

Auswirkungen der Staufälle 2002-2007 auf den Sauerstoffhaushalt der Tideems

Gewässerkundlicher Landesdienst

*Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*

*Betriebsstelle Aurich
Oldersumer Straße 48
26603 Aurich*

*04941 / 176-0
www.nlwkn.de*

Auswirkungen der Staufälle 2002-
2007 auf den Sauerstoffhaushalt
der Tideems



Niedersachsen

Emssperrwerk Gandersum

„Auswirkungen der Staufälle 2002-2007 auf den Sauerstoffhaushalt der Tideems“

Anlass und Zielstellung

Aus Vorsorgegründen wurden im Planfeststellungsbeschluss zum Emssperrwerk Sauerstoffrandbedingungen festgelegt, um sicher zu stellen, dass es durch Staufälle nicht zu gravierenden Sauerstoffmangelsituationen in der Tideems kommt. Unter B 3.5.2.1 sind die betriebsbedingten Auswirkungen geschildert, von denen man annahm, dass Sie sich signifikant negativ auf den Sauerstoffhaushalt auswirken könnten. Inwieweit diese Prognosen zutreffend sind, soll mit diesem Bericht untersucht werden.

Auszüge aus dem Plangeststellungsbeschluss:

B III 3.5.2.1 Betriebsbedingte Auswirkungen der Staufälle

- ⇒ *Beeinträchtigung der Gewässergüte in Teilen des Staubereiches infolge verringerten Sauerstoffeintrages.*
- ⇒ *Beeinträchtigung der Gewässergüte im Staubereich direkt oberhalb des Sperrwerks infolge Zupumpens von Schwebstoffen und verstärkter Sauerstoffzehrung.*
- ⇒ *Beeinträchtigung der Gewässergüte in Teilen des Staubereiches infolge von Resuspendierung von Sediment und verstärkter Sauerstoffzehrung während / nach der Überführung des Werftschiffes.*
- ⇒ *Infolge Resuspendierung sedimentierter Schwebstoffe nach Öffnung des Sperrwerkes Beeinträchtigung der Gewässergüte durch Sauerstoffzehrung ober- und unterhalb der Anlage.*

B III 4.5.3.3 *Bereits während des Erörterungstermins wurde angeregt, durch Nebenbestimmungen für die Zulassung von Staufällen schädigende Auswirkungen zu vermeiden. Vermeidung der Beeinträchtigung bedeutet, dass durch den Staufall der Wert von 4 mg O₂/l nicht erheblich unterschritten wird bzw. ein Großteil der Gewässerstrecke diese 4 mg/l noch aufweist, sodass zumindest Fische ausweichen können.*

B III 4.5.3.3 *Um Prognoseunsicherheiten auszuschließen bzw. um von vorn herein negative Auswirkungen zu vermeiden, sind für den Staufall Randbedingungen im Beschluss festgelegt (vgl. hierzu Punkt 4.5.3.1.3 Schutz- und Kompensationsmaßnahmen).*

B VI 2.2 *Wird der Nachweis erbracht, dass die jeweilige Maßnahme keine erhebliche Beeinträchtigung erzeugt, ist es im Rahmen der Abwägung mit den wirtschaftlichen Auswirkungen einer Verschiebung der Schiffsüberführung sachgerecht, auch gegebenenfalls bei einer in der Ausgangslage schlechteren als in den Nebenbestimmungen grundsätzlich einzuhaltenden Gewässergüte den Stauvorgang und die Schiffsüberführung durchzuführen. Denn es würden sich dann durch den Stau- und Überführungsvorgang keine erheblichen Beeinträchtigungen ergeben. Der Nachweis kann auch dadurch geführt werden, dass ein schlüssiges Konzept vom Betreiber erarbeitet wird, aus dem sich die Unbedenklichkeit der*

Durchführung eines entsprechenden Praxisversuchs ergibt. Dieser bedarf der Zulassung durch die Behörde.

Einleitung

Seit Inbetriebnahme des Emssperrwerks betreibt der Gewässerkundliche Landesdienst laut Planfeststellungsbeschluss und Empfehlung des OVG ein umfangreiches Gewässermonitoring. Seither hat es eine ganze Anzahl von Stauffällen gegeben. Drei davon sind bereits in Berichtsform ausgewertet und im Verfahren zum Planänderungsbeschluss vom 02.07.2004 diskutiert worden. Nachdem jetzt die Erfahrungen von insgesamt 12 Stauffällen vorliegen, soll eine gemeinsame Bewertung der Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt hiermit erfolgen. Um Wiederholungen zu vermeiden wird auf den ausführlichen Bericht zur Überführung der SERENADE of the SEAS (Ber.Ser.Seas) verwiesen, da dort entsprechende Erläuterungen bereits ausgeführt sind.

Monitoring (Messstationen)

An den Messstationen Herbrum (oberhalb Wehr), Papenburg, Weener, Leerort, Terborg, Gandersum, Pogum, Emden und Knock, sowie in der Leda oberhalb des geschlossenen Ledasperrwerkes, werden die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration, Salzgehalt und Schwebstoffkonzentration bestimmt. Die Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum liegen in der Stauhaltung. Die in Abb. 1 ersichtliche mobile Messeinrichtung an der Halter Brücke wird nur bedarfsweise eingerichtet.

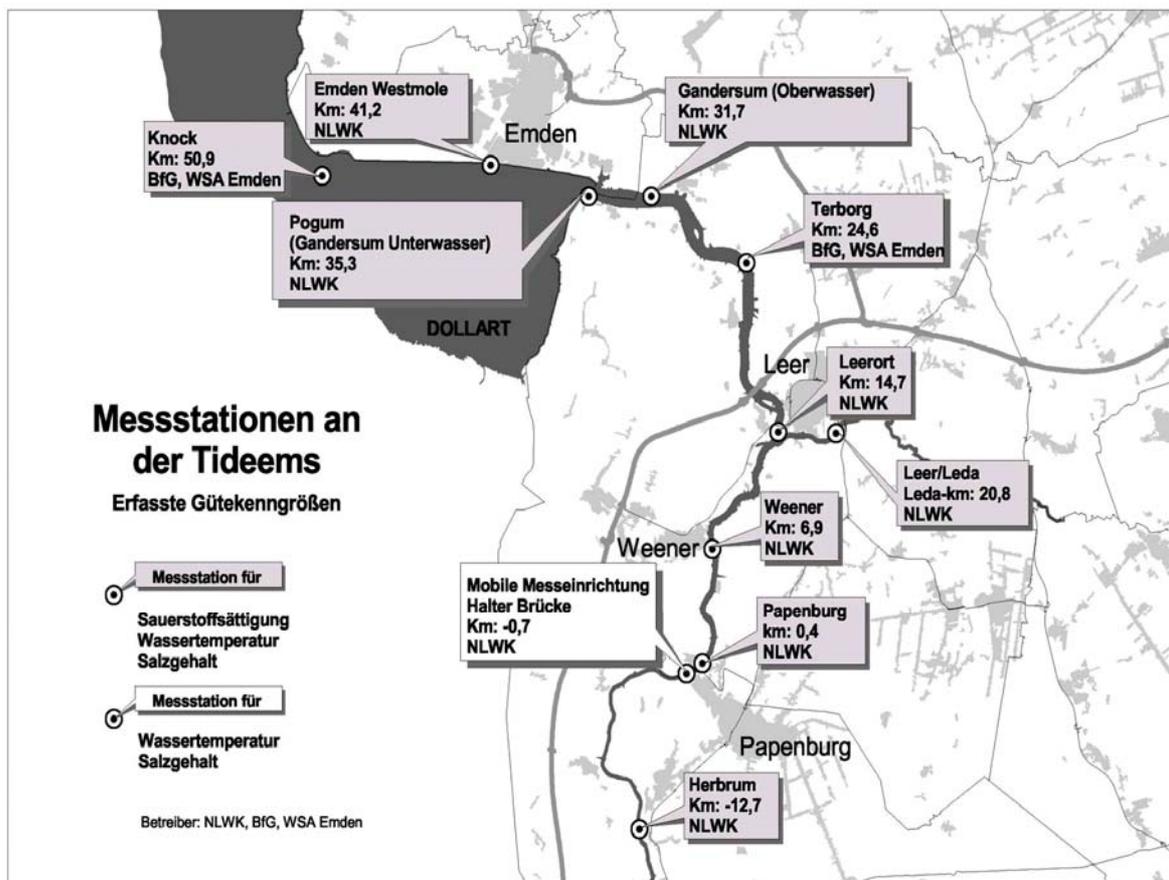


Abb. 1 Messstationen an der Tideems

Zusätzlich zur Stationsmessung erfolgt eine messtechnische Begleitung der Schiffsüberführung bei hohen Wassertemperaturen, langen Stauzeiten oder angespannter Sauerstoffsituation, indem ein Messschiff das Werftschiff während der Überführungsfahrt begleitet (Abstand 300 m) und ein weiteres Schiff in einem Zeitversatz von rd. zwei Stunden folgt. Die Messschiffe erfassen in einem Abstand von 1 bis 2 km die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration, Salzgehalt, pH-Wert und Schwebstoffkonzentration an der Wasseroberfläche und an der Sohle.

Staufälle von November 2002 bis September 2007

Die bisherigen Stauphasen zur Überführung der Werftschiffe von Papenburg zur Nordsee fanden mit sehr unterschiedlichen Randbedingungen statt:

- Hydrologische Vorgeschichte
- Ausgangssituation der Gewässergüte
- Oberwasserzufluss
- Tide
- Stauverlauf (Länge, Wasserstandskorrektur, Pumpenaktivität)

Stau Nr.	Name	Monat	Qo	Tw	W.-Korr.	Q ESW	Q LSW	Q EV	Dauer in Tiden
			[m³/s]	[°C]					
1	NORWEGIAN DAWN	Nov 02	100	8	ja	ja	ja	ja	3
2	SERENADE of the SEAS	Jul 03	25	20	ja				1
3	PONT AVEN	Feb 04	240	9	ja		ja		1
4	JEWEL of the SEAS	Apr 04	75	10					1
5	EILBEK	Jan 05	75	5					1
6	REINBEK	Mrz 05	85	1					1
7	FLOTTBEK	Apr 05	60	14					1
8	NORWEGIAN JEWEL BARMBEK	Jun 05	30	23	ja				1
9	PRIDE of HAWAII	Mrz 06	190	4	ja	ja	ja	ja	3
10	NORWEGIAN PEARL (04. / 06.11.06)	Nov 06	40	10	ja				2/2*
11	AIDA DIVA	Mrz 07	210	8	ja				1
12	NORWEGIAN GEM	Sep 07	55	15				Ja**	1

Randbedingungen der bisherigen Staufälle

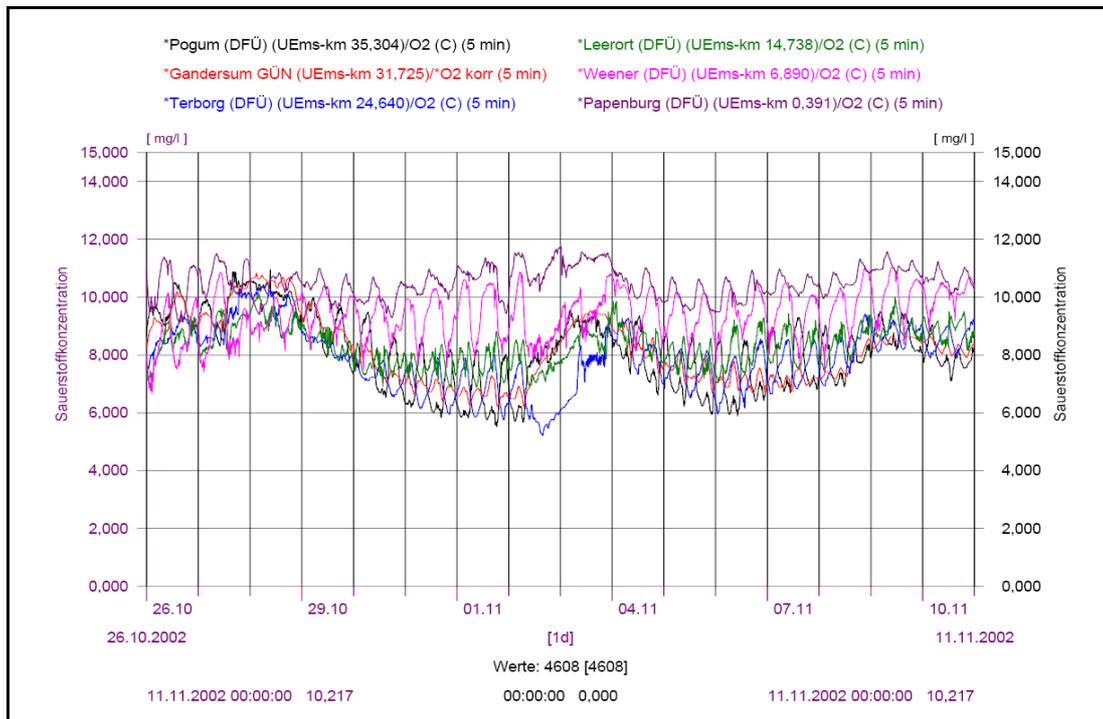
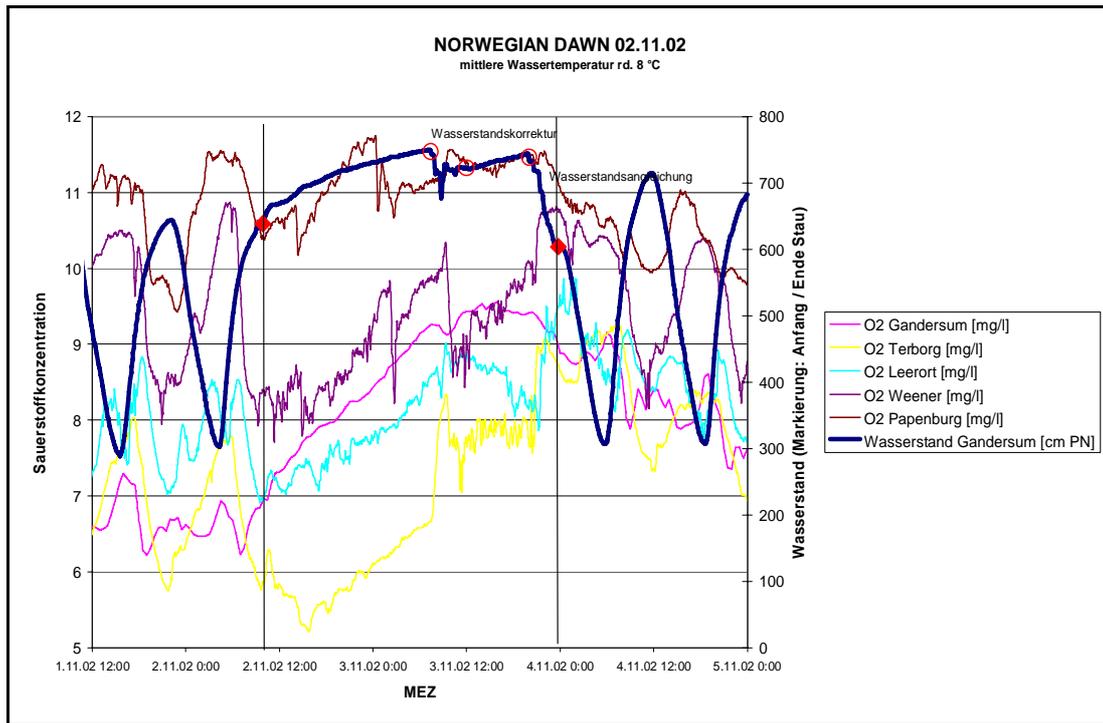
(Erläuterung: Qo: Oberwasserzufluss Versen; Tw: Wassertemperatur; W.-Korr.: Wasserstandskorrektur während Stau; Q ESW: Pumpen des Emssperrwerkes; LSW: Ledasperrwerk; EV: Entwässerungsverbände)

*) der erste Stau zur Überführung der NORWEGIAN PEARL (04.11.06) musste aufgrund von technischen Problemen eines Energieversorgers abgebrochen werden. Eine Wiederholung des Staus erfolgte ab dem 06.11.07. Beide Staus erfolgten über 2 Tiden.

