,08	0,25	0,41	0,82
Personal Netzbetrieb	VZÄ / 100km	15	2,32	4,61	5,59	11,82
Betriebsaufwand Netzbetrieb	EUR / km	14	2719	5286	8092	15797
Behälterkapazität (DVGW)	d	15	0,53	0,96	0,99	1,54
Hydrantendichte	n/km	4	0,02	0,11	0,28	0,67
Einhaltung Mindestversorgungsdruck (Weiterteiler)	%	12	100,0	100,0	99,6	100,0
Qualitativer Erfüllungsgrad Trinkwasseranalysen	%	14	99,9	100,0	100,0	100,0
Wasserverluste je Leitungslänge	m ³ / km / h	15	0,01	0,06	0,12	0,34
Leitungsschäden	n / 100 km	15	0,00	1,09	1,46	2,29
Leitungsrehabilitation	%	15	0,00	0,00	0,29	0,85

Die **Art des Siedlungsraumes** dient als Sortierkriterium der 1. Stufe für den Hauptprozesses Wassernetze für die Direktversorgungsunternehmen und wird durch den Grad der Urbanität sowie der Siedlungsdichte bestimmt. Mit Großstadtregion wird ein Versorgungsgebiet bezeichnet, in dem die Anzahl der versorgten Bevölkerung größer 100.000 ist und die Ver-

sorgungsdichte mindestens 900 Einwohner pro km² beträgt. Der städtische Raum wird durch eine Versorgungsdichte von mindestens 150 Einwohner/km² definiert. Liegt die Versorgungsdichte darunter, wird vom ländlichen Raum gesprochen. Nach dieser Abgrenzung ergibt sich für die 30 Direktversorgungsunternehmen im Datensample die in Abbildung 14 dargestellte Aufteilung.

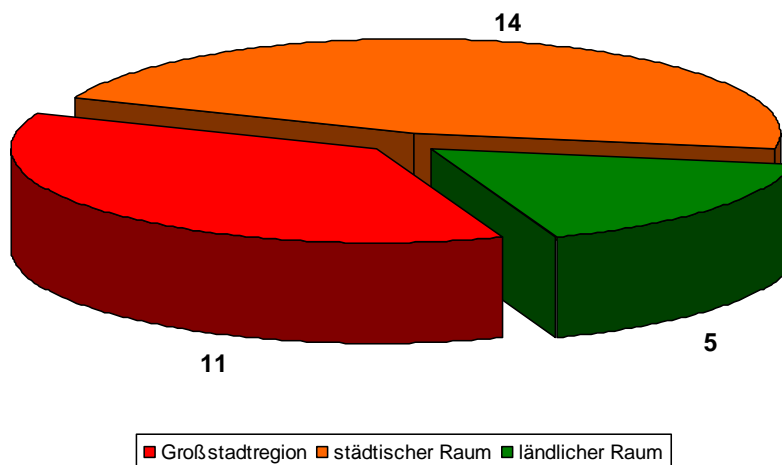


Abbildung 14 Art des Siedlungsraums Direktversorger

Für die 15 Fernwasserversorgungsunternehmen erfolgt, wie in Abbildung 15 zu sehen ist, die Sortierung auf der 1. Stufe nicht nach der Art des Siedlungsraumes, sondern nach dem Strukturmerkmal **Metermengenwert**, also der Trinkwasserabgabe in Relation zur Länge des Gesamtnetzes.

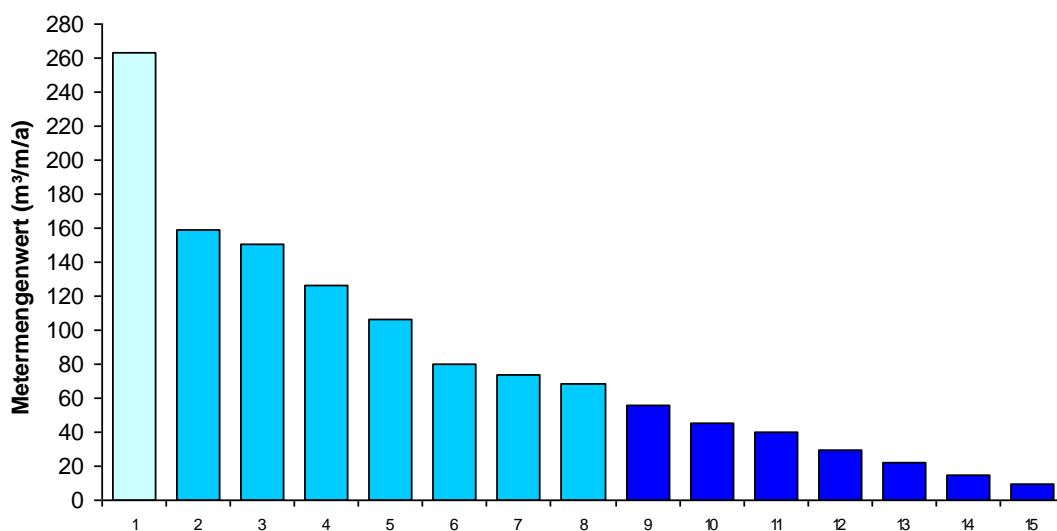


Abbildung 15 Metermengenwert Fernversorger

Als geeignete Unterteilung bietet sich hier die Bildung von drei unterschiedlichen Gruppen an: 1) Kleinere Fern- und Regionalversorger im ländlicher Raum mit einem Metermengenwert kleiner $60 \text{ m}^3/\text{m}/\text{a}$, 2) Fernversorger, häufig mit größeren Wasserabgaben zur Versorgung von Städtereigionen mit einem Metermengenwert zwischen 60 und $200 \text{ m}^3/\text{m}/\text{a}$ sowie 3) Regionalversorger im städtischen Raum mit einem Metermengenwert über $200 \text{ m}^3/\text{m}/\text{a}$.

Das Strukturmerkmal **Anzahl der Druckzonen** ist sowohl für die Gruppe der Direkt- als auch die der Fernversorger relevant. Die Anzahl der Druckzonen ist von der Topographie (geodätische Höhenunterschiede) sowie der Ausdehnung des Versorgungsgebietes abhängig. In der folgenden Abbildung 16 sind die Druckzonen für die Gruppe der Direktversorger dargestellt, die Bandbreite reicht dabei von zwei bis 85 Druckzonen.

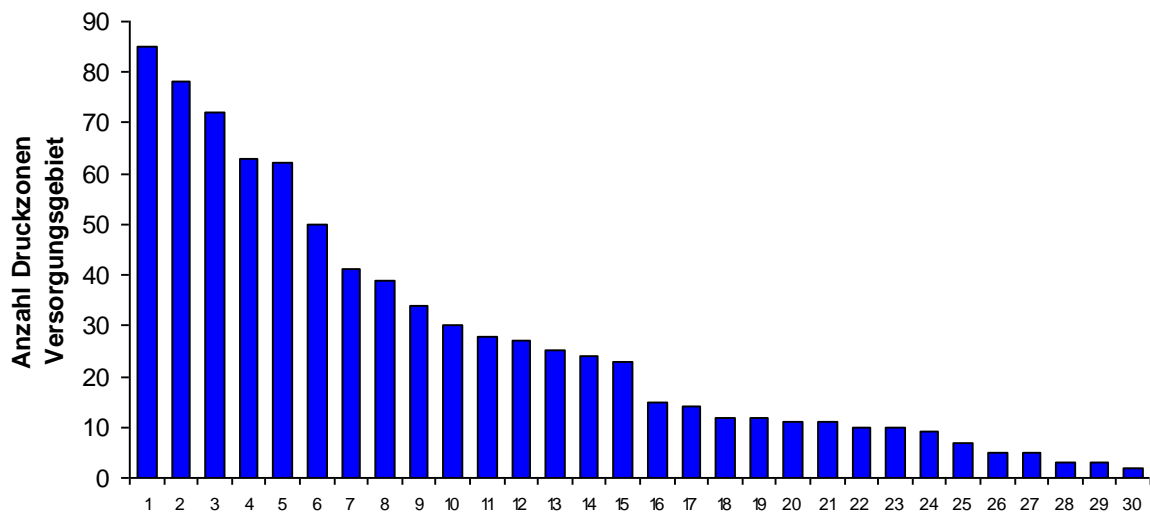


Abbildung 16 Anzahl der Druckzonen Direktversorger

Die **Bevölkerungsänderung** innerhalb des Versorgungsgebietes hat als Strukturmerkmal ebenfalls einen vermuteten Einfluss auf die Leistungserbringung. Fällt die Veränderung überdurchschnittlich hoch oder niedrig im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aus, ist davon auszugehen, dass der betroffene Versorger überproportional stark durch eine sich verändernde Wassernachfrage betroffen ist und entsprechende Maßnahmen (z.B. intensivere Instandhaltung, (Re-) Investitionen, etc.) entwickeln und umsetzen muss. Unter Umständen können intensivere Wartungen erforderlich sein, um einer negativen Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit (z.B. durch längere Stagnationszeiten) entgegenzuwirken. Wie die Abbildung 17 zeigt, ist bei den teilnehmenden Versorgern die Änderung in beide Richtungen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Vergleichsweise hohe Änderungsraten lassen Erweiterungen im Versorgungsgebiet vermuten.

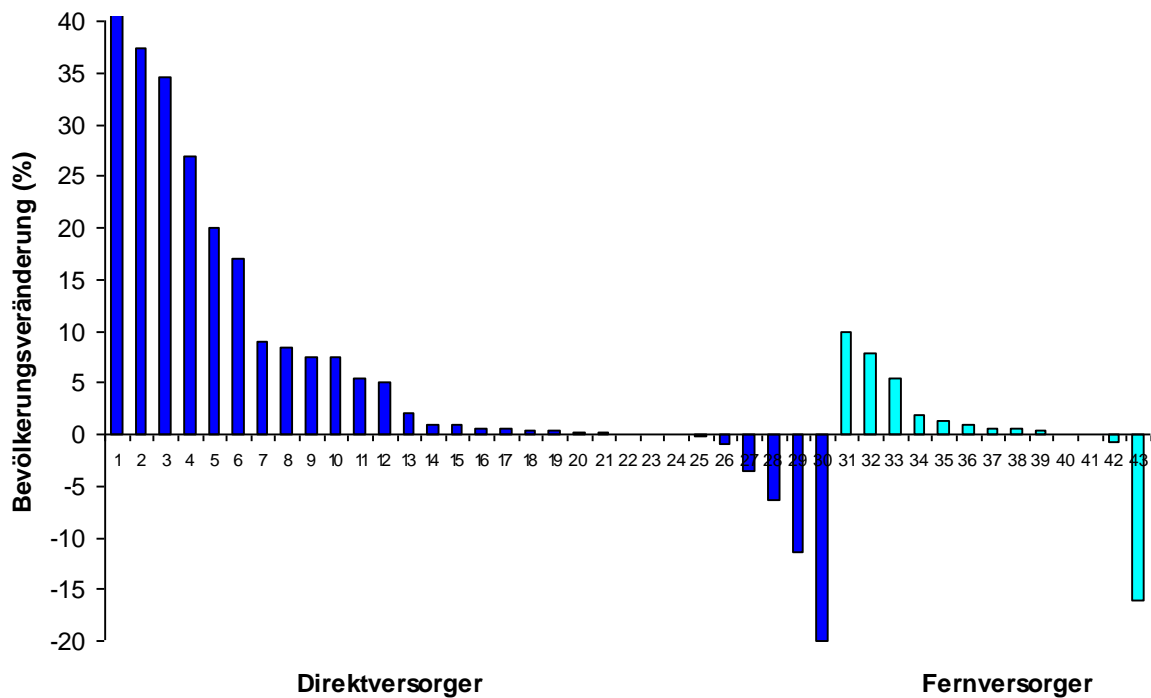


Abbildung 17 Bevölkerungsänderung

Der spezifische Wasserverbrauch je versorgten Einwohner als zentrale Planungs- und Betriebsgröße für jedes Versorgungsunternehmen stellt als nicht beeinflussbare Größe ebenfalls ein Strukturmerkmal dar. Wasserversorger mit stark gesunkener Wasserabgabe im Versorgungsgebiet müssen zur Sicherstellung einer ausreichenden Versorgungsqualität und -sicherheit mehr Aufwand treiben, als Wasserversorger, die nur durchschnittlich oder nicht so stark von sinkenden Wasserabgaben betroffen sind. Besonders problematisch stellen sich starke Veränderungen dar, weil die Trinkwasserversorgungsanlagen auf lange Zeiträume ausgelegt und abgeschrieben werden. Reaktionen auf Änderungen im Wasserverbrauch sind kurzfristig nur durch betriebliche Maßnahmen wie Spülungen (zur Sicherung der Trinkwasserqualität) möglich. Auch bei langfristig sinkenden Wasserverbrauchszahlen kann ein Versorger nicht in jedem Fall mit Verkleinerung der Nennweiten reagieren. Häufig stehen dem zurückgehenden täglichen Wasserbedarf die planerisch zugrunde gelegten Spitzenverbräuche und Feuerlöschreserven entgegen. Diese müssen auch bei niedrigen täglichen Abgabemengen vorgehalten werden. Unterschiede beim Pro-Kopf-Verbrauch zeigen sich nicht deutlich zwischen den verschiedenen Siedlungsräumen (siehe Abbildung 18), sondern eher zwischen den alten und neuen Bundesländern.

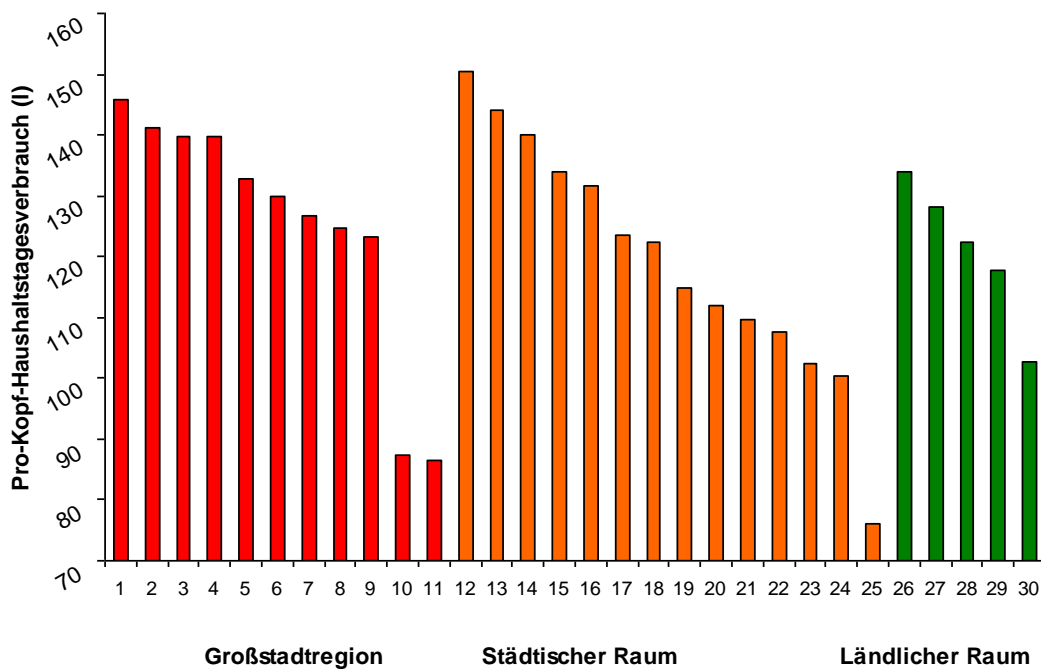


Abbildung 18 Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch

Der **Metermengenwert**, bei der Gruppe der Fernversorger als Sortierkriterium der ersten Stufe verwendet, kommt für die Unternehmen der Direktversorgung ebenfalls als Strukturmerkmal zur Verwendung. Der Metermengenwert resultiert aus der Siedlungs- und Abnehmerstruktur und lässt sich durch das Wasserversorgungsunternehmen in der Regel nicht beeinflussen.

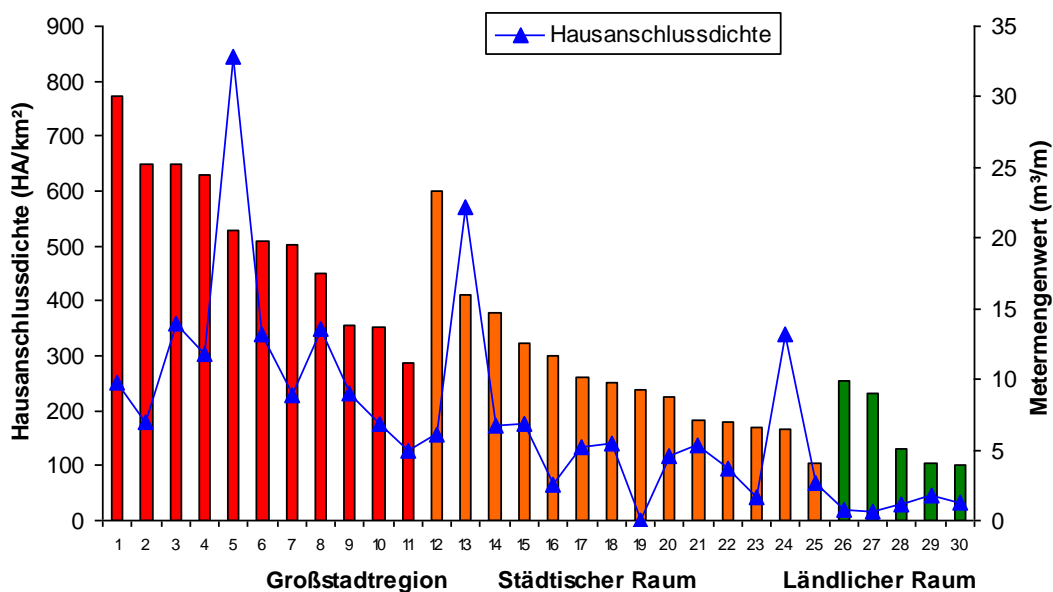


Abbildung 19 Metermengenwert und Hausanschlusssichte Direktversorgung

Ebenso wie die **Hausanschlussdichte** wird der Metermengenwert (neben der Pro-Kopf-Abgabe) maßgeblich durch die Siedlungsdichte beeinflusst. Daher ist zwischen diesen beiden Strukturmerkmalen eine positive Korrelation zu vermuten (Abbildung 19).

Der **tägliche Spitzenfaktor** hängt von der Abnehmerstruktur eines Versorgungsgebietes ab. Je höher der Spitzenfaktor eines Wasserversorgungsunternehmens ausfällt, desto höhere Reservekapazitäten muss das Versorgungsunternehmen vorhalten, um eine Trinkwasserversorgung gewährleisten zu können, sofern kein Ausgleich eines Tagesspitzenbedarfs über einen Leitungsverbund erfolgen kann. Im vorliegenden Datensample lag die Bandbreite der Direktversorger (Abbildung 20) zwischen den Faktorwerten 1,13 und 1,33 und somit relativ dicht beisammen. Bei der Gruppe der Fernversorger (Abbildung 21) lag zwischen Minimal- und Maximalwert eine größere Differenz.

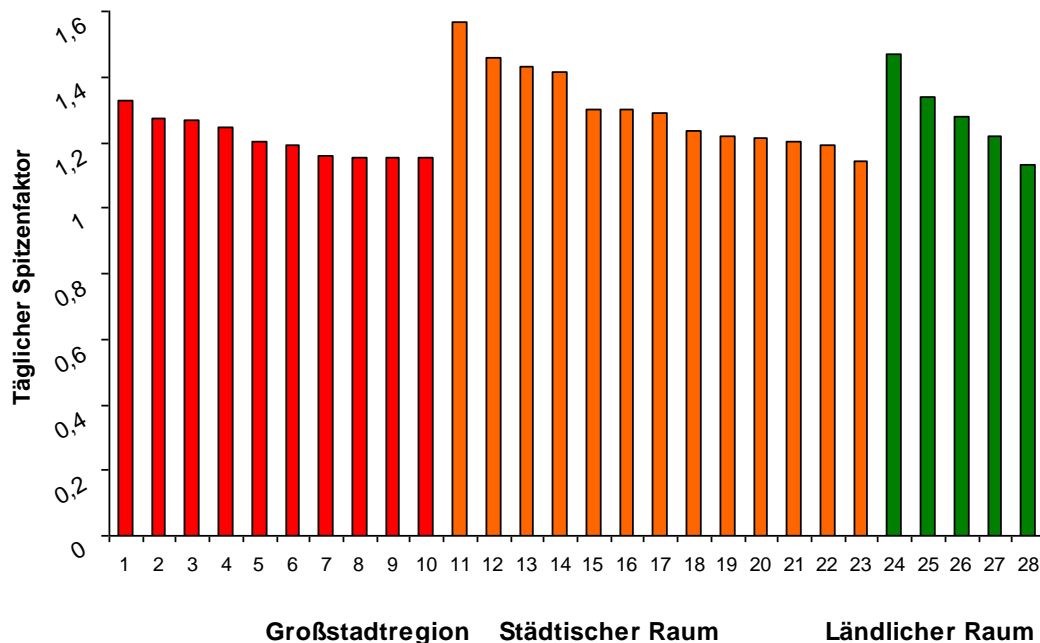


Abbildung 20 Täglicher Spitzenfaktor Direktversorgung

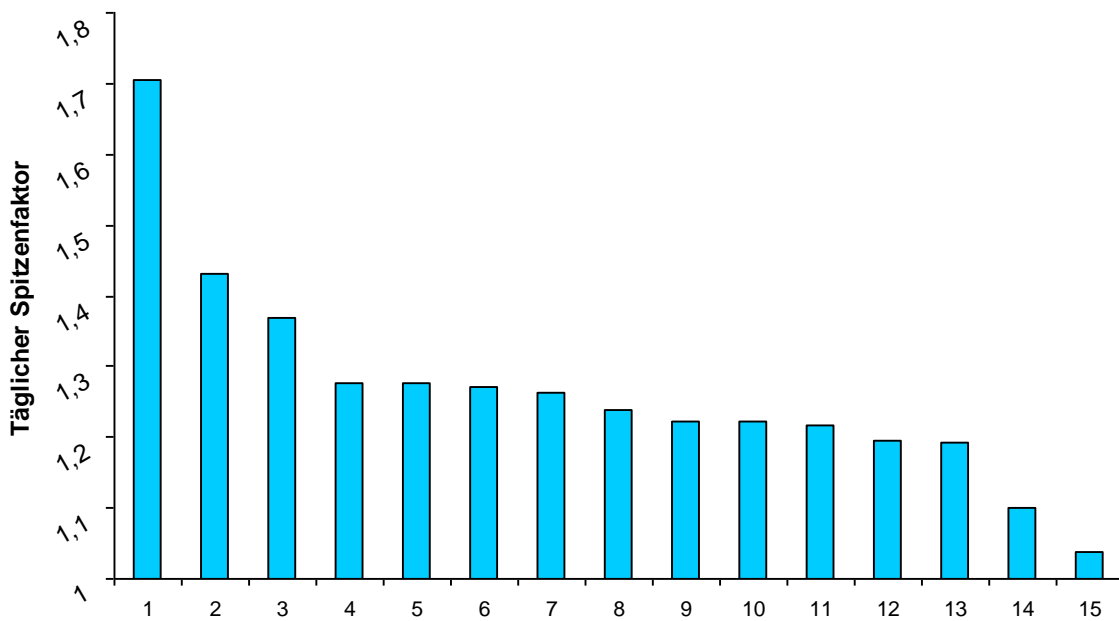


Abbildung 21 Täglicher Spitzenfaktor Fernversorgung

3.4.3 Aufwands- und Leistungskriterien

Wie zu Anfang des Abschnitts erläutert, soll sich mit Hilfe der den Hauptprozessen zugeordneten Aufwands- und Leistungskriterien der unterschiedliche technische Aufwand zur Leistungserbringung messen und so die Auswirkungen der strukturellen Rahmenbedingungen quantifizieren lassen⁵. Für den Hauptprozess Wasserproduktion ist in Abbildung 22 exemplarisch das Leistungskriterium **spezifischer Energieverbrauch je m³ aufbereiteter Wassermenge** dargestellt. Auf den Energieverbrauch wird ein Einfluss verschiedene Strukturmerkmale vermutet, so etwa die zu überwindende Höhe im Rohwassertransport, die Länge der Rohwassertransportleitungen oder der erforderliche Aufbereitungsgrad. Die Bandbreite bei den Wasserversorgern mit eigener Trinkwasserproduktion fällt mit 0,002 bis 1,2 kWh/m³ sehr groß aus. Betrachtet man das 10%- und 90%-Perzentil so liegen diese mit 0,075 und 0,63 kWh/m³ etwa um Faktor 9 auseinander. Der Mittelwert beträgt 0,30, der Medianwert 0,20 kWh/m³. Aus Prozessuntersuchungen, die im Rahmen von Benchmarking-Projekten für Wasserwerke von IWW durchgeführt wurden, liegt der spezifische Energieverbrauch für die

⁵ Die erhobenen Leistungs- und Aufwandskriterien können im Abschlussbericht nur exemplarisch dargestellt werden, da den teilnehmenden Unternehmen Vertraulichkeit bei ihren Einzelwerten zugesichert wurde.

Wasserproduktion im Median bei 0,22 kWh, im Mittel bei 0,21 kWh je m³ aufbereiteter Wassermenge.

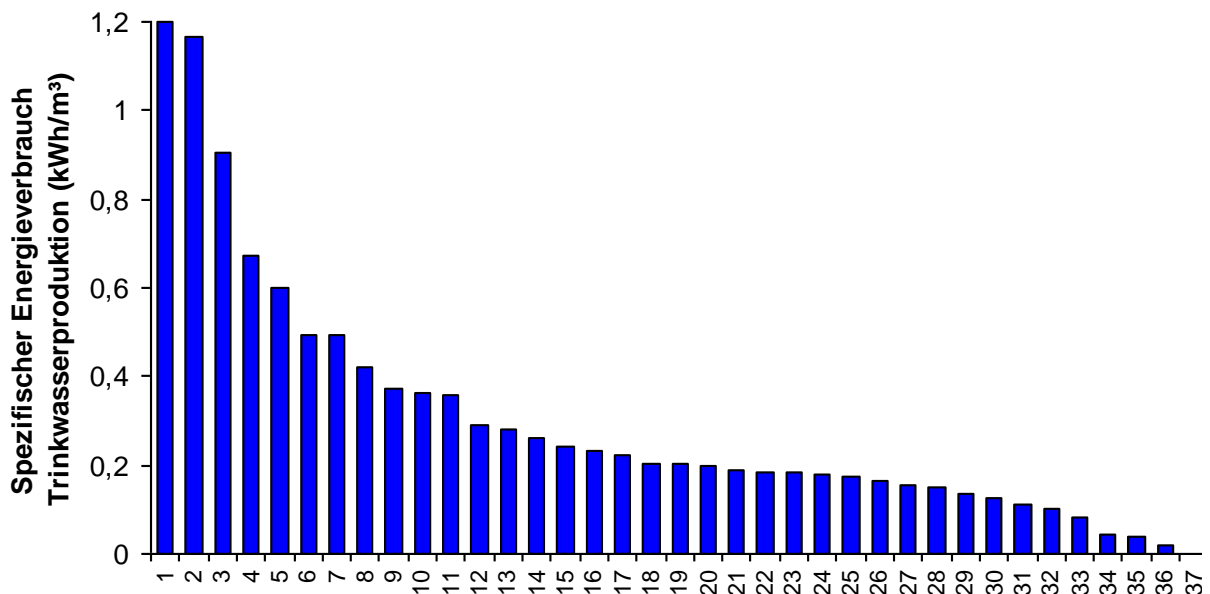


Abbildung 22 Spezifischer Energieverbrauch Trinkwasserproduktion

Für den Hauptprozess Wassernetze soll als Beispiel für ein Leistungskriterium **die Anzahl der Leitungsschäden in Relation zur Länge des Leitungsnetzes** für die Gruppe der Direktversorger betrachtet werden. Es wird angenommen, dass verschiedene Strukturmerkmale Einfluss auf die Schadensrate ausüben. Beispielsweise können die Bodenklassen 2, 6 und 7 zu einer höheren Anzahl von Leitungsschäden führen, ebenso sind besondere Gefährdungen (z.B. aus Bergsenkungen oder Bodenbewegungen) eine mögliche Ursache für Schäden an Verteilungsanlagen. Ein aufgrund topographischer Gegebenheiten benötigter hoher Druck kann zu einer höheren Beanspruchung des Leitungsnetzes und so ebenfalls zu vermehrten Leitungsschäden führen. In der Abbildung 23 sind – getrennt nach der Art des Siedlungsraumes – die Schadensraten der 30 Direktversorger dargestellt. Für die Großstadtregion liegt der Median bei 14,8, der Mittelwert liegt bei 20,2 Schäden je 100 km Leitungslänge. 10%- und 90%-Perzentil liegen mit 9,4 und 25,3 n/100km um etwa Faktor 2,7 auseinander. Mittelwert und Median liegen beim städtischen (10,4 bzw. 11,5 n/100km) und ländlichen Raum (7,5 bzw. 6,9 n/100km) jeweils recht nah beieinander. Das 90%-Perzentil (17,5 n/100km) beim städtischen Raum ist um den Faktor 7 höher als das 10%-Perzentil (2,4 n/100km). Beim ländlichen Raum ist die Spanne zwischen 10%- (1,03 n/100km) und 90%-Perzentil (15,15 n/100km) mit Faktor 15 noch deutlicher ausgeprägt. Allerdings lagen hier insgesamt nur sehr wenige Vergleichswerte vor. Das DVGW-Arbeitsblatt W400-3 gibt für Haupt- und Versorgungsleitungen (ohne Armaturen) als Richtwert für niedrige Schadensra-

ten bis zu 10 Schäden je 100 km Leitungsnetz an. Bei einer mittleren Schadensrate treten zwischen 10 und 50 Schäden je 100 km Leitung auf. Bei hohen Schadensraten liegen mehr als 50 Schäden je 100 km Leitungsnetz vor.⁶

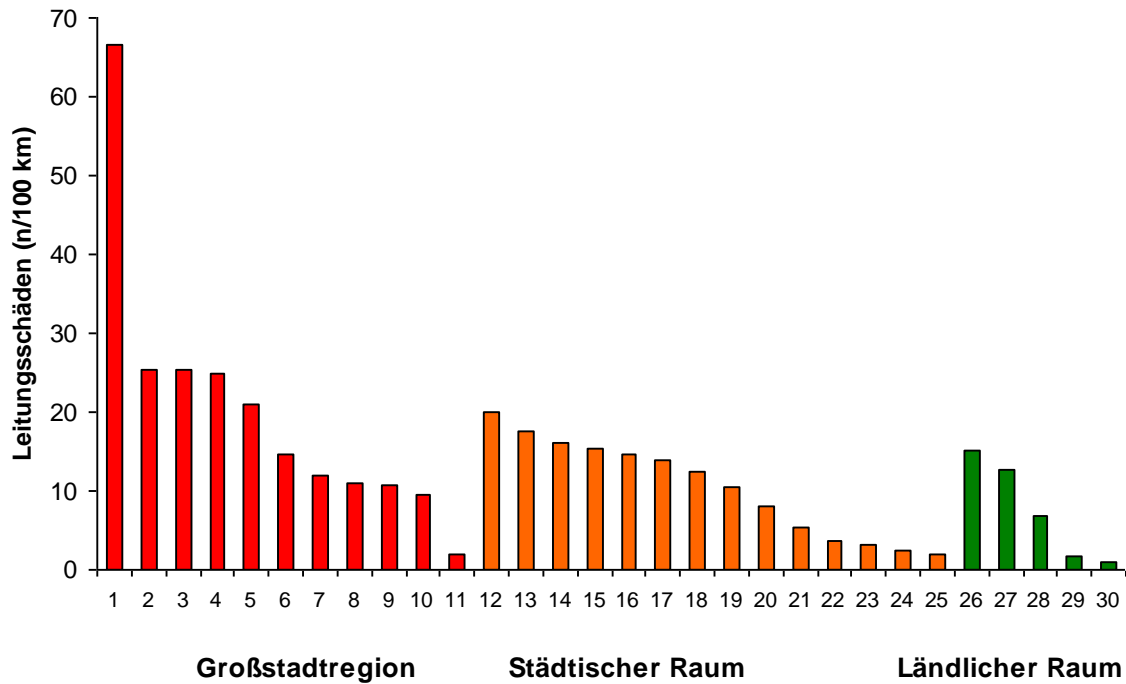


Abbildung 23 Leitungsschäden Wassernetze Direktversorger

⁶ Vgl. DVGW W 400-3 (2006), S. 32.

4 Strukturmerkmale der Wasserversorgung

Gemäß dem DVGW-Kurzvorhaben W11/01/09 ist ein Strukturmerkmal definiert als „eine externe Rahmenbedingung mit Bezug auf eine technische Hauptaufgabe/einen technischen Hauptprozess in der Wertschöpfungskette der Wasserversorgung. Es dient als Clusterkriterium für vergleichbare Hauptaufgaben/Hauptprozesse. Ein einzelnes Strukturmerkmal darf jedoch nicht als alleiniges Vergleichskriterium – insb. nicht auf Unternehmensebene – herangezogen werden, weil es nur Teilbereiche der Wertschöpfungskette in der Wasserversorgung beschreiben kann. Strukturmerkmale sind geordnet in Merkmalskategorien je Hauptprozess.“

Aus dem abgeschlossenen DVGW-Kurzvorhaben wurden die grundlegenden Definitionen der jeweils vorgeschlagenen Strukturmerkmale übernommen und über den Projektverlauf des Forschungsvorhabens angepasst und ergänzt (s. Abschnitte 4.1 - 4.4).

Für jedes definierte Strukturmerkmal der Hauptprozesse wurde eine umfassende Spezifizierung und Beschreibung in enger Anlehnung an das Regelwerk und verwandte Normen formuliert (Abbildung 24). Um relevante und wichtige Informationen möglichst übersichtlich zugänglich machen zu können, wurden diese zu jedem Strukturmerkmal in Form eines Datenblattes zusammengetragen. Die Datenblätter (s. Anhang) sind einheitlich aufgebaut, umfassen zwischen 2 bis 4 Seiten und sind mit den folgenden Rubriken charakterisiert:

- Merkmal – Einheit – Merkmalsausprägung,
- Berechnung,
- Verweis auf zugehörige Regelwerksblätter und Normen,
- Definition,
- Kurzbeschreibung,
- Vergleichsbereich bei der Bewertung der relativen Übereinstimmung,
- Fachliche Einordnung und ausführliche Erläuterung des Bezugs zum Regelwerk,
- Qualitative Auswirkungen auf Investitionen/Betriebsaufwand der Wasserversorgung.

Diese Datenblätter helfen dem Wasserversorger bei der Identifizierung und Kommunikation seiner strukturellen Eigenheiten und der damit einhergehenden Unterschiede zu anderen Unternehmen. So sind neben einer ausführlichen Beschreibung der einzelnen Strukturmerkmale ebenfalls mögliche Auswirkungen des Strukturmerkmals auf erforderliche Investitionen sowie den Betriebsaufwand (aufwandstreibend und -senkend) benannt. Im Rahmen

des Sortierverfahrens bilden die Beschreibungen die Grundlage für die Entscheidung, ob die Vergleichbarkeit für ein bestimmtes Merkmal gegeben ist.



Merkmalskategorien im Bereich „Wasserproduktion“ 		Merkmalskategorien im Bereich „Wassernetz“ 	
1. Geologie/Hydrologie		6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp	
Merkmale	Einheit [-]	Merkmale	Einheit [m]
Art der Ressource	Merkmalsausprägung 1) Oberflächenwasser 2) Oberflächennahes Grundwasser 3) Tiefengrundwasser	Maximale Höhendifferenz	Merkmalsausprägung Maximale Höhendifferenz im Versorgungsgebiet
Verweis auf Regelwerk: W 102: Richtlinien für Trinkwasser aus Zugsgebieten; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren (04/2002) W 105: Behandlung des Waldes in Wasserschutzgebieten für Trinkwassersaltperren (03/2002) W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten (12/2003) W 254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen (04/1988) DIN 19700-11: Stauanlagen - Teil 11: Talsperren (07/2004)		Verweis auf Regelwerk: W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen, Teil 1: Planung (10/2004) W 402 (Entwurf): Netz- und Schadenstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wassernetzen, <i>Bearbeitung: Einspruchsfrist: 29.01.2010 (10/2009)</i> W 405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung (02/2008) W 409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen (01/2007) W 410: Wasserbedarfszahlen (12/2008) W 610: Förderanlagen: Bau und Betrieb (03/2010) W 617: Druckhöhungsanlagen in der Trinkwasserversorgung (11/2006)	
Definition: 1) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge <i>Oberflächenwasser</i> (OFW), bestehend aus Talsperren-, Seen- oder Flusswasser, Oberflächen- und mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund wird als oberflächennahes Grundwasser betrachtet. 2) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge <i>oberflächennahes Grundwasser</i> , oberflächennahes Grundwasser (O-GW) wird definiert als GW aus dem ersten Grundwasserstockwerk und/oder aus Uferfiltrat. Quellwasser wird ebenfalls als oberflächennahes Grundwasser aufgefasst. 3) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge <i>Tiefengrundwasser</i> (T-GW), bestehend aus Grundwasser aus stark geschützten Tiefengrundwasserleiter oder tieferer Stockwerke (≥ 2 Stockwerk).		Definition: Differenz aus maximaler und minimaler Höhe bei Wasserübergabe im Versorgungsgebiet (m über NNH).	
Kurzbeschreibung: Die Art der Ressource hat in verschiedenen Bereichen direkte Auswirkungen auf den vom WVU zu betreibenden Aufwand sowie die zu erbringenden Leistungen: Hierzu zählen Ressourcenschutz und Überwachung, Wassergewinnung sowie die Anlagen der Wasseraufbereitung.		Kurzbeschreibung: Die Höhendifferenz im Versorgungsgebiet ist Hauptinflussfaktor auf den Energieeinsatz des WVU im Netzbetrieb. Je größere Höhendifferenzen vorliegen, desto mehr Pumpenergie wird für die Aufschichthebung eines flächendeckenden, nach den a.a.R.-A.T. (gemäß W400-1) vorgegebenen Versorgungsdrucks erforderlich. Eine anspruchsvolle Topografie mit großen Höhendifferenzen erfordert in vielen Fällen auch eine höhere Komplexität des Verteilungssystems, wodurch sich die Planungs-, Bau- und Betriebskosten (inkl. Wartung und Instandhaltung) erhöhen.	
Quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich: 1) Anteil der Gewinnung des Rohwassers aus OFW [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$ 2) Anteil der Gewinnung des Rohwassers aus O-GW [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$ 3) Anteil der Gewinnung des Rohwassers aus T-GW [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$		Quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich: Max. Höhendifferenz [m]: $\Delta 80 (+/- 40)$	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk: Die Art der verwendeten Ressource stellt eine naturräumliche Randbedingung dar, die nicht unmittelbar durch den Wasserversorger beeinflusst werden kann, jedoch erhebliche Auswirkungen auf die Aufwendungen für die Wassergewinnung und -aufbereitung haben kann. Die Wasserherkunft ist regional sehr verschieden. Je geringer die Ertragsfähigkeit des Grundwassers in einer Region ausfällt, desto eher muss Trinkwasser aus Oberflächenwasser gewonnen oder müssen zusätzliche Gewinnungsanlagen betrieben werden (vgl. Strukturmerkmal „Zentralität von Gewinnungsanlagen“). Weist das verfügbare Rohwasser im Versorgungsgebiet eines Wasserversorgungsunternehmens eine geringe oder stark schwankende Qualität auf oder ist die <i>Querschnitt</i> des Rohwassers räumlich oder zeitlich begrenzt, kann ein Fremdbezug von Roh- bzw. Reinerwasser erforderlich bzw. ökonomisch sinnvoll sein, wobei der Fremdbezug „in vielen Fällen kostenintensiver als die ortsnahe Gewinnung und Aufbe-		Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk: Dieses Strukturmerkmal ist durch topographische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet geprägt und wird durch die maximale Höhendifferenz zwischen Wasserwerksausgang und Versorgungsgebiet definiert. Das Merkmal beruht auf natürlichen Gegebenheiten, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbar sind. Je größer der zu überwindende Höhenunterschied, desto mehr Energie muss für den Wassertransport aufgewendet werden. Abhängig von den topographischen Verhältnissen kann eine Druckhebung in einem Versorgungsgebiet in den folgenden Fällen erforderlich bzw. zweckmäßig sein: <ul style="list-style-type: none"> „zwischen Gewinnungs- und Versorgungsgebiet ist Wasser über geodätische Höhendifferenzen zu heben.“ „einzelne Druckzonen liegen besonders hoch.“ (W400-1) Neben den topographischen Gegebenheiten kann der erforderliche Netzdruck auch von der Art und Höhe der Bebauung abhängen. Mit steigender Geschosszahl ist ein entsprechend zunehmender Pumpenaufwand zu betreiben, wobei ab einer höheren Geschosszahl (> 4 OG) „im Bedarfsfall eine Hausdruckerhöhungsanlage für die oberen Stockwerke vorzusehen“ ist (W400-1). Aufgrund langer Planungszeiträume (Wasserbedarfsprognosen über 30 Jahre, (s. W402, W405, W410), lange Lebenszyklen der Infrastruktur) sollten erforderliche Anlagen modular erweiterbar sein (Neuplanungszyklus 15 Jahre nach W610). Der Anschluss neuer Siedlungsgebiete oder Erweiterung der Netze kann zu suboptimalen Strukturen führen.	

Abbildung 24 Datenblätter zur Beschreibung der Strukturmerkmale: Wasserproduktion (links), Wassernetze (rechts)

Die Datenblätter sind dem Anhang des Berichtes beigefügt. Die Unterteilung erfolgt gemäß der beiden Hauptprozesse „Wasserproduktion“ und „Wassernetze“, die Datenblätter gestrichelter Strukturmerkmale sind gesondert aufgeführt.

4.1 Vorschlagsliste zu Strukturmerkmalen (Ausgangspunkt)

Als Ausgangspunkt der Untersuchungen zu Art und Umfang der Strukturmerkmale dienen die innerhalb des abgeschlossenen DVGW-Kurzvorhabens W11/01/09 erarbeiteten Definitionen von Strukturmerkmalen für die drei Hauptprozesse im Unternehmen:

- Wasserressourcen,
- Wassergewinnung/-aufbereitung sowie
- Wassernetze/-speicher

Eine Übersicht der ursprünglichen Strukturmerkmale sind gemäß den jeweiligen Hauptprozessen in den nachstehenden Tabelle 5 bis Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 5 Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wasserressourcen

Merkmalkategorien im Bereich „Wasserressourcen“		
1. Geologie/Hydrologie		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Art der Ressource	Oberflächenwasser	%
	Oberflächennahes Grundwasser	%
	Tiefengrundwasser	%
Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz	Schutzwirkung von Bodendeckschichten (Grundwasser)	ja/nein
	Schutzwirkung im Einzugsgebiet (Oberflächenwasser)	ja/nein
2. Gefährdungen im Einzugsgebiet		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Gefährdung der Ressource	Flächennutzung durch Land- und Forstwirtschaft	ja/nein
	Flächennutzung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie	ja/nein
	Geogene Gefährdungen oder besondere Belastungen	ja/nein
Belastung der Ressource	Parameter gemäß TrinkwV 2011, die mit Grenzwerten belegt sind (ohne Indikatorparameter)	ja/nein
	Besondere Parameter (Minimierungsgebot)	ja/nein
	Steigende Trends	ja/nein
Rohwasserverfügbarkeit am Standort	Lokale Verfügbarkeit der Rohwasserressource	-%

Tabelle 6 Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wassergewinnung/ -aufbereitung

Merkmalkategorien im Bereich „Wassergewinnung/ -aufbereitung“		
3. Wassergüte (Rohwasser)		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Grad der Aufbereitung	Keine Aufbereitung	%
	Konventionelle Aufbereitung	%
	Weitergehende Aufbereitung	%
Besondere Aufbereitungserfordernisse	Qualitätsanforderungen an die Aufbereitung über die Anforderungen der TrinkwV hinaus	ja/nein
4. Standortspezifische Bedingungen		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Zentralität von Gewinnungsanlagen	Durchschnittliche Brunnenleistung	m ³ /Stunde/Brunnen
Förderhöhe Rohwassertransport	Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwassertransport	m
Leitungslänge Rohwassertransport	Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen	km
Fremdbezug	Anteil Rohwasserbezug	%
	Bezogenes Reinwasser/Systemeinspeisung	%

Tabelle 7 Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wassernetze

Merkmalkategorien im Bereich „Wassernetze“		
5. Topographie und Versorgungsgebiet		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Maximale Höhendifferenz	Maximale Höhendifferenz im Versorgungsgebiet	m
Druckzonen im Versorgungssystem	Anzahl Druckzonen	Anzahl
Bodenklassen	Bodenklassen für Tiefbauarbeiten	%
Art des Siedlungsraums	Großstadtreion	%
	Städtischer Raum	%
	Ländlicher Raum	%
Besondere Gefährdungen	Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme aus Bergbausenkungen, Bodenbewegungen, Salzbewegungen, Altlasten o.ä.	ja/nein
6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp		
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Einheit
Bevölkerungsänderung	Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre	%/a
Abgabe an Gewerbe und Industrie	Anteil der Wasserabgabe in Form von Direktversorgung an Gewerbe und Industrie	%
Spezifischer Wasserverbrauch je EW	Durchschnittlicher spezifischer Wasserverbrauch für Haushalts- und Kleingewerbe je Einwohner und Tag	l/EW/d
Metermengenwert	Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)	m ³ /m
Hausanschlussdichte	Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Größe des Versorgungsgebiets	HA/km ²

Im Rahmen der Untersuchungen innerhalb des Forschungsvorhabens wurden die drei Hauptprozesse zu zwei zusammengeführt (Abschnitt 4.3.3), jedes einzelne Strukturmerkmal im Vergleichsverfahren bestätigt oder gestrichen (Abschnitt 4.3). Das Ergebnis der Untersuchungen ist im Abschnitt 4.4 zusammengefasst.

4.2 Aufwands- und Leistungskriterien für vergleichbare Wasserversorger

Ziel des zweistufigen Sortierverfahrens ist die Bildung von Gruppen vergleichbarer Unternehmen auf Hauptprozessebene. Innerhalb dieser Gruppen müssten sich wesentliche Aufwandskriterien ähnlich ausprägen, so sollten beispielsweise die eingesetzte Förderenergie, der erforderliche Personaleinsatz oder der Betriebsaufwand für den Betrieb der Wassernetze in ähnlicher Größenordnung liegen. Zudem müssten innerhalb einer Vergleichsgruppe ebenfalls wesentliche Leistungsparameter wie zum Beispiel bei der Einhaltung des Mindestversorgungsdrucks oder der Anzahl der Kundenbeschwerden in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Aus diesen Gründen wurden auf der Ebene der Hauptprozesse geeignete Quantifizierungsgrößen in Anlehnung an die branchenüblichen Kennzahlensysteme be-

zätzlich der fünf Leistungsmerkmale Versorgungssicherheit, Qualität, Kundenservice, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit festgelegt. Hierzu wurden in der Regel gebräuchliche Kennzahlen des IWA-Kennzahlensystems verwendet, welche bei Bedarf erweitert wurden. Die ausgewählten und den einzelnen Hauptprozessen zugeordneten Aufwands- und Leistungskriterien⁷ dienen als Grundlage für die statistische Untersuchung und Validierung der Strukturmerkmale. Die wesentlichen für die Validierung verwendeten Leistungs- und Aufwandskriterien sind je Hauptprozess in Tabelle 8 und Tabelle 9 zusammengetragen.

