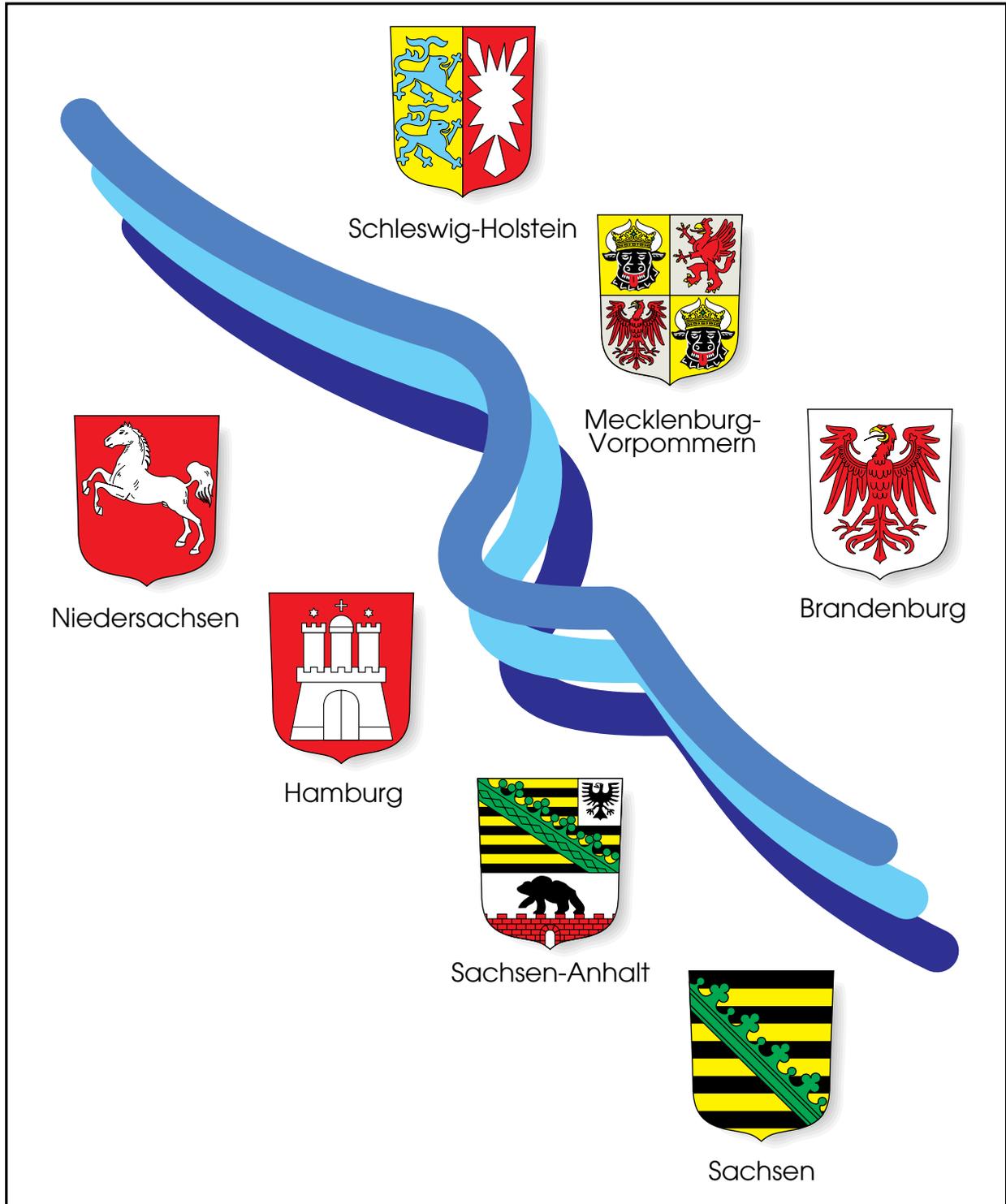


Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



Sauerstoffhaushalt der Tideelbe

November 2004

In den 1980er Jahren wurden große Mengen sauerstoffzehrender Stoffe im Elbeinzugsgebiet in die Gewässer eingeleitet, nämlich 400.000 bis 700.000 t/a bezogen auf den Querschnitt der Elbe bei Schnackenburg (**Tab. 1**). Die zusätzliche Einleitung toxischer Stoffe hemmte die Nitrifikation und das Algenwachstum in der Mittleren Elbe. Das sich in der Tideelbe ausbildende Sauerstofftal war seinerzeit maßgeblich durch die erst unterhalb Hamburgs ablaufende Nitrifikation bestimmt. Dabei verbraucht 1 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ rd. 4,3 mg/l O_2 . Während der Sommerphase wurde der für das Überleben der Fische erforderliche Mindestsauerstoffgehalt von 3 mg/l O_2 häufig unterschritten; oftmals lag das Sauerstoffminimum zwischen 0 bis 1,5 mg/l O_2 (**Abb. 1**, O_2 -Kurve vom 18. Juli 1985). Dann waren regelmäßige Fischsterben im Bereich Dradenau bis Wedel besonders im Mai/Juni die Folge (**Abb. 2**). Der Ausbau des Hamburger Klärwerkes brachte eine deutliche Entlastung.

Tab. 1 Jahresfrachten der Elbe bei Schnackenburg (Fluss-km 474,5)

Messgröße		1986	2003
Abfluss (MQ) m^3/s		716	621
BSB ₂₁	t/a	570.000	210.000
Ammonium	t/a N	49.000	2.500
Nitrat	t/a N	97.000	78.000
Gesamt-N	t/a N	190.000	92.000
o.Phosphat	t/a P	3.500	590
Gesamt-P	t/a P	10.000	2.900

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands erfolgte in den neuen Bundesländern durch Industriestilllegungen und insbesondere durch den Neubau vieler Abwasserbehandlungsanlagen ein bemerkenswerter Rückgang der Belastung der Elbe, auch der sauerstoffzehrenden Substanzen. Die mehr als halbierten Mengen der sauerstoffzehrenden Stoffe führte zunächst gerade in kritischen Zeiten zu einer deutlichen Erhöhung der Sauerstoffgehalte bei Hamburg/Wedel (**Abb. 2**). Regelmäßige Fischsterben fanden nicht mehr statt.