***) EV haben witterungsbedingt Wasser in die Stauhaltung abgeschlagen.

Staufall 1

Norwegian Dawn

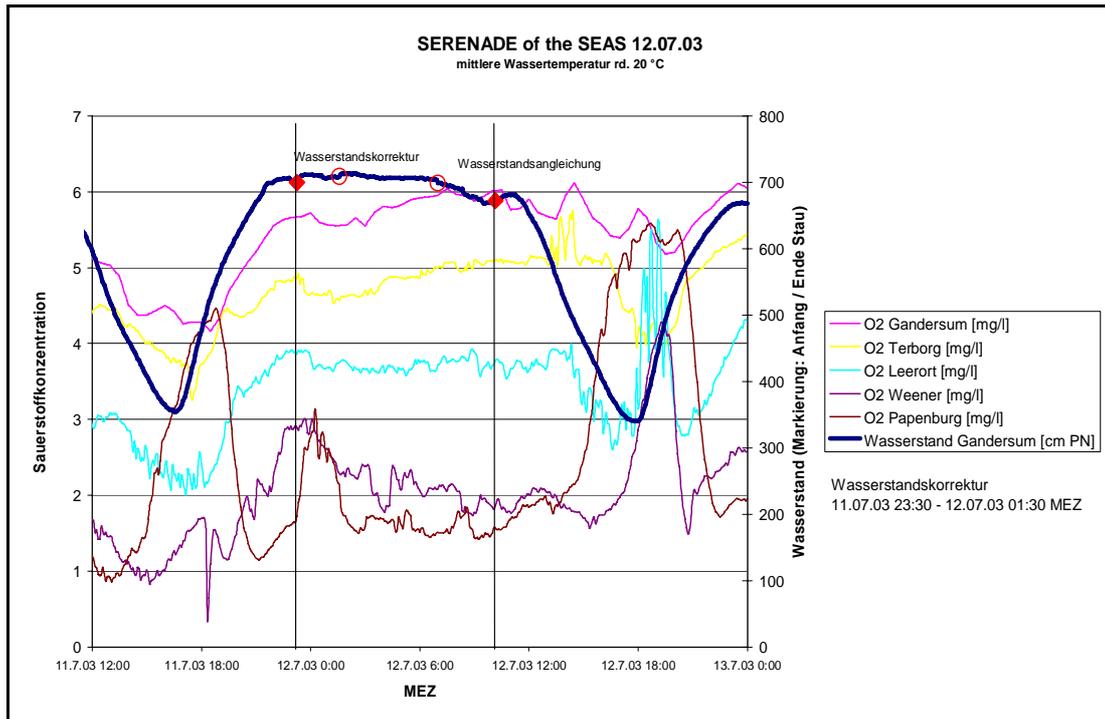


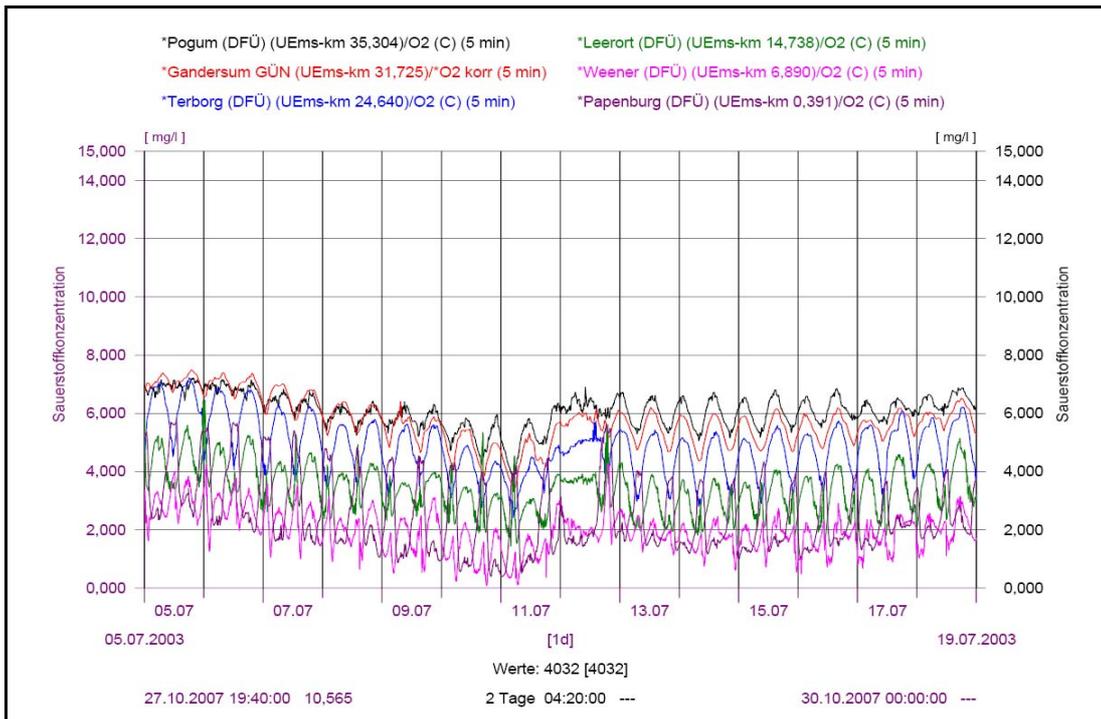
Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 5 und 12 mg/l also erheblich über dem kritischen Bereich (4 mg O₂/l). Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt die etwas niedrigeren. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen

Zeitraum von 14 Tagen bzw. 4 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Stauffall im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von geringen Schwankungen über die gesamte Staudauer leicht ansteigend. Besonders die Ganglinie von Terborg ist von erheblich von Dichteströmungen beeinflusst (siehe Ber.Ser.Seas). Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

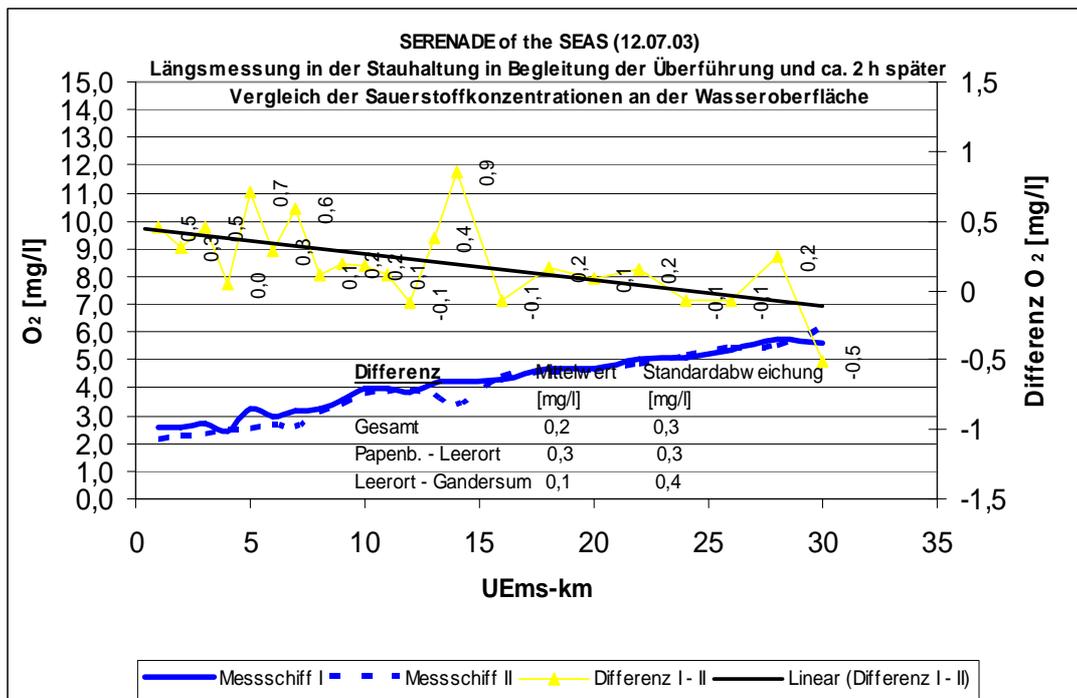
Staufall 2 Serenade of the Seas (siehe auch Bericht vom 09.10.2003)





Ergebnisse Sauerstoff

Der Staufall der Serenade of the Seas wurde mit Bericht vom 09.10.2003 (Auszüge s. u.) detailliert ausgewertet und es wurde belegt, dass die Schwankungen der Sauerstoffganglinien auf Wasserbewegungen, Turbulenzen, Eintrag von Fremdwasser usw. zurückzuführen sind und allenfalls lokal geringfügige Sauerstoffzehrungsprozesse nicht ausgeschlossen werden konnten.



Die Messungen der Messschiffe (Messschiff I 300 m hinter Werftschiff und Messschiff II im Zeitversatz von 2h fahrend) ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Leerort eine mittlere Sauerstoffabnahme von 0,3 mg/l und zwischen Leerort und Gandersum eine mittlere Abnahme von 0,1 mg/l. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit.

Zusammenfassung (Ber.Ser.Seas)

Mit einem umfangreichen Messprogramm wurden die relevanten Parameter der Gewässergüte während des Sommerstaus am 11. und 12.07.03 aufgezeichnet. Zu dem Messprogramm gehörten die Messstationen in der Unterems, die über das ganze Jahr ohne Unterbrechung und zeitlich hoch aufgelöst die Parameter messen, sowie Schiffsmessungen während und nach der Schiffsüberführung, womit die Gewässergüte räumlich hoch aufgelöst aufgenommen wurde.

Die Messergebnisse zeigen, dass die Sauerstoffwerte während des Staufalls deutlich höher waren, als zeitweise vor und nach dem Staufall. Alle im Staufall gemessenen Sauerstoffwerte lagen im Bereich der Schwankungen, die im natürlichen Tidegeschehen gemessen werden. Es sind somit staufallbedingte ökologische Schädigungen aufgrund von Sauerstoffmangel in der Ems auszuschließen.

An drei von fünf Messstationen in der Stauhaltung (Leerort, Terborg und Gandersum) ist der Sauerstoffgehalt konstant geblieben oder hat zugenommen. Die verbleibenden zwei Messstationen (Papenburg und Weener) wiesen unstete Verläufe der Sauerstoffkonzentration auf. Anhand von während des Staus durchgeführten Strömungsmessungen und dem jeweiligen Gefälle des Wasserspiegels, kann gezeigt werden, dass sich der Wasserkörper besonders in der Stauhaltung oberhalb von Leerort deutlich bewegt. Der Verlauf der an den Messstationen Papenburg und Weener aufgezeichneten Sauerstoffkonzentration ist demnach im Wesentlichen auf die Bewegung des Wasserkörpers zurückzuführen.

Die Ursache der in Papenburg und Weener registrierten Schwankung des Sauerstoffs um kleiner oder gleich 0,5 mg O₂/l kann nicht eindeutig geklärt werden, da nicht sicher ist welcher Anteil auf die Bewegungen des Wasserkörpers, der horizontale und vertikale Sauerstoffgradienten aufwies, zurückzuführen ist oder Sauerstoffzehrungs- bzw. Sauerstoffeintragsprozesse dafür verantwortlich sind. Bei diesen geringen Schwankungen muss in Betracht gezogen werden, dass man sich an der Grenze der Messgenauigkeit bewegt und Interpretationen zunehmend unsicher (und irrelevant) werden. Festzuhalten bleibt aber, dass auch hier keine Sauerstoffwerte auftraten, die nicht auch im natürlichen Tidegeschehen gemessen wurden.

Die Salzausbreitung und Schwebstoffverteilung im Staufall bieten keinen Anlass zur Sorge. Die 2 PSU-Isohaline überschritt km 13 nicht. Die durch die Überführung aufgewirbelten Schwebstoffe setzten sich nach kurzer Zeit wieder ab.

