

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wassereinzugsgebiet „An den Graften“

Wasserbedarfsprognose

für den geplanten **Antrag**

auf Erteilung einer Bewilligung zur Entnahme von Grundwasser nach § 8 WHG

Verfasser: Rolf Wischhusen^{Dipl.-Ing.} / Christian Lippstreu^{M.Sc.}
Lührs Ingenieurbüro^{GmbH}
Schwachhauser Heerstraße 67
28211 Bremen
www.luehrs-ing.de

Datum: 27.02.2017
mit Ergänzungen vom 20.03.2017 bzw. 27.02.2018

Inhalt

1.	Allgemeines / Anlass	3
2.	Bestehende Wasserrechte / Liefermengen.....	5
3	Entwicklung der Wasserförderung und Wasserabgabe	6
3.1	Rohwasserfördermengen	6
3.2	Reinwasser- und Spülwassermengen	7
4	Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs.....	9
4.1	Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs für Delmenhorst	9
4.1.1	Ausgangswert nach Rd. Erl. d. MU vom 25.06.2007.....	9
4.1.2	Zukünftiger Wasserbedarf für Delmenhorst	10
4.1.3	Bevölkerungsentwicklung / demographischer Wandel	12
4.1.4	Bewertung der Versorgungssituation und erkennbare Risiken.....	15
4.1.5	Klima / Klimawandel	15
4.1.6	Pro-Kopf-Verbrauch / zukünftiger Wasserbedarf /weitere Entwicklungen	17
5	Zusammenfassung.....	20
6	Aussichten.....	21
7	Quellen.....	22

1 Allgemeines / Anlass

Das Wasserrecht für das Wasserwerk „An den Graften“ der Stadtwerke Delmenhorst GmbH (SWD) über eine Fördermenge von 2 Mio.m³/a ist seit 1997 erloschen. Seitdem gab es eine Erlaubnis für den vorzeitigen Beginn der Förderung.

Im Jahr 1998 hatte eine Überschwemmung der Förderbrunnen des WW. „An den Graften“ verschiedene Folgeschäden und Verkeimungen im Trinkwassernetz im Stadtgebiet Delmenhorst verursacht, die einen sehr hohen Aufwand zur Beseitigung der aufgetretenen Probleme erforderte.

Für das Wasserwerk „Annenheide“ wurde 2004 ein Wasserrecht über 3,2 Mio.m³/a erteilt. Im Jahr 2010 konnte die erforderlich gewordene Erweiterung des Wasserwerks „Annenheide“ fertig gestellt werden.

Zum Ausgleich der fehlenden Wassermengen aus dem WW „An den Graften“ wurde mit dem benachbarten Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOWV) ein Wasserliefervertrag geschlossen. Zusammen mit der Wasserlieferung über 0,9 Mio.m³/a vom OOWV konnten die Stadtwerke somit eine umfangreich modernisierte, nachhaltig und zukunftssicher ausgerichtete Trinkwasserversorgung für Delmenhorst herstellen.

Im Januar 2011 wurde daraufhin das Wasserwerk „An den Graften“ außer Betrieb genommen.

Nach starken Regenfällen kam es im darauffolgenden Sommer 2011 im weiteren Umfeld der Förderbrunnen im Bereich „An den Graften“ zu erheblichen Vernässungen mit z.T. offenen Wasserflächen im früheren Wassergewinnungsgebiet sowie zu Beschwerden aus der Bevölkerung über hohe Grundwasserstände, feuchte Kellerräume (usw.). Ferner ist es zu erheblichen Schäden an einer großen Anzahl von Bäumen in diesem Bereich gekommen. In der öffentlichen Diskussion in Delmenhorst wurde den Stadtwerken eine „Schuld“ an der Gesamtsituation gegeben.

Als kurzfristige Maßnahme wurde vom Rat der Stadt Delmenhorst beschlossen, die Wasserentnahme über die alten Förderbrunnen „An den Graften“ erneut aufzunehmen, um den Grundwasserspiegel wieder abzusenken. Die Untere Wasserbehörde hat nach Eingang des formlosen Antrages der Stadtwerke Delmenhorst für die Wiederaufnahme der Grundwasserentnahme umgehend -im Vorgriff auf das wasserrechtliche Verfahren— eine verbindliche Vorabgenehmigung am 21. September 2011 erteilt.

Die Wiederinbetriebnahme der Brunnen erfolgte am 29.09.2011 mit einer zweijährigen Befristung. Die derzeit geförderte Wassermenge von rd. 2 Mio.m³/a wird mit Zulassung der unteren Wasserbehörde über den „Hützeberggraben“ in die kleine „Delme“ abgeleitet.

Mit der veranlassten Wiederaufnahme der Grundwasserförderung wird eine Absenkung des Wasserspiegels herbeigeführt, die aus wasserwirtschaftlicher Sicht und aufgrund der mangelhaften Qualität des Rohwassers im Gebiet „An den Graften“ für eine neue Aufbereitungsanlage aus Sicht der öffentlichen Trinkwasserversorgung eigentlich nicht zu empfehlen ist.

In den letzten Jahren vor Außerbetriebnahme des Wasserwerkes „An den Graffen“ (2005-2009) lag die Entnahme bei etwa 2 Mio.m³/a. Zum Ende des Jahres 2010 wurde die Entnahme bereits stark zurückgefahren, so dass sich eine Jahresentnahme von rund 1,6 Mio.m³ ergab.

Im Jahr 2016 wurde eine Erneuerung von drei Förderbrunnen vorgenommen, damit die vorgenannte Wasserförderung weiter sichergestellt ist. Aktuell betreiben die Stadtwerke insgesamt vier Förderbrunnen für die Grundwasserabsenkung.

Aufgrund des Gesellschafterbeschlusses der Stadtwerke besteht die Aufgabe, einen neuen Wasserrechtsantrag für das Gebiet „An den Graffen“ zu erstellen. Die Stadtwerke haben in der öffentlichen Debatte der bestehenden Situation deutlich gemacht, dass sie befürchten, eine schlechtere Wasserqualität zu höheren Preisen den Verbrauchern in Delmenhorst zumuten zu müssen. Dennoch soll der politische Auftrag zur Erstellung des Wasserrechtsantrages und zur Schaffung einer technisch-wirtschaftlichen Lösung der Gesamtsituation zu einer gewissenhaften und umfassenden Bearbeitung führen.

Derzeit werden rd. 80.000 Einwohner in Delmenhorst mit Trinkwasser versorgt, es ist in den kommenden Jahren mit einer Steigerung der Bevölkerung auf bis zu 87.000 Einwohner zu rechnen.

Bei den Wasserbedarfsermittlungen und Zukunftsbetrachtungen ist zu berücksichtigen, dass ggf. das Wasserrecht für das Wasserwerk „Annenheide“ nur teilweise oder u.U. gar nicht wieder neu erteilt wird, ferner sind die Bezugsmengen aus dem Liefervertrag mit dem OOWV zu beachten.

2 Bestehende Wasserrechte / Liefermengen

Die Stadtwerke Delmenhorst GmbH betreibt das Wasserwerk „Annenheide“. Es besteht die wasserrechtliche Bewilligung zur Grundwasserentnahme nach **§ 8 WHG** gemäß dem Bewilligungsschreiben vom 10.12.2004 der Bezirksregierung Weser-Ems, Aktenzeichen 502.8-62011-1/4-5,

für eine Gesamtmenge von bis zu max. 360.000 m³/Monat
und 3.200.000 m³/Jahr.

Die gültige Bewilligung für das Wasserwerk „Annenheide“ ist befristet bis zum Jahr 2034.

Für das Wasserwerk „An den Graften“ besteht keine wasserrechtliche Zulassung des vorzeitigen Beginns zur Entnahme von Grundwasser mehr. Das Bewilligungsschreiben vom 11.03.1997 der damaligen Bezirksregierung Weser-Ems, Oldenburg, sowie die Zulassung des vorzeitigen Beginns der Grundwasserförderung die mit dem Änderungsbescheid vom 16.11.1999 erfolgte und erteilt wurde, ist am 03.08.2011 durch die zuständige Behörde aufgehoben worden.