Seit etlichen Jahren allerdings wird diese Wirkung teilweise aufgehoben. Die immer noch recht hohen Nährstoffgehalte im Bereich der relativ flachen Mittleren Elbe führen im Frühjahr und im Sommer zu periodischen Algenmassenentwicklungen, die zwar bei Tageslicht erhebliche Mengen an biogenem Sauerstoff produzieren, gleichzeitig aber in Dunkelheit, also während der Nacht und bei größeren Wassertiefen, durch Atmung Sauerstoff verbrauchen. Gelangen diese Algenmengen über das Wehr Geesthacht in den seeschifftiefen Bereich der Tideelbe, so reichen dort die kurzen Aufenthaltszeiten der pflanzlichen Schweborganismen im durchlichteten oberflächennahen Wasserkörper nicht für eine positive Photosynthesebilanz aus. Bedingt durch Turbulenzen gelangen die Organismen immer wieder in den lichtlosen, tieferen Bereich. Mangels ausreichender Lichtversorgung sterben diese Organismen schließlich ab und belasten durch ihren Abbau wiederum den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe (Sekundärverschmutzung). Entsprechend bewegten sich die Sauerstoffminima heute zwischen 1 und 5 mg/l O_2 .

Diese Entwicklung trat allmählich ein. Zunächst hatten die toxischen Inhaltsstoffe vor der Wiedervereinigung Deutschlands die Algenmassenentwicklung trotz hoher Nährstoffgehalte auf einem niedrigen Niveau gehalten (gedämpfte Primärproduktion). Damals war die Trübung der Oberen und Mittleren Elbe z. B. wegen der Einleitung ungereinigter Zellstoffabwässer höher und damit das Lichtklima generell schlechter. Nach Rückgang der toxischen Belastung und der Stilllegung industrieller Einleitungen sowie der Verbesserung des Lichtklimas entwickelte sich die ehemals gedämpfte Primärproduktion