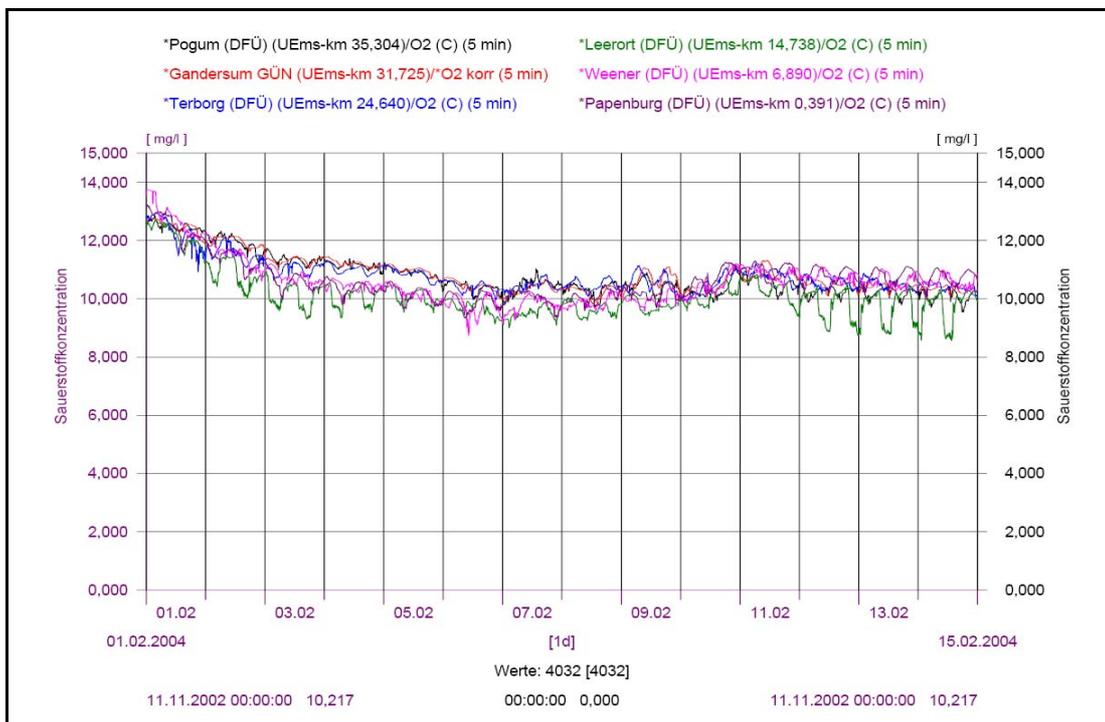
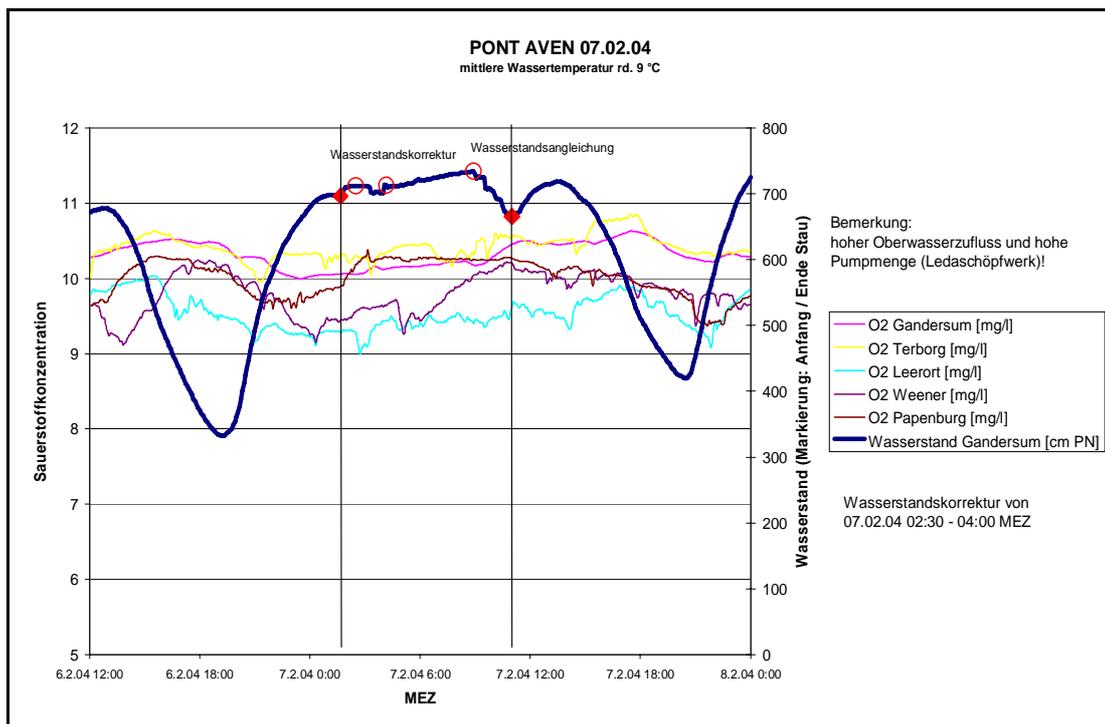
Schiffsmessungen und Stationsmessungen wiesen im Rahmen der Variabilität der Parameter sehr gute Übereinstimmungen auf. Die Stationsmessungen sind geeignet die Gütesituation in der Ems gut abzubilden.

Schlussfolgerung (Ber.Ser.Seas)

Während des Staus waren Wassertemperaturen um 20 °C in der Stauhaltung vorhanden, die Sauerstoffkonzentrationen lag unter 6 mg/l. Anhand des Monitorings konnte gezeigt werden, dass eine staufallbedingte ökologische Schädigungen der Ems auszuschließen ist.

Staufall 3

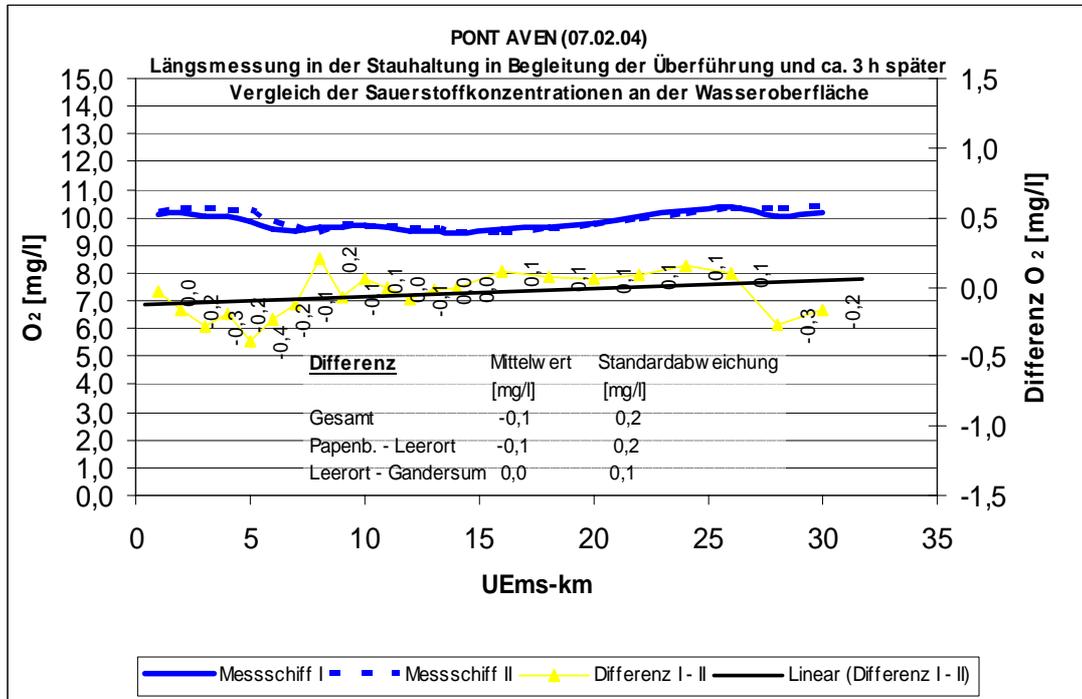
Pont Aven (siehe auch Bericht vom 01.04.2004)



Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 9 und 11 mg/l. Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt die etwas niedrigeren. Zwischen Oberfläche und Sohle wurde kein wesentlicher Sauerstoffgradient registriert. Der Vergleich der Schiffsmessungen ergab keine signifikanten

Sauerstoffdifferenzen (oberflächennah max. Differenz 0,4 mg/l, mittlere Differenz 0,05 mg/l). Betrachtet über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen, führte der Staufall nicht zu einer charakteristischen Verformung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen. Die Sauerstoffwerte im Staufall liegen durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von minimalen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend.

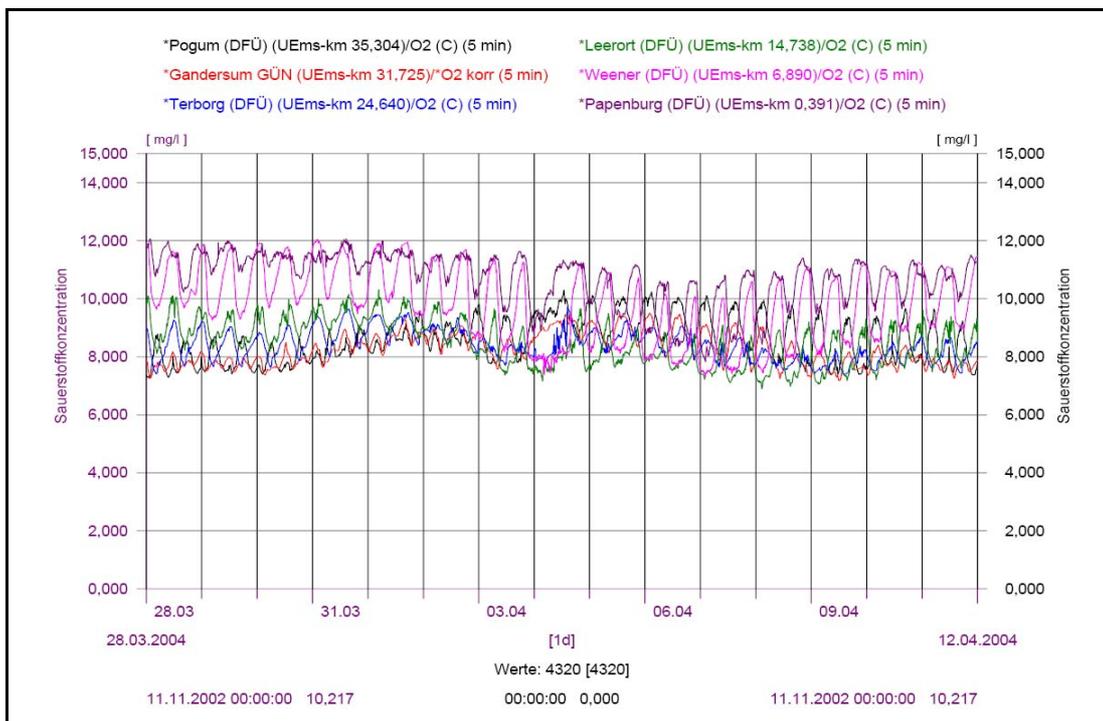
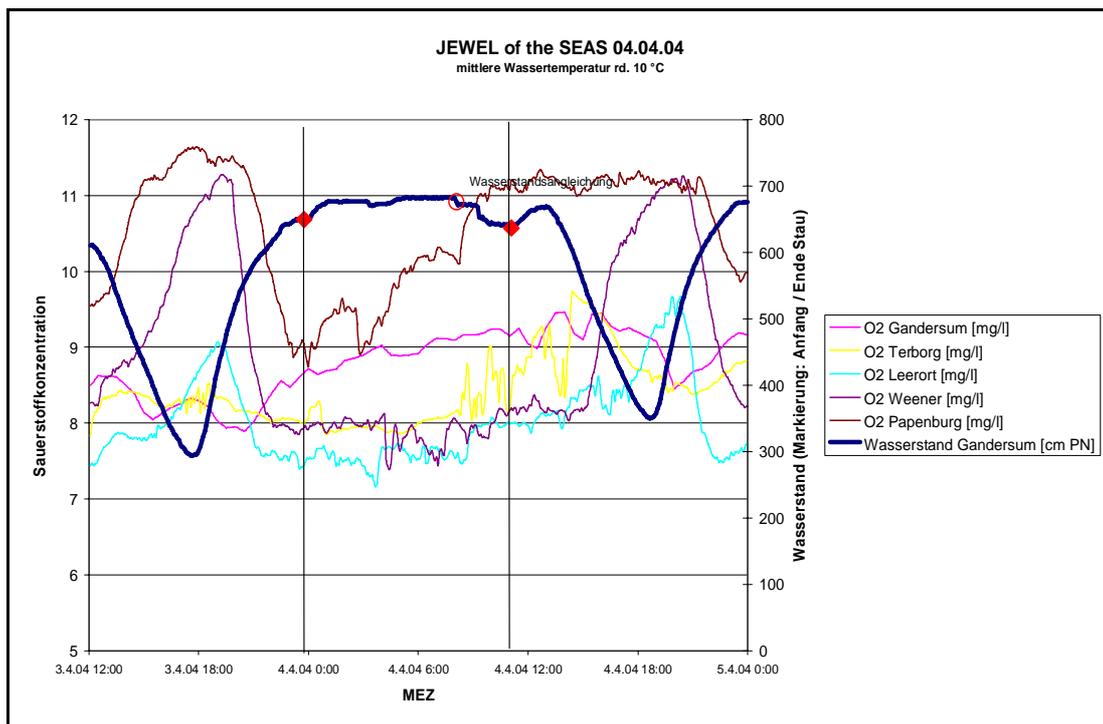


Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Leerort eine mittlere Sauerstoffzunahme von 0,1 mg/l und zwischen Leerort und Gandersum keine Änderung. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 4

Jewel of the Seas (siehe auch Bericht vom 29.04.04)

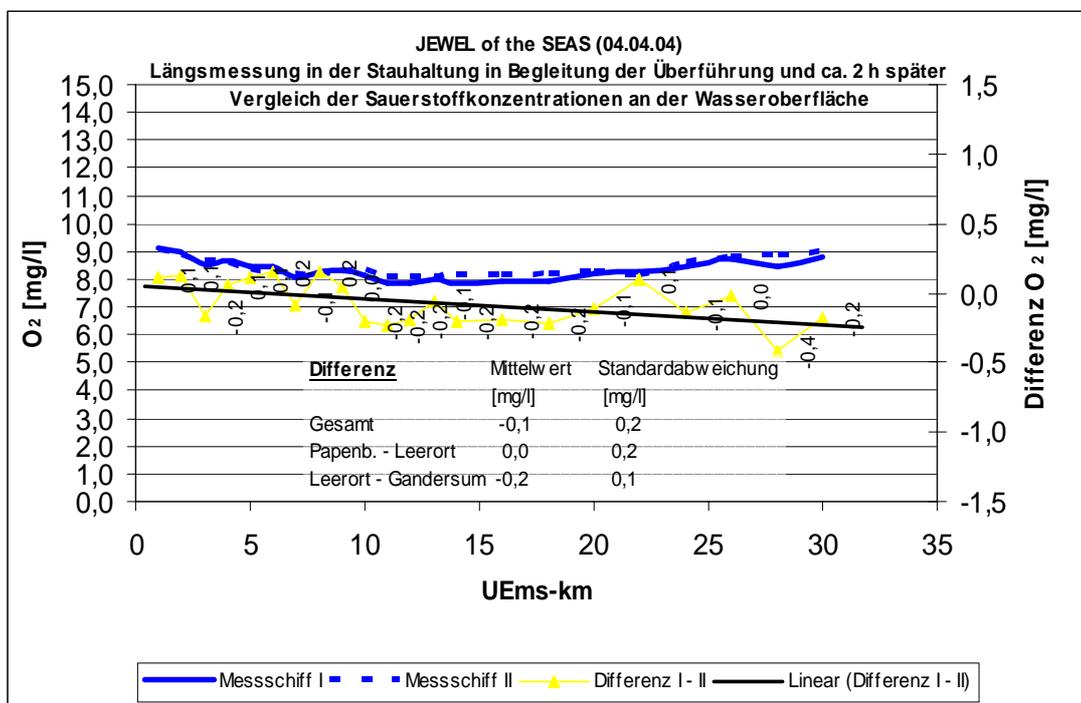


Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 7 und 11 mg/l. Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt die etwas niedrigeren.

Im *fluid mud* wurden minimal 4,6 mg O₂/l gemessen. Die Werte der Gütestationen (Terborg, Leerort, Weener), die in einer Höhe von 1-1,5 m über der Sohle messen, belegen, dass diese niedrigen Sauerstoffkonzentrationen auf den *fluid mud* Bereich beschränkt sind. Die sohnahen Schiffsmessungen zeigen die deutliche Abhängigkeit zwischen Schwebstoffgehalt und Sauerstoffgehalt der Wasserproben. Das erste Messschiff misst aufgrund der Durchmischung durch das voraus fahrende Werftschiff oft höhere Sauerstoffwerte als das zweite Messschiff. Bei letzterem kommt zum Tragen, dass sich zum Messzeitpunkt die Schwebstoffe größtenteils wieder abgesetzt hatten.

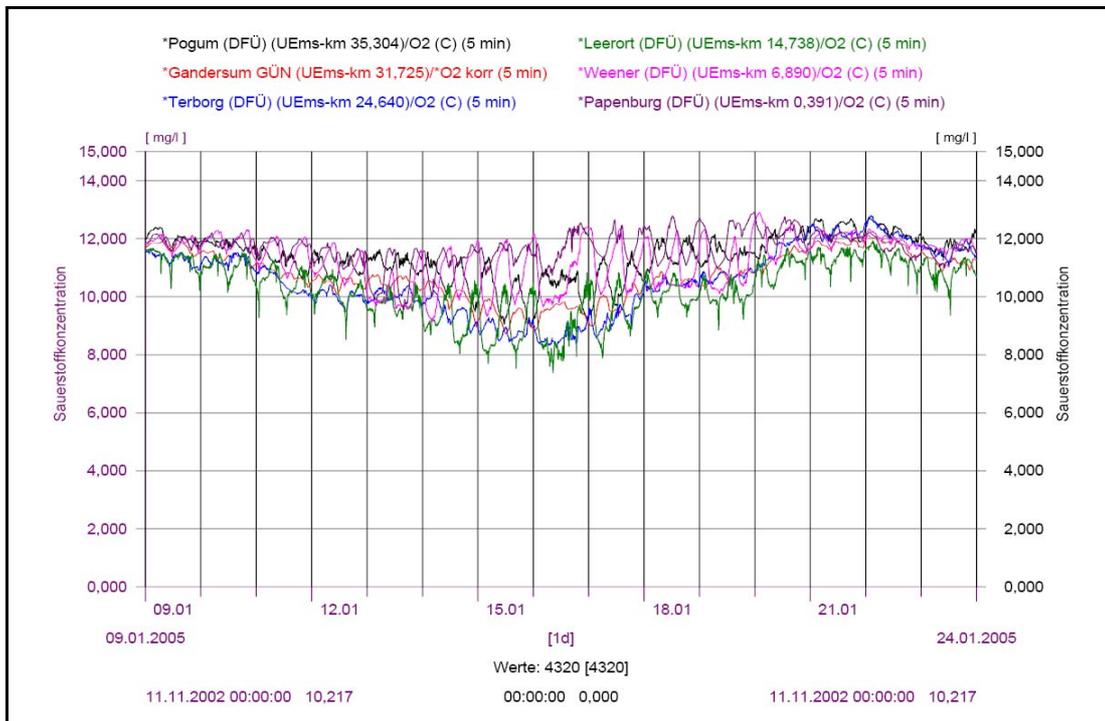
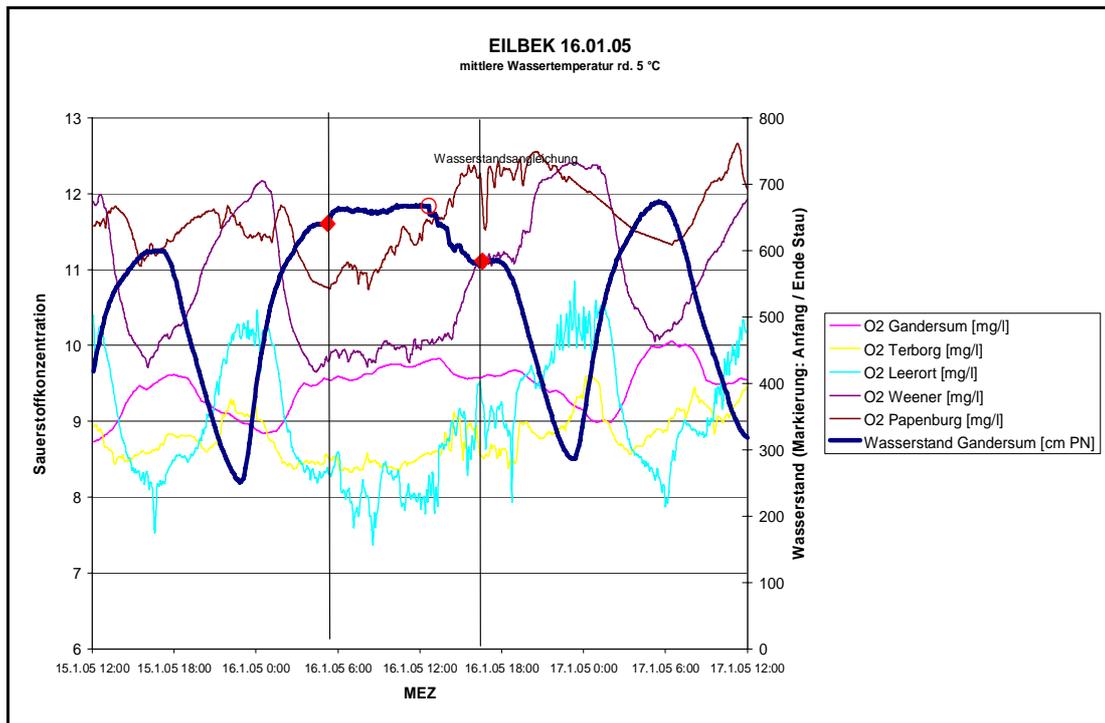
Der Vergleich der oberflächennahen Schiffsmessungen (Messschiff I / Messschiff II), die aus oben genannten Gründen als repräsentativ für den Wasserkörper anzusehen sind, ergab keine signifikanten Sauerstoffdifferenzen (max. Differenz vom ersten zum zweiten Messschiff -0,4 mg/l, mittlere Differenz -0,1 mg/l; Anm.: negative Differenz bedeutet O₂-Zunahme). Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Leerort keine Änderung und zwischen Leerort und Gandersum eine mittlere Zunahme von 0,3 mg/l. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit.



Ebenfalls ist der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum, abgesehen von minimalen Schwankungen, über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 5 Eilbek



Ergebnisse Sauerstoff

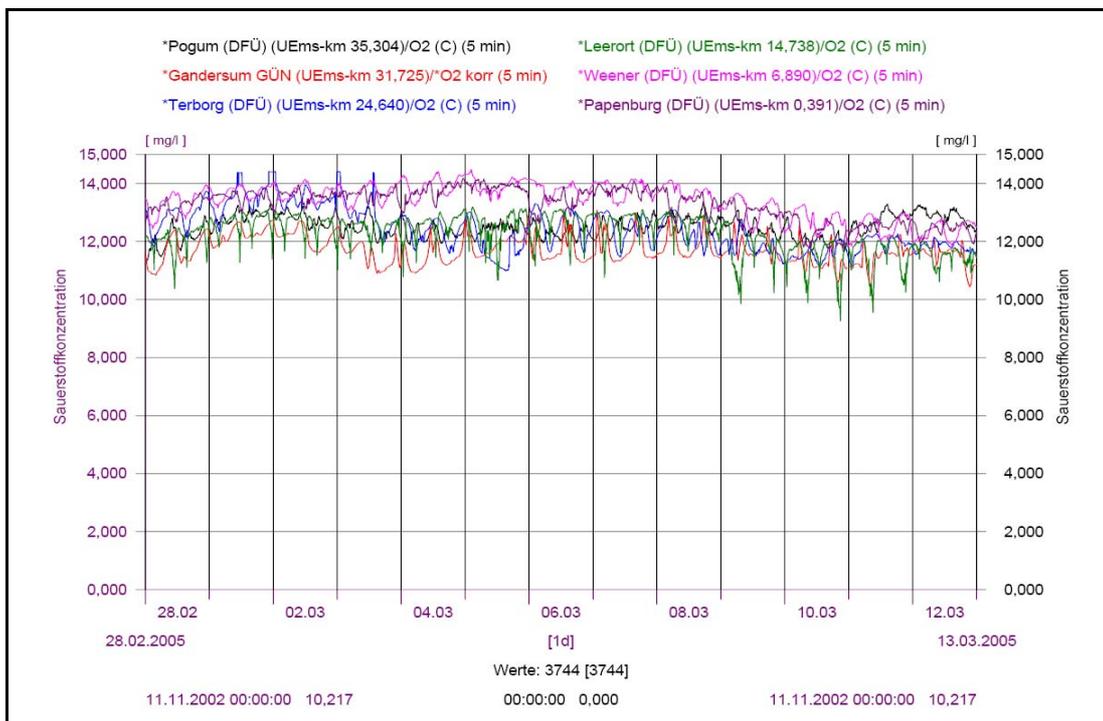
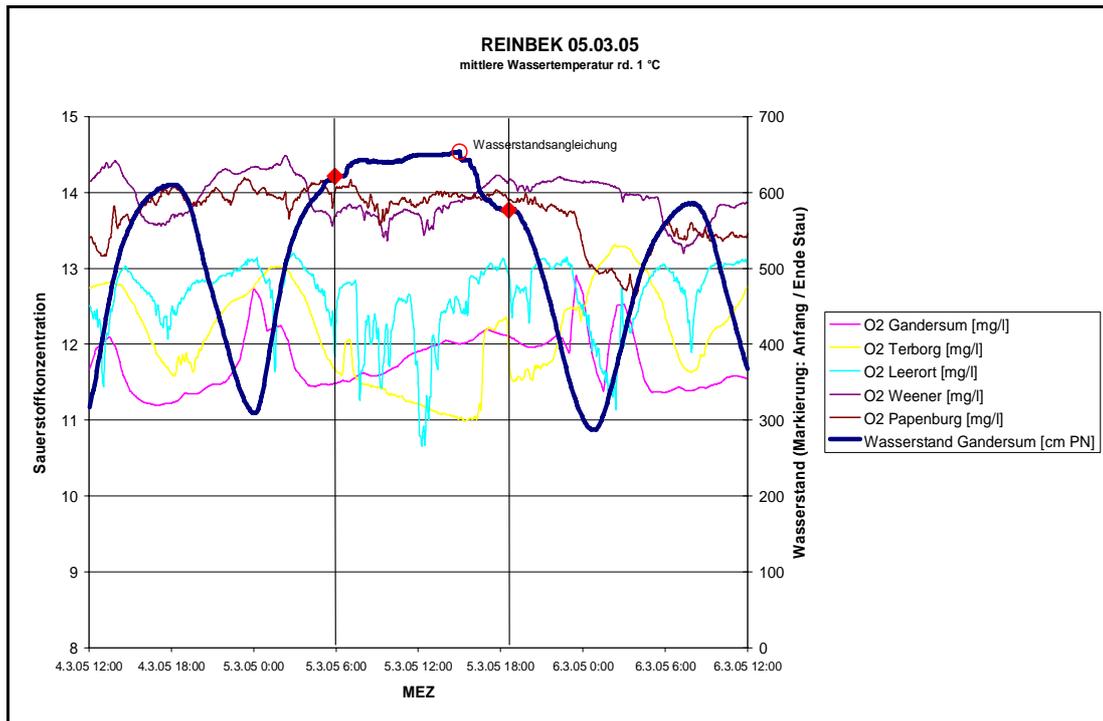
Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 7 und 13 mg/l, also weit oberhalb des kritischen Bereichs. Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt die etwas niedrigeren. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2

Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von geringen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend. Die etwas auffälligeren Schwankungen der Ganglinie in Leerort werden auf Turbulenzen im geschichteten Wasser oder sonstige Wasserbewegungen zurückgeführt. Nur so sind die rasche Abnahme und die gleichfalls rasche Zunahme der gemessenen Sauerstoffkonzentration erklärbar.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 6

Reinbek

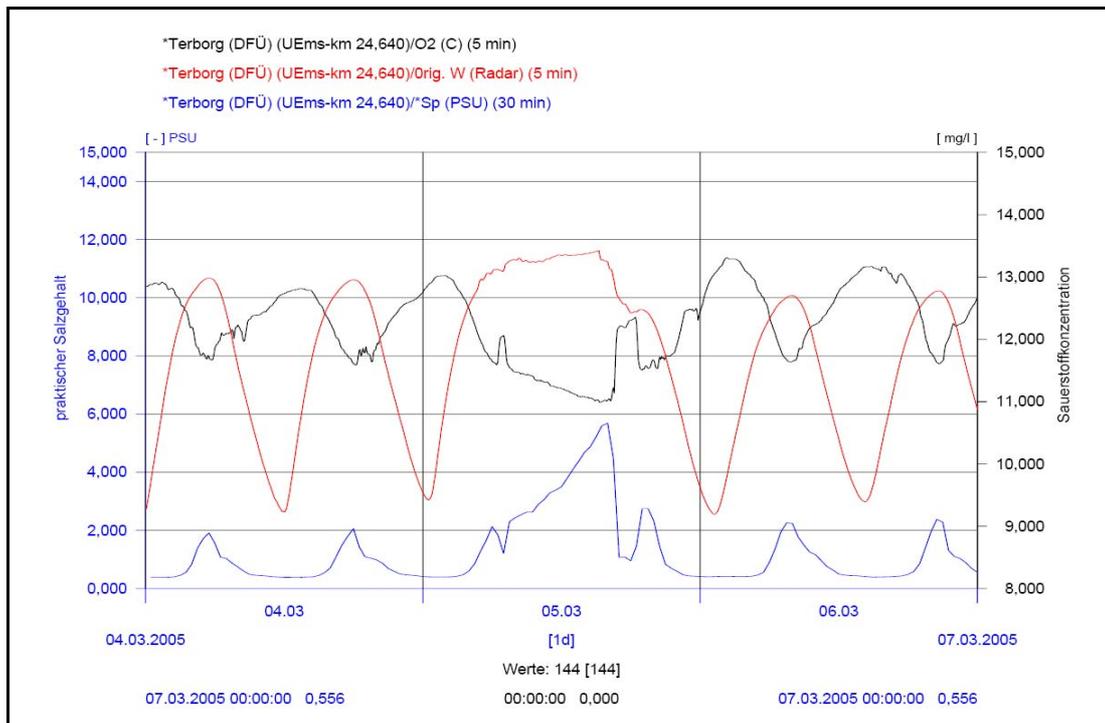


Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 11 und 15mg/l, also weit oberhalb des kritischen Bereichs. Im oberen Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im unteren Abschnitt die etwas niedrigeren. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 3 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen

Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von einigen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend.

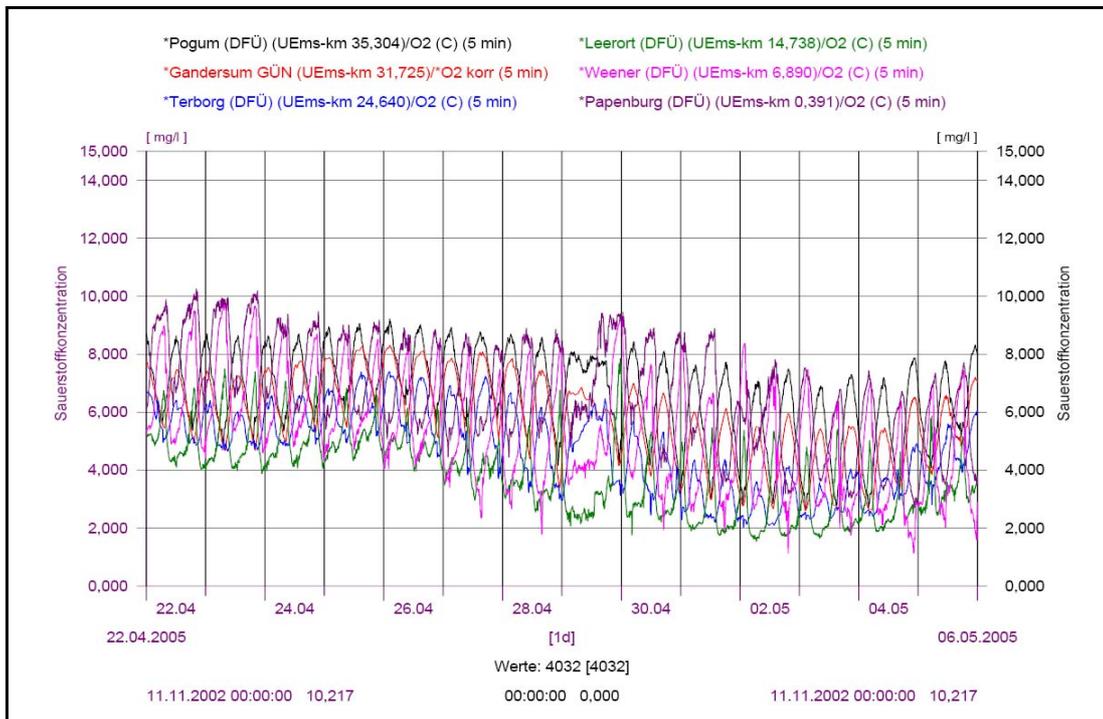
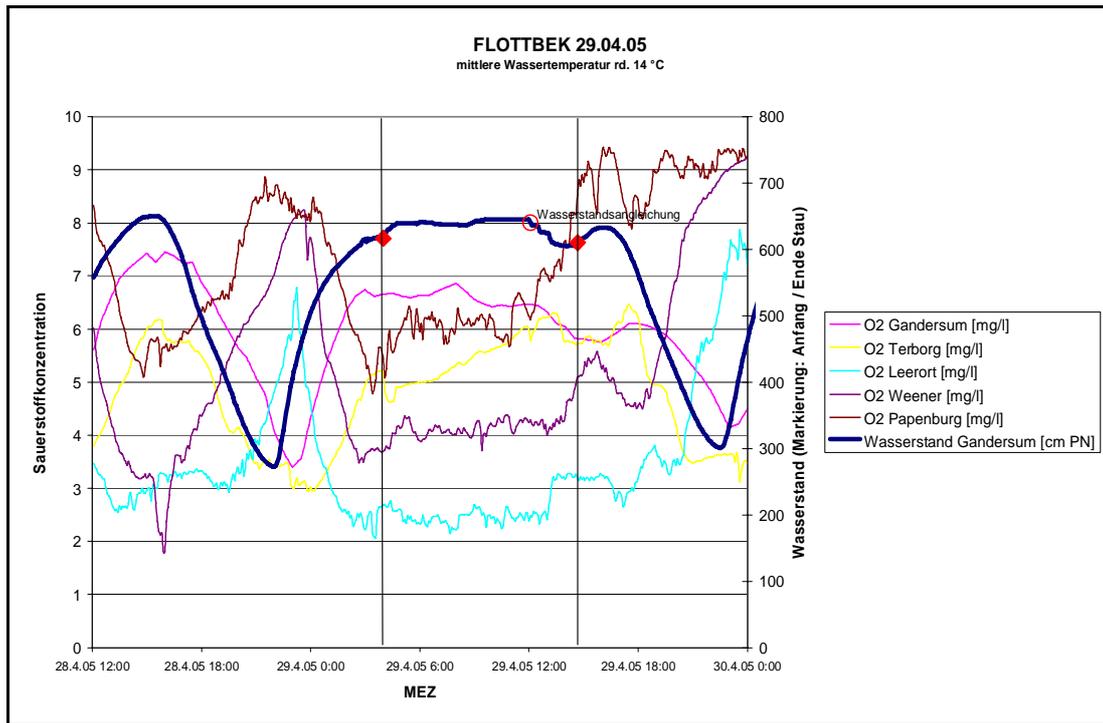
Die Schwankungen in Leerort sind vermutlich auf Turbulenzen zurückzuführen, da die Kurve rasch absackt und genau so schnell wieder den Ausgangswert erreicht (s.o.). In Terborg zeigt sich sehr deutlich die Auswirkung von Dichteströmungen. Salzhaltiges Wasser aus dem flussabwärts liegenden Bereich, taucht ab und wandert flussaufwärts Richtung Terborg (siehe Grafik Lf-Entwicklung Terborg).



Charakteristisch ist der sprunghafte Anstieg des Sauerstoffwertes als der Wasserkörper mit dem Ablassvorgang wieder in Bewegung kommt und die Dichteschichtung aufgehoben wird. Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 7

Flottbek



Ergebnisse Sauerstoff

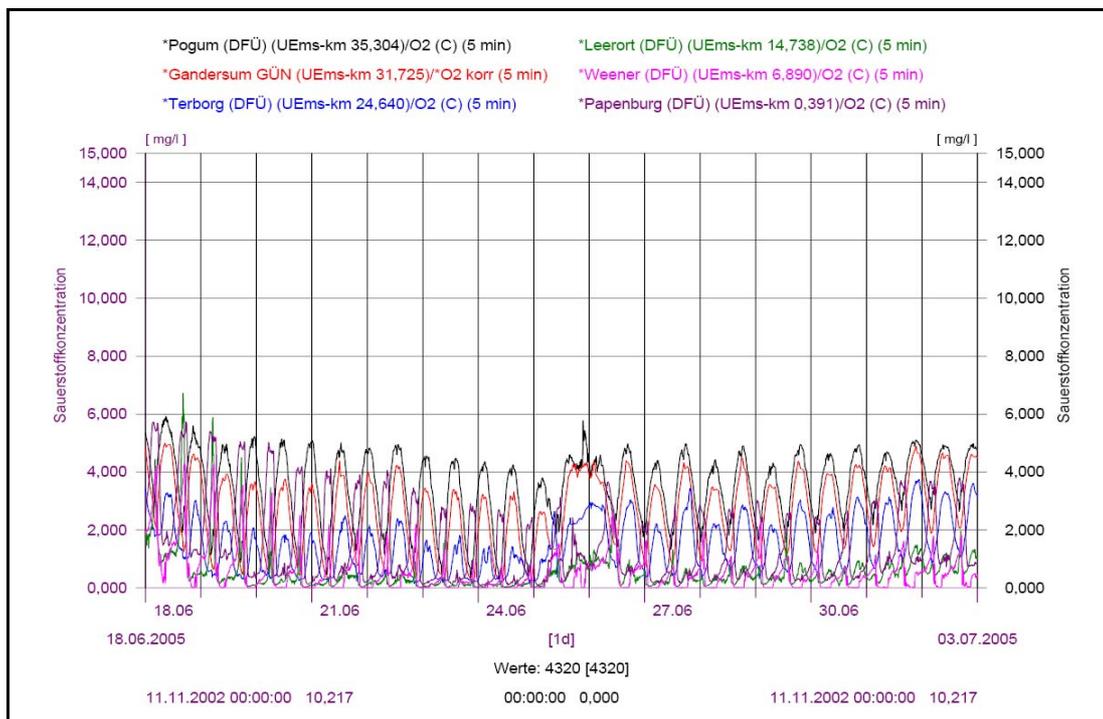
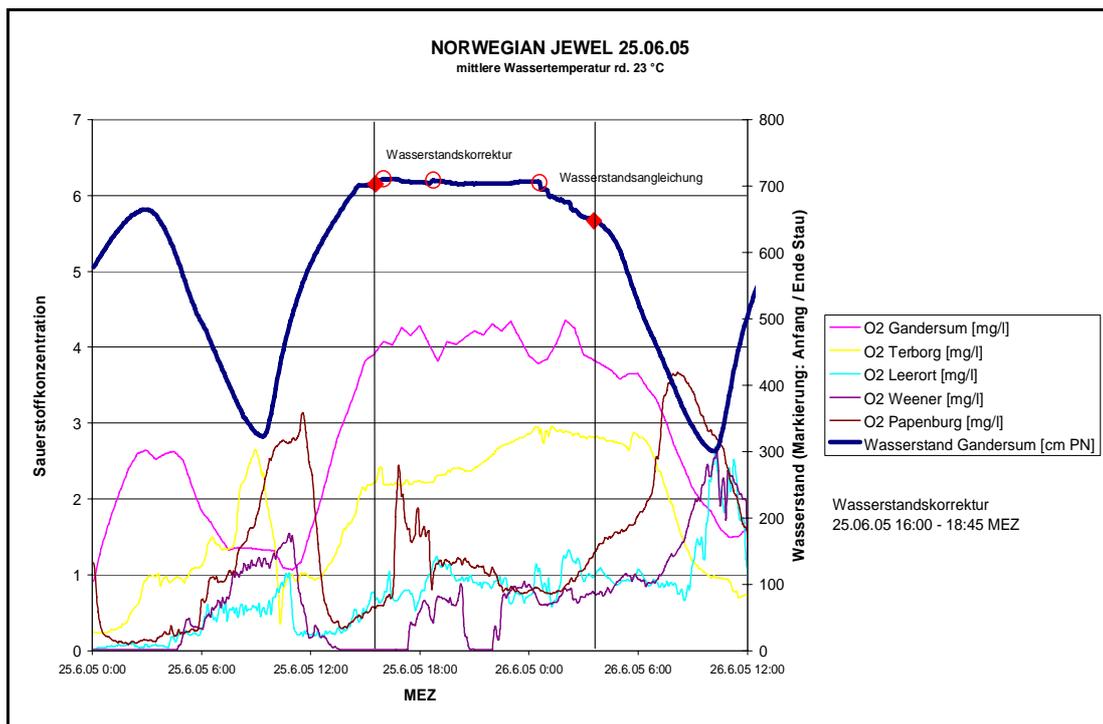
Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 2 und 8 mg/l. Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt deutlich niedrigere. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall

durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, und Terborg ist abgesehen von geringen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend. In Gandersum sinkt durch Dichteströmung und mit dem Ablassvorgang der Sauerstoffgehalt aufgrund der Wasserbewegung leicht ab.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 8

Norwegian Jewel (und Barmbek)

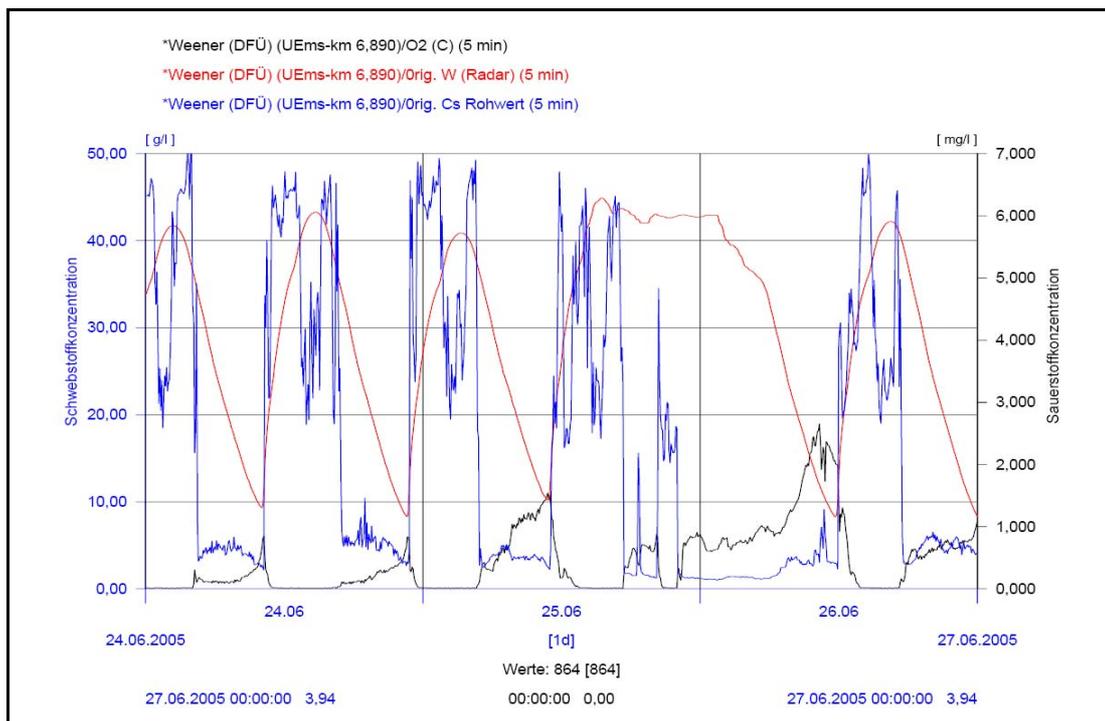


Ergebnisse Sauerstoff

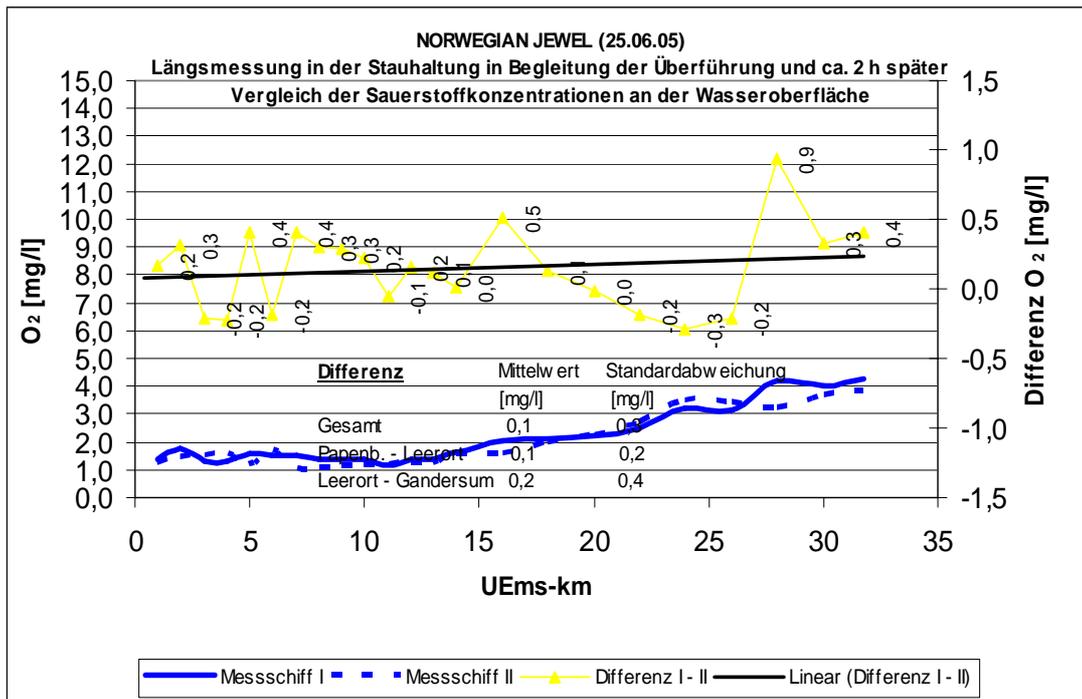
Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 0 und 5 mg/l. Im unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren und oberen Abschnitt war die Sauerstoffkonzentration sehr niedrig. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 3 Tagen

ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von einigen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend.

In Papenburg zeigt sich aufgrund der noch ausklingenden Wasserbewegung in der Anfangsphase des Staus noch ein Sauerstoffpeak, wie er auch bei der Serenade of Seas registriert wurde (siehe Ber.Ser.Seas). Die Ganglinie In Weener ist vor allem von Turbulenzen geprägt. Da die Sonde knapp über der Fluid mud Schicht misst, sinkt der Sauerstoffwert auf Null solange Bewegung im Gewässer ist. Nach dem Absetzen steigt der Sauerstoffgehalt wieder etwas an und fällt bei der nächsten Turbulenz (siehe Grafik Verlauf Cs; vermutlich Einhängen der Weener Brücke mit dem Schwimmkran) wieder auf Null.



Danach steigt der Wert wieder rasch auf den Ausgangswert an. Auch hier zeigt sich ein Ähnliches Verhalten, wie es schon bei der Serenade of the Seas beobachtet wurde (siehe Ber.Ser.Seas).

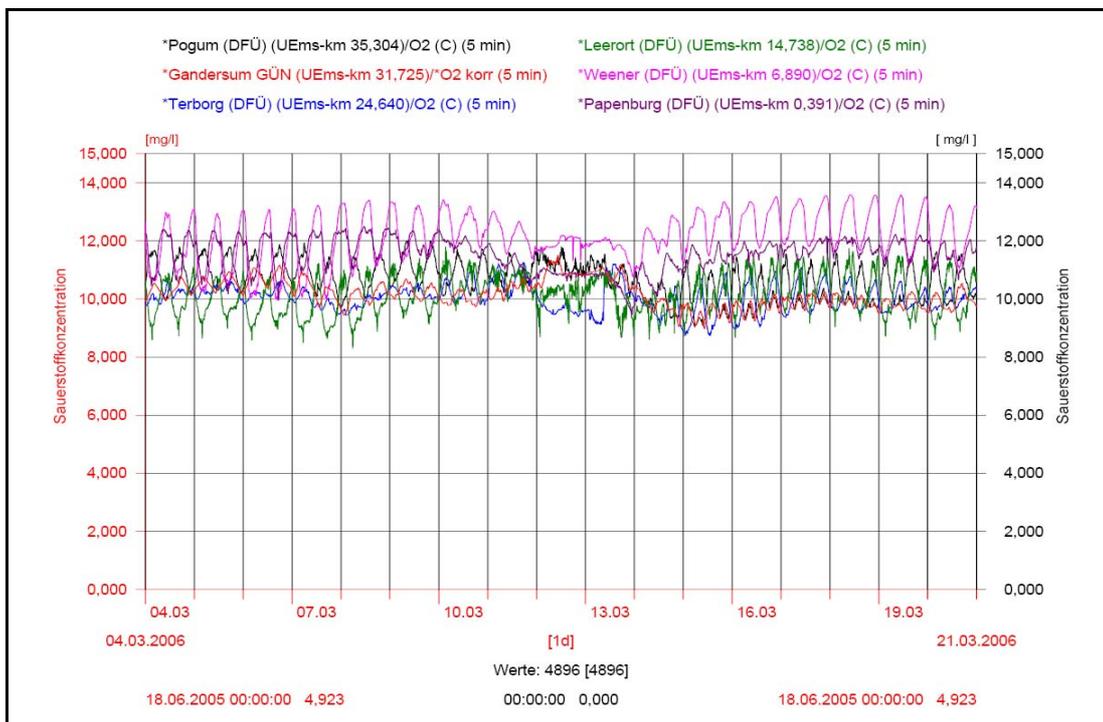
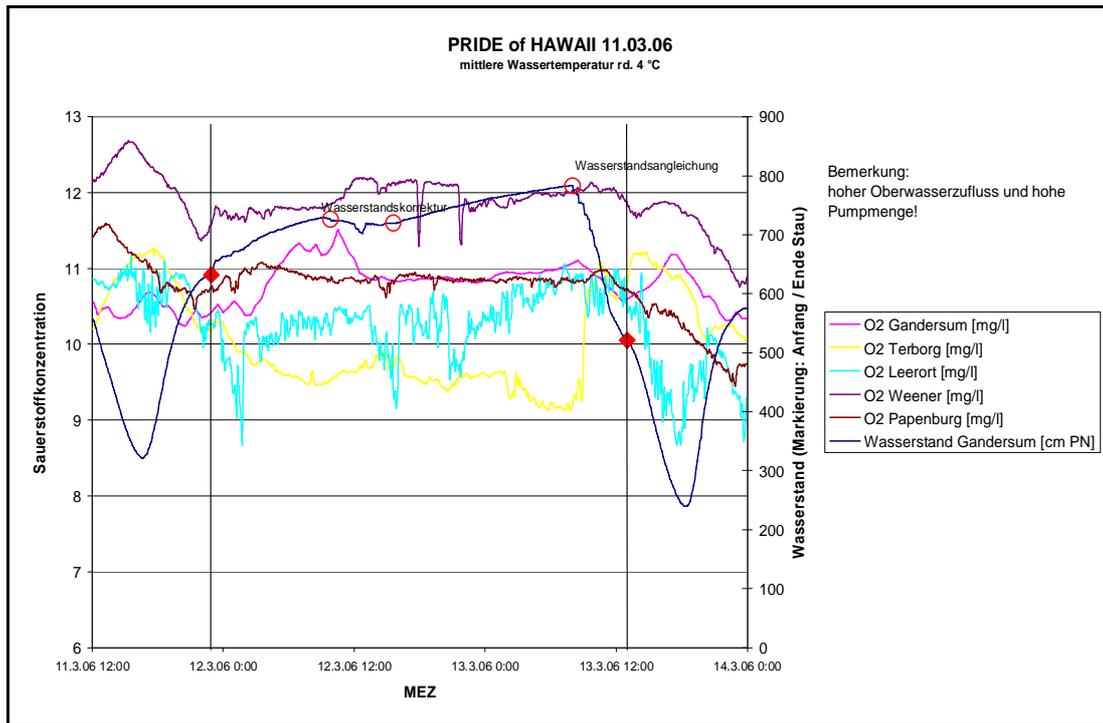


Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Leerort eine mittlere Sauerstoffabnahme von 0,1 mg/l und zwischen Leerort und Gandersum eine mittlere Sauerstoffabnahme von 0,2 mg/l. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit, die starke Streuung der Messwerte basiert auf Verwirbelungen hinter dem Werftschiff (siehe auch Serenade of the Seas). Bei der Sauerstoffdifferenz von 0,9 mg/l an UEms-km 28 handelt es sich nicht um eine Zehrung, sondern diese resultiert vermutlich aus einer Dichteströmung und den örtlichen Gegebenheiten: an dieser Position existiert eine Übertiefe von ca. NN -15 m. An der Wasseroberfläche und an der Sohle wurde zu diesem Zeitpunkt eine Schwebstoffkonzentration von 0,1 g/l gemessen. Der Salzgehalt an der Sohle war im Vergleich zu den Nachbarstationen sehr hoch.

Für den Stau können somit signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 9

Pride of Hawaii

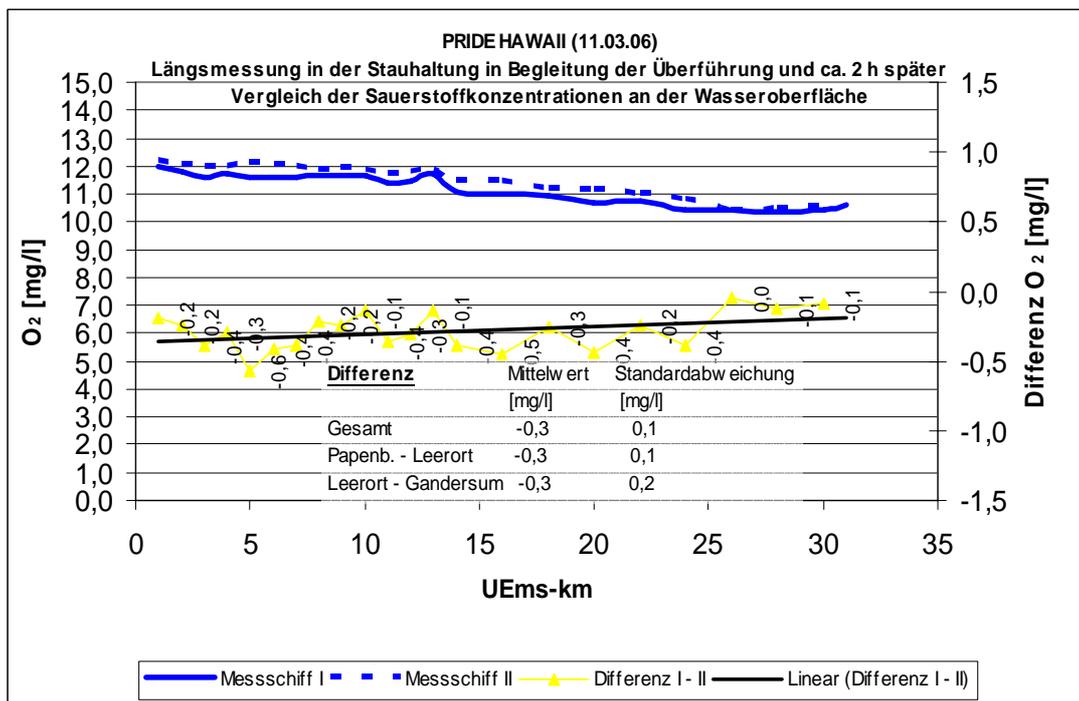


Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 8 und 13 mg/l. Im oberen und unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die etwas höheren Werte gemessen im mittleren Abschnitt etwas niedrigere. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall

durchweg im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von einigen Schwankungen über die gesamte Staudauer im Wesentlichen konstant.

Bei Gandersum entsteht ein Sauerstoffpeak durch zugepumptes Wasser, bei der darauf folgenden Wasserstandsregulierung sinkt die Konzentration wieder entsprechend ab. Bei Terborg zeigen sich wieder die Auswirkungen von Dichteströmungen, Salzwasser sinkt ab und wandert stromaufwärts und bestimmt damit den Verlauf der Sauerstoffganglinie an der Messstation. Charakteristisch ist der sprunghafte Anstieg des Sauerstoffwertes als der Wasserkörper mit dem Ablassvorgang wieder in Bewegung kommt und die Dichteschichtung aufgehoben wird. Bei Leerort ist wiederum eine etwas unruhige Ganglinie festzustellen, die vermutlich durch Turbulenzen verursacht wird.

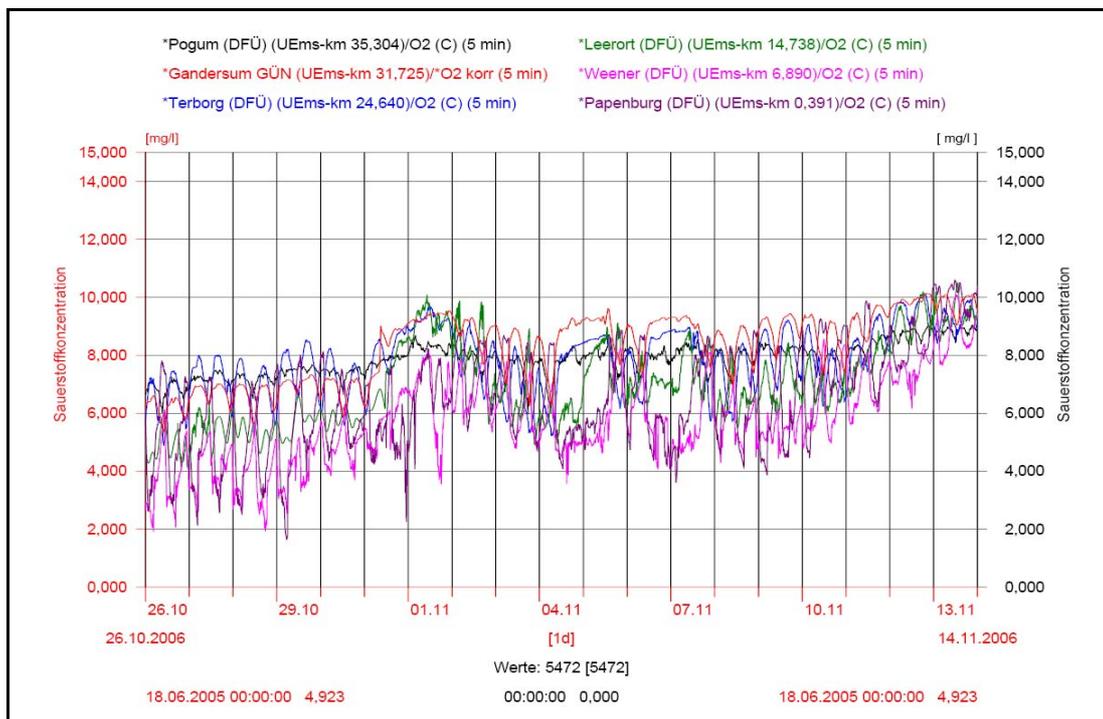
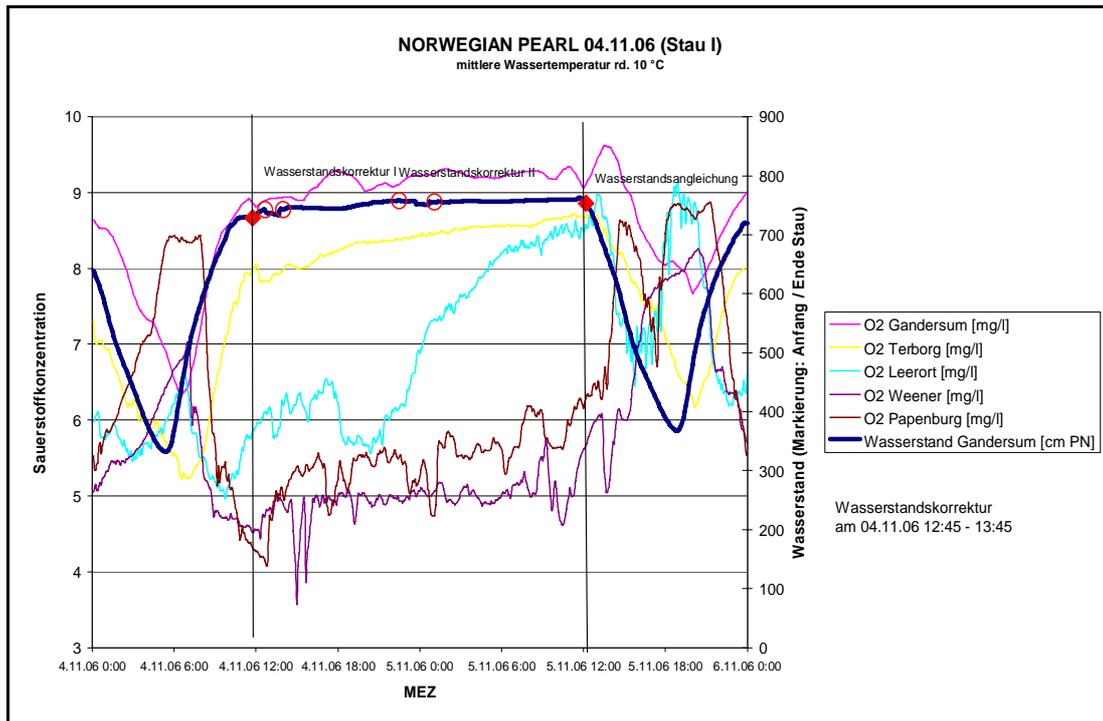


Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Gandersum eine mittlere Sauerstoffzunahme von 0,3 mg/l. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 10