Am 13.01.2011 wurde die Grundwasserförderung im Wasserwerk „An den Graften“ nach etwas über 100 Jahren eingestellt.

Die zusätzliche Trinkwasser-Liefermenge vom OOWV für die Stadt Delmenhorst ist bis zum Jahr 2029 mit rd. 900.000 m³/a vertraglich vereinbart.

Als Voraussetzung der erneuten Erteilung einer Bewilligung zur Grundwasserentnahme ist u.a. die vorliegende Wasserbedarfsprognose auf der Grundlage des Runderlasses des niedersächsischen Umweltministers vom 29.05.2015 zu erstellen (12).

3 Entwicklung der Wasserförderung und Wasserabgabe

3.1 Rohwasserfördermengen

Nachstehende Tabelle zeigt die Wasserfördermengen bzw. **Rohwassermengen** der Stadtwerke Delmenhorst im Zeitraum der letzten 10 Jahre (siehe Tab.1).

Im Jahr 2015 sind die höchsten Fördermengen im Wasserwerk „Annenheide“ und eine hohe Bezugsmenge vom OOWV entstanden (vgl. auch Tab.3), die weitestgehend auf den sehr warmen und trockenen Zeitraum im Juli/August 2015 zurückzuführen sind. Das Jahr 2016 hatte lange Zeiträume mit verhältnismäßig geringen Niederschlagsmengen, so dass hier ebenfalls hohe Wasserfördermengen und Bezugsmengen entstanden sind.

Jahr	WW. An den Graften [m³/a]	WW. Annenheide [m³/a]	Rohwassermenge Gesamt [m³/a]
2006	1.936.340	2.132.564	4.068.904
2007	1.890.732	2.108.776	3.999.508
2008	1.915.829	2.083.122	3.998.951
2009	2.010.288	2.148.516	4.158.804
2010	1.632.828	2.537.733	4.170.561
2011	30.466	2.919.022	2.949.488
2012	-	2.990.919	2.990.919
2013	-	3.077.044	3.077.044
2014	-	3.174.984	3.174.984
2015	-	3.425.508	3.425.508
2016	-	3.273.308	3.273.308
2017	-	3.307.381	3.307.381

Tabelle 1: Spalte 1: Rohwasserförderung Wasserwerk An den Graften
 Spalte 2: Rohwasserförderung Wasserwerk Annenheide
 Spalte 3: Rohwassermenge „An den Graften“ & „Annenheide“ gesamt

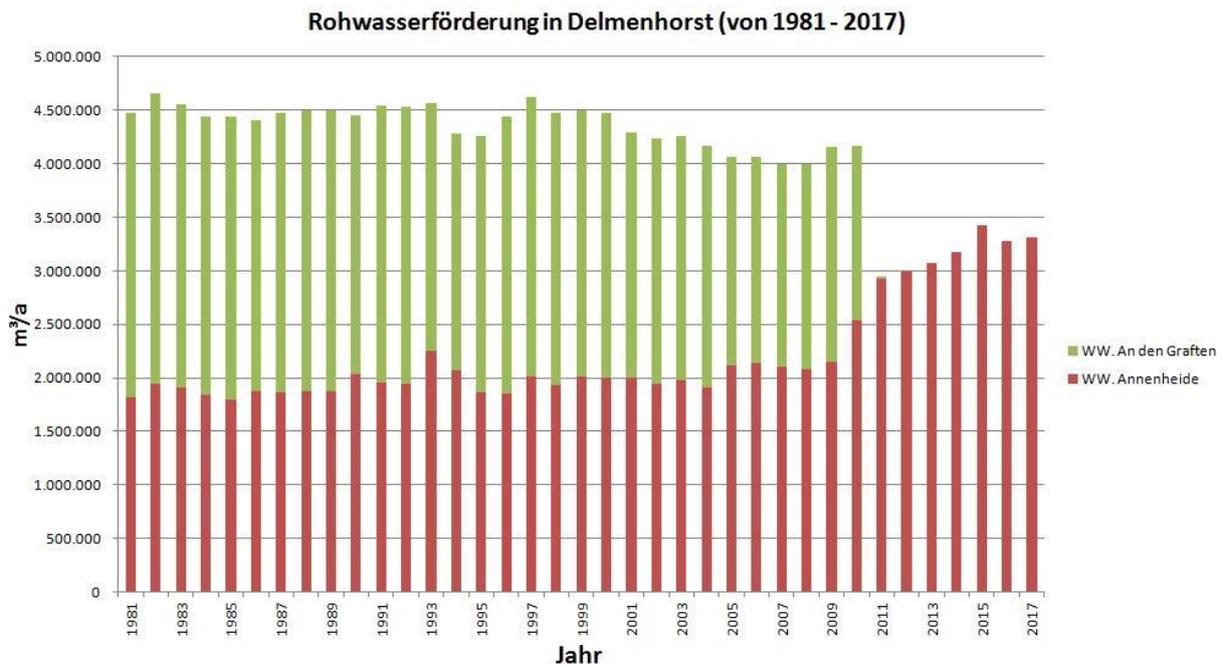


Abbildung 1: Rohwasserförderung in Delmenhorst in den letzten 36 Jahren

Die Rohwasserförderung der letzten 36 Jahre wird in Abbildung 1 dargestellt. Demnach schwankte die Wassermenge in diesem Zeitraum zwischen ca. 2.9 – 4.6 Mio.m³/a.

3.2 Reinwasser- und Spülwassermengen

Jahr	Wasserwerk „An den Graften“		Wasserwerk „Annenheide“		
	Spülwasser [m³/a]	Spülwasseranteil am Rohwasser [%]	Spülwasser [m³/a]	zusätzlicher Eigenbedarf	Spülwasseranteil am Rohwasser [%]
2008	42.653	2,2	36.798	0	1,6
2009	53.453	2,7	228.613	0	10,6*
2010	48.155	3,0	287.886	0	11,3*
2011	670	2,2	54.419	0	1,9
2012	-	-	52.088	0	1,7
2013	-	-	50.321	0	1,6
2014	-	-	48.945	0	1,5
2015	-	-	52.031	95.000	4,3**
2016	-	-	54.735	0	1,7
2017	-	-	52.095	0	1,6

Tabelle 2: Spülwassermengen der Wasserwerke „An den Graften“ und „Annenheide“ von 2008 bis 2017

* Der hohe Spülwasserbedarf ist auf den Einfahrbetrieb der neuen Aufbereitungsanlage zurück zu führen.

** Die hohe Spülwassermenge ist bedingt durch zusätzliches Spülen eines Brunnens

Jahr	Wasserwerk „An den Graften“ Reinwasserabgabe [m³/a]	Wasserwerk „Annenheide“ Reinwasserabgabe [m³/a]	OOWV Liefermenge [m³/a]	Gesamtmenge Reinwasser [m³/a]
2008	1.873.176	2.046.324	-	3.919.500
2009	1.956.835	1.919.903	-	3.876.738
2010	1.584.673	2.249.847	7.400	3.841.920
2011	29.796	2.864.603	898.429	3.792.828
2012	-	2.938.831	885.120	3.823.951
2013	-	3.026.723	898.058	3.924.781
2014	-	3.126.039	899.705	4.025.744
2015	-	3.278.477	900.255	4.178.732
2016	-	3.218.573	929.071	4.147.644
2017	-	3.255.286	913.877	4.169.163

Tabelle 3: Reinwasserabgabemengen der Stadtwerke Delmenhorst GmbH von 2008 bis 2017

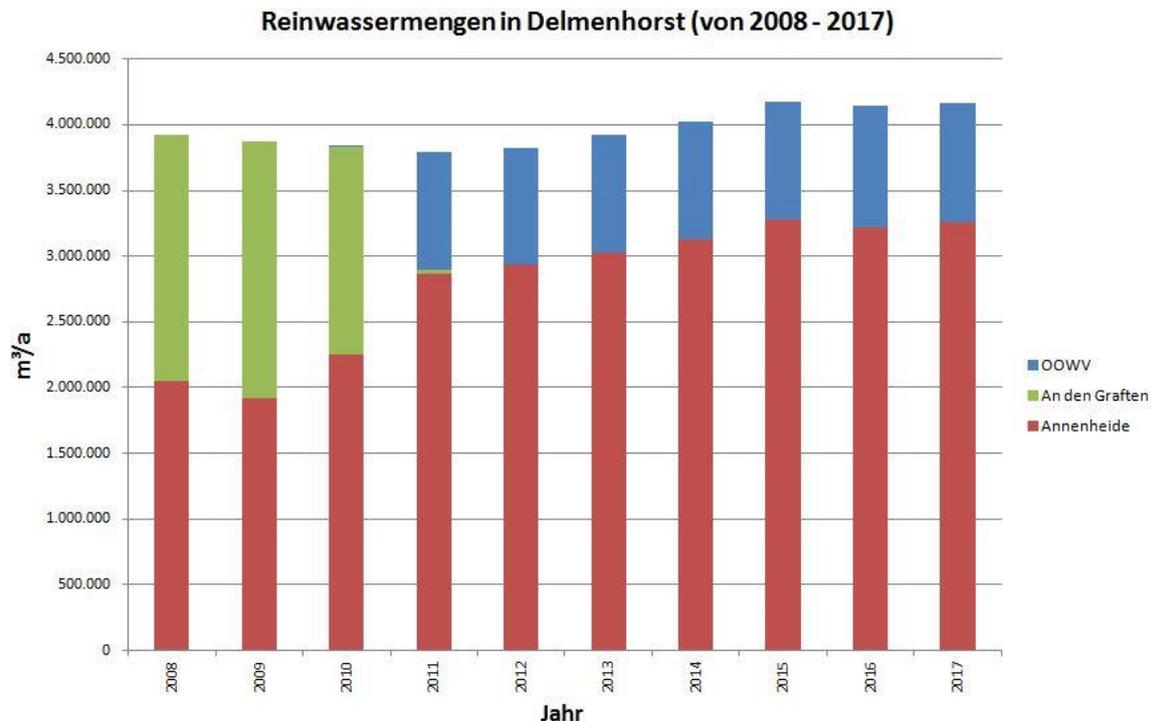


Abbildung 2: Entwicklung der Reinwasserabgabemengen in Delmenhorst in den letzten 9 Jahren

Die Reinwassermenge, also das in das Versorgungsnetz eingespeiste Trinkwasser der Wasserwerke „Annenheide“ und „An den Graften“, schwankt in den Jahren von 2008 bis 2017 erheblich. Dieses ist auf das allmähliche Umstellen der Wasserbezugsmengen von zwei Werken auf ein Wasserwerk und den zusätzlichen Fremdbezug zurück zu führen.

Seit 2012 wird die Stadt Delmenhorst komplett mit Trinkwasser aus dem Wasserwerk „Annenheide“ und die Lieferung durch den OOWV versorgt, da das Wasserwerk „An den Graften“ im Jahr 2011 für die Trinkwasseraufbereitung außer Betrieb genommen wurde.

In den letzten Jahren (seit 2011) verzeichnet die Stadt einen Bevölkerungszuwachs, u.a. im Zuge dessen musste die Wasserfördermenge des Wasserwerks „Annenheide“ kontinuierlich erhöht und an den tatsächlichen Wasserbedarf angepasst werden (vergleiche Abb. 4).

4 Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs

4.1 Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs für Delmenhorst

4.1.1 Ausgangswert nach Rd. Erl. d. MU vom 25.06.2007

Der zukünftige Wasserbedarf wird auf der Grundlage des Runderlasses des Niedersächsischen Umweltministers (Rd. Erl. d. MU) vom 25.06.2007, Erlass zur mengenmäßigen Bewirtschaftung des Grundwassers, [12], ermittelt.

Als **Ausgangswert** für die Bedarfsberechnung ist die Reinwasserabgabemenge des Wasserwerkes Annenheide von 2015 als höchster Verbrauchswert der letzten drei Jahre mit 3.278.477 m³/a anzusetzen. In diesem Jahr 2015 war auch die Summe der Abgabemenge zusammen mit der Wasserlieferung des OOWV über 900.255 m³ (insgesamt **4.178.732 m³**) der höchste Wert der letzten drei Jahre.

Der **Sicherheitszuschlag von 10%** und der **Trockenjahrzuschlag von 5%** soll als Mindestaufschlag eingeplant werden, da jahreszeitliche und witterungsbedingte Schwankungen durch die Eigenförderung ausgeglichen werden müssen. Im Jahr 2015 lag trotz der höheren Abgabemengen kein extremes Trockenjahr zugrunde, so dass die Zuschläge in vollem Umfang zu berücksichtigen sind.

Der Sicherheitszuschlag ist mit 10% der Reinwasserabgabemenge (417.873 m³) relativ gering bemessen und kann einen umfangreichen bzw. längerfristigen Ausfall eines Wasserwerkes allein nicht kompensieren.

Der Trockenjahrzuschlag ist mit 5% (208.937 m³/a) der Abgabemenge nicht sehr hoch, da bereits die Veränderungen der gesamten Abgabemengen in den letzten sieben Jahren von 2011 (3.792.828 m³) bis 2015 (4.178.732 m³) = 385.904 m³ betragen haben. Diese Mengen sind weitgehend auf das Verbraucherhalten zurückzuführen. In dieser Zeit hat sich eine nur sehr geringe Veränderung der Bezugsmengen vom benachbarten OOWV mit 1.826 m³ ergeben, so dass der Ausgleich der Mengen weitestgehend durch die eigene Wasserförderung und -aufbereitung erforderlich wurde.

Die Rohrleitungsverluste des Rohrnetzes (für Undichtigkeiten, Rohrbrüche u. dergl.), der Bedarf der Feuerwehr für Löschübungen und Einsatzzwecke sowie die Spülwassermengen für die Pflege des Rohrnetzes sind in der Reinwasserabgabemenge enthalten, da sich die entsprechenden Messeinrichtungen in den Ausgangsleitungen des Wasserwerkes Annenheide befinden.

Der Eigenverbrauch des Wasserwerkes für Filterrückspülungen/Reinigungszwecke usw. ist anhand der langjährigen Messungen berücksichtigt worden. Generell ist der Aufbereitungsbetrieb gut optimiert. Für die Zukunft sollte jedoch ein Eigenverbrauch von mindestens 167.150 m³/a (entsprechend einem kalkulatorischen Wert von 4 %) gerechnet

werden. In dem bisher abgabestärksten Jahr 2015 hat der Spülwasseranteil an der Rohwasserfördermenge bereits 4,3% betragen. Der entstandene Bedarf ist auf eine zusätzliche Brunnenspülung in diesem Jahr zurückzuführen.

Der Wasserbedarf der Industrie aus dem öffentlichen Netz ist bei Betrieben mit mehr als 50.000 m³ Abnahme pro Jahr gesondert zu erfassen und einzurechnen. Folgende Liefermengen wurden im Jahr 2016 an Großabnehmer geliefert:

	CSM Deutschland GmbH gesamt	Könecke Fleischwarenfabrik GmbH & Co.KG
Wasserliefermenge 2016	103.761 m ³ /a	285.922 m ³ /a
10 % Sicherheitszuschlag	10.376 m ³ /a	28.592 m ³ /a
5 % Trockenjahrreserve	5.188 m ³ /a	14.296 m ³ /a
Aufschlag gesamt	15.564 m³/a	42.888 m³/a
Liefermenge gesamt	119.325 m³/a	328.810 m³/a

Auf diese Betriebe soll ebenfalls ein Sicherheitszuschlag von 10% und ein Trockenjahrzuschlag von 5% angerechnet werden. Für die Firmen Könecke und CSM sollten insgesamt also $448.135 \text{ m}^3/\text{a} - (50.000 \text{ m}^3 \times 2) = \mathbf{348.135 \text{ m}^3/\text{a}}$ zusätzlich bereitgestellt werden können.

Die vorstehenden Ansätze sind der Grundlage für die Berechnungen des Gesamtbedarfs für das gesamte Versorgungsgebiet der Stadtwerke Delmenhorst GmbH.

4.1.2 Zukünftiger Wasserbedarf für Delmenhorst

Für die Wasserförderung „An den Graften“ wird als zu beantragende, zukünftige Antragsmenge der folgende Ansatz gewählt:

4.1.2.1 Weiterbetreiben der bereits bewilligten Entnahmemenge von derzeit 3,2 Mio m³/a im WW Annenheide (ohne Überschreitung)

4.1.2.2 Einstellung der Wasserlieferung des OOWV

Es ist davon auszugehen, dass der OOWV eine Fortsetzung des Liefervertrages nicht anstreben wird und einer Beendigung der Lieferung eher zustimmt als auf einer Verlängerung hinzuwirken, daher:

Beendigung des Wasserbezugs durch den OOWV um 900.000 m³/a

4.1.2.3 Zukünftiger Gesamtbedarf DEL ohne Sonderentwicklungen

Zur Ermittlung der aus dem Bereich „An den Graften“ zu fördernden Menge wird zunächst der Gesamtbedarf der Trinkwasserversorgung für Delmenhorst anhand der vorstehenden Ansätze und Erläuterungen zusammengefasst:

Stadtwerke Delmenhorst GmbH Zukünftiger gesamter Wasserbedarf DEL ohne Sonderentwicklungen		
Höchste Reinwasserabgabemenge der letzten 3 Jahre (2015)	3.278.477	m³/a
Reinwasserbezugsmenge vom OOWV im Jahr des höchsten Verbrauches der letzten 3 Jahre (2015)	+ 900.255	m³/a
Höchste Reinwasserabgabemenge der letzten 3 Jahre (2015) -GESAMT-	4.178.732	m³/a
10 % Sicherheitszuschlag	+ 417.873	m³/a
5 % Trockenzuschlag	+ 208.937	m³/a
4 % Eigenverbrauch Wasserwerk	+ 167.149	m³/a
Zuschlag für positive Bevölkerungsentwicklung	s. folgende Abschnitte	
Zuschlag der Großabnehmer	+ 348.135	m³/a
Gesamtbedarf zukünftig /Zwischensumme ohne Sonderentwicklungen	5.320.826	m³/a

Tabelle 4: Wasserbedarfsprognose DEL, gesamt ohne Sonderentwicklungen

4.1.2.4 Zukünftige Wasserfördermenge im Bereich „An den Graften“

Die anteiligen Sicherheits-, Trockenjahr- und Eigenbedarfszuschläge sind beim Wasserwerk Annenheide in den Aufstellungen zum Gesamtbedarf DEL enthalten. Aus den vorstehenden Ansätzen ergibt sich eine Mindest-Fördermenge für das Wasserwerk „**An den Graften**“ die im Abschnitt 5 näher aufgezeigt wird.

Auf die vorstehende Fördermenge des Bereiches „An den Graften“ (inkl. Sicherheit, Trockenjahr und Eigenbedarf des WW) sind weiteren Zuschläge für absehbare Entwicklungen zu erheben (siehe folgende Abschnitte).

4.1.3 Bevölkerungsentwicklung / demographischer Wandel

Es ist davon auszugehen, dass sich die Zahl der Einwohner in Delmenhorst bei gleichbleibendem Wanderungssaldo kurz- bis mittelfristig noch weiter erhöhen wird. Dem demographischen Wandel nach zu urteilen, wird die Gesamtbevölkerung Deutschlands in Zukunft hingegen stark abnehmen. Prognosen des statistischen Bundesamtes in Wiesbaden zufolge ergeben sich verschiedene Szenarien in Bezug auf die relative Veränderung der Bevölkerungszahlen bis ins Jahr 2060. Demnach verringert sich die Einwohnerzahl in Deutschland von derzeit ca. 82 Mio. Einwohnern auf ca. 73 Mio. Einwohner im Jahr 2060 bei stärkerer Zuwanderung, respektive auf ca. 67,5 Mio. bei schwächerer Zuwanderung (Abb. 3).

Die Abbildung 4 zeigt die Bevölkerungsentwicklung in Delmenhorst im Laufe der letzten 30 Jahre. Während Delmenhorst durch die Ansiedlung eines der größten Unternehmen Deutschlands („Nordwolle“) früher stetig anwuchs und auch nach der Schließung im Jahre 1981 ein starkes Zuwanderungsplus verzeichnen konnte (v.a. zum Ende der achtziger Jahre im Zuge der Osteuropa-Erweiterung), kam es ab den neunziger Jahren zu einer Abnahme der Bevölkerungszahlen.

Delmenhorst verzeichnet momentan wieder einen größeren Zuwachs v.a. aus Flüchtlingsströmen. Im Zeitraum von 2010 – 2015 gab es einen Anstieg von Einwohnern ausländischer Herkunft an der Gesamtbevölkerung Delmenhorsts um 12,2% (4). Für den Zeitraum der vergangenen 30 Jahre ergibt sich ein Gesamtzuwachs in der Bevölkerung von 10.706 Einwohnern (+14%).

Die Stadtverwaltung der Stadt Delmenhorst hat aufgrund des starken Anstiegs die bisherige Bevölkerungsprognose am 24. Mai 2016 angehoben (7). Demnach könnten im Maximalfall **bis zu 87.040 Einwohner** im Jahr 2025 in Delmenhorst leben.

Die drei angenommenen Szenarien mit 6.560 Zuwanderern (maximal), 4.090 (mittel) und 1.610 (schwache Zuwanderung) liegen entsprechend weit auseinander. Da die mittlere Variante als die Wahrscheinlichste gilt und als Grundlage für zukünftige Bedarfsplanungen der Stadt dient, orientiert sich diese Bedarfsprognose ebenfalls daran (siehe Abschnitt 4.1.6).

Demnach geht die mittlere Variante bis 2025 ohne Zuwanderung von einem größeren Bevölkerungsverlust von bis zu 2.000 Menschen aus, da mehr Menschen sterben als geboren werden.

In der hohen Variante wurde von weniger Sterbefällen, mehr Geburten und mehr Zuwanderung ausgegangen.

Die niedrigere Variante geht entsprechend von höheren Sterberaten, stärkerer Abwanderung und weniger Zuwanderung aus. Auch wenn beide Varianten als „extrem“ angesehen werden können, bleibt doch aufzuzeigen, wie schwer zurzeit die Bevölkerungsprognosen in Verbindung mit Wanderungsbewegungen v.a. im Hinblick auf die Entwicklung der Flüchtlingszahlen sind.

Dementsprechend könnten diese Szenarien im Hinblick auf die Stadtentwicklung durchaus auch eine Rolle spielen.

Für die Bevölkerungsentwicklung der Stadt Delmenhorst in den nächsten Jahren sind, abgesehen von der Altersentwicklung, die tatsächlichen Wanderungsbewegungen von entscheidender Bedeutung für den zu erwartenden Umfang der Bevölkerungszahlen.

Eine besonders starke Schwankung im Bevölkerungssaldo kann bei der Altersgruppe der 30- bis 49-jährigen im Zusammenhang mit dem Bau von Häusern und Wohnungen erwartet werden. Diese Altersgruppe reagiert besonders sensibel auf sich verändernde Bedingungen im Immobilien- und Arbeitsmarkt. So gab es im Zeitraum seit 2010 starke Wanderungsgewinne in dieser Altersgruppe (+550 jährlich).

Bislang war die Stadt Delmenhorst in den letzten Jahren in der Lage, die Zuzüge (v.a. durch viele Flüchtlinge und bulgarische und rumänische Übersiedler) am Wohnungsmarkt aufzufangen. Das lässt sich exemplarisch gut am Ortsteil „Düsternort“ aufzeigen. „Dort ging die Bevölkerungszahl kontinuierlich zurück, aber es wurden nur vergleichsweise wenige der alten Häuser abgerissen. So gab es dort Leerstände, die nun durch die Zuwanderung gefüllt wurden“ = Zitat aus: (7).

Dieses hängt anscheinend auch mit der Bereitschaft der Neuankömmlinge zusammen, Wohnungen als Mieter zu belegen, die auf dem Wohnungsmarkt bislang als schwer vermittelbar galten. Aufgrund dieser gegenläufigen Entwicklung und der Annahme, dass der Wohnungsmarkt in Delmenhorst 2020 erschöpft sein könnte, spricht vieles für die mittlere Variante die von 81.488 Einwohnern im Jahr 2025 ausgeht. Dieses entspräche ungefähr der aktuellen Einwohneranzahl von Delmenhorst mit derzeit 81.252 E (Stand 2016) und einer Gesamtbevölkerungszunahme von unter 1%.

Selbstverständlich bleiben bei allen Annahmen und Szenarien immer Ungewissheiten in der zu betrachtenden Gebietseinheit (z.B. Betriebserweiterungen & -abnahmen, Änderungen im Wohnungsbestand).

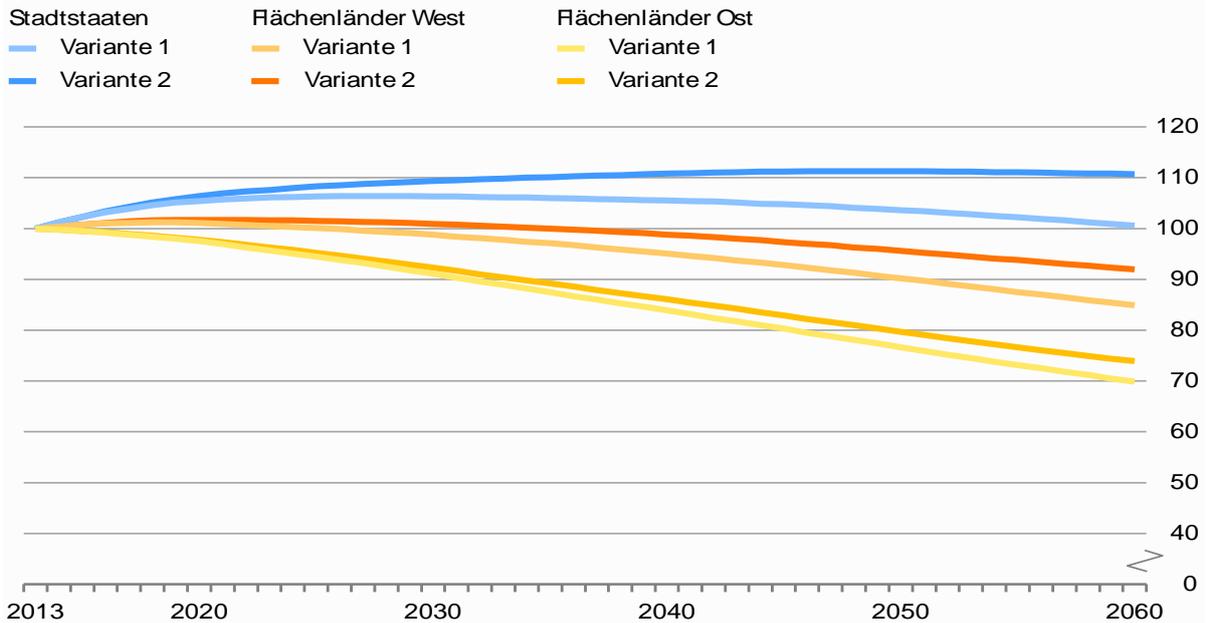
Integration von Flüchtlingen und Familienzusammenführungen sowie bundespolitische Entscheidungen (z.B. Zweitwohnsitzsteuern) können einen erheblichen Einfluss auf den Zu- bzw. Wegzug aus einer Region bedeuten. Eine genaue Vorhersage bleibt also problematisch und ungenau.

Der kurzfristige Anstieg der zu versorgenden Einwohner in Delmenhorst von bis zu ca. 6.000 Einwohnern (bis auf ca. 87.000 E) würde einen **zusätzlichen Wasserbedarf** bewirken von:

$$6.000 \text{ E} \quad \times \quad 126 \text{ L/E*d} \quad \times \quad 365 \text{ d/a} \quad = \quad \underline{\underline{275.940 \text{ m}^3/\text{a}}}$$

Diese Menge sollte aus Gründen der Versorgungssicherheit für den Bedarf berücksichtigt werden, unabhängig von größeren Schwankungen der Einwohnerzahlen und vom tatsächlichen Pro-Kopf-Verbrauch. Die Gesamtmenge des Bevölkerungszuwachses kann in den kommenden fünf bis zehn Jahren erforderlich werden, da beide spezifischen Ansätze keine spekulativen Faktoren in größerem Umfang enthalten.

Schaubild 2 **Relative Veränderung der Bevölkerungszahl bis 2060 in Prozent**
 Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung¹
 2013 = 100%



¹ Entspricht folgenden Annahmen für Deutschland: Geburtenrate 1,4 Kinder je Frau, Lebenserwartung bei Geburt 2060 für Jungen 84,8/ Mädchen 88,8 Jahre, langfristiger Außenwanderungssaldo 100 000 Personen pro Jahr (Variante 1) bzw. 200 000 Personen pro Jahr (Variante 2). Die Binnenwanderung findet in dieser Modellrechnung bis 2039 statt.

2015 - 08 - 0812

Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung in den Bundesländern bis 2060 mit verschiedenen Szenarien bezogen auf Zuwanderungssaldo, Geburtenrate und Lebenserwartung, © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015

Bevölkerungsentwicklung von 1985 - 2015

Stadt Delmenhorst - Fachdienst Stadtentwicklung und Statistik

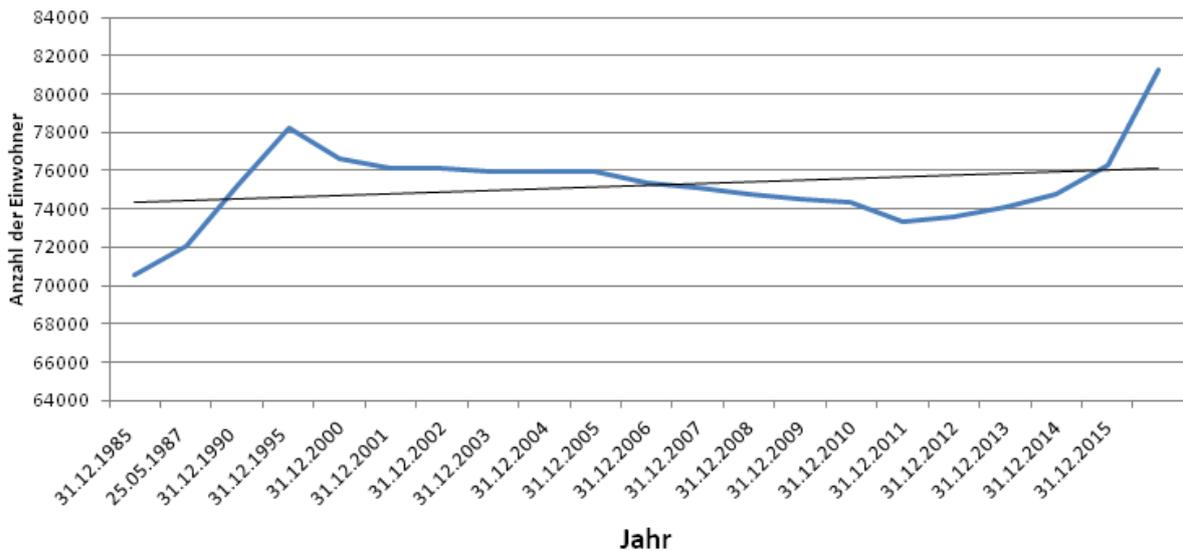


Abbildung 4: Bevölkerungsentwicklung der Stadt Delmenhorst in den letzten 30 Jahren, die Zahlen basieren auf den amtlichen Bevölkerungszahlen des Fachdienstes Stadtentwicklung und Statistik.

4.1.4 Bewertung der Versorgungssituation und erkennbare Risiken

Die Situation der Trinkwasserversorgung im Stadtgebiet Delmenhorst zeigt, dass es in den Versorgungsnetzen der Stadtwerke Delmenhorst GmbH auch in Jahren hoher Trockenheit (z.B. im Sommer 2015) keine Versorgungsengpässe gab. Dies bestätigt grundsätzlich die Leistungsfähigkeit des Leitungssystems. In Bezug auf die Deckung des Wasserbedarfs hat sich insbesondere das Zusammenwirken der Eigengewinnung aus Grundwasser und dem Fremdbezug des OOWV bisher als tragfähige Lösung gezeigt.

Allerdings zeigt sich auch, dass die Grenze der Leistungsfähigkeit des 1974 in Betrieb genommenen und 2010 erweiterten Wasserwerkes „Annenheide“ hinsichtlich der genutzten Rohwasserfördermenge erreicht ist.

In Bezug auf die bewilligte Fördermenge von 3.2 Mio. m³/a im Gebiet Annenheide, die in den letzten drei Jahren voll ausgeschöpft und teilweise leicht überschritten wurde, könnten sich bei länger anhaltendem Sommerwetter sowie einem Bevölkerungszuwachs in den nächsten Jahren neue Bedarfsspitzen ergeben. Die Reinwasserabgabemenge hat sich von 2011 bis 2015 um ca. 386.000 m³ erhöht. Dies zeigt den zusätzlichen Bedarf an Wasser auf, der aktuell in Delmenhorst besteht. 2011 war eine solche Erhöhung der Abgabemenge nicht absehbar.

Im Zuge eines Anlagenausfalls im Wasserwerk „Annenheide“, z.B. bei einem größeren Rohrbruch könnte es zu Beeinträchtigungen in der Versorgungssicherheit kommen.

Weitere Nutzungskonflikte im Bereich des Grundwasservorkommens könnten sich zum Beispiel mit der Landwirtschaft entwickeln, wenn durch Trockenperioden die Notwendigkeit einer künstlichen landwirtschaftlichen Beregnung und damit eine weitere, verstärkte Grundwasserentnahme in den Einzugsgebieten der Wasserwerke zunehmen sollte.

Eine zukünftige Erhöhung der Bewilligungsmenge für das Wasserwerk „Annenheide“ wird nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse weitestgehend ausgeschlossen sein, damit in diesem Bereich keine nachteiligen Entwicklungen der hydrogeologischen, wasserchemischen, bodenkundlichen und naturschutzfachlichen Rahmenbedingungen in dem Einzugsgebiet der Brunnen entstehen.

4.1.5 Klima / Klimawandel

Nach der überwiegenden Einschätzung sehr vieler Klimatologen ist nicht auszuschließen bzw. vermehrt davon auszugehen, dass es im Zuge des Klimawandels zu einem häufigeren Auftreten von heißen Sommern, längeren Trockenperioden und stärkeren Hitzewellen und somit zu neuen Verbrauchsspitzen kommt. Diese Entwicklungen können generell eine Anpassung der Leistungsfähigkeit von Wasserwerken und ihren Rohrnetzen erforderlich machen.

Laut der „World Meteorological Organization (WMO)“ war der Zeitraum 2011 bis 2015 die wärmste Fünf-Jahres-Periode weltweit seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen im Jahre 1880. Das Jahr 2015 verzeichnete einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 0,76 °C im Jahresmittel gegenüber der Referenzperiode von 1961-1990 und sogar über 1°C gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum (1).

Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt den natürlichen Grundwassergang im Bundesland Niedersachsen seit 1914 (3). Hierbei ist auffällig, dass der Abstich [m], also die Höhendifferenz zwischen Bezugspunkt (Messpunkt) und dem Grundwasserspiegel, seit ca. 1970 erheblich zunimmt. Dies kann unter Umständen auf die Zunahme von Trockenperiode-Ereignissen in der Vergangenheit deuten. Desweiteren kommt es im Zuge des Klimawandels zu extremeren und häufiger auftretenden Niederschlagsmengen (v.a. in den Wintermonaten), wie es u.a. die Daten der benachbarten Wetterstation am Bremer Flughafen zeigen (Abb.6).

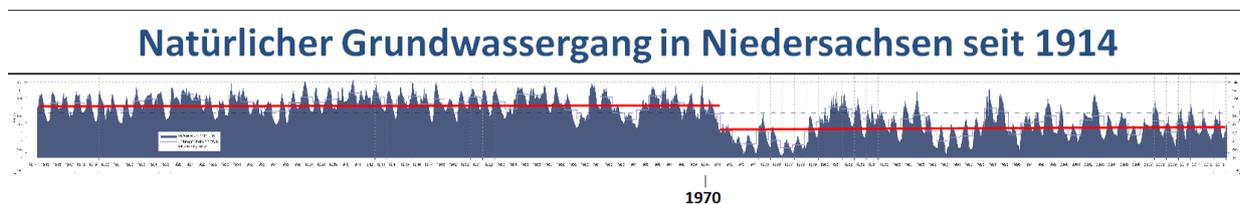


Abbildung 5: Natürlicher Grundwassergang in Niedersachsen seit 1914

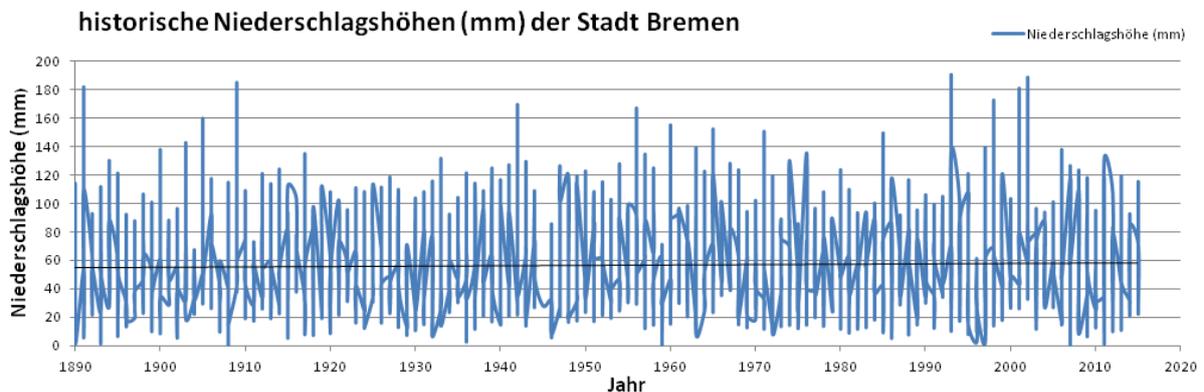


Abbildung 6: historische Niederschlagshöhen (mm) der Stadt Bremen

Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wird die mittlere Niederschlagsmenge, basierend auf Projektionsrechnungen bis zum Jahr 2055, in manchen Regionen Deutschlands im Winter um mehr als 40% zunehmen und im Sommer um bis zu 40% abnehmen (2). Somit sollte bzw. muss künftig von trockeneren Sommern und niederschlagsreicheren Wintern ausgegangen werden, welche eine weitere Spreizung zwischen Grund- und Spitzenbedarf der Wasserwerke bedeuten.

Aus diesen Prognosen lässt sich derzeit noch kein Faktor für die Entwicklung der jährlichen Wasserbedarfsmengen ableiten.

Die beschriebenen Trockenzeit- und Niederschlagsperioden werden sich u.U. im Jahresmittel weitestgehend ausgleichen, können allerdings für die Bereitstellung der stündlichen, täglichen und ggf. auch monatlichen Anlagenkapazitäten von größerer Bedeutung sein.

In diesem Zusammenhang wird auf das DVGW-Arbeitsblatt W410 „Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen“ und den Fachartikel in der DVGW-Zeitschrift „gwf-Wasser“(10) verwiesen:

Im Arbeitsblatt wurden Stundenspitzenlast- und Tagesspitzenlastfaktoren ermittelt bzw. empfohlen, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des DVGW-Arbeitsblattes im Dezember 2008 noch sehr hoch erschienen. Inzwischen sind aber bei verschiedenen Spitzenlastereignissen (z.B. im Jahr 2015) von verschiedenen Versorgungsunternehmen die Spitzenlastwerte nachweislich bestätigt worden.

Hierzu hat die Hessenwasser GmbH den vorgenannten Fachbeitrag in der Zeitschrift „gwf“ Nr. 06/2016, S.638 - 646: „*Das Spitzenlastereignis 2015 im Versorgungsgebiet der Hessenwasser GmbH & Co.KG*“ (10) veröffentlicht, der anhand des Sommers 2015 die erreichten Spitzenlastfaktoren darstellt und mit dem DVGW-Arbeitsblatt vergleicht.

4.1.6 Pro-Kopf-Verbrauch / zukünftiger Wasserbedarf /weitere Entwicklungen

Es gibt in den letzten Jahren (und auch aktuell) zu berücksichtigende Entwicklungen, die den Wasserbedarf der Bevölkerung mindern. So führten z.B. neue **wassersparende Geräte** (Armaturen, Spartasten an WCs, Geschirrspüler, Waschmaschinen usw.), ein zunehmend ökologisches Bewusstsein der Bevölkerung und ein allgemeines Kostenbewusstsein (auch aufgrund der Abwassergebühren) zu einem geringeren Gesamt-Pro-Kopf-Verbrauch in den zurückliegenden Jahren. So lässt sich beispielsweise der Wasserverbrauch in einem Vier-Personen Haushalt durch den Einsatz moderner Armaturen um mehrere tausend Liter Wasser im Jahr vermindern (2).

Generell ist davon auszugehen, dass die Optimierung des Wasser- und Energiebedarfs in Zukunft im technischen Bereich nicht unbegrenzt fortgeführt werden kann, da es ein Zusammenspiel zwischen der Mechanik der Maschinen, der Waschdauer, Waschttemperatur und Leistungsfähigkeit der eingesetzten Waschmittel gibt, dem natürliche Grenzen gesetzt sind (2).

Im Zeitraum 1970 lag der **Pro-Kopf-Verbrauch** bei etwa 140 Litern. Für das Jahr 2000 wurde mit einer Zunahme dieses Wertes um gut 50 % auf 220 Liter gerechnet. Auch 1993 prognostizierte das Umweltbundesamt noch einen steigenden Wasserverbrauch (5). Laut dem Landesamt Statistik in Niedersachsen, ging der Pro-Kopf-Verbrauch von Wasser von 2007 bis 2013 um insgesamt 1,3 % zurück.

Derzeit gibt es im Bundesland Niedersachsen einen durchschnittlichen personenbezogenen Wasserbedarf von ca. 126 Liter pro Tag (6). Das Bundesamt für Statistik geht davon aus, dass es bis zum Jahr 2030 zu einem leichten Rückgang auf 122 Liter Pro Kopf und Tag kommen wird (Tab. 5).

Lag der Pro-Kopf-Verbrauch in Delmenhorst während der letzten 20 Jahre im Mittel noch bei $53,8 \text{ m}^3/\text{a} = 147 \text{ L/E,d}$ (8), könnte er im Jahr 2030 bei ca. $46 \text{ m}^3/\text{a}$ (gleichbleibender Bedarf von 126 L/E,d), respektive ca. $44,5 \text{ m}^3/\text{a}$ ($=122 \text{ L/E,d}$) bei weiterer Wassereinsparung liegen. Für die Berechnungen der Veränderungen der Bevölkerungszahlen werden 126 L/E,d angesetzt.

	aktuell	Prognose im Jahr 2030 (m^3/a)		
		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Bevölkerungszahl Delmenhorst	81.252	75.934	87.000	81.488
Wasserbedarf pro Kopf Stand 2016	126 (L/d)			
Wasserbedarf Szenario „konstant“ pro Kopf / Gesamt	126 (L/d)	3.492.205	4.001.130	3.747.633
Wasserbedarf Szenario „sparsam“ pro Kopf (L/d) / Gesamt	122 (L/d)	3.381.341	3.874.110	3.628.661

Tabelle 5: Wasserbedarf der Bevölkerung (Haushalt, einschl. Kleingewerbe (80% d. Gesamtbedarfs)), gezeigt werden pro Kopf Verbrauch pro Tag sowie Wasserbedarfsmengen im Jahr unter Berücksichtigung von drei Bevölkerungsszenarien (7) sowie zwei Verbrauchstrends. Ein Anstieg des Wasserverbrauchs wurde im Hinblick auf v.a. technische Neuerungen nicht berücksichtigt.

Die relativ geringen Änderungen der Gesamtmengen zwischen den drei dargestellten Szenarien werden nicht für die Addition zusätzlicher Mengen zum Gesamtbedarf zugrunde gelegt.

Grundsätzlich haben neue **Industrie- und Gewerbebetriebe** nur noch einen verhältnismäßig geringen Anteil am Trinkwasserverbrauch – so wird es hauptsächlich noch für die Belegschaft, Kunden oder in der Getränke- und Lebensmittelproduktion eingesetzt (10). Der Bedarfsanteil ist deshalb nur bei kleinräumigen Betrachtungen sinnvoll und wird hier für weitere Entwicklungen vernachlässigt.

In vielen ländlichen Bereichen sind in Folge des **Ausbaus der Schmutzwasserkanalisation** und Abwasserreinigungsanlagen die Kosten für die Abwasserentsorgung deutlich gestiegen, so dass diese Entwicklung ebenfalls zu einem geringeren Trinkwasserverbrauch geführt hat. Diese Entwicklung gilt selbstverständlich auch für Städte und Ballungsgebiete, die u.U. schon über flächendeckende Kanalisationsnetze verfügt haben, zusätzlich aber größere Investitionen für die Bewältigung immer größerer Schmutzfrachten tätigen müssen.

Die relativ neue Regelung der möglicherweise getrennten Messung von Trinkwasser, das für die Gartenbewässerung genutzt und nicht in die Stadtwerke-Kanalisation geleitet wird, hat bisher keine nennenswerte Veränderung der Wasserbedarfsmengen zur Folge gehabt.

Von sehr untergeordneter Bedeutung für den Wasserbedarf in einem Versorgungsgebiet sind auch die Verwendung von **Dachflächenwasser** für die Gartenbewässerung und ggf. die Toilettenspülung (usw.).

Betrachtet man die statistischen Werte der **Tourismusbranche** fällt auf, dass Delmenhorst momentan unter den Städten in Deutschland zu finden ist, die im Hinblick auf die Zahl der Übernachtungen, im unterem Bereich zu finden ist. Die Daten gelten für Beherbergungsbetriebe ab 10 Betten inkl. Camping (9).

Laut dem Statistischen Bundesamt in Niedersachsen (LSN) sank demnach die Zahl der Übernachtungen in den letzten 15 Jahren von ca. 60.000 auf 50.000; die Anzahl der Betriebe verringerte sich von 11 auf 6. Von 2014 bis 2015 entsprach dieses einer Abnahme von 3.723 Übernachtungen, respektive -7%. Dennoch sind in der Tourismusbranche stetige und auch größere Schwankungen festzustellen. Dementsprechend kann sich die Zahl der Übernachtungen auch wieder leicht erhöhen, so dass die Wasserbedarfsschwankungen durch Touristenströme in Delmenhorst weitestgehend unbedeutend sind. Diese werden somit in der Bedarfsermittlung für DEL nicht weiter berücksichtigt.

Aus den vorstehenden Erkenntnissen lässt sich derzeit kein wesentlicher Trend in der zukünftigen Entwicklung des jährlichen Wasserbedarfs ableiten, so dass die genannten Zuschläge für die Versorgungssicherheit, die Trockenjahre, den Eigenbedarf und die Bevölkerungsentwicklung beibehalten bleiben bzw. nicht gemindert angesetzt werden sollten.

Die Stadtwerke Delmenhorst GmbH hat keine Lieferverträge mit benachbarten Wasserversorgungsunternehmen und muss dementsprechend keine Vertragsmengen für eine Wasserlieferung aus dem eigenen Versorgungsgebiet berücksichtigen. Dementsprechend sind hierfür auch keine Zuschläge oder sonstige Wassermengen vorzunehmen.

5 Zusammenfassung

Die Stadtwerke Delmenhorst GmbH betreibt zurzeit das Wasserwerk „Annenheide“ und bezieht zusätzlich eine jährliche Wasserlieferungsmenge von rund 0,9 Mio. m³ aus dem Liefervertrag mit dem OOWV.

Die Wasserbedarfsermittlung enthält die nach dem heutigen Kenntnisstand anzusetzenden Sicherheits- und Trockenjahrzuschläge sowie den erforderlichen Eigenbedarf des Wasserwerkes, einschließlich der Zuschläge für die kurz- bis mittelfristig zu erwartende Entwicklung der Bevölkerungszahlen (siehe Tab.6) und den weiteren Zuschlägen gemäß Rd.Erl. d. MU in der Fassung vom 29.05.2015 (12):

Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Gesamter Wasserbedarf		
Bewilligung WW. Annenheide von 2004	3.200.000	m ³ /a
Höchste Reinwasserabgabemenge der letzten 3 Jahre (2015) WW Annenheide	3.278.477	m ³ /a
Reinwasserbezugsmenge vom OOWV im Jahr des höchsten Verbrauches der letzten 3 Jahre (2015)	900.255	m ³ /a
Höchste Reinwasserabgabemenge der letzten 3 Jahre (2015) -GESAMT-	4.178.732	m³/a
10 % Sicherheitszuschlag	417.873	m ³ /a
5 % Trockenzuschlag	208.937	m ³ /a
4 % Eigenverbrauch Wasserwerk	167.149	m ³ /a
Zuschlag für positive Bevölkerungsentwicklung	275.940	m ³ /a
Zuschlag der Großabnehmer	348.135	m ³ /a
Gesamtbedarf DEL zukünftig inkl. Sonderentwicklungen	5.596.766	m³/a
abzügl. zukünftig anzustrebende Fördermenge WW „Annenheide“	3.200.000	m ³ /a
Gesamtfördermenge WW „An den Graften“	2.396.766	m ³ /a
aufgerundet	2.400.000	m³/a

Tabelle 6: Wasserbedarfsprognose DEL / WW „An den Graften“, gesamt

Der zukünftige Wasserbedarf im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Delmenhorst kann innerhalb der nächsten zehn Jahre bis auf **rund 5.600.000 m³/a** ansteigen.

Danach wird für die Entwicklung der Bevölkerungszahlen im Bundesgebiet wieder ein Rückgang erwartet, wobei besonders die demografische Entwicklung für diesen abnehmenden Trend verantwortlich sein wird.

6 Aussichten

Die bisher für das Wasserwerk „Annenheide“ bewilligte Fördermenge von 3.2 Mio. m³/a wird zukünftig nicht mehr ausreichen. Ferner ist der Wasserliefervertrag mit dem OOWV über 900.000 m³/a voll ausgeschöpft seit den letzten drei Jahren und bietet bereits jetzt keine Reserven mehr für den Wasserbedarf in Delmenhorst.

Für die zukünftige Bedarfsdeckung im Versorgungsgebiet Delmenhorst wird eine Fördermenge von insgesamt bis zu **5,6 Mio. m³/a** nach dem Runderlass des niedersächsischen Umweltministers prognostiziert (12).

Die langfristige Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung als Lebensgrundlage der Bevölkerung ist hierbei das vorrangige Ziel.

Das Wasserrecht im Gebiet „Annenheide“ in Höhe von 3,2 Mio.m³/a ist noch für eine Laufzeit von 16 Jahren befristet und stellt somit für die Stadtwerke Delmenhorst GmbH eine sehr wichtige Voraussetzung für die öffentliche Trinkwasserversorgung dar.

Die maximale Fördermenge im Wasserwerk „Annenheide“ sollte nach Möglichkeit der bereits bewilligten Entnahmhöhe von 3.2 Mio. m³/a entsprechen.

Unter dieser Voraussetzung und bei einer Wiederaufnahme der Wasseraufbereitung und Verteilung des aufbereiteten Trinkwassers aus dem Fassungsgebiet „**An den Graften**“ wäre eine Eigenförderung in Höhe von mindestens 5.600.000 – 3.200.000 = **2.400.000 m³/a** für das **Wasserwerk „An den Graften“** zu beantragen und zu realisieren.

Darin werden alle vorgenannten Zuschläge (Sicherheits-, Trockenjahr- und Eigenbedarfszuschläge sowie Sonderentwicklungen) eingerechnet sein, damit für den angrenzenden Versorgungsbereich in Delmenhorst zukünftig entsprechende Reserven vorhanden sind. Der Stadtwerke Delmenhorst GmbH würde eine entsprechende wasserrechtliche Genehmigung wiederum eine ortsnahe Verwendung des Wassers ermöglichen, ohne zukünftig auf Wasserlieferungen des OOWV angewiesen zu sein.

Aufgestellt:

Bremen, den 27. Februar 2018



Rolf Wischhusen ^{Dipl.-Ing.}



Christian Lippstreu ^{M.Sc.}

7 Quellen

- (1) WMO - The global climate 2011-2015: heat records and high impact weather - World Meteorological Organization (WMO), press release 14, 08. Nov. 2016
- (2) UBA - Wassersparen in Privathaushalten: sinnvoll, ausgereizt, übertrieben? Fakten, Hintergründe, Empfehlungen, Umweltbundesamt 2014
- (3) Abbildung 4: nach Dipl. Geol. R. Ronschke, GeoFIRM, Ronschke & Voss – Hydrogeologie GbR, 12/2016
- (4) Stadt Delmenhorst: Fachdienst Stadtentwicklung und Statistik
- (5) UBA – www.Umweltbundesamt.de
- (6) Bundesamt für Statistik – Verbrauchsstatistik der Bundesländer (Stand 2013)
- (7) Sitzung des Ausschusses für Wirtschaft, Finanzen und zentrale Angelegenheiten, Rathaus Delmenhorst, Dienstag, 24. Mai 2016, 17:00 Uhr
- (8) Stadtwerke Delmenhorst GmbH – Wasserverbrauchsdaten der Jahre 1988-2008
- (9) Landesamt für Statistik; Niedersachsen (LSN)
- (10) Roth, Coppola und Wagner; 2016 – Das Spitzenlastereignis 2015 im Versorgungsgebiet der Hessenwasser GmbH & Co.KG, aus DVGW „gwf-Wasser“ 06/2016, S.638 – 646
- (11) DVGW-Arbeitsblatt W 410, Hinweise zu Kennwerten und Einflussgrößen des Wasserbedarfs
- (12) Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers, RdErl. d. MU vom 30.08.1991, 25.06.2007 bzw. aktuellste Fassung vom 29.05.2015