allmählich auf ein höheres Niveau hin bis zur heutigen Situation. Früher waren auch nährstoffhaltige Substanzen wie Ammonium aus Eiweißverbindungen noch nicht soweit bakteriell in der Mittleren Elbe umgesetzt, als das diese dort direkt für die Primärproduktion zur Verfügung standen. Dieser stark sauerstoffzehrender Nitrifikationsprozess lief erst in der Tideelbe ab, weil hier die langen Laufzeiten der Wasserkörper den aus der Mittleren Elbe verschleppten Abbauprozess begünstigten. Erst mit allmählicher Verbesserung der Abwasserreinigung mit Nitrifikation in den neuen Bundesländer und in Tschechien gelangten viele Nährstoffe direkt nutzbar ins Gewässer. Sie sind jetzt wesentlich leichter bioverfügbar. Ehe es zur heutigen Massenentwicklung kam, profitierte auch die Tideelbe von der Sauerstoffhaushaltsverbesserung. Heutzutage finden sich in der Mittleren Elbe während der Sommermonate am Tag teilweise deutliche Sauerstoffübersättigungen.

Bei kritischen Sauerstoffwerten sind die Jungfischbestände – insbesondere die empfindlichen Jungstint - und die bodennah lebenden Kleinorganismen direkt betroffen. Aber auch die Wanderfischarten, wie Aal, Lachs, Meerforelle, Flunder, Fluss- und Meerneunaugen werden in ihrem Wanderverhalten eingeschränkt. Sie können die sauerstoffarme Zone auf dem Wege zu ihren Laichgebieten nicht durchschwimmen. Stehen in der Nähe des Sauerstofftals keine sauerstoffreicheren Flachwasserbereiche als Fluchtbiotope zur Verfügung, treten Fischsterben auf.

Die Höhe des Oberwasserabflusses bestimmt die Transportgeschwindigkeit der Wasserkörperteilchen in der Tideelbe und damit auch die Lage und Eintiefung des Sauerstofftales. Bei hohem Sommerabfluss liegt das Tal eher flach und lang ausgeprägt elbeabwärts bei Brunsbüttel und bei niedrigem Sommerabfluss eher kurz und tief im Hamburger Hafen.

Verschiedene wasserbauliche Maßnahmen haben ebenfalls einen Einfluss auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe. Der Verlust von wirksamer Wasseroberfläche durch Zuschüttungen oder Abdämmungen verringert den atmosphärischen und biogenen Sauerstoffeintrag.

Auch eine Flussvertiefung wirkt sich negativ auf den Sauerstoffhaushalt aus, weil sich die spezifische Wasseroberfläche (Verhältnis von Oberfläche zu Tiefe) verringert. Die gleiche Wasseroberfläche muss dann einen größeren Wasserkörper mit Sauerstoff versorgen. Eine Vertiefung verlängert außerdem die Verweilzeit des Wassers. Damit vergrößert sich die Abbaumenge von sauerstoffzehrenden Stoffen an einem betrachteten Querschnitt. Eine Abschätzung der Wassergütestelle Elbe findet sich hierzu in **Tab. 2**. Die durch die Vertiefung erhöhte maximale Flutstromgeschwindigkeit führt zu einem verstärkten Stromauftransport von Schwebstoffen/Sedimenten.

In der **Tab. 2** sind die Auswirkungen aller Eintragsänderungen und wasserbaulichen Maßnahmen für eine typische Sommersituation zusammengefasst. **Abb. 3** gibt einen entsprechenden grafischen Überblick zu den Abschätzungen der Einflüsse verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Elbe bei Hamburg im Sommer. Die Abschätzungen basieren auf den üblichen Ingenieursansätzen nach IMHOFF (1976), BÖHNKE (1965) et al sowie auf eigenen Zehrungsversuchen (Langzeit-BSB) der Wassergütestelle Elbe (ARGE ELBE 1984).

Derzeit muss der Sauerstoffhaushalt der Elbe im Sommer bei Hamburg als „überlastet“ bezeichnet werden – mit Sicherheit neben den Nährstoffeinträgen auch eine Folge der gesamten morphologischen Veränderungen, die im Laufe der letzten 100 Jahre an der Tideelbe, die nach EG-Wasserrahmenrichtlinie vorläufig als heavily modified waterbody (HMWB) eingestuft ist, eingetreten sind.

