



ISOE-Studientexte **24**

**Stefan Liehr, Oliver Schulz, Thomas Kluge,  
Georg Sunderer, Johann Wackerbauer**

# Wasserbedarfsprognose für Hamburg und Umland bis 2045



ISOE-Studientexte, Nr. 24  
ISSN 0947-6083

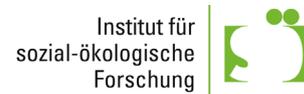
**Stefan Liehr, Oliver Schulz, Thomas Kluge,  
Georg Sunderer, Johann Wackerbauer**

# Wasserbedarfsprognose für Hamburg und Umland bis 2045

Studie erarbeitet im Auftrag der  
Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW)



ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung,  
Frankfurt am Main  
Dr. Thomas Kluge (Projektleitung)  
Dr. Stefan Liehr (Co-Projektleitung)  
Dr. Oliver Schulz  
Georg Sunderer



Ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung  
an der Universität München e.V.  
Dr. Johann Wackerbauer  
unter Mitarbeit von Jana Lippelt



Titelbild: © iStockphoto.com – Trout55

Herausgeber:  
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH  
Hamburger Allee 45  
60486 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2015

## Zu diesem Text

Wasserbedarfsprognosen sind für Wasserversorger eine wichtige Entscheidungsgrundlage für zukünftige Maßnahmen in der wirtschaftlichen und technischen Betriebsführung sowie beim Ressourcenmanagement. In den letzten zwei Jahrzehnten sanken in Deutschland die spezifischen Wasserbedarfe aufgrund von Technik- und Verhaltensinnovationen. Für Regionen mit Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum ist aber das Zusammenspiel dieser für den zukünftigen Bedarf konträren Entwicklungen von besonderem Interesse. Auch die Metropolregion Hamburg ist von diesen Entwicklungen betroffen.

Im Auftrag des Wasserversorgers HAMBURG WASSER aktualisierte das ISOE (Forschungsschwerpunkt Wasserressourcen und Landnutzung) in Kooperation mit dem ifo Institut München seine mittel- und langfristige Wasserbedarfsprognose aus dem Jahr 2007 für das Versorgungsgebiet des Auftraggebers. In einem innovativen Konzept wurden dafür Forschungsmethoden aus Natur-, Wirtschafts-, Planungs- und Sozialwissenschaften kombiniert. Mit dem gewählten transdisziplinären Forschungsmodus war das Projekt darauf angelegt, im laufenden Forschungsprozess gemeinsam mit den wissenschaftlichen und außerwissenschaftlichen Projektpartnern das Prognosekonzept weiterzuentwickeln. Der vorliegende Studententext basiert auf dem Projektbericht an HAMBURG WASSER und fasst Prognosekonzept, Modellentwicklung, Prognoseergebnissen und Schlussfolgerungen zusammen.

## About this text

Water demand forecasts are an important decision-making tool for water suppliers when it comes to planning measures for economic and technical operating management as well as resources management. In general, during the last two decades the specific water demand in Germany has decreased due to technical and behavioral innovations. For regions with economic and population growth though, the interaction of these opposing developments are of particular interest when future demands are to be established. The metropolitan region of Hamburg is one of the regions affected by these developments.

On behalf of the water supplier 'HAMBURG WASSER' the ISOE (research unit 'Water Resources and Land Use') updated its medium to long term water demand forecast from 2007 for the supply area of 'HAMBURG WASSER' in cooperation with the 'ifo Institute' in Munich. Using an innovative concept, research methods from the natural and economic sciences as well as from the planning and social sciences were combined. With this transdisciplinary research mode the project was set up to further develop the forecast concept together with the scientific and non-scientific partners. The study presented here is based on the project report and summarizes the forecast concept, model development, forecast results and conclusions.

# Inhalt

1	Veranlassung und Zielstellung.....	13
2	Ausgangssituation .....	13
2.1	Das Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER .....	13
2.2	Entwicklung der Wasserförderung und der Trinkwasserabgabe.....	16
2.3	Vorliegende Wasserbedarfsprognosen für Hamburg .....	18
2.4	Struktur der Wasserversorgung .....	20
3	Konzeption und Methode der Wasserbedarfsprognose.....	23
3.1	Konzept und Vorgehensweise.....	23
3.2	Methode der Wasserbedarfsprognose.....	26
3.2.1	Haushalte.....	26
3.2.2	GHD und Industrie.....	27
3.2.3	Weiterverteiler .....	28
3.2.4	Rohrnetzverlust, Eigenbedarf .....	28
3.2.5	Sonstige Verbraucher.....	28
4	Grundlagen der Wasserbedarfsprognose .....	29
4.1	Datengrundlagen .....	29
4.2	GIS-basierte Datenaufbereitung und -analyse.....	31
4.2.1	Wasserverbrauchsdaten von HWW .....	31
4.2.2	Räumliche Daten zu Einwohnern und Einflussfaktoren des Wasserverbrauchs.....	32
4.3	Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturentwicklung.....	36
4.3.1	Methode.....	36
4.3.2	Demografische Entwicklung.....	36
4.3.3	Siedlungsentwicklung und Räumliches Leitbild für Hamburg .....	41
4.3.4	Wohnungsbauentwicklung in Hamburg .....	42
4.3.5	Folgerungen für die Prognose .....	45
4.4	Statistische Analyse haushaltsbezogener Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch .....	49
4.4.1	Einflussfaktoren und Hypothesen.....	50
4.4.2	Datengrundlage und Operationalisierung der Analysevariablen.....	51
4.4.3	Überprüfung der Einflussgrößen und Berechnung der Wirkkoeffizienten.....	53
4.4.4	Fazit.....	55
4.5	Wirtschaftliche Entwicklung: GHD und Industrie.....	56
4.6	Einfluss von Trocken- und Nassjahren auf den Wasserbedarf.....	61

5	Prognosen .....	64
5.1	Prognose der Haushalte.....	64
5.2	Prognose von GHD und Industrie .....	69
5.2.1	Basisprognose.....	69
5.2.2	Sektoral differenzierte Prognose .....	75
5.2.3	Fazit.....	83
5.3	Prognose von sonstigen Verbrauchern, Weiterverteilern, HWW Selbstverbrauch, Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten .....	84
5.3.1	Sonstige Verbraucher .....	84
5.3.2	Weiterverteiler .....	85
5.3.3	Eigenbedarf und Rohrnetzverluste .....	85
5.4	Gesamtprognose/Referenzszenario (Szenario 1) .....	86
5.5	Szenarien.....	93
5.5.1	Szenario 2: „Bevölkerung (obere Variante der Vorausberechnung)“ .....	93
5.5.2	Szenario 3: „Klimawandel“ .....	95
5.5.3	Szenario 4: „Sparverhalten und Technikentwicklung“ .....	98
5.5.4	Szenario 5: „Bevölkerung nach Wohnungsbau“ .....	102
5.6	Integriertes Prognosemodell .....	103
5.7	Maximale Tagesabgabe .....	109
6	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse.....	111
7	Quellen und Literatur.....	116
8	Anhänge.....	119
8.1	Anhang 1: Wasserbedarfsberechnung der Haushalte.....	119
8.1.1	Basisberechnungen .....	119
8.1.2	Definition der Einflussfaktoren und der Änderungen .....	119
8.1.3	Bestimmung der Einflussfaktoren im Basisjahr der Prognose .....	120
8.1.4	Bestimmung von Änderungen der Einflussfaktoren in den Prognoseschritten .....	121
8.2	Anhang 2: Tages-Prognosemodell .....	122
8.2.1	Grundlagen des Tages-Prognosemodells.....	122
8.2.2	Ergebnisse.....	123
8.3	Anhang 3: Liste der Interviewpartner zum Themenbereich Entwicklung des Wasserbedarfs der Haushalte .....	127
8.4	Anhang 4: Vorgehensweise bei der Prognose des Trinkwasserbedarfs von GHD und Industrie.....	128
8.4.1	Selektion von Betrieben mit passenden Verbrauchsstellenarten .....	128
8.4.2	Selektion von Betrieben mit eindeutig zugeordneten Wasserverbräuchen.....	129
8.4.3	Weitere Ansätze zur Ermittlung realistischer Ausgangswerte .....	131
8.5	Anhang 5: Ergebnisse der schriftlichen Befragung zum Wasserbedarf von Betrieben .....	132

8.6	Anhang 6: Erwerbstätigenprognose für Hamburg.....	135
8.7	Anhang 7: Liste der Interviewpartner bei den Telefoninterviews.....	138
8.8	Anhang 8: Wasserbedarfsprognosen anderer Städte bzw. Regionen.....	139
8.8.1	Berlin (Deutschland) .....	139
8.8.2	Panama Canal Watershed Supply Area (Panama) .....	140
8.8.3	Lower Murray River (Australien) .....	140
8.8.4	Miles, South West Queensland (Australien) .....	141
8.8.5	Butte County, Kalifornien (USA).....	142
8.8.6	Oakland, Kalifornien (USA).....	143

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Struktur des Versorgungsgebiets von HAMBURG WASSER.....	14
Abbildung 2:	Langfristige Entwicklung der Rohwassermenge und der Einwohnerzahl im Versorgungsgebiet seit 1850.....	17
Abbildung 3:	Langfristige Entwicklung des spezifischen täglichen Wasserverbrauchs im Versorgungsgebiet seit 1970.....	17
Abbildung 4:	Langfristige Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe der Hamburger Wasserwerke im Zeitraum 1970 bis 2011. ....	18
Abbildung 5:	Schema der Wassermengen einschließlich einer Darstellung der Abnehmerstruktur für die Trinkwasserabgabe.....	21
Abbildung 6:	Entwicklung der Wassermengen.....	21
Abbildung 7:	Trinkwasserabgaben an die Freie und Hansestadt Hamburg, die Umlandgemeinden und die Weiterverteiler im Zeitraum 1970 bis 2011.....	22
Abbildung 8:	Verwendung eines Geografischen Informationssystems (GIS) und einer Datenbank zur Integration von Daten unterschiedlicher Struktur.....	24
Abbildung 9:	Vorgehensweise der Wasserbedarfsprognose.....	25
Abbildung 10:	Methodisches Vorgehen bei der Identifikation, Analyse und Prognose der Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf der Haushalte.....	27
Abbildung 11:	Räumliche Zuordnung und Verknüpfung der Daten.....	29
Abbildung 12:	Methodisches Vorgehen der Zusammenführung, Georeferenzierung und Verschneidung der räumlichen Daten. ....	32
Abbildung 13:	Bevölkerungsvorausberechnung für das Stadtgebiet Hamburg bis 2045.....	40
Abbildung 14:	Bevölkerungsentwicklung in den Kreisen und kreisfreien Städten Schleswig-Holsteins bis 2025.....	41
Abbildung 15:	Flächenkategorien für den Wohnraumbedarf.....	42
Abbildung 16:	Erwartete Entwicklung der spezifischen Wohnflächen von „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet.....	46
Abbildung 17:	Erwartete Entwicklung der Haushaltsgrößen von „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet.....	47
Abbildung 18:	Erwartete Entwicklung der potentiellen Bewässerungsfläche pro Wohneinheit bei „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet.....	48
Abbildung 19:	Prognose der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts.....	57
Abbildung 20:	Prognose der Entwicklung der Erwerbstätigen.....	58

Abbildung 21: Szenarien „Trocken- und Nassjahre“ zur Bestimmung eines Korridors der Referenzprognose bis 2045.....	62
Abbildung 22: Monatlicher Niederschlagsindex für Hamburg (Station Fuhlsbüttel) für den Zeitraum Juli 2010 bis Juni 2012.....	64
Abbildung 23: Prognose des spezifischen Wasserbedarfs bis 2045 für die Haushalte im Stadtgebiet Hamburg.....	66
Abbildung 24: Prognose des Wasserbedarfs (Trinkwasserabgabe) bis 2045 für die Haushalte im Stadtgebiet Hamburg und in den Umlandgemeinden.....	67
Abbildung 25: Prognostizierte Entwicklung des spezifischen Wasserbedarfs pro Einwohner auf Basis der erwarteten Trinkwasserabgabe an die Haushalte bzw. alle Verbrauchergruppen.....	67
Abbildung 26: Prognose der Erwerbstätigen in Hamburg nach Sektoren.....	71
Abbildung 27: Sektorale Wasserbedarfsprognose Hamburg 2013–2045 für GHD und Industrie (Basisprognose).....	73
Abbildung 28: Wasserbedarf GHD und Industrie: Basisprognose und Prognose mit differenzierter Entwicklung.....	83
Abbildung 29: Prognose der Trinkwasserabgabe an sonstige Verbraucher bis 2045.....	85
Abbildung 30: Vergangene (1960–2011) und erwartete (bis 2045) Entwicklung von Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten.....	86
Abbildung 31: Vergangene (1995–2011) und prognostizierte (bis 2045) Trinkwasserabgaben im Referenzszenario.....	87
Abbildung 32: Prognostizierter Wasserbedarf sowie Rohwassermenge bis 2045 im Referenzszenario.....	88
Abbildung 33: Prognose der Trinkwasserabgabe an die verschiedenen Nutzergruppen in Hamburg 2011–2045 im Referenzszenario.....	88
Abbildung 34: Prognose der Veränderungen der Trinkwasserabgabe an die verschiedenen Nutzergruppen in Hamburg 2011–2045 im Referenzszenario.....	89
Abbildung 35: Spezifischer Wasserbedarf pro Einwohner im Stadtgebiet Hamburg auf Basis der Trinkwasserabgabe an alle Verbrauchergruppen.....	89
Abbildung 36: Prognostizierte Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe in den Stadtteilen Hamburgs im Referenzszenario.....	90
Abbildung 37: Prognostizierte Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe in den Versorgungszonen zwischen 2011 und 2045 im Referenzszenario.....	91

Abbildung 38: Vergleich der Wasserbedarfsentwicklung anhand der Rohwassermengen.....	92
Abbildung 39: Bereinigter Vergleich der vergangenen und prognostizierten Wasserbedarfsentwicklung aus Abbildung 38.....	92
Abbildung 40: Bevölkerungsentwicklung im Vergleich zwischen der oberen Variante W2 und der Mittelung beider Varianten der 12. KBV für das Stadtgebiet Hamburg bis 2045.....	94
Abbildung 41: Szenarien des Rohwasserbedarfs im Versorgungsgebiet bei unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklungen Hamburgs im Vergleich zum Referenzszenario.....	94
Abbildung 42: Auswirkung von Veränderungen in der Temperatur- und Niederschlags-Verteilung auf die Länge von Trockenperioden bzw. kombinierte Hitze-Trockenperioden .....	97
Abbildung 43: Wirkungsabschätzung von durch den Klimawandel bedingten Temperatur- und Niederschlagsänderungen auf die mittlere Tagesabgabe .....	98
Abbildung 44: Rohwassermenge im Szenario „Klimawandel“ im Vergleich zur Referenzprognose des Wasserbedarfs bis 2045.....	98
Abbildung 45: Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ im Vergleich zur Referenzprognose der Rohwassermenge bis 2045 .....	102
Abbildung 46: Arbeitsblattstruktur für „Stadtteile und Gemeinden“ .....	104
Abbildung 47: Jährliche Spitzenfaktoren für maximale Tagesabgaben bei einem Referenz-Ereignis.....	111
Abbildung 48: Szenarien zukünftiger Entwicklungen des Rohwasserbedarfs bis 2045 in 5-Jahres-Schritten.....	113
Abbildung 49: Szenarien zukünftiger Entwicklungen des jährlichen Wasserbedarfs bis 2022. ....	114
Abbildung 50: Varianzaufklärung der Einflussfaktoren und des Tages-Prognosemodells insgesamt .....	124
Abbildung 51: Darstellung der Prognosegüte des Tages-Prognosemodells.....	124
Abbildung 52: Vergleich der Verteilungsdichten der Wasserabgaben mit den Residuen des Tages-Prognosemodells.....	126
Abbildung 53: Einflussfaktoren im optimierten multi-faktoriellen Tages-Prognosemodell.....	126
Abbildung 54: Prognose der täglichen Wasserabgabe in einem Zeitfenster von drei Monaten.....	127

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wirtschaftsstruktur der Freien und Hansestadt Hamburg.....	15
Tabelle 2:	Trinkwasserabgabe im Versorgungsgebiet nach Verbrauchskategorien.....	23
Tabelle 3:	Wichtigste Datengrundlagen für die Prognose.....	30
Tabelle 4:	Auswahlprozedur zur Festlegung der Freiflächenklassen für den Haushaltswasserverbrauch .....	35
Tabelle 5:	Mittelwerte für den spezifischen Jahreswasserverbrauch auf Adress- und auf Personenebene .....	52
Tabelle 6:	Multiple Regressionen für die Verbrauchsstellenart „Einfamilienhaus“ .....	54
Tabelle 7:	Multiple Regressionen für die Verbrauchsstellenart „Wohnung“ .....	55
Tabelle 8:	Zuordnung der einzelnen Wirtschaftszweige zu den beiden Verbrauchergruppen Industrie und GHD.....	57
Tabelle 9:	Spezifischer Wassereinsatz in m <sup>3</sup> je 1.000 € Bruttowertschöpfung nach ausgewählten Wirtschaftszweigen und Bundesländern 2007.....	60
Tabelle 10:	Auswirkung von simulierten Abweichungen des Niederschlags vom langjährigen Mittel auf den jährlichen und saisonalen Wasserbedarf.....	62
Tabelle 11:	Wasserbedarfsentwicklung der privaten Haushalte zwischen 2005 und 2011 .....	69
Tabelle 12:	Entwicklung der Anteile der einzelnen Wirtschaftssektoren an den Erwerbstätigen am Arbeitsort Hamburg.....	70
Tabelle 13:	Werte für spezifische Verbräuche und Erwerbstätige sowie absoluter Wasserverbrauch im Basisjahr.....	72
Tabelle 14:	Werte für spezifische Verbräuche und Erwerbstätige sowie absoluter Trinkwasserbedarf in der Basisprognose.....	74
Tabelle 15:	Annahmen über die jährliche Veränderung der spezifischen Verbräuche, der Erwerbstätigen und des absoluten Trinkwasserbedarfs in der Prognose mit sektoral differenzierter Entwicklung.....	81
Tabelle 16:	Prozentuale Veränderung des Wasserbedarfs nach Wirtschaftszweigen bei sektoral differenzierter Entwicklung zwischen dem Basisjahr 2011 und 2045.....	82
Tabelle 17:	Spannbreiten von Klimamodellrechnungen für Änderungen von Temperatur und Niederschlag gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961–1990 .....	96
Tabelle 18:	Liste der Parameter des integrierten Prognosemodells.....	106
Tabelle 19:	Wasserbedarf im Basisjahr 2011 sowie im Referenzszenario für 2045.....	111
Tabelle 20:	Einflussfaktoren im Tages-Prognosemodell .....	123

Tabelle 21: Vergleich der Ergebnisse für die spezifischen Verbräuche unter Verwendung der Beschäftigtengrößenklassen nach drei Varianten .....	130
Tabelle 22: Spezifische Verbräuche der Erwerbstätigen im Basisjahr .....	132
Tabelle 23: Branchenzugehörigkeit und Antwortverhalten .....	133
Tabelle 24: Abhängigkeit des Wasserverbrauchs .....	133
Tabelle 25: Vorrangige Verwendung des Wassers .....	134
Tabelle 26: Erwartete Entwicklung des Wasserverbrauchs aus Fremdbezug im Vergleich zur Umsatz- bzw. Beschäftigtenentwicklung .....	134
Tabelle 27: Spezifischer Wasserverbrauch (Fremdbezug) im Verarbeitenden Gewerbe Hamburgs .....	134

## Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BGK	Beschäftigtengrößenklasse
BSU	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
BWS	Bruttowertschöpfung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFH	Einfamilienhaus
E	Einwohner
ET	Erwerbstätige
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geographisches Informationssystem
GWB	Geschosswohnungsbau
H&HS	Hamburg und Schleswig-Holstein (in Literaturverweisen)
HHW	Hamburger Wasserwerke GmbH
KBV	Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung
PBF	potentielle Bewässerungsfläche
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
VBS bzw. V	Verbrauchsstellen(art)
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
WBP	Wasserbedarfsprognose
WE	Wohneinheit
WV	Weiterverteiler

# 1 Veranlassung und Zielstellung

Im Auftrag von HAMBURG WASSER, Hamburger Wasserwerke (HWW) GmbH, aktualisieren das ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung und das ifo Institut die mittel- und langfristige Prognose des Wasserbedarfs vom Juli 2007 „Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW) in der Metropolregion Hamburg“ (ISOE/COOPERATIVE 2007). Ziel der Wasserbedarfsprognose über einen Zeitraum von 30 Jahren ist die Schaffung einer Grundlage für die wasserwirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Planung sowie wasserrechtliche Verfahren. Die mittel- und langfristige Prognose umfasst die Prognose des jährlichen Rohwasserbedarfs bis zum Jahr 2045 in Zeitschritten von 5 Jahren.<sup>1</sup>

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Das Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER

Das Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER umfasst das Stadtgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg sowie 30 Gemeinden im Umland. Von diesen Umlandgemeinden werden 20 ganz oder teilweise von HAMBURG WASSER versorgt, in weiteren zehn sind nur einzelne Verbraucher an das Versorgungsnetz angeschlossen (s. Abbildung 1). Außerdem liefert HAMBURG WASSER Trinkwasser an sechs Wasserversorgungsunternehmen (Weiterverteiler). Im Versorgungsgebiet leben 2011 etwa 2,06 Mio. Einwohner (Stand 2011 nach Geschäftsbericht 2011 von HAMBURG WASSER), davon ca. 13% außerhalb des Stadtgebiets von Hamburg.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Die Autoren danken Herrn Dr. Jochen Hoffmeister (Prognos AG, Düsseldorf) und Herrn Dipl.-Ing. Paul Wermter (Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft (FiW), RWTH Aachen) für die kritische Begleitung und Prüfung der vorliegenden Wasserbedarfsprognose 2045 für das Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER.

<sup>2</sup> Die Zahlen beziehen sich auf den Stand vor den Ergebnissen des Zensus 2011.



Abbildung 1: Struktur des Versorgungsgebiets von HAMBURG WASSER

In der Tabelle 1 sind die wesentlichen Eckdaten der Wirtschaftsstruktur für den Zeitraum von 2008 bis 2011 aufgeführt. Die Wirtschaftsstruktur der Region ist geprägt durch einen hohen Anteil von Dienstleistungen an der Bruttowertschöpfung von etwa 84% gegenüber etwa 68% in Gesamtdeutschland. Demgegenüber ist das Produzierende Gewerbe einschließlich Baugewerbe mit einem Anteil von ca. 15% an der Bruttowertschöpfung eher gering, während er in Gesamtdeutschland bei ca. 31% liegt. Der Beitrag aus Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei ist in dieser Hinsicht für die Stadt Hamburg praktisch bedeutungslos.

Tabelle 1: Wirtschaftsstruktur der Freien und Hansestadt Hamburg (Datenquellen: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013) und Statistisches Bundesamt)

Jahr	Bruttoinlandsprodukt	Bruttowertschöpfung bzw. Erwerbstätige insgesamt	Davon nach Wirtschaftsbereichen					
			Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation	Finanz- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen	Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit
in Mio. €								
2008	92.269	82.691	84	11.588	1.876	26.392	29.273	13.477
2009	88.025	78.487	71	9.486	1.926	24.416	28.394	14.194
2010	92.168	82.493	77	10657	2.107	25.738	29.222	14.692
2011	94.428	84.329	92	10.977	2.288	26.460	29.689	14.824
Anteil an der Bruttowertschöpfung in %								
2008		100	0,1	14,0	2,3	31,9	35,4	16,3
2009		100	0,1	12,1	2,5	31,1	36,2	18,1
2010		100	0,1	12,9	2,6	31,2	35,4	17,8
2011		100	0,1	13,0	2,7	31,4	35,2	17,6
2011	<i>Deutschland</i>	100	0,9	26,2	4,6	19,8	26,3	22,2
Erwerbstätige in 1.000								
2008		1.102,8	3,0	114,6	39,3	370,3	274,5	301,1
2009		1.118,6	3,2	112,0	38,5	373,1	278,5	313,4
2010		1.125,0	3,0	108,8	37,4	371,1	281,9	322,8
2011		1.139,5	4,1	109,7	37,9	377,2	286,5	325,1
Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigen in Tsd. € /E								
2008		75,0	28,0	101,1	47,7	71,3	106,6	44,8
2009		70,2	22,2	84,7	50,0	65,4	102,0	45,3
2010		73,3	25,7	98,0	56,3	69,4	103,7	45,5
2011		74,0	22,4	100,1	60,4	70,1	103,6	45,6

Die in den Verträgen mit den einzelnen Weiterverteilern festgelegte Planmenge wird entsprechend den betrieblichen Rahmenbedingungen jedes Jahr weitestgehend abgenommen. Die Planmenge ist damit die für die Wasserbedarfsprognose anzusetzende Bedarfsmenge. Nach einer Befragung der Weiterverteiler bestehen derzeit keine Anhaltspunkte für eine Änderung der Planmengen. Mögliche künftige Änderungen werden durch aktualisierte Verträge abgesichert und sind dann bei Aktualisierungen der Wasserbedarfsprognose zu berücksichtigen.

Für zwei Weiterverteiler sind darüber hinaus maximale Liefermengen vereinbart, die im besonderen Bedarfsfall die Obergrenze für einen über die Planmenge hinausgehenden Trinkwasserbezug darstellen. Die maximale Liefermenge entspricht einem Sicherheitszuschlag und wird deshalb nicht bei der Ermittlung des regulären Wasserbedarfs angesetzt. Sie ist jedoch bei der Berechnung der Antragsmenge für Wasserrechtsanträge zu berücksichtigen.

## 2.2 Entwicklung der Wasserförderung und der Trinkwasserabgabe

Die langfristige Entwicklung des geförderten Wassers und der Einwohnerzahl im Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke als Organisationseinheit von HAMBURG WASSER weisen bis in die 1980er Jahre einen positiv korrelierten Zusammenhang auf (s. Abbildung 2). Dieses Muster verändert sich in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre, so dass trotz wieder steigender Bevölkerungsentwicklung die Wasserabgabe im Versorgungsgebiet weiter abnimmt und diese damit ihren Trend seit den 1970er Jahren fortsetzt. Wasserabgabe und Bevölkerungsentwicklung verlaufen ab der zweiten Hälfte der 1980er Jahre über einen Zeitraum von ca. 20 Jahren gegenläufig. Erst ab etwa 2007 zeigen sich Anzeichen einer Konsolidierung der Wasserabgabe bei weiter steigender Bevölkerung.

Ein Blick auf den spezifischen Wasserverbrauch im Versorgungsgebiet (s. Abbildung 3) zeigt, dass die 20jährige Phase gegenläufiger Entwicklung von Trinkwasserabgabe und Bevölkerungsentwicklung mit einer Phase des Rückgangs im spezifischen Wasserverbrauch von ca. 200 l/E\*d auf knapp unter 140 l/E\*d einhergeht. Dieser Phase ging ein weitgehend stetiger Anstieg des spezifischen Wasserverbrauchs bis Mitte der 1970er Jahre und eine vorübergehende Verharrung des spezifischen Verbrauchs bei seinem Maximum bis Mitte der 1980er Jahre voraus. Der deutliche Rückgang im spezifischen Wasserverbrauch in den 20 Jahren bis 2007 hat somit die Auswirkungen des Bevölkerungsanstiegs überkompensiert. Bei dem betrachteten spezifischen Wasserverbrauch ist zu berücksichtigen, dass hierbei der gesamte Wasserverbrauch aller Verbrauchergruppen auf die Bevölkerung umgelegt wurde und diese damit nicht dem nur auf die Haushalte bezogenen spezifischen Wasserverbrauch entspricht. In dem dargestellten spezifischen Wasserverbrauch kommen daher auch die besonderen Zusammensetzung und Abnahmestrukturen der Verbrauchergruppen GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und Industrie für das Versorgungsgebiet zum Tragen.

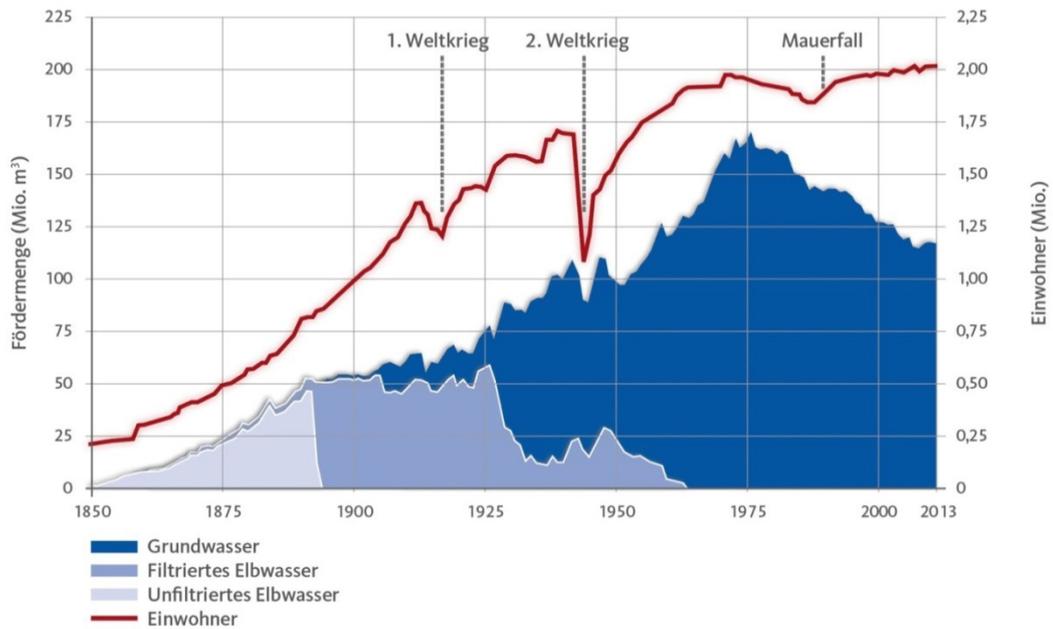


Abbildung 2: Langfristige Entwicklung der Rohwassermenge und der Einwohnerzahl im Versorgungsgebiet seit 1850 (Quelle: HAMBURG WASSER)

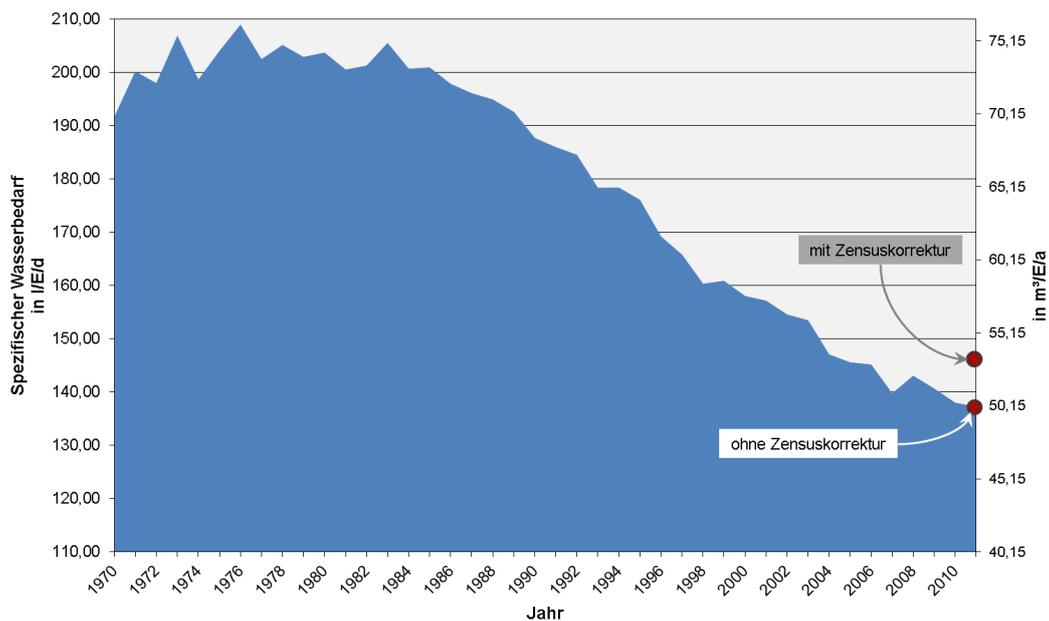


Abbildung 3: Langfristige Entwicklung des spezifischen täglichen Wasserbedarfs im Versorgungsgebiet (Haushalte und Kleingewerbe) ohne Weiterverteiler (in Liter pro Einwohner und pro Tag) für den Zeitraum 1970 bis 2011 auf der Basis der Daten aus Abbildung 2. (Datenquelle: HAMBURG WASSER; Bevölkerung im Jahr 2011 aus Gründen der Vergleichbarkeit ohne Zensuskorrektur)

Für die zukünftigen technischen und wirtschaftlichen Entscheidungen von HAMBURG WASSER stellt sich die Frage, ob der Trend einer Abnahme des spezifischen Wasserbedarfs in Hamburg wieder aufgenommen wird oder dieser sich weiter zurückbildet und sich somit der spezifische Wasserbedarf in Zukunft konsolidiert.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des häuslichen Wasserbedarfs sind die Einwohnerentwicklung, die technischen Veränderungen (Haushaltsgeräte; Sanitärtechnik etc.) und die Verhaltensweise der Nutzer von Bedeutung. Für die zukünftige Entwicklung des Wasserbedarfs der anderen Verbraucher Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Industrie sind die jeweils maßgeblichen Faktoren des spezifischen Wasserbedarfs wie Erwerbstätigenentwicklung und Veränderungen von Effizienzen in der Wassernutzung zu identifizieren und fortzuschreiben.

### 2.3 Vorliegende Wasserbedarfsprognosen für Hamburg

In den vergangenen 15 Jahren wurden für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke (HWW) bzw. von HAMBURG WASSER die Wasserbedarfsprognosen der Möhle Ingenieurgesellschaft GbR im Jahr 2000 sowie vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH und der COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt GbR im Jahr 2007 erstellt (s. Abbildung 4).

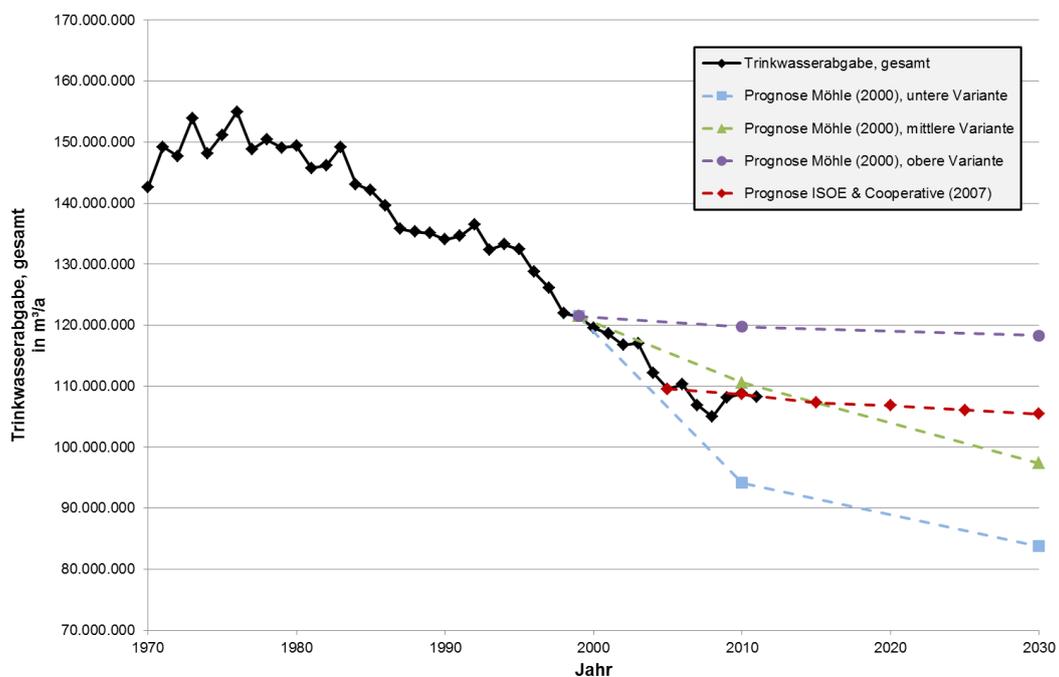


Abbildung 4: Langfristige Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe der Hamburger Wasserwerke (HWW) bzw. von HAMBURG WASSER im Zeitraum 1970 bis 2011 sowie eine Gegenüberstellung der Wasserbedarfsprognosen von Möhle (2000) und ISOE/COOPERATIVE (2007) bis 2030. Die gesamte Trinkwasserabgabe umfasst das Stadtgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg, die Umlandgemeinden und die Weiterverteiler.

Die Wasserbedarfsprognose Möhle (2000) enthält drei Varianten der Trinkwasserabgabe für 2010 und 2030:

- Obere Variante: 2010: 119,713 Mio. m<sup>3</sup> 2030: 118,299 Mio. m<sup>3</sup>
- Mittlere Variante: 2010: 110,546 Mio. m<sup>3</sup> 2030: 97,377 Mio. m<sup>3</sup>
- Untere Variante: 2010: 94,120 Mio. m<sup>3</sup> 2030: 83,774 Mio. m<sup>3</sup>

Von entscheidender Bedeutung für den seinerzeit prognostizierten Rückgang des Wasserbedarfs in allen drei Varianten war die angenommene Veränderung des spezifischen häuslichen Wasserbedarfs um -27,4% bis -6,5% und des spezifischen gewerblichen Wasserbedarfs um -20,1% bis +12,9% zwischen 1999 und 2030 im Versorgungsgebiet. Der spezifische Wasserbedarf von Großabnehmern war nur für das Stadtgebiet Hamburgs relevant und wurde in den drei Varianten mit Änderungen von -24,7% bis +9,7% zwischen 1999 und 2030 angenommen.

Ausschlaggebend für den im Gutachten der Ingenieurgesellschaft Möhle angenommenen Rückgang des spezifischen häuslichen Wasserbedarfs ist die Verbrauchsminde rung bei der Toilettenspülung sowie beim Wäschewaschen. Die Prognose geht zudem davon aus, dass die Bevölkerungszahl im Versorgungsgebiet abnehmen wird und bis zum Jahr 2030 in einer Größenordnung von 1,82 bis 1,95 Mio. Einwohnern liegt. Der gewerbliche Wasserbedarf und der Wasserbedarf der Großabnehmer weisen in der Wasserbedarfsprognose Hamburg keinen Bezug zu wirtschaftlichen Kenngrößen (Erwerbstätige, Wertschöpfung etc.) auf, sondern werden auf die Einwohner bezogen. Damit geht die wirtschaftliche Entwicklung nicht in die Prognose ein.

Die Prognose von ISOE/COOPERATIVE (2007) beruhte auf einem Konzept, das vom ISOE und der COOPERATIVE neu entwickelt wurde und gegenüber konventionellen Wasserbedarfsprognosen mehrere grundsätzliche Innovationen aufweist: Es basiert auf einer teilräumlichen Analyse und Prognose unter dem Einsatz eines Geografischen Informationssystems (GIS), es berücksichtigt technische, siedlungsstrukturelle und sozialstrukturelle Faktoren bei Haushalten, es liefert eine spezifisch angepasste Prognose bei GHD und Industrie und es führt die Ergebnisse in einem integrierten Prognosemodell zusammen. Nachfrageseitige Aspekte des Wasserbedarfs finden bei diesem Vorgehen eine besondere Berücksichtigung.

Die Wasserbedarfsprognose von ISOE/COOPERATIVE (2007) enthält eine Referenzprognose und mehrere Szenarien, in denen die Einflüsse möglicher Entwicklungen in den Bereichen Bevölkerung, Klima und Sparverhalten aufgenommen sind. Die in Abbildung 4 dargestellte Referenzprognose geht vom Basisjahr 2005 aus und beschreibt in 5-Jahres-Schritten eine Wasserbedarfsentwicklung, die für 2010 bei 117,323 Mio. m<sup>3</sup> und für 2030 bei 114,108 Mio. m<sup>3</sup> liegt (Rohwassermenge). Die Abweichungen im Rahmen der Szenarien liegen zwischen -0,7% bis 0,5% in 2010 und zwischen -2,3% und +2,3% für 2030. Für Schwankungen im Rahmen von Trocken- und Nassjahren wird ein Korridor von ±4,6% der Rohwassermenge erwartet (entspricht ±5,0% der Trinkwasserabgabe).

Zentrale Grundlage für dieses Ergebnis waren als Argumente, dass die Verbraucherzahlen (Einwohner, Arbeitsplätze, Schüler, Krankenhausbetten etc.) sich in absehbarer Zeit nur geringfügig verändern, dass nur ein geringer Veränderungsdruck in Bezug auf technische Innovationen zur Trinkwassereinsparung bzw. die Umsetzung weitergehender Einspartechnologien besteht und dass das Verbraucherverhalten nach einer Phase der Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Wassereinsparmaßnahmen in den Haushalten und den Industriebetrieben im Zeitraum von 1976 bis heute in absehbarer Zukunft voraussichtlich stabil sein wird. Weiter zeigte die Wasserbedarfsprognose mit ihrem teilräumlichen Vorgehen ein durchaus differenziertes Entwicklungsbild 2030 auf der Skala von Stadtteilen und Versorgungszonen.

## 2.4 Struktur der Wasserversorgung

Die gesamte Trinkwasserabgabe der HWW betrug im Jahr 2011 insgesamt rund 109,6 Mio. m<sup>3</sup>. Zur Deckung dieser Wassermenge wurden 117,6 Mio. m<sup>3</sup> Rohwasser gefördert, von dem nach Abzug von 3,5 Mio. m<sup>3</sup> Eigenbedarf eine Reinwassermenge von 114,1 Mio. m<sup>3</sup> in das Netz eingespeist wurden (s. Abbildung 5 zur Definition der Wassermengen). Die Rohrnetzverluste belaufen sich auf 4,5 Mio. m<sup>3</sup>. Die Entwicklung der Wassermengen ist in Abbildung 6 über den Zeitraum 1964–2011 zu sehen.

Wie in Abbildung 5 ersichtlich, kann die Trinkwasserabgabe von HAMBURG WASSER nach Teilräumen aufgeschlüsselt werden:

- Trinkwasserabgabe im Stadtgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg
- Trinkwasserabgabe an Umlandgemeinden außerhalb des Stadtgebiets Hamburg
- Trinkwasserabgabe an Weiterverteiler

Die Entwicklung der jeweiligen Trinkwasserabgaben über den Zeitraum 1970–2011 zeigt Abbildung 7: Die Abgabe an Umlandgemeinden ist nach einer langen Periode des kontinuierlichen Anstiegs auf 8,9% im Jahr 2005 in den vergangenen Jahren wieder auf 8,1% im Jahr 2011 gefallen. Die Abgabe an Weiterverteiler hat sich unter Schwankungen von 1,5% der gesamten Trinkwasserabgabe im Jahr 1964 auf 4,8% im Jahr 2011 gesteigert, wobei das Maximum bei 5,2% im Jahr 2010 lag. Damit wurden im Jahr 2011 rund 12,9% des Trinkwassers an Abnehmer außerhalb des Stadtgebiets Hamburg abgegeben.

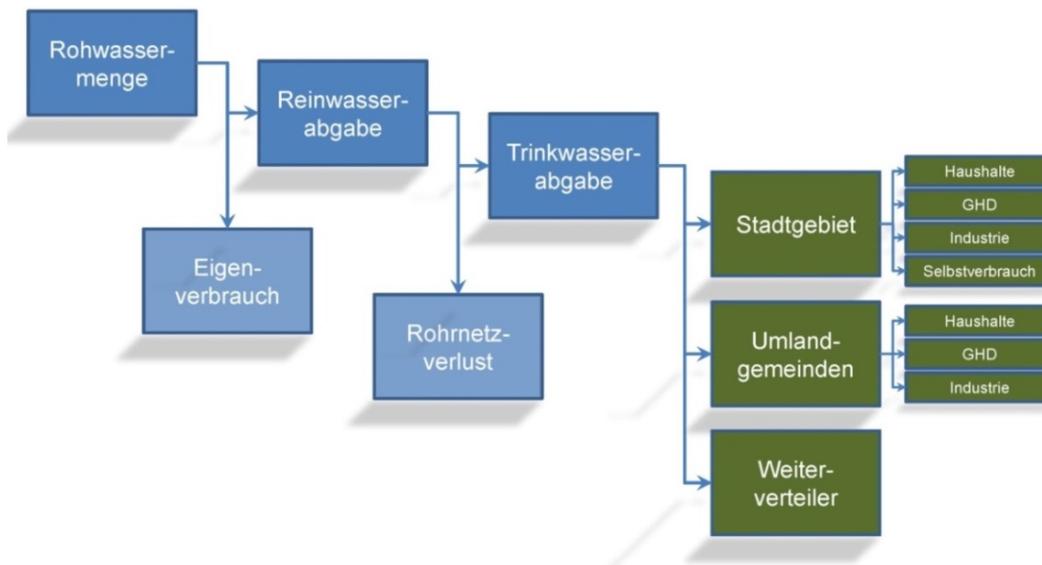


Abbildung 5: Schema der Wassermengen einschließlich einer Darstellung der Abnehmerstruktur für die Trinkwasserabgabe. Die Verbrauchskategorie Sonstiges ist nicht in der Abbildung aufgeführt. Der Selbstverbrauch des Wasserversorgers umfasst z.B. ungemessene Entnahmen für Rohrnetzspülungen, Aktivierungen und betriebliche Verbräuche. Rohrnetzverluste umfassen z.B. Verluste durch Rohrbrüche.

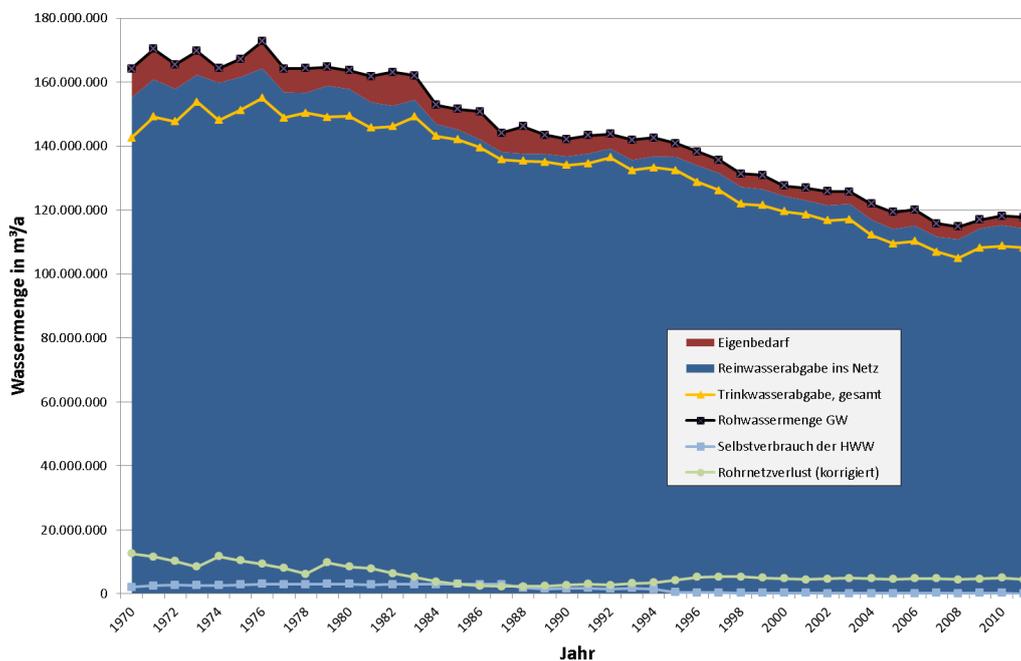


Abbildung 6: Entwicklung der Wassermengen, aufgeschlüsselt nach der Rohwassermenge als Summe von Reinwasserabgabe und Eigenbedarf, der Trinkwasserabgabe nach Abzug der Rohrnetzverluste von der Reinwasserabgabe sowie dem Selbstverbrauch der HWW als eine Verbrauchskategorie in der Trinkwasserabgabe. (Datenquelle: HAMBURG WASSER)

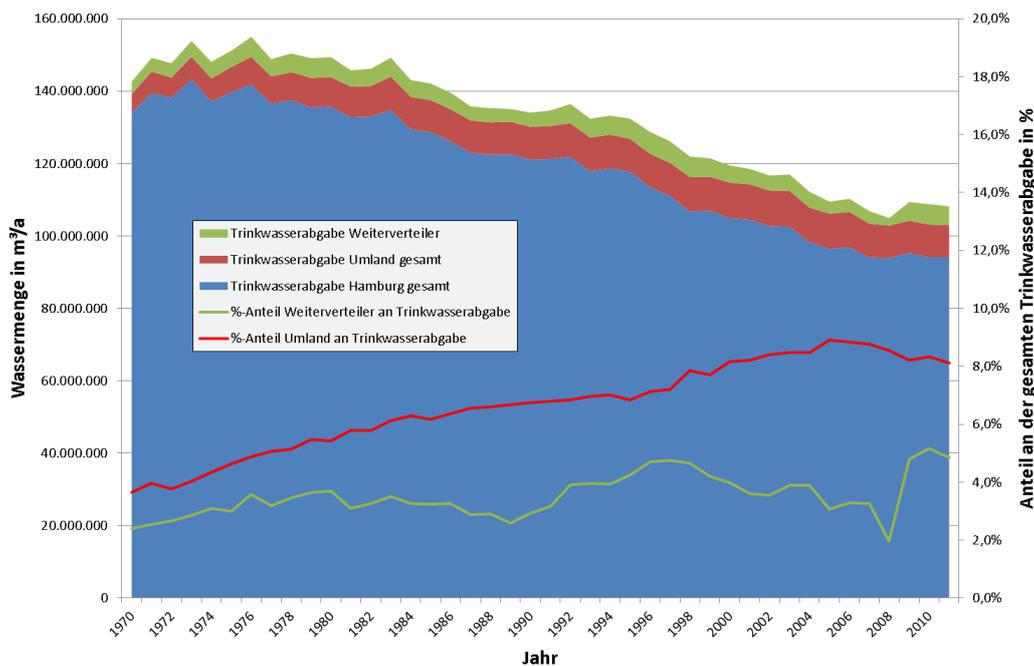


Abbildung 7: Trinkwasserabgaben an die Freie und Hansestadt Hamburg, die Umlandgemeinden (zusammen das Versorgungsgebiet) und die Weiterverteiler im Zeitraum 1970 bis 2011. Die Summe ergibt die gesamte Trinkwasserabgabe. Zusätzlich dargestellt sind die prozentualen Anteile der Umlandgemeinden und Weiterverteiler an der gesamten Trinkwasserabgabe. (Datenquelle: HAMBURG WASSER)

Die Verbrauchsstellenzuordnung von HAMBURG WASSER gibt Aufschluss über die Verteilung der Trinkwasserabgabe auf die Verbrauchergruppen (s. Tabelle 2). Auf Basis dieser Daten lag der Trinkwasserbedarf im Versorgungsgebiet im Jahr 2011/2012 bei rund 108,8 Mio. m<sup>3</sup>. Bedingt durch das rollierende Ableseverfahren der Wasserzähler liegen die Ablesezeitpunkte aller Verbrauchsstellen etwa zwischen Mitte 2011 und Mitte 2012. Der jeweilige Jahresverbrauch ist dann der Verbrauch in den vorangegangenen zwölf Monaten.

Dem häuslichen Wasserbedarf kommt mit rund 76 Mio. m<sup>3</sup> (69,7%) der größte Teil der Trinkwasserabgabe zu. Die Abgabe an GHD beträgt rund 23 Mio. m<sup>3</sup> (21,4%), die Abgabe an die Industrie rund 2,8 Mio. m<sup>3</sup> (2,6%). Rund 5,2 Mio. m<sup>3</sup> (4,8%) wurden an die Weiterverteiler abgegeben). Für das Kalenderjahr 2011 müssen diese Ergebnisse der rollierenden Ablesung 2011/12 noch an die von HWW berichtete Summe der Trinkwasserabgabe an die Verbrauchsstellenarten für 2011 angepasst werden (108,1 Mio. m<sup>3</sup>). Dies geschieht im Prognosemodell.

*Tabelle 2: Trinkwasserabgabe im Versorgungsgebiet nach Verbrauchskategorien. Im Prognosemodell wurden die Summen an die korrigierten Werte zur Wasserabgabe an die Verbrauchsstellenarten von HWW angepasst.*

Verbrauchskategorie	Trinkwasserabgabe	
	in m <sup>3</sup> /a	in %
Haushalte	75.797.281	69,7%
GHD	23.285.663	21,4%
Industrie	2.831.669	2,6%
Sonstige	1.635.643	1,5%
Weiterverteiler	5.217.341	4,8%
<b>Summe</b>	<b>108.767.598</b>	<b>100,0%</b>

### 3 Konzeption und Methode der Wasserbedarfsprognose

#### 3.1 Konzept und Vorgehensweise

Das diesem Bericht zugrunde liegende Konzept zur Wasserbedarfsprognose wurde durch die Kooperationspartner ISOE und COOPERATIVE 2007 entwickelt und für die Aktualisierung der Prognose modifiziert. Es weist gegenüber konventionellen Wasserbedarfsprognosen mehrere grundsätzliche Innovationen auf. Mit diesem Konzept finden nachfrageseitige Aspekte des Wasserbedarfs eine besondere Berücksichtigung. Damit wird an eine Entwicklung angeknüpft, die dem Bedarfsmanagement und somit dem Blick auf die Wassernutzung und den Wassernutzer eine zunehmende Rolle für die Planungen in der Wasserversorgung beimisst. Das Konzept der Wasserbedarfsprognose lässt sich anhand folgender Komponenten charakterisieren:

- Teilräumliche Analyse und Prognose

Mit einem GIS-gestützten und einem teilräumlichen Vorgehen für alle Verbrauchergruppen wird eine Beurteilungsgrundlage erreicht, die siedlungsstrukturelle und sozialstrukturelle Unterschiede und deren zukünftige Veränderungen differenzierter aufzunehmen vermag als dies im Falle einer Gesamtbetrachtung für das Stadtgebiet möglich ist. Die verfügbare Datengrundlage erlaubt für das Stadtgebiet von Hamburg eine Analyse, die für einzelne Auswertungen bis zu Flurstücken, Adressen und Verbrauchsstellen reicht. Die darauf aufbauende Prognose des Wasserbedarfs erfolgt zunächst auf der Skala von Stadtteilen, deren Summierung schließlich zur Abschätzung des Gesamtbedarfs des Stadtgebiets führt. Für das Umland erfolgen Analyse und Prognose auf Gemeindeebene. Das teilräumliche Vorgehen erlaubt somit eine optimale Nutzung der verfügbaren Daten.

- Berücksichtigung technischer, siedlungs- und sozialstruktureller Faktoren bei Haushalten

Für die Verbrauchergruppe der Haushalte werden technische, siedlungsstrukturelle und sozialstrukturelle Faktoren berücksichtigt. Dies erlaubt den Einbezug der wech-

selseitigen Abhängigkeiten von Technik, Sozialstruktur und Nutzungsverhalten in die Prognose.

- Spezifisch angepasste Prognose bei GHD und Industrie

Für die Verbrauchergruppen GHD und Industrie werden nicht Einwohner, sondern Erwerbstätige als Bezugsgrößen gewählt und die Fortschreibung der zukünftigen Entwicklung an wirtschaftliche Kenndaten und Prognosen angepasst. Die Bestimmung von Entwicklungstrends und Korridoren erfolgt anhand von Eckdaten aus gängigen Wirtschaftsprognosen sowie Befragungen und Interviews von wirtschaftsbezogenen Abnehmern im Versorgungsgebiet.

- Integriertes Prognosemodell

Die Umsetzung der Prognose erfolgt mittels eines integrierten Prognosemodells in Form einer Tabellenkalkulation. Damit wird eine konsistente und transparente Zusammenführung aller relevanten verfügbaren Daten und Analyseergebnisse erreicht. Darüber hinaus können grundlegende Annahmen und Hypothesen über zukünftige Entwicklungen durch geeignete Parametrisierungen einbezogen werden. Dies erlaubt langfristig eine durch Experten gestützte Anpassung der Wasserbedarfsprognose an neue Erkenntnisse und aktualisierte Datengrundlagen. Auch ermöglicht das Modell, alternative Setzungen von Parametern hinsichtlich ihres Einflusses auf den zukünftigen Wasserbedarf zu prüfen.

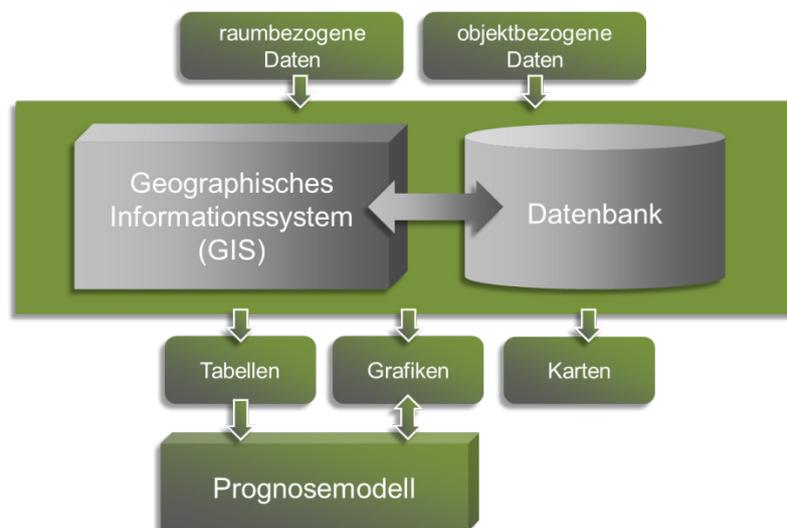


Abbildung 8: Verwendung eines Geografischen Informationssystems (GIS) und einer Datenbank zur Integration von Daten unterschiedlicher Struktur und aus unterschiedlichen Quellen zur Erstellung von Tabellen, Grafiken und Karten

Dem Einsatz eines Geografischen Informationssystems (GIS) kommt in diesem Konzept eine herausragende Rolle zu (s. Abbildung 8). Nur mit seiner Hilfe lassen sich die umfangreichen raumbezogene Daten erfassen, verwalten, analysieren und präsentieren. Über das GIS werden auch Daten unterschiedlicher Quellen und Inhalte miteinander verknüpft. Der Raumbezug für jedes Objekt wird durch punktbezogene Koordinaten und durch lagebestimmte Flächen (Polygone) hergestellt. Die Eigenschaften der

Objekte können durch Attribute (Texte und Werte) beschrieben werden (z.B. Adresse, Einwohnerzahl, Wasserverbrauch, Verbrauchsstellenart, Gebäude- und Flurstückfläche). Das Zusammenführen (Verschneiden) unterschiedlicher Informationen ist durch Lagefaktoren, z.B. Punkte (Verbrauchsstellen, Einwohnerzahl) oder Flächen (Gebäude; nicht versiegelte Freifläche) innerhalb einer anderen Fläche (Flurstück, Stadtteil, Versorgungszone) oder gleicher Attribute (z.B. Adresse) möglich. Die Attribute können mit GIS-Werkzeugen oder als exportierte Tabellen in der Tabellenkalkulation bearbeitet werden und als Grafiken und Karten dargestellt werden.

Im Rahmen der Wasserbedarfsprognose für das Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER kam ArcGIS in der Version 10 von ESRI für die Zusammenführung und Analyse unterschiedlicher Daten zum Einsatz und wurde von Microsoft Excel 2010 bei der Auswertung, der teilräumlichen Analyse und der Prognose des Wasserbedarfs unterstützt.

Die Analyse und Bewertung der Versorgungssituation im Versorgungsgebiet der HWW und die Art und Weise der weiterführenden Datenbearbeitung orientiert sich an den Inhalten der verwendeten Informationen:

- bei raumbezogenen Daten (z.B. Gebäudeflächen mit Nutzungsinformationen) ist eine lagebezogene Verknüpfung (z.B. Zuordnung der Wohnflächen auf die Stadtteile) vorgenommen worden;
- bei objektbezogenen Daten (z.B. Wasserverbrauchsdaten und Einwohnerdaten) wurde eine Verknüpfung über gleiche Attribute (z.B. Adresse) vorgenommen, um einen Raum- oder Sachbezug herzustellen (z.B. Zuordnung von Wasserverbrauch zu Einwohnern und Adressdaten).

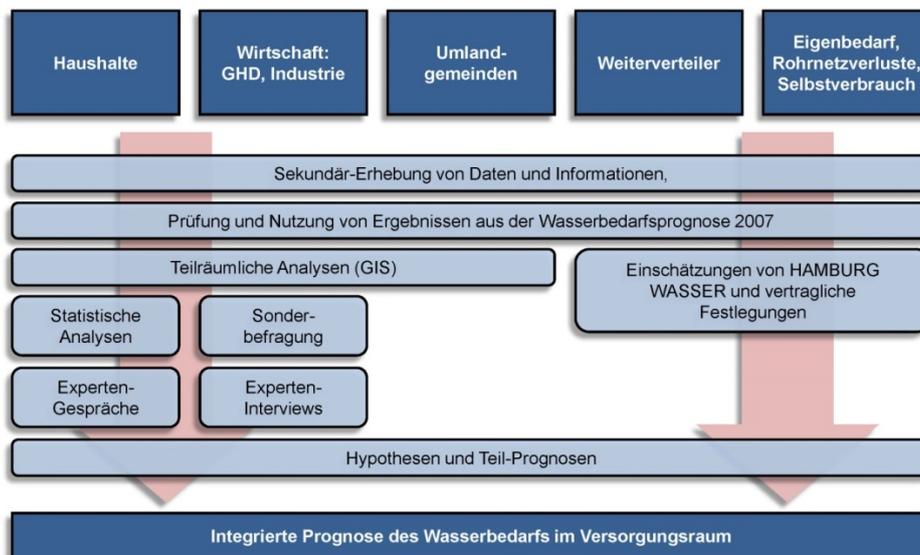


Abbildung 9: Vorgehensweise der Wasserbedarfsprognose

Die beschriebene Konzeption der Wasserbedarfsprognose ist eingebettet in ein methodisches Vorgehen, wie es in Abbildung 9 dargestellt ist und sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt:

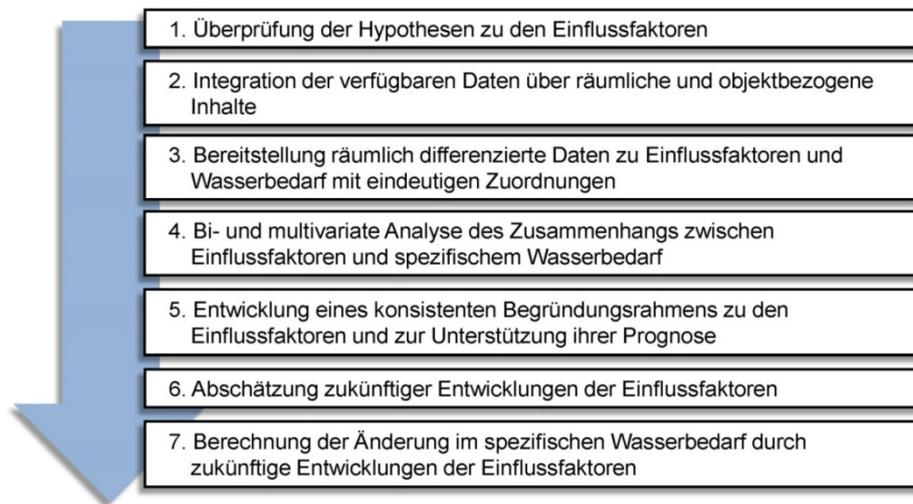
- eine umfangreiche Erhebung von Sekundär-Daten zur Beschaffung der verfügbaren und relevanten Informationen für alle Verbrauchergruppen und Bedarfspositionen;
- Prüfung und Nutzung von Ergebnissen der Wasserbedarfsprognose 2007;
- Expertengespräche zu langfristigen Entwicklungstendenzen in der Stadtplanung, in der ökonomischen und demografischen Entwicklung sowie zu Trends bezüglich zukünftiger Wassertechniken insbesondere Sanitärmodernisierung in Haushalten;
- GIS-gestützte, teilräumliche Analysen zu siedlungsstrukturellen Aspekten von Haushalten (z.B. Wohnflächen, Haushalte, Einwohner, potentielle Bewässerungsfläche in den Kategorien „Einfamilienhäuser“ und „Wohnungen im Geschosswohnungsbau“ auf der Skala von Adressen und Flurstücken);
- Sondererhebung bei den Nicht-Haushaltskunden zur Analyse spezifischer Bezugsgrößen des Wasserbedarfs von GHD und Industrie;
- Experteninterviews zur zukünftigen Entwicklung von Wasserbedarf und Nutzungseffizienz im wirtschaftlichen Bereich als Grundlage für eine sektoral differenzierte Prognose.

## 3.2 Methode der Wasserbedarfsprognose

### 3.2.1 Haushalte

Die zentrale Bezugsgröße des jährlichen Wasserbedarfs der Haushalte sind die Einwohner  $E$ . Der Wasserbedarf  $W$  wird durch die Grundgleichung  $W = E \cdot spW$  beschreiben, mit  $spW$  als dem spezifischen Wasserbedarf pro Einwohner und Jahr.

In Verbindung mit dem teilräumlichen Vorgehen im Stadtgebiet setzt sich die Prognose des Wasserbedarfs der Haushalte aus jeweils stadtteilbezogenen Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung sowie zu Einflussfaktoren auf den spezifischen Wasserbedarf zusammen. Der zukünftige spezifische Wasserbedarf eines Stadtteils ergibt durch Anpassung des bisherigen Wertes an die Veränderungen des spezifischen Wasserbedarfs, die vor dem Hintergrund siedlungs- und sozialstruktureller Entwicklungen erwartet werden:  $spW(\text{neu}) = spW(\text{alt}) + \Delta spW$ . Hierbei wird im Stadtgebiet Hamburgs die zukünftige Entwicklung von Einfamilienhäusern (kurz: „Häuser“) und Wohnungen im Geschosswohnungsbau bzw. Mehrfamilienhäusern (kurz: „Wohnungen“) differenziert betrachtet. Für die Umlandgemeinden wird die Änderung des jeweils spezifischen Wasserbedarfs durch eine Übernahme der mittleren Änderung für das Stadtgebiet von Hamburg vorgenommen.



*Abbildung 10: Methodisches Vorgehen bei der Identifikation, Analyse und Prognose der Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf der Haushalte*

Als Einflussfaktoren werden siedlungs- und sozialstrukturelle Faktoren bezeichnet, die sich durch einen statistisch signifikanten und kausal begründbaren Einfluss auf den spezifischen Wasserbedarf der Haushalte auszeichnen. Änderungen in den Ausprägungen der Einflussfaktoren führen zu einer Veränderung des spezifischen Wasserbedarfs der Haushalte, wie oben beschrieben.

Die Identifikation und quantitative Bestimmung der Einflussfaktoren erfolgt methodisch anhand des in Abbildung 10 dargestellten Vorgehens.

### 3.2.2 GHD und Industrie

Die Prognose des Wasserbedarfs von GHD und Industrie baut zunächst auf dem Wasserverbrauch in der Verbrauchsstellendatei von HAMBURG WASSER auf. Aufgrund von Inkonsistenzen dieser Daten mit Informationen der IHK-Betriebsdatei sowie der Flächennutzungen aus der ALKIS-Datenbank wurde hier über die Verschneidung von räumlichen und inhaltlichen Daten eine Verbesserung der Abgrenzung von Haushalten und GHD vorgenommen, um letztlich zu einer genaueren Zuordnung des Wasserverbrauchs zu Haushalten und GHD zu erreichen. Die Grundgleichung zur Analyse und Prognose des Wasserbedarfs  $W$  beider Wirtschaftsbereiche basiert auf den jeweiligen Erwerbstätigen  $ET$  als charakteristische Kennzahl und dem jeweils spezifischen Wasserbedarf  $spW$ :  $W = ET * spW$ . Anhand der Entwicklung der Erwerbstätigen von GHD und Industrie sowie begründeter Annahmen zu Veränderung des jeweils spezifischen Bedarfs von GHD und Industrie errechnet sich der zukünftige Wasserbedarf beider Wirtschaftsbereiche im Stadtgebiet von Hamburg. Dabei werden die Erwerbstätigen und der spezifische Wasserbedarf getrennt prognostiziert. Die Veränderung der Erwerbstätigenzahlen wird anhand des Deutschland Report 2035 von Prognos (2010) für Hamburg bestimmt. Die Veränderung des spezifischen Wasserbedarfs wird auf Grundlage einer Sonderbefragung und von Experteninterviews sektoral differen-

ziert abgeschätzt. Erwartete Effizienzsteigerungen bzw. -verminderungen spielen hierbei eine wesentliche Rolle.

Bereits die Analyse im Jahr 2007 hatte gezeigt, dass in den einzelnen Stadtteilen sehr unterschiedliche spezifische Verbrauchsmengen vorliegen. Die Prognose liefert Betrachtungen für das gesamte Stadtgebiet, die Bedarfsmengen werden jedoch entsprechend des Wasserverbrauchs von GHD und Industrie im Basisjahr der Prognose anteilig auf die Stadtteile übertragen. Für den zukünftigen Wasserbedarf von GHD und Industrie in den Umlandgemeinden wird angenommen, dass sich dieser ähnlich zur Entwicklung beider Wirtschaftsbereiche im Stadtgebiet verhält und somit die Veränderungsraten aus dem Stadtgebiet übernommen werden können.

### **3.2.3 Weiterverteiler**

Die aktuelle und zukünftig geplante Wasserabgabe an die als Weiterverteiler bezeichnete Gruppe lokaler Wasserdienstleister gestaltet sich wie in Kapitel 2.1 dargelegt.

### **3.2.4 Rohrnetzverlust, Eigenbedarf**

Die Verbrauchskategorien Rohrnetzverlust und Eigenbedarf gehen auf den Zustand der Versorgungsinfrastruktur sowie auf betriebliche Anforderungen von HAMBURG WASSER zurück. Hier wird daher auf Einschätzungen des Wasserversorgers und die durch ihn verfügbaren Daten zur vergangenen Entwicklung zurückgegriffen.

### **3.2.5 Sonstige Verbraucher**

Mit Sonstigen Verbrauchern werden diejenigen bezeichnet, die sich nicht den abgegrenzten Verbrauchskategorien zuordnen lassen. Verbraucherverhalten und Zweck des Wassereinsatzes sind nicht definiert und daher nicht prognosefähig. In dieser Verbrauchskategorie wird daher von keinen Veränderungen ausgegangen.

## 4 Grundlagen der Wasserbedarfsprognose

### 4.1 Datengrundlagen

Die Grundlagen der Analyse und Prognose setzen sich zusammen aus dem verfügbaren Datenbestand sekundärer Quellen und eigener Erhebungen sowie deren Auswertung in Verbindung mit wesentlichen Annahmen, den Ergebnissen der Sozialempirie für die Prognose von 2007 und schlussfolgernden Hypothesen (s. Abbildung 11). Einen Überblick über die wichtigsten Datengrundlagen gibt Tabelle 3.

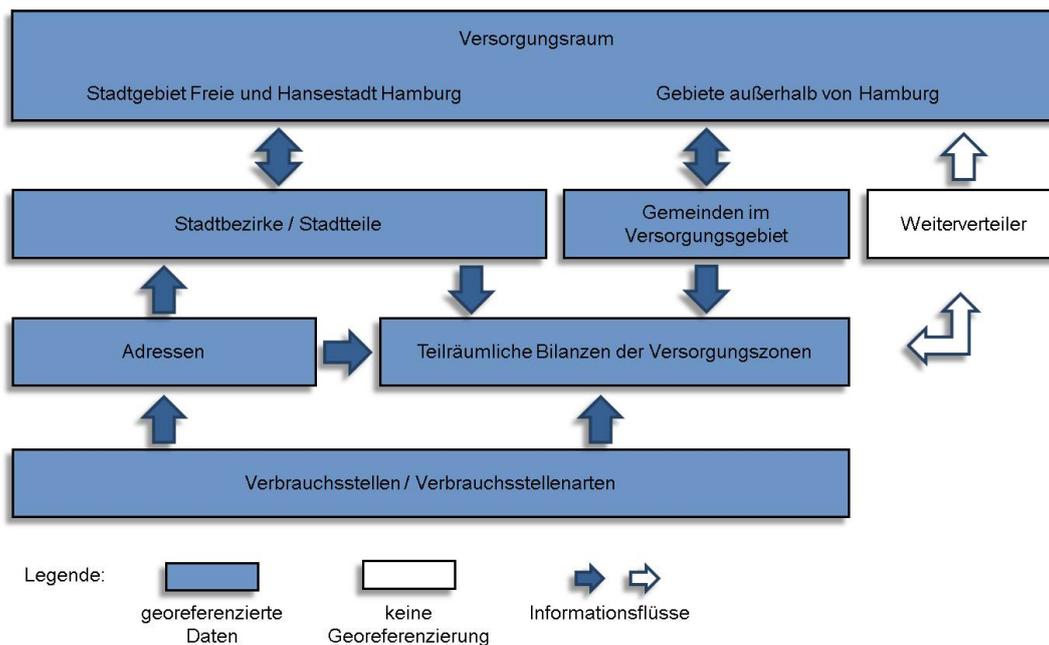


Abbildung 11: Räumliche Zuordnung und Verknüpfung der Daten

Die vorliegenden Daten haben unterschiedliche fachliche und räumliche Bezüge. Die Wasserabgabe der HWW für die verschiedenen Verbrauchergruppen liegt nach Verbrauchsstellen vor. Über die Adressdaten georeferenzierter Anschlussobjekte werden die Verbrauchsstellen Adressen und Stadtteilen zugeordnet. Gebäudeinformationen aus ALKIS (zur Berechnung von Wohnflächen) bieten ausdifferenzierte Nutzungsklassen bei Gebäudeobjekten. Haushaltsgrößen (Personenzahl pro Haushalt) können für Einfamilienhäuser aus der Einwohnerzahl übernommen werden. Für Mehrfamilienhäuser und Wohnanlagen wird die Haushaltsgröße der Wohnungen aus der Anzahl der Wohnungswasserzähler und der Personenzahl bei gleicher Adresse abgeleitet. Ist die Anzahl der Wohnungswasserzähler nicht bekannt, steht die Haushaltsgröße nicht zur Verfügung. Die Daten und Informationen zur Wirtschaft (Erwerbstätige; Wertschöpfung und Verbrauchscharakteristika) liegen für das Stadtgebiet von Hamburg bzw. für Bundesländer und Deutschland vor. Mit Hilfe einer georeferenzierten Verknüpfung der räumlichen Ebenen (s. Abbildung 11) konnte eine mehrere Ebenen übergreifende Datengrundlage erstellt werden, die eine Verbindung der unterschiedlichen Daten ermöglicht.

Tabelle 3: Wichtigste Datengrundlagen für die Prognose

Daten	Wesentliche Inhalte	Raumbezug
<b>1. Daten zur Wasserversorgung</b>		
Jahreswerte zur Trinkwasserversorgung 1964–2011	Wasserförderung, Wasserabgabe nach Verbrauchergruppen, Eigenverbrauch, Anzahl versorgter Einwohner	Versorgungsgebiet der HWW
Verbrauchsstellendaten 2011/12	Adresse, Verbrauchsstellenart, Jahresverbrauch	Versorgungsgebiet der HWW
<b>2. Raumbezogene Daten</b>		
Koordinaten der Adressen	Adressen der Verbrauchsstellen	Versorgungsgebiet der HWW
Grenzen der Stadtteile und Hamburgs (ALKIS)	Polygone der Stadtteile mit Namen	Hamburg
Flächennutzung (ALKIS)	Polygone mit Nutzungstypen	Hamburg
Flurstücke (ALKIS)	Polygone mit Flurstücknummer, Adresse und Fläche	Hamburg
Gebäude (ALKIS)	Polygone mit Gebäudenummer, Adresse, Geschosszahl, Grundfläche	Hamburg
Einwohner 2011 (Statistikamt H&HS)	Adresspunkte mit Einwohnerzahl	Hamburg
Nicht versiegelte Flächen (HWW)	Polygone der potentiellen Bewässerungsflächen	Hamburg
<b>3. Statistische und sonstige Daten</b>		
Daten zur Sozialstruktur	Demografische Daten auf Ebene der Baublöcke, statistischen Gebiete und Stadtteile	Hamburg
Betriebsdatenbank der Handelskammer	Betriebsname Betriebsadresse Branche Beschäftigte in Klassen	Hamburg
Einwohner in den Bezirken nach Zensus 2011	Einwohnerzahl und Differenz zur Fortschreibung von 1987	Hamburg
Einwohner in den Umlandgemeinden nach Zensus 2011	Einwohnerzahl	Umlandgemeinden
Bevölkerungsvorausberechnung (12. KBV)	Zukünftige jährliche Veränderungsdaten der Bevölkerungszahlen für Hamburg bis 2060	Hamburg
Bevölkerungsvorausberechnung für Kreise und kreisfreie Städte in Schleswig-Holstein bis 2025 (Statistikamt H&HS 2009)	Zukünftige jährliche Veränderungsdaten der Bevölkerungszahlen für die Umlandgemeinden bis 2025	Umlandgemeinden
Wohnbauflächenpotentiale 2012 bis nach 2017 (BSU)	Potentiale mit Zahl der geplanten Wohneinheiten, Grundstückfläche und Jahr der Verfügbarkeit	Hamburg
PROGNOS Deutschland Report 2035 (2010)	Wirtschaftliche Entwicklung	Bundesländer und Deutschland
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR)	Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen	Deutschland
Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR) (2010)	Wassereinsatz nach Wirtschaftszweigen	Bundesländer
Befragungen des ifo Instituts 2013	Beschäftigtenzahl, Umsatz, Verbrauchscharakteristika und erwartete Änderungen der Wassernutzung, Wasser-Fremdbezug und Wasser-Eigenförderung	Hamburg
Interviews bei BSU, Statistikamt H&HS und Walddorfer Wohnungsbaugenossenschaft	Stadt- und Bevölkerungsentwicklung, Wohnungsbau, Sanitärmodernisierung in Haushalten	Hamburg

Die Datenebenen werden für unterschiedliche Zwecke genutzt. Der Status Quo der Wasserverbrauchscharakteristik der Haushalte in Abhängigkeit von sozio-strukturellen Größen (sogenannten Einflussgrößen) wird in höchster räumlicher Auflösung bzw. kleinster räumlicher Einheit auf Adressebene ermittelt. Ziel ist es, aus einer Vielzahl von Datensätzen die statistischen Abhängigkeiten möglichst genau zu bestimmen, um sie später für die Prognose zu verwenden. In einem Zwischenschritt erfolgt dann eine Übertragung sozio-struktureller Größen von der Adressebene auf die Stadtteilenebene. Die Prognose dieser Größen sowie des Wasserbedarfs findet schließlich für die Stadtteile statt. Aus dem Wasserbedarf der Betriebe (bei Adresse) in den Verbrauchsgruppen der Wirtschaft wird unter Verwendung von Erwerbstätigenzahlen (bei Adresse) der spezifische Wasserbedarf dieser Betriebe berechnet. Ergänzt durch Befragungsergebnisse bei verschiedenen Wirtschaftsbranchen sowie Daten des stadtteilbezogenen Wasserverbrauchs, bilden auch hier die Stadtteile die Prognoseebene.

Die sozio-strukturellen Einflussgrößen sind Haushaltgröße, Wohnungsgröße und potentielle Bewässerungsfläche (als Indikator für Gartenfläche, s. Kapitel 4.2.2), dazu kommt der Grad der Sanitärmodernisierung. In höchster Auflösung (Adressebene) dienen die Zuordnungen von Verbrauchswerten in den Haushalten zu Personenzahlen, Wohnungsgrößen und potentiellen Bewässerungsflächen dazu, in multiplen Korrelationen Koeffizienten zu ermitteln, mit denen Änderungen bei den Einflussgrößen auf die Änderung des Wasserbedarfs abgebildet werden.

## 4.2 GIS-basierte Datenaufbereitung und -analyse

### 4.2.1 Wasserverbrauchsdaten von HWW

Die Georeferenzierung der Verbrauchsstellen zum Zwecke ihrer räumlichen Auswertung wurde in drei Schritten durch Verschneidung mit Adressdaten vorgenommen (Abbildung 12). Zunächst wurde aus den beiden von HWW gelieferten Tabellen zum Wasserverbrauch nach Verbrauchsstellen und zu den Anschlussobjekten mit Adressen eine Gesamttabelle erstellt. Zu diesem Zweck wurde ein Excel-Makro für die Zuordnung von 686.000 Verbrauchsstellen-Datensätzen der einen Tabelle über das gemeinsame Attribut „Anschlussobjekt-Nr. (AO)“ zu Adress-Datensätzen in der anderen Tabelle geschrieben und ausgeführt.

Im nächsten Schritt konnten mit einem zweiten Makro die Anschlussobjekte über das Attribut „Adresse“ dem aktuellen Adressbestand mit Adress-IDs (346.000 Datensätze) zugeordnet werden. Hierbei wurden Unterschiede in den beiden Adressdateien festgestellt und wenn möglich automatisch oder manuell korrigiert bzw. angepasst, um die Trefferquote bei der Zuordnung zu erhöhen (Schreibweise von Straßennamen, Ortsteile statt Gemeindenamen u.a.).

Im dritten Schritt, der Verschneidung der adressierten Verbrauchsstellen mit geocodierten Adresspunkten (Datenbank HWW) über das Attribut „Adress-ID“ wurde der Anschluss an das Geografische Informationssystem (GIS) erreicht und die Grund-

lage gelegt für die räumliche Auswertung der Verbrauchsdaten nach Adressen und Stadtteilen.

Durch Verschneidung der Wasserverbrauchsdaten mit Einwohnerzahlen wird der spezifische Wasserverbrauch für die Verbrauchsstellenarten der privaten Haushalte berechnet. Die Verschneidung geschieht einerseits adressbezogen für die kleinräumige Analyse zur Ableitung von Wirkkoeffizienten der Einflussgrößen (s. Kapitel 4.4). Andererseits werden im Analyseteil des Modells für Stadtteile die spezifischen Verbräuche aus Analyse und Hochrechnung von Adressdatensätzen ermittelt, die einheitliche Nutzungsmerkmale haben und im Folgenden als „homogen“ bezeichnet werden. Bedingung für homogene Adressdatensätze ist, dass nur *eine* VBS-Art vorkommt, nur *eine* Gebäudenutzungsart (Wohnen), und dass Einwohner bei dieser Adresse gemeldet sind. Dem Prognoseteil des Modells werden daraus Werte für alle Einflussgrößen auf Stadtteilebene zur Verfügung gestellt und den Wasserverbrauchssummen gegenüber gestellt.

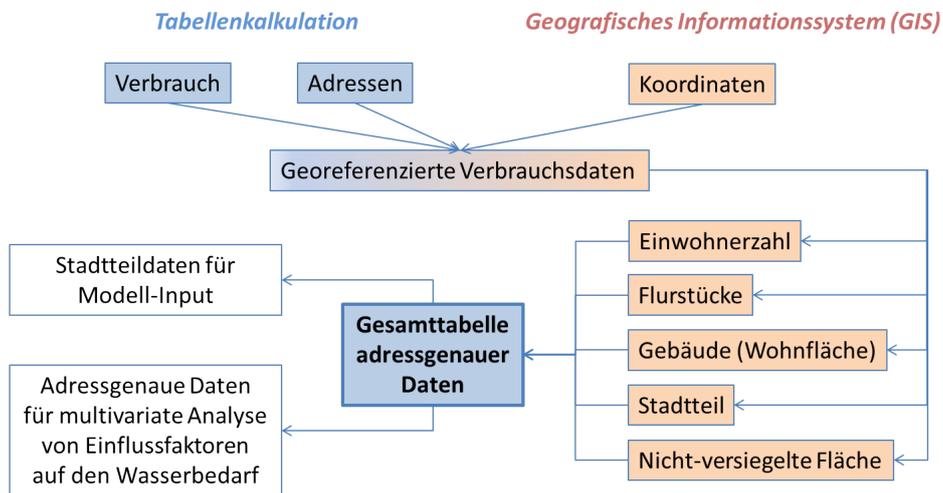


Abbildung 12: Methodisches Vorgehen der Zusammenführung, Georeferenzierung und Verschneidung der räumlichen Daten. Über einen kombinierten Ansatz (Tabellenkalkulation und GIS) werden zunächst Verbrauchsstellendaten ihren Adressen zugeordnet und georeferenziert. In einem zweiten Schritt werden sie im GIS mit anderen räumlichen Daten verschneidet und eine Gesamttabelle adressgenauer Daten erzeugt. Aus dieser werden Daten homogener Adressen für die multivariate Analyse sowie für die Stadtteile im Prognosemodell entnommen.

#### 4.2.2 Räumliche Daten zu Einwohnern und Einflussfaktoren des Wasserverbrauchs

Neben den Daten zum Wasserverbrauch werden für die Analyse und das Prognosemodell Daten zu den Einflussfaktoren benötigt. Ein Teil dieser Daten liegt durch das ALKIS vor und kann direkt im GIS genutzt werden: neben Grunddaten zu Gebiets-einheiten (Grenzen der Stadtteile, Flurstücke mit Adresse) sind dies Gebäudegrundflächen und -geschosszahl. Erstere dienen der Zuordnung weiterer „räumlich“ darin

enthaltener Größen. Letztere sind Grundlage für die Berechnung der Wohnfläche privater Haushalte unter einer Adresse. Weitere Daten liegen zum Einflussfaktor potentielle Bewässerungsfläche (nicht versiegelte Teile der Flurstückfläche) vor, der in der aktualisierten Prognose den Einflussfaktor Garten der alten Prognose von 2007 ersetzt. Für die Berechnung spezifischer Größen (Werte pro Einwohner) liegen Einwohnerzahlen auf Adressebene vor. Diese werden auch genutzt, um die Haushaltsgrößen der privaten Haushalte zu berechnen. Zu den Formeln für die Berechnung der Einflussfaktoren siehe Anhang (Abschnitt 8.1).

#### *Einwohnerzahl und Haushaltsgröße*

Die Einwohnerdaten liegen auf Adressebene in einer georeferenzierten Datei vor (Adresspunkte mit Koordinaten und Einwohnerzahl). Die Datei wurde vom Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein zur Verfügung gestellt und enthält als GIS-Datensatz die Daten der Fortschreibung von 1987 mit Stand 31.12.2011.

Die kleinräumige Analyse des häuslichen (privaten) Wasserverbrauchs stützt sich u.a. auf adressbezogene Bevölkerungsdaten. Zensusergebnisse unterhalb der Bezirksebene werden allerdings erst 2014 veröffentlicht, so dass nur die GIS-Daten der „alten“ Bevölkerungsfortschreibung (Adresspunkt mit Einwohnerzahl) zur Verfügung stehen.

Dies führt dazu, dass bei der adressgenauen Analyse der Einflussfaktoren und ihrer Wirkkoeffizienten andere Einwohnerzahlen verwendet werden als die bei der Prognose für das Basisjahr 2011 verwendeten Einwohnerzahlen auf Basis des Zensus 2011. Diese Situation lässt sich für die Ableitung der Wirkkoeffizienten der Einflussfaktoren aus Korrelationsrechnungen zwischen Einwohnerzahl und Wasserverbrauch sowie den Einflussfaktoren Wohnfläche, potentielle Bewässerungsfläche und Haushaltsgröße zurzeit nicht verbessern. Im GIS werden die adressbezogenen Einwohnerzahlen mit anderen räumlichen Daten verschnitten und in einer Tabellenkalkulation spezifische Wohnflächen wie auch spezifischer Wasserverbrauch berechnet.

Im Prognosemodell werden Einwohnerzahlen der Stadtteile verwendet, welche an die nach Zensus niedrigere Einwohnerzahl von Hamburg angepasst sind.

Die Gesamtzahl der Haushalte in den Stadtteilen Hamburgs im Basisjahr 2011 wurde den Hamburger Stadtteilprofilen (Statistisches Amt H&HS 2012) entnommen. Die Zahl der Haushalte in Einfamilienhäusern wird gleichgesetzt mit der Anzahl der Einfamilienhäuser.

Die Zahl der Haushalte in Wohnungen wird errechnet aus der Gesamtzahl der Haushalte minus der Haushalte in Einfamilienhäusern. Daraus errechnet sich die jeweilige mittlere Haushaltsgröße für Einfamilienhäuser bzw. Wohnungen. Zukünftige Änderungen beruhen auf hinzukommenden Wohneinheiten und Einwohnern, wobei als Belegungsdichte die mittlere Haushaltsgröße für Einfamilienhäuser und Wohnungen in Hamburg verwendet werden.

### *(Spezifische) Wohnfläche*

Die spezifische Wohnfläche konnte für das Basisjahr mittels GIS-gestützter Analysen für Haushalte in den Kategorien „Einfamilienhäuser“ und „Wohnungen“ ermittelt werden. Hierzu wurde zunächst die Wohnfläche nach folgender Formel berechnet:

Wohnfläche = Gebäudegrundfläche \* Flächenfaktor (80%) \* Geschosszahl

Die Geschosszahl ist die Anzahl oberirdischer Geschosse. Der Flächenfaktor reduziert die Gebäudegrundfläche um den Anteil der Mauern/Wände und Treppenhäuser und wird auf 80% geschätzt.

Es wurden nur diejenigen Gebäude berücksichtigt, die als ausschließliche Wohngebäude klassifiziert sind. Gebäude mit gemischter Nutzung (z.B. Gewerbe mit Wohnen) wurden nicht einbezogen, da der Anteil der Wohnfläche unklar ist.

Für die kleinräumige Analyse der Einflussfaktoren und der Ableitung ihrer Wirkkoeffizienten auf Adressebene ist zu beachten, dass ein Gebäude ggf. mehrere Adressen umfassen und sich über mehrere Flurstücke erstrecken kann. In solchen Fällen ist die Wohnfläche durch die Anzahl der Adressen zu teilen, damit sie der räumlichen Einheit der Einwohnerdaten entspricht (Einwohnerzahl bei Adresse), und somit die spezifische Wohnfläche (Wohnfläche pro Einwohner) berechnet werden kann.

Für das Prognosemodell werden einerseits die Wohnflächen der homogenen Adressen, andererseits die gesamte Wohnfläche jedes Stadtteils verwendet. Dabei wird unterschieden in Einfamilienhäuser und Wohnungen. Die Zuordnung erfolgt im GIS durch Verschneidung der Gebäudepolygone mit den größeren Flurstücks- und Stadtteilpolygonen, die Berechnung der Wohnflächen erfolgt anschließend in der Tabellenkalkulation.

### *Potentielle Bewässerungsfläche*

Die nicht versiegelte Freifläche eines Flurstücks ist eine Größe zur Abschätzung der potentiellen Bewässerungsfläche und repräsentiert im aktuellen Modellkonzept einen Garten. Dies ist dadurch begründet, dass ein Garten in der alten Prognose (2007) einen signifikanten Einfluss auf den Wasserverbrauch hatte, es aber bislang für Hamburg keine Statistik zu Gartenflächen gibt. Die ALKIS-Flächennutzungskarte weist in Frage kommende Flächen als „Wohnbauflächen“ aus, welche dann das gesamte Grundstück inklusive Gebäuden abdecken. Die im Rahmen der Wasserbedarfsprognose 2007 aus der Telefonbefragung bekannten Daten (Vorhandensein eines Gartens ja oder nein) stehen für die aktuelle Prognose bisher aus anderer Quelle nicht zur Verfügung.

Von HAMBURG WASSER konnte eine aktuelle Kartierung aller Flurstücke in Hamburg als GIS-Datensatz in die Analyse einbezogen werden, der die nicht versiegelten Flächenanteile nach Art der Flächennutzung und Biotoptypen klassifiziert. Nach Plausibilitätsprüfung wurden in einem mehrstufigen Verfahren diejenigen Biotoptypenklassen herausgefiltert, die private Grundstücke mit Wohn- und Gartennutzung

betreffen (vgl. Tabelle 4). Einige ähnliche Klassen mit wenigen Datensätzen wurden für die kleinräumige Analyse der Einflussfaktoren und ihrer Wirkkoeffizienten auf Adressebene aggregiert, so dass 15 Klassen in die Analyse eingingen. Bei diesem Ansatz werden die Gartenflächen (Rasen, Beete etc.) und somit die potentielle Bewässerungsfläche überschätzt. Ausschlaggebend bei der späteren Analyse sind aber die Größenverhältnisse der potentiellen Bewässerungsflächen von Einfamilienhäusern und Wohnungen sowie deren Änderung über die Zeit, nicht jedoch die absolute Größe in Quadratmetern bzw. Ar. Somit ist die potentielle Bewässerungsfläche eine brauchbare Indikatorgröße, um die bei der letzten Prognose (2007) als signifikant identifizierte Gartenbewässerung zu berücksichtigen.

Über die Flurstücknummer und die Georeferenzierung war die Verschneidung mit anderen räumlichen Daten im GIS und in der Tabellenkalkulation möglich. Im Prognosemodell sind nur noch die Flächen der elf statistisch signifikant auf den Wasserbedarf einwirkenden Klassen (in der Aufzählung oben mit „S“ bezeichnet) zu einer gesamten Freifläche/potentiellen Bewässerungsfläche der homogenen Adressen und der Stadtteile aggregiert (s. Kapitel 4.4).

*Tabelle 4: Auswahlprozedur zur Festlegung der Freiflächenklassen, die relevant für den Haushaltswasserverbrauch sind, d.h. potentielle Bewässerungsflächen im Sinne von Gärten darstellen. „S“ weist auf eine signifikante Wirkung auf den Wasserbedarf hin. Datengrundlage ist die Klassifizierung der nicht versiegelten Fläche auf Flurstücken in Hamburg von HAMBURG WASSER.*

Filter 1: Flächennutzung „Gebäude- und Freifläche“ (FLN-Nr. 139)		
Filter 2: FLN-Zusatz2 „Wohnen“		
Filter 3: Biotopbezeichnungen		
	Blockbebauung	
	Blockrandbebauung	
	Dörflich aggregiert	S
	Einzelanwesen und Gehöfte	
	Einzel- und Reihenhausbebauung	S
	Einzelhausbebauung verdichtet	S
	Garten aggregiert	S
	Geschlossene Bebauung und Altstadt	S
	Lockere Einzelbebauung	S
	Reihenhausbebauung	S
	Reihenhausbebauung verdichtet	S
	Stadthaus	S
	Villenbebauung	S
	Zeilenbebauung	S
	Sonstige Bebauung	

## 4.3 Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturentwicklung

### 4.3.1 Methode

Zur Einordnung der einwohnerbezogenen Entwicklung Hamburgs ist es notwendig, die derzeitigen allgemeinen Tendenzen der Hamburger Stadtentwicklung sowie räumlich spezifische Aussagen über Stadtentwicklungsdynamiken zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Entwicklungen, wie sie im Leitbild „Metropole Hamburg – Wachsende Stadt“ (FH Hamburg 2002) sowie im Leitbild „Wachsen mit Weitsicht“ (FH Hamburg 2010) dargestellt sind. Schwerpunkte hierbei liegen auf teilräumlichen Entwicklungstendenzen sowie auf den qualitativen und quantitativen Aspekten von Siedlungsentwicklungen.

Die Analyse dieser Daten erfolgte in einem ersten Schritt über die Sichtung vorhandener Planwerke, Konzepte und anderer Dokumente. Im zweiten Schritt wurden Expertengespräche mit Vertretern aus Planung, Wohnungswirtschaft und Bevölkerungsstatistik in Hamburg geführt. Die Expertengespräche bestanden aus interdisziplinär geführten Face-to-Face-Interviews und auf der Übergabe weiterer Daten.

### 4.3.2 Demografische Entwicklung

#### *Bevölkerung und Wohnsituation im Basisjahr 2011*

Im Mai 2013 wurden Ergebnisse des Zensus 2011 veröffentlicht, der für alle Gemeinden der Bundesrepublik Deutschland eine „möglichst genaue Momentaufnahme von Basisdaten zur Bevölkerung, zur Erwerbstätigkeit und zur Wohnsituation zu liefern. Stichtag dieser Momentaufnahme war der 9. Mai 2011“. Dabei wurde eine neue registergestützte Methode angewendet, bei der vorhandene Verwaltungsregister ausgewertet und durch Stichprobenerhebungen bei einem Drittel der Bevölkerung ergänzt wurden.<sup>3</sup>

Für die Freie und Hansestadt Hamburg ergab der Zensus 2011 am Stichtag 9. Mai 2011 eine Einwohnerzahl von 1.706.696. Dieses Ergebnis liegt ca. 5% unterhalb desjenigen der Bevölkerungsfortschreibung seit der letzten Volkszählung 1987 (1.789.529 am 30.4.2011) (Statistisches Amt H&HS 2013b, 2013c).

Hamburg hatte Ende des Jahres 2011 einen Bevölkerungsstand von 1.718.187 Einwohnern (Fortschreibung des Zensus 2011). Diese leben in ca. 985.000 Haushalten (Hamburger Stadtteilprofile 2012). Hamburg ist eine ausgeprägte Mieterstadt, nur 20% der Wohnungen sind selbstgenutztes Eigentum. Die verbleibenden 80% sind Mietbestand, von denen sich insgesamt ca. 2/5 im Besitz der kommunalen Wohnungsunternehmen (SAGA/GWG) und von Wohnungs(bau)genossenschaften befinden (ca. 260.000 Wohneinheiten (WE)). Die Bestände erstrecken sich über alle Bezirke. Eben-

<sup>3</sup> Siehe [www.zensus2011.de/DE/Zensus2011/Methode/Methode\\_node.html](http://www.zensus2011.de/DE/Zensus2011/Methode/Methode_node.html)

falls Ausdruck der „Mieterstadt“ Hamburg ist, dass nur ca. 17% aller Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern sind.

Die durchschnittliche Haushaltsgröße liegt bei 1,74 Personen (Berechnung nach Zensus 2011) und variiert in den verschiedenen Stadtteilen. Das Verhältnis von Ein- zu Mehrpersonenhaushalten liegt derzeit bei 50% zu 50% (2011), die Zweipersonenhaushalte machen aber bereits 30% aus, sodass es nur 20% Drei- und Mehrpersonenhaushalte gibt (vgl. Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung für 2010, Statistisches Amt H&HS 2011).

Die durchschnittliche Wohnfläche pro Einwohner (E) liegt bei 37,1 m<sup>2</sup>/E (Statistisches Amt H&HS 2012). Es bestehen starke Unterschiede je nach Bezirk bzw. Stadtteil. Hier lässt sich zusammenfassen: Die Wohnflächen pro Einwohner sind unterdurchschnittlich vor allem im Süden, in der Mitte und in einem Keil im nördlichen Altona (< 34 m<sup>2</sup>/E). Überdurchschnittlich (> 38 m<sup>2</sup>/E) sind die Wohnflächen pro Einwohner im Westen (Altona, im Südosten/Bergedorf und v.a. in HH-Nord, nördliches Wandsbek).

#### *Bevölkerung in den Umlandgemeinden 2011*

Die Bevölkerung in den Umlandgemeinden Hamburgs, die zum Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER gehören, lag im Jahr 2011 bei 176.500 Einwohnern. Diese Zahl ergibt sich durch folgende Einschränkungen:

- Einwohner von Gemeinden, die nur teilweise von HAMBURG WASSER versorgt werden, sind nicht enthalten, da der versorgte Einwohneranteil unbekannt ist. In diesen Fällen kann aus dem Basisdatensatz der Wasserverbräuche 2011/2012 auch kein spezifischer Wasserbedarf pro Einwohner berechnet werden und der zukünftige Wasserbedarf wird als konstant angesetzt.
- Einwohner von Gemeinden, die im Basisdatensatz der Wasserverbräuche 2011/2012 keinen Verbrauch aufweisen, sind nicht berücksichtigt, da sie nicht in die Wasserbedarfsrechnung eingehen.

Die Bevölkerungszahlen sind der Internetdatenbank der Statistischen Ämter entnommen, Stand ist wie für Hamburg die Fortschreibung des Zensus<sup>4</sup> 2011 zum 31.12.2011.

#### *Bevölkerungsprognose 2045 für Hamburg*

Die voraussichtliche Bevölkerungsentwicklung Hamburgs wurde zuletzt in der 12. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Bundes und der Länder (12. KBV) bis 2060 auf der Basis der Fortschreibung von 1987 vorausgeschätzt. Um die Ergebnisse des Zensus 2011 einfließen zu lassen, wird in der hier vorgelegten Prognose als Basis die Fortschreibung des Zensus zum 31.12.2011 verwendet und für die folgenden Jahre die Dynamik, d.h. die jährlichen prozentualen Änderungen der Varianten der 12. KBV bis 2045 verwendet. Für dieses Vorgehen gibt es folgende Gründe:

<sup>4</sup> Siehe <https://ergebnisse.zensus2011.de>

- Die Fortschreibung des Zensus 2011 wird als die zurzeit beste Abschätzung der Einwohnerzahl *im Basisjahr* angesehen. Die Einwohnerzahl ist relevant für die Berechnung des *aktuellen* spezifischen Wasserbedarfs ( $\text{m}^3/\text{E}$ ) sowie *aktueller* Werte des Einflussfaktors spezifische Wohnfläche ( $\text{m}^2/\text{E}$ ). Im Falle Hamburgs liegt der spezifische Wasserbedarf durch die niedrigere Einwohnerzahl laut Zensus 2011 höher als bei der alten Einwohnerzahl, die spezifische Wohnfläche liegt ebenfalls höher. An Gesamtwasserbedarf und Gesamtwohnfläche für Hamburg im Basisjahr ändert sich dadurch nichts.
- Für die *Prognose* des Wasserbedarfs sind nicht die aktuelle Bevölkerungsbasis sondern die Änderungen sowohl der Bevölkerungszahl als auch der Einflussgrößen bis zu einem Zeitpunkt in der Zukunft relevant (spezifische Wohnfläche, potentielle Bewässerungsfläche, Haushaltsgröße).
- Die bisher vorliegenden Bevölkerungsvorausberechnungen für Hamburg sind einige Jahre alt und berücksichtigen nicht den Zensus 2011. Somit gibt es noch keine daraufhin aktualisierte Bevölkerungsvorausberechnung. Der Ansatz in der vorliegenden Prognose ist nun, die in den alten Bevölkerungsvorausberechnungen angenommene jährliche Änderungsrate zu übernehmen und auf eine neue Basis zu stellen, den Zensus 2011.
- Die Änderungsraten in den alten Bevölkerungsvorausberechnungen berücksichtigen Wohnungsbaupläne, die natürliche Bevölkerungsentwicklung (Geburten, Sterbefälle) sowie Wanderungsbewegungen. Die aktuell zu beobachtende Dynamik vor allem ersterer und letzterer wird in der 12. KBV gut abgebildet.

Die aktuell zu beobachtende Bevölkerungsentwicklung in Hamburg verläuft dynamischer als vor ein paar Jahren vom Hamburger Basisdatenausschuss (BDA) angenommen; d.h. es gab in den letzten Jahren und gibt voraussichtlich auch in den kommenden Jahren ein höheres Bevölkerungswachstum als in der sogenannten „Mittleren Variante“ des BDA, die dem Leitbild „Wachsende Stadt Hamburg“ zugrunde liegt (s. Abbildung 13). Daher wird die BDA-Schätzung hier nicht verwendet.

Es gibt bei der 12. KBV zwei Varianten mit unterschiedlichen Annahmen zur Zuwanderung von Personen aus dem Ausland in die Bundesrepublik (W1 mit 100.000 Personen pro Jahr; W2 mit 200.000 Personen pro Jahr). Diese Personen werden nach einem Schlüssel auf die Bundesländer verteilt. Die aktuell hohe Zuwanderung nach Hamburg und das hohe jährliche Wachstum werden gut durch die obere Variante (W2) abgebildet. In der vorliegenden Wasserbedarfsprognose wird W2 als Szenario höheren Wachstums verwendet. Für das Referenzszenario ist die Annahme etwas konservativer:

Ausgehend von der Fortschreibung des Zensus 2011 zum 31.12.2011 wird für das Referenzszenario die gemittelte Dynamik der beiden Varianten der 12. KBV gewählt (s. Abbildung 13). Als weiteres Szenario „Bevölkerung (obere Variante der Vorausberechnung)“ wird die obere Variante W2 mit höherem und länger andauerndem Bevölkerungszuwachs im Prognosemodell verwendet. Ein drittes Bevölkerungsszenario

beruht nicht auf der 12. KBV sondern auf der Wohnungsbauplanung (Szenario „Bevölkerung nach Wohnungsbau“, s. Kapitel 5.5.4).

Insgesamt ist im Vergleich der Referenz-Bevölkerungsprognosen der alten und der vorliegenden aktualisierten Wasserbedarfsprognose folgendes festzuhalten:

- Die Ausgangsbevölkerungszahl liegt 2011 um ca. 30.000 Einwohner niedriger als 2005 (bedingt durch Korrektur nach unten infolge der Zensusergebnisse für 2011). Wie oben dargestellt, wirkt sich das nicht auf den Gesamtverbrauch sondern auf den spezifischen Wasserverbrauch (Pro-Kopf-Wasserverbrauch in  $\text{m}^3/\text{E}$ ) aus, da der gesamte Wasserverbrauch auf weniger Einwohner verteilt wird. Die zukünftige Entwicklung des Gesamtverbrauchs ist nur noch von der Veränderung der Berechnungsgrößen bis zum nächsten gewählten Zeitschritt abhängig.
- Der jährliche Bevölkerungszuwachs in den ersten Jahren der Prognose ist – den aktuellen Beobachtungen entsprechend – jetzt höher (dynamischer).
- Der prozentuale Bevölkerungszuwachs in der alten Prognose vom Basisjahr 2005 bis zum Höchststand (2020) lag bei 3,5%. In der neuen Prognose liegt der prozentuale Bevölkerungszuwachs von 2011 bis zum Höchststand (2032) bei 5,1%.
- Der Zeitpunkt der höchsten Bevölkerungszahl ist im neuen Referenzszenario um 12 Jahre nach hinten verschoben, somit auch der Beginn des Bevölkerungsrückgangs (alte Prognose: Max. in 2020; aktuelle Prognose: Max. in 2032).
- Die maximale Bevölkerungszahl des neuen Referenzszenarios liegt mit 1.805.536 ca. 8.500 Einwohner unter dem Maximum der alten Prognose (1.813.900).
- Im Jahr 2045 wird für die Stadt Hamburg ein Stand von ca. 1,78 Mio. Einwohnern erreicht. Voraussichtlich setzt sich die Bevölkerungsabnahme, dem allgemeinen Trend des demografischen Wandels in Deutschland folgend, danach weiter fort.
- Das Alternativszenario der alten Prognose war eine Stagnation der Bevölkerungsentwicklung. Demgegenüber wird in dem Alternativszenario mit der Variante KBV12-W2 der aktuellen Prognose die aktuell zu beobachtende höhere Dynamik abgebildet. Wie lange dieser Trend anhält, ist noch nicht abzuschätzen.

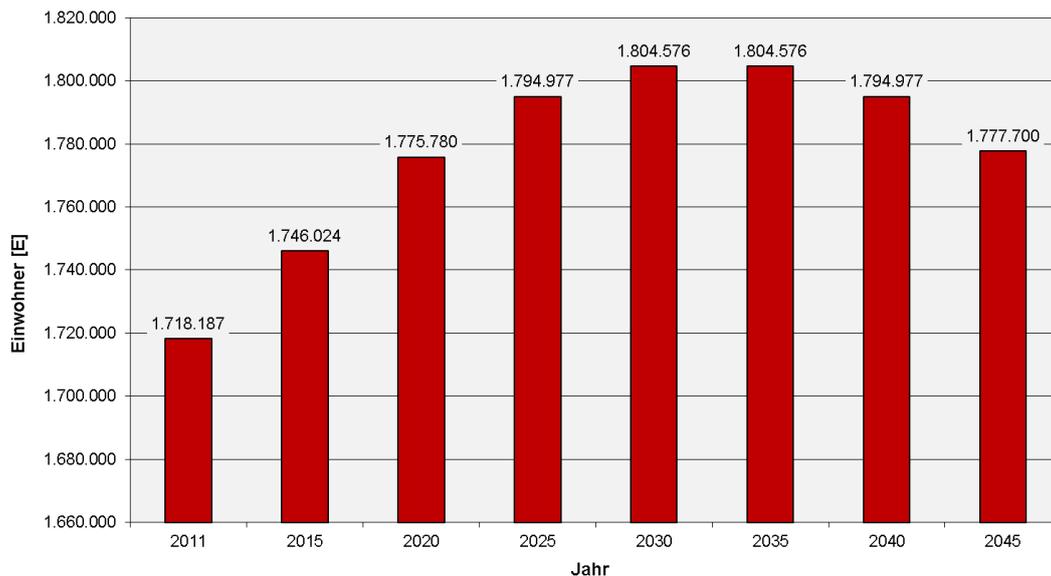


Abbildung 13: Bevölkerungsvorausberechnung für das Stadtgebiet Hamburg bis 2045 (Mittelung beider Varianten der 12. KBV, angepasst auf den Zensus 2011)

#### Bevölkerungsprognose für die Umlandgemeinden bis 2045

Die voraussichtliche Bevölkerungsentwicklung in den 30 Umlandgemeinden des Versorgungsgebietes wird aus der Bevölkerungsprognose vom Statistikamt für Hamburg und Schleswig-Holstein für die Landkreise und kreisfreien Städte Schleswig-Holsteins bis 2025 abgeleitet, in denen die Gemeinden liegen (Statistisches Amt H&HS 2011a, s. Abbildung 14). Während die Landkreise Stormarn (+5%) und Pinneberg (+2%) voraussichtlich ein leichtes Wachstum aufweisen, wird für Lauenburg (-1%) eine leicht rückgängige Bevölkerungsentwicklung angenommen. Drei Gemeinden des Versorgungsgebietes liegen in Niedersachsen direkt an der Grenze zu Hamburg. Für die Gemeinden mit nur teilweiser Versorgung (darunter auch die drei Gemeinden in Niedersachsen) wird die Bevölkerungszahl in der Wasserbedarfsprognose nicht berücksichtigt und daher auch nicht prognostiziert. Ihr Wasserbedarf geht in den Gesamtwasserbedarf der Umlandgemeinden ein, wird aber bis 2045 konstant gehalten.

Für den Prognosezeitraum nach 2025 wurde für jede Gemeinde die weitere Entwicklung der Bevölkerungszahl bis 2045 auf folgende Weise geschätzt: Die Einwohnerzahl für 2026 wird berechnet, indem zunächst für die vergangenen Jahre das Verhältnis des Bestandes zum Vorjahr gebildet wird (Veränderungsfaktor). Die Differenz der Veränderungsfaktoren von 2025 und 2015 (zehn Jahre zurück) wird durch zehn geteilt und vom Faktor für 2025 abgezogen. Dieses Verfahren wird für jedes weitere Jahr nach 2026 wiederholt und die Bevölkerung errechnet. Für alle Gemeinden verringert sich der Veränderungsfaktor seit 2013. Ab 2016 ist in den Gemeinden des Kreises Lauenburg mit einem Bevölkerungsrückgang zu rechnen. In den Gemeinden der Kreise Pinneberg (ab 2026) und Stormarn (ab 2030) setzt dieser Trend etwas später ein. Bis zum Jahr 2045 wird sich die Bevölkerungszahl der Umlandgemeinden voraussichtlich um 2.000 Einwohner im Vergleich zum Jahr 2011 verringert haben.

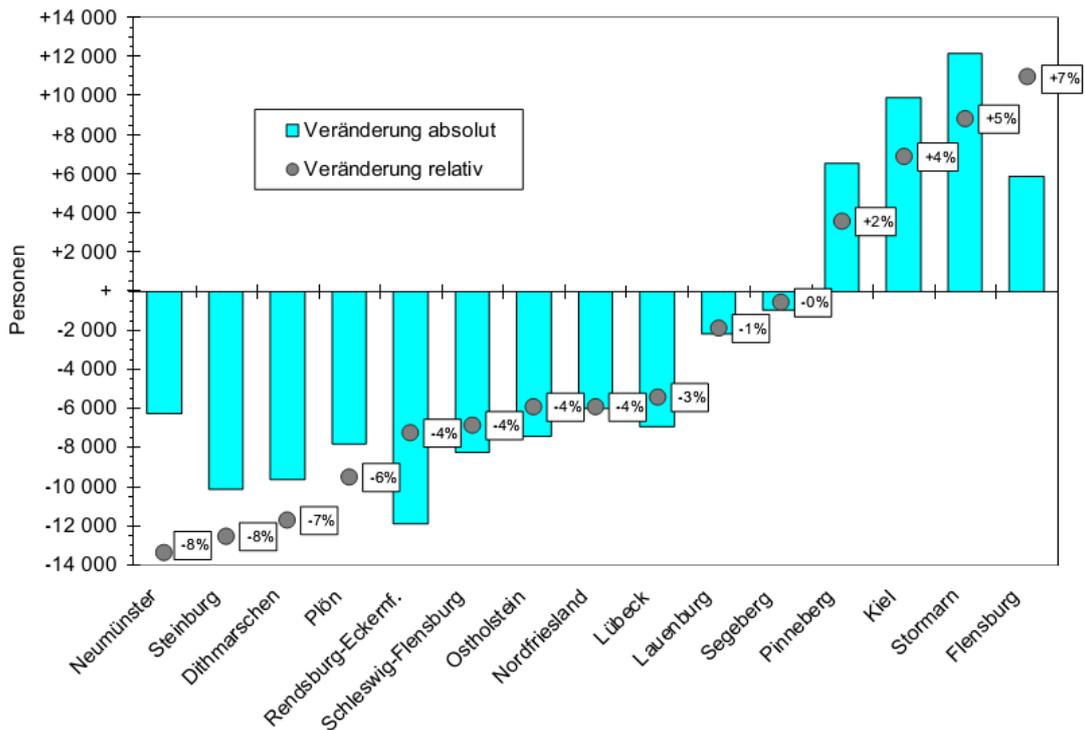


Abbildung 14: Bevölkerungsentwicklung in den Kreisen und kreisfreien Städten Schleswig-Holsteins bis 2025 (Quelle: Statistisches Amt H&HS 2011a)

### 4.3.3 Siedlungsentwicklung und Räumliches Leitbild für Hamburg

Ausgehend von der positiven Bevölkerungsentwicklung und standortstärkenden Prozessen (Clusterbildung, Entwicklung der Logistikbranche, internationaler Wettbewerb) verfolgt der Hamburger Senat das Ziel, Hamburg als wachsende Metropole zu entwickeln. Im Jahr 2001 wurde das Leitbild „Metropole Hamburg – Wachsende Stadt“ als Zukunftskonzept vorgelegt, das entsprechende Zielsetzungen und Strategien darlegt (vgl. FH Hamburg 2002). Wachstum bezog sich auf ein mengenmäßiges Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaftsleistung, aber auch auf ein qualitatives Wachstum – z.B. der Attraktivität Hamburgs als Wohnstandort.

