



Michael Kersting und Nicola Werbeck

Trinkwasser und Abwasser in Zeiten des Wandels

Eine Szenarienbetrachtung für die
dynaklim-Region

Gefördert durch:



TRINKWASSER UND ABWASSER IN ZEITEN DES WANDELS

Eine Szenarienbetrachtung für die *dynaklim*-Region

Dr. Michael Kersting, Dr. Nicola Werbeck

RUFIS – Ruhr-Forschungsinstitut

für Innovations- und Strukturpolitik e.V.

www.rufis.de



dynaklim-Publikation Nr. 39 / August 2013



Abstract

Die Wasserwirtschaft wird sich in Zukunft verstärkt mit dem Klimawandel auseinander setzen müssen. Veränderungen in den Niederschlägen und der Temperatur wirken sich auf die Nutzung von Trinkwasser in Haushalten und in der Wirtschaft sowie auf das Abwasseraufkommen aus. Simultan hierzu unterliegen auch Gesellschaft und Wirtschaft einem immerwährenden Veränderungsprozess. Dazu zählen der demografische Wandel, die wirtschaftliche Entwicklung und die Änderung der Siedlungsstruktur einer Region. Um diese verschiedenen Entwicklungen in ihrer Wirkung auf die Trinkwasser- und Abwassermengen der *dynaklim*-Region abschätzen zu können und vorausschauendes Handeln betroffener Akteure zu ermöglichen, sind in dieser Studie quantitative Szenarien für die kreisfreien Städte und Kreise entwickelt worden, um die Bandbreite der zukünftigen Herausforderungen der Wasserwirtschaft abzubilden.

In allen Szenarien ist mit einem Rückgang der jährlichen Wassermengen (Trink-, Brauch-, Kühl- und Schmutzwasser) zu rechnen. Die in der öffentlichen Abwasserentsorgung abzuleitenden Regenwassermengen können sich je nach Entwicklung der Siedlungsstruktur und des Klimawandels unterschiedlich entwickeln.

In der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist durch den Klimawandel aber mit einer deutlichen Zunahme der täglichen Spitzenwasserbedarfe im Verhältnis zur durchschnittlich nachgefragten Menge zu rechnen. Diese kann je nach Szenario dazu führen, dass trotz des Rückgangs der jährlichen Wasserbedarfe die Versorgungskapazitäten nur geringfügig reduziert werden können oder (je nach Konstellation einzelner Einflüsse in den Szenarien) noch leicht ausgebaut werden müssen.

Um diese Ergebnisse herleiten zu können, werden nach einem kurzen Überblick über die Szenariotechnik in Kapitel 2 die einzelnen Szenarien zunächst näher beschrieben (Kapitel 3). Im folgenden Hauptkapitel 4 werden sie dann quantitativ mit Leben gefüllt, bevor in Kapitel 5 die Ergebnisse (vergleichend) näher betrachtet werden.

Stichworte

Regionale Szenarien, Wassernutzer, Wasserversorger, Sozioökonomische Struktur

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Vorbemerkungen	7
2 Grundlagen der <i>dynaklim</i> -Szenarioanalyse	7
2.1 Funktion der Szenarienuntersuchung.....	7
2.2 Vorgehensweise der Szenarienbildung.....	8
2.3 Wirkungsfelder	9
2.4 Szenariofelder	9
3 <i>dynaklim</i> -Szenarien.....	10
3.1 Vorbemerkungen	10
3.2 „Storyboards“	12
4 Modellierung der <i>dynaklim</i> -Szenarien.....	14
4.1 Wasserversorgung	14
4.1.1 Herkunft und Verwendung von Wasser	14
4.1.2 Haushalte und Kleingewerbe	16
4.1.3 Weitere Nutzungen der öffentlichen Wasserversorgung	19
4.1.3.1 Bildungseinrichtungen.....	19
4.1.3.2 Tourismus	21
4.1.3.3 Gesundheitseinrichtungen	21
4.1.4 Gewerbe und sonstige	24
4.1.4.1 Wasserverbrauchsberechnung 2010 bis 2030 nach Sektoren	24
4.1.4.2 Trinkwasser aus der nichtöffentlichen und öffentlichen Wasserversorgung	28
4.1.5 Kühlwasser	29
4.2 Schmutzwasser	30
4.2.1 Spezifische Schmutzwassermenge der Haushalte	30
4.2.2 Spezifische Schmutzwassermenge der Unternehmen.....	31
4.3 Einfluss des Klimawandels	31
4.3.1 Vorbemerkungen	31
4.3.2 Trinkwassernutzung	32
4.3.3 Regenwasseraufkommen.....	34
4.4 Kennziffern der sozioökonomischen Szenarien	36
5 <i>dynaklim</i> -Szenarien: Ergebnisse	38
5.1 Szenario: Der moderate Wandel der Emscher-Lippe-Region	38

5.2 Szenario: Attraktives Leben in einer wettbewerbsfähigen Emscher-Lippe-Region	41
5.3 Szenario: Die Emscher-Lippe-Region ist heiß und unerträglich!	44
5.4 Szenarien: „Land unter!“ und „Plötzlich Chaos – alles im Griff!“	47
5.5 Zusammengefasste Ergebnisse der <i>dynaklim</i> -Szenarien	47
5.6 Regionalisierte Ergebnisse des Referenzszenarios „Moderater Wandel“	49
5.6.1 Entwicklung des Wasserverbrauchs aus der öffentlichen Wasserversorgung	49
5.6.2 Entwicklung des Wasserverbrauchs (ohne Kühlwasser) aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung.....	51
5.6.3 Entwicklung des Kühlwasserbedarfs aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung	52
5.6.4 Entwicklung des Schmutzwasseraufkommens.....	53
5.6.5 Entwicklung der Regenwassereinleitung	55
6 Fazit.....	56
Anhang	57
Regressionen	57
Regression 1.....	57
Regression 2.....	57
Regression 3.....	58
Regression 4.....	59
Regression 5.....	60
Regression 6.....	61
Tabellen: Szenarienergebnisse	63
Literaturverzeichnis	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Szenariofelder und Feldkomponenten	9
Tabelle 2: Szenario- und Wirkungsfelder	10
Tabelle 3: Bildung der <i>dynaklim</i> -Szenarien aus den Teilszenarien	11
Tabelle 4: Betrachtete Wirkungsbereiche der Szenarienuntersuchung	11
Tabelle 5: Korrekturfaktoren des spezifischen Wasserverbrauchs je Einwohner.....	18
Tabelle 6: Geschätzte Jahresniederschlagsmengen in der Emscher-Lippe-Region (in mm/a)	35
Tabelle 7: Quantitative Kennziffern der sozioökonomischen Teilszenarien für das gesamte <i>dynaklim</i> -Gebiet	36
Tabelle 8: Jährliche Wassermenge im <i>dynaklim</i> -Gebiet 2010 und 2030 ohne Berücksichtigung der Klimawandelszenarien – außer bei Regenwasser (in 1.000 m ³ p.a.).....	48
Tabelle 9: Tägliche Trinkwassermenge im <i>dynaklim</i> -Gebiet 2010 und 2030 unter Berücksichtigung der Klimawandelszenarien (in 1.000 m ³ p.d.)	49
Tabelle 10: Einzelkomponenten des Szenarios „Moderater Wandel“ (SÖO und KW0) im <i>dynaklim</i> - Gebiet – Szenarienergebnisse	63
Tabelle 11: Jahresmengen im <i>dynaklim</i> -Gebiet 2010 bis 2030 – Szenarienergebnisse für die trendmäßige Klimaentwicklung (in 1.000 m ³ p.a.)	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Szenarien als mögliche Zukunftsbilder	8
Abbildung 2: Wasserherkunft und -verwendung in Deutschland 2007	15
Abbildung 3: Eigengewinnung von Wasser und Einsatz für Kühlzwecke in Deutschland 2007	15
Abbildung 4: Modifizierte Wasserverwendung (ohne Kühlwasser) in Deutschland 2007	16
Abbildung 5: Bevölkerungsentwicklung 2008 bis 2030	17
Abbildung 6: Spezifischer Wasserverbrauch der Haushalte und des Kleingewerbes	18
Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl der Krankenhausbetten	22
Abbildung 8: Entwicklung der Anzahl der Pflegebedürftigen in stationärer Pflege	23
Abbildung 9: Tägliche Trinkwassermenge 2007	32
Abbildung 10: Verteilung der nicht erklärten Residuen	33
Abbildung 11 Klimawandelbedingte Änderung des mittleren Wasserbedarfs (rote Quadrate) und der 95%-Schwankungsbreite des täglichen Wasserbedarfs (blaue Säulen) für 2007 und die nahe Zukunft	34
Abbildung 12: Entwicklung der abgeleiteten Regenwassermenge im <i>dynaklim</i> -Gebiet, Referenzszenario – SÖO (2010-2030)	35
Abbildung 13: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Moderater Wandel“	39
Abbildung 14: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Moderater Wandel“	39
Abbildung 15: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Moderater Wandel“	40
Abbildung 16: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Moderater Wandel“	40
Abbildung 17: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Moderater Wandel“	41
Abbildung 18: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Attraktives Leben“	42
Abbildung 19: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Attraktives Leben“	42
Abbildung 20: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Attraktives Leben“	43
Abbildung 21: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Attraktives Leben“ ..	43
Abbildung 22: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Attraktives Leben“	44
Abbildung 23: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Heiß/Unerträglich“	45
Abbildung 24: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Heiß/Unerträglich“	45
Abbildung 25: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Heiß/Unerträglich“	46
Abbildung 26: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Heiß/Unerträglich“	46
Abbildung 27: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Attraktives Leben“ bei Klimawandelszenario: Trendmäßige Entwicklung (KW0)	47
Abbildung 28: Wasserverbrauch (insgesamt) in Litern je Einwohner und Tag 2010	49
Abbildung 29: Bedarf an öffentlicher Wasserversorgung im <i>dynaklim</i> -Gebiet (1998 bis 2010 und 2010-2030, Szenario SÖO ohne Einfluss des Klimawandels)	50
Abbildung 30: Änderung des Wasserverbrauchs (insgesamt) aus der öffentlichen Wasserversorgung 2010-2030 (Szenario SÖO ohne Einfluss des Klimawandels)	51

Abbildung 31: Bedarf an nicht-öffentlicher Wasserversorgung im <i>dynaklim</i> -Gebiet (2010-2030; ohne Kühlwassereinsatz)	51
Abbildung 32: Änderung des Wasserverbrauchs (insgesamt) aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung (ohne Kühlwasser) 2010-2030.....	52
Abbildung 33: Bedarf an Kühlwasserversorgung im <i>dynaklim</i> -Gebiet (2010-2030)	53
Abbildung 34: Änderung des Kühlwasserbedarfs 2010-2030	53
Abbildung 35: Schmutzwasseraufkommen aus Haushalten und Gewerbe je Einwohner 2010	54
Abbildung 36: Schmutzwasseraufkommen im <i>dynaklim</i> -Gebiet 2010-2030	54
Abbildung 37: Änderung der Schmutzwassermenge aus Haushalten und Gewerbe 2010-2030	55
Abbildung 38: Anteil der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe (NRW).....	58

Abkürzungsverzeichnis

CLM.....	Climate Local Model
KW	Klimawandelszenarien
nöWV	nichtöffentliche Wasserversorgung;
NRW.....	Nordrhein-Westfalen
öWV	öffentliche Wasserversorgung;
RW	Regenwasserableitung
SÖ	Sozioökonomische Szenarien
SW	Schmutzwasserentsorgung;
WW.....	Wasserwerke

1 Vorbemerkungen

Die Wasserwirtschaft in der Emscher-Lippe-Region wird sich in Zukunft auf den Klimawandel einstellen müssen, der die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser, den Verbrauch der Wassernutzer, die Abwasserableitung und -behandlung sowie die Regenwasserbewirtschaftung betreffen wird. Diese rein klimabedingten Änderungen treffen auf eine Region, die sich auch in strukturellen Größen ändern wird: Zu nennen sind hier insbesondere der demografische Wandel, die Änderung der Siedlungsstruktur und der wirtschaftliche Strukturwandel.

Um die Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel effizient zu gestalten, müssen diese Änderungen simultan betrachtet werden. Hierbei sind sowohl die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Einflussgrößen auf die Wasserwirtschaft als auch die Unsicherheiten hinsichtlich ihrer zukünftigen Entwicklung zu beachten. Dazu wird eine Szenarioanalyse durchgeführt, mit der mögliche Zukunftslagen konstruiert und ihre jeweiligen Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft abgeschätzt werden können.

Die vorliegende Szenariountersuchung hat das Ziel, die Herausforderungen zu modellieren und aufzuzeigen, auf die die Wasserwirtschaft in Zukunft reagieren muss. Zu diesem Zweck werden die

- Mengen der Trinkwassernutzung durch Haushalte und Wirtschaft in der öffentlichen Wasserversorgung,
- genutzten Wassermengen der Wirtschaft in der nicht-öffentlichen Wasserversorgung und
- Abwassermengen (sowohl Schmutz- als auch Regenwasser)

für unterschiedliche Szenarien, die das gesamte *dynaklim*-Gebiet auf Basis einer Kalkulation für die ihm angehörigen Kreise und kreisfreien Städte abdecken, bestimmt.

Die Ergebnisse spiegeln die zukünftige Bandbreite der Herausforderungen an die Wasserwirtschaft hinsichtlich der bereitzustellenden Trinkwassermengen und des Abwasseraufkommens wider. Die Anbieter von Trinkwasser im Rahmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung, die nicht-öffentlichen Wassernutzer und die kommunalen und überkommunalen Abwasserentsorger haben dann die Aufgabe, sich diesen Herausforderungen zu stellen und sich mit geeigneten Instrumenten daran anzupassen. Dies ist Aufgabe weiterer Arbeiten im Forschungsverbund *dynaklim*.

2 Grundlagen der *dynaklim*-Szenarioanalyse

2.1 Funktion der Szenariountersuchung

Im Gegensatz zu einer (einfachen) Trendfortschreibung, einer nichtlinearen Extrapolation oder Modellierung von einzelnen Einflussgrößen auf die Wasserwirtschaft – wie z.B. der Bevölkerungsentwicklung – werden im Folgenden die Wechselwirkungen zwischen mehreren Einflussgrößen betrachtet. Z.B. wird sich eine Änderung der Bevölkerungszahl auch auf die wirtschaftliche Entwicklung auswirken. Dies wird Mehr- oder Minderanforderungen an die Wasserwirtschaft auslösen. Zudem sind die Bedingungen für die Wasserwirtschaft auf kleinräumiger Ebene unterschiedlich, wodurch die beschriebenen Wechselwirkungen ebenfalls kleinräumig verschiedene Konsequenzen mit sich bringen werden.

Diese Besonderheiten und Interdependenzen müssen berücksichtigt werden, wenn plausible Zukunftslagen modelliert werden sollen. Die Szenarioanalyse zeichnet sich in Bezug auf diese Anforderungen durch zwei Besonderheiten aus:¹

¹ Vgl. Gausemeier, J. u.a. (1996), S. 90.

- a) Vernetztes Denken: Der Untersuchungsgegenstand bzw. der Zustand, der prognostiziert werden soll, unterliegt in der Regel nicht einer einfachen Deterministik, sondern beinhaltet ein komplexes Ursache-Wirkungs-Geflecht mit gegenseitigen Abhängigkeiten bzw. Rückkopplungen. Es handelt sich somit um einen systemischen Ansatz.
- b) Multiple Zukunft: Es existieren i.d.R. Unsicherheiten hinsichtlich der exogenen Einflüsse, so dass in der Gegenwart (ex ante) der Blick auf unterschiedliche Zukunftslagen gerichtet werden muss, von denen sich bestenfalls eine ex post als tatsächliche Entwicklung herausstellen wird.

Szenarien beinhalten diese beiden Komponenten, wie in Abbildung 1 dargestellt. Jedes Szenario beschreibt einen einzelnen, aus einem konsistenten Wirkungszusammenhang resultierenden und auf eine einzelne Ausgangslage bezogenen Entwicklungspfad (Prozess) und einen damit einhergehenden Endzustand (Situation).

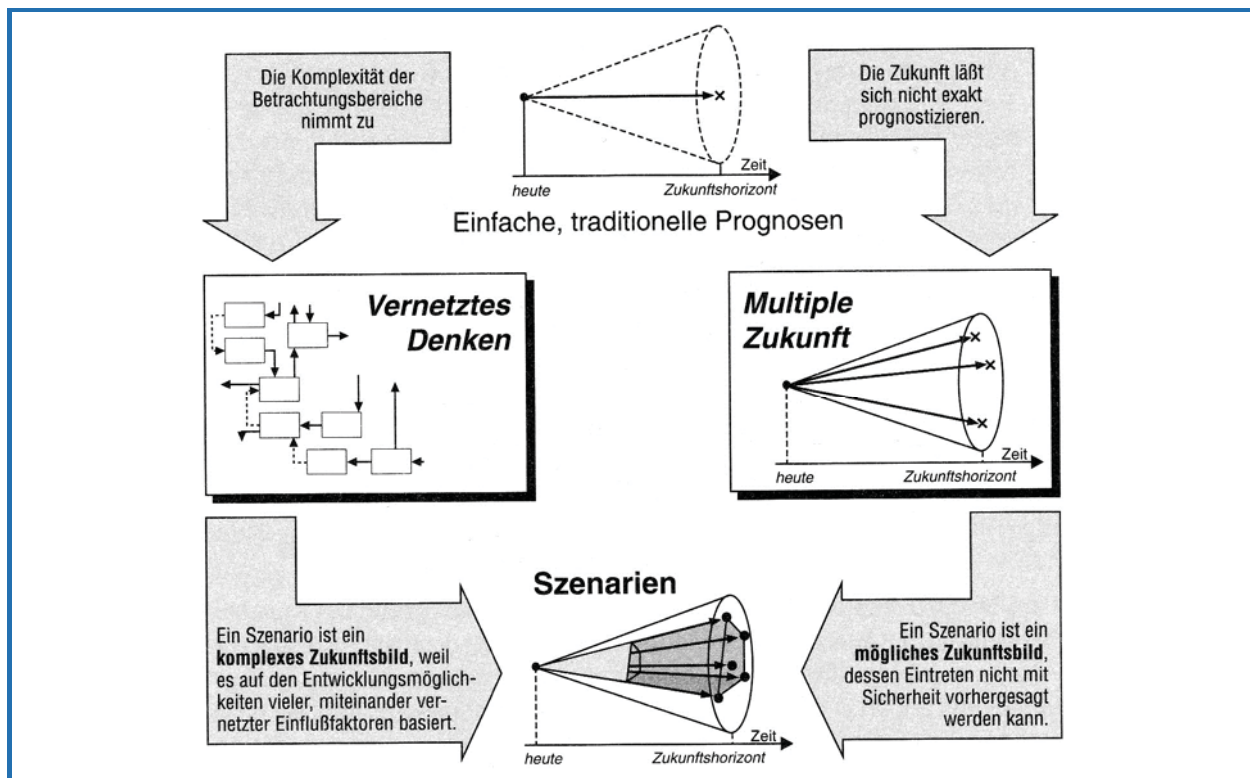


Abbildung 1: Szenarien als mögliche Zukunftsbilder

Quelle: Gausemeier, J. u.a. (1996)

2.2 Vorgehensweise der Szenarienbildung

Die Szenarienbildung in *dynaklim* dient der Ausrichtung der Wasserver- und Abwasserentsorgung an die sich bis 2030 ändernden Rahmenbedingungen und beschreibt die Änderung des Umfelds, in dem die Ver- und Entsorger ihre Entscheidungen treffen müssen.²

In der vorliegenden Untersuchung werden in einem ersten Schritt die für die Wasserwirtschaft relevanten Umfeldgrößen ermittelt und modelliert, die nicht von der Wasserwirtschaft selbst beeinflusst werden können. Mögliche Reaktionen der Wasserwirtschaft selbst, die mögliche Risiken vermindern und / oder auf Entwicklungen durch geeignete Anpassungsmaßnahmen ausgerichtet sind, enthält die hier vorliegende Szenarioanalyse nicht.

² Vgl. Gausemeier, J. u.a. (1996), S. 103ff.

Vielmehr werden die Wirkungen der exogenen Umweltgrößen auf die Zielgrößen der Wasserwirtschaft dargestellt, so dass es sich um Umfeld-Szenarien handelt.³ Dabei wird von einem Anfangszustand ausgegangen (i.d.R. das Jahr 2010) und je Szenario der Endzustand im Jahr 2030 ermittelt. Es handelt sich somit um explorative bzw. „Was-wäre-wenn“-Szenarien.⁴

2.3 Wirkungsfelder

Die zu entwickelnden Szenarien werden mit dem Ziel erstellt, eine Spannweite an regional differenzierten Anforderungen an die Wasserwirtschaft abzuleiten. Auf dieser Basis kann die Wasserwirtschaft selbst frühzeitig mögliche Anpassungsbedarfe ableiten und Reaktionspotenziale schaffen oder erhalten.

Folgende Wirkungsfelder werden hierfür festgelegt:

- öffentliche Wasserversorgung,
- nicht-öffentliche Wasserversorgung,
- öffentliche Schmutzwasserentsorgung und
- öffentliche Regenwasserableitung.

2.4 Szenariofelder

Für die Bestimmung der Schlüsselfaktoren sind die relevanten Szenariofelder zur Erklärung und Entwicklung der Wasserwirtschaft festzulegen. Sie werden mit dem Ziel ausgewählt, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Wasserversorgung, Schmutzwasserentsorgung und Regenwasserbewirtschaftung abzubilden. Da sich die Gesamtwirkungen für die *dynaklim*-Region aus der Summe der Entwicklungen in den angehörigen Kreisen und kreisfreien Städten ergeben ist darauf zu achten, dass für die Szenariofelder Daten auf dieser räumlichen Ebene vorliegen bzw. abgeleitet werden können.

In einem ersten Schritt werden die in Tabelle 1 dargestellten Szenariofelder und Feldkomponenten identifiziert.

Tabelle 1: Szenariofelder und Feldkomponenten

Feld	Feldkomponente
Klimawandel	Temperatur
	Niederschlag
Demografie	Bevölkerungswachstum
	Altersstruktur
	regionale Verteilung
Wirtschaft	persönlicher Wasserverbrauch
	Wirtschaftsleistung
	sektorale Struktur
	regionale Verteilung
Siedlungsstruktur	Sonderbereich Bergbau
	Effizienz in der Wassernutzung
	Flächennutzung
	regionale Verteilung
	Flächenentsiegelung

³ Vgl. Gausemeier, J. u.a. (1996), S. 106.

⁴ Vgl. Gausemeier, J. u.a. (1996), S. 110. Hiervon zu unterscheiden sind „Zielszenarien“ bzw. „Endpunkt-gesteuerte-Szenarien“, die einen Entwicklungspfad aufzeigen, der zu dem gewünschten Zielzustand führt. Vgl. dazu z.B. im Rahmen der Energiewende Prognos AG u.a. (2010) oder im Rahmen des Verbundprojektes *dynaklim* Winterfeld, U. von (2011).

In Verbindung mit den Wirkungsfeldern ergibt sich die in Tabelle 2 dargestellte Matrix, die als Grundlage der Szenarienbildung dient. Die in der Szenariountersuchung für die unterschiedlichen Wirkungsfelder berücksichtigten Feldkomponenten sind darin verzeichnet.

Tabelle 2: Szenario- und Wirkungsfelder

Feld	Feldkomponente	Wirkungsfelder			
		öWV	nöWV	SW	RW
Klimawandel	Temperatur	X			
	Niederschlag	X			X
Demografie	Bevölkerungswachstum	X		X	
	Altersstruktur	X			
	regionale Verteilung	X		X	
	persönlicher Wasserverbrauch	X		X	
Wirtschaft	Wirtschaftsleistung	X	X	X	
	sektorale Struktur	X	X	X	
	regionale Verteilung	X	X	X	
	Sonderbereich Bergbau	X	X	X	
	Effizienz in der Wassernutzung	X	X	X	
Siedlungsstruktur	Flächennutzung				X
	regionale Verteilung				X
	Flächenentsiegelung				X

öWV: öffentliche Wasserversorgung; nöWV: nichtöffentliche Wasserversorgung;
SW: Schmutzwasserentsorgung; RW: Regenwasserableitung

3 *dynaklim*-Szenarien

3.1 Vorbemerkungen

Die *dynaklim*-Szenarien bilden mögliche zukünftige Zustände der Region in Bezug auf die Wirkungen für die Wasserver- und Abwasserentsorgung ab. Sie sind daher nicht als Prognose zu verstehen, sondern geben die Auswirkungen von plausiblen „Was-wäre-wenn“-Konstellationen wider.⁵

Zu diesem Zweck werden neben den Berechnungen des Referenzszenarios (Kapitel 3) Modifikationen vorgenommen. Zusätzlich zu dem im Weiteren als Szenario SÖ0 dargestellten sozioökonomischen Referenzszenario werden zwei weitere sozioökonomische Szenarien beschrieben. Dabei bildet SÖ1 eine positive („klimafreundliche Prosperität“) und SÖ2 eine negative Entwicklung ab („Schwierigkeiten im Strukturwandel“). In Kombination mit den Klimawandel-Szenarien „Klimawandeltrend“ (KW0), „Trockener und heißer Sommer“ (KW1), „Nasser Winter“ (KW2) und „Vermehrte Starkniederschläge“ (KW3) werden die fünf *dynaklim*-Szenarien entsprechend Tabelle 3 gebildet.

Je nach Bereich der Wasserwirtschaft werden Teile der fünf *dynaklim*-Szenarien quantifiziert. Dies resultiert aus der Nutzung großräumiger Daten der amtlichen Statistik, die nur Aussagen für Kreise bzw. Städte zulassen. Für die Betrachtung der Starkniederschläge und ihrer Folgen in Siedlungsgebieten beispielsweise sind dagegen kleinräumige Kanalnetzdaten zu betrachten, die straßenweise ausgewertet werden müssen.⁶ Eine Übersicht der hier vorliegenden Szenarienbetrachtung ist in Tabelle 4 angegeben.

⁵ Insofern ist es nicht verwunderlich, dass in unterschiedlichen Studien zum selben Gegenstand (z.B. dem Ruhrgebiet) für die jeweilige Fragestellung angepasste Szenarien konstruiert werden; vgl. zur Übersicht Schüle, R. (2011).

⁶ Dies ist Gegenstand der *dynaklim*-Pilotprojekte, vgl. <http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/index/dynaklim/Pilotprojekte.html>.

Tabelle 3: Bildung der *dynaklim*-Szenarien aus den Teilszenarien⁷

		Sozioökonomische Szenarien		
		Trendmäßige Entwicklung (SÖ0)	Klimafreundliche Prosperität (SÖ1)	Schwierigkeiten im Strukturwandel (SÖ2)
Klimawandelszenarien	ohne			
	KW-Trend (KW0)	Der moderate Wandel	Attraktives Leben	
	trocken/heiß (KW1)			Heiß und unerträglich
	nass (KW2)			Land unter
	Starkregen (KW3)		Alles im Griff	

Für das Referenzszenario werden Kennzahlen aus amtlichen Quellen, der Literatur oder eigenen Recherchen bzw. Regressionen angesetzt. Für die Alternativszenarien werden diese Kennzahlen variiert und bilden ein gemeinsames und in sich geschlossenes Bild. Sie erzählen somit „eine Geschichte“ im Sinne einer plausiblen Entwicklung der einzelnen Kreise und Städte bzw. der Gesamtregion. Im Folgenden werden diese „Geschichten“ bzw. „Storyboards“ als Entwürfe möglicher Zukünfte dargestellt.⁸

Tabelle 4: Betrachtete Wirkungsbereiche der Szenarienuntersuchung

		Kennzahlen SÖ0 SÖ1 SÖ2			
		Trinkwasser	Kühlwasser	Schmutzwasser	Regenwasser
Klimawandelszenarien	ohne				
	KW-Trend (KW0)				
	trocken/heiß (KW1)				
	nass (KW2)				
	Starkregen (KW3)				

⁷ Für eine ausführliche Beschreibung der *dynaklim*-Szenarien vgl. Quirnbach, M. u.a. (2013).

⁸ Vgl. Quirnbach, M. u.a. (2013). Die Kennzahlen für die beschriebenen sozioökonomischen Szenarien werden Kapitel 4.4 angegeben. Vgl. zu den Daten Quirnbach, M. u.a. (2012); Lautenschlager, M. u.a. (2009).

3.2 „Storyboards“

Storyboard Szenario SÖ0: Referenzszenario der trendmäßigen Entwicklung

Die Region entwickelt sich hinsichtlich der Bevölkerungszahl und Altersstruktur entsprechend der Trendvariante der amtlichen Bevölkerungsvorausberechnung. Das *dynaklim*-Gebiet muss sich auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte auf einen unterschiedlich starken Bevölkerungsrückgang bis 2030 einstellen, der sich auch in einem sinkenden Trinkwasserbedarf und Schmutzwasseraufkommen der privaten Haushalte niederschlagen wird. Die in der Vergangenheit erfolgten Einsparungen beim spezifischen Trinkwasserbedarf der Haushalte je Einwohner werden sich auch in Zukunft fortsetzen. Der Rückgang wird aber infolge der bisher schon erfolgten Ausschöpfung einfacher Wasserspartech-niken geringer ausfallen als bislang. Die regionalen Unterschiede im spezifischen Trinkwasserbedarf der Haushalte werden sich in der Relation nicht verändern. Analog zur Änderung des Trinkwasserbe-darfs werden sich die spezifischen Schmutzwassermengen der Haushalte reduzieren.

Der demografische Wandel wirkt sich durch den Bevölkerungsrückgang und die Änderung der Alters-struktur auch auf den Wasserbedarf einzelner ökonomischer Bereiche wie Kinderhorte, Kindergärten, Schulen, Universitäten, Pflegeeinrichtungen und Krankenhäuser aus. Der spezifische Wasserbedarf wird in diesen Bereichen als konstant angenommen.

Die Bruttowertschöpfung in der Region wird insgesamt auch in Zukunft moderat ansteigen, wobei zwischen den Wirtschaftszweigen deutliche Unterschiede vorliegen. Die Verschiebung der sektoralen Struktur hin zu einer Stärkung des Dienstleistungssektors wird andauern. Ausgehend von einem im Vergleich zum Landesdurchschnitt stärkeren Anteil des Verarbeitenden Gewerbes wird dieses in Zu-kunft moderat schrumpfen. Der Ausstieg aus dem Steinkohlebergbau und die hiermit verbundenen Auswirkungen auf vor- bzw. nachgelagerte Wirtschaftsbereiche werden berücksichtigt. Der Energie-sektor wird deutlich wachsen.

Die spezifischen Wasserverbräuche (bezogen auf die Bruttowertschöpfung) der Wirtschaftszweige werden auch in Zukunft sinken. Durch die weiter zunehmende Mehrfachnutzung und Kreislauffüh-rung des eingesetzten Wassers werden im Verarbeitenden Gewerbe und im Energiesektor Einspa-rungen im Wasserbezug realisiert. Diese Effekte werden für den nicht vorab betrachteten Teil der öffentlichen Wasserversorgung und den Teil der nicht-öffentlichen Wasserversorgung, der nicht für die Kühlung eingesetzt wird, angenommen. Der Kühlwassereinsatz wird gesondert betrachtet. Dieser stammt nahezu vollständig aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung und dort insbesondere aus der Nutzung von Oberflächenwasserkörpern.

Eine Änderung in der Siedlungsstruktur führt auf der Aggregationsebene der Kreise und kreisfreien Städte zu keiner nennenswerten Verschiebung der spezifischen Wassernutzung. Zwar ist anzuneh-men, dass in weniger dicht besiedelten Gebieten der *dynaklim*-Region in stärkerem Maße neue Ein- und Zwei-Familien-Häuser mit entsprechenden Grünflächen errichtet werden. Im Vergleich zum Be-stand dürfte diese Änderung aber nur gering sein und (gerade in Neubaugebieten) verstärkt durch die Nutzung von Regenwasser bestritten werden. Die regional verschiedenen spezifischen Was-sernutzungen auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte spiegeln diesen unterschiedlichen Wasser-bebedarf ausreichend wieder.

Storyboard Szenario SÖ1: Klimafreundliche Prosperität

Die Region entwickelt sich hinsichtlich der Bevölkerung und der Wirtschaft überdurchschnittlich gut. Die hierdurch ausgelösten Anpassungsnotwendigkeiten werden klimafreundlich umgesetzt, was sich in einer entsprechenden Konzentration der jeweiligen Aktivitäten (Wohnen und Arbei-ten/Produzieren) zeigt, so dass es lediglich zu einer moderaten zusätzlichen Flächeninanspruchnah-me kommt. Durch Flächenengpässe im Kernbereich des Ruhrgebiets wird aber zunehmend Arbeiten und Produzieren auch im Lippegebiet stattfinden. Die Wertschätzung für natürliche Ressourcen wird

in der Bevölkerung und der Wirtschaft steigen, was zu geringeren spezifischen Wassernutzungen der Haushalte und des Gewerbes führt.

Die Umsetzung des Regionalplans des Regionalverbandes Ruhr führt zu einer Stärkung des „industriellen Kerns“ der Region, so dass der Prozess der Deindustrialisierung abgeschwächt wird. Der spezifische Wasserbedarf der Wirtschaft wird sich nochmals verringern. Im Energiesektor wird eine stärkere Umstellung auf die Erzeugung von Strom und Wärme durch erneuerbare Energien angenommen. Der Ausstieg aus der Steinkohleförderung bleibt unverändert bestehen. Die Entwässerung der ehemaligen Bergbauflächen wird wie bisher durchgeführt.

Die Wasserversorgung muss sich in der Menge des Wasserdargebots auf die sich ändernde Nachfrage der Bevölkerung und der Wirtschaft einstellen. Die Neuerrichtung von Versorgungsleitungen wird sich dabei in Grenzen halten. Gleiches gilt für die Abwasserentsorgung. Die Regenwasserableitung steht unter den Rahmenbedingungen einer verstärkten ortsnahe Versickerung. Die Initiative der Emschergenossenschaft (Zukunftsvereinbarung Regenwasser) ist erfolgreich. Auch in der Lipperegion kommt es zu einer stärkeren Abkopplung. Die Abwasserleitungssysteme werden verstärkt von einer Mischentwässerung auf das Trennsystem umgestellt.

Storyboard Szenario SÖ2: Schwierigkeiten im Strukturwandel

Die Region zeitigt deutlich Schwierigkeiten in der Umsetzung einer zukunftsgerichteten positiven Entwicklung. Die Attraktivität als Arbeits-, Lebens- und Wohnstandort wird sich verschlechtern. Neben den bereits von der amtlichen Statistik angenommenen Effekten in der Basisvariante wird die Bevölkerungszahl weiter zurückgehen. Die Änderung der spezifischen Wasserbedarfe der Haushalte wird sich analog zum Referenzszenario einstellen. Gleiches gilt für die spezifischen Wassernutzungen der Wirtschaftssektoren.

Neben dem Rückgang der Einwohnerzahl ist ein deutlich geringerer Anstieg der Wertschöpfung in der Region zu erwarten. Der Prozess der Deindustrialisierung und der Ausstieg aus dem Steinkohlebergbau werden sich analog zum Referenzszenario (SÖ0) ergeben.

Für die Abwasserentsorgung wird sowohl ein verminderter Neubau als auch eine reduzierte Erschließung von Flächen für Wohn- und Gewerbe zwecke konstatiert. Durch die Alterung der Bevölkerung und damit der Eigentümer kommt die zusätzliche Abkopplung von versiegelten Flächen von der Regenwasserableitung ins Stocken. Der Umfang der bereits jetzt abgekoppelten Flächen wird daher als konstant angenommen. Für die Flächen im Lippegebiet werden keine zusätzlichen Abkoppelungsinitiativen durchgeführt.

Storyboard Szenario KW0: Trendmäßige Entwicklung der Temperatur und des Niederschlags in den beiden Realisierungen CLM1 und CLM2 in der nahen Zukunft

Die trendmäßige Entwicklung des Klimawandels wird durch das Klimamodell CLM (Climate Local Model) abgebildet, für das es zwei Datenreihen (aus entsprechenden Rechenläufen des CLM) gibt. Die Realisierung der beiden CLM-Läufe und die Auswertung sowie Anpassung für die *dynaklim*-Region, sowohl für die Entwicklung der Temperaturen als auch der Niederschlagsmengen, wurden durch den Projektpartner Dr. Papadakis bereitgestellt.⁹ Die nahe Zukunft umfasst die Jahre 2021 bis 2050, die Temperatur- und Niederschlagsdaten liegen tagesgenau vor. Sie werden in Kapitel 4.3 als Tageswerte für die Entwicklung und Schwankung der nachgefragten Trinkwassermenge und als durchschnittliche Jahressumme für die Entwicklung der Regenwasserableitung eingesetzt.¹⁰

⁹ Vgl. Quirnbach, M. u.a. (2012); Lautenschlager, M. u.a. (2009).

¹⁰ Zu den ausführlichen Beschreibungen der Szenarien zum Klimawandel vgl. Quirnbach, M. u.a. (2013).

Storyboard Szenario KW1: Trockener und heißer Sommer

Aus den Datenreihen der beiden CLM-Läufe werden exemplarisch zwei Perioden ausgewählt, die besonders hohe Temperaturen ausweisen. Dies sind für den Lauf CLM 1 die Periode vom 12.07. bis 08.08.2036 und für den Lauf CLM 2 die Periode vom 01.05. bis 05.08.2024. Für diese Zeitspannen werden die maximalen Abweichungen der täglich nachgefragten Trinkwassermenge berechnet.

Storyboards Szenario KW2: Nasser Winter und Szenario KW3: Vermehrte Starkniederschläge

Zur Darstellung besonders hoher Anforderungen an die Abwasserableitung werden in den Szenarien KW2 und KW3 aus den beiden CLM-Läufen besonders niederschlagsreiche längere Perioden (KW2) bzw. Perioden mit deutlichen Niederschlagsspitzen in Form von Starkregen ermittelt (KW3). Da die hier vorliegende Berechnung der Szenarien für das gesamte *dynaklim*-Gebiet keine kleinräumigen Effekte kalkuliert, wird auf diese beiden Klimaszenarien nicht weiter eingegangen.¹¹

4 Modellierung der *dynaklim*-Szenarien

In dem Referenzszenario werden allgemeine regionale Entwicklungstrends und Kenngrößen aufgenommen, die überwiegend aus amtlichen Statistiken, Modellrechnungen und Prognosen gespeist sind. Sie liegen in der Regel auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte vor. Wo eine kreisscharfe Zuordnung nicht vorgenommen werden kann, wird auf Durchschnittswerte oder eigene Zuordnungen und Gruppierungen zurückgegriffen.

In der Szenarienbildung im Verbundprojekt *dynaklim* wird dieses Referenzszenario zum einen durch die trendmäßige Entwicklung der sozioökonomischen Einflussgrößen auf die Wasserwirtschaft abgebildet. Zum anderen wird in den Bereichen der öffentlichen Wasserversorgung und im Regenwasseraufkommen die Betrachtung durch die trendmäßige Entwicklung der klimatischen Kenngrößen (anhand der Klimäläufe CLM1 und CLM2) ergänzt und bildet damit das *dynaklim*-Szenario „Der moderate Wandel in der Emscher-Lippe-Region“.¹² Im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung werden zusätzlich die klimatischen Auswirkungen auf die tägliche Wasserabgabe modelliert. Die klimatischen Auswirkungen auf das Schmutzwasseraufkommen und die Herausforderungen für die Siedlungsentwässerung können nicht für das gesamte *dynaklim*-Gebiet geschätzt werden. Stattdessen werden sie für einzelne Pilotprojekte in anderen Arbeitsbereichen von *dynaklim* untersucht.¹³

Für die weiteren *dynaklim*-Szenarien werden die Kennzahlen des Referenzszenarios variiert. Eine Übersicht ist in Tabelle 7 in Kapitel 4.4 wiedergegeben.

4.1 Wasserversorgung

4.1.1 Herkunft und Verwendung von Wasser

Die amtliche Statistik untergliedert die Wasserversorgung in zwei Bereiche: die öffentliche und die nicht-öffentliche Wasserversorgung.¹⁴ Die öffentliche Wasserversorgung muss nach § 47a des Landeswassergesetzes Nordrhein-Westfalen von den Gemeinden sichergestellt werden. Wenn eine ordnungsgemäße Versorgung gewährleistet wird, können sie diese Aufgabe auf Dritte übertragen oder sie ihnen überlassen. In der Projektregion sind verschiedene private und kommunale Versorger tätig, die Wassergewinnungsanlagen und Netzinfrastruktur betreiben und Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Kleingewerbe versorgen. Die größeren Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft de-

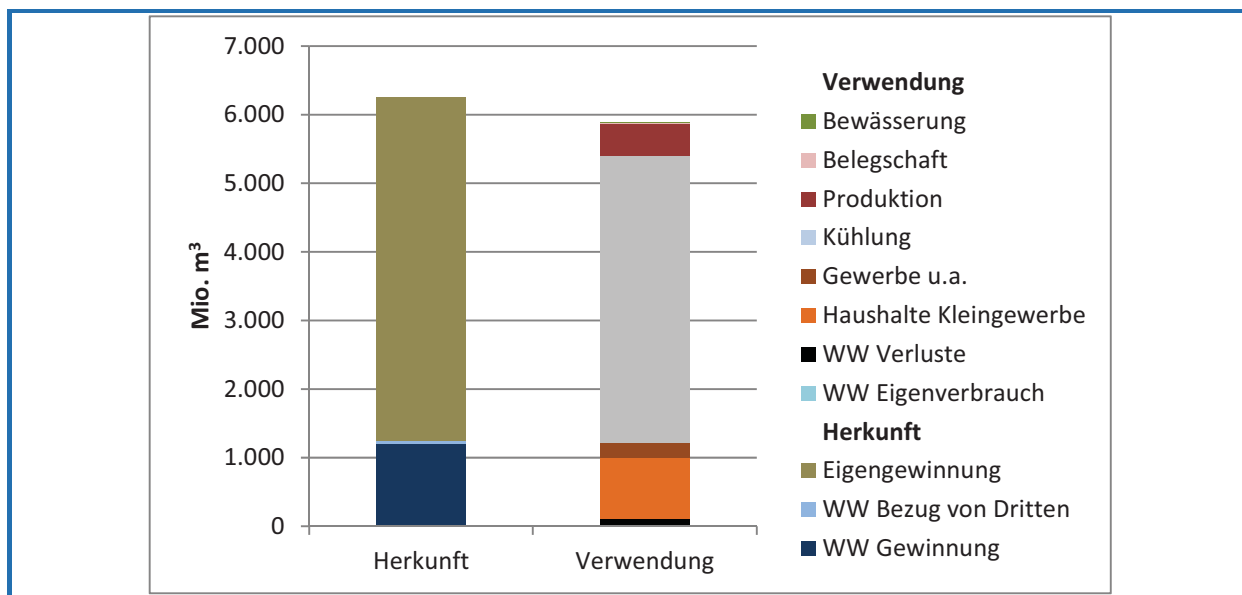
¹¹ Sie sind aber Gegenstand der Untersuchungen anderer *dynaklim*-Partner.

¹² Vgl. Kapitel 5.

¹³ Für weitere Informationen zu den *dynaklim*-Pilotprojekte vgl. www.dynaklim.de.

¹⁴ Vgl. für einen Überblick über die Struktur der Wasserwirtschaft in der *dynaklim*-Region Hecht, D.; N. Werbeck (2012).

cken ihren Wasserbedarf in großem Umfang durch Eigengewinnung im Rahmen der nicht-öffentlichen Wasserversorgung (vgl. Abbildung 2).



WW: Wasserwerk(e)

Abbildung 2: Wasserherkunft und -verwendung in Deutschland 2007¹⁵

Quelle: Destatis - Statistisches Bundesamt (2013); eigene Berechnungen.

Auf der Herkunftsseite dominiert die Eigengewinnung von Wasser im Rahmen der nicht-öffentlichen Wasserversorgung. Die Verwendung geschieht in großem Rahmen in der Kühlung. Beide Positionen können hinsichtlich der Wirtschaftszweige weiter differenziert werden (vgl. Abbildung 3).

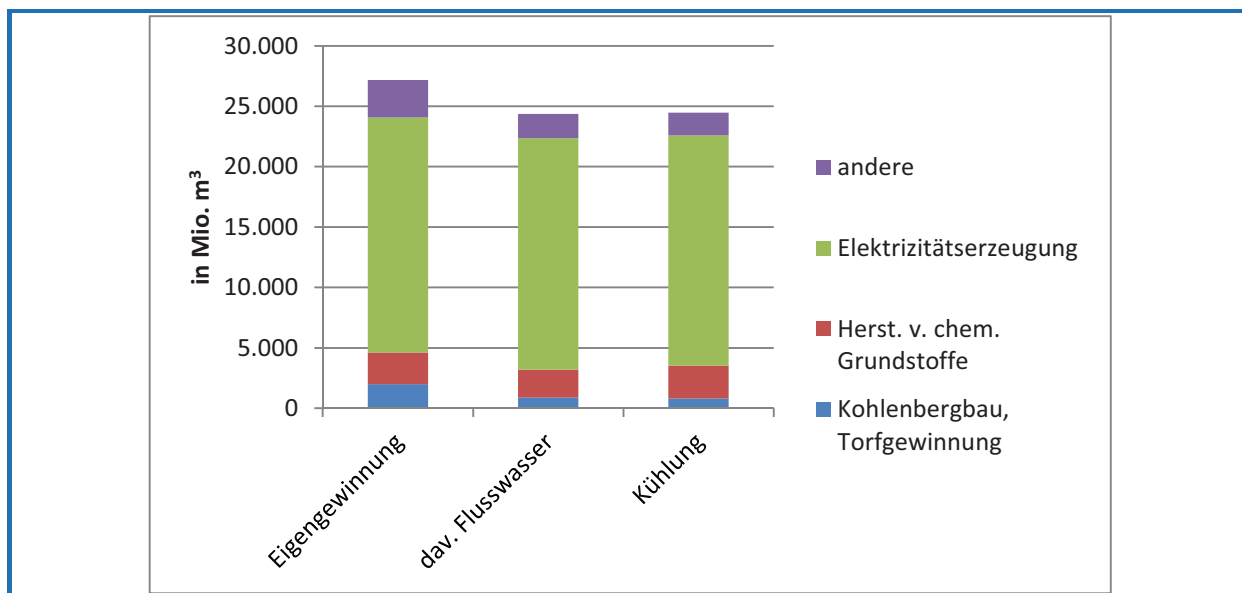


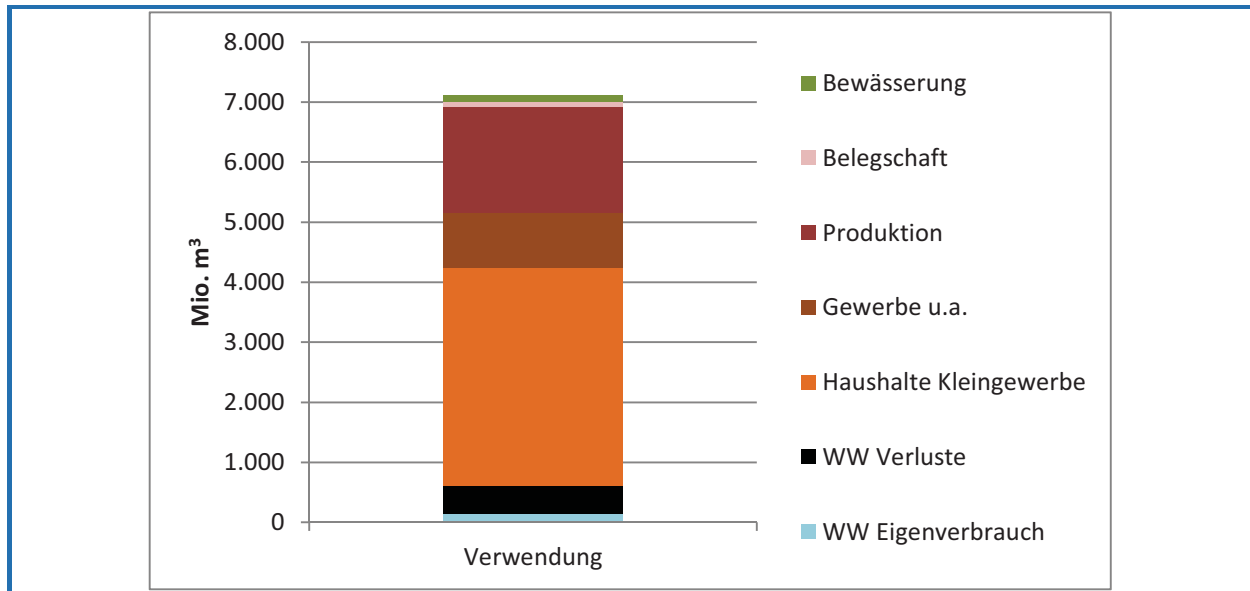
Abbildung 3: Eigengewinnung von Wasser und Einsatz für Kühlzwecke in Deutschland 2007

Quelle: Destatis - Statistisches Bundesamt (lfd.); eigene Berechnungen.

¹⁵

In der nicht-öffentlichen Wasserversorgung (z.B. Verwendung für Bewässerung, Belegschaft, ...) liegen Daten nur bis 2007 vor; vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (2013).

Rund $\frac{3}{4}$ der Eigengewinnung, der Flusswassernutzung und des Einsatzes für Kühlzwecke findet in der Stromerzeugung statt. Weitere rund 10% steuert die chemische Grundstoffindustrie bei. Ca. 7% der Eigengewinnung und jeweils rund 3% bei der Flusswassernutzung und dem Einsatz für die Kühlung stammen aus dem Bergbau. Die Nutzung von Wasser für die Kühlung (i.d.R. Wasser aus Flüssen, Talsperren, Seen) wird durch diese drei Branchen dominiert. Ohne die Wassernutzung für Kühlzwecke ergibt sich die folgende Verteilung für die Verwendung von Wasser aus der öffentlichen und nicht-öffentlichen Wasserversorgung (vgl. Abbildung 4).



WW: Wasserwerke

Abbildung 4: Modifizierte Wasserverwendung (ohne Kühlwasser) in Deutschland 2007

Quelle: Destatis - Statistisches Bundesamt (lfd.); eigene Berechnungen.

4.1.2 Haushalte und Kleingewerbe

Grundlage der Modellierung der demografischen Entwicklung ist die Bevölkerungsvorausberechnung des Landes NRW.¹⁶ Für alle Kreise und kreisfreien Städte werden die Bevölkerungszahlen nach Altersjahren bzw. -gruppen und Geschlecht bis zum Jahr 2030 geschätzt. Die Entwicklung der Bevölkerungszahl in NRW und im *dynaklim*-Gebiet wird, bezogen auf das Referenzjahr 2010, in Abbildung 5 dargestellt. Während die Bevölkerung im Land im Zeitraum von 2010 bis 2030 von 17,8 Mio. um 3,7% auf 17,2 Mio. zurückgeht, wird sie im selben Zeitraum im *dynaklim*-Gebiet von 5,7 Mio. um 7,4% auf 5,3 Mio. schrumpfen. Diese in Abbildung 5 dargestellte Entwicklung der Bevölkerungszahl und der darin enthaltene Altersstrukturänderung ist Grundlage für das Referenzszenario (SÖ0).

¹⁶ Vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (2012b); andere Prognosen gehen für das *dynaklim*-Gebiet von einer vergleichbaren Entwicklung der gesamten Bevölkerungszahl aus; vgl. Bertelsmann-Stiftung (o.J.) oder BBSR-Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung (2013).

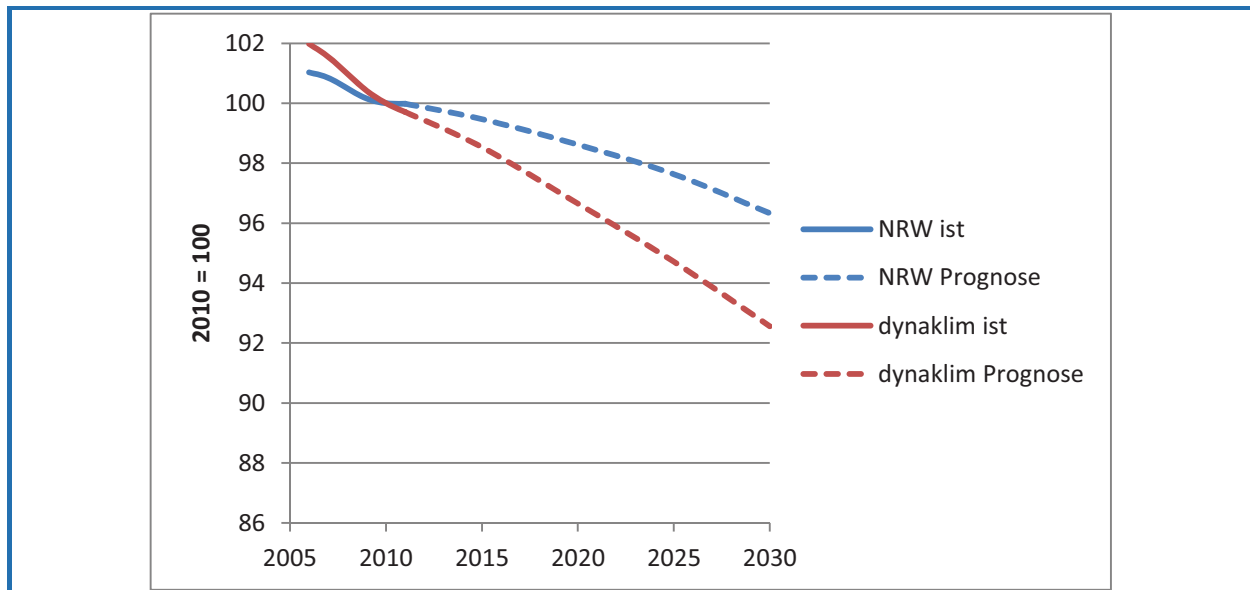


Abbildung 5: Bevölkerungsentwicklung 2008 bis 2030

Quelle: IT.NRW - Information und Technik NRW (2012b); eigene Berechnungen.

Eine Schwierigkeit bei der Berechnung von Bevölkerungsprognosen insb. auf kleinräumiger Ebene ist die Abschätzung der Wanderungssalden, da diese die zukünftige Entwicklung maßgeblich beeinflussen.¹⁷ Die im Zuge der Finanzkrise ausgelösten Wanderungsgewinne Deutschlands sind in den Prognosen noch nicht enthalten, ebenso wenig wie die Verteilung der verstärkten Zuwanderungen zwischen den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands.¹⁸ Um die Bandbreite der Auswirkungen unterschiedlicher demografischer Entwicklungen auf die Wasserwirtschaft abzubilden wird daher im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) für das Jahr 2030 davon ausgegangen, dass die Bevölkerungszahl (gleichmäßig über alle Altersgruppen) um 4% höher liegt als im Referenzszenario, während sie im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) um 4% darunter liegt.

Spezifischer Wasserverbrauch der Haushalte

Der spezifische Wasserverbrauch der Haushalte ist im Bundesdurchschnitt seit Mitte der 1980er Jahre rückläufig.¹⁹ Durchschnittlich ist der tägliche Wasserverbrauch von 147 Litern (1990) auf 122 Liter (2011) zurückgegangen. Hierbei sind deutliche regionale Unterschiede festzustellen: NRW liegt im Jahr 2010 mit 135 Litern pro Einwohner und Tag an der Spitze der Bundesländer, während Sachsen mit 84 Litern den geringsten Wert aufweist.²⁰ Im *dynaklim*-Gebiet liegt der Wert im Jahr 2010 mit 141 Litern noch über dem für NRW.

¹⁷ Vgl. Ströker, K. (2007).

¹⁸ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.b).

¹⁹ Vgl. BDEW (2012), S. 3.

²⁰ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (2013); eigene Berechnungen.

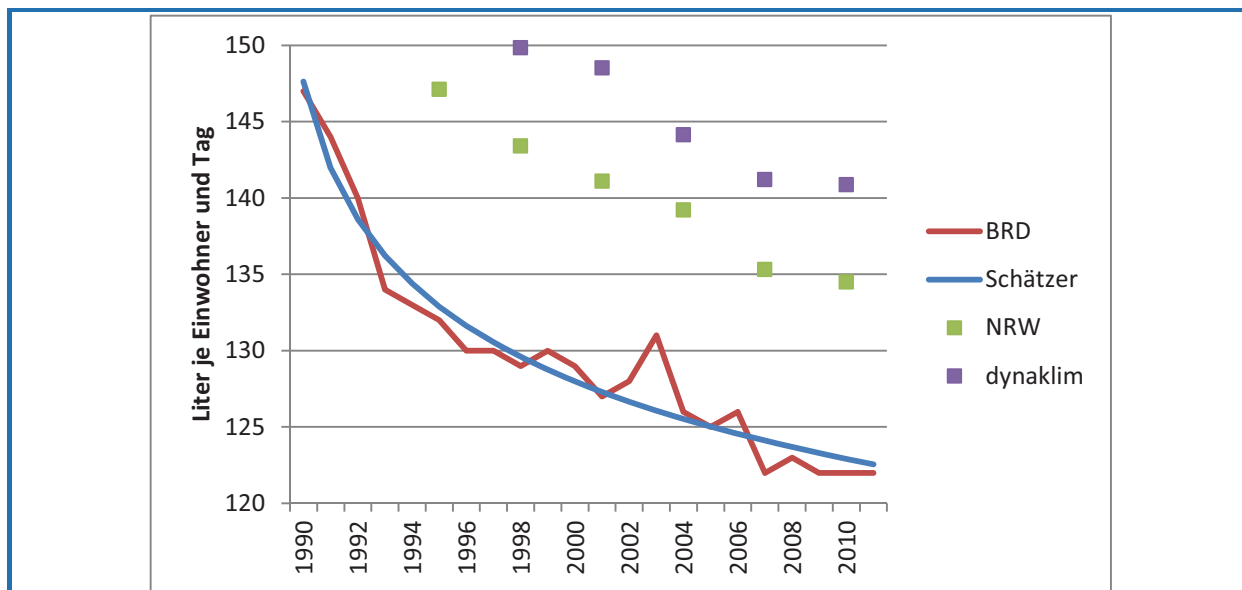


Abbildung 6: Spezifischer Wasserverbrauch der Haushalte und des Kleingewerbes

Quelle: BDEW (2012), S. 3; IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.); eigene Berechnungen.

Ein Rückgang des spezifischen Wasserverbrauchs kann auch für die Zukunft unterstellt werden. Durch die Sanierung von Bädern (z.B. Spülkästen, Armaturen), den Einsatz wassersparender Geräte (Spül- und Waschmaschinen) und die Nutzung von Regenwasser für Bewässerungszwecke können sich weitere Einsparpotenziale ergeben. Diese Nutzungsänderung wird in Zukunft aber in geringerem Maße auftreten als in den letzten beiden Dekaden, da ein nennenswerter Anteil der Bevölkerung diese Maßnahmen schon ergriffen hat. Zur Abschätzung der zukünftigen Anpassung wird eine Schätzung anhand der bisherigen Entwicklung des spezifischen Wasserverbrauchs in Deutschland vorgenommen (vgl. Abbildung 6 und Regression 1 im Anhang). Die Schätzfunktion wird für die Bundeswerte bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben und führt zu folgendem Korrekturindex, mit dem die zukünftigen Wassereinsparungen im Bereich der Haushalte im Referenzszenario „Moderater Wandel“ (SÖ0) berücksichtigt werden:

Tabelle 5: Korrekturfaktoren des spezifischen Wasserverbrauchs je Einwohner

Jahr	Index (2010 = 100)
2010	100,0
2015	99,7
2020	98,6
2025	97,7
2030	96,9

Für das *dynaklim*-Gebiet ergibt sich im Jahr 2010 ein durchschnittlicher Wasserverbrauch bei Haushalten und Kleingewerbe von 140,6 Litern je Einwohner und Tag. Im Referenzszenario wird dieser Wasserverbrauch bis 2030 auf 136,3 Liter zurückgehen. Für das Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird unterstellt, dass wassersparende Techniken deutlich umfangreicher implementiert werden und der ressourcenschonende Umgang mit Trinkwasser im Haushaltsbereich stärker berücksichtigt wird. Für den täglichen Wasserverbrauch je Einwohner wird daher bis zum Jahr 2030 eine zusätzliche Reduzierung des Wasserverbrauchs um 5% unterstellt, so dass ein Wasserverbrauch je Einwohner von 129,5 Litern je Tag angesetzt wird. Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) wird auf diese zusätzlich Senkung verzichtet, so dass der Wasserverbrauch je Einwohner dem des Referenzszenarios entspricht.

Insgesamt ergeben sich aus den Annahmen im *dynaklim*-Gebiet folgende Jahreswassermengen, die von Haushalten in den unterschiedlichen Szenarien bezogen werden:

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Einwohner	5,7	5,3 (-7,8%)	5,5 (-4,1%)	5,0 (-11,5%)	in Mio.
spezifischer Verbrauch	140,6	136,3 (-3,0%)	129,5 (-7,9%)	136,3 (-3,0%)	Liter je Einwohner und Tag
gesamter Verbrauch	289.358	258.692 (-10,6%)	255.588 (-11,7%)	248.345 (-14,2%)	in 1.000 m ³

4.1.3 Weitere Nutzungen der öffentlichen Wasserversorgung

Neben den Haushalten und dem Kleingewerbe können Kindergärten, Schulen und Hochschulen sowie das Hotelgewerbe und Krankenhäuser bzw. Pflegeheime als große Wassernutzer der öffentlichen Wasserversorgung angesehen werden.

4.1.3.1 Bildungseinrichtungen

In der einschlägigen Literatur wird von einem Wasserbedarf pro Kindergartenkind von 5,8 m³ je Kind und Jahr ausgegangen.²¹ Dieser Wert soll als spezifischer Wasserverbrauch aller Kinder in Kindergärten, unabhängig von ihrem Alter, angesetzt werden, wobei im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) die zusätzlichen Aktivitäten zum Wassersparen analog zu dem Bereich der Haushalte auch für Kindergärten, Kinderhorte, Schulen und Hochschulen zum Tragen kommen sollen. Regional unterschiedlich ist der Anteil der Kinder, die einen Kinderhort oder -garten besuchen. Während in Deutschland im Jahr 2012 27,6% der Kinder unter 3 Jahren einen Kinderhort und 93,4% der Kinder zwischen 3 und 6 Jahren einen Kindergarten besuchten, waren es in NRW 18,1% und 92,9%.²² Für den Zeitraum der Szenarienberechnung wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil der Kinder unter 3 Jahren, die einen Kinderhort besuchen, in jedem Kreis bzw. jeder kreisfreien Stadt gleichmäßig verdoppeln wird, während der Anteil der Kinder zwischen 3 und 6 Jahren im Kindergarten konstant bleibt. Diese Entwicklung der Anteile trifft auf eine sinkende Anzahl von Kindern, die sich aus den demografischen Entwicklungen der Altersgruppen ergibt (vgl. Kapitel 4.1.2).

Insgesamt ist in allen Szenarien trotz eines Rückgangs der Kinderzahl in den relevanten Altersgruppen durch den Anstieg der Betreuungsquote ein Zuwachs bei den Kinderhorten und dort auch beim Wasserverbrauch zu erwarten.²³ Dieser ist im Referenzszenario am höchsten, da in den Alternativszenarien die effizientere Wassernutzung (SÖ1) oder der besonders starke Rückgang der Einwohnerzahlen zu dominiert.

²¹ Vgl. Kluge, T. u.a. (2007), S. 13.

²² Vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2012).

²³ Eine damit einhergehende Senkung des Wasserverbrauchs in den Haushalten wird dabei nicht berücksichtigt, da größere Teile der jeweiligen Wassernutzung – so z.B. für Waschen und Putzen – unabhängig von dem Besuch des Kindergartens anfallen. Gleiches gilt auch für die Wassernutzungen im Bereich der Schulen, Hochschulen, Krankenhäuser oder Pflegeheime.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Bevölkerung unter 3 Jahre	134,5	118,8 (-11,7%)	123,5 (-8,1%)	114,0 (-15,2%)	in 1.000
Kinder in Kinderhorten	16,7	40,4 (+142,0%)	42,0 (+151,7%)	38,8 (+132,4%)	in 1.000
Bevölkerung 3 bis unter 6 Jahre	138,8	125,3 (-9,8%)	130,3 (-6,2%)	120,2 (-13,4%)	in 1.000
Kinder in Kindergärten	125,7	116,3 (-7,5%)	121,0 (-3,8%)	111,7 (-11,2%)	in 1.000
spezifischer Verbrauch	5,8	5,8 (0,0%)	5,5 (-5,0%)	5,8 (0,0%)	m ³ je Kind und Jahr
gesamter Verbrauch	826	909 (+10,1%)	898 (+8,8%)	873 (+5,7%)	in 1.000 m ³

Die Anzahl der Schüler wird in NRW von 2,0 Mio. (2009) auf 1,7 Mio. (2019) zurückgehen.²⁴ Das entspricht einer Schülerquote (Anteil an Schülern bezogen auf die Bevölkerung im Alter von 6 bis unter 18 Jahren) von 90,4% (2009) bzw. 92,5% (2019). Berücksichtigt sind hierin die pendelnden Schülerinnen und Schüler, so dass einzelne Städte eine Quote von über 100% aufweisen.²⁵ Für die Szenarienberechnung wird angenommen, dass sich die Schülerquote kontinuierlich bis zum Jahr 2019 hin zur prognostizierten Quote entwickelt und anschließend konstant bleibt. Der spezifische Wasserverbrauch pro Schülerin und Schüler im Jahr wird in der Literatur (je nach Schulform) mit 1,8 bis 2,5 m³ p.a.²⁶ bzw. ca. 3 m³ p.a.²⁷ angegeben. Für die hier vorgelegte Berechnung wird mit einem konstanten Wert von 2,5 m³ p.a. gerechnet. Die weiteren Annahmen ergeben sich analog zu denen der Kindergärten.

Die Anzahl der Studierenden wird sich von 2010 bis 2020 je nach Variante bundesweit um 3,4% bis 1,9% verringern.²⁸ Die Studierendenquote, bezogen auf die Wohnbevölkerung von 19 bis unter 32 Jahren, steigt um ca. 1%-Punkt.²⁹ Statistiken über die Wohnbevölkerung inkl. der Einwohner mit 2. Wohnsitz sind auf regionaler Ebene nicht verfügbar, so dass die potenzielle Studierendenzahl aus der Wohnbevölkerung und der bundesdurchschnittlichen Studierendenzahl errechnet wird. Zur Berechnung der tatsächlichen Studierendenzahl wird dieses Ergebnis um einen kreisspezifischen Faktor des Jahres 2010 korrigiert, der die Konzentration der Studierenden auf die tatsächlichen Hochschulstandorte wiedergibt (bzw. bei nicht vorhandener Hochschule den Wert Null annimmt). Der spezifische Wasserverbrauch je Studierenden wird ebenfalls mit 2,5 m³ p.a. angenommen. Die weiteren Annahmen ergeben sich analog zu denen der Kindergärten.

Der Wasserverbrauch von Schulen und Hochschulen wird sich in allen drei Szenarien um über 1% verringern. Dabei wird sich der Rückgang der Bevölkerung im Alter von 18 bis unter 30 Jahren durch eine stärkere Studierneigung etwas geringer auf die Anzahl der Studierenden auswirken. Im Szenario SÖ1 wird der höhere Besatz mit Studierenden im Verhältnis zum Referenzszenario SÖ0 durch ein verstärktes Sparen beim Wasserbrauch nahezu ausgeglichen.

²⁴ Vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (2010), S. 2.

²⁵ Vgl. Lander, B. (2010), S. 8.

²⁶ Vgl. Kluge, T. u.a. (2007), S. 13.

²⁷ Vgl. Pretenthaler, F.; A. Dalla-Via (2007), S. 117

²⁸ Vgl. KMK - Kultusministerkonferenz (2005), S. 25*, eigene Berechnungen. Nicht berücksichtigt sind in diesen Schätzungen die Umstellung auf das Bachelor- und Mastersystem an den Hochschulen, die zu einer höheren Studierendenzahl führen könnten; vgl. ebd. S. 1.

²⁹ Vgl. KMK - Kultusministerkonferenz (2005), S. 30*.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Bevölkerung 6 bis unter 18 Jahre	675,7	528,6 (-21,8%)	549,7 (-18,6%)	507,4 (-24,9%)	in 1.000
Schüler	616,7	483,3 (-21,6%)	502,7 (-18,5%)	464,0 (-24,8%)	in 1.000
Bevölkerung 18 bis unter 30 Jahre	794,2	609,9 (-23,2%)	634,3 (-20,1%)	585,5 (-26,3%)	in 1.000
Studierende	199,4	164,9 (-17,3%)	171,5 (-14,0%)	158,3 (-20,6%)	in 1.000
spezifischer Verbrauch	2,5	2,5 (0,0%)	2,4 (-5,0%)	2,5 (0,0%)	m ³ je Einwohner und Jahr
gesamter Verbrauch	2.040	1.621 (-20,6%)	1.601 (-21,5%)	1.556 (-23,7%)	in 1.000 m³

4.1.3.2 Tourismus

Die Anzahl der Gästebetten ist im Ruhrgebiet von 46.839 (2000) auf 57.909 (2010) gestiegen, was einem Anstieg von 23,6% entspricht. Im gleichen Zeitraum konnte ein Bettenzuwachs in NRW von 10,0% und in Deutschland insgesamt in Höhe von 4,2% festgestellt werden.³⁰ Es kann daher eine zunehmende Attraktivität der *dynaklim*-Region als Tourismus- und Konferenzregion unterstellt werden, nicht zuletzt durch das Kulturhauptstadtjahr ausgelöst. Für die Zukunft wird darum bis 2030 von einem moderaten weiteren Zuwachs der Gästebetten um weitere 10% auf Basis 2010 ausgegangen. Berücksichtigt wird ein spezifischer Wasserverbrauch in Höhe von 42 m³ je Bett und Jahr.³¹ Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird dagegen einerseits ein zunehmender Anstieg der Gästeübernachtungen und daher -betten von 20% bis zum Jahr 2030 unterstellt, während sich der spezifische Wasserverbrauch durch wassersparende Techniken analog zu den Haushalten um 5% je Gästebett verringern wird. Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) werden kein weiterer Anstieg der Gästeübernachtungen und -betten und keine zusätzlichen Wassersparanstrengungen angenommen, so dass der Wasserverbrauch konstant bleibt.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Gästebetten	57,9	63,7 (+10,0%)	69,5 (+20,0%)	57,9 (+0,0%)	in 1.000 Gästebetten
spezifischer Verbrauch	42,0	42,0 (0,0%)	39,9 (-5,0%)	42,0 (0,0%)	m ³ je Bett und Jahr
gesamter Verbrauch	2.432	2.675 (+10,0%)	2.773 (+14,0%)	2.432 (0,0%)	in 1.000 m³

4.1.3.3 Gesundheitseinrichtungen

Für Krankenhäuser kann aufgrund der demographischen Entwicklung ein erhöhter Wasserbedarf unterstellt werden. Je Krankenhausbett wird ein spezifischer Wasserverbrauch von 105 m³ p.a. angesetzt.³² Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird zusätzlich eine Einführung zusätzlicher

³⁰ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.a); eigene Berechnungen.

³¹ Vgl. Kluge, T. u.a. (2007), S. 13; dieser Wert liegt über dem von Pretenthaler, F.; A. Dalla-Via (2007), S. 116 dargestellten.

³² Vgl. Kluge, T. u.a. (2007), S. 13.

Wasserspartechniken unterstellt, die den Wasserverbrauch je Krankenhausbett bis zum Jahr 2030 um 5% senkt. Eine Abschätzung der Bettenzahl ergibt sich aus einer Modellrechnung, die die prognostizierten stationären Behandlungen in NRW nach Altersgruppe und Geschlecht,³³ die Entwicklung der Einwohnerzahlen der Kreise und kreisfreien Städte nach Geschlecht in diesen Altersgruppen,³⁴ die Behandlungswanderung zwischen den Kreisen und kreisfreien Städten in NRW³⁵ und die Anzahl der Krankenhausbetten im Jahr 2008³⁶ berücksichtigt. Für die drei in der vorliegenden Untersuchung behandelten Szenarien ergibt sich die Entwicklung der Behandlungszahlen aus der demografischen Entwicklung – nach Altersgruppen differenziert – analog zu dem Bereich der Haushalte (vgl. Kapitel 4.1.2). Die Modellrechnung wird entsprechend von der Nachfrage nach Krankenhausleistungen getrieben und berücksichtigt keine Änderungen in der Belegungsquote, der Behandlungsdauer und dem Wanderungsverhalten der Patientinnen und Patienten. Im Zeitraum bis 2030 wird sich (bezogen auf 2008) die Anzahl der Krankenhausbetten in NRW um 13,7% erhöhen müssen, wenn identische Leistungen erbracht werden müssen. Im *dynaklim*-Gebiet ist nur ein Zuwachs von 5,4% erforderlich. Regional ergeben sich nach dieser Berechnung deutliche Unterschiede: Während im Kreis Coesfeld ein Zuwachs von ca. 19% notwendig ist, kann die Bettenzahl in Hagen um 2,7% reduziert werden; in Gelsenkirchen würde die Bettenzahl konstant bleiben. Beide Städte haben bereits heute schon einen vergleichsweise hohen Bestand an älteren Menschen. Von daher werden sie vom demografischen Wandel in Zukunft nicht mehr so stark betroffen sein.

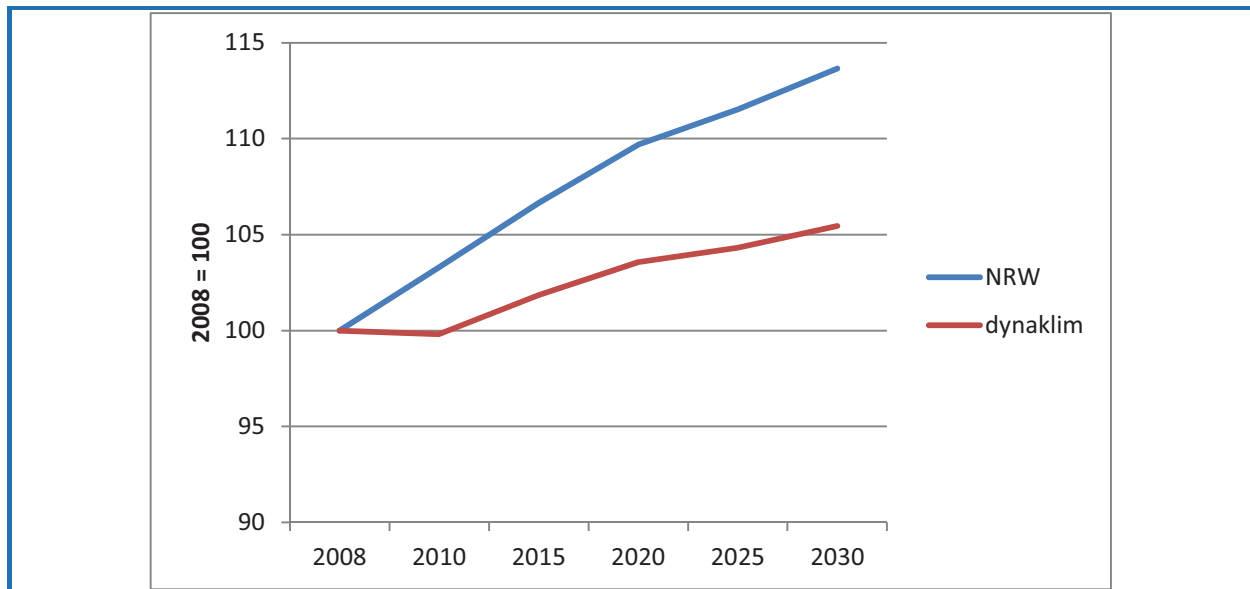


Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl der Krankenhausbetten

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich, wenn die Anzahl der in den Kreisen und kreisfreien Städten stationär betreuten Pflegefälle betrachtet wird. Im Landesdurchschnitt wird die Anzahl der Patientinnen und Patienten in stationärer Pflege von 2007 bis 2030 um 58% ansteigen, während im *dynaklim*-Gebiet die Steigerung mit 47% geringer ausfällt (Referenzszenario – SÖO).³⁷ Der stärkste Anstieg innerhalb der Untersuchungsregion ist auch hier wieder in Coesfeld zu verzeichnen (+90%), während Hagen und Gelsenkirchen mit ca. 23,5% Zuwachs den geringsten Wert aufweisen. Zugrunde liegt dieselbe Entwicklung der Altersstruktur, die auch zu einer Erhöhung der Krankenhausbetten führt. Die Entwicklung der Anzahl der Pflegebetten für die stationäre Pflege sei auch hier wiederum nach-

³³ Vgl. Cicholas, U.; K. Ströker (2010), S. 7.

³⁴ Vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.).

³⁵ Vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (2012a), S. 90ff.

³⁶ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.a).

³⁷ Vgl. Cicholas, U.; K. Ströker (2010), S. 49ff.; Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.a); eigene Berechnungen.

fragebedingt und entwickelt sich entsprechend der Anzahl der stationär Pflegebedürftigen. Die Anzahl der Pflegebedürftigen in den beiden Alternativszenarien ergibt sich aus der demografischen Entwicklung in diesen Szenarien (vgl. Kapitel 4.1.2). Je Pflegebett wird ein spezifischer Wasserverbrauch von 80 m³ angesetzt.³⁸ Im Szenario „klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird ebenfalls eine Einführung zusätzlicher Wasserspartechniken unterstellt, die den spezifischen Wasserverbrauch je Pflegebett bis zum Jahr 2030 um 5% senkt.

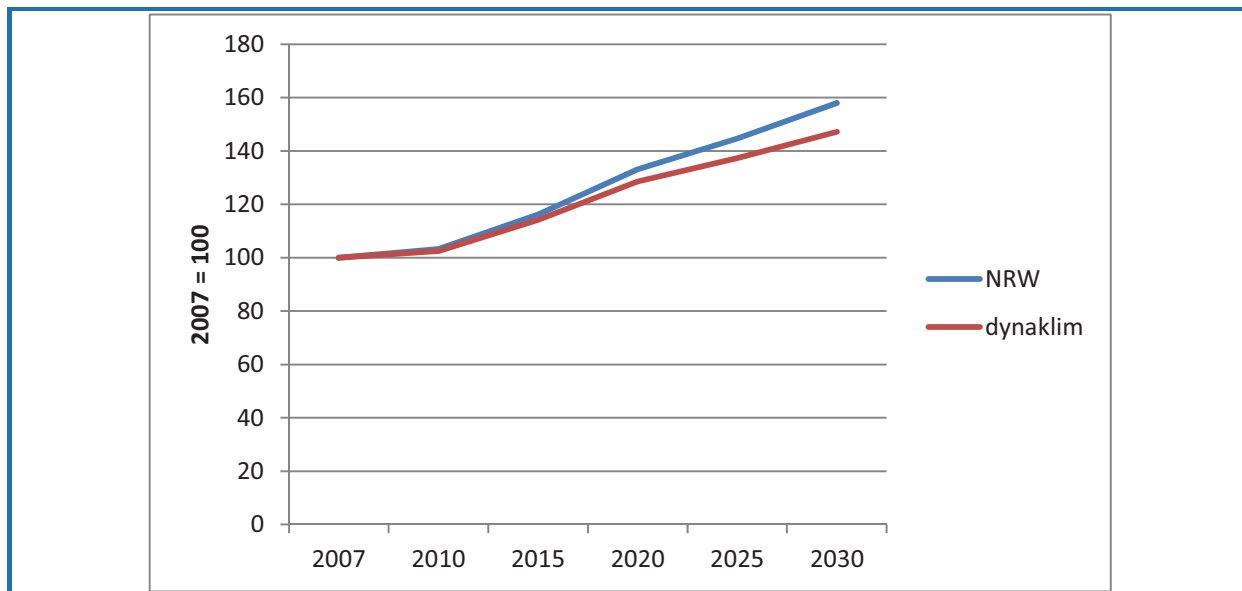


Abbildung 8: Entwicklung der Anzahl der Pflegebedürftigen in stationärer Pflege

Im Vergleich zum Basisjahr 2010 wird im Bereich Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen der Wasserbrauch je nach Szenario um 1/5 bis 1/4 zunehmen. Die Alterung der Bevölkerung in Verbindung mit den altersspezifischen Behandlungs- und Pflegequoten führt zu einem Anstieg der notwendigen Krankenhaus- und Pflegeheimplätze. Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird dieser Anstieg im Verhältnis zum Referenzszenario durch den verstärkten Einsatz von wassersparenden Techniken mehr als ausgeglichen.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Krankenhausbetten	43,6	46,0 (+5,6%)	47,9 (+9,9%)	44,2 (+1,4%)	in 1.000 Krankenhausbetten
spezifischer Verbrauch	105,0	105,0 (0,0%)	99,8 (-5,0%)	105,0 (0,0%)	m ³ je Bett (Krankenhaus)
Pflegeheimbetten	60,5	87,1 (+44,0%)	90,6 (+49,8%)	83,6 (+38,2%)	in 1.000 Pflegebetten (stationäre Pflege)
spezifischer Verbrauch	80,0	80,0 (0,0%)	76,0 (-5,0%)	80,0 (0,0%)	m ³ je Bett (Pflegeheim)
gesamter Verbrauch	9.415	11.803 (+25,4%)	11.661 (+23,9%)	11.331 (+20,3%)	in 1.000 m³

³⁸ Vgl. Kluge, T. u.a. (2007), S. 13.

4.1.4 Gewerbe und sonstige

Das Gewerbe (Landwirtschaft, Produzierendes Gewerbe, Dienstleistungen) erhält Wasser aus der öffentlichen und der nicht-öffentlichen Wasserversorgung (vgl. Abbildung 4). Die Abschätzung des zukünftigen Wasserverbrauchs des Gewerbes wird anhand der sektoralen Gliederung vorgenommen, wobei zu beachten ist, dass der Wassereinsatz im Produzierenden Gewerbe deutlich über dem des Dienstleistungssektors liegt. Im Gegensatz zur öffentlichen Wasserversorgung ist bei der nichtöffentlichen Wasserversorgung das Produzierende Gewerbe anteilmäßig stärker vertreten, weil hier Dienstleistungen eine geringere Rolle spielen. Allerdings sind im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung große Abnehmer (wie Krankenhäuser, Hochschulen) vorweg gesondert berücksichtigt worden (vgl. Kapitel 4.1.3), so dass der dort verbleibende Teil des Gewerbes ebenfalls stärker durch das Produzierende Gewerbe geprägt ist. Die verbleibenden Unterschiede in der Sektoralstruktur der Abnehmer in den Bereichen der öffentlichen und nicht-öffentlichen Wasserversorgung werden daher in der vorliegenden Studie vernachlässigt.

Sektoraler Wasserverbrauch 2010

Die Daten der nicht-öffentlichen Wasserversorgung enthalten für das Berichtsjahr 2007 differenzierte Angaben zu Sektoren (nach der Gliederung der Wirtschaftszweige WZ03) mit großem Wasserverbrauch auf Bundesebene. Aufgeschlüsselt ist der Wassereinsatz für Kühlung, Produktion, etc. sowie für das Schmutzwasseraufkommen. Die nicht einzeln ausgewiesenen Sektoren werden summarisch angeführt.³⁹ Um die Wassermengen der nicht-öffentlichen Wasserversorgung mit den Daten aus der öffentlichen Wasserversorgung kompatibel zu machen, ist eine Hochrechnung für das Jahr 2010 erforderlich.

Aus einer Sonderauswertung der Beschäftigtenzahl nach diesen Sektoren⁴⁰ und eigenen Recherchen lässt sich in einem ersten Schritt der spezifische Wasserverbrauch je Beschäftigten in sektoraler Gliederung für das Jahr 2007 bestimmen.⁴¹ Unter Berücksichtigung von kreisspezifischen Korrekturfaktoren lassen sich anschließend die Istzahlen des Wasserverbrauchs für 2010 auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte und für das *dynaklim*-Gebiet insgesamt nach Sektoren differenziert ermitteln.

4.1.4.1 Wasserverbrauchsberechnung 2010 bis 2030 nach Sektoren

Bergbau

Der Wasserverbrauch im Bereich Bergbau sowie Gewinnung von Steinen und Erden ist im *dynaklim*-Untersuchungsgebiet in Zukunft in starkem Maße von dem Ausstieg aus dem Steinkohlebergbau geprägt. Für die Abschätzung der zukünftigen Wasserverbräuche werden daher folgende Annahmen getroffen und modelliert:

- Erstens wird die Entwicklung des Wasserverbrauchs bis 2030 anhand einer Fortschreibung der Verbräuche der Jahre 1995 bis 2007 modelliert (zunächst noch ohne den Ausstieg aus der Steinkohleförderung).⁴² Unabhängig vom Szenario werden darüber hinaus keine zusätzlichen Aktivitäten zur effizienteren Nutzung des eingesetzten Frischwassers im Bergbau erfolgen.

³⁹ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (Ifd.).

⁴⁰ Vgl. BA - Bundesagentur für Arbeit (2012).

⁴¹ Ausgehend von den Beschäftigtenzahlen auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte nach tiefgegliederten Sektoren für 2007 (vgl. BA - Bundesagentur für Arbeit (2012)), eigenen Recherchen und Ergänzungen dieser Beschäftigtenzahlen, der Gesamtzahl der Beschäftigten auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte für 2010 (vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.)) sowie einer Trendfortschreibung des Anteil der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe an allen Beschäftigten (vgl. Regression 2 im Anhang) und der besonderen Wirkungen des Ausstiegs aus der Steinkohleförderung (vgl. Prognos AG (2007), Szenario Ausstieg 2018) kann die Beschäftigtenzahl für das Jahr 2010 passend zur Gliederung der spezifischen Wasserverbräuche für 2007 geschätzt werden.

⁴² Vgl. Regression 3 im Anhang.

- Zweitens wird der Ausstieg aus dem Steinkohlebergbau berücksichtigt, indem die zukünftige Änderung der Beschäftigtenzahl⁴³ analog auf die Wertschöpfung übertragen wird.
- Drittens wird berücksichtigt, dass der Ausstieg aus dem Steinkohlebergbau nur für einige Kreise und kreisfreie Städte von Relevanz ist und ansonsten Wassernutzungen aus der Gewinnung von Steinen und Erden vorliegen. Der Rückgang der Wassernutzung durch den Ausstieg aus der Steinkohleförderung wird darum für drei Kategorien von Kreisen und kreisfreien Städten (voll betroffen, teilweise betroffen, nicht betroffen) bis 2030 unterschiedlich modelliert und für das *dynaklim*-Gebiet zusammengefasst.
- Letztlich ergeben sich für die Wassernutzung im Sektor Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden keine Unterschiede in den Änderungsraten zwischen den Szenarien „Trendmäßige Entwicklung / Referenzszenario“ (SÖ0), „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) und „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2).

Der Wasserverbrauch im Bergbau wird durch den Ausstieg aus der Steinkohleförderung geprägt. Durch die gleichen Annahmen für die unterschiedlichen Szenarien ergeben sich in den Verbrauchsmengen für 2030 keine Unterschiede.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index BWS Bergbau (inkl. Steine und Erden, etc.)	100,0	40,5 (-59,5%)	40,5 (-59,5%)	40,5 (-59,5%)	
Index spezifischer Verbrauch	100,0	92,6 (-7,4%)	92,6 (-7,4%)	92,6 (-7,4%)	
gesamter Verbrauch	43.268	16.239 (-62,5%)	16.239 (-62,5%)	16.239 (-62,5%)	in 1.000 m³

Energiegewinnung

Die zukünftige Menge an erzeugter Energie, die Nutzung unterschiedlicher Energiequellen und der hierzu notwendige Einsatz von Wasser werden durch eine Reihe von gegenwärtig nur schwer vorhersehbaren Faktoren beeinflusst. Zu nennen sind hier die zukünftige Nachfrage nach Energie, der Ausstieg aus der Kernenergie⁴⁴ verbunden mit dem Ausbau der Energiegewinnung durch erneuerbare Quellen⁴⁵ und die Effizienzsteigerung der Frischwassernutzung bei der Energieerzeugung.⁴⁶ Für die Szenarien wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Betrachtung des Energiesektors wird auf die Erzeugung von Strom und Fernwärme beschränkt, um die hauptsächlichen Wassernutzer im Energiesektor einzugrenzen. Die Energieverbräuche werden auf eine einheitliche physikalische Größe umgerechnet. Im Referenzszenario ergibt sich daraus eine Steigerung der relevanten Energieerzeugung Deutschlands von 2010 bis 2030 um knapp 1%.⁴⁷ Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird dagegen von einer um 5%-Punkte größeren, im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) von einer 5%-

⁴³ Vgl. Prognos AG (2007).

⁴⁴ Vgl. BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010); BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011)

⁴⁵ Vgl. bspw. Wenzel, B.; J. Nitsch (2010) i.V.m. BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013). Zu beachten ist, dass Annahmen aus Zielszenarien zur Energieerzeugung nicht für die hier durchgeführten Entwicklungsszenarien genutzt werden können; vgl. dazu Prognos AG u.a. (2010) und Kapitel 2.2.

⁴⁶ Bspw. durch die stärkere Nutzung der Abwärme oder der Umrüstung der Kühltechnik von Durchfluss auf Umlaufkühlung.

⁴⁷ Vgl. BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013).

Punkte geringeren Änderung des Energieverbrauchs (und damit einer Abnahme des Verbrauchs um ca. 4%) gegenüber dem Referenzszenario ausgegangen.

- Der zukünftige Energieverbrauch und der Anteil der erneuerbaren Energien (beschränkt auf Energiegewinnung aus Wind- und Wasserkraft)⁴⁸ wird aus einer Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft übernommen.⁴⁹ Im Referenzszenario (SÖ0) wird sich dementsprechend der Anteil erneuerbarer Energien von 8,3% im Jahr 2010 auf 23,1% im Jahr 2030 erhöhen. Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird eine zusätzliche Steigerung angenommen, so dass sich der Anteil im Jahr 2030 auf 30,1% beläuft. Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) wird für 2030 lediglich ein Anteil erneuerbarer Energien von 20,1% unterstellt.
- Die Effizienzsteigerung in der Wassernutzung wird durch eine lineare Extrapolation der Relation des insgesamt genutzten Wassers und des eingesetzten Frischwassers abgebildet (Daten 1995 bis 2007).⁵⁰ Dies hat zur Folge, dass sich der spezifische Wasserverbrauch im Referenzszenario (SÖ0) bis zum Jahr 2030 um knapp 30% verringern wird. Für die Alternativszenarien wird analog zum Bereich der Haushalte (vgl. Kapitel 4.1.2) im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) eine doppelt so hohe zusätzliche Einsparung von Wasser wie im Haushaltsbereich angenommen (weitere 10%-Punkte).
- Der regionale Schwerpunkt in der Energiegewinnung wird durch einen zusätzlichen Index abgebildet, der die Entwicklung der Bruttowertschöpfung des Energiesektors in NRW in Relation zu der in Gesamtdeutschland setzt.⁵¹ Im Referenzszenario (SÖ0) bedeutet dies, dass der Energiesektor und der Energieverbrauch in NRW sich um ca. 42% stärker entwickeln als im Bundesdurchschnitt. Für das Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird mit einem weiteren Anstieg von 10%-Punkten, im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) mit einem um 5%-Punkte geringeren Anstieg im Vergleich zum Bundesdurchschnitt gerechnet.
- Die Folgen des Ausstiegs aus der Steinkohleförderung für die Energieproduktion werden für die Kreise und kreisfreien Städte des Untersuchungsgebietes berücksichtigt.⁵²

Trotz steigender Energieproduktion (gerade auch im Energieland Nordrhein-Westfalen) wird im Jahr 2030 in allen Szenarien der Einsatz von Frischwasser (ohne Wasser für Kühlzwecke) zurückgehen. Am deutlichsten ist dies im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) ausgeprägt. Hier wird die wasserintensive Erzeugung von Energie durch den deutlich stärkeren Einsatz erneuerbarer Energien und eine steigende Effizienz der Wassernutzung durch Mehrfachnutzung und Kreislaufführung begleitet, so dass der Wassereinsatz um ca. 1/4 sinkt.

⁴⁸ Die Energiegewinnung aus Photovoltaik ist in den verwendeten Prognosen nicht gesondert ausgewiesen. Die Energiegewinnung aus anderen erneuerbaren Energien kann bei größeren Anlagen die Nutzung von Wasser für Produktions- und Kühlzwecke erforderlich machen.

⁴⁹ Vgl. IER u.a. (2010).

⁵⁰ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (Ifd.).

⁵¹ Die gemittelten realen Änderungsraten der Bruttowertschöpfungen der Jahre 1991 bis 2008 für NRW und Gesamtdeutschland werden für diesen Zweck bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben; vgl. Arbeitskreis "Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder" (2011); eigene Berechnungen.

⁵² Vgl. Prognos AG (2007).

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index Energieerzeugung	100,0	100,6 (+0,6%)	105,6 (+5,6%)	95,6 (-4,4%)	
Index Energieschwerpunkt NRW	100,0	142,3 (+42,3%)	152,3 (+52,3%)	137,3 (+37,3%)	
Index nicht-erneuerbare Energie	100,0	83,8 (-16,2%)	76,2 (-23,8%)	87,1 (-12,9%)	
Index spezifischer Verbrauch	100,0	71,7 (-28,3%)	61,7 (-38,3%)	71,7 (-28,3%)	
gesamter Verbrauch	40.573	34.907 (-14,0%)	30.671 (-24,4%)	33.260 (-18,0%)	in 1.000 m³

Verarbeitendes Gewerbe

Der Wasserverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes wird durch den Einsatz von Frischwasser für Kühl- sowie für Produktionszwecke bestimmt. Die Änderung des Wasserverbrauchs wird für die vorliegende Szenariountersuchung aus der Änderung der Produktionsmenge (aus der Änderung der Bruttowertschöpfung) und der Steigerung der Effizienz der Wassernutzung modelliert:

- Die Produktionsmenge wird aus einer Hochrechnung der durchschnittlichen realen Änderungsrate der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes für NRW bestimmt, die in gleichem Maße auch für das *dynaklim*-Gebiet angenommen wird. Da die realen Wachstumsraten im Verarbeitenden Gewerbe in NRW im Mittel von 1991 bis 2010 bei knapp -1% p.a. lagen, ergibt die Fortschreibung im Verarbeitenden Gewerbe einen Rückgang der Bruttowertschöpfung bis zum Jahr 2030 um 17,6% auf der Basis 2010 (im Referenzszenario – SÖ0). In den beiden Alternativszenarien werden Abweichungen zum Referenzszenario analog zum Bereich Energiegewinnung angenommen. Für das Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) bedeutet dies einen Rückgang des Verarbeitenden Gewerbes um 7,6% und im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) einen Rückgang um 22,6%.
- Die Effizienzsteigerung in der Wassernutzung wird durch eine lineare Extrapolation der Relation des insgesamt genutzten Wassers und des eingesetzten Frischwassers abgebildet (Daten 1995 bis 2007).⁵³ Dies hat zur Folge, dass sich der spezifische Wasserverbrauch im Referenzszenario (SÖ0) bis zum Jahr 2030 um 30% verringern wird. Für die Alternativszenarien wird analog zum Bereich der Haushalte (vgl. Kapitel 4.1.2) im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) eine zusätzliche Einsparung von Wasser angenommen, hier jedoch um 50% stärker als im Haushaltsbereich (um weitere 7,5%-Punkte).
- Die Folgen des Ausstiegs aus der Steinkohleförderung für das Verarbeitende Gewerbe werden für die Kreise und kreisfreien Städte des Untersuchungsgebietes berücksichtigt.⁵⁴

Durch den weiteren Rückgang des Verarbeitenden Gewerbes und die zusätzlichen Effizienzsteigerungen bei der Nutzung des eingesetzten Wassers wird im Verarbeitenden Gewerbe in allen Szenarien der Frischwassereinsatz um mehr als 40% zurückgehen. Zwischen den Szenarien „Moderater Wandel“ (SÖ0) und „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) bestehen kaum Unterschiede im Frischwassereinsatz. Der deutlich geringere Rückgang in der Bruttowertschöpfung im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird durch zusätzliche Wassereinsparungen begleitet.

⁵³ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (Ifd.).

⁵⁴ Vgl. Prognos AG (2007).

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index BWS Verarbeiten- des Gewerbe	100,0	81,8 (-18,2%)	91,8 (-8,2%)	76,9 (-23,1%)	
Index spezifischer Ver- brauch	100,0	70,1 (-29,9%)	62,6 (-37,4%)	70,1 (-29,9%)	
gesamter Verbrauch	104.952	59.796 (-43,0%)	59.873 (-43,0%)	56.169 (-46,5%)	in 1.000 m³

Dienstleistungen und sonstige

Für den Wasserbedarf des Dienstleistungssektors und für den Wasserverbrauch, der 2010 keinem der genannten Sektoren zugeordnet werden konnte, werden die Indexreihen für die Bruttowertschöpfung des Dienstleistungssektors und der gesamten Bruttowertschöpfung für NRW gebildet und für das Untersuchungsgebiet übernommen. In den Alternativszenarien wird für den Bereich „Dienstleistungen“ und „andere/nicht zugeordnete Bereiche“ im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) ein Zuwachs der Bruttowertschöpfung um weitere 5%-Punkte unterstellt. Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) wird die Änderung der Bruttowertschöpfung um 5%-Punkte geringer angenommen.

Als Effizienzsteigerung werden die Einsparungen des Bereichs Haushalte und Kleingewerbe aus der öffentlichen Wasserversorgung übernommen (vgl. Tabelle 5 und Kapitel 4.1.2).⁵⁵ Die Wirkungen des Ausstiegs aus der Steinkohleförderung werden berücksichtigt.

Die Verbrauchsmengen steigen in den Szenarien „Moderater Wandel“ (SÖ0) und „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) um ca. 1/3 an. Die deutlich stärkere Zunahme im Szenario SÖ1 wird durch zusätzliche Effizienzsteigerungen bei der Wassernutzung kompensiert. Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) beträgt der Zuwachs bis 2030 immer noch knapp 30%.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index BWS Dienstleistun- gen/sonstige	100,0	138,8 (+38,8%)	143,8 (+43,8%)	133,8 (+33,8%)	
Index spezifischer Ver- brauch	100,0	96,9 (-3,1%)	91,9 (-8,1%)	96,9 (-3,1%)	
gesamter Verbrauch	15.071	20.253 (+34,4%)	19.899 (+32,0%)	19.524 (+29,6%)	in 1.000 m³

4.1.4.2 Trinkwasser aus der nichtöffentlichen und öffentlichen Wasserversorgung

Für die einzelnen Sektoren werden die genutzten Wassermengen aus der nichtöffentlichen Wasserversorgung für die Kreise und kreisfreien Städte berechnet, indem die sektoral differenzierten Wassermengen des Jahres 2010 (vgl. Kapitel 0) mit den Änderungsraten (vgl. Kapitel 4.1.4.1) bis zum Jahr 2030 hochgerechnet werden. Die Summe über alle Sektoren spiegelt dann für die drei Szenarien entsprechend den Wasserverbrauch aus der nichtöffentlichen Wasserversorgung wider (ohne Kühlwasser).

⁵⁵

Vgl. Kapitel 4.1.2.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Bergbau (inkl. Steine und Erden, etc.)	43.268	16.239 (-62,5%)	16.239 (-62,5%)	16.239 (-62,5%)	in 1.000 m ³
Energiegewinnung	40.573	34.907 (-14,0%)	30.671 (-24,4%)	33.260 (-18,0%)	in 1.000 m ³
Verarbeitendes Gewerbe	104.952	59.796 (-43,0%)	59.873 (-43,0%)	56.169 (-46,5%)	in 1.000 m ³
Dienstleistungen/sonstige	15.071	20.253 (+34,4%)	19.899 (+32,0%)	19.524 (+29,6%)	in 1.000 m ³
Gesamter Verbrauch nicht-öffentliche Wasserversorgung (ohne Kühlwasser)	203.864	131.195 (-35,6%)	126.682 (-37,9%)	125.192 (-38,6%)	in 1.000 m³

Die Entwicklung der Wassernutzung aus der nichtöffentlichen Wasserversorgung für die Kreise und kreisfreien Städte im *dynaklim*-Gebiet wird übertragen auf den jeweiligen Teil der öffentlichen Wasserversorgung, der durch das Gewerbe in Anspruch genommen wird (vgl. Kapitel 4.1.3). Der geringeren spezifischen Wassernutzung durch den Dienstleistungssektor wird dadurch Rechnung getragen, dass große gewerbliche oder öffentliche Nutzer von Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung vorab explizit erfasst werden (vgl. Kapitel 4.1.3).

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index nicht-öffentliche Wasserversorgung	100,0	68,9 (-31,1%)	65,8 (-34,2%)	65,5 (-34,5%)	
Gesamter Verbrauch öffentliche Wasserversorgung durch das Gewerbe	134.527	92.655 (-31,1%)	88.483 (-34,2%)	88.058 (-34,5%)	in 1.000 m³

4.1.5 Kühlwasser

Der Kühlwassereinsatz in der Wirtschaft ist Teil der nicht-öffentlichen Wasserversorgung. Die Versorgung mit Kühlwasser findet dabei zum größten Teil durch die Unternehmen selbst statt und speist sich aus der Nutzung von Oberflächengewässern, in die der größte Teil des genutzten Kühlwassers direkt wieder eingeleitet wird. Die Kalkulation erfolgt anhand der Kennziffern der spezifischen Kühlwassernutzung aus den Ausgangsdaten für 2010 und der sektoralen Änderungsraten analog zur Bestimmung des Wassereinsatzes in Kapitel 4.1.4 für alle Szenarien.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Gesamter Kühlwassereinsatz in der nicht-öffentlichen Wasserversorgung	2.160.101	1.565.054 (-27,5%)	1.397.969 (-35,3%)	1.489.983 (-31,0%)	in 1.000 m³

4.2 Schmutzwasser

Die Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung wird anhand der Standorte der Abwasserbehandlungsanlagen regionalisiert. Da im *dynaklim*-Gebiet historisch bedingt Kläranlagen Einzugsgebiete über die Kreisgrenzen hinaus aufweisen, ist eine direkte Nutzung kreisspezifischer Daten nicht möglich. Stattdessen werden die für die Kläranlagen spezifischen Kennziffern genutzt, um eine Regionalisierung auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte vorzunehmen. Eine solche Regionalisierung trägt ebenfalls dem Umstand Rechnung, dass die Abwasserableitung in vielen Fällen von den Kommunen vorgenommen wird.⁵⁶ Änderungen im Schmutzwasseraufkommen müssen entsprechend zuerst auf der kommunalen Ebene und anschließend in der Abwasserbehandlung berücksichtigt werden.

Durch die Übertragung des Aufkommens der Schmutzwassermenge auf die Einwohner und das Gewerbe lassen sich die jeweiligen Mengen statt auf den Ort der Abwasserbehandlung, wie in den amtlichen Statistiken ausgewiesen, auf den Ort der Entstehung des Abwassers beziehen. Dies ist bei den Haushalten der Wohnort und bei den Beschäftigten der Arbeitsort. Hierdurch ist es möglich, die Änderung in der Belastung des Abwassernetzes abzuschätzen. Als Maßgröße dient der spezifische Abwasseranfall eines Einwohners, der *Einwohnerwert*. Für das Gewerbe werden entsprechend der Menge und Inhalte des Abwassers je nach Branche und Betriebsgröße unterschiedliche *Einwohnergleichwerte* bestimmt und in der Abwasserberechnung berücksichtigt. Ein Einwohnergleichwert soll dabei der durchschnittlichen Menge und/oder Belastung des Abwassers eines Einwohnerwertes entsprechen.

Abwässer setzen sich aus Schmutz- und Regenwasser zusammen. Im Zuge einer immer stärkeren Trennung und Behandlung von Schmutz- und Regenwasser werden beide Abwasserarten gesondert betrachtet.

4.2.1 Spezifische Schmutzwassermenge der Haushalte

Die Bemessung der Kläranlagen im Zuge der öffentlichen Abwasserentsorgung wird über die hieran angeschlossenen Abwassererzeuger in Privathaushalten, Verwaltung und Wirtschaft vorgenommen. Für die Bemessung der Kapazitäten in Bezug auf die von Haushalten verursachten Schmutzwässer kann keine Relation der Schmutzwassermengen zu den Einwohnern gebildet werden, da die räumliche Dimension unterschiedlich ist (Schmutzwasser: Einzugsgebiet der Kläranlagen; Personen: administrative Grenzen der Städte und Gemeinden). Werden Schmutzwasserimporte und -exporte über die Landesgrenze außer Acht gelassen, so wird landesweit jeder Einwohner mit einem Einwohnerwert von 0,97 (Stand 2010) berücksichtigt. 2001 betrug der Wert 0,96 Einwohnerwerte je Einwohner. Für die weitere Analyse wird angenommen, dass jeder Einwohner mit einem Einwohnerwert von 1 berücksichtigt wird.⁵⁷

Der spezifische Schmutzwasseranfall je Einwohnerwert ergibt sich für das Jahr 2010 im Landesdurchschnitt mit 38,9 m³, während er für die Kreise und kreisfreien Städte der *dynaklim*-Region bei 32,7 m³ liegt.⁵⁸ Wird von der Nutzung des selbst durch Hausbrunnen geförderten Wassers abgesehen,⁵⁹ kann die Änderung der spezifischen Trinkwassermenge nach Tabelle 5 auf die Erzeugung von Schmutzwasser aus Privathaushalten übertragen werden. Analog zum Trinkwasser wird für das Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) eine zusätzliche Verringerung des Schmutzwassers je Einwohner um weitere 5%-Punkte angenommen.

⁵⁶ Vgl. Hecht, D.; N. Werbeck (2012).

⁵⁷ IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.), eigene Berechnungen.

⁵⁸ Vgl. Anhang: Regression 4.

⁵⁹ Bundesweit betrug der private Verbrauch von Wasser aus der Natur im Jahr 2007 28 Mio. m³ im Gegensatz zu 3.075 Mio. m³ aus Wasserwerken, also weniger als 1%; vgl. www.destatis.de, eigene Berechnungen.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Einwohner	5,7	5,3 (-7,8%)	5,5 (-4,1%)	5,0 (-11,5%)	in Mio.
spezifische Schmutzwassermenge	32,7	31,7 (-3,1%)	30,1 (-8,1%)	31,7 (-3,1%)	in m ³ je Einwohner und Jahr
gesamter Schmutzwassermenge	186.235	166.403 (-10,6%)	164.406 (-11,7%)	159.747 (-14,2%)	in 1.000 m ³

4.2.2 Spezifische Schmutzwassermenge der Unternehmen

Für die nicht den Haushalten zugerechnete verbleibende Schmutzwassermenge durch Indirekteinleitung von Unternehmen werden die Statistiken der nichtöffentlichen Wasserentsorgung herangezogen. Dieses Vorgehen ist unter folgenden Annahmen sinnvoll:

- Die Sektoralstruktur der Unternehmen, die ihr Abwasser im Rahmen der nichtöffentlichen Abwasserentsorgung ableiten, ist in etwa identisch mit der Sektoralstruktur der Abwassereinleiter in der öffentlichen Abwasserentsorgung oder
- der Anteil des gewerblichen Abwassers aus der öffentlichen Abwasserentsorgung ist in Relation zur Indirekteinleitung aus der nichtöffentlichen Abwasserentsorgung nur gering.

Die nach Wirtschaftszweigen spezifischen Schmutzwassermengen liegen für das gesamte Bundesgebiet für das Jahr 2007 vor.⁶⁰ Eine Abschätzung der Schmutzwassermenge aus Unternehmen erfolgt analog zur in Kapitel 4.1.4 dargestellten Vorgehensweise für alle Szenarien. Die Schmutzwassermenge des Gewerbes wird auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte des *dynaklim*-Gebietes bestimmt und durch einen Korrekturfaktor für das gesamte gewerbliche Schmutzwasseraufkommens des Untersuchungsgebietes korrigiert.

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
gesamte Schmutzwassermenge	391.920	262.793 (-32,9%)	250.047 (-36,2%)	248.585 (-36,6%)	in 1.000 m ³

4.3 Einfluss des Klimawandels

4.3.1 Vorbemerkungen

In den Kapiteln 4.1 und 4.2 werden die isolierten Wirkungen der soziodemografischen Trends ohne Berücksichtigung des Klimawandels auf die Trinkwassernutzung und das Abwasseraufkommen beschrieben. Sie sind durch die Klimawandeleinflüsse zu ergänzen. Einen aus den vorliegenden Daten für die Szenarioanalyse erkennbaren Einfluss übt der Klimawandel auf die tägliche Trinkwassernutzung und das jährliche Regenwasseraufkommen aus.⁶¹

⁶⁰ Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (2009), Tab. 9.1.

⁶¹ Die Wirkung von Trockenheit oder Starkregen auf das Abwasseraufkommen, -ableitung und -behandlung sowie auf die Trinkwassergewinnung und -verteilung wird an anderer Stelle im *dynaklim*-Verbund exemplarisch in ausgewählten Pilotgebieten untersucht; vgl. www.dynaklim.de.

Die hier verwendeten Klimadaten stammen aus den im Rahmen des *dynaklim*-Projektes durchgeführten Berechnungen des Projektpartners dr. papadakis.⁶² Zur Schätzung der täglichen Trinkwassermenge wurden Daten von der Rheinisch-Westfälischen Wasserwerksgesellschaft zur Verfügung gestellt.

4.3.2 Trinkwassernutzung

Die Jahressumme der Trinkwassernutzung zeigt unterschiedliche unterjährige Schwankungen, die neben dem Einfluss durch Wochenenden oder Ferienzeiten auch durch Witterungseinflüsse zu erklären sind. Je nach Jahreszeit spielen die Temperatur, die Anzahl der Trockentage oder die Jahresniederschläge eine unterschiedlich stark ausgeprägte Rolle bei der Erklärung der Schwankungen.⁶³

In Abbildung 9 ist zum einen exemplarisch für das Jahr 2007 der Verlauf der Ist-Trinkwassermenge als rote Linie dargestellt (auf den Jahresdurchschnitt von 1,0 2007 indiziert). Über den insgesamt betrachteten Zeitraum von 2002 bis 2010 lassen sich die Schwankungen der Ist-Trinkwassermengen durch den langjährigen Trend (lila Kurve) und ergänzend durch den Einfluss des Klimawandels (in Form von Temperatur- und Niederschlagsschwankungen) teilweise erklären (grüne Linie). Zwischen der hierdurch erklärten Schwankung und der tatsächlichen Trinkwassermenge verbleibt der nicht erklärte Anteil der Trinkwassernutzung (Residuen, orangene Kurve).

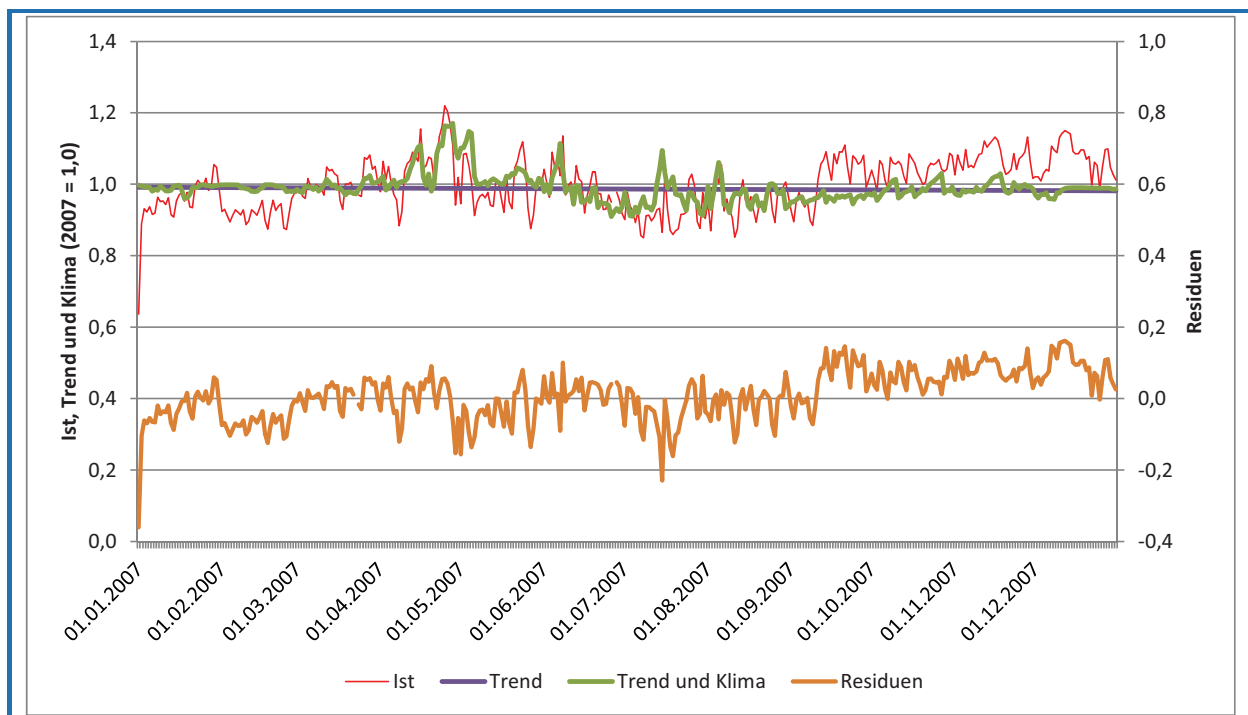


Abbildung 9: Tägliche Trinkwassermenge 2007

Über den gesamten Regressionszeitraum von 2002 bis 2010 kann die Bandbreite der nicht erklärten Schwankungen in der täglichen Trinkwassermenge entsprechend der Abbildung 10 reduziert werden.⁶⁴ Die rote Linie gibt die Dichteverteilung der Residuen an, die bei einer alleinigen Berücksichtigung der langjährigen trendmäßigen Entwicklung verbleiben würden. Die orangene Fläche gibt den Bereich an, in dem 95% aller Residuen liegen. Die links und rechts davon liegenden Schwankungen stellen die „Ausreißer“ bzw. Extremwerte dar. Wird nur der langjährige Trend berücksichtigt, läge diese 95%-Spannbreite bei -17,2% und +22,5%. 95% aller täglichen Ist-Trinkwassermengen liegen in dieser Bandbreite um der trendmäßigen Entwicklung. Wirt stattdessen zusätzlich der kalkulierte Ein-

⁶² Vgl. Quirnbach, M. u.a. (2012); Lautenschlager, M. u.a. (2009).

⁶³ Vgl. die errechneten Koeffizienten in Regression 5 im Anhang.

⁶⁴ Vgl. Regression 5 im Anhang.

fluss des Klimawandels mit berücksichtigt, reduziert sich die nicht erklärte Abweichung (grüne Linie mit der dazugehörigen 95%-Bandbreite als grüner Fläche). Dies betrifft vor allem die besonders starken positiven Abweichungen vom Trend im meteorologischen Sommerquartal (Juni bis August), die sich durch die Witterungseinflüsse erklären lassen. Die Spannweite, innerhalb derer 95% der nicht erklärten Abweichungen liegen, reduziert sich auf -14,8% bis +14,7%.

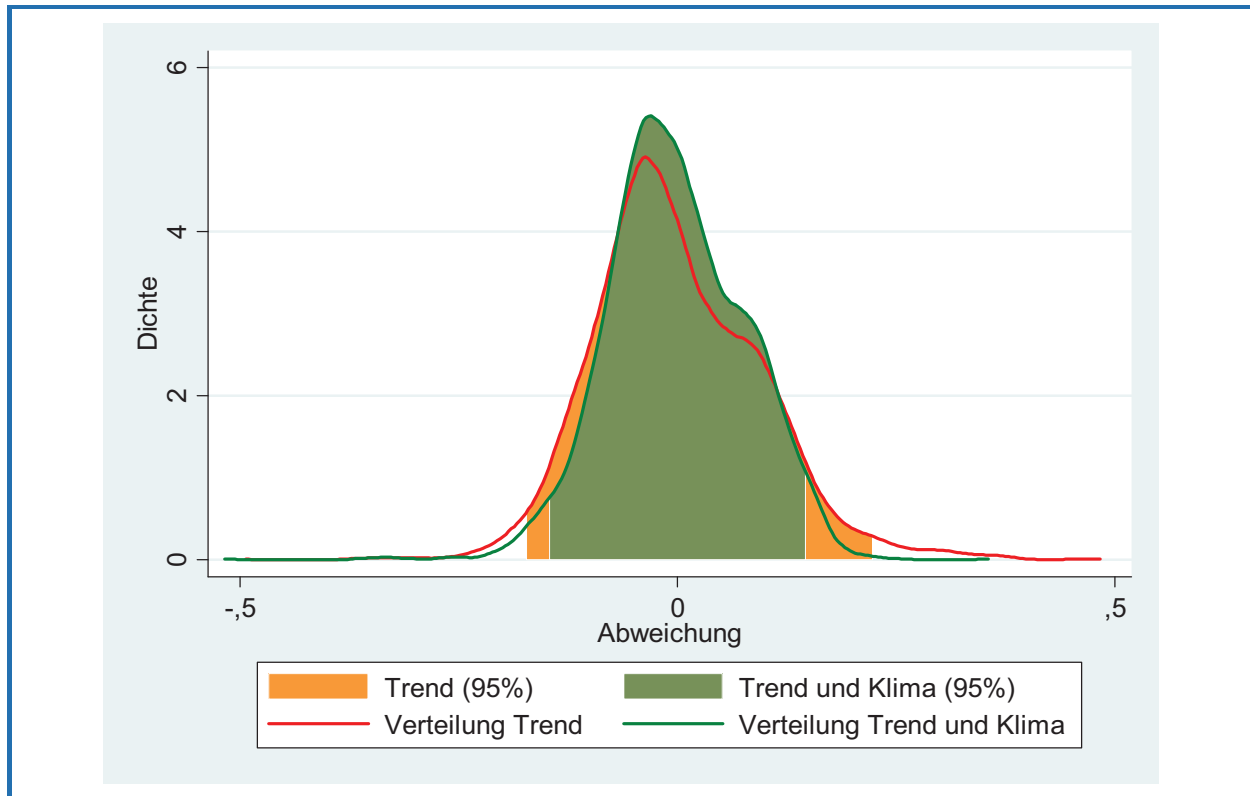


Abbildung 10: Verteilung der nicht erklärten Residuen⁶⁵

Für die Fortschreibung des Klimaeinflusses auf die tägliche Trinkwassermenge werden die tagesgenauen Werte der CLM-Läufe 1 und 2 mit den Variablen *Tageshöchsttemperatur* und *Niederschlag* in dem Zeitraum von 2021 bis 2050 (nahe Zukunft) vom Projektpartner dr. papadakis genutzt.⁶⁶ Für die Einzeljahre der nahen Zukunft werden die jährlichen Durchschnittswerte, Maxima und Minima für drei Rastergruppen der Klimadaten berechnet (*dynaklim-Süd*, *dynaklim-West* und *dynaklim-Ost*)⁶⁷ und über die Einzeljahre der nahen Zukunft gemittelt. Die klimabedingten mittleren (rote Raute), maximalen und minimalen prozentualen Abweichungen der täglichen Trinkwassermenge vom Trend sind in Abbildung 11 für das Jahr 2007, die drei *dynaklim*-Regionen und die beiden CLM-Läufe wiedergegeben.

⁶⁵ Die Abszisse reicht von -0,5 = -50% bis 0,5 = +50%.

⁶⁶ Vgl. Quirnbach, M. u.a. (2012); Lautenschlager, M. u.a. (2009).

⁶⁷ Der Bereich *dynaklim-Süd* umfasst das Ruhrtal und die südliche Hellwegzone, *dynaklim-West* den Bereich vom zentralen Ruhrgebiet bis zum Niederrhein und *dynaklim-Ost* den Bereich vom zentralen Ruhrgebiet bis in die Soester Börde. Die Einteilung richtet sich nach den Kacheln (quadratische Gebietsabschnitte) des CLM, die Kreise und kreisfreien Städte wurden nach ihrem siedlungsstrukturellen Schwerpunkt je einem dieser drei Gebiete zugeordnet.

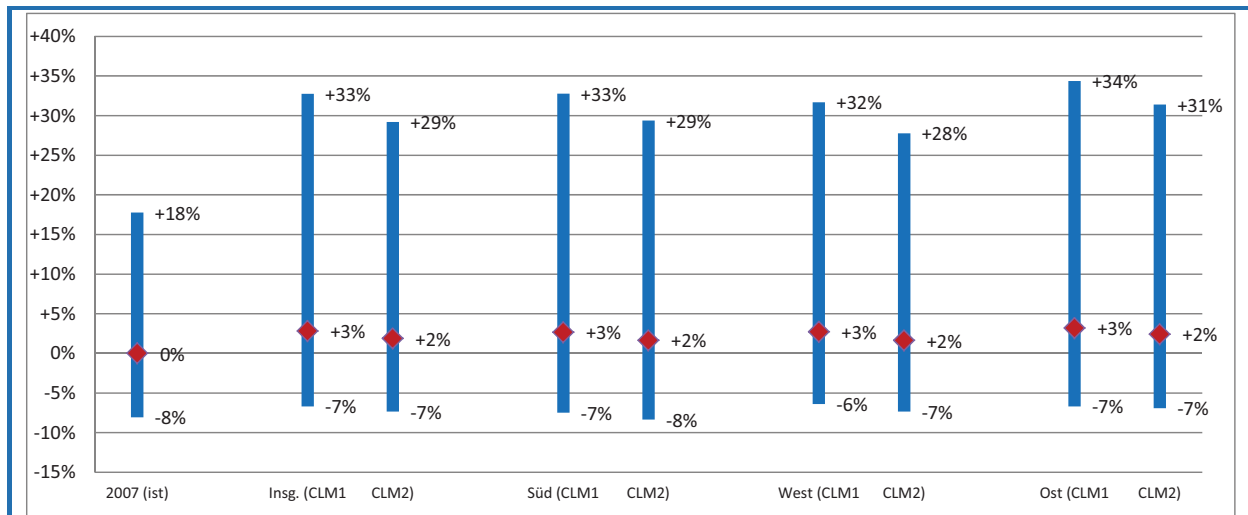


Abbildung 11 Klimawandelbedingte Änderung des mittleren Wasserbedarfs (rote Quadrate) und der 95%-Schwankungsbreite des täglichen Wasserbedarfs (blaue Säulen) für 2007 und die nahe Zukunft

Klimawandelbedingt wird sich also die durchschnittliche Trinkwassermenge im *dynaklim*-Gebiet um **2-3% erhöhen**. Die Bandbreite der klimabedingten Schwankungen der Tagesmenge steigt von -8% bis +18% auf -7% bis +33% bzw. 29%. Diese klimawandelbedingten Abweichungen vom Trend werden mit der Entwicklung der Wasserversorgung aus Kapitel 4.1 kombiniert.

4.3.3 Regenwasseraufkommen

Wie bei der Schmutzwasserberechnung muss auch bei der Berechnung der Regenwassermengen, die durch die öffentliche Kanalisation abgeleitet werden, zunächst eine Zurechnung der Regenwassermengen nach Kläranlagenstandorten auf die Einleitungen in den Kreisen bzw. kreisfreien Städten erfolgen.⁶⁸ Für die Fortschreibung der eingeleiteten Regenwassermengen werden der nördliche und der südliche Bereich des *dynaklim*-Gebietes unterschieden.⁶⁹

Für die weitere Modellierung wird für das Referenzszenario (SÖ0) davon ausgegangen, dass der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Kreisen und kreisfreien Städten konstant bleibt. Neubauprojekte werden auf bereits ausgewiesenen Flächen bzw. auf wiedergenutzten Brachen realisiert. Im Gebiet der Emschergenossenschaft (inkl. der hier zugerechneten Gebiete) wird auf Basis von 2010 von einer Entsiegelung von 5% bis zum Jahr 2030 ausgegangen. Hierin spiegeln sich die Aktivitäten der Emschergenossenschaft im Zuge der „Zukunftsvereinbarung Regenwasser“ wieder, die auch im weiter südlich gelegenen *dynaklim*-Gebiet Beachtung und Nachahmer finden. Im Gebiet des Lippeverbandes bleibt der Anteil der Versiegelung im Referenzszenario zunächst konstant.

Für das Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) wird von einer um 5% zunehmenden Inanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke bis zum Jahr 2030 ausgegangen. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wird in neu ausgewiesenen Siedlungsflächen eine ortsnahe Regenwasserbehandlung, also eine 100%-ige Abkopplung, unterstellt. Im Bestand wird sich der Anteil der versiegelten Flächen bis 2030 um 15% verringern.

Im Szenario „Schwierigkeiten im Strukturwandel“ (SÖ2) werden keine neuen Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgewiesen. Die bestehenden Flächen bleiben unverändert, werden also nicht zurück-

⁶⁸ Vgl. Anhang, Regression 6.

⁶⁹ Diese Unterscheidung erfolgt in einem ersten Schritt durch die überwiegende Zugehörigkeit der Kreise und kreisfreien Städte nach Emschergenossenschaft und Lippeverband. Die außerhalb dieser Verbandsgebiete liegenden Teile werden entsprechend dem nächstgelegenen Gebiet zugerechnet.

gebaut. Die zusätzlichen Maßnahmen der Entsiegelung entfallen in diesem Szenario, so dass der Grad und das Ausmaß der versiegelten Flächen im gesamten Untersuchungsgebiet unverändert bleiben.

Die Niederschlagsmengen werden je nach Modell bis in die nahe Zukunft ansteigen.⁷⁰ Je nach Lauf des CLM-Modells ergeben sich die in Tabelle 6 dargestellten Jahresniederschlagsmengen.

Tabelle 6: Geschätzte Jahresniederschlagsmengen in der Emscher-Lippe-Region (in mm/a)

Modell	Referenzperiode:	nahe Zukunft:	ferne Zukunft:
	1961-1990	2021-2050	2071-2100
CLM 1	789,5	820,3	804,7
CLM 2	782,6	867,1	797,0

Quelle: Quirnbach, M. u.a. (2012), S. 21.

Es wird angenommen, dass die Niederschläge gleichmäßig auf versiegelte und nicht-versiegelte Flächen fallen. Bei den nicht-versiegelten Flächen kommt es zu einer ortsnahen Versickerung des Niederschlags ohne Belastung der Abwasserentsorgungssysteme. Die Niederschläge auf versiegelten Flächen dagegen werden im Rahmen der Abwasserentsorgung über Ortskanäle abtransportiert und somit in der öffentlichen Abwasserentsorgung erfasst. Eine Änderung der Niederschlagsmengen führt dann unter Vernachlässigung anderer Effekte (Notüberläufe, Verdunstung etc.) zu einer proportionalen Änderung der abzuleitenden und zu behandelnden Regenwassermengen. Die Ableitung von Regenwasser im gesamten *dynaklim*-Gebiet im Referenzszenario (SÖ0) wird in Abbildung 12 dargestellt.

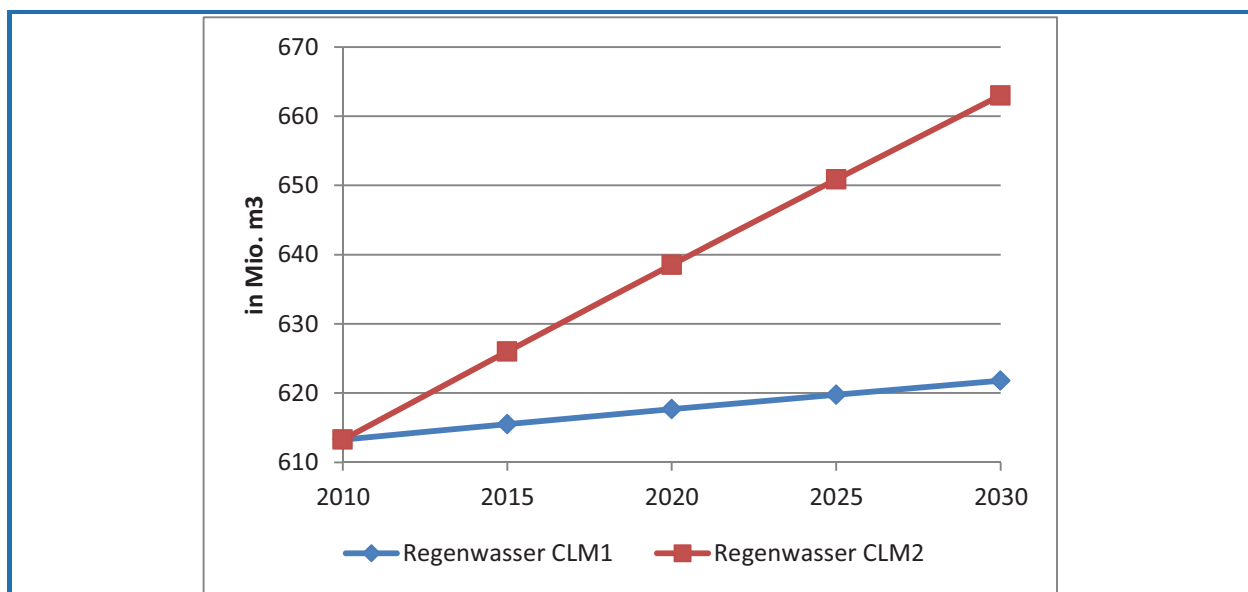


Abbildung 12: Entwicklung der abgeleiteten Regenwassermenge im *dynaklim*-Gebiet, Referenzszenario – SÖ0 (2010-2030)

Die Zunahme der abgeleiteten Regenwassermenge in den Szenarien „Moderater Wandel“ (SÖ0) und „Schwierigkeiten in Strukturwandel“ (SÖ2) kann im Klimalauf CLM2 bis ca. 1/10 betragen. Im Szenario „Klimafreundliche Prosperität“ (SÖ1) zeigen sich die deutlichen Wirkungen einer zunehmenden Entsiegelung von Flächen. Trotz einer Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsfläche wird durch die zunehmende Versickerung von Regenwasser die Gesamtmenge, die abgeleitet werden muss, um bis zu 1/10 abnehmen.

⁷⁰ Vgl. Quirnbach, M. u.a. (2012).

	2010: Ist Wert	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
		SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Index Siedlungs- und Verkehrsfläche	100,0	100,0 (0,0%)	105,0 (+5,0%)	100,0 (0,0%)	
Index Versiegelungsgrad	100,0	97,6 (-2,4%)	81,0 (-19%)	100,0 (0,0%)	
Index Niederschlagsmenge CLM1	100,0	103,9 (+3,9%)	103,9 (+3,9%)	103,9 (+3,9%)	
Index Niederschlagsmenge CLM2	100,0	110,8 (+10,8%)	110,8 (+10,8%)	110,8 (+10,8%)	
abgeleitete Regenwassermenge CLM1	613.263	621.781 (+1,4%)	541.615 (-11,7%)	637.194 (+3,9%)	in 1.000 m ³
abgeleitete Regenwassermenge CLM2	613.263	662.994 (+8,1%)	577.515 (-5,8%)	679.429 (+10,8%)	in 1.000 m ³

4.4 Kennziffern der sozioökonomischen Szenarien

Für die Mengenberechnungen der Wassernutzung und des Abwasseraufkommens im *dynaklim*-Gebiet wurden einzelnen Kenngrößen für die Entwicklung in den Kreisen und kreisfreien Städten angenommen, die im Anhang explizit dargestellt werden. In der Berechnung werden die Kreiswerte der einzelnen Wasserbedarfe und Abwasserarten über das gesamte *dynaklim*-Gebiet aggregiert. Die durchschnittlichen Kennziffern werden in Tabelle 7 wiedergegeben und bilden die Entwicklungstendenzen des gesamten Gebietes ab

Tabelle 7: Quantitative Kennziffern der sozioökonomischen Teilszenarien für das gesamte *dynaklim*-Gebiet

	Ist		2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
	Jahr	Wert	SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Haushalte						
Bevölkerung	2010	5,7	5,3 (-7,8%)	5,5 (-4,1%)	5,0 (-11,5%)	in Mio. Einwohner
spezifische Wassernutzung	2010	140,6	136,3 (-3,0%)	129,5 (-7,9%)	136,3 (-3,0%)	Liter je Einwohner und Tag
Kinderhorte und -gärten						
Kinderhorte	2010	16,7	40,4 (+142,0%)	42,0 (+151,7%)	38,8 (+132,4%)	in 1.000 Kinder unter 3 Jahre in Kinderhorten
Kindergärten	2010	125,7	116,3 (-7,5%)	121,0 (-3,8%)	111,7 (-11,2%)	in 1.000 Kinder 3 bis unter 6 Jahre in Kindergärten
spezifische Wassernutzung	2010	5,8	5,8 (0,0%)	5,5 (-5,0%)	5,8 (0,0%)	m ³ je Kind

	Ist		2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
	Jahr	Wert	SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Schulen und Hochschulen						
Schulen	2010	616,7	483,3 (-21,6%)	502,7 (-18,5%)	464,0 (-24,8%)	in 1.000 Schüler
Studierende*	2010	199,4	164,9 (-17,3%)	171,5 (-14,0%)	158,3 (-20,6%)	in 1.000
spezifische Wassernutzung	2010	2,5	2,5 (0,0%)	2,4 (-5,0%)	2,5 (0,0%)	m3 je Schüler oder Studierenden
Tourismus						
Gästebetten	2010	57,9	63,7 (+10,0%)	69,5 (+20,0%)	57,9 (+0,0%)	in 1.000 Gästebetten
spezifische Wassernutzung	2010	42,0	42,0 (0,0%)	39,9 (-5,0%)	42,0 (0,0%)	m3 je Gästebett
Krankenhäuser, Pflegeheime						
Krankenhausbetten	2010	43,6	46,0 (+5,6%)	47,9 (+9,9%)	44,2 (+1,4%)	in 1.000 Betten
spezifische Wassernutzung	2010	105,0	105,0 (0,0%)	99,8 (-5,0%)	105,0 (0,0%)	m3 je Bett
Pflegeheimbetten (stationäre Pflege)	2010	60,5	87,1 (+44,0%)	90,6 (+49,8%)	83,6 (+38,2%)	in 1.000 Betten
spezifische Wassernutzung	2010	80,0	80,0 (0,0%)	76,0 (-5,0%)	80,0 (0,0%)	m3 je Bett
Wirtschaft						
Index BWS Bergbau (inkl. Steine und Erden, etc.)**	2010	100,0	40,5 (-59,5%)	40,5 (-59,5%)	40,5 (-59,5%)	
Index spezifischer Verbrauch Bergbau	2010	100,0	92,6 (-7,4%)	92,6 (-7,4%)	92,6 (-7,4%)	
Index Energieerzeugung	2010	100,0	100,6 (+0,6%)	105,6 (+5,6%)	95,6 (-4,4%)	
Index Energieschwerpunkt NRW	2010	100,0	142,3 (+42,3%)	152,3 (+52,3%)	137,3 (+37,3%)	
Index nicht-erneuerbare Energie	2010	100,0	83,8 (-16,2%)	76,2 (-23,8%)	87,1 (-12,9%)	
Index spezifischer Verbrauch Energieerzeugung***	2010	100,0	71,7 (-28,3%)	61,7 (-38,3%)	71,7 (-28,3%)	
Index BWS Verarbeitendes Gewerbe**	2010	100,0	81,8 (-18,2%)	91,8 (-8,2%)	76,9 (-23,1%)	
Index spezifischer Verbrauch Verarb. Gew.***	2010	100,0	70,1 (-29,9%)	62,6 (-37,4%)	70,1 (-29,9%)	
Index BWS Dienstleistungen/sonstige**	2010	100,0	138,8 (+38,8%)	143,8 (+43,8%)	133,8 (+33,8%)	
Index spezifischer Verbrauch Dienstleistungen	2010	100,0	96,9 (-3,1%)	91,9 (-8,1%)	96,9 (-3,1%)	
Index nicht-öffentliche Wasserversorgung Gewerbe	2010	100,0	68,9 (-31,1%)	65,8 (-34,2%)	65,5 (-34,5%)	

	Ist		2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)			Einheit
	Jahr	Wert	SÖ0	SÖ1	SÖ2	
Schmutzwasser						
Haushalte	2010	32,7	31,7 (-3,1%)	30,1 (-8,1%)	31,7 (-3,1%)	in m ³ je Einwohner
Regenwasser						
Index Siedlungs- und Verkehrsfläche	2010	100,0	100,0 (0,0%)	105,0 (+5,0%)	100,0 (0,0%)	
Index Versiegelungsgrad	2010	100,0	97,6 (-2,4%)	81,0 (-19%)	100,0 (0,0%)	
Index Niederschlagsmenge CLM1	2010	100,0	103,9 (+3,9%)	103,9 (+3,9%)	103,9 (+3,9%)	
Index Niederschlagsmenge CLM2	2010	100,0	110,8 (+10,8%)	110,8 (+10,8%)	110,8 (+10,8%)	

alle Wassernutzungen (in Litern pro Tag oder m³): Durchschnitt aller Kreise im dynaklim-Gebiet

* ohne Umstellung auf Bachelor- und Masterstudiengänge; ohne doppelte Abiturjahrgänge

** NRW; inkl. des Szenarios „Ausstieg aus dem Steinkohleabbau bis 2018“ [vgl. Prognos AG (2007)] für die Bergbaustandorte

*** Änderung der Frischwassernutzung durch geänderte Mehrfachnutzung, Wiederaufbereitung und Kreislaufführung des genutzten Wassers; Wirkung auf Brauch-, Kühl- und Schmutzwasser. Die Effizienz der Wassernutzung im Bergbau wird als konstant angenommen. Die Effizienzänderung der Wassernutzung in den nicht aufgeführten Wirtschaftszweigen entspricht der der Haushalte

5 dynaklim-Szenarien: Ergebnisse

5.1 Szenario: Der moderate Wandel der Emscher-Lippe-Region

SÖ0: Sozioökonomischer Trend

KW0: Trendmäßige Klimaentwicklung

Durch die moderate Schrumpfung der Bevölkerungszahl, den damit einhergehenden Rückgang der Beschäftigtenzahl, den sektoralen Wandel in der Region und zusätzliche Wassereinsparungen wird der durchschnittliche Bedarf an Trinkwasser im *dynaklim*-Gebiet um 16 % zurückgehen. Wurden im Jahr 2010 täglich im Durchschnitt noch 1.201.638 m³ Trinkwasser in der öffentlichen Wasserversorgung abgegeben, wird sich die Menge bis 2030 auf 1.009.000 m³ verringern (-16,0%). **Durch den Klimawandel wird dieser Rückgang um 1-2%-Punkte gedämpft, so dass insgesamt eine Verringerung des Trinkwasserbedarfs um etwa 14% zu erwarten ist** (vgl. Abbildung 13).

Steigen wird die Bandbreite der täglichen Wassernutzung. Schwankte im Jahr 2010 die durch Temperatur und Niederschlag beeinflusste tägliche Wassermenge zwischen 1.105.000 und 1.415.000 m³, so wird im Jahr 2030 die mittlere Bandbreite bei 940.000 und 1.339.000 m³ im CLM 1-Lauf liegen (zwischen 933.000 und 1.304.000 m³ im CLM 2-Lauf; jeweils die gestrichelten Linien in Abbildung 13). **Zur der Nachfragedeckung an der oberen Grenze der Bandbreite kann die notwendige Kapazität in der Wasserversorgung somit nicht in dem Ausmaß zurückgenommen werden, in dem der jahresdurchschnittliche Wasserbedarf sinkt. Deshalb werden die Versorgungseinrichtungen in der nahen Zukunft häufiger mit einer geringeren Auslastung betrieben werden müssen.**

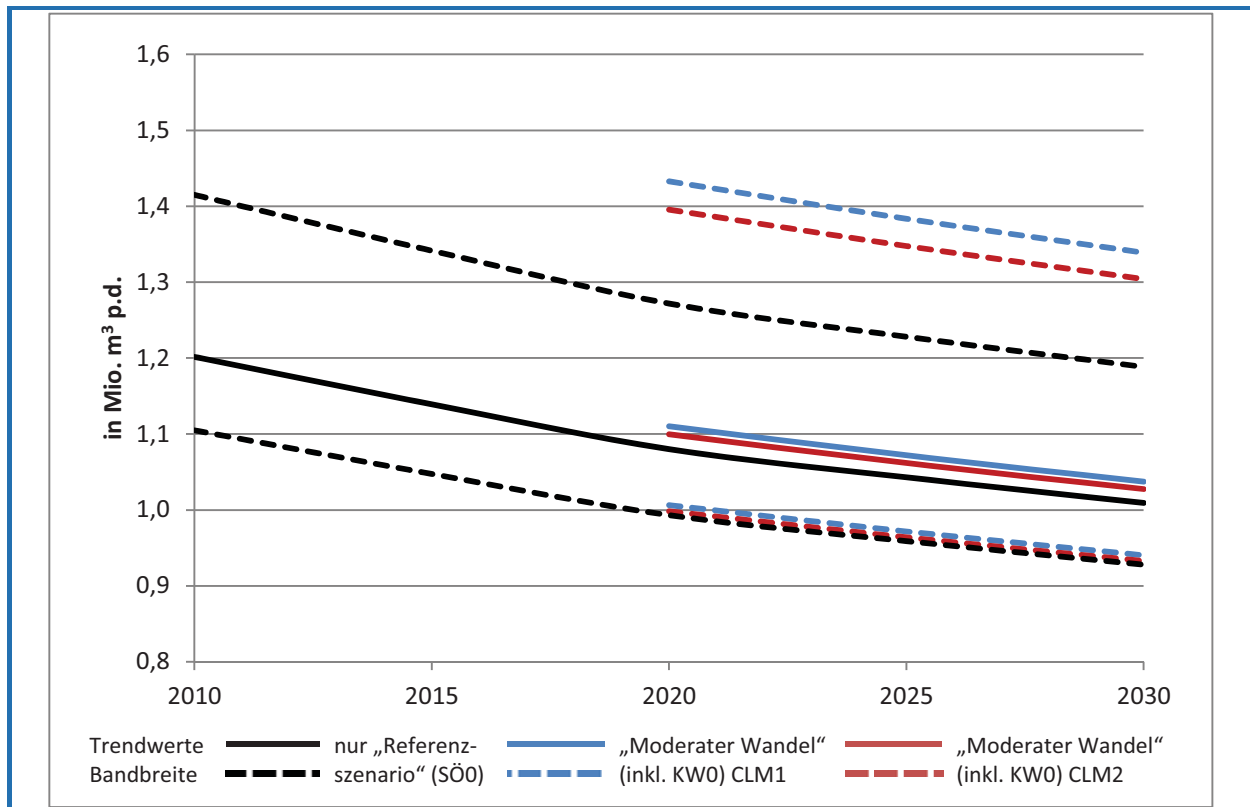


Abbildung 13: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Moderater Wandel“

In der nicht-öffentlichen Wasserversorgung der Wirtschaft (durch eigene Wassergewinnung) ist ohne die Nutzung von Kühlwasser mit einem sozioökonomisch bedingten Rückgang der Jahresmenge um 35,6 % von 203.864.000 m³ (2010) auf 131.195.000 m³ (2030) zu rechnen (vgl. Abbildung 14). **Statt etwa der Hälfte wie im Jahr 2010 macht der Wasserverbrauch des Gewerbes (aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser) im Jahr 2030 nur noch knapp 1/3 der Menge der gesamten öffentlichen Wasserversorgung aus.**

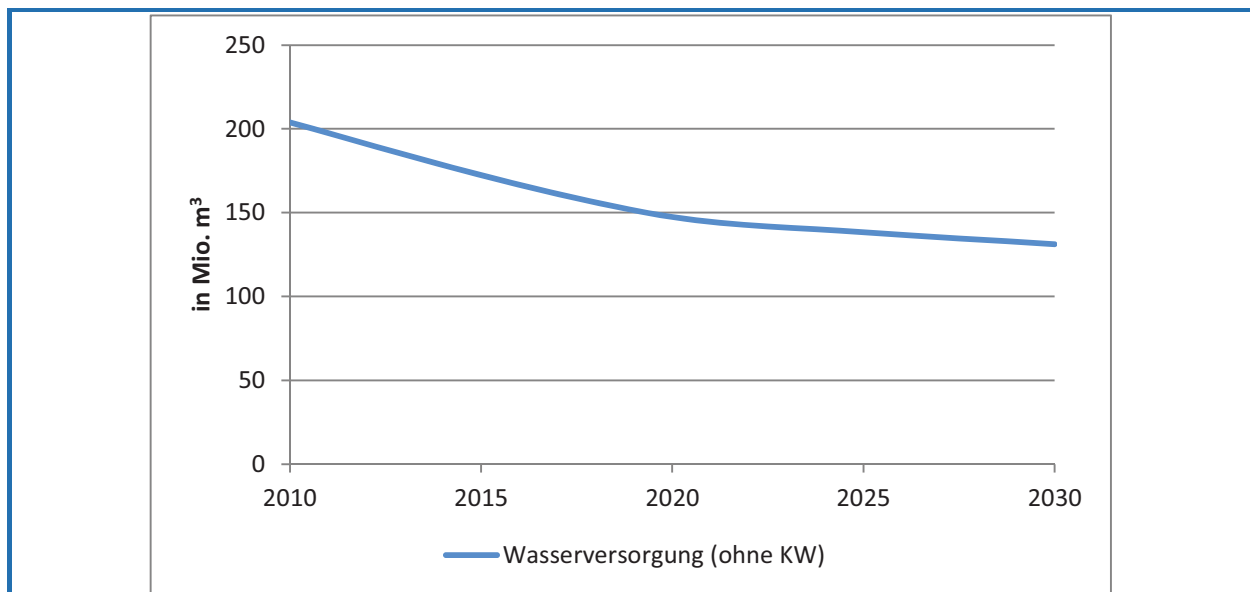


Abbildung 14: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Moderater Wandel“

Der Einsatz von Kühlwasser wird um 27,5% von 2.160.101.000 m³ auf 1.565.054.000 m³ zurückgehen (vgl. Abbildung 15). Unberücksichtigt ist hier die Änderung der spezifischen Kühlwassereinsätze, die sich durch klimawandelbedingte Anstiege der Lufttemperatur ergeben. Je nach technischer Ausgestaltung der Produktionsanlagen oder Energiegewinnungstechnik können hier zusätzliche Bedarfe hinsichtlich des Kühlwassereinsatzes entstehen.

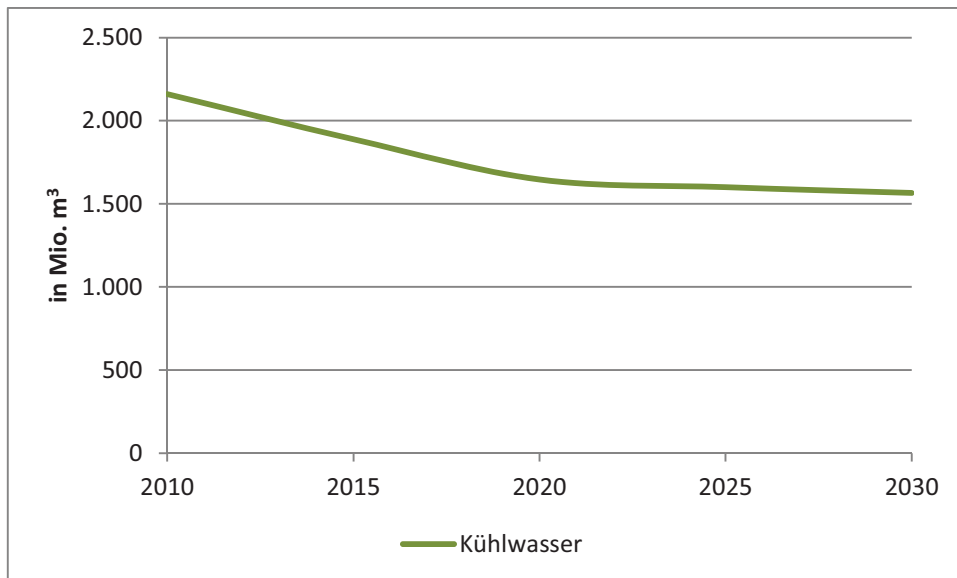


Abbildung 15: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Moderater Wandel“

Die Jahresmenge des abgeleiteten Schmutzwassers in der öffentlichen Abwasserentsorgung wird sich bis 2030 um 25,8% verringern (von 578.155.000 m³ auf 429.195.000 m³). Der Rückgang wird von dem gewerblichen Schmutzwasseraufkommen dominiert (vgl. Abbildung 16).

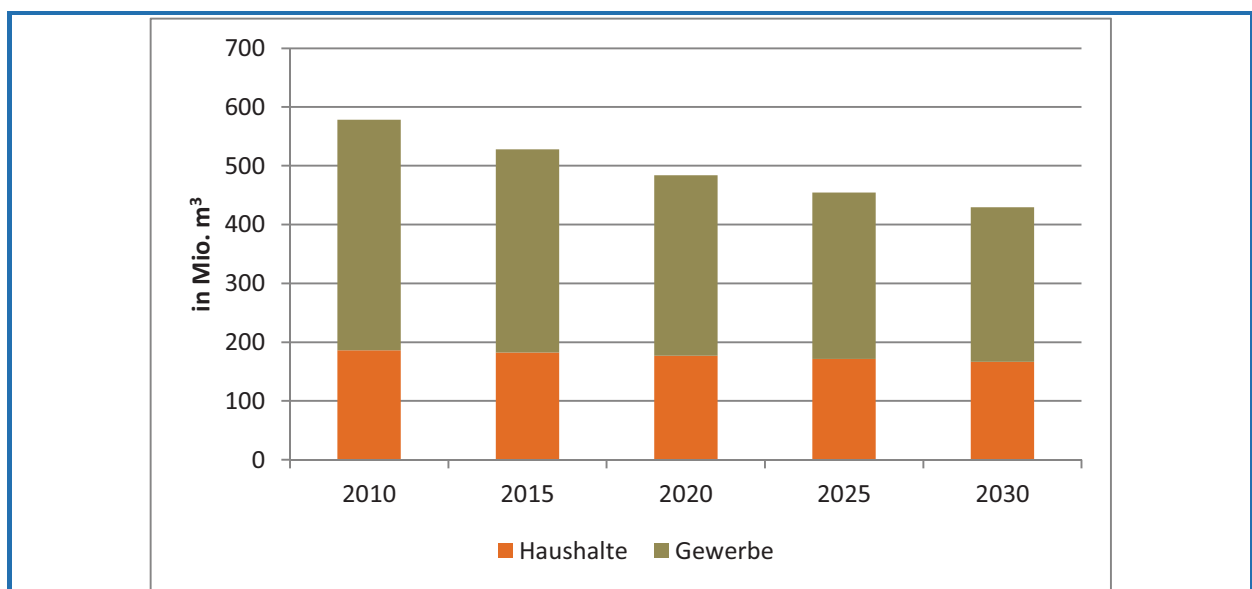


Abbildung 16: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Moderater Wandel“

Das ebenfalls abgeleitete Regenwasser wird bis 2030 moderat zunehmen. Im Klimalauf CLM 1 wird die Menge von 613.263.000 m³ um 1,4% auf 621.781.000 m³ steigen. Der Klimalauf CLM 2 modelliert deutlich höhere Jahresniederschläge, so dass sich die abgeleitete Jahresregenwassermenge um 8,1% auf 662.994.000 m³ erhöht (vgl. Abbildung 17).

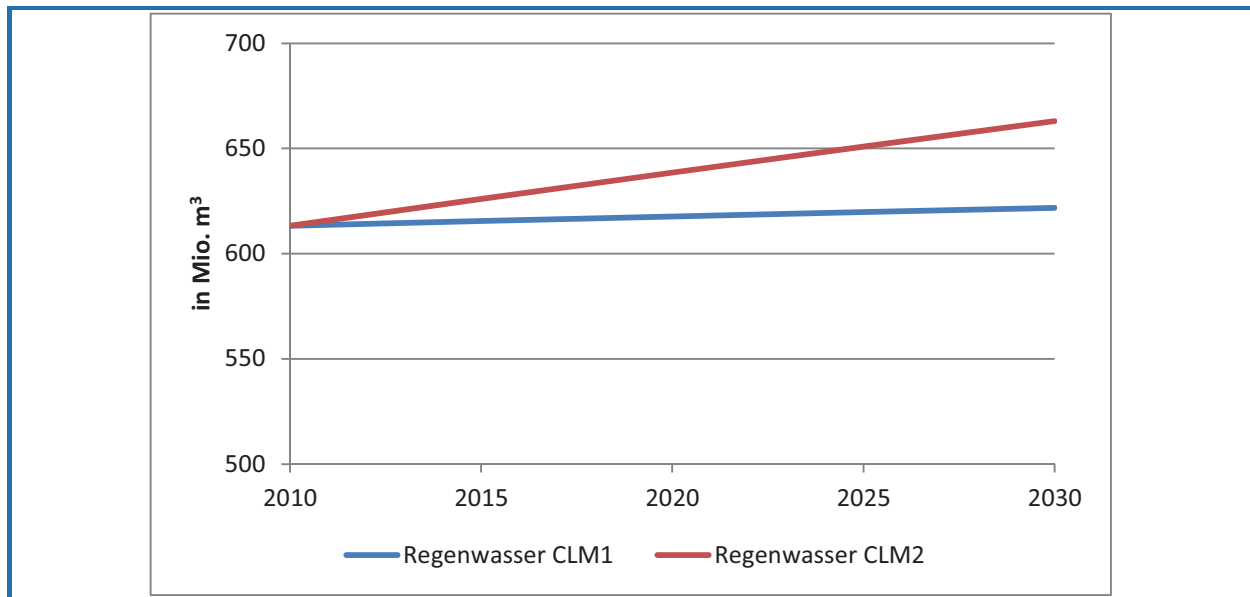


Abbildung 17: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Moderater Wandel“

5.2 Szenario: Attraktives Leben in einer wettbewerbsfähigen Emscher-Lippe-Region

SÖ1: Klimafreundliche Prosperität

KW0: Trendmäßige Klimaentwicklung (nachrichtlich: KW1: trockener und heißer Sommer)

Durch den geringeren Bevölkerungsrückgang, die wirtschaftliche Prosperität und den schwächer angenommenen sektoralen Wandel wird die tägliche Trinkwassermenge um 17,7% zurückgehen (von 1.201.638 m³ auf 989.000 m³). Der trendmäßige Klimawandel bewirkt, dass der Nachfrage im Lauf CLM 1 nur auf 1.017.000 m³ zurückgehen wird (-15,4) (CLM 2: Rückgang um 16,2% auf 1.007.000 m³). Aufgrund des Klimawandels wird die zu erwartende Abnahme des Trinkwasserbedarfs somit abgeschwächt.

Die täglich nachgefragte Wassermenge schwankte im Jahr 2010 zwischen 1.105.000 und 1.415.000 m³. 2030 wird in diesem Szenario im Lauf CLM 1 eine Bandbreite zwischen 921.000 und 1.312.000 m³ erwartet (Lauf CLM 2: zwischen 914.000 und 1.278.000 m³). In Abbildung 18 sind diese Bandbreiten als gestrichelte blaue und rote Linien dargestellt.

Innerhalb dieser Bandbreite sind 95% der kalkulierten täglichen Trinkwasserbedarfe enthalten. Wird eine extrem heiße Periode unterstellt, so im Klimawandelszenario KW1 „Trockener und heißer Sommer“, wird diese Bandbreite verlassen (grüne Linien in Abbildung 18). Im Lauf CLM 1 ist im Jahr 2030 mit einer maximalen Tagesmenge von 1.416.000 m³ und im Lauf CLM 2 mit 1.400.000 m³ zu rechnen. **Hat somit der „normale“ Klimawandel schon einen deutlichen Anstieg der Spitzenlast zur Folge, wird dieser Anstieg im Extremszenario „Trockener und heißer Sommer“ nochmals deutlich übertroffen.** Für solche, in Zukunft häufiger auftretende Ereignisse sind entsprechende Kapazitäten vorzuhalten. Werden die nachfragesteigernden Einflüsse des Klimawandels auf den Spitzenbedarf schneller wirksam als die nachfragesenkenden sozioökonomischen Einflüsse, könnte eine Erweiterung der Versorgungskapazitäten erforderlich werden.

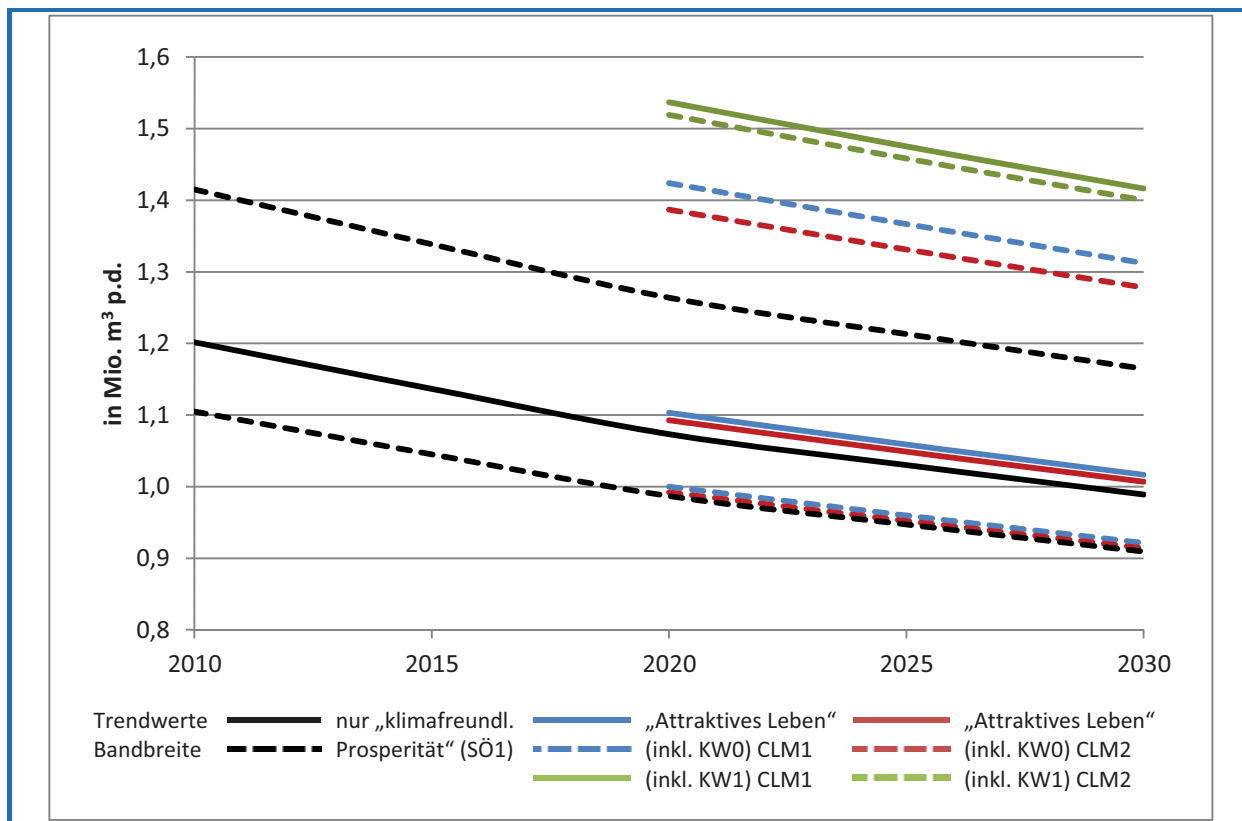


Abbildung 18: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Attraktives Leben“

In der nicht-öffentlichen Wasserversorgung wird der Jahreswassereinsatz (ohne Kühlwasser) um über 1/3 zurückgehen (um 37,9% von 203.864.000 m³ auf 126.682.000 m³, vgl. Abbildung 19).

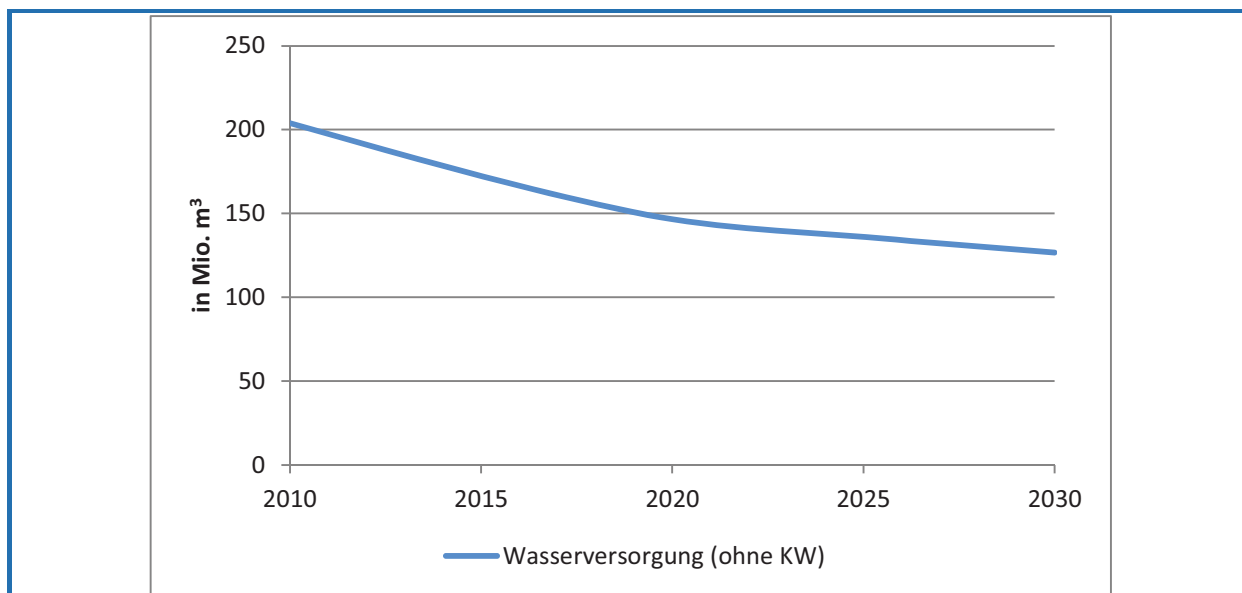


Abbildung 19: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Attraktives Leben“

Gleichzeitig wird der Kühlwassereinsatz um gut 1/3 sinken (um 35,3% von 2.160.101.000 m³ (2010) auf 1.397.969.000 m³ (2030), vgl. Abbildung 20).

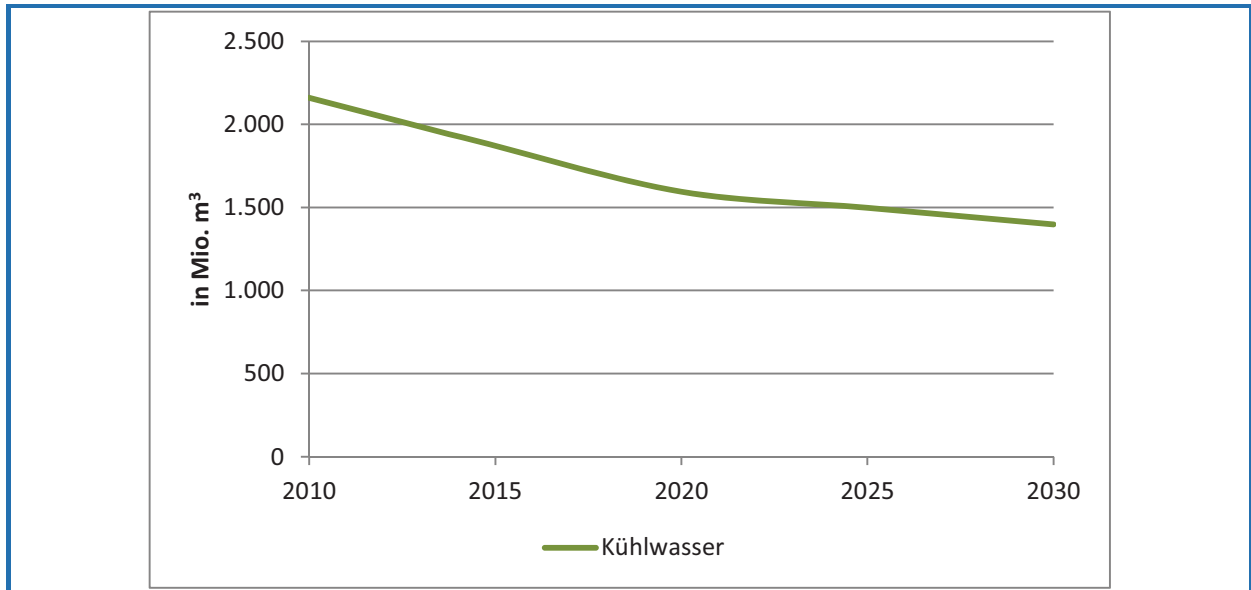


Abbildung 20: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Attraktives Leben“

Die Jahresmenge des abgeleiteten Schmutzwassers wird wie der Trinkwasserbezug in diesem Szenario geringer als im Szenario „Moderater Wandel“ ausfallen. Sie sinkt von 578.155.000 m³ um gut 1/4 auf 414.453.000 m³ (vgl. Abbildung 21).

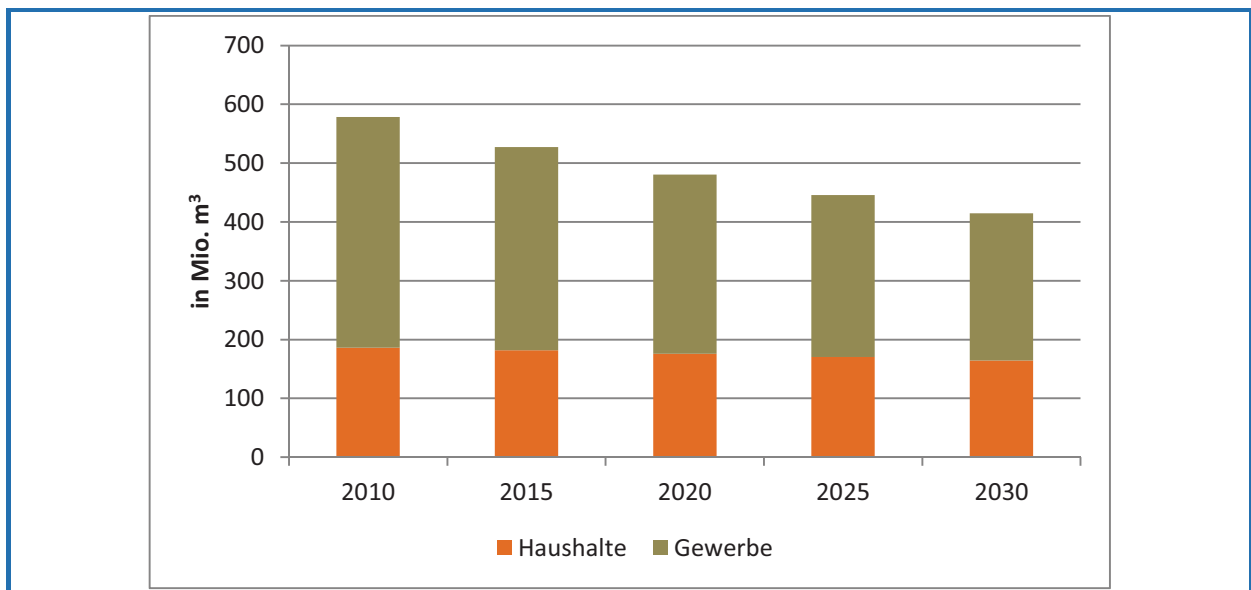


Abbildung 21: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Attraktives Leben“

Die abgeleitete Regenwassermenge wird sich im Gegensatz zum Szenario „Moderater Wandel“ durch die positive Entwicklung bei der Entsiegelung von Flächen verringern. Ausgehend von 613.263.000 m³ abgeleiteten Regenwasser im Jahr 2007 werden nach dem Lauf CLM1 in 2030 11,7% weniger – also nur 541.615.000 m³ – bzw. nach dem Lauf CLM2 5,8% weniger – also nur 577.515.000 m³ – abzuleiten sein (vgl. Abbildung 22).

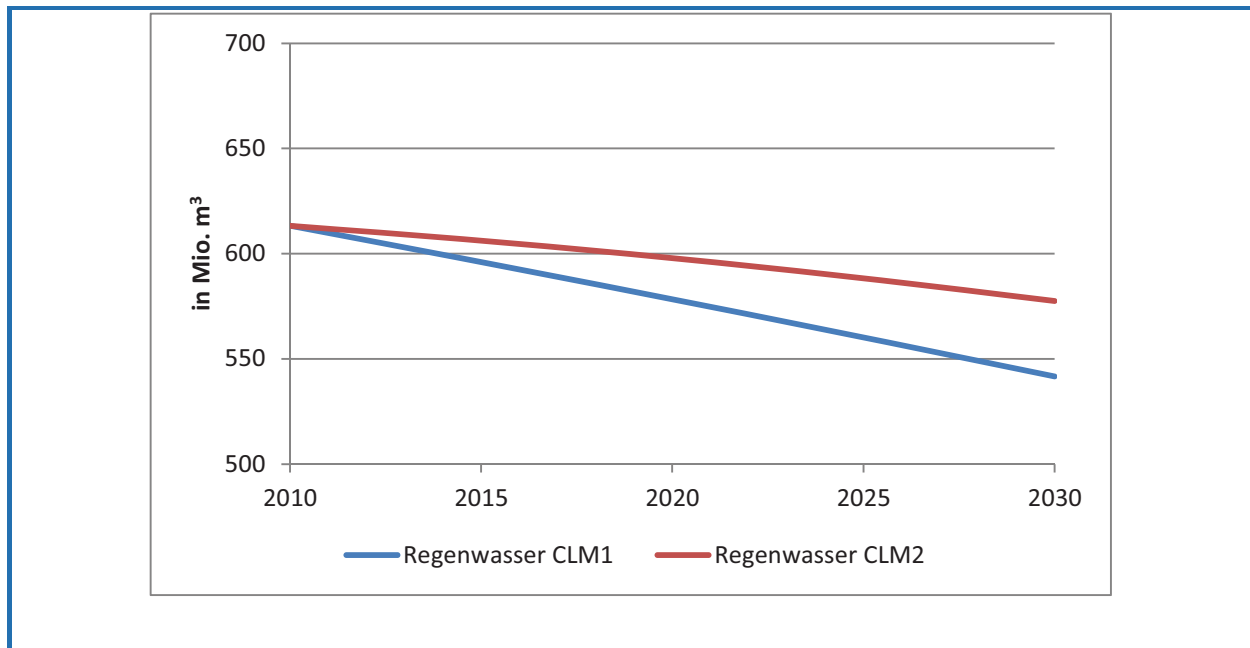


Abbildung 22: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Attraktives Leben“

5.3 Szenario: Die Emscher-Lippe-Region ist heiß und unerträglich!

SÖ2: Schwierigkeiten im Strukturwandel

KW1: Trockener und heißer Sommer (nachrichtlich: KW0: trendmäßige Klimaentwicklung)

In diesem Szenario (SÖ2 + KW1) hat die Region mit strukturellen Problemen zu kämpfen, die zu einem stärkeren Bevölkerungsrückgang führen. Dies und eine hinzukommende ökonomische Schwäche führen zu deutlichen Rückgängen in der Wassernutzung. **Die gesamte täglich nachgefragte Wassermenge wird sich daher durchschnittlich um knapp 1/5 verringern** (um 19,6% von 1.201.638 m³ im Jahr 2010 auf 966.000 m³ im Jahr 2030). **Der trendmäßige Klimawandel (KW0) führt dazu, dass der Rückgang bis 2030 de facto etwas geringer ausfallen wird.** Im Lauf CLM1 liegt der Rückgang bei 17,4% (auf 993.000 m³), im Lauf CLM2 bei 18,2% (auf 984.000 m³).

Die Schwankung der täglichen Wassernachfrage liegt im Jahr 2010 zwischen 1.105.000 und 1.415.000 m³. Diese Spannbreite wird im Falle einer trendmäßigen Klimaentwicklung (KW0) bis 2030 deutlich ansteigen und liegt

- im Lauf CLM 1 zwischen 900.000 m³ und 1.282.000 m³ und
- im Lauf CLM 2 zwischen 893.000 m³ und 1.248.000 m³).

Die notwendigen Trinkwasserversorgungskapazitäten könnten bei der „trendmäßigen Klimaentwicklung“ nach unten angepasst werden. Allerdings muss sich die Kapazität an der Spitzennachfrage orientieren, so dass der Kapazitätsrückbau geringer ausfallen müsste als es der Rückgang der jahresdurchschnittlichen Mengen nahelegt.

In dem Szenario KW1 wird die obere Bandbreite der Temperaturschwankung aus den Extremwerten der CLM-Läufe gebildet, während in dem Szenario KW0 die geringere obere 95%-Bandbreite angesetzt wird. **In diesem Extremszenario des Klimawandels (KW1) wird die Spitzenlast nochmals deutlich höher liegen (grüne Linien in Abbildung 23), so dass die gegenwärtige Spitzenlastkapazität auch weiterhin in nahezu gleichem Umfang aufrechterhalten werden muss.** Die maximale tägliche Trinkwassermenge in diesen Sommern liegt im Jahr 2030 bei 1.383.000 m³ (CLM 1) bzw. 1.367.000 m³ (CLM 2).

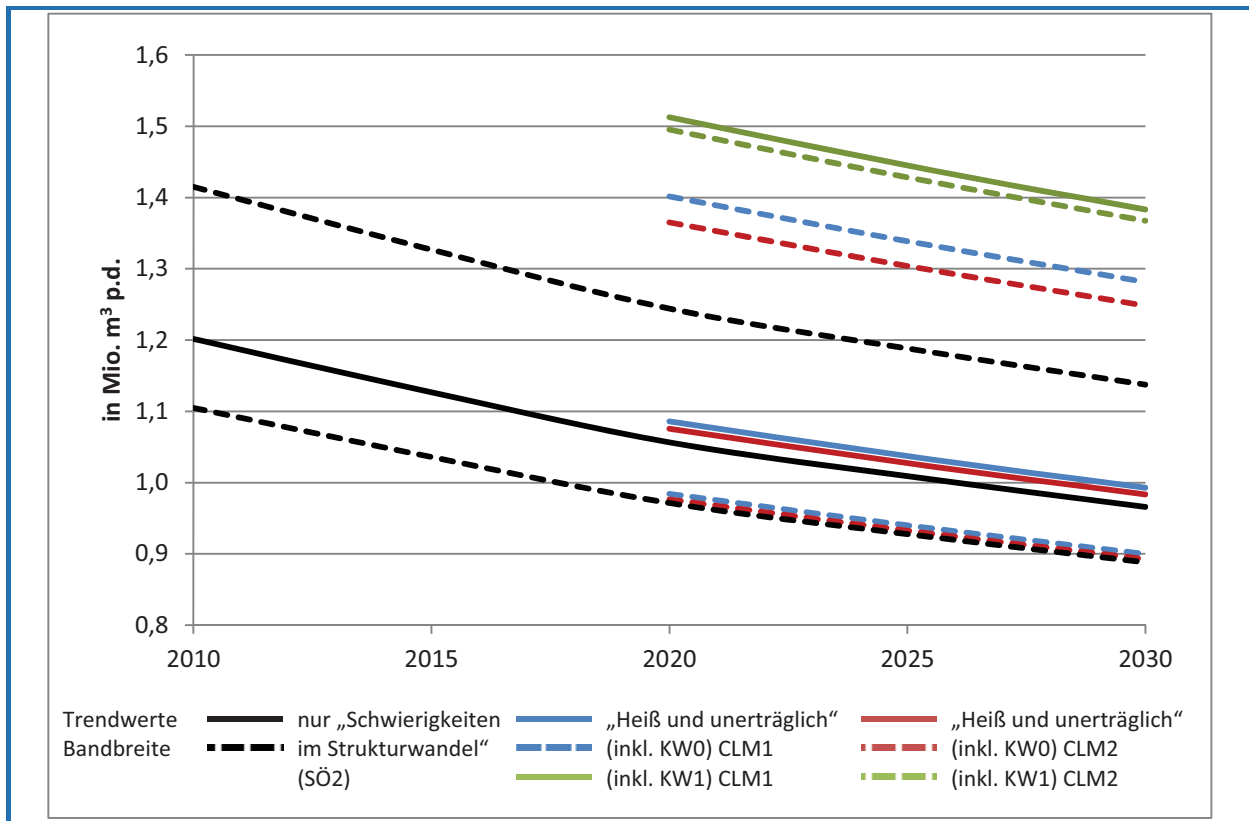


Abbildung 23: Täglicher Trinkwasserbedarf und Bandbreiten im Szenario „Heiß/Unerträglich“

Der Wassereinsatz aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung wird durch die Strukturprobleme der Region bis zum Jahr 2030 mit einem Minus von fast 40% deutlich zurückgehen (von 203.864.000 m³ Jahreswassernutzung auf 125.192.000 m³, vgl. Abbildung 24).

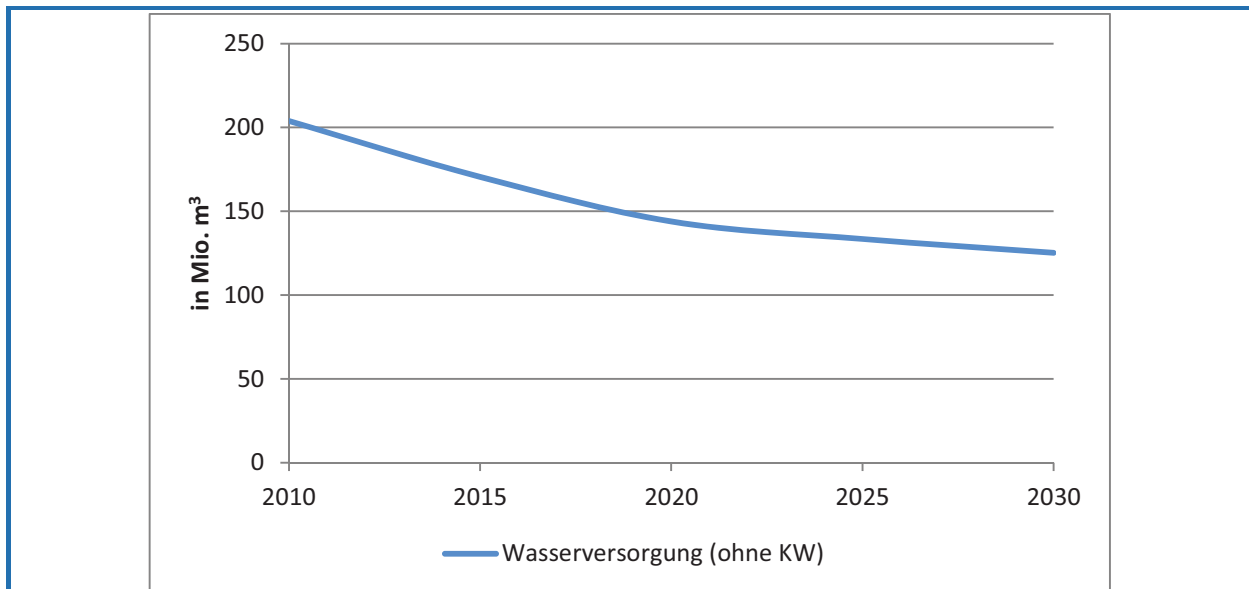


Abbildung 24: Jahreswasserbedarf (ohne Klimawandel) in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ohne Kühlwasser im Szenario „Heiß/Unerträglich“

Der Kühlwassereinsatz wird um knapp 1/3 reduziert [von 2.160.101.000 m³ (2010) auf 1.489.983.000 m³ (2030), vgl. Abbildung 25].

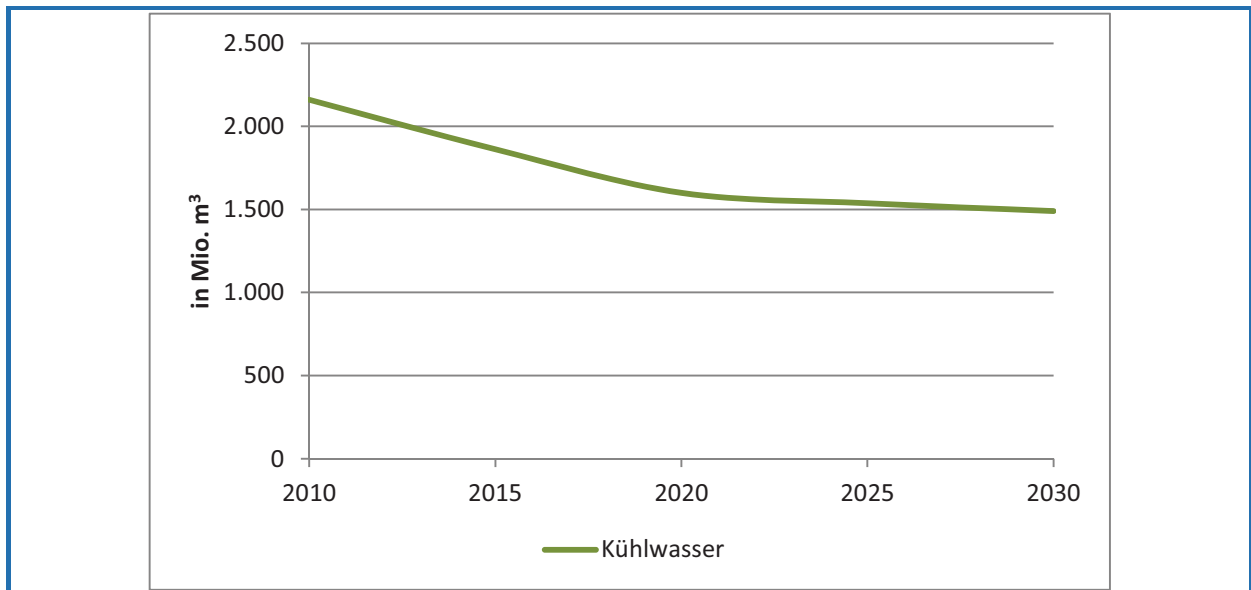


Abbildung 25: Jahreskühlwasserbedarf (ohne Klimawandel) im Szenario „Heiß/Unerträglich“

Analog zur Trinkwassernachfrage wird auch der Schmutzwasseranfall in diesem Szenario vergleichsweise stark zurückgehen. Im Jahr 2010 waren 578.155.000 m³ Schmutzwasser zu verzeichnen, die bis 2030 um fast 30% auf 408.331.000 m³ sinken (vgl. Abbildung 26).

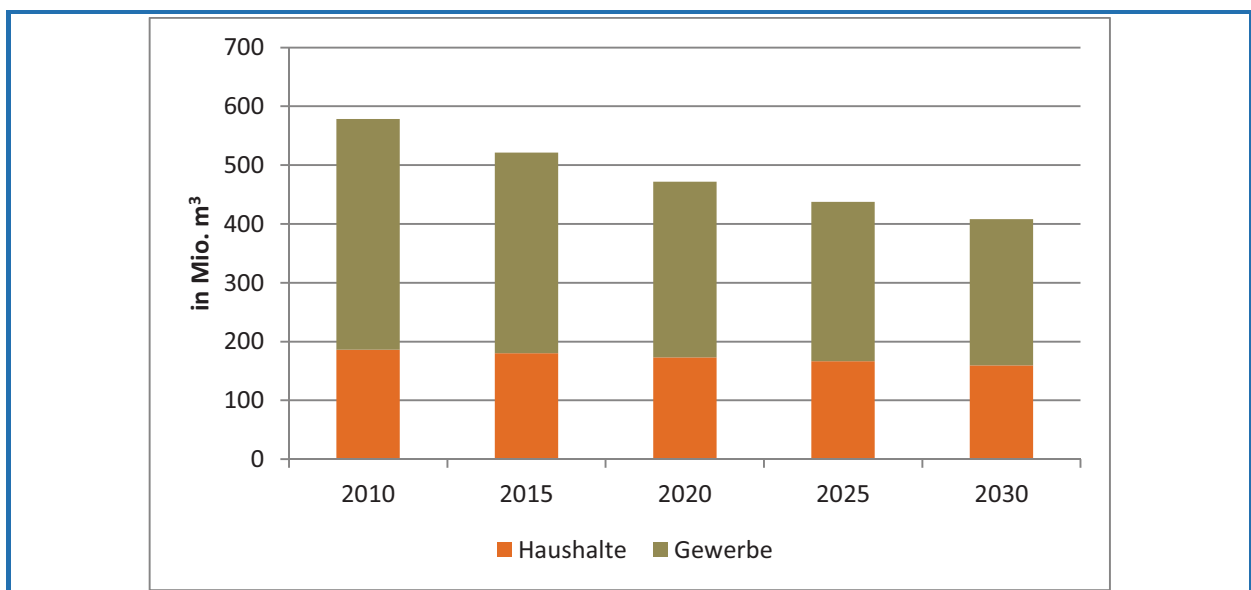


Abbildung 26: Jahresschmutzwassermengen (ohne Klimawandel) im Szenario „Heiß/Unerträglich“

Durch die stockende Entsiegelung der Siedlungsflächen wird sich der klimawandelbedingte Anstieg der Jahresniederschlagssummen weitgehend in dem abzuleitenden Regenwasseraufkommen wiederfinden. Von 613.263.000 m³ wird das abzuleitende Regenwasser bis zum Jahr 2030 trendmäßig um fast 4% auf 637.194.000 m³ (+3,9% im Lauf CLM1) bzw. 679.429.000 m³ steigen (+10,8% im Lauf CLM2, vgl. Abbildung 27).

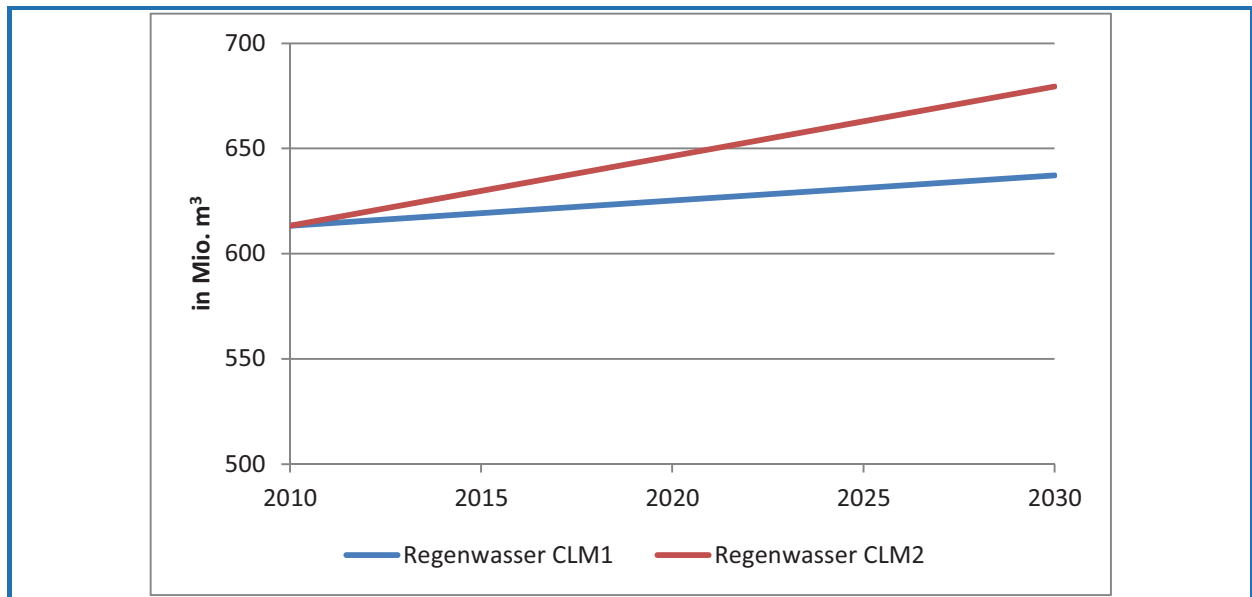


Abbildung 27: Jahresregenwassermengen in der öffentlichen Abwasserentsorgung im Szenario „Attraktives Leben“ bei Klimawandelszenario: Trendmäßige Entwicklung (KW0)

5.4 Szenarien: „Land unter!“ und „Plötzlich Chaos – alles im Griff!“

Die Szenarien „Land unter!“ und „Plötzlich Chaos – alles im Griff!“ ergänzen die obigen Szenarien um Fälle, in denen besonders hohe anhaltende Niederschläge bzw. Starkregenereignisse unterstellt werden. In der vorliegenden Szenarienberechnung werden die damit verbundenen Auswirkungen auf die Siedlungsentwässerungssysteme nicht untersucht. Dies geschieht in weiteren *dynaklim*-Arbeitsbereichen und wird dort verstärkt Gegenstand der Untersuchung sein.

5.5 Zusammengefasste Ergebnisse der *dynaklim*-Szenarien

Die Jahressummen der Trinkwassernachfrage und des Abwasseraufkommens sind zusammenfassend in Tabelle 8 angegeben. Es wird differenziert

- nach den Bereichen, in denen Trinkwasser eingesetzt und Abwasser abgeleitet wird,
- den Mengen für das Basisjahr 2010 und für das Jahr 2030 und
- den drei sozioökonomischen Szenarien.

Die Jahresmengen des Regenwassers berücksichtigen zusätzlich das trendmäßige Klimawandelszenario (KW0).

Tabelle 8: Jährliche Wassermenge im dynaklim-Gebiet 2010 und 2030 ohne Berücksichtigung der Klimawandelszenarien – außer bei Regenwasser (in 1.000 m³ p.a.)

	2010: Ist	2030: Wert (Änderung zum Basisjahr in %)		
		SÖ0	SÖ1	SÖ2
öffentliche Wasserversorgung				
Haushalte	289.358	258.692 (-10,6%)	255.588 (-11,7%)	248.345 (-14,2%)
Kindergarten u. 3 Jahre	97	234 (+142,0%)	232 (+139,1%)	225 (+132,4%)
Kindergarten 3-6 Jahre	729	675 (-7,5%)	667 (-8,6%)	648 (-11,2%)
Schulen	1.542	1.208 (-21,6%)	1.194 (-22,6%)	1.160 (-24,8%)
Studierende	498	412 (-17,3%)	407 (-18,3%)	396 (-20,6%)
Tourismus	2.432	2.675 (+10,0%)	2.773 (+14,0%)	2.432 (+0,0%)
Krankenhäuser	4.574	4.833 (+5,6%)	4.775 (+4,4%)	4.639 (+1,4%)
Pflegeheime	4.840	6.970 (+44,0%)	6.886 (+42,3%)	6.691 (+38,2%)
Gewerbe	134.527	92.655 (-31,1%)	88.483 (-34,2%)	88.058 (-34,5%)
Summe	438.598	368.355 (-16,0%)	361.004 (-17,7%)	352.594 (-19,6%)
nicht-öffentliche Wasserversorgung				
Wasserversorgung (ohne KW)	203.864	131.195 (-35,6%)	126.682 (-37,9%)	125.192 (-38,6%)
Kühlwasser	2.160.101	1.565.054 (-27,5%)	1.397.969 (-35,3%)	1.489.983 (-31,0%)
Summe	2.363.965	1.696.249 (-28,2%)	1.524.651 (-35,5%)	1.615.175 (-31,7%)
öffentliche Abwasserentsorgung				
Haushalte	186.235	166.403 (-10,6%)	164.406 (-11,7%)	159.747 (-14,2%)
Gewerbe	391.920	262.793 (-32,9%)	250.047 (-36,2%)	248.585 (-36,6%)
Summe	578.155	429.195 (-25,8%)	414.453 (-28,3%)	408.331 (-29,4%)
Regenwassereinleitung				
Regenwasser CLM1	613.263	621.781 (+1,4%)	541.615 (-11,7%)	637.194 (+3,9%)
Regenwasser CLM2	613.263	662.994 (+8,1%)	577.515 (-5,8%)	679.429 (+10,8%)

Im Bereich der Trinkwasserversorgung sind neben den sozioökonomischen Szenarien auch die trendmäßige Klimaentwicklung (KW0) und das Klimaszenario „Heiß und unerträglich“ (KW1) berücksichtigt. Hierfür sind in Tabelle 9 die täglichen Trinkwassermengen aus der öffentlichen Wasserversorgung im Jahresmittel sowie die obere und untere Bandbreite angegeben.

Tabelle 9: Tägliche Trinkwassermenge im *dynaklim*-Gebiet 2010 und 2030 unter Berücksichtigung der Klimawandelszenarien (in 1.000 m³ p.d.)

sozioökonomisches Szenario		Klimawandelszenario			KW1
		untere Grenze	Mittelwert	obere Grenze	
Ist (2010)		1.105	1.202	1.415	
SÖ0 (2030)	CLM1	940	1.037	1.339	
	CLM2	933	1.027	1.304	
SÖ1 (2030)	CLM1	921	1.017	1.312	1.416
	CLM2	914	1.007	1.278	1.400
SÖ2 (2030)	CLM1	900	993	1.282	1.383
	CLM2	893	984	1.248	1.367

dynaklim-Szenario: moderater Wandel
dynaklim-Szenario: attraktives Leben
dynaklim-Szenario: heiß und unerträglich

5.6 Regionalisierte Ergebnisse des Referenzszenarios „Moderater Wandel“

Die detaillierten Ergebnisse des Referenzszenarios werden als Jahressummen auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte berechnet und für das *dynaklim*-Gebiet zusammengefasst. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Modellierung der relevanten *dynaklim*-Alternativszenarios in den vorhergehenden Abschnitten. Im Folgenden werden für das Referenzszenario die kleinräumigen Unterschiede dargestellt.

5.6.1 Entwicklung des Wasserverbrauchs aus der öffentlichen Wasserversorgung

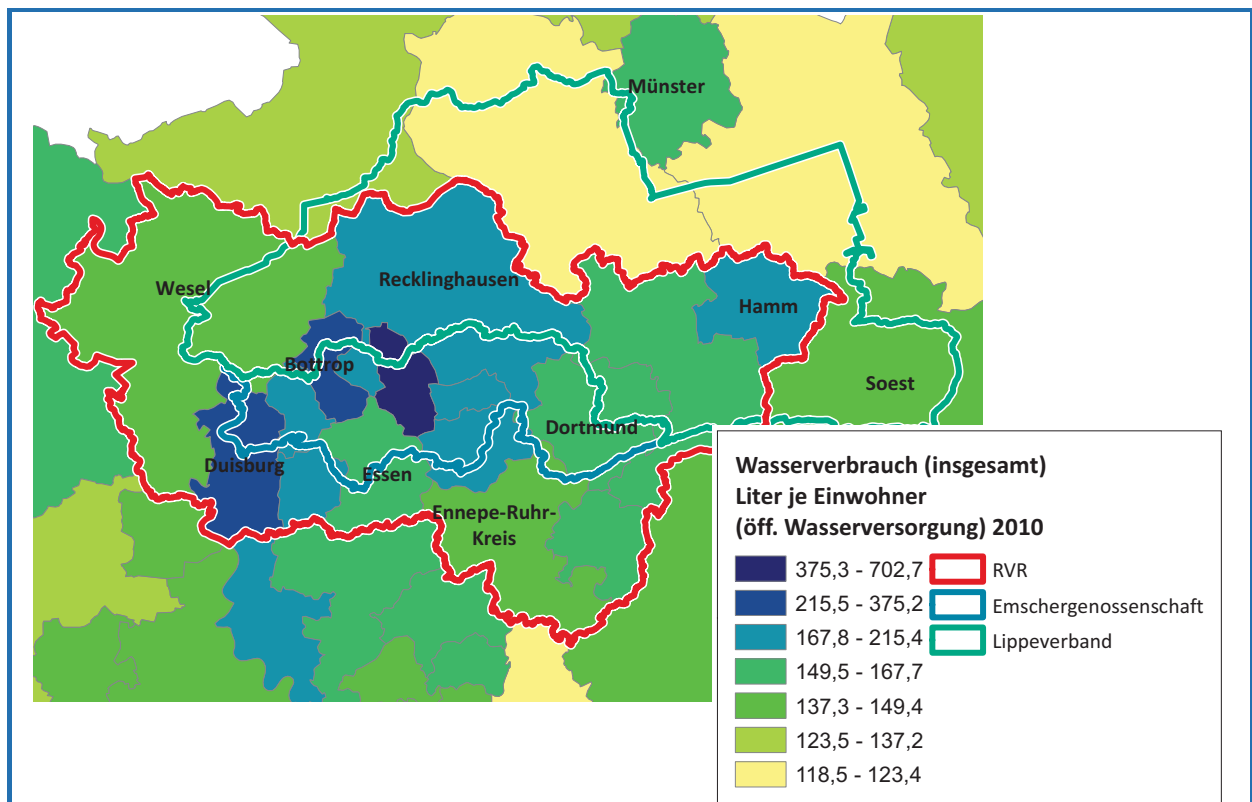


Abbildung 28: Wasserverbrauch (insgesamt) in Litern je Einwohner und Tag 2010

In der *dynaklim*-Region lag der gesamte durchschnittliche Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung im Jahr 2010 in einer Bandbreite von 120 Litern pro Einwohner und Tag (Kreis Coesfeld) bis 624 Litern (Gelsenkirchen). Hierin enthalten sind der Wasserbezug der Haushalte, von Betreuungs-, Bildungs- und Pflegeeinrichtungen, Krankenhäusern und der Bezug von Wasser durch die Wirtschaft (vgl. Abbildung 28).

In dem Szenariozeitraum wird der Wasserbezug aus der öffentlichen Wasserversorgung im *dynaklim*-Gebiet ohne Berücksichtigung des Klimawandels durch reduzierte Bezüge von Haushalten und vor allem vom Gewerbe um 16,0% zurückgehen. Der Kreis Coesfeld weist dabei mit -5,6% den geringsten, Bottrop mit -35,9% den höchsten Rückgang auf. (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30).

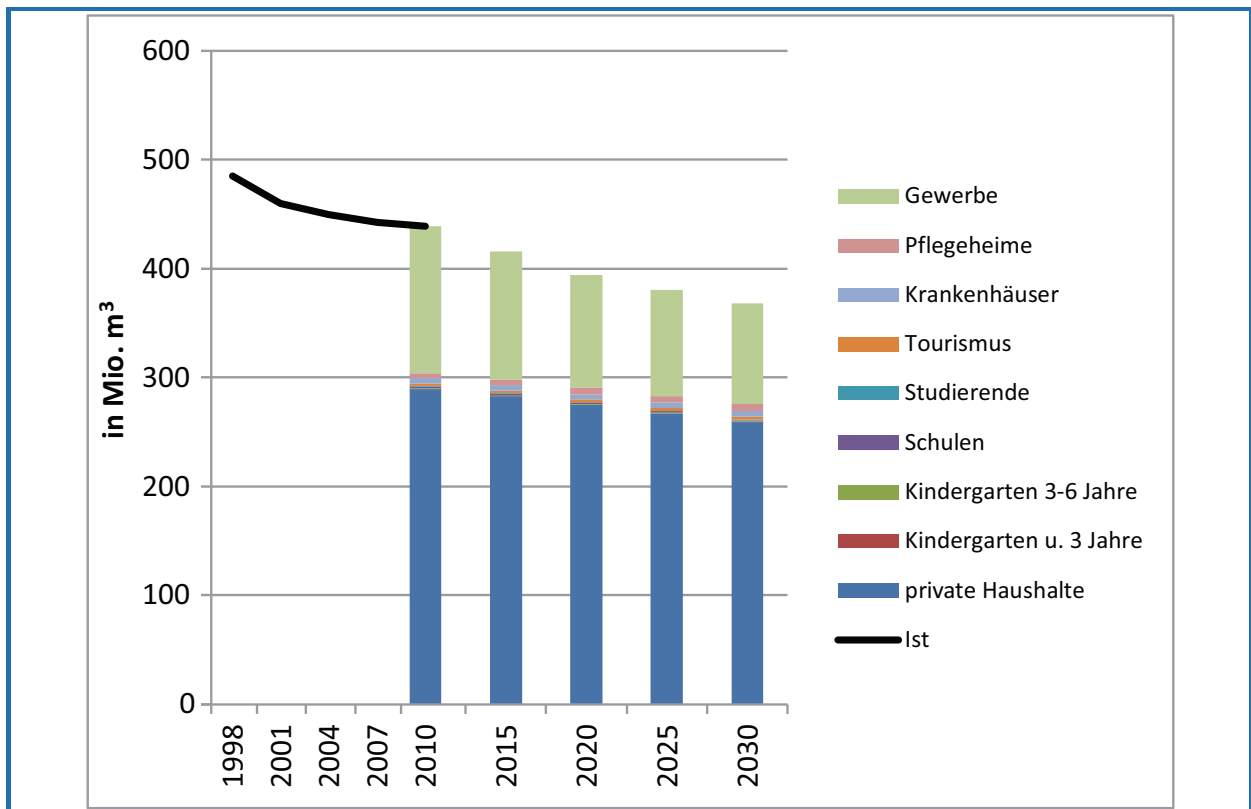


Abbildung 29: Bedarf an öffentlicher Wasserversorgung im *dynaklim*-Gebiet (1998 bis 2010 und 2010-2030, Szenario SÖ0 ohne Einfluss des Klimawandels)

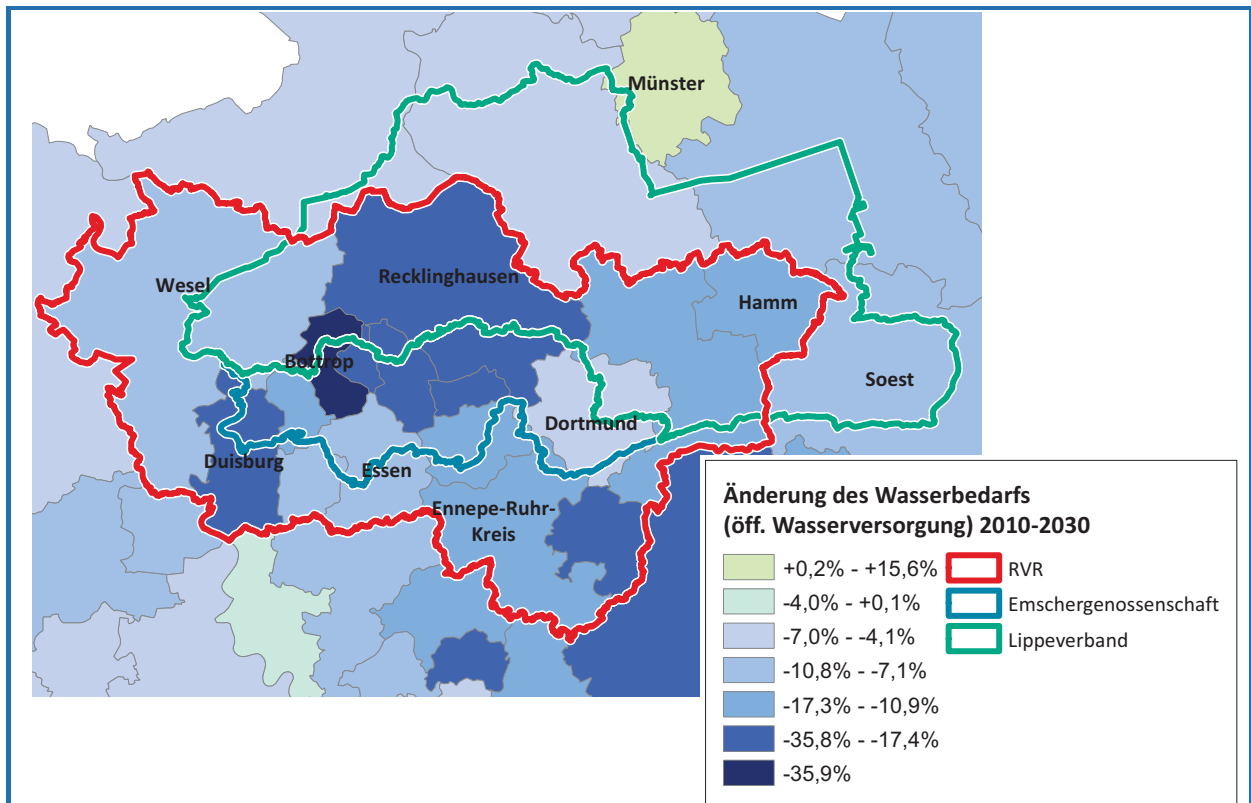


Abbildung 30: Änderung des Wasserverbrauchs (insgesamt) aus der öffentlichen Wasserversorgung 2010-2030 (Szenario SÖ0 ohne Einfluss des Klimawandels)

5.6.2 Entwicklung des Wasserverbrauchs (ohne Kühlwasser) aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung

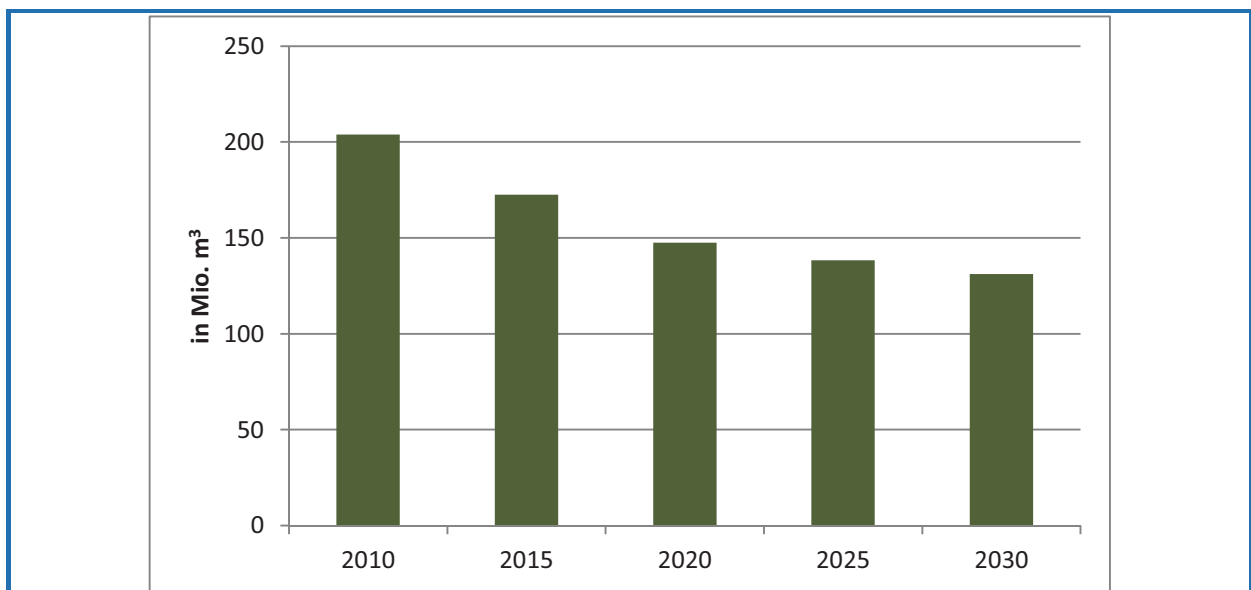


Abbildung 31: Bedarf an nicht-öffentlicher Wasserversorgung im *dynaklim*-Gebiet (2010-2030; ohne Kühlwassereinsatz)

Die Wirtschaft bezieht ihr eingesetztes Wasser nicht nur aus der öffentlichen Wasserversorgung sondern gewinnt in Teilen selbst Wasser, das für Produktionszwecke etc. eingesetzt wird. **Bis 2030 wird der so gedeckte Wasserbedarf der Wirtschaft durchschnittlich um 35,6% zurückgehen** (vgl. Abbil-

dung 31). In Dortmund ist mit einem Rückgang um 14,0%, in Herne um 60,9% zu rechnen (vgl. Abbildung 32).

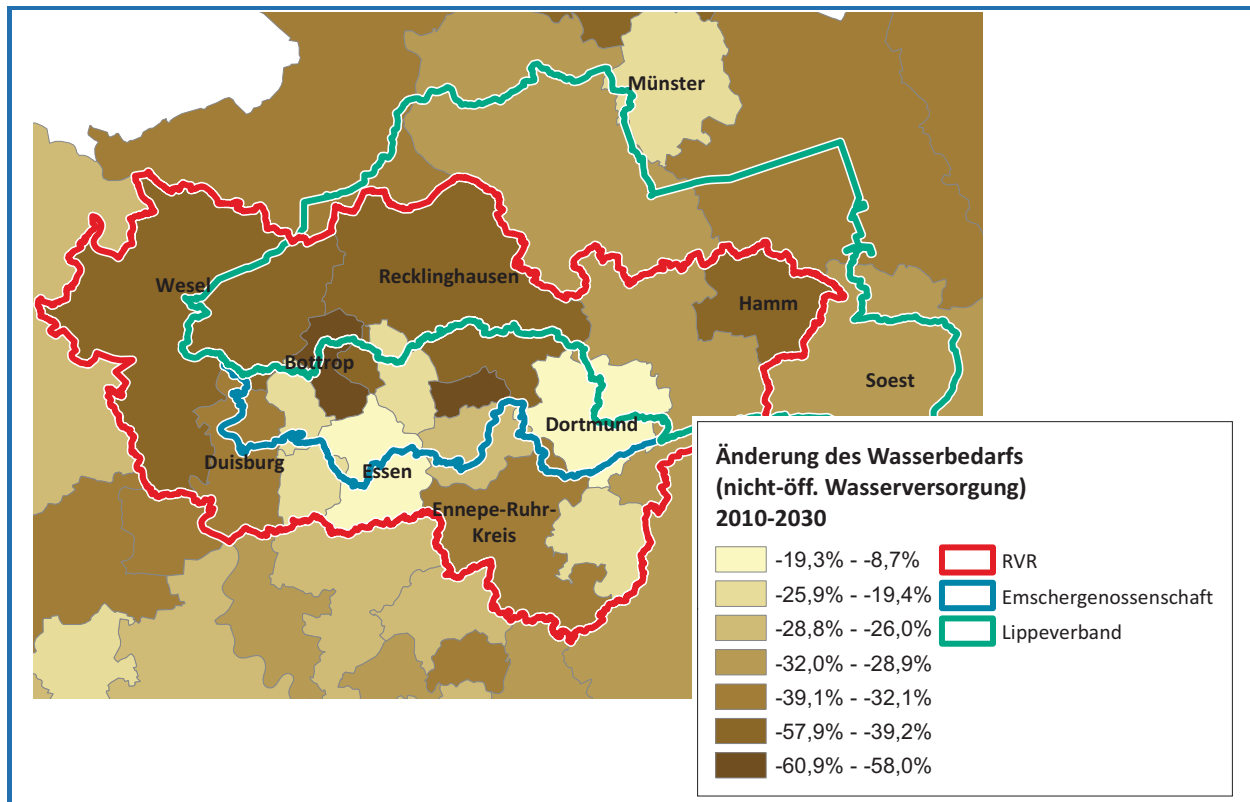


Abbildung 32: Änderung des Wasserverbrauchs (insgesamt) aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung (ohne Kühlwasser) 2010-2030

5.6.3 Entwicklung des Kühlwasserbedarfs aus der nicht-öffentlichen Wasserversorgung

Wasser für Kühlzwecke wird in großem Umfang von der Wirtschaft aus der Nutzung von Oberflächenwasserkörpern gewonnen und nach Nutzung dort wieder direkt eingeleitet. **Bis 2030 wird im dynaklim-Raum der Einsatz von Kühlwasser durch den Strukturwandel, die zunehmende Nutzung regenerativer Energien und die Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung um 27,5% sinken** (vgl. Abbildung 33). Dortmund weist mit -14,5% den geringsten, Bottrop mit -79,6% der höchste Rückgang auf. Zu beachten ist insbesondere bei der Schätzung des Einsatzes von Kühlwasser, dass durch längere Hitzeperioden der Spitzenbedarf in Zukunft deutlich über dem durchschnittlichen Bedarf liegen kann (vgl. Abbildung 34).

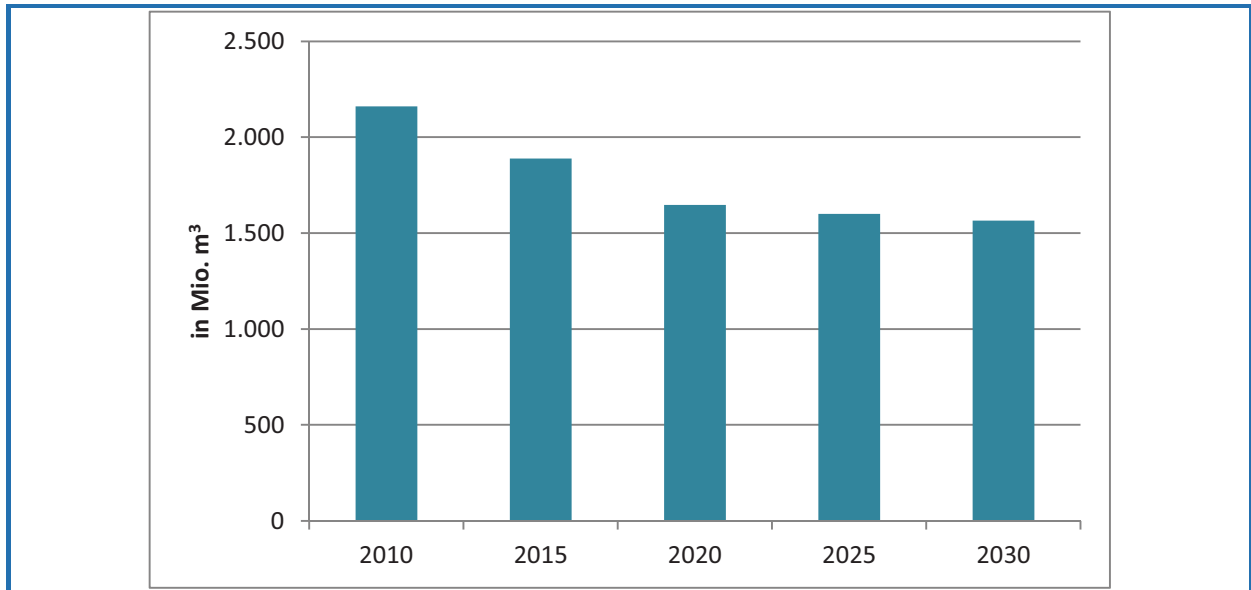


Abbildung 33: Bedarf an Kühlwasserversorgung im dynaklim-Gebiet (2010-2030)

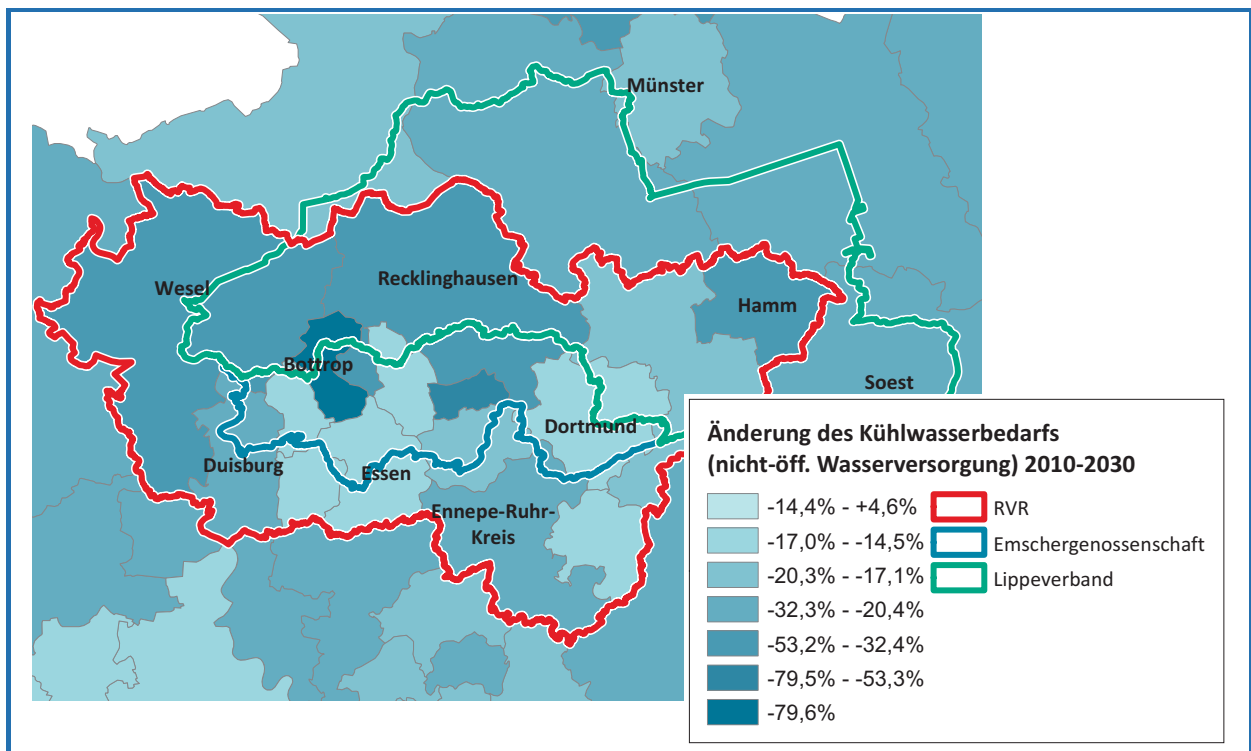


Abbildung 34: Änderung des Kühlwasserbedarfs 2010-2030

5.6.4 Entwicklung des Schmutzwasseraufkommens

Im Jahr 2010 betrug das durchschnittliche jährliche Schmutzwasseraufkommen (aus Haushalten und Gewerbe zusammen) je Einwohner 102 m^3 . Mülheim an der Ruhr wies dabei mit 77 m^3 den geringsten, Hamm mit 144 m^3 den höchsten Wert auf (vgl. Abbildung 35).

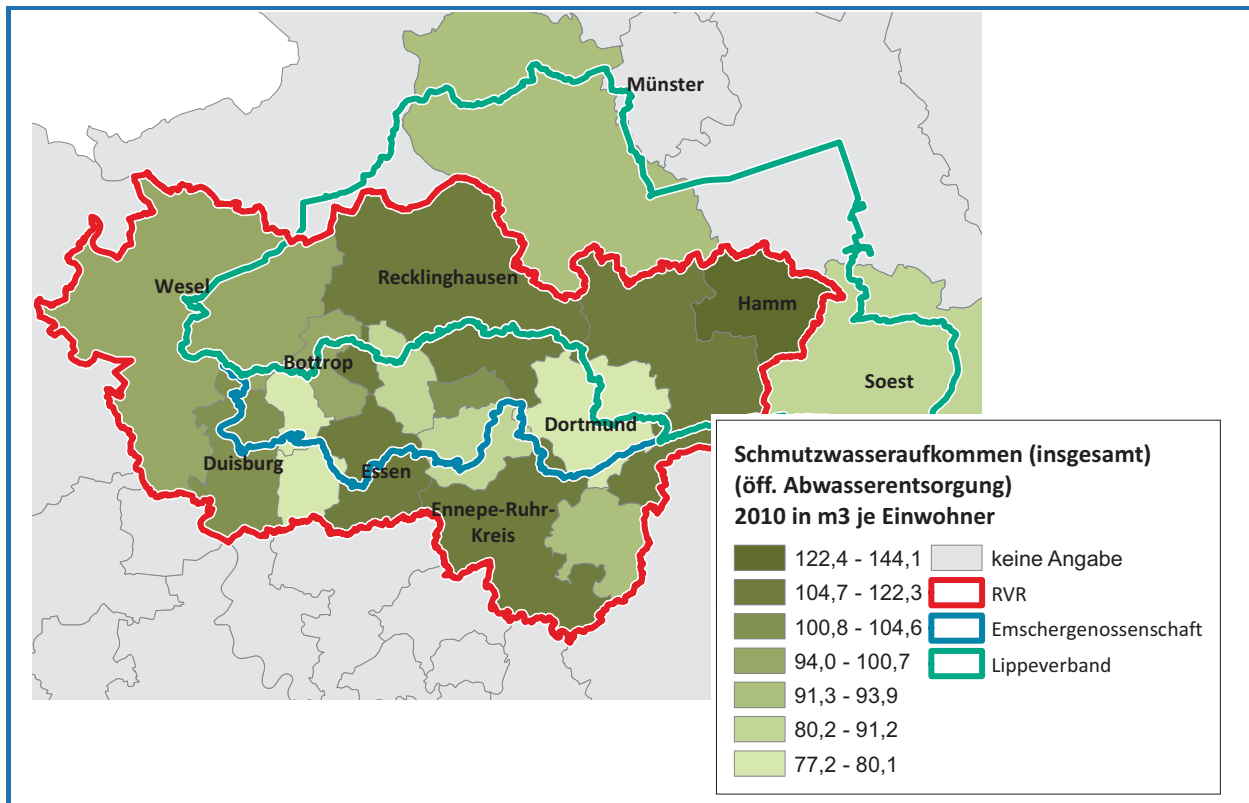


Abbildung 35: Schmutzwasseraufkommen aus Haushalten und Gewerbe je Einwohner 2010

Bis 2030 sinkt das Schmutzwasseraufkommen im *dynaklim*-Gebiet um 22% (vgl. Abbildung 36). Der Rückgang ist in Dortmund mit -7,2% am geringsten, in Bottrop mit -30,8% am höchsten (vgl. Abbildung 37). Der größte Teil dieses Rückgangs ist auf das verringerte Schmutzwasseraufkommen aus der Wirtschaft zurückzuführen.

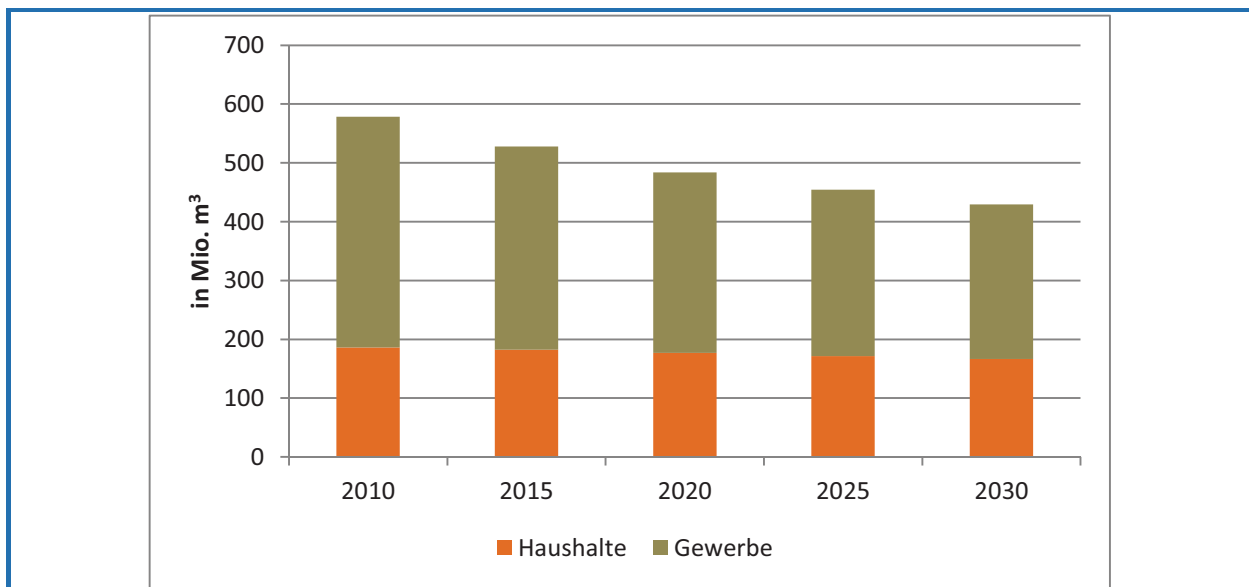


Abbildung 36: Schmutzwasseraufkommen im *dynaklim*-Gebiet 2010-2030

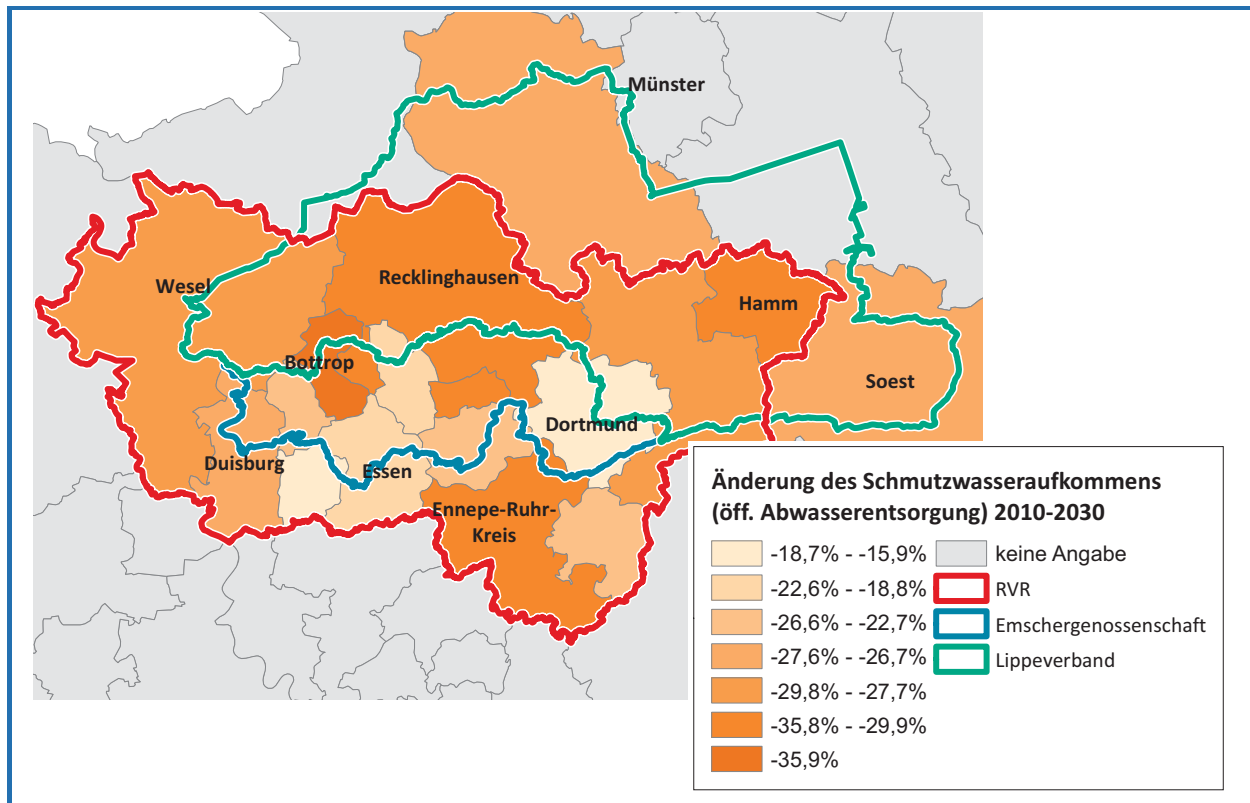


Abbildung 37: Änderung der Schmutzwassermenge aus Haushalten und Gewerbe 2010-2030

5.6.5 Entwicklung der Regenwassereinleitung

Die Betrachtung der Regenwassereinleitung in die Kanalisation zeigt aufgrund der einheitlichen Änderung der Regenmenge für das Gesamtgebiet und jeweils einheitlicher Annahmen zur Siedlungsstruktur für die Emscher- und der Lippezone nur Unterschiede zwischen diesen beiden Gebieten auf. Im Klimamodelllauf CLM 1 ist von 2010 bis 2030 **dynaklimweit mit einem Anstieg um 1,4% zu rechnen**. Im Lippegebiet beträgt der Anstieg 3,9%, während die Regenwassereinleitung im südlichen Gebiet um 1,3% zurückgeht.

Im Klimamodelllauf CLM 2, das von insgesamt höheren Niederschlagssummen ausgeht, beträgt der **Anstieg im gesamten dynaklim-Gebiet ca. 8%**, wobei er im Lippegebiet bei 10,8% und im südlichen Bereich (Emschergebiet und südliche dynaklim-Teile) bei 5,3% liegt.

6 Fazit

Der Klimawandel stellt eine Herausforderung dar, der sich die Wasserwirtschaft stellen muss. Anpassungsmaßnahmen daran müssen aber berücksichtigen, dass die Nachfrage nach Wasser durch Haushalte und Gewerbe auf der einen, das Aufkommen an Schmutz- und Regenwasser auf der anderen Seite zwar auch, aber nicht nur durch Klimaänderungen bestimmt werden wird. Vielmehr gerät die Wasserwirtschaft durch sozioökonomische Veränderungen unter Druck, was gerade in der *dynaklim*-Region in Zukunft eine große Rolle spielen wird. Um das Zusammenspiel dieser verschiedenen Entwicklungen auf die Wasserwirtschaft veranschaulichen zu können, wurden in *dynaklim* über mehrere Arbeitsbereiche hinweg konsistente Szenarien entwickelt und für die Forschungsaktivitäten eingesetzt.

Die hier vorliegende Szenarienuntersuchung stellt eine Basis für weitere Arbeiten in *dynaklim* dar. Für das Projektgebiet wurden die Mengen an privatem und gewerblichem **Trinkwasserbezug** und **Abwasseranfall** auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte bis zum Jahre 2030 kalkuliert und für das Gesamtgebiet aufsummiert. Diese Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass sowohl der wirtschaftliche als auch der demographische Wandel (weniger und ältere Einwohner) Trinkwasser- und Abwassermengen durchschnittlich verringern werden. Dieser Rückgang wird durch Effekte des Klimawandels (z.B. höhere Durchschnittstemperaturen, mehr Niederschläge) leicht abgemildert. Allerdings wird sich die Variabilität der Mengen kräftig erhöhen. Insbesondere in den Sommermonaten wird die **Spitzenlast im Trinkwasserbezug** deutlich über den Durchschnittswerten liegen. Dies geht so weit, dass im Szenario „Attraktives Leben“ die Spitzenkapazität seitens der Wasserversorgungsunternehmen (Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung) trotz der sozioökonomisch bedingt zurückgehenden durchschnittlichen Nachfrage in gleichem Umfang wie bisher aufrechterhalten werden muss. Wenn sich in der zeitlichen Entwicklung bis zum Jahr 2030 der klimawandelbedingte Anstieg der Spitzenlast früher auswirkt als der sozioökonomisch bedingte Rückgang des durchschnittlichen Wasserbezugs, müssten die Kapazitäten in der Wasserversorgung sogar leicht erhöht werden, um den Bedarf zu decken.

Die **Jahresschmutzwassermengen** gehen analog zum Trinkwasserbezug zurück. Der Rückgang beträgt rund ein Viertel (je nach Szenario zwischen 25 und 30%). Die im Kanalisationssystem **abgeleitete Jahresregenwassermenge** wird durch den Wandel der Siedlungsstruktur und den Klimawandel zwischen 1,4 und 10,8% zunehmen. Dieser Zunahme kann aber durch Flächenentsiegelung und Regenwasserversickerung entgegengewirkt werden, womit ein Rückgang der abzuleitenden Regenwassermenge zwischen 5 und 10% einhergeht.

Die hier vorgelegte Untersuchung fließt zum einen in weitere *dynaklim*-Arbeiten zur Wasserwirtschaft und in das Pilotprojekt „Sichere Wasserversorgung“ ein. In letzterem wird insbesondere die Wirkung des Klimawandels auf die Wassergewinnung untersucht. Zum anderen werden die Szenarien auch im Pilotprojekt „Wassersensible Stadtentwicklung“ berücksichtigt, in dem die Siedlungsentswässerung im Fokus steht. Die Szenarien bilden zahlenmäßig mögliche zukünftige Entwicklungspfade mit Bezug zur Wasserwirtschaft ab. Sie unterstützen damit regionale Akteure bei Anpassungsentscheidungen. Insbesondere machen sie deutlich, dass sich in Zukunft Spitzenbedarfe stärker als bisher vom Durchschnittsbedarf abheben werden, was innovative technische, organisatorische und preisliche Lösungen verlangt.

Anhang

Regressionen

Regression 1

Abhängige Variable

- Trinkwasser je Einwohner [TWE] in Litern p.a.

Unabhängige Variable

- Jahr [T]

sonstige Angaben

- BRD
- 1990-2011

Regressionsgleichung:	$TWE = \beta_1 \cdot (T - \beta_2)^{\beta_3}$
	Koeffizient (Standardfehler)
β_1 :	149,1284*** (41,11)
β_2 :	1.988,83*** (3.595,24)
β_3 :	-0,0633161*** (7,38)
N:	22
korr. R^2 :	0,9998

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Regression 2

Für die Abschätzung der sektoralen Entwicklung auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte werden die Anteilswerte der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe an allen Beschäftigten für den Zeitraum von 1998 bis 2007 auf Landesebene verwendet.⁷¹ Durch die Umstellung auf die Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 wird die Zeitreihe mit dem Jahr 2007 beendet (siehe Abbildung 38). Da die spezifischen Wasserverbrauchskennziffern der Wirtschaft auf der sektoralen Zuordnung nach der WZ 2003 fußen, ist die Fortschreibung der Anteilswerte bis 2007 hierzu konsistent.

⁷¹ Vgl. IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.).

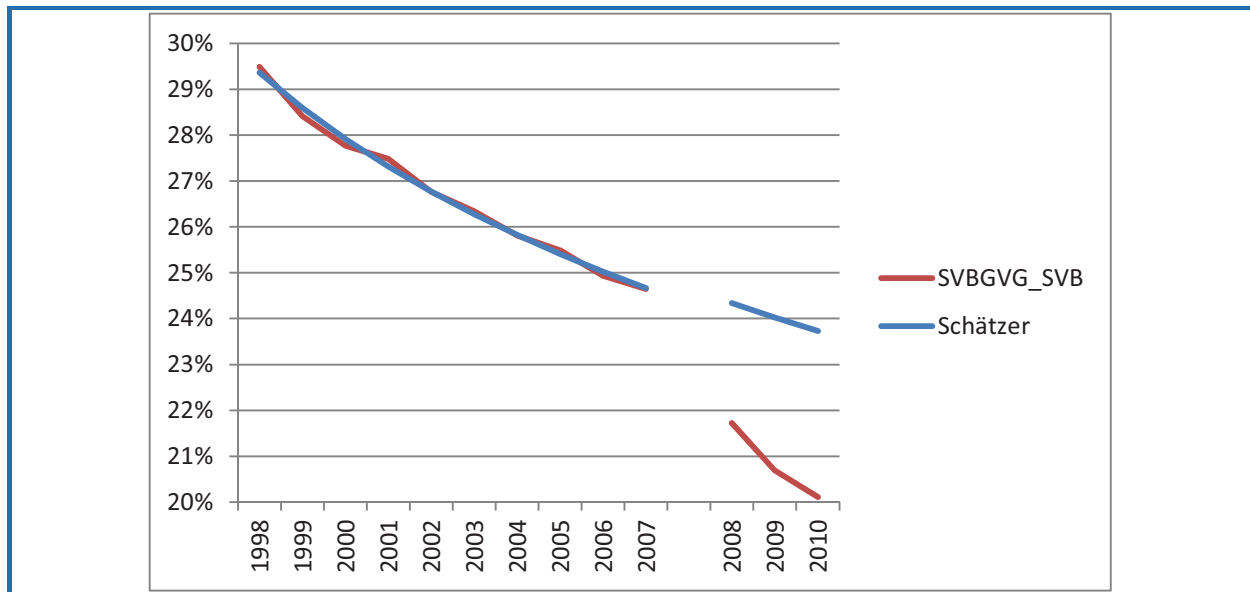


Abbildung 38: Anteil der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe (NRW)

Abhängige Variable

- Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten an allen Beschäftigten [SVBVG_SVB] in %

Unabhängige Variable

- Jahr [T]

sonstige Angaben

- NRW
- 1998-2007

Regressionsgleichung:		$SVBVG_SVB = \beta_1 \cdot (T - \beta_2)^{\beta_3}$
		Koeffizient (Standardfehler)
β_1 :		0,510787*** (0,1302392)
β_2 :		1988,974*** (3,565044)
β_3 :		-0,2517033*** (0,0719197)
N		10
korr. R ² :		1,0

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Regression 3

Grundlage der Regression sind die absoluten Mengen an Frischwassernutzung insgesamt, für Kühlzwecke und für Produktionszwecke.⁷²

Abhängige Variable

- gesamte Frischwassernutzung [WG]

⁷² Vgl. Destatis - Statistisches Bundesamt (Ifd.).

- Frischwassernutzung für Produktion, etc. (außer für Kühlzwecke) [TW]
- Frischwassernutzung für Kühlzwecke [KW]

Unabhängige Variable

- Jahr [T]

sonstige Angaben

- BRD
- 1995-2007
- nur Bergbau und Gewinnung von Steine und Erden

	$WG = \beta_1 \cdot ([T] - 1994)^{\beta_2}$	$TW = \beta_1 \cdot ([T] - 1994)^{\beta_2}$	$KW = \beta_1 \cdot ([T] - 1994)^{\beta_2}$
	Koeffizient (Standardfehler)		
β_1 :	1.367.020*** (71,54)	387.989*** (21,04)	885.217*** (44,59)
β_2 :	-0,09110*** (11,52)	-0,09485** (3,52)	-0,04393** (3,58)
N:	5	5	5
korr. R ²	0,99971	0,99658	0,99933

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Aus den Ergebnissen der Regressionen werden die zukünftigen Wasserverbräuche bis 2030 geschätzt und die Änderungen bezogen auf den Wert im Jahr 2010 indiziert.

Regression 4

Abhängige Variable

- Schmutzwassermenge [SW] in 1.000 m³

Unabhängige Variablen

- Einwohnerwerte der Einwohner (natürliche Personen) [EWE]
- Einwohnergleichwerte der Betriebe/des Gewerbes [EGW]

sonstige Angaben

- Kreise und kreisfreie Städte (Klärwerksstandorte) in NRW
- 2010

Regressionsgleichung:	$SW = \beta_1 EWE + \beta_2 EGW$		
	Koeffizient (Standardfehler)		
	alle KR in NRW	nur <i>dynaklim</i>	nur nicht- <i>dynaklim</i>
β_1 :	0,0389442*** (0,00966)	0,0326853 (0,0239536)	0,0592469*** (0,0024306)
β_2 :	0,0708799*** (0,016112)	0,1350254*** (0,0306609)	0,0175349*** (0,0034879)
N	50	14	35
korr. R ² :	0,9933	0,9515	0,9874

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Regression 5

Der unterjährige Einfluss der Witterung auf die tägliche Trinkwassermenge wird mithilfe von Mengen und Wetteraufzeichnungen der Rheinisch-Westfälischen Wasserwerksgesellschaft geschätzt. Das Versorgungsgebiet der RWW liegt im westlichen Ruhrgebiet und umfasst dicht besiedelte, ländliche und bergige Regionen. Das *dynaklim*-Gebiet ist vergleichbar strukturiert, so dass die Ergebnisse der Regression auf das gesamte Gebiet übertragen werden. Es werden indizierte Tageswerte vom 1.1.2002 bis zum 31.12.2010 verwendet. Der Index vom 1.1.2002 wird auf den durchschnittlichen Index des Jahres 2007 umgerechnet.

Die Regression wird zweistufig durchgeführt. Zunächst wird eine allgemeine Trendkomponente der täglichen Trinkwassermenge anhand der Zeit ermittelt:

Abhängige Variable

- Trinkwassernutzung [TW], 2007 = 1,0

Unabhängige Variable

- Datum [T]

Regressionsgleichung:	$TW = e^{\beta_1 + \beta_2 \cdot T}$
	Koeffizient (Standardfehler)
β_1 :	0,4671402*** (0,0300174)
β_2 :	-0,0000277*** (1,77e-06)
N	3276
korr. R ² :	0,9909

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Mit Hilfe des ersten Regressionsschrittes werden die nicht erklärten Residuen als prozentuale Abweichung zum Trendwert berechnet. Diese werden als abhängige Variable im zweiten Regressionsschritt verwendet. Für den zweiten Regressionsschritt werden zusätzlich die Daten anhand der meteorologischen Jahreszeiten unterteilt und vier Einzelregressionen durchgeführt:

Abhängige Variable

- Schwankung Trinkwassernutzung [TW_S], in % vom Trendwert

Unabhängige Variablen:

- Konstante
- Werktag [WT]; Dummy: Werktag = 1, Wochenende = 0
- Tageshöchsttemperatur [TMax]
- Anzahl der Trockentage [TR]; Tage mit Niederschlägen von weniger als 0,1 mm/d
- Anzahl der Trockentage [TR7]; Tage mit Niederschlägen von weniger als 0,1 mm/d, maximal 7
- 3-Tages-Niederschlagssumme [NS3]; Summe der Niederschläge des aktuellen Tages und der beiden vorhergehenden
- Jahresniederschlagssumme [NSJ]
- Winterferien [WF] bzw. Sommerferien [SF]; Dummy: Ferientag = 1, nicht-Ferientag = 0

unabh. Komponenten	Winter	Frühjahr	Koeffizient	
			Sommer	Herbst
Konstante	-0,0276842***	-0,0937475***	0,3004108***	-
WT	0,0355345***	0,0556453***	0,0732403***	0,0305963***
TMax	-	0,0035481***	0,0082598***	-0,0033831***
TR	-	-0,0057207**	-	0,0078726***
TMax × TR	-	0,0004333***	-	-
TMax × TR7	-	-	0,0005517***	-
NS3	-0,0009679***	-	-	-
NSJ	-	-	-0,0005684***	-
WF	-0,0627445***	-	-	-
SF	-	-	-0,0347809***	-
N:	807	826	826	817
korrr. R ² :	0,0992	0,1854	0,5716	0,1307

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Zur Bestimmung der klimawandelbedingten Witterungseinflüsse werden die Dummyvariablen WT auf 1 und SF sowie WF auf 0 gesetzt. Als Basisjahr wird der klimabedingte Trinkwasserbedarf für 2007 im Mittelwert berechnet und als Bezugsgröße auf 1 normiert. Aus den tagesgenauen Werten der RWW-Wetterstationen ergibt sich für die tagesabhängigen Schwankungen in der Trinkwassermenge eine Abweichung von -8% bis +18% vom Tagesmittelwert.

Regression 6

Die Ableitung von Regenwasser in der Kanalisation ist, neben der Niederschlagsmenge, von dem Ausmaß der versiegelten Fläche anhängig, die in die Kanalisation entwässert. Wird das Ausmaß an Siedlungs- und Verkehrsfläche als Proxy für die versiegelte Fläche verwendet, so ist zum einen die Siedlungsfläche stark mit der Einwohnerzahl und der Anzahl der Beschäftigten korreliert (jeweils positiv), die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) je Einwohner dagegen mit der Einwohnerdichte korreliert (negativ):

	Einwohner	Beschäftigte	SuV-Fläche	SuV-Fläche je Einwohner	Einwohnerdichte
<i>nur dynaklim</i>					
Einwohner	1,0000				
Beschäftigte	0,9334	1,0000			
SuV-Fläche	0,7922	0,6089	1,0000		
SuV-Fläche je Einwohner				1,0000	
Einwohnerdichte				-0,8261	1,0000

Da die Einwohnerzahl und die Anzahl der Beschäftigten stark miteinander korreliert sind, wird für die weitere Berechnung allein auf die Einwohnerzahl zurückgegriffen.

Um die abgeleitete Regenwassermenge von den Klärwerksstandorten (Ort der Behandlung) auf die Kreise und kreisfreien Städte (Ort der Einleitung) aufzuteilen, wird die Regenwassermenge je Einwohnerwert durch die Siedlungs- und Verkehrsfläche je Einwohner geschätzt.

Abhängige Variable

- Regenwassermenge je Einwohnerwert [RW_EWE] in 1.000 m³ je Einwohnerwert

Unabhängige Variable

- Siedlungs- und Verkehrsfläche je Einwohner [SUV_E] in m² je Einwohner

sonstige Angaben

- Regenwasser: Kreise und kreisfreie Städte (Klärwerksstandorte) in NRW

- Fläche und Einwohner: Kreise und kreisfreie Städte
- nur *dynaklim*-Gebiet
- 2010

Regressionsgleichung:	$RW_EWE = \beta_1 \cdot SUV_E$
	Koeffizient (Standardfehler)
	nur <i>dynaklim</i>
β_1 :	0,00023405*** (0,0000263)
N	14
korr. R^2 :	0,8480

Signifikanzniveau: * = 10%, ** = 5%, *** = 1%

Unter der Annahme, dass jeder Einwohner mit einem Einwohnerwert von 1 berücksichtigt wird, lässt sich aus diesen Kennziffern die abgeleitete Regenwassermenge der Kreise und kreisfreien Städte schätzen, die durch einen *dynaklim*-Faktor korrigiert wird, um die tatsächliche in 2007 behandelte Regenwassermenge zu erreichen.

Tabellen: Szenarienergebnisse

Tabelle 10: Einzelkomponenten des Szenarios „Moderater Wandel“ (SÖO und KW0) im dynaklim-Gebiet – Szenarienergebnisse

dynaklim (SöO)	2010	2015	2020	2025	2030	2010-2030
öffentliche Wasserversorgung						
Haushalte	289.358	282.999	274.681	266.776	258.692	-10,6%
Kindergarten u. 3 Jahre	97	150	186	216	234	+142,0%
Kindergarten 3-6 Jahre	729	711	707	705	675	-7,5%
Schulen	1.542	1.386	1.263	1.222	1.208	-21,6%
Studierende	498	531	502	451	412	-17,3%
Tourismus	2.432	2.493	2.554	2.615	2.675	+10,0%
Krankenhäuser	4.574	4.668	4.747	4.781	4.833	+5,6%
Pflegeheime	4.840	5.392	6.076	6.503	6.970	+44,0%
Gewerbe	134.527	117.470	103.517	97.399	92.655	-31,1%
Summe	438.598	415.798	394.233	380.669	368.355	-16,0%
Trend p.d.	1.202	1.139	1.080	1.043	1.009	-16,0%
- CLM1			1.110	1.072	1.037	-13,7%
- CLM2			1.100	1.062	1.027	-14,5%
Max Trend	1.415	1.341	1.272	1.228	1.188	-16,0%
-CLM1			1.433	1.384	1.339	-5,4%
-CLM2			1.396	1.348	1.304	-7,8%
Min Trend	1.105	1.047	993	959	928	-16,0%
-CLM1			1.006	972	940	-14,9%
-CLM2			998	964	933	-15,6%
Trend p.d. p.Einw. (Liter)	211	204	197	194	192	-8,9%
- CLM1 (Liter)			202	199	198	-6,3%
- CLM2 (Liter)			201	198	196	-7,2%
Max Trend (Liter)	248	240	232	229	226	-8,9%
-CLM1 (Liter)			261	257	255	+2,6%
-CLM2 (Liter)			254	251	248	-0,0%
Min Trend (Liter)	194	187	181	178	177	-8,9%
-CLM1 (Liter)			183	181	179	-7,7%
-CLM2 (Liter)			182	179	178	-8,4%
nicht-öffentliche Wasserversorgung						
Wasserversorgung (ohne KW)	203.864	172.474	147.429	138.339	131.195	-35,6%
Kühlwasser	2.160.101	1.888.422	1.646.305	1.599.749	1.565.054	-27,5%
Summe	2.363.965	2.060.896	1.793.734	1.738.088	1.696.249	-28,2%
öffentliche Abwasserentsorgung						
Haushalte	186.235	182.113	176.735	171.624	166.403	-10,6%
Gewerbe	391.920	345.982	307.285	282.778	262.793	-32,9%
Summe	578.155	528.096	484.020	454.402	429.195	-25,8%
Regenwassereinleitung						
Regenwasser CLM1	613.263	615.501	617.667	619.760	621.781	+1,4%
Regenwasser CLM2	613.263	625.996	638.529	650.861	662.994	+8,1%

KW:Kühlwasser

Tabelle 11: Jahresmengen im *dynaklim*-Gebiet 2010 bis 2030 – Szenarienergebnisse für die trendmäßige Klimaentwicklung (in 1.000 m³ p.a.)

dynaklim	Szenario	2010 (ist)	2015	2020	2025	2030	2010-2030
öffentl. TW-Versorgung - CLM1	SÖ0	438.598		405.219	391.281	378.627	-13,7%
	SÖ1	438.598		402.674	386.499	371.073	-15,4%
	SÖ2	438.598		396.381	378.599	362.427	-17,4%
öffentl. TW-Versorgung - CLM2	SÖ0	438.598		401.368	387.565	375.033	-14,5%
	SÖ1	438.598		398.848	382.830	367.553	-16,2%
	SÖ2	438.598		392.615	375.004	358.988	-18,2%
nicht-öffentl. Wasserversorgung (inkl. Kühlwasser)	SÖ0	2.363.965	2.060.896	1.793.734	1.738.088	1.696.249	-28,2%
	SÖ1	2.363.965	2.042.346	1.741.069	1.633.471	1.524.651	-35,5%
	SÖ2	2.363.965	2.032.446	1.743.709	1.670.628	1.615.175	-31,7%
öffentliche Abwasserentsorgung	SÖ0	2.363.965	2.060.896	1.793.734	1.738.088	1.696.249	-28,2%
	SÖ1	2.363.965	2.042.346	1.741.069	1.633.471	1.524.651	-35,5%
	SÖ2	2.363.965	2.032.446	1.743.709	1.670.628	1.615.175	-31,7%
Regenwasser CLM1	SÖ0	613.263	615.501	617.667	619.760	621.781	+1,4%
	SÖ1	613.263	596.024	578.337	560.200	541.615	-11,7%
	SÖ2	613.263	619.246	625.229	631.211	637.194	+3,9%
Regenwasser CLM2	SÖ0	613.263	625.996	638.529	650.861	662.994	+8,1%
	SÖ1	613.263	606.187	597.870	588.313	577.515	-5,8%
	SÖ2	613.263	629.805	646.346	662.888	679.429	+10,8%

Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis "Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder" (2011): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern und Ost-West-Großraumregionen Deutschlands 1991 bis 2010. Reihe 1, Band 1, Stuttgart.
- BA - Bundesagentur für Arbeit (2012): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB) am Arbeitsort (AO). Sonderauswertung, Nürnberg.
- BBSR-Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung (2013): 'Raumordnungsprognose 2030', URL: http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_1086478/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/UeberRaumb Beobachtung/Komponenten/Raumordnungsprognose/Downloads/DL__uebersicht.html, 15.04.2013, gepr. am 15.04.2013.
- BDEW (2012): 'Wasserfakten im Überblick - April 2012', URL: [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/C125783000558C9FC125766C0003CBAF/\\$file/Wasserfakten%20im%20%20%20C3%9Cberblick%20-%20freier%20Bereich%20April%202012_1.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/C125783000558C9FC125766C0003CBAF/$file/Wasserfakten%20im%20%20%20C3%9Cberblick%20-%20freier%20Bereich%20April%202012_1.pdf), 22.05.2012, gepr. am 10.02.2013.
- Bertelsmann-Stiftung (o.J.): 'Bevölkerungsvorausrechnungen für jede Kommune', URL: <http://www.wegweiser-kommune.de/datenprognosen/prognose/Prognose.action>, gepr. am 15.04.2013.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): 'Energiewende in Deutschland: Der Weg zur Energie der Zukunft - sicher, bezahlbar und umweltfreundlich -. Eckpunktepapier der Bundesregierung zur Energiewende', URL: <http://www.bmu.de/uebrige-seiten/der-weg-zur-energie-der-zukunft-sicher-bezahlbar-und-umweltfreundlich/>, 01.06.2011, gepr. am 31.03.2013.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013): 'Energiewende sichern – Kosten begrenzen. Gemeinsamer Vorschlag zur Dämpfung der Kosten des Ausbaus der Erneuerbaren Energien', URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiewende-sichern-kosten-begrenzen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, 15.02.2013, gepr. am 31.03.2013.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013): 'Energiedaten', URL: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten/gesamtausgabe,did=476134.html>, 31.01.2013, gepr. am 24.02.2013.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): 'Energiekonzept 2050. Energiekonzept für eine umwelt schonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Stand Oktober 2011', URL: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf, 02.11.2011, gepr. am 31.03.2013.
- Cicholas, Ulrich; Ströker, Kerstin (2010): Modellrechnungen zur Entwicklung der Krankenhausfälle und der Pflegebedürftigkeit (Statistische Analysen und Studien Nordrhein-Westfalen; Band 66), Düsseldorf.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (lfd.): Fachserie 19 Reihe 2.2: Umwelt. Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Wiesbaden.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.a): 'Regionaldatenbank Deutschland', URL: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon>.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (o.J.b): 'Wanderungen', URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Wanderungen/Tabellen/WanderungenInsgesamt.html>, 20.12.2012, gepr. am 15.04.2013.

- Destatis - Statistisches Bundesamt (2009): Fachserie 19 Reihe 2.2: Umwelt. Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung - 2007 , Wiesbaden.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (2013): Fachserie 19 Reihe 2.1.1: Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Wasserversorgung - 2007 , Wiesbaden.
- Gausemeier, Jürgen u.a. (1996): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien , 2., bearb. Aufl., München [u.a.].
- Hecht, Dieter; Werbeck, Nicola (2012): 'Öffentliche Wasserwirtschaft im Gebiet von Emschergenossenschaft und Lippeverband und in angrenzenden Regionen', URL: http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/Publikationen/2012/Publikation-Nr-27--ffentliche-Wasserwirtschaft-EGLV_angrenzende-Regionen/Nr%2027%20Juli%202012%20%C3%96ffentliche%20Wasserwirtschaft%20im%20Gebiet%20von%20Emschergenossenschaft%20und%20Lippeverband%20und%20in%20angrenzenden%20Regionen.pdf, 26.07.2012, gepr. am 12.08.2012.
- IER u.a. (2010): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030. Energieprognose 2009. Hauptbericht , Stuttgart, Essen, Mannheim.
- IT.NRW - Information und Technik NRW (o.J.): 'Landesdatenbank Nordrhein-Westfalen', URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/logon>.
- IT.NRW - Information und Technik NRW (2010): 'Regionalisierte Schülerprognose NRW 2010', URL: http://www.it.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2010/pdf/171_10.pdf, 22.10.2010, gepr. am 24.11.2011.
- IT.NRW - Information und Technik NRW (2012a): 'Diagnosestatistik in Nordrhein-Westfalen 2010', URL: <https://webshop.it.nrw.de/gratis/A399%20201000.pdf>, 06.02.2012, gepr. am 10.02.2013.
- IT.NRW - Information und Technik NRW (2012b): 'Vorausberechnung der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens 2011 bis 2030/2050', URL: http://www.it.nrw.de/statistik/analysen/stat_studien/2012/band_72/z089201251.pdf, 21.03.2013, gepr. am 21.03.2013.
- Kluge, Thomas u.a. (2007): Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW). Ergebnisbericht , Frankfurt am Main, Darmstadt.
- KMK - Kultusministerkonferenz (2005): 'Prognose der Studienanfänger, Studierenden und Hochschulabsolventen bis 2020', URL: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2005/2005_10_01-Studienanfaenger-Absolventen-2020.pdf, 19.10.2005, gepr. am 24.11.2011.
- Lander, Bettina (2010): Bildungsreport Nordrhein-Westfalen 2010 (Statistische Analysen und Studien Nordrhein-Westfalen; Band 68), Düsseldorf.
- Lautenschlager, M. u.a. (2009): Climate Simulation with CLM. Climate of the 20th Century run no.1 / no.2, Scenario A1B run no.1 / no.2, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate .
- Prettenthaler, Franz; Dalla-Via, Andreas (Hrsg.) (2007): Wasser & Wirtschaft im Klimawandel. Konkrete Ergebnisse am Beispiel der sensiblen Region Oststeiermark (Konkrete Ergebnisse am Beispiel der sensiblen Region Oststeiermark), Wien.
- Prognos AG (2007): 'Regionalökonomische Auswirkungen des Steinkohlenbergbaus in Nordrhein-Westfalen. Endbericht. Studie im Auftrag des GVSt', URL: http://www.gvst.de/dokumente/fachbeitraege/PrognosStudie_06092007.pdf, 17.09.2007, gepr. am 15.08.2011.

- Prognos AG u.a. (2010): 'Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Projekt Nr. 12/10 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin', URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/studie-energieszenarien-fuer-ein-energiekonzept,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>, 20.09.2010, gepr. am 04.07.2011.
- Quirnbach, Markus u.a. (2012): 'Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region. Analysen zu den Parametern Lufttemperatur und Niederschlag', URL: http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/Publikationen/2012/dynaklim_Publikation_Nov_papadakis_KW-idELR/Nr.%2030%20November%202012%20Auswirkungen%20des%20Klimawandels%20in%20der%20Emscher-Lippe-Region%3B%20Analysen%20zu%20den%20Parametern%20Lufttemperatur%20und%20Niederschlag.pdf.
- Quirnbach, Markus u.a. (2013): 'Regionale Szenarien zum Klima- und sozioökonomischen Wandel der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet)', URL: http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/kompakt/dynaklim_kompakt_15_Szenarien_ELRO/Nr.%2015%20Juli%202013%20M.%20Quirnbach%2C%20E.%20Freist%2C%20BChler%2C%20M.%20Kersting%2C%20B.%20Wienert%3B%20Regionale%20Szenarien%20zum%20Klima-%20und%20sozio%2C%20B6konomischen%20Wandel%20der%20Emscher-Lippe-Region.pdf.
- Schüle, Ralf (2011): Wissenscocktails für den Emscher-Strand. Szenarien als Verfahren der Wissensintegration in der Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien (dynaklim-Publikation; Nr. 19), Essen.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2012): 'Kindertagesbetreuung regional 2012', URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Soziales/KinderJugendhilfe/KindertagesbetreuungRegional5225405127004.pdf?__blob=publicationFile, 29.11.2012, gepr. am 10.02.2013.
- Ströker, Kerstin (2007): 'Modellierung von Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Bevölkerung mit Migrationshintergrund in NRW', URL: http://www.it.nrw.de/statistik/analysen/stat_studien/2007/band_42/stroeker_42.pdf, 28.03.2007, gepr. am 14.04.2013.
- Wenzel, Bernd; Nitsch, Joachim (2010): 'Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global', URL: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/langfristszenarien_ee_bf.pdf, 25.02.2011, gepr. am 31.03.2013.
- Winterfeld, Uta von (2011): 'So wollen wir Leben! Erzählte Szenarien und ein Leitbild. Dokumentation der Zukunftsworkshops', URL: http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/Berichte/Zusammenf-Zukunftsworkshops_dynaklim_1102/U.%20v.%20Winterfeld%2C%20Dokumentation%20der%20Zukunftsworkshops.pdf.

Ansprechpartner

Jens Hasse
hasse@fiw.rwth-aachen.de

Birgit Wienert
wienert@fiw.rwth-aachen.de

Projektbüro *dynaklim*

Mozartstraße 4
45128 Essen

Tel.: +49 (0)201 104-33 38

www.dynaklim.de