Tab. 2 Abschätzungen der Einflüsse verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Elbe bei Hamburg im Sommer

Maßnahme/ Ereignis	Änderung des O ₂ -Gehaltes (mg/l O ₂)
Ausbau des Hamburger Klärwerkes Köhlbrandhöft/Dradenau (1980er Jahre)	+1 bis +1,5
Abdämmung der Haseldorfer Binnenelbe	-0,05 bis -0,1
Teilweise oder vollständige Zuschüttung von Hafengebäuden	-0,1 bis -0,2
Verringerung der Vorbelastung Anfang der 1990er Jahre	ca. +3
Anstieg der Sekundärverschmutzung in den 1990er Jahren	ca. -2
Fahrrinnenanpassung 13,5 auf 15,3 m	-0,2 bis -0,3
Teilweise Zuschüttung des Mühlenberger Lochs (ohne Ausgleich)	-0,1 bis -0,2

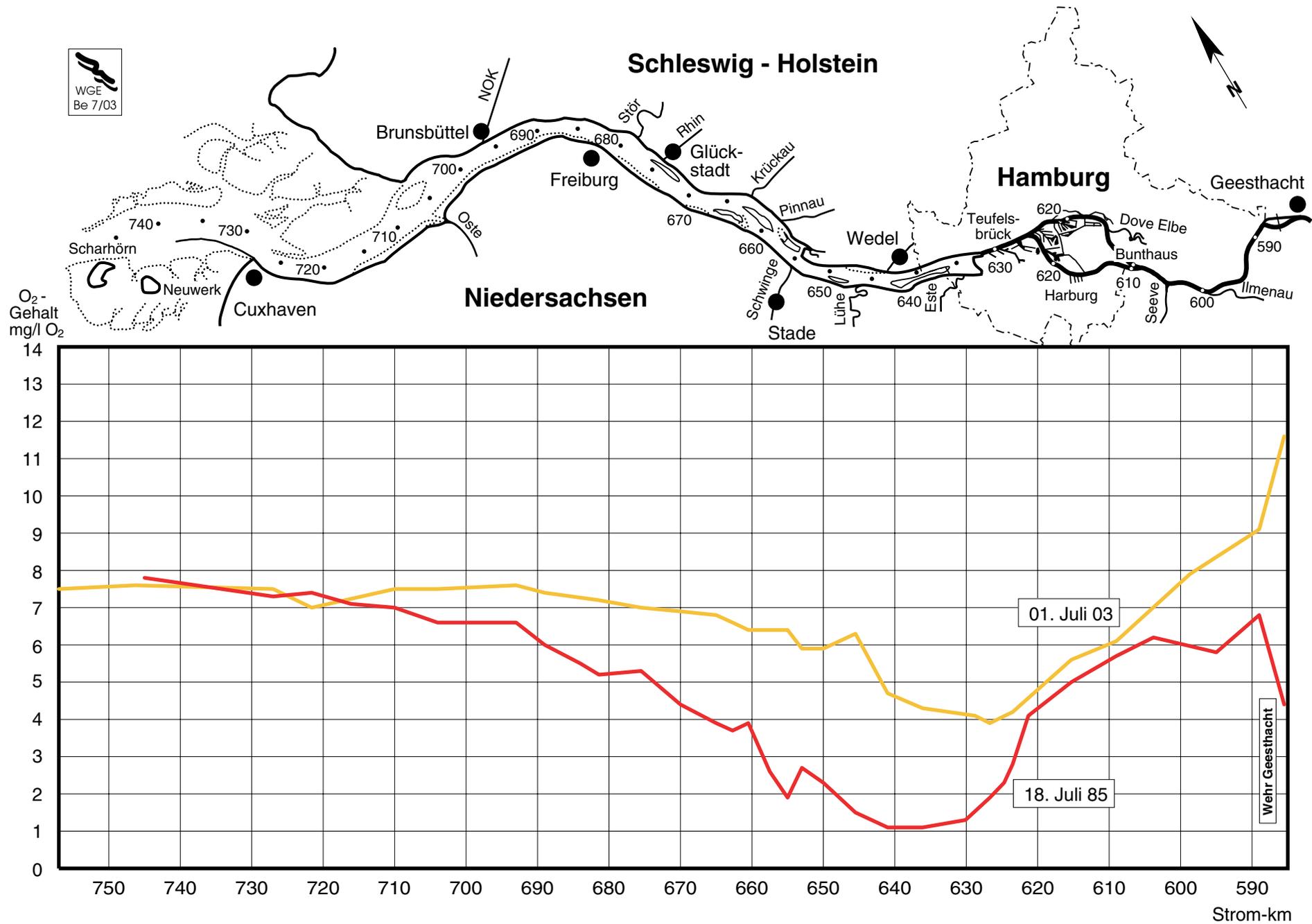


Abb.1 Sauerstoff-Längsprofile der Tideelbe am 1. Juli 2003 und 18. Juli 1985

(mg/l O₂)