Norwegian Pearl

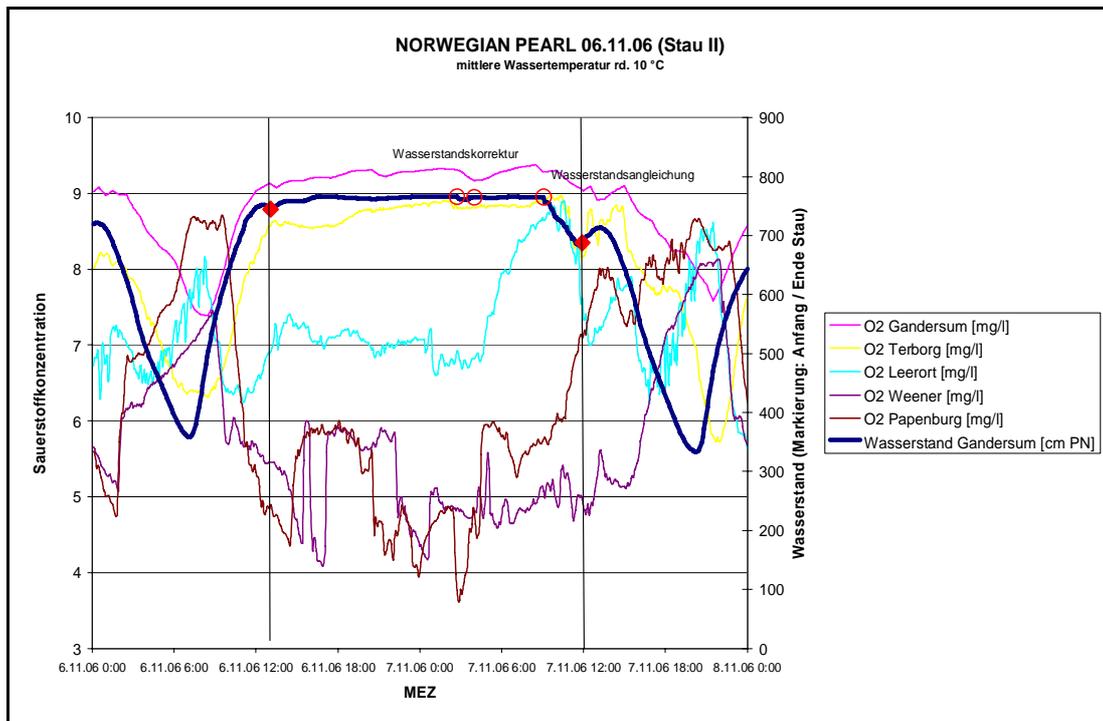


Ergebnisse Sauerstoff

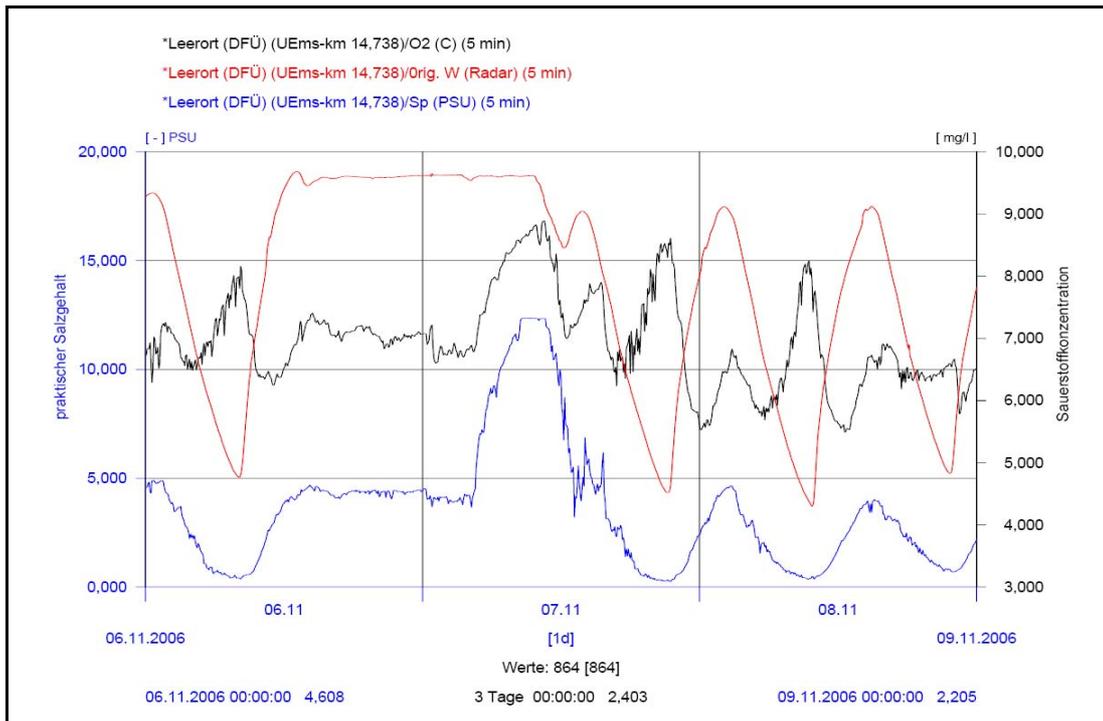
Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 4 und 10 mg/l. Im unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die höheren Werte gemessen im mittleren und besonders im oberen Abschnitt war die Sauerstoffkonzentration niedriger. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen

Tidegeschehens liegen. Auf der 14-Tage Grafik ist zudem noch die Sturmflut vom 01. November 2006 mit erfasst. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von einigen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant bis leicht ansteigend. Der vorübergehende Abfall der Sauerstoffwerte in Leerort ist auf die Verschiebung des Wasserkörpers durch die voran gegangene Wasserstandskorrektur bedingt. Der darauf folgende Anstieg gründet sich auf stromaufwärts wanderndes Salzwasser (Dichteströmung).

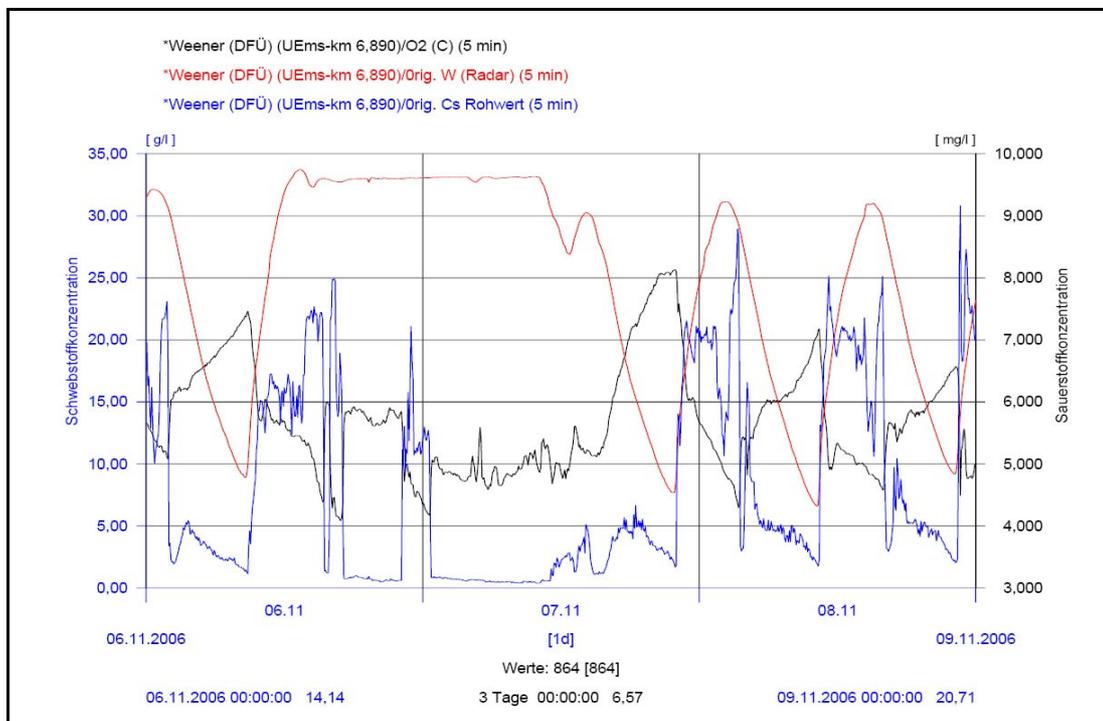
Norwegian Pearl II

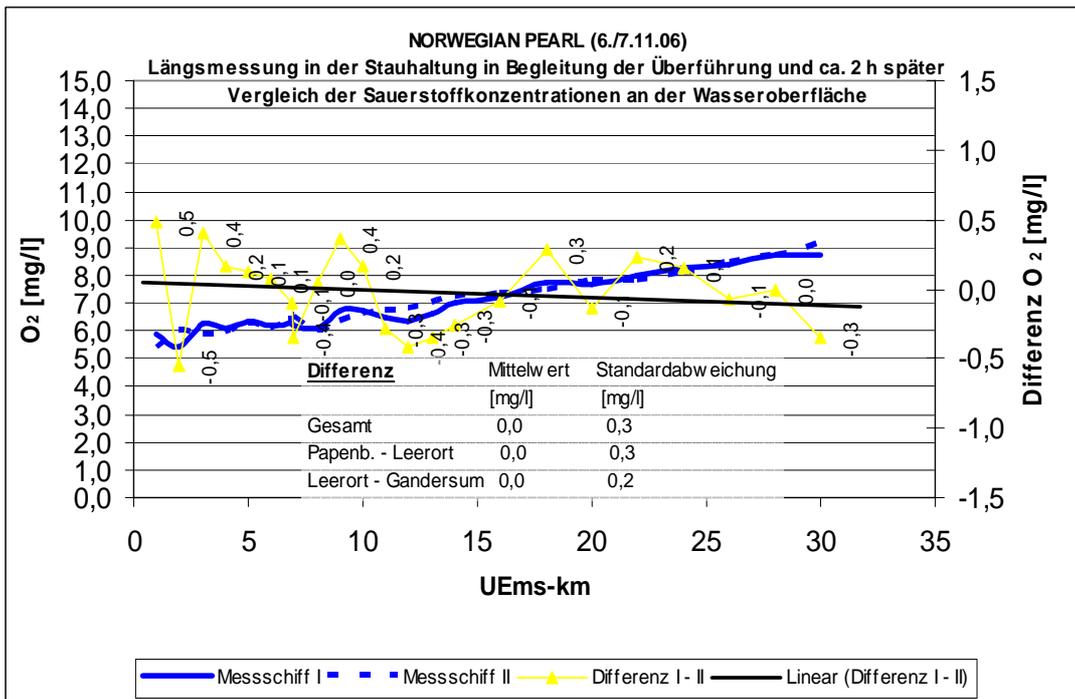


Während die Sauerstoffganglinien in Gandersum und Terborg einen nahezu konstant bis leicht ansteigenden Verlauf zeigen, ist die Ganglinie in Leerort im Wesentlichen von Dichteströmungen (s.o. und Grafik Leerort Salzgehalt und Sauerstoff) geprägt.



Die unruhig verlaufenden Sauerstoffwerte in Weener sind auf oben beschriebene Turbulenzen zurückzuführen. Die Sonde misst knapp über der Fluid mud Schicht, bei Aufwirbelungen sinkt die Ganglinie rasch ab, nach dem Absetzen der Schwebstoffe steigt sie wieder entsprechend an (siehe Grafik Weener Sauerstoff und Schwebstoffe). In Papenburg wird der Sauerstoffgehalt in der Anfangsphase des Staus durch ausklingende Pendelbewegungen (s.o.) und Turbulenzen geprägt, später steigt der Sauerstoffgehalt durch zufließendes Oberwasser stark an.



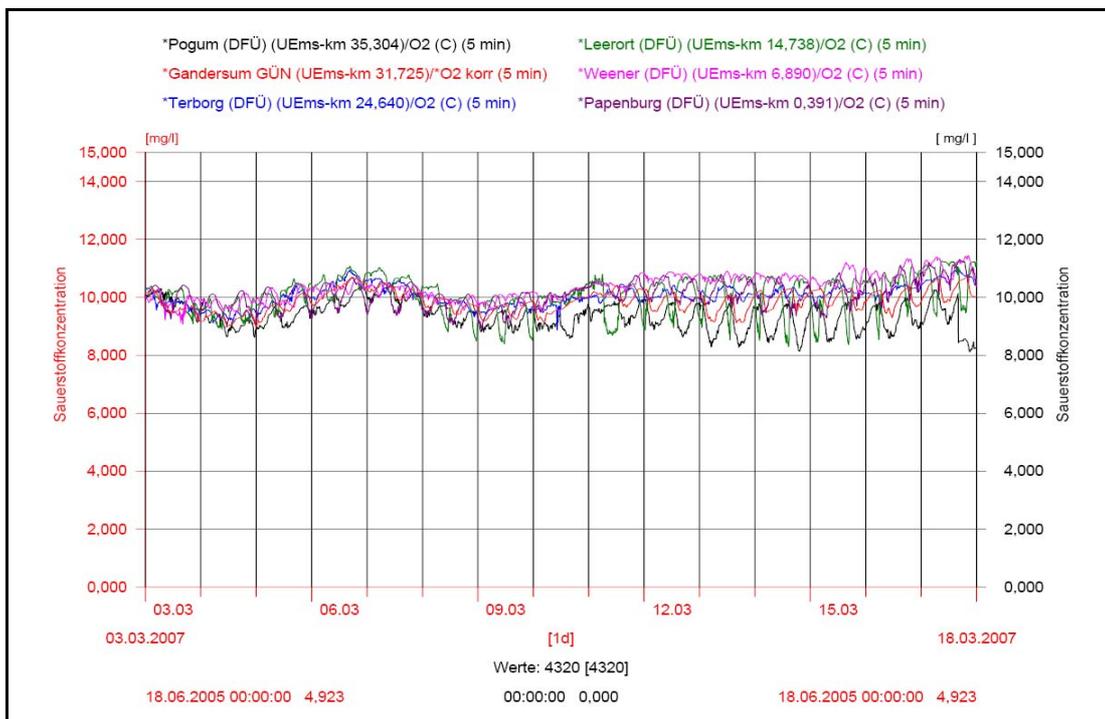
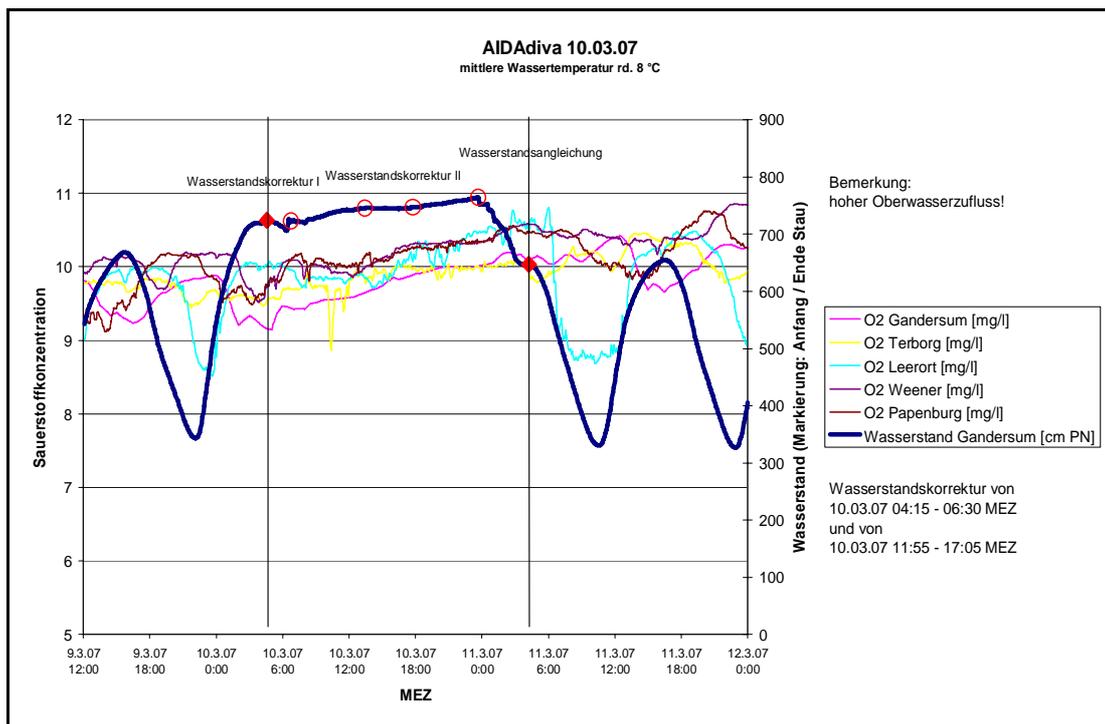


Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Gandersum im Mittel keine Änderung der Sauerstoffkonzentration. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit. Eine starke Streuung der Messwerte aufgrund der Verwirbelungen unmittelbar hinter dem Werftschiff ist die Ursache für starke Streuung des Differenzenverlaufs oberhalb von Leerort.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 11

AIDAdiva



Ergebnisse Sauerstoff

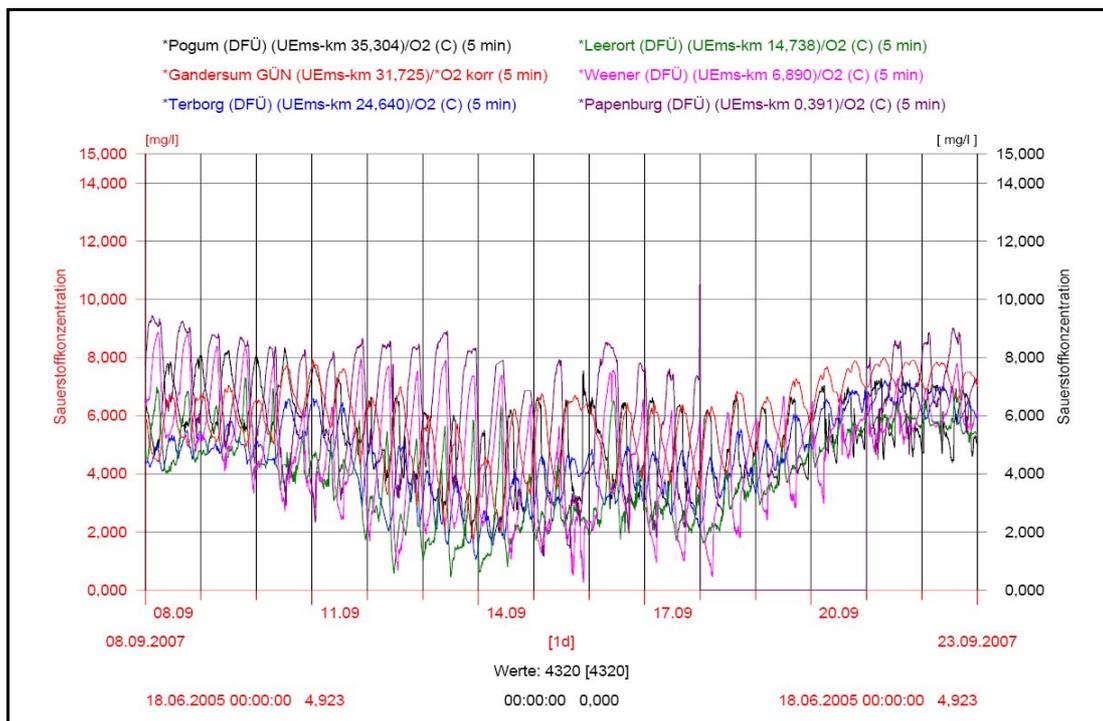
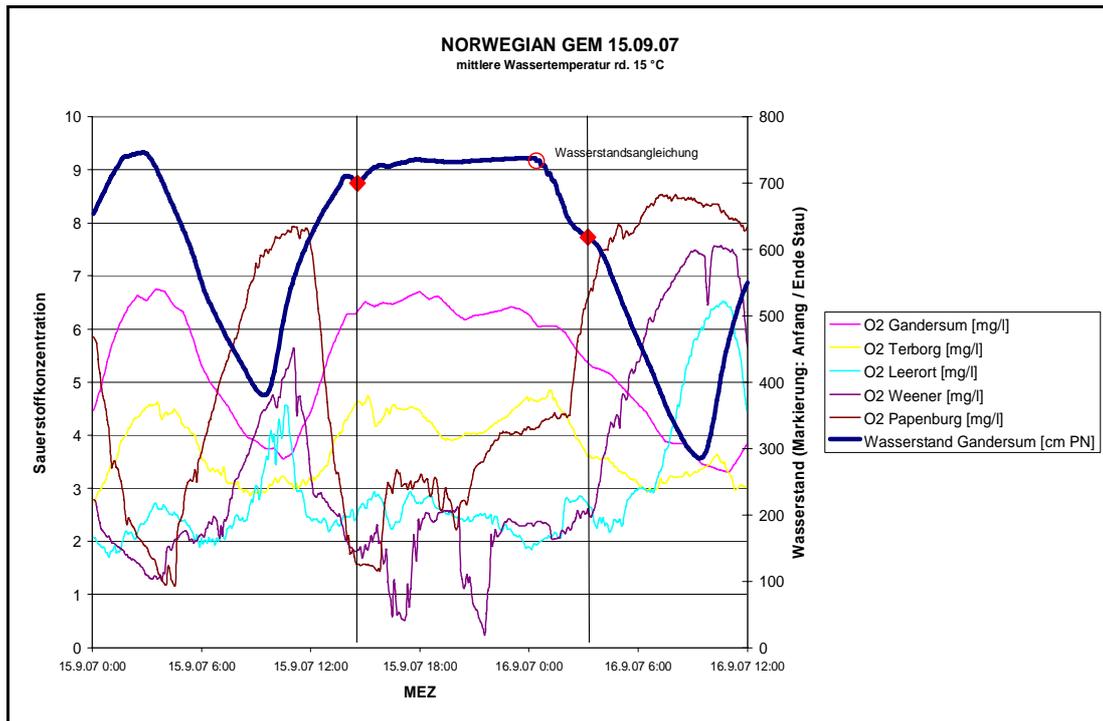
Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen 9 und 11 mg/l. In allen Abschnitten der Stauhaltung wurden ähnlich hohe Werte gemessen. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemesstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall durchweg im Bereich der Werte des normalen

Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von geringen Schwankungen über die gesamte Staudauer leicht ansteigend.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Staufall 12

Norwegian Gem

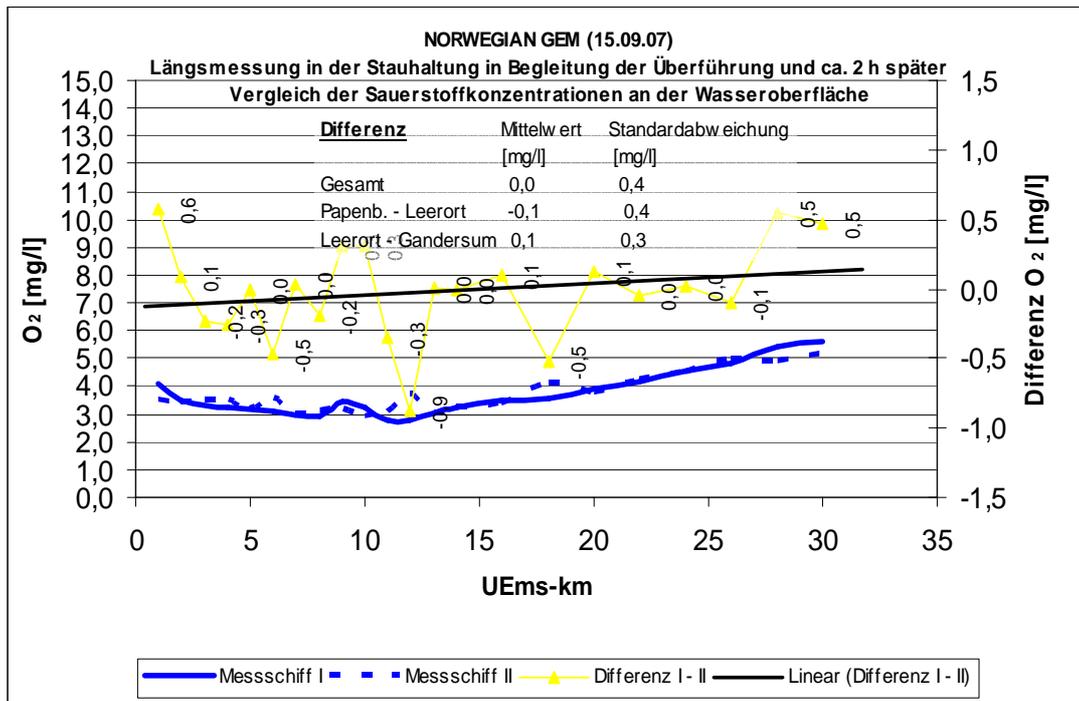


Ergebnisse Sauerstoff

Die Sauerstoffwerte lagen während des Staufalls im Bereich zwischen (0) 1 und 9 mg/l. Im unteren Abschnitt der Stauhaltung wurden die höheren Werte gemessen im mittleren und oberen Abschnitt war die Sauerstoffkonzentration niedriger. Eine Betrachtung der Sauerstoffganglinien der Gütemessstationen über einen Zeitraum von 14 Tagen bzw. 2 Tagen

ergibt, dass die Sauerstoffwerte im Staufall im Bereich der Werte des normalen Tidegeschehens liegen. Der Verlauf der Sauerstoffganglinien der Messstationen Papenburg, Weener, Leerort, Terborg und Gandersum ist abgesehen von einigen Schwankungen über die gesamte Staudauer konstant.

Die Ganglinien von Gandersum und Terborg sind von Dichteströmungen (s.o.) beeinflusst. Weener zeigt das oben besprochene Muster (Turbulenzen). In Papenburg wird der Sauerstoffgehalt in der Anfangsphase des Staus durch ausklingende Pendelbewegungen (s.o.) geprägt, später steigt der Sauerstoffgehalt durch zufließendes Oberwasser stark an.



Die Messungen der Messschiffe ergaben im Bereich zwischen Papenburg und Gandersum im Mittel keine Änderung der Sauerstoffkonzentration. Die Werte befinden sich im Bereich der Messgenauigkeit. Eine starke Streuung der Messwerte aufgrund der Verwirbelungen unmittelbar hinter dem Werftschiff ist die Ursache für die starke Streuung des Differenzverlaufs. Die Sauerstoffdifferenz an UEms-km 28 und 30 resultiert aus dem hohen Salzgehaltsgradienten in der unteren Stauhaltung, der zu einer Verlagerung des Wasserkörpers führt.

Für den Stau können signifikante negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der Ems ausgeschlossen werden.

Zusammenfassende Auswertung der Staufälle

Bei der zusammenfassenden Bewertung der seit 2002 durchgeführten 12 (13) Staufälle kommt man zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Sauerstoffzehrung spielte keine maßgebliche Rolle für die Sauerstoffverhältnisse in der Stauhaltung. Bei keiner der Ganglinien wurde eine wesentliche, ökologisch wirksame Änderung durch Sauerstoffzehrungsprozesse konstatiert.
- Wasserbewegungen (*1), Turbulenz (*2), Zuführung von Fremdwasser (*3), Dichteströmung (*4) dominieren den Verlauf der Sauerstoffganglinien in der Stauhaltung.

Im „12-Stunden“ Stau treten durch Ausspiegelung, Wasserstandskorrekturen, Zufluss von Oberwasser / Pumpwasser und dem Ablassvorgang allenfalls nur kurzzeitig „stehende“ Verhältnisse auf. Bei den längeren Staufällen spielen bezogen auf die Gesamtstauzeit die dynamischen Prozesse zu Beginn (Ausspiegelung) und zum Ende (Ablassvorgang) zwar eine geringere Rolle, doch bekommen dann Dichteströmungen, Wasserstandskorrekturen und der Zufluss von Oberwasser / Pumpwasser eine deutlich stärkere Rolle. Durch die Schiffsüberführung ausgelöste erhöhte Turbulenzen sind an einigen Messstationen anhand eines Ausschlags der Ganglinien erkennbar (siehe Ber.Ser.Seas), jedoch führen sie zu keinen nachhaltigen Änderungen des Sauerstoffgehalts.

- Die Sauerstoffwerte schwanken während eines Staufalls ebenso, wenn auch nicht so stark, wie im Tidegeschehen. Diese Schwankungen sind ökologisch im Wesentlichen genauso zu bewerten, wie es im normalen Tidegeschehen der Fall wäre.
- Durch die Staufälle ist keine signifikante Verschlechterung der Sauerstoffsituation in der Stauhaltung eingetreten.
- Diese Aussage ist zutreffend für niedrige Wassertemperaturen und hohe Wassertemperaturen.

Selbst beim Staufall mit den bislang schlechtesten Sauerstoffausgangsbedingungen (0-5 mg O₂ / l) (Nr.8 Norwegian Jewel) und den höchsten Wassertemperaturen (23°C) stellte sich die Sauerstoffsituation im Vergleich mit den Vortiden und den nachfolgenden Tiden eher positiv dar.

*1 Papenburg, Weener Staubeginn; Gandersum Stauende

*2 Weener, Leerort

*3 Gandersum (Sperrwerkspumpen), Papenburg (Oberwasser)

*4 Terborg, Gandersum (Salzschichtung und stromaufwärts Bewegung des Salzwassers an der Sohle)

Schlussfolgerungen zu den im Planfeststellungsbeschluss genannten betriebsbedingten Auswirkungen:

BIII 3.5.2.1 Betriebsbedingte Auswirkungen der Staufälle

⇒ Beeinträchtigung der Gewässergüte in Teilen des Staubereiches infolge verringerten Sauerstoffeintrages.

Ergebnis des Monitorings: nicht der Fall

⇒ Beeinträchtigung der Gewässergüte im Staubereich direkt oberhalb des Sperrwerks infolge Zupumpens von Schwebstoffen und verstärkter Sauerstoffzehrung.

Ergebnis des Monitorings: nicht der Fall

⇒ Beeinträchtigung der Gewässergüte in Teilen des Staubereiches infolge von Resuspendierung von Sediment und verstärkter Sauerstoffzehrung während / nach der Überführung des Werftschiffes.

Ergebnis des Monitorings: allenfalls lokale und kurzzeitige Auswirkungen

⇒ Infolge Resuspendierung sedimentierter Schwebstoffe nach Öffnung des Sperwerkes Beeinträchtigung der Gewässergüte durch Sauerstoffzehrung ober- und unterhalb der Anlage.

Ergebnis des Monitorings: nicht der Fall

Aurich, den 13.12.2007

gez. Post

GLD

NLWKN Betriebsstelle Aurich