Tabelle 8 Wesentliche Leistungs- und Aufwandskriterien Wasserproduktion

Leistungs- und Aufwandskriterien HP Wasserproduktion	Einheit
Spezifischer Energieverbrauch Trinkwasserproduktion	kWh / m ³
Personal für Trinkwasserproduktion	VZÄ / Mio. m ³
Betriebsaufwand Trinkwasserproduktion	Euro / m ³
Messstellen je Fläche Einzugsgebiet	n / km ²
Messstellen je Fläche Wasserschutzgebiet	n / km ²
Schutzzonengröße	%
Schutzgebiet pro genehmigter Menge	Km ² / Mio. m ³
Probenahmen im Vorfeld pro Wasserförderung	n / Mio. m ³
Ausschöpfung Entnahmerechte (Jahreswert)	%
Mittlere Auslastung Wassergewinnung	%
Unterbrechung Wasserproduktion	%
Auslastung Aufbereitungskapazität (Jahresdurchschnitt)	%
Auslastung Aufbereitungskapazität (Spitzenwert)	%
Anteil Reinwasserbezug	%
Anteil Rohwasserbezug	%

⁷ Aufwand und Leistung sind gemäß dem DVGW-Kurzvorhaben W11/01/09 wie folgt definiert: eine **Leistung** wird als eine erbrachte Wertschöpfung verstanden, „die je nach unterschiedlichen externen Rahmenbedingungen in unterschiedlichem Umfang von den Versorgern erbracht werden muss, um jederzeit einen definierten Leistungsstandard nach den a. a. R. d. T. und gem. TrinkwV 2011 sicher zu stellen. In diesem Zusammenhang wird der Begriff **Aufwand** nicht kostenmäßig, sondern bzgl. des nach den a. a. R. d. T. und gemäß TrinkwV 2011 geforderten Leistungs- und Aufgabenumfangs für eine Trinkwasserversorgung verwendet.“

Tabelle 9 Wesentliche Leistungs- und Aufwandskriterien Wassernetze

Leistungs- und Aufwandskriterien HP Wassernetze	Einheit
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb	kWh / m ³
Personal Netzbetrieb	VZÄ / 100km
Betriebsaufwand Netzbetrieb	EUR / km
Behälterkapazität (DVGW)	d
Absperrarmaturendichte (Distrikttrennung)	n/km
Hydrantendichte	n/km
Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung	n / 1000 AL
Tage mit Versorgungseinschränkungen	%
Einhaltung Mindestversorgungsdruck (Direktversorgung)	%
Einhaltung Mindestversorgungsdruck (Weiterverteiler)	%
Qualitativer Erfüllungsgrad Trinkwasseranalysen	%
Wasserverluste je Leitungslänge	m ³ / km / h
Leitungsschäden	n / 100 km
Versorgungsbeschwerden je 1000 Hausanschlüsse	n / 1.000 HA
Leitungsrehabilitation	%
Anschlussleitungsrehabilitation	%
Anschlussleitungsrehabilitation (inkl. inaktive)	%
Anschlussleitungsschäden	n / 1.000 HA
Anschlussleitungsschäden (inkl. inaktive)	n / 1.000 HA
Löschwasser Grundschutz	%

4.3 Validierung der Strukturmerkmale auf Hauptprozessebene

Ziel dieses Abschnittes ist es, den Einfluss eines Strukturmerkmals zu analysieren sowie die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Zur Überprüfung des signifikanten Einflusses eines jeden Strukturmerkmals wird die vorgestellte Grundgesamtheit herangezogen. Erscheint es plausibel, einzelne Stichproben zu untersuchen, wird es an entsprechender Stelle vermerkt.

Das Ergebnis jeder Untersuchung wird in Signifikanzklassen bewertet. Eine Zusammenfassung über alle Strukturmerkmale und ihre Ergebnisse findet sich in Abschnitt 4.4. Folgende Signifikanzklassen kommen hierbei zur Anwendung:

- 0** Strukturmerkmal gestrichen, Korrelation zu anderem Strukturmerkmal vorhanden
- 1** Vermuteter Einfluss des Strukturmerkmals ohne weiteren Nachweis
- 2** Vermuteter Einfluss, aus Sekundärquellen ableitbar, aber nicht quantitativ belegt
- 3** Belegbarer Zusammenhang, statistisch aber nicht signifikant
- 4** Statistisch signifikante Aussage, eingeschränkt wegen nicht ausreichender Samplegröße
- 5** Statistisch signifikante Aussage zum Einfluss des Strukturmerkmals als Kostentreiber

4.3.1 Bestätigte Strukturmerkmale Wasserproduktion

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Validierung der Strukturmerkmale auf der Basis der Datenerhebung vorgestellt. Folgende Strukturmerkmale wurden als relevant zum Einsatz im Vergleichsverfahren ausgewählt:

- Art der Ressource
- Rohwasserverfügbarkeit am Standort
- Gefährdung der Ressource
- Belastung der Ressource
- Grad der Aufbereitung
- Entnahmekapazität
- Förderhöhe Rohwassertransport
- Leitungslänge Rohwassertransport

Strukturmerkmal Wasserproduktion

Vergleichsintervall

Art der Ressource

± 33 %

- Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser, Tiefgrundwasser

Kurzbeschreibung

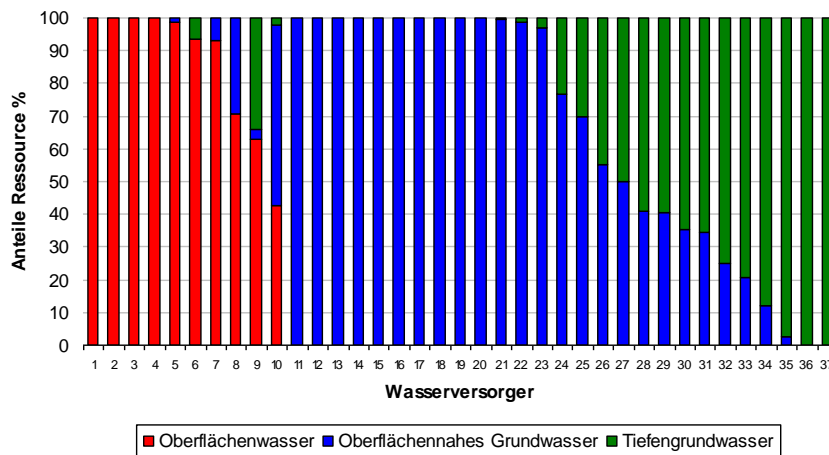
Die Art der Ressource hat in verschiedenen Bereichen direkte Auswirkungen auf den vom WVU zu betreibenden Aufwand sowie die zu erbringenden Leistungen: hierzu zählen Ressourcenschutz und Überwachung, Wassergewinnung sowie die Anlagen der Wasseraufbereitung.

Bewertung

Signifikanzklasse 3

Die Art der Ressource hat deutliche Auswirkungen auf verschiedene Prozesse der Wasserproduktion. Deshalb wird dieses Strukturmerkmal als erste Sortierungsstufe genutzt. Aus dem Datensample lässt sich keine signifikante Beziehung von der Art der Ressource zum Betriebsaufwand ableiten. Eine Schutzzone entsprechend W 101 hat (im Datensample) bei OFW- und GW-Nutzung keine messbare Auswirkung auf den Betriebsaufwand, bei OGW-Nutzung ergibt sich eine signifikante Korrelation zwischen dem Betriebsaufwand (EUR/m³) und der Schutzzonengröße (%).

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Ressourcen: 0-100 %
- Die Bandbreite der Ressourcennutzung in der deutschen Wasserversorgung wird gut abgebildet.
- Nur 2 Unternehmen haben alle drei Ressourcenarten OFW, OGW, GW.

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
OFW: Betriebsaufwand Wasserproduktion [EUR / m ³]	8	0,25	0,23	0,11	0,48	0,11	0,48	0,13
OFW: Keine Aufbereitung [%]	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OFW: Konventionelle Aufbereitung [%]	9	34,78	6,00	0,00	100,00	0,00	100,00	48,99
OFW: Weitergehende Aufbereitung [%]	9	65,22	94,00	0,00	100,00	0,00	100,00	48,99
OFW: Besondere Aufbereitungserfordernisse [ja/nein]	9	0,22	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,44
OGW: Betriebsaufwand Wasserproduktion [EUR/m ³]	16	0,47	0,33	0,12	2,52	0,13	0,84	0,57
OGW: Keine Aufbereitung [%]	17	11,63	0,00	0,00	100,00	0,00	49,00	27,40
OGW: Konventionelle Aufbereitung [%]	17	50,66	51,00	0,00	100,00	0,00	100,00	40,65
OGW: Weitergehende Aufbereitung [%]	17	37,71	16,20	0,00	100,00	0,00	100,00	42,71
OGW: Besondere Aufbereitungserfordernisse [ja/nein]	16	0,13	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,34
GW: Betriebsaufwand Wasserproduktion [EUR/m ³]	10	0,35	0,30	0,11	0,67	0,12	0,65	0,21
GW: Keine Aufbereitung [%]	11	19,61	0,00	0,00	90,00	0,00	50,00	29,62
GW: Konventionelle Aufbereitung [%]	11	69,96	77,35	10,00	100,00	50,00	100,00	27,36
GW: Weitergehende Aufbereitung [%]	11	10,43	0,00	0,00	45,08	0,00	40,00	17,14
GW: Besondere Aufbereitungserfordernisse [ja/nein]	11	0,09	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30

- Mittlere Betriebsaufwände der Wasserproduktion unterscheiden sich nach dominierender Ressource: OGW weist mit 0,33 EUR/m³ den höchsten Median auf.
- Maßnahmen zum Ressourcenschutz sind bei GW/OGW tendenziell mit höherem Betriebsaufwand verbunden. Eine Verbindung zur Schutzzonengröße besteht nur bei der Nutzung von OGW (signifikant, mit r= 0,77).
- Die Art der Ressource legt die Art der Aufbereitung häufig fest (aber nicht zwingend).

Strukturmerkmal Wasserproduktion

Rohwasserverfügbarkeit am Standort

Ausreichende lokale Verfügbarkeit von Rohwasser zur Abdeckung des Trinkwasserbedarfs: Eigene Wasserentnahmerechte / Systemeinspeisung, d.h. die bewilligte Entnahmemenge bezogen auf die Systemeinspeisung, bestehend aus eigener Förderung und Fremdbezug von Roh- und Reinwasser.

Vergleichsintervall

± 25 % bis 100 %;
über 100 %

Kurzbeschreibung

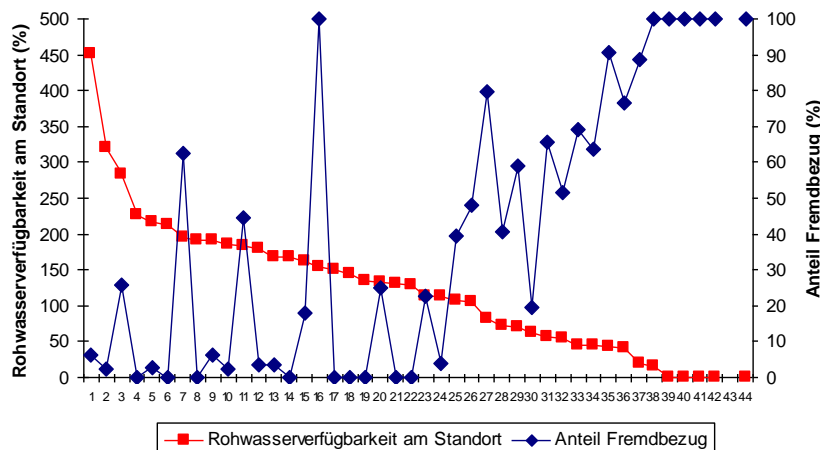
Abhängig von der lokalen und zeitlichen Verfügbarkeit von Rohwasser im Gewinnungsgebiet kann ein Fremdbezug zur Sicherstellung der Versorgung erforderlich sein. Weist das Gewinnungsgebiet eines WVU keine oder unzureichende Kapazitäten für eine Eigenförderung auf (Quantität und Qualität), muss die Wasserversorgung durch den Fremdbezug von Roh- bzw. Reinwasser sichergestellt werden.

Bewertung

Signifikanzklasse 3

Die Rohwasserverfügbarkeit am Standort ist eine naturräumliche Gegebenheit. Es besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Rohwasserverfügbarkeit und der Höhe des Fremdbezugs. Auch bei einer Verfügbarkeit von >100 % wird häufig eine geringe Menge fremdbezogen, meist zur Abdeckung von Spitzen oder an den Rändern des Versorgungsgebiets. Dies wird bei der Definition des Vergleichsintervalls differenziert.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Rohwasserverfügbarkeit am Standort 0-451%

Variable	Korrelationen (Tabelle1)			
	Rohwasserverfü gbarkeit [%]	Anteil Fremdbezug [%]	Betriebsaufwand WP [EUR/m³]	Betriebsaufwand WP [EUR]
Rohwasserverfügbarkeit [%]	1,00	-0,63	-0,18	-0,02
Anteil Fremdbezug [%]	-0,63	1,00	0,27	-0,16
Betriebsaufwand WP [EUR/m³]	-0,18	0,27	1,00	0,29
Betriebsaufwand WP [EUR]	-0,02	-0,16	0,29	1,00

- Die Rohwasserverfügbarkeit ist signifikant negativ korreliert mit dem Anteil des Fremdbezugs.
- Nicht signifikant ist der positive Zusammenhang zwischen hohem Fremdbezug und Betriebsaufwand Wasserproduktion (der Gesamtaufwand Wasserproduktion wurde nicht erhoben). Je nach Standort kann ein Fremdbezug ökonomisch vorteilhafter oder nachteiliger sein als die Eigenproduktion. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.
- Insgesamt ergeben sich Hinweise auf einen Einfluss auf den Betriebsaufwand, der allerdings statistisch nicht signifikant ist. Daher wird das Strukturmerkmal mit der Signifikanzklasse 3 bewertet.

Strukturmerkmal Wasserproduktion

Gefährdung der Ressource

Im Einzugsgebiet gibt es Gefährdungen in einer oder mehreren der drei Kategorien

- aus der Flächennutzung für Siedlung, Industrie, Gewerbe,
- aus Land- oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung
- aus besonderen Standortbelastungen im Einzugsgebiet (Altlasten, saisonale Belastungen).

Vergleichsintervall

± 1

Wenn im Einzugsgebiet Gefährdungen der Ressource vorliegen (Antwort „ja“), wird der Wert jeweils mit 1 belegt. Der Gefährdungsindex liegt zwischen 0 (keine) und 3 (in allen Kategorien).

Kurzbeschreibung

Eine Gefährdung in einer Kategorie wird dann als gegeben angesehen, wenn entweder an der höchstbelasteten Entnahmestelle/ Messstelle spezifische Parameterwerte im 3-Jahreszeitraum überschritten werden oder besondere Maßnahmen zur Gefährdungsminimierung ergriffen wurden.

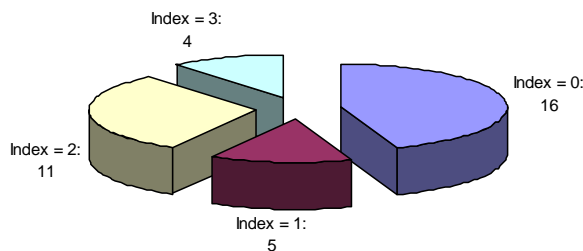
Bewertung

Signifikanzklasse 3

Gefährdungen sind eine nicht durch den Wasserversorger beeinflussbare Rahmenbedingung. Es gibt Hinweise auf erhöhten Aufwand in Folge von Gefährdungen. Das auswertbare Datensample ist insgesamt klein.

Auswertung der Datenerhebung

Gefährdung der Ressource (Index 0 - 3)



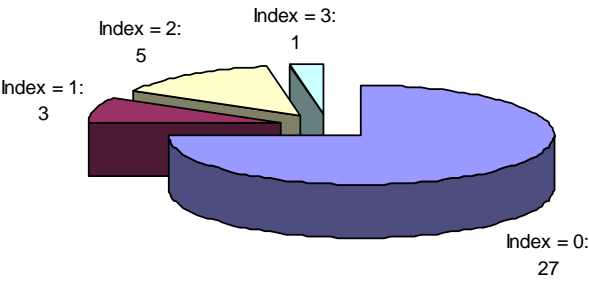
Ausprägung im Datensample

- 1 bis 3 Gefährdungen sind bei allen Ressourcenarten vorhanden
- GW: bei 8 von 11 WVU
- OGW: bei 10 von 16 WVU, 1 WVU keine Angabe
- OFW: bei 2 von 8 WVU, 1 WVU keine Angabe

Es wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen „es liegen keine Gefährdungen vor (0)“ und „es liegen Gefährdungen vor (1-3)“ und deren jeweiliger Einfluss auf die Anzahl der Messstellen je Fläche Einzugsgebiet, der Schutzgebietsgröße pro genehmigter Menge und den Probenahmen im Vorfeld pro Wasserförderung sowie dem Betriebsaufwand der Wasserproduktion bestehen. Die Ergebnisse sind:

- Die Anzahl der Messstellen je Fläche Einzugsgebiet ist bei allen Ressourcenarten höher, wenn Gefährdungen vorliegen.
- Die Schutzgebietsgröße pro genehmigte Menge lässt keine eindeutige Aussage zu.
- Probenahmen im Vorfeld pro Wasserförderung weisen bei GW eine eindeutig höhere Anzahl auf.
- Ein Einfluss auf den Betriebsaufwand Wasserproduktion ist nicht messbar.

Insgesamt ergeben sich Hinweise auf einen höheren Aufwand zur Ressourcenüberwachung bei vorhandenen Gefährdungen, daher wird das Strukturmerkmal Gefährdung der Ressource als relevant eingestuft.

<p>Strukturmerkmal Wasserproduktion</p> <p>Belastung der Ressource Im Einzugsgebiet gibt es Belastungen in einer oder mehreren der drei Kategorien wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> im Rohwasser Parameter der TrinkwV überschritten werden, Parameter aus anthropogener Belastung ("Spurenstoffe") überschritten werden, steigende Trends bei den oben genannten Parametern vorliegen. 	<p>Vergleichsintervall ± 1</p> <p>Wenn im Einzugsgebiet Belastungen der Ressource vorliegen (Antwort „ja“), wird der Wert jeweils mit 1 belegt. Der Belastungsindex liegt zwischen 0 (keine) und 3 (in allen Kategorien).</p>										
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Die Art der Ressource hat in verschiedenen Bereichen direkte Auswirkungen auf den vom WVU zu betreibenden Aufwand sowie die zu erbringenden Leistungen: Hierzu zählen Ressourcenschutz und Überwachung, Wassergewinnung sowie die Anlagen der Wasseraufbereitung.</p>											
<p>Bewertung</p> <p>Belastungen sind eine nicht durch den Wasserversorger beeinflussbare Rahmenbedingung. Das Kriterium „höchstbelastete Messstelle“ ist sehr streng gesetzt. Es gibt Hinweise auf erhöhten Aufwand in Folge von Belastungen. Das auswertbare Datensample ist insgesamt klein.</p>	<p>Signifikanzklasse 3</p>										
<p>Auswertung der Datenerhebung</p> <p>Belastung der Ressource (Index 0 - 3)</p>  <table border="1"> <caption>Belastung der Ressource (Index 0 - 3)</caption> <thead> <tr> <th>Index</th> <th>Anzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Index = 0</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Index = 1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Index = 2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Index = 3</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ausprägung im Datensample</p> <ul style="list-style-type: none"> OFW: 8 WVU Angabe „0“, 1 WVU keine Angabe, OGW: 11 WVU Angabe „0“, 5 WVU Angabe „1-3“, 1 WVU keine Angabe, GW: 7, WVU Angabe „0“, 4 WVU Angabe „1-3“. <p>Es wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen „es liegen keine Belastungen vor (0)“ und „es liegen Belastungen vor (1-3)“ und deren jeweiliger Einfluss auf die Anzahl der Messstellen je Fläche Einzugsgebiet, der Schutzgebietsgröße pro genehmigte Menge und den Probenahmen im Vorfeld pro Wasserförderung sowie dem Betriebsaufwand der Wasserproduktion bestehen. Die Ergebnisse sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Anzahl der Messstellen je Fläche Einzugsgebiet ist nur bei OGW erhöht. Die Schutzgebietsgröße pro genehmigte Menge lässt keine eindeutige Aussage zu. Probenahmen im Vorfeld pro Wasserförderung weisen bei GW eine eindeutig höhere Anzahl auf. Ein Einfluss auf den Betriebsaufwand Wasserproduktion ist nicht messbar. <p>Insgesamt ergeben sich Hinweise auf einen höheren Aufwand zur Ressourcenüberwachung bei vorhandenen Belastungen, daher wird das Strukturmerkmal Belastung der Ressource als relevant eingestuft.</p>		Index	Anzahl	Index = 0	27	Index = 1	3	Index = 2	5	Index = 3	1
Index	Anzahl										
Index = 0	27										
Index = 1	3										
Index = 2	5										
Index = 3	1										

Strukturmerkmal Wasserproduktion	Vergleichsintervall
Grad der Aufbereitung für den Anteil der abgegeben Trinkwassermenge in den Kategorien: keine, konventionelle und weitergehende Aufbereitung.	± 25 %

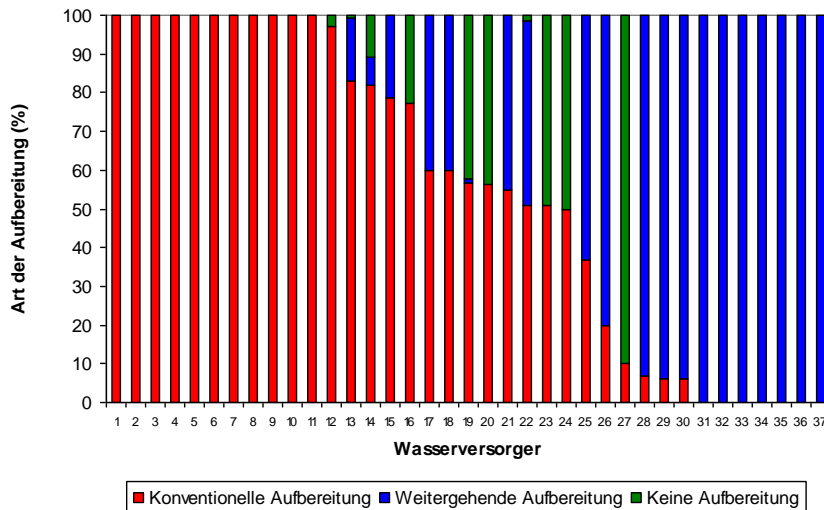
Kurzbeschreibung

Ausgehend von einer fachlich fundierten Auslegung und Planung von Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen nach den a.a.R.d.T. gelten die installierten Aufbereitungsverfahren als für die Einhaltung der TrinkwV erforderliche Anlagen. Die Komplexität der Anlagen hängt primär von den verfügbaren Rohwasserqualitäten, weiterhin von spezifischen Randbedingungen wie Anforderungen an die Mischbarkeit verschiedener Trinkwässer, korrosionschemischen Eigenschaften etc. ab.

Bewertung **Signifikanzklasse 4**

Der Grad der Aufbereitung wird häufig, aber nicht zwingend durch die Art der Ressource bestimmt – deshalb wird es als eigenständiges Strukturmerkmal verwendet. Besondere Aufbereitungserfordernisse führen immer zu weitergehender Aufbereitung. Der Betriebsaufwand Wasserproduktion hat keinen signifikanten Zusammenhang zum Aufbereitungsgrad. Der Auslastungsgrad der Gewinnung/Aufbereitung hat nur einen geringen Einfluss auf den Betriebsaufwand. Der spezifische Energieeinsatz hat keinen signifikanten Zusammenhang zum Aufbereitungsgrad.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample:

- Die Bandbreite der Aufbereitungserfordernisse in der deutschen Wasserversorgung wird abgebildet.

Untersucht man den Zusammenhang zwischen Art der Ressource und dem Grad der Aufbereitung anhand der Mittel- (und Medianwerte) eines Aufbereitungsgrades lässt sich folgendes Ergebnis feststellen: Für jede Ressourcenart ist derjenige Aufbereitungsgrad mit dem jeweils höchsten Mittel- (und Medianwert) angegeben:

- OFW: Weitergehende Aufbereitung 65,22 (94),
- OGW: Konventionelle Aufbereitung 50,66 (51),
- GW: Konventionelle Aufbereitung 69,96 (77,35).

Variable	Korrelationen (Tabelle2)				
	OFW: Art der Ressource - Oberflächenwasser	OFW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	OFW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	OFW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	OFW: Besondere Aufbereitungserfordernisse
OFW: Art der Ressource - Oberflächenwasser	1,00		-0,2	0,2	0,21
OFW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung		1,0			
OFW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	-0,20		1,0	-1,0	-0,37
OFW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	0,20		-1,0	1,0	0,37
OFW: Besondere Aufbereitungserfordernisse	0,21		-0,4	0,4	1,00

Variable	Korrelationen (Tabelle2) Markierte Korr. signifikant für $p < ,10000$ N=16 (Fallweiser Ausschluss von MD)				
	OGW: Art der Ressource - Oberflächennahes Grundwasser	OGW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	OGW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	OGW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	OGW: Besondere Aufbereitungserf ordernisse
OGW: Art der Ressource - Oberflächennahes Grundwasser	1,00	0,00	-0,07	0,06	-0,20
OGW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	0,00	1,00	-0,25	-0,41	-0,17
OGW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	-0,07	-0,25	1,00	-0,78	-0,37
OGW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	0,06	-0,41	-0,78	1,00	0,45
OGW: Besondere Aufbereitungserfordernisse	-0,20	-0,17	-0,37	0,45	1,00

Variable	Korrelationen (Tabelle2) Markierte Korr. signifikant für $p < ,10000$ N=11 (Fallweiser Ausschluss von MD)				
	GW: Art der Ressource - Tiefengrundwasser	GW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	GW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	GW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	GW: Besondere Aufbereitungserf ordernisse
GW: Art der Ressource - Tiefengrundwasser	1,00	-0,09	0,47	-0,59	-0,42
GW: Grad der Aufbereitung - Keine Aufbereitung	-0,09	1,00	-0,82	-0,42	-0,22
GW: Grad der Aufbereitung - Konventionelle Aufbereitung	0,47	-0,82	1,00	-0,18	-0,18
GW: Grad der Aufbereitung - Weitergehende Aufbereitung	-0,59	-0,42	-0,18	1,00	0,67
GW: Besondere Aufbereitungserfordernisse	-0,42	-0,22	-0,18	0,67	1,00

- Die Art der Ressource legt den Aufbereitungsgrad häufig fest, aber nicht zwingend. Daher wird der Grad der Aufbereitung als eigenes Strukturmerkmal verwendet.
- Liegen bei Aufbereitung von GW oder OGW besondere Aufbereitungserfordernisse vor, resultiert signifikant eine weitergehende Aufbereitung. Bei OFW ebenfalls positiv korreliert, aber nicht signifikant. Ein zusätzliches Strukturmerkmal "Besondere Aufbereitungserfordernisse" ist deshalb entbehrlich.
- Der Energiebedarf steht in keinem Zusammenhang mit dem Grad der Aufbereitung.
- Weder der t-Test noch der WMWU-Test zeigen in Abhängigkeit vom Aufbereitungsgrad signifikante Unterschiede in den Mittel- und Medianwerten der Betriebsaufwendungen der Wasserproduktion..

Strukturmerkmal Wasserproduktion

Entnahmekapazität

Entnahmekapazität für GW/OGW-Entnahmebauwerke und OFW-Entnahmebauwerke
 Jährliche geförderte Entnahmemenge bezogen auf die Anzahl aller genehmigten Entnahmebauwerke, auf eine Stunde gemittelt.

Vergleichsintervall

GW/OGW-: ± 40 m³/h/Entnahmebauwerk
 OFW: ± 1000 m³/h/Entnahmebauwerk

Kurzbeschreibung

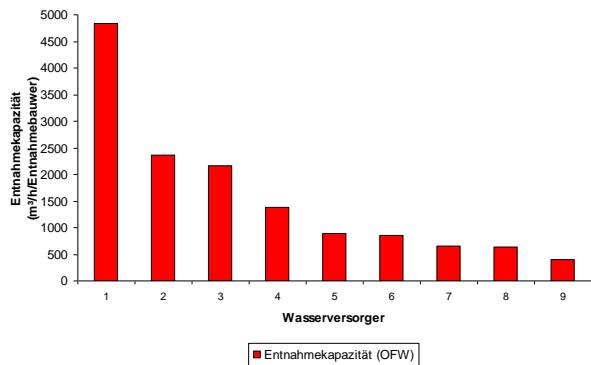
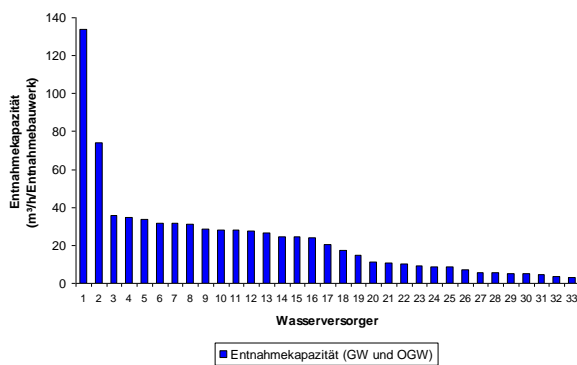
Hydrologische Standortbedingungen legen die Ergiebigkeit eines Entnahmebauwerks zur Wassergewinnung fest, bewertet als „stündliche Gewinnungsmenge pro Bauwerk“. Eine geringe durchschnittliche Entnahmekapazität bzw. eine geringe Ergiebigkeit der einzelnen Wassergewinnungsanlage führt bei gleichen Fördermengen zu einer relativ hohen Anzahl von Entnahmebauwerken. Diese sind beispielsweise bei wenig ergiebigen Grundwasserressourcen meist über mehrere räumlich entfernt liegende Gewinnungsgebiete verteilt. Diese Konstellation bedeutet in der Regel einen höheren Aufwand.

Bewertung

Signifikanzklasse 4

Die Entnahmebauwerke für GW, OGW und OFW wurden getrennt ausgewertet. Bei zunehmender GW-Entnahmekapazität ergibt sich ein signifikant sinkender Betriebsaufwand der Wasserproduktion. Dagegen ist kein Zusammenhang bei OGW und OFW erkennbar. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Kapazität der Gewinnungsanlagen und der Zentralität von Aufbereitungsanlagen.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Entnahmekapazität GW/OGW : 3 -133 m³/h/Entnahmebauwerk
- Bandbreite der Entnahmekapazität OFW : 395 -4893 m³/h/Entnahmebauwerk

Variable	Korrelationen (Tabelle1) Markierte Korr. signifikant für p < ,10000 N=10 (Fallweiser Ausschluss von MD)	
	GW: Entnahmekapazität [m ³ /h/Entnahmebauwerk]	GW: Betriebsaufwand Wasserproduktion [EUR/m ³]
GW: Entnahmekapazität [m ³ /h/Entnahmebauwerk]	1,00	-0,57
GW: Betriebsaufwand Wasserproduktion [EUR/m ³]	-0,57	1,00

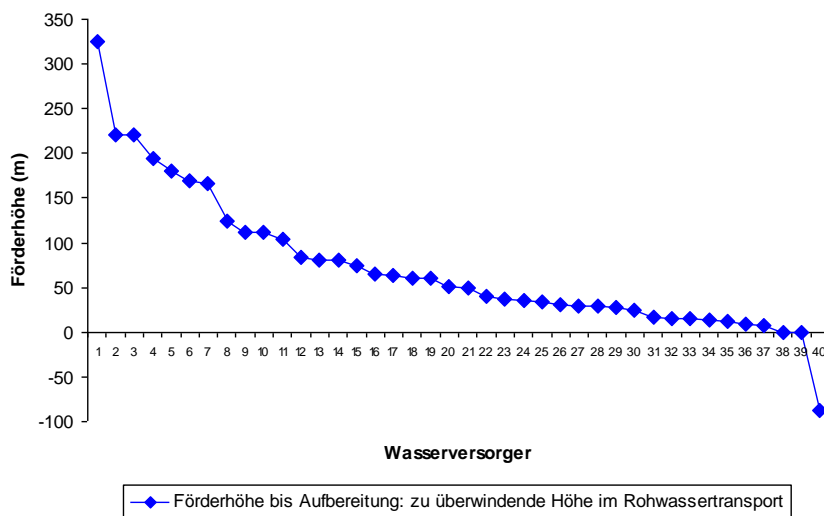
- Entnahmekapazität für GW/OGW-Bauwerke: Median 20 m³/h/Bauwerk (von P10: 5 – P90: 35)
- Bei steigender Entnahmekapazität von GW/OGW-Bauwerken sinkt der Betriebsaufwand Wasserproduktion signifikant.
- Entnahmekapazität für OFW-Entnahme: mit Median 892 m³/h/Bauwerk deutlich höher.
- Kein signifikanter Einfluss der OFW-Gewinnung auf den Betriebsaufwand erkennbar.
- Unterbrechungen der Wassergewinnung treten nur in Einzelfällen auf.

Strukturmerkmal Wasserproduktion Förderhöhe Rohwassertransport - Manometrische Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwassertransport	Vergleichsintervall ± 50 m
--	--------------------------------------

Kurzbeschreibung
Maximale Höhendifferenz im Transportgebiet (Rohwasser); gemessen von Wasserspiegellage der Wassergewinnungsanlage bis Eingang Wasserwerk inkl. Verlusthöhe (manometrische Förderhöhe).

Bewertung **Signifikanzklasse 4**
Die Förderhöhe des geförderten Rohwassers ist eine Standortbedingung und steht im direkten Zusammenhang zum erforderlichen Energiebedarf.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Förderhöhe Rohwassertransport: -87-325 m

Variable	Korrelationen (Tabelle1) Markierte Korr. signifikant für $p < ,05000$ N=39 (Fallweiser Ausschluss von MD)	
	Energieverbrauch WP [kWh / m³]	Förderhöhe Rohwassertransport [m]
Energieverbrauch WP [kWh / m³]	1,00	0,54
Förderhöhe Rohwassertransport [m]	0,54	1,00

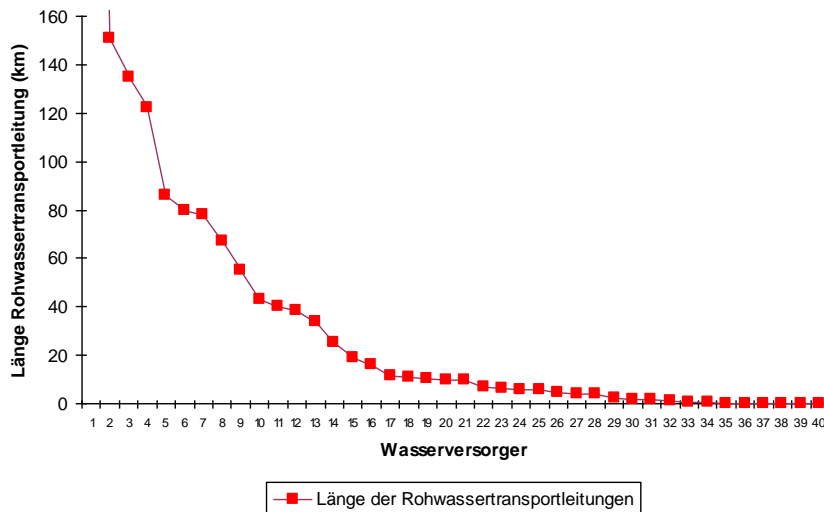
- Die Förderhöhe Rohwassertransport steht in keinem linearen Zusammenhang zum Betriebsaufwand der Wasserproduktion, allerdings ist ein signifikant positiver Zusammenhang zum erforderlichen Energiebedarf der Wasserproduktion messbar, so dass die Förderhöhe Rohwassertransport als relevantes Strukturmerkmal anerkannt wird.

Strukturmerkmal Wasserproduktion	Vergleichsintervall
Leitungslänge Rohwassertransport Länge Rohwassertransportleitungen	± 20 km

Kurzbeschreibung
Länge der vorhandenen Transportleitungen für Rohwasser von den Wasserfassungen bis Eingang Wasserwerk(e).

Bewertung **Signifikanzklasse 3**
Höhere Transportentfernungen bedeuten höhere Investitionskosten für Leitungen sowie einen höheren Betriebsaufwand für den Wassertransport (z.B. Energie, Spülungen, Überwachung, ...). Die Entfernung für den Wassertransport ist eine Standortbedingung. WVU können entweder die Aufbereitungsanlage nahe bei den Kunden (Rohwassertransport) oder nahe bei der Gewinnungsanlage (Reinwassertransport) bauen. Dies macht fallweise Untersuchungen notwendig. Es gibt einen schwach positiven, aber nicht signifikanten Zusammenhang zum spezifischen Energieeinsatz der Wasserproduktion.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Länge der Rohwassertransportleitungen: 0-520 km (Maximalwert in Grafik nicht dargestellt)

Variable	Korrelationen (Tabelle1)		
	Energieverbrauch WP [kWh/m³]	Betriebsaufwand WP [EUR/m³]	Leitungslänge der Rohwassertransport [km]
Energieverbrauch WP [kWh/m³]	1,00	-0,19	0,06
Betriebsaufwand WP [EUR/m³]	-0,19	1,00	-0,08
Leitungslänge der Rohwassertransport [km]	0,06	-0,08	1,00

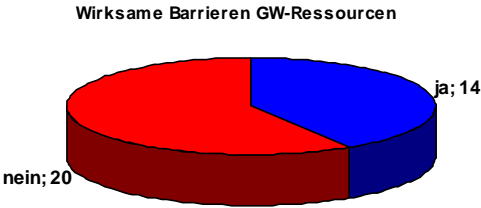
Markierte Korr. signifikant für p < ,05000
N=37 (Fallweiser Ausschluss von MD)

- Die Länge der vorhandenen Transportleitungen für Rohwasser von den Wasserfassungen bis Eingang Wasserwerk(e) stehen in keinem signifikanten Zusammenhang zu den Betriebsaufwendungen und dem Energiebedarf der Wasserproduktion. Die Messung des Einfluss dieses Strukturmerkmals als Kostentreiber wird vermutlich im Kapitalaufwand der Wasserproduktion möglich sein. Der Kapitalaufwand Wasserproduktion ist nicht erhoben worden, so dass ein vermuteter Zusammenhang ohne weiteren Nachweis besteht.

4.3.2 Gestrichene Strukturmerkmale Wasserproduktion

Folgende Strukturmerkmale wurden im Rahmen der Datenerhebung aus dem Vergleichsverfahren entfernt:

- Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz
- Besondere Aufbereitungserfordernisse

<p>Strukturmerkmal Wasserproduktion</p> <p>Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz</p> <p>- für Grundwasser durch die Schutzwirkung von Bodendeckschichten</p> <p>- für Oberflächenwasser durch Schutzmaßnahmen im Einzugsgebiet</p>	<p>Vergleichsintervall</p> <p>ja/ nein</p>
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Eine effektive Schutzwirkung ist gegeben, wenn in der Vergangenheit keine oder zu vernachlässigende Beeinflussungen der Grundwasserqualität durch OFW bzw. keine oder geringe anthropogene Belastungen aus dem Einzugsgebiet (Talsperre, See, Fließgewässer) auf die Rohwasserqualität aufgetreten sind. Dies ist bei Unterschreitung der Grenzwerte des GW-Memorandums bzw. der OFW-Verordnung gegeben. Es wird die höchstbelastete GW-Fassung/Messstelle bzw. OFW-Entnahmestelle im Dreijahreszeitraum zur Bewertung herangezogen.</p>	
<p>Bewertung</p> <p>Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz sind eine nicht durch den Wasserversorger beeinflussbare Rahmenbedingung. Eine effektive Schutzwirkung für die genutzte Ressource kann Investitionen und Betriebsaufwand (für Messstellen, Analysen, Kooperationen, ...) verringern. Es waren nur wenige Datensätze pro Ressourcenart für die Bewertung verfügbar. Der vermutete Zusammenhang konnte aus dem Datensample nicht bestätigt werden.</p>	<p>Signifikanzklasse 0</p>
<p>Auswertung der Datenerhebung</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Ausprägung im Datensample</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ OFW: bei 7 WVU vorhanden, 1 keine Angabe ■ OGW: bei 9 von 17 nicht vorhanden, 1 k.A. ■ GW: bei 7 von 11 nicht vorhanden <ul style="list-style-type: none"> ■ Für GW- und OFW-Ressourcen ergeben sich eine höhere Anzahl Messstellen und höhere Untersuchungsdichten bei Einhaltung der Grenzwerte. Der vermutete Zusammenhang "reduzierter Aufwand bei vorhandenen Barrieren" konnte aus dem Datensample (insgesamt 28 WVU mit GW/OGW) nicht bestätigt werden. ■ Für OFW lassen sich keine Aussagen ableiten, da überall Barrieren vorhanden sind. ■ Es wird empfohlen, dass Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz nicht als Strukturmerkmal anzunehmen, da dessen Relevanz nicht nachgewiesen worden ist und eine Redundanz zu den Strukturmerkmalen Gefährdungen und Belastungen der Ressource besteht. 	

Strukturmerkmal Wasserproduktion Besondere Aufbereitungserfordernisse z.B. Enthärtung, Denitrifizierung - wenn der Nitratgehalt bereits ohne Aufbereitung unter 50 mg/l liegt, aber noch weiter gesenkt werden soll	Vergleichsintervall ja/ nein
Kurzbeschreibung Besondere Aufbereitungserfordernisse sind zu berücksichtigen, wenn z.B. vom Kunden, aus dem politischen Bereich oder durch andere Instanzen diese Anforderungen an das WVU herangetragen werden. Hierzu zählt auch der Wunsch nach z. B. weichem Trinkwasser. Aus besonderen Qualitätsanforderungen ergeben sich i.d.R. erhöhte Aufwendungen sowohl für Investitionen als auch für den Betrieb. Entweder sind ganze Verfahrensstufen zu installieren und zu betreiben, wie z.B. eine Enthärtungsanlage oder eine Anlage zur Denitrifizierung, oder die bestehenden Anlagen müssen erweitert bzw. mit einem höheren Aufwand betrieben werden, um die erzeugte Trinkwasserqualität über die Vorgaben der TrinkwV hinaus zu verbessern (z.B. Vergrößerung von Filterflächen/-schichthöhen, Zugabe von Sauerstoff zur Unterstützung bestehender Filterstufen, Flockung, Ozonung).	
Bewertung Besondere Aufbereitungserfordernisse führen bei GW und OGW signifikant zur weitergehenden Aufbereitung. Bei OFW ist dieser Zusammenhang ebenfalls positiv korreliert.	Signifikanzklasse 0
Auswertung der Datenerhebung Ausprägung im Datensample Im Datensample weisen 5 WVU besondere Aufbereitungserfordernisse auf. Diese haben alle eine weitergehende Aufbereitung. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die besonderen Aufbereitungserfordernissen weisen bei allen Ressourcenarten eine positive Korrelation mit der weitergehenden Aufbereitung auf. ▪ Der Einfluss der besonderen Aufbereitungserfordernisse auf den Energieaufwand Wasserproduktion konnte nicht nachgewiesen werden. ▪ Die besonderen Aufbereitungserfordernisse können aufgrund der vorhandenen Redundanz zur weitergehenden Aufbereitung als Strukturmerkmal vernachlässigt werden. 	

4.3.3 Zusammenlegung des Hauptprozesses „Wasserproduktion“

Während der Auswertung der Hauptprozessstufen Wasserressourcen und Wassergewinnung, -aufbereitung erwies es sich als vorteilhaft, diese beiden zu einem Hauptprozess der Wasserproduktion zusammenzuführen. Die wesentlichen Gründe zu dieser Empfehlung sind folgende:

- Abgrenzungsprobleme bei der Datenerhebung
- Verringerung des Erhebungsaufwandes für zukünftige Auswertungen
- Geringe Signifikanz der Strukturmerkmale als Kostentreiber
- Geringe absolute Aufwandshöhe der Einzelprozesse (insbesondere Wasserressourcen)

In der Summe wird damit zum Projektergebnis eine Vereinfachung des Vergleichsverfahrens erreicht sowie die Anzahl der möglichen Vergleichsgruppen pro Wasserversorger verringert.

Im Hauptprozess Wasserressourcen erwiesen sich beispielsweise einige Betriebsaufwendungen nach eingehender Qualitätssicherung als unplausibel und nach Korrektur um vor-

handene Wasserentnahmeentgelte teilweise sogar als negativ. Es wird davon ausgegangen, dass Betriebsaufwendungen für den Bereich Wasserressourcen sich schwer abgrenzen lassen und daher auf die robustere Größe des Betriebsaufwandes Wasserproduktion zurückgegriffen werden sollte.

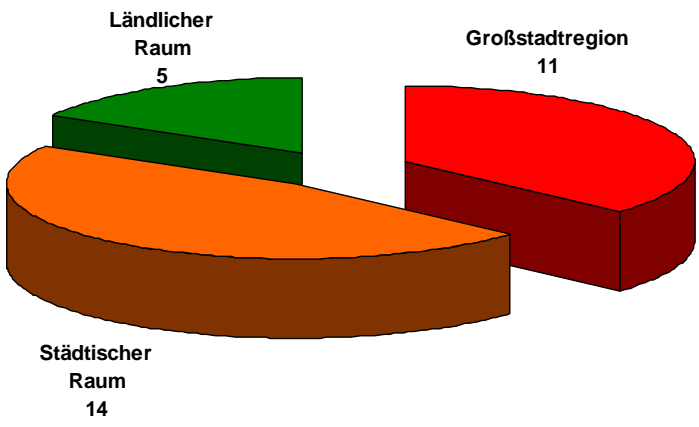
Dieses Vorgehen der Zusammenlegung wird neben der Abgrenzungsproblematik ebenfalls den Erhebungsaufwand verringern, da mit dieser Zusammenführung lediglich ein gemeinsamer Betriebsaufwand erhoben werden muss.

Die Validierung einzelner Strukturmerkmale hat teilweise keine eindeutige Aussage zugelassen. So ließ beispielsweise die Art der der Ressource bei alleiniger Betrachtung für den Prozess Wasserressourcen keine signifikanten Aussagen zu, bei der Auswertung der Wasserproduktion sind allerdings Empfehlungen möglich, so dass die Auswertung nun insgesamt robustere Aussagen erreicht. Ein ähnliches Ergebnis war auch durch die geringe absolute Höhe von Betriebsaufwendungen im Bereich der Wasserressourcen und einzelner Kostentreiber wie der Rohwasserverfügbarkeit am Standort feststellbar, die nun durch die Zusammenlegung zur Wasserproduktion ein eindeutiges Ergebnis liefern.

4.3.4 Bestätigte Strukturmerkmale Wassernetze Direktversorgung

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Validierung der Strukturmerkmale auf der Basis der Datenerhebung vorgestellt. Folgende Strukturmerkmale wurden als relevant zum Einsatz im Vergleichsverfahren ausgewählt:

- Art des Siedlungsraumes
- Druckzonen
- Bodenklassen
- Besondere Gefährdungen
- Bevölkerungsänderung
- Abgabe an Sondervertragskunden
- Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch
- Metermengenwert
- Hausanschlussdichte
- Täglicher Spitzenfaktor

<p>Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger</p> <p>Art der Siedlungsraumes - Großstadtregion, städtischer Raum, ländlicher Raum</p> <p>Großstadtregion: Versorgte Bevölkerung > 100.000 <u>und</u> Versorgungsdichte ≥ 900 versorgte EW/km² Städtischer Raum: Versorgungsdichte ≥ 150 versorgte EW/km² Ländlicher Raum: Versorgungsdichte < 150 versorgte EW/km².</p>	<p>Vergleichsintervall nicht vorhanden, da nur als Sortierkriterium der ersten Stufe verwendet</p>								
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Unter dem Begriff Großstadtregion werden Versorgungsgebiete zusammengefasst, innerhalb derer mehr als 100.000 Einwohner mit Trinkwasser versorgt werden, wobei die Versorgungsdichte mindestens 900 EW/km² ⁸ beträgt. Städtische Räume weisen eine Versorgungsdichte von mindestens 150 EW/km² auf. Der ländliche Raum zeichnet sich durch eine Versorgungsdichte von weniger als 150 EW/km² aus. Die Art des Siedlungsraums beeinflusst die Infrastrukturausstattung und damit den Betriebs- und Kapitalaufwand. Je städtischer eine Region geprägt ist, desto höher sind im Allgemeinen die absoluten Aufwendungen für die Verteilungssysteme, bei jedoch sinkenden einwohnerbezogenen Aufwendungen.</p>									
<p>Bewertung</p> <p>Die Art des Siedlungsraums hat deutliche Auswirkungen auf verschiedene Leistungs- und Aufwandsmerkmale der Endkundenversorgung, die zu <u>nicht vergleichbaren</u> Randbedingungen der Versorgungsaufgabe führen. Deshalb wird dieses Strukturmerkmal als erste Sortierungsstufe für die Direktversorger (DV) genutzt (nicht jedoch bei Fernversorgern). Der Betriebsaufwand (EUR/km) in den Siedlungsräumen Großstadt/Stadt liegt deutlich über dem des ländlichen Raums.</p>	<p>Signifikanzklasse 3</p>								
<p>Auswertung der Datenerhebung</p> <div data-bbox="287 1120 989 1545" data-label="Figure">  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Siedlungsraum</th> <th>Anzahl DV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ländlicher Raum</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Städtischer Raum</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Großstadtregion</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Ausprägung im Datensample</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Großstadtregion 11 DV, städtischer Raum 14 DV, ländlicher Raum 5 DV 		Siedlungsraum	Anzahl DV	Ländlicher Raum	5	Städtischer Raum	14	Großstadtregion	11
Siedlungsraum	Anzahl DV								
Ländlicher Raum	5								
Städtischer Raum	14								
Großstadtregion	11								

⁸ Die Versorgungsdichte von ≥ 900 E/km² ist aus dem 10%-Perzentil der Einwohnerdichte von Großstädten ($\geq 100\ 000$ EW) des vom statistischen Bundesamt veröffentlichten Gemeindeverzeichnisses (Stand 31.12.2009) abgeleitet.

Art des Siedlungsraumes		Großstadt-region	städtischer Raum	ländlicher Raum
Kennzahl	Einheit	Median	Median	Median
Einwohnerdichte	EW / km ²	2104,15	606,71	95,58
Metermengenwert (Kennzahl)	m ³ /m	19,83	9,52	5,05
Behälterkapazität (DVGW)	d	0,93	1,27	1,17
Absperrarmaturendichte (Distrikttrennung)	n/km	0,09	0,07	0,05
Hydrantendichte	n/km	8,93	9,54	6,81
Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung	n / 1000 AL	0	0	0
Tage mit Versorgungseinschränkungen	%	0	0	0
Qualitativer Erfüllungsgrad Trinkwasseranalysen	%	99,90	99,95	99,85
Wasserverluste je Leitungslänge	m ³ / km / h	0,21	0,09	0,07
Leitungsschäden	n / 100 km	14,74	11,46	6,88
Versorgungsbeschwerden je 1000 Hausanschlüsse	n / 1.000 HA	2,44	1,87	0,42
Leitungsrehabilitation	%	0,80	0,25	0,18
Anschlussleitungsrehabilitation	%	0,80	0,99	0,52
Anschlussleitungsschäden	n / 1.000 HA	4,13	3,12	3,03
Hausanschlussrehabilitation (Erneuerung)	n	410,00	124,00	103,50
Veränderung Wasserabgabe Tarifikunden	%	-20,76	-7,53	-11,81
Veränderung Wasserabgabe Sondervertragskunden	%	-35,10	-29,51	123,61
Hausanschlussdichte (Kennzahl)	HA/km ²	251,46	135,98	29,09
Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch	l/EW*d	129,78	118,55	122,51
Abgabe an Sondervertragskunden	%	15,24	15,67	0,00
Täglicher Spitzenfaktor (aktuell) Netz	-	1,20	1,30	1,28
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb	kWh / m ³	0,07	0,18	0,38
Personal Netzbetrieb	VZA / 100km	3,96	4,05	3,66
Betriebsaufwand Netzbetrieb	EUR / km	7106,55	7115,49	2627,96

- Bei vielen Merkmalen gibt es deutliche Unterschiede zwischen Großstadtregion, städtischem und ländlichem Raum, teilweise mit gegenläufigen Effekten bzgl. Betriebsaufwand
- So weisen der Metermengenwert, die Hausanschlussdichte und die Leitungsrehabilitation besonders hohe Unterschiede zwischen der Versorgung von Großstadtregion /städtischer Raum gegenüber dem ländlichem Raum auf.
- Die Wasserverluste je Leitungslänge und die Leitungsschäden belegen plausible Werte, da sie nach W 392: den "mittleren. Wasserverlusten" und nach W 400-3: der "mittleren Anzahl von Leistungsschäden" entsprechen.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Druckzonen

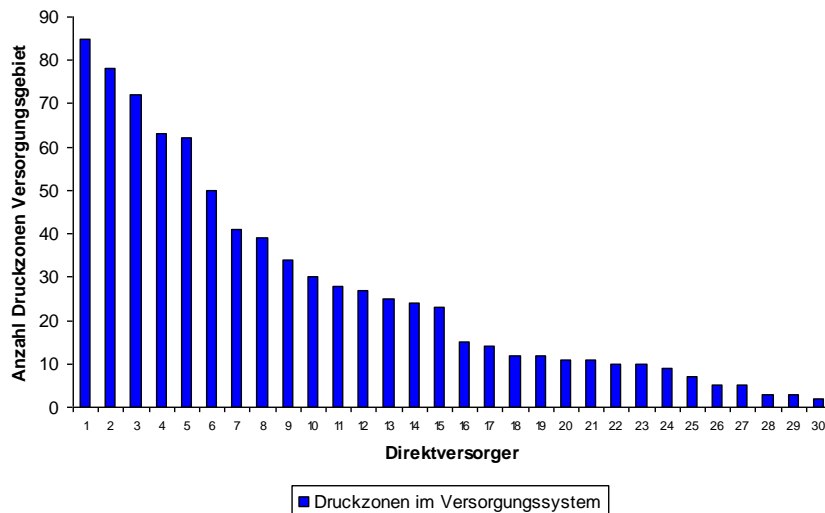
Anzahl der Druckzonen im Verteilungssystem (Einteilung und Versorgungsbedingungen entsprechend DVGW W 400-1)

 ± 10
Kurzbeschreibung

Die Anzahl der Druckzonen ist von der Topographie (geodätische Höhenunterschiede) sowie der Ausdehnung des Versorgungsgebietes abhängig (W400-1). Viele kleine Netzzonen sind aufwändiger im Versorgungsprozess in Bezug auf Inspektion, Wartung und Instandhaltung als wenige große Netzzonen.

Bewertung
Signifikanzklasse 1

Die Anzahl der Druckzonen wird weitgehend durch die topographische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet vorgegeben. Es besteht eine signifikante Korrelation zu den Höhendifferenzen im Versorgungsgebiet, so dass die Höhendifferenz als separates Strukturmerkmal entfallen kann. Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Druckzonen (= der Höhendifferenz), dem spezifischen Energieverbrauch und dem Betriebsaufwand Netze.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Druckzonen beträgt: 2-85 n

Variable	Korrelationen (Tabelle1)			
	Maximale Höhendifferenz Versorgungsgebiet [m]	Druckzonen im Versorgungssystem [n]	Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]
Maximale Höhendifferenz Versorgungsgebiet [m]	1,00	0,61	0,14	0,20
Druckzonen im Versorgungssystem [n]	0,61	1,00	-0,09	0,10
Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	0,14	-0,09	1,00	-0,15
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]	0,20	0,10	-0,15	1,00

- Schwache Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Druckzonen, dem spezifischem Energieeinsatz und dem Betriebsaufwand Netzbetrieb lassen sich ermitteln. Es wird davon ausgegangen, dass andere Faktoren im direkten Zusammenhang mit dem Energieverbrauch stehen.
- Die Druckzonen weisen eine signifikant positive Korrelation mit der maximalen Höhendifferenz auf. Die Erhebung des Strukturmerkmals Druckzonen gegenüber der maximalen Höhendifferenz ist robuster und einfacher, daher wird es als Strukturmerkmal bevorzugt.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger

Vergleichsintervall

Bodenklassen

± 50 %

Anteil der Bodenklassen 2, 6 und 7 nach DIN 18300 im Versorgungsgebiet (auf 10 % gerundet), mit erhöhtem Aufwand für Tiefbauarbeiten (Bodenklasse 2: fließende Bodenarten; Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten; Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels)

Kurzbeschreibung

Für die Aufwendigkeit von Erdarbeiten jedweder Art werden die anstehenden Sedimente und Gesteine innerhalb des WVU nach den oben genannten Bodenklassen eingeteilt. Instabile Böden (Klasse 2) und besonders harte Bodenklassen (6, 7) erhöhen die Tiefbaukosten der Leitungstrasse. Die Auswahl des Rohrleitungsmaterials und der Verlegungsart der Leitungen richten sich ebenfalls nach der Bodenart. Weiterhin kann aus den genannten Bodenarten eine höhere Anzahl von Leitungsschäden resultieren und zu einem vermehrten betrieblichen Aufwand führen.

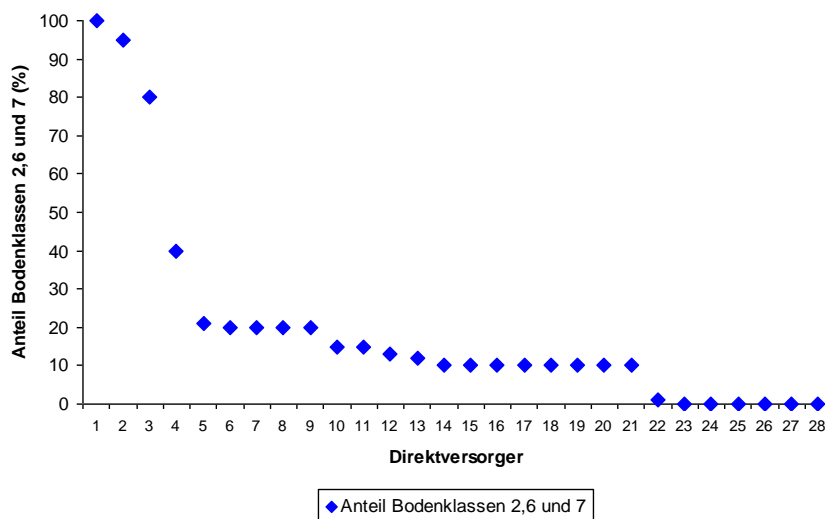
Bewertung

Signifikanzklasse 2

Die Bodenklassenarten sind im Zusammenhang mit Tiefbauarbeiten im städtischen Bereich – anders als in ländlichen Regionen - meist nicht aussagekräftig, weil die meisten Stadtböden in ihrer Struktur gestört sind. Im Rahmen der Erhebung konnte kein Zusammenhang zwischen Verlegekosten und Bodenklassen hergestellt werden. Dies liegt am kleinen Datenbestand, überlagert von unterschiedlichen regionalen Baukostenniveaus.

Empfehlung: Der Einfluss der Bodenklassen sollte in weiterlaufenden Erhebungen bewertet werden, bevor abschließend zum Stellenwert des Strukturmerkmals Bodenklassen entschieden wird.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- 3 WVU haben einen Anteil der Bodenklassen 2, 6, 7 von > 50%, 9 WVU von > 25 %
- Es steht eine geringe Anzahl von auswertbaren WVU zur Verfügung.

		Bodenklassen	Mittlere Baukosten Verteilungsnetz =< DN300	Mittlere Baukosten Verteilungsnetz > DN300
Bodenklassen > 50%	Mittelwert	91,67	243,33	551,67
	Median	95,00	270,00	610,00
	Anzahl	3,00	3,00	3,00
Bodenklassen > 25%	Mittelwert	46,22	211,05	288,29
	Median	21,00	216,00	350,00
	Anzahl	9,00	9,00	7,00
Bodenklassen < 50 %	Mittelwert	11,08	272,24	328,89
	Median	10,00	245,00	0,00
	Anzahl	25,00	22,00	19,00
Bodenklassen < 25%	Mittelwert	7,16	301,24	392,40
	Median	10,00	253,00	300,00
	Anzahl	19,00	16,00	15,00

		Bodenklassen	Mittlere Baukosten Verteilungsnetz =< DN300	Mittlere Baukosten Verteilungsnetz > DN300
Art des Siedlungsraums Großstadtregion	Mittelwert	21,45	362,67	714,25
	Median	10,00	366,00	615,00
	Anzahl	11,00	9,00	8,00
städtischer Raum	Mittelwert	190,25	75,00	16,50
	Median	188,00	0,00	16,50
	Anzahl	4,00	4,00	4,00
ländlicher Raum	Mittelwert	19,23	230,25	171,82
	Median	10,00	253,00	0,00
	Anzahl	13,00	14,00	11,00

- Es wird ein schwacher Zusammenhang zwischen Bodenklassen und Tiefbaukosten ermittelt.
- Der vermutete Zusammenhang konnte aufgrund des geringen Datensatzes nicht bestätigt werden, zudem wird eine Überlagerung von regionalen Preisniveaus vermutet.
- Bodenklassen werden als Strukturmerkmal mit einem breiten Vergleichsintervall berücksichtigt.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger Besondere Gefährdungen Besondere Gefährdungen für die Verteilungssysteme, bestehen z.B. aus Bergbausenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.	Vergleichsintervall ja / nein
---	---

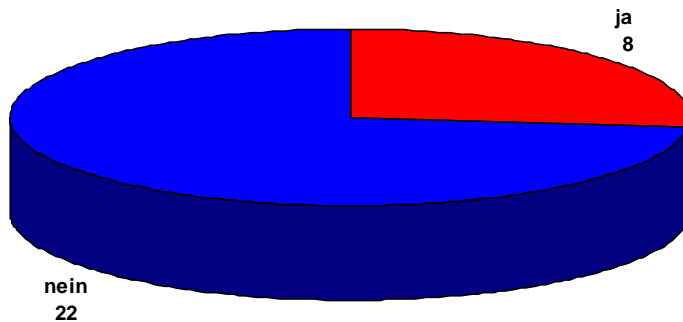
Kurzbeschreibung

Besondere Gefährdungen wirken sich auf erhöhte Wartungs- und Instandhaltungserfordernisse und -aufwendungen aus. Je mehr Gefährdungen besonderer Art im Versorgungsgebiet vorliegen, desto mehr Aufgaben muss der Versorger nachkommen. Ggf. können die entstehenden Mehraufwendungen für das Wasserversorgungsunternehmen durch externe Finanzierungen von Maßnahmen bzw. Entschädigungen (z.B. Erstattung durch Bergbauunternehmen) kompensiert werden.

Bewertung **Signifikanzklasse 1**

Bei 8 von 30 DV liegen besondere Gefährdungen im Versorgungsgebiet vor, deren Auswirkungen sich aus dem erhobenen Datenbestand nicht quantifizieren lassen. Aufgrund des erheblichen Anteils an betroffenen Unternehmen sollten „Besondere Gefährdungen“ als Strukturmerkmal beibehalten und mit besserer Datengrundlage näher untersucht werden.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite: bei 8 DV liegen besondere Gefährdungen vor.

Gruppe1 - Gruppe2	t-Test für unabh. Stichproben (Tabelle1.sta)										
	Mittelw. Gruppe1	Mittelw. Gruppe2	t-Wert	FG	p	Gült. N Gruppe1	Gült. N Gruppe2	Stdabw. Gruppe1	Stdabw. Gruppe2	F-Quot. Varianzen	p
Besondere Gefährdungen: Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR / km] vs. Keine Besondere Gefährdungen: Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR / km]	6563,339	9981,102	-1,62143	27	0,116548	21	8	5090,538	5024,159	1,026599	1,000000

- Besondere Gefährdungen weisen keine signifikanten Unterschiede in den Mittel- und Medianwerten der Betriebsaufwendungen im Netzbereich auf. Geschuldet wird dies einem kleinen Datensample.
- Da ein Einfluss des Strukturmerkmals dennoch vermutet wird, wird das Strukturmerkmal besondere Gefährdungen weiterhin als relevant erachtet und mit der Signifikanzklasse 1 bewertet.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Bevölkerungsänderung

Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet (statistische Daten über einen 20-Jahreszeitraum): Einwohneränderung (Zu- bzw. Abnahme) im Versorgungsgebiet in den vergangenen 20 Jahren / Einwohneranzahl im laufenden Jahr.

± 2,5 %

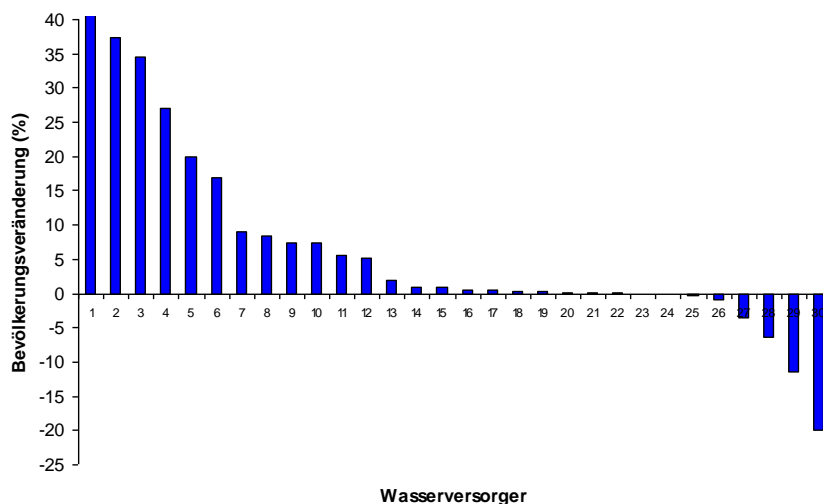
Kurzbeschreibung

Fällt die Veränderung der im Versorgungsgebiet lebenden Bevölkerung überdurchschnittlich hoch oder niedrig im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aus, ist davon auszugehen, dass der betroffene Versorger überproportional stark durch eine sich verändernde Wassernachfrage betroffen ist. Eine starke Bevölkerungsänderung (sowohl Zu- als auch Abnahme) führt zu Erschwernissen hinsichtlich der Versorgungsstruktur. Das Wasserversorgungsunternehmen muss entsprechende Maßnahmen (z.B. intensivere Instandhaltung, (Re-) Investitionen etc.) entwickeln und umsetzen.

„Betriebliche und bauliche Anpassungen an die Unterauslastung von Anlagen, sowie Infrastrukturanpassungen infolge von Stadtumbau, führen zu zusätzlichen Kostenbelastungen. Deren Höhe und Auswirkung auf die Gesamtkosten hängt von den konkreten örtlichen Rahmenbedingungen ab“ (Holländer et al., 2008).

Bewertung
Signifikanzklasse 2

Aufgrund der großen Bandbreite und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird die Bevölkerungsentwicklung als relevantes Strukturmerkmal angesehen.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Hohe Bandbreite der Bevölkerungsänderung, viele Ausreißer im Datensample

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1.sta)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Bevölkerungsänderung [%]	29	9,03	0,98	-11,45	100,00	-3,62	34,50	20,83
Großstadtregion: Bevölkerungsänderung [%]	11	3,65	1,00	-3,62	20,00	-0,28	7,50	6,43
städtischer Raum: Bevölkerungsänderung [%]	13	4,68	0,31	-6,40	27,00	-1,00	16,93	8,91
ländlicher Raum: Bevölkerungsänderung [%]	5	32,20	34,50	-11,45	100,00	-11,45	100,00	43,40

- Der Einfluss des Strukturmerkmals ist im Datensample nicht messbar.
- Aufgrund der nachgewiesenen großen Bandbreite und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird die Bevölkerungsänderung als relevantes Strukturmerkmal angesehen.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Abgabe an Sondervertragskunden
 $\pm 10 \%$

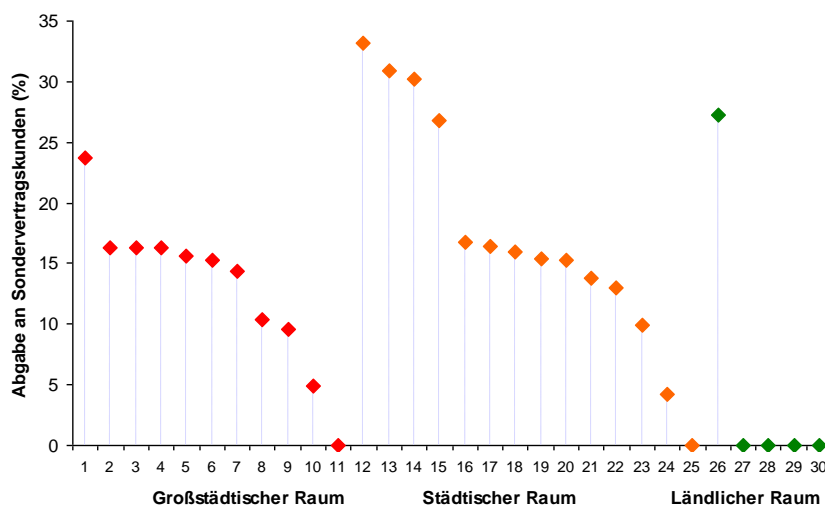
Jährliche Abgabe an Sondervertragskunden (i.d.R. Industrie/Gewerbe) in Relation zur gesamten Trinkwasserabgabe

Kurzbeschreibung

Die Versorgung von Sondervertragskunden ist in der Regel weniger aufwändig als die Versorgung von Haushaltskunden. Gründe hierfür sind, dass im Durchschnitt größere Mengen Wasser von Industrie/ Gewerbe über wenige Anschlussleitungen abgenommen werden. Damit reduziert sich der Betriebs- und Instandhaltungsaufwand (Aufwand für Zählerablesungen, Rechnungsstellung etc.). Das vorliegende Strukturmerkmal resultiert aus der Abnehmerstruktur und stellt eine vom WVU nicht beeinflussbare Randbedingung dar.

Bewertung
Signifikanzklasse 2

Bei 30 DV liegt der mittlere Anteil der Wasserabgabe an Sondervertragskunden bei 14 % (Median). Die mittlere Veränderung über den 20-Jahreszeitraum ist mit großer Bandbreite negativ (-28 %). Es kann kein signifikanter Einfluss auf den Betriebsaufwand im Netzbetrieb ermittelt werden.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Wasserabgabe an Sondervertragskunden: 0 - 33,18 %

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1.sta)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Abgabe an Sondervertragskunden [%]	30	13,56	15,28	0,00	33,18	0,00	27,02	9,55
Großstadtregion: Abgabe an Sondervertragskunden [%]	11	12,98	15,24	0,00	23,71	4,90	16,33	6,44
städtischer Raum: Abgabe an Sondervertragskunden [%]	14	16,91	15,67	0,00	33,18	4,19	30,18	9,40
ländlicher Raum: Abgabe an Sondervertragskunden [%]	5	5,44	0,00	0,00	27,20	0,00	27,20	12,16

- Die mittlere Veränderung über den 20-Jahreszeitraum ist negativ (-28 %) und zeigt erhebliche Unterschiede zwischen den DV von -70 % bis + 99 % (10- bis 90er Perzentil).
- Es liegen hohe Unterschiede zwischen der Großstadtregion / städtischer Raum gegenüber dem ländlichen Raum vor.
- Eine Auswertung auf den Einfluss der mittleren Betriebsaufwendungen im Netzbereich ist aufgrund der geringen Fallzahl im ländlichen Raum nicht möglich.
- Obwohl kein signifikanter Nachweis durch das Strukturmerkmal der Wasserabgabe an Sondervertragskunden ermittelt werden konnte, wird es aufgrund der hohen Streuung und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs dennoch als relevantes Strukturmerkmal eingestuft.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch Trinkwasserabgabe Tarifkunden (Haushaltskunden- und Kleingewerbeabsatz) pro Einwohner im Versorgungsgebiet und Tag	Vergleichsintervall ± 20 l/EW/d
---	---

Kurzbeschreibung

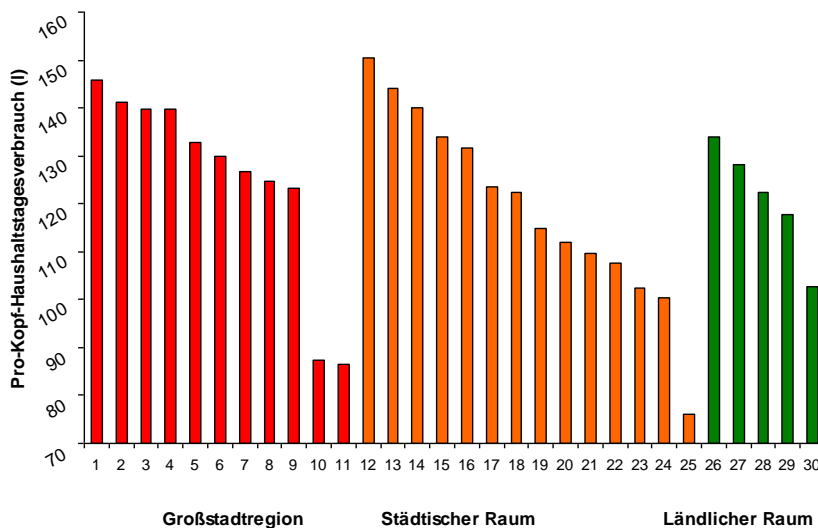
Der Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch ist eine zentrale Planungs- und Betriebsgröße für jedes Versorgungsunternehmen. Es ist kein signifikant steuerbarer Einfluss auf die Wassernachfrage im eigenen Versorgungsgebiet festzustellen, vielmehr wirken sich nicht beeinflussbare Bedingungen (z.B. trockene Sommerperioden, erfolgreiche (Klein-)Gewerbeansiedlung etc.) primär auf den spezifischen Wasserverbrauch je EW aus.

Starke Veränderungen sind besonders problematisch, weil die Trinkwasserversorgungsanlagen auf lange Zeiträume ausgelegt und abgeschrieben werden. Auch bei langfristig sinkenden Wasserverbrauchszahlen kann ein WVU nicht in jedem Fall mit Verkleinerung der Nennweiten reagieren. Häufig stehen dem zurückgehenden täglichen Wasserbedarf die planerisch zugrunde gelegten Spitzenverbräuche und Feuerlöschreserven entgegen.

Bewertung **Signifikanzklasse 2**

Aufgrund der großen Bandbreite und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird der Pro-Kopf-Verbrauch als relevantes Strukturmerkmal angesehen.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite über das gesamte Datensample liegt zwischen 76 und 150 (l/EW/d)
- Die Unterschiede zwischen Großstadtregion, städtischer und ländlicher Raum sind nicht erheblich.

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1.sta)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch [l/EW*d]	30	121,56	124,12	75,99	150,47	93,97	140,69	18,49
Großstadtregion: Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch [l/EW*d]	11	125,27	129,78	86,60	145,74	87,45	141,33	20,27
städtischer Raum: Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch [l/EW*d]	14	118,83	118,55	75,99	150,47	100,50	140,06	19,58
ländlicher Raum: Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch [l/EW*d]	5	121,04	122,51	102,75	133,93	102,75	133,93	11,86

- Obwohl kein signifikanter Nachweis durch das Strukturmerkmal Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch ermittelt werden kann, wird es aufgrund der hohen Streuung und seinen heterogenen Auswirkungen auf die Infrastruktur eines Wasserversorgers als relevantes Strukturmerkmal eingestuft.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Metermengenwert

Metermengenwert berechnet sich als jährliche Trinkwasserabgabe bezogen auf die Gesamtnetzlänge (unter Einschluss der Zubringerleitungen, ohne Anschlussleitungen)

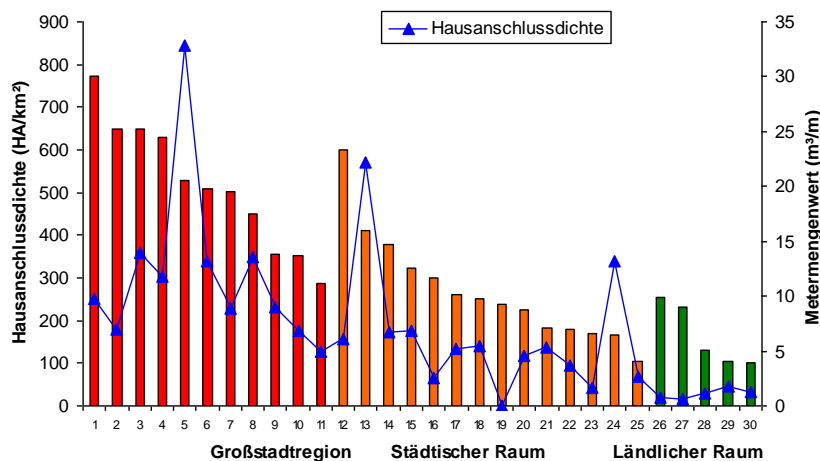
 $\pm 10 \text{ m}^3/\text{m}$
Kurzbeschreibung

Der Metermengenwert beschreibt die Wasserabgabe bezogen auf die Rohrnetzlänge innerhalb eines Versorgungsgebietes. Er ist somit ein Maß für die Nutzungsintensität der verlegten Leitungen. Dieses Strukturmerkmal resultiert aus der Siedlungs- und Abnehmerstruktur und lässt sich durch das WVU nicht beeinflussen, da die Anzahl der Abnehmer bzw. die Höhe der Wasserabnahme pro km Rohrnetzlänge außerhalb des Einflussbereichs des WVU liegen.

Bewertung
Signifikanzklasse 4

Der Metermengenwert liegt bei 30 DV im Median bei $11,43 \text{ m}^3/\text{m}$ mit erheblichen Unterschieden zwischen Großstadt, Stadt und Land. Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen Metermengenwert und der Hausanschlussdichte. Da der Metermengenwert als einziges Strukturmerkmal die Nutzungsintensität der verlegten Leitungen abbildet, werden beide Merkmale als relevant angesehen.

Der Erklärungsgehalt des MMW für den Betriebsaufwand des Netzbetriebs ist signifikant, aber stark abhängig vom Datensample. Der Gesamtaufwand des Netzbetriebs konnte im Rahmen der Erhebung nicht bewertet werden.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite des Metermengenwertes: $3,94\text{-}31 \text{ m}^3/\text{m}$

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Metermengenwert [m^3/m]	30	13,16	11,43	3,94	30,05	4,56	24,86	7,11
Großstadtregion: Metermengenwert [m^3/m]	11	20,11	19,83	11,17	30,05	13,75	25,24	5,81
städtischer Raum: Metermengenwert [m^3/m]	14	10,13	9,52	4,02	17,70	6,43	15,97	3,98
ländlicher Raum: Metermengenwert [m^3/m]	5	6,39	5,05	3,94	9,95	3,94	9,95	2,85

Regression Zusammenf. für abh. Variable: Betriebsaufwand Netz [€] (Tabelle1)						
R= ,64524070 R²= ,41633556 korr. R²= ,39471836						
F(1,27)=19,259 p<,00016 Stdf. der Schätzung: 1041E4						
N=29	b*	Stdf. von b*	b	Stdf. von b	t(27)	p-Wert
Konstante			-6462277	4061692	-1,59103	0,123245
Metermengenwert [m³/m]	0,645241	0,147028	1210960	275936	4,38856	0,000157

- Der Metermengenwert weist zwischen der Großstadtregion, dem städtischen und dem ländlichen Raum erhebliche Unterschiede auf.
- Es wurden zwei Definitionen des Metermengenwerts untersucht: inkl. und exkl. der Zubringerleitungen. Der Unterschied beträgt in den Medianwerten 10 %, kann aber in Einzelfällen bis 59 % betragen. Im Sinne der einheitlichen Definition mit Fernversorger-Systemen wird die Definition unter Einschluss der Zubringerleitungen bevorzugt. Bei einer größeren Zubringerleitungslänge bei Direktversorgern ist eine detaillierte Bewertung erforderlich.
- Es besteht eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Metermengenwert und der Hausanschlussdichte (HA/km²), die Signifikanz ist allerdings stark abhängig vom Datensample. Da der Metermengenwert als einziges Strukturmerkmal auch die Netzlänge abbildet, gibt dieser einen anderen Zusammenhang wieder. Deshalb werden beide Merkmale als relevant angesehen.
- Der Metermengenwert hat auf den durchschnittlichen Betriebsaufwand im Netzbereich einen signifikanten Einfluss (allerdings abhängig vom Datensample) und wird daher als relevantes Strukturmerkmal eingestuft. Ein signifikant positiver Zusammenhang ist auch auf Gesamtunternehmensebene (Betriebs- sowie Gesamtaufwand) ermittelt worden.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Hausanschlussdichte
 $\pm 50 \text{ HA/ km}^2$

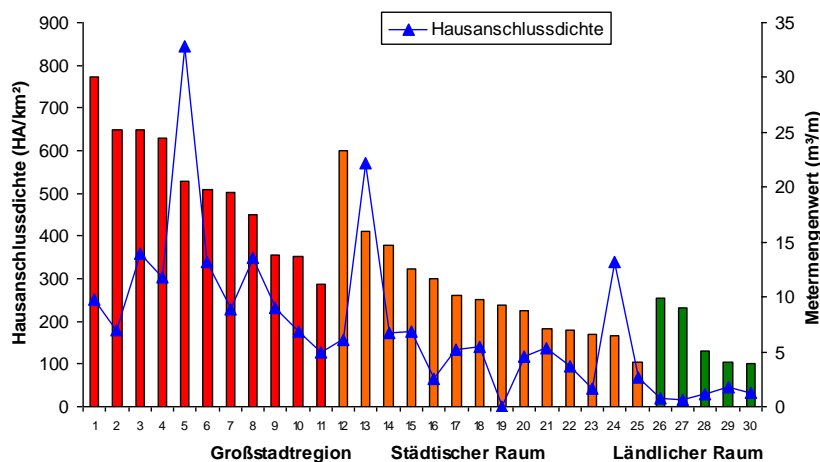
Die Hausanschlussdichte setzt die Anzahl der Hausanschlüsse ins Verhältnis zur Größe des Versorgungsgebiets.

Kurzbeschreibung

Die Hausanschlussdichte ist ein Merkmal für die Besiedlungsdichte des Versorgungsgebiets und nicht vom Wasserversorger beeinflussbar. Bei hoher Hausanschlussdichte sind die spezifischen Verteilungskosten des Trinkwassers entsprechend niedriger. Es können jedoch auch höhere Instandhaltungsaufwendungen bei hoher Hausanschlussdichte resultieren.

Bewertung
Signifikanzklasse 4

Bei 29 Direktversorgern liegt der Medianwert bei 156 HA/km² und weist eine erhebliche Bandbreite auf. Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen dem Metermengenwert und der Hausanschlussdichte. Da die Hausanschlussdichte die Siedlungsdichte und Bauart fokussiert, wird die Hausanschlussdichte ebenfalls als relevant angesehen. Der Erklärungsgehalt der HA-Dichte für die mittleren Betriebsaufwendungen des Netzbetriebs ist gegeben.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Hausanschlussdichte: 17-845 HA/km²

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Hausanschlussdichte [HA/km ²]	29	198,24	156,73	16,88	845,24	29,09	359,26	179,57
Großstadt: Hausanschlussdichte [HA/km ²]	11	308,27	251,46	128,49	845,24	175,21	359,26	193,81
städtischer Raum: Hausanschlussdichte [HA/km ²]	13	170,46	135,98	42,16	570,73	65,74	340,55	141,20
ländlicher Raum: Hausanschlussdichte [HA/km ²]	5	28,37	29,09	16,88	44,89	16,88	44,89	11,46

Regression Zusammenf. für abh. Variable: Betriebsaufwand Netzbetrieb [€/ km](Tabelle1.sta)						
R= ,58286654 R ² = ,33973341 korr. R ² = ,31433854						
F(1,26)=13,378 p<,00113 Stdf. der Schätzung: 4277,2						
N=28	b*	Stdf. von b*	b	Stdf. von b	t(26)	p-Wert
Konstante			4030,348	1200,760	3,356498	0,002438
Hausanschlussdichte [HA/km ²]	0,582867	0,159358	16,473	4,504	3,657599	0,001134

Variable	Korrelationen (Tabelle1) Markierte Korr. signifikant für $p < ,10000$ N=24 (Fallweiser Ausschluss von MD)	
	Metermengenwert [m ³ /m] o.A.	Hausanschlussdichte [HA/km ²] o.A.
Metermengenwert [m ³ /m] o.A.	1,00	0,42
Hausanschlussdichte (Kennzahl) o.A.	0,42	1,00

Variable	Korrelationen (Tabelle1) Markierte Korr. signifikant für $p < ,10000$ N=29 (Fallweiser Ausschluss von MD)	
	Hausanschlussdichte [HA/km ²]	Metermengenwert [m ³ /m]
Hausanschlussdichte (Kennzahl)	1,00	0,19
Metermengenwert [m ³ /m]	0,19	1,00

- Die Hausanschlussdichte weist zwischen der Großstadtregion, dem städtischen und dem ländlichen Raum erhebliche Unterschiede auf.
- Es besteht eine signifikante positive Korrelation zwischen Metermengenwert und Hausanschlussdichte (in HA/km²), die Höhe der Korrelation ist allerdings stark abhängig vom Datensample wie die Berechnungen mit N=29 sowie N=24 verdeutlichen.
- Die Hausanschlussdichte hat auf den durchschnittlichen Betriebsaufwand im Netzbereich einen signifikanten positiven Einfluss (allerdings abhängig vom Datensample) und wird daher als relevantes Strukturmerkmal eingestuft.

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
Täglicher Spitzenfaktor
 $\pm 0,15$

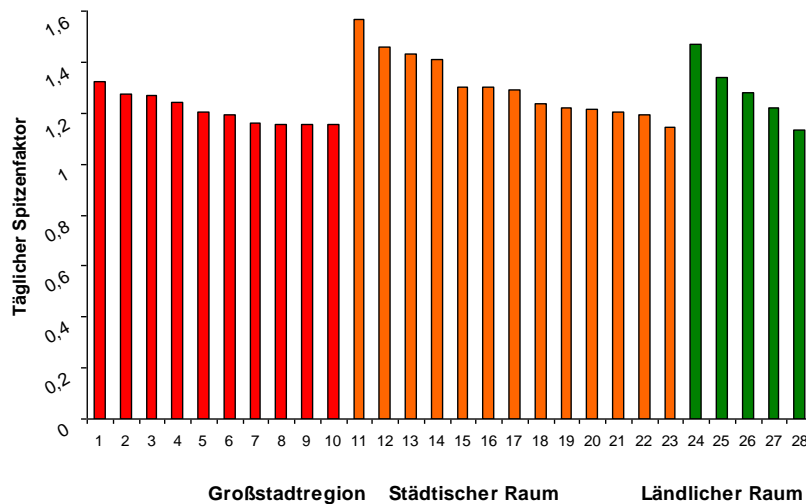
Spitzentagesbedarf bezogen auf die mittlere Rohrnetzeinspeisung

Kurzbeschreibung

Der tägliche Spitzenfaktor hängt von der Abnehmerstruktur eines Versorgungsgebiets ab. Je höher der Spitzenfaktor eines Wasserversorgungsunternehmens ausfällt, desto höhere Reservekapazitäten muss das WVU vorhalten, um eine Trinkwasserversorgung gewährleisten zu können, sofern kein Ausgleich eines Tagesspitzenbedarfs über einen Leitungsverbund erfolgen kann. Der Tagesspitzenfaktor zählt neben dem Stundenspitzenfaktor als Bemessungsgrundlage von Anlageteilen, „für die kein Ausgleich der stündlichen Verbrauchsschwankungen am Spitzentag durch Speicherung möglich ist, z. B. für Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen“ (Mutschmann, und Stimmelmayer, 2011). Die Versorgungsleitungen und Hauptleitungen, die der direkten Versorgung dienen, müssen „den Durchfluß zur Spitzenstunde bzw. den Spitzendurchfluss in einer kleineren Zeiteinheit sicherstellen“, wobei das „Leistungsvermögen und die Durchflussbedingungen der verschiedenen Systemteile (...) eine sorgfältige Betrachtung“ erfordern, „weil davon das Zusammenwirken von Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen, Trinkwasserbehältern und Förderanlagen stark abhängt“ (DIN EN 805). Neben dem Bereich der Wasserverteilung ist der tägliche Spitzenfaktor ebenfalls bei der Planung von Anlagen der Wassergewinnung und -aufbereitung zu berücksichtigen.

Bewertung
Signifikanzklasse 2

Der Spitzenfaktor für den Tagesbedarf ist eine wichtige Planungsgröße für die Kapazität des Gesamtsystems (Anlagen, Leitungsdimensionen, Speichervolumen). Während Stundenspitzen über Behälter ausgeglichen werden können, muss die Kapazität des Gesamtsystems und die Dimension von Zubringer- und Hauptleitungen auf die Tagesspitzen ausgelegt werden. Der Tägliche Spitzenfaktor wurde während des Projektes als Strukturmerkmal neu aufgenommen und validiert.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite des Täglichen Spitzenfaktors: 1,13-1,57

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1.sta)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Täglicher Spitzenfaktor	29	1,28	1,24	1,13	1,57	1,15	1,46	0,11
Großstadtregion: Täglicher Spitzenfaktor	10	1,21	1,20	1,15	1,33	1,15	1,30	0,06
städtischer Raum: Täglicher Spitzenfaktor	14	1,32	1,30	1,15	1,57	1,19	1,46	0,13
ländlicher Raum: Täglicher Spitzenfaktor (aktuell) Netz	5	1,29	1,28	1,13	1,47	1,13	1,47	0,13

- Der Medianwert des Täglichen Spitzenfaktors für Direktversorger beträgt 1,24 und kann Unterschiede bis zu 40% aufweisen.

- Die Unterschiede zwischen Großstadt, städtischen und ländlichem Raum sind nicht erheblich.
- Die Auswertungen lassen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem täglichen Spitzenfaktor und dem Speichervolumen erkennen.
- Eine Korrelation zwischen dem täglichem Spitzenfaktor und den Aufwendungen im Netzbetrieb oder auf der Gesamtunternehmensebene ist für N= 22 nicht vorhanden.
- Obwohl kein signifikanter Nachweis (weder positiv noch negativ) des Strukturmerkmals täglicher Spitzenfaktor auf den Betriebsaufwand im Netzbetrieb ermittelt werden kann, wird der tägliche Spitzenfaktor aufgrund der hohen Spreizung im Datensample als relevantes Strukturmerkmal angesehen.

4.3.5 Gestrichene Strukturmerkmale Wassernetze Direktversorgung

Folgendes Strukturmerkmal wurde als nicht relevant zum Einsatz im Vergleichsverfahren ausgewählt:

- Höhendifferenz im Verteilungssystem

Strukturmerkmal Wassernetze Direktversorger
Vergleichsintervall
k.A.

Maximale Höhendifferenz

Differenz aus maximaler und minimaler Höhe bei Wasserübergabe im Versorgungsgebiet (m über NHN).

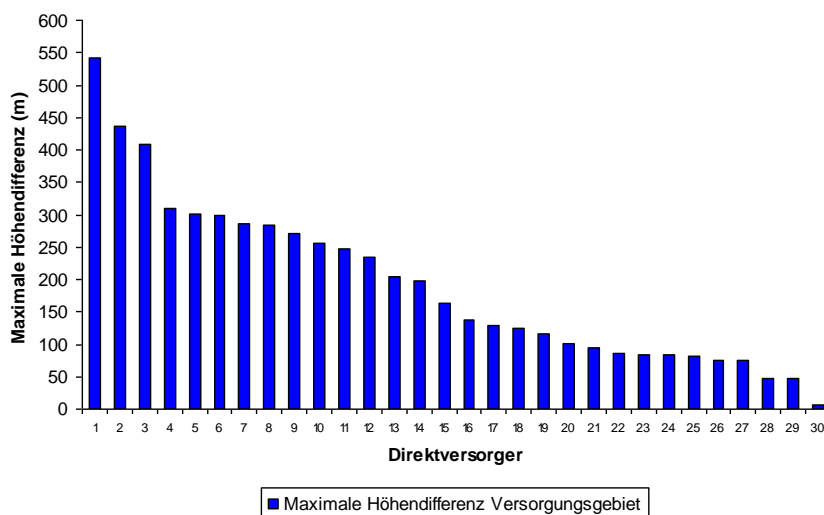
Kurzbeschreibung

Die Höhendifferenz beschreibt die topografische Struktur zwischen Einspeisepunkt und Übergabepunkt. Es muss grundsätzlich differenziert werden nach der Höhenlage der Einspeisepunkte in Relation zum Versorgungsgebiet, unter Berücksichtigung der transportierten Menge.

Bewertung
Signifikanzklasse 0

Die Höhendifferenz im Versorgungsgebiet ist Haupteinflussfaktor auf den Energieeinsatz des WVU im Netzbetrieb. Je größere Höhendifferenzen in Relation zum Einspeisepunkt vorliegen, desto mehr Pumpenergie wird für die Aufrechterhaltung eines flächendeckenden, nach den a.a.R.d.T. (gemäß W400 1) vorgegebenen Versorgungsdrucks erforderlich. Eine anspruchsvolle Topografie mit großen Höhendifferenzen erfordert in vielen Fällen auch eine höhere Komplexität des Verteilungssystems, wodurch sich die Planungs-, Bau- und Betriebsaufwendungen (inkl. Wartung und Instandhaltung) erhöhen.

Ein Einfluss der maximalen Höhendifferenz auf den Energieaufwand und Betriebsaufwand im Netzbe- reich konnte nicht nachgewiesen werden.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der maximalen Höhendifferenz: 6,5-542 m

Variable	Korrelationen (Tabelle1)			
	Maximale Höhendifferenz [m]	Druckzonen im Versorgungssystem [n]	Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]
Maximale Höhendifferenz [m]	1,00	0,61	0,14	0,20
Druckzonen im Versorgungssystem [n]	0,61	1,00	-0,09	0,10
Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	0,14	-0,09	1,00	-0,15
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]	0,20	0,10	-0,15	1,00

- Der Einfluss der maximalen Höhendifferenz auf den Betriebsaufwand Netz und den Energieaufwand ist sehr gering und von Ausreißern stark beeinflusst.
- Es ist eine signifikant positive Korrelation zu den Druckzonen vorhanden.
- Eine verbesserte Erhebung müsste mengengewichtet erfolgen, sonst ist die Aussage eingeschränkt.
- Es wird empfohlen, aufgrund der Korrelation zu den Druckzonen, die maximale Höhendifferenz nicht als eigenständiges Strukturmerkmal zu berücksichtigen.

4.3.6 Bestätigte Strukturmerkmale Wassernetze Fernversorgung

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Validierung der Strukturmerkmale auf der Basis der Datenerhebung vorgestellt. Folgende Strukturmerkmale wurden als relevant zum Einsatz im Vergleichsverfahren ausgewählt:

- Metermengenwert
- Höhendifferenz
- Druckzonen im Versorgungssystem
- Bodenklassen
- Besondere Gefährdungen
- Bevölkerungsentwicklung
- Täglicher Spitzenfaktor

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger

Metermengenwert

Metermengenwert: berechnet sich als jährliche Trinkwasserabgabe bezogen auf die Gesamtnetzlänge inkl. Zubringerleitungen (ohne Hausanschlussleitungen)

Vergleichsintervall

- 1. Sortierungsstufe: < 60 m³/m; 60 - 200 m³/m, > 200 m³/m
- 2. Sortierungsstufe: ± 50 m³/m

Kurzbeschreibung

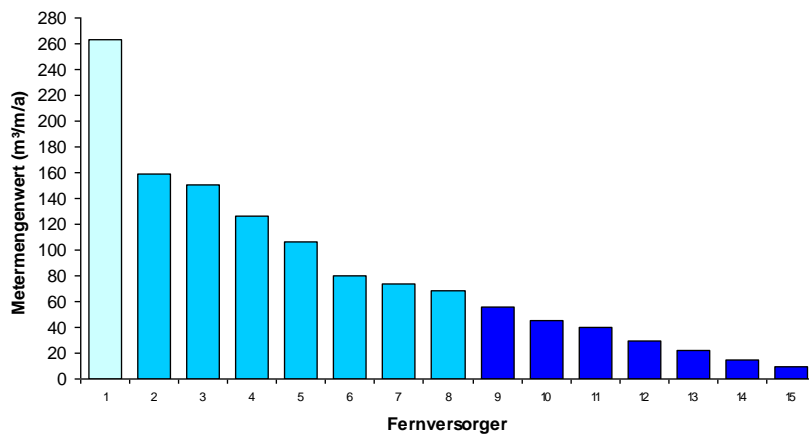
Der Metermengenwert beschreibt die Wasserabgabe bezogen auf die Rohrnetzlänge innerhalb eines Versorgungsgebietes. Er ist somit ein Maß für die Nutzungsintensität der verlegten Leitungen. Dieses Strukturmerkmal beschreibt die räumliche Konstellation von Gewinnung/Aufbereitung bzw. Einspeisung bis zur Abnehmerregion, die vom FV nicht beeinflussbar ist.

Bewertung

Signifikanzklasse 3

Der Metermengenwert liegt bei 15 FV im Median bei 68,92 m³/m. Es lässt sich eine sinnvolle Gruppierung vornehmen in: 1) kleinere Fern- und Regionalversorger im ländlichen Raum; 2) Fernversorger, häufig mit größeren Wasserabgaben zur Versorgung von Stadtregionen; 3) Regionalversorger im städtischen Raum. Deshalb wird dieses Strukturmerkmal erste Sortierungsstufe genutzt. Der Erklärungsgehalt des MMW für den Betriebsaufwand des Netzbetriebs ist gering – der Gesamtaufwand des Netzbetriebs konnte im Rahmen der Erhebung nicht bewertet werden.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite des Metermengenwertes: 9,7-263 m³/m

1	Zweckverband Wasserversorgungsgruppe Kleiner Heuberg	9,8	
2	ZV Hohenberggruppe	12,2	
3	WV Bayrischer Wald	12,8	
4	Fernwasserversorgung Franken	14,9	
5	Zweckverband Wasserversorgung Kleine Kinzig	22,3	
6	Fernwasserversorgung Oberfranken	29,0	bis 60
7	ZV Mittelhessische Wasserwerke	34,0	
8	ZV Ammerbusch-Schönbuch-Gruppe	34,0	
9	FW Mittelmain, Würzburg	37,1	
10	Zweckverband WV Nordostwürttemberg	39,8	
11	Zweckverband Strohgau-Wasserversorgung	45,5	
12	Wasserverband Siegen-Wittgenstein	55,3	
13	Fernwasserversorgung Südthüringen	68,9	
14	Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung	73,5	
15	Thüringer Fernwasserversorgung	77,8	
16	Wasserversorgungsverband Rhein-Wupper	79,6	
17	FW Sdier, Großdubrau-Sdier	95,2	
18	ZV Filderwasserversorgung	97,7	60 bis 200
19	Südsachsen Wasser GmbH	106,6	
20	ZV Landeswasserversorgung	126,3	
21	SEBES	150,4	
22	Harzwasserwerke GmbH	159,0	
23	Wahnbachtalsperrenverband	175,5	
24	Hessenwasser GmbH	263,1	
25	WFW, Nürnberg	283,2	größer 200
26	EnBW Regional AG	300,3	

- Das Datensample wurde um zusätzliche Angaben erweitert⁹, und die 1. Sortierungsstufe für Fernwasserversorger entsprechend weiter validiert.

Der Metermengenwert wird als 1. Sortierkriterium für die Fernwasserversorger verwendet

- < 60 m³/m: kleinere Fern- und Regionalversorger im ländlichen Raum
- 60 – 200 m³/m: Fernversorger, häufig mit größeren Wasserabgaben zur Versorgung von Stadtregionen
- > 200 m³/m: Regionalversorger im städtischen Raum

Regression Zusammenf. für abh. Variable: spezifischer Gesamtaufwand korrigiert (Tabelle2)						
R= ,41862362 R ² = ,17524573 korr. R ² = ,10651621						
F(1,12)=2,5498 p<,13629 Stdf. der Schätzung: ,20194						
N=14	b*	Stdf. von b*	b	Stdf. von b	t(12)	p-Wert
Konstante			0,795138	0,083529	9,51932	0,000001
Metermengenwert (Kennzahl)	-0,418624	0,262163	-0,001303	0,000816	-1,59681	0,136292

- Für die Fernversorger kann kein signifikanter Einfluss des Metermengenwertes auf den Betriebsaufwand Netzbetrieb ermittelt werden. Insgesamt ist ein positiver, jedoch nicht starker Zusammenhang messbar. Dies kann mit der geringen Anzahl von N=15 begründet werden. Der Gesamtaufwand Netzbetrieb ist nicht erhoben worden und kann deshalb nicht untersucht werden.

⁹ Vgl. Mehlhorn, und Weiß (2009) sowie Löhner (2011).

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger
Vergleichsintervall
Maximale Höhendifferenz
 $\pm 75 \text{ m}$

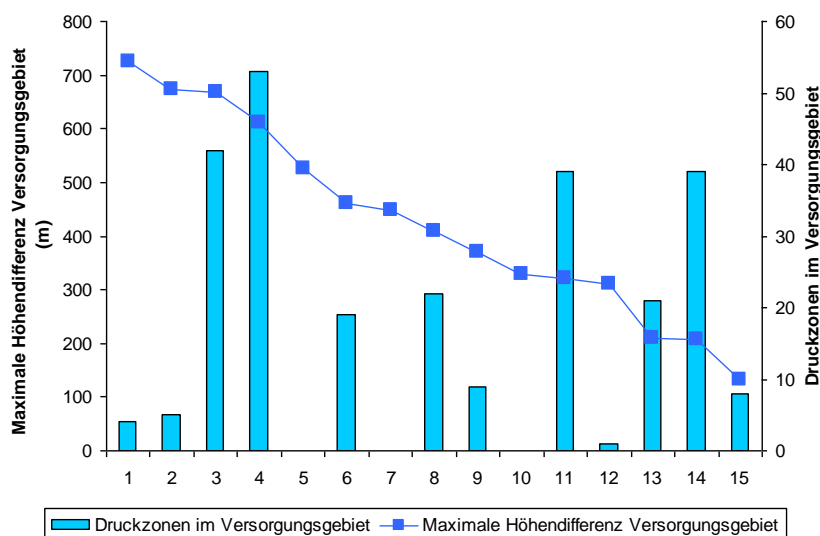
Maximale Differenz zwischen minimaler und maximaler Höhe im Versorgungsgebiet

Kurzbeschreibung

Die Höhendifferenz beschreibt die topografische Struktur zwischen Einspeisepunkt und Übergabepunkt und ist grundsätzlich ein bestimmendes Merkmal für die Energieintensität einer Fernversorgung. Es muss grundsätzlich nach der Höhenlage der Einspeisepunkte in Relation zum Versorgungsgebiet, unter Berücksichtigung der transportierten Menge, differenziert werden

Bewertung
Signifikanzklasse 2

Die Höhendifferenz im Versorgungsgebiet ist ein Haupteinflussfaktor auf den Energieeinsatz des WVU im Netzbetrieb. Je größere Höhendifferenzen in Relation zum Einspeisepunkt vorliegen, desto mehr Pumpenergie wird für die Aufrechterhaltung eines flächendeckenden, nach den a.a.R.d.T. (gemäß W400 1) vorgegebenen Versorgungsdrucks erforderlich. Eine anspruchsvolle Topografie mit großen Höhendifferenzen erfordert in vielen Fällen auch eine höhere Komplexität des Verteilungssystems, wodurch sich die Planungs-, Bau- und Betriebsaufwendungen (inkl. Wartung und Instandhaltung) erhöhen. Ein Einfluss der maximalen Höhendifferenz auf den Energie- und Betriebsaufwand im Netzbereich konnte nicht nachgewiesen werden.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der maximalen Höhendifferenz: 131-725m
- Die maximale Höhendifferenz steht in keinem signifikanten Zusammenhang zu den Druckzonen, den Betriebsaufwendungen sowie dem Energieaufwand Wassernetze.
- Es wird empfohlen, dieses Strukturmerkmal für Fernwasserversorgungsunternehmen als relevant einzustufen und dessen Datenabfrage in Folgeprojekten detaillierter zu gestalten, um eine entsprechende Validierung zu erreichen: Differenz zwischen dem Einspeisepunkt (EP) und maximaler (H_{max}) bzw. minimaler Höhe (H_{min}) des Versorgungsgebietes (m über NHN), entsprechend gilt für
 1. $H_{min} \leq EP \leq H_{max}$: $(H_{max} - EP) - (EP - H_{min})$
 2. $EP > H_{max}$: $H_{min} - EP$
 3. $EP < H_{min}$: $H_{max} - EP$
- Anmerkung: Liegen verschiedene Einspeisepunkte vor, ist zunächst jeder Einspeisepunkt zu berücksichtigen, die maximale Höhendifferenz ist abschließend durch eine Gewichtung gemäß der eingespeisten Wassermengen anzugeben. Als H_{max} bzw. H_{min} ist je der höchst- bzw. tiefstgelegene Betriebspunkt zu berücksichtigen, welcher von mindestens 90 % der geförderten Wassermenge durchströmt wird.

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger

Vergleichsintervall

Druckzonen

± 10

Anzahl der Druckzonen im Verteilungssystem (Einteilung und Versorgungsbedingungen entsprechend DVGW W 400-1)

Kurzbeschreibung

Die Anzahl der Druckzonen ist von der Topographie (geodätische Höhenunterschiede) sowie der Ausdehnung des Versorgungsgebietes abhängig (W400-1). Viele kleine Netzzonen sind aufwändiger im Versorgungsprozess in Bezug auf Inspektion, Wartung und Instandhaltung als wenige große Netzzonen.

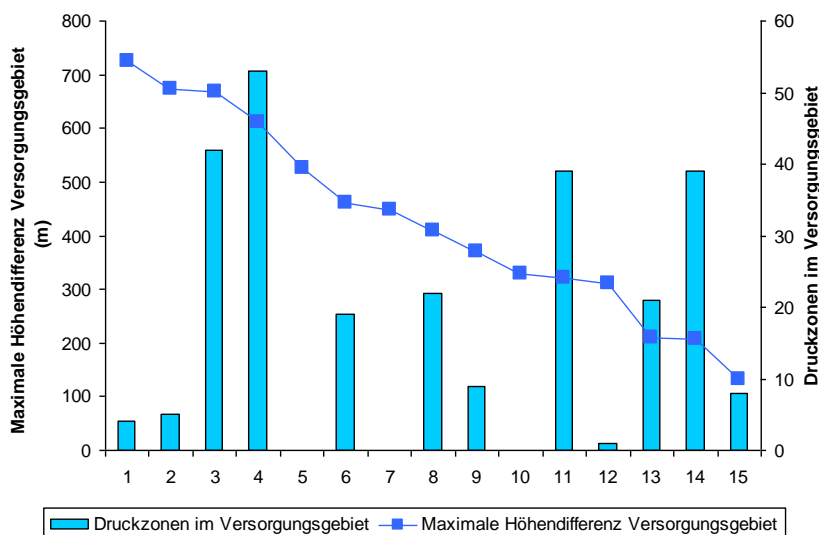
Bewertung

Signifikanzklasse 3

Die Anzahl der Druckzonen bei Fernversorgern wird wesentlich von der Betreiberaufgabe und weniger durch die Beherrschung des Druckniveaus bestimmt - im Unterschied zu den Direktversorgern. Druckzonen sind somit ein strukturelles Merkmal für die vertraglich geregelte Betreiberaufgabe.

Es besteht im Unterschied zu den Direktversorgern keine signifikante Korrelation zur maximalen Höhendifferenz, so dass beide Strukturmerkmale als relevant eingestuft werden.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite der Druckzonen bei 13 FV beträgt 0 - 53n

Korrelationen (Tabelle1)						
Markierte Korr. signifikant für p < ,05000						
N=11 (Fallweiser Ausschluss von MD)						
Variable	Druckzonen [n]	Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]	Maximale Höhendifferenz [m]	Betriebsaufwand Netz [EUR]	Energieaufwand Netz (Euro)
Druckzonen [n]	1,00	-0,42	-0,02	-0,33	0,06	-0,13
Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	-0,42	1,00	-0,18	0,24	0,61	0,49
Spezifischer Energieverbrauch Netzbetrieb [kWh / m³]	-0,02	-0,18	1,00	-0,33	-0,35	-0,02
Maximale Höhendifferenz [m]	-0,33	0,24	-0,33	1,00	0,54	0,30
Betriebsaufwand Netz [EUR]	0,06	0,61	-0,35	0,54	1,00	0,29
Energieaufwand Netz (Euro)	-0,13	0,49	-0,02	0,30	0,29	1,00

- Druckzonen korrelieren nicht erheblich mit der maximalen Höhendifferenz. Dies stellt einen Unterschied zu den Direktversorgern dar.
- Druckzonen liefern einen geringen Erklärungsbeitrag des Betriebsaufwandes Netzbetrieb und des Energieaufwandes. Die geringe Korrelation kann der sehr kleinen Samplegröße von N=11 geschuldet sein. Sie werden daher dennoch als Strukturmerkmal für Fernversorger vorgeschlagen.

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger

Bodenklassen

Anteil der Bodenklassen 2, 6 und 7 nach DIN 18300 im Versorgungsgebiet (auf 10 % gerundet), mit erhöhtem Aufwand für Tiefbauarbeiten (Bodenklasse 2: fließende Bodenarten; Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten; Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels)

Vergleichsintervall

± 50 %

Kurzbeschreibung

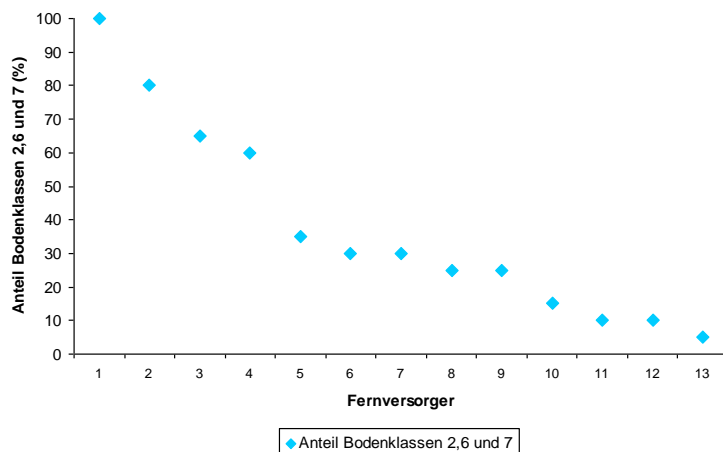
Für die Aufwendigkeit von Erdarbeiten jedweder Art werden die anstehenden Sedimente und Gesteine innerhalb des WVUs nach den oben genannten Bodenklassen eingeteilt. Instabile Böden (Klasse 2) und besonders harte Bodenklassen (6, 7) erhöhen die Tiefbaukosten der Leitungstrasse. Die Auswahl des Rohrleitungsmaterials und der Verlegungsart der Leitungen richten sich ebenfalls nach der Bodenart. Weiterhin kann eine höhere Anzahl von Leitungsschäden resultieren und zu einem vermehrten betrieblichen Aufwand führen.

Bewertung

Signifikanzklasse 2

Die Bodenklassenarten sind im Zusammenhang mit Tiefbauarbeiten für die ausgedehnten Leitungssysteme der Fernversorger ein bestimmendes Merkmal für den technischen Aufwand der Verlegung. Im Rahmen der Erhebung konnte kein Zusammenhang zwischen Baukosten und den Bodenklassen hergestellt werden. Dies liegt am kleinen Datenbestand (N=4, bzw. 9), überlagert von unterschiedlichen regionalen Baukostenniveaus.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- 4 FVU weisen einen Anteil von < 25%, 9 FVU einen Anteil von > 25% der Bodenklassen 2, 6, 7 auf.

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle2)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Bodenklassen < 25%	4	10,00	10,00	5,00	15,00	5,00	15,00	4,08
Bodenklassen < 25%: Einwohnerdichte	3	103,33	63,83	38,46	207,69	38,46	207,69	91,27
Bodenklassen < 25%: Mittlere Baukosten Verteilungsnetz =< DN300	4	192,50	217,50	0,00	335,00	0,00	335,00	142,27
Bodenklassen < 25%: Mittlere Baukosten Verteilungsnetz > DN300	4	448,75	397,50	0,00	1000,00	0,00	1000,00	412,76
Bodenklassen > 25%	9	50,00	35,00	25,00	100,00	25,00	100,00	27,39
Bodenklassen > 25%: Einwohnerdichte	9	293,21	261,94	121,72	615,38	121,72	615,38	157,95
Bodenklassen > 25%: Mittlere Baukosten Verteilungsnetz =< DN300	8	170,25	191,00	0,00	400,00	0,00	400,00	157,14
Bodenklassen > 25%: Mittlere Baukosten Verteilungsnetz > DN300	8	389,18	351,50	0,00	920,00	0,00	920,00	326,78

- Es wird kein Zusammenhang zwischen Bodenklassen und mittlere Baukosten Verteilungsnetz > DN300 sowie =< DN300 ermittelt.
- Der vermutete Zusammenhang kann aufgrund des sehr geringen Datensatzes nicht bestätigt werden, zudem wird eine Überlagerung von regionalen Preisniveaus vermutet sowie eine Störung in den städtischen Böden in ihrer Struktur.
- Der Einfluss der Bodenklassen sollte in weiterlaufenden Erhebungen bewertet werden, bevor abschließend zum Stellenwert des Strukturmerkmals Bodenklassen entschieden wird.

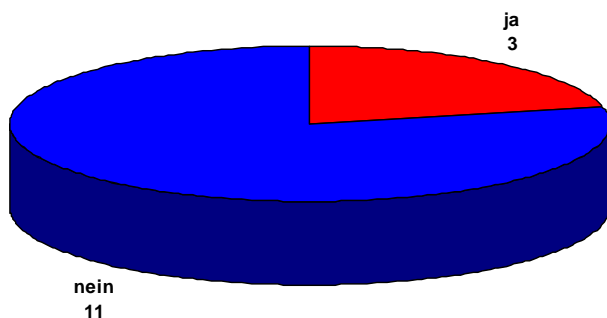
- Bodenklassen werden als Strukturmerkmal mit einem breiten Vergleichsintervall berücksichtigt.

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger Besondere Gefährdungen Besondere Gefährdungen für die Verteilungssysteme, bestehen z.B. aus Bergbausenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.	Vergleichsintervall ja / nein
---	---

Kurzbeschreibung
Besondere Gefährdungen wirken sich durch erhöhte Wartungs- und Instandhaltungserfordernisse und -aufwendungen aus. Je mehr Gefährdungen besonderer Art im Versorgungsgebiet vorliegen, umso mehr Aufgaben muss der Versorger nachkommen. Ggf. können die entstehenden Mehraufwendungen für das Wasserversorgungsunternehmen durch externe Finanzierungen von Maßnahmen bzw. Entschädigungen (z.B. Erstattung durch Bergbauunternehmen) kompensiert werden.

Bewertung **Signifikanzklasse 1**
Bei nur 3 von 14 FVU liegen besondere Gefährdungen im Versorgungsgebiet vor, deren Auswirkungen sich aus dem erhobenen Datenbestand nicht quantifizieren lassen. Aufgrund des erheblichen Anteils an betroffenen Unternehmen sollten besondere Gefährdungen als Strukturmerkmal beibehalten und mit besserer Datengrundlage näher untersucht werden.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite: bei 3 FV liegen besondere Gefährdungen vor.

Gruppe1 - Gruppe2	t-Test für unabh. Stichproben (Tabelle1) Hinweis: Variablen sind unabhängige Stichproben										
	Mittelw. Gruppe1	Mittelw. Gruppe2	t-Wert	FG	p	Gült. N Gruppe1	Gült. N Gruppe2	Stdabw. Gruppe1	Stdabw. Gruppe2	F-Quot. Varianzen	p Varianzen
Besondere Gefährdungen: Betriebsaufwand Netzbetrieb vs. Keine Besondere Gefährdungen: Betriebsaufwand Netzbetrieb	4937,798	7056,200	-0,652189	11	0,527672	3	10	3512,517	5197,680	2,189688	0,705432

- Besondere Gefährdungen weisen keine signifikanten Unterschiede in den Mittel- und Medianwerten der Betriebsaufwendungen im Netzbereich auf.
- Da ein Einfluss des Strukturmerkmals vermutet wird, dieser aber aufgrund des zu geringen Datensamples sich als nicht signifikant erweist, wird das Strukturmerkmal Besondere Gefährdungen in die Signifikanzklasse 1 eingestuft.

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger
Vergleichsintervall
Bevölkerungsänderung
 $\pm 2,5 \%$

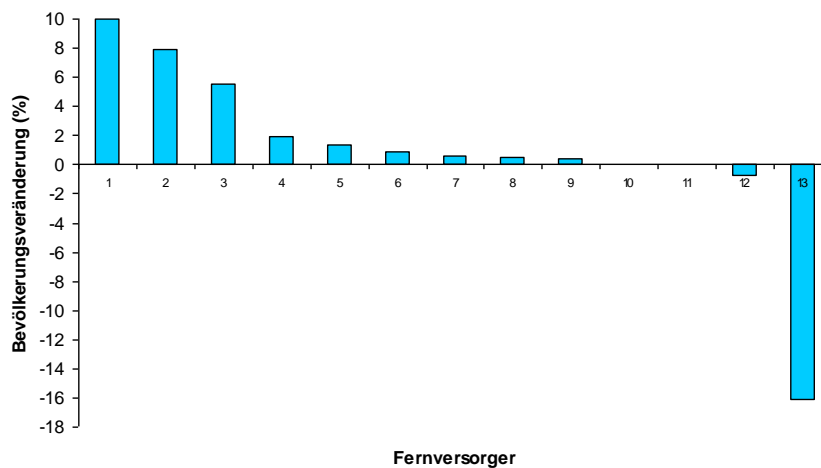
Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet (statistische Daten über einen 20 Jahreszeitraum): Einwohneränderung (Zu- bzw. Abnahme) im Versorgungsgebiet in den vergangenen 20 Jahren / Einwohneranzahl im laufenden Jahr [%].

Kurzbeschreibung

Fällt die Veränderung der im Versorgungsgebiet lebenden Bevölkerung überdurchschnittlich hoch oder niedrig im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aus, ist davon auszugehen, dass der betroffene Versorger überproportional stark durch eine sich verändernde Wassernachfrage betroffen ist und entsprechende Maßnahmen (z.B. intensivere Instandhaltung, (Re-) Investitionen etc.) entwickeln und umsetzen muss. Dies kann auch die Wasserbeschaffenheit im Verteilungsnetz negativ beeinflussen (z.B. durch längere Stagnationszeiten).

Bewertung
Signifikanzklasse 2

Aufgrund der großen Bandbreite und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird die Bevölkerungsentwicklung als relevantes Strukturmerkmal angesehen.

Auswertung der Datenerhebung

Ausprägung im Datensample

- Hohe Bandbreite der Bevölkerungsänderung

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
Bevölkerungsänderung [%]	13	0,94	0,60	-16,06	10,00	-0,70	7,90	6,10
Betriebsaufwand Netzbetrieb [EUR/ km]	14	8092,42	5286,35	881,94	27918,53	2641,51	16353,83	7345,77

- Der Einfluss des Strukturmerkmals auf den Betriebsaufwand ist im Datensample nicht messbar (Korrelation beträgt lediglich $r = -0,06^{n-s}$)
- Vermutet, aber aufgrund fehlender Daten nicht nachgewiesen werden, kann der Einfluss auf die vorhandene Infrastruktur und den Kapitalaufwand der FVU.
- Aufgrund der nachgewiesenen großen Bandbreite und der erheblichen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird die Bevölkerungsänderung in die Signifikanzklasse 2 eingestuft.

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger	Vergleichsintervall
Täglicher Spitzenfaktor	$\pm 0,1$
Spizentagesbedarf bezogen auf die mittlere Rohrnetzeinspeisung	

Kurzbeschreibung

Der tägliche Spitzenfaktor hängt von der Abnehmerstruktur eines Versorgungsgebiets ab. Je höher der Spitzenfaktor eines Wasserversorgungsunternehmens ausfällt, desto höhere Reservekapazitäten muss das WVU vorhalten, um eine Trinkwasserversorgung gewährleisten zu können, sofern kein Ausgleich eines Tagesspitzenbedarfs über einen Leitungsverbund erfolgen kann. Neben dem Bereich der Wasser- verteilung ist der tägliche Spitzenfaktor ebenfalls bei der Planung von Leitungen sowie Anlagen der Was- sergewinnung und -aufbereitung zu berücksichtigen.

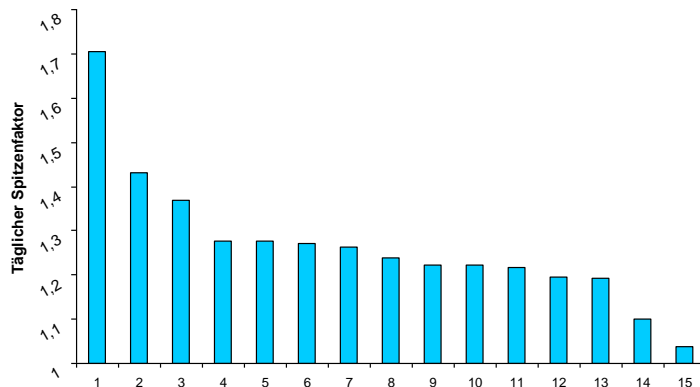
Bewertung

Signifikanzklasse 2

Der Spitzenfaktor für den Tagesbedarf ist eine wichtige Planungsgröße für die Kapazität des Gesamtsystems (Anlagen, Leitungsdimensionen, Speichervolumen). Während Stundenspitzen über Behälter ausgeglichen werden können, muss die Kapazität des Gesamtsystems und die Dimension von Zubringer- und Hauptleitungen auf die Tagesspitzen ausgelegt werden.

Der tägliche Spitzenfaktor wurde während des Projektes als Strukturmerkmal neu aufgenommen und validiert.

Auswertung der Datenerhebung



Ausprägung im Datensample

- Bandbreite des täglichen Spitzenfaktors: 1,13-1,57

Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle19)							
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.
1. Gruppe: Täglicher Spitzenfaktor	7	1,28	1,22	1,10	1,71	1,10	1,71	0,20
2. Gruppe: Täglicher Spitzenfaktor	7	1,25	1,24	1,04	1,43	1,04	1,43	0,13
3. Gruppe: Täglicher Spitzenfaktor	1	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	
Täglicher Spitzenfaktor	15	1,27	1,24	1,04	1,71	1,10	1,43	0,15

- Die täglichen Spitzenfaktoren sind in Anlehnung der Sortierung in Abhängigkeit des Metermengen- werts getrennt aufgeführt. Sie weisen keine erheblichen Unterschiede nach der 1. Sortierungsstufe auf.
- Dennoch ist eine erhebliche Spreizung im Datensample vorzufinden 1,04 – 1,71.
- Die täglichen Spitzenfaktoren stehen in keinem Zusammenhang zur Behälterkapazität – weder bei allen FV noch in den Gruppen 1 – 2.
- Die täglichen Spitzenfaktoren korrelieren nicht mit dem Betriebsaufwand Netzbetrieb – weder bei allen FV noch in den Gruppen 1 – 2 (Ergebnisse nicht dargestellt).
- Obwohl kein signifikanter Nachweis des Strukturmerkmals täglicher Spitzenfaktor - weder positiv noch negativ - auf den Betriebsaufwand im Netzbetrieb ermittelt werden kann, wird der tägliche Spitzenfaktor als Strukturmerkmal belassen (in Signifikanzklasse 2).

4.3.7 Gestrichene Strukturmerkmale Wassernetze Fernversorgung

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Validierung der Strukturmerkmale auf der Basis der Datenerhebung vorgestellt. Folgende Strukturmerkmale wurden als relevant zum Einsatz im Vergleichsverfahren ausgewählt:

- Art des Siedlungsraumes
- Sondervertragskunden

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger Art der Siedlungsraumes - Großstadtregion, städtischer Raum, ländlicher Raum	Vergleichsintervall k.A.
Kurzbeschreibung Das Strukturmerkmal Art des Siedlungsraums ist für Fernversorger nicht relevant, da diese in der Regel keine Endkundenversorgung betreiben bzw. über kein eigenes Verteilungsnetz verfügen. Das Leitungsnetz von Fernversorgern besteht überwiegend aus Zubringerleitungen, die zum Teil über größere Entfernungen Trinkwasser zu den Übergabestellen der Weiterverteilerkunden befördern.	
Bewertung Eine Darstellung der Bewertung erscheint vor dem Hintergrund der Irrelevanz für nicht sinnvoll.	Signifikanzklasse 0

Strukturmerkmal Wassernetze Fernversorger Abgabe an Sondervertragskunden Jährliche Abgabe an Sondervertragskunden in Relation zur gesamten Trinkwasserabgabe	Vergleichsintervall k.A.																										
Kurzbeschreibung <p>Die Versorgung von Sondervertragskunden (i.d.R. Gewerbe- und Industriekunden) ist weniger aufwändig als die Versorgung von Haushaltskunden. Gründe hierfür sind, dass im Durchschnitt größere Wassermengen von Gewerbe/Industrie über wenige Anschlussleitungen abgenommen werden. Damit reduzieren sich Betrieb- und Instandhaltungskosten, Kosten für Zählerablesungen, Rechnungsstellung etc.</p> <p>Das vorliegende Strukturmerkmal ist für Fernwasserversorger nicht relevant, da diese bis auf wenige Ausnahmen keine Sondervertragskunden, sondern nur Weiterverteilerkunden beliefern. Darüber hinaus ist eine Unterscheidung in Weiterverteil- und Sondervertragskunden nicht zwingend erforderlich, da in beiden Fällen (im Vergleich zur Abgabe an Tarifkunden) größere Wassermengen je Anschlussleitung bzw. Übergabestelle abgegeben werden.</p>																											
Bewertung Bei 15 FV liegen Angaben zur Wasserabgabe an Sondervertragskunden vor. Allerdings weisen nur 3 FV Sondervertragskunden auf. Aufgrund einer geringen Bandbreite und damit keinen gegebenen Auswirkungen auf die Effizienz des Netzbetriebs wird der Abgabeanteil an Sondervertragskunden als Strukturmerkmal nicht weiter beachtet.	Signifikanzklasse 0																										
Auswertung der Datenerhebung Ausprägung im Datensample <ul style="list-style-type: none"> Bandbreite der Wasserabgabe an Sondervertragskunden: 0-1,71 % <table border="1" data-bbox="188 1025 1402 1137"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Variable</th> <th colspan="8">Deskriptive Statistik (Tabelle1)</th> </tr> <tr> <th>Gült. N</th> <th>Mittelw.</th> <th>Median</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> <th>Perzentil 10,00000</th> <th>Perzentil 90,00000</th> <th>Stdabw.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abgabe an Sondervertragskunden [%]</td> <td>15</td> <td>0,21</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>1,71</td> <td>0,00</td> <td>1,37</td> <td>0,55</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> Eine Auswertung auf den Einfluss der mittleren Betriebsaufwendungen im Netzbereich ist aufgrund der geringen Fallzahl nicht möglich. Sondervertragskunden stellen – im Unterschied zu den Direktversorgern – für einen Fernversorger keine besondere Kundengruppe dar. Deshalb kann das Strukturmerkmal entfallen. 		Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)								Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.	Abgabe an Sondervertragskunden [%]	15	0,21	0,00	0,00	1,71	0,00	1,37	0,55
Variable	Deskriptive Statistik (Tabelle1)																										
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Perzentil 10,00000	Perzentil 90,00000	Stdabw.																			
Abgabe an Sondervertragskunden [%]	15	0,21	0,00	0,00	1,71	0,00	1,37	0,55																			

4.4 Strukturmerkmale der Wasserversorgung (Projektergebnis)

Auf nachfolgenden Tabellen wird das Projektergebnis der Hauptprozesse Wasserproduktion und Wassernetze zusammengestellt. So enthalten die Spalten der der folgenden Gesamtübersicht in Tabelle 10, Tabelle 11 und

Tabelle 12 folgende Informationen: die relevanten Strukturmerkmale eines Hauptprozesses, Merkmalsausprägung, empfohlenen Vergleichsintervalle, ermittelte Signifikanzklasse entsprechend der Definition im Abschnitt 4.3. Darüber hinaus sind weitere Quellen und Studien ausgewertet worden, in denen das jeweilige Strukturmerkmal verwendet bzw. bewertet wurde. Wenn diese verfügbar war, ist sie in der rechten Spalte aufgeführt.

Tabelle 10 Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wasserproduktion

Merkmalkategorien im Bereich „Wasserproduktion“				
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Vergleichsintervall	Signifikanzklasse	Verwendung u.a. in ...
1. Geologie/Hydrologie				
Art der Ressource (%) (auch Sortierungsmerkmal 1. Stufe)	Oberflächenwasser Oberflächennahes Grundwasser Tiefengrundwasser	± 33 %	3	Wasserherkunft (BDEW) Ressourcenherkunft und Qualität (VKU)
Rohwasserverfügbarkeit am Standort (%)	Lokale Verfügbarkeit der Rohwasserressourcen	± 25 %	3	Wasserbezug, Eigenförderung (KartA) Wasserverfügbarkeit/Fremdbezug, Grundwasserdargebot (VKU) Grundwasserdargebot, Fremdbezug (BDEW)
2. Gefährdungen im Einzugsgebiet				
Gefährdung der Ressource (Index von 0 – 3) (jeweils: ja = 1, nein = 0)	Gefährdung durch Land- und Forstwirtschaft (j/n) Gefährdung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie (j/n) Geogene Gefährdungen o. besondere Belastungen (j/n)	± 1	3	
Belastung der Ressource (Index von 0 – 3) (jeweils: ja = 1, nein = 0)	Parameter gemäß TrinkwV 2011, die mit Grenzwerten belegt sind (ohne Indikatorparameter) (j/n) Besondere Parameter (Minimierungsgebot) (j/n) Steigende Trends (j/n)	± 1	3	
3. Wassergüte (Rohwasser)				
Grad der Aufbereitung (%)	Keine Aufbereitung Konventionelle Aufbereitung Weitergehende Aufbereitung	± 25 %	4	Rohwasserqualität (BDEW) Ressourcenherkunft und Qualität (VKU)
4. Standortspezifische Bedingungen				
Entnahmekapazität (m³/Bauwerk/h)	Durchschnittliche Entnahmekapazität für oberflächenna- hes Grundwasser und Tiefengrundwasser	± 40 m³/Bauwerk/h	4	Grundwasserdargebot (BDEW) Förderbedingungen (VKU)
	Durchschnittliche Entnahmekapazität für Oberflächen- wasser	± 1000 m³/Bauwerk/h	4	
Förderhöhe Rohwasser- transport (m)	Manometrische Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwas- sertransport	± 50 m	4	Grundwasserdargebot (BDEW) Förderbedingungen (VKU)
Leitungslänge Rohwasser- transport (km)	Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen	± 20 km	3	Grundwasserdargebot (BDEW)

Signifikanzklassen (Werte 1 – 5)

1 Vermuteter Einfluss des Strukturmerkmals ohne weiteren Nachweis, 2 Vermuteter Einfluss, aus Sekundärquellen ableitbar, aber nicht quantitativ belegt, 3 Belegbarer Zusammenhang, statistisch aber nicht signifikant, 4 Statistisch signifikante Aussage, eingeschränkt wegen nicht ausreichender Samplegröße, 5 Statistisch signifikante Aussage zum Einfluss des Strukturmerkmals als Kostentreiber

Tabelle 11 Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wassernetze Direktversorger

Merkmalkategorien im Bereich „Wassernetze“				
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Vergleichsintervall	Signifikanzklasse	Verwendung u.a. in ...
5. Topographie und Versorgungsgebiet				
Druckzonen im Versorgungssystem (Anzahl)	Anzahl Druckzonen	± 10	1	Druckzonen (KartA) Topographische Bedingungen (VKU)
Bodenklassen (%)	Bodenklassen für Tiefbauarbeiten	± 50 %	2	Bodenverhältnisse (VKU), Geologie (BDEW)
Art des Siedlungsraums (nur Sortierungsmerkmal 1. Stufe)	Großstadtregion Vers. Bevölk. > 100.000 u. Vers.dichte ≥ 900 EW/km ² Städtischer Raum Vers.dichte ≥ 150 EW/km ² Ländlicher Raum Vers.dichte < 150 EW/km ²		3	Urbanität, Siedlungsdichte (BDEW) Urbanität, Siedlungsdichte (VKU)
Besondere Gefährdungen (ja/nein)	Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme aus Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.		1	
6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp				
Bevölkerungsänderung (%/a)	Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre	± 2,5 %	2	Demografische Entwicklung (VKU)
Abgabe an Sondervertragskunden (%)	Anteil der Wasserabgabe in Form von Direktversorgung an Sondervertragskunden	± 10 %	2	Nutzbare Wasserabgabe Industrie, Weiterverteiler (KartA)
Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch (l/EW/d)	Durchschnittlicher spezifischer Wasserverbrauch für Haushalts- und Kleingewerbe je Einwohner und Tag	± 20 l/EW/d	2	Nutzbare Wasserabgabe Haushalte (KartA), Rückläufiger Wasserabsatz (VKU)
Metermengenwert (m ³ /m)	Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)	± 10 m ³ /m	4	Versorgungsdichte (KartA, VKU)
Hausanschlussdichte (HA/km ²)	Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Größe des Versorgungsgebiets	± 50 HA/ km ²	4	Abnehmerdichte (KartA): Abgabe/HA Abnehmerdichte (VKU)
Täglicher Spitzenfaktor absolut (-)	Maximaler Spitzentagesbedarf der letzten 10 Jahre in Relation zur Jahresnetzeinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)	± 0,15	2	Spitzenfaktor (KartA) Abnehmerstruktur (BDEW)

Signifikanzklassen (Werte 1 – 5)

1 Vermuteter Einfluss des Strukturmerkmals ohne weiteren Nachweis, 2 Vermuteter Einfluss, aus Sekundärquellen ableitbar, aber nicht quantitativ belegt, 3 Belegbarer Zusammenhang, statistisch aber nicht signifikant, 4 Statistisch signifikante Aussage, eingeschränkt wegen nicht ausreichender Samplegröße, 5 Statistisch signifikante Aussage zum Einfluss des Strukturmerkmals als Kostentreiber

Tabelle 12 Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wassernetze Fernversorger

Merkmalkategorien im Bereich „Wassernetze“				
Strukturmerkmal	Merkmalsausprägung	Vergleichsintervall	Signifikanzklasse	Verwendung u.a. in ...
5. Topographie und Versorgungsgebiet				
Maximale Höhendifferenz (m)	Maximale Höhendifferenz in Relation zum Einspeisepunkt	± 75 m	2	Höhendifferenz (KartA) Topographische Bedingungen (VKU) Topografie (BDEW)
Druckzonen im Versorgungssystem (Anzahl)	Anzahl Druckzonen	± 10	2	Druckzonen (KartA) Topographische Bedingungen (VKU)
Bodenklassen (%)	Bodenklassen für Tiefbauarbeiten	± 50 %	2	Bodenverhältnisse (VKU) Geologie (BDEW)
Besondere Gefährdungen (ja/nein)	Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme aus Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.	ja / nein	1	
6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp				
Bevölkerungsänderung (%/a)	Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre	± 2,5 %	2	Demografische Entwicklung (VKU)
Metermengenwert (m ³ /m) (auch Sortierungsmerkmal 1. Stufe)	Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)	1. Sortierungsstufe: < 60 m ³ /m/a; 60 – 200 m ³ /m/a; > 200 m ³ /m/a; 2. Sortierungsstufe: ± 50 m ³ /m/a	3	Versorgungsdichte (KartA, VKU)
Täglicher Spitzenfaktor absolut (-)	Maximaler Spitzentagesbedarf der letzten 10 Jahre in Relation zur Jahresnetzeinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)	± 0,1	2	Spitzenfaktor (KartA) Abnehmerstruktur (BDEW)

Signifikanzklassen (Werte 1 – 5)

1 Vermuteter Einfluss des Strukturmerkmals ohne weiteren Nachweis, 2 Vermuteter Einfluss, aus Sekundärquellen ableitbar, aber nicht quantitativ belegt, 3 Belegbarer Zusammenhang, statistisch aber nicht signifikant, 4 Statistisch signifikante Aussage, eingeschränkt wegen nicht ausreichender Samplegröße, 5 Statistisch signifikante Aussage zum Einfluss des Strukturmerkmals als Kostentreiber

5 Verfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit

In Abschnitt 2.2 wurde das zweistufige Verfahren zur Ermittlung der relativen Vergleichbarkeit ausführlich vorgestellt. Im Folgenden soll nun das Ergebnis der Anwendung des Verfahrens präsentiert werden, für das die Daten der 45 Wasserversorgungsunternehmen herangezogen wurden, die sich an der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Datenerhebung beteiligt haben. Im Rahmen der Anwendung wurde für jedes der Unternehmen, jeweils gesondert für beide Hauptprozesse, die Anzahl der geeigneten Vergleichspartner bestimmt.

5.1 Hauptprozess Wasserproduktion

Im Hauptprozess Wasserproduktion standen Daten von insgesamt 37 Wasserversorgungsunternehmen zur Verfügung. Acht Versorger verfügen über keine eigenen Rohwasserressourcen und konnten daher nicht berücksichtigt werden. Zunächst wurde die erste Stufe des Vergleichsverfahrens durchlaufen, bei der nach der überwiegenden Art der Rohwasserressource (oberhalb 50%) differenziert wird, so dass für die Anwendung der zweiten Stufe drei unterschiedliche Vergleichsgruppen (Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser, Tiefengrundwasser) zur Verfügung stehen. Im nächsten Schritt wurde nun für jedes Unternehmen anhand der jeweiligen Ausprägung der definierten Strukturmerkmale ein Abgleich mit jedem der übrigen in derselben Vergleichsgruppe vertretenen Versorger durchgeführt. Im Falle, dass nur Grund- oder nur Oberflächenwasser für die Wasserproduktion verwendet wird, waren dies für den Hauptprozess Wasserproduktion acht abzugleichende Strukturmerkmale. Liegt hingegen eine Kombination aus beiden vor, konnten neun Strukturmerkmale für den Vergleich verwendet werden.

Als Grenze für die Vergleichbarkeit wurde ein Schwellenwert von mindestens 75% festgesetzt. Zwei Versorger gelten damit innerhalb der Wasserproduktion als vergleichbar, wenn sie eine relative Vergleichbarkeit von mindestens 75% besitzen, also bei mindestens sechs von acht Strukturmerkmalen die Werte innerhalb des zulässigen Vergleichsintervalls liegen. Zusätzlich wurde das Vergleichsverfahren mit einem Schwellenwert bei mindestens 60% angewendet.

In der Abbildung 25 ist für den Hauptprozess Wasserproduktion das Ergebnis des Vergleichsverfahrens dargestellt. Auf der Abszissenachse ist die Anzahl der Vergleichspartner abgetragen, hier gab es Ergebnisse von null bis zehn. Auf der Ordinate wird angezeigt, für wie viele Wasserversorger eine bestimmte Anzahl an Vergleichspartnern ermittelt wurde, jeweils für die Schwelle bei mindestens (\geq) 60% (dunkelblau) und mindestens (\geq) 75% (hellblau).

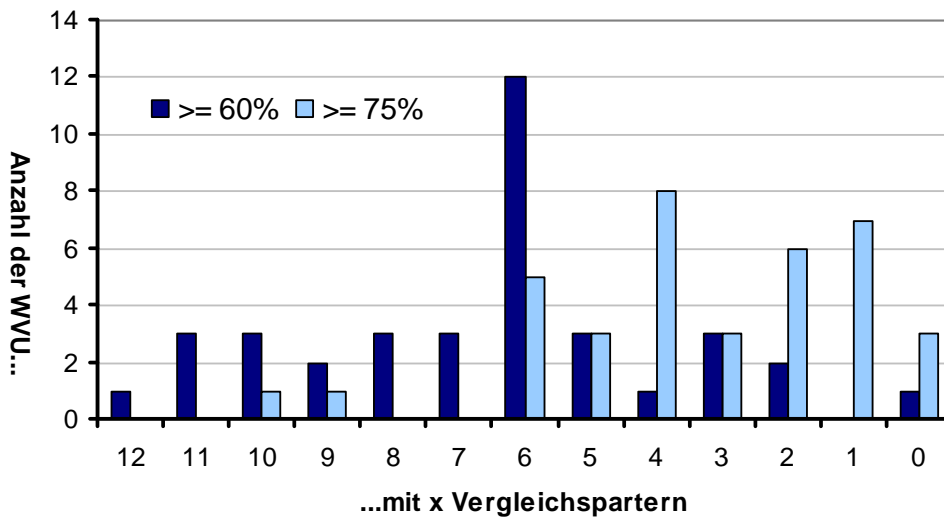


Abbildung 25 Ergebnis Vergleichsverfahren Trinkwasserproduktion

Es ist zu erkennen, dass bei der Schwelle $\geq 60\%$ - mit einer Ausnahme - sich für jeden Versorger innerhalb der eigenen Vergleichsgruppe Vergleichspartner finden. Analysiert man das Fehlen von Vergleichspartnern bei dem betroffenen Unternehmen, zeigt sich recht deutlich der Grund dafür: Es finden sich keine geeigneten Vergleichspartner, da bei drei Strukturmerkmalen Ausprägungen im oberen Bereich des gesamten Datenpools erreicht wurden. Für das Wasserversorgungsunternehmen, für das bei der Schwelle von $\geq 75\%$ die Anzahl von zehn Vergleichspartnern ermittelt wurde, fehlten mehrere Angaben, so dass nicht alle Strukturmerkmale für das Vergleichsverfahren berücksichtigt werden konnten und das Ergebnis nur eingeschränkt zu bewerten ist.

Insgesamt ergibt die Anwendung des Vergleichsverfahrens für den Hauptprozess Wasserproduktion jedoch eine ansprechende Anzahl von vergleichbaren Unternehmen. Bei Setzen der Schwelle bei mindestens 75% sind es im Mittel 3,2 Vergleichspartner (ohne Berücksichtigung des Unternehmens mit 10 Vergleichspartnern). Bei einem niedrigeren Schwellenwert ($\geq 60\%$) sind es im Mittel 6,5 Vergleichspartner je Versorger.

5.2 Hauptprozess Wassernetze (Direktversorger)

Für den Hauptprozess Wassernetze wurde zunächst eine Trennung der 45 Unternehmen des Datenpools nach der Versorgungsart in Direkt- und der Fernversorger vorgenommen. Die 30 Direktversorgungsunternehmen wurden anschließend der ersten Sortierstufe unterzogen und nach der Art des Siedlungsraums in drei nicht untereinander vergleichbare Gruppen aufgeteilt (Großstadtreion, städtischer Raum, ländlicher Raum). Für das Kriterium der Vergleichbarkeit wurde ebenso wie beim Hauptprozess Wasserproduktion ein Schwellenwert von $\geq 75\%$ gesetzt. Bei neun zur Verwendung kommenden Strukturmerkmalen muss in diesem Fall bei mindestens sieben Strukturmerkmalen eine Übereinstimmung im Rahmen des festgelegten Vergleichsintervalls vorliegen. Beim ebenfalls dargestellten, abgeschwächten Schwellenwert von $\geq 60\%$ muss lediglich eine Übereinstimmung bei mindestens sechs Strukturmerkmalen vorhanden sein.

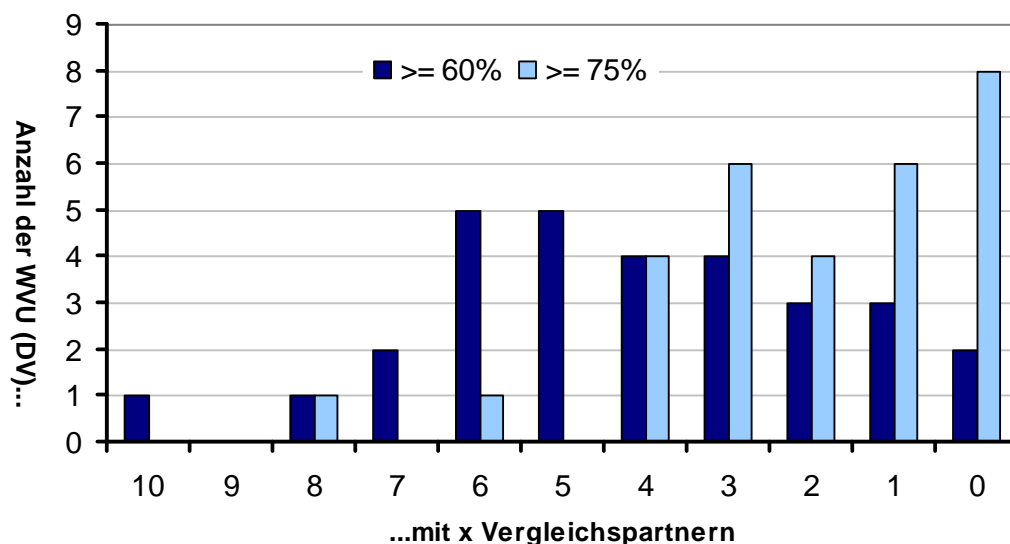


Abbildung 26 Ergebnis Vergleichsverfahren Wassernetze Direktversorger

Die Abbildung 26 zeigt das Ergebnis des Vergleichsverfahrens. Lediglich für zwei Wasserversorger wurde beim Schwellenwert $\geq 60\%$ kein Vergleichspartner gefunden, was durch Extremausprägungen bei mehreren Strukturmerkmalen erklärbar ist. Bei einem Versorger mit nur einem ermittelten Vergleichspartner $\geq 60\%$ lässt sich feststellen, dass er bei der ersten Sortierungsstufe knapp an der Grenze zur nächsten Gruppe liegt, in welcher sich wiederum drei sehr ähnlich ausgeprägte Vergleichspartner befinden. Es zeigt sich daher, dass es sinnvoll sein kann, in begründeten Einzelfällen in der benachbarten Gruppe nach Vergleichspartnern zu suchen, sofern dies aus fachlichen Gründen vertretbar erscheint. Für die

übrigen Direktversorger zeigt sich für den Hauptprozess Wassernetze eine ansprechende Anzahl von Vergleichspartnern. Im Mittel hat jedes im Datenpool vertretene Unternehmen bei einem Schwellenwert $\geq 75\%$ 2,1 Vergleichspartner, bei einem Schwellenwert $\geq 60\%$ sogar 4,1.

5.3 Hauptprozess Wassernetze (Fernversorger)

Für die Anwendung des Vergleichsverfahrens für den Hauptprozess Wassernetze Fernversorger lagen Daten von insgesamt 15 Unternehmen vor. Die Aufteilung in drei Gruppen im Rahmen der ersten Sortierstufe erfolgte nach dem Merkmal Metermengenwert ($MMW \leq 60 \text{ m}^3/\text{m}$; $60 < MMW < 200 \text{ m}^3/\text{m}$, $MMW \geq 200 \text{ m}^3/\text{m}$). Das Strukturmerkmal Höhendifferenz wurde aufgrund von enthaltenen Unschärfen zunächst aus dem Vergleichsverfahren herausgenommen. Eine Neudefinition ist bereits erfolgt (siehe 4.3.6), entsprechende Daten zur Verifikation konnten jedoch nicht erhoben werden. Somit standen für die Anwendung des Vergleichsverfahrens sieben Strukturmerkmale zur Verfügung. Bei den für die Fernversorger ebenfalls gesetzten Schwellenwerten von $\geq 75\%$ und $\geq 60\%$ setzt dies für das Vorhandensein von Vergleichbarkeit voraus, dass mindestens sechs (bzw. fünf) der sieben Merkmale im Rahmen des definierten Intervalls übereinstimmen müssen.

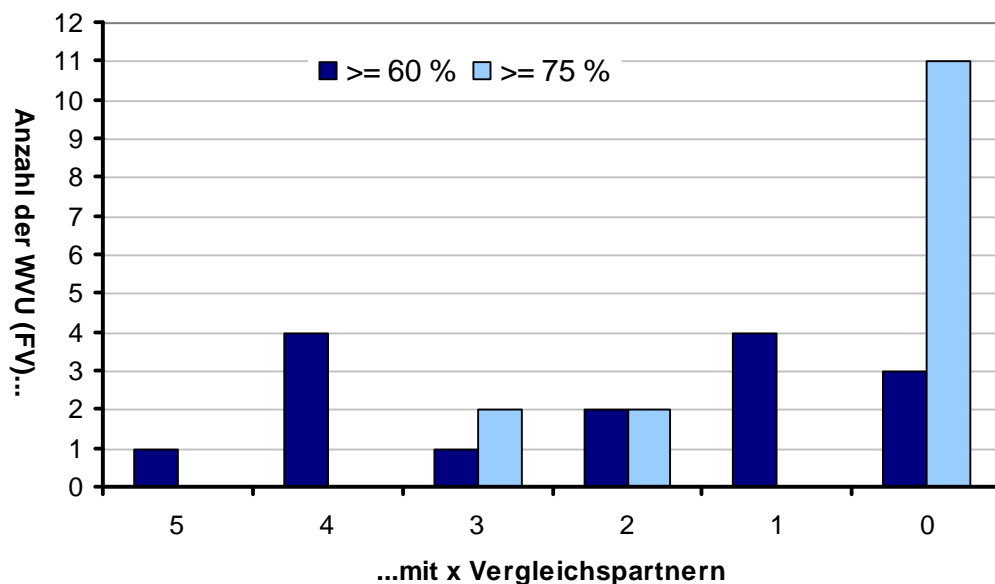


Abbildung 27 Ergebnis Vergleichsverfahren Wassernetze Fernversorger

Die Abbildung 27 zeigt das Ergebnis nach Durchlaufen der zwei Sortierstufen. Für vier der Fernversorger finden sich beim Schwellenwert $\geq 75\%$ drei bzw. zwei geeignete Vergleichspartner. Für die übrigen elf konnten keine vergleichbaren Unternehmen ermittelt werden.

Wird die Schwelle auf $\geq 60\%$ herabgesetzt, können bis auf drei Ausnahmen für alle Fernversorger zwischen einem und fünf Vergleichspartner identifiziert werden. Für den Hauptprozess Wassernetze der Fernwasserversorger erweist sich die geringe Anzahl von zur Verfügung stehenden Datensätzen beim Auffinden von vergleichbaren Unternehmen als erschwerend. So befindet sich in der Gruppe „Metermengenwert $>200 \text{ m}^3/\text{m}^2$ “ lediglich ein Unternehmen, daher konnte hier kein Vergleichspartner gefunden werden. Dabei sei aber unterstrichen, dass sich die Versorgungssituation dieses Unternehmens objektiv von denen der anderen Fernversorger unterscheidet. Das Ergebnis dieses Vergleichsverfahrens bestätigt diese Sondersituation im Datensample. Bei den beiden anderen Fernversorgern ohne identifizierten Vergleichspartner lagen einzelne Strukturmerkmale bezüglich ihrer Ausprägung wiederum in Randbereichen. Für einen der beiden Fernversorger fände sich ein Vergleichspartner in der benachbarten Gruppe nach der ersten Sortierungsstufe.

5.4 Bewertung des Vergleichsverfahrens

Es lässt sich für beide Prozessstufen festhalten, dass die jeweiligen strukturellen Besonderheiten im spezifizierten Vergleichsverfahren gut abgebildet werden. Durch die Verwendung der ausgewählten Strukturmerkmale mit den dazugehörigen Intervallen konnte für den Großteil der im Datenpool vertretenen Wasserversorger für beide Prozessstufen strukturell vergleichbare Wasserversorger gefunden werden.

Nur eingeschränkt nachvollziehbar ist bislang der Bezug zu den Aufwands- und Leistungskriterien. Auf Basis der vorhandenen Datenbasis sind die Unterschiede hier nur zum Teil erklärbar. Um den Einfluss einzelner Strukturmerkmale auf die Aufwands- und Leistungskriterien genauer zu quantifizieren, wird ein größerer Datenpool benötigt. Zur vollständigen Bewertung der Aufwandskriterien fehlen zudem Informationen über den Kapital- bzw. den Gesamtaufwand der Hauptprozesse sowie die Aktivierungspraxis der Unternehmen. Auch wird der Gesamtaufwand auf Unternehmensebene durch den technischen Overhead (z.B. Leitwarte, Werkstatt, Fuhrpark usw.) beeinflusst.

Durch eine Ausweitung bzw. Vergrößerung des Datenpools könnte auch die Gewichtung der einzelnen Strukturmerkmale vorangebracht werden. Weiterhin bestände durch einen größeren Datenbestand die Option zur Verfeinerung der Vergleichpartnersuche, indem der Schwellenwert zur Vergleichbarkeit erhöht (aktuell $\geq 75\%$) werden könnte. Für weitere Datenerhebungen wäre teilweise die Neudefinition von Strukturmerkmalen, wie etwa bei Höhendifferenz bei den Fernversorgern erfolgt, zur Verringerung von Unschärfen anzuwenden.

6 Entwicklungsstand und weiterer Untersuchungsbedarf

6.1 Entwicklungsstand der Strukturmerkmale

Die definierten Strukturmerkmale der Wasserversorgung wurden im Rahmen des Vorhabens konkretisiert, mit verbesserten Definitionen und der Fokussierung auf 17 relevante Merkmale¹⁰. Dabei konnten anhand der Ergebnisse der Datenerhebung weniger wichtige Merkmale aussortiert werden, die redundante Informationen enthalten (z.B. Druckzonen und Höhendifferenzen in den Wassernetzen der Direktversorger).

Wesentliche Rahmenbedingungen der Vergleichbarkeit in den Hauptprozessen Wasserproduktion und Wassernetze konnten in den Strukturmerkmalen abgebildet werden. Im Hauptprozess Wassernetze für Fernversorger sind noch einzelne methodische Entwicklungen erforderlich. Die fachliche Einordnung und technische Argumentation zu den Auswirkungen des Strukturmerkmals auf die Umsetzung im Wasserversorgungssystem wurden in ausführlichen Datenblättern zu jedem einzelnen Strukturmerkmal festgehalten (s. Anhang). Diese könnten über das technische Regelwerk des DVGW den Wasserversorgungsunternehmen zugänglich gemacht werden.

Die statistische Evidenz der Auswirkung von Strukturmerkmalen auf wesentliche Aufwands- und Leistungsparameter ist teilweise gegeben, teilweise aber aufgrund des vergleichsweise kleinen Datenpools noch schwach belegbar. Dazu wurde in Tabelle 10 ein Klassifizierungsschema von 1 (= nicht belegbarer Einfluss des Strukturmerkmals) bis 5 (= statistisch signifikant) angewendet, mit einer Mehrzahl der Strukturmerkmale in den Klassen 2, 3 und 4. Die Signifikanzklassifizierung der einzelnen Strukturmerkmale müsste über größere Teilnehmerfelder weiter abgesichert werden.

Eine quantitative Aussage zu einem Strukturmerkmal als Kostentreiber in den Hauptprozessen konnte bislang nicht getroffen werden. Der dazu notwendigen differenzierten Kostenermittlung im Rahmen der Datenerhebung war von Seiten des DVGW nicht zugestimmt worden.

¹⁰ Die angegebene Anzahl von 17 Strukturmerkmalen bezieht sich auf Direktversorgungsunternehmen mit eigener Wasserproduktion (mit ausschließlicher Verwendung von Grund- oder Oberflächenwasser) und Wassernetzen. Für Fernversorger ergibt sich entsprechend eine Anzahl von insgesamt 15 Strukturmerkmalen.

6.2 Entwicklungsstand des Vergleichsverfahrens

Die Strukturmerkmale wurden in einem standardisierten Vergleichsverfahren zusammengestellt, um die Frage nach einer relativen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen in Wasserproduktion und Wassernetzen zu beantworten. Das Vergleichsverfahren sieht die fachlich gebotene Trennung eines Wasserversorgungsunternehmens in seine Hauptprozesse Wasserproduktion und Wassernetze vor. Diese Trennung befördert die universelle Anwendung, weil eine Vielzahl von Einzelfällen (z.B. Unternehmen mit/ohne eigene Wasserproduktion, die Wasserproduktion von Fern- und Direktversorgern) einheitlich abgedeckt werden kann.

Die Struktur des zweistufigen Vergleichsverfahrens, die gewählten Strukturmerkmale und die gewählten Intervallgrenzen der relativen Vergleichbarkeit zeigen eindeutig nicht-vergleichbare Verhältnisse an (Beispiel in Tabelle 1 für zwei Wasserversorger).

Aus dem Vergleichsverfahren werden Gruppen von Wasserversorgern mit vergleichbaren Rahmenbedingungen ermittelt, die Basis für eine strukturelle Vergleichbarkeit in einem standardisierten Verfahren ist somit gegeben. Derzeit gehen alle Strukturmerkmale mit gleicher Gewichtung in das Verfahren ein. Daraus ergeben sich aber nicht zwingend Unternehmen mit vergleichbarer Aufwandshöhe. Zum einen lassen Art und Detailtiefe der vorliegenden Datenerhebung eine eindeutige Bestimmung nicht zu. Zum anderen sind die Unterschiede in der Kostenstruktur, der Investitions- und Abschreibungshistorie, im Anlagevermögen, in der Aktivierungspraxis der Unternehmen so groß, dass strukturelle Vergleichbarkeit nicht gleichbedeutend mit der wirtschaftlichen Vergleichbarkeit sein kann, solange keine standardisierten Kalkulationsgrundlagen geschaffen sind.

6.3 Weiterer Untersuchungsbedarf

Es besteht weiterer Untersuchungsbedarf in der praktischen Anwendung der verbesserten Strukturmerkmale, in der Absicherung des Vergleichsverfahrens und in der Erweiterung auf die wirtschaftliche Vergleichbarkeit von WVU.

Praktische Anwendung der verbesserten Strukturmerkmale

Die im Rahmen des Vorhabens entwickelten verbesserten Definitionen und Abgrenzungen der Strukturmerkmale müssen in der Praxis angewendet werden. Dies betrifft auch die Reduzierung auf zwei Hauptprozesse, wodurch in der Praxis mit einer vereinfachten Datener-

hebung und verbesserter Datengenauigkeit zu rechnen ist. Für die Fernwasserversorger hat sich die Notwendigkeit einer erweiterten Definition zur Abbildung der topografischen Verhältnisse in der Wasserproduktion ergeben – die vorhandenen Vorschläge sind in der Praxis noch nicht erprobt.

Absicherung des Vergleichsverfahrens

Der bisher zur Verfügung stehende Datenpool von insgesamt 45 WVU reicht nicht aus, um eine statistisch abgesicherte Grundlage bereit zu stellen. Es besteht also die Notwendigkeit, größere Datensätze zu untersuchen, die auf der Basis der vorgestellten Definitionen zustande gekommen sind. Prinzipiell werden dazu drei Wege gesehen: i) eine erweiterte Datenerhebung mit einer höheren Teilnehmerzahl in einem gesonderten Nachfolgeprojekt, ii) die Nutzung vorhandener Datenpools und iii) die Einspeisung in laufende Erhebungsrunden, zum Beispiel im Rahmen der Landes-Benchmarkingprojekte in Deutschland.

Es wird ein deutlicher Vorteil in der Verfolgung der Variante iii) gesehen. Eine gesonderte Datenerhebung wird immer von der zunehmend begrenzten Bereitschaft der Unternehmen limitiert sein. Hier ist in absehbarer Zeit keine deutliche Veränderung zur hier durchgeführten Datenerhebung zu erwarten. Die Nutzung der vorhandenen Datenpools (z.B. in der denkbaren Auswertung der beim BDEW nachgestellten Kartellamtsabfrage, in der Auswertung der Daten im BkV-Wasser des VKU) wird immer durch den abweichenden oder unvollständigen Datenumfang begrenzt werden, abgesehen von der rechtlichen Nutzungsmöglichkeit.

Damit aus der Verfolgung der Variante iii) auswertbare Ergebnisse zur Entwicklung des Vergleichsverfahrens entstehen, müsste nach einem Zeitraum von 2-3 Jahren eine strukturierte Auswertung der dezentral in den Landes-Benchmarking-Projekten gesammelten Daten erfolgen, zum Beispiel im Rahmen eines DVGW-Folgevorhabens.

Erweiterung auf die wirtschaftliche Vergleichbarkeit von WVU

Das Vergleichsverfahren müsste von der strukturellen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen auf die wirtschaftliche Vergleichbarkeit ausgeweitet werden. Dazu wäre ein standardisiertes Kostenmodell der Wasserversorgung zu entwickeln, wie es derzeit in den Ansätzen von BDEW und VKU voran getrieben wird. Daraus ließe sich der quantitative Einfluss von Strukturmerkmalen als Aufwandstreiber für die Wasserversorgung ermitteln. Die gemeinsame Entwicklung und empirische Untersuchung von struktureller und wirtschaftlicher Vergleichbarkeit müsste Gegenstand eines verbandsübergreifenden Entwicklungsvorhabens werden.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das hier dokumentierte DVGW-Vorhaben W11/01/10 hat wesentliche Beiträge zur strukturellen und prozessbezogenen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen geleistet. Die im Vorläufervorhaben erarbeiteten Strukturmerkmale wurden bestätigt, konkretisiert und in ausführlichen Datenblättern mit dem Bezug zum DVGW-Regelwerk dargestellt. Das auf der Basis der Strukturmerkmale ausgearbeitete zweistufige Vergleichsverfahren liefert Vergleichsgruppen von Unternehmen für die Hauptprozesse Wasserproduktion und Wassernetze mit einer quantifizierbar relativen Vergleichbarkeit. Die praktische Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens wurde in einer projektbegleitenden Datenerhebung und -auswertung mit 45 Unternehmen erfolgreich gezeigt.

Wesentliche Empfehlungen zur konkreten Weiterentwicklung betreffen die möglichst umfassende Anwendung in der Praxis, mit nachfolgender Auswertung zur weiteren Justierung des gesamten Verfahrens. Hierzu werden in Abschnitt 6.3 detaillierte Hinweise gegeben.

Als wichtigste Aufgabe wird die breite Anwendung der Strukturmerkmale und des Vergleichsverfahrens in der Praxis angesehen. Hierzu bieten vor allem die Benchmarkingprojekte Wasserversorgung in den einzelnen Bundesländern gute Rahmenbedingungen, weil sich das vorgeschlagene Verfahren ohne größeren Aufwand in die anstehenden Erhebungsrounden integrieren lässt. Zu empfehlen wäre die Aufnahme der entwickelten Strukturmerkmale in das DVGW-Regelwerk (z.B. als Beiblatt zum technischen Hinweis W 1100 – Benchmarking) als wichtigen Anreiz für die Träger und Koordinatoren der Landes-Benchmarkingprojekte.

Die Landes-Benchmarkingprojekte würden in zweierlei Hinsicht von der Nutzung der Strukturmerkmale profitieren. Zum einen würden die Möglichkeiten einer fachlich sinnvollen Auswertung der ermittelten Kennzahlen zunehmen, weil die Strukturmerkmale als Clusterkriterien für Vergleichspools eingesetzt werden könnten. Zum anderen könnten am Ende eines Kennzahlenvergleichs auf Landesebene jedem Unternehmen sinnvolle Vergleichspartner genannt werden, die für eine nachfolgende Untersuchung zu Optimierungsmaßnahmen auf Prozessebene zusammenarbeiten könnten.

Als wichtige Empfehlung sollten nach einem Zeitraum von 2-3 Jahren alle Ergebnisse aus der Anwendung in einer übergreifenden Auswertung über alle Benchmarking-Projekte der Länder gesammelt ausgewertet werden. Dies würde die weitere Justierung des Verfahrens ermöglichen und in einer nächsten Iteration vorhandene Schwächen beheben können, zum Beispiel mit der Möglichkeit einer Gewichtung einzelner Strukturmerkmale.

8 Literatur

- Bartsch V. (2007): Technische, natürliche und rechtliche Einflussfaktoren auf betriebliche Kennzahlen von Wasserversorgungsunternehmen. wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- Basler, H. (1994): Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistische Methoden Methodenlehre, 11. Auflage, Heidelberg: Physica Verl., 1994.
- BDEW (2010): Metermengenwert – Statistische Analyse: Statistische Analyse bzgl. eines Zusammenhangs zwischen Metermengenwert und Wasserpreis sowie zwischen Metermengenwert und Wasserverteilungskosten. BDEW, Januar 2010.
- Bundesnetzagentur (2006): Bericht der Bundesnetzagentur nach § 112a zur Einführung der Anreizregulierung nach §21a EnWG, 2006 URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/cae/servlet/contentblob/32084/publicationFile/1974/BerichtzumDownloadId6715pdf>; (Stand: 13.04.2010).
- DIN 2000:2000-10, Zentrale Trinkwasserversorgung: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen - Technische Regel des DVGW.
- DVGW (2006): Technische Regel - Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2002): Technische Regel - Arbeitsblatt W 102: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2004): Technische Regel - Arbeitsblatt W 104: Grundsätze und Maßnahmen einer gewässerschützenden Landwirtschaft, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2002): Technische Mitteilung - Merkblatt W 105: Behandlung des Waldes in Wasserschutzgebieten für Trinkwassertalsperren. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2003): Technische Regel - Arbeitsblatt W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2001): Technische Mitteilung- Merkblatt W 112: Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grundwasser. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2005): Technische Regel - Arbeitsblatt W 118: Bemessung von Vertikalfilterbrunnen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2004): Technische Regel - Arbeitsblatt W 125: Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2007): Technische Regel - Arbeitsblatt W 126: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2006): Technische Regel - Arbeitsblatt DVGW W 127: Quellwassergewinnungsanlagen - Planung, Bau, Betrieb, Sanierung und Rückbau. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.

- DVGW (2010): Technische Regel - Arbeitsblatt W 202 (A): Technische Regeln Wasseraufbereitung (TRWA) - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (1988): Technische Mitteilungen - Hinweis W 254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2005): Technische Regel - Arbeitsblatt W 300: Wasserspeicherung - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2003): Technische Mitteilung - Arbeitsblatt W 392: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste - Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2004): Technische Mitteilungen - Hinweis W 397: Ermittlung der erforderlichen Verlegetiefen von Wasseranschlussleitungen, Bonn 2004.
- DVGW (2004): Technische Regel - Arbeitsblatt W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1: Planung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2004): Technische Regel - Arbeitsblatt W 400-2: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 2: Bau und Prüfung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2006): Technische Regel - Arbeitsblatt W 400-3: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 3: Betrieb und Instandhaltung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2010): Technische Regel - Arbeitsblatt W 402 : Netz- und Schadenstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen. DVGW-Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (1998): Technische Mitteilung - Merkblatt W 404: Wasseranschlußleitungen. DVGW Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2008): Technische Regel - Arbeitsblatt W 405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2007): Technische Mitteilung - Hinweis W 409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2008): Technische Regel - Arbeitsblatt W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2010): Technische Regel - Arbeitsblatt W 610 (A): Pumpensysteme in der Trinkwasserversorgung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (1996): Technische Mitteilung - Hinweis W 611: Energieoptimierung und Kostensenkung in Wasserwerksanlagen. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (1994): Technische Mitteilung - Merkblatt W 613: Energierückgewinnung durch Wasserkraftanlagen in der Trinkwasserversorgung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.

- DVGW (2006): Technische Regel - Arbeitsblatt W 617: Druckerhöhungsanlagen in der Trinkwasserversorgung. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW (2005): Technische Regel - Arbeitsblatt W 1000: Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn.
- DVGW-Vorhaben W 11/01/09 (2010): Vorstudie zur Erarbeitung der konzeptionellen Grundlagen für eine methodische Entwicklung und Validierung geeigneter Bewertungskriterien für Strukturmerkmale im Bereich „Externe Rahmenbedingungen und Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen“. IWW Zentrum Wasser, März 2010.
- DVGW, ARW, ATT, AWBR, AWWR, AWE (2010): Forderungen zum Schutz von Oberflächenwasser zur Sicherung der Trinkwasserversorgung, Memorandum, März 2010, www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcenmemorandum_fliessgewaesser.pdf (Stand: 06.09.2010).
- Grombach P., Haberer K., Merkl G. und Trüb E. U. (2000): Handbuch der Wasserversorgungstechnik. Oldenbourg Industrieverlag; 3. völlig überarb. Auflage.
- Hirner W. und Merkel W. (2005): Kennzahlen für Benchmarking in der Wasserversorgung – Handbuch zur erweiterten deutschen Fassung des IWA-Kennzahlensystems mit Definitionen, Erklärungsfaktoren und Interpretationshilfen. wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- Holländer R., Zenker C., Pielen B., Geyler S. und Lautenschläger S. (2008): Kernaussagen des Gutachtens „Trinkwasserpreise in Deutschland – Welche Faktoren begründen regionale Unterschiede?“. Auftraggeber: VKU, März 2008.
- Holländer R., Fälsch M., Geyler S., und Lautenschläger S. (2009): Gutachten „Trinkwasserpreise in Deutschland – Wie lassen sich verschiedene Rahmenbedingungen für die Wasserversorgung anhand von Indikatoren abbilden?“ - Kernaussagen. Auftraggeber: VKU, Oktober 2009.
- IAWR, BGW, DVGW, IAWD, ÖVGW, SVGW, VKU, VDG (2004): Grundwassermemorandum 2004, www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/grundwassermemorandum.pdf (Stand: 06.09.2010).
- Lauruschkus F. und Rehberg J. (2011): Die Kundenbilanz der Wasserwirtschaft. IR Energie, Verkehr, Abfall, Wasser (11), 287 - 290
- Löhner H. (2011): Korrespondenz mit Herrn Hermann Löhner, am 06.09.2011.
- Mehlhorn H. und Weiß M. (2009): Fernwasserversorgung und Verbundsysteme in der Wasserversorgung. gwf Wasser/ Abwasser (14), W74-W94.
- Merkel W., Lévai P., Bräcker J., Neskovic M., Petry D. und Weiß M. (2011): Alle Wasserversorger sind vergleichbar – oder nicht? Energie-Wasser-Praxis (12).
- Merkel W., Levai P., Bräcker J. und Neskovic M. (2012). Zur strukturellen Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland. Eingereicht zur Publikation in gwf Wasser Abwasser.
- Merkel W., Petry D. und Weiß M. (2011): Strukturelle Vergleichbarkeit von Wasserversorgungsunternehmen. Energie-Wasser-Praxis (1), 44-49.
- Merkel M., Staben N., Bräcker J., Levai P., Neskovic M., Petry D. und Weiss M. (2011 – in press): Structural conditions in German water supply. Water Science & Technology: Water Supply.

- MUFV (2006): Benchmarking Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz - Kennzahlenvergleich der kommunalen Unternehmen der Wasserversorgung und der Abwasserbeseitigung. Öffentlicher Bericht für das Projektjahr 2005, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz Abteilung Wasserwirtschaft -Referat 1031-.
- Mutschmann J. und Stimmelmayer F. (2011): Taschenbuch der Wasserversorgung. 15. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage 2011, Vieweg+Teubner Verlag.
- Oelmann M., Growitsch C., Kiesel H. und Schielein, J. (2009): Vielfältige Chancen durch methodisch weiterentwickeltes Benchmarking, in: gwf Wasser/Abwasser (11), S. 840-845.
- Rasch B., Friese M., Hofmann W. und Naumann E. (2004): Quantitative Methoden, 1. Auflage, Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2009): Städte in Deutschland nach Fläche und Bevölkerung, Gebietsstand: 31.12.2009;
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/AdministrativeUebersicht,templateId=renderPrint.psml> (Stand 19.09.2011).
- Stetter D. (2007): Enthärtung, Intensivschulung DVGW, Kurs 6 Verfahrenstechnik der Wasserversorgung, 27.-29.11.2007, Aachen.
- Toutenberg H. (2007): Induktive Statistik. Eine Einführung mit SPSS für Windows, 5. Aufl., Berlin.
- TrinkwV (2001): Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom Mai 2001. BGBl. (2001) Teil I Nr. 24, S. 959-980.
- TrinkwV (2011): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). BGBl. (2011) Teil I Nr. 61, S. 2371-2396.
- Weiß M., Niehues B., Petry D. und Merkel W. (2010): Die Bedeutung struktureller Rahmenbedingungen für die Wasserversorgung: Grundlagen für Analyse, Bewertung und Vergleich. Energie-Wasser-Praxis (3), 40-45.
- Wöbbing K. H., Michel B. und Schaubruch W. (2000): Entwicklung eines betrieblichen Kennzahlenvergleichs für die öffentliche Wasserversorgung und kommunale Abwasserentsorgung in Hessen - BKWasser 2000, Sachstandsbericht zum Erhebungsjahr 2000.
- Zschille M., Walter M. und von Hirschhausen C. (2009): Ineffizienz und Strukturunterschiede in der Deutschen Wasserversorgung, Water Economics and Management Working Paper.

9 Abkürzungsverzeichnis

a. a. R. d. T	allgemein anerkannte Regeln der Technik
Abb.	Abbildung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
D	Tag
DN	Nennweite
DV	Direktversorger
DVGW	DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - Technisch-wissenschaftlicher Verein
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EP	Einspeisepunkt
EUR	Euro
EW	Einwohner
FV	Fernversorger
GW	Grundwasser
h	Stunde
H_0	Nullhypothese
H_1	Alternativhypothese
HA	Hausanschluss
HAL	Hausanschlussleitung
H_{max}	maximale Höhe
H_{min}	minimale Höhe
HP	Hauptprozess
k.A.	keine Angabe
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
μ	unbekannter Mittelwert
μ_0	hypothetischer Mittelwert
m	Meter
m ³	Kubikmeter
mg	Milligramm
Mio.	Million
MMW	Metermengenwert
[n]	Anzahl
n	Freiheitsgrad
N	Grundgesamtheit, Stichprobenumfang
NHN	Normalhöhennull
OFW	Oberflächenwasser
OGW	Oberflächennahes Grundwasser
OLS	Ordinary Least Square
p	Wahrscheinlichkeit (statistische Signifikanz)
PK	Projektkreis
QS	Qualitätssicherung
r	Korrelationskoeffizient
R _i	Summe der Rangzahlen einer Stichprobe i
R_{korr}	korrigiertes Bestimmtheitsmaß
s	Empirische Streuung
Stdabw	Standardabweichung

TrinkwV	Trinkwasserverordnung
U	Prüfgröße der WILCOXON-MANN-WHITHNEY-U-Statistik
VKU	Verband kommunaler Unternehmen e. V.
VZÄ	Vollzeitäquivalent
WMWU-Test	WILCOXON-MANN-WHITHNEY-U-Test
WA	Wasseraufbereitung
WG	Wassergewinnung
WN	Wassernetze
WP	Wasserproduktion
WR	Wasserressourcen
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
α	Irrtumswahrscheinlichkeit
β	Sicherheitswahrscheinlichkeit
WW	Wasserwerk
(* , ** , *** , n.s.)	Statistische Signifikanz (90%, 95%, 99%, keine statistische Signifikanz)
\bar{x}	empirischer Mittelwert
Z	Prüfgröße des Vorzeichen-Rangtests von WILCOXON

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schematische Darstellung des zweistufigen Sortierverfahrens	III
Abbildung 2	Projektverlauf (tatsächlicher Zeitplan mit verlängerter Erhebungsphase)	3
Abbildung 3	Übersicht der Hauptprozesse „Wasserproduktion“ und „Wassernetze“	5
Abbildung 4	Schematische Darstellung des zweistufigen Sortierverfahrens	7
Abbildung 5	Jährliche Trinkwasserabgabe der teilnehmenden Wasserversorgungsunternehmen	14
Abbildung 6	Aufteilung teilnehmender Wasserversorgungsunternehmen nach Anzahl vorhandener Prozesse innerhalb der Wertschöpfungskette und Art der Versorgung	15
Abbildung 7	Strukturmerkmal Art der Ressource	17
Abbildung 8	Rohwasserverfügbarkeit am Standort und Anteil Fremdbezug.....	18
Abbildung 9	Gefährdungs- und Belastungsindex	19
Abbildung 10	Entnahmekapazität Grundwasser.....	19
Abbildung 11	Förderhöhe Rohwassertransport	20
Abbildung 12	Länge Rohwassertransportleitungen	21
Abbildung 13	Aufbereitungsgrad.....	22
Abbildung 14	Art des Siedlungsraums Direktversorger	24
Abbildung 15	Metermengenwert Fernversorger	24
Abbildung 16	Anzahl der Druckzonen Direktversorger	25
Abbildung 17	Bevölkerungsänderung	26
Abbildung 18	Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch.....	27
Abbildung 19	Metermengenwert und Hausanschlussdichte Direktversorgung	27
Abbildung 20	Täglicher Spitzenfaktor Direktversorgung.....	28
Abbildung 21	Täglicher Spitzenfaktor Fernversorgung.....	29
Abbildung 22	Spezifischer Energieverbrauch Trinkwasserproduktion	30
Abbildung 23	Leitungsschäden Wassernetze Direktversorger	31

Abbildung 24	Datenblätter zur Beschreibung der Strukturmerkmale: Wasserproduktion (links), Wassernetze (rechts)	33
Abbildung 25	Ergebnis Vergleichsverfahren Trinkwasserproduktion	82
Abbildung 26	Ergebnis Vergleichsverfahren Wassernetze Direktversorger	83
Abbildung 27	Ergebnis Vergleichsverfahren Wassernetze Fernversorger	84

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Relative Vergleichbarkeit zweier WVU im Hauptprozess Wassernetze.....	8
Tabelle 2	Ergebnisübersicht Wasserproduktion: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 37 Unternehmen)	16
Tabelle 3	Ergebnisübersicht Wassernetze Direktversorgung: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 30 Unternehmen)	23
Tabelle 4	Ergebnisübersicht Wassernetze Fernversorgung: Strukturmerkmale und Leistungs- und Aufwandskriterien (Basis: 15 Unternehmen)	23
Tabelle 5	Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wasserressourcen.....	34
Tabelle 6	Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wassergewinnung/ -aufbereitung	34
Tabelle 7	Vorschlagsliste Strukturmerkmale im Hauptprozess Wassernetze.....	35
Tabelle 8	Wesentliche Leistungs- und Aufwandskriterien Wasserproduktion	36
Tabelle 9	Wesentliche Leistungs- und Aufwandskriterien Wassernetze	37
Tabelle 10	Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wasserproduktion	78
Tabelle 11	Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wassernetze Direktversorger	79
Tabelle 12	Übersicht definierter Strukturmerkmale der Wasserversorgung: Wassernetze Fernversorger	80

A solid orange vertical bar is located on the left side of the page.

12 Anhang

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Datenblätter Strukturmerkmale Wasserproduktion

Anhang 2: Datenblätter Strukturmerkmale Wassernetze

Anhang 3: Gestrichene Strukturmerkmale

Anhang 1: Datenblätter Strukturmerkmale Wasserproduktion

Merkmalskategorien im Bereich „Wasserproduktion“		
1. Geologie/Hydrologie		
<i>Strukturmerkmal</i>	<i>Merkmalsausprägung</i>	<i>Einheit</i>
Art der Ressource	Oberflächenwasser	%
	Oberflächennahes Grundwasser	%
	Tiefengrundwasser	%
Rohwasserverfügbarkeit am Standort	Lokale Verfügbarkeit der Rohwasserressourcen	%
2. Gefährdungen im Einzugsgebiet		
<i>Strukturmerkmal</i>	<i>Merkmalsausprägung</i>	<i>Einheit</i>
Gefährdung der Ressource	Gefährdung durch Land- und Forstwirtschaft	ja/nein
	Gefährdung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie	ja/nein
	Geogene Gefährdungen oder besondere Belastungen	ja/nein
Belastung der Ressource	Parameter gemäß TrinkwV 2011, die mit Grenzwerten belegt sind (ohne Indikatorparameter).	ja/nein
	Besondere Parameter (Minimierungsgebot)	ja/nein
	Steigende Trends	ja/nein
3. Wassergüte (Rohwasser)		
<i>Strukturmerkmal</i>	<i>Merkmalsausprägung</i>	<i>Einheit</i>
Grad der Aufbereitung	Keine Aufbereitung	%
	Konventionelle Aufbereitung	%
	Weitergehende Aufbereitung	%
4. Standortsspezifische Bedingungen		
<i>Strukturmerkmal</i>	<i>Merkmalsausprägung</i>	<i>Einheit</i>
Entnahmekapazität	Durchschnittliche Entnahmekapazität (Oberflächennahes Grundwasser und Tiefengrundwasser)	m ³ /h/Entnahmebauwerk
	Durchschnittliche Entnahmekapazität (Oberflächenwasser)	m ³ /h/Entnahmebauwerk
Förderhöhe Rohwassertransport	Manometrische Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwassertransport	m
Leitungslänge Rohwassertransport	Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen	km

Merkmal Art der Ressource	Einheit [%]
	Merkmalausprägung 1) Oberflächenwasser 2) Oberflächennahes Grundwasser 3) Tiefengrundwasser
<p>Berechnung</p> <p>1) Wasserförderung Oberflächenwasser¹¹ / Wasserförderung¹² * 100 2) Wasserförderung Oberflächennahes Grundwasser¹³ / Wasserförderung¹² * 100 3) Wasserförderung Tiefengrundwasser¹⁴ / Wasserförderung¹² * 100</p> <p><i>Anmerkung: Der Wert wurde im Rahmen der Datenerhebung nicht berechnet, sondern direkt als Eingabewert erhoben</i></p>	
<p>Verweis auf Regelwerk</p> <p>W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (06/2006) W 102: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren (04/2002) W 104: Grundsätze und Maßnahmen einer gewässerschützenden Landwirtschaft (10/2004) W 105: Behandlung des Waldes in Wasserschutzgebieten für Trinkwassertalsperren (03/2002) W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten (12/2003) W 254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen (04/1988) DIN 19700-11: Stauanlagen - Teil 11: Talsperren (07/2004)</p>	
<p>Definition</p> <p>Anteilige Wasserförderung aus Oberflächenwasser, Oberflächennahem Grundwasser bzw. Tiefengrundwasser in Bezug zur gesamten Wasserförderung des Erhebungsjahres.</p> <p>1) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge <i>Oberflächenwasser</i> (OFW), bestehend aus Talsperren-, Seen- oder Flusswasser. Uferfiltrat mit mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund wird als oberflächennahes Grundwasser betrachtet.</p> <p>2) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge <i>oberflächennahes Grundwasser</i> (OGW) wird definiert als GW aus dem ersten Grundwasserstockwerk</p>	

¹¹ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge (m³) Oberflächenwasser (OFW).

¹² Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Wassermenge (m³) aus Grund-, Quell- und Oberflächenwasser (Rohwassermenge) zur Einspeisung in die Wasseraufbereitung oder direkt in das Wassertransport- oder Wasserversorgungssystem. Der Wert versteht sich inkl. der realen Verluste, die in der Wassergewinnung auftreten (z.B. für Betriebswasser, Brunnenspülungen etc.).

¹³ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge (m³) oberflächennahes Grundwasser.

¹⁴ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge (m³) Tiefengrundwasser (GW),

und/oder aus Uferfiltrat mit mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund. Quellwasser wird ebenfalls als oberflächennahes Grundwasser aufgefasst.

- 3) Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge *Tiefengrundwasser* (GW), bestehend aus Grundwasser aus gut geschützten Tiefengrundwasserleitern und tieferer Stockwerke (≥ 2 . Stockwerk).

Kurzbeschreibung

Die Art der Ressource hat in verschiedenen Bereichen direkte Auswirkungen auf den vom WVU zu betreibenden Aufwand sowie die zu erbringenden Leistungen: Hierzu zählen Ressourcenschutz und Überwachung, Wassergewinnung und Wasseraufbereitung.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

- 1) Wasserförderung Oberflächenwasser / Wasserförderung *100 [%]: $\Delta 66 (+/- 33)$
- 2) Wasserförderung Oberflächennahes Grundwasser / Wasserförderung *100 [%]: $\Delta 66 (+/- 33)$
- 3) Wasserförderung Tiefengrundwasser / Wasserförderung *100 [%]: $\Delta 66 (+/- 33)$

Anmerkung: Eine Vergleichbarkeit ist nur dann gegeben, wenn die Intervalle für alle Arten der Ressource (OFW, OGW und GW) erfüllt sind.

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Die Art der verwendeten Ressource stellt eine naturräumliche Randbedingung dar, die nicht unmittelbar durch den Wasserversorger beeinflusst werden kann, jedoch erhebliche Auswirkungen auf die Aufwendungen für die Wassergewinnung und -aufbereitung haben kann.

Die Wasserherkunft ist regional sehr verschieden. Je geringer die Ergiebigkeit des Grundwassers in einer Region ausfällt, desto eher muss Trinkwasser aus Oberflächenwasser gewonnen oder müssen zusätzliche Gewinnungsanlagen betrieben werden (vgl. Strukturmerkmal „Zentralität von Gewinnungsanlagen“). Weist das verfügbare Rohwasser im Versorgungsgebiet eines Wasserversorgungsunternehmens eine geringe oder stark schwankende *Qualität* auf oder ist die *Quantität* des Rohwassers räumlich oder zeitlich begrenzt, kann ein Fremdbezug von Roh- bzw. Reinwasser erforderlich bzw. ökonomisch sinnvoll sein, wobei der Fremdbezug „in vielen Fällen kostenintensiver als die ortsnahe Gewinnung und Aufbereitung von Wasserressourcen“ ist (Holländer et al., 2009).

Die unmittelbare Nutzung von Oberflächenwasser als Rohwasser für die Trinkwasserversorgung kann u.U. dann erforderlich sein, wenn der Wasserbedarf durch das Grundwasservorkommen im Gewinnungsgebiet räumlich oder zeitlich nicht gedeckt bzw. das Grundwasser bedingt durch geogene/ anthropogene Kontamination nicht genutzt werden kann.

Die Herkunft des Rohwassers hat einen Einfluss auf die Kosten der Wassergewinnung, da die Kosten der für die Gewinnung erforderlichen Anlagen voneinander abweichen (Holländer, 2009). So sind bei gleichen geologischen Voraussetzungen die Kosten für den Bau und Betrieb eines Brunnens zur Gewinnung von Tiefengrundwasser aufwändiger als die für den Bau eines flachen Brunnens. Die Wasserherkunft steht ebenfalls in unmittelbarem Zusammenhang mit der Qualität des Rohwassers, die sich direkt auf den Aufbereitungsaufwand auswirkt. Grundwässer erfordern i.d.R. einen geringeren Aufbereitungsaufwand (s. Strukturmerkmal „Grad der Aufbereitung“).

Oberflächenwasser:

Dem Begriff „Oberflächenwasser“ werden hier insbesondere Talsperren-, See- und Flusswasser sowie Uferfiltrat mit weniger als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund zugeordnet. Oberflächenwasser unterliegt unterschiedlichen natürlichen und zivilisatorischen Belastungen, was für die Trinkwasserversorgung besondere Vorkehrungen bei der Wasseraufbereitung und eine stetige und umfangreiche Überwachung des Rohwassers (s. W254) erfordert. Durch den potenziellen direkten Eintrag von Verunreinigungen in Oberflächengewässer ist hier der erforderliche Aufwand des Wasserversorgungsunternehmens in den Bereichen Wasserschutz und Ressourcenüberwachung erhöht (s. Strukturmerkmal „Gefährdung der Ressource“). Insbesondere für Fließgewässer stellt sich der Wasserschutz als problematisch dar. Trinkwassertalsperren hingegen sind in diesem Bereich häufig als gut geschützte Oberflächenwässer zu sehen, jedoch ist der erforderliche Aufwand zur Wassergewinnung durch *Bau und Betrieb der Talsperre* im Vergleich zu anderen Oberflächenwässern (Seen und Flüsse) wesentlich erhöht.

Generell ist davon auszugehen, dass die Gefährdung der Ressource mit einer zunehmenden intensiven Nutzung des Einzugsgebietes zunimmt. Aus diesem Grund werden bei der Nutzung von Oberflächenwasser für die Trinkwasserversorgung besondere Anforderungen an betriebliche Schutzmaßnahmen und die Bewirtschaftung gestellt (z.B. Schutzgebiete, Vorsperren bei Talsperren, wasserwirtschaftlicher Betriebsplan (für Talsperren gemäß DIN 19700-11), zwingende Aufbereitung) (W102).

Im Gegensatz zu Grund- und Quellwasser, welches „teilweise ohne Aufbereitung zur Trinkwasserversorgung genutzt werden kann, ist die Verwendung von Oberflächenwasser immer mit Aufbereitungskosten verbunden“ (Holländer et al., 2008) (vgl. hierzu Strukturmerkmale „Belastung der Ressource“ und „Grad der Aufbereitung“).

Oberflächennahes Grundwasser:

Unter dem Begriff „oberflächennahes Grundwasser“ werden hier Grundwässer aus dem ersten Grundwasserstockwerk, Quellwasser oder Uferfiltrat mit mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund zusammengefasst. Bei oberflächennahem Grundwasser kann der erforderliche Gewinnungsaufwand abhängig von der Art der verwendeten Ressource z. T. variieren:

- Die Gewinnung von Rohwasser aus *Quellen* ist ohne *Energieeinsatz* möglich (sieht man von der Förderung des Rohwassers zur Aufbereitung bzw. in das Versorgungsgebiet ab).
- Wird ein *Grundwasser* aus Brunnen gewonnen, wird je nach Tiefe des Brunnens Energie für den Pumpbetrieb benötigt. Je größer der zu überwindende *Höhenunterschied*, desto mehr Energie muss für die Wasserförderung aufgewendet werden. Dieser schlägt sich in höheren Energiekosten nieder. Die Kosten für den *Brunnenbau (Anzahl, Durchmesser, Abstände) und den Betrieb* der Brunnen stehen in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der *Ergiebigkeit der Ressource, i.d.R. gilt*: Je höher die Ergiebigkeit, desto geringer fallen die Kosten hierfür aus.

Beim oberflächennahen Grundwasser wirken sich flächenhafte Stoffeinträge „z. B. von größeren Gebieten mit landwirtschaftlicher, gartenbaulicher, industrieller/gewerblicher Nutzung oder mit dichter Besiedlung (Verkehrs- und Infrastruktur)“ unmittelbar aus (W 108). Der Früherkennung von Belastungen sowie der Minimierung potentieller Gefährdungen (vgl. Strukturmerkmal „Gefährdung der Ressource“) kommt bei oberflächennahem Grundwasser

eine hohe Bedeutung zu, die vom Wasserversorgungsunternehmen zu treffenden Aufwendungen sind entsprechend i. d. R. höher als die bei vergleichsweise tiefer gelegenen geschützten Grundwasserleitern (W108).

Tiefengrundwasser:

Bei einem Tiefengrundwasser handelt es sich i.d.R. – abhängig von den überdeckenden Schichten – um eine gut geschützte Rohwasserressource, welche im Allgemeinen für die Trinkwasserversorgung gut geeignet ist.

Der Aufwand für den *Ressourcenschutz* und die *Überwachung* (Begehungen, Analytik) wird von der Art der Ressource beeinflusst. Bei der Nutzung eines gut geschützten Tiefengrundwassers sind bspw. weniger umfangreiche Rohwasser-/Vorfelduntersuchungen und Schutzgebietsbegehungen notwendig als bei der Nutzung eines weniger gut geschützten Oberflächenwassers (W254).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus der Wasserherkunft Rückschlüsse auf die Kosten der Wassergewinnung gezogen werden können, da der erforderliche Investitionsaufwand für die jeweils notwendigen Anlagen von der Art der Ressource abhängig sind (Holländer et al., 2009). Weiterhin sind die Betriebskosten im Hinblick auf die Überwachung sowie die Wassergewinnung stark von der Art der Ressource beeinflusst.

Anmerkung: Die Wasserherkunft steht weiterhin in unmittelbarem Zusammenhang zur Qualität des Rohwassers (s. Strukturmerkmal „Belastung der Ressource“), die sich direkt auf den *Aufbereitungsaufwand* (s. Strukturmerkmal „Grad der Aufbereitung“) auswirkt.

Wirtschaftliche Auswirkungen

<p><i>Investitionen</i></p>	<p>Von der Art der Ressource abhängig, da je nach Ressource unterschiedlich aufwändige (Gewinnungs-)Bauwerke erforderlich sind. So ist z.B. der Bau einer Talsperre mit weit höheren Investitionen verbunden als der Bau eines Brunnens. Ein Brunnen zur Gewinnung von Tiefengrundwasser ist in der Herstellung wiederum aufwändiger als ein flacher Brunnen (bei gleichen geologischen Randbedingungen).</p>
<p><i>Betriebsaufwand</i></p>	<p>Bei der Grundwasserförderung steigt der Energieaufwand mit einer zunehmenden Förderhöhe. Im Bereich der Trinkwasserproduktion aus Oberflächenwasser sind die Aufwendungen für Personal, Wartung etc. bei Talsperren i.d.R. signifikant erhöht. Die Aufwendungen für Personal, Analytik usw. steigen mit einer zunehmenden Anzahl von Gefährdungen, denen die Rohwasserressource ausgesetzt ist (Vorfeldüberwachungen, Begehungen,...).</p>

Merkmal	Einheit [%]
Rohwasserverfügbarkeit am Standort	Merkmalausprägung Lokale Verfügbarkeit der Rohwasserressourcen
Berechnung Eigene Wasserentnahmerechte (Jahreswert) ¹⁵ / (Wasserförderung ¹⁶ + Rohwasserbezug ¹⁷ + Reinwasserbezug ¹⁸) * 100	
Verweis auf Regelwerk DIN 2000: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen (10/2000)	
Definition Hier steht die lokale Verfügbarkeit von Rohwasser als Ressource im Vordergrund, unabhängig von der Art der Ressource, mit der Frage: Steht überhaupt ausreichend Rohwasser als Ressource für die Versorgung zur Verfügung? Eigene Wasserentnahmerechte bezogen auf die Systemeinspeisung, bestehend aus eigener Förderung und Fremdbezug von Roh- und Reinwasser. (Kehrwert von IWA-Kennzahl WR003.)	
Kurzbeschreibung Abhängig von der lokalen und zeitlichen Verfügbarkeit von Rohwasser im Gewinnungsgebiet kann ein Fremdbezug von Wasser zur Sicherstellung der Versorgung erforderlich sein. Dieser kann sich im Vergleich zu einer eigenen ortsnahen Wassergewinnung sowohl teurer als auch kostengünstiger darstellen.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Rohwasserverfügbarkeit am Standort [%]: Δ 50 (+/- 25) <i>Anmerkung: Zwei WVU gelten grundsätzlich als vergleichbar, wenn beide einen Wert von größer 100% erreichen.</i>	

¹⁵ Erlaubnis oder Bewilligung für die jährliche Wasserentnahme (m³). Wenn die "eigenen Wassergewinnungsrechte" nicht eindeutig als "Erlaubnis" oder "Bewilligung" festgeschrieben wurden, sollte ein möglichst genauer Schätzwert eingesetzt werden. Dieser Schätzwert sollte auch die tatsächliche Verfügbarkeit berücksichtigen, zum Beispiel auf der Basis einer wasserwirtschaftlichen Risikoanalyse.

¹⁶ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Wassermenge (m³) aus Grund-, Quell- und Oberflächenwasser (Rohwassermenge) zur Einspeisung in die Wasseraufbereitung oder direkt in das Wassertransport- oder Wasserversorgungssystem. Der Wert versteht sich inkl. der realen Verluste, die in der Wassergewinnung auftreten (z.B. für Betriebswasser, Brunnenspülungen etc.).

¹⁷ Gesamter Rohwasserbezug (m³) im Erhebungszeitraum von dritter Seite.

¹⁸ Gesamte Reinwasserbezugsmenge (m³) von externen Verteilungssystemen im Erhebungszeitraum. Die Übernahme von Reinwasser kann an beliebiger Stelle nach der Aufbereitungsanlage erfolgen.

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Bei der Rohwasserverfügbarkeit am Standort handelt es sich um eine naturräumliche Gegebenheit, welche durch das Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflusst werden kann. Weist das Gewinnungsgebiet eines WVU keine oder unzureichende Kapazitäten für eine Eigenförderung auf (Quantität und Qualität), muss die Wasserversorgung durch den Fremdbezug von Roh- bzw. Reinwasser sichergestellt werden. Dies gilt insbesondere auch, wenn die Wasserversorgung bei Spitzenbedarf durch eigene Kapazitäten (Auslastung der Gewinnungsanlagen, Rohwasserverfügbarkeit am Standort oder Wasserentnahmerechte) nicht gedeckt werden kann. Der Bezug von Roh- und Reinwasser kann ebenfalls aus ökonomischer Sicht sinnvoll sein, wenn die *Gewinnung* oder *Aufbereitung* des Rohwassers gegenüber dem Bezug mit einem erhöhten Mehraufwand verbunden ist.

Während mit einem zunehmenden Fremdbezug die unmittelbaren durch das WVU zu erbringenden Aufwendungen für den *Rohwasserschutz*, die *Rohwasserüberwachung* sowie die *Gewinnung* und ggf. *Aufbereitung* abnehmen, steigen gleichermaßen die Kosten für den Wasserbezug. Bei einem vollständigen Fremdbezug entfallen neben Investitionskosten für die Errichtung von *Anlagen zur Wassergewinnung- und ggf. Aufbereitung* (Reinwasserbezug) auch die WVU-eigenen betrieblichen Aufwendungen für den *Ressourcenschutz*, die *Rohwassergewinnung und ggf. -aufbereitung*, diese werden jedoch über den Bezugspreis abgegolten.

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten wie beispielsweise der Entfernung bzw. der geodätischen Lage des Wasserversorgungsunternehmens zum Einspeisepunkt kann der Bezug von Fremdwasser im Vergleich zu einer eigenen Gewinnung und Aufbereitung sowohl kostenintensiver als auch kostengünstiger sein.

Wirtschaftliche Auswirkungen

Investitionen

Je mehr Wasser fremd bezogen wird, desto weniger Wasser muss das WVU selber gewinnen. Daraus ergibt sich u.U. ein verringerter Aufwand z.B. für den Bau von Anlagen der Wassergewinnung- und Aufbereitung oder den Ankauf von Flächen bzw. die Einrichtung von Vorfeldmessstellen.

Betriebsaufwand

Mit zunehmendem Fremdbezug von *Rohwasser bzw. Reinwasser* können die direkten Aufwendungen des WVU für den *Rohwasserschutz* und die *Rohwasserüberwachung* sinken, gleichzeitig nehmen die erforderlichen Zahlungen für den Fremdbezug zu.

Merkmal Gefährdung der Ressource	Einheit [-]
	Merkmalausprägung 1) Gefährdung durch Land- und Forstwirtschaft 2) Gefährdung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie 3) Geogene oder besondere Gefährdungen
Berechnung Erhebung als dreiteilige ja/nein-Abfrage (ja= 1/nein = 0) Summierung als Indexwert mit dem Wertebereich 0 (=keine Gefährdungsart) bis 3 (= alle Gefährdungsarten)	
Verweis auf Regelwerk W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (06/2006) W 102: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren (04/2002) W 104: Grundsätze und Maßnahmen einer gewässerschützenden Landwirtschaft (10/2004) W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten (12/2003)	
Definition Betrachtet wird die jeweils höchstbelastete Wasserfassung/Messstelle innerhalb der Schutzzone I und II (bzw. Vorwarnmessstellen nach DVGW W108 in einem nicht festgesetzten WSG) im Erhebungsjahr und den beiden Jahren zuvor. (Bei der Nutzung von Oberflächenwasser wird die Qualität des Rohwassers unmittelbar vor der Gewinnung zur Beurteilung herangezogen.) 1) Eine Gefährdung liegt vor, wenn a) entweder bei mindestens 3 Messwerten der Nitratwert von 37,5 mg/l (Ausgangspunkt für Trendumkehr nach Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG ¹⁹) überschritten wird. Bei der Bestimmung des Nitratwertes werden auch Sulfatäquivalente aus nicht geogenen Quellen berücksichtigt, oder ein Einzelparameter der Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP) bei mindestens drei Messungen in einer Konzentration über dem Grenzwert der TrinkwV 2011 Anlage 2 Teil I vorliegt. b) aktiv umfangreiche Maßnahmen zur Gefährdungsminimierung betrieben werden (Betreuung einer Kooperation, regelmäßige Teilnahme und Mitwirken in Arbeits-	

¹⁹ „Der Ausgangspunkt für Durchführungsmaßnahmen zur Umkehrung signifikanter und anhaltender steigender Trends ist gegeben, wenn die Konzentration des Schadstoffs 75 % der Parameterwerte der in Anhang I festgelegten Grundwasserqualitätsnormen und der gemäß Artikel 3 festgelegten Schwellenwerte erreicht“ (Anhang IV Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG).

kreisen zur Bewirtschaftung, Festlegung und Überwachung der Bewirtschaftungsregeln etc.). Der Besuch einer Informationsveranstaltung reicht nicht aus.

- 2) Eine Gefährdung liegt vor, wenn
 - a) Messbare Einflüsse (mehr als 3 Messwerte) durch Überschreitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA-Parameterliste oder der Trinkwasserverordnung nachgewiesen werden.
 - b) Maßnahmen zur Gefährdungsminimierung (Stellungnahmen zu Baumaßnahmen, Begleitung der Arbeiten etc.) im Erhebungsjahr durchgeführt werden.
- 3) Eine Gefährdung liegt vor, wenn nach der Einschätzung des WVUs geogen bedingt anorganische Parameter (Ni, As, Cl, Uran,...) oder TOC vorliegen, deren Höhe oder Trend zu einer Gefährdung der Gewinnung führen könnten. Gefährdung bedeutet in diesem Zusammenhang z.B., dass die bestehende Aufbereitung aufgrund der Parameter erweitert werden müsste.

Kurzbeschreibung

- 1) Land- und forstwirtschaftliche Flächennutzungen können Gefährdungen der Ressource verursachen und/oder fördern und begründen damit umfangreichere Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen eines WVU im Einzugsgebiet.
- 2) Flächennutzungen durch Siedlung, Gewerbe und Industrie können Gefährdungen der Ressource verursachen und/oder fördern und begründen damit umfangreichere Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen eines WVU im Einzugsgebiet. Betrachtet werden Siedlungs- und Gewerbeflächen mit Einfluss auf die Rohwasserressource (inkl. Verkehrsflächen, als Vorfluter genutzte Oberflächengewässer etc.).
- 3) Besondere Belastungen können hervorgerufen werden z.B. durch: Altlastenstandorte im Einzugsgebiet, Belastung aus industriellen Einleitungen, saisonale Belastungen (z.B. erhöhte Trübungen nach Schneeschmelze), Sondermülldeponien etc. Diese Gefährdungen müssen (noch) keine Veränderung der analysierten Parameter verursacht haben.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

- 1) Im Einzugsgebiet gibt es Gefährdungen aus Flächennutzung durch Land- und Forstwirtschaft [-]: ja (= 1) /nein (= 0)
- 2) Im Einzugsgebiet gibt es Gefährdungen aus Flächennutzung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie [-]:ja (= 1) /nein (= 0)
- 3) Im Einzugsgebiet gibt es geogene Gefährdungen oder besondere Belastungen [-]: ja (= 1) / nein (= 0)

Anzahl der vorhandenen Gefährdungen (zwischen 0 und 3) [-]: $\Delta 2 (+/- 1)$

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Als Gefährdung der Ressource werden Gegebenheiten im Einzugsgebiet zusammengefasst, welche eine negative Beeinträchtigung des Rohwassers zur Folge haben können. Die Rohwasserressource „kann durch physikalische, chemische, biologische und mikrobiologische Beeinträchtigungen nachteilig in ihrer Beschaffenheit verändert werden“, wobei qualitative

Beeinträchtigungen auch aus quantitativen Veränderungen herrühren können (W101).

Art und Anzahl der im Gewinnungsgebiet vorherrschenden Gefährdungen können abhängig vom Wassergewinnungsgebiet u. U. erheblich variieren. Gefährdungen können sowohl aus Nutzungen im Einzugsgebiet als auch aus geogenen Belastungen bzw. besonderen Gefährdungen resultieren. I. d. R. ist davon auszugehen, dass mit einer intensiven Nutzung des Einzugsgebietes die Gefahr einer Beeinträchtigung zunimmt (W101, W102). Hierzu zählen sowohl Flächennutzungen durch Land- und Forstwirtschaft als auch durch Siedlung, Gewerbe und Industrie.

Gefährdungen sind i. d. R. nicht unmittelbar durch den Wasserversorger zu beeinflussen. Eine Beherrschung des aus der Gefährdung resultierenden Risikos erfordert daher in vielen Fällen Maßnahmen, welche den Aufwand in den Bereichen *Gewässerschutz* und *Gewässerüberwachung* des WVU z. T. erheblich steigern können. Hierzu zählen beispielsweise regelmäßige Begehungen, aufwändige Frühwarnsysteme, Kooperationen zur Gefährdungsminimierung (z.B. Kooperationen mit der Landwirtschaft) oder Flächenzukauf durch das Wasserversorgungsunternehmen.

Gefährdungen sind in ihrer Auswirkung auf das Rohwasser abhängig von naturräumlichen und standörtlichen Gegebenheiten im Einzugsgebiet unterschiedlich zu bewerten. „Dabei ist den unterschiedlichen Auswirkungen der möglichen Gefahrenherde nach Art, Ort und den möglichen Eintragungswegen Rechnung zu tragen“ (W102). So kann das Potential einer Gefährdung abhängig von dem natürlichen Schutz der Rohwasserressource unterschiedlich hoch ausfallen. Bei einem gut geschützten Rohwasser, wie beispielsweise einem Tiefengrundwasser, fallen die vom Wasserversorgungsunternehmen zu erbringenden Leistungen für Überwachung sowie Maßnahmen zum Ressourcenschutz erwartungsgemäß geringer als bei einem Oberflächenwasser aus.

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Je nach Umgang mit den vorhandenen Gefährdungen entstehen z.B. Aufwendungen für den Ankauf von Flächen durch das WVU im Rahmen des Wasserschutzes oder für die Installation aufwändiger Frühwarnsysteme.
<i>Betriebsaufwand</i>	Aufwendungen für Personal, Analytik usw. steigen mit einer zunehmenden Anzahl und Relevanz von Gefährdungen im Einzugsgebiet (Anzahl Vorfeldmessstellen, untersuchte Analytspezies, Häufigkeit/Intensität der Schutzgebietsbegehungen,...) Strategien/Maßnahmen zum Umgang mit Gefährdungen der verwendeten Ressource wie beispielsweise Kooperationen mit der Landwirtschaft führen ebenfalls zu einem erhöhten Betriebsaufwand.

Merkmal Belastung der Ressource	Einheit [-]
	Merkmalausprägung <ol style="list-style-type: none"> 1) Parameter gemäß TrinkwV 2011, die mit Grenzwerten belegt sind (ohne Indikatorparameter) 2) Besondere Parameter (Minimierungsgebot) 3) Steigende Trends
Berechnung Erhebung als dreiteilige ja/nein-Abfrage (ja= 1/nein = 0) Summierung als Indexwert mit dem Wertebereich 0 (=keine Gefährdungsart) bis 3 (= alle Gefährdungsarten)	
Verweis auf Regelwerk W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (06/2006) W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten (12/2003) W 112: Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grundwasser (07/2001)	
Definition <p>Eine Belastung der Ressource wird hier angenommen, wenn für die folgenden Parameter die nachstehenden Grenzwerte an der jeweils höchstbelasteten Wasserfassung/Messstelle innerhalb der Schutzzonen I und II (bzw. Vorwarnmessstellen nach DVGW W 108 in einem nicht festgesetzten WSG) im Erhebungsjahr und den beiden Jahren davor nicht eingehalten wurden. (Bei der Nutzung von Oberflächenwasser wird die Qualität des Rohwassers unmittelbar vor der Gewinnung zur Beurteilung herangezogen.)</p> <p>Eine Belastung liegt vor, wenn einer der folgenden Grenzwerte überschritten wird:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Parameter gemäß TrinkwV 2011, Anlage 2 Teil I²⁰ (mit Grenzwerten belegte Parameter) 2) Parameter gemäß § 6 Abs. 1 TrinkwV 2011²¹ bzw. § 6 Abs. 3 TrinkwV²² (Minimierungsgebot), z.B. Industriechemikalien, anthropogene Spurenstoffe, Arzneimittel etc in Konzentrationen von > 0,1 µg/L („Besondere Parameter“) 	

²⁰ Acrylamid, Benzol, Bor, Bromat, Chrom, Cyanid, 1,2-Dichlorethan, Fluorid, Nitrat, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte, Quecksilber, Selen, Tetrachlorethen und Trichlorethen sowie Uran.

²¹ „Im Trinkwasser dürfen chemische Stoffe nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.“

²² „Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen möglich ist.“

- 3) Parameter gemäß 1) und 2), die signifikanten und anhaltenden steigenden Trends²³ unterliegen (Anmerkung: zu berücksichtigen sind hier nur Belastungen, die die Grenzwerte gemäß 1) und 2) überschreiten und steigende Trends aufweisen)

Kurzbeschreibung

Die Belastung der Ressource ist ein wichtiges Merkmal für die zu erwartende Ressourcenqualität. Je nach Schutzwirkung einer evtl. vorhandenen Barriere (z.B. Tonschicht) können vorhandene Gefährdungen zu einer mehr oder weniger starken Belastung einer Ressource führen. Eine schlechtere Ressourcenqualität wirkt sich auf verschiedene Leistungsbereiche eines WVU aufwands- und damit auch kostensteigernd aus. Die Belastung der Ressource ist i.d.R. vom Umfeld vorgegeben und kann vom WVU nur bedingt direkt beeinflusst werden, weil sie nicht immer im direkten Einwirkungsbereich des Versorgers liegt. Maßstab ist hier im Wesentlichen die TrinkwV 2011.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

- 1) Überschreitet in der Rohwasserressource ein Parameter der Rohwasserressource die Grenzwerte gemäß TrinkwV 2011 (Anlage 2 Teil I)?
ja (= 1)/nein (= 0)
- 2) Überschreitet in der Rohwasserressource eine Substanz gemäß § 6 Abs. 1 TrinkwV 2011 bzw. § 6 Abs. 3 TrinkwV (Minimierungsgebot), z.B. Industriechemikalien, anthropogene Spurenstoffe, Arzneimittel etc. die Konzentration von $< 0,1 \mu\text{g/L}$?
ja (= 1)/nein (= 0)
- 3) Liegen in der Rohwasserressource Parameter gemäß TrinkwV 2011, Anlage 2 Teil I und gem. § 6 Abs. 1 TrinkwV 2011 vor, die steigenden Trends unterliegen? (Anmerkung: zu berücksichtigen sind hier nur Belastungen, die die Grenzwerte gemäß 1) und 2) überschreiten und steigende Trends aufweisen)
ja (= 1)/nein (= 0)

Anzahl der vorhandenen Beeinflussungen bzw. Belastungen der Ressource (zwischen 0 und 3) [-]: $\Delta 2$ (+/- 1)

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Die Belastung der Ressource, welche vom Wasserversorgungsunternehmen nicht unmittelbar beeinflussbar ist, ist ein wichtiges Merkmal für die Ressourcenqualität und wirkt sich entsprechend auf die vom Wasserversorgungsunternehmen zu treffenden Aufwendungen für z.B. die *Rohwasserüberwachung*, *Bewirtschaftung*, *Wasseraufbereitung* (s. auch Strukturmerkmal „Grad der Aufbereitung“) sowie den *vorsorgenden Gewässerschutz* aus.

Die Rohwasserressource „kann durch physikalische, chemische, biologische und mikrobiolo-

²³ Ein signifikanter und anhaltender steigender Trend ist gemäß Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG definiert als „statistisch signifikante und ökologisch bedeutsame Zunahme der Konzentration eines Schadstoffs, einer Schadstoffgruppe oder eines Verschmutzungsindikator.“

gische Beeinträchtigungen nachteilig in ihrer Beschaffenheit verändert werden. Darüber hinaus können auch qualitative Beeinträchtigungen aus quantitativen Veränderungen herrühren und sind deshalb mit zu berücksichtigen“ (W101).

Die Belastung der Ressource kann sowohl anthropogenen als auch geogenen Ursprunges sein, wobei die natürliche, rein geogen geprägte Rohwasserbeschaffenheit „bei einzelnen Messgrößen erheblichen Schwankungen unterliegen“ kann. I. d. R. ist davon auszugehen, dass die Belastung der Ressource mit einem steigenden anthropogen Einfluss zunimmt (W108).

Mit einer zunehmenden Belastung der Ressource steigen die erforderlichen Aufwendungen der *Rohwasserüberwachung*. Der Untersuchungsumfang (z.B. Anzahl Messstellen, untersuchte Analytspezies) richtet sich nach den im Wasserversorgungsgebiet örtlichen Gegebenheiten (W112).

Die Rohwasserbelastung wirkt sich unmittelbar auf zu treffende Aufwendungen für die *Bewirtschaftung* sowie den *vorsorgenden Gewässerschutz* aus. So können beispielsweise aufwändige Sanierungskonzepte oder Kooperationen zur Minimierung von Gewässerbeeinträchtigungen für einen nachhaltigen Ressourcenschutz erforderlich sein.

Das Strukturmerkmal „Belastung der Ressource“ kann ebenfalls einen gesteigerten *Aufbereitungsaufwand* erfordern. Im Gegensatz zu Grund- und Quellwasser, welches i. d. R. eine höhere Qualität als Oberflächenwasser aufweist und „teilweise ohne Aufbereitung zur Trinkwasserversorgung genutzt werden kann, ist die Verwendung von Oberflächenwasser immer mit Aufbereitungskosten verbunden“ (Holländer et al., 2008), wobei sich die Anzahl und Wirksamkeit der zusätzlichen Aufbereitungsstufen nach vorhandenen Belastungen der Ressource sowie ggf. Gefährdungen im Einzugsgebiet richten (s. auch Strukturmerkmal „Gefährdung der Ressource“). Natürliche Fließgewässer erfordern einen hohen Aufbereitungsaufwand, da sie auch bei günstigen Einzugsgebieten hohe Belastungsschwankungen aufweisen, „die nicht durch Konzentrationsausgleich und Absetzvorgänge gemindert werden“ (Mutschmann und Stimmelmayer, 2011).

U.U. kann der *Fremdbezug von Roh- bzw. Reinwasser* erforderlich oder ökonomisch sinnvoll sein, wenn das Rohwasser eine geringe oder stark schwankende *Qualität* aufweist und einen erheblichen Mehraufwand für die Rohwasseraufbereitung bedeuten würde. Während mit einem zunehmenden Fremdbezug die unmittelbaren durch das WVU zu treffenden Aufwendungen für den *Rohwasserschutz*, die *Rohwasserüberwachung*, die *Gewinnung* und ggf. *Aufbereitung* abnehmen, steigen gleichermaßen die Kosten für den Wasserbezug. Bei einem vollständigen Reinwasserbezug entfallen neben Investitionskosten für die Errichtung von Anlagen zur Wassergewinnung- und Aufbereitung auch die WVU-eigenen betrieblichen Aufwendungen für den *Ressourcenschutz*, die *Rohwassergewinnung und -aufbereitung*, diese werden jedoch über den Bezugspreis abgegolten. Abhängig von den räumlichen Gegebenheiten (z. B. Entfernung bzw. geodätische Lage des WVU zum Einspeisepunkt) kann der Bezug von Reinwasser im Vergleich zu einer eigenen Gewinnung und Aufbereitung sowohl kostenintensiver als auch kostengünstiger sein.

Wirtschaftliche Auswirkungen	
<i>Investitionen</i>	Mit zunehmender Belastung der Ressource können je nach Schutzwirkung der Barrieren zunehmende Anzahlen an Vorfeldmessstellen erforderlich werden.
<i>Betriebsaufwand</i>	<p>Mit einer zunehmenden Belastung der Ressource steigen die Aufwendungen für Personal und Analytik (Anzahl Messstellen, untersuchte Analytspezies,...). Es können höhere Aufwendungen für den Rohwasserschutz anfallen (z.B. Kooperationen zur Minimierung von Gewässerbeeinträchtigungen, Sanierungskonzepte, etc.)</p> <p>Die Belastung der Ressource kann zudem einen höheren Aufbereitungsaufwand erfordern.</p>

Merkmal	Einheit [%]
Grad der Aufbereitung	Merkmalausprägung <ol style="list-style-type: none"> 1) Keine Aufbereitung 2) Konventionelle Aufbereitung 3) Weitergehende Aufbereitung
<p>Berechnung</p> <p>1) Wasserabgabe ohne jede Aufbereitung / Aufbereitete Wassermenge²⁴ *100</p> <p>2) Wasserabgabe nach konventioneller Aufbereitung / Aufbereitete Wassermenge²⁴ *100</p> <p>3) Wasserabgabe nach weitergehender Aufbereitung / Aufbereitete Wassermenge²⁴ *100</p> <p><i>Anmerkung: _ Der Wert wurde im Rahmen der Datenerhebung nicht berechnet, sondern direkt als Eingabewert erhoben</i></p>	
<p>Verweis auf Regelwerk</p> <p>W 202: Technische Regeln Wasseraufbereitung (TRWA) – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung (03/2010)</p> <p>W 216: Versorgung mit unterschiedlichen Trinkwässern (08/2004)</p> <p>W 1000: Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Trinkwasserversorgern (11/2005)</p> <p>DIN 2000: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen (10/2000)</p>	
<p>Definition</p> <p>Wasserabgabe ohne jede Aufbereitung, nach konventioneller bzw. weitergehender Aufbereitung als Anteil der insgesamt aufbereiteten Wassermenge.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Keine Aufbereitung: Wasserabgabe ohne jede Aufbereitung. 2) Konventionelle Aufbereitung: umfasst u.a. Filtration, Belüftung, Entgasung, Einstellung des Gleichgewichts-pH, Flockung, Fällung, Desinfektion etc. 3) Weitergehende Aufbereitung: umfasst Verfahren zur zentralen Enthärtung, Ionenaustauschverfahren, Membranfiltration, Adsorption an Aktivkohle, biologische Verfahren (z.B. Denitrifikation, nicht aber Enteisenung, Entmanganung, Nitrifikation), Ozonung, weitergehende Oxidationsverfahren (AOP) etc. 	
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Ausgehend von einer fachlich fundierten Auslegung und Planung von Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen nach den a.a.R.d.T. gelten die installierten Aufbereitungsverfahren als für die Einhaltung der TrinkwV erforderliche Anlagen. Die Komplexität der Anlagen hängt primär von den verfügbaren Rohwasserqualitäten, weiterhin von spezifischen Randbedin-</p>	

²⁴ Gesamtmenge (m³) des im Erhebungszeitraum aufbereiteten Rohwassers. Die Gesamtmenge kann aus mehreren Rohwasser-Teilströmen bestehen. Diese Mengen werden bei der Erhebung über alle Wasserwerke addiert Die aufbereitete Wassermenge ergibt sich als Summe aus "Reinwasserabgabe" und "Betriebswasserverbrauch". Entspricht der IWA-Variablen A6 "Wasseraufbereitung".

gungen wie Anforderungen an die Mischbarkeit verschiedener Trinkwässer, korrosionschemischen Eigenschaften etc. ab.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

- 1) Wasserabgabe ohne jede Aufbereitung als Anteil der insgesamt aufbereiteten Wassermenge [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$
- 2) Wasserabgabe nach konventioneller Aufbereitung als Anteil der insgesamt aufbereiteten Wassermenge: [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$
- 3) Wasserabgabe nach weitergehender Aufbereitung als Anteil an der insgesamt aufbereiteten Wassermenge: [%]: $\Delta 50 (+/- 25)$

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Der erforderliche Grad der Aufbereitung (keine, konventionelle, weitergehende) ergibt sich aus den vorliegenden Rohwasserverhältnissen (s. Strukturmerkmal „Art der Ressource“) und den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV), behördlichen Auflagen, Regelwerksempfehlungen etc.. Je mehr Rohwasserparameter von der in der TrinkwV geforderten Trinkwasserbeschaffenheit abweichen, desto höher sind in der Regel die Aufbereitungserfordernisse und der mit der Aufbereitung verbundene Aufwand. Je nach Rohwasserbeschaffenheit kommen verschiedene Aufbereitungsverfahren in Betracht, von denen einige „zu signifikant höheren Kosten in der Aufbereitung führen als andere. Dies sind aufgrund der höheren Investitions- und Betriebskosten insbesondere: Aktivkohleadsorption, Flockung, Membranverfahren, Desinfektion, Ionenaustausch und zentrale Enthärtung“ (Bartsch, 2007). Auch führen z.B. höhere Eisengehalte von Rohwässern zu kürzeren Filterlaufzeiten, häufigeren Rückspülungen und damit zu höheren Betriebskosten in der Aufbereitung. Neben den direkten Aufbereitungskosten ist ebenfalls der Aufwand für die Entsorgung von bei der Aufbereitung entstehenden Rückständen (z.B. Filterschlamm) zu berücksichtigen. Zusätzlich kann es bei schon leicht erhöhten Eisengehalten im Trinkwasser zu höheren Kosten im Betrieb des Rohrnetzes kommen (bspw. durch häufigeres Spülen) (Bartsch, 2007).

Bei der Rohwasserqualität handelt es sich um eine naturräumliche Gegebenheit, auf die der Wasserversorger keinen Einfluss hat. Ihm obliegt es, „die in Frage kommenden Aufbereitungsverfahren unter Beachtung der lokalen Randbedingungen, insbesondere der vorhandenen Rohwasserqualität und der angestrebten Trinkwasserbeschaffenheit, unter Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren auszuwählen. (...) Qualität und Sicherheit der Trinkwasserversorgung sind als übergeordnetes Planungskriterium auf jeden Fall zu berücksichtigen“ (W202).

Qualität

Das Technische Regelwerk stellt umfassende Anforderungen an die Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung. Diese müssen gemäß W202 verschiedenen grundsätzlichen Anforderungen entsprechen, wie Einhaltung Trinkwasserqualität, ausreichende Aufbereitungskapazität, Einhaltung der gesetzlichen und normativen Bestimmungen, Einsatz qualifizierter Personen aber auch Wirtschaftlichkeit, Einhaltung des Minimierungsgebotes und Prozesssicherheit werden gefordert.

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten ergeben sich aus diesen Forderungen verschiedene Aufwands- und Leistungsanforderungen. So sind die Trinkwasser-

aufbereitungsanlagen z.B. so zu planen, zu bauen und zu betreiben, dass auch bei ungünstiger Rohwasserbeschaffenheit und gleichzeitig maximaler Auslastung der Anlagen die geforderte Qualität des Trinkwassers sichergestellt wird (W202). Das heißt, dass es nicht ausreicht, eine Wasseraufbereitungsanlage auf die normalen Rohwasserhältnisse auszulegen, sondern dass diese ausreichende qualitative Leistungsreserven vorhalten muss. Dies ist besonders unter dem Aspekt von plötzlich auftretenden Veränderungen der Rohwasserbeschaffenheit, z.B. Trübungsspitzen nach Starkregenereignissen in Oberflächengewässern von Relevanz. Diese sind trotz der Fortschritte in der Wasseranalytik nur schwer so frühzeitig zu erkennen, dass Gegenmaßnahmen ergriffen und die Wasseraufbereitung rechtzeitig angepasst werden kann. Das erfordert eine *hinreichend große qualitative Leistungsreserve* der Aufbereitung und nicht nur eine Auslegung auf die Rohwasserqualität in ihrer normalen Schwankungsbreite.

Je nach Schwankungsbreiten in der zur Verfügung stehenden Rohwasserqualität können aus dieser Forderung nach qualitativen Reserven unterschiedliche Aufwendungen entstehen.

Aufbereitungskapazität

Die Forderung nach ausreichenden Leistungsreserven der Anlagen zur Wasseraufbereitung gilt nicht nur für die qualitative Seite sondern auch für die quantitativen Kapazitäten: „Die Kapazität der Trinkwasseraufbereitungsanlagen richtet sich nach dem Wasserbedarf, dem Speichervolumen und der jeweiligen Versorgungssituation. Falls die Anlage den gesamten Wasserbedarf in einem Versorgungsgebiet deckt, werden die Auslegung durch den dort vorhandenen Wasserbedarf (Spitzenbedarf, Jahresbedarf) und dessen absehbare Entwicklung bestimmt. Es muss eine hohe Versorgungssicherheit, z.B. durch redundante Anlagenteile oder durch einen Trinkwasserverbund sichergestellt werden“ (W202).

Auf die Relevanz von Redundanzen weist auch die DIN 2000 hin: "Besonderer Wert ist auf eine ausreichende Bemessung und eine hohe Verfügbarkeit der Anlagen sowie eine zuverlässige Versorgung mit Energie und Betriebsmitteln zu legen. Wichtige Anlagen sind, wenn technisch möglich und sinnvoll, so auszulegen, dass auch bei Ausfall eines Anlagenteils die Versorgungssicherheit gegeben ist" (DIN 2000). Die Aufbereitungsanlagen müssen nach DIN 2000 dahingehend ausgelegt sein, dass auch bei gleichzeitigem Zusammentreffen mehrerer vorhersehbarer Extrembedingungen (zum Beispiel hohe Rohwasserbelastung, stark schwankender Wassergebrauch) ausreichend Trinkwasser in einwandfreier Qualität zur Verfügung steht.

Qualifikation

Neben den genannten technischen Anforderungen wird im technischen Regelwerk darauf hingewiesen, dass für Planung und Erstellung von Trinkwasseraufbereitungsanlagen der Einsatz von Fachfirmen gemäß DVGW W200 und Fachleuten erforderlich ist (W202). An die Organisation und personelle Ausstattung der Unternehmen, die die Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung betreiben, werden weitergehende Anforderungen gestellt (W1000). Durch den Einsatz von qualifizierten Fachfirmen und Mitarbeitern wird eine zuverlässige und sichere Trinkwasserversorgung gesichert.

Besondere Aufbereitungserfordernisse

Besondere Aufbereitungserfordernisse sind zu berücksichtigen, wenn z.B. vom Kunden, aus dem politischen Bereich oder durch andere Instanzen diese Anforderungen an das WVU herangetragen werden. Hierzu zählt auch der Wunsch nach z. B. weichem Trinkwasser. Aus

besonderen Qualitätsanforderungen ergeben sich i.d.R. erhöhte Aufwendungen sowohl für Investitionen als auch für den Betrieb. Entweder sind ganze Verfahrensstufen zu installieren und zu betreiben, wie z.B. eine Enthärtungsanlage oder eine Anlage zur Denitrifizierung, oder die bestehenden Anlagen müssen ausgebaut bzw. mit einem höheren Aufwand betrieben werden, um die erzeugte Trinkwasserqualität über die Vorgaben der TrinkwV hinaus zu verbessern (z.B. Vergrößerung von Filterflächen/-schichthöhen, Zugabe von Sauerstoff zur Unterstützung bestehender Filterstufen, Flockung, Ozonung). Durch die aus diesen Ansprüchen resultierenden Maßnahmen ergeben sich in vielen Fällen umfangreiche Investitionen in die Verfahrenstechnik der Aufbereitung. Können die Qualitätsanforderungen mit den bestehenden Anlagen erreicht werden, sind häufig höhere Betriebskosten für Zugabemittel oder Energie die Folge. Je nach Verfahrensart entstehen durch die weitergehende Aufbereitung (wie z.B. Enthärtung) Rückstände bzw. Nebenprodukte, die u.U. behandelt oder kostenpflichtig entsorgt werden müssen (W213-1 bis W213-6, W222).

Wirtschaftlichkeit

Das technische Regelwerk stellt neben den technischen Anforderungen klar die Prämisse der Wirtschaftlichkeit heraus: „Bei der Verfahrenswahl und bei der Planung des Aufbereitungsprozesses ist zu beachten, dass der wirtschaftliche Betrieb einer Aufbereitungsanlage und damit die Gesamtkosten über den gesamten Lebenszyklus sowohl von den Investitionskosten als auch von den Betriebskosten bestimmt werden. Es ist deshalb bezüglich der Gesamtkosten ein Optimum aus Anlagendimensionierung und -ausstattung einerseits, sowie den die Betriebskosten dominierenden Anteil für Energie, Aufbereitungsstoffe sowie den Personalkosten für Betrieb und Instandhaltung andererseits anzustreben (...)“ (W202).

Prozesssicherheit

Neben den o.g. Forderungen spielt bei Planung, Bau und Betrieb von Anlagen der Wasserversorgung auch die Prozesssicherheit eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund verlangt das Technische Regelwerk die Bevorzugung eigensicherer Verfahren mit hoher Prozesssicherheit und Betriebsstabilität und mit geringem Betreuungs- und Überwachungsaufwand. Die Voraussetzung für die Wahl technisch aufwändiger und komplexer Aufbereitungsverfahren sind die Sicherstellung der Betriebssicherheit, eine laufende Überwachung sowie die ständige Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal (W202).

Wirtschaftliche Auswirkungen

„Die Qualität des Rohwassers hat Auswirkungen auf die Kapital- und Betriebskosten eines Versorgers. Insbesondere die Aufbereitungsverfahren Aktivkohleadsorption, Flockung, Membranverfahren, Desinfektion, Ionentausch und zentrale Enthärtung führen zu deutlich höheren Kosten. Zusätzliche Auflagen können die Aufbereitung des Rohwassers noch weiter verteuern.“ (Bartsch, 2007)

Investitionen

Je komplexer eine Wasseraufbereitungsanlage ist, desto höher sind die damit verbundenen Investitionen.

Betriebsaufwand

Mit zunehmender Komplexität der Wasseraufbereitung geht in der Regel auch steigender Betriebsaufwand einher, welcher z.B. aus umfangreicheren Inspektionen/Wartungen (Personal) oder dem höhe-

	<p>ren Einsatz von Aufbereitungsstoffen oder Energie resultieren kann. Müssen durch die weitergehende Aufbereitung entstehende Nebenprodukte/Rückstände behandelt oder kostenpflichtig entsorgt werden, erhöht sich die Betriebsaufwand ebenfalls.</p>
--	--

Merkmal Entnahmekapazität	Einheit [m ³ /h/Entnahmebauwerk]
	Merkmalausprägung 1) Durchschnittliche Entnahmekapazität (GW und OGW) 2) Durchschnittliche Entnahmekapazität (OFW)
Berechnung 1) (Wasserförderung Tiefengrundwasser ²⁵ + Wasserförderung oberflächennahes Grundwasser ²⁶) / Anzahl Fassungsanlagen oberflächennahes Grundwasser und Tiefengrundwasser gesamt ²⁷ / 365 / 24 2) Wasserförderung Oberflächenwasser ²⁸ / Anzahl Fassungsanlagen Oberflächenwasser ²⁹ / 365 / 24	
Verweis auf Regelwerk W 118: Bemessung von Vertikalfilterbrunnen (07/2005) W 125: Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen (04/2004) W 126: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung (09/2007) W 127: Quellwassergewinnungsanlagen - Planung, Bau, Betrieb, Sanierung und Rückbau (03/2006)	
Definition 1) Jährliche eigengeförderte Gewinnungsmenge Tiefengrundwasser und oberflächennahes Grundwasser bezogen auf die Anzahl aller genehmigten Entnahmebauwerke für Grundwasser oberflächennahes Grundwasser, auf eine Stunde gemittelt. 2) Jährliche eigengeförderte Gewinnungsmenge Oberflächenwasser bezogen auf die Anzahl aller genehmigten Entnahmebauwerke für Oberflächenwasser, auf eine Stunde gemittelt.	

²⁵ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge (m³) Tiefengrundwasser (GW), bestehend aus Grundwasser aus stark geschützten Tiefengrundwasserleiter oder tieferer Stockwerke (>= 2. Stockwerk).

²⁶ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge (m³) oberflächennahes Grundwasser. Oberflächennahes Grundwasser (OGW) wird definiert als Grundwasser aus dem ersten Grundwasserstockwerk und/oder aus Uferfiltrat mit mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund. Quellwasser wird ebenfalls als oberflächennahes Grundwasser aufgefasst.

²⁷ Anzahl aller genehmigten Fassungsanlagen für die Entnahme von oberflächennahem Grundwasser und Tiefengrundwasser.

²⁸ Die im Erhebungszeitraum vom Unternehmen gewonnene Menge Oberflächenwasser (OFW), bestehend aus Talsperren-, Seen- oder Flusswasser. Uferfiltrat mit mehr als 30 Tagen Fließzeit im Untergrund wird als oberflächennahes Grundwasser betrachtet.

²⁹ Anzahl aller genehmigten Fassungsanlagen für die Entnahme von Oberflächenwasser.

Kurzbeschreibung

Eine geringe durchschnittliche Entnahmekapazität ist ein Zeichen für eine geringe Ergiebigkeit der einzelnen Wassergewinnungsanlage und führt bei gleichen Quantitätserfordernissen zu einer relativ hohen Anzahl von Entnahmebauwerken. Diese sind beispielsweise bei wenig ergiebigen Grundwasserressourcen meist über mehrere räumlich entfernt liegende Gewinnungsgebiete verteilt. Diese Konstellation bedeutet einen höheren Aufwand des Wasserversorgers.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

Durchschnittliche Entnahmekapazität [$\text{m}^3/\text{h}/\text{Entnahmebauwerk}$]:

- 1) Entnahmekapazität Grundwasser und oberflächennahes Grundwasser: $\Delta 80$ (+/- 40)
- 2) Entnahmekapazität Oberflächenwasser: $\Delta 2000$ (+/- 1000)

(Anmerkung: Für Hebergalerien wird jeder einzelne Brunnen mitgezählt.)

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Dieses Strukturmerkmal beschreibt die räumliche Verteilung der Gewinnungsanlagen. Diese wird primär von naturräumlichen Gegebenheiten wie z.B. den geologischen und hydraulischen Randbedingungen innerhalb des Einzugsgebietes beeinflusst, auf die der Wasserversorger keinen unmittelbaren Einfluss hat. Auch die Art der Ressource – hier Grundwasser oder Oberflächenwasser – hat einen Einfluss auf die Entnahmekapazität der Gewinnungsanlagen: i.d.R. gilt, dass Oberflächenwasserentnahmen ergiebiger sind als Grundwasserentnahmen, da hier die Anzahl erforderlicher Entnahmebauwerke geringer ist als bei Quell- bzw. Brunnenwasserfassungen.

Die Bemessung und die Anordnung von Wassergewinnungsanlagen in einem Grundwasserleitersystem sind nicht durch das Wasserversorgungsunternehmen beliebig wählbar. Sie orientieren sich an geohydraulischen und hydrogeologischen Kriterien. Da die Wassergewinnungsanlagen immer an die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse angepasst werden müssen, sind Standorte räumlich nicht beliebig veränderlich. „Benachbarte Entnahmen Dritter sowie Einflussbereiche mit ungünstigen hydrochemischen, mikrobiologischen und hydraulischen Eigenschaften müssen ebenso wie naturräumliche Gegebenheiten berücksichtigt werden“ (W125).

Auf die Rohwasserverfügbarkeit hat das Wasserversorgungsunternehmen keinen Einfluss. Wenn bspw. kein Gewinnungsgebiet mit ausreichendem Grundwasserdargebot zur Sicherstellung der gesamten erforderlichen Rohwassermenge zur Verfügung steht, müssen mehrere Gewinnungsgebiete erschlossen und betrieben werden. Je weniger ergiebig die einzelnen verfügbaren Grundwasserleiter sind und je höher der Wasserbedarf ist, desto mehr Gewinnungsgebiete sind erforderlich. Alternativ kann bei nicht ausreichenden Grundwasservorkommen die Nutzung von Oberflächenwasser, wenn lokal möglich, oder ein Fremdbezug von Wasser aus einem benachbarten Versorgungsgebiet erwogen werden.

I.d.R. sinken mit zunehmender Ergiebigkeit der genutzten Gewinnungsanlage ihre spezifischen Kapitalkosten, wenn die Gewinnungsanlage zur Förderung größerer Wassermengen

genutzt werden kann. Ist für die erforderliche Rohwassermenge der Betrieb mehrerer Gewinnungsanlagen erforderlich, welche möglicherweise aufgrund hydrogeologischer Gegebenheiten räumlich weit voneinander entfernt liegen, steigt der Aufwand für Inspektion, Wartung und Instandhaltung. So verringern ergiebige Grundwasserressourcen beispielsweise „die Kosten für den Brunnenbau (Anzahl, Durchmesser und Abstände) und den Betrieb der Brunnen (resultierende Absenkung)“ (Bartsch, 2007). Dieser Zusammenhang wird auch von Holländer et al. (2009) bestätigt: „Unternehmen, die aufgrund der geringen Ergiebigkeit ihrer Wasservorkommen auf eine größere Anzahl von Fassungen angewiesen sind, die u. U. auch eine komplexere räumliche Verteilung aufweisen, besitzen einen strukturellen Nachteil, der sich in den Gesamtkosten der Wassergewinnung niederschlägt.“

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Steigend mit jeder zusätzlich erforderlichen Fassungsanlage bzw. jedem weiteren Gewinnungsgebiet.
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit zunehmender Anzahl an Gewinnungsgebieten (Dezentralität der Gewinnungsanlagen) steigt der Aufwand für den Betrieb der Anlagen. Es entstehen erhöhte Aufwendungen bei der Inspektion, Wartung und Instandsetzung (längere Wege, mehrere Ziele, höhere Anzahl an Brunnen/Anlagen). Kommt zur geringen Ergiebigkeit noch ein rascher Leistungsrückgang (z.B. durch Brunnenverockerung) hinzu, fallen erhöhte Aufwendungen für Regenerierungen an.

Merkmal Förderhöhe Rohwassertransport	Einheit [m]
	Merkmalausprägung Manometrische Förderhöhe bis Aufbereitung im Rohwassertransport
Berechnung Erhebung direkt als Eingabewert	
Verweis auf Regelwerk W409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen (01/2007) W125: Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen (04/2004)	
Definition Maximale Höhendifferenz im Transportgebiet (Rohwasser); gemessen von Wasserspiegellage der Wassergewinnungsanlage bis Eingang Wasserwerk inklusiv Verlusthöhe (manometrische Förderhöhe). <i>Anmerkung: Liegt die Wasserspiegellage höher als der Eingang des Wasserwerkes, ist die Höhendifferenz negativ.</i>	
Kurzbeschreibung Mit zunehmender Förderhöhe steigt der Energieaufwand für den Rohwassertransport. Weiterhin steigen die Anforderungen an die Druckfestigkeit des Systems.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Förderhöhe Rohwassertransport: $\Delta 100$ (+/- 50)	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk Dieses Strukturmerkmal ist durch standortspezifische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet geprägt. Das Strukturmerkmal beruht auf natürlichen, standortspezifischen Gegebenheiten, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbar sind. Die manometrische Förderhöhe des geförderten Rohwassers steht in einem direkten Zusammenhang zu dem erforderlichen Energiebedarf. Je größer der zu überwindende Höhenunterschied, desto mehr Energie muss für den Wassertransport aufgewendet werden. Je bar Druckerhöhung lässt sich der zusätzliche Energieaufwand mit etwa $0,1 \text{ kWh/m}^3$ beziffern (W 409). Dieser schlägt sich in höheren Energiekosten nieder. Neben dem Energieaufwand beeinflusst die zu realisierende Druckhöhe auch die Auslegung der Rohrleitung und Einbauten/Pumpen. Diese sind auf die jeweiligen <i>Nenndruckstufen</i> auszulegen. Es müssen Werkstoffe und Materialdicken gewählt werden, die die erforderliche Festigkeit gewährleisten. Je höher die Nenndruckstufe, desto größere Wanddicken bzw. festere Werkstoffe sind zu wählen. Je höher die Druckstufe, auf die die Anlagen(teile) ausgelegt sind, desto höhere <i>Investitionskosten</i> fallen tendenziell an.	

Wirtschaftliche Auswirkungen	
<i>Investitionen</i>	Mit zunehmender Förderhöhe werden höhere Druckfestigkeiten bei den eingesetzten Materialien/Anlagen(teilen) erforderlich, was sich in vergleichsweise höheren Aufwendungen widerspiegelt.
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit zunehmender Förderhöhe steigt der Energieaufwand für die Rohwasserförderung.

Merkmal Leitungslänge Rohwassertransport	Einheit [km]
	Merkmalausprägung Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen
Berechnung -	
Verweis auf Regelwerk W409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen (01/2007) W125: Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen (04/2004)	
Definition Länge der vorhandenen Transportleitungen für Rohwasser von den Wasserfassungen bis Eingang Wasserwerk(e).	
Kurzbeschreibung Höhere Transportentfernungen bedeuten höhere Investitionskosten für Leitungen sowie einen höheren Betriebsaufwand für den Wassertransport (z.B. Energie, Spülungen, Überwachungen, ...).	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Leitungslänge der Rohwassertransportleitungen [km]: $\Delta 40 (+/- 20)$	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk Dieses Strukturmerkmal ist durch standortspezifische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet geprägt. Das Strukturmerkmal beruht auf natürlichen, standortspezifischen Gegebenheiten, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbar sind. Ebenso wie die Höhenunterschiede (und daraus resultierend die erforderliche Förderhöhe: s. Strukturmerkmal „Förderhöhe Rohwasser“) stellt auch die Leitungslänge der Rohwassertransportleitung eine standortspezifische Gegebenheit dar, die durch den Wasserversorger nicht unmittelbar beeinflussbar ist. Sie resultiert aus der Lage der Gewinnungsanlagen zu den Aufbereitungsanlagen. Hierauf besteht nur ein sehr begrenzter Einfluss, da in der Regel die Anlagen bereits vorhanden und räumlich nicht beliebig veränderlich sind und die Wassergewinnungsanlagen an die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse angepasst werden müssen (W125). Außerdem besteht nicht regelmäßig eine Wahl zwischen verschiedenen Gewinnungsgebieten, so dass nicht immer das räumlich näher gelegene Gebiet ausgewählt werden kann. Bei der Festlegung von Gewinnungsgebieten spielen viel mehr geohydraulische und hydrogeologische Faktoren eine primäre Rolle. Weiterhin sind benachbarte Entnahmen Dritter sowie Einflussbereiche mit ungünstigen hydrochemischen, mikrobiologischen und hydraulischen Eigenschaften ebenso wie naturräumliche Gegebenheiten zu berücksichtigen (W125). Mit zunehmender Entfernung zwischen Gewinnungsanlagen und Wasserwerken/Verteilungsanlagen in das Netz steigen die absoluten <i>Investitionskosten</i> für die Rohwasserleitungen. Weiterhin müssen längere Rohrleitungsabschnitte betrieben (auch gewartet und instandge-	

setzt) werden. Das resultiert in höheren *Betriebskosten*. Ebenfalls in den Betriebskosten drückt sich der mit zunehmender Strecke steigende erforderliche *Energieaufwand* für die Förderung des Rohwassers aus (Stichwort: Reibungsverluste).

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Mit zunehmender Leitungslänge steigen die erforderlichen Aufwendungen der Rohwassertransportleitungen.
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit zunehmender Rohrleitungslänge steigt der Energieaufwand für die Rohwasserförderung und die Aufwendungen für die Inspektion, Wartung (z.B. Spülungen) und Instandsetzung der Rohwasserleitungen.

Anhang 2: Datenblätter Strukturmerkmale Wassernetze

Merkmalkategorien im Bereich „Wassernetze“			
5. Topographie und Versorgungsgebiet			
<i>Strukturmerkmal</i>	<i>Merkmalsausprägung</i>	<i>Einheit</i>	<i>DV / FV</i>
Maximale Höhendifferenz	Maximale Höhendifferenz in Relation zum Einspeisepunkt	m	FV
Druckzonen im Versorgungssystem	Anzahl Druckzonen	Anzahl	DV / FV
Bodenklassen	Bodenklassen für Tiefbauarbeiten	%	DV / FV
Art des Siedlungsraums	Großstadtregion	-	DV
	Städtischer Raum	-	DV
	Ländlicher Raum	-	DV
Besondere Gefährdungen	Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme aus Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.	ja/nein	DV / FV
6. Abnehmercharakteristik/Siedlungsstrukturtyp			
Bevölkerungsänderung	Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre	%/a	DV / FV
Abgabe an Sondervertragskunden	Anteil der Wasserabgabe in Form von Direktversorgung an Sondervertragskunden	%	DV
Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch	Durchschnittlicher spezifischer Wasserverbrauch für Haushalts- und Kleingewerbe je Einwohner und Tag	l/EW/d	DV
Metermengenwert	Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)	m ³ /m	DV / FV
Hausanschlussdichte	Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Größe des Versorgungsgebiets	HA/km ²	DV
Täglicher Spitzenfaktor absolut	Maximaler Spitzentagesbedarf der letzten 10 Jahre in Relation zur Jahreseinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)	-	DV / FV

Merkmal	Einheit [m]
Maximale Höhendifferenz (Nur FV)	Merkmalsausprägung Maximale Höhendifferenz in Relation zum Einspeisepunkt
Berechnung	
Differenz aus Einspeisepunkt (EP) und maximaler (H_{\max}) bzw. minimaler Höhe (H_{\min}) des Versorgungsgebietes (m über NHN), mit	
<ol style="list-style-type: none"> 1. $H_{\min} \leq EP \leq H_{\max} : (H_{\max} - EP) - (EP - H_{\min})$ 2. $EP > H_{\max} : H_{\min} - EP$ 3. $EP < H_{\min} : H_{\max} - EP$ 	
Verweis auf Regelwerk	
W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilsanlagen, Teil 1: Planung (10/2004)	
W 610 (A): Pumpensysteme in der Trinkwasserversorgung (03/2010)	
W 611: Energieoptimierung und Kostensenkung in Wasserwerksanlagen (10/1996)	
W613: Energierückgewinnung durch Wasserkraftanlagen in der Trinkwasserversorgung (08/1994)	
W 617: Druckerhöhungsanlagen in der Trinkwasserversorgung (11/2006)	
Definition³⁰	
Differenz zwischen dem Einspeisepunkt (EP) und maximaler (H_{\max}) bzw. minimaler Höhe (H_{\min}) des Versorgungsgebietes (m über NHN), entsprechend gilt für	
<ol style="list-style-type: none"> 1. $H_{\min} \leq EP \leq H_{\max} : (H_{\max} - EP) - (EP - H_{\min})$ 2. $EP > H_{\max} : H_{\min} - EP$ 3. $EP < H_{\min} : H_{\max} - EP$ 	
<i>Anmerkung: Liegen verschiedene Einspeisepunkte vor, ist zunächst jeder Einspeisepunkt zu berücksichtigen, die maximale Höhendifferenz ist abschließend durch eine Gewichtung gemäß der eingespeisten Wassermengen anzugeben. Als H_{\max} bzw. H_{\min} ist je der höchst- bzw. tiefstgelegene Betriebspunkt zu berücksichtigen, welcher von mindestens 90% der geförderten Wassermenge durchströmt wird.</i>	
Kurzbeschreibung	
Die Höhendifferenz im Versorgungsgebiet ist Haupteinflussfaktor auf den Energieeinsatz des WVU im Netzbetrieb. Je größere Höhendifferenzen in Relation zum Einspeisepunkt vorliegen, desto mehr Pumpenergie wird für die Aufrechterhaltung eines flächendeckenden, nach den a.a.R.d.T. (gemäß W400-1) vorgegebenen Versorgungsdrucks erforderlich. Eine anspruchsvolle Topografie mit großen Höhendifferenzen erfordert in vielen Fällen auch eine höhere Komplexität des Verteilungssystems, wodurch sich die Planungs-, Bau- und Betriebskosten (inkl. Wartung und Instandhaltung) erhöhen.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich	
Max. Höhendifferenz in Relation zum Einspeisepunkt [m]: $\Delta 150 (+/- 75)$ [Strukturmerkmal nur für FV berücksichtigt]	

³⁰ Wurde erst nach der Erhebung neu definiert. Die Validierung steht noch aus.

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Dieses Strukturmerkmal ist durch topographische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet geprägt und wird durch die maximale Höhendifferenz in Relation zum Einspeisepunkt definiert. Das Merkmal beruht auf natürlichen Gegebenheiten, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbar sind. Je größer der zu überwindende Höhenunterschied, desto mehr Energie muss für den Wassertransport aufgewendet werden.

Abhängig von den topographischen Verhältnissen kann eine Druckerhöhung in einem Versorgungsgebiet in den folgenden Fällen erforderlich bzw. zweckmäßig sein:

- „zwischen Gewinnungs- und Versorgungsgebiet ist Wasser über geodätische Höhenunterschiede zu heben.
- einzelne Druckzonen liegen besonders hoch.“ (W400-1)

Aufgrund langer Planungszeiträume (Wasserbedarfsprognosen über 30 Jahre, (s. W402, W405, W410), lange Lebenszyklen der Infrastruktur) sollten erforderliche Anlagen modular erweiterbar sein (Neuplanungszyklus 15 Jahre nach W610 (A)), die Erweiterung der Netze kann zu suboptimalen Strukturen führen.

Die Einhaltung des Druckes erfordert einen hohen Pumpenaufwand und resultiert entsprechend in hohen Energiekosten, wenn das Wasser nicht aus höher gelegenen Gewinnungsgebieten in das Versorgungsnetz eingespeist werden kann (Grombach et al., 2000). Je nach topographischen Begebenheiten kann eine Energierückgewinnung wirtschaftlich sinnvoll sein, wobei „die nutzbare Leistung (...) unmittelbar vom Durchfluß Q und von der nutzbaren Druckhöhe H_{nutzbar} “ abhängt (W613).

„Ist die Versorgung des gesamten nachgeschalteten Wasserverteilungssystems über eine Druckerhöhungsanlage (DEA) nicht oder nur unwirtschaftlich möglich, ist eine Unterteilung des Wasserverteilungssystems in mehrere Druckzonen und die Versorgung über mehrere DEAs zu prüfen. Dies ist bei *großen geodätischen Höhenunterschieden* oder *langgezogenen Netzen* mit unterdimensionierten Leitungsabschnitten gegeben. Als Alternative zur Unterteilung in mehrere Druckzonen sind der Einbau von Druckreduzierventilen (hoher Energieverbrauch) oder Leitungsbaumaßnahmen unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten abzuwägen“ (W617). Mit einer steigenden Anzahl von Druckzonen nehmen neben den hohen Investitionskosten auch die Netzkosten, vor allem unter Berücksichtigung von Inspektion, Wartung und Instandhaltung, zu (vgl. Strukturmerkmal „Druckzonen im Versorgungssystem“).

Rohrleitungen und Einbauten/Pumpen sind auf den jeweiligen *Nenndruck* auszulegen. Es müssen Werkstoffe und Materialdicken gewählt werden, die die erforderliche Festigkeit gewährleisten. Je höher der Nenndruck, desto größere Wanddicken bzw. festere Werkstoffe sind zu wählen. Je höher die Druckstufe, auf die die Anlagen(teile) ausgelegt sind, desto höhere *Investitionskosten* fallen tendenziell an.

Durch die naturräumlichen Gegebenheiten der Höhenunterschiede innerhalb des Wasserversorgungsgebietes wird der Energieaufwand des Wasserversorgers maßgeblich beeinflusst (Holländer et al., 2008). Je bar Druckerhöhung lässt sich der zusätzliche Energieaufwand mit etwa $0,1 \text{ kWh/m}^3$ beziffern (W409).

Wirtschaftliche Auswirkungen	
<i>Investitionen</i>	Es fällt ein „höherer Kapitaleaufwand für das Transportnetz sowie für Anlagen zur Speicherung und Druckhaltung“ (Holländer et al., 2009) an. Hierzu zählen u.a. Pumpwerke, Druckerhöhungsanlagen, Zonentrenner, Zonenbehälter etc. Die Investitionen steigen insbesondere dann, wenn Druckzonen erforderlich sind, dieser Einfluss wird in dem Strukturmerkmal „Anzahl Druckzonen“ berücksichtigt.
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit zunehmender Höhendifferenz steigt der Betriebsaufwand für die erforderliche Pumpenenergie. Sind Druckzonen erforderlich, fallen zudem höhere Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen an.

Merkmal Druckzonen im Versorgungssystem (Für DV und FV)	Einheit Anzahl [-] Merkmalsausprägung Anzahl Druckzonen
Berechnung -	
Verweis auf Regelwerk W 300: Wasserspeicherung - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung (06/2005) W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen, Teil 1: Planung (10/2004) W 409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen (01/2007) W 617: Druckerhöhungsanlagen in der Trinkwasserversorgung (11/2006)	
Definition Anzahl der Druckzonen im Verteilungssystem [-] Der Abfrage des Strukturmerkmals liegt die Annahme zugrunde, dass die Einteilung der Druckzonen sowie der Netzbetrieb (erforderlicher Versorgungsdruck) gemäß a.a.R.d.T. (W400-1) erfolgt.	
Kurzbeschreibung Die Anzahl der Druckzonen ist von der Topographie (geodätische Höhenunterschiede) sowie der Ausdehnung des Versorgungsgebietes abhängig (W400-1). Viele kleine Netzzonen sind aufwändiger im Versorgungsprozess in Bezug auf Inspektion, Wartung und Instandhaltung als wenige große Netzzonen.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Druckzonen im Versorgungsgebiet [-]: $\Delta 20$ (+/- 10) [für DV und FV]	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk Dieses Strukturmerkmal ist durch topographische Gegebenheiten im Wasserversorgungsgebiet geprägt und wird durch die (erforderliche) Anzahl der Druckzonen im Versorgungsgebiet definiert. Die erforderliche Anzahl der Druckzonen beruht i. d. R. auf natürlichen Gegebenheiten, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbar sind. Bei großen Höhenunterschieden sind Ortsnetze „in Druckzonen zu unterteilen. (...) Die Ausdehnung der Druckzonen und die Auswahl der Maßnahmen zur Zonentrennung sind auf die Topographie und die jeweiligen Zuflussmöglichkeiten abzustimmen“ (W400-1). Je bar Druck-erhöhung nimmt der Energieaufwand dabei um etwa $0,1 \text{ kWh/m}^3$ zu (W409). „Der erforderliche Versorgungsdruck im versorgungstechnischen Schwerpunkt einer Druckzone richtet sich nach der überwiegenden ortsüblichen Geschosshöhe der Bebauung dieser Zone. (...) Als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone sind 4 bis 6 bar am Hausanschluss empfehlenswert. Die Versorgung der einzelnen Druckzonen kann erfolgen <ul style="list-style-type: none"> ▪ über einen Hochbehälter oder Wasserturm, ▪ über Druckminderer oder Druckunterbrecher oder 	

- über eine Druckerhöhungsanlage/Pumpenanlage.

Die Ausdehnung der Druckzonen und die Auswahl der Maßnahmen zur Zonentrennung sind auf die Topographie und die jeweiligen Zuflussmöglichkeiten abzustimmen.“ (W400-1)

„Ist die Versorgung des gesamten nachgeschalteten Wasserverteilungssystems über eine Druckerhöhungsanlage (DEA) nicht oder nur unwirtschaftlich möglich, ist eine Unterteilung des Wasserverteilungssystems in mehrere Druckzonen und die Versorgung über mehrere DEAs zu prüfen. Dies ist bei *großen geodätischen Höhenunterschieden* oder *langgezogenen Netzen* mit unterdimensionierten Leitungsabschnitten gegeben. Als Alternative zur Unterteilung in mehrere Druckzonen sind der Einbau von Druckreduzierventilen (hoher Energieverbrauch) oder Leitungsbaumaßnahmen unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten abzuwägen“ (W617).

„Bei Versorgungsnetzen mit verschiedenen Druckzonen ist für jede einzelne Zone eine Speicherung des Wassers (...) zum Einhalten eines gleichmäßigen“ notwendig (Mutschmann und Stimmelmayer, 2011). In diesem Fall nimmt mit einer steigenden Anzahl an Druckzonen der erforderliche Betriebsaufwand für Wartung und Instandhaltung von Speicherbehältern zu. Alternativ können Verbrauchs- und damit Druckschwankungen in geschlossenen Druckzonen mit Hilfe von drehzahlgeregelten Pumpen ausgeglichen werden. Hierbei entstehen Betriebsaufwände für die Wartung und Instandhaltung der verwendeten Pumpen inkl. Regelung anstelle derer für Speicherbehälter.

Im Gebirge und in Gebieten mit sehr großen Höhenunterschieden sind Netzabschnitte mit höheren Drücken anzutreffen. Neben dem hohen Pumpenaufwand, welcher für die Aufrechterhaltung des Druckes erforderlich ist, fallen erhöhte Materialkosten an, zudem ist durch die höhere Beanspruchung des Leitungsnetzes mit vermehrten Leitungsschäden zu rechnen (Grombach et al., 2000). Die Rohrleitungen und Einbauten/Pumpen sind auf den jeweiligen *Nenndruck* auszuliegen. Es müssen Werkstoffe und Materialdicken gewählt werden, die die erforderliche Festigkeit gewährleisten. Je höher der Nenndruck, desto größere Wanddicken bzw. festere Werkstoffe sind zu wählen. Je höher die Druckstufe, auf die die Anlagen(teile) ausgelegt sind, desto höhere *Investitionskosten* fallen tendenziell an.

Bei günstigen topographischen Verhältnissen, wenn also entsprechend hoch liegendes Gelände vorhanden ist, wird in der Regel ein Hochbehälter gewählt, welcher einen geringen Instandhaltungsaufwand erfordert und sich bei Bedarf mit relativ geringem Aufwand erweitern lässt. Mit steigender Entfernung des Hochbehälters zum Versorgungsschwerpunkt steigen mit der zunehmenden Länge der erforderlichen Zuleitungen zum Versorgungsnetz die Investitionskosten. Wassertürme werden nur errichtet, wenn sie technisch unbedingt erforderlich sind und entsprechend keine günstig gelegenen Geländepunkte vorhanden sind. Sie sind abhängig von der Höhe des Wasserspiegels über Gelände und architektonischem Aufwand bis zu sechsmal so teuer wie ein Hochbehälter gleichen Volumens (Mutschmann und Stimmelmayer, 2011).

Mit einer zunehmenden Anzahl an Druckzonen steigen die erforderlichen Investitionskosten, welche für eine zuverlässige Wasserführung, Wasserspeicherung und übliche Reserveanlagen zu tätigen sind. Hier ist insbesondere „ein höherer Kapitalaufwand für das Transportnetz sowie für Anlagen zur Speicherung und Druckhaltung“ zu erwarten (Holländer et al., 2009). Zudem fällt mit einer zunehmenden Anzahl an Druckzonen auch ein erhöhter Energie- und Wartungsaufwand an.

Druckzonen legen aufwändige Strukturen für lange Zeiträume fest, die Möglichkeit zur flexiblen Erweiterung bei Netzerweiterung, Anschluss weiterer Systeme usw. ist eingeschränkt

Wirtschaftliche Auswirkungen

Investitionen

Die Investitionen nehmen mit einer steigenden Anzahl von Druckzonen und einer entsprechend höheren Anzahl von Anlagen zur Speicherung und Druckerhaltung und erforderlichen Zubringerleitungen zu.

Betriebsaufwand

Mit zunehmender Anzahl von Druckzonen fallen höhere Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen an.

Merkmal	Einheit [%]
Bodenklassen (Für DV und FV)	Merkmalsausprägung Bodenklassen für Tiefbauarbeiten
<p>Berechnung Fläche des Versorgungsgebietes mit den Bodenklassen 2,6 und 7 / Fläche des gesamten Versorgungsgebietes * 100</p> <p>Erhebung direkt als Eingabewert</p>	
<p>Verweis auf Regelwerk W 397: Ermittlung der erforderlichen Verlegetiefen von Wasseranschlussleitungen (08/2004) W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1: Planung (10/2004) W 400-2: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 2: Bau und Prüfung (09/2004) DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten</p>	
<p>Definition Anteil der Bodenklassen 2, 6 und 7 im Versorgungsgebiet (Angaben auf 10% genau gerundet)</p> <p>Diesem Strukturmerkmal liegt die Einstufung der im Wasserversorgungsgebiet vorhandenen Bodenklassen nach DIN 18300 zu Grunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bodenklasse 1: Oberboden ▪ Bodenklasse 2: Fließende Bodenarten ▪ Bodenklasse 3: Leicht lösbare Bodenarten ▪ Bodenklasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten ▪ Bodenklasse 5: Schwer lösbare Bodenarten ▪ Bodenklasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten ▪ Bodenklasse 7: Schwer lösbarer Fels 	
<p>Kurzbeschreibung Für die Aufwändigkeit von Erdarbeiten jedweder Art werden die anstehenden Sedimente und Gesteine innerhalb des WVUs nach den oben genannten Bodenklassen eingeteilt. Die Einordnung von Bodenklassen im Tiefbau nach DIN 18300 lässt einen Rückschluss auf die Verlegekosten zu. I.d.R. erhöhen instabile Böden (Klasse 2) und besonders harte Bodenklassen die Tiefbaukosten der Leitungstrasse. So richten sich beispielsweise die Auswahl des Rohrleitungsmaterials sowie der Verlegungsart der Leitungen nach der Bodenart. Zudem können die Bodenklassen 2, 6 und 7 zu einer höheren Anzahl von Leitungsschäden und entsprechend zu einem vermehrten betrieblichen Aufwand führen.</p>	
<p>Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Anteil der Bodenklassen 2, 6 und 7 [%]: $\Delta 100$ (+/- 50) [für DV und FV]</p>	
<p>Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk Bei diesem Strukturmerkmal handelt es sich um eine natürliche Gegebenheit, welche von dem Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflusst werden kann. Abhängig von den im Versor-</p>	

gungsgebiet vorliegenden Bodenklassen variieren die Kosten für die Verlegearbeiten des Rohrnetzes. Die Kosten werden hierbei im Wesentlichen durch die Tiefbaukosten sowie den Verbauaufwand bestimmt.

Während sich bei günstigen Bodenklassen der Boden direkt als Auflager für die Rohre eignet, sind bei felsigen sowie bei nicht standfesten oder stark wasserhaltigen Böden wie beispielsweise Moor - Marsch - und breiigen Böden „besondere Maßnahmen zur standsicheren Auflagerung der Rohrleitung vorzunehmen, wie z. B. Sand- oder Splitbett, Schotterschicht mit/ohne Vlies, Pfahlgründungen oder Stahlbetontragplatten“ (W400-2). Dies gilt bei:

- felsigem Untergrund
- wechselnden Auflagerbedingungen
- Steilstrecken
- nicht tragfähigem Untergrund
- Verlegung im Grundwasser (W400-1)

Im Hinblick auf die Tiefbauarbeiten fallen insbesondere bei felsigen Strecken im Vergleich zu den anderen Bodenklassen aufgrund der erforderlichen Mehrarbeit durch Felsausbruch, Sprengungen und entsprechend lange Bauzeiten erhöhte Kosten an (Mutschmann und Stimmelmayer, 2011). „Der Unterschied bei den Tiefbaukosten für den Leitungsbau liegt zwischen günstigen Böden (Bodenklasse 3-5) und ungünstigem Boden (Bodenklasse 7) im Mittel bei 400 Prozent“ (Holländer et al., 2009).

„Der Anteil an felsigem Untergrund (Bodenklasse 6 und 7) und an wasserhaltendem Boden (Bodenklasse 2) im Versorgungsgebiet gibt einen Anhaltspunkt für mögliche Kostennachteile“ (Holländer, 2009), welche in verschiedenen Wasserversorgungsgebieten aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten unterschiedlich hoch ausfallen können.

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Im Hinblick auf Tiefbauarbeiten und Verbauaufwand fallen insbesondere bei Bodenklassen 2, 6 und 7 aufgrund der erforderlichen Mehrarbeit (besondere Maßnahmen zur standsicheren Auflagerung der Rohrleitung, Felsausbruch, Sprengungen, etc.) im Vergleich zu den übrigen Bodenklassen erhöhte Investitionen an.
<i>Betriebsaufwand</i>	Die im Versorgungsgebiet vorliegenden Bodenklassen können bei vermehrtem Vorkommen der Klassen 2, 6 und 7 zu einem erhöhten betrieblichen Aufwand führen .

Merkmal Art des Siedlungsraums (Nur DV)	Einheit [-]
	Merkmalsausprägung 1) Großstadtregion 2) Städtischer Raum 3) Ländlicher Raum
Berechnung Erhebung als Auswahlabfrage	
Verweis auf Regelwerk W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 1: Planung (10/2004) W 405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung (02/2008) W 409: Hinweis Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen (01/2007) W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen (12/2008)	
Definition Unter dem Begriff <i>Großstadtregion</i> werden Versorgungsgebiete zusammengefasst, innerhalb derer mehr als 100.000 Einwohner mit Trinkwasser versorgt werden, wobei die Versorgungsdichte mindestens 900 EW/km ² ³¹ beträgt. <i>Städtische Räume</i> weisen eine Versorgungsdichte von mindestens 150 EW/km ² auf. Der <i>ländliche Raum</i> zeichnet sich durch eine Versorgungsdichte von weniger als 150 EW/km ² aus. <i>Anmerkung: Hier wird nicht die Bevölkerungsdichte, sondern die Versorgungsdichte berücksichtigt (Anzahl versorgter Einwohner/Fläche Versorgungsgebiet)</i>	
Kurzbeschreibung Die Art des Siedlungsraums beeinflusst die Infrastrukturausstattung und damit die Betriebs- und Kapitalkosten. Je städtischer eine Region geprägt ist, desto höher sind im Allgemeinen die absoluten Aufwendungen für die Verteilungssysteme, bei jedoch sinkenden einwohnerbezogenen Aufwendungen. Der Grad der Urbanität beeinflusst im Besonderen die Kosten der mit der Verlegung zusammenhängenden Oberflächenwiederherstellung und hat damit Auswirkung auf die Abschreibungen je Einwohner und Jahr. Dem Merkmal der Urbanität liegt die statistisch nachgewiesene Hypothese zugrunde, dass mit zunehmender Siedlungsdichte, die einwohnerspezifische Rohnetzlänge (m/EW) in städtischen Netzen kontinuierlich abnimmt (vgl. Anhang B aus DVGW W409).	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Verwendung als Sortierkriterium für die die 1. Stufe:	

³¹ Die Versorgungsdichte von ≥ 900 E/km² ist aus dem 10%-Perzentil der Einwohnerdichte von Großstädten ($\geq 100\,000$ EW) des vom statistischen Bundesamt veröffentlichten Gemeindeverzeichnisses (Stand 31.12.2009) abgeleitet.

Großstadtregion *oder* Städtischer Raum *oder* Ländlicher Raum

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Die Art des Siedlungsraums spiegelt in der Regel die Siedlungsdichte wieder und wirkt sich sowohl auf Betriebs- und Investitionskosten als auch auf Bau-, Reparatur-, Sanierungs- und Erneuerungskosten aus. Mit abnehmender Urbanität sinkt die Siedlungsdichte und die einwohnerspezifische Rohrnetzlänge nimmt zu, wodurch „sich sowohl die einmaligen Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten, als auch die operativen Netzkosten etwa linear“ erhöhen (W409).

Die nachfolgende Abbildung zeigt den allgemeinen Zusammenhang zwischen der Siedlungsdichte und der spezifischen Rohrnetzlänge am Beispiel einer großstädtischen Wasserversorgung.

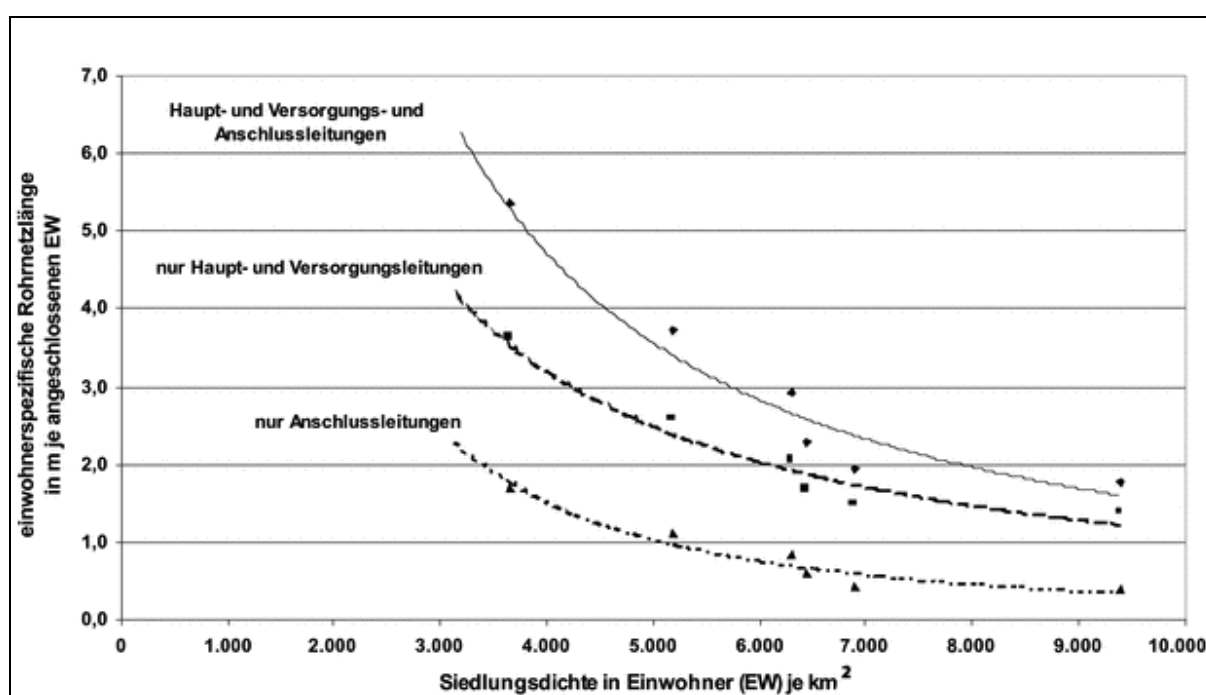


Abb. 1: Zusammenhang zwischen der Siedlungsdichte und der spezifischen Rohrnetzlänge am Beispiel eines städtischen Netzes (Quelle: W409)

Mit einer zunehmenden Länge von Haupt- und Versorgungsleitungen und steigenden Anzahlen an Schiebern, Hydranten und Armaturen fallen die zu erwartenden Betriebskosten für Inspektion und Wartung des Verteilungsnetzes mit abnehmender Urbanität entsprechend höher aus (Holländer et al., 2009). Bei einer zunehmenden Urbanität und der damit in der Regel einhergehenden zunehmenden Siedlungsdichte, nimmt auch die Höhe der Hausanschlüsse zu. Durch steigende Hausanschlussdichten sinken die einwohnerspezifischen Kosten der Trinkwasserversorgung sowie die spezifischen Verteilungskosten pro km Rohrleitungslänge.

„Bei einem Vergleich von dünn bis moderat verdichteten Gemeinden weisen Orte mit doppelter Siedlungsdichte um 35 Prozent niedrigere einwohnerspezifische (bzw. mengenspezifische) Trinkwasserkosten auf“ (Holländer et al., 2008).

„In kleineren Versorgungseinheiten ist – bezogen auf den durchschnittlichen Verbrauch – ein höherer Kapitalaufwand nötig als bei großen. Dieser Zusammenhang resultiert daraus, dass die Kapazitäten der Leitungen und Anlagen für den Spitzenbedarf auszulegen sind. Dessen Abwei-

chung vom Durchschnittsverbrauch nimmt mit zunehmender Größe (z. B. Einwohnerzahl) ab“ (Holländer et al., 2008).

Während die Betriebs- und einmaligen Anschaffungskosten mit einer steigenden Siedlungsdichte und Urbanität sinken, steigen jedoch die Kosten für Reparatur-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen im urbanen Raum an. Zu begründen ist dies durch die im urbanen Raum stärker ausgeprägte Infrastruktur. Mit einer zunehmenden Dichte an Straßen, Schienen, Lichtanlagen und nicht zuletzt Bebauungen ist der zu betreibende Aufwand für Baukosten von Erneuerungen, Sanierungen und Reparaturarbeiten gesteigert, da die Möglichkeit „Leitungen kostengünstig außerhalb des Straßenkörpers zu verlegen“ mit zunehmender Urbanität abnimmt (Holländer et al., 2009).

Zudem führen erforderliche betriebliche sowie bauliche Anpassungen im urbanen Raum im Hinblick auf „die Unterauslastung von Anlagen, sowie Infrastrukturanpassungen infolge von Stadtumbau“ zu zusätzlichen Kostenbelastungen. „Deren Höhe und Auswirkung auf die Gesamtkosten hängt von den konkreten örtlichen Rahmenbedingungen ab“ (Holländer et al., 2008).

Wirtschaftliche Auswirkungen

<p><i>Investitionen</i></p>	<p>Im urbanen Bereich ist die Verlegung neuer Rohrleitungen aufgrund der vorhandenen Infrastrukturdichte relativ aufwändiger, weshalb davon auszugehen ist, dass mit zunehmender Siedlungsdichte höhere Investitionen auf die WVU zukommen.</p> <p>Mit abnehmender Urbanität sinkt die Siedlungsdichte und die einwohnerspezifische Rohrnetzlänge nimmt zu, wodurch sich die einwohnerbezogenen Investitionen für das Rohrnetz erhöhen.</p>
<p><i>Betriebsaufwand</i></p>	<p>Mit zunehmender Urbanität nimmt der spezifische Wartungs-/Instandhaltungsaufwand für das Verteilungsnetz ab, da die einwohnerspezifische Rohrnetzlänge in städtischen Netzen kürzer ist als in ländlichen Gebieten und die Wege zwischen z.B. den einzelnen HAL kürzer sind. Allerdings sind im urbanen Raum bedingt durch die vorhandene Infrastruktur (Straßen, Kreuzungen, Lichtanlagen, etc.) höhere Aufwendungen für Reparatur-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen zu erwarten.</p>

Merkmal Besondere Gefährdungen (Für DV und FV)	Einheit [-]
	Merkmalsausprägung Besondere Gefährdungen bestehen z.B. aus Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä.
Berechnung Erhebung als ja/nein-Abfrage	
Relevante Regelwerke W 392: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste - Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen (05/2003) W 402: Netz- und Schadenstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen (09/2010) W 404: Wasseranschlußleitungen (03/1998)	
Definition Besondere Gefährdungen für Wasserverteilsysteme bestehen in externen, durch den Wasserversorger nicht zu beeinflussenden Randbedingungen, die die Lebensdauer und Integrität der Verteilsysteme und ihrer Komponenten besonders gefährden. Zu den besonderen Gefährdungen gehören z.B. Bergsenkungen, Bodenbewegungen, Altlasten o.ä..	
Kurzbeschreibung Besondere Gefährdungen wirken sich durch erhöhte Wartungs- und Instandhaltungserfordernisse und -kosten aus. Je mehr Gefährdungen besonderer Art im Versorgungsgebiet vorliegen, umso mehr Aufgaben muss der Versorger nachkommen. Ggf. können die entstehenden Mehraufwendungen für das Wasserversorgungsunternehmen durch externe Finanzierungen von Maßnahmen bzw. Entschädigungen (z.B. Erstattung durch Bergbauunternehmen) kompensiert werden.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Besondere Gefährdungen [-]: ja/nein [für DV und FV]	
Fachliche Argumentation und Bezug zum Regelwerk Bei dem vorliegenden Strukturmerkmal handelt es sich um eine vom Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbare naturräumliche Randbedingung, die jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Aufwendungen für Planung, Bau und Betrieb des Rohrnetzes haben kann. Mechanische Gefährdungen wie Bodenbewegungen (bspw. durch Bergbau, U-Bahn, Grundwasserabsenkung) sind eine <i>mögliche Schadensursache an Verteilungsanlagen</i> und haben u.U. große Auswirkungen auf deren Lebensdauer. Hierunter sind Schäden zu verstehen, „die durch erhöhte Biegebeanspruchung der Leitungen infolge von Bodenbewegungen, insbesondere durch Frost- und Tauwettereinwirkungen, nach längerer Trockenperiode, Bergsenkungen, Bodensenkungen durch bauliche Maßnahmen im Bereich der Leitungen sowie Verkehrsbelastung verursacht werden“ (W402). Dies betrifft Leitungen aus spröden Materialien wie Grauguss, Asbestzement und ggf. PVC. Weiterhin betrifft dies alle nicht zugfesten Rohrverbindungen (Wasserverluste durch undichte Verbindungen). Hieraus resultieren neben Kosten für Reparatur und Erneuerung ebenfalls erhöhte Kosten für die anfallenden Inspektionsmaßnahmen, da diese in	

Art, Umfang und zeitlicher Durchführung u.a. von erhöhten Beanspruchungen der Rohrleitung durch Verkehr und Bodenbewegungen bestimmt werden. (W392)

Bei der Planung von Wasseranschlussleitungen muss in den Bereichen, in denen mit Bodenbewegungen, z.B. Bergsenkungen, zu rechnen ist, geprüft werden, ob zusätzliche *Anpassungs- oder darüber hinausgehende Sicherungsmaßnahmen* erforderlich sind (W404). Diese schlagen sich in erhöhten Investitionskosten für den Bau von Anschlussleitungen nieder.

Bei Neubaumaßnahmen im Rohrnetz wirken sich Altlasten auf die möglichen *Trassenführungen* aus. Diese ist u.U. *eingeschränkt*. Bei jeder Trassenplanung im Rohrnetz sind entsprechende Gefahr-/Verdachtsflächen zu dokumentieren, was sich im Aufwand für die Projektierung äußert. Bei der Verlegung in der Nähe von gefährdeten Flächen resultiert u.U. ein erhöhter Aufwand, weil nicht alle Verlegetechniken möglich sind oder besonders intensive Bauüberwachung betrieben werden muss. Außerdem haben die genannten Randbedingungen u.U. Einfluss auf den Rohrwerkstoff bzw. eine erforderliche Modifikation der Rohrleitungen (z.B. Permeationsschutzschicht aus Aluminium bei PE-Leitungen). Dies führt zu höheren Materialkosten.

Im regulären Betrieb ist der Aufwand für die Überwachung des Leitungsnetzes u.U. erhöht, wenn die Gefährdungen z.B. im Rahmen eines betrieblichen Risikomanagements überwacht werden müssen oder ein erweitertes Monitoring erforderlich ist.

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Steigend mit zunehmender Anzahl an Gefährdungen bzw. zunehmender Relevanz durch aufwändigere Verlege- oder Bautechniken.
<i>Betriebsaufwand</i>	Steigend mit zunehmender Anzahl an Gefährdungen bzw. zunehmender Relevanz der vorhandenen Gefährdungen (z.B. für Monitoring etc.).

Merkmal Bevölkerungsänderung (Für DV und FV)	Einheit [%/a] Merkmalsausprägung Bevölkerungsänderung im Versorgungsgebiet über die vergangenen 20 Jahre
Berechnung Einwohneränderung (Zu- bzw. Abnahme) im Versorgungsgebiet in den vergangenen 20 Jahren / Einwohneranzahl im Erhebungsjahr x 100 Erhebung direkt als Eingabewert	
Relevante Regelwerke W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) – Teil 1: Planung (04/2010) W 405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung (02/2008) W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen (12/2008) W 611: Energieoptimierung und Kostensenkung in Wasserwerksanlagen (10/1996)	
Definition Einwohneränderung (Zu- bzw. Abnahme) im Versorgungsgebiet in den vergangenen 20 Jahren / Einwohneranzahl im laufenden Jahr x 100 <i>Datenquelle: Stadt-, Gemeindeverwaltung, statistische Landesämter</i>	
Kurzbeschreibung Fällt die Veränderung der im Versorgungsgebiet lebenden Bevölkerung überdurchschnittlich hoch oder niedrig im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aus, ist davon auszugehen, dass der betroffene Versorger überproportional stark durch eine sich verändernde Wassernachfrage betroffen ist. Eine starke Bevölkerungsänderung (sowohl Zu- als auch Abnahme) führt zu Erschwernissen hinsichtlich der Versorgungsstruktur. Das Wasserversorgungsunternehmen muss entsprechende Maßnahmen (z.B. intensivere Instandhaltung, (Re-) Investitionen etc.) entwickeln und umsetzen. „Betriebliche und bauliche Anpassungen an die <i>Unterauslastung</i> von Anlagen, sowie <i>Infrastrukturanpassungen infolge von Stadtumbau</i> , führen zu zusätzlichen <i>Kostenbelastungen</i> . Deren Höhe und Auswirkung auf die Gesamtkosten hängt von den konkreten örtlichen Rahmenbedingungen ab“ (Holländer et al., 2008).	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Bevölkerungsentwicklung [%]: $\Delta 5$ (+/- 2,5) [für DV und FV]	
Fachliche Argumentation und Bezug zum Regelwerk Bei der Entwicklung der Nachfrage- und Abnehmerstruktur handelt es sich um eine vom Wasserversorgungsunternehmen nicht beeinflussbare Randbedingung, die jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Kosten der Leistungserbringung hat und damit Preisunterschiede zwischen Versorgungsunternehmen begründen kann. „Erdverlegte Versorgungsanlagen sind von hohem Wert. Sie können zumeist nur unter erschwerten Bedingungen (Verkehrsbehinderungen, Unterbrechung der Versorgung) ersetzt werden. Bei der Auswahl der Bauteile (Rohre, Rohrleitungsteile und Armaturen) ist deshalb eine	

gesicherte Mindestnutzungsdauer von 50 Jahren zu fordern“ (W400-1). Weiterhin gilt, dass für die Bemessung von Wasserversorgungsanlagen immer eine *Sicherheit* zu berücksichtigen ist, da die Nutzungs- und Abschreibungszeiträume von Wasserverteilungsanlagen relativ lange sind und die Dimensionierung nicht jeder kurzfristigen oder temporären Schwankung angepasst werden kann. Aus diesem Grund führen auch temporäre Schwankungen des spezifischen Wasserbedarfs nicht sofort zu Änderungen der Bemessungsgrundlagen³² (W410).

Den geforderten langen Nutzungsdauern sowie den erforderlichen Sicherheiten steht die Tatsache entgegen, dass die langfristige Entwicklung des Wasserbedarfs und damit die zu fördernde Wassermenge schwierig abzuschätzen ist (W611). Zeitnahe Anpassungen der bei sinkender Nachfrage ggf. überdimensionierten Anlagen sind betriebswirtschaftlich häufig ungünstig. Ändert sich die Bevölkerung im Versorgungsgebiet eines Wasserversorgers über ein von der bestehenden Infrastruktur tolerierbares Maß hinaus, resultieren

- bei Verbrauchsanstieg hohe Aufwendungen entweder für den *Ausbau der bestehenden Netze* oder, was der häufigere Fall bei deutschen Wasserversorgern ist,
- bei Verbrauchsrückgang erhöhte Aufwendungen für *Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen* (z.B. Spülungen). Ggf. vorzunehmende bauliche Anpassungsmaßnahmen (z.B. Rückbau, Inliner) führen zu *Sonderabschreibungen* und zusätzlichen *Investitionskosten* (Holländer et al., 2009)

Rückläufige Nachfrage und Ausdünnung der Abnehmerstruktur führen einerseits in Verbindung mit dem hohen Anteil an fixen Kosten zu steigenden spezifischen Kosten (Holländer et al., 2009). Bei einer deutlichen Abweichung von geplanten Abnehmerstrukturen zu den tatsächlich versorgten Abnehmern können suboptimale Verteilungssysteme resultieren, die ungünstigere Betriebsbedingungen bei höheren Betriebskosten aufweisen.

Wirtschaftliche Auswirkungen

Eine rückläufige Nachfrage und Ausdünnung der Abnehmerstruktur führen in Verbindung mit dem hohen Anteil an fixen Kosten zu steigenden spezifischen Kosten.

<i>Investitionen</i>	„Eine über die Zeit stark rückläufige Nachfrage kann zu (aus gegenwärtiger Perspektive) Überkapazitäten (...) führen. Hierdurch begründen sich ggf. auch vorzeitige bauliche Anpassungsmaßnahmen, mit der Konsequenz von Sonderabschreibungen und zusätzlichen Investitionskosten.“ (Holländer et al., 2009) Analog können ebenfalls Investitionen durch erforderliche bauliche Maßnahmen bei einer Nachfragesteigerung anfallen.
<i>Betriebsaufwand</i>	Steigend mit signifikanter Bevölkerungsänderung bzw. mit signifikanter Veränderung der Wasserabgabe

³² Spezifischer Wasserverbrauch je Einwohner

Merkmal Abgabe an Sondervertragskunden (Nur DV)	Einheit [%] Merkmalsausprägung Anteil der Wasserabgabe in Form von Direktversorgung an Sondervertragskunden
Berechnung $\text{Trinkwasserabgabe an Sondervertragskunden}^{33} / \text{Trinkwasserabgabe}^{34} * 100$	
Relevante Regelwerke W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen (12/2008)	
Definition Jährliche Abgabe an Sondervertragskunden in Relation zur gesamten Trinkwasserabgabe	
Kurzbeschreibung Die Versorgung von Sondervertragskunden ist in der Regel weniger aufwändig als die Versorgung von Haushaltskunden. Gründe hierfür sind, dass im Durchschnitt größere Mengen von Gewerbe/Industrie über wenige Anschlussleitungen abgenommen werden. Damit reduzieren sich spezifische Betrieb- und Instandhaltungskosten, Kosten für Zählerablesungen, Rechnungsstellung etc. Der tatsächliche Einfluss der industriellen Wassernutzung auf die Kosten für die Wasserversorgung ist jedoch schwierig abzuschätzen und bedarf einer Überprüfung des Einzelfalls.	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Abgabe an Sondervertragskunden [%]: $\Delta 20$ (+/- 10) [nur für DV]	
Wirtschaftliche Auswirkungen	
<i>Investitionen</i>	Geringer Einfluss, es sei denn, die industrielle Wasserabnahme, auf die die Netze ausgelegt ist, sinkt so stark, dass mit betrieblichen Maßnahmen die Trinkwasserhygiene nicht mehr sichergestellt werden kann und DN-Verkleinerungen im Leitungsnetz erforderlich werden.
<i>Betriebsaufwand</i>	Tendenziell sinkend mit zunehmendem Anteil industrieller Kunden (da spezifische Aufwendungen pro m ³ sinken). Müssen Netze durch die reduzierte industrielle Wasserabnahme unterausgelastet betrieben werden, kann dies in einem erhöhten Betriebsaufwand für z.B. Spülungen resultieren.

³³ Gesamtmenge (m³) der Trinkwasserabgabe an Sondervertragskunden, die im Erhebungsjahr an letzte Verbraucher nicht zu den allgemeinen Bedingungen und allgemeinen Tarifpreisen abgegeben wurden (Sondervertragskundenabsatz). Entgeltlicher und unentgeltlicher Verbrauch.

³⁴ Die im Erhebungszeitraum gemessene und / oder nicht gemessene Wasserabgabe (m³) an registrierte Kunden und alle übrigen Wasserbezieher, die direkt oder indirekt zur Wasserentnahme berechtigt sind. Reinwasserabgabe an Weiterverteiler ist hierin eingeschlossen.

Merkmal Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch (Nur DV)	Einheit [l/EW/d]
	Merkmalsausprägung Durchschnittliche spezifische Trinkwasserabgabe an Tarifkunden je EW und Tag im Versorgungsgebiet.
Berechnung (Trinkwasserabgabe an Tarifkunden ³⁵ * 1000) / (Versorgte Bevölkerung (Personen) ³⁶ * 365)	
Relevante Regelwerke W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) – Teil 1: Planung. (10/2004) W 400-3: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) – Teil 3: Betrieb und Instandhaltung (09/2006) W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen (12/2008) W 611: Energieoptimierung und Kostensenkung in Wasserwerksanlagen (10/1996)	
Definition Trinkwasserabgabe Tarifkunden (Haushaltskunden- und Kleingewerbeabsatz) im Erhebungszeitraum pro Einwohner im Versorgungsgebiet und Tag (Pro-Kopf Haushaltstagesverbrauch) <i>Relevant sind Ausprägungen, die unterhalb des Bundesdurchschnitts von ca. 120-125 l/EW und Tag (Stand 2009: 122 l/EW) liegen.</i>	
Kurzbeschreibung Der Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch ist eine zentrale Planungs- und Betriebsgröße für jedes Versorgungsunternehmen. Es ist kein signifikant steuerbarer Einfluss auf die Wassernachfrage im eigenen Versorgungsgebiet festzustellen, vielmehr wirken sich nicht beeinflussbare Bedingungen (z.B. trockene Sommerperioden, erfolgreiche Gewerbeansiedlungspolitik, etc.) primär auf den spezifischen Wasserverbrauch je EW aus. Wasserversorger mit stark gesunkener Wasserabgabe im Versorgungsgebiet müssen zur Sicherstellung einer ausreichenden Versorgungsqualität und -sicherheit mehr Aufwand treiben, als Wasserversorger, die nur durchschnittlich oder nicht so stark von sinkenden Wasserabgaben betroffen sind. Starke Veränderungen sind besonders problematisch, weil die Trinkwasserversorgungsanlagen auf lange Zeiträume ausgelegt und abgeschrieben werden. Reaktionen auf Änderungen im Wasserverbrauch sind kurzfristig nur durch betriebliche Maßnahmen wie Spülungen (zur Sicherung der Trinkwasserqualität) möglich. Anpassungen in den Rohrleitungsdurchmessern sind mit erheblichen Investitionskosten verbunden, die nicht aufgrund kurzfristiger Schwankungen/Änderungen vorgenommen werden können. Auch bei langfristig sinkenden Wasserverbrauchszahlen kann ein WVU nicht in jedem Fall mit Verkleinerung der Nennweiten reagieren. Häufig stehen dem zurückgehenden täglichen Wasserbedarf die planerisch zugrunde gelegten	

³⁵ Gesamtmenge (m³) der Trinkwasserabgabe an letzte Verbraucher, die im Erhebungsjahr zu den allgemeinen Bedingungen und allgemeinen Tarifpreisen abgegeben wurden (Haushaltskunden- und Kleingewerbeabsatz). Entgeltlicher und unentgeltlicher Verbrauch.

³⁶ Vom Unternehmen versorgte Bevölkerungszahl im Versorgungsgebiet

Spitzenverbräuche und Feuerlöschreserven entgegen. Diese müssen auch bei niedrigen täglichen Abgabemengen vorgehalten werden.

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

Pro-Kopf-Haushaltstagesverbrauch [l/E/d]: $\Delta 40$ (+/- 20) [nur für DV]

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Das vorliegende Strukturmerkmal resultiert aus der Abnehmerstruktur und stellt eine vom WVU nicht beeinflussbare Randbedingung dar, die jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Betriebs- und Instandhaltungskosten der Wasserversorgungsanlagen haben kann.

Bei sinkender Wassernachfrage führt der hohe Fixkostenanteil der Wasserversorgung zu *steigenden spezifischen Kosten*. Weiterhin kann eine über die Zeit stark rückläufige Nachfrage zu *Überkapazitäten* und folglich *erhöhten Kapitalkosten* führen.³⁷ Hierdurch begründet sich u.U. das Erfordernis von vorzeitigen baulichen Anpassungsmaßnahmen, mit der Konsequenz von Sonderabschreibungen und zusätzlichen Investitionskosten. Aufgrund der langen Nutzungsdauer der Anlagen sind zeitnahe Anpassungen betriebswirtschaftlich jedoch häufig ungünstig. Im entgegen gesetzten Fall, bei einer über die Zeit (auch prognostisch) steigenden Gesamtnachfrage können demgegenüber *sprunghafte Kapazitätsausweitungen* erforderlich werden, auch wenn die zusätzlichen Kapazitäten gegenwärtig noch nicht ausgelastet sind. (Holländer et al., 2009)

Aus betrieblicher Sicht verursacht eine sinkende Nachfrage eine *Verminderung des Durchflusses* und damit der *Fließgeschwindigkeit* in den Rohrleitungen. Das beeinflusst neben der Wirtschaftlichkeit (besonders bei langen Druckleitungen) auch die Betriebssicherheit, da lange Verweilzeiten des Wassers in den Leitungen die Folge sind. Weiterhin entlüften sich Leitungsschnitte mit geringem Gefälle bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten oft schlecht (W400-1). Aus qualitativer Sicht kann es durch Verringerung der Fließgeschwindigkeiten zu *Ablagerungen* und *Inkrustationen* sowie in Zusammenspiel mit anderen Parametern wie Wasserzusammensetzung, Temperatur, Aufenthaltszeit, Vorhandensein von Mikroorganismen etc. zu *hygienischen Beeinträchtigungen* kommen. Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers zu vermeiden, sollten in Verteilernetzen Fließgeschwindigkeiten beim mittleren Stundendurchfluss den Wert von 0,005 m/s nicht unterschreiten (W400-1). Für den Energiebedarf der Wasserförderung bedeutet eine Veränderung des Förderstroms bei gegebener Rohrnennweite eine *Änderung des spezifischen Energiebedarfs* und der *spezifischen Förderkosten* (Hinweis W611 Energieoptimierung und Kostensenkung in Wasserwerksanlagen).

Können diese Fließgeschwindigkeiten nicht durch den regulären Wasserbedarf realisiert werden, müssen die betroffenen Versorger mit *vermehrten Spülmaßnahmen* reagieren (wenn keine Erneuerung der Leitung mit verringertem DN in Erwägung gezogen wird). Diese wirken sich in *erhöhten Betriebskosten* für das Leitungsnetz aus. „Zeitabstand und Umfang der erforderlichen Spülungen sind von den Eigenschaften des Wassers, den Rohrwerkstoffen und dem Zustand des Rohrnetzes abhängig [siehe W400-3 (A)]“ (W400-1).

³⁷ s. Strukturmerkmal „Bevölkerungsentwicklung“

Wirtschaftliche Auswirkungen	
<i>Investitionen</i>	Hoch, wenn die Änderung im Wasserbedarf so stark ist, dass entweder ein Ausbau des Leitungsnetzes erfolgen muss oder mit betrieblichen Maßnahmen die Trinkwasserhygiene nicht mehr sichergestellt werden kann.
<i>Betriebsaufwand</i>	Steigend mit abnehmendem Wasserverbrauch bzw. ab signifikanter Veränderung der Trinkwasserabgabe (Spülungen).

Merkmal	Einheit [m³/m]
Metermengenwert (Für DV und FV)	Merkmalsausprägung Metermengenwert (Trinkwasserabgabe pro Gesamtnetzlänge ohne Anschlussleitungen)
Berechnung Trinkwasserabgabe ³⁸ / Länge Leitungen ³⁹ / 1000	
Relevante Regelwerke	
Definition Trinkwasserabgabe / Gesamtnetzlänge (ohne Anschlussleitungen)	
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Der Metermengenwert beschreibt die Wasserabgabe bezogen auf die Rohrnetzlänge innerhalb eines Versorgungsgebietes. Er stellt damit ein Maß für die Nutzungsintensität dar. Bezüglich des Zusammenhangs zwischen Metermengenwert und dem Aufwand der Trinkwasserversorgung gibt es in der Literatur unterschiedliche Aussagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach Wöbbing et al. (2000) weist der Metermengenwert statistisch einen engen Zusammenhang mit den spezifischen Verteilungskosten auf. Je größer der Metermengenwert, desto niedriger sind die spezifischen Rohrnetzkosten. ▪ Andererseits kommt eine aktuelle Studie des BDEW (2010) nach einer statistischen Analyse zu dem Ergebnis, dass eine direkte Beziehung zwischen Metermengenwert und Wasserpreisen (= Kosten der Wasserversorgung) sowie Metermengenwert und spezifischen Verteilungskosten gemäß einer statistischen Analyse nicht besteht. <p><i>Der Bundesdurchschnitt liegt bei ca. 10 m³/m (MUFV, 2006).</i></p> <p><i>Hinweis: Empirische Untersuchungen zur Korrelation des Metermengenwertes mit dem Aufwand des Netzbetriebs sind notwendig. Weiterhin wäre zu untersuchen, in welchem Maße die HA-Dichte mit dem Metermengenwert korreliert, abhängig vom Anteil industrieller Abnehmer?</i></p>	
<p>Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich</p> <p>Metermengenwert [m³/m]: Δ 20 (+/- 10) [Für DV] Δ 100 (+/- 50) [Für FV]</p> <p><i>Anmerkung: Der Metermengenwert dient als 1. Sortierstufe für die Fernversorger mit den folgenden drei Gruppen: $x \leq 60 \text{ m}^3/\text{m}$; $60 < x < 200 \text{ m}^3/\text{m}$, $x \geq 200 \text{ m}^3/\text{m}$</i></p>	

³⁸ Die im Erhebungszeitraum gemessene und / oder nicht gemessene Trinkwasserabgabe (m³) an registrierte Kunden und alle übrigen Wasserbezieher, die direkt oder indirekt zur Wasserentnahme berechtigt sind. Reinwasserabgabe an Weiterverteiler ist hierin eingeschlossen.

³⁹ Gesamtlänge (km) der in Betrieb befindlichen Versorgungs-, Haupt- und Zubringerleitungen. Anschlussleitungen werden hier nicht berücksichtigt.

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Dieses Strukturmerkmal resultiert aus der Siedlungs- und Abnehmerstruktur und lässt sich durch das WVU nicht beeinflussen, da die Anzahl der Abnehmer bzw. die Höhe der Wasserabnahme pro km Rohrnetzlänge außerhalb des Einflussbereichs des WVU liegen.

Der Metermengenwert wird maßgeblich von der Siedlungsdichte beeinflusst. Je höher die Siedlungsdichte, desto höher ist die Hausanschlussdichte⁴⁰ und i.d.R. der Metermengenwert (bei Annahme: ohne HAL). Je höher die Nutzungsintensität des Rohrnetzes ist, desto niedriger sind die *spezifischen Rohrnetzkosten pro km Rohrnetzlänge*.

Wie bereits oben erwähnt, besteht gemäß den Untersuchungen des BDEW (2010) nachweislich kein direkter Zusammenhang zwischen Metermengenwert und den Kosten der Wasserversorgung. Die Überlagerung des Merkmals mit anderen Faktoren (u.a. Höhendifferenzen, Bodenklassen, Urbanität, Alterststruktur des vorhandenen Netzes, ...) erschwert die Interpretation.

Wirtschaftliche Auswirkungen

Je größer der Metermengenwert, desto niedriger sind die spezifischen Rohrnetzkosten pro km Rohrnetzlänge (die bisherigen Ergebnisse dazu sind widersprüchlich).

<i>Investitionen</i>	? (s. BDEW, 2010: Nein)
<i>Betriebsaufwand</i>	? (s. BDEW, 2010: Nein)

⁴⁰ s. Strukturmerkmal „Hausanschlussdichte“

Merkmal Hausanschlussdichte (nur DV)	Einheit [HA/km ²]
	Merkmalsausprägung Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Größe des Versorgungsgebiets
Berechnung Anzahl der Hausanschlüsse ⁴¹ / Versorgungsgebiet ⁴²	
Relevante Regelwerke W 392: Rohrnetzinspektion und Wasserverluste - Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen (05/2003)	
Definition Anzahl der Hausanschlüsse in Relation zur Versorgungsgebietsgröße	
Kurzbeschreibung <p>Die Hausanschlussdichte ist ein Merkmal für die Besiedlungsdichte des Versorgungsgebiets. Bei hoher Hausanschlussdichte sind die spezifischen Verteilungskosten des Trinkwassers entsprechend niedriger. Allerdings steigt aufgrund der Tatsache, dass die Anschlussleitungen die „Schwachstellen“ im Rohrnetz darstellen⁴³ (W392), mit steigender Hausanschlussdichte die Gefahr für Schäden und demnach für Wasserverluste. Hieraus ergeben sich steigende Kosten für Instandhaltung und Wartung der Hausanschlussleitungen.</p> <p><i>Hinweis: Empirische Unterlegung ist notwendig: In welchem Maße korreliert die HA-Dichte mit dem Meternengenwert, abhängig vom Anteil industrieller Abnehmer?</i></p>	
Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich Hausanschlussdichte [HA/km ²]: Δ 100 (+/- 50) [nur für DV]	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk <p>Dieses Strukturmerkmal resultiert aus der Siedlungsstruktur und lässt sich durch das WVU nicht beeinflussen, da die Anzahl der Hausanschlüsse außerhalb des Einflussbereichs des WVU liegt.</p> <p>Die Hausanschlussdichte wird maßgeblich von der Siedlungsdichte beeinflusst. Je höher die Siedlungsdichte, desto höher ist in der Regel die Hausanschlussdichte.</p>	

⁴¹ Gesamtanzahl der Hausanschlüsse. Berücksichtigt werden die von der Versorgungsleitung abzweigenden Anschlussleitungen. Anschlussleitungen zu Hydranten und Zapfstellen werden nicht als Anschlussleitung gezählt (Abweichung zum internationalen IWA-System). Inaktive Anschlussleitungen (z.B. zu leerstehenden Gebäuden) werden nicht mitgezählt.

⁴² Fläche des Versorgungsgebietes (km²) (soweit nicht vertraglich definiert: Ausdehnung des Verteilungsnetzes).

⁴³ Nach der DVGW-Schadenstatistik Wasser ist die Schadensrate der Wasseranschlussleitungen umgerechnet auf die Anzahl Schäden/(km Wasseranschlussleitungen * a) wesentlich höher als die der Versorgungs- und Hauptleitungen (W392).

Je höher die Hausanschlussdichte, desto geringer sind die *einwohnerspezifischen Kosten* der Trinkwasserversorgung sowie die *spezifischen Verteilungskosten pro km Rohrleitungslänge* (Metermengenwert). Diese Aussage lässt sich dadurch untermauern, dass bei einem Vergleich von dünn bis moderat verdichteten Gemeinden Orte mit doppelter Siedlungsdichte um 35 Prozent niedrigere einwohnerspezifische (bzw. mengen-spezifische) Trinkwasserkosten aufwiesen (Holländer et al., 2008).

Betrachtet man den Aufwand für den *Betrieb* eines Trinkwassernetzes ist ein eindeutiger Zusammenhang zur Hausanschlussdichte darzustellen. Die Anzahl der Hausanschlüsse hat nachweislich Einfluss auf Wartungs- und Inspektionskosten verbunden mit Kosten für Zählerablesung und deren Auswechslung. (Holländer et al., 2009) Es ist zu erwarten, dass die Betriebskosten mit steigender Hausanschlussdichte steigen. Das hat unter anderem damit zu tun, dass Anschlussleitungen häufig die höchste Schadensrate im Vergleich zum Verteilungs- und Transportnetz aufweisen und damit die eigentlichen Schwachstellen im Netz darstellen (Hirner und Merkel, 2005).⁴⁴ Das bedeutet, dass höhere Hausanschlussdichten absolut zu höheren Schadensraten im Netz und damit zu höheren realen Wasserverlusten führen können.

Eine generelle Aussage zu einem Zusammenhang zwischen absoluten Kosten der Wasserversorgung und der Hausanschlussdichte ist aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse allerdings nicht möglich. Aufgrund der Ergebnisse der bereits oben zitierten BDEW-Studie zum Metermengenwert (BDEW, 2010) kann vermutet werden, dass auch zwischen den absoluten Kosten der Wasserversorgung und der HA-Dichte nicht zwingend relevante Beziehungen bestehen. Die Überlagerung des Merkmals mit anderen Faktoren (u.a. Höhendifferenzen, Bodenklassen, Urbanität, Altersstruktur des vorhandenen Netzes, ...) erschwert die Interpretation.
-> *Statistische Auswertungen erforderlich, um Zusammenhang nachzuweisen.*

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit einer steigenden Hausanschlussdichte nimmt der Betriebsaufwand zu (z.B.: je mehr HAL, desto mehr Instandhaltung/Wartung HAL erforderlich).

⁴⁴ Nach der DVGW-Schadenstatistik Wasser ist die Schadensrate der Wasseranschlussleitungen umgerechnet auf die Anzahl Schäden/(km Wasseranschlussleitungen * a) wesentlich höher als die der Versorgungs- und Hauptleitungen (W392).

Merkmal Täglicher Spitzenfaktor absolut (Für DV und FV)	Einheit [-] Merkmalsausprägung Maximaler Spitzentagesbedarf der letzten 10 Jahre in Relation zur Jahresnetzeinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)
Berechnung Maximaler Spitzentagesbedarf (= Netzeinspeisung) der letzten 10 Jahre x 365 / Jahresnetzeinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)	
Verweis auf Regelwerk W 300: Wasserspeicherung - Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung (06/2005) W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen, Teil 1: Planung (10/2004) W 400-2: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 2: Bau und Prüfung, (09/2004) W 400-3: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) Teil 3: Betrieb und Instandhaltung (09/2006) W 404: Wasseranschlußleitungen (03/1998) W 410: Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen (12/2008)	
Definition Maximaler Spitzentagesbedarf (= Netzeinspeisung) der letzten 10 Jahre x 365 / Jahresnetzeinspeisung im Spitzenjahr (der letzten 10 Jahre)	
Kurzbeschreibung Der Spitzenfaktor hängt von der Abnehmerstruktur eines Versorgungsgebiets ab. Je höher der Spitzenfaktor eines Wasserversorgungsunternehmens ausfällt, desto höhere Reservekapazitäten muss das WVU vorhalten, um eine Trinkwasserversorgung gewährleisten zu können, sofern kein Ausgleich eines Tagesspitzenbedarfs über einen Leitungsverbund erfolgen kann. Der Tagesspitzenfaktor dient neben dem Stundenspitzenfaktor als Bemessungsgrundlage von Anlageteilen, „für die kein Ausgleich der stündlichen Verbrauchsschwankungen am Spitzentag durch Speicherung möglich ist, z. B. für Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen“ (Mutschmann, und Stimmelmayer, 2011). Die Versorgungsleitungen und Hauptleitungen, die der direkten Versorgung dienen, müssen „den Durchfluß zur Spitzenstunde bzw. den Spitzendurchfluß in einer kleineren Zeiteinheit sicherstellen“, wobei das „Leistungsvermögen und die Durchflußbedingungen der verschiedenen Systemteile (...) eine sorgfältige Betrachtung“ erfordern, „weil davon das Zusammenwirken von Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen, Trinkwasserbehältern und Förderanlagen stark abhängt“ (DIN EN 805). Neben dem Bereich der Wasserverteilung ist der Tägliche Spitzenfaktor ebenfalls bei der Planung von Anlagen der Wassergewinnung und -aufbereitung zu berücksichtigen. <i>Anmerkung: „Die Bemessung von Anlagen erfolgt nach unterschiedlichen Betriebszuständen“ (W 400-1). Neben dem maximalen Tagesbedarf, welcher i.d.R. als Bemessungsgrundlage von Speicheranlagen dient, sind die folgenden Größen für die Bemessung von Anlagen maßgebend, welche sich ebenfalls auf die Investitionskosten für Anlagen der Wasserverteilung niederschlagen können (s. W 400-1 und W 404):</i>	

- *Hausanschlussleitungen: Spitzendurchfluss in 10 Sekunden*
- *Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen: Spitzendurchfluss in 1 Stunde*
- *Pumpen- und Druckminderanlagen: Spitzendurchfluss in 1 Stunde*

Vorläufige quantitative Abgrenzung/Vergleichsbereich

Täglicher Spitzfaktor absolut [-]:

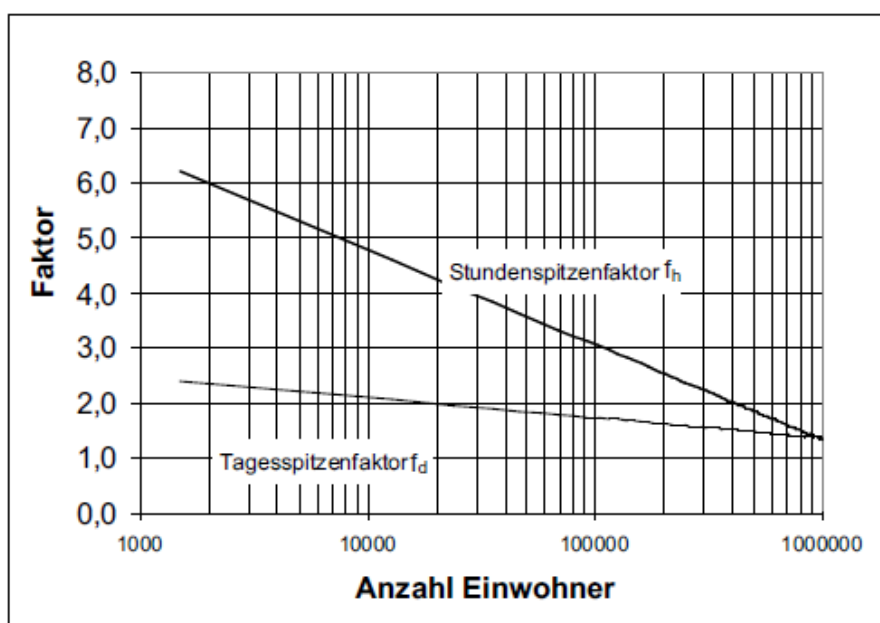
$\Delta 0,3$ (+/- 0,15) [für DV]

$\Delta 0,2$ (+/- 0,1) [für FV]

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Das vorliegende Strukturmerkmal resultiert aus der Abnehmerstruktur und stellt eine vom WVU nicht beeinflussbare Randbedingung dar, die jedoch einen Einfluss auf erforderliche Investitionen der Wasserversorgungsanlagen und betriebliche Aufwendungen haben kann.

„Der Tagesspitzenfaktor f_d als Verhältnis von "höchster Tagesbedarf" zu "mittlerer Tagesbedarf" liegt je nach Größe des Versorgungsgebietes etwa zwischen 2,0 und 1,3“ (W400-1). Er dient als Bemessungsgrundlage für Anlagen der Wassergewinnung, Aufbereitung, sowie Zuleitungen zum Speicher und schließlich von Speicheranlagen. Der Spitzenfaktor eines WVU hängt im Wesentlichen von *der Struktur und Größe des Versorgungsgebietes* ab. Die strukturelle Entwicklung eines Versorgungsgebietes sowie technische und soziale Einflüsse können eine Änderung des Wasserbedarfs bewirken. Neben der einer Zu- oder Abnahme des Bedarfs, welche beispielsweise durch Änderungen der Siedlungsstruktur, Einwohnerzahlen oder des Verbrauchsverhaltens hervorgerufen werden können, wird der Spitzenfaktor eines Versorgungsgebietes durch weitere Einflüsse beeinflusst. Hierzu zählen neben klimatischen Veränderungen (Trockenperioden, Tagestemperatur) ebenfalls zeitliche Faktoren wie der Wochentag oder Schulferien.



Spitzenfaktoren f_h und f_d in Abhängigkeit von der Anzahl der Einwohner (Quelle: W400-1)

I.d.R. nimmt der Spitzenfaktor mit zunehmender Einwohneranzahl ab. Bei Wohngebäuden ist der Spitzenbedarf „abhängig von der Anzahl der Einwohner. Diese bestimmen die Gleichzeitigkeit der Entnahmen. (...) Bei Versorgungseinheiten von mehr als 1000 Einwohnern wirken sich neben der Gleichzeitigkeit der Einzelentnahmevorgänge andere Faktoren (z. B. soziale Struktur, Kleingewerbe, Klima, Siedlungsstruktur) auf die Spitzenbedarfswerte aus“ (W410). Abhängig von der Abnehmerstruktur können neben den Tarifikunden ebenfalls Sondervertragskunden einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Spitzenfaktor (klimatische Einflüsse, Wassereinsatz für Produktion und allgemeine Entwicklung des Verbrauchsverhaltens) haben.

Neben dem Tagesspitzenfaktor ist ebenfalls der Stundenspitzenfaktor eines Versorgungsgebietes „für die die Bemessung der Anlagenteile, für die kein Ausgleich der stündlichen Verbrauchschwankungen am Spitzentag durch Speicherung möglich ist, z. B. für Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen“ zu berücksichtigen (Mutschmann, und Stimmelmayer, 2011). Die Versorgungsleitungen und Hauptleitungen, die der direkten Versorgung dienen, müssen „den Durchfluß zur Spitzenstunde bzw. den Spitzendurchfluß in einer kleineren Zeiteinheit sicherstellen“, wobei das „Leistungsvermögen und die Durchflußbedingungen der verschiedenen Systemteile (...) eine sorgfältige Betrachtung“ erfordern, „weil davon das Zusammenwirken von Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen, Trinkwasserbehältern und Förderanlagen stark abhängt“ (DIN EN 805).

Abhängig von der Abnehmerstruktur (z.B. geringe Einwohnerdichte oder Pendleranteil) ist mit einem zunehmenden Spitzenfaktor tendenziell mit steigenden Investitionskosten für das Verteilungsnetz sowie Speicheranlagen zu rechnen. Um den Spitzendurchfluss abdecken zu können, sind Trinkwasserbehälter ausreichend zu bemessen, um „den Unterschied zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme auszugleichen und die Bedarfsspitzen abzudecken“ (W300). Bei einer großen Schwankungsbreite der Trinkwasserabgabe und entsprechend hohen Spitzenfaktoren sind ebenfalls die Nennweiten des Versorgungsnetzes so zu dimensionieren, dass sie ausreichende *Kapazitäten für den Spitzenbedarf* bieten. Sind zur Aufrechterhaltung des Versorgungsdruckes und der –menge großzügig bemessene Versorgungsanlagen erforderlich, ist im Allgemeinen ein höherer Kapitalbedarf erforderlich. Weichen Spitzendurchfluss und mittlerer Durchfluss stark voneinander ab, führt dies zu einer *Verminderung des Durchflusses* bzw. *Stagnationen* in Rohrleitungen und Speicherbehältern. Das beeinflusst neben der Wirtschaftlichkeit (besonders bei langen Druckleitungen) auch die Betriebssicherheit, da lange Verweilzeiten des Wassers in den Leitungen die Folge sind und es zu *Ablagerungen, Inkrustationen und hygienischen Beeinträchtigungen* kommen kann. Bei einem geringen Durchfluss der Leitungen können zudem erhöhte Aufwendungen für *Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen* anfallen (z.B. Spülungen, Energieverbrauch).

Wirtschaftliche Auswirkungen

<i>Investitionen</i>	Mit einem zunehmenden Spitzenfaktor können höhere Investitionen für Anlagen der Wasserverteilung (<i>Trinkwasserspeicher, Nennweiten Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen</i>) anfallen.
<i>Betriebsaufwand</i>	Tendenziell steigt der Betriebsaufwand mit zunehmendem Spitzenfaktor. Sind großzügig bemessene Versorgungsanlagen (<i>Nennweiten, Speichervolumina</i>) erforderlich, um die Aufrechterhaltung von Versorgungsdruck- und Menge

	zu gewährleisten, können erhöhte Aufwendungen für <i>Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen</i> (z.B. Spülungen, Energieverbrauch) anfallen.
--	--

Anhang 3: Gestrichene Strukturmerkmale

Merkmal	Einheit [%]
Fremdbezug	Merkmalausprägung 1) Anteil Rohwasserbezug 2) Anteil Reinwasserbezug
Verweis auf Regelwerk DIN 2000: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen (10/2000)	
Definition 1) Bezogenes Rohwasser/Systemeinspeisung 2) Bezogenes Reinwasser/Systemeinspeisung	
Kurzbeschreibung 1) Fremdbezug von Rohwasser muss im Zusammenhang mit der lokalen Rohwasserverfügbarkeit und Anlagenauslastung (Reserven, Redundanzen) bewertet werden. Bei einem vollständigen Fremdbezug entfallen neben Investitionskosten für die Errichtung von <i>Anlagen zur Wassergewinnung</i> auch die WVU-eigenen betrieblichen Aufwendungen für den <i>Ressourcenschutz</i> und die <i>Rohwassergewinnung</i> , welche über den Bezugspreis abgegolten werden. Eine Bewertung muss im Einzelfall erfolgen, aus welchen Überlegungen heraus ein Unternehmen den Fremdbezug eingerichtet hat. Hier können unzureichende lokale Wasserressourcen (Menge, Qualität), eine mögliche Erhöhung der Versorgungssicherheit durch Redundanz sowie ökonomische Vorteile des Fremdbezugs gegenüber der Eigengewinnung eine Rolle spielen. 2) Fremdbezug von Reinwasser muss im Zusammenhang mit lokaler Wasserverfügbarkeit bewertet werden. Bei einem vollständigen Fremdbezug entfallen neben Investitionskosten für die Errichtung von <i>Anlagen zur Wassergewinnung</i> und <i>-aufbereitung</i> auch die WVU-eigenen betrieblichen Aufwendungen für den <i>Ressourcenschutz</i> , die <i>Rohwassergewinnung</i> sowie <i>-aufbereitung</i> , welche über den Bezugspreis abgegolten werden. Eine Bewertung muss im Einzelfall erfolgen, aus welchen Überlegungen heraus ein Unternehmen den Fremdbezug eingerichtet hat. Hier können unzureichende lokale Wasserressourcen (Menge, Qualität), eine mögliche Erhöhung der Versorgungssicherheit durch Redundanz sowie ökonomische Vorteile des Fremdbezugs gegenüber der Eigengewinnung und <i>-aufbereitung</i> eine Rolle spielen.	
Quantitative Abgrenzung (ursprünglich zur Verwendung vorgesehen) 1) Anteil Rohwasserbezug/Systemeinspeisung [%]: $\Delta 40 (+/- 20)$ 2) Anteil Reinwasserbezug/ Systemeinspeisung [%]: $\Delta 40 (+/- 20)$	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk 1) Der <i>Fremdbezug von Rohwasser</i> kann dann erforderlich oder ökonomisch sinnvoll sein, wenn das im eigenen Einzugsgebiet verfügbare Rohwasser eine geringe oder stark schwan-	

kende *Qualität* aufweist bzw. die *Quantität* des Rohwassers räumlich oder zeitlich begrenzt ist (s. Strukturmerkmal „Rohwasserverfügbarkeit am Standort“). Dies gilt auch, wenn die Wasserversorgung bei Spitzenbedarf durch eigene Kapazitäten (Auslastung der Gewinnungsanlagen, Rohwasserverfügbarkeit am Standort oder Wasserentnahmerechte) nicht gedeckt werden kann.

Während mit einem zunehmenden Fremdbezug die unmittelbaren durch das WVU zu erbringenden Aufwendungen für den *Rohwasserschutz*, die *Rohwasserüberwachung* und die *Gewinnung* abnehmen, steigen gleichermaßen die Kosten für den Wasserbezug. Bei einem vollständigen Rohwasserbezug entfallen die WVU-eigenen Aufwendungen für den *Gewässerschutz*, die *Gewässerüberwachung* sowie die *Gewinnung*, auf der anderen Seite steht jedoch der zu zahlende Bezugspreis für das fremd bezogene Wasser.

Abhängig von den räumlichen Gegebenheiten (z. B. Entfernung bzw. geodätische Lage des WVU zum Einspeisepunkt) kann der Bezug von Rohwasser im Vergleich zu einer ortsnahen Gewinnung bei ausreichender Rohwasserverfügbarkeit und -qualität sowohl kostenintensiver als auch kostengünstiger sein.

2) Der *Fremdbezug von Reinwasser* kann dann erforderlich oder ökonomisch sinnvoll sein, wenn die Rohwasserverfügbarkeit räumlich oder zeitlich begrenzt ist bzw. das Rohwasser eine geringe oder stark schwankende *Qualität* aufweist und einen erheblichen Mehraufwand für die Rohwasseraufbereitung bedeuten würde. Reicht die geförderte bzw. aufbereitete Wassermenge zur Trinkwasserversorgung – insbesondere bei Spitzenbedarf – nicht aus, muss diese durch den Fremdbezug bzw. Zukauf sichergestellt werden.

Während mit einem zunehmenden Fremdbezug von Reinwasser die unmittelbaren durch das WVU zu treffenden Aufwendungen für den *Rohwasserschutz*, die *Rohwasserüberwachung*, die *Gewinnung* und *Aufbereitung* abnehmen, steigen gleichermaßen die Kosten für den Wasserbezug. Bei einem vollständigen Reinwasserbezug entfallen die WVU-eigenen Aufwendungen für den Ressourcenschutz, die Rohwassergewinnung und -aufbereitung, diese werden jedoch über den Bezugspreis abgegolten.

Abhängig von den räumlichen Gegebenheiten (z. B. Entfernung bzw. geodätische Lage des WVU zum Einspeisepunkt) kann der Bezug von Reinwasser im Vergleich zu einer eigenen Gewinnung und Aufbereitung sowohl kostenintensiver als auch kostengünstiger sein.

Auswirkungen auf Aufwendungen

Investitionen

Je mehr Wasser fremd bezogen wird, desto weniger Wasser muss das WVU selber gewinnen und aufbereiten. Demnach kann mit zunehmendem Anteil an fremdbezogenem Wasser ggf. auf eigene Anlagen der Gewinnung bzw. Aufbereitung verzichtet bzw. können diese kleiner dimensioniert werden. Wird im gegenteiligen Fall der Rückbau von Anlagen erforderlich, da diese durch z.B. rückgehende Rohwasserressourcen unterausgelastet sind, fallen hierfür Kosten an.

<i>Betriebsaufwand</i>	<p>Mit zunehmendem Fremdbezug von <i>Rohwasser</i> können die direkten Aufwendungen des WVU für den <i>Rohwasserschutz</i>, die <i>Rohwasserüberwachung</i> sowie die <i>Gewinnung</i> sinken, gleichzeitig nehmen die erforderlichen Zahlungen für den Rohwasserbezug zu.</p> <p>Mit zunehmendem Fremdbezug von <i>Reinwasser</i> sinken zusätzlich die Aufwendungen des WVU die <i>Aufbereitung</i>, demgegenüber stehen natürlich die Kosten für den Reinwasserbezug.</p> <p>Generell ist davon auszugehen, dass mit steigendem Fremdbezug die Aufwendungen für <i>Wartung und Instandhaltung</i> von eigenen Anlagen abnehmen.</p>
------------------------	--

Merkmal	Einheit [-]
Besondere Aufbereitungserfordernisse	Merkmalausprägung Qualitätsanforderungen an die Aufbereitung über die Anforderungen der TrinkwV hinaus
Verweis auf Regelwerk W 217-1: Flockung in der Wasseraufbereitung – Grundlagen (09/1987) W 219: Einsatz von polymeren Flockungshilfsmitteln bei der Wasseraufbereitung (05/2010) W 220: Einsatz von Aluminiumverbindungen und Entfernung von Aluminium bei der Wasseraufbereitung (08/1994) W 221-1: Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen - Grundsätze und Planungsgrundlagen (04/2010) W 221-2: Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen – Behandlung (04/2010) W 221-3: Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen - Vermeidung, Verwertung und Beseitigung (02/2000) W 222: Einleiten und Einbringen von Rückständen aus Anlagen der Wasserversorgung in Abwasseranlagen (03/2010) W 225: Ozon in der Wasseraufbereitung (05/2002)	
Definition Besondere Qualitätsanforderungen an die Aufbereitung können u.a. die Erfüllung behördlicher Auflagen sein oder auch besonderer Qualitätsanforderungen, die kundenseitig oder gesellschaftlich verursacht sind (z.B. Enthärtung, Denitrifizierung - wenn der Nitratgehalt bereits ohne Aufbereitung unter 50 mg/l liegt, aber noch weiter gesenkt werden soll).	
Kurzbeschreibung Besondere Aufbereitungserfordernisse sind zu berücksichtigen, wenn z.B. vom Kunden, aus dem politischen Bereich oder durch andere Instanzen diese Anforderungen an das WVU herangetragen werden. Hierzu zählt auch der Wunsch nach z. B. weichem Trinkwasser.	
Quantitative Abgrenzung (ursprünglich zur Verwendung vorgesehen) Wurden Aufbereitungsanlagen unter Berücksichtigung besonderer Aufbereitungserfordernisse realisiert? (ja/nein)	
Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk Dieses Strukturmerkmal ist geprägt durch äußere Ansprüche an das Wasserversorgungsunternehmen (behördlich, politisch, gesellschaftlich, Kunden) und ist durch den Wasserversorger nicht unmittelbar veranlasst oder beeinflussbar. Aus besonderen Qualitätsanforderungen ergeben sich i.d.R. erhöhte Aufwendungen sowohl für Investitionen als auch für den Betrieb. Entweder sind ganze Verfahrensstufen zu installieren und zu betreiben, wie z.B. eine Enthärtungsanlage oder eine Anlage zur Denitrifizierung, oder die bestehenden Anlagen müssen ausgebaut bzw. mit einem höheren Aufwand betrieben werden, um die erzeugte Trinkwasserqualität über die Vorgaben der TrinkwV hinaus zu verbessern (z.B. Vergrößerung von Filterflächen/-schichthöhen, Zugabe von Sauerstoff zur	

Unterstützung bestehender Filterstufen, Flockung, Ozonung).

Durch die aus diesen Ansprüchen resultierenden Maßnahmen ergeben sich in vielen Fällen umfangreiche Investitionen in die Verfahrenstechnik der Aufbereitung. Können die Qualitätsanforderungen mit den bestehenden Anlagen erreicht werden, sind häufig höhere Betriebskosten für Zugabemittel oder Energie die Folge.

Anhaltswerte für Kosten verschiedener Aufbereitungsverfahren zitiert Bartsch (2007):

- 0,1 bis 0,6 EUR/m³ für Adsorption (Reaktivierungskosten sind dabei der größte Anteil) [Hobby et al., 2004]
- 0,0015 bis 0,035 EUR/m³ für Filtration [Hobby et al., 2004]

Die tatsächlichen Kosten einer zentralen Enthärtung sind stark abhängig von verschiedenen Rahmenbedingungen wie z.B. Rohwasserinhaltsstoffe, Ausgangshärte, Zielhärte, Aufbereitungsleistung, vorhandene Aufbereitungsverfahren / Integrationsmöglichkeiten, Ver- und Entsorgungskosten, Transportentfernung, Abwassergebühren, Personalaufwand und Finanzierungskosten. Demnach ist die Bandbreite der Kosten einer zentralen Enthärtung sehr groß (nach Stetter, 2007; ohne Abwasser):

- Schnellentkarbonisierung: 1.000 - 20.000 m³/d ⇒ 7 – 30 Cent/m³
- CARIX: 1.000- 20.000 m³/d ⇒ 12 - 32 Cent/m³
- Nanofiltration: 1.000- 20.000 m³/d ⇒ 15 - 30 Cent/m³

Nach Bartsch (2007) ergeben sich bei der Schnellentkarbonisierung bezogen auf die Verringerung der Härte Kosten von 1,2 bis 2,3 Cent/(m³ °dH).

Je nach Verfahrensart entstehen durch die weitergehende Aufbereitung (wie z.B. Enthärtung) Rückstände bzw. Nebenprodukte, die u.U. behandelt oder kostenpflichtig entsorgt werden müssen (W213-1 bis W213-6, W222).

Auswirkungen auf Aufwendungen

<i>Investitionen</i>	Mit zunehmenden Anforderungen an die Trinkwasserqualität kann der Ausbau bestehender Anlagentechnik oder die Installation zusätzlicher Aufbereitungsstufen erforderlich werden, was sich in höheren Investitionskosten widerspiegelt.
<i>Betriebsaufwand</i>	Mit zunehmenden Anforderungen an die Trinkwasserqualität kann eine Effizienzsteigerung des bestehenden Anlagenbetriebs durch z.B. Zugabe von Zusatzstoffen erforderlich werden, was zu erhöhten Betriebskosten führen kann. Weitergehende Aufbereitungsstufen erhöhen in jedem Fall die Betriebskosten der gesamten Wasseraufbereitung durch Aufwand für Personal, Energie, Material etc. Müssen durch die weitergehende Aufbereitung entstehende Nebenprodukte/Rückstände kostenpflichtig entsorgt werden, erhöhen sich die Betriebskosten ebenfalls.

Merkmal Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz	Einheit [-]
	Merkmalausprägung 1) Schutzwirkung von Bodendeckschichten (Grundwasser) 2) Schutzwirkung im Einzugsgebiet (Oberflächenwasser)
Verweis auf Regelwerk	
W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (06/2006)	
W 102: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren (04/2002)	
W 105: Behandlung des Waldes in Wasserschutzgebieten für Trinkwassertalsperren (03/2002)	
W 127: Quellwassergewinnungsanlagen - Planung, Bau, Betrieb, Sanierung und Rückbau (03/2006)	
DIN 2000: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen (10/2000)	
DIN 19700-11: Stauanlagen - Teil 11: Talsperren (07/2004)	
Definition	
Eine effektive Schutzwirkung ist gegeben, wenn in der Vergangenheit keine oder zu vernachlässigende Beeinflussungen der Grundwasserqualität durch OFW bzw. keine oder geringe anthropogene Belastungen aus dem Einzugsgebiet (Talsperre, See, Fließgewässer) auf die Rohwasserqualität aufgetreten sind.	
Die genutzte Wasserressource gilt als effektiv geschützt, wenn für die folgenden Parameter die nachstehenden Grenzwerte an der jeweils höchstbelasteten Wasserfassung/Messstelle innerhalb der Schutzzonen I und II (bzw. Vorwarnmessstellen nach DVGW W 108 in einem nicht festgesetzten WSG) im Erhebungsjahr und den beiden Jahren davor eingehalten wurden. (Bei der Nutzung von Oberflächenwasser wird die Qualität des Rohwassers unmittelbar vor der Gewinnung zur Beurteilung herangezogen.)	
1) <i>Grundwasser</i> : Nitrat <25 mg/L, Chlorid <125 mg/L, Sulfat <120 mg/L; Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte: Einzelstoffe <0,05 µg/L, (IAWR et al., 2004) ⁴⁵	
2) <i>Oberflächenwasser</i> : Ammonium <0,3 mg/l, Nitrat <25 mg/L, Chlorid <100 mg/L, Sulfat <100 mg/L, Anthropogene naturfremde Stoffe wie Pestizide, Biozide und Metabolite, endokrin wirksame Substanzen, Arzneimittelrückstände und weitere organische Halogenverbindungen je Einzelstoffe <0,1 µg/L (DVGW et al., 2010) ⁴⁶	

⁴⁵ Schwellwerte gemäß Grundwassermemorandum 2004: max. 50 % der Trinkwassergrenzwerte gemäß TrinkwV 2001

⁴⁶ Zielwerte für die Beschaffenheit von Fließgewässern (Fließgewässermemorandum 2010)

Kurzbeschreibung

Dieses Strukturmerkmal weist auf die tatsächlich vorhandene Schutzwirkung je Einzugsgebiet hin. Dort können signifikante Unterschiede vorliegen. Beispielsweise kann eine Talsperre unterschiedlichen Nutzungen unterliegen (Freizeitnutzung, reine TW-Gewinnung, ...). Hieraus ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen, die abhängig von den lokalen Gegebenheiten in stärkerem oder schwächerem Maße zu Gefährdungen führen können und daher im Sinne des Rohwasserschutzes unterschiedlich intensive Vorkehrungen von Seiten des Wasserversorgers erfordern. Sind wirksame Barrieren vorhanden, kann davon ausgegangen werden, dass vorhandene Gefährdungen im Einzugsgebiet i. d. R. zu einer vergleichsweise geringeren bzw. keiner signifikanten Belastung der Rohwasserressource führen.

Quantitative Abgrenzung (ursprünglich zur Verwendung vorgesehen)

Sind die folgenden Parameter mit den nachstehenden Grenzwerten an der jeweils höchstbelasteten Wasserfassung/Messstelle innerhalb der Schutzzonen I und II (bzw. Vorwarnmessstellen nach DVGW W 108 in einem nicht festgesetzten WSG) im Erhebungsjahr und den beiden Jahren davor eingehalten worden? (Bei der Nutzung von Oberflächenwasser wird die Qualität des Rohwassers unmittelbar vor der Gewinnung zur Beurteilung herangezogen.)

- 1) *Grundwasser*: Nitrat <25 mg/L, Chlorid <125 mg/L, Sulfat <120 mg/L; Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte: Einzelstoffe <0,05 µg/L (IAWR et al., 2004)
[-]: ja/nein
- 2) *Oberflächenwasser*: Ammonium <0,3 mg/l, Nitrat <25 mg/L, Chlorid <100 mg/L, Sulfat <100 mg/L, Anthropogene naturfremde Stoffe wie Pestizide, Biozide und Metabolite, endokrin wirksame Substanzen, Arzneimittelrückstände und weitere organische Halogenverbindungen je Einzelstoffe <0,1 µg/L (DVGW et al., 2010)
[-]: ja/nein

Fachliche Einordnung und Bezug zum Regelwerk

Das Strukturmerkmal „Wirksame Barrieren zum Rohwasserschutz“ stellt eine Randbedingung dar, die nicht unmittelbar durch den Wasserversorger beeinflusst werden kann.

Der vorhandene Schutz des Rohwassers kann in verschiedenen Wassergewinnungsgebieten zum Teil erhebliche Unterschiede aufweisen. Abhängig von vorhandenen Gefährdungen im Einzugsgebiet und Eintragspfaden können die vom Wasserversorgungsunternehmen zu treffenden Aufwendungen für den *vorsorgenden Gewässerschutz* sowie die *Rohwasserüberwachung* mehr oder weniger intensiv ausfallen.

Für Grundwasservorkommen, Talsperren und Seen, welche für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, „sind grundsätzlich Wasserschutzgebiete festzusetzen und zu überwachen“. „Der Schutz der für die Trinkwasserversorgung genutzten Fließgewässer muss sich mindestens an trinkwasserspezifischen Güteanforderungen orientieren mit dem Ziel, die Bereitstellung von einwandfreiem Trinkwasser mit natürlichen oder naturnahen Aufbereitungsverfahren zu ermöglichen“ (DIN 2000). Der vom Wasserversorgungsunternehmen geleistete Ressourcenschutz kann die folgenden Aufgabengebiete betreffen:

- „Kooperationen mit dem Ziel der Minimierung von Gewässerbeeinträchtigungen;
- Beobachtung der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers im Einzugsgebiet der Wassergewinnung nach Menge und Beschaffenheit;
- Beteiligung an der Festsetzung und Überwachung von Schutzgebieten;
- Beteiligung an der Arbeit von Flussgebietskommissionen“ (DIN 2000)

Grundwasser

Die Schutzfunktion der überdeckenden Schichten kann je nach Gewinnungsgebiet sehr unterschiedlich sein. Für die Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist zunächst der Boden hinsichtlich diverser Kriterien wie u.a. „Bodenart, Sickerwasserrate, Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (und) vertikale(r) Durchlässigkeit“ zu berücksichtigen. Weiterhin muss die ungesättigte Zone im Hinblick auf beispielsweise „vertikale Durchlässigkeit, Mächtigkeit“ u.a. bewertet werden (W101).

Bei einer geringeren Schutzwirkung der Deckschichten steigt die Gefährdung einer negativen ggf. stoßweisen Beeinträchtigung des Rohwassers. Entsprechend nimmt der vom Wasserversorgungsunternehmen zu betreibende Aufwand für den Rohwasserschutz sowie die Vorfeldüberwachung zu. Da auch „bei gleichzeitigem Zusammentreffen mehrerer vorhersehbarer Extrembedingungen (zum Beispiel hohe Rohwasserbelastung)“ (DIN 2000) einwandfreies Trinkwasser zur Verfügung gestellt werden muss, können aus einer unzureichenden Schutzwirkung weitere Anforderungen an die Wasseraufbereitung resultieren (s. Strukturmerkmal „Grad der Aufbereitung“).

Oberflächengewässer

Beim Oberflächenwasser wirken sich Stoffeinträge unmittelbar aus, da keine Pufferwirkung (zeitlich und stofflich) durch die Bodenpassage vorhanden ist. Der Gewässerüberwachung sowie dem vorsorgenden Gewässerschutz kommt aus diesem Grund eine besonders große Bedeutung zu. Die vom Wasserversorgungsunternehmen zu treffenden Aufwendungen fallen im Vergleich zu der Wassergewinnung aus Grundwasser i. d. R. höher aus.

Abhängig vom Standort der Gewinnung sowie der Ressourcenart (Fluss, See bzw. Talsperre) können die vorhandenen Schutzwirkungen unterschiedlich ausgeprägt sein. Bei der Direktentnahme des Rohwassers aus Flüssen ist die Überwachung des gesamten Einzugsgebietes inkl. der Zuflüsse sehr aufwändig. Trinkwassertalsperren bieten im Gegensatz zu Seen in der Regel eine bessere Schutzwirkung, als Ausnahme sind hier jedoch Mehrzwecktalsperren aufzuführen, deren Schutzfunktion durch Nutzungen Dritter (z.B. Wasserkraft, Schifffahrt, Freizeitgewässer) eingeschränkt ist. Für Oberflächengewässer werden besondere Anforderungen an betriebliche Schutzmaßnahmen und die Bewirtschaftung gestellt (z.B. Schutzgebiete, Vorsperren bei Talsperren, wasserwirtschaftlicher Betriebsplan (für Talsperren gemäß DIN 19700-11), zwingende Aufbereitung). So ist beispielsweise auch die Bewirtschaftung von Wäldern innerhalb der Wasserschutzgebiete von Trinkwassertalsperren zu berücksichtigen, wodurch spezielle Anforderungen an Aufbau und Behandlung gestellt werden (W105).

Auswirkungen auf Aufwendungen	
<i>Investitionen</i>	Je effektiver die vorhandenen Barrieren sind, desto weniger Vorfeldmessstellen müssen gebaut bzw. desto weniger muss in vorbeugenden Gewässerschutz (z.B. durch Ankauf von Flächen) investiert werden.
<i>Betriebsaufwand</i>	Je geringer die wirksamen Barrieren des Rohwasserschutzes sind, desto höher fallen die Kosten für Personal, Analytik usw. aus (Vorfeldüberwachungen, Begehungen, etc.). Zudem können gesteigerte Kosten für den Rohwasserschutz anfallen (z.B. Kooperationen zur Minimierung von Gewässerbeeinträchtigungen).