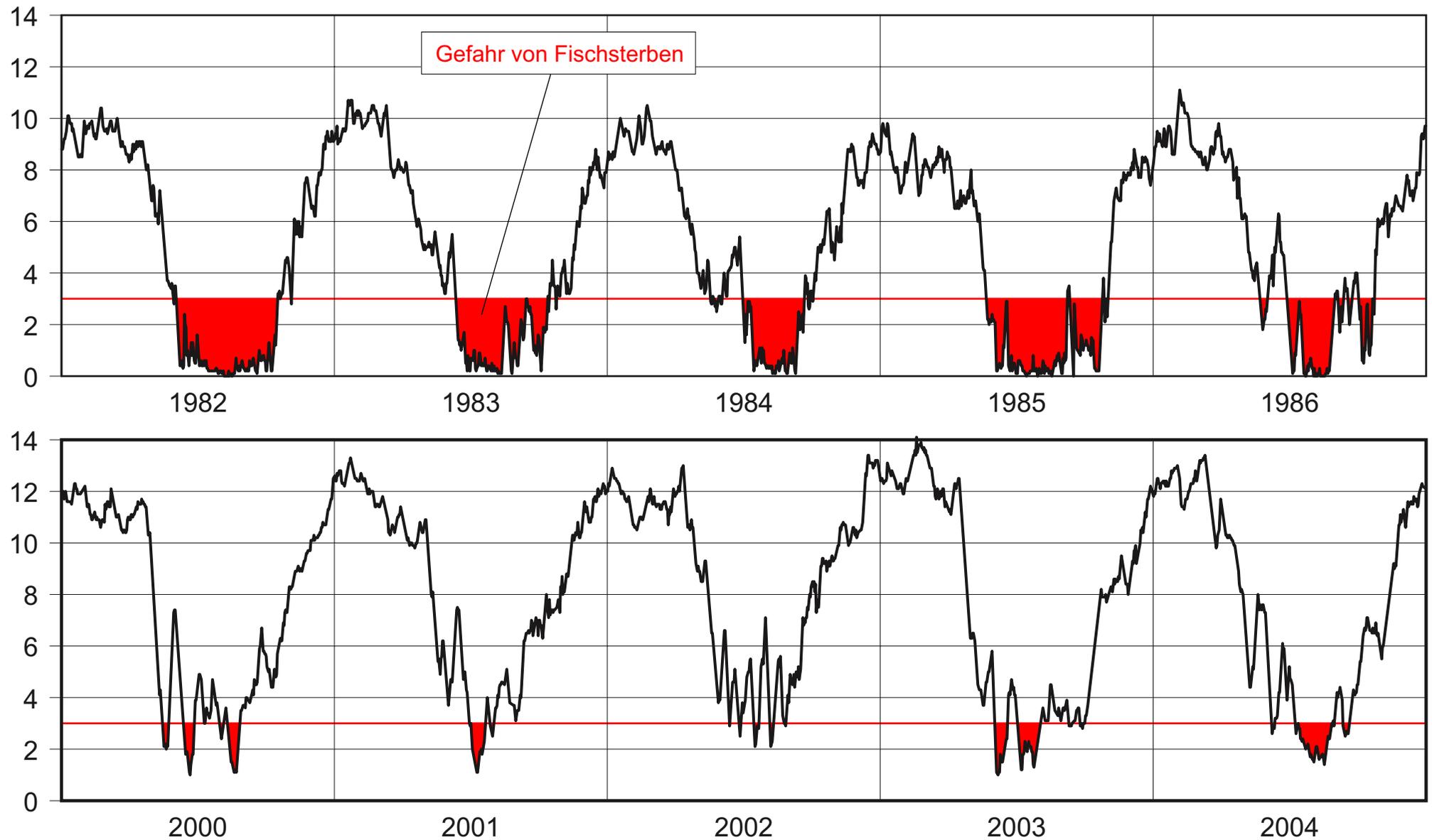


Abb. 2 Sauerstoffgehalt (Tagesminimum) der Elbe bei Hamburg-Seemannshöft (Strom-km 628,9)