Zum 22. März 2007 erschien der Entwurf zum Räumlichen Leitbild „Wachsende Stadt Hamburg“. Das Räumliche Leitbild greift die Potentiale Hamburgs auf, um vor allem hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Siedlungsflächenentwicklung die Maxime der Innenentwicklung zu konkretisieren (FH Hamburg 2007).

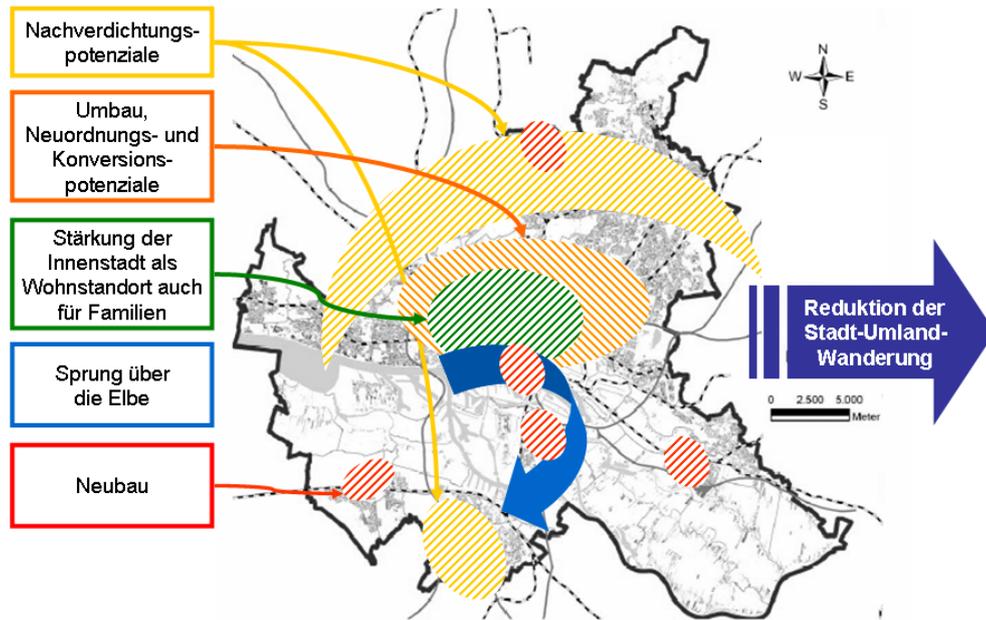


Abbildung 15: Flächenkategorien für den Wohnraumbedarf (eigene Darstellung und Informationen aus Expertengesprächen)

Das Leitbild wird zurzeit aktualisiert und soll unter dem Motto „Wachsen mit Weit-sicht“ insbesondere auch sozialstrukturelle Themen aufgreifen.

Abbildung 15 stellt die räumliche Verteilung der Entwicklungskategorien dar. Größte Wachstumszonen sind die Stadtteile Hafencity, Altona-Nord, Bahrenfeld, Bergedorf und Neugraben-Fischbek.

#### 4.3.4 Wohnungsbauentwicklung in Hamburg

Die Wohnungsbauentwicklung ist beim vorliegenden Modellansatz für die Wasserbedarfsprognose von zentraler Bedeutung. Durch neue Wohneinheiten wächst die Bevölkerung in einigen Stadtteilen, verbrauchsrelevante Einflussfaktoren wie Haushaltsgröße, spezifische Wohnfläche und potentielle Bewässerungsfläche ändern sich in höherem Maße als in anderen Stadtteilen.

Für die beiden Haushaltskategorien „Einfamilienhäuser“ und „Wohnungen in Mehrfamilienhäusern“ wurden räumliche sozio- und stadtstrukturelle Daten ausgewertet. Annahmen und Berechnungen der zu erwarteten Änderungen wurden in 5-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2045 für das Modell festgelegt. Ausgehend von der Situation im Basisjahr greift die Prognose des Wasserbedarfs für die weiteren Zeitschritte auf die prognostizierte Entwicklung im gesamten Wohnbestand des jeweiligen Stichjahres zurück.

Die stadtteilbezogene Entwicklung der Anzahl der Einfamilienhäuser/Wohnungen ist die Basis für die Berechnung der Einwohnerzahl, der Haushaltszahl und -größe, der Wohnfläche und der potentiellen Bewässerungsfläche. Nur der Modernisierungsgrad

der Sanitärausstattung wird nicht berechnet sondern ist auf der Basis der alten Prognose fortgeschrieben.

Die Flächenpotentiale für Wohnungsbau werden in Hamburg grundsätzlich Gebieten der Außenentwicklung oder der Innenentwicklung zugerechnet.

**Definition Innenentwicklung aus Wohnungsbauentwicklungsplan Mai 2009 (FH Hamburg 2009):**

Unter dem Begriff „Innenentwicklung“ sind alle baulichen Entwicklungen zu verstehen, die sich im bestehenden Siedlungsgefüge der Stadt abspielen:

- Verdichtung in bestehenden Stadtquartieren durch An- und Umbauten, Nutzungsänderungen, Aufstockungen, Baulückenschließungen, Bauen in zweiter Reihe, Abriss und Neubau.
- Bebauung von Flächen im bestehenden Siedlungsgefüge: Dies bezieht sich auf die Wohnungsbaupotentiale gemäß Flächennutzungsplan und geltendem Baurecht. Dazu gehören auch kleinere Brachflächen, nicht mehr benötigte Sportflächen.
- Neue Stadtquartiere auf Konversionsflächen, d.h. Flächen, die bereits bebaut, aber mit einer anderen Nutzung belegt waren (z.B. ehemalige Kasernen, Post- und Bahnflächen, Krankenhaus- und Pflegeheimflächen und für die gewerbliche Nutzung aufgegebene Flächen). Die Konversionsflächen zählen dabei nur zur Innenentwicklung, wenn sie im bestehenden Siedlungsgefüge liegen, in Ausnahmefällen kann eine Konversionsfläche (z.B. eine Kasernenanlage) auch der Außenentwicklung zuzurechnen sein.

Aus dieser Definition wird ersichtlich, dass Innenentwicklung sowohl Umnutzung vorhandener (Wohnbau-)Flächen sein kann als auch die Erschließung bisher nicht genutzter Flächen. Für Innen- und Außenentwicklung gibt es Planungsvorgaben durch die Stadt Hamburg. Diese beziehen sich auf das Verhältnis Innen- zu Außenentwicklung insgesamt wie auch auf die Anteile von Einfamilienhäusern und Geschosswohnungsbau. Dabei wird noch eine Unterscheidung in Potentiale auf Flächen < 20 Wohneinheiten und auf Flächen > 20 Wohneinheiten vorgenommen. Nach den vorliegenden Berichten, Planungstabellen und weiteren Statistiken zum Wohnungsbau (Mitteilungen des Senats, Statistiken zu Wohnungsbaufächenpotentialen) sowie Interviews und Korrespondenzen mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt BSU stellen sich Planungsvorgaben und Erfahrungswerte folgendermaßen dar:

- Pro Jahr sollen in Hamburg 6.000 Wohneinheiten fertiggestellt werden. Dieses vor einigen Jahren formulierte Ziel konnte in den letzten Jahren nicht erreicht werden. Seit 2012 scheint es realistischer zu werden, da die Anzahl der Baugenehmigungen insbesondere für Geschosswohnungsbau stark gestiegen ist.
- Der Anteil der Wohneinheiten auf Gebieten der Innenentwicklung soll bei 80% liegen und somit eine Verdichtung erreicht werden, um die Siedlungsfläche nur in geringem Maße in nicht besiedelte Gebiete auszuweiten.
- In den letzten Jahren war die Zahl der Baugenehmigungen für Einfamilienhäuser bei etwa 1.400 EFH pro Jahr stabil, so dass etwa 4.600 Wohneinheiten im Geschosswohnungsbau GWB geplant werden (Gesamtziel: 6.000 WE).
- Der Anteil von EFH soll für ganz Hamburg bei 23% liegen (1 EFH zu 3,3 WE im GWB).

- Etwa 1.500 WE jährlich beträgt erfahrungsgemäß das Potential auf Flächen < 20 WE. Ein großer Teil hiervon wird durch EFH abgedeckt, der Anteil wird auf etwa 60% geschätzt.
- 20% der Flächenpotentiale < 20 WE liegen in Außenentwicklungsgebieten.
- Die Umsetzungsgrade beim Wohnungsbau liegen für EFH in den letzten Jahren bei 92%, für den Geschosswohnungsbau bei 65%.
- Die Anzahl der WE in Relation zur Bauplatzgröße liegt für den EFH-Bau bei 25 WE/ha, für den Geschosswohnungsbau bei 70 WE/ha. Daraus ergibt sich eine Grundstückfläche von 400 m<sup>2</sup> pro EFH. Flächen für Straßen und Regenversickerung bei größeren Potentialen sind dabei schon abgezogen.
- Ein neues EFH hatte in den letzten Jahren eine durchschnittliche Wohnfläche von 135 m<sup>2</sup>. Für Wohnungen im Geschosswohnungsbau lag der Wert bei 85 m<sup>2</sup>.

Diese Planungsvorgaben und Erfahrungswerte bilden zusammen mit der auf Stadtteile bezogenen Zahl der WE auf ausgewiesenen Wohnungsbaufächenpotentialen mit Verfügbarkeitsjahr die Grundlage für die Berechnung der Wohnungsbauentwicklung im Prognosemodell. Es gibt für EFH und GWB jeweils die drei Kategorien Innenentwicklung, Außenentwicklung und Potentiale < 20 WE. Durch Verknüpfungen in der Tabellenkalkulation sind die Kategorien verlinkt. So ist gewährleistet, dass die Planungsvorgaben erreicht werden können und nicht umgesetzte WE in das Potential des nächsten Zeitschritts übertragen werden. Auch ist eine Änderung der oben dargelegten Werte der Planungsvorgaben auf dem Parameter-Tabellenblatt global und im zeitlichen Verlauf möglich. Somit kann z.B. für spätere Jahre die Zielvorgabe von 6.000 WE jährlich im Modell angepasst werden.

#### *Wohnungssanierung und -modernisierung*

Die kommunalen Wohnungsunternehmen (SAGA/GWG) und die Wohnungsbaugenossenschaften sind Eigentümer von insgesamt ca. 270.000 WE, dies entspricht ca. 40% des Gesamtbestands an Mietwohnungen in Hamburg. Ausgehend von den Expertengesprächen, die mit Vertretern der SAGA/GWG und den Hamburger Wohnungsbaugenossenschaften im Januar 2007 (alte Prognose) und Dezember 2012 (aktualisierte Prognose) geführt wurden, können zum Sanierungs- und Modernisierungsstand mit Bezug auf Wasserinfrastruktur folgende Entwicklungen festgehalten werden:

- Die Umstellung auf Wohnungswasserzähler bzw. verbrauchsabhängige Abrechnung ist in kommunalen Beständen sehr weit vorangeschritten (Schätzwert ca. 97%-98%). Bei Genossenschaften ist die Umstellung unterschiedlich weit vorangeschritten (Schätzung: 90%).
- Allgemein wird von Experten beobachtet, dass die verbrauchsabhängige Abrechnung zu Wasserspareffekten führt.
- Weitere Wasserspareffekte entstehen durch die Modernisierung und Sanierung von Bädern und Armaturen in den älteren Wohnungen (Altbau und Bestand der 1950er bis 1970er Jahre). Der Sanierungsstand (Innensanierung) bei SAGA/GWG wurde im Jahre 2007 auf ca. 71% geschätzt.

- Von der Walddörfer Wohnungsbaugenossenschaft wird ein aktueller Modernisierungsstand (2012) von ca. 70% für die Wohnungen dieser Genossenschaft angegeben.
- Die Modernisierung im Sanitärbereich findet nach Aussagen von 2007 langsam statt. Derzeit wird der energieeinsparenden Sanierung der Vorrang gegeben, insbesondere der Sanierung der Außenhaut der Gebäude. Energiekosten steigen, und der Gesetzgeber hat sukzessive strengere Verordnungen zur Energieeinsparung vorgegeben (Energieeinsparungsverordnung 2001 mit letzter Neufassung 2007 und weiteren Änderungen bis 2013). Teilweise besteht bei einzelnen Genossenschaften die Strategie einer gewissen Sanierungsverzögerung (auch im Sanitärbereich), um die große Nachfrage nach preiswertem, unsaniertem Wohnraum zu befriedigen. Dennoch ist davon auszugehen, dass bis 2030 der Sanitärbereich im Gesamtbestand modernisiert sein wird.
- Die Wohnungsunternehmen gehen nicht von großflächigen Entwicklungen hinsichtlich wassersparender Infrastruktur in Wohngebieten aus (großflächige Nutzung von Regenwasser, Wiedernutzung von Grauwasser etc.), da im Stadtgebiet von Hamburg die zukünftigen Erweiterungsflächen bereits in bestehende Systeme eingebettet sind.

#### 4.3.5 Folgerungen für die Prognose

##### *Wohnungsbau*

Nach den Bevölkerungsszenarien wird die Einwohnerzahl in Hamburg weiter steigen, bis der demografische Wandel auch in der Einwohnerzahl sichtbar wird und diese zurückgeht. Im Referenzszenario (Mittelwert der Varianten W1 und W2 der 12. KBV) wird Hamburg von 2011 bis zum Jahr 2032 um etwa 87.000 Einwohner wachsen. Der Bedarf an neuen Wohnungen liegt bei ca. 46.000. Das Szenario mit höherem Wachstum (obere Variante W2 der 12. KBV) geht von einer Zunahme um 120.000 Einwohnern bis zum Scheitelpunkt im Jahr 2037 aus. Hier liegt der Bedarf an neuen Wohnungen bei 69.000. Die im Jahr 2012 bekannten Wohnbauflächenpotentiale auf Flächen > 20 Wohneinheiten werden von der BSU (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg) mit ca. 47.000 angegeben. Da als zurzeit letzter Planungsabschnitt „nach 2017“ angegeben ist, verteilen sich diese Wohneinheiten auf die ersten beiden 5-Jahresschritte der Prognose. Für die Zeit nach 2020 werden in der Prognose neue Wohneinheiten nur durch nicht umgesetzte Wohneinheiten aus dem vorherigen 5-Jahreszeitraum übertragen. Dazu kommen Wohneinheiten auf Flächen < 20 Wohneinheiten. Oberstes Ziel ist es, pro Jahr 6.000 neue Wohneinheiten zur Verfügung zu stellen. Dies wird in die Prognose übernommen. Entsprechend den verfügbaren Flächenpotentialen, dem Planungsstand für die Flächen und den sonstigen Erfordernissen soll der Neubedarf an Wohnraum wie folgt gedeckt werden:

- Ca. 80% Neubau durch Flächenpotentiale in Innenentwicklung, entspricht ca. 39.000 WE. Fast alle Konversionsflächen sind Teil der Innenentwicklung.

- Ca. 20% durch Flächenpotentiale in Außenentwicklung, entspricht ca. 8.000 WE.
- Es stehen erfahrungsgemäß pro Jahr ca. 1.500 Wohneinheiten auf Flächen < 20 Wohneinheiten zur Verfügung, die in der Wohnbauflächendatenbank nicht erfasst sind. Der Anteil der Außenentwicklung liegt hier bei etwa 20%. Die 1.500 werden für die Prognose proportional zur Einwohnerzahl über alle Stadtteile verteilt. Erfahrungswerte sind ein Anteil von 60% EFH und die überwiegende Lage in der Innenentwicklung (80%).
- Weitere Vorgaben, die im Modell als Parameter zur Berechnung der Verteilung der Wohneinheiten (Innen- und Außenentwicklung, Häuser und Wohnungen, Wohnungsgrößen), sind in Kapitel 4.3.4 aufgeführt.
- Es sollen laut BSU auch nach 2020 noch weitere Wohnbauflächenpotentiale auf Flächen > 20 Wohneinheiten verfügbar gemacht werden. Dazu gibt es aber zurzeit noch keine offiziellen Angaben.
- Die spezifischen Wohnflächen in Häusern und Wohnungen werden aufgrund des Wohnungsneubaus und der Abnahme der Haushaltsgrößen im Prognosezeitraum kontinuierlich steigen (s. Abbildung 16).

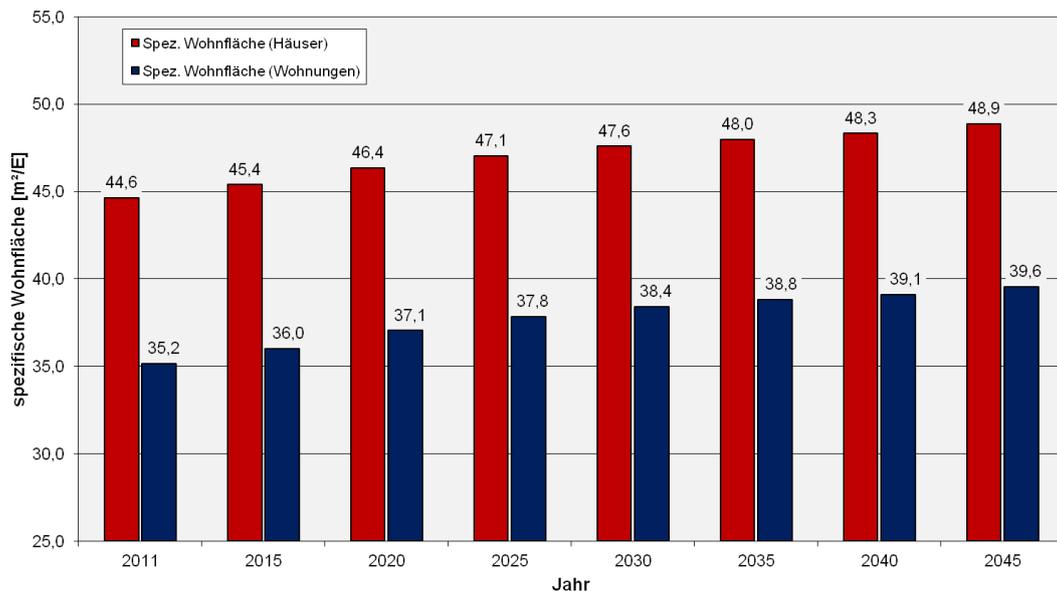


Abbildung 16: Erwartete Entwicklung der spezifischen Wohnflächen von „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet auf Basis der Planungen zur Siedlungsentwicklung und der Bevölkerungsprognose

#### Einflussfaktor Haushaltsgröße

Im Basisjahr 2011 wurden für die Stadtteile die Haushaltsgrößen aus den an den Zensus 2011 angepassten Einwohnerzahlen und der Anzahl der Haushalte laut Hamburger Stadtteilprofile 2012 errechnet. Die Werte der Stadtteile differieren voneinander. Für ganz Hamburg beträgt die durchschnittliche Haushaltsgröße der Einfamilienhäuser (EFH) 2,8 Personen und der Wohnungen 1,6 Personen.

Für die Prognose der Haushaltsgrößen wird für jeden Zeitschritt die aktuelle Bevölkerung und die aktuelle Zahl der Wohneinheiten bei EFH und Wohnungen im Stadtteil

herangezogen. Neue Wohneinheiten werden dynamisch mit der mittleren Haushaltsgröße der EFH bzw. Wohnungen Hamburgs des vorherigen Zeitschritts belegt. Im Referenzszenario mit Anpassung der Bevölkerung an die Vorausberechnung für Hamburg sinken diese Werte in den späteren Zeitschritten bis auf 2,6 bzw. 1,5 Personen im Jahr 2045 ab, da hierbei der demografische Wandel mit einer Abnahme der Bevölkerung etwa ab dem Jahr 2032 berücksichtigt wird (s. Abbildung 17). Im Bevölkerungsszenario mit der oberen Variante der Vorausberechnung (KBV12-W2) liegt der Start der Bevölkerungsabnahme im Jahr 2037. Bis 2045 sinken hier die mittleren Haushaltsgrößen auf 2,7 bzw. 1,5 Personen ab.

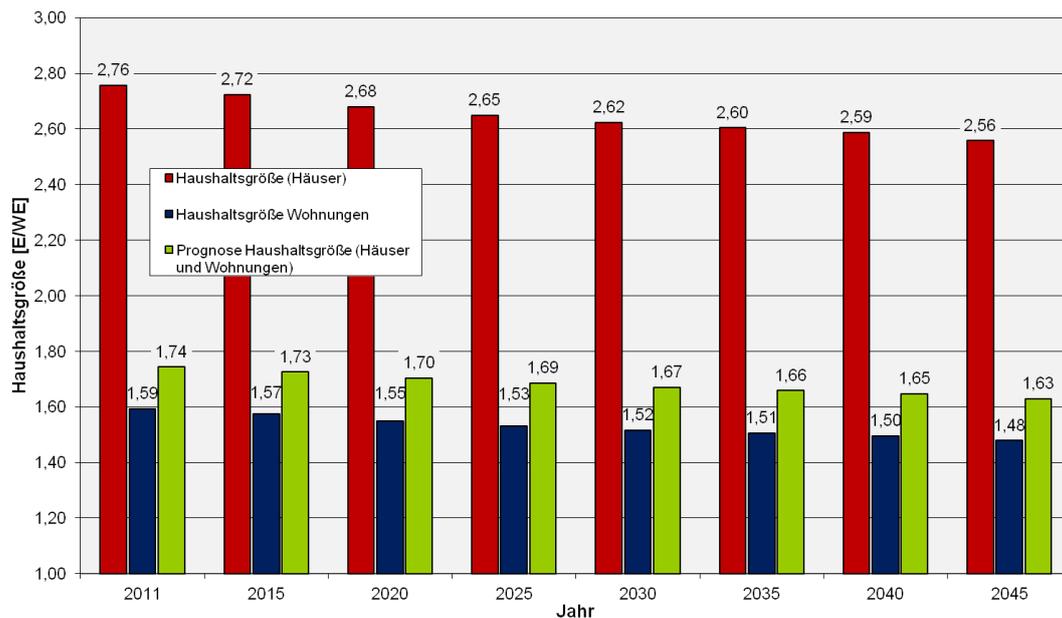


Abbildung 17: Erwartete Entwicklung der Haushaltsgrößen von „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet auf Basis der Planungen zur Siedlungsentwicklung und der Bevölkerungsprognose (Referenzprognose)

#### *Einflussfaktor potentielle Bewässerungsfläche*

Für jede neu entstehende Wohneinheit wird eine potentielle Bewässerungsfläche (PBF) eingeplant, für die bei EFH 300 m<sup>2</sup> und beim Geschosswohnungsbau 25 m<sup>2</sup> pro Wohnung veranschlagt werden. Diese Werte werden über den ganzen Prognosezeitraum konstant gehalten. Da es um potentiell bewässerbare Fläche im Sinne von möglicher Gartenfläche geht, werden für die Entwicklung der gesamten potentiellen Bewässerungsfläche in einem Stadtteil folgende Effekte angenommen:

- In Baugebieten der Innenentwicklung kommen effektiv nur 10% der summierten PBF durch neue Wohneinheiten hinzu. Begründet wird diese Annahme mit den unterschiedlichen Arten der Innenverdichtung (Umnutzung, Aufstockung, Bauen in 2. Reihe, Bauen auf Brachland u.a.), bei denen sowohl bestehende PBF (im Sinne von Gärten) verloren gehen, als auch gleich bleiben oder neu entstehen können. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Maßnahmen weitgehend kompensieren.

- In Baugebieten der Außenentwicklung entstehen Wohngebiete außerhalb des bisherigen Siedlungsgebiets „auf der grünen Wiese“. Es wird daher davon ausgegangen, dass der größte Teil (80%) der neuen PBF vorher nicht durch private Haushalte bewässert wurde.

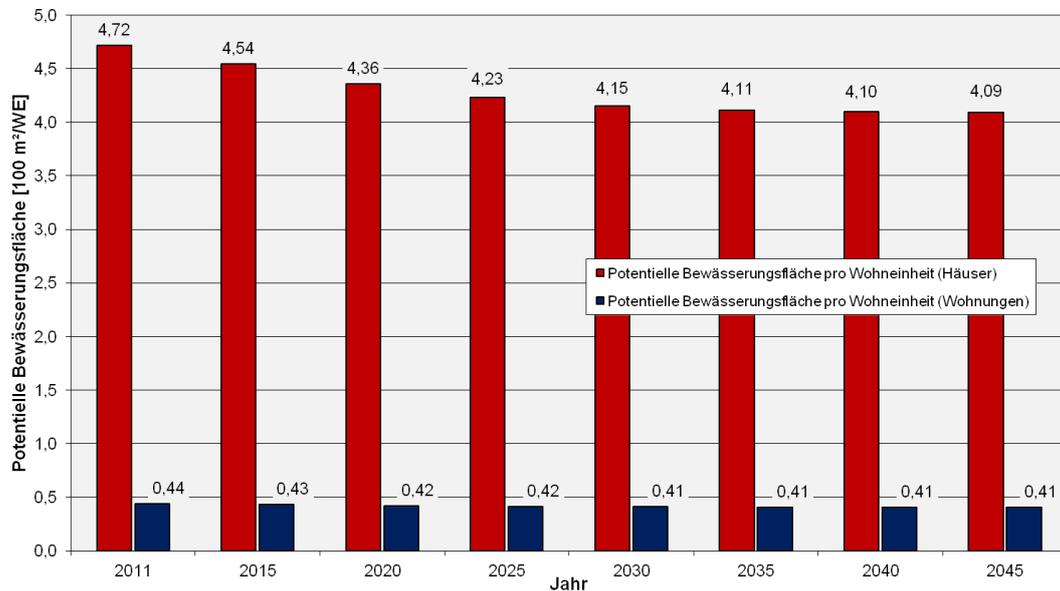


Abbildung 18: Erwartete Entwicklung der potentiellen Bewässerungsfläche pro Wohneinheit bei „Häusern“ und „Wohnungen“ im Stadtgebiet auf Basis der Planungen zur Siedlungsentwicklung und der Bevölkerungsprognose

#### Einflussfaktor Sanitärmodernisierung

Für die Prognose 2007 wurde in der Telefonbefragung ermittelt, wie der Sanierungs- bzw. Renovierungszustand des Gebäudes der Befragten ist. Aus den Antworten konnte kein klarer Zusammenhang zum Wasserverbrauch abgeleitet werden. Nur die Fragen nach dem Alter der Sanitäreinrichtung der Toiletten und nach der Art der Toilettenspülung erwiesen sich als gute Indikatoren mit hoch signifikantem statistischem Zusammenhang zum Wasserverbrauch. War das Alter der Sanitäreinrichtung höher als 15 Jahre, wurde signifikant mehr Wasser verbraucht. Fasst man die beiden veralteten Arten der Toilettenspülung (einfache Druckspülung und Spülkasten ohne Stopp- bzw. Spartaste) zusammen und stellt sie den beiden moderneren und sparsameren gegenüber (Druckspülung mit Spartaste und Spülkasten mit Stopp- bzw. Spartaste), dann ergibt sich für letztere ebenfalls eine hoch signifikante Wasserverbrauchs-Differenz. In der Befragung wurde der Anteil der Wohnungen mit älterer Sanitäreinrichtung mit 35% ermittelt. Bei der Variable Sanitärmodernisierung muss beachtet werden, dass es sich um eine Indikatorvariable handelt, die nicht nur die Toilettenspülung, sondern die Modernität der Sanitärinfrastruktur repräsentiert. Der Einspareffekt modernerer Toilettenspülungen zeigte sich in den Berechnungen per multiple Regression der Prognose 2007 mit einem Wert von  $8,1 \text{ m}^3$  pro Person und Jahr. Dieser Wert wurde in die aktuelle Prognose übernommen.

Der räumlich nicht differenzierte Modernisierungsgrad wird für den Altbestand 2011 auf 75% festgelegt. Er ist somit etwas niedriger als in der alten Prognose für 2010 erwartet. Es wird angenommen, dass bis 2015 83%, bis 2020 90%, bis 2025 95% und bis 2030 100% des Altbestandes modernisiert sind. Dementsprechend wird in der Prognose für den an 100% fehlenden Prozentsatz noch der erhöhte Wasserbedarf (8,1 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr) angesetzt. Für Neubauten während des Prognosezeitraums ist der Modernisierungsgrad auf 100% gesetzt.

#### 4.4 Statistische Analyse haushaltsbezogener Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch

In der Wasserprognose von 2007 wurde auf Basis von Befragungsdaten überprüft, inwieweit unterschiedliche technische und sozialstrukturelle Faktoren den spezifischen Wasserverbrauch der Privathaushalte beeinflussen. Dabei konnten vier statistisch signifikante Einflussfaktoren identifiziert werden: Haushaltsgröße, spezifische Wohnfläche (Wohnfläche pro Person), Vorhandensein eines Gartens und Zustand der Sanitäreinrichtungen. Anschließend wurden zu diesen vier Faktoren die Wirkkoeffizienten, die in die Prognose eingingen, mithilfe von multiplen Regressionen ermittelt. Die Wirkkoeffizienten vermitteln zwischen Änderungen in den Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf den spezifischen Wasserverbrauch.

Für die neue Prognose werden die drei erstgenannten Wirkkoeffizienten auf der Grundlage einer deutlich umfangreicheren Datenbasis neu berechnet. Bei der Datenbasis handelt es sich um einen Adressdatensatz, der den Wasserverbrauch und sozialstrukturelle Daten für insgesamt 149.463 Hamburger Adressen umfasst. Der Wirkkoeffizient zum vierten Einflussfaktor, dem Zustand der Sanitäreinrichtung, wird aus der alten Prognose übernommen, weil zu diesem Faktor keine Daten auf Adressebene zur Verfügung standen (s. Kapitel 4.3.5 Abschnitt Sanitärmodernisierung).

Weiter sind einleitend zwei Punkte zu erwähnen:

- (1) Bezüglich des Einflussfaktors Garten wurde im Vergleich zur Prognose 2007 eine Änderung vorgenommen. Bei der alten Variable von 2007 handelt es sich um eine lediglich dichotome Variable (Garten vorhanden: ja oder nein), bei der der Umfang der Gartenfläche keine Berücksichtigung findet. In der neuen Prognose wird dagegen zur Bestimmung des Garteneffektes auf eine Variable zurückgegriffen, die diese Einschränkung nicht besitzt, so dass für den Faktor Garten eine differenziertere Indikatorvariable vorliegt. Bei dieser neuen Indikatorvariable handelt es sich um die ermittelte potentielle Bewässerungsfläche pro Wohneinheit (s. zur Bildung dieser Variable Kapitel 4.2.2, Tabelle 4).
- (2) Die Analysen basieren auf Verbrauchsstellenarten Einfamilienhäuser und Wohnung, die mit 91.451 bzw. 36.438 Adressen den Großteil des Adressdatensatzes ausmachen. Die Verbrauchsstellenarten „2–4 Familienhaus“ (13.432 Adressen) und „Wohnanlage/Stockwerkhaus“ (8.142 Adressen) bleiben dagegen unberück-

sichtigt. Der Grund hierfür ist, dass für diese Verbrauchsstellenarten es nicht möglich ist, auf Basis der vorhandenen Daten die potentielle Bewässerungsfläche pro Wohnung zu ermitteln. Hierzu müsste bekannt sein, wie viele Wohnungen sich hinter einer jeweiligen Adresse dieser Verbrauchsstellenarten verbergen, was als Information aber nicht vorliegt. Darüber hinaus ließe sich bei beiden Verbrauchsstellenarten für den Einflussfaktor Haushaltsgröße nur ein relativ grober Indikator heranziehen – die mittlere Haushaltsgröße des jeweiligen Baublocks. Testweise durchgeführte Zusammenhangsanalysen, auf die im Folgenden nicht weiter eingegangen wird, haben gezeigt, dass dieser grobe Indikator zu keinen plausiblen Ergebnissen führt. Bei den Verbrauchsstellenarten „2–4 Familienhaus“ und „Wohnanlage/Stockwerkhaus“ wird anschließend im Prognosemodell auf die Schätzergebnisse für die Verbrauchsstellenart „Wohnung“ zurückgegriffen. Dies dürfte eine sinnvolle Vorgehensweise sein, weil hinter den beiden Verbrauchsstellenarten gleichfalls Wohnungen im Geschosswohnungsbau stehen.

#### 4.4.1 Einflussfaktoren und Hypothesen

Analog zu den Ergebnissen aus der Prognose von 2007 wird für die vier Einflussfaktoren von den folgenden Zusammenhängen ausgegangen:

*Haushaltsgröße:* Je mehr Personen in einem Haushalt zusammen leben, desto geringer ist der spezifische Wasserverbrauch. Der wassersparende Effekt größerer Haushaltsgrößen hat mehrere Ursachen. Als gesichert kann zunächst gelten, dass das Wäschewaschen mit der Waschmaschine in Mehrpersonenhaushalten klare Effizienzvorteile bringt (vgl. Rüdener/Grießhammer 2004). Auch beim Geschirrspülen kann von einem Effizienzeffekt des größeren Haushalts ausgegangen werden. Des Weiteren kommt hinzu, dass in größeren Haushalten eher Kinder wohnen, was den pro Kopfverbrauch senken dürfte. Denn kleine Kinder duschen noch gar nicht, seltener oder nur kurz und Kleinstkinder benutzen noch keine Toilettenspülung.

*Wohnfläche pro Person:* Mit größerer Wohnfläche pro Person steigt der spezifische Wasserverbrauch. Die Wohnfläche pro Person ist ein Indikator für den Lebensstandard. So zeigt die Befragung im Rahmen der Prognose von 2007, dass Wohnungseigentümer eine fast doppelt so große spezifische Wohnfläche zur Verfügung haben wie Personen, die zur Miete wohnen und höhere Einkommensgruppen tendenziell größere Wohnflächen aufweisen. Im Rahmen der Prognose 2007 wurde zusätzlich überprüft, ob sich hinter den größeren Wohnflächen nicht in Wirklichkeit Häuser mit Gärten verbergen und der Mehrverbrauch darauf zurückzuführen ist. Diese These hat sich in der Prognose 2007 nicht bestätigt. Bei den statistischen Analysen blieb die Wohnfläche pro Person auch unter Kontrolle der Variable „Vorhandensein eines Gartens“ als eigenständige signifikante Einflussgröße erhalten.

*Potentielle Bewässerungsfläche pro Wohnung (Prognose 2007: Vorhandensein eines Gartens):* Mit größerer Freifläche steigt der spezifische Wasserverbrauch. Die Berechnungen im Rahmen der Prognose von 2007 haben gezeigt, dass der Besitz eines Gar-

tens zu einem höheren Wasserverbrauch führt, was mit dem Gießen bzw. Bewässern der Gärten im Sommer begründet werden kann. Basis für die modifizierte These ist zudem die ergänzende Annahme, dass der Bewässerungsbedarf mit dem Umfang der Garten- bzw. Grünfläche steigt. Ein Zusammenhang zwischen Gartenbesitz und spezifischem Wasserverbrauch konnte im Rahmen der Prognose 2007 allerdings nur für Häuser und nicht für Wohnungen nachgewiesen werden. Der Grund für dieses, der These widersprechende, Ergebnis ist vermutlich die geringe Anzahl an Wohnungen mit Garten im damaligen Datensatz. Die neuen statistischen Analysen auf Basis des umfangreichen Adressdatensatzes haben gezeigt, dass sich auch für Wohnungen ein signifikanter Zusammenhang zwischen Wasserbedarf und potentieller Bewässerungsfläche ermitteln lässt. Aus theoretischer Sicht wäre dies nachvollziehbar, denn auch zu Wohnungen gehören zumindest in gewissen Fällen Privatgärten oder gemeinschaftliche Grünflächen, die bewässert werden.

*Zustand der Sanitäreinrichtungen:* Mit modernen Sanitäreinrichtungen sinkt der spezifische Wasserverbrauch. Als Indikator für diese Variable wurde in der Prognose 2007 die Art der Toilettenspülung verwendet. Dabei wurde den beiden veralteten Arten der Toilettenspülung (einfache Druckspülung und Spülkasten ohne Stopp- bzw. Spartaste) die beiden moderneren und sparsameren (Druckspülung mit Spartaste und Spülkasten mit Stopp- bzw. Spartaste) gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen: Bei Haushalten mit den beiden modernen Varianten liegt ein statistisch signifikant niedriger Wasserverbrauch pro Person vor. Wie oben bereits erwähnt, wird der Wirkkoeffizient für diesen Faktor aus der alten Prognose übernommen (s. Kapitel 4.3.5 Abschnitt Sanitärmodernisierung). Aus diesem Grund wird in den folgenden statistischen Analysen auf diesen Faktor nicht weiter eingegangen.

#### 4.4.2 Datengrundlage und Operationalisierung der Analysevariablen

Zur Vorbereitung der statistischen Analysen wurden in einem ersten Schritt die Häufigkeitsverteilungen und Mittelwerte für die abhängige Variable, spezifischer Wasserverbrauch, und für die drei Einflussfaktoren, deren Effekt neu berechnet wird, betrachtet. Anschließend wurde bei jeder Variablen ein gültiger Wertebereich für die statistischen Analysen festgelegt, damit Adressen mit unplausibel erscheinenden Werten bei den Analysen unberücksichtigt bleiben. Welcher gültige Wertebereich bei den jeweiligen Variablen zugelassen wurde, wird im Folgenden beschrieben:

##### *Abhängige Variable*

Bei den beiden betrachteten Verbrauchsstellenarten liegen für den spezifischen Wasserjahresverbrauch Werte von 0,3 bis 3.042 m<sup>3</sup>/E·a vor. Für die statistischen Analysen wurden sowohl unplausibel niedrige Werte (< 10 m<sup>3</sup>) als auch unplausibel hohe Werte (> 300 m<sup>3</sup>) auf ungültig gesetzt. Trotz dieser Grenzsetzung bleibt der mittlere Wert pro Adresse bei beiden Verbrauchsstellenarten nahezu unverändert (s. hierzu Tabelle 5). In Tabelle 5 sind die Mittelwerte nicht nur für die Adressebene (mittlerer spezifischer Verbrauch bezogen auf alle Adressen) sondern auch für die Personenebene berechnet

(mittlerer spezifischer Verbrauch bezogen auf alle Personen, die in den Adressen wohnen). Die Werte der Tabelle 5 sind Anhaltspunkte, um die Plausibilität der Analyseergebnisse zu testen. Nur die Mittelwerte des spezifischen Wasserbedarfs auf der Personenebene können mit den globalen Werten für Hamburg verglichen werden (Gesamtwasserverbrauch der Haushalte geteilt durch die gesamte Einwohnerzahl, im Basisjahr 2011 waren das  $39,5 \text{ m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ ).

*Tabelle 5: Mittelwerte für den spezifischen Jahreswasserverbrauch auf Adress- und auf Personenebene*

Verbrauchsstellenarten	Alle Adressen		Nur Adressen mit spez. Jahresverbrauch zwischen $10 \text{ m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ und $300 \text{ m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$	
	Adressebene	Personenebene	Adressebene	Personenebene
	mittlerer spez. Jahresverbrauch [ $\text{m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ ] (Anzahl der Adressen)	mittlerer spez. Jahresverbrauch [ $\text{m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ ] (Anzahl der Personen)	mittlerer spez. Jahresverbrauch [ $\text{m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ ] (Anzahl der Adressen)	mittlerer spez. Jahresverbrauch [ $\text{m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$ ] (Anzahl der Personen)
Einfamilienhaus	43,7 (91.451)	39,6 (260.790)	43,6 (89.868)	39,8 (256.329)
Wohnung	36,3 (36.438)	34,9 (490.920)	36,3 (36.318)	34,9 (490.248)
Gesamt	41,6 (127.889)	37,5 (751.710)	41,5 (126.186)	36,6 (746.577)

#### *Beeinflussende Variablen*

Die Variable Haushaltsgröße wurde bei den beiden Verbrauchsstellenarten unterschiedlich gebildet. Bei den Einfamilienhäusern entspricht der Wert der Anzahl der Personen, die an der jeweiligen Adresse wohnen. Bei der Verbrauchsstellenart Wohnung musste auf einen ungenaueren Indikator zurückgegriffen werden. Es handelt sich um die mittlere Haushaltsgröße des jeweiligen Adressobjekts. Hierfür wurde die Anzahl der Personen des Adressobjekts durch die Anzahl der Wohnungen des Adressobjekts geteilt. Die Anzahl der Wohnungen wurde ermittelt aus der Anzahl der Wohnungswassermesser und dabei angenommen, dass jede Wohnung mit dieser Adresse einen Wassermesser hat. Kam bei der Berechnung eine mittlere Haushaltsgröße von  $< 1$  heraus, wurde er aus Plausibilitätsgründen auf 1 gesetzt. Darüber hinaus wurden bei beiden Verbrauchsstellen Werte von größer 10 als nicht plausibel angenommen und entsprechend auf ungültig gesetzt (trifft für 0,2 Prozent der Adressen zu).

Für die Einflussvariable Wohnfläche pro Person liegen Werte zwischen  $1,4 \text{ m}^2/\text{E}$  und  $1.977 \text{ m}^2/\text{E}$  vor. Als realistisch werden hier Werte zwischen  $5 \text{ m}^2$  und  $300 \text{ m}^2$  angesehen. Zieht man diese Grenzen, führt dies zu einem Anteil von 0,2 Prozent ungültigen Fällen bezogen auf alle Adressen der zwei betrachteten Verbrauchsstellenarten. Der Mittelwert für alle gültigen Adressen beträgt  $43,6 \text{ m}^2/\text{E}$  (mit den ungültig gesetzten Werten beträgt er  $44,2 \text{ m}^2/\text{E}$ ). Berechnet man auch in diesem Fall den Mittelwert von der Adress- auf die Personenebene um, ergibt sich ein Mittelwert für alle Hamburger

Haushalte von 37,1 m<sup>2</sup>/E. Dieser stimmt mit dem Wert für Hamburg aus den Hamburger Stadtteilprofilen 2012 überein.

Als Indikatorvariable für die Ermittlung des Garteneffekts wird die potentielle Bewässerungsfläche pro Wohnung verwendet. Bei den zwei Verbrauchsstellenarten, die analysiert werden, liegen Werte von 0,1 bis 20.619 m<sup>2</sup>/Wohnung vor. Als gültiger Wertebereich werden potentielle Bewässerungsflächen bis 10.000 m<sup>2</sup>/Adresse zugelassen, so dass auch pro Wohnung nur ein Maximalwert von 10.000 m<sup>2</sup> möglich ist. Die Einschränkung des Wertebereichs führt zu einem Anteil von unter 0,1 Prozent ungültiger Werte.

#### 4.4.3 Überprüfung der Einflussgrößen und Berechnung der Wirkkoeffizienten

In der Prognose 2007 wurden die Wirkkoeffizienten für Häuser und Wohnungen gesondert berechnet. Analog zu dieser Vorgehensweise werden die statistischen Analysen bei der neuen Prognose für die zwei Verbrauchsstellenarten getrennt durchgeführt. Auf diese Weise lassen sich mögliche Differenzen zwischen den Verbrauchsstellenarten aufdecken, wie sie bei der Prognose von 2007 für den Effekt der Variable Garten vorliegt. Darüber hinaus macht eine getrennte Betrachtung Sinn, weil für die Variable Haushaltsgröße – wie oben erläutert – unterschiedlich genaue Indikatoren eingesetzt werden.

Die statistischen Analysen wurden in zwei Schritten durchgeführt: In einem ersten Schritt wurden die Hypothesen zu den drei beeinflussenden Variablen mit einfachen Regressionen überprüft. Anschließend wurden multiple Regressionen mit allen drei Einflussfaktoren berechnet, um die Effekte unter gegenseitiger Kontrolle der einzelnen Einflussgrößen zu untersuchen. Die Koeffizienten aus den multiplen Regressionen fließen anschließend als Wirkgrößen in das Prognosemodell ein.

Die einfachen Regressionen führen zu den folgenden Ergebnissen:

- Der vermutete Effekt der Haushaltsgröße wird bei beiden Verbrauchsstellenarten bestätigt: Mit steigender Haushaltsgröße sinkt der spezifische Wasserverbrauch. Die Erklärungskraft des Faktors ist allerdings bei der Verbrauchsstellenart „Wohnung“ etwas niedriger (Einfamilienhäuser:  $R^2 = 0,090$  versus „Wohnung“:  $R^2 = 0,050$ ). Der Grund hierfür dürfte der ungenauere Indikator sein, auf den bei der Verbrauchsstellenart „Wohnung“ zurückgegriffen werden musste.
- Die These bezüglich des Einflusses der spezifischen Wohnfläche (Wohnfläche pro Person) wird durch die einfachen Regressionen ebenfalls bestätigt. Bei beiden Verbrauchsstellenarten steigt der spezifische Wasserverbrauch mit der spezifischen Wohnfläche an.
- Die einfachen Regressionen mit der Variable potentielle Bewässerungsfläche (PBF) bestätigen den für diesen Faktor vermuteten Effekt. Bei beiden Verbrauchsstellenarten steigt der spezifische Wasserverbrauch mit größerer PBF pro Wohneinheit

an. Im Gegensatz zur Prognose 2007 lässt sich somit auch für Wohnungen ein eindeutiger Garteneffekt nachweisen. Um einen besser handhabbaren Wert für den Wirkkoeffizienten der PBF zu erhalten, wird die PBF in der Einheit Ar angegeben (1 Ar entspricht 100 m<sup>2</sup>).

Bei der multiplen Regressionsanalyse wurden für jede Verbrauchsstellenart zwei Regressionsmodelle berechnet. Zum einen ein Modell, das alle gültigen Fälle enthält, und zum anderen ein Modell ohne „Ausreißer“. Als Ausreißer wurden alle Fälle deklariert, die mehr als drei Standardabweichungen von dem geschätzten Wert abweichen (vgl. Urban und Mayerl 2008: 185ff). Jede Regression umfasst die drei vorgestellten Einflussfaktoren.

Betrachtet man zunächst die Modelle für die Verbrauchsstellenart Einfamilienhäuser zeigt sich, dass in diesem Fall alle vermuteten Effekte auch unter gegenseitiger Kontrolle bestätigt werden (s. Tabelle 6). Beim Faktor Haushaltsgröße ist die Effektstärke in beiden geschätzten Modellen recht ähnlich zur Stärke im Modell von 2007: Pro weiterer Person im Haushalt reduziert sich der spezifische Jahresverbrauch um 2,7 bzw. 2,5 m<sup>3</sup>/E·a. Für die Wohnfläche zeigen die Modelle im Vergleich zum alten Modell einen stärkeren Effekt an, der sich im Modell ohne Ausreißer allerdings der Effektstärke aus dem alten Modell etwas annähert (Steigerung um 0,21 bzw. 0,16 m<sup>3</sup>/E·a pro zusätzlichem Quadratmeter Wohnfläche pro Person). Bei der potentiellen Bewässerungsfläche steigt der spezifische Jahresverbrauch laut den Modellen mit jedem zusätzlichen Ar um 0,62 bzw. 0,45 m<sup>3</sup>/E·a an. Weiter zeigt sich, dass die Erklärungskraft der beiden Modelle (R<sup>2</sup>) größer ist als die Erklärungskraft des Modells von 2007.

*Tabelle 6: Multiple Regressionen für die Verbrauchsstellenart „Einfamilienhaus“*

	<b>Modell mit allen gültigen Fällen</b>	<b>Modell ohne Ausreißer</b>	<b>Modell Prognose 2007<sup>a</sup></b>
Wohnfläche pro Person [m <sup>2</sup> /E]	0,211***	0,158***	0,098
Haushaltsgröße	-2,671***	-2,440***	-3,034
Potentielle Bewässerungsfläche pro Wohnung [Ar/Wohnung]	0,619***	0,453***	
R <sup>2</sup>	0,161	0,163	0,064
Fallzahl	89.469	88.088	552
Signifikanzniveau: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05; + p < 0,1; <sup>a</sup> als zusätzliche Faktoren enthielt dieses Modell die Variablen Vorhandensein eines Gartens und Art der Toilettenspülung			

In den Modellen für die Verbrauchsstellenart Wohnung lassen sich ebenfalls für alle drei Einflussfaktoren signifikante Effekte feststellen, die den Hypothesen entsprechen (s. Tabelle 7). Gegenüber der Prognose 2007 ist die Effektstärke der Haushaltsgröße allerdings geringer (Reduktion des spezifischen Jahresverbrauchs um 2,5 bzw. 2,3 m<sup>3</sup>/E·a mit jedem zusätzlichem Haushaltsmitglied). Dadurch ist die Effektstärke der Haushaltsgröße für die beiden Verbrauchsstellenarten verglichen mit den alten Modellen nun noch ähnlicher. Die Effektstärke der Wohnfläche ist im Modell mit allen

gültigen Fällen nahezu identisch zur Prognose von 2007, während sie im Modell ohne Ausreißer etwas niedriger ist (Zunahme des spezifischen Jahresverbrauchs um 0,15 bzw. um  $0,12 \text{ m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$  pro zusätzlichem Quadratmeter Wohnfläche pro Person). Bei der PBF steigt der spezifische Jahresverbrauch nach den Modellen mit jedem zusätzlichen Ar um 1,04 bzw.  $0,73 \text{ m}^3/\text{E}\cdot\text{a}$  an. Damit ist der Effekt der Variable potentielle Bewässerungsfläche im Falle der Wohnungen etwas stärker als im Falle der Einfamilienhäuser. Unter der sicherlich zutreffenden Annahme, dass auch bei den Freiflächentypen, die die hier verwendete Variable PBF umfasst (s. hierzu Kapitel 4.2.2), nicht die gesamte Fläche bewässert wird, wäre eine mögliche Begründung für dieses Ergebnis: Bei den Wohnungen ist der Anteil der PBF, der bewässert wird, größer als im Falle der Einfamilienhäuser. Weiter zeigen die Modelle, dass auch im Falle der Wohnungen die Erklärungskraft nun höher ist als beim Modell von 2007.

Tabelle 7: Multiple Regressionen für die Verbrauchsstellenart „Wohnung“

	Modell mit allen gültigen Fällen	Modell ohne Ausreißer	Modell Prognose 2007 <sup>a</sup>
Wohnfläche pro Person [ $\text{m}^2/\text{E}$ ]	0,146***	0,111***	0,151
Haushaltsgröße	-2,524***	-2,331***	-3,644
Potentielle Bewässerungsfläche pro Wohnung [Ar/Wohnung]	1,035***	0,725***	
R <sup>2</sup>	0,116	0,120	0,069
Fallzahl	36.233	35.769	976
Signifikanzniveau: *** $p < 0,001$ ; ** $p < 0,01$ ; * $p < 0,05$ ; + $p < 0,1$ ; <sup>a</sup> als zusätzlichen Faktor enthielt dieses Modell die Variable Art der Toilettenspülung			

#### 4.4.4 Fazit

Bezüglich der statistischen Analysen wird das folgende Fazit gezogen:

- Die neuen statistischen Analysen bestätigen die Hypothesen zu den drei untersuchten Einflussfaktoren. Die dabei ermittelten Wirkkoeffizienten sind im Vergleich zur alten Prognose teilweise ähnlich. Teilweise liegen auch gewisse Abweichungen vor, die jedoch in keinem Fall so groß sind, dass im Vergleich zur alten Prognose extrem unterschiedliche Wirkkoeffizienten vorliegen.
- Ein Vorteil gegenüber der alten Prognose ist, dass die Wirkkoeffizienten zu den drei analysierten Einflussfaktoren nun auf einer deutlich umfassenderen Datenbasis geschätzt wurden. Darüber hinaus weisen die neuen Schätzmodelle eine höhere Erklärungskraft auf ( $R^2$ ). Beide Punkte sprechen dafür, dass mit den neuen Analysen die Genauigkeit der Wirkkoeffizienten verbessert wurde. Weiter ist festzuhalten: Die Determinationskoeffizienten  $R^2$  sind zwar auch in den Modellen der neuen Prognose nicht sehr hoch, die erzielte Erklärungskraft kann aber trotzdem als solide bezeichnet werden. Hierfür ist zu bedenken, dass es sich bei den berücksichtigten Einflussfaktoren um Indikatoren handelt, die den Effekt von konkreten Verhaltensweisen und Ausstattungsmerkmalen indirekt abbilden. Dies führt unwei-

gerlich zu einer gewissen Unschärfe, die sich nur beheben ließe, wenn die konkreten Verhaltensweisen und Ausstattungsmerkmale als Daten vorliegen würden, was aber nicht der Fall ist.

- Beim Faktor „Garten“ liegt mit der Variable potentielle Bewässerungsfläche nun eine differenziertere Einflussvariable als bei der alten Prognose vor, was die Prognose zusätzlich verbessern dürfte. Des Weiteren spielt dieser Faktor im Unterschied zur Prognose 2007 nun auch bei Wohnungen eine Rolle. Die neue Datenbasis bringt somit mit sich, dass dieser, aus theoretischer Sicht sinnvolle Effekt, nun ebenfalls nachgewiesen und bestimmt werden kann.
- Im Prognosemodell werden die Wirkkoeffizienten aus dem Modell ohne Ausreißer verwendet. Auf diese Weise soll der Einfluss von Mess- und Datenfehlern minimiert werden, die bei der Erstellung und Zusammenführung der Datenbasis entstanden sein könnten.

#### 4.5 Wirtschaftliche Entwicklung: GHD und Industrie

Die Aufgabe des ifo Instituts im Rahmen dieser Studie war die Analyse des gegenwärtigen und die Langfristprognose des zukünftigen Wasserbedarfs von Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Hamburg, die durch eine Aktualisierung der Wasserbedarfsprognose 2030 von ISOE/COOPERATIVE (2007) vorzunehmen war. Dabei erfolgte eine Prüfung und Anpassung des in der Vorgängerstudie von 2007 entwickelten Projektkonzepts für GHD und Industrie. Grundlage und Ausgangspunkt der Wasserbedarfsprognose für GHD und Industrie in Hamburg bilden folgende Daten bzw. Informationsquellen:

- Die Betriebsdatenbank der Handelskammer Hamburg mit 55.706 Eintragungen,
- die nach Verbrauchsstellenarten differenzierte Wasserverbrauchsdatei von HAMBURG WASSER sowie
- die sektorale Prognose der Erwerbstätigen für Hamburg bis zum Jahr 2035 der PROGNOSE AG. Diese wurde bis 2045 fortgeschrieben und dient als Grundlage für die Wasserbedarfsprognose und als Orientierungspunkt für die Branchenabgrenzung der Betriebsdatei.

Da die Verbrauchsstellendatei von HAMBURG WASSER zwischen Industrieanlagen einerseits und Gewerbe andererseits unterscheidet, wurden Industrieanlagen gemäß HAMBURG WASSER dem Verarbeitenden Gewerbe bei PROGNOSE zugeordnet, die bei PROGNOSE ausgewiesenen Wirtschaftszweige „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“ sowie „Energie- und Wasserversorgung“ wurden dagegen der Verbrauchergruppe GHD zugeordnet (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Zuordnung der einzelnen Wirtschaftszweige zu den beiden Verbrauchergruppen Industrie und GHD

HAMBURG WASSER:	PROGNOS:
Verbrauchergruppe Industrie	Verarbeitendes Gewerbe
Verbrauchergruppe Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden Energie- und Wasserversorgung Baugewerbe Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kfz und Gebrauchsgegenständen Gastgewerbe Verkehr und Nachrichtenübermittlung Kredit- und Versicherungsgewerbe

Die spezifischen Wasserverbräuche in den einzelnen Wirtschaftszweigen wurden aus der Verknüpfung der Betriebsdatenbank der Handelskammer mit der Wasserverbrauchsdatei von HAMBURG WASSER abgeleitet.

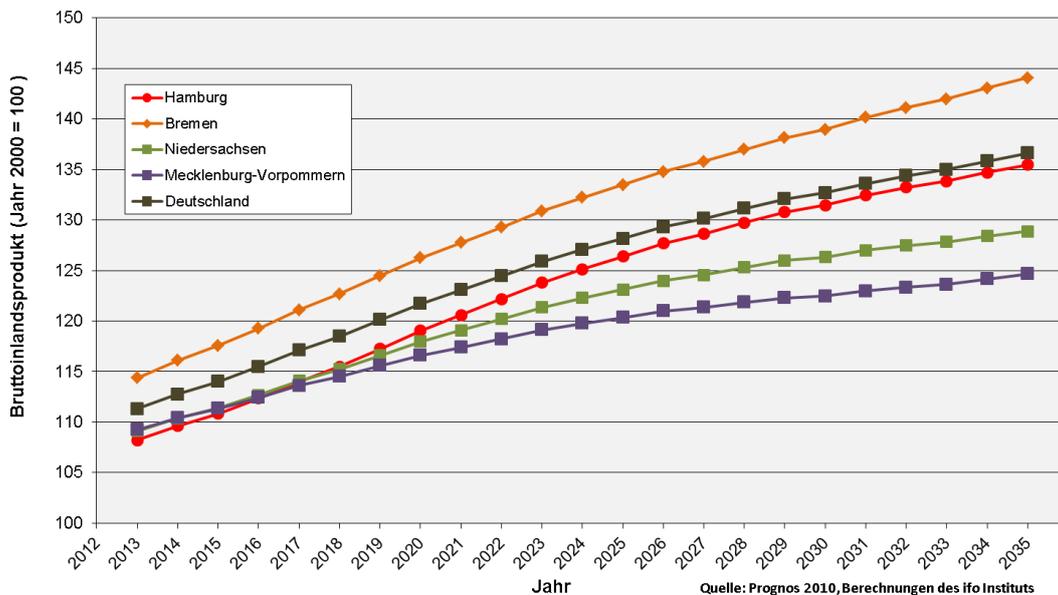


Abbildung 19: Prognose der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (Index mit Basisjahr 2000 entspricht dem Wert 100)

Bezüglich der verfügbaren Daten erfolgte eine Aktualisierung und Ergänzung der Datenbasis zur Prognose des Wasserbedarfs der Sektoren Industrie sowie GHD in Hamburg. Von Relevanz ist dabei vor allem die Prognose der sektoralen Entwicklung von Erwerbstätigen und Bruttoinlandsprodukt gemäß Prognos Deutschland Report 2035 für Hamburg und zum Vergleich auch für Deutschland und die anderen Küstenländer Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein (vgl. Darstellung der Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt und Erwerbstätigen im Vergleich zum Basisjahr 2000 in Abbildung 19 und Abbildung 20).

Über die amtlichen Daten und die Prognosen der PROGNOSE AG hinaus erfolgte eine Erhebung zusätzlicher Daten und Informationen in Form einer Sonderbefragung des ifo Instituts bei Wasserverbrauchern aus dem Produzierenden Gewerbe und dem Sektor GHD, in deren Rahmen Verbrauchscharakteristika und Informationen über erwartete Änderungen in der Wassernutzung erhoben wurden. Die Sonderbefragung wurde in zwei Befragungswellen im ersten Quartal 2013 durchgeführt.

Für die Verbrauchergruppen GHD und Industrie werden die Erwerbstätigen (abgekürzt mit „ET“) als Bezugsgröße für die Prognose gewählt. Die Grundannahmen der Prognose basiert daher darauf, dass sich der gesamte jährliche Wasserbedarf aus dem spezifischen Wasserbedarf pro Erwerbstätigen multipliziert mit der Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen ergibt:

$$\text{Wasserbedarf [m}^3/\text{a]} = \text{spezifischer Wasserbedarf [m}^3/\text{ET/a]} * \text{Erwerbstätige [ET]}$$

Dabei kann der spezifische Wasserbedarf als konstant betrachtet werden; es können aber auch Effizienzsteigerungen in Gestalt eines Rückgangs des spezifischen Wasserbedarfs im Zeitverlauf berücksichtigt werden oder auch Effizienzverluste, also eine Zunahme des spezifischen Wasserbedarfs. Dies kann einheitlich über alle Branchen erfolgen, oder auch in den einzelnen Branchen unterschiedlich.

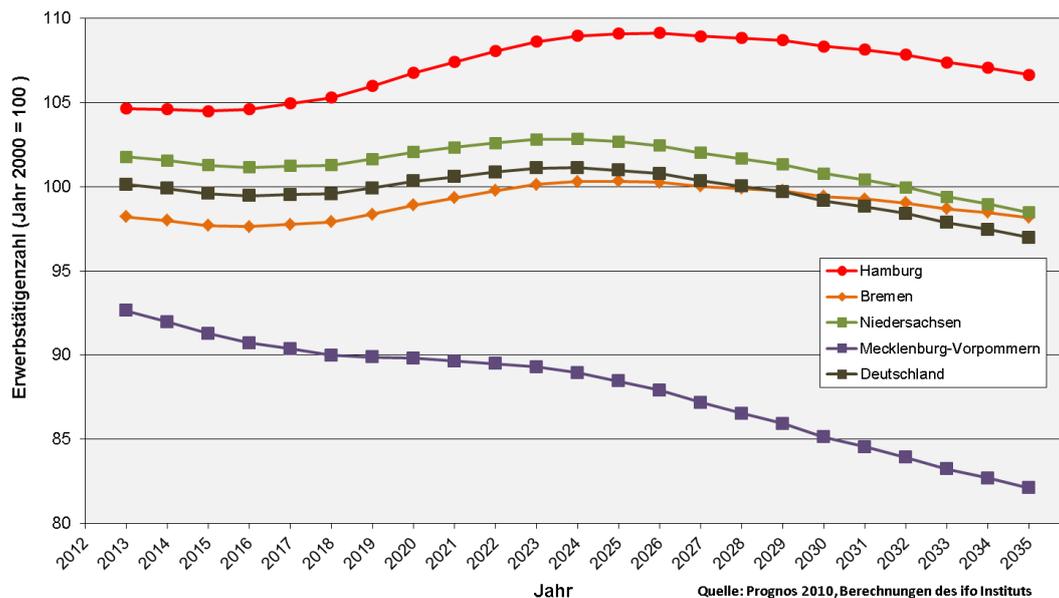


Abbildung 20: Prognose der Entwicklung der Erwerbstätigen (Index, Basisjahr 2000 entspricht dem Wert 100)

Von zentraler Bedeutung für die Wasserbedarfsprognose ist daher die Ermittlung des spezifischen sektoralen Wasserverbrauchs. Hierbei bieten sich grundsätzlich drei Ansatzpunkte an: Zum ersten die Verwendung spezifischer Wasserverbräuche für Deutschland, die aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) und aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) gewonnen werden können, zum zweiten die Verwendung entsprechender regionalisierter Werte aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder und zum dritten Daten von HAMURG WASSER über den Trinkwasserbezug einzelner Betriebe im Versorgungsgebiet.

Bei Verwendung von VGR und UGR können aus der Statistik der Wassergewinnung, des Fremdbezugs und des Wassereinsatzes in der nichtöffentlichen Wasserversorgung die Werte für den Fremdbezug in Relation zu den Erwerbstätigen oder zur Bruttowertschöpfung (BWS) in den einzelnen Wirtschaftszweigen gemäß der VGR gestellt werden und somit die für den Bundesdurchschnitt geltenden Werte für den spezifischen Wasserbedarf je Erwerbstätigen bzw. je Euro Bruttowertschöpfung ermittelt werden. So lag z.B. in der chemischen Industrie im Jahr 2010 der Fremdbezug bei 826 Mio. Kubikmeter und der spezifische Wasserbedarf im Fremdbezug damit bei 22,5 m<sup>3</sup> je 1.000 € Bruttowertschöpfung (BWS) bzw. 2.564,5 m<sup>3</sup> je Erwerbstätigen. In der Textilindustrie dagegen betrug der Fremdbezug nur 13 Mio. Kubikmeter und der spezifische Wasserbedarf im Fremdbezug lag damit bei 12,8 m<sup>3</sup> je 1.000 € BWS bzw. bei 163,2 m<sup>3</sup> je Erwerbstätigen. Im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes lag der spezifische Wasserbedarf im Fremdbezug bei 2,8 m<sup>3</sup> je 1.000 € BWS bzw. 182,6 m<sup>3</sup> je Erwerbstätigen.<sup>5</sup>

Der zweite Ansatzpunkt, also die Verwendung regionalisierter Werte aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder, lässt grundsätzlich die Berücksichtigung der besonderen Situation in den einzelnen Bundesländern zu (vgl. Tabelle 9). Von Nachteil ist dabei jedoch, dass diese spezifischen Werte sich auf die gesamte Wasserentnahme, also neben dem Bezug aus dem öffentlichen Trinkwassernetz auch auf die in der Industrie wesentlich höhere Eigenförderung (Eigenversorgungsquote im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe 2007: 85,5%; vgl. Umweltbundesamt, Daten zur Umwelt) beziehen und damit für die Ermittlung der Nachfrage nach Leitungswasser ungeeignet sind. Das zeigt sich daran, dass der spezifische Wassereinsatz im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe Hamburgs im Jahr 2007 bei 21,0 m<sup>3</sup> je 1.000 € BWS liegt, also um eine Größenordnung höher als der im Bundesdurchschnitt für den Fremdbezug ermittelte Wert von 2,8 m<sup>3</sup> je 1.000 € BWS (in 2010) ist. Zudem liegt hier keine weitere Differenzierung nach den einzelnen Branchen vor und die Daten sind nicht so aktuell wie die oben aus UGR und VGR ermittelten Werte. Dieser zweite Ansatz wurde daher aufgrund des Problems, dass aus den bereits vorliegenden regionalisierten Werten für den spezifischen Wasserverbrauch der Anteil der öffentlichen Trinkwasserversorgung nicht separierbar ist, nicht weiter verfolgt.

Drittens bietet sich die Möglichkeit an, den Trinkwasserbezug der Hamburger Betriebe von den Hamburger Wasserwerken aus den Daten von HAMBURG WASSER abzuleiten. Daneben liegen nach Angaben von HAMBURG WASSER auch die Entnahmemengen der sogenannten Eigenförderer vor. Soweit die entsprechenden Daten flächendeckend sind, können daraus regionalisierte Werte für den spezifischen Wasserverbrauch der einzelnen Branchen abgeleitet werden. Die derart gewonnenen spezifischen Verbrauchswerte werden an die Prognosen der sektoralen Entwicklung der Erwerbstätigen angelegt, um die Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs in den ein-

<sup>5</sup> Berechnungen auf Grundlage von: Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 2012, Kapitel 18 „Umwelt“, Wiesbaden, sowie: Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 2012, Kapitel 20 „Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungen im Überblick“, Wiesbaden.

zelen Wirtschaftszweigen zu prognostizieren. Dieser Ansatz wird im Fortgang der Arbeiten verfolgt.

*Tabelle 9: Spezifischer Wassereinsatz in m<sup>3</sup> je 1.000 € Bruttowertschöpfung nach ausgewählten Wirtschaftszweigen und Bundesländern 2007, in jeweiligen Preisen*

Land	Insgesamt <sup>1)</sup>	darunter				
		Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe	darunter Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe	Energieversorgung	Dienstleistungsbereiche <sup>2)</sup>
Baden-Württemberg	17,6	10,7	35,1	4,5	707,2	0,6
Bayern	11,8	15,6	29,4	8,9	523,6	0,5
Berlin	5,9	2,2	26,7	0,8	390,4	0,9
Brandenburg	13,3	12,8	46,9	50,6	101,7	0,6
Bremen <sup>3)</sup>	48,6	3,4	179,9	19,3	3085,8	0,3
Hamburg	6,6	2,2	28,7	21,0	180,4	1,1
Hessen	12,2	12,6	35,1	8,2	395,0	0,5
Mecklenburg-Vorpommern	3,4	15,8	8,3	8,2	20,9	0,6
Niedersachsen	21,1	32,5	63,5	11,0	785,0	0,4
Nordrhein-Westfalen	14,7	13,0	38,1	25,8	182,2	0,5
Rheinland-Pfalz	25,5	8,7	65,3	65,0	243,0	0,9
Saarland	11,4	13,7	20,3	5,9	256,8	0,4
Sachsen	7,0	11,8	12,9	12,7	25,9	0,9
Sachsen-Anhalt	8,1	17,7	20,2	21,3	43,1	0,8
Schleswig-Holstein	65,7	20,9	286,3	8,0	3338,8	0,5
Thüringen	4,8	13,2	7,4	6,1	2,6	0,4
<b>Summe der Länder</b>	<b>15,8</b>	<b>16,5</b>	<b>43,1</b>	<b>15,5</b>	<b>458,3</b>	<b>0,6</b>
<sup>1)</sup> ohne private Haushalte						
<sup>2)</sup> ohne öffentliche Abwasserentsorgung						
<sup>3)</sup> Positionen Insgesamt und Produzierendes Gewerbe in Bremen ohne den Bereich Wasserversorgung						
Quelle: Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder: Wassernutzung und Abwassereinleitung, Düsseldorf, Oktober 2010						

## 4.6 Einfluss von Trocken- und Nassjahren auf den Wasserbedarf

Der Wasserbedarf für die Gartenbewässerung schwankt je nach Witterungsbedingungen. Für das Modell wurden Nass- und Trockenjahre definiert, um einen Korridor um den mittleren Wasserbedarf zu legen. Trocken- bzw. Feuchtjahre sind dabei als Niederschlagsanomalien definiert, die mit 1% Wahrscheinlichkeit auftreten. Eine Auswertung der Jahresniederschläge von Hamburg im Zeitraum 1891–2012 (DWD) mit einem mittleren Jahresniederschlag von 749 mm und einer Standardabweichung von 128 mm bedeutet für Trockenjahre einen Niederschlag von bis zu 419 mm und für Nassjahre ab 1078 mm. Dies stellt eine Abweichung von  $\pm 44\%$  des jährlichen Mittels dar.

Aufgerundet wird für die folgende Berechnung daher bei Trockenjahren von einem Niederschlag unter 50% des langjährigen Mittelwerts und bei Nassjahren von mehr als 150% des langjährigen Mittelwertes ausgegangen.

Die Berechnung der Auswirkungen der Niederschlagsabweichungen auf den Wasserbedarf erfolgte auf Grundlage des Tagesprognosemodells (vgl. Tabelle 10 und Anhang 8.2). Dabei wurden in allen vier Jahreszeiten entsprechende Niederschlagsabweichungen für die Abschätzung ihrer Auswirkung auf den jährlichen Trinkwasserbedarf angenommen. Die Ergebnisse der Simulationen mit dem Tagesprognosemodell (auf der Basis von Tageswerten der Jahre 2000 bis 2013) zeigt Tabelle 10.

Die Ergebnisse in Tabelle 10 stellen die prozentualen Korrekturen des gesamten Wasserbedarfs für Nass- und Trockenjahre dar. Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten im Tagesprognosemodell und möglicher Auswirkungen des Klimawandels werden dieser errechnete Korridor mit einem Sicherheitsfaktor von 2 multipliziert und auf dieser Basis die Werte für das Gesamtjahr im Prognosemodell verwendet. Demnach liegt der Wasserbedarf in einem Trockenjahr um ca. 4% über und in einem Nassjahr um ca. 2% unter dem mittleren Bedarf. Als Vorgriff auf den Ergebnisteil des Berichts bedeutet dies, dass im Basisjahr 2011 ein asymmetrischer Trocken- und Nassjahreskorridor aufgespannt wird, der 4.384.601 m<sup>3</sup> über und 2.192.300 m<sup>3</sup> unter der Rohwassermenge liegt.

Die Anrechnung des erhöhten Wasserbedarfs in „Trockenjahren“ ist nach dem Erlass des niedersächsischen Umweltministeriums zu Wasserbedarfsprognosen, Punkt 1, vom 30. August 1991 als „Trockenwetterzuschlag“ in Höhe von 5% vorgesehen (Niedersächsisches Mitteilungsblatt 1991). Dies würde 5,9 Mio. m<sup>3</sup> (5% von 117,6 Mio. m<sup>3</sup>/a) entsprechen.

Tabelle 10: Auswirkung von simulierten Abweichungen des Niederschlags vom lang-jährigen Mittel auf den jährlichen und saisonalen Wasserbedarf in Prozent

Betrachtungszeitraum	Auswirkungen auf den saisonalen bzw. jährlichen Wasserbedarf in % mit Angaben zur Standardabweichung der Simulation	
	Trockenjahr	Nassjahr
Frühjahr	+2,00 ± 0,10	-1,30 ± 0,05
Sommer	+2,30 ± 0,10	-1,15 ± 0,05
Herbst	+2,20 ± 0,10	-1,00 ± 0,05
Winter	+1,75 ± 0,08	-0,80 ± 0,02
<b>Gesamtjahr (Trocken-/Feuchtbedingungen in allen Jahreszeiten)</b>	<b>+2,06 ± 0,10</b>	<b>-1,06 ± 0,05</b>
<b>mit Sicherheitsfaktor „2“</b>	<b>ca. +4%</b>	<b>ca. -2%</b>

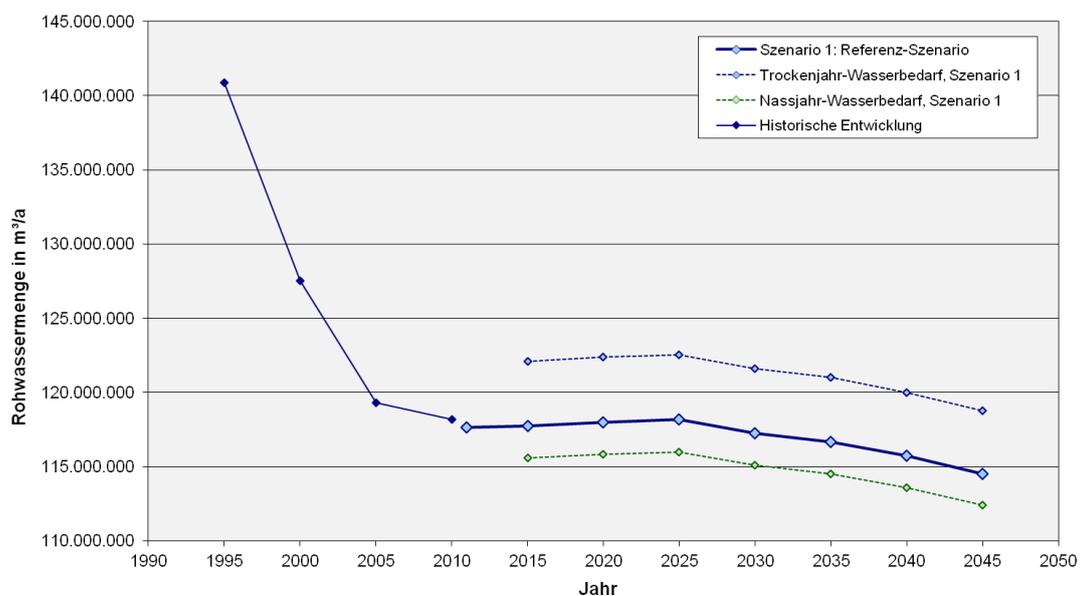


Abbildung 21: Szenarien „Trocken- und Nassjahre“ zur Bestimmung eines Korridors der Referenzprognose bis 2045

Da es sich in Hamburg jedoch nicht um intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen sondern wesentlich um Garten- und Grünflächen handelt, wird in der vorliegenden Prognose der oben dargestellte, etwas engere Korridor favorisiert (s. Abbildung 21).

Dieses Vorgehen kann auch mit dem Wirkkoeffizienten für den Einflussfaktor potentielle Bewässerungsfläche (PBF) plausibilisiert werden. Im Stadtgebiet Hamburg wurde anhand der räumlich differenzierten Datenanalyse festgestellt, dass im Basisjahr die PBF für Einfamilienhäuser 4,7 Ar und für Wohnungen 0,44 Ar beträgt (vgl. Abbildung 18). Unter der Annahme, dass in extremen Nassjahren keine Bewässerung dieser PBF notwendig ist und in Trockenjahren 100% dieser PBF mit einem um den

Faktor 4 überdurchschnittlichen Bedarf bewässert werden, sowie eine durchgängig lineare Abhängigkeit zwischen spezifischem Wasserbedarf und Einflussfaktor über diese gesamte Wertespanne besteht, ergibt sich mit den Wirkkoeffizienten in Tabelle 6 und Tabelle 7 sowie mit ca. 366.000 Einwohnern in EFH und ca. 1,43 Mio. Einwohnern in Wohnungen ein Beitrag von 3,9 Mio. m<sup>3</sup> (Häuser) plus 2,3 Mio. m<sup>3</sup> (Wohnungen) pro Jahr für Bewässerung am gesamten Trinkwasserbedarf. Die Gesamtspanne von 6,2 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr liegt dabei in vertretbarer Nähe zum oben auf anderem Weg berechneten Trocken- und Nassjahreskorridor von ca. 6,6 Mio. m<sup>3</sup>. Beide Werte nähern sich noch weiter an, wenn man berücksichtigt, dass bei der Plausibilisierung über PBF nur haushaltsbezogene Bewässerungsflächen angesprochen sind, andere witterungsabhängige (auch gewerbliche) Einflüsse jedoch unberücksichtigt bleiben.

#### *Einstufung des Basisjahres anhand der Niederschläge*

Im Basisjahr der Prognose (2011) lag die Niederschlagshöhe mit 716 mm etwa 10% unter dem langjährigen Mittel (794 mm). Nach Definition eines Trocken- bzw. Nassjahres in dieser Prognose (Unter- bzw. Überschreitung des Niederschlagsmittels um 50%) liegt das Jahr 2011 noch im unteren Normalbereich. Von einer Korrektur der Berechnungsbasis für das Prognosemodell wird daher abgesehen. Generell wird im Prognosemodell ein Trocken- und Nassjahreskorridor auf der Basis von Temperatur- und Niederschlagsdaten berechnet, der das Prognoseergebnis um mehrere 100.000 m<sup>3</sup> pro Jahr erhöht bzw. verringert und der bei der Planung berücksichtigt werden sollte.

Betrachtet man den Ablesezeitraum der Wasserzähler in der vorliegenden Datenbasis (Mitte 2011 bis Mitte 2012), müssen die vergangenen zwölf Monate vor Ablesetermin berücksichtigt werden (s. Abbildung 22). Im gesamten Zeitraum von Mitte 2010 bis Mitte 2012 lag das Niederschlagsdefizit bei 9%. Dabei gab es große saisonale Unterschiede. Während Sommer 2010, Frühling 2011, Herbst 2011 und Frühling 2012 Defizite zwischen 21% und 67% hatten, lagen die Niederschläge im Sommer 2011 und im Winter 2011/12 22% bzw. 53% über dem Mittel.

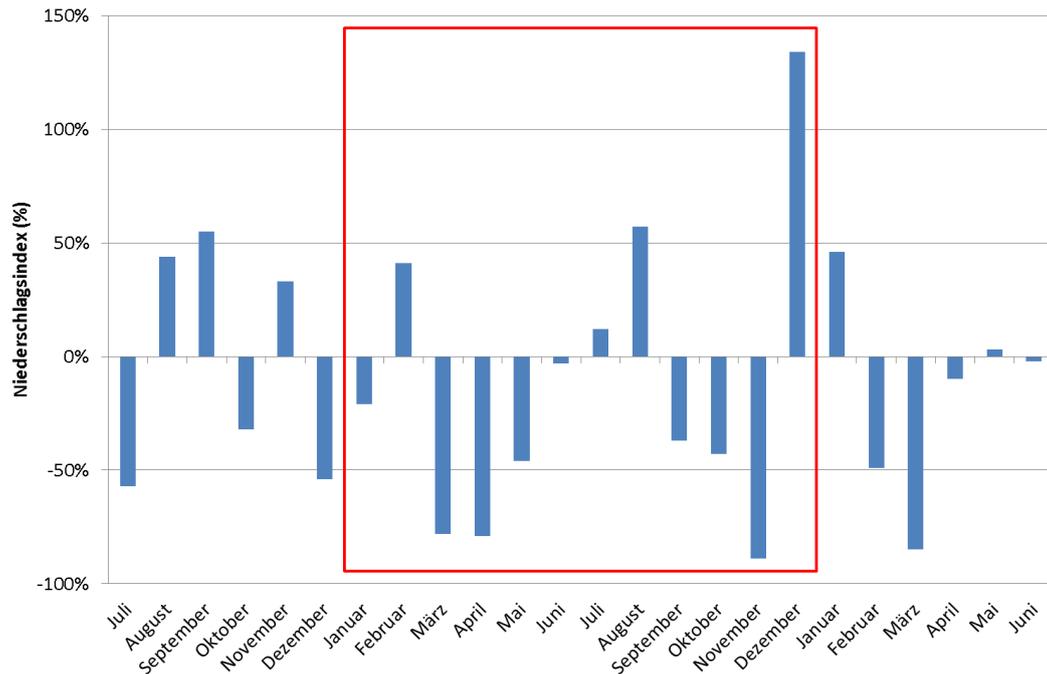


Abbildung 22: Monatlicher Niederschlagsindex für Hamburg (Station Fuhlsbüttel) für den Zeitraum Juli 2010 bis Juni 2012. Der Index gibt an, um wie viel Prozent der langjährige Mittelwert für diesen Monat über- bzw. unterschritten wurde. Rot eingrahmt ist das Basisjahr 2011. (Datenquelle: [www.wetterkontor.de](http://www.wetterkontor.de))

## 5 Prognosen

### 5.1 Prognose der Haushalte

Die Prognose des zukünftigen Wasserbedarfs der Haushalte basiert auf der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung, der Entwicklung der vier Einflussfaktoren und Annahmen zu weiteren Einflussgrößen wie Verbraucherverhalten, technischen Innovationen und Klimawandel.

Der in der Referenzprognose angenommene verstärkte Wohnungsbau führt im Zusammenspiel mit der gemittelten Bevölkerungsdynamik der Varianten W1 und W2 (12. KBV) zu folgenden Effekten (vgl. Kapitel 4.4.1 zur Hypothesenbildung):

- Neue Wohneinheiten (WE) in Häusern und Wohnungen führen zu einer Zunahme der Gesamtwohnfläche. Die Bevölkerungsentwicklung in der Referenzprognose des Prognosemodells ist durch die 12. KBV festgelegt. Sie begrenzt aktuell trotz einer hohen Wachstumsannahme die durch Wohnungsbau theoretisch mögliche Zunahme der Einwohnerzahl nach oben. Daher steigt die spezifische Wohnfläche (Wohnfläche pro Person) im Stadtteil insgesamt mit der Folge einer leichten Zunahme des spezifischen Wasserbedarfs.
- Gleichzeitig verkleinert sich die durchschnittliche Haushaltsgröße geringfügig, was ebenfalls zu einer leichten Zunahme des spezifischen Wasserbedarfs führt.

- Die Zunahme der gesamten potentiellen Bewässerungsfläche (PBF) führt durch die angenommene geringere PBF bei neuen Wohneinheiten im Vergleich zum Altbestand zu einer geringfügigen Abnahme der mittleren PBF pro Wohneinheit. Daraus resultiert eine geringfügige Abnahme des spezifischen Wasserbedarfs.
- Mit weiter voranschreitender Sanitärmodernisierung im alten Wohnungsbestand treten Wasserspareffekte auf, die den spezifischen Wasserbedarf in diesen Wohnungen statistisch um  $8,1 \text{ m}^3$  pro Person und Jahr senken (s. Kapitel 4.3.5).
- Der aus der alten Prognose 2007 übernommene Parameter „Einsparpotential von Waschmaschinen“ gemäß Daten des Öko-Instituts führt durch seinen weiterhin steigenden Umsetzungsgrad ebenfalls zu einer Abnahme des spezifischen Wasserbedarfs. Dabei wird auf alle Haushalte bezogen ein Einsparpotential von  $1,4 \text{ m}^3$  pro Person und Jahr angenommen, welches sich vorrangig aus der besseren Beladungsanpassung moderner Waschmaschinen ergibt (vgl. Rüdener und Grieshammer, 2004).
- Insgesamt sinkt durch diese Effekte der spezifische Wasserbedarf der Haushalte in Hamburg und den Umlandgemeinden von  $39,5 \text{ m}^3/\text{E}^*\text{a}$  (Hamburg) bzw.  $41,5 \text{ m}^3/\text{E}^*\text{a}$  (Umlandgemeinden) im Jahr 2011 bis auf  $37,4 \text{ m}^3/\text{E}^*\text{a}$  (Hamburg) bzw.  $39,6 \text{ m}^3/\text{E}^*\text{a}$  (Umlandgemeinden) im Jahr 2045 ab (Wasserbedarf pro Einwohner und Jahr in den privaten Haushalten). Nach 2030 ist ein geringfügiger Wiederanstieg zu verzeichnen. Der Wiederanstieg liegt begründet in der voraussichtlich ausgeschöpften verhaltens- und technikbezogenen Einsparpotentialen, der abnehmenden Haushaltsgröße und steigenden spezifischen Wohnfläche, die sich beide steigernd auf den spezifischen Wasserbedarf auswirken. Letztere Entwicklung wird durch die Abnahme der Bevölkerungszahl (demografischer Wandel) gesteuert, wobei der Bevölkerungsrückgang auch gleichzeitig begrenzend auf den Anstieg des Wasserbedarfs wirkt.
- Der spezifische Wasserbedarf unterschieden nach Einfamilienhäusern und Wohnungen in Hamburg weist die gleiche, bis 2030 sinkende Tendenz auf. Dabei liegt die Abnahme in Einfamilienhäusern bei  $1,7 \text{ m}^3$  ( $41,6$  auf  $39,9 \text{ m}^3$ ) und in Wohnungen bei  $2,5 \text{ m}^3$  ( $39,0$  auf  $36,5 \text{ m}^3$  pro Person und Jahr). Nach 2030 steigen die Werte wieder leicht an auf  $40,3 \text{ m}^3$  (EFH) bzw.  $36,7 \text{ m}^3$  (Wohnungen) bis 2045, vgl. Abbildung 23.
- Die Zunahme der Bevölkerung führt nicht dazu, den sinkenden Wasserbedarf der privaten Haushalte insgesamt zu kompensieren.

Im Ergebnis führt dies zu der in Abbildung 24 dargestellten Prognose des Wasserbedarfs der Haushalte im Stadtgebiet Hamburg und in den Umlandgemeinden. Im Falle der Umlandgemeinden wurden die gemeindebezogenen spezifischen Wasserbedarfe an die Entwicklung des mittleren Wasserbedarfs im Wohnbestand des Stadtgebiets Hamburg angepasst. Somit sinken in den Umlandgemeinden sowohl der Gesamtwasserbedarf der Haushalte als auch der spezifische Wasserbedarf pro Einwohner zunächst ebenfalls ab, obwohl in den meisten Gemeinden ein Bevölkerungswachstum zu verzeichnen ist. Die prognostizierten spezifischen Wasserbedarfe sind in Abbildung 25 dargestellt.

Die Entwicklung des Wasserbedarfs der Einfamilienhäuser und der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (Geschosswohnungsbau GWB) in Hamburg weist in der Referenzprognose folgende Merkmale auf:

- Im Jahr 2011 haben die EFH einen Anteil von 22% am gesamten Wasserbedarf der Haushalte.
- Bis zum Jahr 2045 steigt der Anteil der EFH auf 24% am gesamten Wasserbedarf der Haushalte. Dies ist durch die zurzeit noch unklare Entwicklung der größeren Wohnbauflächenpotentiale (> 20 Wohneinheiten) nach 2020 zu erklären. Im Prognosemodell gibt es danach keine neuen Potentiale. Demgegenüber werden die Potentiale auf Flächen < 20 Wohneinheiten bis zum Ende des Prognosezeitraums fortgeschrieben. Bei diesen kleineren Flächen haben erfahrungsgemäß die EFH einen größeren Anteil, so dass sich deren Gesamtzahl stärker erhöht als die Zahl der Wohnungen im GWB und somit auch der Gesamtwasserbedarf.

In der Referenzprognose sinkt der Haushaltswasserbedarf in Hamburg und den Umlandgemeinden geringfügig aber kontinuierlich über den gesamten Zeitraum von 75,2 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2011 bis auf 73,5 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2045 ab. Der abnehmende Verlauf ist dabei etwas flacher als in der Prognose von 2007, so dass trotz eines aktuell niedrigeren Startniveaus im Vergleich zur alten Prognose der Bedarf im Jahr 2030 höher sein wird als bei der alten Prognose. Dies liegt in erster Linie am etwas höheren und ca. zehn Jahre länger andauernden Bevölkerungszuwachs (Annahmen der 12. KBV) als er in der Prognose aus dem Jahr 2007 zugrunde gelegt worden ist (11. KBV/Basisdatenausschuss Hamburg). Ab 2035 ist dann ein etwas stärkerer Rückgang des Bedarfs zu beobachten. Im Jahr 2045 ist der Wasserbedarf der Haushalte um 2,3% verglichen mit dem Bedarf von 2011 gesunken.

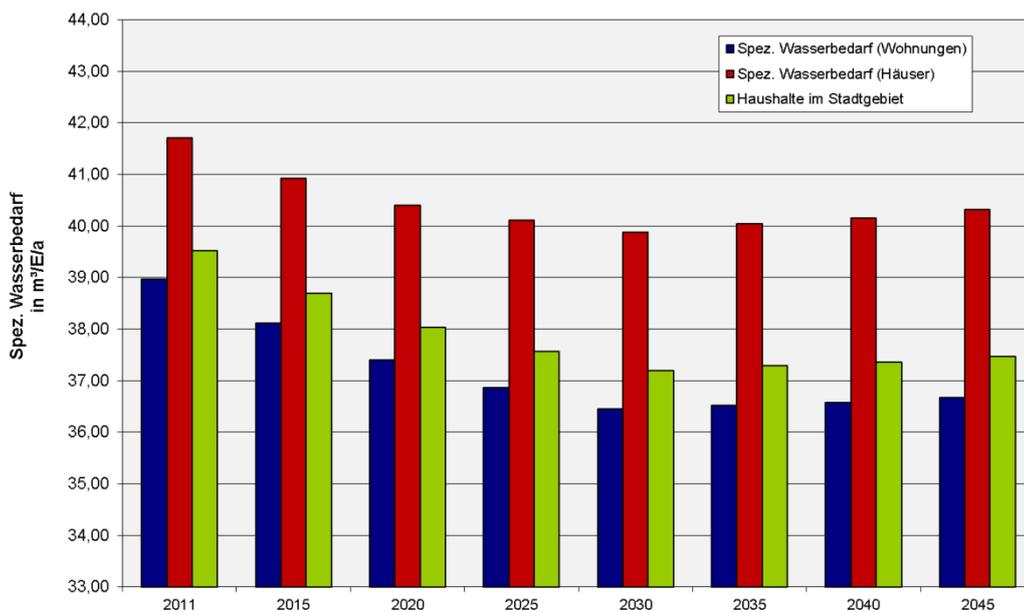


Abbildung 23: Prognose des spezifischen Wasserbedarfs bis 2045 für die Haushalte im Stadtgebiet Hamburg, unterschieden nach Einfamilienhäusern und Wohnungen

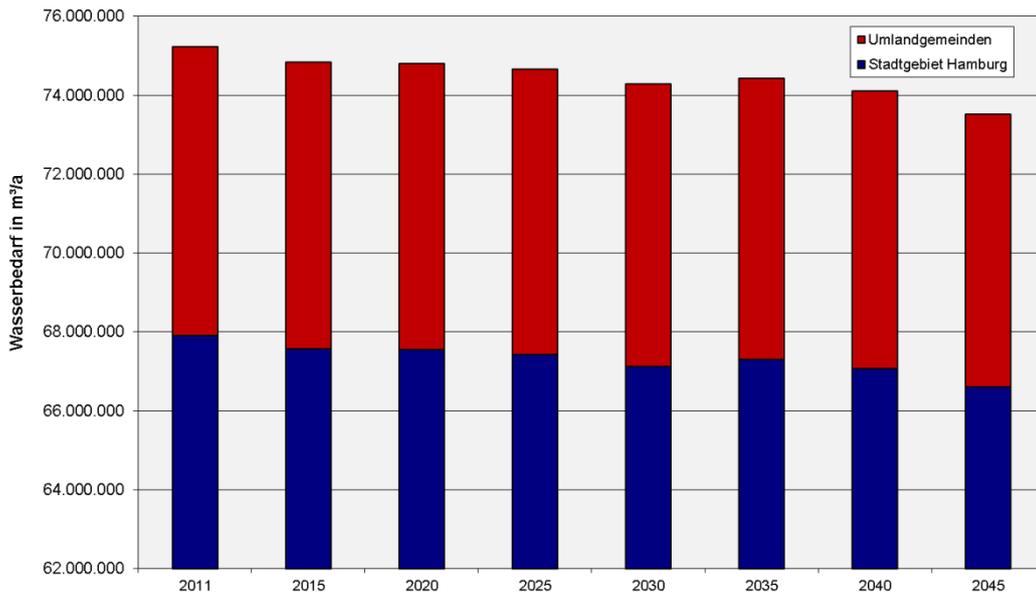


Abbildung 24: Prognose des Wasserbedarfs (Trinkwasserabgabe) bis 2045 für die Haushalte im Stadtgebiet Hamburg und in den Umlandgemeinden. Zur besseren Lesbarkeit beginnt in dieser kumulierten Darstellung der untere Balken (für Hamburg) erst bei 62 Mio. m<sup>3</sup>.

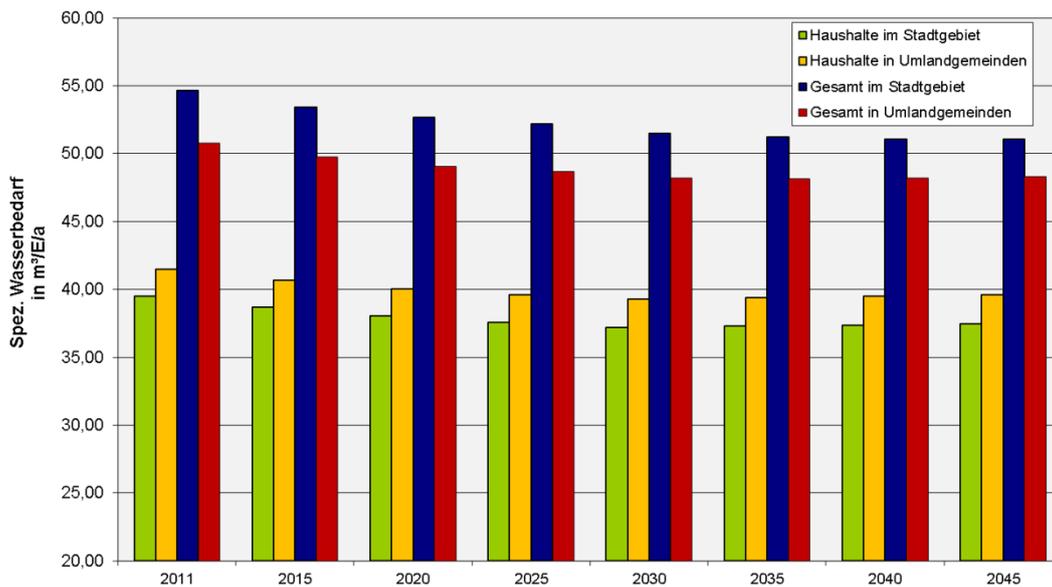


Abbildung 25: Prognostizierte Entwicklung des spezifischen Wasserbedarfs pro Einwohner auf Basis der erwarteten Trinkwasserabgabe an die Haushalte bzw. alle Verbrauchergruppen (Haushalte, GHD, Industrie, sonstige) im Stadtgebiet und den Umlandgemeinden

### *Trendänderung in der Wasserbedarfsentwicklung der Haushalte seit 2005*

Seit den 1980er Jahren ist in Hamburg ein ausgeprägter Rückgang im Wasserbedarf der Haushalte zu beobachten. Zwischen 2005 und 2011 lag der Rückgang noch bei durchschnittlich  $-0,51\%$  pro Jahr (s. Tabelle 11). Aus Tabelle 11 wird ersichtlich, dass es dabei ab dem Jahr 2007 einen Trendwechsel gegeben hat. Lag bis 2007 der Rückgang gegenüber dem Vorjahr noch bei bis zu  $-2\%$ , stagniert der Wasserbedarf seit 2008 bei etwa  $75 \text{ Mio. m}^3$  pro Jahr für das gesamte Versorgungsgebiet. Die Prognose knüpft an diese jüngste Entwicklung an. So wird für den ersten Zeitraum 2011–2015 mit einer Abnahme von nur  $-0,13\%$  pro Jahr gerechnet, für den gesamten Prognosezeitraum bis 2045 mit einer durchschnittlichen Abnahme von  $-0,07\%$  pro Jahr.

Für den seit 2007 eingetretenen Trendwechsel in der Wasserabgabe bzw. dem Wasserbedarf der Haushalte spielen grundsätzlich zwei Einflüsse für eine mögliche Erklärung der Verlangsamung der Abnahmedynamik eine Rolle: die Bevölkerungsentwicklung und Veränderungen im spezifischen Bedarf.

#### 1. Verlangsamung des Rückgangs durch positive Bevölkerungsentwicklung

Im Mittel wurde im Versorgungsgebiet zwischen 2005 und 2011 ein Anstieg von 10.700 Einwohnern pro Jahr (E/a), davon 9.000 E/a im Stadtgebiet Hamburg beobachtet. Allein seit 2010 stieg im Stadtgebiet die Bevölkerung um 12.000 bis 16.000 E/a. Die aktuell zu beobachtende Umsetzung der Wohnungsbauziele in Hamburg berücksichtigt diese Entwicklung, trotzdem liegt die im Modell verwendete Bevölkerungsprognose gemäß 12. KBV (s. Abbildung 13) mit ihrer Dynamik unterhalb dieser jüngsten jährlichen Zuwächse. Werden die Modellannahmen in Richtung der beobachteten (höheren) Bevölkerungsentwicklung verändert, wirkt sich dies allerdings nur geringfügig auf die Wasserbedarfsentwicklung aus. Die Bevölkerungsdynamik kann daher den Trendwechsel im Wasserbedarf nicht erklären.

#### 2. Verlangsamung des Rückgangs durch Entwicklung der Einflussfaktoren

Über den spezifischen Wasserbedarf gehen die Einflüsse unterschiedlicher Faktoren mit ihren Bezügen zu sozio-ökonomischen, technischen und verhaltensbasierten Entwicklungen ein. Dabei zeigen die Analysen, dass die Einflüsse von Sanitärmodernisierung, wassersparenden Waschmaschinen und Sparverhalten gerade zu Beginn deutlich stärker auf die erwartete Bedarfsentwicklung wirken, als Haushaltsgröße, spezifische Wohnfläche oder Gartenbewässerung.

Wir gehen generell davon aus, dass die Einspareffekte bereits beginnen, in eine Sättigung überzugehen und dass wir bereits in einer 2007/2008 eingeleiteten Trendwende in der Wasserbedarfsentwicklung im Haushaltsbereich stehen. Von etwas höheren verbliebenen Potentialen im Bereich Verhalten und Technik geht das Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ aus. Das Szenario zeigt für den Zeitraum 2011–2015 einen jährlichen Bedarfsrückgang von  $-0,54\%$ , im nächsten Fünfjahreszeitraum von  $-0,39\%$  pro Jahr mit einer danach sich weiter verringernenden Abnahmerate. Damit würde dieses Szenario zunächst den mittleren Trend von 2005–2011 fortsetzen und in eine langsamere Trendveränderung übergehen.

Nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens gibt das Referenzszenario die realen und erwarteten Verhältnisse der Bedarfsentwicklung wieder. Alle Faktoren wurden (teilweise statistisch) analysiert und mit den daraus folgenden Annahmen als konsistent und plausibel erachtet. Die Annahmen zur Entwicklung der einzelnen Faktoren (insbesondere Sanitärmodernisierung und Waschmaschinen) sind jedoch mit Unsicherheiten behaftet und können sich durch neue Erkenntnisse oder veränderte Bedingungen ändern. Mit den Szenarien wird dieser Unsicherheitskorridor berücksichtigt und transparent dargestellt.

*Tabelle 11: Wasserbedarfsentwicklung der privaten Haushalte zwischen 2005 und 2011 unter Berücksichtigung des Ausscheidens der Umlandgemeinde Neu Wulmstorf aus der Versorgung (Quelle: korrigierte Jahressummen für Verbrauchsstellenarten in Stadtgebiet und Umlandgemeinden, HAMBURG WASSER)*

<b>Jahr</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Haushalte [m³]	78.201.916	77.070.448	75.494.554	74.938.880	75.009.820	75.452.344	75.231.058
Korrektur (Neu Wulmstorf) [m³]	-583.000	-583.000	-583.000				
Haushalte (nach Korrektur) [m³]	77.618.916	76.487.448	74.911.554	74.938.880	75.009.820	75.452.344	75.231.058
Änderung zum Vorjahr [%]		-1,46%	-2,06%	0,04%	0,09%	0,59%	-0,29%
Änderung 2005–2011 gesamt [%]							-3,08%
Änderung 2005–2011 pro Jahr [%]							<b>-0,51%</b>

## 5.2 Prognose von GHD und Industrie

### 5.2.1 Basisprognose

Als Ausgangspunkt der Analyse wird eine Basisprognose erstellt, die zeigt, wie sich der Trinkwasserbedarf von Industrie und GHD bei unveränderter Entwicklung der spezifischen Wasserverbräuche pro Erwerbstätigen in den einzelnen Branchen entwickeln würde, wenn man die Erwerbstätigenprognose von PROGNOSE zugrunde legt. Dieser Basisprognose wird eine sektoral differenzierte Prognose gegenübergestellt, die zwar wiederum auf der Erwerbstätigenprognose von PROGNOSE basiert, aber davon ausgeht, dass sich der spezifische Wasserbedarf in den einzelnen Branchen unterschiedlich entwickelt. Die hierbei getroffenen Annahmen werden im Folgenden dargelegt.

#### *Voraussichtliche Wirtschaftsentwicklung Hamburgs bis 2045*

Der Wirtschaftsstandort Hamburg ist aufgrund der Häfen stark durch die Branchen Verkehr, Logistik, Handel und Tourismus geprägt. Laut Prognos Deutschland Report 2035 haben die einzelnen Wirtschaftssektoren im Ausgangsjahr 2011 und im Jahr 2035 die folgenden Anteile an den rund 1,1 Mio. Erwerbstätigen am Arbeitsort Ham-

burg; die Werte für das Jahr 2045 ergeben sich aus der Fortschreibung durch das ifo Institut (vgl. Tabelle 12).<sup>6</sup>

*Tabelle 12: Entwicklung der Anteile der einzelnen Wirtschaftssektoren an den Erwerbstätigen am Arbeitsort Hamburg nach PROGNOSES Deutschland Report 2035 und Fortschreibung bis 2045*

Wirtschaftszweig	Anteile an Erwerbstätigen in %		
	2011	2035	2045
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,5	0,3	0,3
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	0,1	0,03	0,02
Verarbeitendes Gewerbe	10,8	9,8	9,5
Energie- und Wasserversorgung	0,5	0,4	0,4
Baugewerbe	3,2	2,9	2,9
Handel; Instandhaltung und Reparatur	15,5	14,6	14,6
Gastgewerbe	4,8	5,1	5,1
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	8,6	8,4	8,4
Kredit- und Versicherungsgewerbe	4,7	4,2	4
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	23,2	25,2	25,4
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	5,5	4,8	4,7
Erziehung und Unterricht	5,4	5,6	5,6
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	9,1	9,8	10,2
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	6,7	7,1	7,2
Private Haushalte mit Hauspersonal	1,3	1,6	1,7
Quelle: PROGNOSES Deutschland Report 2035, Fortschreibung durch ifo Institut			

Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes geht danach von 10,8% auf 9,5% leicht zurück, ebenso der Anteil des Baugewerbes von 3,2% auf 2,9% und der Anteil des Wirtschaftszweigs Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz und Gebrauchsgegenständen von 15,5% auf 14,6%. Der Anteil des Gastgewerbes steigt leicht von 4,8% auf 5,1%, der des Sektors Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen von 23,2% auf 25,4%, das Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen nimmt von 9,1% auf 10,2% zu, Erziehung und Unterricht von 5,4% auf 5,6% und die sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen von 6,7% auf 7,2%. Verkehr und Nachrichtenübermittlung bleibt mit 8,6% bzw. 8,4% anteilmäßig fast konstant. Zwei Dienstleistungssektoren weisen abnehmende Anteile aus, nämlich das Kredit- und Versicherungsgewerbe von 4,7% auf 4,0% sowie Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung von 5,5 auf 4,7%. Die Anteile der Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden sowie Energie- und Wasserversorgung liegen schon im Ausgangsjahr der Prognose nur

<sup>6</sup> Da bei PROGNOSES die Ist-Werte für die Erwerbstätigenzahlen im Jahr 2008 enden und die Prognosewerte für das Jahr 2013 beginnen, wurden die Erwerbstätigenzahlen für 2011 durch Extrapolation der entsprechenden sektoralen Werte für 2008 und 2013 ermittelt.

im Promillebereich und sinken weiter. Diese Wirtschaftszweige haben daher einen nahezu vernachlässigbaren Einfluss auf den zukünftigen Trinkwasserbedarf.

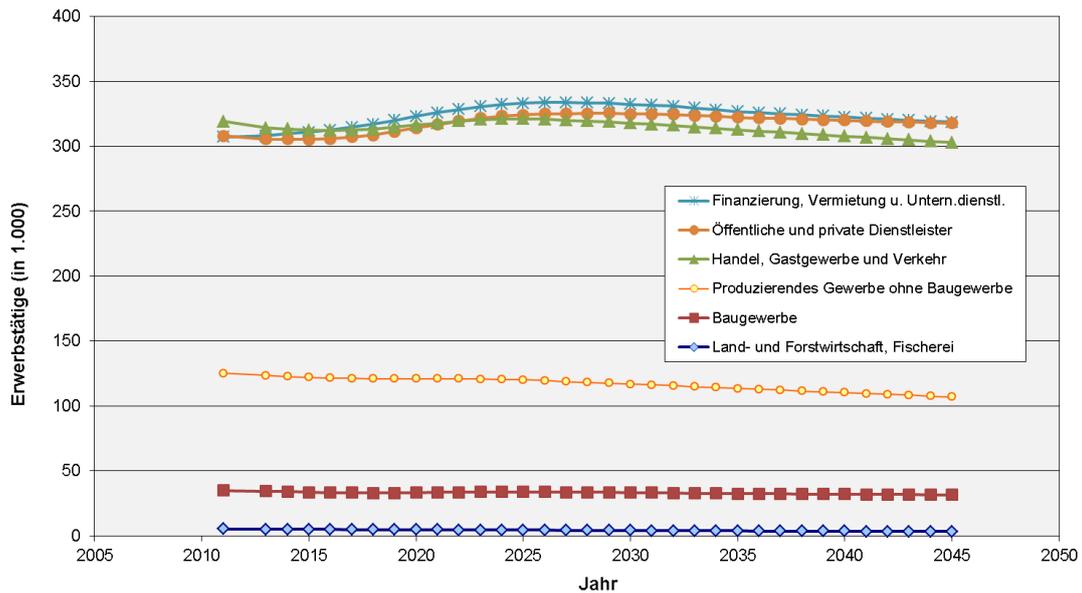


Abbildung 26: Prognose der Erwerbstätigen in Hamburg nach Sektoren

Bei der Fortschreibung der Erwerbstätigenprognose in den einzelnen Wirtschaftszweigen Hamburgs des Deutschland Reports 2035 bis 2045 durch das ifo Institut bis 2045 wurde berücksichtigt, dass die Entwicklung der Erwerbstätigen bei PROGNO bis 2025 aufwärtsgerichtet, in den folgenden Jahren bis 2035 jedoch wieder leicht rückläufig ist. Daher wurden für die Fortschreibung der sektoralen Erwerbstätigenzahlen bis 2045 in den einzelnen Wirtschaftszweigen jeweils die durchschnittlich jährliche Veränderungsrate des Zeitraums 2025 bis 2035 verwendet. Der sich daraus ergebende Rückgang der Erwerbstätigenzahlen steht im Einklang mit der Bevölkerungsprognose für Hamburg, die gleichfalls bis 2035 aufwärtsgerichtet ist und danach wiederum sinkt. Für den Zeitraum bis zum Jahr 2035 erwartet Prognos einen Beschäftigungszuwachs in den Dienstleistungssektoren bei gleichzeitigem Bedeutungsverlust des Produzierenden Gewerbes und der Land- und Forstwirtschaft und Fischerei. Danach wächst die Zahl der Erwerbstätigen im Sektor Finanzierung, Vermietung und Dienstleistungen für Unternehmen bis Ende der 2020er Jahre um über 8%. Ab 2030 sinkt sie leicht, liegt im Jahr 2035 aber immer noch um 6,4% über dem Wert des Jahres 2011 und in der Fortschreibung für das Jahr 2045 um 3,7% über dem Ausgangswert. Ähnlich verhält es sich mit den öffentlichen und privaten Dienstleistungen, bei denen die Erwerbstätigenzahl bis Ende der 2020er Jahre um 5,6% steigt und in 2035 immer noch um 4,6% über dem Wert von 2011 liegt. Im Jahr 2045 liegt die Zahl der Erwerbstätigen nach der Fortschreibung noch um 3,1% über dem Ausgangswert. Für Handel, Verkehr und Gastgewerbe wird nach einem zunächst leichten Rückgang bis zu Beginn der 2020er Jahre wieder das Ausgangsniveau von 2011 erreicht, wonach wieder ein kontinuierlicher Rückgang der Erwerbstätigen erfolgt und bis 2045 die Erwerbstätigenzahl um 5,1% unter dem Ausgangswert liegt. Im Produzierenden Gewerbe (ohne Baugewerbe) sinkt die Zahl der Erwerbstätigen

nach PROGNOSE kontinuierlich und liegt 2035 um 9,4% niedriger als 2011, nach der Fortschreibung bis 2045 sogar um 14,6% darunter. Ähnlich ist es im Baugewerbe, mit 7,0% weniger Erwerbstätigen in 2035 als in 2011 und 9,8% weniger in 2045. Für den Sektor Land- und Forstwirtschaft, Fischerei wird bis 2035 ein noch deutlicherer Rückgang um fast 27% und bis 2045 um insgesamt 37,1% erwartet (vgl. Abbildung 26).

### *Basisprognose des Trinkwasserbedarfs*

Die Prognose der sektoralen Entwicklung der Erwerbstätigen bildet die Grundlage für die folgenden Prognosevarianten des Trinkwasserbedarfs, wobei noch weiter differenziert wird, nämlich nach 14 Wirtschaftssektoren. Für die Prognose des Trinkwasserbedarfs war die Bildung spezifischer Verbräuche pro Erwerbstätigen erforderlich. Hierzu wurden verschiedene Ansätze überprüft, die im Anhang in Abschnitt 8.4 dargestellt werden. Dort wird auch beschrieben, wie der am besten geeignete Ansatz gefunden wurde. Die Ergebnisse für die spezifischen Verbräuche sind in Tabelle 13 dargestellt.

*Tabelle 13: Verwendete Werte für spezifische Verbräuche (m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen und Jahr) und Erwerbstätige sowie absoluter Wasserverbrauch (in 1.000 m<sup>3</sup>) im Basisjahr*

<b>Wirtschaftszweig</b>	<b>Spezifischer Wasserverbrauch in m<sup>3</sup>/ET/a</b>	<b>Erwerbstätige</b>	<b>Absoluter Trinkwasserverbrauch in 1.000 m<sup>3</sup></b>
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	69,5	5.203	361,6
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	21,4	593	12,7
Verarbeitendes Gewerbe	22,2	119.092	2.643,9
Energie und Wasserversorgung	54,3	5.625	305,3
Baugewerbe	5,8	35.015	202,7
Handel; Instandhaltung und Reparatur	19,3	171.020	3.309,2
Gastgewerbe	45,0	53.181	2.393,1
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	9,9	95.020	938,4
Kredit- und Versicherungsgewerbe	10,7	51.682	554,1
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	23,7	255.371	6.061,4
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	10,5	60.144	631,5
Erziehung und Unterricht	2,9	59.471	174,3
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	59,5	99.932	5.946,0
Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen	10,5	73.900	779,5
Alle Wirtschaftsbereiche		1.099.923	24.313,5
Quelle: Berechnungen und Schätzungen des ifo Instituts nach Handelskammer Hamburg, HAMBURG WASSER und PROGNOSE			

Die Ergebnisse der Erwerbstätigenprognose sind Abschnitt 8.6 zu entnehmen. Wie am grafischen Verlauf der Wasserbedarfsprognose in Abbildung 27 zu entnehmen ist, verläuft der Wasserbedarf wellenförmig. Er steigt zunächst von 24,3 Mio. m<sup>3</sup> in 2011 bis 2026 um 4,8% auf 25,5 Mio. m<sup>3</sup>, um in den Folgejahren wieder zu sinken, bis der Bedarf in 2045 schließlich mit 24,4 Mio. m<sup>3</sup> nur noch um 0,5% über dem Ausgangswert liegt. Der Grund für diesen wellenförmigen Verlauf liegt in den Annahmen zur

Entwicklung der Erwerbstätigen, die auf den PROGNOSE Deutschland Report 2035 und die daraus abgeleitete Fortschreibung bis 2045 zurückzuführen ist (vgl. Abbildung 26).

In Tabelle 14 sind die Ausgangswerte für den spezifischen Wasserverbrauch sowie die Entwicklung der Erwerbstätigen und des absoluten Wasserverbrauchs in den einzelnen Wirtschaftszweigen nach der Basisprognose für die Jahre 2011, 2025, 2035 und 2045 als Übersicht zusammengestellt.

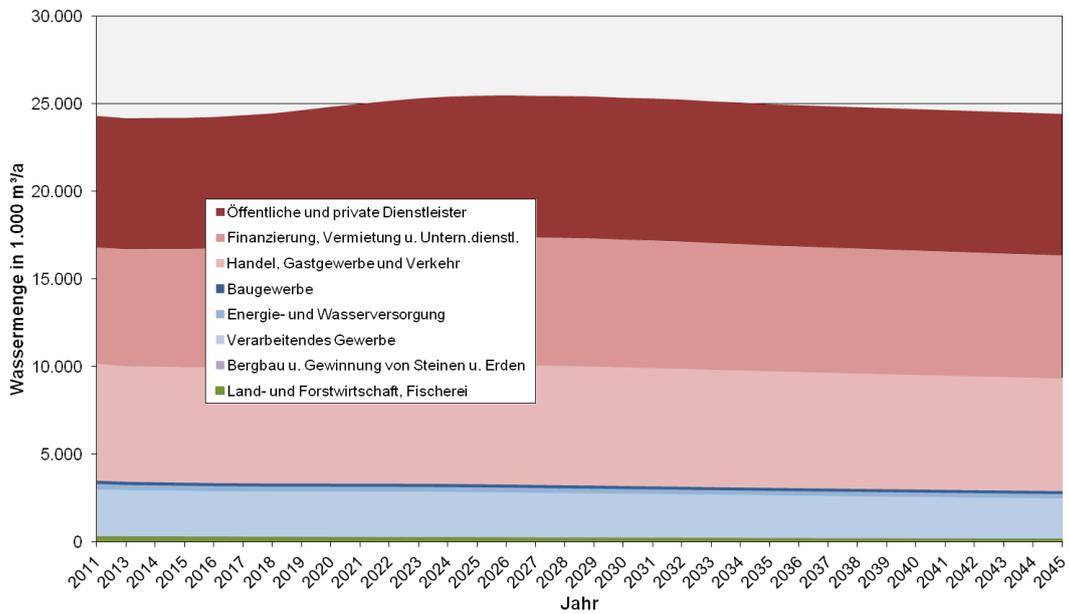


Abbildung 27: Sektorale Wasserbedarfsprognose Hamburg 2013–2045 für GHD und Industrie (Basisprognose)

Tabelle 14: Verwendete Werte für spezifische Verbräuche ( $m^3$  pro Erwerbstätigen und Jahr) und Erwerbstätige sowie absoluter Trinkwasserbedarf (in 1.000  $m^3$ ) in der Basisprognose

Jahr	2011			2025		2035		2045	
	Spezif. Bedarf in $m^3/ET/a$	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 $m^3$	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 $m^3$	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 $m^3$	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 $m^3$
Land- und Forstwirtschaft	69,5	5,2	361,6	4,4	306,7	3,8	264,4	3,3	227,3
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	21,4	0,6	12,7	0,4	9,3	0,3	7,2	0,3	5,6
Verarbeitendes Gewerbe	22,2	119,1	2.643,9	114,8	2.547,5	108,7	2.412,8	102,3	2.271,9
Energie und Wasserversorgung	54,3	5,6	305,3	4,9	266,1	4,5	245,4	4,5	243,0
Baugewerbe	5,8	35,0	202,7	33,7	195,1	32,6	188,4	31,6	182,8
Handel; Instandhaltung und Reparatur	19,3	171,0	3.309,2	167,2	3.235,2	162,2	3.139,2	157,4	3.046,3
Gastgewerbe	45,0	53,2	2.393,1	58,4	2.627,6	57,0	2.563,6	54,7	2.462,9
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	9,9	95,0	938,4	95,6	944,1	93,5	923,0	90,7	895,7
Kredit- und Versicherungsgewerbe	10,7	51,7	554,1	48,9	524,2	46,1	494,7	43,4	465,8
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	23,7	255,4	6.061,4	284,4	6.749,2	280,6	6.660,2	275,0	6.528,2
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	10,5	60,1	631,5	55,9	586,5	53,2	559,0	50,6	531,7
Erziehung und Unterricht	2,9	59,5	174,3	62,9	184,2	62,7	183,6	60,8	178,2
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	59,5	99,9	5.946,0	108,3	6.443,0	109,3	6.503,8	110,4	6.569,1
Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen	10,5	73,9	779,5	79,9	842,7	79,2	835,4	77,6	818,8
Alle Wirtschaftsbereiche*		1.099,9	24.313,5	1.136,9	25.461,4	1.111,5	24.980,7	1.080,9	24.427,2

\*: Erwerbstätige inklusive Private Haushalte mit Personal, Wasserbedarf exklusive.  
Quelle: Berechnungen und Schätzungen des ifo Instituts nach Handelskammer Hamburg, HAMBURG WASSER und PROGNOSES.

## 5.2.2 Sektoral differenzierte Prognose

### *Entwicklung der sektoralen Wasserbedarfskoeffizienten*

In der Realität wird die Entwicklung der spezifischen Wasserverbräuche in den einzelnen Wirtschaftszweigen nicht identisch sein, wie für die Basisprognose unterstellt wurde. Im nächsten Schritt wurde daher untersucht, wie sich unterschiedliche Entwicklungen in den einzelnen Branchen auf die Wasserbedarfsprognose auswirken. Hierbei ist zu unterscheiden einerseits zwischen Branchen, die Wasser nur für Sanitärzwecke und Reinigung einsetzen, und andererseits zwischen Branchen, die Wasser auch zu Produktionszwecken als Kühlmittel oder als Betriebsmittel, das in die Produktion eingeht, verwenden. Im ersten Fall ähnelt deren Wasserbedarf dem der privaten Haushalte und es ist davon auszugehen, dass der zukünftige Wasserbedarf von der Erwerbstätigenzahl abhängt. Im anderen Fall hängt der Wasserverbrauch von der Entwicklung der Produktion bzw. Dienstleistungserstellung und damit nur indirekt von der Erwerbstätigenzahl ab. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass große wasserintensive Industrieunternehmen neben dem Bezug aus dem öffentlichen Netz auch eine Eigenförderung betreiben, die nicht in die Trinkwasserbedarfsprognose eingeht. Sie kann letztere allerdings insofern beeinflussen, als der Trinkwasserbedarf teilweise durch Eigenförderung (wie auch durch Regenwassernutzung) substituiert werden kann.

Welche Entwicklung des spezifischen Trinkwasserbedarfs kann für die einzelnen Wirtschaftszweige angenommen werden? Die folgenden Überlegungen beruhen neben Plausibilitätserwägungen vor allem auch auf Expertengesprächen, die mit Vertretern von Großabnehmern von HAMBURG WASSER geführt wurden (vgl. Liste der Interviewpartner im Anhang in Abschnitt 8.7). Für die 14 Wirtschaftszweige, die in der Prognose unterschieden werden, bedeutet das im Einzelnen folgendes für die Annahmen über die zukünftige Entwicklung des spezifischen Wasserbedarfs (in m<sup>3</sup> Trinkwasser je Erwerbstätigen):

**Land- und Forstwirtschaft, Fischerei:** In der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei ist Wasser zur Bewässerung der Pflanzen erforderlich. Daraus würde folgen, dass umso mehr Wasser benötigt wird, je mehr Pflanzen angebaut werden. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass in Deutschland nur in geringem Umfang künstlich bewässert wird und wo dies erforderlich ist, die landwirtschaftlichen Betriebe häufig aus eigenen Brunnen bewässern. Zudem spielt die Landwirtschaft in einer Großstadt kaum eine nennenswerte Rolle als Wirtschaftszweig (ca 5.400 Erwerbstätige in Hamburg im Jahr 2008). Für die landwirtschaftlichen Betriebe in Hamburg, ebenso für die Forstwirtschaft und die Fischerei, kann daher davon ausgegangen werden, dass der Trinkwasserbedarf sich ähnlich wie bei den privaten Haushalten darstellt und von der Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen abhängt.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Bergbau und Gewinnung von Steine und Erden:** In Hamburg spielt dieser Wirtschaftszweig mit rund 600 Erwerbstätigen nur eine marginale Rolle. In diesem Wirtschaftszweig kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung von Wasser zu

Produktionszwecken hauptsächlich durch Eigenförderung gedeckt wird. Der Trinkwasserbedarf wird daher auch hier von der Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen abhängen.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Verarbeitendes Gewerbe:** Hierbei handelt es sich um einen Wirtschaftszweig, bei dem in verschiedenen Branchen Wasser in großem Umfang für die Kühlung oder als Betriebsmittel eingesetzt wird. Für Zwecke der Kühlung wird allerdings überwiegend Oberflächengewässer verwendet und in den wasserintensiven Branchen, die Wasser als Betriebsmittel einsetzen, wie in der chemischen Industrie oder der Papierindustrie, wird dieses häufig selbst gefördert. Eine Ausnahme bildet hierbei die Ernährungsindustrie. Hier wird für die Produktion von Nahrungsmitteln oder Getränken Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz verwendet, soweit man nicht über geeignete eigene Brunnen verfügt. Auch im Handwerk sind alle lebensmittelverarbeitenden Gewerke, wie Fleischereien oder Bäckereien, wasserintensiv. So haben Fleischereien für die Reinigung der Betriebsflächen nach Angaben der Handwerkskammer Hamburg einen Jahresbedarf von rund 1.000 Kubikmetern, wobei dieser hohe Wasserbedarf allerdings durch den Einsatz von Dampfdruckreinigungen verringert werden kann.

Die in dieser Prognose verwendete Methodik erlaubt aber ohnehin keine Differenzierung nach einzelnen Industriebranchen, da die Entwicklung im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt betrachtet wird. Weitere Anhaltspunkte ergeben sich aus der schriftlichen Befragung: Hier gaben 13 Industriebetriebe an, dass sich der Wasserbedarf in Zukunft proportional zur Erwerbstätigenzahl bzw. zum Umsatz entwickeln wird. Nur ein Industriebetrieb erwartete eine unterproportionale Entwicklung des Trinkwasserbedarfs. In Einzelfällen wird Trinkwasser durch aufbereitetes Flusswasser substituiert, in der Größenordnung von 5 bis 10%, was aber durch eine erhöhte Produktion wieder kompensiert wird. Für das Verarbeitende Gewerbe in Hamburg insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass sich der Trinkwasserbedarf annähernd proportional zur Zahl der Erwerbstätigen entwickelt und nur geringe Effizienzsteigerungen zu erwarten sind. Engpässe sind dabei nicht zu befürchten, denn nach Angaben der Handelskammer Hamburg sind keine Probleme im Zusammenhang mit der Wasserversorgung bekannt, zudem liegen die Wasserpreise in Hamburg etwa im Bundesdurchschnitt und sind damit eher mäßig.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarfs um 0,5% p.a.

**Energie- und Wasserversorgung:** In der Energieversorgung wird Wasser in erster Linie für Zwecke der Kühlung verwendet, wofür vor allem Oberflächenwasser eingesetzt wird. In der Wasserversorgung dient die Wasserförderung naturgemäß der Trinkwasserbereitstellung, deren Ausmaß sich bei den Verbrauchern niederschlägt. Der Eigenverbrauch beschränkt sich auf den Sanitärbedarf der Erwerbstätigen.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Baugewerbe:** Der Wasserverbrauch im Baugewerbe ist eher gering, dies gilt v.a. für den Trinkwasserverbrauch (ca. 2 m<sup>3</sup> je Erwerbstätigen und Jahr). Im Hochbau gilt

nach Angaben der Handwerkskammer eine Faustformel für den Verbrauch von 100 Liter pro Quadratmeter. Einsparmöglichkeiten sind hier kaum mehr zu erwarten, der Bedarf dürfte sich daher proportional zu den Erwerbstätigenzahlen entwickeln.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgegenständen:** Der Handel hat in Hamburg ähnlich wie der Verkehrssektor ein größeres wirtschaftliches Gewicht als im Bundesdurchschnitt. Trinkwasser wird hier ausschließlich für Sanitär- und Reinigungszwecke eingesetzt. Bei den Handwerksbetrieben gibt es nach Einschätzung der Handwerkskammer Hamburg allerdings durchaus noch nennenswerte Potentiale für den Einsatz von Wasserspartechnologien. (Derzeit benötigt z.B. ein Kfz-Betrieb mit ca. 20 Angestellten ca. 200 Kubikmeter Wasser im Jahr.) Für den Wirtschaftszweig insgesamt kann daher erwartet werden, dass sich der Trinkwasserbedarf leicht unterproportional zur Erwerbstätigenzahl entwickeln wird.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarf um 1,0% p.a.

**Gastgewerbe:** Nach Einschätzung der Handelskammer Hamburg sind im Tourismus aufgrund seines starken Wachstums für Hamburg steigende Übernachtungszahlen zu erwarten. Der Wasserbedarf wird daher im Bereich Tourismus und Freizeitwirtschaft stärker zunehmen als im privaten Bereich. Hier besteht ein hohes Nachfragepotential mit hohen Steigerungsraten, das vor allem auf die Zahl der Touristen, der Übernachtungszahl und der Auslastung der Hotelbetten zurückzuführen ist. In Relation zu den Erwerbstätigen im Gastgewerbe dürfte der Trinkwasserbedarf daher überproportional wachsen.

⇒ **Annahme:** Zunahme des spezifischen Wasserbedarfs um 1,0% p.a.

**Verkehr und Nachrichtenübermittlung:** Der Verkehrssektor spielt in Hamburg v.a. wegen der Häfen eine wesentlich größere Rolle als im Bundesdurchschnitt. Im Bereich der Logistik ist nach den Ergebnissen der Interviews eher ein Rückgang des spezifischen Bedarfs zu erwarten. Lufthansa Technik geht von einem konstanten bis abnehmenden Wasserbedarf aus. Auch bei der Deutschen Bahn wird für den Standort Hamburg im Trend eher ein sinkender Wasserbedarf erwartet. Für den gesamten Wirtschaftszweig ist daher ein sinkender spezifischer Trinkwasserbedarf absehbar.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarfs um 1,0% p.a.

**Kredit- und Versicherungsgewerbe:** Der Wasserverbrauch im Kredit- und Versicherungsgewerbe besteht im Wesentlichen aus dem Sanitärwasserbedarf für die Erwerbstätigen. Die Verbrauchscharakteristika entsprechen damit denen der privaten Haushalte, wobei der Wasserverbrauch für Duschen und Geschirrspülen in den meisten Fällen wegfällt und damit auch die entsprechenden Einsparpotentiale. Hinsichtlich des Einsatzes von wassersparenden Armaturen sind noch gewisse Verbesserungen zu erwarten, so dass der spezifische Wasserbedarf leicht unterproportional zur Erwerbstätigenzahl zunehmen wird.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarfs um 0,5% p.a.

**Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen:** Hierbei handelt es sich überwiegend um Bürotätigkeiten, für die dieselben Verbrauchsmuster unterstellt werden können wie im Kredit- und Versicherungsgewerbe. Der spezifische Wasserbedarf wird daher leicht unterproportional zur Erwerbstätigenzahl sinken.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarf um 0,5% p.a.

**Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung:** Wiederum handelt es sich überwiegend um Bürotätigkeiten, für die dieselben Verbrauchsmuster unterstellt werden können wie in den beiden vorgenannten Wirtschaftszweigen. Im Bereich der Verteidigung spielt wie bei den Privathaushalten auch der Wasserbedarf für die Körperhygiene eine entsprechende Rolle, womit auch Einsparpotentiale bestehen. Damit könnte der spezifische Wasserbedarf etwas stärker sinken als in den vorgenannten Wirtschaftszweigen.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarfs um 0,75% p.a.

**Erziehung und Unterricht:** Auch hier ergibt sich der Wasserbedarf in erster Linie aus dem Sanitärwasserbedarf ohne weitere Hygienezwecke wie Duschen. Allerdings ist die Zahl der Erwerbstätigen in diesem Sektor nicht allein relevant, sondern auch die Zahl der Auszubildenden. Wenn man davon ausgeht, dass diese tendenziell zunimmt, kann man annehmen, dass deren Bedarfszuwächse Einsparungen im Verbrauch der Erwerbstätigen in etwa kompensieren.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen:** Während der Wasserbedarf im Sozialwesen ähnlich beschrieben werden kann wie im Kredit- und Versicherungsgewerbe, ist die Situation im Gesundheitswesen sehr heterogen. Arztpraxen haben sicherlich ein ähnliches Verbrauchsmuster wie private Haushalte, wobei neben den dort tätigen Personen v. a. auch die Patientenzahl eine entscheidende Rolle spielt. In Krankenhäusern erfolgt der Wassereinsatz dagegen v. a. für Hygiene- und Sanitärzwecke. Für spezialisierte Kliniken wie das Berufsgenossenschaftliche Unfallkrankenhaus Hamburg, in dem schwere Unfallopfer, Brandverletzte, sowie Querschnittsgelähmte behandelt werden, liegt der Schwerpunkt des Wasserverbrauchs weniger im sanitären Bereich, sondern in der Physikalischen Therapie und beim Duschen der Patienten. Damit spielt die Zahl der Angestellten eine geringere Rolle für den Wasserbedarf, sondern vielmehr die Zahl der behandelten Patienten und die Auslastung der Klinikbetten, wobei allerdings beides schwer prognostizierbar ist. Im Fall des Universitätskrankenhauses Eppendorf sind auch die Studentenzahl und Anzahl sowie Umfang der Forschungsaufträge relevant. Zum einen werden auch bei Umsatzsteigerungen leicht fallende Verbräuche erwartet, v.a. durch den verstärkten Einsatz wassersparender Urinale. Zum anderen ergeben sich aber auch steigende Verbräuche, z.B. durch den Einbau aerosolfreier Duschköpfe aus Hygienegründen. Diese haben denselben Wasserverbrauch wie die herkömmlichen Duschköpfe, blasen aber weniger Sauerstoff ein. Deshalb duscht man dabei länger. Aufgrund dieser verschiedenen gegenläufigen Ent-

wicklungen im Gesundheitswesen wird davon ausgegangen, dass der spezifische Bedarf im Durchschnitt des Wirtschaftszweigs konstant bleibt.

⇒ **Annahme:** Konstanz des spezifischen Wasserbedarfs.

**Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen:** Hierbei handelt es sich um einen höchst heterogenen Sektor, zu dem neben reinen Bürotätigkeiten auch Leistungen der Freizeitwirtschaft sowie der Tourismusbetriebe außerhalb des Gastgewerbes gehören. In den Bereichen Tourismus und Freizeitwirtschaft wird der Wasserbedarf nach Einschätzung der Handelskammer Hamburg stärker zunehmen als im privaten Bereich. Auch einige wasserintensive Gewerke des Handwerks fallen hier hinein, wie etwa Gebäudereiniger, die allerdings das Wasser des Kunden in Gestalt einer Vor-Ort-Nutzung verwenden, wobei auch hier der Verbrauch zurückgeht. Auch die Textilreiniger konnten in der Vergangenheit Einsparungen durch Waschmaschinen mit Wasserrückgewinnung erzielen. Während alte Waschmaschinen 15 Liter Wasser pro kg Wäsche und mehr benötigen, brauchen neue Maschinen mit einem halb so großen Wassertank etwa 8 Liter pro kg Wäsche. Hier bestehen noch hohe Potentiale für deren Verbreitung. Durchschnittliche Friseurbetriebe benötigen 400 bis 500 Kubikmeter Wasser im Jahr. Hier lohnt es sich, die Durchflussmengen zu begrenzen, wobei am ehesten Perlatoren relevant sind.

Im Gefolge von Kampagnen zur Wassereinsparung im Handwerk und von Umweltmanagementsystem-Workshops gibt es in Hamburg eine Reihe von Vorreiterbetrieben. Die Wassersparttechnologien sind aber deshalb nach Einschätzung der Handwerkskammer noch lange nicht Stand der Technik, woraus sich noch hohe Potentiale für deren weiteren Einsatz ergaben. Auch für die Freizeit- und Tourismusbranche ist zu erwarten, dass sich trotz hoher Wachstumsraten auch der Wasserspar-Gedanke weiter durchsetzt. Für den Wirtschaftszweig insgesamt kann daher zukünftig eine deutliche Abnahme des spezifischen Wasserbedarfs pro Erwerbstätigen erwartet werden.

⇒ **Annahme:** Rückgang des spezifischen Wasserbedarf um 1,5% p.a.

#### *Wasserbedarfsprognose bei sektoral differenzierter Entwicklung des spezifischen Wasserbedarfs*

Für den Wasserbedarf in GHD und Industrie kann auf Grundlage dieser Annahme die folgende Prognose vorgenommen werden (vgl. Abbildung 27).

Beginnend mit einem Ist-Wert von 24,3 Mio. m<sup>3</sup> in 2011 geht der Wasserbedarf in der Summe über alle Wirtschaftszweige kontinuierlich zurück bis er 2045 einen Wert von 22,5 Mio. m<sup>3</sup> erreicht. Damit liegt der Gesamtbedarf von GHD und Industrie in der sektoral differenzierten Prognose im letzten Prognosejahr 2045 um knapp 2 Mio. m<sup>3</sup> oder 7,6% niedriger als der Ausgangswert des Jahres 2011.

Die Entwicklung des Wasserbedarfs in den einzelnen Wirtschaftszweigen sieht in der differenzierten Prognose folgendermaßen aus: Der Wasserbedarf in der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei liegt 2045 bei 245.300 m<sup>3</sup> und damit um 37,1% niedriger als 2011 (361.600 m<sup>3</sup>).

Im Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden sinkt der Bedarf von 12.700 m<sup>3</sup> in 2011 um 56,0% auf 5.600 m<sup>3</sup>. Im Verarbeitenden Gewerbe geht der Wasserbedarf im Gefolge eines kontinuierlichen Beschäftigungsrückgangs von rund 2,6 Mio. m<sup>3</sup> bis 2045 um 26,8% auf rund 1,9 Mio. m<sup>3</sup> zurück. Ähnlich ist die Situation in der Energie- und Wasserversorgung mit einem Rückgang des Wasserbedarfs um 20,4% von 305.300 m<sup>3</sup> in 2011 auf 243.000 m<sup>3</sup> in 2045. Im Baugewerbe sinkt der Bedarf im selben Zeitraum um 9,8% von 202.700 m<sup>3</sup> auf 182.800 m<sup>3</sup>.

Noch deutlicher, nämlich um 33,3% sinkt der Wasserbedarf im Wirtschaftszweig Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgegenständen, nämlich von rund 3,3 Mio. m<sup>3</sup> auf rund 2,2 Mio. m<sup>3</sup>. Im Gastgewerbe steigt dagegen der Bedarf insgesamt um 41,5% von rund 2,4 Mio. m<sup>3</sup> auf rund 3,4 Mio. m<sup>3</sup>; dies aufgrund eines deutlichen Zuwachses der Erwerbstätigen und der Annahme einer jährlichen einprozentigen Steigerung des spezifischen Bedarfs pro Erwerbstätigen. Im Sektor Verkehr und Nachrichtenübermittlung sinkt der Bedarf wiederum um 30,8% von 938.400 m<sup>3</sup> auf 649.400 m<sup>3</sup>. Ähnlich ist die Situation im Kredit- und Versicherungsgewerbe mit einem Rückgang um 28,4% von 554.100 m<sup>3</sup> auf 396.800 m<sup>3</sup>. Im Wirtschaftszweig Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen wird der jährliche Rückgang des spezifischen Bedarfs von einem halben Prozent durch einen deutlichen Beschäftigungszuwachs nahezu ausgeglichen und der gesamte Wasserbedarf sinkt um nur 8,3% von rund 6,1 Mio. m<sup>3</sup> auf rund 5,6 Mio. m<sup>3</sup>.

Im Sektor Öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung bewirkt ein Beschäftigungsabbau in Kombination mit einem jährlichen Rückgang des spezifischen Bedarfs um 0,75%, dass der gesamte Wasserbedarf von 631.500 m<sup>3</sup> in 2011 um 33,8% auf 417.800 m<sup>3</sup> in 2045 sinkt. Bei Erziehung und Unterricht hingegen steigt der Wasserbedarf bei Konstanz des spezifischen Werts aufgrund einer Zunahme der Zahl der Erwerbstätigen von rund 174.300 m<sup>3</sup> auf rund 178.200 Mio. m<sup>3</sup> im Zeitraum 2011–2045 um insgesamt 2,2% an. Ähnlich verhält es sich im Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen, wo aufgrund eines noch deutlicheren Erwerbstätigenzuwachses der Gesamtbedarf um 10,5% von etwa 5,9 Mio. m<sup>3</sup> auf rund 6,6 Mio. m<sup>3</sup> anwächst. Bei den sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen hingegen bewirkt die deutliche jährliche Effizienzsteigerung (spezifischer Bedarf = -1,5% p.a.), dass trotz einer Zunahme der Zahl der Erwerbstätigen der Gesamtbedarf um 35,2% von 779.500 m<sup>3</sup> in 2011 auf 504.800 m<sup>3</sup> in 2045 sinkt.

In folgender Tabelle 15 sind die Annahmen über die Entwicklung des spezifischen Wasserverbrauchs in den einzelnen Wirtschaftszweigen sowie die Entwicklung der Erwerbstätigen und des absoluten Wasserverbrauchs in den einzelnen Wirtschaftszweigen gemäß der Prognose mit sektoral differenzierter Entwicklung für die Jahre 2011, 2025, 2035 und 2045 als Übersicht zusammengestellt.

Tabelle 15: Annahmen über die jährliche Veränderung der spezifischen Verbräuche, der Erwerbstätigen und des absoluten Trinkwasserbedarfs in der Prognose mit sektoral differenzierter Entwicklung

Jahr	2011			2025		2035		2045	
	Wirtschaftszweig	Entw. spez. Bedarf pro Jahr	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 m³	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 m³	Erwerbstätige in 1.000	Bedarf absolut in 1.000 m³	Erwerbstätige in 1.000
Land- und Forstwirtschaft	+/- 0%	5,2	361,6	4,4	306,7	3,8	264,4	3,3	227,3
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	+/- 0%	0,6	12,7	0,4	9,3	0,3	7,2	0,3	5,6
Verarbeitendes Gewerbe	- 0,5%	119,1	2.643,9	114,8	2.398,8	108,7	2.160,9	102,3	1.935,2
Energie- und Wasserversorgung	+/- 0%	5,6	305,3	4,9	266,1	4,5	245,4	4,5	243,0
Baugewerbe	+/- 0%	35,0	202,7	33,7	195,1	32,6	188,4	31,6	182,8
Handel; Instandhaltung und Reparatur	- 1,0%	171,0	3.309,2	167,2	2.867,7	162,2	2.516,5	157,4	2.208,5
Gastgewerbe	+ 1,0%	53,2	2.393,1	58,4	2.960,8	57,0	3.191,0	54,7	3.386,4
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	- 1,0%	95,0	938,4	95,6	836,8	93,5	739,9	90,7	649,4
Kredit- und Versicherungsgewerbe	- 0,5%	51,7	554,1	48,9	493,6	46,1	443,0	43,4	396,8
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	- 0,5%	255,4	6.061,4	284,4	6.355,2	280,6	5.964,8	275,0	5.560,7
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	- 0,75%	60,1	631,5	55,9	535,8	53,2	473,7	50,6	417,8
Erziehung und Unterricht	+/- 0%	59,5	174,3	62,9	184,2	62,7	183,6	60,8	178,2
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	+/- 0%	99,9	5.946,0	108,3	6.443,0	109,3	6.503,8	110,4	6.569,1
Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen	- 1,5%	73,9	779,5	79,9	702,9	79,2	599,1	77,6	504,8
Alle Wirtschaftsbereiche*		1.099,9	24.313,5	1.136,9	24.556,1	1.111,5	23.481,6	1.080,9	22.465,5

\*: Erwerbstätige inklusive Private Haushalte mit Personal, Wasserbedarf exklusive.  
Quelle: Berechnungen und Schätzungen des ifo Instituts nach Handelskammer Hamburg, HAMBURG WASSER und PROGNOSES.

In Tabelle 16 wird die Entwicklung in den verschiedenen Wirtschaftszweigen nochmals übersichtlich zusammengestellt. Daran ist erkennbar, dass der Wasserbedarf bis 2045 zwar in den meisten – nämlich in elf – Wirtschaftszweigen zurückgehen wird, und zwar zum Teil sehr deutlich, nämlich zum Teil bis zu einem Viertel oder einem Drittel weniger als in 2011, im Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden sogar bis über die Hälfte.

*Tabelle 16: Prozentuale Veränderung des Wasserbedarfs nach Wirtschaftszweigen bei sektoral differenzierter Entwicklung zwischen dem Basisjahr 2011 und 2045*

<b>Wirtschaftszweig</b>	<b>Änderung des Wasserbedarfs 2011–2045 in %</b>
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	-37,1%
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	-56,0%
Verarbeitendes Gewerbe	-26,8%
Energie- und Wasserversorgung	-20,4%
Baugewerbe	-9,8%
Handel; Instandhaltung und Reparatur	-33,3%
Gastgewerbe	+41,5%
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	-30,8%
Kredit- und Versicherungsgewerbe	-28,4%
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	-8,3%
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	-33,8%
Erziehung und Unterricht	+2,2%
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	+10,5%
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	-35,2%
<b>Alle Wirtschaftszweige</b>	<b>-7,6%</b>
Quelle: Prognose des ifo Instituts auf Grundlage von PROGNOSE, HAMBURG WASSER, Handelskammer Hamburg und Experteninterviews	

Diese Entwicklung wird durch den Zuwachs der Erwerbstätigen in drei beschäftigungsstarken Branchen teilweise soweit kompensiert, dass der Gesamtbedarf von GHD und Industrie am Ende des Prognosezeitraums nur um 7,6% unter dem Ausgangswert von 2011 liegt. Bei diesen beschäftigungsstarken Branchen handelt es sich um die Wirtschaftszweige „Gastgewerbe“, „Erziehung und Unterricht“ sowie „Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen“, die nach der Prognose im PROGNOSE Deutschlandreport im Jahr 2013 insgesamt 212.600 Erwerbstätige bzw. 19,3% aller rund 1,1 Mio. Erwerbstätigen am Arbeitsort in Hamburg umfassen, und deren Erwerbstätigenzahl in der Fortschreibung bis 2045 auf 225.900 bzw. 20,9% aller Erwerbstätigen am Arbeitsort in Hamburg anwachsen wird. Dagegen haben bestimmte Branchen trotz ihres besonders hohen spezifischen Trinkwasserbedarfs wie Land- und Forstwirtschaft, Fischerei oder Energie- und Wasserversorgung aufgrund ihres gerin-

gen Anteils an den gesamten Erwerbstätigen einen nahezu vernachlässigbaren Einfluss auf den Trinkwasserbedarf.

In Abbildung 28 wird die sektoral differenzierte Prognose mit der Basisprognose (ohne Änderungen des spezifischen Wasserbedarfs) verglichen. Daran ist deutlich zu erkennen, dass die Prognosewerte bei einer sektoral differenzierten Entwicklung durchgängig unter den Werten der Basisprognose liegen. Bereits für das Jahr 2020 liegt der Wasserbedarf von GHD und Industrie in Hamburg um 539.200 m<sup>3</sup> bzw. 2,2% unterhalb des entsprechenden Wertes der Basisprognose. Für das Jahr 2030 beträgt die Differenz -1.163.900 m<sup>3</sup>, bzw. -4,8%. In 2040 liegt der Unterschied bei 1.745.700 m<sup>3</sup> bzw. -7,1% und schließlich im Jahr 2045 bei -1.961.700 m<sup>3</sup> bzw. -8,0%. (Nach der Basisprognose läge das Bedarfsmaximum im Jahr 2026 bei 25,5 Mio. m<sup>3</sup> bzw. 4,8% über dem Ausgangswert des Jahres 2011 und im Jahr 2045 bei 24,4 Mio. m<sup>3</sup> bzw. +0,5%.)

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die Prognosen nur auf den Trinkwasserbedarf von Industrie und GHD beziehen, aber nicht auf deren Eigenförderung.

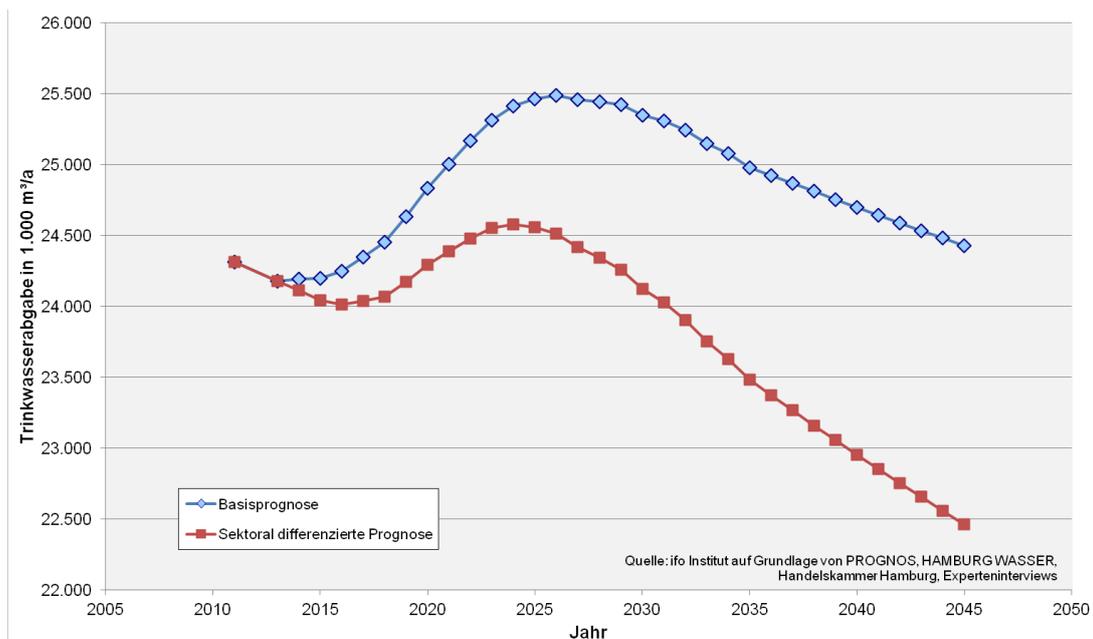


Abbildung 28: Wasserbedarf GHD und Industrie: Basisprognose und Prognose mit differenzierter Entwicklung

### 5.2.3 Fazit

Diese Untersuchung des Wasserbedarfs von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie in Hamburg wurde auf Basis der besten verfügbaren Datengrundlagen, Informationen und Prognosen über die Branchenentwicklung in Hamburg und die zu erwartenden Tendenzen des spezifischen Trinkwasserbedarfs in den einzelnen Wirtschaftszweigen erstellt. Anhand dieser Informationsgrundlagen kommt die Wasserbe-

darfsprognose zu dem Ergebnis, dass sich der Trinkwasserbedarf unter der Annahme gleichbleibender spezifischer Wasserverbräuche in den einzelnen Branchen in der Summe aller Wirtschaftszweige bis 2045 kaum verändern wird (Basisprognose). Unter der Annahme, dass sich die spezifischen Wasserverbräuche in den einzelnen Branchen unterschiedlich entwickeln und sich dabei teilweise sinkende spezifische Verbräuche einstellen werden, überlagern die daraus resultierenden Wassereinsparungen das Wirtschaftswachstum in Hamburg und der Trinkwasserverbrauch wird in 2045 gegenüber der Basisprognose um ca. 2 Millionen m<sup>3</sup> bzw. 8,0% niedriger liegen. Bedingt durch die günstige wirtschaftliche Entwicklung einerseits und den Bevölkerungszuwachs und damit Beschäftigtenzuwachs andererseits wird der Wasserbedarf bis 2025 zunächst noch um einige 100.000 m<sup>3</sup> pro Jahr zunehmen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die Prognose der Wirtschaftsentwicklung und des branchenspezifischen Wasserbedarfs mit wesentlich mehr Unsicherheiten behaftet ist als die Prognose der demografischen Entwicklung und des Wasserverbrauchsverhaltens der privaten Haushalte. Die Übersicht über eine Auswahl vergleichbarer Wasserbedarfsprognosen anderer Städte bzw. Regionen im Anhang in Abschnitt 8.8 lässt den Schluss zu, dass der gewerbliche Wasserverbrauch in derartigen Untersuchungen im Vergleich zum Haushaltsverbrauch eher rudimentär behandelt wird. Auch in den dort dargestellten Untersuchungen werden die Erwerbstätigen als Bezugsgröße für die Wasserbedarfsprognosen verwendet, der Umsatz oder die Wertschöpfung jedoch kaum. Daraus könnten sich gewisse Unschärfen ergeben, da die Entwicklung der Erwerbstätigen aufgrund von Produktivitätssteigerungen hinter der Entwicklung der Wertschöpfung oder des Umsatzes zurückbleiben kann. Diese Unschärfen relativieren sich allerdings insofern, als der Trinkwasserbedarf in den meisten Branchen im Wesentlichen von der Erwerbstätigenzahl und weniger von der Produktionsmenge abhängt, wie dies auch in den Prognosen in Abbildung 28 unterstellt wurde und der Großteil des gesamten Trinkwasserbedarfs ohnehin den privaten Haushalten zuzuschreiben ist.

In der Gesamtprognose wird für den Wasserbedarf der Wirtschaft nur die sektoral differenzierte Prognose für GHD und Industrie verwendet, da nur sie erwartete branchenspezifische Effizienzsteigerungen berücksichtigt.

### **5.3 Prognose von sonstigen Verbrauchern, Weiterverteilern, HWW Selbstverbrauch, Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten**

#### **5.3.1 Sonstige Verbraucher**

Wie in Abschnitt 3.2.5 ausgeführt, umfassen „Sonstige Verbraucher“ jene Verbrauchsstellenarten, die keiner anderen Verbrauchskategorie zugeordnet werden können, einschließlich dem HWW Eigenverbrauch (Selbstverbrauch von HAMBURG WASSER). Da über die zugrundeliegenden Verbrauchsmuster und -dynamiken keine

näheren Informationen verfügbar sind, wird für die zukünftige Entwicklung von keinen Änderungen für diese Verbrauchskategorie ausgegangen (s. Abbildung 29).

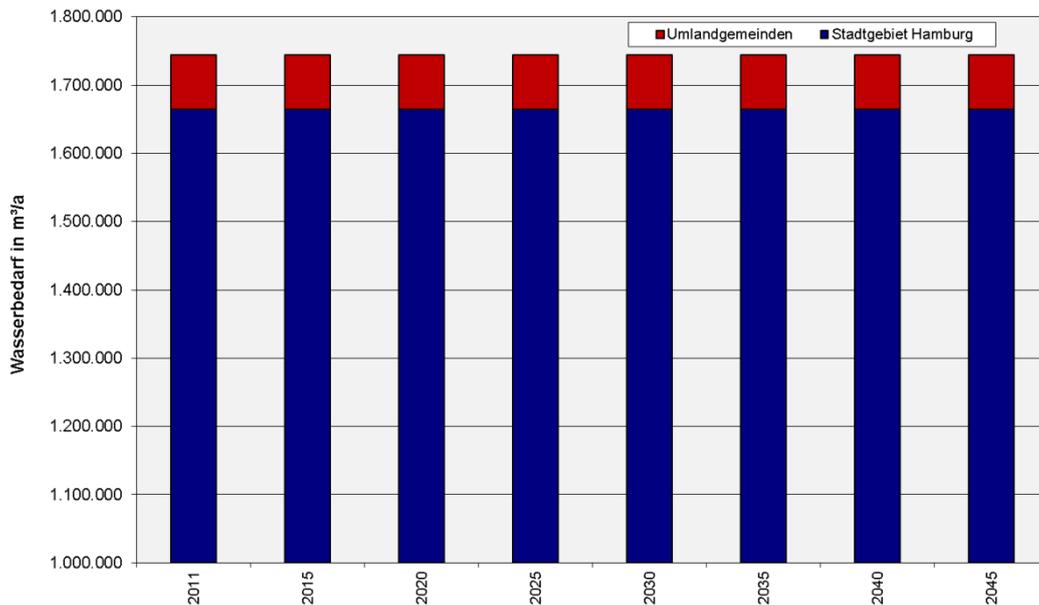


Abbildung 29: Prognose der Trinkwasserabgabe an sonstige Verbraucher bis 2045. Es wird von einer konstanten Entwicklung ausgegangen, mit den Abgabemengen des Basisjahres 2011 als Bezugswerte

### 5.3.2 Weiterverteiler

Auf Grundlage der verfügbaren Informationen zur Trinkwasserabgabe an die Weiterverteiler wird für den Prognosezeitraum von einer Planmenge von 6.872.00 m<sup>3</sup> pro Jahr ausgegangen.

### 5.3.3 Eigenbedarf und Rohrnetzverluste

Die jährlichen Mengen von Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten zeigen über den 10-Jahres-Zeitraum unmittelbar vor dem Basisjahr der Prognose einen Verlauf ohne erkennbaren Trend auf, siehe Abbildung 30.

Dabei variieren die relativen Anteile an der Rohwassermenge zwischen 2,3% und 4,4% für den Eigenbedarf und zwischen 3,8% und 4,2% für die Rohrnetzverluste. Da keine Informationen über Änderungen an der gegenwärtigen Situation verfügbar sind, wird von einem weiter stabilen Trend innerhalb dieses Korridors ausgegangen. In der Prognoseberechnung werden daher die jeweils mittleren Anteile an der Rohwassermenge fortgeschrieben, so dass von einem Eigenbedarf von 3,4% und Rohrnetzverlusten von 4,0% der Rohwassermenge ausgegangen wird.

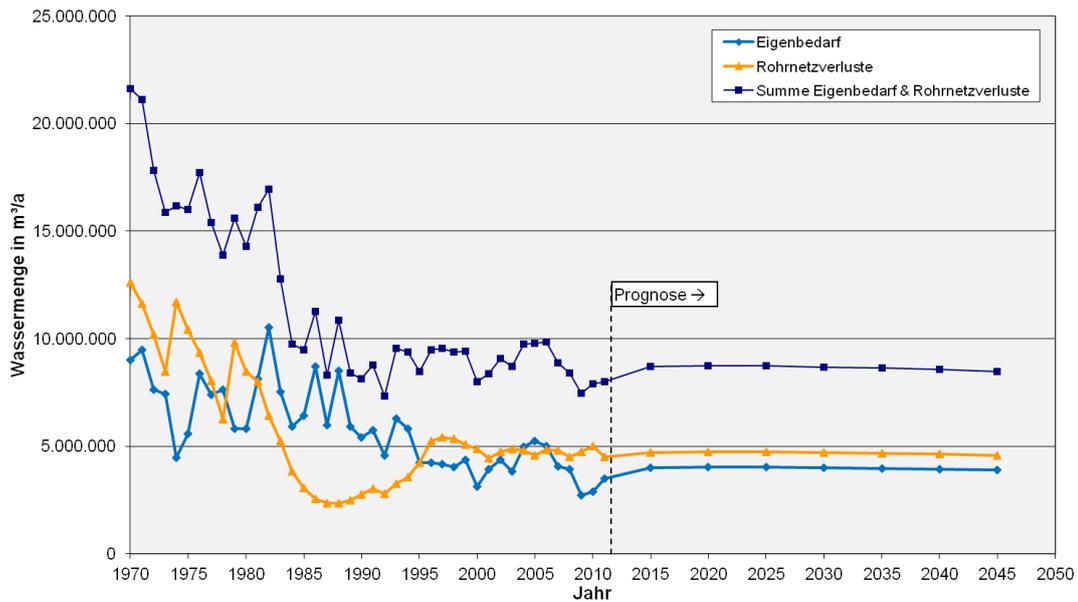


Abbildung 30: Vergangene (1960–2011) und erwartete (bis 2045) Entwicklung von Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten

#### 5.4 Gesamtprognose/Referenzszenario (Szenario 1)

Die Gesamtprognose enthält alle Verbrauchskategorien (Haushalte, GHD, Industrie, Sonstige), die Weiterverteiler sowie den Eigenbedarf und die Rohrnetzverluste. Unabhängig vom Szenario wird für den Wasserbedarf der Wirtschaft nur die sektoral differenzierte Prognose für GHD und Industrie verwendet (vgl. 5.2.3). Die Entwicklung bis 2045 zeigt, dass unter den Annahmen des Referenzszenarios der seit Jahrzehnten zu beobachtende Rückgang des Gesamtwasserbedarfs zum Stillstand gekommen ist (s. Abbildung 31 und Abbildung 32). So liegt der Rohwasserbedarf im Jahre 2045 um 2,6% unter dem des Jahres 2011. Blickt man auf die letzten Jahre zurück, scheint das aktuelle Niveau schon 2007 erreicht worden zu sein. Dabei sollte allerdings festgehalten werden, dass der geringfügige Wiederanstieg nach 2008 in der Größenordnung einer vermehrten Abgabe in der Kategorie Weiterverteiler seit 2009.

Die verschiedenen Verbrauchskategorien haben unterschiedlichen Anteil an der aktuellen und zukünftigen Entwicklung.

- Bei den privaten Haushalten ist ein weiterer Rückgang des Trinkwasserbedarfs über den gesamten Prognosezeitraum zu verzeichnen (s. Abbildung 24), der spezifische Wasserbedarf steigt nach 2030 wieder geringfügig an (s. Abbildung 23 und Abbildung 25). Für Hamburg beträgt der Rückgang im Trinkwasserbedarf -1,9% bis 2045, für die Umlandgemeinden -5,6%. Beim spezifischen Wasserbedarf beträgt der Rückgang -5,2% für Hamburg bzw. -4,5% für die Umlandgemeinden.
- Die zwischenzeitliche leichte Erhöhung der gesamten benötigten Rohwassermenge nach 2015 bis 2025 (+0,5% im Vergleich zu 2011, vgl. Abbildung 32, Abbildung 33, Abbildung 34) wird zum größten Teil durch den höheren Bedarf bei GHD

getragen (+2,3%), welcher auf einer Zunahme der Erwerbstätigenzahl beruht und danach wieder leicht abnimmt. Der Bedarf der Industrie sinkt dagegen von Beginn an kontinuierlich. Hinzuzufügen ist noch, dass nur für den Wirtschaftssektor Gastgewerbe eine Zunahme beim spezifischen Wasserbedarf (pro Erwerbstätigen) angenommen wird. Alle anderen Sektoren weisen konstante oder abnehmende spezifische Bedarfe auf.

- Bei der Wasserabgabe an die Weiterverteiler kommt es zu einem geringfügigen Anstieg ab dem ersten Prognosejahr (+1,2%), der weitere Verlauf ist durch die vereinbarten Wassermengen festgelegt und wird im Modell als konstant angenommen.
- Der Anteil von Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten war im Basisjahr 2011 unterdurchschnittlich verglichen mit den davor liegenden zehn Jahren (Anteil von 6,8% an Rohwassermenge gegenüber einem Durchschnitt von 7,4%). Da mit dem festen Prozentsatz des Durchschnitts prognostiziert wird, fällt der Anstieg zum ersten Prognosezeitpunkt relativ groß aus, danach folgt er der allgemeinen Entwicklung.

Insgesamt ergibt sich beim Referenzszenario ein Bild, das den Wasserbedarf im Versorgungsgebiet nach einer Stagnation bis 2025 für die nächsten Jahrzehnte als nur noch leicht abnehmend erscheinen lässt. Die Rohwassermenge von 2011 wird nach der Prognose in den Folgejahren nicht mehr erreicht.

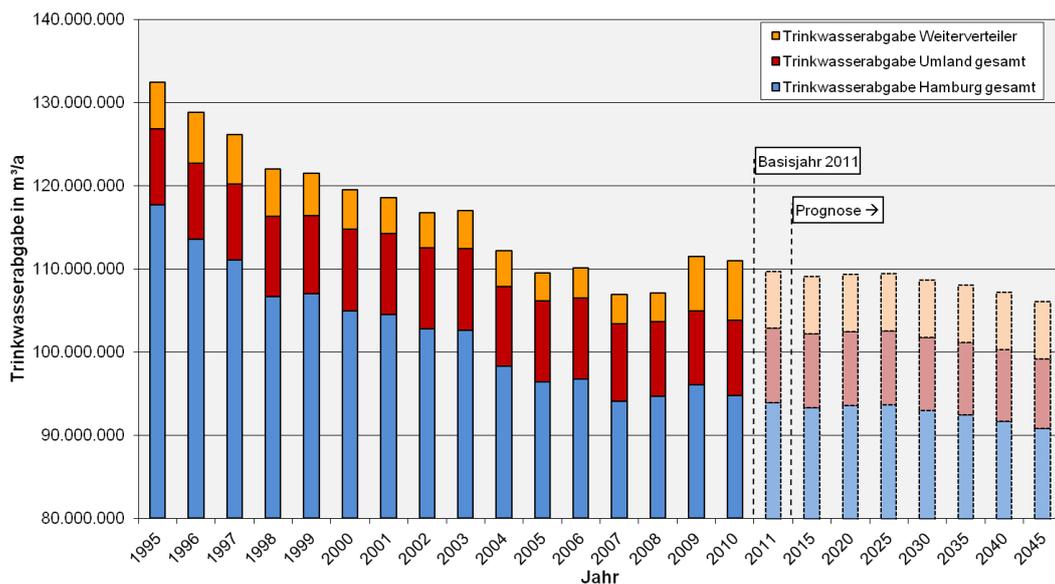


Abbildung 31: Vergangene (1995–2011) und prognostizierte (bis 2045) Trinkwasserabgaben im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose). Bis 2011 werden Jahresschritte dargestellt, danach 5-Jahresschritte für die Prognose. (Datenquellen: bis 2010 nach Berichtslegung HWW; Basisjahr 2011 nach Wasserabgabe Verbrauchsstellenarten HWW; ab 2015: Prognose)

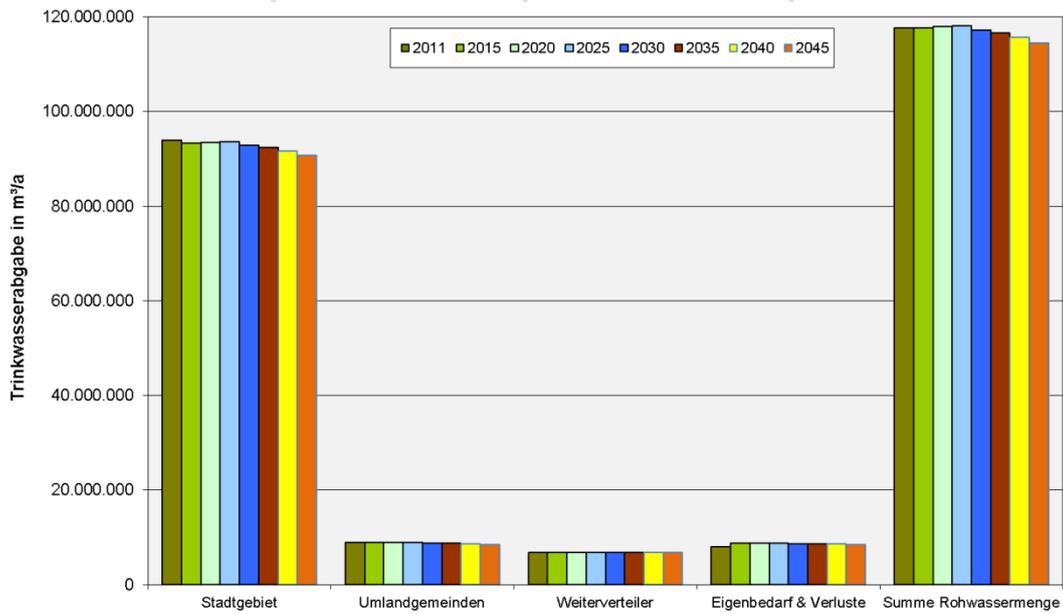


Abbildung 32: Prognostizierter Wasserbedarf sowie Rohwassermenge bis 2045 im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

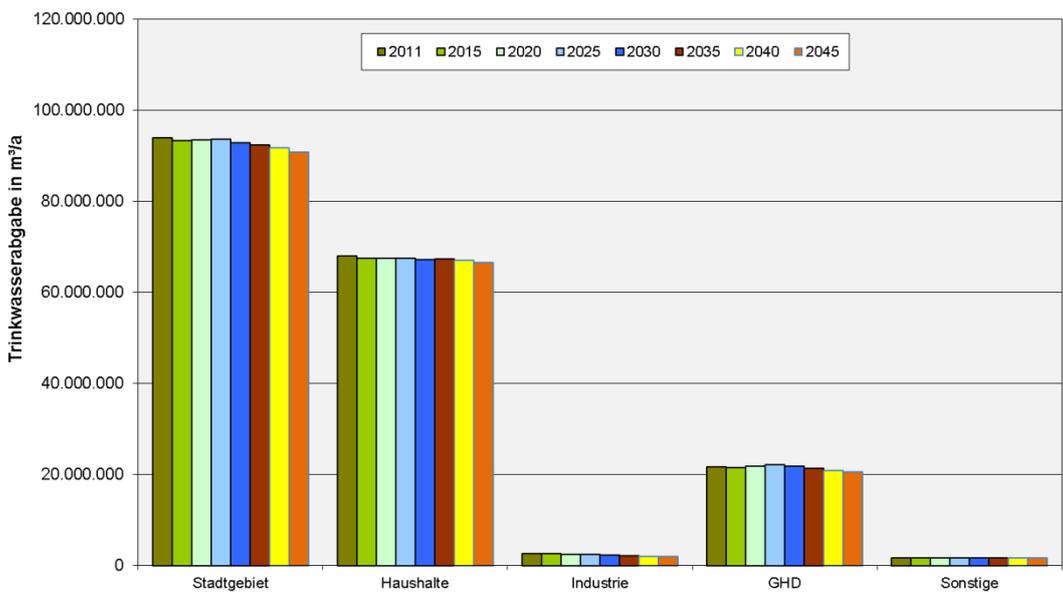


Abbildung 33: Prognose der Trinkwasserabgabe an die verschiedenen Nutzergruppen in Hamburg 2011–2045 im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

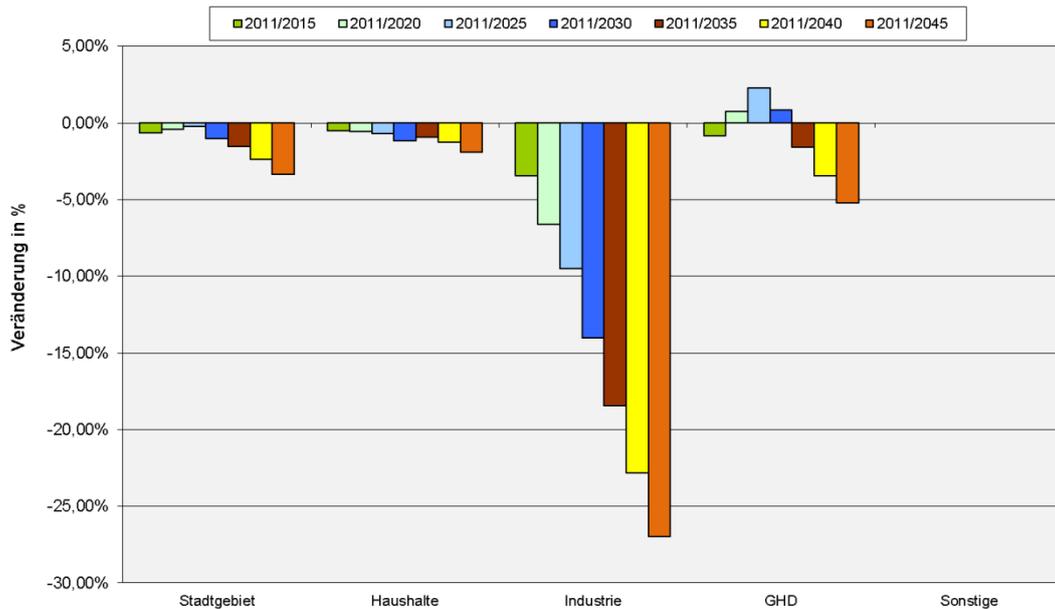


Abbildung 34: Prognose der Veränderungen der Trinkwasserabgabe an die verschiedenen Nutzergruppen in Hamburg 2011–2045 im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose); bei sonstigen Verbrauchern wird nicht von Veränderungen ausgegangen

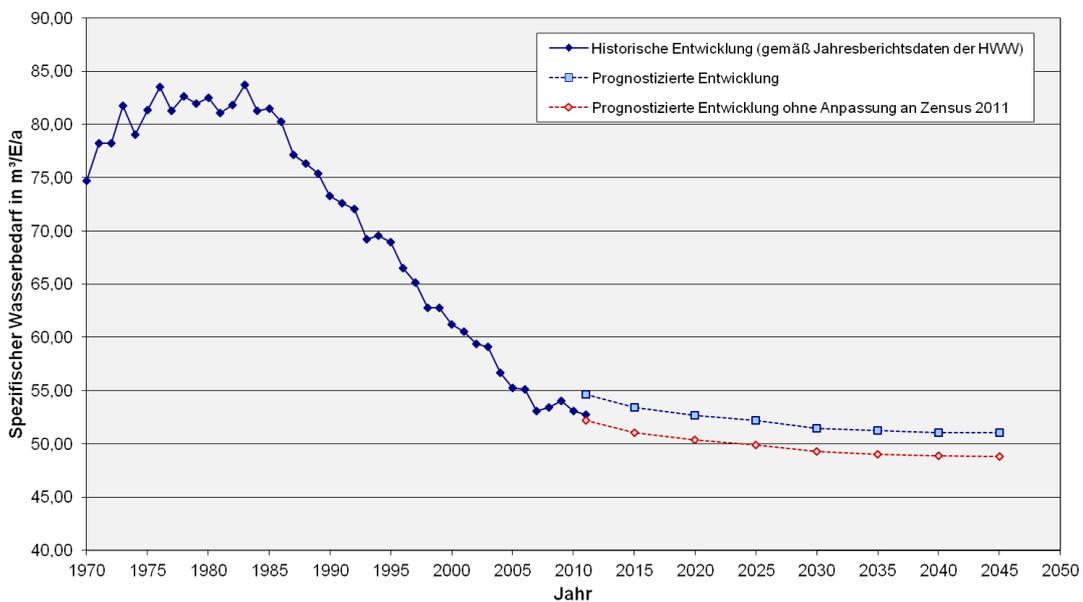
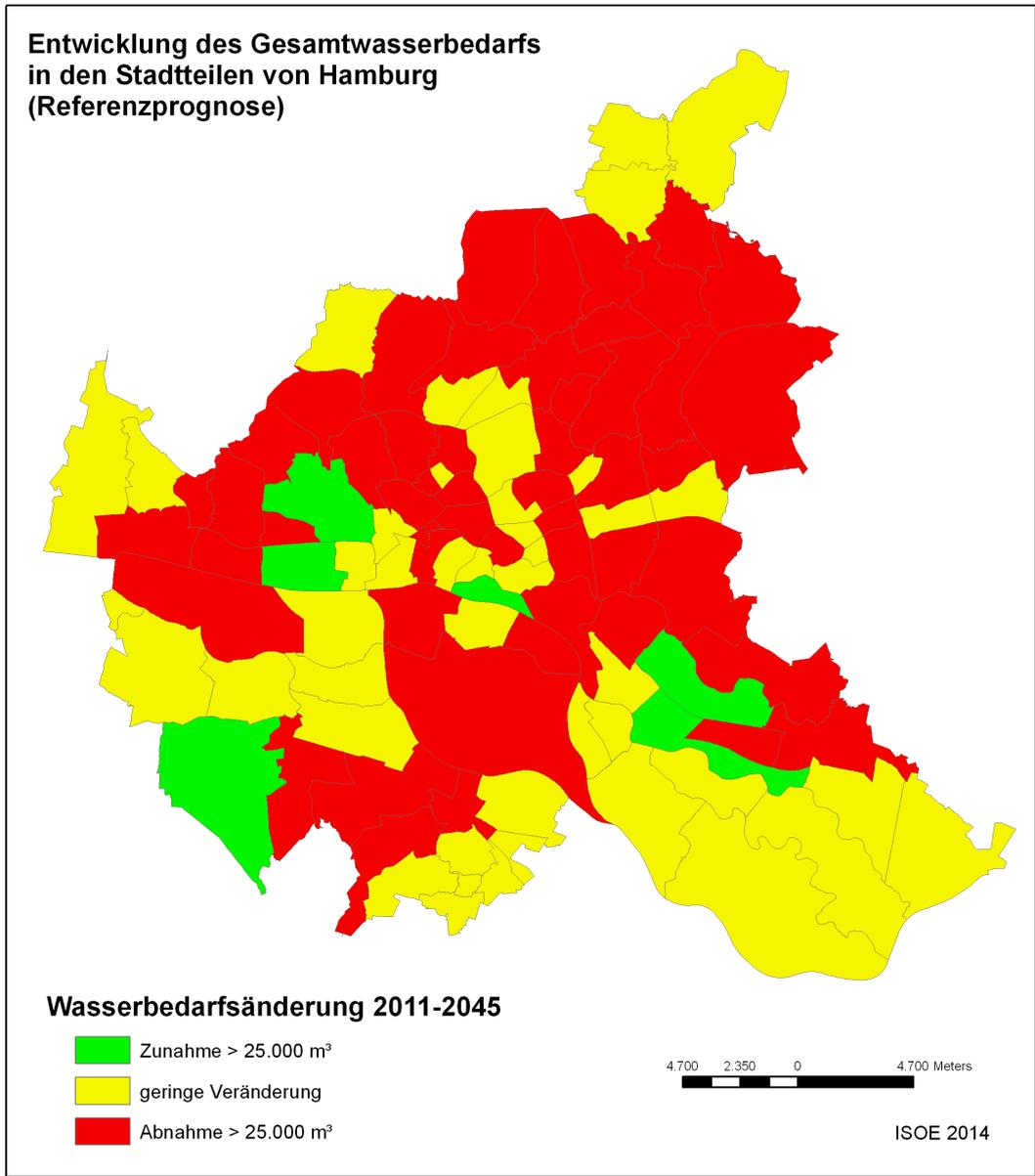


Abbildung 35: Spezifischer Wasserbedarf pro Einwohner im Stadtgebiet Hamburg auf Basis der Trinkwasserabgabe an alle Verbrauchergruppen

In Abbildung 35 ist der Anschluss der Prognosewerte des spezifischen Wasserbedarfs (gesamte Trinkwasserabgabe) an die Historie dargestellt. Hier zeigt sich einerseits, dass der spezifische Wasserbedarf in Zukunft langsamer sinken wird als in den vergangenen 30 Jahren und sich unter den angenommenen Bedingungen nach 2030 stabilisiert. Andererseits führt die Berücksichtigung der geringeren Einwohnerzahl auf Basis des Zensus 2011 zu einer Anhebung des spezifischen Wasserbedarfs um etwa 5%.



*Abbildung 36: Prognostizierte Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe (Haushalte, GHD, Industrie, Sonstige, ohne Weiterverteiler) in den Stadtteilen Hamburgs im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose). Dargestellt ist die Änderung zwischen dem Basisjahr 2011 und dem Prognosejahr 2045.*

Die Entwicklung des jährlichen Wasserbedarfs in den 103 Stadtteilen Hamburgs wird nach den Prognoseergebnissen bis 2045 divergieren (s. Abbildung 36). 14 Stadtteile weisen demnach einen zunehmenden Wasserbedarf auf, davon sechs (6%) um mehr als 25.000 m<sup>3</sup>/a. In 45 Stadtteilen (44%) werden nur geringe Veränderungen erwartet ( $\pm 25.000$  m<sup>3</sup>/a). Die Hälfte der Stadtteile wird mit einem um mehr als 25.000 m<sup>3</sup>/a sinkenden Wasserbedarf zu rechnen haben. Die unterschiedliche Dynamik der Stadtteile wird zum größten Teil durch den Wohnungsbau getragen, da der Wasserbedarf der Wirtschaft in jedem Stadtteil proportional zur gesamtstädtischen Entwicklung verläuft. Allerdings führt z.B. in Wilhelmsburg der Rückgang des dort zurzeit noch hohen industriellen Wasserbedarfs zu einer starken Abnahme, die auch durch Wohn-

bauprojekte nicht aufgefangen wird. Erwähnenswert ist der hohe Anstieg des Wasserbedarfs in der HafenCity um 105%, der ausschließlich auf den Wohnungsbau zurückzuführen ist. In 65% der Stadtteile ist das Basisjahr zugleich das Maximum des Wasserbedarfs, d.h. ab 2011 erfolgt hier eine kontinuierliche Abnahme. Die übrigen Stadtteile erreichen bis auf sehr wenige Ausnahmen ihr Maximum des Wasserbedarfs im Jahr 2025.

An der Aufteilung des Wasserbedarfs auf die Versorgungszonen für Hamburg und die Umlandgemeinden (inkl. Weiterverteiler) wird sich nach Abbildung 37 nur wenig ändern. Die leichte Zunahme in der Versorgungszone Mitte bis 2025 liegt vor allem im Wachstum der HafenCity begründet. Für den Anstieg in der Zone Nord-Ost zwischen 2011 und 2015 ist die Steigerung der Wasserabgabe durch höhere Planlieferungen an Lübeck maßgeblich. Die Zone West weist im gleichen Zeitraum eine Abnahme aus, die auf den Wegfall der Lieferungen an das Wasserwerk Uetersen zurückgeht (bis einschließlich 2011 aus Bilanzgründen in Zone West weitergeführt).

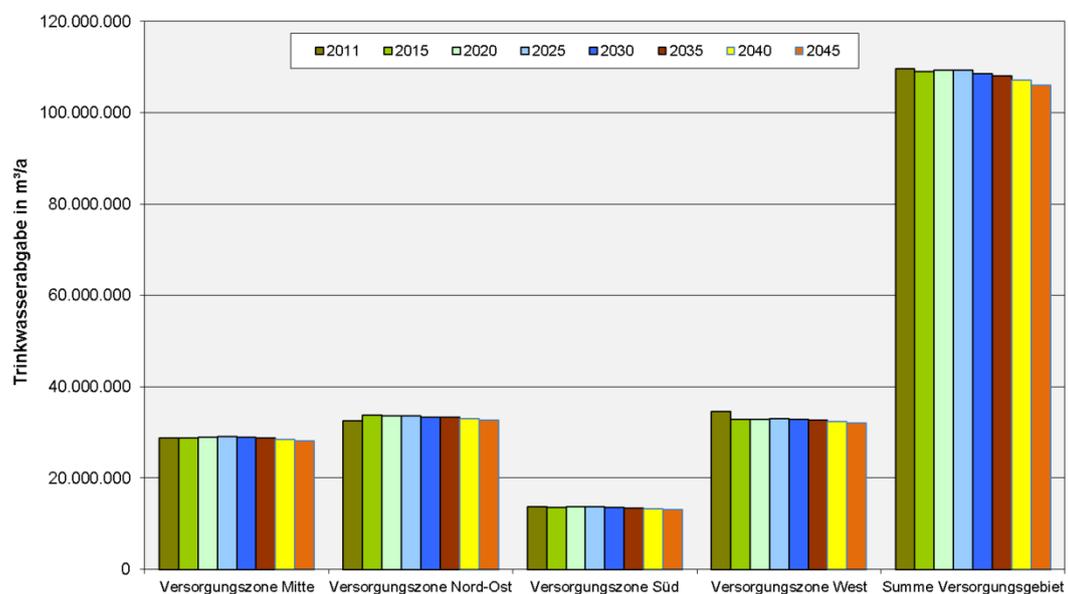


Abbildung 37: Prognostizierte Entwicklung der gesamten Trinkwasserabgabe (inkl. Weiterverteiler, ohne Eigenbedarf und Rohrnetzverluste) in den Versorgungszonen von HAMBURG WASSER zwischen 2011 und 2045 im Referenzszenario (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

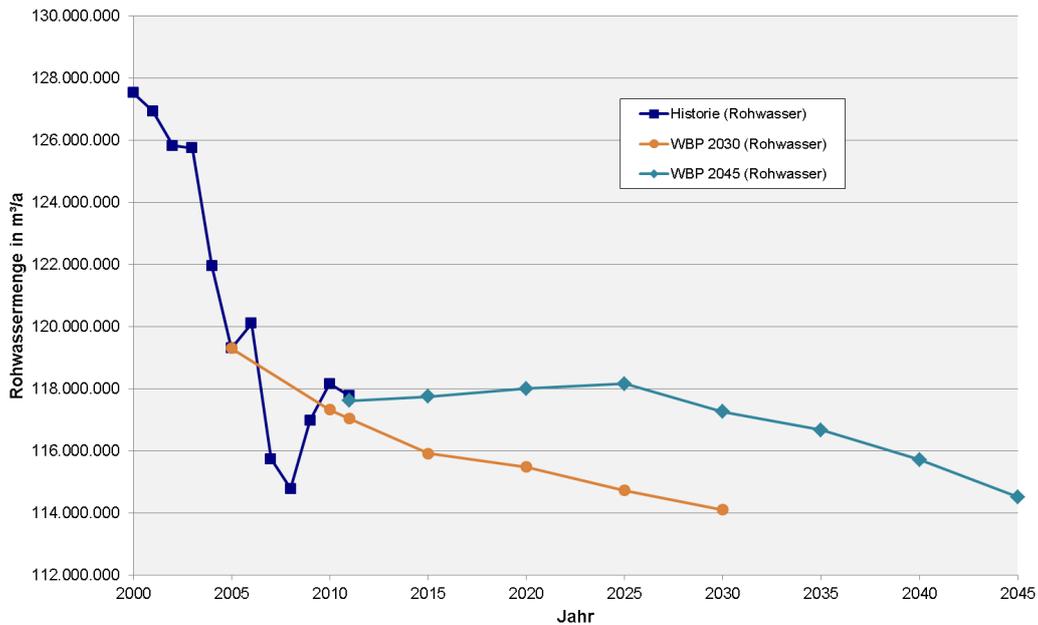


Abbildung 38: Vergleich der Wasserbedarfsentwicklung anhand der Rohwassermengen. Die vergangene Bedarfsentwicklung (Historie) basiert auf den Jahresberichten von Hamburg Wasser. Als Prognosen sind die Referenzentwicklungen der Wasserbedarfsprognose 2030 (WBP 2030) mit Basisjahr 2005 und der WBP 2045 mit Basisjahr 2011 dargestellt. (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

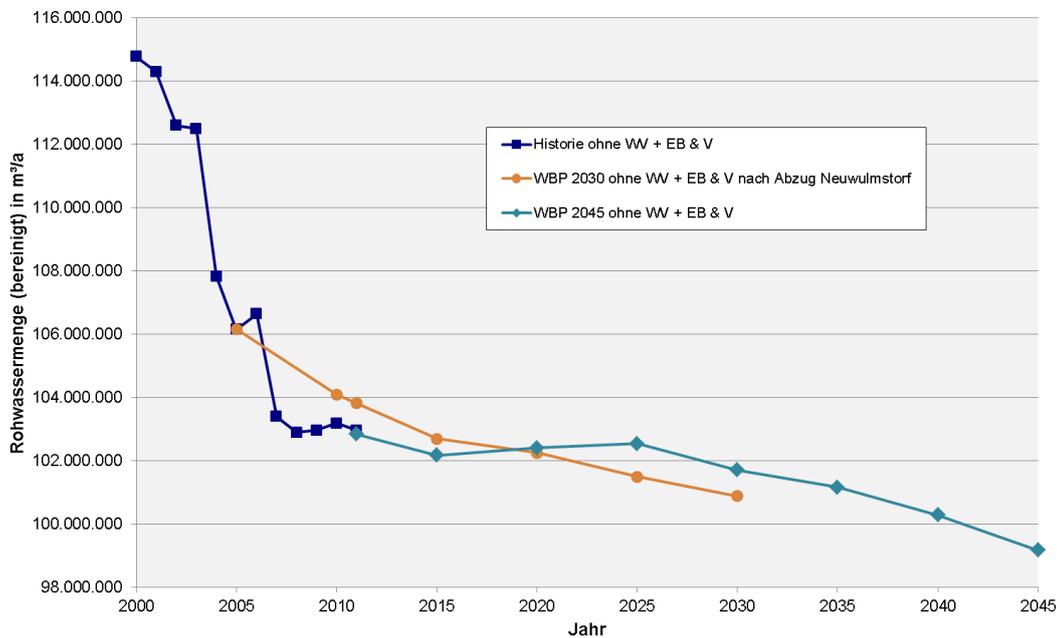


Abbildung 39: Bereinigter Vergleich der vergangenen und prognostizierten Wasserbedarfsentwicklung aus Abbildung 38 durch Abzug der jeweils in den Bedarfsentwicklungen enthaltenen Mengenanteile von Weiterverteilern (WV), Eigenbedarf (EB) und Verlusten (V). In den Zahlen der WBP 2030 ist der zwischen 2007 und 2011 erfolgte Wegfall von Teilgebieten aus der Versorgung durch HAMBURG WASSER berücksichtigt. (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

Die Historie der tatsächlichen Entwicklung der Rohwassermenge bis 2011 ist in Abbildung 38 zusammen mit den Wasserbedarfsprognosen 2030 und 2045 dargestellt. Die frühere Prognose aus dem Jahr 2007 setzt daran in ihrem Basisjahr 2005, die neu vorliegende Prognose von 2014 im Basisjahr 2011 an. Anfangs liegt die neue Prognose nur leicht über der früheren, der Unterschied steigt bis zum Jahr 2025 auf mehr als 3 Mio. m<sup>3</sup>/a an und beginnt sich 2030 wieder leicht zu vermindern. Die Aussagekraft eines solchen direkten Vergleichs ist jedoch dadurch begrenzt, dass zu den jeweiligen Zeitpunkten der Prognoseerstellung unterschiedliche Annahmen über die versorgten Weiterverteiler und Umlandgemeinden zugrunde lagen. Zudem werden die tatsächlichen Schwankungen von Eigenbedarf und Verlusten in den Prognosen durch konstante Werte bzw. Raten angenähert. Ein um diese Effekte bereinigter Vergleich zeigt in Abbildung 39 einen deutlich engeren Korridor, in dem sich die Referenzprognosen 2030 und 2045 bewegen. Zunächst zeigt die bereinigte Entwicklung des tatsächlichen Bedarfs zwischen 2007 und 2011 eine Stabilisierung ihres vorher deutlich ausgeprägten Abwärtstrends. Die an diesem Verlauf ansetzende Bedarfsentwicklung nach der neuen Prognose liegt etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a unter der früheren Prognose. Während die frühere Prognose eine stetige, leichte Abnahme zeigt, steigt der Bedarf in der neuen Prognose leicht an und liegt 2025 etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a über der früheren Prognose. Hauptursache hierfür ist der in der neuen Prognose angenommene höhere Wasserbedarf der Wirtschaft und ein verlangsamter Rückgang beim Haushaltswasserbedarf. Ab 2025 verläuft die Abnahme in beiden Prognosen in etwa parallel, wobei die neuere Prognose um etwa knapp 1 Mio. m<sup>3</sup>/a höher liegt als die Prognose 2030. Für die Zeit nach 2030 kann kein Vergleich gezogen werden.

## 5.5 Szenarien

### 5.5.1 Szenario 2: „Bevölkerung (obere Variante der Vorausberechnung)“

Die aktuell hohe Dynamik in der Bevölkerungsentwicklung Hamburgs begründet die Bereitstellung eines weiteren Bevölkerungsszenarios zusätzlich zum Referenzszenario. Beide basieren auf der Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Bundes und der Länder für die Bundesländer bis 2060 (vgl. Kapitel 4.3.2). Bei der oberen Variante (W2) wird nun von einem stärkeren Zuzug aus dem Ausland in die Bundesrepublik ausgegangen, was sich in einem höheren und länger andauernden Bevölkerungswachstum darstellt. Demnach wird die Spitze der Bevölkerungszahl voraussichtlich im Jahr 2037 erreicht sein, bevor der demografische Wandel die Bevölkerungszahl schrumpfen lässt. Wie beim Referenzszenario wird die Dynamik der gewählten Variante auf den Zensus 2011 aufgesetzt. Dies bedeutet ein niedrigeres Startniveau bei 1,718 Mio. Einwohnern in 2011, so dass die Bevölkerung – obwohl bis zum Peak im Jahr 2037 um etwa 120.000 Einwohner zunehmend – mit 1,839 Mio. Einwohnern nur etwa 25.000 Einwohner höher liegt als beim Referenzszenario der alten Wasserbedarfsprognose (s. Abbildung 40). Für die Umlandgemeinden gibt es nur ein Referenzszenario, so dass sich hier keine Änderungen im Wasserbedarf ergeben. Der Wasserbedarf der Wirtschaft beruht auf der sektoral differenzierten Prognose.

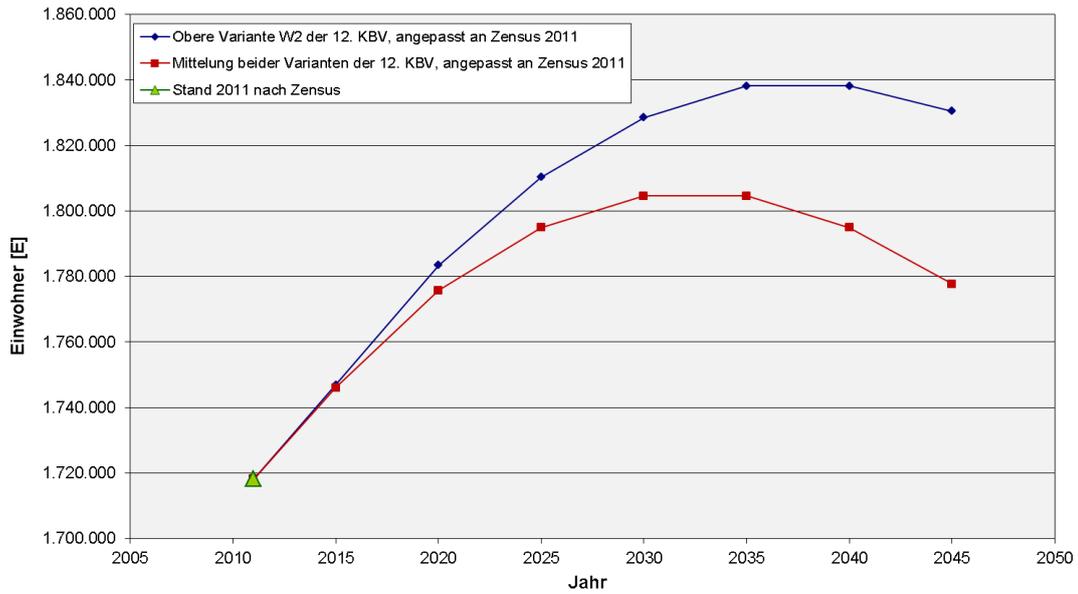


Abbildung 40: Bevölkerungsentwicklung im Vergleich zwischen der oberen Variante W2 und der Mittlung beider Varianten der 12. KBV für das Stadtgebiet Hamburg bis 2045, angepasst auf den Zensus 2011

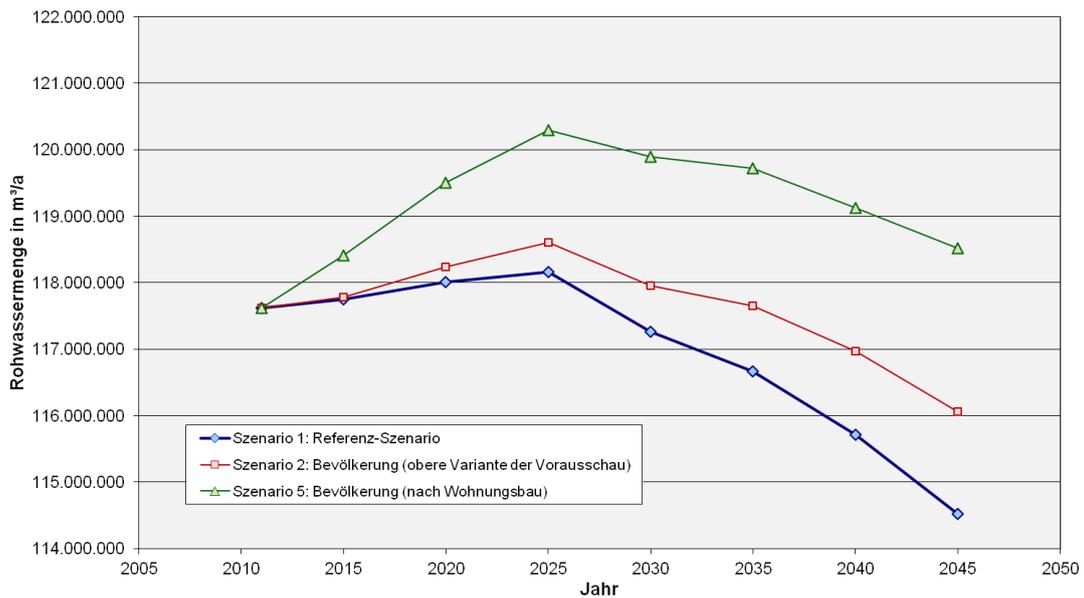


Abbildung 41: Szenarien des Rohwasserbedarfs im Versorgungsgebiet bei unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklungen Hamburgs im Vergleich zum Referenzszenario. Szenario 2 zeigt den Bedarf im Fall der oberen Variante der Bevölkerungsvorausberechnung für Hamburg, angepasst an den Zensus 2011. In Szenario 5 wird der Bedarf für Hamburg nur aus der Entwicklung des Wohnungsbaus abgeleitet, ohne Berücksichtigung der Bevölkerungsvorausberechnung der 12. KBV. (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

### *Auswirkung auf den Wasserbedarf*

Die Annahme des Bevölkerungsszenarios mit stärkerem Anstieg der Bevölkerung in Hamburg führt zu einer fast gleichbleibenden Wasserabgabe an die Hamburger Haushalte bis 2045 ungefähr auf dem Niveau von 2011 (68 Mio. m<sup>3</sup>/a). In den Umlandgemeinden sinkt der Bedarf unter Annahme geringeren Wachstums als in Hamburg in diesem Szenario um etwa 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a. Die Trinkwasserabgabe an alle Nutzergruppen im Versorgungsgebiet steigt bis 2025 um 0,2 Mio. m<sup>3</sup> an, bevor sie ab 2030 unter das Ausgangsniveau von 2011 sinkt und bis 2045 um insgesamt 2,1 Mio. m<sup>3</sup>/a abnimmt. Die Unterschiede der Bevölkerungsszenarien in Bezug auf den Rohwasserbedarf im Versorgungsgebiet zeigt Abbildung 41.

### **5.5.2 Szenario 3: „Klimawandel“**

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, stellt im Internet den Norddeutschen Klimaatlas zur Verfügung.<sup>7</sup> In diesem Klimaatlas werden die Spannbreiten von vorhergesagten Veränderungen auf Basis regionaler, dynamischer Klimamodelle wiedergegeben. Dargestellt sind charakteristische Klimaparameter wie Temperatur, Niederschlag und Regentage. Die einbezogenen Klimamodelle sind COSMO-CLM, REMO und RCAO mit jeweils mehreren Klimarechnungen und unter unterschiedlichen Emissionsszenarien vom IPCC. Das regionale Klimamodell WETTREG ist hier nicht berücksichtigt, da es sich um kein dynamisches, sondern ein statistisches Modell handelt.

Für die Ermittlung der Spannbreiten von Klimaparametern können beliebige 30-Jahreszeiträume zwischen 2011 und 2100 sowie unterschiedliche Betrachtungsregionen frei gewählt werden. In Tabelle 17 sind die Ergebnisse für die Regionen „Norddeutschland“ und „Metropolregion Hamburg“ für den Zeitraum 2031–2060, in dessen Mitte der Prognosehorizont 2045 liegt, aufgeführt. Sie zeigen zunächst, dass die erwarteten Veränderungen für Norddeutschland und die Metropolregion nur geringfügig voneinander abweichen. Insgesamt wird in allen Rechnungen von einer Erhöhung der Temperatur ausgegangen, wobei hierbei die Wintermonate stärker betroffen sind als die Sommermonate. Aussagen zum Niederschlag sind generell mit höheren Unsicherheiten behaftet. Die klare Tendenz zu einem Niederschlagsanstieg im Jahresmittel ist mit konträren Entwicklungen für die Sommer- und Wintermonate verbunden. Während die Sommer noch indifferent sind und erst in längeren Zukunftsprojektionen trockener erwartet werden (7% bis 41% weniger Niederschlag im Sommer für den Zeitraum 2071–2100 für die Metropolregion Hamburg), lassen die Ergebnisse der Klimamodelle deutlich feuchtere Winter erwarten. Insgesamt können damit trockenere und wärmere Sommer sowie feuchtere Winter erwartet werden.

Zusammengeführt werden diese Ergebnisse der Klimamodellrechnungen zu mittleren Änderungen der jährlichen Temperatur von ca. 1,4°C und der sommerlichen und win-

<sup>7</sup> Siehe [www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de)

terlichen Niederschläge von 0% bzw. +4,5%. Aufgrund der gegenüber den Daten zur Ableitung des Tagesprognosemodells weiter zurückliegenden Vergleichszeitraum der Klimadaten werden diese mittleren Änderungen um den Faktor 0,2 reduziert, so dass eine erwartete Temperaturänderung von 1,1°C und eine Zunahme des Winterniederschlags um 3,6% die Basis für eine Wirkungsabschätzung auf den Wasserbedarf darstellen.

Eine Wirkungsabschätzung für den Wasserbedarf im Versorgungsgebiet erfolgt durch Simulation auf Basis des multi-faktoriellen Tages-Prognosemodells. Das methodische Vorgehen gliedert sich in drei Schritte:

1. Betrachtung der zu erwarteten Wirkung von Verschiebungen gemäß den Klimaprognosen bezüglich der Verteilungen von Temperatur und Niederschlag auf die tägliche Wasserabgabe;
2. Realisierung der Veränderungen von Temperatur- und Niederschlagsverteilungen auf Basis konsistenter und plausibler Verfahren (Mittelwert-Verschiebung, Sampling-Verfahren) jedoch nicht auf Grundlage von Klimamodellrechnungen;
3. Übertragung prognostizierter Änderungen der mittleren Tagestemperatur auf die maximale Tagestemperatur.

Die Auswirkung des Klimawandels auf die abgeleiteten Einflussgrößen Trockenperiode und Hitze-/Trockenperiode zeigt Abbildung 42. Deutlich zu erkennen ist die Zunahme längerer Phasen trockener bzw. heißer und trockener Tage. Dargestellt sind in der Abbildung Änderungen in den absoluten Häufigkeiten bezogen auf die Häufigkeiten ohne Klima-Einfluss.

*Tabelle 17: Spannbreiten von Klimamodellrechnungen für Änderungen von Temperatur und Niederschlag gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961–1990 (Quelle: Norddeutscher Klimaatlas [www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de), Datenstand: August 2013). Zusätzlich sind in der rechten Spalte die für das Prognosemodell abgeleiteten Werte angegeben. Die Ableitung erfolgt über eine Korrektur der Mittelwerte der Spannbreiten um 20% nach unten. Die Korrektur erfolgt aufgrund des gegenüber den Daten des Tagesprognosemodells (s. Anhang 8.2) weiter zurückliegenden Vergleichszeitraums der Klimamodellrechnungen.*

	<b>Norddeutschland 2031–2060</b>	<b>Metropolregion Hamburg 2031–2060</b>	<b>Prognosemodell 2045</b>
<b>Temperaturänderungen</b>			
Jahreswert	+0,9°C bis +2,0°C	+0,8°C bis +2,0°C	+1,1°C
Sommer	+0,9°C bis +1,6°C	+0,9°C bis +1,6°C	kein Modellparameter
Winter	+0,9°C bis +2,8°C	+0,9°C bis +2,8°C	kein Modellparameter
<b>Niederschlagsänderungen</b>			
Jahreswert	+1% bis +7%	+1% bis +7%	kein Modellparameter
Sommer	-5% bis +6%	-6% bis +6%	0%
Winter	-1% bis +11%	-2% bis +11%	+3,6%

Das Simulationsergebnis ist in der Abbildung 43 dargestellt und liefert eine aus den Werten des dargelegten Klimawandelszenarios in Tabelle 17 folgende Abschätzung der Wirkung von Klimaänderungen zwischen 2005 und 2045 auf die mittlere tägliche Wasserabgabe, wobei die Einflüsse der Frühlings- und Herbstmonate nicht berücksichtigt sind:

- Der Temperatureffekt dominiert mit ca. 0,4% erwarteter Zunahme der mittleren täglichen Wasserabgabe. In den Sommermonaten wird eine Zunahme um ca. 1,0% erwartet.
- Der Niederschlagseffekt vermindert die mittlere tägliche Wasserabgabe minimal um ca. 0,01%. Im Sommer liegt dieser Effekt aufgrund der bereits erwähnten hohen Unsicherheit bei ca. 0%. Erst über 2045 hinaus kann hier mit einem klaren Trend gerechnet werden.
- Für den Klimaeffekt kann insgesamt eine Zunahme der mittleren täglichen Wasserabgabe um ca. 0,4% und in den Sommermonaten um 1,0%, in den Wintermonaten mit einem geringfügigen Rückgang von weniger als 0,2% gerechnet werden.

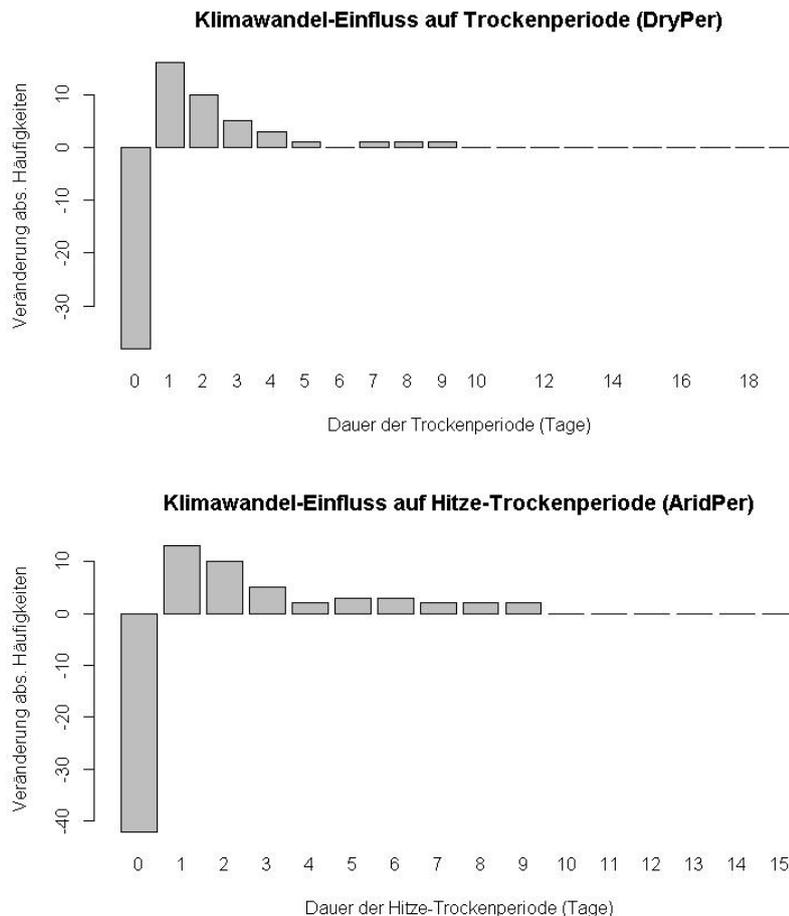


Abbildung 42: Auswirkung von Veränderungen in der Temperatur- und Niederschlags-Verteilung auf die Länge von Trockenperioden (oben) bzw. kombinierte Hitze-Trockenperioden (unten), dargestellt als Veränderung in den absoluten Häufigkeiten der Perioden pro Jahr im Jahresmittel

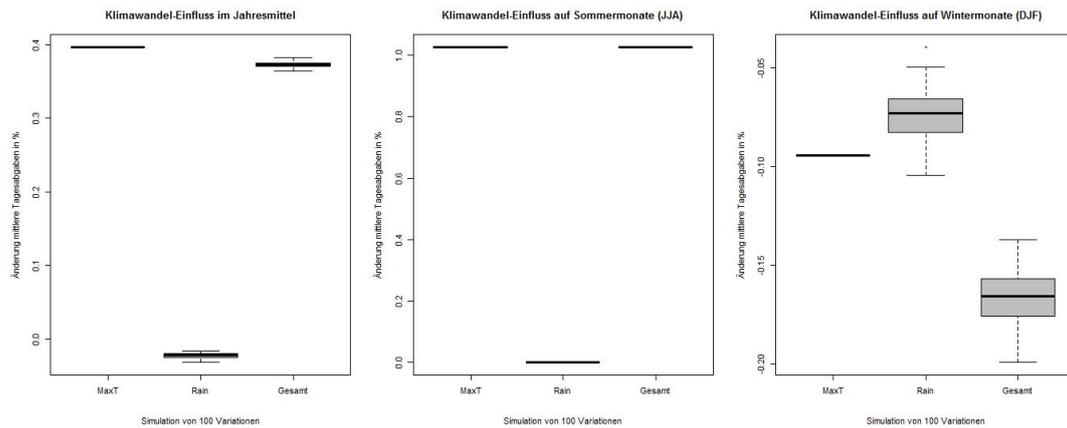


Abbildung 43: Wirkungsabschätzung von durch den Klimawandel bedingten Temperatur- und Niederschlagsänderungen auf die mittlere Tagesabgabe im Jahresmittel (links) sowie für die Sommermonate (JJA, Mitte) und die Wintermonate (DJF, rechts). Die Abschätzung gilt für den 30-Jahres-Zeitraum 2031–2060.

Werden diese Ergebnisse in das integrierte Prognosemodell übernommen, ergibt sich daraus in Abbildung 44 der Gesamtwasserbedarf für das Szenario „Klimawandel“, der nur um 0,2 Mio. m<sup>3</sup> höher als der Bedarf im Referenzszenario liegt.

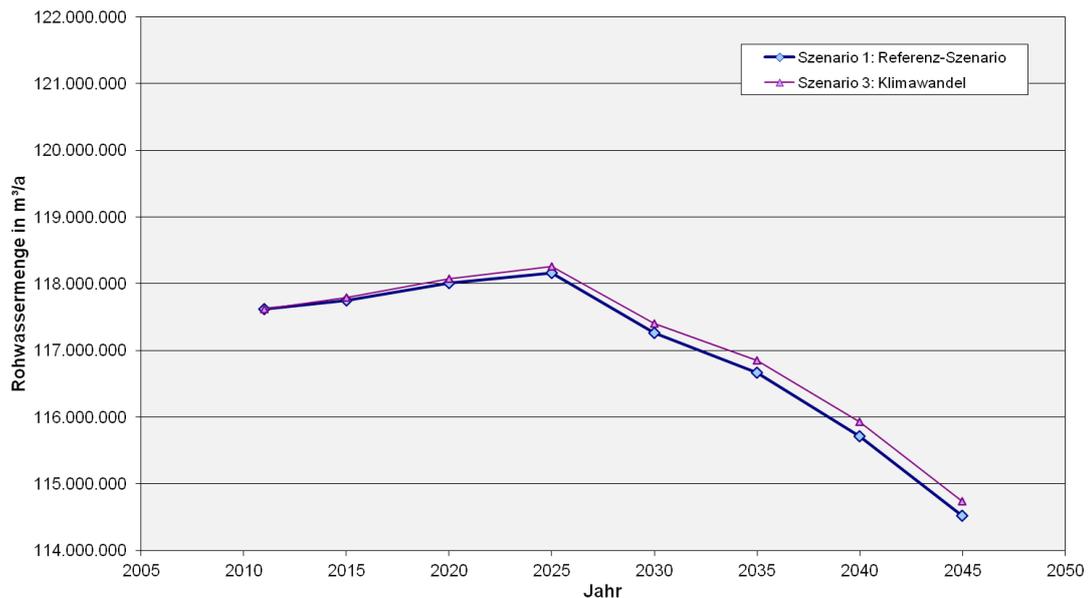


Abbildung 44: Rohwassermenge im Szenario „Klimawandel“ im Vergleich zur Referenzprognose des Wasserbedarfs bis 2045 (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

### 5.5.3 Szenario 4: „Sparverhalten und Technikentwicklung“

In der Sozialempirie zur Prognose 2030 wurde auch das Wassersparverhalten der Kunden erfragt. Bei der Auswertung der Telefoninterviews kristallisierte sich ein klarer Variablen-Zusammenhang mit dem Wasserbedarf heraus, der als „Sparfaktor“ bezeichnet werden kann. Für die Gruppe derjenigen Kunden, die eine eindeutige Spa-

reinstellung hatten, lag der spezifische Wasserbedarf um  $2,7 \text{ m}^3$  (pro Person pro Jahr) niedriger als für die Kunden ohne besondere Spareinstellung.

Der Sparfaktor wurde, zusammen mit den anderen Einflussfaktoren per multipler Regression auf seine Wirksamkeit hinsichtlich des Wasserverbrauchs untersucht. Dabei stellte sich – allein aufgrund der Spareinstellung – der genannte Einspareffekt von  $-2,7 \text{ m}^3$  heraus. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Spareinstellung ein Verbrauchsmuster zur Folge hat, das sich auf den gesamten Umgang mit Wasser im Haushalt auswirkt (auf das Duschen, das Wäschewaschen, das Abspülen, die Gartenbewässerung usw.). Die sozialempirische Untersuchung (2007) zeigte, dass etwa 50% der Bevölkerung zur Gruppe mit sparsamer Einstellung gezählt werden kann. Für das Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ in der aktuellen Prognose wird angenommen, dass das Sparverhalten, wie es in der Sozialempirie zur damaligen Prognose erfasst werden konnte, weiter zunimmt.

Bei der letzten Prognose wurde davon ausgegangen, dass das Sparverhalten pro 5-Jahreszeitschritt von weiteren 10% der Bevölkerung praktiziert würde. Für 2010 wurden 10%-Punkte mehr als die 2005 vorhandenen 50% der Bevölkerung angenommen; dies wird für das Basisjahr der aktuellen Prognose (2011) übernommen. Dieses Ergebnis wurde bisher nicht überprüft. Es ist aber davon auszugehen, dass eine so starke Verhaltensänderung sicherlich nur dann Wirklichkeit geworden wäre, wenn es eine neue intensive Diskussion über die Notwendigkeit des Wassersparens gegeben hätte, und wenn das Wassersparen nicht nur kommuniziert, sondern auch – z.B.: durch eine entsprechende Preisgestaltung oder zusätzliche Incentives – unterstützt würde. Für die aktuelle Prognose werden die Prozentwerte dann pro 5-Jahresschritt um weitere 10% erhöht. Im Jahr 2030 sind 50% erreicht, was der in der Sozialempirie von 2007 anderen Hälfte der Bevölkerung entspricht, die damals noch nicht zu den Wassersparern zu rechnen war.

Es ist kaum möglich, Aussagen zur Wahrscheinlichkeit der Annahmen zu machen. Verhalten hängt von unterschiedlichen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und sozialen Faktoren ab. Einerseits von gesellschaftlichen Diskussionen – z.B. Ökologie –, die Werthaltungen beeinflussen, aber auch von ökonomischen Faktoren wie Preisgestaltung und sozialer Lage.

Ein starker Rückgang des tendenziell sparsamen Verhaltens der Mehrheit der Bevölkerung scheint eher unwahrscheinlich. Sollten sich verbrauchsmotivierende Preisgestaltungsoptionen wie z.B. eine Wasser-Flatrate durchsetzen, dann wäre sogar ein etwas großzügigerer Umgang mit Wasser bei einem Teil der Bevölkerung durchaus wahrscheinlich.

#### *Effizienzsteigerung der Wassernutzung*

Das oben dargelegte Sparverhalten der Bevölkerung wird durch technische Innovationen unterstützt. Der Wasserbedarf von Haushalten, Betrieben und öffentlichen Einrichtungen umfasst im Wesentlichen folgende Verwendungszwecke:

- Trinken, Kochen, Herstellung von Lebensmitteln
- Körperpflege
- Geschirrspülen
- Wäschewaschen
- Reinigen von Anlagen und Geräten
- Toilettenspülung
- Hilfsmittel in Haushalten und der Produktion
- Bewässerung
- Sonstige Zwecke

In der jüngeren Vergangenheit hat sich bei allen Verbrauchergruppen in nahezu allen Verwendungsbereichen der nutzungsspezifische Einsatz von Trinkwasser erheblich verringert.

Als Beispiele bei den Haushalten seien hier genannt:

- Verringerung der Spülmengen für die Toilettenspülung
- Reduzierung der Durchflussmengen von Dusch- und Waschtischarmaturen
- Einsparung von Trinkwasser im Haushaltsgerätebereich (Waschmaschinen; Spülmaschinen)
- Einsatz von Regenwasser bei der Bewässerung

Auch im gewerblichen Bereich sind durch

- die Umstellung von Produkten und Produktionsverfahren,
- geregelte Wassernutzung in der Produktion und
- Kreislaufführung/Mehrfachnutzung

große Einsparungen beim Wasserverbrauch erzielt worden. Mit dazu beigetragen hat auch der verpflichtende Einbau von Wohnungswasserzählern, der nahezu abgeschlossen ist. Die unmittelbare Kostenanlastung durch Wohnungswasserzähler hat insbesondere im Geschosswohnungsbau zu erheblichen Trinkwassereinsparungen geführt. Die Maßnahmen, mit denen die Einsparpotentiale sowie die Einsparungen durch wassersparende Sanitär- und Haushaltstechnologien in den vergangenen Jahren mobilisiert werden konnten, werden in den nächsten Jahren nicht mehr zu den bisher beobachteten sehr hohen Einsparungen führen. Insgesamt ist durch die bisherige Entwicklung in den vergangenen 40 Jahren die Wasserabgabe der HWW an die Verbraucher bei etwa gleicher Einwohnerzahl und einer erhöhten Wertschöpfung in der Wirtschaft um rund 30% zurückgegangen. Es stellt sich die Frage, welche Veränderungen in den nächsten 30 Jahren aufgrund von technischen Innovationen noch zu erwarten sind und unter welchen Bedingungen sie umgesetzt werden.

Im Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ wird angenommen, dass es noch weitergehende Einsparmöglichkeiten bei den Waschmaschinen gibt. Im Vergleich zu allen anderen Szenarien, bei denen von einem generellen Einspareffekt von  $-1,4 \text{ m}^3/\text{E}/\text{a}$  ausgegangen wird, wird in Anlehnung an Rüdener & Griebhammer (2004) ein zusätzlicher Einspareffekt in Höhe von  $-0,8 \text{ m}^3/\text{E}/\text{a}$  prognostiziert. Dieser Gesamteffekt in Höhe von  $-2,2 \text{ m}^3/\text{E}/\text{a}$  wird bis 2030 von den restlichen 80% der

Bevölkerung erzielt, die bis dahin eine solche sparsame Waschmaschine anschaffen. Danach wirkt dieser Faktor nicht weiter reduzierend auf den spezifischen Bedarf.

Die Sanitärmodernisierung wird in diesem Szenario im Vergleich zu den anderen Szenarien konservativer eingeschätzt, d.h. es wird angenommen, dass weniger Haushalte (70% statt 75%) bereits modernisiert sind und somit das weitere Einsparpotential höher ist. Bis 2030 wird auch hier davon ausgegangen, dass die gesamte Bevölkerung in modernisierten Wohnungen lebt.

Aus dem gesamten Volumen der gewerblichen Eigenförderung könnte unter Umständen ein Teil aus wirtschaftlichen Gründen bzw. wegen der Aufgabe von Wasserrechten als zusätzlicher Bedarf für die HWW entstehen. Der Umfang dieses möglichen zusätzlichen Bedarfs kann auf der Grundlage der derzeit vorliegenden Daten und Informationen nicht quantifiziert werden. In den letzten Jahren ist laut HAMBURG WASSER keine Verschiebung der Anteile von Trinkwasser und eigengefördertem Betriebswasser zu erkennen.

Die Erschließung weiterer Potentiale bei der Trinkwassereinsparung setzt den Einsatz von aufwändigerer Technik voraus. Zum Beispiel könnte durch die Vakuumentwässerung schätzungsweise ein Einsparvolumen in einer Größenordnung von 25% des derzeitigen Wasserbedarfs mobilisiert werden. Im Versorgungsgebiet von HAMBURG WASSER wären das jährlich rund 25 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser.

Neben der reinen Spartechnologie wirken sich Substitutionsmaßnahmen auf den zukünftigen Trinkwasserbedarf aus. Traditioneller Substitutionsbereich von Trinkwasser ist die Bewässerung von Gärten, Grünflächen und Parkanlagen durch Niederschlagswasser. Über die Höhe der Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser bei den privaten Haushalten lassen sich zurzeit keine Aussagen treffen.

Insgesamt lassen sich durch technische Innovationen und Trinkwassersubstitution weitere Einsparungen beim Wasserbedarf erzielen, die teilweise schon von der Bevölkerung genutzt werden, insbesondere von der Wasser sparenden Bevölkerung.

#### *Zusammenfassung für das Szenario*

Im Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ wird davon ausgegangen, dass es für 50% der Haushalte noch ein Einsparpotential durch sparsames Verhalten gibt. Die 2,7 m<sup>3</sup> Wasser (pro Person pro Jahr), die nach der empirischen Untersuchung im Rahmen der Prognose von 2007 als Einsparpotential ermittelt wurden, werden pro Zeitschritt von weiteren 10% der Bevölkerung realisiert. Bis 2030 erhöht sich dadurch der Anteil der Wasser sparenden Bevölkerung auf 100%. Die Anschaffung noch sparsamerer Waschmaschinen in 80% der Haushalte bis 2030 führt dort zu Einsparungen in Höhe von 2,2 m<sup>3</sup>/E/a. Der angenommene Sanitärmodernisierungsgrad von 70% (gegenüber 75% in den anderen Szenarien) im Basisjahr führt zu höherem Einsparpotential, das ebenfalls bis 2030 in den Haushalten realisiert wird.

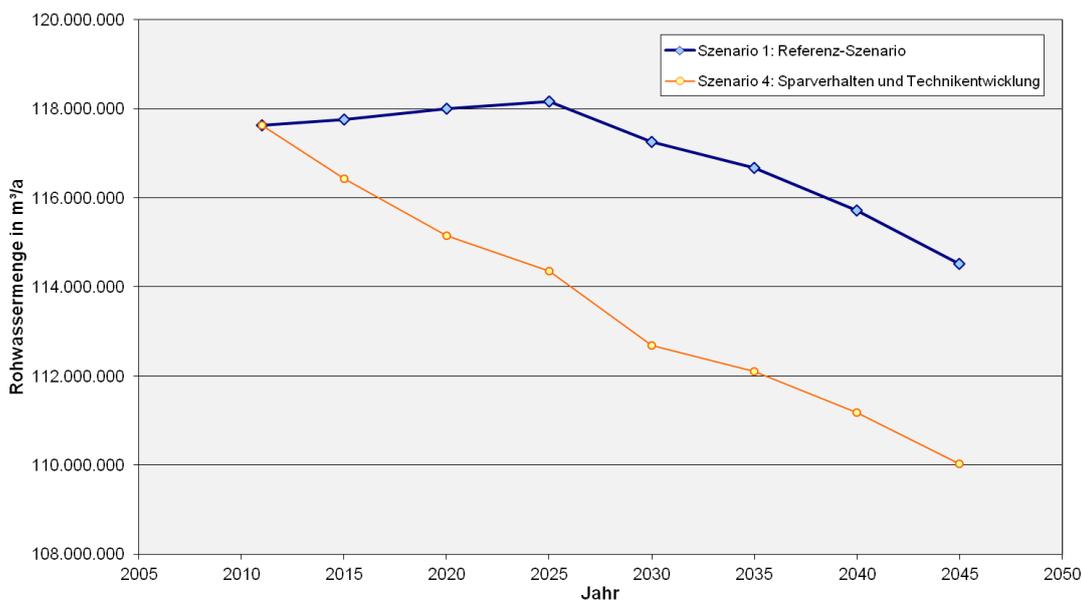


Abbildung 45: Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ im Vergleich zur Referenzprognose der Rohwassermenge bis 2045 (Wirtschaft: sektoral differenzierte Prognose)

#### Auswirkung auf den Wasserbedarf

Die Szenarioergebnisse zeigen einen Rückgang um -7,5% beim häuslichen Wasserbedarf in Hamburg und um -10,8% in den Umlandgemeinden bis 2045 verglichen mit 2011. Die gesamte Trinkwasserabgabe im Versorgungsgebiet sinkt im gleichen Zeitraum um -7,1% auf 101,9 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. die Rohwassermenge um -6,5% auf 110,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (s. Abbildung 45). Dieses Szenario ist somit das Szenario mit dem höchsten Rückgang des Wasserbedarfs; es liegt 4,5 bis 8,5 Mio. m<sup>3</sup>/a unterhalb der anderen Szenarien. Der Wasserbedarf der Wirtschaft beruht auch hier auf der sektoral differenzierten Prognose.

#### 5.5.4 Szenario 5: „Bevölkerung nach Wohnungsbau“

Zusätzlich zu den in der 12. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (12. KBV) getroffenen Annahmen zur zukünftigen Bevölkerungsentwicklung wird für Hamburg ein weiteres Szenario dargestellt und dessen Auswirkungen auf den Wasserbedarf berechnet (im Modell wird es „Bevölkerung nach Wohnungsbau“ genannt). Es basiert nur auf der Planung für die Umsetzung der Wohnbauflächenpotentiale in Hamburg. Es erfolgt keine Anpassung an die Bevölkerungsvorausberechnungen, wie sie in allen anderen Szenarien vorliegt. Die Bevölkerung in den Umlandgemeinden entwickelt sich nach den Annahmen in der Referenzprognose (Variante W1 der 12. KBV).

Der Hamburger Senat hat das Ziel bekräftigt, pro Jahr 6.000 neue Wohnungen entstehen zu lassen. Für den Zeitraum bis 2025 wird dieses Ziel über die Parameter im Modell festgeschrieben und gesteuert. Da das Szenario keinen demografischen Wandel berücksichtigt, kann es nur als Anhaltspunkt für die aktuelle Dynamik im Woh-

nungsbau und den daraus resultierenden Bevölkerungszuwachs dienen. Jede neue Wohneinheit wird mit der mittleren Haushaltsgröße für Hamburg im vorherigen 5-Jahreszeitraum belegt, was zu einer konstant bleibenden Haushaltsgröße im Stadtgebiet führt. Einfamilienhäuser werden demnach mit 2,8 Personen belegt, jede neue Wohnung im Geschosswohnungsbau mit 1,6 Personen. Eine Änderung des spezifischen Bedarfs gibt es dadurch nicht.

Mit jeder neuen Wohneinheit kommt eine potentielle Bewässerungsfläche (anteilig nach PBF-Faktor) hinzu. Insgesamt nimmt aber die PBF pro Wohneinheit im Prognosezeitraum für Wohnungen sehr leicht und für Einfamilienhäuser etwas stärker ab und senkt somit den spezifischen Wasserbedarf. Die spezifische Wohnfläche nimmt für Wohnungen leicht zu, für Einfamilienhäuser bleibt sie gleich. Dadurch kommt es zu einem geringfügigen Anstieg des spezifischen Wasserbedarfs.

#### *Auswirkung auf den Wasserbedarf*

Die Prognoseergebnisse für den Wasserbedarf zeigt Abbildung 41. Bei einer aktuell beobachteten und für die nächsten zehn bis 15 Jahre auf gleichem Niveau angenommenen hohen Dynamik im Wohnungsbau wird der Gesamtwasserbedarf der Hamburger Haushalte bis 2025 von 67,9 Mio. m<sup>3</sup> auf 69,5 m<sup>3</sup> (+2,3%) steigen. Die gesamte Wasserabgabe liegt im Jahr 2025 um 1,6% höher als im Basisjahr 2011 (Rohwassermenge +2,3%, entspricht 120,3 Mio. m<sup>3</sup>). Der Wasserbedarf der Wirtschaft beruht wie in den anderen Szenarien auf der sektoral differenzierten Prognose.

## 5.6 Integriertes Prognosemodell

Die Ergebnisse der Prognose für die einzelnen Verbrauchskategorien sind in einem integrierten Prognosemodell zusammengeführt. Das Modell ist als Tabellenkalkulation durch *Microsoft® Office Excel 2010* umgesetzt. In ihm sind die zur Wasserbedarfsprognose relevanten Daten, Analyseergebnisse und parametrisierten Annahmen zusammengeführt.

Die Prognose des Wasserbedarfs erfolgt zunächst modular bezüglich der Aufteilung des Versorgungsraums in „Stadtgebiet Hamburg & Umlandgemeinden“, „Weiterverteilte“ und die zusammengefasste Bedarfsposition „Eigenbedarf und Verluste“. Für das Stadtgebiet Hamburg und die Umlandgemeinden wird in dieser modularen Struktur zusätzlich zwischen der Bevölkerungsprognose, der Prognose von Haushaltskunden und der Prognose von Nicht-Haushaltskunden (GHD und Industrie) unterschieden. Daraus ergeben sich aufgrund der modularen Struktur Arbeitsblätter mit den zunächst separaten Teil-Prognosen:

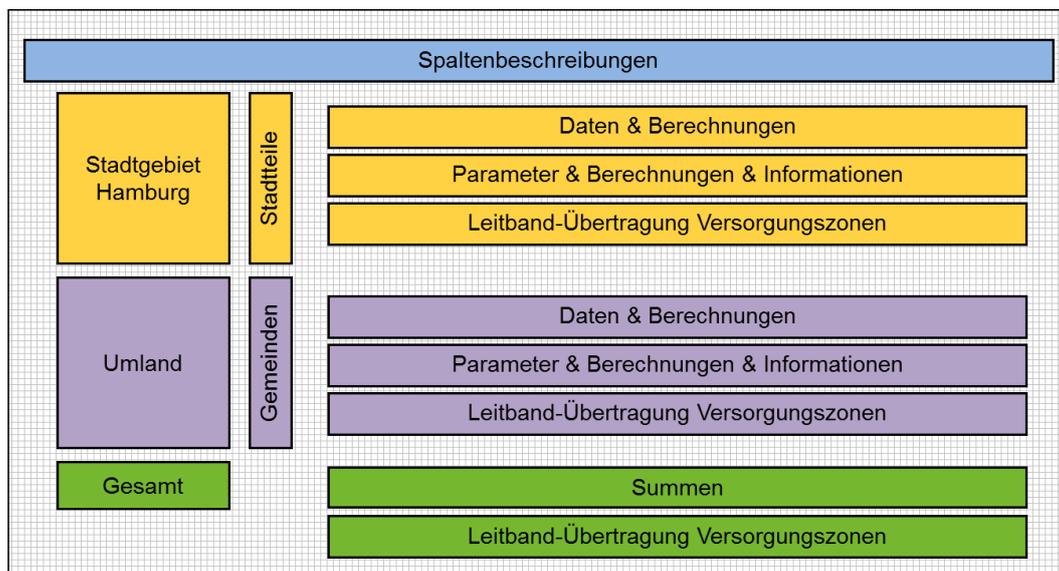
- Stadtteile & Gemeinden (Gesamt)
- Stadtteile & Gemeinden (Demografie)
- Stadtteile & Gemeinden (Haushalte)
- Stadtteile & Gemeinden (Nicht-Haushalte)

- Weiterverteiler
- Eigenbedarf & Verluste

Die Teil-Prognosen für das Stadtgebiet erfolgen auf der Basis einer teilträumlich differenzierten Berechnung auf Stadtteil-Skala, die Teil-Prognosen für die Umlandgemeinden auf der Skala der Gemeinden, die der Weiterverteiler differenziert nach dem jeweiligen Versorgungsunternehmen. Die Berücksichtigung des sogenannten Leitbands<sup>8</sup> ermöglicht im Zusammenhang mit dem teilträumlichen Vorgehen eine Zuordnung des Bedarfs auf die vier Versorgungszonen (s. Abbildung 46).

Darin spiegelt sich das teilträumliche Vorgehen auf Stadtteil- bzw. Gemeindeskala. Es wird systematisch zwischen Tabellenbereichen für teilträumliche Daten und Berechnungen, übergreifende Parameter, Berechnungen und Informationen sowie die Leitband-Übertragung auf die Versorgungszonen unterschieden.

Da die Datenlage für die Wirtschaftsbereiche GHD und Industrie wie beschrieben keine originär teilträumliche Analyse erlaubte, erfolgte hier eine andere Einbindung in das Prognosemodell. Die Prognosewerte zu GHD und Industrie werden auf die Stadtteile umgelegt, indem diese mit dem anteiligen Verbrauch der jeweiligen Stadtteile am Gesamtverbrauch im Basisjahr gewichtet werden. Damit wird zwar keine stadteildifferenzierte Dynamik erfasst, dies ermöglicht jedoch eine Anknüpfung an die bekannte Verbrauchssituation im Basisjahr.



Datenblatt-Struktur der Arbeitsblätter: **Stadtteile & Gemeinden**

Abbildung 46: Arbeitsblattstruktur für „Stadtteile und Gemeinden“

Wie Tabelle 18 zu den Parametern von Industrie und GHD zeigt, findet im Prognosemodell keine Differenzierung nach den Wirtschaftssektoren der detaillierten Pro-

<sup>8</sup> Als „Leitband“ wird ein Übertragungsschema der Stadtteile, Gemeinden und Weiterverteiler auf die Versorgungszonen der HWW bezeichnet.

gnose aus Kapitel 5.2 statt. Alle dort einzeln behandelten Sektoren wurden für das Prognosemodell den beiden Kategorien GHD und Industrie zugeordnet, da die Erwerbstätigenzahlen wie oben beschrieben nicht für Stadtteile vorlagen. Die Parameter „Erwerbstätige in Hamburg“ und „spezifischer Wasserbedarf pro Erwerbstätigen“ für GHD und Industrie in Tabelle 18 sind abgeleitet aus der Erwerbstätigenprognose für Hamburg (s. Anhang 8.6) und der sektoral differenzierten Wasserbedarfsprognose für GHD und Industrie.

Das zeitliche Schema der Prognose basiert auf einer Abfolge von 5-Jahres-Schritten mit Ausnahme des erstens Zeitschritts. Ausgehend vom Basisjahr 2011 liegen damit Prognosen für die Jahre 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045 vor. Das Modell ist technisch dafür vorbereitet, auch einen 50-Jahreszeitraum zu berechnen (bis 2065).

Die abschließende Zusammenführung zur Gesamtprognose für das Versorgungsgebiet erfolgt in dem Arbeitsblatt

- Prognose 2045

mit einer Übersicht zu den Ergebnissen der Teil-Prognosen, der Summierung zur Gesamtprognose und einer Aufschlüsselung bezüglich der Verteilung auf die Versorgungszonen.

Das Arbeitsblatt

- 10J-Prognose

zeigt zusätzlich eine mittelfristige jährliche Prognose bis zum Jahr 2020. Diese Prognose folgt aus einer linearen Interpolation der 5-jährlichen Prognoseschritte.

Der Zugriff auf die Parametrisierung der der Prognose zugrunde liegenden Annahmen ist durch das Arbeitsblatt

- Parameter

implementiert (s. Tabelle 18). Mit Änderungen der dort beschriebenen und gemäß dem vorliegenden Bericht begründet festgelegten Parameter können gezielt Wirkungen veränderter Rahmenbedingungen oder neuer Annahmen untersucht werden. Die Aktivierung eines Szenarios und der mit ihm verbundenen Parametergruppe erfolgt durch das entsprechend benannte Steuerelement im Arbeitsblatt „Prognose 2045“. In dem Arbeitsblatt „Parameter“ ist darüber hinaus eine Analyse der Sensitivitäten der Parameter des aktiven Szenarios in Bezug auf ihren Einfluss auf die Prognose des Wasserbedarfs im Jahr 2045 implementiert. Die Analyse kann durch das entsprechend benannte Steuerelement gestartet werden.

Als Parameter sind auch die offiziell vorliegenden Fortschreibungen zur Bevölkerungs- und Erwerbstätigenentwicklung aufgenommen. Durch eine automatisierte Übertragung und Anpassung auf die teilträumlichen Verteilungen von Einwohnern und Erwerbstätigen wird die Prognose für das gesamte Stadtgebiet an diese veränderbaren Parameter angepasst.



Parameter			Jahres-Zeitschritt bzw. Jahr							
Beschreibung	Einheit	zeitunabhängig	2011	2011/2015 bzw. 2015	2015/2020 bzw. 2020	2020/2025 bzw. 2025	2025/2030 bzw. 2030	2030/2035 bzw. 2035	2035/2040 bzw. 2040	2040/2045 bzw. 2045
Anteil Häuser auf Flächen < 20 WE	[%]			60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Planung neue WE pro Jahr in Hamburg (Ziel BSU)	[1]			6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Umsetzungsgrad der Zielvorgabe 6000 WE pro Jahr	[%]			100%	100%	75%	50%	25%	5%	5%
Verhältnis neuer Häuser zu Wohnungen nach Plan (1:3,3)	[%]			23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
Verhältnis Innen- zu Außenentwicklung nach Plan (4:1)	[%]			80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wohnfläche pro Haus im Neubau	[m <sup>2</sup> ]	135								
Wohnfläche pro Wohnung im Neubau	[m <sup>2</sup> ]	85								
Umsetzungsgrad Sanitärmodernisierung im Wohnbestand	[%]		75%	83%	90%	95%	100%	100%	100%	100%
Umsetzungsgrad Sanitärmodernisierung im Neubau	[%]		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Faktor für potentielle Bewässerungsflä- che Häuser und Wohnungen in In- nenentwicklung	[%]	10%								
Faktor für potentielle Bewässerungsflä- che Häuser und Wohnungen in Au- ßenentwicklung	[%]	80%								
Umrechnungsfaktor von m <sup>2</sup> in Ar (1Ar=100m <sup>2</sup> )	[1]	0,01								
Durchschnittliche potentielle Bewässe- rungsfläche für Häuser im Neubau	[Ar]	3,00								
Durchschnittliche potentielle Bewässe- rungsfläche für Wohnungen im Neubau	[Ar]	0,25								
Durchschnittliche spezifische Wohnflä- che in Hamburg	[m <sup>2</sup> /E]	37,10								
gesamte potentielle Bewässerungsfläche	[m <sup>2</sup> ]	98.000.000								



Als Parameter sind auch die offiziell vorliegenden Fortschreibungen zur Bevölkerungs- und Erwerbstätigenentwicklung aufgenommen. Durch eine automatisierte Übertragung und Anpassung auf die teilräumlichen Verteilungen von Einwohnern und Erwerbstätigen wird die Prognose für das gesamte Stadtgebiet an diese veränderbaren Parameter angepasst.

Eine Zusammenfassung der mittel- und langfristigen Prognosen aller Szenarien erfolgt im Arbeitsblatt

- Prognose-Szenarien.

Eine gesonderte Gruppe von Parametern stellen die statistisch ermittelten Einflussfaktoren des Haushaltswasserbedarfs dar. Sie sind im Arbeitsblatt

- Einflussfaktoren (Haushalte)

aufgeführt und können dort für die Abschätzung der Wirkung veränderter Zusammenhänge zwischen sozialstrukturellen Bedingungen und daraus folgenden Bedarfsanforderungen durch spezifisch wasserbezogene Verhaltensweisen genutzt werden.

Die grafische Ergebnisdarstellung findet sich in Arbeitsblättern, die beginnend mit „Fig.“ (kurz für *Figure*) benannt sind. Sie zeigen das Prognoseergebnis bis 2045 im vorgegebenen 5-Jahres-Zeitschema bzw. für die Jahre bis 2020 in 1-Jahres-Schritten aufgetragen.

## 5.7 Maximale Tagesabgabe

Die Bestimmung eines Spitzenfaktors für maximale Tagesabgaben beruht auf der Definition eines Referenz-Ereignisses, das mit einer Wahrscheinlichkeit von  $10^{-4}$  zu einer maximalen, täglichen Trinkwasserabgabe führt. Entsprechend seiner Wahrscheinlichkeit hat dieses Ereignis eine Jährlichkeit (mittlere Wiederkehrzeit) von 27,4 Jahren. Dies ist eine statistische Betrachtung, bei der auch der absteigende Trend der Zeitreihe berücksichtigt wird (vgl. Abbildung 53).

Die Variationen der täglichen Abgabemengen von Trinkwasser erklären sich überwiegend aus klimatischen und kalendarischen Faktoren: Wie in Abschnitt 8.2 erläutert, konnte ein multi-faktorielles Prognosemodell der Tagesabgabemengen entwickelt werden, mit dem auf Basis von Temperatur- und Niederschlagsdaten sowie kalendarischen Parametern eine Varianzaufklärung von 80% erreicht wurde. Die verbleibenden 20% nicht erklärter Varianz muss nach derzeitigem Kenntnisstand als stochastischer Effekt infolge der Überlagerung der Vielzahl von individuellen Nutzungen des Trinkwassers interpretiert werden. Diese Schlussfolgerung wird unterstützt durch das Ergebnis, dass sich die Residuen des Tages-Prognosemodells in Abbildung 52 in einer Normalverteilung annähern. Für das Zustandekommen des oben definierten Referenz-Ereignisses und einer Abschätzung des zu erwartenden Spitzenfaktors sind daher kausale und stochastische Beiträge zu berücksichtigen.

Zur Bestimmung des kausalen Beitrags wird ein sogenannter Normtag anhand solcher Ausprägungen klimatischer und kalendarischer Faktoren definiert, von denen eine maximale Wirkung auf den Tageswasserbedarf unter Berücksichtigung von gegenseitigen Abhängigkeiten unter den Faktoren analysiert wurde. Aufbauend auf den Ergebnissen des Tages-Prognosemodells wurde der Normtag durch folgende Bedingungen festgelegt:

- Maximale Tagestemperatur  $\geq 24^{\circ}\text{C}$
- Hitze-/Trockenperiode (definiert durch einem Tagesniederschlag von max. 0,5 mm und einer maximalen Tagestemperatur von min.  $25^{\circ}\text{C}$ )  $\geq 3$  Tage
- Wochentage: Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag
- kein Ferien-/Feiertag

Im Zeitraum der vorliegenden Datenbasis von 01.01.2000 bis 30.09.2013 (5022 Tage) waren die Bedingungen des Normtages an insgesamt 14 Tagen erfüllt (20.06.2000, 05.08.2004, 09.08.2004, 10.08.2004, 11.08.2004, 03.07.2006, 04.07.2006, 05.07.2006, 11.06.2007, 02.06.2008, 09.06.2008, 20.08.2012, 05.08.2013, 06.08.2013). Als Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Normtages folgt daher  $p(\text{Normtag}) = 14/5022 = 0,0028$ . Die Wasserabgabe unter Normtages-Bedingungen war im Vergleich zur trendbereinigten mittleren Tagesabgabe des gesamten Zeitraums um maximal  $123.012 \text{ m}^3/\text{d}$  erhöht.

Die Lücke zwischen der Eintrittswahrscheinlichkeit des Normtages und der Wahrscheinlichkeit des Referenz-Ereignisses wird durch die Berücksichtigung eines gleichzeitig auftretenden, stochastisch bedingten Ereignisses geschlossen, das einer Eintrittswahrscheinlichkeit von  $p(\text{Stochastik}) = 0,0359$  unterliegt. Zusammen führen somit der kausale und stochastische Beitrag zur Erfüllung der Bedingung des Referenzereignisses:  $p(\text{Normtag}) * p(\text{Stochastik}) = 10^{-4}$ . Da aufgrund der Ergebnisse des Tages-Prognosemodells von normalverteilten Residuen ausgegangen werden kann, folgt entsprechend der Verteilungsfunktion eine Ausprägung des stochastisch bedingten Ereignisses vom 1,8-fachen der Standardabweichung. Mit einer im Modell nicht erklärbaren Abweichung von  $10.089 \text{ m}^3/\text{d}$  ergibt sich als stochastisch bedingter Beitrag  $18.168 \text{ m}^3/\text{d}$ .

Der gemeinsame Effekt von kausalem und stochastischem Beitrag summiert sich:

Kausal interpretierbarer Effekt	123.012	$\text{m}^3/\text{d}$
Stochastisch interpretierbarer Effekt	+ 18.168	$\text{m}^3/\text{d}$
Erwartete Tagesabgabe für das Referenz-Ereignis	<u>141.180</u>	$\text{m}^3/\text{d}$

Bezogen auf den mittleren Tagesbedarf von  $319.625 \text{ m}^3/\text{d}$  des gesamten Zeitraums von 2000 bis 2013 bedeutet dies einen Spitzenfaktor von 1,44. Unter Berücksichtigung der jährlich gemittelten Tagesabgaben folgen jährliche Spitzenfaktoren, die in Abbildung 47 dargestellt sind.

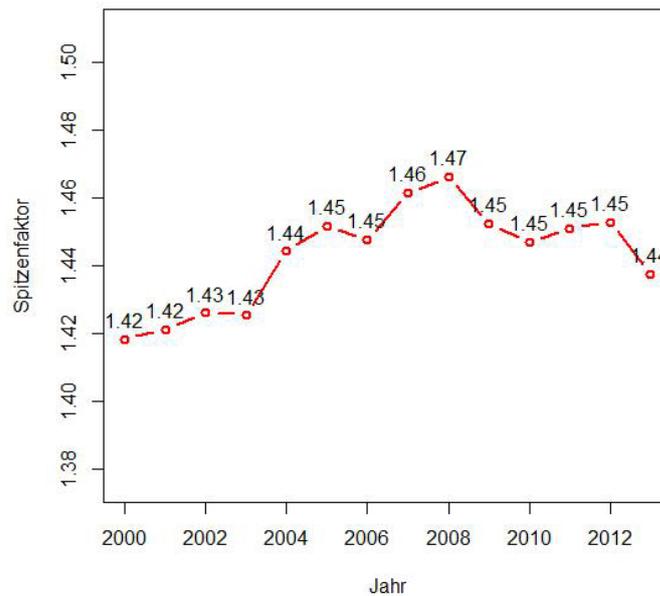


Abbildung 47: Jährliche Spitzenfaktoren für maximale Tagesabgaben bei einem Referenz-Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit  $10^{-4}$

## 6 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

(1) Der Rohwasserbedarf für die Versorgung des Versorgungsgebiets von HAMBURG WASSER im Jahr 2045 wird nach dem Referenz-Szenario bei insgesamt 114,5 Mio.  $m^3/a$  erwartet. Das sind 3,1 Mio.  $m^3/a$  bzw. 2,6% weniger als im Jahr 2011 mit einem Bedarf von 117,6 Mio.  $m^3/a$  (s. Abbildung 48). In Abbildung 49 ist die Entwicklung bis 2022 auf jährliche Werte interpoliert dargestellt. Der Wasserbedarf der Wirtschaft beruht in allen Szenarien auf der sektoral differenzierten Prognose.

(2) Für die Verbrauchskategorien des Wasserbedarfs wird in Tabelle 19 der Stand 2011 und die Ergebnisse des Referenzszenarios für 2045 dargestellt:

Tabelle 19: Wasserbedarf im Basisjahr 2011 sowie im Referenzszenario für 2045

Verbrauchskategorien im Versorgungsgebiet	Wasserbedarf in $m^3$ pro Jahr	
	Stand 2011	Prognose 2045
Private Haushalte	75.231.058	73.522.599
Wirtschaft	25.865.327	23.906.079
Sonstige	1.743.748	1.743.748
Weiterverteiler	6.774.886	6.872.000
<b>Summe Trinkwasserabgabe insgesamt</b>	<b>109.615.019</b>	<b>106.044.425</b>
Eigenbedarf und Rohrnetzverluste	8.005.712	8 474 393
<b>Rohwassermenge</b>	<b>117.620.731</b>	<b>114.518.818</b>

(3) Der Wasserbedarf der Haushalte hat mit einer erwarteten Abnahme von rund 1,7 Mio. m<sup>3</sup>/a (-2,3% des Wasserbedarfs der Haushalte) bis 2045 den größten absoluten Anteil am Rückgang der gesamten Trinkwasserabgabe im Versorgungsgebiet. Der Wasserbedarf der Verbrauchergruppe GHD nimmt nach den Annahmen der sektoral differenzierten Prognose im selben Zeitraum um 1,2 Mio. m<sup>3</sup> ab (-5,2% des Wasserbedarfs von GHD). Bei der Industrie erfolgt ein Rückgang um 0,75 Mio. m<sup>3</sup>/a (-27,0% des industriellen Wasserbedarfs). Eine rechnerische Erhöhung bei Eigenbedarf und Rohrnetzverlusten um 0,4 Mio. m<sup>3</sup>/a ist bedingt durch unterdurchschnittliche Ausgangswerte im Basisjahr 2011 und sollte daher nicht als wirkliche Erhöhung interpretiert werden. Bei den Weiterverteilern verläuft die Entwicklung stabil (+0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. +1,4%).

(4) Ein plausibler Unsicherheitskorridor für das Prognoseergebnis wird durch alternative Szenarien ausgewiesen:

(4a) Die Szenarien „Bevölkerung (obere Variante der Vorausberechnung)“ und „Klimawandel“ zeigen eine Abweichung um maximal 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a über dem Referenzszenario.

(4b) Das ergänzende Szenario „Bevölkerung (nach Wohnungsbau)“ nimmt die geplante Wohnungsbauentwicklung ohne Anpassung an die Bevölkerungsvorausberechnung auf und wird nur sehr eingeschränkt als realistisch angesehen; bis 2045 zeigt das Szenario einen gegenüber dem Referenzszenario um 4 Mio. m<sup>3</sup>/a höheren Wasserbedarf.

(4c) Das Szenario „Sparverhalten und Technikentwicklung“ basiert auf der Annahme, dass der Anteil der Wasser sparenden Bevölkerung (bisher 50%) steigt und bis 2030 die gesamte Bevölkerung umfasst. Eine weitere Annahme ist ein gegenüber dem Referenzszenario höheres Einsparpotential neuer, wassersparender Waschmaschinen. Zusammen genommen würde dies zu einer Abnahme des Wasserbedarfs bei den privaten Haushalten um 5,9 Mio. m<sup>3</sup>/a (-7,8% des Wasserbedarfs der Haushalte) bis 2045 führen. Die insgesamt benötigte Rohwassermenge ginge in diesem Szenario um 7,6 Mio. m<sup>3</sup>/a auf 109,7 Mio. m<sup>3</sup>/a zurück (-6,5%). Ob diese Annahmen Wirklichkeit werden, hängt jedoch in hohem Maße vom Nutzerverhalten und den technischen Bedingungen vor Ort ab. In der Summe liegt dieses Szenario im Jahre 2045 etwa 4,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (-4%) unter dem Referenzszenario und bildet bei der aktuellen Wasserbedarfsprognose das Extremszenario eines Rückgangs im Wasserbedarf.

(5) Beim Wasserverbrauch der Wirtschaft werden zwei Szenarien betrachtet. Das nur auf der Beschäftigtenentwicklung beruhende Basisszenario zeigt eine parallel zur Beschäftigtenentwicklung verlaufende Zunahme im Wasserbedarf bis 2025, danach bis 2045 eine Abnahme in etwa wieder auf das Ausgangsniveau von 2011. Hingegen wird in der sektoral differenzierten Prognose die Basisprognose dahin gehend modifiziert, dass zusätzliche Annahmen zu Effizienzsteigerungen beim Wassereinsatz reduzierend auf den spezifischen Wasserbedarf (pro Beschäftigten) wirken. Die sektoral differenzierte Prognose ist Grundlage aller Szenarien. Nach anfänglichem Rückgang

wird im Jahr 2025 der höchste Wasserbedarf erwartet (+0,3 Mio. m<sup>3</sup>/a im Vergleich zu 2011). Bis 2045 geht der Wasserbedarf um 2 Mio. m<sup>3</sup>/a im Vergleich zu 2011 zurück.

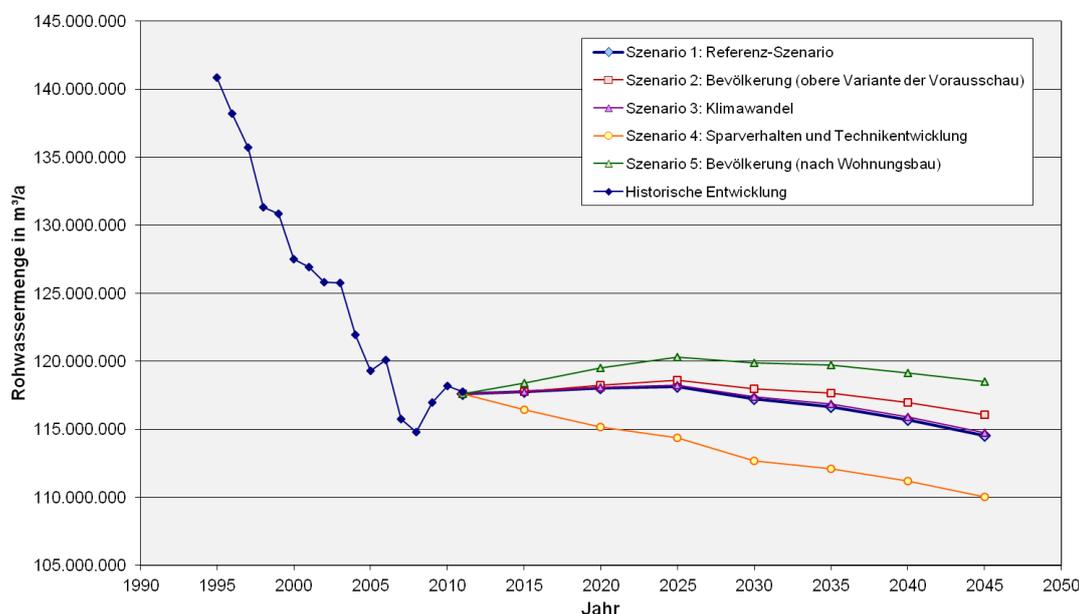


Abbildung 48: Szenarien zukünftiger Entwicklungen des Rohwasserbedarfs bis 2045 in 5-Jahres-Schritten. Zur Anknüpfung an die historische Entwicklung ist die Rohwasserabgabe seit 1995 dargestellt. Für den Wasserbedarf der Wirtschaft wurde in allen Szenarien die sektoral differenzierte Prognose verwendet.

(6) Die vorliegende Prognose geht grundsätzlich davon aus, dass die generellen Rahmenbedingungen bis zum Jahr 2045 keine extremen Änderungen aufweisen werden. Die wesentlichen Eckdaten der Prognose gründen sich neben den Angaben von HAMBURG WASSER über den Stand und die Entwicklung der Wasserversorgung im Versorgungsraum im Wesentlichen auf

- einer mit dem Statistischen Amt H&HS abgestimmten, teilräumlichen Bevölkerungsprognose für die Stadtteile und die Gemeinden im Versorgungsraum, die auf der Verwendung des Zensus 2011 und der beiden Varianten der 12. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (12. KBV) des Bundes und der Länder beruht;
- den Wohnbauflächenpotentialen aus der Potentialdatenbank der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) von Januar 2012 mit Aktualisierung von Januar 2013 für den Zeitraum bis ca. 2020; längerfristige Abschätzungen werden von der BSU als unsicher betrachtet, im Modell wurde nach 2020 ein schrittweiser Rückgang im Wohnungsbau implementiert, in dem das aktuelle Wohnungsbauziel von 6.000 Wohneinheiten pro Jahr immer weniger umgesetzt wird;
- der Prognose der Erwerbstätigen und des Bruttoinlandsprodukts im PROGNOS-Report 2035;
- den Ergebnissen der sozial- und siedlungsstrukturellen GIS-Analyse auf Adressenebene mit einem Abgleich mit der sozialempirischen Haushaltsbefragung von

2007 und den Erhebungen bei öffentlichen Einrichtungen und privaten Unternehmen.

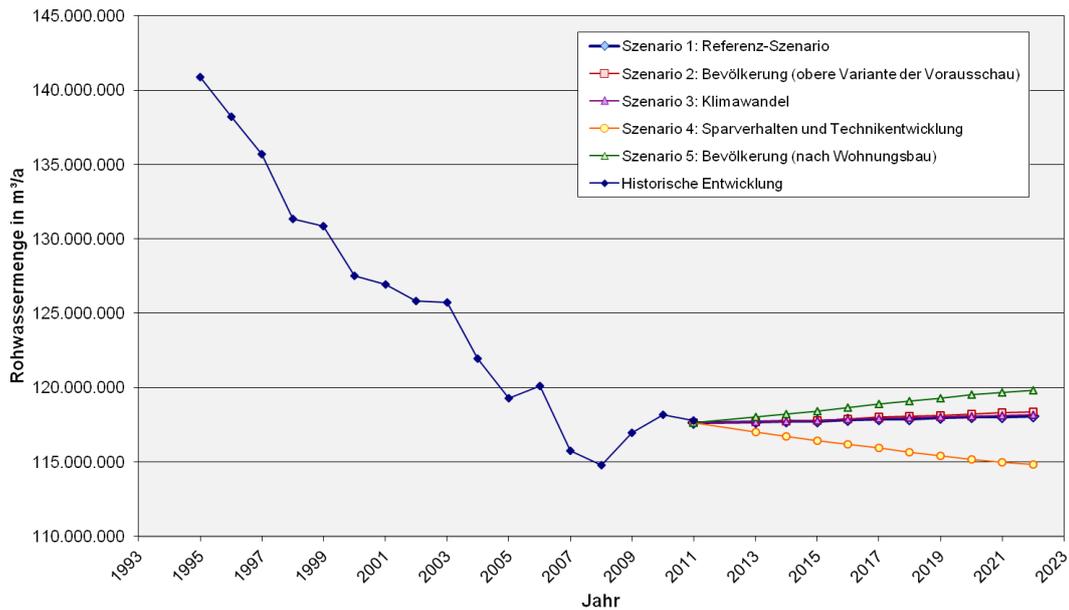


Abbildung 49: Szenarien zukünftiger Entwicklungen des jährlichen Wasserbedarfs bis 2022. Zusätzlich dargestellt ist die historische Entwicklung des Wasserbedarfs seit 1995. Für den Wasserbedarf der Wirtschaft wurde in allen Szenarien die sektoral differenzierte Prognose verwendet.

(7) Die vorliegenden Daten erlauben aufgrund ihrer räumlichen und ihrer fachlichen Differenzierung eine sehr zuverlässige Prognose des mittel- und langfristigen Wasserbedarfs. Mögliche Abweichungen von diesen Ergebnissen könnten von starken Veränderungen der generellen Rahmenbedingungen verursacht werden. Die möglichen Auswirkungen solcher Veränderungen wurden in Szenarien behandelt.

(8) Die Ergebnisse der Prognose zeigen, dass der Wasserbedarf im Versorgungsraum von HAMBURG WASSER in den nächsten Jahren eher stagnieren wird und durch die Extremszenarien bis 2025 ein Korridor möglicher Entwicklungen von 6 Mio. m<sup>3</sup> aufgespannt wird (ohne das Szenario „Bevölkerung (nach Wohnungsbau)“). Nach 2025 verläuft der Rückgang in den verschiedenen Szenarien ähnlich. Ausschlaggebend für die zwischenzeitliche Konsolidierung der Nachfrage in den drei mittleren Szenarien sind folgende Argumente:

- a) Es besteht ein nur geringer Veränderungsdruck in Bezug auf technische Innovationen zur Trinkwassereinsparung bzw. die Umsetzung weitergehender Einsparttechnologien. Das Verbraucherverhalten ist nach einer Phase der Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Wassereinsparmaßnahmen in den Haushalten und den Betrieben im Zeitraum von 1976 bis heute in absehbarer Zukunft voraussichtlich recht stabil, so dass nur noch moderate Rückgänge im spezifischen Bedarf (Pro-Kopf-Bedarf) der Bevölkerung und der Beschäftigten erwartet werden.

b) Das für Hamburg und sein Umland angenommene Wachstum sowohl der Bevölkerungs- als auch der Beschäftigtenzahl kompensiert zunächst diese Rückgänge beim spezifischen Bedarf. Dadurch wird erwartet, dass es bis 2025 zu einer Zunahme des Wasserbedarfs um einige 100.00 m<sup>3</sup> pro Jahr kommt und erst ab ca. 2030 die Auswirkungen des demografischen Wandels und des Rückgangs der Beschäftigtenzahlen zu einer Abnahme im Wasserbedarf führen.

(9) Teilräumlich auf Stadtteile, Gemeinden und Versorgungszonen bezogen wird sich der Wasserbedarf bis 2045 zum Teil unterschiedlich entwickeln. Das ist insbesondere für die Betriebsführung von erheblicher Bedeutung.

(10) Aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit sind Korridore für Trocken- und Nassjahre zu berücksichtigen. Nach Auswertungen von Klimadaten für Hamburg und der Witterungsabhängigkeit der Trinkwasserabgabe liegt dieser Korridor bei +4% bis -2% bezogen auf die Trinkwasserabgabe. Dies kann auch anhand der potentiellen Bewässerungsfläche plausibilisiert werden. Nach einem Erlass des Niedersächsischen Umweltministeriums sind als Trockenwetterzuschlag 5% vorgesehen.

## 7 Quellen und Literatur

- COOPERATIVE (1994): Wasserbilanz für das Gebiet des Umlandverbandes Frankfurt. Zeithorizont 2000/2010. Darmstadt
- COOPERATIVE (1991): Rationelle Wasserverwendung in Frankfurt am Main. Darmstadt
- Freie und Hansestadt Hamburg (1997/2002): Flächennutzungsplan. Hamburg
- Freie und Hansestadt Hamburg (2002): Leitbild: Metropole Hamburg – Wachsende Stadt. Staatliche Pressestelle
- Freie und Hansestadt Hamburg (2003): Fortschreibung des Leitbildes: Metropole Hamburg – Wachsende Stadt. Staatliche Pressestelle, 22.7.2003. Hamburg
- Freie und Hansestadt Hamburg (2005): Sprung über die Elbe. Hamburg auf dem Weg zur Internationalen Bauausstellung – IBA Hamburg 2013. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.). Hamburg
- Freie und Hansestadt Hamburg (2007): Räumliches Leitbild. Wachsende Stadt – Grüne Metropole am Wasser. Entwurf. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.). Hamburg
- Freie und Hansestadt Hamburg (2009): Haushaltsplan 2009/2010. Einzelplan 6 Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt. Vorlage eines Wohnungsbauentwicklungsplanes und Erhöhung der Verpflichtungsermächtigung bei dem Titel 06.06610.526.02 „Planungsleistungen der Bezirksämter für Maßnahmen der Wachsenden Stadt“ im Haushaltsjahr 2010. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Drucksache 19/2995. URL:  
[www.hamburg.de/contentblob/1586098/data/wohnungsbauentwicklungsplan.pdf](http://www.hamburg.de/contentblob/1586098/data/wohnungsbauentwicklungsplan.pdf)
- Freie und Hansestadt Hamburg (2010): Leitbild Hamburg: Wachsen mit Weitsicht. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Drucksache 19/5474. Hamburg
- Gemeinsame Landesplanung Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein (2000): Metropolregion Hamburg. Regionales Entwicklungskonzept REK 2000. Hamburg
- GHS mbH (2000): Hafencity Hamburg. Der Masterplan. Hamburg
- GEWOS (vdw, vhw) (2006): Metropolregion Hamburg. Eine wachsende Wirtschaftsregion im Norden. Chancen und Risiken für die Wohnungswirtschaft. Hamburg
- Haffner, Yvonne (2003): Sozialwissenschaftliche Modellierung zur Privatisierung der Wasserversorgung (Dissertation TU Darmstadt)
- Hiessl, Harald (2001): Wasserbedarf – ein Konzept im Wandel. In: Rudolph, K.-U. und Block, T. (Hrsg.): Der Wassersektor in Deutschland – Methoden und Erfahrungen. Umweltbundesamt. Berlin
- ISOE/COOPERATIVE (2007): Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW) in der Metropolregion Hamburg. Bericht. Institut für sozial-ökologische Forschung und COOPERATIVE, Frankfurt am Main und Darmstadt.
- Machold, Petra (2005): Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Social Ecology Working Paper 79. Wien

- Metropolregion Hamburg (2006): Status Quo Bericht: Ziele, Trends und Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung der Daseinsvorsorge. Leitprojekt Demographie und Daseinsvorsorge. Hamburg
- Möhle, Karl-August (2000): Wasserbedarfsprognose Hamburg (unveröffentlichter Bericht). Hannover
- Möhle, Karl-August/Rosemarie Masannek (1989): Modellversuch: Ausrüstung von Wohnungen mit wassersparenden Armaturen im Stadtgebiet Hannover. Schlussbericht. Universität Hannover
- Masannek, Rosemarie (1996): Technische und soziale Einflüsse auf die Entwicklung des Trinkwasserbedarfs (Dissertation Universität Hannover)
- Niedersächsisches Mitteilungsblatt (1991): Wasserbedarfsprognosen. Umweltministerium Niedersachsen. Nr. 31/1991, S. 1184–1185
- Oßenbrügge, Jürgen/Susanne Heeg/Britta Klagge (2002): Metropole Hamburg – Wachsende Stadt. Begleitgutachten im Auftrag der Senatskanzlei der freien und Hansestadt Hamburg. Universität Hamburg, Institut für Geographie. Hamburg
- Prognos (2002): Deutschland Report 2002–2020. Basel
- Prognos (2010): Deutschland Report 2035. Basel
- R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Regierungspräsidium Darmstadt (1999): Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried. Darmstadt
- Roth, Ulrich (1995): Der Einfluß moderner Haushaltsgeräte auf den Wasserverbrauch der Haushalte. In: Wasser&Boden 47. Jahrg. Nr. 10/1995, S. 58–62
- Rüdenauer, Ina (2006): Geschirrspülmaschinen als EcoTopTen-Produkte. Öko-Institut, Freiburg
- Rüdenauer, Ina/Rainer Griebhammer unter Mitarbeit von Konrad Götz und Barbara Birzle-Harder (2004): PROSA Waschmaschinen. Produkt-Nachhaltigkeitsanalyse von Waschmaschinen und Waschprozessen. Öko-Institut, Freiburg
- Rüdenauer, Ina/Karl-Otto Gensch/Dietlinde Quack (2005): Eco-Efficiency Analysis of Washing machines – Life Cycle Assessment and determination of optimal life span. Öko-Institut, Freiburg
- Rüdenauer, Ina/Karl-Otto Gensch (2005): Eco-Efficiency Analysis of Washing machines – Refinement of Task 4: Further use versus substitution of machines in stock. Öko-Institut, Freiburg
- Schmidt, Hannes (2003): Untersuchungen zur Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs und seiner Determinanten in einem Ballungsgebiet. Freie wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Diplom-Ingenieurs. Berlin
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2006): Monitor Wachsende Stadt. Bericht 2006. Hamburg
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2006): Hamburger Stadtteilprofile 2006 und Umlandprofile
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2006): Stadtteildatenbank. URL: <http://www.statistik-nord.de/fileadmin/regional/regional.php>

- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2011): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit in Hamburg und Schleswig-Holstein 2010 – Ergebnisse der 1 %-Mikrozensushebung . Statistische Berichte Mikro j/10, S. 34. URL: [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische\\_Berichte/arbeit\\_und\\_soziales/MIKRO\\_j\\_S/MIKRO\\_j10\\_01.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische_Berichte/arbeit_und_soziales/MIKRO_j_S/MIKRO_j10_01.pdf)
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2011a): Bevölkerungsentwicklung in Schleswig-Holstein bis 2025 – Rückläufige Bevölkerung, weniger junge Menschen, Zahl der Älteren steigt. Statistik informiert SPEZIAL Nr. III/2011. URL: [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI\\_Spezial\\_III\\_2011.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI_Spezial_III_2011.pdf)
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2012): Hamburger Stadtteilprofile 2012.NORD.regional Bd. 13. URL: [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/NORD.regional/NR13\\_Stadtteil-Profile\\_2012.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/NORD.regional/NR13_Stadtteil-Profile_2012.pdf)
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013): Statistisches Jahrbuch Hamburg 2012/2013. Hamburg
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013a): Hochbautätigkeit und Wohnungsbestand in Hamburg 2012. Statistische Berichte Kennziffer F II 1, 2, 4 – j/12 H.
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013b): Zensus 2011: Einwohnerzahl Hamburgs und seiner Bezirke. Statistik informiert 92/2013. URL: [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI13\\_092\\_Zensus2011\\_Einwohnerzahl\\_HH.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI13_092_Zensus2011_Einwohnerzahl_HH.pdf)
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013c): Zensus 2011: Bevölkerungsfortschreibung für Hamburg auf Basis des Zensus vom 9. Mai 2011. URL: [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI13\\_102\\_Zensus2011\\_Bevoelkerungsfortschreibung\\_HH.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI13_102_Zensus2011_Bevoelkerungsfortschreibung_HH.pdf)
- Statistisches Bundesamt (2007): Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. Fachserie 15 Reihe 2, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2012): Statistisches Jahrbuch 2012. Wiesbaden
- UBA (2007a): Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG. Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, Dessau.
- UBA (2007b): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Endbericht, 57 Umweltbundesamt, Dessau. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 41 138; Arne Spekat/Wolfgang Enke/Frank Kreienkamp; Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH
- UBA (2006): Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier Oktober 2006, Umweltbundesamt, Dessau
- Urban, Dieter/Jochen Mayerl (2008): Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, VS Verlag: Wiesbaden, 3. Auflage

## 8 Anhänge

### 8.1 Anhang 1: Wasserbedarfsberechnung der Haushalte

Die folgenden Berechnungsgrundlagen beziehen sich, wenn nicht anders gekennzeichnet, auf Stadtteile als grundlegende Raumeinheit der Berechnungen im integrierten Prognosemodell. Werden aggregierte Kenngrößen verwendet, sind diese explizit durch das  $\Sigma$ -Zeichen oder entsprechende Indizierungen markiert. Die Unterscheidung der beiden Siedlungsstrukturarten der „Häuser“ (Einfamilienhäuser) und „Wohnungen“ (Mehrfamilienhäuser) erfolgt über eine Indizierung durch „H“ für erstere Gruppe bzw. „W“ für die andere Gruppe. Gelten einzelne Formeln identisch für beide Siedlungsstrukturarten, ist dies durch eine Indizierung mit „H/W“ gekennzeichnet. Beziehen sich Größen auf einzelne Verbrauchsstellenarten statt der beiden Siedlungsstrukturarten „Häuser“ bzw. „Wohnungen“, ist dies durch die Indizierung mit „VBS“ gekennzeichnet.

#### 8.1.1 Basisberechnungen

Wasserbedarf auf Basis von Bevölkerung und spezifischen Wasserbedarf:

$$W = B \times spW$$

Spezifischer Wasserbedarf auf Basis der Beiträge von Häusern und Wohnungen:

$$spW = p^H \times spW^H + p^W \times spW^W$$

Bevölkerungsbezogene Anteile von Häusern und Wohnungen:

$$p^{H/W} = \frac{B^{H/W}}{B}; \text{ wobei } B = B^H + B^W$$

Spezifischer Wasserbedarf als Änderung des früheren Zustands:

$$spW_{neu}^{H/W} = spW_{alt}^{H/W} + \Delta spW^{H/W}$$

Änderung des spezifischen Wasserbedarfs auf Basis der Änderung von Einflussfaktoren:

$$\Delta spW^{H/W} = k_{HG}^{H/W} \times \Delta HG^{H/W} + k_{WF}^{H/W} \times \Delta spWF^{H/W} + k_{PBF}^{H/W} \times \Delta spPBF^{H/W} + k_{SG}^{H/W} \times \Delta SG^{H/W}$$

#### 8.1.2 Definition der Einflussfaktoren und der Änderungen

Haushaltsgröße ist definiert als die Einwohnerzahl pro Wohneinheit:

$$HG^{H/W} = \frac{B^{H/W}}{WE^{H/W}}$$

Spezifische Wohnfläche ist definiert als die Wohnfläche pro Einwohner:

$$spWF^{H/W} = \frac{WF^{H/W}}{B^{H/W}}$$

Spezifische potentielle Bewässerungsfläche (spPBF) ist definiert als die nicht versiegelte Freifläche pro Wohneinheit:

$$spPBF^{H/W} = \frac{PBF^{H/W}}{WE^{H/W}}$$

Sanitärmodernisierungsgrad ist definiert als der Anteil von Wohneinheiten mit modernisierten Sanitäreinrichtungen:

$$SG^{H/W} = \text{empirisch gegeben aus der Befragung 2007}$$

Änderungen der Einflussfaktoren:

$$\Delta HG^{H/W} = HG_{neu}^{H/W} - HG_{alt}^{H/W}$$

$$\Delta spWF^{H/W} = spWF_{neu}^{H/W} - spWF_{alt}^{H/W}$$

$$\Delta spPBF^{H/W} = spPBF_{neu}^{H/W} - spPBF_{alt}^{H/W}$$

$$\Delta SG^{H/W} = SG_{neu}^{H/W} - SG_{alt}^{H/W}$$

### 8.1.3 Bestimmung der Einflussfaktoren im Basisjahr der Prognose

Die Berechnungen erfolgen auf Basis von Werten aus einer Selektion von Adressen mit eindeutiger Zuweisung von Bevölkerung, Einflussgrößen und Wasserverbrauch. Die daraus folgenden Daten werden als homogene Größen bezeichnet und mit dem Index „hom“ gekennzeichnet. Die Ableitung von Werten für alle Adressen eines Stadtteils erfolgt durch ein Hochskalieren der Werte homogener Adressen.

Mit folgenden Berechnungen werden die Basisgrößen berechnet, mit deren Hilfe nach der Formel im vorangehenden Abschnitt die Haushaltsgrößen für Häuser und Wohnungen ermittelt werden können:

$$B^H = \frac{B_{hom}^H}{WE_{hom}^H} \times WE^H$$

$$B^W = B - B^H$$

$$WE^H = \#VBS\_H; WE^W = WE - WE^H; WE = \frac{B}{HG}; \text{ wobei } HG, B = \text{ gegeben}$$

Die Größe #VBS\_H stellt die Anzahl an Verbrauchsstellen bei der Verbrauchsstellenart „Einfamilienhäuser“ dar. Hier wird vereinfacht von einer Wohneinheit pro Einfamilienhaus ausgegangen.

Berechnung der Wohnfläche im Basisjahr für Häuser und Wohnungen, aus der die spezifische Wohnfläche abgeleitet werden kann:

$$WF^{VBS} = \frac{WF_{hom}^{VBS}}{\#VBS_{hom}} \times \#VBS \times f_{korr}^{WF}$$

$$WF^H = WF^{VBS\_H}; WF^W = WF^{VBS\_W1} + WF^{VBS\_W2} + WF^{VBS\_W3}$$

Dabei ist  $f_{korrr}^{WF}$  ein stadtteil- und VBS-übergreifender Korrekturfaktor, um für das gesamte Stadtgebiet eine Angleichung der GIS-basierten Ableitung der Wohnfläche mit der amtlichen Bezugsgröße herzustellen. Die gesamte Wohnfläche in Wohnungen ist die Summe aller Wohnflächen in den zugehörigen Verbrauchsstellenarten (hier angegeben als W1, W2, W3).

Berechnung der potentiellen Bewässerungsfläche (PBF) im Basisjahr für Häuser und Wohnungen, aus der die spezifische potentielle Bewässerungsfläche abgeleitet werden kann:

$$PBF^{VBS} = \frac{PBF_{hom}^{VBS}}{\#VBS_{hom}} \times \#VBS \times f_{korrr}^{PBF}$$

$$PBF^H = PBF^{VBS\_H}; PBF^W = PBF^{VBS\_W1} + PBF^{VBS\_W2} + PBF^{VBS\_W3}$$

Dabei ist  $f_{korrr}^{PBF}$  ein stadtteil- und VBS-übergreifender Korrekturfaktor, um für das gesamte Stadtgebiet eine Angleichung der GIS-basierte Ableitung der potentiellen Bewässerungsfläche mit der amtlichen Bezugsgröße herzustellen. Die gesamte den Wohnungen zugerechnete potentielle Bewässerungsfläche ist die Summe aller potentiellen Bewässerungsflächen der zugehörigen Verbrauchsstellenarten (hier angegeben als W1, W2, W3).

#### 8.1.4 Bestimmung von Änderungen der Einflussfaktoren in den Prognoseschritten

Die Prognose neuer Wohneinheiten für Häuser und Wohnungen ergibt sich aus Angaben der Stadtplanung für Planungen zu Innen- und Außenentwicklung sowie zu Abschätzungen von unspezifischen Bauaktivitäten in der Größenordnung kleiner als 20 Wohneinheiten. Unter Berücksichtigung von erwarteten Umsetzungsgraden dieser Planungen ergeben sich daraus stadtteilbezogene Änderungen der Anzahl von Wohneinheiten  $\Delta WE^{H/W}$ .

Die stadtteilbezogene Prognose der Bevölkerung beruht auf der Prognose neuer Wohneinheiten auf Grundlage der Stadtplanung unter Berücksichtigung der mittleren Haushaltsgrößen zum vergangenen Berechnungszeitpunkt. Durch eine nachfolgende Anpassung an die Bevölkerungsfortschreibung für das Stadtgebiet werden langfristig erwartete Effekte des demografischen Wandels und stadtstruktureller Entwicklungen aufgenommen.

$$\text{vor Anpassung: } \widetilde{\Delta B}^{H/W} = \Delta WE^{H/W} \times HG_{alt}^{H/W}; \widetilde{\Delta B} = \widetilde{\Delta B}^H + \widetilde{\Delta B}^W$$

$$\text{nach Anpassung: } \Delta B^{H/W} = \frac{\sum B_{neu}^{KBV}}{\sum B_{alt} + \sum \widetilde{\Delta B}} \times (B_{alt}^{H/W} + \widetilde{\Delta B}^{H/W}) - B_{alt}^{H/W}$$

Die Entwicklung von Haushaltsgrößen für Häuser und Wohnungen kann daraus abgeleitet werden.

Berechnung der neuen Wohnfläche aus der bisherigen Wohnfläche und der Wohnflächenänderung im Prognoseschritt:

$$WF_{neu}^{H/W} = WF_{alt}^{H/W} + \Delta WF^{H/W}; \Delta WF^{H/W} = \Delta WE^{H/W} \times P_{WF}^{H/W}$$

Dabei steht der Parameter  $P_{WF}^{H/W}$  für die geplante bzw. erwartete durchschnittliche Wohnfläche pro neu gebaute Wohneinheit für Häuser und Wohnungen.

Berechnung der neuen potentiellen Bewässerungsfläche (PBF) aus der bisherigen PBF und der Flächenänderung im Prognoseschritt:

$$PBF_{neu}^{H/W} = PBF_{alt}^{H/W} + \Delta PBF^{H/W}; \Delta PBF^{H/W} = \Delta WE^{H/W} \times P_{PBF}^{H/W}$$

Dabei steht der Parameter  $P_{PBF}^{H/W}$  für die geplante bzw. erwartete durchschnittliche potentielle Bewässerungsfläche pro neu gebaute Wohneinheit für Häuser und Wohnungen.

## 8.2 Anhang 2: Tages-Prognosemodell

Das Tages-Prognosemodell wurde in der Wasserbedarfsprognose 2007 zur Ableitung des Klimaeinflusses auf den Wasserbedarf und zur Bestimmung von jährlichen Spitzenfaktoren des maximalen Tagesbedarfs entwickelt. Das Modell ist im Folgenden unter Berücksichtigung einer Aktualisierung der Datenbasis dargestellt.

### 8.2.1 Grundlagen des Tages-Prognosemodells

Zur Analyse der vorliegenden Tages-Daten zu Wasserabgabemengen sowie kalendari-schen und meteorologischen Einflussfaktoren wurde ein multi-faktorielles Prognosemodell entwickelt. Als „Tages-Prognosemodell“ bezeichnet, erlaubt es die täglichen Wasserabgaben unter einer Varianzaufklärung<sup>9</sup> von 80% vorherzusagen. Im Rahmen dieses Berichts dient das Modell zum einen der Analyse maximaler Bedarfsanforderungen mit der Aufklärung von Ursachenkomplexen und der Abschätzung von Rest-Unsicherheiten mit dem Ziel, einen Spitzenfaktor für mittelfristige Planungshorizonte abzuleiten. Zum anderen erlaubt das Modell eine Abschätzung der Wirkung des Klimawandels auf zukünftige Bedarfsentwicklungen. Das Tages-Prognosemodell bietet über den bestehenden Rahmen hinaus die konkrete Möglichkeit, durch Prognosen kurzfristiger Bedarfsentwicklungen mit dem Zeithorizont von Tagen eine Unterstützung in Prozessen der betrieblichen Planung und Steuerung.

<sup>9</sup> Als Varianzaufklärung wird derjenige Anteil der Varianz von Beobachtungswerten (hier den täglichen Wasserabgabemengen) bezeichnet, um den die ursprüngliche Varianz der Beobachtungsdaten durch Anwendung geeigneter statistischer Verfahren vermindert werden kann.

Tabelle 20: Einflussfaktoren im Tages-Prognosemodell

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Formale Struktur</b>
Time	Laufender Tag zur Ermittlung eines zeitlichen Trends	Abschnittsweise lineares Modell
MaxT	Maximale Temperatur mit Lag-Optimierung	Exponentiell-lineares Modell
Rain	Niederschlag mit Lag-Optimierung	Exponentiell-lineares Modell
DryPer	Dauer einer Trockenperiode Definition: max. Tagesniederschlag 0,5 mm und Maximaltemperatur über 10°C	Kategorielles Modell
AridPer	Dauer einer Hitze- und Trockenperiode Definition: max. Tagesniederschlag 0,5 mm und Maximaltemperatur über 25°C	Kategorielles Modell
Month	Laufender Monat	Kategorielles Modell
WDays	Laufender Wochentag	Kategorielles Modell
Vdays	Unterscheidung nach Ferientag, Feiertag und „normaler Tag“	Kategorielles Modell

In der Umsetzung des Tages-Prognosemodells wurden auf Basis der täglichen Daten zu maximaler Temperatur, Niederschlag, Datum, Ferien-/Feiertag die in Tabelle 20 aufgeführten acht Einflussfaktoren ausgewählt und berechnet. In der Tabelle sind zusätzlich die Typen der jeweils für die Einflussfaktoren charakteristischen formalen Strukturen benannt. Mit einem als Lag-Optimierung benannten Verfahren wurden im Fall der maximalen Temperatur und des Niederschlags jeweils entsprechende Größen definiert, in denen nicht nur aktuelle Tageswerte sondern mit exponentiell abnehmender Gewichtung auch vergangene Tageswerte der meteorologischen Größen einbezogen sind. Hierbei wurde die Reichweite in die Vergangenheit hinein unter Optimalitätskriterien bezüglich der Prognosegüte ermittelt. Das Gesamtmodell zur Tagesprognose setzt sich schließlich additiv aus den formalen Strukturen der Einflussfaktoren zusammen. Zielgrößen sind die Tagesabgabemengen.

Die numerische Optimierung erfolgt nach einer Quasi-Newton-Methode von Broyden, Fletcher, Goldfarb and Shanno aus dem Jahr 1970 (auch: *Variable Metric Algorithm*). Als Optimierungsgröße wurde der mittlere quadratische Fehler verwendet. Die technische Implementierung fand in R, Version 3.0.2 (R Development Core Team 2013), einer freien Software-Umgebung für *Statistical Computing and Graphics*, statt.

### 8.2.2 Ergebnisse

Das multi-faktorielle Tages-Prognosemodell erreicht bezüglich der Schwankungen in den Tagesabgaben des Zeitraums von 2000 bis 2006 eine Varianzaufklärung<sup>9</sup> von 82%. Damit kann ein hoher Anteil in der Schwankungsbreite auf Basis der Einflussfaktoren kausal beschrieben und vorhergesagt werden. Dieses Ergebnis ist zusammen mit den jeweiligen Beiträgen der Einflussfaktoren zur gesamten Varianzaufklärung in der Abbildung 50 dargestellt. In der Abbildung 51 werden als weiteres Maß für die Prognosegüte Original- und Prognosewerte gegenübergestellt. Im Idealfall einer exakten Prognose lägen alle Punkte mit einer perfekten positiven Korrelation von Eins

exakt auf der Diagonale. Im vorliegenden Fall erreicht das Tages-Prognosemodell eine Korrelation von 0,89.

Die Abbildung 52 zeigt eine Gegenüberstellung der Verteilungsdichten tatsächlicher Wasserabgaben (grau schattiert) und der Abweichungen des Prognosemodells von diesen Originalwerten (Residuen, braun schattiert). In der Schlussfolgerung bedeutet dies, dass von einer weitreichenden Aufklärung kausaler Einflüsse ausgegangen werden kann und die Rest-Unsicherheit zu einem erheblichen Anteil auf stochastische Effekte zurückzuführen ist. Die verbleibenden Abweichungen von einer Normalverteilung bedürfen jedoch einer weiteren Untersuchung hinsichtlich ihrer Ursachen. Hier können in der Modellstruktur bedingte systematische Effekte oder weitere unberücksichtigte Einflussfaktoren eine Rolle spielen.

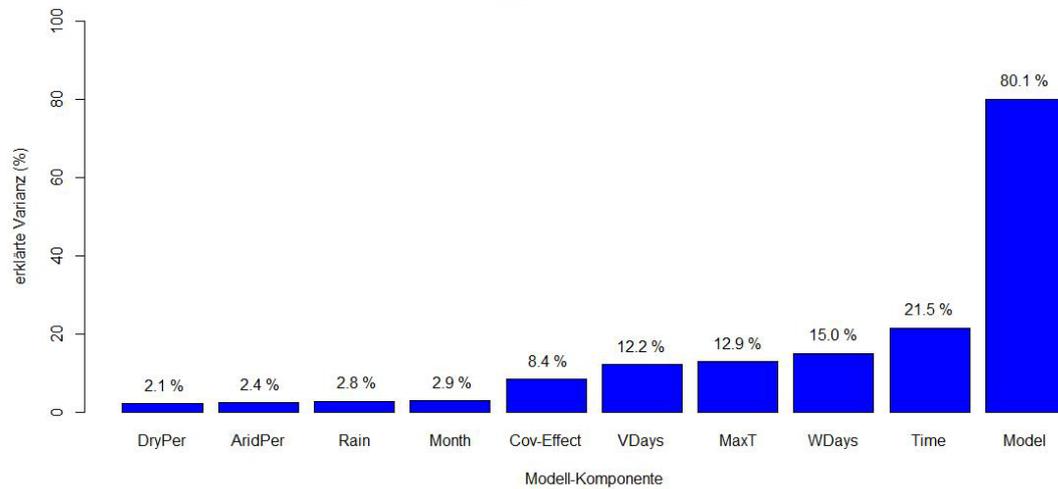


Abbildung 50: Varianzaufklärung der Einflussfaktoren und des Tages-Prognosemodells insgesamt

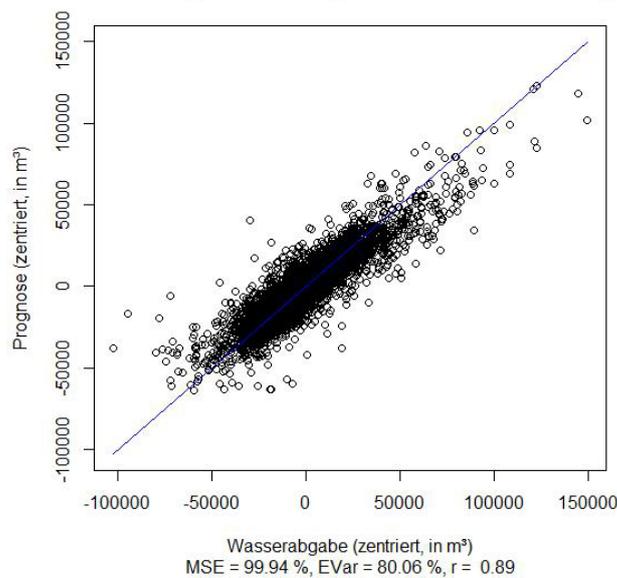


Abbildung 51: Darstellung der Prognosegüte des Tages-Prognosemodells durch Auftragung von Wasserabgabe und Prognosewert

Mit „Cov-Effect“ wird der durch Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Einflussfaktoren (Covarianzen) hervorgerufene Beitrag zur Varianzaufklärung bezeichnet.

Im Idealfall vollständiger Übereinstimmung liegen alle Punkte exakt auf der diagonalen Gerade. Der Korrelationskoeffizient  $r$  kann hier als Maß für die Prognosegüte herangezogen werden; er kann Werte zwischen  $-1$  (negative Korrelation),  $0$  (keine Korrelation) und  $1$  (positive Korrelation) annehmen. Das Tages-Prognosemodell erreicht einen Wert von  $0,89$ . Erkennbar sind eine deutliche Verringerung der Schwankungsbreite und eine Annäherung an die Normalverteilung.

Die Einzelergebnisse der durch die Einflussfaktoren bestimmten Modellkomponenten sind in Abbildung 53 ersichtlich. Die Zeitkomponente weist auf einen Trend linear abnehmenden Tageswasserbedarfs hin. Die maximale Temperatur gewinnt erst bei Temperaturen über  $24^{\circ}\text{C}$  exponentiell an Einfluss und muss daher mit Blick auf die Wirkungen des Klimawandels in besonderem Maße einbezogen werden. Ein ähnliches Phänomen zeigt sich für den Niederschlag, der zudem von einem hohen Einfluss vergangener Niederschlagswerte geprägt ist (Lag-Optimierung). Bei längeren Phasen geringen Niederschlags steigt der Wasserbedarf deutlich an. In den jeweils durch unterschiedliche Kopplungen von Niederschlag und Temperatur definierten Einflussfaktoren der Trocken-Periode und Hitze-Trocken-Periode zeigt sich dieser den Bedarf erhöhende Effekt ebenfalls. Der jahreszeitliche Effekt weist insbesondere in den Monaten Mai und Juni auf einen erhöhten Bedarf hin. Im Wochenrhythmus weisen die Wochentage Montag bis Donnerstag einen gleichmäßig erhöhten Bedarf im Vergleich zu den restlichen Wochentagen auf. Einen hohen bedarfsmindernden Effekt zeigen Ferientage, geringer ist dieser Effekt bei Feiertagen ausgeprägt. Als schwarze Punktwolken bzw. Box-Plots dargestellt die bekannten Wasserabgaben, in rot dargestellt der Beitrag des jeweiligen Einflussfaktors zur Gesamtprognose. Die gegenüber den Originalwerten verminderten Prognosebeiträge der Einflussfaktoren DryPer und AridPer erklären sich durch hier verstärkt auftretenden Covarianz-Effekten.

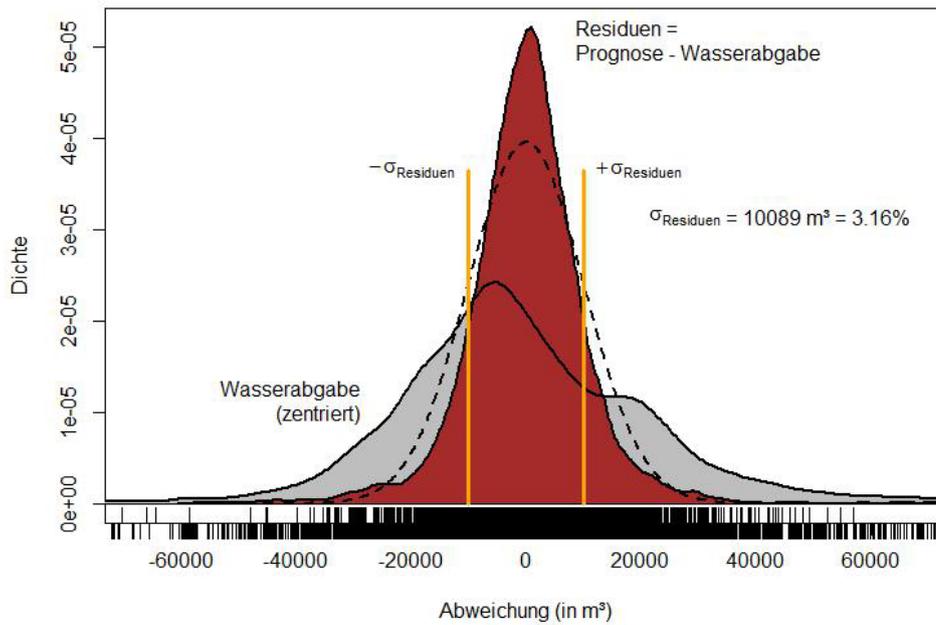


Abbildung 52: Vergleich der Verteilungsdichten der Wasserabgaben mit den Residuen des Tages-Prognosemodells

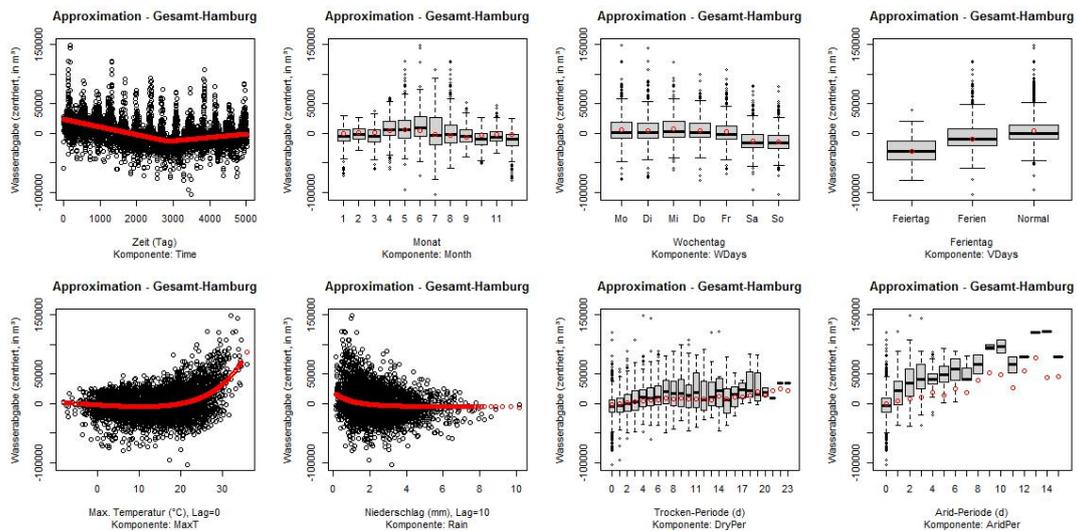


Abbildung 53: Einflussfaktoren im optimierten multi-faktoriellen Tages-Prognosemodell

Abschließend zeigt Abbildung 54 die Anwendbarkeit des Tages-Prognosemodells in der täglichen Prognose von Abgabemengen. Neben den bekannten kalendarischen Eingangsparametern werden zusätzlich die Vorhersagen über die erwarteten meteorologischen Bedingungen benötigt. Bei einem Zeithorizont von einem Tag sind diese von hoher Güte und lassen somit auch für die Tagesprognosen des Wasserbedarfs eine hohe Prognosegüte erwarten.

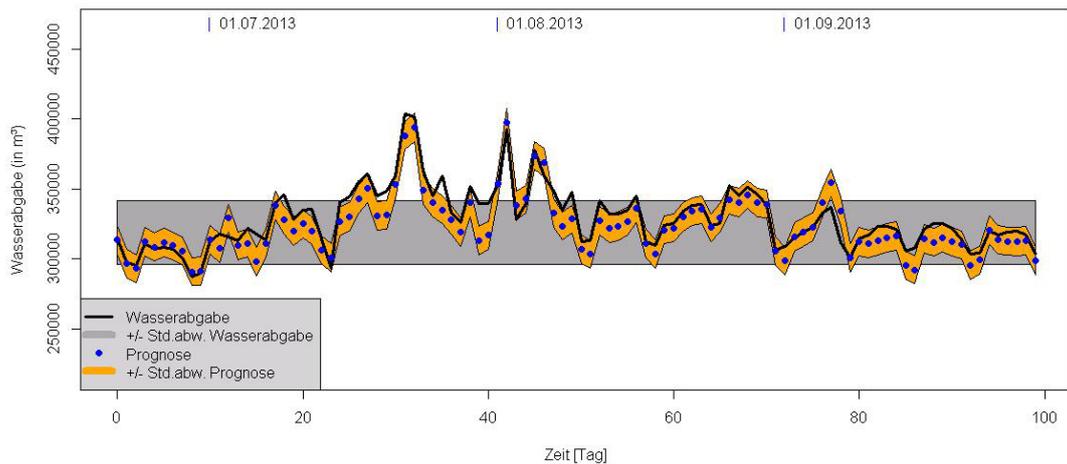


Abbildung 54: Prognose der täglichen Wasserabgabe in einem Zeitfenster von etwa drei Monaten

### 8.3 Anhang 3: Liste der Interviewpartner zum Themenbereich Entwicklung des Wasserbedarfs der Haushalte

- Ulrich Hussing  
 Referat 11 – Bevölkerung und Zensus  
 Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein  
 Steckelhörn 12  
 20453 Hamburg  
 Telefon: 040 - 42831 - 1479  
 Email: [Ulrich.Hussing@statistik-nord.de](mailto:Ulrich.Hussing@statistik-nord.de)  
 Themen: Bevölkerungsentwicklung, Zensus, Kopplung mit Wohnungsbau
- Annett Jackisch  
 Referat 52 – Inhalt und Organisation der Web-Angebote, Kunden- und Datenmanagement  
 Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein  
 Steckelhörn 12  
 20457 Hamburg  
 Telefon: 040 - 42831 - 1755  
 Email: [annett.jackisch@statistik-nord.de](mailto:annett.jackisch@statistik-nord.de)  
 Themen: Kleinräumige Haushaltsstatistik
- Claudia Köster  
 Freie und Hansestadt Hamburg  
 Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
 Amt für Landesplanung und Landschaftsplanung  
 Referat Gesamtstädtische und thematische Entwicklungsplanung  
 Neuenfelder Straße 19  
 21109 Hamburg

Telefon: 040 - 42840 - 3107

Email: [Claudia.Koester@bsu.hamburg.de](mailto:Claudia.Koester@bsu.hamburg.de)

Themen: Wohnungsbauentwicklung, Stadtentwicklung

- Ulrich Stallmann  
Vorsitzender des Vorstandes  
Walddorfer Wohnungsbaugenossenschaft eG  
Volksdorfer Dann 188  
22344 Hamburg  
Telefon: 040 - 6044 - 7626  
Email: [u.stallmann@walddoerfer.de](mailto:u.stallmann@walddoerfer.de)  
Themen: Wohnungsbauentwicklung, Wohnungsmodernisierung

## **8.4 Anhang 4: Vorgehensweise bei der Prognose des Trinkwasserbedarfs von GHD und Industrie**

Die Prognose der sektoralen Entwicklung der Erwerbstätigen bildet die Grundlage für die folgenden Prognosevarianten des Trinkwasserverbrauchs, wobei noch weiter differenziert wird, nämlich nach 14 Wirtschaftssektoren. Für die Prognose des Trinkwasserverbrauchs war die Bildung spezifischer Verbräuche pro Erwerbstätigen erforderlich. Hierzu wurde im ersten Schritt vom ISOE eine Verknüpfung der Dateien von Handelskammer und HAMBURG WASSER mittels Georeferenzierung vorgenommen. Dabei konnten 43.434 der insgesamt 55.706 Betriebe über ihre Adresse an die Kundendatei von HAMBURG WASSER gekoppelt und mit Adresspunkten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) versehen werden. Durch diese Verknüpfung wurden Verbrauchsstellen mit ihrem Jahresverbrauch adressgenau zugeordnet. Allerdings erfolgte in vielen Fällen keine eindeutige Zuordnung zu einem Betrieb, da es unter einer Adresse oft mehrere Betriebe gab. Außerdem kam es vor dass sich unter einer Adresse mit Betrieben laut Handelskammerdatei nur Verbrauchsstellenarten für private Haushalte befanden und somit auch keine eindeutige Zuordnung zu einem Betrieb erfolgen konnte.

### **8.4.1 Selektion von Betrieben mit passenden Verbrauchsstellenarten**

Das ifo Institut selektierte daraus 2.608 Betriebe, welche für GHD und Industrie relevante Verbrauchsstellenarten auswies (wobei die Eindeutigkeit der Zuordnung noch nicht überprüft wurde) und ordnete sie gemäß ihrer WZ-Nummer den Branchen nach der Abgrenzung bei PROGNOSE zu. Mit dieser Datei wurde der Jahresverbrauch pro Erwerbstätigen der einzelnen Branchen ermittelt. Da die Handelskammerdatei nicht die genaue Erwerbstätigenzahl angibt, sondern nur die Zuordnung der Betriebe

zu Beschäftigtengrößenklassen<sup>10</sup> (BGK), wurden die spezifischen Werte alternativ unter Verwendung der Beschäftigtengrößenklassenmitte, der Beschäftigtengrößenklassenobergrenze sowie der Beschäftigtengrößenklassenuntergrenze ermittelt. Durch Multiplikation mit den sektoralen Erwerbstätigen in 2008 (gemäß Prognos) wurde somit der rechnerische Verbrauch je Branche in den verschiedenen Varianten ermittelt. Das Jahr 2008 wurde gewählt, da von HAMBURG WASSER dazu keine aktuelleren Daten vorlagen. Die Plausibilität der Ergebnisse wurde überprüft, indem die Summe der Branchenverbräuche mit dem Ist-Wert des Wasserverbrauchs von GHD und Industrie gemäß der Verbrauchsdatei von HAMBURG WASSER verglichen wurde.

Das Ergebnis der Plausibilitätsprüfung war, dass die Summe des rechnerischen Verbrauchs aus den sektoralen Durchschnittswerten (Verbrauch dividiert durch Beschäftigtengrößenklassenmitte) dieser 2.608 Betriebe für das Verarbeitende Gewerbe das 1,4fache der tatsächlichen Werte von 2008 nach Angaben von HAMBURG WASSER, bei GHD das 2,7fache, und insgesamt das 2,5fache der tatsächlichen Werte von 2008 ergab. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich zum einen in der Mehrfachzuordnung von Zählern zu mehreren Betrieben und zum andern in der Uneindeutigkeit bei den Verbrauchsstellenarten (So sind unter der Verbrauchsstellenart „Industrie“ auch Nicht-Industriebetriebe anzufinden und umgekehrt unter den Gewerbetrieben auch Industriebetriebe ausgewiesen).

#### 8.4.2 Selektion von Betrieben mit eindeutig zugeordneten Wasserverbräuchen

Im nächsten Arbeitsschritt wurden aus den Betrieben mit passenden Verbrauchsstellenarten diejenigen Betriebe selektiert, bei denen der Wasserverbrauch *eindeutig* zugeordnet werden konnte oder zumindest unter wenigen Betrieben mit identischem Verbrauch Plausibilität herrschte, welchem davon der Wasserverbrauch zuzuordnen ist (wenn z.B. zwei Kleinstbetriebe und ein Großunternehmen jeweils der gleiche Verbrauch zugordnet war). Daraus ergab sich eine Auswahl von 215 Unternehmen mit einem Jahresverbrauch über 2.000 m<sup>3</sup> (niedrigere Verbräuche wurden vorerst nicht berücksichtigt).

Aus diesen 215 Unternehmen wurde unter Verwendung der BGK-Mitte der spezifische Wasserverbrauch in den einzelnen Branchen gemäß PROGNOS ermittelt (vgl. Tabelle 21). Dabei ergab sich allerdings für das Verarbeitende Gewerbe ein ungewöhnlich niedriger Wert von 19,1 m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen (zum Vergleich: Der Bundesdurchschnitt liegt bei 179 m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen gemäß Berechnungen aus UGR und VGR). Daher erfolgte eine nochmalige Berechnung unter Verwendung der BGK-

<sup>10</sup> Die Erwerbstätigen umfassen zusätzlich zu den Beschäftigten (Angestellte und Beamte) auch die Selbstständigen und die mithelfenden Familienangehörigen. Während im Deutschland Report 2035 Prognosen über die Erwerbstätigen vorgenommen werden, gibt die Datei der Handelskammer die Zahl der Beschäftigten wieder. Diese kleine Unschärfe muss in Kauf genommen werden, sie dürfte aber keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

*Untergrenzen.* Diese ergab für das Verarbeitende Gewerbe einen höheren Wert von 45,6 m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen, der allerdings immer noch deutlich unter dem Bundesdurchschnitt lag. (Allerdings bestätigte die Befragung des ifo Instituts bei den industriellen Wasserverbrauchern, dass deren spezifischen Verbräuche in Hamburg tatsächlich deutlich unter dem Bundesdurchschnitt liegen, s. Abschnitt 8.5 im Anhang).

Die Summe des rechnerischen Verbrauchs ermittelt aus dem sektoralen Durchschnittswerten (unter Verwendung der Beschäftigtengrößenklassenmitte) dieser 215 Betriebe ergab für das Verarbeitende Gewerbe das 0,8fache der tatsächlichen Werte von 2008 gemäß der Angaben von HAMBURG WASSER, für GHD das 6,4fache, und insgesamt das 5,8fache der tatsächlichen Werte von 2008. Die Verwendung der Beschäftigtengrößenklassenuntergrenzen für die Schätzung des Wasserverbrauchs ergab sogar das ca. 8,5fache des tatsächlichen Verbrauchs von GHD und Verarbeitendem Gewerbe, da die spezifischen Verbrauchswerte hierbei wesentlich höher ausfallen. Unter Verwendung der Beschäftigtengrößenobergrenzen ergab sich für das Verarbeitende Gewerbe nur das 0,5fache der tatsächlichen Werte, für GHD jedoch das 5,1fache und insgesamt das 4,6fache der tatsächlichen Werte. Ein wesentlicher Grund für diese Abweichungen dürfte darin liegen, dass für die Branchen „Gesundheits- und Sozialwesen“ und „Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung“ Ausreißer erfasst wurden, da die spezifischen Werte, die sich für diese Branchen aus den 215 Betrieben ergeben, erheblich über den vorher ermittelten Werten aus den 2.608 Betrieben liegen.

*Tabelle 21: Vergleich der Ergebnisse für die spezifischen Verbräuche unter Verwendung der Beschäftigtengrößenklassen nach drei Varianten (m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen und Jahr)*

Wirtschaftszweig	Spezifischer Verbrauch anhand BGK in m <sup>3</sup> /ET/a		
	Untergrenze	Mitte	Obergrenze
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3393,3	1696,6	1131,1
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	681,9	341,0	227,3
Verarbeitendes Gewerbe	45,6	19,1	12,1
Energie- und Wasserversorgung	76,1	50,8	38,2
Baugewerbe	10,0	3,5	2,1
Handel; Instandhaltung und Reparatur	70,3	29,7	18,8
Gastgewerbe	298,8	193,5	144,2
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	12,1	7,0	5,0
Kredit- und Versicherungsgewerbe	16,1	6,0	3,7
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	43,5	19,8	12,8
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	189,0	94,5	63,0
Erziehung und Unterricht	1254,9	1098,0	976,0
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	654,8	445,2	342,5
Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen	42,1	19,4	12,6

Quelle: Berechnungen des ifo Instituts nach Handelskammer Hamburg und HAMBURG WASSER

Weitere Berechnungen unter Verwendung der Beschäftigtengrößenklassen-*Obergrenzen* ergaben ca. das 4,6fache des tatsächlichen Verbrauchs. Der entsprechende Vergleichswert für das Verarbeitende Gewerbe beträgt dabei 19,1 m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen.

#### 8.4.3 Weitere Ansätze zur Ermittlung realistischer Ausgangswerte

Ein weiterer Versuch zur Ermittlung realistischer Ist-Werte wurde daher mit einem Mix der Ergebnisse aus den verschiedenen Ansätzen unternommen, wobei für die einzelnen Branchen jeweils der niedrigste Wert für den spezifischen Wasserverbrauch aus den drei gerechneten Varianten verwendet wurde. Dieser Versuch führte allerdings immer noch zu einer Überschätzung des tatsächlichen Verbrauchs um den Faktor 1,7. Das Kernproblem bei der Ermittlung der spezifischen Verbrauchswerte lag neben der Uneindeutigkeit der Verbrauchsstellenarten v.a. im Fehlen der tatsächlichen Beschäftigtenzahl in der Betriebsdatei der Handelskammer.

Nachdem der Weg über die Beschäftigtengrößenklassen zu keinen plausiblen Ergebnissen führte, wurde die Betriebsdatenbank der Handelskammer mit den Amadeus- und Hoppenstedt-Datenbanken abgeglichen. Vorab wurden noch zusätzlich Betriebe mit einem eindeutig zuordenbaren Verbrauch zwischen 750 und 2.000 m<sup>3</sup> selektiert. Aus den Amadeus- und Hoppenstedt-Datenbanken konnte somit insgesamt 345 Betrieben mit einem Jahresverbrauch über 750 m<sup>3</sup> die Mitarbeiterzahl zugeordnet werden. Mit diesen Ergebnissen wurden die spezifischen Wasserverbräuche in den einzelnen Wirtschaftszweigen ermittelt. Für das Verarbeitende Gewerbe wurde der spezifische Wasserverbrauch pro Erwerbstätigen so gewählt, dass der rechnerische Verbrauch mit den tatsächlichen Werten aus der Wasserverbrauchsstatistik von HAMBURG WASSER in Übereinstimmung kam.<sup>11</sup> Für die GHD-Sektoren wurden die in Tabelle 22 beschriebenen, jeweils rechnerisch ermittelten spezifischen Werte verwendet. Zudem wurden die nach wie vor unplausibel hohen Werte für Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Gastgewerbe, sowie Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen mit Hilfe einer qualifizierten Bewertung zu eher plausibel erscheinenden Werten nach unten angepasst. Für den Wirtschaftszweig „Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung“, der in den Datenbanken nicht vertreten war, wurde derselbe Wert wie für „Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen“ verwendet.

<sup>11</sup> Dies ist für einen spezifischen Verbrauch von 22,2 m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen der Fall. Die entsprechenden Ergebnisse aus der Befragung liegen nahe bei diesem Wert, nämlich bei 21,0 m<sup>3</sup> pro Beschäftigten für 2010, 22,8 m<sup>3</sup> pro Beschäftigten für 2011 und 21,6 m<sup>3</sup> pro Beschäftigten für 2012.

*Tabelle 22: spezifische Verbräuche im Basisjahr (m<sup>3</sup> pro Erwerbstätigen und Jahr)*

<b>Wirtschaftszweig</b>	<b>Spezifischer Wasserverbrauch in m<sup>3</sup>/ET/a</b>
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	69,5
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	21,4
Verarbeitendes Gewerbe	22,2
Energie- und Wasserversorgung	54,3
Baugewerbe	5,8
Handel; Instandhaltung und Reparatur	19,3
Gastgewerbe	45,0
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	9,9
Kredit- und Versicherungsgewerbe	10,7
Grundstückswesen, Vermietung, Unternehmensdienstleistungen	23,7
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	10,5
Erziehung und Unterricht	2,9
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	59,5
Sonstige öffentliche und private Dienstleistungen	10,5

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des ifo Instituts nach Handelskammer Hamburg und HAMBURG WASSER

## **8.5 Anhang 5: Ergebnisse der schriftlichen Befragung zum Wasserbedarf von Betrieben**

Im ersten Quartal 2013 wurden in zwei Befragungsrunden insgesamt 120 Betriebe angeschrieben, davon stammten 110 Adressen aus der Betriebsdatenbank der Handelskammer Hamburg und zehn Adressen aus der Betriebsdatenbank der Handwerkskammer Hamburg. Die Adressaten wurden so ausgesucht, dass die verschiedenen Branchen und unterschiedliche Betriebsgrößenklassen angemessen repräsentiert waren. Vier Adressen stellten sich als erloschen heraus. Von den verbleibenden 106 Adressen antworteten 19 Betriebe, das entspricht einer Rücklaufquote von 17,9%. Ein Rücklaufquote in der Größenordnung von 20% ist zwar bei schriftlichen Befragungen i.d.R. zu erwarten, allerdings konnte man in diesem Fall aufgrund der besonderen regionalen Betroffenheit und des direkten Anschreibens, auch durch den Auftraggeber, eine deutlich höhere Rücklaufquote erhoffen. Dies bewahrheitete sich jedoch nicht. Nichtsdestotrotz bietet auch diese kleine Stichprobe einige interessante Anhaltspunkte.

Von den antwortenden Betrieben waren 14 aus dem Verarbeitenden Gewerbe, 2 waren Handelsunternehmen, 2 aus dem Bereich der Sonstigen Dienstleistungen und in einem Fall handelte es sich um einen Handwerksbetrieb. Alle 19 Betriebe machten Angaben zur Beschäftigtenzahl, aber nur 10 zum Umsatz. Die Frage zum Wasserverbrauch aus Fremdbezug wurde von allen Betrieben bis auf einen beantwortet und Angaben zur Eigenförderung wurden von 4 Industriebetrieben gemacht (vgl. Tabelle 23).

*Tabelle 23: Branchenzugehörigkeit und Antwortverhalten bei der schriftlichen Befragung von Unternehmen (Quelle: Erhebung des ifo Instituts 2013)*

<b>Branche:</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Angaben zu ... Beschäftigtenzahl</b>	<b>Umsatz</b>	<b>Wasserverbrauch Fremdbezug</b>	<b>Wasserverbrauch Eigenförderung</b>
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	14	14	7	14	4
<b>Handel</b>	2	2	1	1	
<b>Sonstige DL</b>	2	2	2	2	
<b>Handwerk</b>	1	1		1	
<b>Summe</b>	19	19	10	18	4

Soweit Wasser selbst gefördert wird, hängt die Fördermenge von der Umsatzentwicklung ab. Beim Fremdbezug gaben 9 Betriebe an, dass der Wasserverbrauch in erster Linie von der Umsatzentwicklung abhängt, bei 8 hängt er von der Beschäftigtenentwicklung ab und bei 3 Betrieben von beidem (vgl. Tabelle 24). Die Verwendung des Wassers aus Fremdbezug erfolgt überwiegend als Sanitärwasser (13 Mal genannt), daneben auch als Betriebsmittel (8 Nennungen) und in zwei Fällen zur Kühlung (vgl. Tabelle 25). Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung erwarteten die Befragten fast vollzählig, dass sich der Wasserverbrauch in den drei genannten Perioden proportional zur Umsatz- bzw. Beschäftigtenentwicklung verändern wird (vgl. Tabelle 26). Investitionen in die Mehrfach- und Kreislaufnutzung von Wasser aus Fremdbezug plante nur einer der befragten Teilnehmer und zwar erst längerfristig (also noch nicht innerhalb der kommenden fünf Jahre). 18 Befragte gaben an, überhaupt keine derartigen Investitionen zu planen.

Aus den Angaben zum Wasserverbrauch und den Beschäftigtenzahlen lassen sich zumindest für das Verarbeitende Gewerbe spezifische Verbrauchswerte herleiten (vgl. Tabelle 27). Diese liegen in der Größenordnung der rechnerisch ermittelten Werte. Für Handwerk, Handel und sonstige Dienstleistungen können jedoch aufgrund der niedrigen Fallzahlen keine entsprechenden Ergebnisse hergeleitet werden.

*Tabelle 24: Abhängigkeit des Wasserverbrauchs in den Unternehmen (Quelle: Erhebung des ifo Instituts 2013)*

	<b>Eigenförderung</b>	<b>Fremdbezug</b>
<b>von der Umsatzentwicklung</b>	2	9
<b>von der Beschäftigtenentwicklung</b>	-	8
<b>von beidem</b>	-	3

Tabelle 25: Vorrangige Verwendung des Wassers in den Unternehmen (Quelle: Erhebung des ifo Instituts 2013)

	Eigenförderung	Fremdbezug
Kühlung	3	2
Betriebsmittel	3	8
Sanitärwasser	-	13

Tabelle 26: Erwartete Entwicklung des Wasserverbrauchs aus Fremdbezug im Vergleich zur Umsatz- bzw. Beschäftigtenentwicklung (Quelle: Erhebung des ifo Instituts 2013)

	2013–2022	2023–2032	2033–42
unterproportional	1	1	1
Proportional	17	16	15
überproportional	1	-	-

Tabelle 27: Spezifischer Wasserverbrauch (Fremdbezug) im Verarbeitenden Gewerbe Hamburgs ( $m^3$  pro Beschäftigten) (Quelle: Erhebungen und Berechnungen des ifo Instituts)

	2010	2011	2013
	21,0	22,8	21,6

## 8.6 Anhang 6: Erwerbstätigenprognose für Hamburg

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Spezifischer Wasserbedarf 2011 [m³/ET]	Erwerbstätige (ET)			
		2011 [1.000 ET]	2013 [1.000 ET]	2014 [1.000 ET]	2015 [1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	69,5	5,2	5,1	5,0	5,0
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	23,6	125,3	123,5	122,8	122,1
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	21,4	0,6	0,6	0,6	0,5
Verarbeitendes Gewerbe	22,2	119,1	117,6	117,0	116,4
Energie- und Wasserversorgung	54,3	5,6	5,3	5,2	5,1
<b>Baugewerbe</b>	5,8	35,0	34,4	34,0	33,5
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	22,2	934,4	927,5	928,2	928,4
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	20,8	319,2	314,1	313,3	312,4
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	19,3	171,0	167,3	166,3	165,4
Gastgewerbe	45,0	53,2	53,8	54,1	54,4
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	9,9	95,0	93,0	92,8	92,6
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	21,5	307,1	308,1	309,6	310,8
Kredit- und Versicherungsgewerbe	10,7	51,7	50,7	50,3	50,0
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	23,7	255,4	257,4	259,2	260,8
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	24,4	308,1	305,4	305,4	305,3
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	10,5	60,1	58,6	58,0	57,5
Erziehung und Unterricht	2,9	59,5	59,3	59,3	59,3
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	59,5	99,9	99,6	99,8	99,9
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	10,5	73,9	73,0	73,3	73,4
Private Haushalte mit Hauspersonal		14,7	14,8	15,0	15,2
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	22,1	1.099,9	1.090,5	1.090,0	1.089,0

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2016 [1.000 ET]	2017 [1.000 ET]	2018 [1.000 ET]	2019 [1.000 ET]	2020 [1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	121,5	121,2	120,9	120,9	120,9
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Verarbeitendes Gewerbe	116,0	115,7	115,4	115,4	115,5
Energie- und Wasserversorgung	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Baugewerbe</b>	33,2	33,2	33,0	33,1	33,4
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	930,5	934,4	938,6	945,9	953,7
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	312,2	312,6	313,1	314,7	316,5
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	164,8	164,6	164,5	165,0	165,7
Gastgewerbe	54,8	55,2	55,6	56,2	56,7
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	92,6	92,8	93,0	93,5	94,1
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	312,5	314,7	316,8	319,9	323,1
Kredit- und Versicherungsgewerbe	49,7	49,5	49,3	49,2	49,3
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	262,8	265,2	267,6	270,7	273,8
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	305,9	307,2	308,7	311,3	314,2
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	57,0	56,7	56,4	56,3	56,3
Erziehung und Unterricht	59,4	59,6	59,9	60,4	61,0
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	100,3	100,9	101,6	102,7	103,8
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	73,8	74,3	74,9	75,8	76,7
Private Haushalte mit Hauspersonal	15,4	15,6	15,8	16,1	16,4
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.090,1	1.093,6	1.097,3	1.104,6	1.112,7

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2021	2022	2023	2024	2025
	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	4,6	4,6	4,5	4,5	4,4
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	120,9	120,9	120,8	120,5	120,1
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Verarbeitendes Gewerbe	115,5	115,5	115,4	115,2	114,8
Energie- und Wasserversorgung	5,0	4,9	4,9	4,9	4,9
<b>Baugewerbe</b>	33,4	33,5	33,7	33,8	33,7
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	960,4	967,0	972,9	976,7	978,7
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	317,9	319,3	320,5	321,1	321,2
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	166,2	166,8	167,2	167,3	167,2
Gastgewerbe	57,2	57,6	58,0	58,3	58,4
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	94,5	95,0	95,4	95,6	95,6
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	325,8	328,4	330,7	332,3	333,2
Kredit- und Versicherungsgewerbe	49,3	49,2	49,2	49,1	48,9
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	276,5	279,2	281,5	283,3	284,4
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	316,8	319,3	321,6	323,2	324,3
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	56,3	56,2	56,2	56,0	55,9
Erziehung und Unterricht	61,4	61,9	62,3	62,7	62,9
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	104,9	106,0	107,0	107,7	108,3
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	77,5	78,3	79,1	79,6	79,9
Private Haushalte mit Hauspersonal	16,6	16,9	17,1	17,3	17,4
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.119,3	1.126,0	1.131,9	1.135,5	1.136,9

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2026	2027	2028	2029	2030
	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	119,6	118,9	118,3	117,7	116,9
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Verarbeitendes Gewerbe	114,3	113,6	113,0	112,5	111,8
Energie- und Wasserversorgung	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7
<b>Baugewerbe</b>	33,7	33,6	33,4	33,5	33,2
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	979,8	978,7	978,4	977,6	974,8
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	321,0	320,1	319,6	318,9	317,6
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	167,0	166,4	166,0	165,6	164,9
Gastgewerbe	58,5	58,4	58,4	58,3	58,1
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	95,6	95,3	95,2	95,0	94,7
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	333,8	333,6	333,5	333,3	332,3
Kredit- und Versicherungsgewerbe	48,7	48,4	48,1	47,9	47,6
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	285,1	285,2	285,4	285,4	284,7
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	325,1	325,1	325,4	325,5	324,8
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	55,6	55,4	55,1	54,9	54,5
Erziehung und Unterricht	63,0	63,1	63,1	63,2	63,1
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	108,8	109,0	109,3	109,5	109,5
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	80,1	80,1	80,2	80,2	80,0
Private Haushalte mit Hauspersonal	17,5	17,6	17,6	17,7	17,7
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.137,4	1.135,5	1.134,3	1.132,9	1.129,0

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2031	2032	2033	2034	2035
	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	116,3	115,6	114,9	114,2	113,5
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Verarbeitendes Gewerbe	111,2	110,6	109,9	109,3	108,7
Energie- und Wasserversorgung	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5
<b>Baugewerbe</b>	33,1	33,1	32,8	32,7	32,6
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	973,5	971,1	967,6	965,1	961,6
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	317,0	316,0	314,7	313,8	312,7
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	164,5	164,0	163,3	162,8	162,2
Gastgewerbe	58,0	57,8	57,5	57,3	57,0
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	94,5	94,3	93,9	93,7	93,5
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	331,7	330,8	329,4	328,2	326,7
Kredit- und Versicherungsgewerbe	47,3	47,0	46,7	46,4	46,1
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	284,4	283,7	282,7	281,8	280,6
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	324,8	324,3	323,5	323,0	322,2
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	54,3	54,0	53,7	53,5	53,2
Erziehung und Unterricht	63,1	63,0	62,9	62,8	62,7
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	109,6	109,6	109,5	109,5	109,3
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	80,0	79,9	79,6	79,5	79,2
Private Haushalte mit Hauspersonal	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.127,0	1.123,8	1.119,2	1.115,9	1.111,5

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2036	2037	2038	2039	2040
	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]	[1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	112,9	112,2	111,6	110,9	110,3
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Verarbeitendes Gewerbe	108,0	107,4	106,7	106,1	105,5
Energie- und Wasserversorgung	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
<b>Baugewerbe</b>	32,5	32,4	32,3	32,2	32,1
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	959,3	957,0	954,7	952,5	950,2
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	311,7	310,7	309,7	308,7	307,7
Handel; Instandh.u.Rep.v.Kfz u.Gebrauchsg.	161,7	161,3	160,8	160,3	159,8
Gastgewerbe	56,7	56,5	56,3	56,1	55,8
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	93,2	92,9	92,6	92,3	92,1
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	325,9	325,1	324,2	323,4	322,6
Kredit- und Versicherungsgewerbe	45,9	45,6	45,3	45,0	44,8
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	280,0	279,5	278,9	278,4	277,8
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	321,7	321,3	320,8	320,3	319,9
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	53,0	52,7	52,4	52,2	51,9
Erziehung und Unterricht	62,5	62,3	62,1	61,9	61,7
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	109,4	109,5	109,6	109,7	109,9
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	79,0	78,9	78,7	78,6	78,4
Private Haushalte mit Hauspersonal	17,8	17,9	17,9	17,9	18,0
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.108,4	1.105,3	1.102,2	1.099,1	1.096,0

Wirtschaftssektor und Untergliederung	Erwerbstätige (ET)				
	2041 [1.000 ET]	2042 [1.000 ET]	2043 [1.000 ET]	2044 [1.000 ET]	2045 [1.000 ET]
<b>Land- und Forstwirtschaft, Fischerei</b>	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3
<b>Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe</b>	109,6	109,0	108,3	107,7	107,1
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u. Erden	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Verarbeitendes Gewerbe	104,8	104,2	103,6	103,0	102,3
Energie- und Wasserversorgung	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
<b>Baugewerbe</b>	32,0	31,9	31,8	31,7	31,6
<b>Dienstleistungsbereiche</b>	947,9	945,7	943,4	941,2	939,0
<b>Handel, Gastgewerbe und Verkehr</b>	306,7	305,8	304,8	303,8	302,9
Handel; Instandh. u. Rep. v. Kfz u. Gebrauchsg.	159,3	158,9	158,4	157,9	157,4
Gastgewerbe	55,6	55,4	55,2	55,0	54,7
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	91,8	91,5	91,2	91,0	90,7
<b>Finanzierung, Vermietung u. Untern.dienstl.</b>	321,8	320,9	320,1	319,3	318,5
Kredit- und Versicherungsgewerbe	44,5	44,2	44,0	43,7	43,4
Grundstückswesen, Verm., Untern.dienstl.	277,2	276,7	276,1	275,6	275,0
<b>Öffentliche und private Dienstleister</b>	319,4	319,0	318,5	318,1	317,6
Öff. Verw., Verteidigung, Sozialversicherung	51,7	51,4	51,1	50,9	50,6
Erziehung und Unterricht	61,5	61,4	61,2	61,0	60,8
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	110,0	110,1	110,2	110,3	110,4
sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleist.	78,2	78,1	77,9	77,8	77,6
Private Haushalte mit Hauspersonal	18,0	18,1	18,1	18,1	18,2
<b>Alle Wirtschaftsbereiche</b>	1.093,0	1.089,9	1.086,9	1.083,9	1.080,9

## 8.7 Anhang 7: Liste der Interviewpartner bei den Telefoninterviews

- Handelskammer Hamburg: Dr. Dirck Süß, Leiter des Geschäftsbereichs Wirtschaftspolitik und Dr. Thorsten König, Leiter der Abteilung Konjunktur und Statistik
- Handwerkskammer Hamburg: Dr. Kai Hünemörder, Leiter des Zentrums für Energie-, Wasser- und Umwelttechnik, Manfred Tschöpe, Jürgen Welsch, Lorenz Neumann
- ADM Hamburg, ehemals Ölmühle Hamburg AG: Michael Hielscher, Projektingenieur Umwelt
- Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Hamburg: Rainer Hittmeyer, technischer Leiter
- Deutsche Bahn AG mit Herr Steven Geier, Kfm. Abteilungsleiter
- Lufthansa Technik: Sally Schulz, Controlling, und Elisabeth Kummer, Gewässerschutzbeauftragte
- Universitätskrankenhaus Eppendorf: Frank Dzukowski, Geschäftsführer
- Fleischgroßmarkt Hamburg FGH GmbH: Ingo Medag, Sachbearbeitung

## 8.8 Anhang 8: Wasserbedarfsprognosen anderer Städte bzw. Regionen

Die folgende Übersicht wurde vom ifo Institut mit dem Zweck erstellt, für den Wirtschaftsbereich weitere Informationen zum Vorgehen zu erhalten.

### 8.8.1 Berlin (Deutschland)

**Verfasser:** UBB Umweltvorhaben Dr. Klaus Möller GmbH

**Titel:** Wasserversorgungskonzept für Berlin und für das von den BWB versorgte Umland (Entwicklung bis 2040)

**Ort und Jahr:** Berlin, September 2008

**Zeithorizont:** 2040

**Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:** drei Varianten der Bevölkerungsentwicklung

- „Basis“: geringe wirtschaftliche Entwicklungsdynamik
- „Steigerung“: erheblich und dauerhaft verbesserte wirtschaftliche Rahmenbedingungen, daraus folgende Wanderungsgewinnen
- „Schrumpfung“: stagnierende Wirtschaftsentwicklung und Wanderungs- und Bevölkerungsverluste

**Methodische Vorgehensweise:** Prognose des Wasserbedarfs auf Grundlage der „Bevölkerungsprognose für Berlin 2002 – 2020“ der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und der Studie „Deutschlands Millionenstädte im demografischen Wandel – Fakten und Perspektiven bis 2040“ des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung. Der Trinkwasserverbrauch wird somit an der Bevölkerungsentwicklung festgemacht, wobei die wirtschaftliche Entwicklung die Rahmenbedingungen verschiedener Varianten vorgibt, aber nicht direkt als erklärende Variante des Trinkwasserbedarfs verwendet wird.

**Ergebnis:** Der Wasserbedarf nimmt nur in der Variante „Steigerung“ bis 2040 zu, in den beiden anderen Varianten nimmt er ab, bei „Schrumpfung“ naturgemäß stärker als in der Basisvariante.

**Besonderheiten:** Bedingt durch den Rückgang der industriellen Produktion und durch wassersparendes Verhalten der Bevölkerung war der Trinkwasserbedarf im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe bereits seit 1991 um ca. 30% zurückgegangen und mehrere Wasserwerke wurden stillgelegt bzw. reduzierten ihre Förderung.

### 8.8.2 Panama Canal Watershed Supply Area (Panama)

**Verfasser:** Montgomery Watson Harza/Autoridad del Canal de Panama (ACP)

**Titel:** Long-term forecast for municipal and industrial water requirements

**Ort und Jahr:** Versorgungsgebiet des Panama-Kanal-Einzugsgebiets, Februar 2001

**Zeithorizont:** 60-Jahres-Vorhersage für den Zeitraum 2000 – 2060

**Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:** Drei Varianten der Bevölkerungsentwicklung: „Hoch“, „Wahrscheinlich“ und „Niedrig“

**Methodische Vorgehensweise:** Prognose stellt eine direkte Beziehung zwischen Wasserbedarf und Prognosen der Bevölkerungsentwicklung und der wirtschaftlichen Entwicklung in der Region her. Das jährliche Wachstum des Bruttoinlandsprodukts wird für den 60-Jahreszeitraum bis 2060 auf 2,3% geschätzt. Die Wasserbedarfsprognose basiert auf historischen Verbrauchswerten für Haushalte, GHD, Industrie und öffentliche Einrichtungen. Die Fortschreibung bis 2060 erfolgt in der Industrie und im Handel anhand von Beschäftigten, in der Landwirtschaft anhand der Fläche, in den Häfen anhand der Tonnage, in den Schulen anhand der Schüler, für Krankenhäuser anhand der Betten und im Tourismus anhand der Gästezahlen.

**Ergebnis:** Zwischen 2000 und 2060 wächst die Bevölkerung in der wahrscheinlichen Variante um 71% und der totale Wasserbedarf um 105%. Im Niedrig-Szenario steigt der Wasserbedarf noch um 77,5% und im Hoch-Szenario um rund 145%.

**Besonderheiten:** Der Panama-Kanal spielt eine zentrale Rolle für die Wasserversorgung der Region, in der auch die Metropolregion von Panama City liegt.

### 8.8.3 Lower Murray River (Australien)

**Verfasser:** GHD Pty Ltd., Melbourne/Victoria

**Titel:** Water Supply Demand Strategy 2011–2060

**Ort und Jahr:** Lower Murray Water's Region, März 2012

**Zeithorizont:** 2011–2060

**Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:**

Berechnung sowohl der Wassernachfrage als auch des Wasserangebots. Bei letzterem werden drei Varianten unterschieden:

- Prognose mit hohem Ertrag: definiert durch die bestehenden Bedingungen
- Prognose „Baseline-Ertrag“: basierend auf einem mittleren Klimawandel-Szenario
- Prognose mit niedrigem Ertrag: basierend auf dem Klimawandel-Szenario bei Trockenheit

**Methodische Vorgehensweise:** Die Wasserbedarfsprognose beruht für die Haushaltsbedarf auf Projektionen der Bevölkerungsentwicklung. Der Nicht-Haushalts-Wasser-

bedarf wurde anhand einer Fortschreibung der Verbrauchsentwicklung in der Fünfjahresperiode 2006/07 bis 2010/2011 prognostiziert. Die Wasserverluste wurden auf dieselbe Art und Weise fortgeschrieben.

**Ergebnis:** Die Prognosen dass die jährliche Wassernachfrage von 21.200 Mio. Liter in 2011 auf 22.100 Mio. Liter in 2017, 24.800 Mio. Liter in 2030 und 32.800 Mio. Liter in 2060 (+55% gegenüber 2011) steigen könnte, wenn der Wasserverbrauch pro Haushalt auf dem derzeitigen Niveau verharrt. Das Wasserangebot entwickelt sich in den einzelnen Szenarien wie folgt:

*Erwartete Erträge in Mio. Liter pro Jahr*

Szenario	2011	2030	2060
<b>Niedriger Ertrag</b>	28.630	18.780	3.400
<b>Baseline</b>	28.630	28.630	19.410
<b>Hoher Ertrag</b>	28.630	28.630	28.630

Daraus ergibt sich, dass das Wasserangebot in allen drei Szenarien hinter der erwarteten Nachfrage zurückbleibt. Im Fortgang der Studie werden daher Maßnahmen zur Sicherung der Wasserversorgung, wie z.B. der Ankauf zusätzlicher Wasserrechte oder die Förderung von Wassersparmaßnahmen diskutiert.

**Besonderheiten:** 97% des Wasserbedarfs der Region (einer der trockensten des Bundesstaates Victoria) werden durch den Murray River, Australiens größten Fluss, gedeckt.

#### 8.8.4 Miles, South West Queensland (Australien)

Verfasser: MWH Global, Inc.

Titel: South West Queensland Urban Water Demand Study – MILES Technical Memorandum

Ort und Jahr: Miles/Brisbane, 16. Juni 2010

Zeithorizont: 2008 – 2056

Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:

- **Baseline Scenario – Historische Projektion:** Eine Prognose der Wassernachfrage, die auf der historischen Entwicklung beruht, die in Hinblick auf Klimaänderungen korrigiert wurde. Ohne jegliche Maßnahmen zur Nachfragesteuerung.
- **Scenario 1 – Low Savings Scenario:** Eine Prognose der Wassernachfrage mit Einsparungen, die durch die Implementation von nachfragesteuernden Maßnahmen auf Basis der derzeitigen Gesetzgebung beruhen.

- Scenario 2 – Medium Savings Scenario: beinhaltet die Einsparprogramme des Low Savin Scenario und zukünftige Programme, die derzeit in Erwägung gezogen werden werden (z.B. Neue Preisstrukturen, erweiterte Schulungsprogramme)
- Scenario 3 – High Savings Scenario: beinhaltet die Maßnahmen von Scenario 2 ergänzt um zusätzliche mögliche Programme, die derzeit noch nicht in Erwägung gezogen werden (Initiativen auf lokaler Ebene, Smart Meters, zusätzliche Audits für Haushalts- und sonstigen Verbrauch)
- Ein „Preferred scenario“ das alle Maßnahmen des Low Savings Scenario sowie Management der Wasserverluste und Wassereffizienzpläne umfasst.

**Methodische Vorgehensweise:** Basierend auf Bevölkerungsvorhersagen. Wirtschaftliche Entwicklung: Mangels Verfügbarkeit für Miles wurden die allgemeinen Trends für South West Queensland verwendet.

**Ergebnis für den Zeitraum 2008–2056:**

- Baseline Scenario: + 53 %
- Low Savings Scenario: + 46 %
- Medium Savings Scenario: + 39 %
- High Savings Scenario: + 36,5 %
- „Preferred Scenario“: + 39 %

**Besonderheiten:** Miles ist eine Kleinstadt im Süden von Queensland, Australien mit etwa 1.150 Einwohnern.

### 8.8.5 Butte County, Kalifornien (USA)

**Verfasser:** Butte County Department of Water and Resource Conservation

**Titel:** Urban Water Demand Forecast

**Ort und Jahr:** Butte County, California, Oktober 2003

**Zeithorizont:** Basisjahr: 2000 – water demand estimates for 2010, 2020, and 2030.

**Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:** Genau eine Variante

**Methodische Vorgehensweise:** Die Studie verwendet für die Prognose die Methode der angepassten Verbrauchsrate nach „IWR-MAIN“. Nach dieser Methode wird die Höhe des Wasserverbrauchs in den jeweiligen Subsektoren für ein bestimmtes Prognosejahr kalkuliert. Der Wasserverbrauch eines Subsektors ergibt sich aus der Anzahl der Einheiten in diesem Subsektor sowie einem Koeffizienten für den spezifischen Wasserverbrauch und einer Reihe von Anpassungsfaktoren, die von ausgewählten erklärenden Variablen abgeleitet werden. Die Einheiten bestehen aus jeweils einem Wasserverbraucher oder einer Gruppe von Verbrauchern, für die der Wasserverbrauchskoeffizient ermittelt werden kann. Erklärende Variablen sind solche, die Effekte auf die Höhe des Wasserverbrauchskoeffizienten haben können, wie z.B. die durchschnittliche tägliche Maximaltemperatur eines Monats.

Als Ausgangswerte werden Bevölkerungs- und Beschäftigtenprognosen sowie Prognosen der Wasserpreise verwendet.

**Ergebnis:** Basierend auf Vorhersagen für die einzelnen Städte und Teilregionen wird für das gesamte County ein Anstieg des Wasserbedarfs um 51% bis 2030 prognostiziert.

### 8.8.6 Oakland, Kalifornien (USA)

**Verfasser:** Juliet Christian-Smith, Matthew Heberger, Lucy Allen

**Titel:** Urban Water Demand in California to 2100: Incorporating Climate Change

**Ort und Jahr:** Oakland, California, August 2012

**Zeithorizont:** 2006 bis 2100

**Anzahl der Varianten bzw. Szenarien:** Drei Klimaszenarien: Statisches Klima (basierend auf dem Zeitraum 1960–1990); SRES B1 (mit niedrigen Treibhausgasemissionen) und SRES A2 (mit mittleren bis hohen Treibhausgasemissionen).

**Methodische Vorgehensweise:** Folgende Faktoren treiben die Nachfrage:

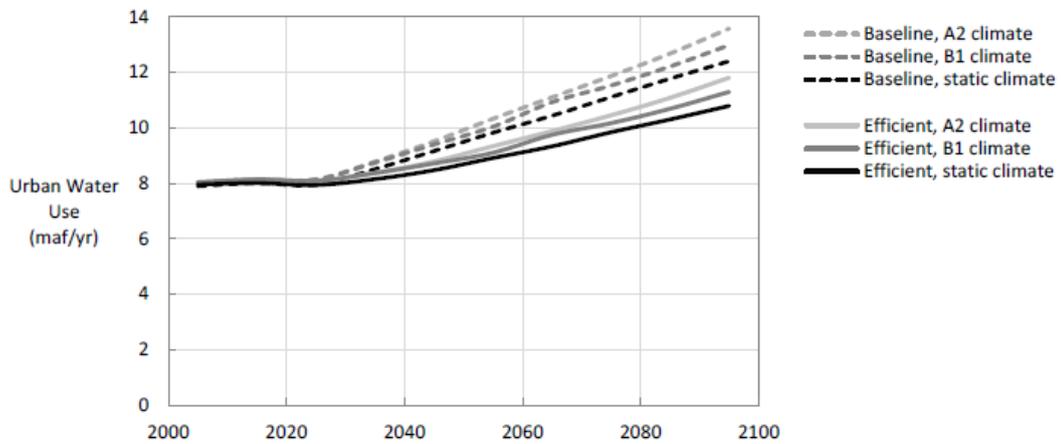
- Verschiedene Bevölkerungsszenarien
- Klimawandel und Treibhausgasemissionen.
- Wasserkonservierungsmaßnahmen und Effizienzprogramme.

Ausserdem gehen die Nachfrage nach Bewässerung und spezifische Wasserverbräuche pro Beschäftigten in der Industrie in die Szenarien ein. Die möglichen Entwicklungen werden in sechs verschiedenen Szenarien dargestellt (drei Klimaszenarien und drei Effizienzszzenarien):

- Baseline ohne Erwärmung
- Baseline mit langsamer Erwärmung
- Baseline mit schneller Erwärmung
- Efficient ohne Erwärmung
- Efficient mit langsamer Erwärmung
- Efficient mit schneller Erwärmung

**Ergebnis:** Die Simulationsergebnisse der sechs Szenarien werden in folgender Abbildung dargestellt. Es kommt ausnahmslos zu einer Zunahme des Wasserbedarfs, der im Effizienz-Szenario am geringsten (auf 10,8 maf in 2100) ist und im Baseline-Szenario mit schneller Erwärmung am höchsten (auf 13,9 maf in 2100). Der Zuwachs gegenüber 2005 kann nicht genau berechnet werden, da für die Ist-Werte verschiedene Schätzungen vorliegen, die zwischen 7,7 und 8,5 maf liegen. (maf = million acre feet. Die in den Vereinigten Staaten benutzte Volumenmaßeinheit acre foot ist definiert durch das Volumen, das notwendig ist, um eine Fläche von 1 acre mit einer Tiefe von 1 foot (Fuß) mit Wasser zu überfluten. Ein acre foot entspricht rund 1233,5 Kubikmetern). Das wäre im erstgenannten Szenario maximal + 40% und minimal

+ 27% und im zuletzt genannten Szenario maximal + 80% und minimal + 63,5% gegenüber 2005.



Quelle: Juliet Christian-Smith, Matthew Heberger, Lucy Allen 2012

Die sechs genannten Szenarien werden noch mit verschiedenen Bevölkerungs- und Konservierungsszenarien kombiniert, was hier nicht mehr dargestellt werden soll.

**Besonderheiten:** Sehr langer Prognosehorizont bei gleichzeitiger Unsicherheit bzgl. des tatsächlichen Verbrauchs am aktuellen Rand.

### **ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung**

Das ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung ist ein unabhängiges, transdisziplinäres Forschungsinstitut in Frankfurt am Main. Wir entwickeln sozial-ökologische Konzepte für eine nachhaltige Entwicklung. Durch unsere Forschung liefern wir fundierte Entscheidungsgrundlagen für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft. Zu den Forschungsthemen gehören Wasser, Energie, Klimaschutz, Mobilität, Urbane Räume, Biodiversität und sozial-ökologische Systeme.

Unsere Informationsangebote:

<http://www.isoe.de>

<http://www.isoe.de/medien/newsletter>

<https://twitter.com/isoewikom>