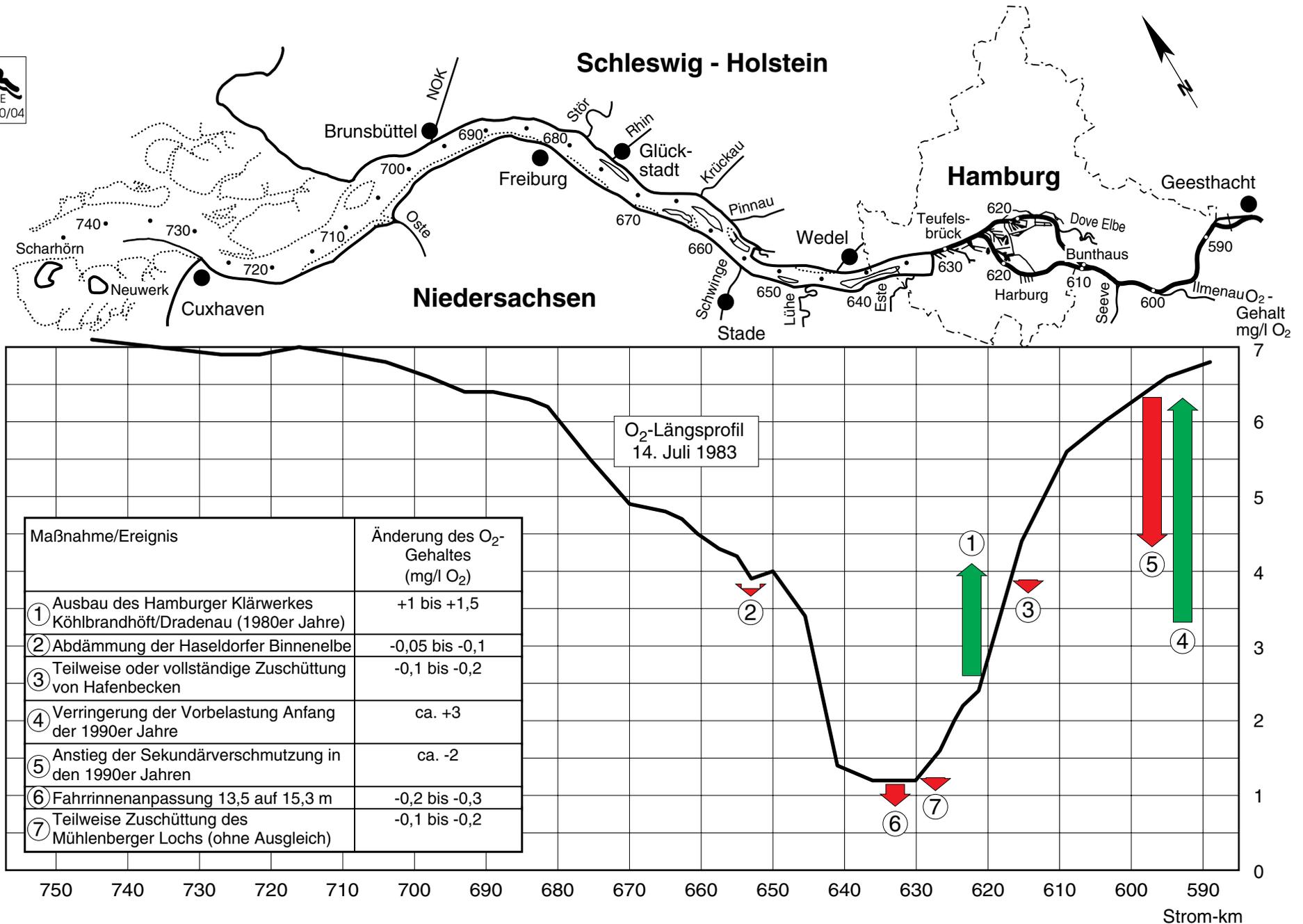


Abb. 3 Abschätzung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe