



Gewässerökologische Studie der Elbe

von Schnackenburg bis zur See

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR DIE REINHALTUNG DER ELBE

GEWÄSSERÖKOLOGISCHE STUDIE DER ELBE

Hydrographie der Elbe - Historische Entwicklung

Ausbaumaßnahmen und deren Auswirkungen

Gewässerökologische Bedeutung der unterschiedlichen
Biotopenelemente der Elbe

Vorschläge zur Erhaltung und Verbesserung des aquatischen
Ökosystems der Elbe

ARGE ELBE:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bezirksangelegenheiten,
Naturschutz und Umweltgestaltung
Steindamm 22
2000 H A M B U R G 1

Der Niedersächsische Minister für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten
Calenbergerstr. 2
3000 H A N N O V E R

Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft
und Forsten des Landes Schleswig-Holstein
Düsternbrooker Weg 104 - 108
2300 K I E L

bearbeitet von der

Wassergütestelle Elbe
Focksweg 32a
2103 H A M B U R G 95

Mai 1984

V O R W O R T

Für die Bewertung des Zustandes eines Gewässers ist einerseits der Belastungsgrad mit Schadstoffen, wie z.B. mit Schwermetallen und chlorierten Kohlenwasserstoffen, mit sauerstoffzehrenden Stoffen und mit erhöhten Nährstoffkonzentrationen maßgebend; zum anderen wird der Naturhaushalt in einem Gewässer durch das Vorhandensein und die Funktionsfähigkeit unterschiedlichster Biotopenelemente geprägt. Diese unterschiedlichen Biotopenelemente stellen jeweils die ökologische Basis für die Lebensgemeinschaften in einem aquatischen Ökosystem dar und bestimmen somit die Artenvielfalt und Häufigkeit der Organismen.

Seit Bildung der Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe im Jahre 1977 wurden zunächst schwerpunktmäßig durch umfangreiche, systematische Meßprogramme die Belastung des Sauerstoffhaushaltes der Elbe und die Schadstoffbelastungen (Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe) des Elbwassers, der Elbsedimente und als Bio-Indikator die Elbfischart Brassen untersucht. Die Ergebnisse sind in den ARGE ELBE-Berichten veröffentlicht worden.

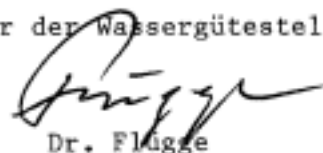
Ergänzend dazu werden in der hiermit vorgelegten GEWÄSSERÖKOLOGISCHEN STUDIE ELBE die anthropogenen Eingriffe in den Naturhaushalt der Elbe durch Baumaßnahmen behandelt. So werden durch eine vergleichende Auswertung die Flächenveränderungen der Biotopenelemente Vordeichsländereien, Watt und Flachwasserbereiche gegenüber dem Zustand um die Jahrhundertwende aufgezeigt und die Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt und das biologische Gefüge, sowie auf das Produktionsvermögen und die Selbstreinigungsleistung der Elbe bewertet. Die in der Studie dargestellte historische Entwicklung des Flußsystems der Elbe und der Ausbaumaßnahmen einschließlich der Hochwasserschutzbaumaßnahmen stellen eine wichtige Grundlage für das Verständnis der anthropogenen Eingriffe dar. In der Tagesdiskussion um die Umweltprobleme der Elbe wird häufig übersehen, welche überragende Bedeutung für die wirtschaftliche und kulturhistorische Entwicklung des Unterelberaumes die Deichbaumaßnahmen und die Verbesserung der Schiffbarkeit gehabt haben. Die Entwicklung z.B. Hamburgs, aber auch des Alten Landes und der Vier- und Marschlande sind untrennbar mit den durchgeführten wasserwirtschaftlichen Eingriffen in den Naturhaushalt der Elbe verknüpft.

Ziel dieser GEWÄSSERÖKOLOGISCHEN STUDIE ist es, die Bedeutung der unterschiedlichen vorhandenen Biotopenelemente der Elbe darzustellen und in Verbindung mit den aus den Auswirkungen früherer Ausbaumaßnahmen gewonnenen Erkenntnissen Vorschläge zur Erhaltung und Verbesserung des aquatischen Ökosystems der Elbe aufzuzeigen. All jenen Elbfischern, die in zahlreichen Gesprächen mit wertvollen Informationen und Anregungen aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung aus der Praxis zur Abrundung dieser Studie beigetragen haben, sei an dieser Stelle gedankt, insbesondere den Elbfischern Hugo Köthke und Christian Köthke.

Der Vorsitzende der ARGE ELBE


Schell

Der Leiter der Wassergütestelle Elbe


Dr. Flügge

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	SEITE
1. BEGRIFFSERKLÄRUNG EINIGER IM TEXT VERWENDETER FACHAUSDRÜCKE	3 - 6
2. ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER ELBE	7 - 8
3. HYDROGRAPHIE DER ELBE	9 - 15
4. AUSBAUMASSNAHMEN AN DER ELBE	16 - 27
4.1 AUSBAUMASSNAHMEN OBERHALB HAMBURGS	17 - 20
4.2 AUSBAUMASSNAHMEN IM HAMBURGER STROMSPALTUNGSGEBIET UND IN DER UNTERELBE	21 - 27
5. AUSWIRKUNGEN DER AUSBAUMASSNAHMEN AUF DAS HYDROLOGISCHE UND DAS ÖKOLOGISCHE SYSTEM IN DER ELBE	28 - 35
5.1 TIDEVERHÄLTNISSE	28 - 29
5.2 BIOTOPELEMENTE - VORDEICHSLÄNDEREIEN, WATTGEBIETE UND FLACHWASSERBEREICHE	29 - 30
5.2.1 FLÄCHENVERGLEICH 1896/1905 - 1981/82 BEREICH NORDUFER	31
5.2.2 FLÄCHENVERGLEICH 1896/1905 - 1981/82 BEREICH SÜDUFER	31 - 35
6. SELBSTREINIGUNGSVERMÖGEN UND SAUERSTOFFHAUSHALT DER ELBE	36 - 66
6.1 GEWÄSSERBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN - SELBSTREINIGUNGSSTRECKE	36 - 37
6.1.1 SELBSTREINIGUNGSVORGÄNGE IM STROMBEREICH DER TIDEELBE	38 - 47
6.1.2 SAUERSTOFFHAUSHALT DER ELBE	47 - 58
6.1.3 AUSWIRKUNGEN VON BEISPIELHAFT ANGENOMMENEN AUFSPÜLUNGEN AUF DEN SAUERSTOFFHAUSHALT UND AUF DIE AQUATISCHEN LEBENSGEMEINSCHAFTEN DER ELBE	59 - 63
6.1.3.1 TIDEELBE	59 - 61
6.1.3.2 ELBABSCHNITT SCHNACKENBURG - GEESTHACHT	61 - 63
6.2 GEWÄSSERBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN - REINIGUNGSLEISTUNG HÖHERER WASSERPFLANZEN	63 - 65
6.2.1 BEITRAG DER HÖHEREN WASSERPFLANZEN FÜR DAS SELBSTREINIGUNGSVERMÖGEN DER TIDEELBE	64 - 65

	SEITE
6.3 ELBWATTEN - SEDIMENTSTRUKTUREN	65 - 66
6.3.1 BEITRAG DER WATTGEBIETE ZUM SELBSTREINIGUNGSVERMÖGEN DER TIDEELBE	66
7. PRODUKTION DER ELBE	67 - 91
7.1 BEDEUTUNG DER EINZELNEN STROMREVIERE FÜR DIE AQUATISCHEN LEBENS-GEMEINSCHAFTEN IN DER ELBE	67 - 85
7.1.1 ALTWÄSSER	67 - 69
7.1.2 VORLANDSEEN UND TÜMPEL	69
7.1.3 KIES- UND BAGGERLÖCHER	70
7.1.4 HAFENBECKEN-, SCHLEUSENVORHÄFEN UND SPORTBOOTHÄFEN	70
7.1.5 BUHNENFELDER	70 - 72
7.1.6 UFERBEREICHE	72 - 77
7.1.7 NEBENELBEN	77 - 79
7.1.8 NEBENFLÜSSE	80
7.1.9 WATTFLÄCHEN	80 - 82
7.1.10 PFLANZENBESTÄNDE	82 - 85
7.2 BESCHAFFENHEIT VON FISCHFANGSTELLEN	85 - 86
7.3 AUSGLEICHSMASSNAHMEN FÜR KÜNSTLICHE FLUSSSPERREN (WEHRE)	86 - 87
7.4 LAICHZEITEN UND LAICHGEBIETE DER ELBFISCHE	88 - 90
7.5 WIEDERANSCHLUSS ABGETRENNTER NEBENGEWÄSSER AN DIE TIDEELBE	90 - 91
8. ZUSAMMENFASSUNG	92 - 94
9. LITERATURVERZEICHNIS	95 - 98

1. BEGRIFFSERKLÄRUNG EINIGER IM TEXT VERWENDETER FACHAUSDRÜCKE

- abiotische Faktoren: Faktoren der unbelebten Umwelt, wie z.B. Salzgehalt, Temperatur, Licht, Feuchtigkeit, Kohlendioxid und Sauerstoffgehalt
- Abundanz: Häufigkeit pflanzlicher oder tierischer Arten an einem bestimmten Standort
- Altwässer: Stromseitenarme, die an ihrem oberen Ende entweder auf natürlichem Wege durch Verlandung und Verwachsung oder durch künstlichen Verbau vom Hauptstrom abgetrennt sind; nur das stromabliegende Ende der Seitenarme ist noch mit dem Hauptstrom verbunden
- anadrome Fischarten: Fischarten, die zum Laichen vom Meer in die Flüsse aufsteigen
- anthropogen: durch den Menschen verursacht
- aquatisch: auf das Wasser bezogen, im Wasser lebend
- Assimilation: Aufbau von körpereigenen, organischen Substanzen aus anorganischen Nährstoffen, der bei grünen Pflanzen als Photosynthese abläuft unter gleichzeitiger biogener Sauerstoffproduktion
- Aufwuchs: pflanzliche und tierische Organismen, die an Stengeln und Blättern von Pflanzen, an Steinen oder anderen Oberflächen angeheftet sind
- Außendeichsgebiet: Vordeichsländerei; das über der Mittelwasserstandslinie oder über der mittleren Tidehochwasserlinie liegende Gelände zwischen Fluß und Deich
- Benthonorganismen: alle am Gewässergrund lebenden Pflanzen und Tiere; die Organismen sind entweder am Boden angeheftet, ruhen dort oder leben im Bodensediment
- biochemischer Sauerstoffbedarf: BSB; diejenige Menge an Sauerstoff in mg/l, die Mikroorganismen während eines bestimmten Zeitraumes für die Oxidation biologisch abbaubarer Wasserinhaltsstoffe in einer Wasserprobe bei konstanter Temperatur in Dunkelheit verbrauchen
- biogene Sauerstoffpotenz: die Fähigkeit zur biogenen Sauerstoffproduktion
- biogener Sauerstoffeintrag: der beim Ablauf der Photosynthese durch pflanzliche Organismen freigesetzte Sauerstoff, der sich im Wasser löst
- Biotop: natürlicher, abgrenzbarer Lebensraum einer darauf abgestimmten Lebensgemeinschaft
- Biozönose: Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren oder von Pflanzen- und Tiergemeinschaften, die durch gegenseitige Abhängigkeit und Beeinflussung in Wechselbeziehung stehen; die Biozönose ist an einen bestimmten Biotop gebunden

Brackwasserzone: Gewässerabschnitt, in dem sich Salz- und Süßwasser miteinander mischen

Destruenten: = Reduzenten: Bakterien und Pilze, die abgestorbene, organische Substanz unter gleichzeitigem Energiegewinn bis zu anorganischen Bestandteilen abbauen, die wiederum den Primärproduzenten als Nahrungsgrundlage dienen (siehe auch Nahrungskette)

Ebbestromkenterpunkt: Ke; Kenterpunkt zwischen Ebbe- und Flutstrom

emers: aufgetaucht; z.B. Wasserpflanzen, die über die Wasseroberfläche hinauswachsen

fischereiliche Sterblichkeit: diejenige Menge an Fisch, die einem bestimmten Fischbestand durch die Fischerei entzogen wird

Flachwasserbereich: hier: Wasserzone zwischen der mittleren Tideniedrigwasserlinie und der darunter liegenden 2 m-Tiefenlinie

Flutraum: Volumen des Abschnittes eines Tidegewässers zwischen Tideniedrigwasserstand und Tidehochwasserstand

Flutstromkenterpunkt: Kf; Kenterpunkt zwischen Flut- und Ebbestrom

Hell-Dunkelflaschen-Methode: Verfahren zur Abschätzung der biogenen Sauerstoffproduktion in einem Gewässer durch Phytoplankton; dabei werden mit Probenwasser gefüllte lichtdurchlässige Glasflaschen von der Wasseroberfläche bis zur maximalen Eindringtiefe des Lichtes vertikal über verschiedene Gewässertiefen verteilt im Gewässer für einen bestimmten Zeitraum ausgebracht; aus der Differenz der Sauerstoffgehalte (Versuchsbeginn - Versuchsende) läßt sich unter Berücksichtigung der mit einer abgedunkelten Flasche ermittelten Zehrungsrate die aufgrund des Photosyntheseprozesses stattgefundenene biogene (Netto-) Sauerstoffproduktion in der jeweiligen Gewässertiefe bis zur maximalen Eindringtiefe des Lichtes ins Gewässer errechnen

Hydrographie: beschreibende und darstellende Hydrologie

Hydrologie: Gewässerkunde; Wissenschaft vom Wasser, seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen auf und unter der Landoberfläche

katadrome Fischarten: Fischarten, die zum Laichen aus den Flüssen ins Meer abwandern

Kentern: Wechsel des Tidestromes von der einen Haupttrichtung in die entgegengesetzte

Kenterpunkt: Strömungsstillstand bezogen auf einen Meßpunkt (Zeitpunkt der Strömungsumkehr)

Konsumenten: alle Tiere und parasitisch lebenden Pflanzen, die die von den Produzenten erzeugte organische Substanz direkt oder indirekt als Nahrung aufnehmen; sie decken ihren Energiebedarf durch den Umbau meist lebender organischer Materie; die Pflanzenfresser werden als Primärkonsumenten, die Fleischfresser als Sekundärkonsumenten bezeichnet

Leinpfad: = Treidelweg; unmittelbar an Flüssen und Kanälen entlangführender Weg, von dem aus in früherer Zeit Menschen oder Tiere Kähne gegen die Strömung ziehen (treideln) konnten

limnisch: die Binnengewässer betreffend; im Süßwasserbereich lebend

Litoral: Uferregion der Gewässer bis zur unteren Grenze des Pflanzenwuchses

Makrophyten: höhere, mit dem bloßen Auge wahrnehmbare Pflanzen

marin: die offene See betreffend, im Salzwasser lebend

natürliche Sterblichkeit: diejenige Menge an Fisch, die einem bestimmten Fischbestand durch das natürliche Absterben (Tod aus Altersgründen, Wegfraß usw.) der Individuen entzogen wird

Nahrungskette: eine durch ihre Ernährungsweise bedingte stufen- oder kettenartige Abhängigkeitsfolge zwischen Produzenten (z.B. Phytoplanktonorganismen) und Konsumenten (z.B. Zooplanktonorganismen = Primärkonsumenten; Fische = Sekundärkonsumenten); die Nahrungsketten sind dadurch gekennzeichnet, daß die unteren Stufen durch körperlich kleine, aber in großer Individuenzahl auftretende Arten mit hoher Reproduktionskraft gebildet werden; mit dem Übergang zu den höheren Stufen der Nahrungskette nimmt die Körpergröße zu und die Individuenzahl ab, bis schließlich die Endglieder als körperlich größte und gewandteste Arten mit geringer Individuenzahl, aber großem Aktionsraum die Spitze der Nahrungspyramide bilden (Ausnahme: Parasiten); in der Nahrungskette nimmt größenordnungsmäßig das Gewicht des Fressenden nur um 1/10 der aufgenommenen Nahrungsmenge zu, da der Großteil der Nahrung zur Deckung des Energiebedarfs umgesetzt wird und die dabei entstehenden Abbaustoffe wieder ausgeschieden werden

Normal-Null: amtlich festgelegte Ausgangs- und Bezugsfläche für Höhenmessungen

Ökologie: Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen Organismen (auch Menschen) und ihrer Umwelt

ökologische Basis: hier: tidebeeinflusste Priel- und Marschgräben der Außendeichsgebiete, Wattflächen, Flachwasserbereiche und Nebengewässer

Ökosystem: Grundbegriff der Ökologie, der die Organismen einer Biozönose und die Umweltfaktoren des dazugehörigen Biotops zusammenfaßt

photische Zone: die oberste durchleuchtete Wasserschicht, in der die Photosynthese stattfindet (biogene Sauerstoffproduktion)

Photosynthese: biochemischer Vorgang, bei dem grüne Pflanzen unter Einwirkung von Licht als Energiequelle organische Substanz aufbauen: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \uparrow$

Phytoplankton: die im Wasser frei schwebenden pflanzlichen Organismen mit nur geringer Eigenbewegung

Plankton: Gesamtheit der im Wasser schwebenden oder schwimmenden pflanzlichen und tierischen Organismen mit nur geringer Eigenbewegung

- Priel: Nebenwasserlauf im Watt (siehe auch Watt)
- Produzenten: pflanzliche Organismen wie z.B. Algen und Makrophyten, die aus anorganischen Nährstoffen körpereigene organische Substanz bilden
- submers: untergetaucht; z.B. Wasserpflanzen, die ständig untergetaucht leben
- Sukzession: zeitliche oder örtliche Aufeinanderfolge von Organismengesellschaften, hervorgerufen durch sich verändernde Umweltfaktoren sowie durch die Lebenstätigkeit der Organismen selbst
- Talweg: ausgeglichene Verbindungslinie der tiefsten Punkte in aufeinanderfolgenden Querschnitten eines Fließgewässers
- Tide: Wasserstandsänderungen und Strömungen, die unmittelbar oder mittelbar durch die Massenanziehung des Mondes und der Sonne in Verbindung mit der Erdumdrehung entstehen
- Tidegrenze: Stelle eines Gewässers, bis zu der jeweils eine tidebedingte Wasserstandsänderung meßbar ist
- Tidehub: mittlerer Höhenunterschied zwischen dem Tidehochwasserstand und dem Tideniedrigwasserstand
- Trophie: aus dem Griechischen: trophe = Nahrung; Intensität der organischen Urproduktion; Eutrophierung: Gesamtheit der Prozesse, die in den Gewässern eine Erhöhung des Angebotes an Pflanzennährstoffen, insbesondere des anorganischen Kohlenstoffes, des Stickstoffes und des Phosphors sowie der Produktion pflanzlicher Biomasse bewirken
- Tümpel: isoliert liegende Kleingewässer von meist nur geringer Tiefe, die nur zu bestimmten Zeiten, z.B. nach heftigen Regenfällen oder nach der Schneeschmelze, gefüllt sind und im Sommer oftmals austrocknen
- Vegetationsperiode: Zeitraum, in dem das Pflanzenwachstum stattfindet; in der Elbe zwischen April und Oktober
- Vorlandseen: Gewässer, die im Überschwemmungsbereich eines Flusses liegen, aber bei mittleren Wasserständen nicht im direkten Kontakt mit dem Hauptstrom stehen; sie entstehen z.B. aus Altwässern, die auf natürlichem oder künstlichem Wege vom Hauptstrom abgetrennt werden
- Watt: ausgedehntes, flaches, von Rinnen und Prielen durchzogenes, mit Sand oder Schlick bedecktes Gebiet" das im Wechsel der Gezeiten vom Wasser bedeckt wird und wieder trocken fällt, begrenzt durch die mittlere Tidehochwasser- und die mittlere Tideniedrigwasserlinie
- Zooplankton: die im Wasser frei schwebenden oder schwimmenden tierischen Organismen mit nur geringer Eigenbewegung (Hüpfertiere, Rädertierchen, Quallen usw.)

2. ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER ELBE

Die nachstehenden Ausführungen zur Entwicklungsgeschichte des Elbstromes orientieren sich im wesentlichen an der Arbeit von ILLIES (1952; zit. n. KOTHE, 1961). Als ergänzende Quellen wurden die Veröffentlichungen von SIMON (1965) und WOLSTEDT (1956) herangezogen.

Die "Ur-Elbe" entstand in der Zeit der mittleren Warthe-Vergletscherung (Jung-Riß-Glazial). Die Schmelzwässer der Hennstedt-Lüneburger Rückzugstaffel bewirkten zwischen der Harburger und der Blankeneser Endmoräne einen Taldurchbruch, durch den sich die anfallenden Wassermassen einen ersten direkten Abflußweg in das tiefer gelegene saale-eiszeitliche Vorland bahnten. Dieser Schmelzwasserfluß, der zusätzlich durch Wassermassen aus Süd- und Mittel-Holstein gespeist wurde, nahm einen nordwestlich gerichteten Verlauf zur Deutschen Bucht hin an.

Der nördliche Teil des Einzugsgebietes wurde durch eine Wasserscheide begrenzt, deren Lage mit der heutigen noch weitgehend übereinstimmt. In Richtung Osten dehnt sich das Einzugsgebiet bis zu den großen Stauchmoränen in der Lauenburger Gegend aus. Aus dem südlichen Raum erhielt die "Ur-Elbe" nur kleine Zuflüsse. Die Schmelzwässer des südlichen Eisrandes sowie der Oberflächenwasserabfluß aus dem mitteldeutsch-böhmischen Raum und der Lüneburger Heide wurde hauptsächlich über das Ohre-Aller-Weser-Urstromtal abgeleitet (Abb. 1).

Durch das Abschmelzen der Gletscher hob sich der Meeresspiegel, und die erosiven Kräfte nahmen soweit zu, daß die "Ur-Elbe" schließlich die Moränenwälle zwischen Lauenburg und Dannenberg durchbrechen konnte. Das östliche Einzugsgebiet vergrößerte sich dadurch erheblich. Die Entwässerung des böhmisch-sächsischen Gebietes erfolgte aber zunächst weiterhin durch das Ohre-Aller-Weser-Urstromtal.

Ein einheitliches Flußsystem der Elbe entstand erst während der letzten Eiszeit, der sog. Weichsel oder Würm-Vereisung. Die großen Schmelzwassermengen der zwischen der Nordsee und dem heutigen Polen liegenden Eisdecke wurden nach Süden entwässert und räumten das zuvor aufgeschotterte Bett der "Ur-Elbe" zu einer Hauptabflußrinne aus. Der untere Elbabschnitt war zur "großen Sammelader für alle Schmelzwässer des weichseleiszeitlichen Gletschers in seinen verschiedenen Stadien" (WOLSTEDT, 1956; zit. n. KOTHE, 1961) ausgebildet worden. Die allmählich zunehmende Vertiefung des Stromtales führte schließlich auch zur Entwässerung sowohl des böhmisch-sächsischen Raumes als auch der Lüneburger Heide.

Nach Abklingen der letzten Eiszeit war die Elbe vermutlich zunächst auch im Unterlauf ein Strom mit rein sandigem Untergrund, in dem die unterschiedlich hohen abfließenden Oberwassermengen für eine ständige Verschiebung von Schotter- und Sandbänken sorgten; das Flußbett verlagerte sich andauernd innerhalb des breiten Urstromtals. Im Hamburger Bereich wies die Elbe vielfache Verästelungen und Verzweigungen auf.

Zu einem späteren Zeitraum setzte dann eine sehr intensive pflanzliche Besiedlung ein. Nach TUXEN (1937) waren große Bereiche des breiten Stromtals versumpftes Gebiet und bewaldete Auen. In unmittelbarer Nähe des Stromes wuchsen vorwiegend Weiden und Pappeln; höher gelegene Abschnitte wiesen Eichen-Auwälder, durchsetzt mit Ulmenbeständen, auf.

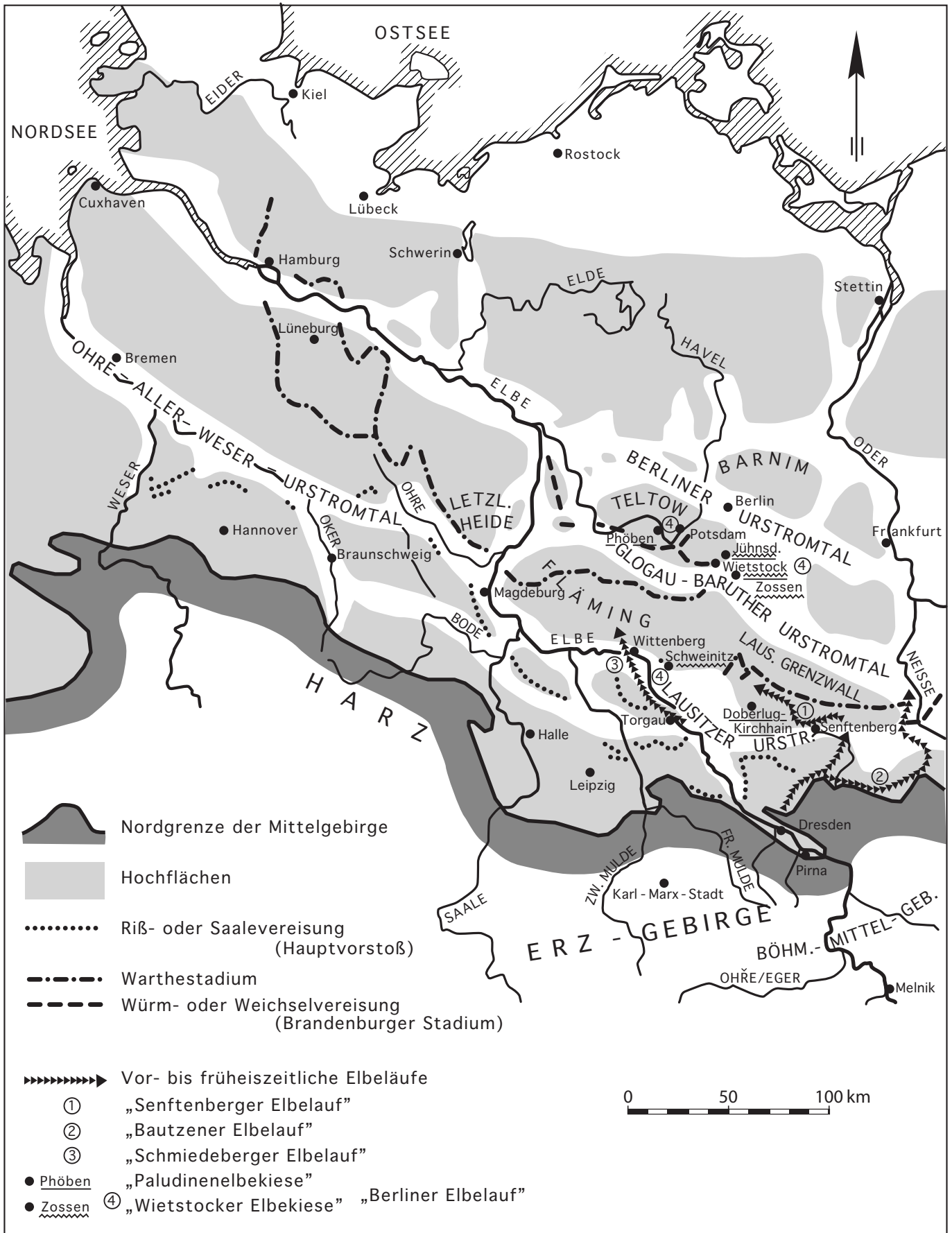


Abb. 1 Vor - bis früheiszeitliche Elbeläufe

Entwurf : GENIESER, 1958

3. HYDROGRAPHIE DER ELBE

Die nachfolgenden Ausführungen zur Hydrographie der Elbe stützen sich im wesentlichen auf die Arbeit von ROHDE (1971), die aus dem umfangreichen Literaturmaterial (siehe z. B. auch LUCHT, 1964), das zu dieser Thematik vorliegt, ausgewählt wurde.

Die Elbe entspringt im Riesengebirge in einer Höhe von 1390 m über NN (Normal-Null). Auf ihrem zunächst nordsüdlich ausgerichteten Verlauf nimmt sie bei Königgrätz die Wilde Adler auf. Bei Pardubitz biegt sie dann nach Westen und Nordwesten ab. Vor dem Zusammenfluß mit der Moldau auf der Höhe von Melnik münden noch die Nebenflüsse Cidlina und Iser in die Elbe.

Durch die rechten Nebenflüsse der Elbe werden die südlichen Teile der das Böhmisches Becken im Norden begrenzenden Mittelgebirgszüge, Lausitzer Gebirge, Riesengebirge, Rabengebirge, Heuscheuergebirge und Adlergebirge entwässert. Dieses Niederschlagsgebiet umfaßt insgesamt eine Fläche von rd. 13.700 km².

Demgegenüber ist das Niederschlagsgebiet, das die Moldau speist, mit einer Fläche von rd. 28.000 km² mehr als doppelt so groß. Die Moldau ist damit der größte Nebenfluß der Elbe überhaupt. Ihr Einzugsgebiet umfaßt die nördlichen Teile der das Böhmisches Becken im Südwesten und Süden begrenzenden Mittelgebirgszüge, Oberpfälzer Wald und Böhmerwald. Die Moldaumündung gilt auf dem Gebiet der CSSR sowohl stromauf als auch stromab als Nullpunkt der Elbkilometrierung. Die breite Stromebene nach dem Zusammenfluß von Moldau und Elbe zieht sich von Melnik weiter in Richtung Nordwesten und Norden. Bei Leitmeritz mündet von Westen her die Eger, die ein Niederschlagsgebiet von rd. 5.600 km² entwässert. Bei Tschernosek verengt sich das Stromtal; die Elbe schneidet sich tief in den felsigen Untergrund ein, durchbricht schließlich nach kurzem Lauf das Elbsandsteingebirge und verläßt das Böhmisches Becken.

Mit dem Eintritt in das Gebiet der DDR beginnt die in Deutschland gültige Strom-Kilometrierung. Von der Quelle bis zu diesem Punkt beträgt die Flußlänge 415 km, das dazugehörige Einzugsgebiet umfaßt eine Fläche von rd. 51.400 km².

Unterhalb des Elbsandsteingebirges nimmt die Elbe bis Wittenberg einen nordwestlich gerichteten Verlauf an. Auf dieser Strecke verläßt sie das Mittelgebirge, durchquert das vorgelagerte Bergland, tritt in das norddeutsche Tiefland ein und erreicht schließlich das Breslau-Bremer Urstromtal. Kurz oberhalb von Wittenberg bei Strom-km 198,6 nimmt die Elbe die Schwarze Elster auf, die Teile der Oberlausitz entwässert. Ihr Niederschlagsgebiet beträgt rd. 5.500 km². Weiter stromab entwässern die linksseitigen Nebenflüsse Mulde (Strom-km 259,6) und Saale (Strom-km 290,7) zusammen ein Gebiet von rd. 31.000 km². Das Einzugsgebiet der Mulde umfaßt den Nordteil des Erzgebirges sowie das vorgelagerte Bergland und das Bördeland. Die Saale, die im Mittelgebirge entspringt, entwässert über ihre Nebenflüsse Teile des Erzgebirges, des Frankenwaldes, des Thüringerwaldes, des Thüringer Beckens, des Harzes und des Bördelandes.

Bei Magdeburg schwenkt die Elbe in Richtung Nord-Nordosten ab und verläßt das Breslau-Bremer Urstromtal. Vor Wittenberge bei Strom-km 427,7 mündet von Osten die Havel in die Elbe, die große Teile der Mark Brandenburg einschließlich Berlin entwässert. Ihr Nebenfluß, die Spree, hat ihren Ursprung im Mittelgebirge des Oberlausitzer Berglandes. Sie übernimmt z. T. die Niederschlagswasser der

Ober- und Niederlausitz und des südlichen Teils der Mark Brandenburg. Das gesamte Einzugsgebiet der Havel beträgt rd. 24.400 km². Innerhalb Deutschlands ist die Havel somit der größte Nebenfluß der Elbe. Das gesamte Niederschlagsgebiet der Elbe von der Quelle bis zur Havelmündung umfaßt rd. 97.850 km². Stromab der Havelmündung verengt sich das Niederschlagsgebiet der Elbe von 250 - 350 km Breite auf etwa 100 km Breite. Die Elbe behält ab hier bis zur Mündung in die Nordsee einen nordwestlich gerichteten Verlauf bei.

Die wichtigsten Nebenflüsse bis Hamburg, die insgesamt nur eine geringe mittlere Oberwasserführung aufweisen, sind linksseitig der Aland (Strom-km 474,6), die Jeetzel (Strom-km 523,0), die Ilmenau (Strom-km 599,0) und die Seeve (Strom-km 604,9). Von rechts münden die Stepenitz (Strom-km 454,9), die Elde (Strom-km 505,4) und die Sude (Strom-km 557,0) ein.

Bei Strom-km 609 teilt sich die Elbe in zwei etwa gleich große Arme - die Norder- und die Süderelbe -, die sich bei Strom-km 625,6 auf dem Hamburger Stadtgebiet wieder vereinen. In diesem Stromspaltungsgebiet, in dem auch der Hamburger Hafen liegt, münden die Dove Elbe (Strom-km 615,1), die Bille (Strom-km 619,5; Oberhafenkanal) und die Alster (Strom-km 622,2) in die Norderelbe.

Weiter stromab zählen zu den wichtigsten linksseitig mündenden Elbnebenflüssen die Este (Strom-km 634,0), die Lühe (Strom-km 645,4), die Schwinge (Strom-km 654,9) und die Oste (Strom-km 707,0). Auf der rechten Elbseite entwässern die Pinnau (Strom-km 659,5; Pagensander Nebenelbe), die Krückkau (Strom-km 663,0; Pagensander Nebenelbe), die Rhin (Strom-km 674,3; Glückstädter Nebenelbe) und die Stör (Strom-km 679,3) ihre Einzugsgebiete.

Auf der Höhe Kugelbake Cuxhaven / Friedrichskoog-Spitze verläuft bei Strom-km 727,4 die Seegrenze. Die Gesamtlänge der Elbe von der Quelle bis zur Seegrenze beträgt 1.143 km. Von dieser Strecke entfallen auf das Gebiet der CSSR 415 km, auf das Gebiet der DDR 473 km und auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland 255 km (Tab. 1) (aktuelle Zahlen s. Anhang).

Länge in der	Strecke	Anteil
	(km)	(%)
CSSR	415	36
DDR	473	42
Bundesrepublik Deutschland	255	22
Gesamtlänge	1143	100

Tab. 1 Länge der Elbe in den einzelnen Elbanrainerländern (aktuelle Zahlen s. Anhang)

Das Gesamtniederschlagsgebiet der Elbe (Abb. 2) umfaßt eine Fläche von rd. 148.500 km². Das Einzugsgebiet in der CSSR beträgt rd. 51.400 km², das in der DDR rd. 72.200 km² und das in der Bundesrepublik Deutschland rd. 24.900 km² (Tab. 2) (aktuelle Zahlen s. Anhang).

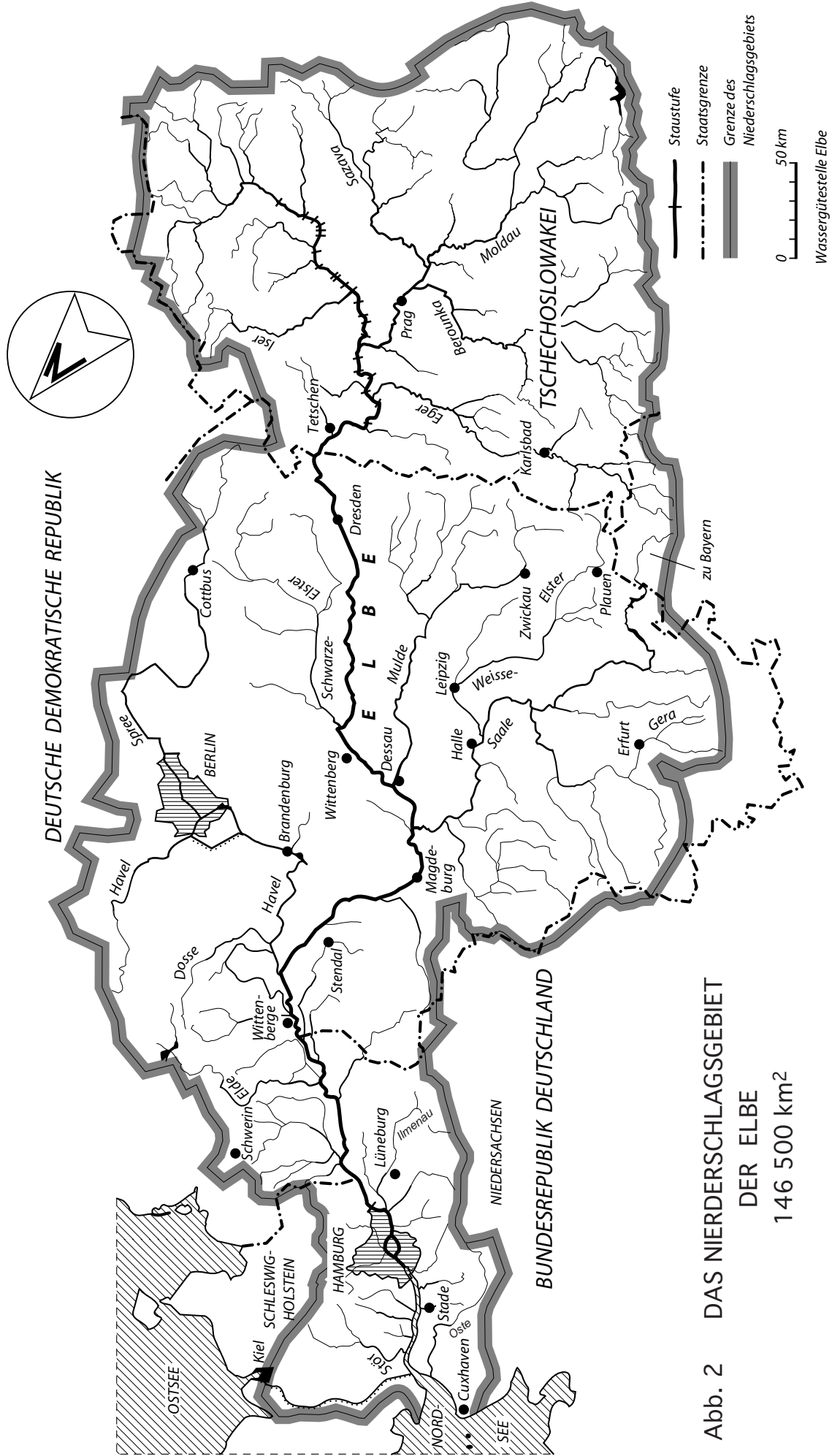


Abb. 2 DAS NIEDERSCHLAGSGEBIET
DER ELBE
146 500 km²

Niederschlagsgebiet in der	Fläche (km ²)	Anteil (%)
CSSR	rd. 51.400	35
DDR	rd. 72.200	49
Bundesrepublik Deutschland	rd. 24.900	16
Gesamtniederschlagsgebiet	rd.148.500	100

Tab. 2 Niederschlagsgebiete der Elbe in den einzelnen Elbanrainerländern (*aktuelle Zahlen s. Anhang*)

Für die Einteilung der Elbe in Ober-, Mittel- und Unterlauf werden in der Literatur zum Teil unterschiedliche Definitionen und damit unterschiedliche Bereiche zugrunde gelegt. ROHDE (1971) schlägt aufgrund der unterschiedlichen hydrographischen Charakteristik der Elbe im Laufe ihrer Fließstrecke die in Abbildung 3 dargestellte Einteilung vor. Diese Einteilung wird auch im nachfolgenden Text der Gewässerökologischen Studie Elbe verwendet.

Der oberste Elbabschnitt in der CSSR ist kanalisiert. In diesem Abschnitt werden die Wasserstände durch die Stauhaltungen geregelt. Im Streckenabschnitt Aussig (in der CSSR) bis Lauenburg hat die Elbe den Charakter eines normalen, ausgebauten Binnenflusses. Der in den Bereich der Bundesrepublik Deutschland fallende Elbabschnitt von Schnackenburg bis zur Nordsee stellt aus der Sicht der Wassergüte ein sehr komplexes System dar, bestehend aus hydrologisch und ökologisch recht unterschiedlichen Teilsystemen. So verhält sich das Teilsystem Schnackenburg bis Lauenburg wie ein "normaler Binnenfluß". Wasserstand und Abfluß sind eindeutig miteinander verknüpft. Bei mittleren bis niedrigen Abflüssen herrschen in diesem Abschnitt mittlere Wassertiefen von 1 bis 2 m und mittlere Strömungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von rd. 1 m/s. Wegen der verhältnismäßig geringen Wassertiefe reagiert dieser Elbabschnitt auf meteorologische Einflüsse (z.B. Erwärmung bei intensiver Sonnenstrahlung) wesentlich schneller als die unterhalb gelegenen Elbabschnitte mit größerer Wassertiefe. Das Verhältnis der Wasseroberfläche zu dem Wasservolumen - auch als "spezifische Wasseroberfläche" bezeichnet - ist eine maßgebende Größe für die Möglichkeit eines Gewässers, einerseits Sauerstoff über die Oberfläche aus der Luft aufzunehmen (atmosphärischer Sauerstoffeintrag) und andererseits durch biochemische Reaktionen (Photosynthese) unter Lichteinwirkung biogenen Sauerstoff zu produzieren. Im Elbabschnitt Schnackenburg bis Lauenburg ist die Sauerstoffaufnahme infolge der Größe der spezifischen Oberfläche normalerweise ausreichend, so daß trotz der sehr hohen Belastung des Elbwassers durch die Oberlieger der Sauerstoffgehalt in der Regel nicht unter 4 mg O₂/l absinkt.

In dem anschließenden Elbabschnitt von Lauenburg bis zum Wehr Geesthacht wirkt sich die Stauhaltung aus. Durch diesen Übergang von einem Fließgewässer in ein nahezu stehendes Gewässer treten hier besondere hydrologische und biologische Verhältnisse auf. So nehmen in diesem Bereich bei niedrigen Oberwasserabflüssen die Strömungsgeschwindigkeiten ab. Hierdurch findet eine erhöhte Sedimentation statt. Aufgrund der großen spezifischen Oberfläche reagiert dieses System auf meteorologische Einflüsse innerhalb kurzer Zeit, z.B. durch eine steigende Bioaktivität infolge Sonneneinstrahlung.

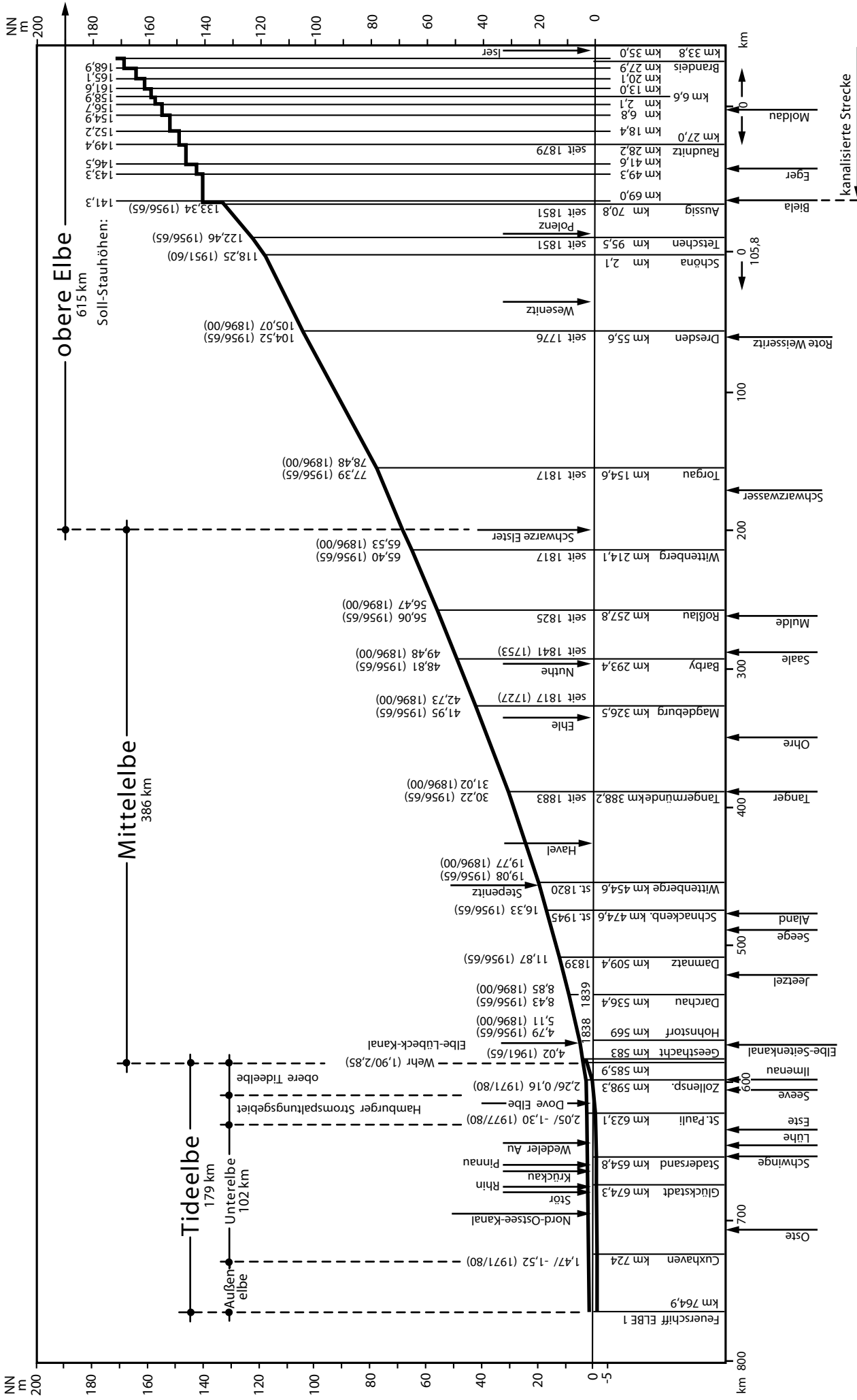


Abb. 3 Längsschnitt der Elbe - mittlere Wasserstände

nach ROHDE, 1971

Das obere Tidegebiet von Geesthacht bis Bunthaus ist durch die Überlagerung des Oberwasserabflusses mit der Gezeitenbewegung geprägt. In diesem Bereich treten sehr unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten auf, die durch das Verhältnis des Oberwasserabflusses zu der Gezeitenbewegung bestimmt sind. Aufgrund der größeren Wassertiefen ist in diesem Bereich die spezifische Oberfläche geringer als im tidefreien Abschnitt. Das System reagiert deshalb auf veränderte Randbedingungen mit einer größeren Verzögerung.

Das Hamburger Stromspaltungsgebiet von Bunthaus bis Teufelsbrück mit seinen an die Elbarne angeschlossenen großen Hafentiefen stellt aus der Sicht der Gewässergüte ein sehr komplexes und träges System dar. Aufgrund dieser hydrologischen Besonderheiten ergibt sich für das von oberstrom zufließende Elbwasser in diesem Bereich eine große Verweilzeit. Mit der Tidebewegung (Ebbe- und Flutstrom) pendeln die von oberstrom zufließenden Wassermengen über mehrere Tiden in diesem Gebiet stromauf und stromab, wobei mit jeder Tide ein Wasseraustausch zwischen den Hafenbecken und der Elbe stattfindet. Durch diese "sägeartige" Bewegung passiert ein Wasserkörper denselben Querschnitt mehrere Male. Dadurch wird dieser Wasserkörper, z. B. durch eine ortsfeste Abwassereinleitung, mehrfach belastet. Aufgrund der großen Verweilzeit findet in diesem Abschnitt in Abhängigkeit der herrschenden Wassertemperaturen ein erheblicher sauerstoffzehrender Abbau organischer und anorganischer Belastungen statt. Demgegenüber ist der Sauerstoffeintrag wegen der verhältnismäßig geringen spezifischen Oberfläche nicht ausreichend, so daß der Sauerstoffgehalt zurückgeht.

In dem Abschnitt von Teufelsbrück bis Glückstadt (mittleres Tidegebiet) werden die Wasserstände und Strömungen in erster Linie durch die Gezeitenbewegung bestimmt. Die Wasserkörper pendeln mit der Tidebewegung (Flutstrom und Ebbstrom) "sägeartig" stromauf und stromab. Die resultierende seewärts gerichtete Verdriftung der Wasserkörper und damit auch die Verweilzeit in einem bestimmten Bereich werden durch die Höhe des Oberwasserabflusses bestimmt. Bei niedrigen Oberwasserabflüssen ergibt sich für eine bestimmte Fließstrecke eine große Verweilzeit und hierdurch auch ein intensiver sauerstoffzehrender Abbau, dessen Intensität durch die jeweils herrschenden Wassertemperaturen in starkem Maße bestimmt wird. Demgegenüber ist die Sauerstoffaufnahme in diesem Bereich wegen der geringeren spezifischen Oberfläche nur in begrenztem Maße möglich. Dadurch kommt es in diesem Elbabschnitt infolge der hochgradigen Belastung der Elbe mit abbaubaren Stoffen, insbesondere bei niedrigen Oberwasserabflüssen und hohen Wassertemperaturen, zu einem starken Absinken des Sauerstoffgehaltes.

Das untere Tidegebiet von Glückstadt bis Cuxhaven ist neben dem Einfluß der Gezeiten zusätzlich durch die Vermischungsvorgänge von Fluß- und Salzwasser geprägt. Der schwankende Salzgehalt im Längsschnitt dieses Flußabschnitts stellt an das biologische System extreme Anforderungen. So sterben in diesem Übergangsbereich vom Süß- zum Salzwasser (Brackwasserzone, auch Sterbezone genannt) ein Großteil der an das Süßwassermilieu angepassten Organismen ab. Dies gilt ebenfalls für die marinen Organismen, die mit dem Flutstrom in die weniger salzhaltige Brackwasserzone gelangen. Die Lage der Brackwasserzone (Süß- und Salzwasser-Mischzone) wird insbesondere durch die abfließende Oberwassermenge beeinflusst. Bei sehr hohen Oberwasserabflüssen verschiebt sich die Brackwasserzone bis unterhalb Brunsbüttel. Bei anhaltend niedrigen Abflüssen hingegen dringt die obere Grenze der Brackwasserzone bis oberhalb Kollmar stromauf vor.

Der untere Elbabschnitt ist durch seine besondere morphologische Form (tiefe Hauptstromrinne, flache Randgebiete, z.B. Sände und Watten) gekennzeichnet.

Als Übergangsbereich zur Nordsee ist die Außenelbe zu betrachten. Hier überlagern sich die Einflüsse aus der Elbe mit denen des amphibischen Lebensraumes der Wattgebiete.

Für eine mittlere Tide (Abb. 4) lassen sich durch eine eindimensionale Modellrechnung die mittleren Laufzeiten der Wasserkörper abschätzen.

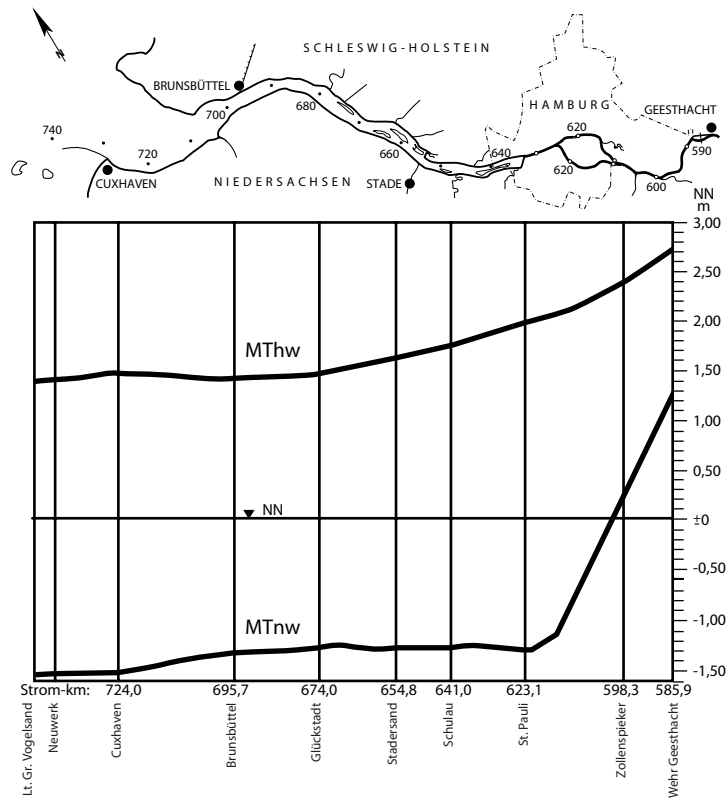


Abb. 4 Mittlere Tidewasserstände der Tideelbe (1976/80)

Quelle: Gewässerkundliches Jahrbuch, 1981

In der folgenden Aufstellung sind die Laufzeiten in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses einerseits für den tidefreien Elbabschnitt Schnackenburg - Geesthacht (rd. 110 km lang) und andererseits für die Tideelbe von Geesthacht bis Brunsbüttel (rd. 110 km lang) gegenübergestellt. Für die Tideelbe ist jeweils die Zeitspanne bis zum erstmaligen Eintreffen des Wasserkörpers bei Brunsbüttel, also in der Phase Kenterung des Ebbestromes (Ke) angegeben.

Oberwasserabfluß Pegel Neu Darchau (m ³ /s)	LAUFZEITEN	
	Schnackenburg bis Geesthacht (Tage)	Geesthacht bis Brunsbüttel (Tage)
150	2,5	70
300	2,25	36
500	2,0	22
700	1,75	17
1000	1,5	12
3000	< 1	4

4. AUSBAUMASSNAHMEN AN DER ELBE

Erste Umgestaltungen der Elbstromlandschaft durch den Menschen beschränkten sich im wesentlichen auf das Anlegen von Entwässerungsgräben und Deichbauten. Durch diese Maßnahmen wurde es möglich, die fruchtbaren Niederungen des Urstromtals zu besiedeln und ackerbaulich zu nutzen. Die Errichtung von Deichen erfolgte zunächst nur abschnittsweise auf der Höhe einzelner Ortschaften, um diese vor Hochwasser, aber auch vor Eisgang zu schützen. Diese zunächst noch isoliert stehenden Deichabschnitte wurden später allmählich zu einer durchgehenden Deichlinie verbunden. Schon in den Jahren 1482 und 1490 wurden die oberen Abzweigungen der Dove Elbe und der Gose Elbe durch Deichbauten gesichert. Vermutlich schon um das Jahr 1000 wurden in den Elbmarschen die ersten Eindeichungsmaßnahmen ausgeführt (KOTHE, 1961).

Umfangreiche Ausbaumaßnahmen, die zu einer bedeutenden Entwicklung der Schifffahrt hätten führen können, waren in früherer Zeit mit den vorhandenen technischen Gerätschaften nicht möglich. Die ersten größeren Wasserbaumaßnahmen, die die Schiffbarkeit verbesserten, wurden im Hamburger Stromspaltungsgebiet begonnen. Beispielsweise ersparte die Verlegung der Ilmenau-Mündung im 15. Jahrhundert der Stadt Lüneburg die Errichtung von Zollabgaben an Hamburg (Zollenspieker!). Dieser Durchstich versandete aber bald und die alte Verbindung zur Luhemündung wurde wieder aufgenommen (AKTEN UND ARCHIVMATERIAL; zit. n. ROHDE, 1971).

Besonders im Mittellauf der Elbe wurde die Schiffbarkeit durch Brücken, Mühlstau und Wehre stark behindert. Erstmals wurde um 1400 in Magdeburg ein Mühlstau so angelegt, daß eine gesonderte Wasserableitung zur dortigen Ratsmühle erfolgte. Mit dieser Maßnahme wurde eine Beeinträchtigung der Schifffahrt vermieden. Strombaumaßnahmen zur Verbesserung der schlechten Schifffahrtsbedingungen wurden bereits in den Jahren von 1655 bis 1686 ebenfalls bei Magdeburg ausgeführt: die Elbe verzweigte sich hier in drei Arme, von denen die zwei östlich gelegenen abgedeicht und der westlich gelegene vertieft wurde (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971).

Ein erster großer Durchstich erfolgte im Jahre 1684 bei Strom-km 355 wenige Kilometer unterhalb Rogätz; mehrere schmale und flache Wasserläufe konnten durch diese Maßnahme abgetrennt und seitdem sicher umschifft werden (ELB-STROMBAUVERWALTUNG, 1898; zit. n. ROHDE, 1971).

Weitere Durchstiche in diesem Strombereich wurden in den Jahren 1743 bis 1747 ausgeführt. Zusätzlich wurde in diesem Elbabschnitt eine Kammerschleuse von 75 m Länge und 8 m Breite in Betrieb genommen. Auch bei Lostau (Strom-km 336) im Jahre 1740 und bei Rothensee (Strom-km 333) in den Jahren 1786/87 erfolgten Durchstiche. Zwar war nach diesen Arbeiten das Hauptfahrwasser weitgehend frei von Stromschnellen, Brücken und Felsen, doch traten nun Wasserspiegelsenkungen und starke Erosionen auf. Außerdem erhöhten sich auf diesem Streckenverlauf, der insgesamt um 11,3 km verkürzt wurde, die Strömungsgeschwindigkeiten erheblich. Weitere Strombaumaßnahmen wie z. B. die Sicherung der Uferbereiche und die Anlage von Buhnen wurde erforderlich (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971).

Durch die Anlage von Buhnen wird der Strom eingeeengt sowie der Talweg festgelegt. Hierdurch tritt eine Verbesserung der Schiffbarkeit ein. Die Zusammenfassung der Wassermassen bewirkt eine erhöhte Spülkraft, durch die sich die Breite und Tiefe des Fahrwassers weitgehend selbst regulieren.

Auch im Bereich der oberen Elbe wurden verschiedene Durchstiche zur Verbesserung der Fahrwasserhältnisse vorgenommen; so in den Jahren 1773 und 1774 bei Klöden (Strom-km 190) und bei Döbern (Strom-km 160), 1785 bei Nieder- und Obergohlis (Strom-km 66) und 1810 bei Loswig (Strom-km 152) (TEUBERT, 1912; PÖTZSCH, 1784, 1786, 1800; zit. n. RHODE, 1971).

Weitere Arbeiten in der oberen Elbe bei Serkowitz und Kötschenbroda (Strom-km 70) dienten vornehmlich der Ufersicherung.

Zur Hebung des Verkehrs nach Berlin und Stettin und zur Sicherung der Brennstoffversorgung der Salinen bei Schönebeck wurde Mitte des 18. Jahrhunderts der Plauer-Kanal gebaut, der die Elbe und die Havel miteinander verbindet (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971).

Altes Kartenmaterial belegt, daß schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts zwischen Lauenburg (Strom-km 570) und Bunthaus (Strom-km 609) umfangreiche Bühnenanlagen erstellt worden waren. Vermutlich dienten diese Strombaumaßnahmen im tidebeeinflussten Bereich der Elbe vorwiegend der Ufersicherung. Die gesamten bis zum Jahre 1815 ausgeführten Stromregulierungsarbeiten waren regional begrenzt und nach verschiedenen Gesichtspunkten mit unterschiedlichen Gerätschaften ausgeführt worden. Eine wesentliche Verbesserung der Schiffbarkeit über die volle Länge des Elbstromes trat jedoch nicht ein (ROHDE, 1971).

4.1 AUSBAUMASSNAHMEN OBERHALB HAMBURGS

Mit der Wiener Kongreßakte von 1814 wurde ein Grundstein zum gezielten Ausbau der Elbe als Schifffahrtsweg gelegt. In den Artikeln 108 bis 117 der Verfassungsverordnung für internationales Schifffahrtsrecht wurde den Uferstaaten auferlegt, alle notwendigen Arbeiten zur Freihaltung und Unterhaltung des Fahrwassers und der Leinpfade durchzuführen. Ein gemeinsames Vorgehen der Anrainerstaaten in allen Fragen, die die Schifffahrt betreffen, wurde zum Ziel gesetzt. Im Jahre 1823 wurde die Elbe-Schifffahrt-Akte von den Bevollmächtigten unterzeichnet (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971).

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts setzte ein fahrplanmäßiger Schiffsverkehr auf der Elbe ein. Im Jahre 1822 wurde die "Prager Schifffahrtsgesellschaft" gegründet, im Jahre 1836 die "Sächsische Dampfschifffahrtsgesellschaft" und die "Magdeburger Dampfschifffahrtsgesellschaft" (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971). Ein gezielter Ausbau wurde immer dringlicher.

Im Jahre 1822 wurden in Sachsen unterhalb Meißens die ersten Parallelwerke errichtet. Zwei Jahre später entstand eine zusammenhängende Bühnengruppe oberhalb der Havelmündung. Bühnen und Sperrdämme wurden im Jahre 1843 im Land Hannover fertiggestellt.

Im Jahre 1841 bereiste eine Kommission die Elbe von Magdeburg bis Hamburg, um die Schifffahrtsverhältnisse zu begutachten. In ihrem Abschlußbericht wurde für den Fahrwasserbereich von Tetschen bis Hamburg eine Tauchtiefe von mindestens 94 cm gefordert. Zur Verwirklichung dieses Zieles wurde vorgeschlagen, die vorhandenen Inseln im Strom zu beseitigen, breite Stromstriche durch Bühnen zu verengen, Untiefen fortzubaggern und die Ufer zu befestigen (METSCHIES, 1939; VOLK, 1934; zit. n. ROHDE, 1971).

In Böhmen wurde daraufhin eine Vielzahl von kleinen Wehren beseitigt, Flußmündungen geregelt, Stromeinengungen und Ausbaggerungen vorgenommen. Auch in Sachsen wurden Maßnahmen zur Stromeinengung ausgeführt (ECKOLDT, 1971; ELBSTROMBAUVERWALTUNG, 1898; zit. n. ROHDE, 1971).

Unterhalb des sächsischen Gebietes wurden ebenfalls weite Uferstriche befestigt und Bühnen angelegt.

Im Stromabschnitt zwischen Schnackenburg (Strom-km 474) und der Seevemündung (Strom-km 604,9) wurden Stromspaltungen beseitigt und umfangreiche Bühnenarbeiten ausgeführt (ELBSTROMBAUVERWALTUNG, 1898; zit. n. ROHDE, 1971).

Alle diese Maßnahmen reichten jedoch nicht aus, die angestrebte Tauchtiefe von 94 cm im gesamten Fahrwasserbereich zwischen Melnik und Hamburg herbeizuführen. Zahlreiche Untiefen behinderten weiterhin besonders zu Zeiten geringer Wasserführung den Schiffsverkehr (METSCHIES, 1939; NEHLS et al., 1892; zit. n. ROHDE, 1971).

Schließlich wurde im Jahre 1866 die Elbstrombauverwaltung in Magdeburg gegründet, deren Aufgabe u. a. darin bestand, die Ausbaumaßnahmen an der Elbe nach einheitlichen Gesichtspunkten zu regeln. Der Geschäftsbereich der Elbstrombauverwaltung reichte von der preußisch / sächsischen Grenze (Strom-km 121) bis zur Seevemündung (Strom-km 604,9). Die anhaltischen, mecklenburgischen und hamburgischen Fluß- und Uferstrecken waren ausgeklammert (TEUBERT, 1912; PETZEL, 1936; FAIST, 1966; zit. n. ROHDE, 1971).

Ebenfalls im Jahre 1866 wurde die Kettenschiffahrt zwischen Magdeburg und Buckau aufgenommen, die in den darauffolgenden zwei Jahrzehnten eine bedeutende Erweiterung erfuhr. Die Kettenschiffahrt konnte schließlich von Melnik bis Hamburg durchgehend betrieben werden (NEHLS, et al., 1892; TEUBERT, 1912). Dadurch gewann die Elbe als Transportweg erheblich an Bedeutung hinzu; die Schiffahrt entwickelte sich als starke Konkurrenz zur Eisenbahn. Nach dem ersten Weltkrieg wurden die durch die Kettenführung in ihrem Fahrweg festgelegten Kettenschlepper durch manövrierfähige Schraubenschlepper abgelöst (ECKOLDT, 1971; zit. n. ROHDE, 1971).

Mit dem Ausbau der Elbe erfolgte gleichzeitig die Anlage von Kanälen, die die weiter im Landesinneren gelegenen Städte an den Strom anschlossen. Beispielsweise wurde im Jahre 1871 der Ihle-Kanal, der den Plauer-Kanal bei Niegripp mit der Elbe verbindet, fertiggestellt. Zusammen mit dem Plauer-Kanal bildet er den Elbe-Havel-Kanal, die Fortsetzung des Mittellandkanals in Richtung Berlin (TEUBERT, 1912; zit. n. ROHDE, 1971).

Bis zum Jahre 1872 wurden in Sachsen auf einer Länge von insgesamt 58 km Parallelwerke in der Elbe errichtet. Durch diese Maßnahme vergrößerte sich die Tauchtiefe merklich.

Auch im preußischen Elbabschnitt wurde durch Bühnenausbau ein wesentlicher Fortschritt hinsichtlich der von der Schiffahrt benötigten Tauchtiefe erzielt.

In den Jahren 1880 bis 1888 wurden umfangreiche Strombaumaßnahmen, die die sog. Mittelwasserregulierung (= Grobausbau) betrafen, ausgeführt. Die einheitlichen Richtlinien für die Regulierungsarbeiten waren durch die Elbstrombauverwaltung erarbeitet und vom Reichskanzler den Elbuferstaaten empfohlen worden. Sie sahen u. a. vor, daß ab 1890 die Bühnen in einem Winkel von 70° stromaufgerichtet anzulegen seien.- Spätere Ausbauarbeiten führten zur Abtrennung von Stromschleifen, Verfüllung von Bühnenfeldern mit Baggergut und zur Beseitigung von Untiefen. Im

Jahre 1892 war die Mittelwasserregulierung weitgehend abgeschlossen. Daraufhin wurde zunächst auf sächsischem Gebiet mit der sog. Niedrigwasserregulierung (= Feinausbau) begonnen. Das Niedrigwasserbett der Elbe wurde durch Längswerke eingefasst und das Vorland mit Kies verfüllt (ROHDE, 1971).

Baumstämme, Felsen und Sandbänke konnten in immer größerem Umfang beseitigt werden. Weitere Durchstiche entstanden, Schiffsmühlen wurden aufgekauft und abgerissen (METSCHIES, 1939; zit. n. ROHDE, 1971).

Ab 1910 erfolgten weitere umfangreiche Arbeiten zur Niedrigwasserregulierung in der sächsischen Elbe: Nadelwehre wurden bei Garz, Grütz, Rathenow und Bahnitz errichtet und die Unterhavel kanalisiert.

Im Jahre 1911 trat schließlich das Gesetz über den Ausbau der Deutschen Wasserstraßen in Kraft, in dem die durch den Ausbau zu erzielenden Wassertiefen in der Elbe festgelegt wurden (Mindestwassertiefe oberhalb der Saalemündung = 110 cm, unterhalb der Saalemündung = 125 cm). Unterhalb der sächsischen Grenze und der Havelmündung waren die vorgegebenen Wassertiefen zu diesem Zeitpunkt schon weitgehend vorhanden, so daß nur noch der Ausbau von Übergangsstrecken anstand; weiter stromab änderte sich aber der Talweg noch ständig und folglich auch die Fahrwassertiefen. Aus diesem Grunde wurde eine Kanalisierung der Elbe unterhalb Magdeburgs angestrebt. Dieser Ausbau gestaltete sich aber recht schwierig, das gesteckte Ziel wurde nicht überall erreicht (REICHsverkehrsministerium, 1935; ECKOLDT, 1971; zit. n. ROHDE, 1971; ROHDE, 1971).

In den Kriegsjahren kamen keine größeren Ausbaumaßnahmen zur Ausführung (METSCHIES, 1939; zit. n. ROHDE, 1971).

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Ausbaumaßnahmen zunächst unterhalb Magdeburgs wieder aufgenommen. Diese Arbeiten standen im Vordergrund, da mit der baldigen Fertigstellung des Mittellandkanals ein erhebliches Verkehrsaufkommen erwartet wurde (ROHDE, 1971).

Die letzten bedeutenden Strombaumaßnahmen begannen in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts. Die Niedrigwasserregulierung sah eine Mindestfahrwassertiefe zwischen der Elde- und der Seevemündung von 1,40 m vor; durch Zuschußwasser aus Talsperren sollte dieses Maß bis auf 1,70 m aufgestockt werden können (KOTHE, 1961).

In den Jahren 1934 und 1949 wurden die Bleilochtalsperre und die Talsperre bei Hohenwarthe) beide am oberen Saalelauf gelegen, fertiggestellt. In erster Linie sollten aber diese beiden Speicherbecken dem Hochwasserschutz und der Energiegewinnung dienen (KYSER, 1936; zit. n. ROHDE, 1971).

Vorgesehen war außerdem der Bau eines Speicherwerkes bei Pirna, um auch oberhalb der Saalemündung durch Zuschußwasser eine Wasserstandshebung erzielen zu können.

Bis 1941 waren die wichtigsten Arbeiten für die Niedrigwasserregulierung weitgehend abgeschlossen worden. Ausbaumaßnahmen nach dem Zweiten Weltkrieg wurden nur noch im geringen Umfange ausgeführt (ROHDE, 1971).

Nach SCHULZ (1951; zit. n. ROHDE, 1971) wurden die Ziele der Niedrigwasserregulierung nicht erreicht. Die Streckenabschnitte zwischen Damnatz und Tiefsau und daran anschließend bis zum Raum Geesthacht wiesen geringere Fahrwassertiefen als früher auf. Erst unterhalb von Zollenspieker (Strom-km 598) waren die Fahrwassertiefen für die Binnenschifffahrt zu jeder Zeit ausreichend. Eine Aufhöhung

des Niedrigwassers durch Talsperrenzuschußwasser erfolgte nicht. Auch eine Festsetzung des Talweges konnte seinerzeit nicht erreicht werden. Bei und unterhalb Hitzacker, bei Laase, bei Bleckede und bei Barförde änderte sich der Talweg noch ständig.

Die im Bereich der Tideelbe oberhalb Hamburg durchgeführten Strombaumaßnahmen führten zu einer Verstärkung des Tideeinflusses: das Tideniedrigwasser (Tnw) sank im oberen Tidebereich deutlich ab (Abb. 5), die Tidegrenze verlagerte sich weiter nach oberstrom. Mit dem Bau des Wehres Geesthacht, das im Jahre 1960 in Betrieb genommen wurde, wurde schließlich die Verschiebung der Tidegrenze weiter nach oberstrom unterbunden und das ständige Absinken der mittleren Wasserstände und die Solenerosionen im Strombereich oberhalb Geesthachts weitgehend verhindert.

Wassergütestelle Elbe

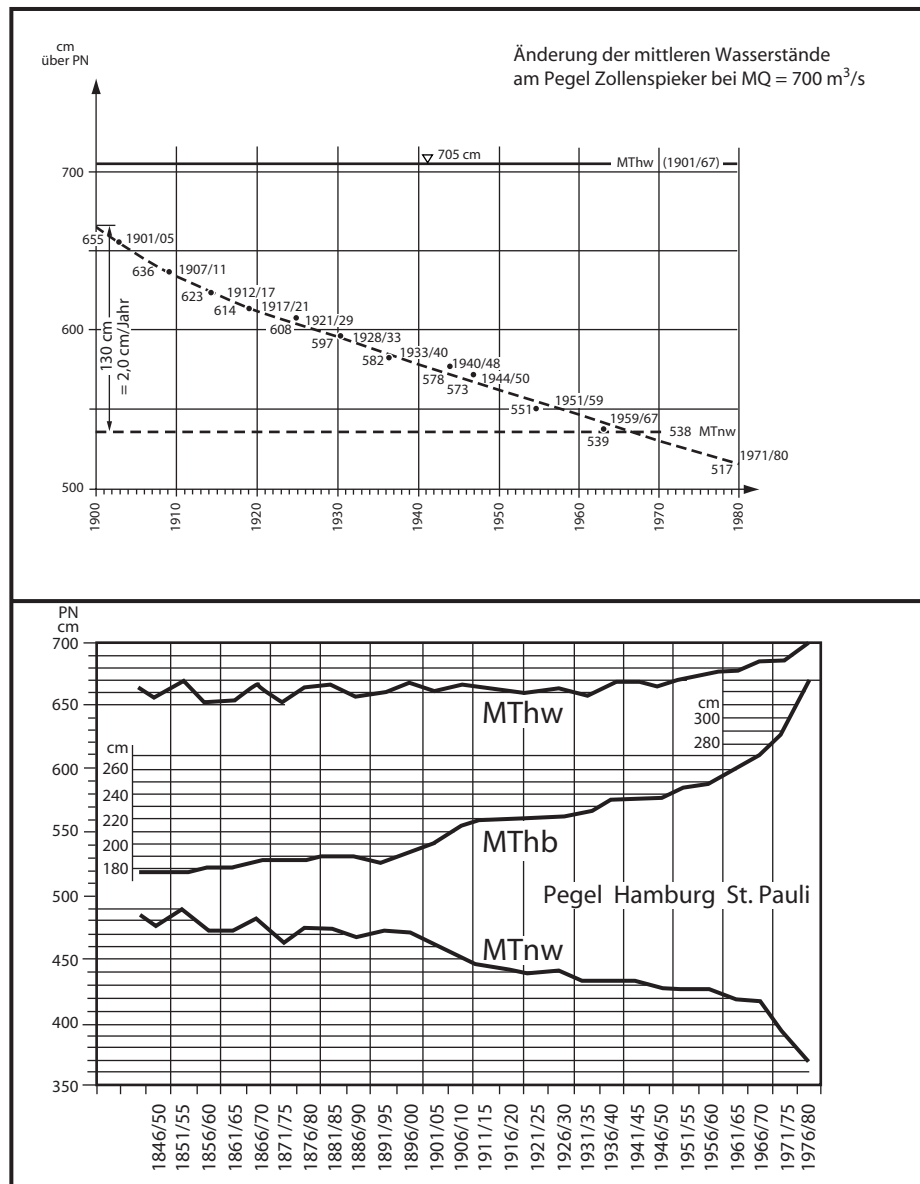


Abb. 5 Entwicklung der Tidewasserstände

4.2 AUSBAUMASSNAHMEN IM HAMBURGER STROMSPALTUNGSGEBIET UND IN DER UNTERELBE

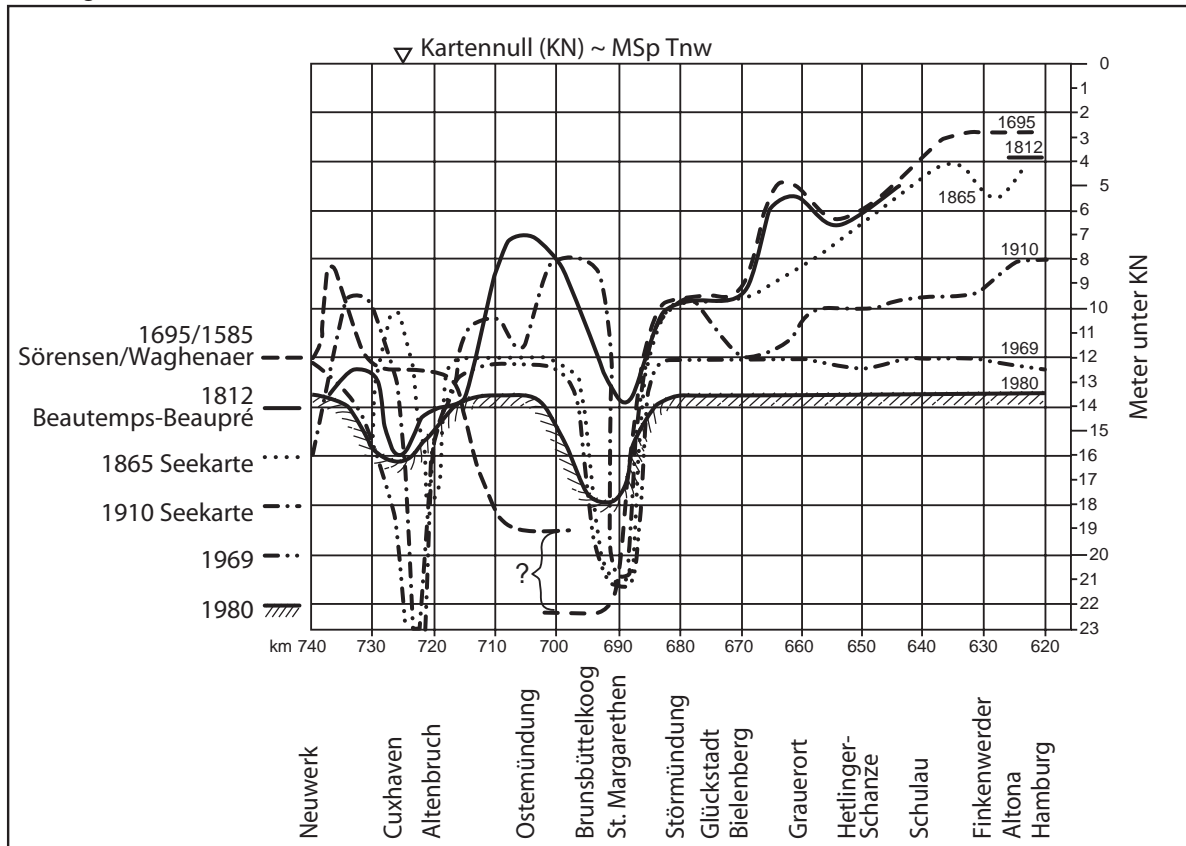
Die Bedeutung der Unterelbe als Schifffahrtsstraße und die Entwicklung des Hamburger Hafens waren seit jeher direkt miteinander verknüpft. An Stelle der ursprünglichen Handwerker- und Kaufmannssiedlung an der Alster, die 845 n. Chr. von den Wikingern zerstört wurde, entstand am heutigen Nikolaifleet im Jahre 1065 eine neue Burg zum Schutz gegen die Slaven. Von diesem Punkt aus erweiterte sich die Handelsstadt, die schließlich mit der auf der anderen Stromseite gelegenen Siedlung zusammenwuchs. Die Wasserführung der Elbe in diesem Bereich war für die Schiffe der damaligen Zeit ausreichend. Erste Ausbaumaßnahmen betrafen zunächst den Hamburger Hafen und nicht die Unterelbe. Hamburg war bestrebt, die Elbe an seinen Hafen, der zu jener Zeit an der Alster lag, heranzuziehen. Zur Verwirklichung dieses Vorhabens wurden von Hamburg große Landflächen im Hamburger Stromspaltungsgebiet erworben. Ursprünglich war der Hauptstrom der Elbe die Süderelbe; die Norderelbe im heutigen Sinne gab es noch nicht. Aufgrund der verschiedenen Hoheitsrechte war Hamburg bestrebt, durch Abdämmung und Begradigung der nördlich gelegenen Elbarme des Stromspaltungsgebietes die Schifffahrt direkt an sich zu binden, um keine Abgaben an die südlich an der Elbe gelegenen Länder leisten zu müssen. Zwischen dem 15. und 17. Jahrhundert entstand allmählich ein gut schiffbarer Elbelauf; der direkte Anschluß an den Hafen in der Alstermündung war gelungen und der Grundstein für eine zügige Entwicklung der Handelsstadt gelegt. Um 1550 schaffte Hamburg eine zweite Hafeneinfahrt von oberstrom und ab 1604 konnte die Veddelelbe durch einen 1.800 m langen Durchstich zur Alstermündung hin abgeleitet werden. Durch diesen Durchstich entstand ein einheitlicher Stromverlauf von der Bunthäuser Spitze bis St. Pauli - die Norderelbe.

In der Tideelbe unterhalb Hamburg waren bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts Wasserbaumaßnahmen im Interesse der Schifffahrt noch nicht notwendig geworden. Untiefen im Bereich von Altona bis Blankenese wurden von den meisten größeren Schiffen bei Flut überwunden. Tiefgehende Wasserfahrzeuge leichterten in Kolken. Der Maximaltiefgang der großen Schiffe lag in damaliger Zeit bei rd. 3,5 m.

Auf altem Kartenmaterial (SÖRENSEN, 1695) ist die Elbe im Hamburger Bereich mit einer Wassertiefe von 3,8 m ausgewiesen, für den Strom bei Altona sind Werte zwischen 2,2 und 2,8 m eingetragen. Weiter stromab bis Strom-km 655 nehmen die Tiefen kontinuierlich von 2,5 bis auf 6,5 m zu. Bei Strom-km 665 (Höhe Kollmar) gehen die Werte auf 4,5 m unter Karten-Null (KN) zurück, steigen jedoch dann bei Strom-km 670 (Höhe Bielenberg) wieder bis auf 9,5 m an. Die tiefste Stelle ist auf dieser Karte bei St. Margarethen mit rd. 22,0 m eingezeichnet. Vor Neuwerk verflacht die Elbe noch einmal bis auf rd. 8,0 m (Abb. 6).

Die sicherlich nicht ganz genauen Tiefenangaben zeigen, daß die Unter- und Außenelbe schon in damaliger Zeit schiffbare Tiefen aufwies. Lediglich oberhalb Schulau (Strom-km 640) war die Fahrwassertiefe z. T. deutlich geringer als 3,0 m; die größten Schiffe konnten vermutlich erst mit der Flut in den Hamburger Hafen einlaufen (ROHDE, 1971). Besonders im Strombereich zwischen Hamburg und Schulau haben im Laufe der vergangenen Jahrhunderte die Fahrwassertiefen deutlich zugenommen. Nach alten Unterlagen (Karte von 1695) betrug dort die Fahrwassertiefe rd. 2,5 m; im Jahre 1812 (Karte) waren in diesem Elbabschnitt immerhin schon Tiefenangaben von rd. 3,8 m verzeichnet. Etwa 50 Jahre später ist in einer Seekarte von 1865 bereits eine Tiefe von rd. 5,0 m angegeben. Für den Zeitraum um 1910 sind in diesem Bereich Werte um 9,0 m ausgewiesen. Der weitere Ausbau der Unterelbe führte in diesem Bereich schließlich zu einer Mindestfahrwassertiefe von rd. 12,5 m (ab 1969).

Wassergütestelle Elbe



nach ROHDE,1971

Abb.6 Entwicklung der Fahrwassertiefen der Unterelbe

Durch die umfangreichen Ausbaumaßnahmen ist es auch im Bereich der Nebelben zu erheblichen Tiefenveränderungen gekommen. Beispielsweise zeigt ein Vergleich der Querprofile der Wischhafener Süderelbe, daß bis Ende des 18. Jahrhunderts aufgrund der vorhandenen Breite und Tiefe die Schiffbarkeit dieses Nebenarmes gewährleistet war (Abb. 7). An Hand von späterem Kartenmaterial läßt sich ein kontinuierlicher Verlandungsprozess verfolgen; schließlich standen nur noch in den beiden Mündungsbereichen ausreichende Fahrwassertiefen für den Schiffsverkehr zur Verfügung. Vermutlich wurde diese ständige Tiefenabnahme durch Stacks (lange Steinschüttungen) eingeleitet, die in der damaligen Zeit dort in großer Vielzahl errichtet worden waren. Da durch diese Strombaumaßnahmen der Durchgang der von See her einschwingenden Tidewelle behindert wurde, entstand eine Art Wasserscheide, die zu einer verstärkten Sedimentation von aufgewirbeltem Sand und Schwebstoffen führte. Aus ähnlichem Grund dürften auch die anderen Nebenarme der Tideelbe allmählich verlandet sein: noch in der Elbkarte von SÖRENSEN sind Krautsand/Asseler Sand, Bützflether Sand, Hetlinger Schanze und Giesensand als hochwasserfreie Zonen (Inseln) eingezeichnet, die durch breite Nebenarme vom Elbufer abgetrennt waren. Als nicht hochwasserfrei waren Stadersand, Lühesand, Hahnöfer Sand, Pagensand und die Rhinplatte eingetragen. In einer späteren Karte von 1812 sind Stadersand, Lühesand, Rhinplatte und Pagensand bereits als hochwasserfreie Bereiche ausgewiesen, die nur noch durch sehr schmale Wasserarme vom Ufer getrennt lagen. Bereits in einer Karte von 1837 sind Stadersand und die Sände von Hetlingen fast vollständig mit dem Ufer verbunden dargestellt. Hahnöfer Sand, Hanskalbssand, Schweinesand und Rhinplatte wurden als hochwasserfreie Inseln vermerkt. Viele Nebenarme der Elbe unterhalb Hamburgs waren also schon verlandet, bevor mit dem eigentlichen Ausbau der Unterelbe begonnen wurde. Vermutlich wurde diese Entwicklung durch Uferbefestigungsmaßnahmen und Landeindeichungen sowie durch Verbringung von Baggergut im eigentlichen Strom beschleunigt (ROHDE, 1971).

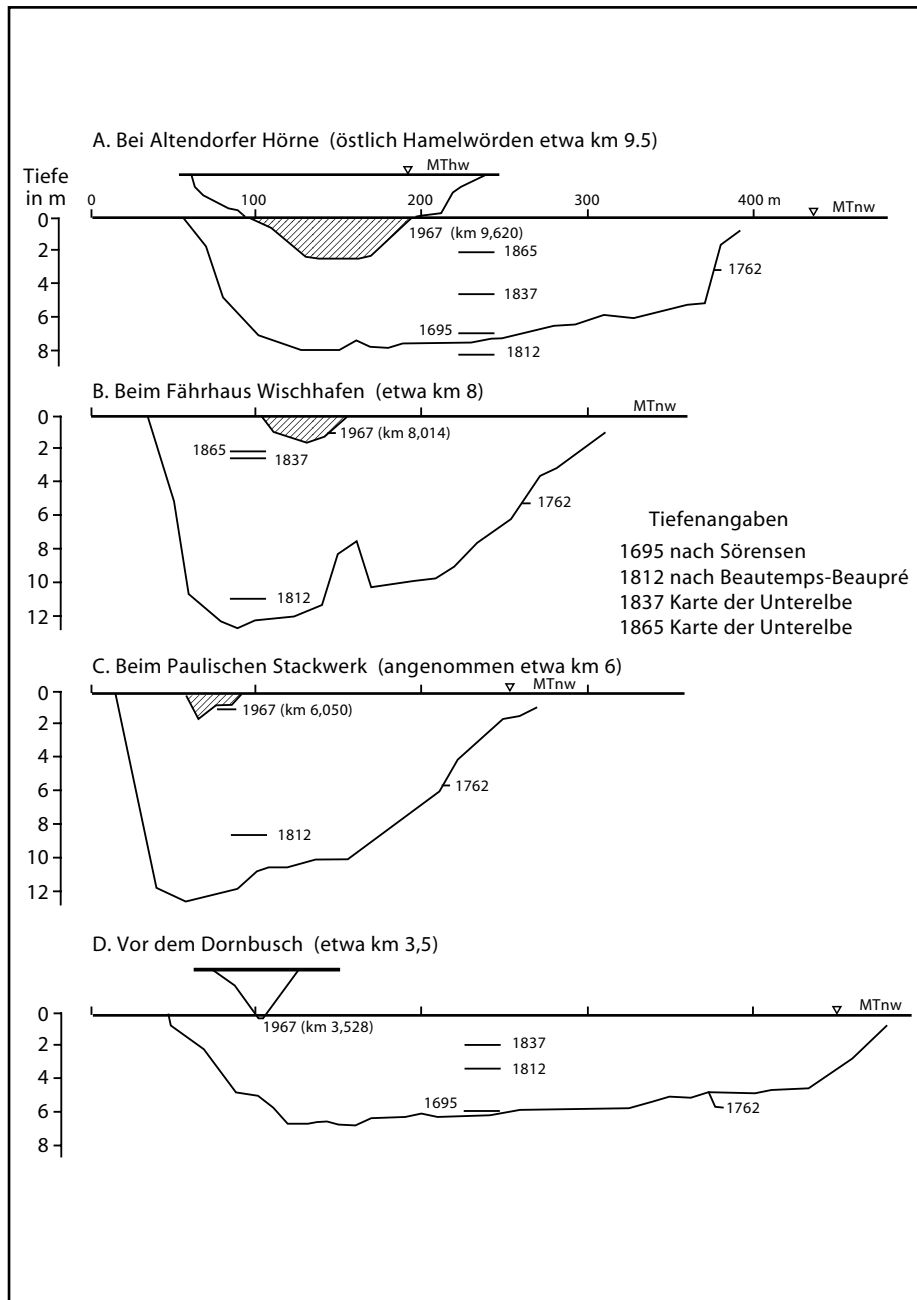


Abb. 7 Querprofile der Wischhafener Süderelbe nach Lotungen von 1762 und 1967

Quelle: ROHDE, 1971

Die ersten Ausbaumaßnahmen der Tideelbe unterhalb Hamburgs beschränkten sich auf die Befestigung von Uferzonen. Aus alten Unterlagen ist bekannt, daß seit Mitte des 17. Jahrhunderts der Süduferbereich oberhalb von Cuxhaven einer starken Erosion unterlag (NEHLS, et al., 1892; PECHE, 1931; LANG, 1970; zit. n. ROHDE, 1971).

Die Deiche mußten mehrmals zurückverlegt werden. Um einen weiteren Abbruch der Uferkante und eine Verlegung des Fahrwassers zu verhindern, wurden schließlich im 18. Jahrhundert in diesem gefährdeten Bereich schwere Stacks und Deckwerke errichtet (NEHLS, et al., 1892; PECHE, 1931; zit. n. ROHDE, 1971), die im 19. Jahrhundert noch verstärkt wurden (PECHE, 1931; zit. n. ROHDE, 1971).

Durch die ständige Zunahme des Überseehandels im 19. Jahrhundert entstand aufgrund der intensiven Handelsbeziehungen der Hansestadt Hamburg auf der Unterelbe ein reger Schiffsbetrieb. Für den Überseeverkehr wurden immer größere und tiefergehende Segelschiffe, schließlich wirtschaftlichere Dampfschiffe eingesetzt. Die Fahrwassertiefen in der Unterelbe waren zwar im allgemeinen noch ausreichend; lediglich die flache Elbstrecke zwischen Hamburg und Schulau stellte eine Behinderung für die Schifffahrt dar. Dieser Elbabschnitt konnte von größeren Dampfschiffen nur bei Flut sicher durchfahren werden (ROHDE, 1971).

Um 1840 konnten schließlich nur noch rd. 1/3 aller ankommenden Schiffe den Hamburger Hafen von der Unterelbe her ungehindert anlaufen (HUBBE, in NEHLS, et al., 1892; zit. n. ROHDE, 1971). Um die teuren Wartezeiten der Schiffe vor Blankenese nicht länger in Kauf nehmen zu müssen, wurde das Fahrwasser in diesem Elbabschnitt schließlich auf 5,3 m durch Baggerungen vertieft (1859) (ROHDE, 1971).

Gleichzeitig wurde auch im Hamburger Hafen mit umfangreichen Ausbaumaßnahmen begonnen: Im Jahre 1866 wurde das erste Hafenbecken fertiggestellt, in dem die Schiffe ihre Ladung direkt am Kai löschen konnten. Bis zu diesem Zeitpunkt mußten die Fahrzeuge in der Elbe ankern oder wurden an Dalben liegend durch kleinere Fahrzeuge gelöscht. Weitere wichtige Arbeiten im Hamburger Stromspaltungsgebiet, wie z. B. Verlängerung der Bunthäuser Spitze, Verlegung der Dove-Elbemündung, Uferausbau an der Norderelbe und Ausbau des Köhlbrandes folgten. Im gleichen Zuge verlor die Hamburger Süderelbe für die Schifffahrt immer mehr an Bedeutung (MEISEL, et al., 1959; NEHLS, et al., 1892; zit. n. ROHDE, 1971).

Die durch diese Maßnahmen hervorgerufene Veränderung der Durchflußmengen in der Hamburger Süderelbe und im Köhlbrand führte im Bereich von Altona/Nienstedten in der Elbe zu einer ungewollten Schlängelung des Fahrwassers. Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Regelung der Elbe auf diesem Streckenabschnitt durch Errichtung von Bühnen und Leitdämmen in Angriff genommen.

Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts wurden Arbeiten zur Verbreiterung und zur Vertiefung des Köhlbrandfahrwassers sowie der Elbe bei Bunthaus abgeschlossen. Vor dem Altonaer Hafen wurde zur Verbesserung der Strömungsverhältnisse ein Leitdamm angelegt (BUBENDEY, et al., 1912; BUCHHEISTER, et al., 1901; v. HORN, 1902; MEISEL, et al., 1950; zit. n. ROHDE, 1971).

Im Anschluß an diese Arbeiten wurden weitere Ausbaumaßnahmen stromab bis zur Schwingemündung ausgeführt. Hamburg hatte sich schon damals zum Ziel gesetzt, eine 200 m breite und mindestens 10 m tiefe Fahrrinne in der Unterelbe auszubaggern, die den tiefgehenden Seeschiffen auch bei Niedrigwasser eine ungehinderte Anfahrt zum Hafen ermöglichen würde.

In der Norderelbe wurden zwischen 1902 und 1914 weitere Ausbaumaßnahmen z. B. im Bereich der Bunthäuser Spitze beendet. In der Süderelbe wurden Arbeiten zur

Breiteneinschränkung und Vertiefung des Stromes abgeschlossen. Außerdem wurde der Köhlbrand vertieft und verschiedene Elbarme abgetrennt. Unterhalb Hamburgs im Bereich zwischen Schulau und Juelssand wurde der Strom durch die Anlage von bis zu einem Kilometer langen Stacks erheblich in seinem Querprofil eingeschränkt. Zusätzlich wurden die Inseln Hanskalbssand und Schweinesand durch Leitdämme festgelegt und viele Untiefen durch Baggerungen beseitigt. Nach Abschluß dieser Arbeiten war das Fahrwasser den fortschreitenden Anforderungen der Schifffahrt weitgehend angepaßt: 1910 wies die Seekarte für die gesamte Unterelbe eine Mindestfahrwassertiefe von 8,0 m und mehr, bezogen auf Karten-Null, aus. Die Wasserflächen des Hamburger Hafens vergrößerten sich in den Jahren von 1892 bis 1914 von rd. 320 ha auf insgesamt rd. 840 ha (Abb. 8) (ROHDE, 1971).

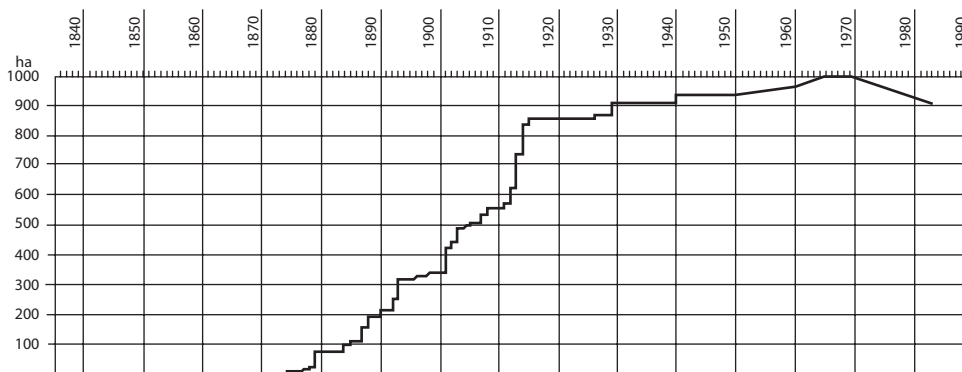


Abb. 8 Summenlinie der Zunahme
der Wasserfläche des Hamburger Hafens

nach ROHDE, 1971
Strom- und Hafenaufbau, 1984

Bis zum 1. Weltkrieg war das Ziel, unterhalb von Hamburg eine Fahrwassertiefe von 10,0 m unter mittlerem Tideniedrigwasser (MTnw) zu erbaggern, weitgehend verwirklicht. Lediglich auf der Höhe der Oste-Mündung und bei Pagensand führten die Baggerungen nicht anhaltend zum gewünschten Erfolg. Bei Pagensand verlagerten sich nach wie vor mehrere Stromrinnen. Die endgültige Regulierung gelang schließlich durch den Bau eines langen Leitdammes und durch Befestigungsmaßnahmen der Uferzonen an der Insel unter Einbeziehung benachbarter kleiner Sände. Die Nebenelbe und die Nebenrinnen wurden nach Abschluß dieser Arbeiten weniger stark durchströmt, dagegen nahm die Strömung im Bereich des Hauptfahrwassers deutlich zu. Das durch die begleitenden Baggerungen anfallende Material wurde zum Auffüllen von Bühnfeldern und zum Aufspülen von erosionsgefährdeten Uferzonen verwendet (MEISEL, 1935; zit. n. ROHDE, 1971).

Die Stabilisierung der Fahrwasserverhältnisse auf Höhe der Oste-Mündung wurde schließlich durch den Bau langer Bühnen zwischen der Oste-Mündung und dem Böschrücken sowie durch die spitzwinklige Ausrichtung der Oste-Mündung selbst erreicht. Durch diese Maßnahmen erhielt das Fahrwasser eine aus strömungstechnischer Sicht günstige Krümmung. Die gewünschte Fahrwassertiefe konnte daraufhin mit einem vertretbaren Baggeraufwand erzielt und beibehalten werden.

Allerdings führten diese Stromregulierungsarbeiten auch zu unbeabsichtigten Veränderungen im Strom: Auf der gegenüberliegenden Uferseite bildete sich der Neufelder Sand mit der Neufelder Rinne aus. Gleichzeitig verschmälerte sich das Klotzenloch zwischen Neufelder Watt und Medemsand außerordentlich. In Strommitte auf Höhe des Glameyer Stacks entstand der Medemgrund. Die Umformungen der Elbsohle in diesem Gebiet halten bis zur heutigen Zeit an.

Nach Abschluß dieser Strombaumaßnahmen wies die Elbe von Hamburg bis zur See eine durchgehende Fahrwassertiefe von rd. 10 m unter MTnw auf.

Während des 2. Weltkrieges verlandete die Fahrrinne nur unwesentlich. Nach Beendigung des Krieges konnte innerhalb kurzer Zeit die alte Tiefe allein durch Unterhaltungsbaggerungen wiederhergestellt werden.

Bereits vor dem 2. Weltkrieg gab es Pläne, das Fahrwasser in der Unterelbe über 10,0 m hinaus zu vertiefen. Die Ausführung dieses Planes wurde immer dringlicher, da die Tiefgänge der nach Hamburg einlaufenden Seeschiffe zur damaligen Zeit noch ständig zunahmen. Es galt, die "Lebensader Hamburgs", den Hamburger Hafen, konkurrenzfähig zu halten. Die zur geplanten Vertiefung befragten Gutachter wiesen darauf hin, daß insbesondere bei Stromverzweigungen immer wieder mit Verlandungsprozessen gerechnet werden müsse, da in diesen Bereichen die Wasserführung und die Spülkraft des Hauptstromes durch die Nebenarme abgeschwächt werden würden. Aus diesem Grunde wurde vorgeschlagen, den Hauptstrom im Bereich der Stromspaltungen einzuengen und den Wasserstrom der Nebenarme durch Aufspülungen zu verringern. Zusätzlich sollte durch Abbaggerung des Kratzsandes in der Elbmündung das Einschwingen der Tide erleichtert werden, um die Spülkraft des Stromes besonders im Bereich der Fahrrinne zu erhöhen.

Der 11,0 m-Ausbau der Unterelbe wurde in den Jahren von 1957 bis 1962 ausgeführt. Diese Fahrwasservertiefung konnte allein durch eine verstärkte Baggertätigkeit erreicht werden. Zusätzliche Strombaumaßnahmen wurden nicht erforderlich. Nach der extremen Sturmflut im Februar 1962, bei der über 300 Tote zu beklagen und enorme Sachschäden, vor allem im Hamburger Raum, zu verzeichnen waren, wurde dem Hochwasserschutz an der Tideelbe höchste Priorität beigemessen. In den nachfolgenden Jahren wurden im wesentlichen aufgrund dieses Ereignisses die Deichlinien verkürzt, die Deichkronen erhöht und an den Mündungen der Nebenflüsse Sturmflutsperrwerke errichtet. Im Jahre 1964 wurde schließlich mit dem 12,0 m-Ausbau der Elbe zwischen Tinsdal und Cuxhaven begonnen. Diese Arbeiten konnten 1969 abgeschlossen werden. Im Hamburger Bereich konnte die angestrebte Vertiefung schon früher beendet werden (ROHDE, 1971). In den Jahren 1974 bis 1978 wurde die Fahrrinne um weitere 1,5 m auf insgesamt 13,5 m vertieft. Im gleichen Zeitraum wurden nochmals umfangreiche Deichbauarbeiten (u. a. Deichverkürzung und Erhöhung der Deichkrone) ausgeführt.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 3) gibt einen Überblick über die bedeutenden wasserbaulichen Maßnahmen in der Tideelbe unterhalb Hamburgs in der Zeit von 1936 bis 1981 (DAHL u. HECKENROTH, 1983; Quelle: WSA Hamburg).

Zeit		Art der Veränderung	Bereich Strom-km	
von	bis		von	bis
1936	1950	Ausbau der Unterelbe auf - 10 m MThw (unterbrochen in den Kriegsjahren)	620	See
	1959	Inneres Este-Sperrwerk		
1953	1960	Ausbau der Rhinplate bis 1 m über MThw	671	677
1957	1962	Ausbau der Unterelbe auf - 11 m MThw		
nach	1962	Abdämmung der Hamburger Süderelbe und der Borsteler Binnenelbe (Hochwasserschutzmaßnahmen nach der Sturmflut 1962)		
	1967	Sturmflut-Sperrwerke "Este" (äußeres), "Lühe" und "Freiburger Hafentriel"		
	1968	Sturmflut-Sperrwerk "Oste"		
1967	1968	Verbindungsdammbau zwischen Hanskalbssand und Neßsand ca. 2,0 über MThw		
1964	1969	Ausbau der Unterelbe auf - 12 m MThw	620	See
1966	1969	Sturmflut-Sperrwerke "Pinnau" und "Krückau"		
	1971	Sturmflut-Sperrwerke "Schwinge" und "Bützflether Süderelbe"		
	1972	Elbehafen Brunsbüttel		
	1972	Bützflether Anleger		
1970	1974	Ufervorspülung und Befestigung sowie Bau der Pionierinsel in der Lühesander Süderelbe	647,5	648
1972	1975	Sturmflut-Sperrwerk "Stör"		
1964	1969	Ufervorspülung vom Störleitdamm bis zum Bütteler Hafentriel	680	690
und	1975/76			
1975	1976	Hafen Kollmar		
1972	1977	Aufspülung des Wattes "Schwarztonnensand" 1,50 - 1,80 m über MThw		
1974	1978	Ausbau der Unterelbe auf - 13,5 m MThw	620	See
	1978	Sturmflut-Sperrwerke "Wedeler Au", "Ruthenstrom" und "Wischhafener Süderelbe"		
nach	1976	Abdämmung des Inneren Teils der Haseldorfer Binnenelbe (Hochwasserschutzmaßnahme)		
1977	1978	Hafen Haseldorf		
1979	1981	Fähranleger Glückstadt		

Tab. 3 Bedeutende Veränderungen an Gewässern im Elbebereich in chronologischer Reihenfolge der Fertigstellung

5. AUSWIRKUNGEN DER AUSBAUMASSNAHMEN AUF DAS HYDROLOGISCHE UND DAS ÖKOLOGISCHE SYSTEM IN DER ELBE

5.1 TIDEVERHÄLTNISSE

In Kapitel 4 wurde bereits ausführlich dargestellt, daß insbesondere seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts im Zuge der Entwicklung der Weltwirtschaft und damit des Welthandels und der weltweiten Schifffahrt umfangreiche Strombau-, Hafenbau- und Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt wurden. Folglich war es die Aufgabe der Wasserbauingenieure, die Schiffbarkeit der großen Tidenströme Elbe, aber auch Weser, zu den landeinwärts gelegenen Hansestädten Hamburg und Bremen entsprechend den Erfordernissen des Welt-Seeverkehrs anzupassen. Die Kunst der Wasserbauingenieure bestand darin, durch gezielte Fahrwasservertiefungen und Stromregelungen die Tidenströmungen so zu bündeln und zu stärken, daß unter Ausnutzung der natürlichen Räumkraft der Strömungen die Fahrrinnen in ihrer Lage und in ihrer Tiefe "stabilisiert" erhalten blieben.

Wenn in der heutigen Diskussion über die Veränderungen der Tidewasserstände, insbesondere im Bereich der Tideelbe, der Eindruck erweckt wird, daß bei den Ausbaumaßnahmen die Einflüsse auf die Tidewasserstände als "nicht erkannte" oder "nicht beachtete" Effekte, also quasi als Planungsfehler dargestellt werden, so entspricht dies nicht der Wahrheit, wie ein Blick in die Arbeit von FRANZIUS und BUECKING (1895) und die zahlreichen Veröffentlichungen von HENSEN (z. B. 1955) zeigen. Bei den Stromregulierungen wurde bewußt eine Vergrößerung des Tidehubes - und damit verbunden eine Verstärkung der Tidenströmungen (verbesserte Räumkraft) - angestrebt. Für die von See einschwingende Tidewelle wurden durch Fahrwasservertiefungen und Begradigungen die Rauigkeit des Strombettes und die Teilreflexionen der Tidewelle vermindert. Dadurch gelangte ein größerer Anteil der Tidewellen-Energie bis in den oberen Bereich des Tideästuars und führte insbesondere in diesem Bereich als sichtbaren Effekt zu einer entsprechenden Vergrößerung des Tidehubes und einer Verschiebung der oberstromseitigen Tidegrenze - auch in den Nebenflüssen - weiter stromauf. Um nachteilige Auswirkungen auf den Wasserhaushalt in diesen Bereichen zu vermeiden, wurden an den Tideflüssen zur Begrenzung des Tideeinflusses Wehre, z. B. bei Geesthacht an der Elbe bzw. Bremen-Hemelingen an der Weser, errichtet. Die Fahrwasservertiefungen führten zwangsläufig im Bereich der Hauptstromrinne zu einer Querschnittserweiterung. Eine Querschnittserweiterung führt in erster Näherung zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde durch begleitende Baumaßnahmen die hydraulische Leistungsfähigkeit der Nebelben und Nebenrinnen, z. B. durch Strombauwerke, Baggergutverklappungen oder Abdämmungen, geschwächt, um durch diese Querschnittseinengungen im Bereich der Nebenrinnen die Durchströmung der Hauptrinne und damit des Fahrwasserbereiches zu erhalten bzw. zu stärken. Ein Rückblick zeigt, daß mit diesem ingenieurtechnischen Strombaukonzept die für internationale Seeschifffahrt erforderlichen Fahrwassertiefen erreicht werden konnten.

Im Falle der Elbe ist - im erheblichen Maße durch die Ausbaumaßnahmen bedingt - in dem Zeitraum von 1850 bis 1980 ein Anstieg der mittleren Tidehochwassers am Pegel St. Pauli von rd. 30 cm, ein Absinken des mittleren Tideniedrigwassers im gleichen Zeitraum um rd. 120 cm und eine Verstärkung des Tidehubes um rd. 1,5 m eingetreten. Durch den Ausbau des Hamburger Hafens und der damit verbundenen Vergrößerung der Wasseroberfläche erfolgte eine Vergrößerung des Flutraumes in diesem Bereich. Durch diese Vergrößerung des Flutraumes wurden die Auswirkungen der Ausbaumaßnahmen auf die Wasserstände zunächst gedämpft. Die Zunahme der Wasseroberflächen durch den Ausbau des Hamburger Hafens erfolgte im wesentlichen zwischen 1878 und 1930. Nach 1930 hat die Wasseroberfläche im Hamburger Hafen nur noch um rd. 10 % zugenommen. Im Falle der Elbe (Pegel St. Pauli) hat ein

Absinken des mittleren Tideniedrigwassers - und damit verbunden ein Anstieg des mittleren Tidehubes - etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts eingesetzt. Besonders gravierende Wasserstandsänderungen sind jedoch erst nach dem Zweiten Weltkrieg infolge der Fahrwasserausbauten im Bereich der Unterelbe zunächst auf 10 m, dann auf 11 m, 12 m und schließlich zwischen 1974 und 1978 auf 13,5 m unter mittlerem Tideniedrigwasser eingetreten. Das Phänomen, daß auch nach Beendigung einer Ausbaumaßnahme noch mehrere Jahre verzögert Änderungen bei den Tidewasserständen eintreten, ist darauf zurückzuführen, daß der Tidestrom nach einem künstlichen Eingriff durch langsam ablaufende Veränderungen des Gesamt-Strombettes erst allmählich in einen neuen morphologisch stabilen Zustand übergeht.

Zum Vergleich sei darauf hingewiesen, daß die Ausbaumaßnahmen an der Tideweser sehr viel stärkere Auswirkungen auf die Tidewasserstände gehabt haben. Beispielsweise konnten Schiffe mit einem Tiefgang von nur 2 m vor der Durchführung der ersten Baumaßnahmen an der Tideweser, also vor 1883, nicht während einer Tide von Bremerhaven nach Bremen gelangen. Vor dieser Zeit betrug der Tidehub in Bremen bei einem mittleren Oberwasserabfluß rd. 12 cm. Nach Abschluß der Ausbaumaßnahmen hat sich der Tidehub in Bremen nunmehr auf rd. 3,80 m erhöht. Nur durch diesen erfolgreichen Ausbau der Tideweser konnte die Existenz des Seehafens in Bremen gesichert werden.

Die Änderungen der Tidewasserstände in den Tideästuarien sind jedoch nicht ausschließlich auf die Ausbaumaßnahmen zurückzuführen, sondern auch im Zusammenhang mit einer Veränderung der Tideverhältnisse in der Nordsee zu betrachten. Die Ursachen für die Änderung der Tideabläufe in der Nordsee, wie sie auch an durch Ausbaumaßnahmen nicht beeinflussten Pegeln registriert werden, sind zur Zeit noch Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen.

Auch wenn aus heutiger Sicht die erfolgten Eingriffe in den Naturhaushalt kritisch gesehen werden, so muß bei einer Beurteilung der Maßnahmen stets auch die gesamtwirtschaftliche Bedeutung dieser Maßnahmen für die wirtschaftliche Entwicklung des norddeutschen Raumes bei einer Gesamtbeurteilung beachtet werden.

5.2 BIOTOPELEMENTE - VORDEICHSLÄNDEREIEIN, WATTGEBIETE UND FLACHWASSERBEREICHE

Durch die im Kap. 4 beschriebenen umfangreichen anthropogenen Eingriffe, wie z. B. Stromregelungen, Fahrrinnenvertiefungen, Eindeichungen und Aufspülungen, ist das ursprüngliche Ökosystem Elbe stark verändert worden. So sind im Bereich der Tideelbe im Zuge der Sturmflutsicherungsmaßnahmen Deichverkürzungen vorgenommen worden, wobei Vordeichsländereien und einige Nebenelben (Alte Süderelbe, Borsteler Binnenelbe, Haseldorfer Binnenelbe) abgedeicht wurden. Im Bereich Nordkehdingen sind durch die Vordeichungen zahlreiche kleine Priele und tidebeeinflusste Marschgräben von dem Ökosystem Tideelbe abgetrennt worden. Demgegenüber sind alle Nebenflüsse der Tideelbe und die Wischhafener Süderelbe, der Ruthenstrom, die Barnkruger Süderelbe und die Bützflether Süderelbe nach wie vor an das Tidesystem Elbe angeschlossen. Eine Abtrennung dieser Gewässerteile erfolgt nur selten und dann für wenige Stunden (bei Sturmfluten) durch das Schließen der Sturmflutsperrwerke. Für die Wechselwirkung zwischen den Bioelementen sind diese kurzen Sperrzeiten von untergeordneter Bedeutung.

Ferner sind durch die Aufspülung von Baggergut im Bereich Schweinesand, Neßsand, Hanskalbsand, Hahnöfer Sand, Lühesand, Pagensand, Schwarztonnensand und Bützflether Sand Flachwasserbereiche und flache Inseln entstanden, die zum Teil über MThw hinausragen.

Ein Teil dieser vorstehend erläuterten Maßnahmen betraf auch unmittelbar die für die Ausbildung der elbtypischen Lebensgemeinschaften lebensnotwendige ökologische Basis, zu der im wesentlichen die in den Vordeichsländereien liegenden tidebeeinflussten Priel- und Marschgräben, die Wattengebiete, die Flachwasserbereiche und die Nebengewässer zählen. Für die verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften in der Elbe stellen diese Bereiche wichtige Aufwuchs-, Fortpflanzungs-, Nahrungs- und Fluchtbiotope dar. Die Artenvielfalt und die Häufigkeit der verschiedenen in der Elbe vorkommenden Organismen werden durch diese Stromreviere ganz entscheidend geprägt.

Die weniger offensichtlichen Auswirkungen der Ausbaumaßnahmen auf die verschiedenen Lebensgemeinschaften in der Elbe lassen sich nur schwer abschätzen, da umfassende bestandskundliche Untersuchungen (z. B. Erfassung der langperiodischen natürlichen Schwankungsbreite der Bestände) in den einzelnen Stromrevieren aus alter Zeit kaum vorliegen. Immerhin bietet aber ein Vergleich der für die Ausbildung der Lebensgemeinschaften wichtigen Biotopflächen (s. o.) an Hand von altem und neuem Kartenmaterial über die Elbe eine Möglichkeit zur groben Abschätzung eingetretener Bestandsveränderungen. Aus diesem Grunde wurden die in alten Seekarten des ehemaligen Reichs-Marine-Amtes (Berlin) und die in den neuen Seekarten des Deutschen Hydrographischen Instituts (Hamburg) eingetragenen Außendeichsgebiete, Wattzonen und Flachwasserbereiche ausplanimetriert und die ermittelten Flächen einander gegenübergestellt (Tab. 4, Abb. 9).

Seekarte Nr.	Bezeichnung	Herausgeber	Ausgabe	Maßstab
75	Elbe-Mündung von Feuerschiff No 1 bis Brunsbüttel	Reichs-Marine-Amt, Berlin	1896	1:50.000
247	Die Elbe von Brunsbüttel bis Krautsand	Reichs-Marine-Amt, Berlin	1905	1:25.000
248	Die Elbe von Krautsand bis Brunshausen	Reichs-Marine-Amt, Berlin	1905	1:25.000
249	Die Elbe von Brunshausen bis Tinsdahl	Reichs-Marine-Amt, Berlin	1905	1:25.000
250	Die Elbe von Tinsdahl bis Hamburg	Reichs-Marine-Amt, Berlin	1905	1:25.000
45	Die Elbe von Cuxhaven bis Brunsbüttel	Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg	1982	1:30.000
46	Die Elbe von Brunsbüttel bis Krautsand	Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg	1981	1:30.000
47	Die Elbe von Krautsand bis Schulau	Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg	1982	1:30.000
48 A/B	Die Elbe von Schulau bis Hamburg	Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg	1982	1:15.000/ 1:30.000

Tab. 4 Seekarten, aus denen die Flächen der Außendeichsgebiete, der Wattenzonen und der Flachwasserbereiche ermittelt wurden

5.2.1 FLÄCHENVERGLEICH 1896/1905 - 1981/1982 BEREICH NORDUFER

Ein Vergleich der ausplanimetrierten Flächen zeigt, daß seit Beginn dieses Jahrhunderts durch Deichverkürzungen die Außendeichsgebiete am Nordufer der Elbe (einschließlich der über das mittlere Tidehochwasser hinausragenden Inseln bis zur Strommitte) zwischen dem Altonaer Fischereihafen und querab Cuxhaven von rd. 6.600 ha auf rd. 3.400 ha, also um knapp die Hälfte abgenommen haben. Über 3.000 ha der ehemals außendeichs liegenden Flächen sind im Elbabschnitt zwischen Schulau und Bielenberg eingedeicht worden. Hierzu gehören große Teile der Haseldorfer Binnenelbe. Ein kleiner Flächenzuwachs durch Auflandungen von rd. 440 ha ist unterhalb der Brunsbütteler Schleusen zu verzeichnen (Tab. 5).

Dagegen hat sich die Gesamtfläche der Wattzonen zwischen dem Altonaer Fischereihafen und querab Cuxhaven am Nordufer der Elbe seit Beginn dieses Jahrhunderts insgesamt gesehen kaum verändert. Innerhalb der einzelnen Stromabschnitte sind aber starke Flächenverschiebungen eingetreten. Beispielsweise ist im Bereich zwischen Schulau und der Stör-Mündung ein Flächenzuwachs von über 500 ha zu verzeichnen, und im Hamburger Bereich bis Teufelsbrück sind nahezu die gesamten Wattflächen durch die Ausbaumaßnahmen fortgefallen. Auch unterhalb der Stör-Mündung haben die Wattflächen deutlich abgenommen (Tab. 5). Grundsätzlich ist durch die Vergrößerung des Tidehubes infolge der Ausbaumaßnahmen eine Zunahme bei den Wattgebieten eingetreten.

Die gesamten Flachwasserbereiche am Nordufer der Elbe zwischen dem Altonaer Fischereihafen und querab Cuxhaven haben sich seit Beginn dieses Jahrhunderts von rd. 6.100 ha auf rd. 4.200 ha, also um rd. 1/3 verringert. Der größte Flächenrückgang ist im Bereich unterhalb Brunsbüttels eingetreten; allein hier beträgt die Flächenabnahme fast 1.700 ha. Dagegen ist die Flächenabnahme zwischen Schulau und Dwarsloch mit knapp 100 ha vergleichsweise gering (Tab. 5).

5.2.2 FLÄCHENVERGLEICH 1896/1905 - 1981/1982 BEREICH SÜDUFER

Auch die Außendeichsländereien am Südufer der Elbe zwischen den Hamburger Elbbrücken und Cuxhaven haben seit Beginn dieses Jahrhunderts erheblich abgenommen. Insgesamt ist ein Rückgang von rd. 14.800 ha auf rd. 3.800 ha (74 %) zu verzeichnen. Im Hamburger Raum sind durch die verschiedenen Ausbaumaßnahmen nahezu die gesamten Außendeichsflächen (rd. 2.000 ha) fortgefallen. Ein erheblicher Rückgang ist auch im Elbabschnitt zwischen Finkenwerder und der Lühe-Mündung eingetreten; in diesem Bereich gingen die Außendeichsflächen von knapp 1.500 ha auf rd. 300 ha, also um rd. 80 % zurück. Der zahlenmäßig größte Flächenabnahme ist zwischen der Schwingemündung und der Oste-Mündung eingetreten; hier haben die sehr umfangreichen Eindeichungsmaßnahmen zu einer Abnahme der Außendeichsflächen von über 7.000 ha geführt (Tab. 6).

Bei den Wattflächen am Südufer der Elbe zwischen Hamburger Elbbrücken und Cuxhaven ist ebenfalls ein deutlicher Rückgang (insgesamt rd. 1.200 ha = 25 %) zu verzeichnen. Der größte Flächenverlust ist im Bereich zwischen Freiburger Hafentriel und Oste-Mündung eingetreten. Allein in diesem Elbabschnitt beträgt die Abnahme der Wattflächen rd. 1.200 ha (42 %). Im Hamburger Raum gingen ähnlich wie bei den Außendeichsflächen nahezu die gesamten Wattflächen (knapp 100 ha) durch die Ausbaumaßnahmen verloren. Ein Rückgang von rd. 200 ha ist auch für den Bereich zwischen Finkenwerder und der Lühe-Mündung zu vermerken. Dagegen haben sich in anderen Strombereichen die Wattflächen z. T. kräftig erweitert, so z. B.

im Elbabschnitt zwischen der Schwinge-Mündung und dem Freiburger Hafenpriel. Hier beträgt die Flächenerweiterung der Wattgebiete durch Auflandungen seit Beginn dieses Jahrhunderts rd. 550 ha (Tab. 6).

Auch die flächenmäßige Ausdehnung der Flachwasserbereiche am Südufer der Elbe zwischen den Hamburger Elbbrücken und Cuxhaven hat sich seit Beginn dieses Jahrhunderts erheblich verändert. Ähnlich wie bei den Wattflächen sind im Hamburger Bereich durch die umfangreichen Hafenausbauten nahezu die gesamten Flachwasserbereiche (knapp 70 ha) fortgefallen. Ein deutlicher Rückgang der Flächen ist auch für den Elbabschnitt zwischen Hamburg und Krautsand zu verzeichnen; hier beträgt die Abnahme der Flachwasserzonen rd. 600 ha. Dagegen ist im weiter stromab liegenden Bereich bis Cuxhaven eine deutliche Erweiterung der Flächen um rd. 470 ha eingetreten (Tab. 6).

Insgesamt gesehen haben die umfangreichen anthropogenen Eingriffe in der Tideelbe, wie z. B. Ausbau des Hamburger Hafens, Eindeichungsmaßnahmen, Abtrennung von Nebengewässer, Uferverbau, Fahrrinnenvertiefung und -verbreiterung sowie die Aufspülung von Sänden über die mittlere Tidehochwasserlinie hinaus, seit Beginn dieses Jahrhunderts zu einer deutlichen Verringerung der für die Ausbildung der elbtypischen Lebensgemeinschaften lebensnotwendigen ökologischen Basis, nämlich tidebeeinflusste Priel- und Marschgräben der Vordeichsländereien, Wattengebiete, Flachwasserzonen und Nebengewässer geführt.

Überwiegend durch diese vielfältigen Baumaßnahmen bedingt, haben innerhalb der betrachteten Stromreviere außerdem starke Flächenverschiebungen stattgefunden. In vielen Bereichen, wie z. B. im Hamburger Hafengebiet, wurde die ursprünglich vorhandene ökologische Basis nahezu völlig verändert. An anderen Orten wiederum fand z. T. eine Erweiterung der biologisch wichtigen Zonen statt.

Um die Jahrhundertwende waren der südliche und westliche Teil des Stromspaltungsgebietes überwiegend durch flache, verzweigte Rinnen und Buchten mit langen, flachen Uferzonen geprägt. Heute stellen die großen, tiefen Hafenbecken ein anderes, monotoneres Biotop dar. So fehlt das Biotopelement "Litoralzone" aufgrund der senkrechten Ufereinfassungen und steilen Steinschüttböschungen fast völlig. Die Hafenbecken sind jedoch keine toten Zonen, sondern werden überwiegend von Weißfischen, aber auch von Raubfischen z. B. Zander und andere Barschartige, zum Teil in dichten Beständen besiedelt (vergl. Kap. 7.1.4).

Der Einfluß dieser Flächenverschiebungen auf die elbtypischen aquatischen Lebensgemeinschaften ist nicht exakt abschätzbar, da z. B. die Bedeutung der alten Stromreviere in früherer Zeit für einen unmittelbaren Vergleich nicht umfassend genug dokumentiert wurde. Fest steht allerdings, daß ein Flächenverlust im Süßwasserbereich des Stromes nicht allein durch einen gleichgroßen Flächenzugewinn innerhalb der Brackwasserzone ausgeglichen werden kann oder umgekehrt. Die in diesen beiden genannten Bereichen extrem unterschiedlichen Lebensbedingungen unterbinden den dauerhaften Zuzug der rein limnischen Arten in die Brackwasserzone bzw. der typischen Brackwasserarten in den limnischen Bereich der Tideelbe.

Es ist davon auszugehen, daß durch den Fortfall von wichtigen Fortpflanzungs-, Aufwuchs-, Nahrungs- und Fluchtbiotop eine Reduktion der für die Elbe typischen Organismenarten, besonders aber der verschiedenen Bestände eingetreten ist.

N O R D U F E R Abschnitt	F L Ä C H E N 1896/1905		V E R Ä N D E R U N G	
	ha	1981/82	ha	ha
Altonaer Fischereihafen/Teufelsbrück	A	36,9	17,7	- 19,2
	W	92,7	4,9	- 87,8
	F	12,3	17,6	+ 5,3
Teufelsbrück/Schulau	A	89,0	102,6	+ 13,6
	W	56,0	22,8	- 33,2
	F	51,5	< 10,0	> - 41,5
Schulau/Dwarsloch	A	2325,4	449,1	- 1876,3
	W	147,5	368,1	+ 220,6
	F	210,2	117,6	- 92,6
Dwarsloch/Bielenberg	A	2133,8	952,5	- 1181,3
	W	504,9	787,8	+ 282,9
	F	485,6	461,1	- 24,5
Bielenberg/Stör-Mündung	A	699,4	351,9	- 347,5
	W	259,4	304,5	+ 45,1
	F	148,6	114,3	- 34,3
Stör-Mündung/Brunsbüttel Schleuse	A	674,2	467,4	- 206,8
	W	330,8	154,8	- 176,0
	F	112,3	54,6	- 57,7
Brunsbüttel Schleuse/Hakensand einschl.	A	665,0	1105,2	+ 440,2
	W	15439,2	14000,1	- 1439,1
	F	5110,0	3440,1	- 1669,9
Gesamtfläche	A	6623,7	3446,4	- 3177,3
	W	16830,5	15643,0	- 1187,5
	F	6130,5	4215,3	- 1915,2

Tab. 5 Flächen der Außendeichsbereiche (A), der Wattengebiete (W) und der Flachwasserbereiche (F) in den Jahren 1896/1905 und 1981/1982 zwischen Strommitte und NORDUFER

S Ü D U F E R Abschnitt	F L Ä C H E N 1896/1905		V E R Ä N D E R U N G	
	ha	1981/82	ha	ha
Elbbrücken/Finkenwerder	A	2039,0	< 10,0	> - 2029,0
	W	105,4	< 10,0	> - 95,4
	F	72,5	< 10,0	> - 62,5
Finkenwerder/Lühe-Mündung	A	1490,4	305,4	- 1185,0
	W	544,8	310,2	- 234,6
	F	715,6	336,3	- 379,3
Lühe-Mündung/Schwinge-Mündung	A	407,9	249,6	- 158,3
	W	94,0	35,7	- 58,3
	F	153,1	100,8	- 52,3
Schwinge-Mündung/Krautsand	A	3010,0	640,8	- 2369,2
	W	186,9	461,1	+ 274,2
	F	343,1	217,2	- 125,9
Krautsand/Freiburger Hafenpriel	A	1989,8	694,8	- 1295,0
	W	101,3	394,2	+ 292,9
	F	51,0	277,8	+ 226,8
Freiburger Hafenpriel/Oste-Mündung	A	4348,8	718,8	- 3630,0
	W	2916,5	1688,1	- 1228,4
	F	243,5	367,8	+ 124,3
Oste-Mündung/Cuxhaven	A	1521,7	1205,1	- 316,6
	W	895,0	754,5	- 140,5
	F	115,8	241,5	+ 125,7
Gesamtfläche	A	14807,6	3824,5	- 10983,1
	W	4843,9	3653,8	- 1190,1
	F	1694,6	1551,4	- 143,2

Tab. 6 Flächen der Außendeichsbereiche (A), der Wattengebiete (W) und der Flachwasserbereiche (F) in den Jahren 1896/1905 und 1981/1982 zwischen Strommitte und SÜDUFER

Wassergütestelle Elbe

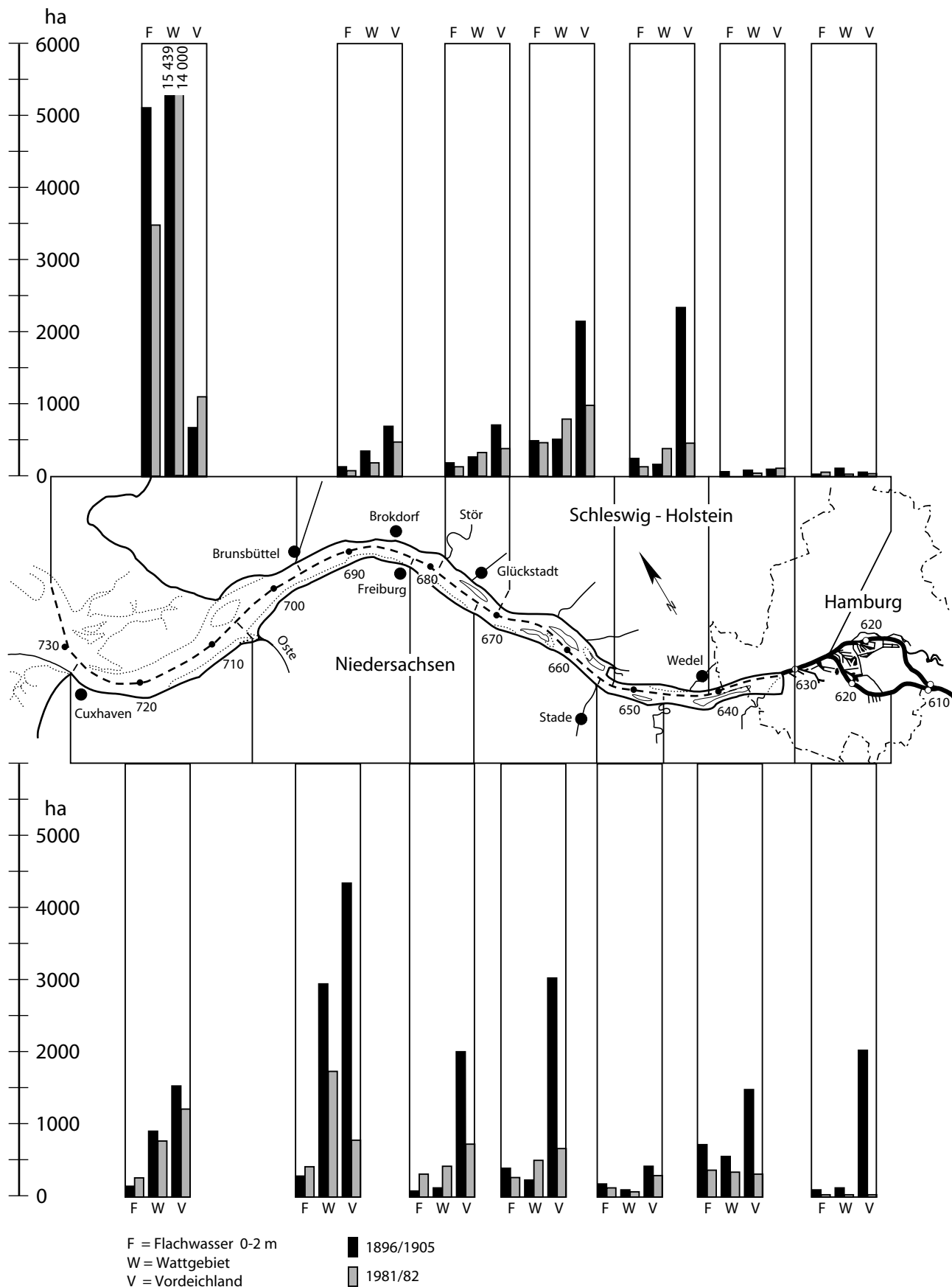


Abb. 9

Flächenveränderung der Flachwasserzonen, der Wattgebiete und der Vordeichländereien (seit Beginn dieses Jahrhunderts)

Der biologische Wert der verbliebenen Außendeichsländereien mit ihren tidebeeinflußten Priel- und Grabensystemen, der Watten, der Flachwasserbereiche und der Nebengewässer ist nach wie vor als außerordentlich hoch einzuschätzen. Besonders für die aquatische Tier- und Pflanzenwelt haben diese Stromreviere trotz der überaus starken Belastung der Elbe mit den verschiedensten Last- und Schadstoffen immer noch eine große Bedeutung als ökologische Basis, von der ganz wesentlich die Besiedlung der gesamten Tideelbe ausgeht. Darüber hinaus stellen die verbliebenen Gebiete für die verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften der Elbe lebensnotwendige Rückzugs- und Ausweichbiotope dar, z. B. für die Fische insbesondere dann, wenn in den Sommermonaten die intensiv ablaufenden Selbstreinigungsvorgänge im Hauptstrom der Tideelbe den Sauerstoffhaushalt derart belasten, daß das Leben der in der Elbe vorkommenden Organismen zumindest vorübergehend bedroht, wenn nicht sogar ausgelöscht wird (Talsohle des Sauerstofflochs).

6. SELBSTREINIGUNGSVERMÖGEN UND SAUERSTOFFHAUSHALT DER ELBE

6.1 GEWÄSSERBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN - SELBSTREINIGUNGSSTRECKE

Zur Einführung und zum besseren Verständnis der in der Elbe ablaufenden Selbstreinigungsvorgänge werden nachfolgend einige der im Gewässer ablaufenden Grundmechanismen erläutert.

Unter dem Selbstreinigungsvermögen eines Gewässers wird der biochemische Abbau von Wasserinhaltsstoffen durch verschiedene aquatische Kleinorganismen, wie z. B. durch Bakterien und Pilze (Destruenten), verstanden. Vollständig mineralisierte Stoffe dienen anschließend den unteren Gliedern der Nahrungskette z. B. den Algen (Produzenten) als Grundnährstoffe. Auf den Primärproduzenten aufbauend entwickeln sich die Konsumenten, wie z. B. Kleinkrebse, Muscheln, Schnecken, Insektenlarven und Fische. Nur zum Teil aufgespaltene Ausgangsstoffe können auch direkt von den Konsumenten genutzt werden. Durch die Menge der biochemisch abbaubaren Wasserinhaltsstoffe wird also u. a. die Stärke der einzelnen Glieder in der aquatischen Nahrungskette beeinflusst.

Durch eine Einleitung z. B. ungeklärter Abwässer in ein Fließgewässer (Abb. 10) ändern sich die Lebensbedingungen für die dort vorkommenden Biozönosen; das bestehende biologische Ordnungsgefüge wird gestört oder bricht zunächst vollständig zusammen. Naturgemäß können sich Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) am schnellsten den veränderten Lebensbedingungen anpassen, da bei ihnen die Reproduktion (Fortpflanzung und Vermehrung) deutlich schneller abläuft als bei höheren Organismen, wie z. B. bei Wasserpflanzen, Krebsen und Fischen. Im Laufe der Fließstrecke setzen die Mikroorganismen, die eine hohe Stoffumsatzrate besitzen, unter gleichzeitig hohem Sauerstoffverbrauch die für ihre eigene Entwicklung lebensnotwendigen organischen und anorganischen Abwasserinhaltsstoffe um; sie entziehen sich also allmählich selbst die Nahrungsgrundlage, ihre Konzentrationen nehmen - auch durch Wegfraß - ab, der biochemische Sauerstoffbedarf verringert sich. Gleichzeitig erhöht sich wieder der Sauerstoffgehalt im Gewässer, wodurch für viele höhere Organismen eine Verbesserung ihrer Lebensbedingungen eintritt. Die Abbauprodukte der Mikroorganismen, wie z. B. Nitrate, Sulfate, Phosphate und Kohlendioxid, werden von den Primärproduzenten (Phytoplanktonorganismen und Makrophyten) aufgenommen und zu körpereigenen organischen Bausteinen verknüpft. Dieser Vorgang (pflanzliche Selbstreinigungsleistung) wird durch die Photosynthese gesteuert.

Am Ende der Selbstreinigungsstrecke eines Fließgewässers herrscht wieder ein ähnliches Gleichgewicht zwischen den verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften wie oberhalb der Abwassereinleitung, jedoch aufgrund erhöhter Nährstoffkonzentrationen auf einer höheren Trophiestufe. Allerdings bleibt oftmals eine Restbelastung bestehen, da viele Industrieabwässer anorganische und organische Last- und Schadstoffe aufweisen, die kaum oder nur im geringen Maße biochemisch abgebaut werden können.

Wassergütestelle Elbe

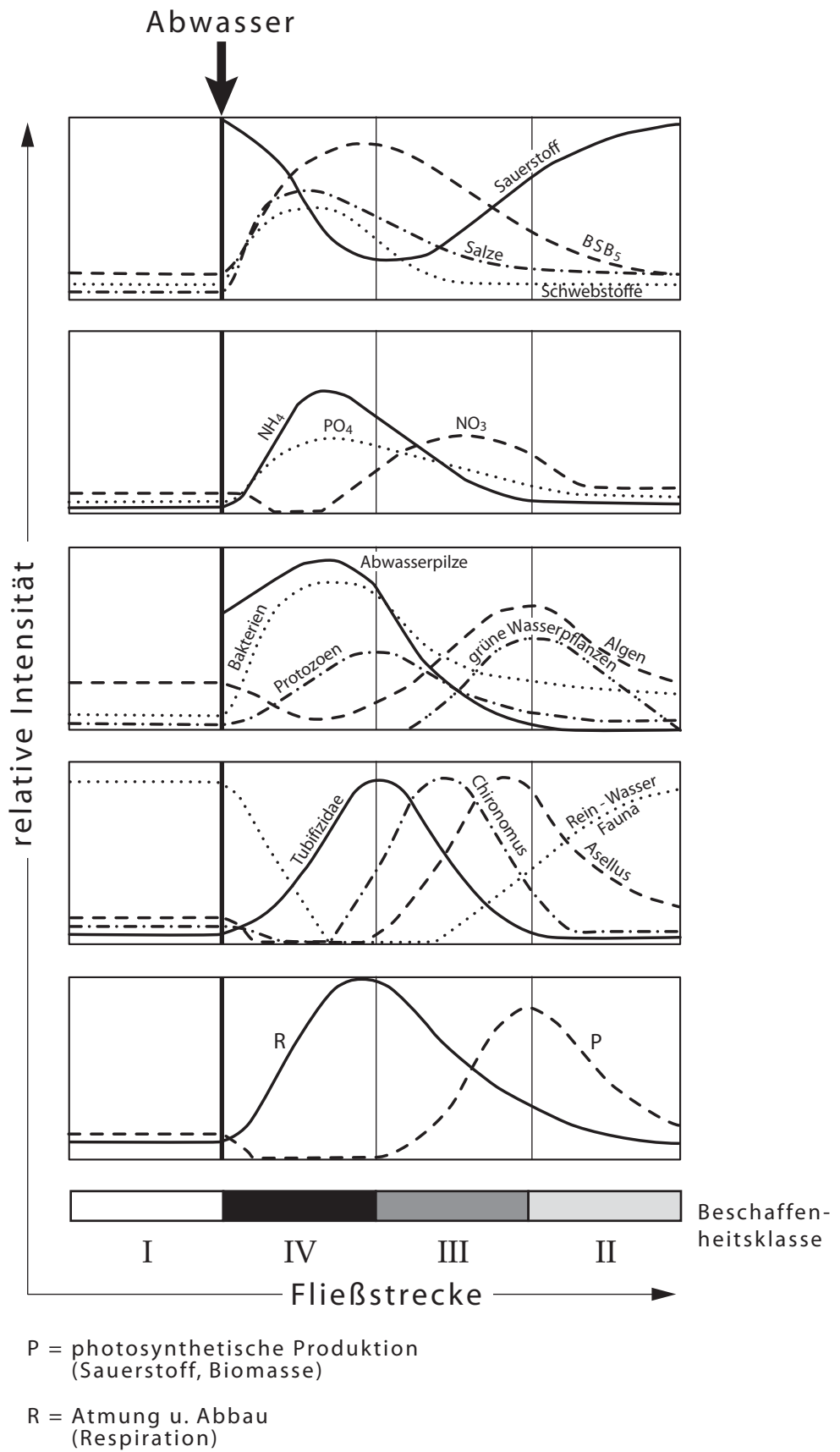


Abb. 10 Schematisierter Längsschnitt einer Selbstreinigungsstrecke

umgezeichnet nach UHLMANN, 1975
SCHWOERBEL, 1980

6.1.1 SELBSTREINIGUNGSVORGÄNGE IM STROMBEREICH DER TIDEELBE

Aufgrund der hochgradigen Belastung der Elbe mit abbaubaren anorganischen und organischen Stoffen tritt mit der Frühjahrserwärmung des Gewässers eine starke Beschleunigung der o. g. Selbstreinigungsaktivität ein. Hierdurch entsteht in der Unterelbe - besonders im Bereich der tief ausgebaggerten Stromrinne - ein Sauerstofftal, das sich in Abhängigkeit der hydrologischen Randbedingungen und der Selbstreinigungsgeschwindigkeit innerhalb des Längsprofils verlagert. Normalerweise bildet sich dieses Sauerstofftal im Frühjahr zunächst im Raum Glückstadt aus. Im Laufe des Sommers mit abnehmenden Oberwasserabflüssen und zunehmender biologischer Abbauintensität verlagert sich das Sauerstofftal stromauf in den Bereich Stade/Hamburg. Hierbei kommt es regelmäßig im Zentrum des Tals zu einer Unterschreitung der für das Überleben der Fische erforderlichen Mindestsauerstoffgehalte, so daß in diesem Bereich Fischsterben zu verzeichnen sind.

Die starke Depression des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe in diesem Bereich entsteht durch die hohe Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen (hoher biochemischer Sauerstoffbedarf, BSB). Die Höhe dieses Sauerstoffbedarfs hängt somit einerseits von dem Grad der Belastung mit biochemisch abbaubaren Stoffen und andererseits von dem mikrobiellen Organismenpotential und dessen Aktivität ab. Da die Entwicklung und Aktivität der Organismen im starken Maße durch die Wassertemperatur beeinflusst wird, verläuft die Intensität der Selbstreinigung entsprechend temperaturgesteuert. Beispielsweise erfährt die Nitrifikation (Aufoxidation des Ammoniums über Nitrit zu Nitrat) in der Elbe erst bei Wassertemperaturen über 10°C im Frühjahr eine deutliche Zunahme. Im Herbst ist die Bakterienpopulation noch vorhanden, so daß auch noch bei Wassertemperaturen unter 10°C eine intensive Nitrifikation stattfindet.

In den folgenden Abbildungen ist beispielhaft für das Jahr 1983 die jahreszeitliche Entwicklung der Abbauvorgänge - und damit auch des Sauerstoffhaushaltes - aufgezeigt. Für den Bereich der Tideelbe sind jeweils die Längsprofile der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes, der Ammoniumkonzentration und des Nitritgehaltes im oberen Feld und die Längsprofile des chemischen Sauerstoffbedarfs (Bebrütungstemperatur 20°C) dargestellt. In den Wintermonaten Januar, Februar und März bei Wassertemperaturen zwischen 0 und 6°C findet erfahrungsgemäß kein Abbau der Ammoniumbelastung statt. Die Abnahme der Ammoniumkonzentrationen in der Unterelbe unterhalb Glückstadt ist dann nicht auf einen Abbau, sondern auf die Verdünnungswirkung durch Einmischung von Seewasser (Brackwasserzone) zurückzuführen. Die Sauerstofflängsprofile zeigen eine nur schwach ausgeprägte Abnahme im Unterelbabschnitt zwischen Wedel und Glückstadt. Die durchgehend niedrigen Nitritkonzentrationen im gesamten Längsprofil in dieser kalten Jahreszeit weisen darauf hin, daß keine bedeutende Nitrifikation stattfindet.

Zur Erfassung der Belastung der Elbe mit biologisch abbaubaren Substanzen wurden in der Wassergütestelle Elbe umfangreiche Grundsatzuntersuchungen durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, daß zumindest für den Bereich der Tidegewässer die Belastung des Sauerstoffhaushaltes durch den bisher üblichen Parameter BSB₅ nicht zutreffend beschrieben wird. Gerade in der kalten Jahreszeit wird durch den BSB₅ ein erheblicher Anteil der Belastung aufgrund der in den Wintermonaten natürlicherweise geringeren Abbaupotenz und damit Abbaugeschwindigkeit nicht erfaßt. Diese Grundsatzuntersuchungen haben ergeben, daß bei einer Bebrütungstemperatur von 20°C nach 15 Tagen im Falle der Elbe etwa 80 bis 95 % der im Langzeitversuch biologisch oxidierbaren Verbindungen abgebaut sind. In der anschließenden Phase bis über den 60. Tag hinaus findet nur noch eine verhältnismäßig geringe Zehrungsrate von 0,1 bis 0,3 mg O₂/d statt. Der Zehrungsverlauf zwischen dem 15. und

Wassergütestelle Elbe

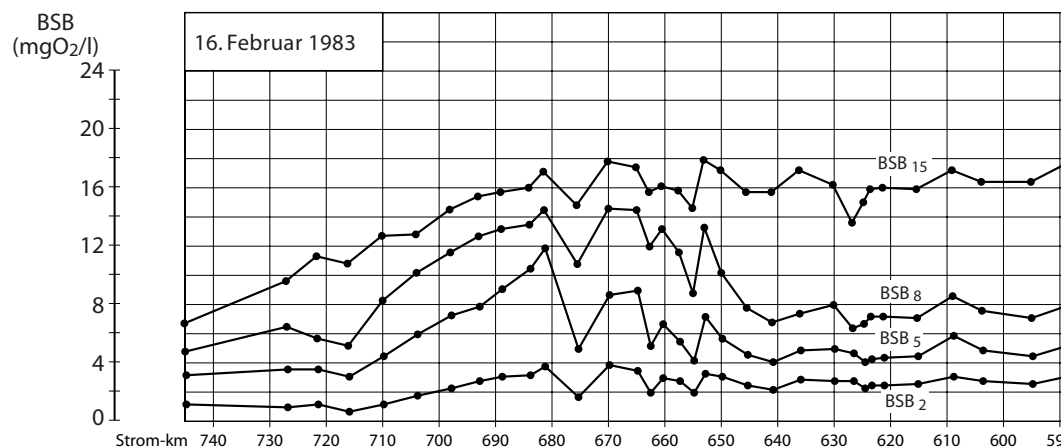
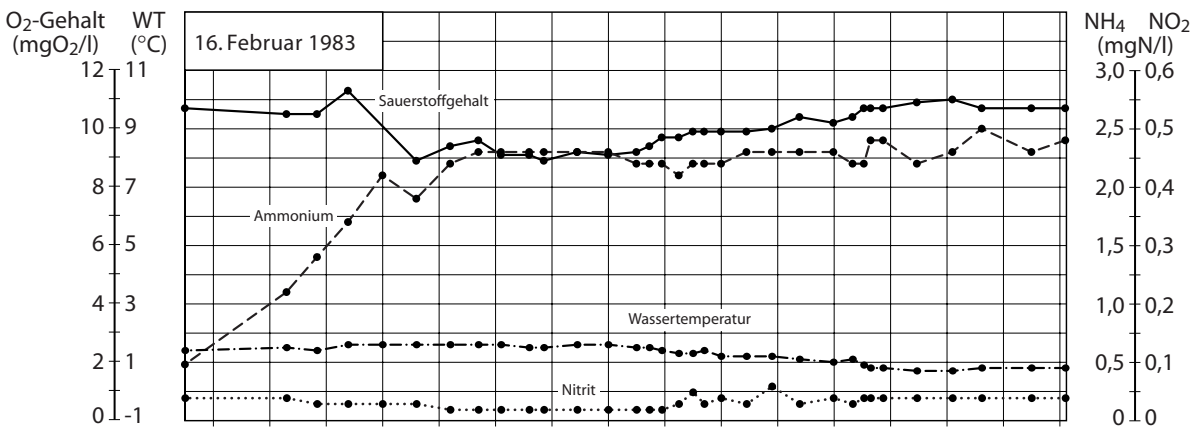
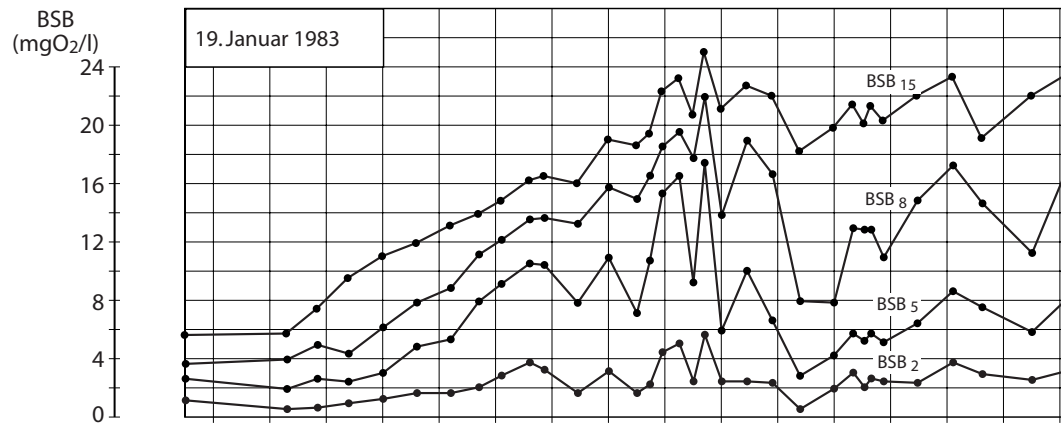
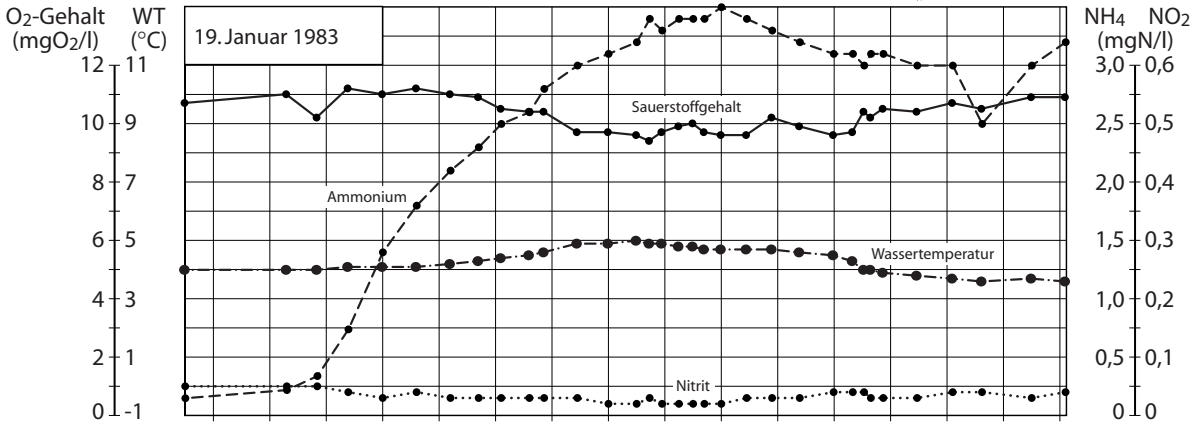
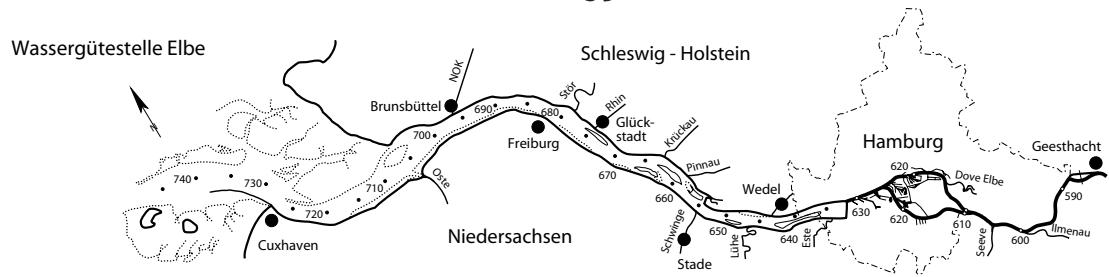


Abb. 11 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

Wassergütestelle Elbe

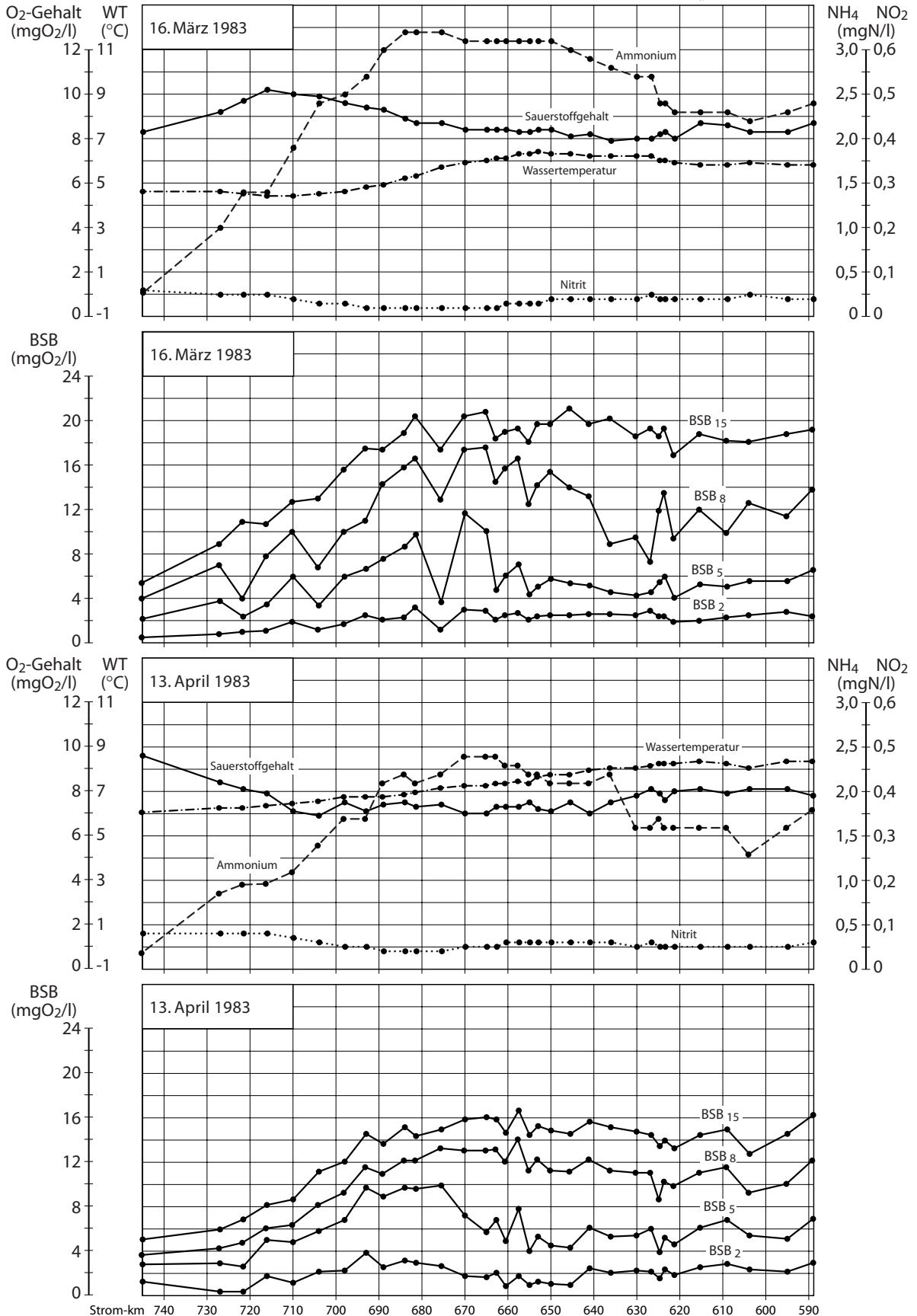
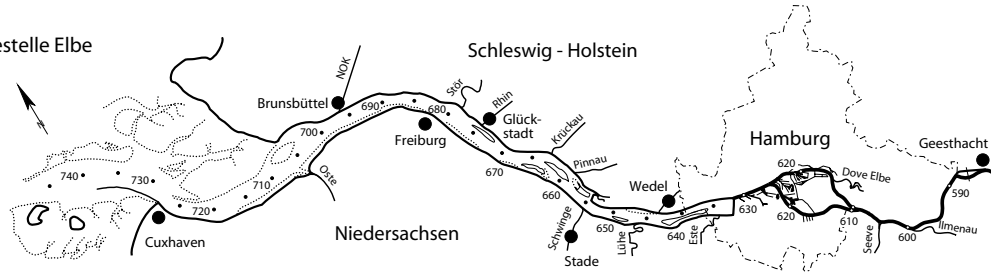


Abb. 12 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

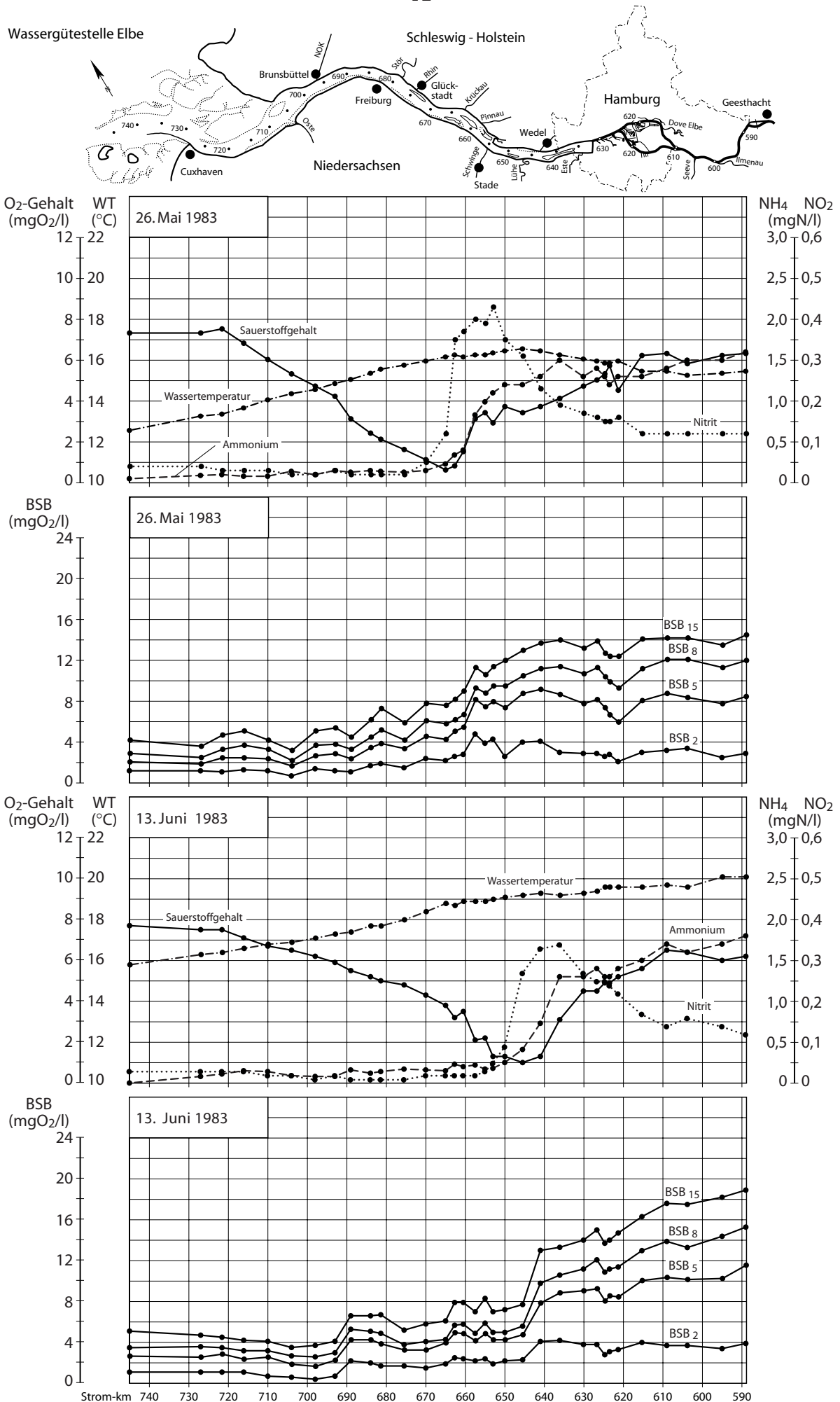


Abb. 13 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

Wassergütestelle Elbe

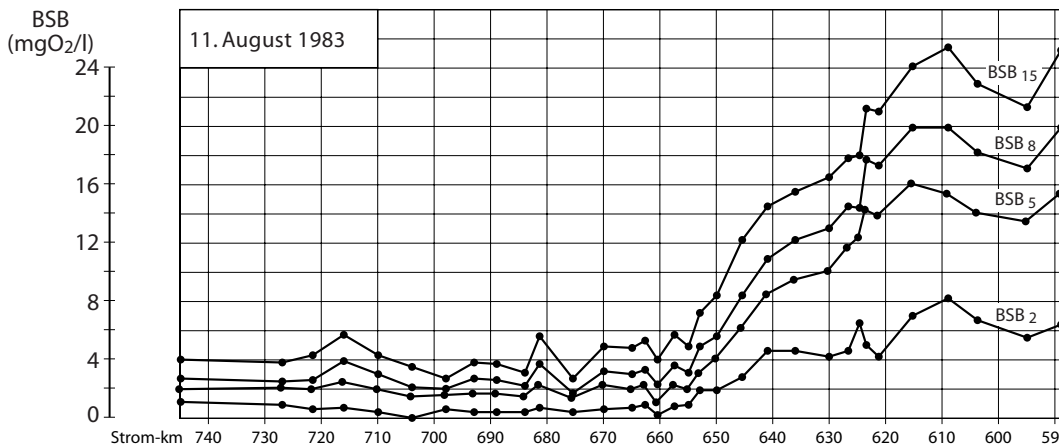
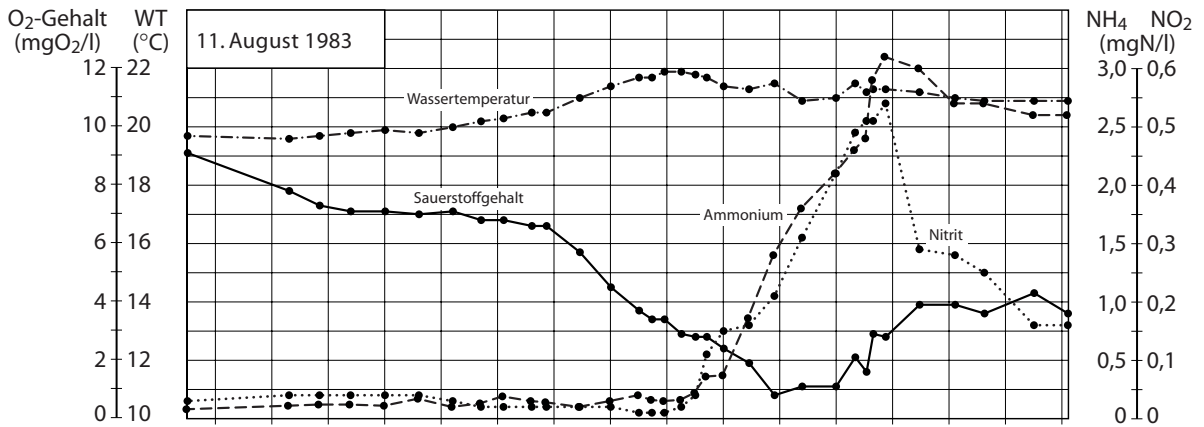
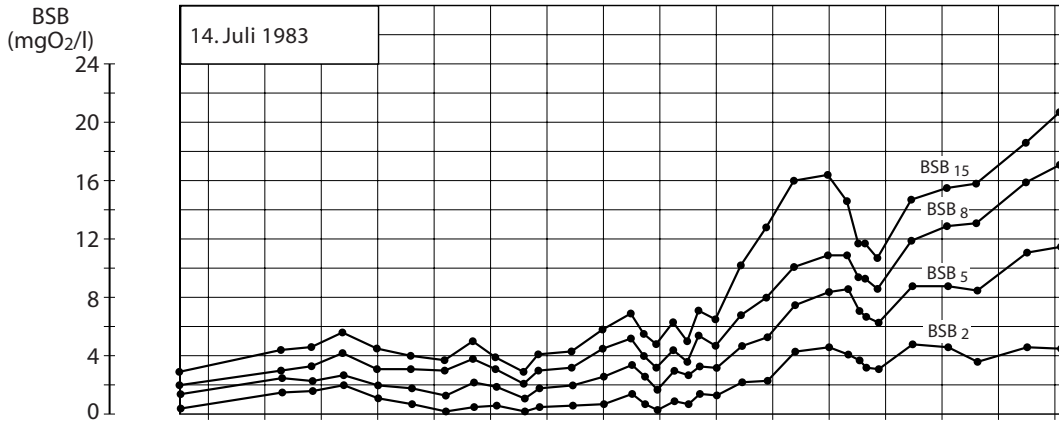
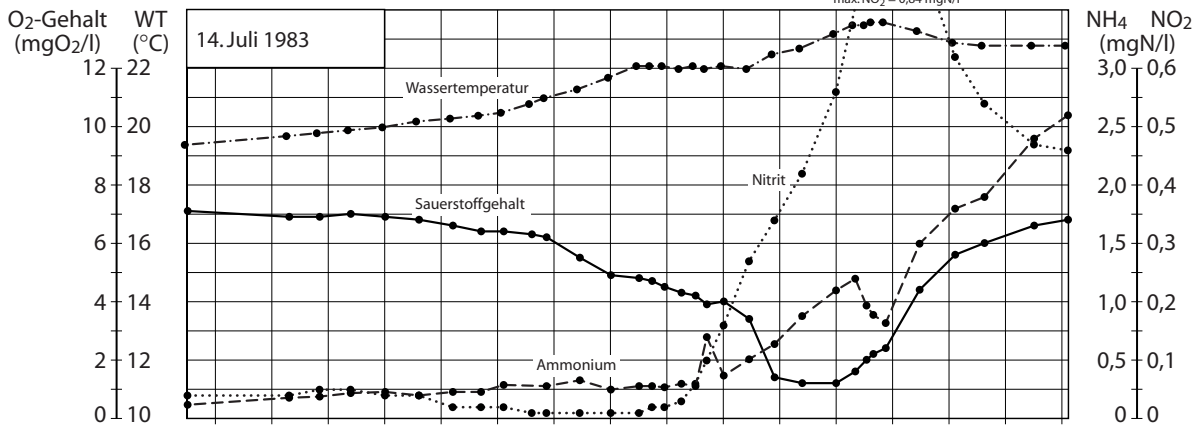


Abb. 14 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

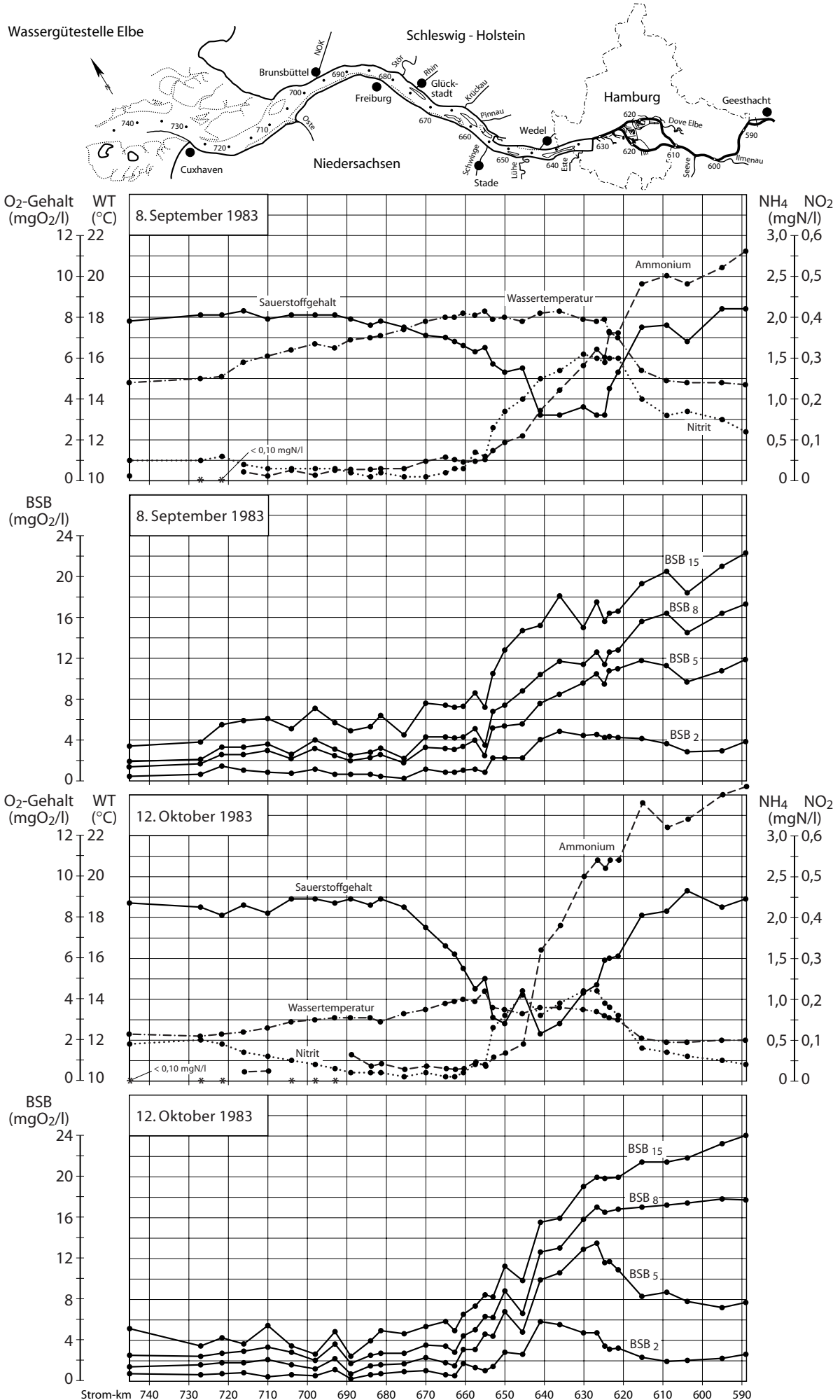


Abb. 15 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

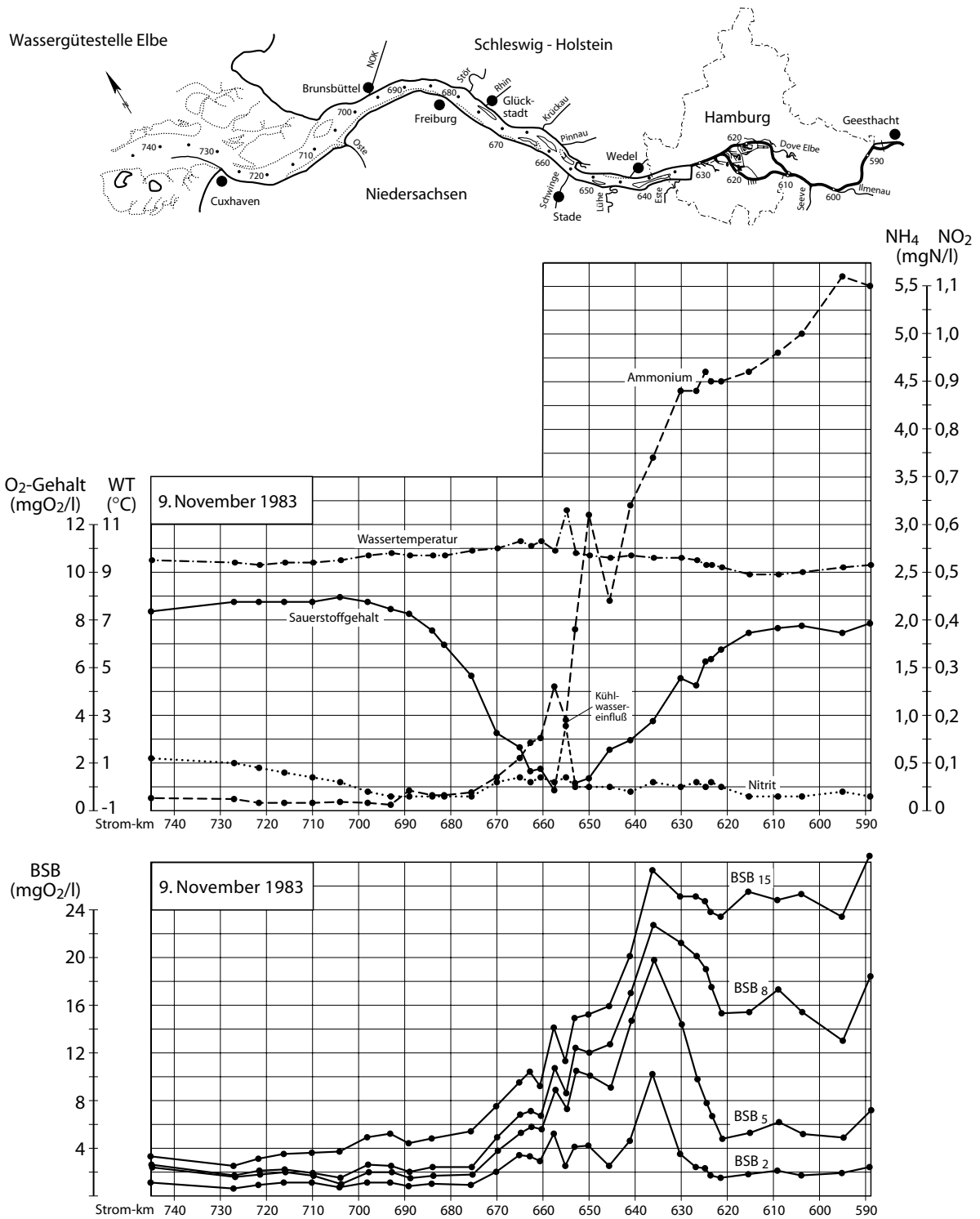


Abb. 16 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

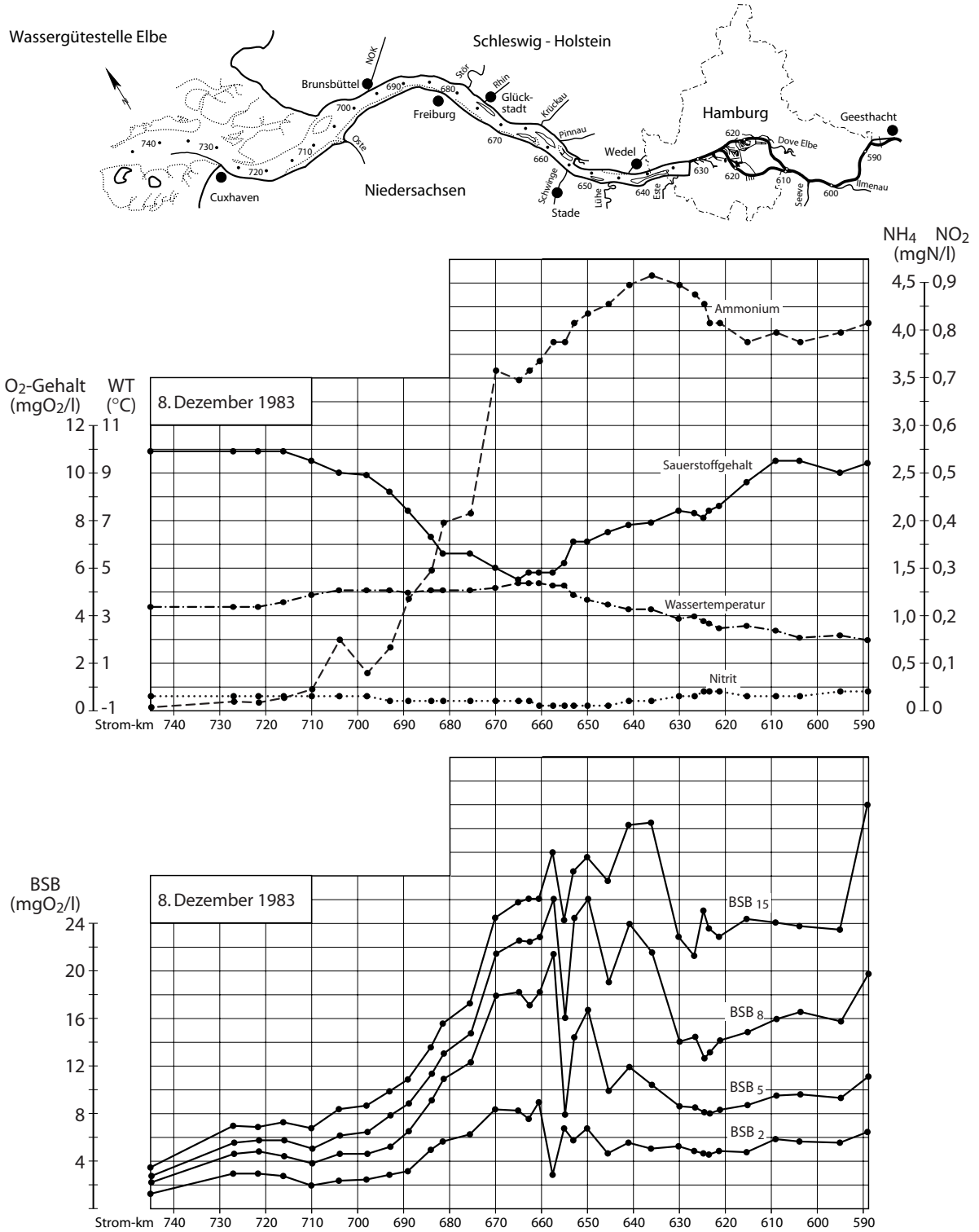


Abb. 17 Monatliche Längsprofile der Wassertemperatur, Sauerstoff-, Ammonium, Nitrit-, und BSB-Gehalte

60. Tag kann mit guter Annäherung durch eine lineare Beziehung beschrieben werden. Auch nach noch längerer Bebrütungsdauer geht diese geringe Zehrungsrate nicht auf Null zurück. In dem abgeschlossenen System "bebrütete Flasche" findet offensichtlich - dem Milieu entsprechend (dunkler Brutschrank; 20° C) - ein steter Auf- und Abbau organischer Substanz statt. Diese biochemischen Stoffwechselreaktionen sind jedoch nicht auf das natürliche Gewässersystem Tideelbe übertragbar.

Die in den Abbildungen (Abb. 11 bis 17) dargestellten BSB-Längsprofile zeigen, daß ein erheblicher Teil der organischen Belastung, ausgedrückt durch den BSB_{15} bereits als Vorbelastung über das Wehr Geesthacht in die Tideelbe gelangt. Ein nennenswerter Abbau findet in den Wintermonaten nicht statt. Die Abnahme unterhalb von Glückstadt ist in erster Linie auf die Verdünnungswirkung durch die Einmischung von Seewasser zurückzuführen. Eine gravierende Änderung des Zustandes ist im Zusammenhang mit der Frühjahrserwärmung zwischen der Messung am 13. April und am 26. Mai eingetreten. Durch den Anstieg der Wassertemperaturen auf Werte über 10°C hatte sich Mitte Mai zunächst im Raume Glückstadt ein schwaches Sauerstofftal ausgebildet, das sich bei gleichzeitiger Verstärkung bis zum 26. Mai bis in den Bereich unterhalb Stade stromauf verlagerte. Die Abnahme der Ammoniumkonzentrationen unterhalb Hamburg und der gleichzeitige Anstieg der Nitritkonzentrationen, aber auch der Abfall der BSB-Längsprofile zeigen, daß das Sauerstofftal durch die beschleunigt ablaufenden Selbstreinigungsvorgänge und den damit verbundenen erhöhten Sauerstoffverbrauch verursacht wird. Durch die Beschleunigung der sauerstoffzehrenden Selbstreinigungsvorgänge einerseits und die Vergrößerung der Laufzeiten innerhalb der Tideelbe bei abnehmenden Oberwasserabflüssen andererseits hat sich das Zentrum des Sauerstofftales im Sommer bis in den Bereich unmittelbar unterhalb des Hamburger Hafens verlagert. Im Herbst, bei abnehmenden Wassertemperaturen, erlahmt die Selbstreinigung in der Tideelbe in verzögertem Maße allmählich wieder mit der Folge, daß sich das Sauerstofftal stromab verschiebt. Bei der Messung Anfang Dezember war die Selbstreinigungsaktivität bereits soweit erlahmt, daß nur noch ein abgeschwächtes Sauerstofftal mit einem Zentrum im Streckenabschnitt zwischen Stade und Glückstadt vorhanden war. Die vorstehend erläuterten Messungen erfolgten jeweils an tidephasengleich (voll entwickelter Ebbstrom) aus dem Bereich der Fahrwassermitte entnommenen Wasserproben.

Der Verlauf der die Belastung des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe in erster Linie kennzeichnenden Parameter biochemischer Sauerstoffbedarf und Ammonium zeigt den Einfluß der hochgradigen Vorbelastung aus dem oberen Einzugsgebiet der Elbe auf. Die Höhe der Vorbelastung wird einerseits durch die jahreszeitliche Wassertemperaturentwicklung und zum anderen durch die jeweils herrschenden hydrologischen Verhältnisse, z. B. erhöhter Oberwasserabflüsse, geprägt. In den Wintermonaten bei sehr niedrigen Wassertemperaturen findet in der Elbe kein nennenswerter Abbau der organischen Belastungen statt. Auch die Ammoniumverbindungen werden bei diesen Bedingungen nicht über Nitrit zu Nitrat nitrifiziert. Dies bedeutet, daß in den Wintermonaten nahezu die gesamte im oberhalb vom Wehr Geesthacht gelegenen Einzugsgebiet eingetragene Belastung auf die Tideelbe einwirkt. In den Sommermonaten hingegen bei Wassertemperaturen über 12°C findet bereits auf der Fließstrecke oberhalb des Wehres Geesthacht ein teilweiser Abbau der Belastung statt. Aus diesem Grunde treten in den Sommermonaten - im Vergleich zu den Wintermonaten - deutlich niedrigere BSB- und Ammoniumfrachten auf. In der folgenden Übersicht sind überschläglich die Größenordnungen der Vorbelastung angegeben.

		Wintersituation	Sommersituation
BSB ₅	t O ₂ /d	500 - 1000	200 - 400
BSB ₁₅	t O ₂ /d	1500 - 2000	500 - 1000
Ammonium	t NH ₄ -N/d	150 - 300	40 - 80

Von dem gesamten zur Bundesrepublik Deutschland gehörenden Elbeinzugsbereich wird gegenwärtig (1984) in der Wintersituation ein biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) von rd. 75 t O₂/d und eine Ammoniumbelastung von rd. 20 t NH₄-N/d eingetragen. In den Sommermonaten liegt dieser Eintrag um rd. 10 % niedriger. Nach Fertigstellung des Klärwerksteiles Dradenau in Hamburg 1987/88 wird die BSB₅-Fracht auf kleiner 50 t O₂/d und die Ammoniumfracht auf kleiner 7 t NH₄-N/d im Winter und kleiner 4 t NH₄-N/d im Sommer abnehmen. Diese Vergleichszahlen verdeutlichen, daß die Überbeanspruchung des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe im wesentlichen durch die hochgradige Vorbelastung verursacht wird. Belastungsspitzen treten bei der Vorbelastung jeweils bei einsetzenden Hochwasserwellen auf. Durch die die Hochwasserwellen auslösenden ergiebigen Niederschläge werden dann in erheblichem Maße sauerstoffzehrende Substanzen abgeschwemmt und durch die Überflutung der Vordeichsländereien und die Durchströmung der Bühnenfelder organisch belastete Schwebstoffe aufgewirbelt und talwärts transportiert. Die höchsten Belastungen in der Elbe treten deshalb stets zusammen mit den höchsten Schwebstofftransportraten auf. In der Abklingphase der Hochwasserwellen sind jeweils die Konzentrationen infolge einer Verdünnungswirkung deutlich erniedrigt.

Die zu bestimmten Jahreszeiten eintretende starke Sauerstoffzehrung im Bereich des Stromstrichs der Tideelbe kann durch den atmosphärischen und biogenen O₂-Eintrag aufgrund der in diesem Bereich vorhandenen geringen spezifischen Wasseroberfläche (Wasseroberfläche im Verhältnis zu dem darunter liegenden Wasservolumen) und des schlechten Lichtklimas (geringe Eindringtiefe des Lichtes) nicht abgepuffert werden. Im Vergleich zu überspülten Wattflächen und Flachwasserbereichen findet in der mindestens 13,5 m unter MThw tiefen Fahrwinne in gleicher Zeit bezogen auf die Volumeneinheit - nur eine geringe Aufnahme des atmosphärischen und biogenen Sauerstoffes in den Wasserkörper statt.

6.1.2 SAUERSTOFFHAUSHALT DER ELBE

Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe wird - wie auch in allen anderen Gewässern - geprägt durch die Gesamtheit aller sauerstoffeintragenden und sauerstoffzehrenden Prozesse. Zu den sauerstoffeintragenden Prozessen zählen die atmosphärische Sauerstoffzufuhr über die Wasseroberfläche und die biogene Belüftung des Wasserkörpers durch assimilierende Pflanzen (Photosynthese). Zu den sauerstoffzehrenden Prozessen werden die (bio-) chemische Oxidation anorganischer und organischer Wasserinhaltsstoffe und Sedimente sowie die Atmung der im Wasser lebenden Tiere und Pflanzen gerechnet.

Die atmosphärische Sauerstoffzufuhr ist in erster Linie abhängig von dem im Wasserkörper herrschenden O₂-Sättigungsgrad, der Größe der spezifischen Wasseroberfläche (= Oberfläche bezogen auf das darunterliegende Wasservolumen; Einheit: m²/m³) und der Windgeschwindigkeit.

Die biogene Sauerstoffproduktion in einem Gewässer wird im wesentlichen bestimmt durch die in den Wasserkörper eintretende Lichtmenge, durch das im Gewässer herrschende Lichtklima und durch den Chlorophyll(a)-Gehalt der im Wasser vorkommenden pflanzlichen Organismen, wie z. B. der Phytoplankter.

Im tidefreien Elbabschnitt zwischen Schnackenburg und Geesthacht überwiegt - trotz der hochgradigen Belastung - aufgrund der großen spezifischen Wasseroberfläche (d. h. geringe Wassertiefe) der natürliche Sauerstoffeintrag gegenüber der Sauerstoffzehrung.

In der Tideelbe erfolgt der biogene Sauerstoffeintrag fast ausschließlich durch Phytoplanktonorganismen (überwiegend Kieselalgen und Grünalgen); submerse Pflanzenbestände können sich aufgrund der Tidehubauswirkungen und des ungünstigen Lichtklimas nur an sehr wenigen Standorten entwickeln. Die biogene Belüftung ist zeitlich gesehen auf die Vegetationsperiode beschränkt, findet also vorwiegend in den Monaten April bis Oktober statt. Die intensive Sonneneinstrahlung während dieser Zeit und die deutlich höheren Wassertemperaturen bilden in diesem Zeitraum eine günstige Voraussetzung für die pflanzliche Entwicklung.

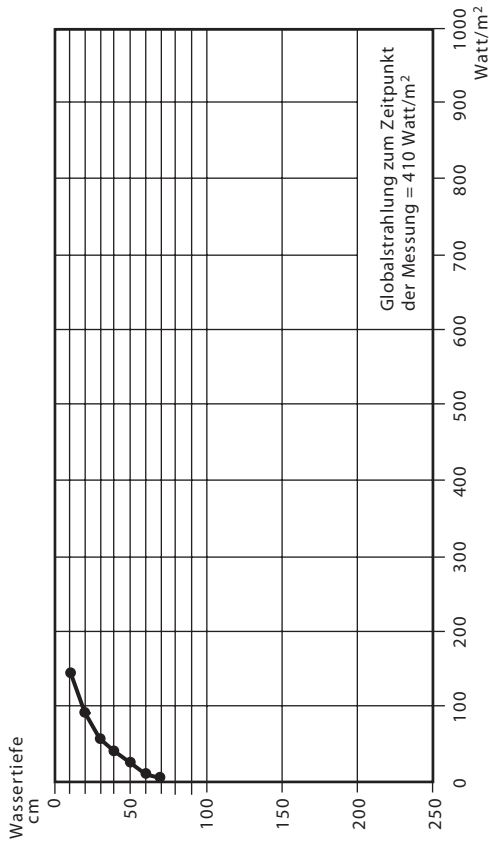
Untersuchungen zum Lichtklima und zur biogenen Sauerstoffproduktion im Süßwasserbereich der Tideelbe (NÖTHLICH, 1972; WASSERGÜTESTELLE ELBE, 1983) haben ergeben, daß aufgrund der ungünstigen Lichtverhältnisse im Elbwasserkörper der biogene O₂-Eintrag durch die Phytoplanktonorganismen nur in der oberen Wasserschicht bis zu einer Tiefe von rd. 1 m bis maximal 2 m stattfindet (Abb. 18). Die ständig ablaufenden sauerstoffzehrenden Atmungsprozesse übertreffen meist schon in 0,5 bis 1,0 m Wassertiefe die nur während der Lichtphase ablaufende biogene Sauerstoffproduktion. In 10 cm Wassertiefe lassen sich oftmals aufgrund des hohen Lichtabsorptionsvermögens des Elbwassers (hoher Trübstoffgehalt) nur noch 30 bis 50 % der auf die Wasseroberfläche auftreffenden Globalstrahlung nachweisen. Die Abnahme der Lichtenergie sowie der Sauerstoffproduktion mit zunehmender Tiefe unterliegt dabei näherungsweise einer exponentiellen Funktion.

Durch die umfangreichen anthropogenen Eingriffe in die Tideelbe, wie z. B. Uferverbau und Aufspülungen (Inseln und Sände), haben sich - wie in Kap. 5.2 beschrieben - neben den Außendeichsländereien die Watt- und Flachwasserbereiche zwischen Hamburg und Cuxhaven zum Teil deutlich verkleinert. Die mit Ausführung der Strombaumaßnahmen eingetretene Flächenabnahme dieser Gebiete hat auch zu einer Verringerung der Sauerstoffaufnahme und damit zu einer Schwächung des Sauerstoffhaushaltes der Untereelbe geführt.

Für eine Bilanzierung des atmosphärischen Sauerstoffeintrages aufgrund der seit Beginn dieses Jahrhunderts in der Tideelbe durchgeführten Ausbaumaßnahmen wurden die aus den Seekarten (1896/1905 und 1981/1982) ermittelten Flächen (Flachwasserbereiche und Wattgebiete) und die in der Literatur (z. B. BÖHNKE, 1965; IMHOFF, 1976) angegebenen Werte sowie Ergebnisse eigener Untersuchungen über die atmosphärische Sauerstoffaufnahme über die Wasseroberfläche bei 20°C bei unterschiedlichen O₂-Sättigungsgraden zugrunde gelegt.

Wassergütestelle Elbe

Ort: Strom-km 629,0 (Einfahrt Köhlfleet)
 Tag: 13.06.1983
 Uhrzeit: 14.55 Uhr



Beispiel für eine Lichtmessung im Wasserkörper

Wetter: bedeckter Himmel

Ort: Strom-km 629,0 (Einfahrt Köhlfleet)
 Tag: 13.06. - 14.06.1983
 Uhrzeit: 14.30 Uhr - 14.30 Uhr

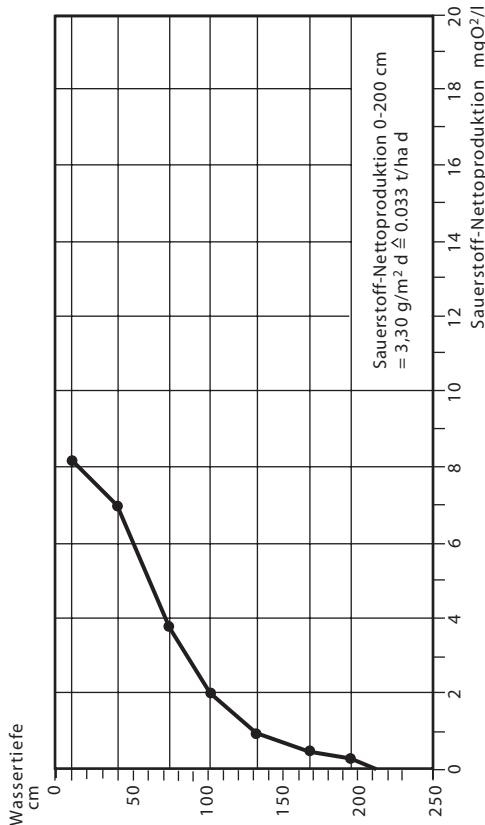
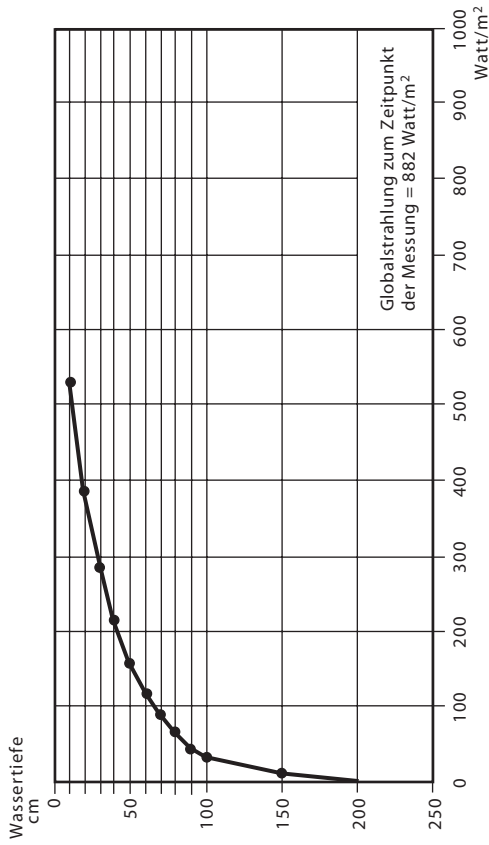


Abb. 18 Beispiel für eine biogene Sauerstoffproduktion im Wasserkörper

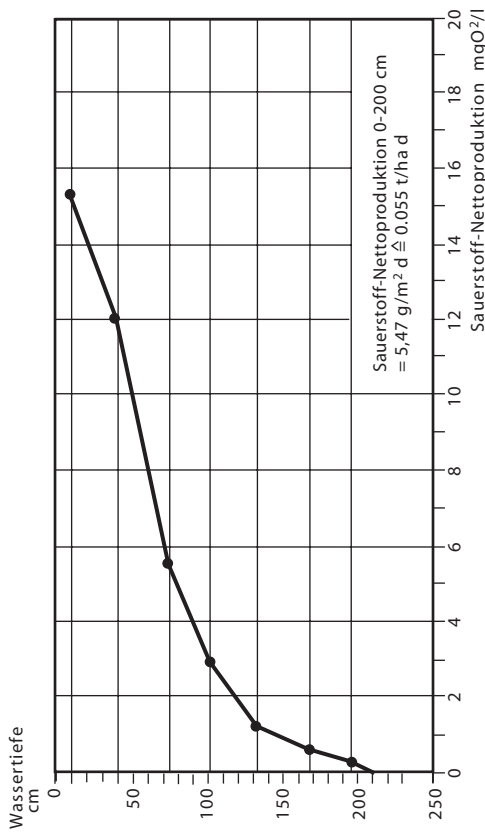
Ort: Strom-km 629,0 (Einfahrt Köhlfleet)
 Tag: 07.06.1983
 Uhrzeit: 13.30 Uhr



Beispiel für eine Lichtmessung im Wasserkörper

Wetter: volle Sonneneinstrahlung

Ort: Strom-km 629,0 (Einfahrt Köhlfleet)
 Tag: 23.06 - 24.06.1983
 Uhrzeit: 14.00 Uhr - 14.00 Uhr



Beispiel für eine biogene Sauerstoffproduktion im Wasserkörper

O ₂ -Sättigung (%)	Atmosphär. Eintrag (t O ₂ /ha•d)
0	0,096
20	0,076
40	0,058
60	0,038

Atmosphärischer Sauerstoff-Eintrag (Flachwasser)

Diese Werte gelten für den ungünstigen Fall "Windstille". Durch Wind, Wellen und Strömung kann der Sauerstoffeintrag erheblich verstärkt werden.

In Tab. 7 ist für die verschiedenen Stromabschnitte der Tideelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven der errechnete atmosphärische O₂-Eintrag aus der Wasseroberfläche der Flachwassergebiete vergleichend für die Zustände 1896/1905 und 1981/1982 für den Fall "Windstille" gegenübergestellt. Der sich dabei ergebende O₂-Eintragsverlust stellt eine Abschätzung für den Mindestwert dar. In Abhängigkeit der Windstärke können die Eintragsverluste auch zeitweise sehr viel höhere Werte erreichen.

Eine ähnliche Überschlagsberechnung wurde auch für die Wattflächen der Tideelbe vorgenommen. Dabei wurde berücksichtigt, daß aufgrund der Tideverhältnisse der atmosphärische Sauerstoffeintrag aus der Wasseroberfläche in diesen Gebieten nur während der Überflutungsphase erfolgen kann. Folgende Eintragswerte wurden zugrunde gelegt:

O ₂ -Sättigung (%)	Atmosphär. Eintrag (t O ₂ /ha•d)
0	0,048
20	0,038
40	0,029
60	0,019

Atmosphärischer Sauerstoff-Eintrag (Watt)

In Tab. 8 ist für die verschiedenen Stromabschnitte der Tideelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven der atmosphärische O₂-Eintrag aus der Wasseroberfläche der Wattengebiete angegeben. Aus der Flächendifferenz - 1896/1905 und 1981/1982 - wurde der O₂-Eintragsverlust berechnet.

Die im Vergleich zur übrigen Tideelbe sehr großen Flächen am Nordufer des Stromes unterhalb Brunsbüttel (Neufelder Sand, Neufelder Watt, Medem Sand) wurden bei der Überschlagsberechnung des O₂-Eintragsverlustes nicht berücksichtigt, da die in diesen Bereichen eingetretenen morphologischen Veränderungen im wesentlichen auf natürliche Prozesse zurückzuführen sind. Außerdem erfolgt die Entwässerung dieser Flächen zur offenen See hin, so daß der im Wasser gelöste Sauerstoff für den Sauerstoffhaushalt der eigentlichen Stromelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven von untergeordneter Bedeutung ist.

N O R D U F E R Elbabschnitt	Flachwasser- fläche (ha)					O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von					Flachwasser- fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von				
	1896/1905	0%	20%	40%	60%	1981/1982	0%	20%	40%	60%						
Altonaer Fischerei- hafen/ Teufelebrück	12,3	1,2	0,9	0,7	0,5	17,6	1,7	1,3	1,0	0,7						
Teufelsbrück/ Schulau	51,5	4,9	3,9	3,0	2,0	< 10,0	< 1,0	< 0,8	< 0,6	< 0,4						
Schulau/ Dwarsloch	210,2	20,2	16,0	12,2	8,0	117,6	11,3	8,9	6,8	4,5						
Dwarsloch/ Bielenberg	485,6	46,6	36,9	28,2	18,5	461,1	44,3	35,0	26,7	17,5						
Bielenberg/ Stör-Mündung	148,6	13,3	11,3	8,6	5,7	114,3	11,0	8,7	6,6	4,3						
Stör-Mündung/Brun- büttel Schleuse	112,3	10,8	8,5	6,5	4,3	54,6	5,2	4,3	3,2	2,1						
SUMME	1020,5					775,2										
Abnahme der Flachwas- serfläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	245,3 ha	98,0	77,6	59,2	38,8	74,4	58,9	45,0	29,5							
Atmosphärischer Sauer- stoff-Eintragsverlust bei Windstille		23,6	18,7	14,2	9,3 t/d											
S Ü D U F E R Elbabschnitt	Flachwasser- fläche (ha)					O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von					Flachwasser- fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von				
1896/1905	0%	20%	40%	60%	1981/1982	0%	20%	40%	60%							
Elbbrücken/ Finkenwerder	72,5	7,0	5,5	4,2	2,8	< 10,0	< 1,0	< 0,8	< 0,6	< 0,4						
Finkenwerder/ Lühe-Mündung	715,6	68,7	54,4	41,5	27,2	336,3	32,3	25,6	19,5	12,8						
Lühe-Mündung/ Schwinge-Mündung	153,1	14,7	11,6	8,9	5,8	100,8	9,7	7,7	5,9	3,8						
Schwinge-Mündung/ Krautsand	343,1	32,9	26,1	19,9	13,0	217,2	20,9	16,5	12,6	8,3						
Krautsand/ Frei- burger Hafentriel	51,0	4,9	3,9	3,0	1,9	277,8	26,7	21,1	16,1	10,6						
Freiburger Hafent- riepriel/ Oste-Mündung	243,5	23,4	18,5	14,1	9,2	367,8	35,3	28,0	21,3	14,0						
Oste-Mündung/ Cuxhaven	115,8	11,1	8,8	6,7	4,4	241,5	23,2	18,4	14,0	9,2						
SUMME	1694,6					1551,4										
Abnahme der Flachwas- serfläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	143,2 ha	162,7	128,8	98,3	64,4	148,9	117,9	90,0	59,0							
Atmosphärischer Sauer- stoff-Eintragsverlust bei Windstille		13,7	10,9	8,3	5,4 t/d											

Tab. 7 Atmosphärischer Sauerstoffeintrag in die FLACHWASSERGEBIETE der Elbe - Vergleich des Zustandes 1896/1905 und 1981/1982

N O R D U F E R Elbabschnitt	Watt- fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von				Watt- fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von			
	1896/1905	0%	20%	40%	60%	1981/1982	0%	20%	40%	60%
Altonaer Fischerei- hafen/ Teufelebrück	92,7	4,4	3,5	2,7	1,8	4,9	0,2	0,2	0,1	0,1
Teufelsbrück/ Schulau	56,0	2,7	2,1	1,6	1,1	22,8	1,1	0,9	0,7	0,4
Schulau/ Dwarsloch	147,5	7,1	5,6	4,3	2,8	368,1	17,7	14,0	10,7	7,0
Dwarsloch/ Bielenberg	504,9	24,2	19,2	14,6	9,6	787,8	37,8	29,9	22,8	15,0
Bielenberg/ Stör-Mündung	259,4	12,5	9,9	7,5	4,9	304,5	14,6	11,6	8,8	5,8
Stör-Mündung/Bruns- büttel Schleuse	330,8	15,9	12,6	9,6	6,3	154,8	7,4	5,9	4,5	2,9
SUMME	1391,3					1642,9				
Zunahme der Watt- fläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	251,6 ha	66,8	52,9	40,3	26,4	78,9	62,4	47,6	31,2	
Zunahme des atmosphä- rischen Sauerstoff-Ein- trages bei Windstille		12,1	9,6	7,3	4,8 t/d					
S Ü D U F E R Elbabschnitt	Watt- fläche (ha)	O₂-Eintrag (t/d) bei Sättigung von				Watt- fläche (ha)	O₂-Eintrag (t/d) bei Sättigung von			
	1896/1905	0%	20%	40%	60%	1981/1982	0%	20%	40%	60%
Elbbrücken/ Finkenwerder	105,4	5,1	4,0	3,1	2,0	< 10,0	< 0,5	< 0,4	< 0,3	< 0,2
Finkenwerder/ Lühe-Mündung	544,8	26,2	20,7	15,8	10,4	310,2	14,9	11,8	9,0	5,9
Lühe-Mündung/ Schwinge-Mündung	94,0	4,5	3,6	2,7	1,8	35,7	1,7	1,4	1,0	0,7
Schwinge-Mündung/ Krautsand	186,9	9,0	7,1	5,4	3,6	461,1	22,1	17,5	13,4	8,8
Krautsand/ Frei- burger Hafentriel	101,3	4,9	3,8	2,9	1,9	394,2	18,9	15,0	11,4	7,5
Freiburger Hafent- riel/ Oste-Mündung	2916,5	140,0	110,8	84,6	55,4	1688,1	81,0	64,1	49,0	32,1
Oste-Mündung/ Cuxhaven	895,0	43,0	34,0	26,0	17,0	754,5	36,2	28,7	21,9	14,3
SUMME	4843,9					3653,8				
Abnahme der Watt- fläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	1190,1 ha	232,5	184,1	140,5	92,0	175,4	138,8	106,0	69,4	
Atmosphärischer Sauer- stoff-Eintragsverlust bei Windstille		57,1	45,2	34,5	22,6 t/d					

Tab. 8 Atmosphärischer Sauerstoffeintrag in die WATTGEBIETE der Elbe
Vergleich des Zustandes 1896/1905 und 1981/1982

	1 8 9 6 / 1 9 0 5					1 9 8 1 / 1 9 8 2				
	Fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von				Fläche (ha)	O ₂ -Eintrag (t/d) bei Sättigung von			
		0%	20%	40%	60%		0%	20%	40%	60%
F L A C H W A S S E R										
Nordufer vom Altonaer Fischereihafen bis Brunsbüttel	1020,5	98	77,6	59,2	38,8	775,2	74,4	58,9	45	29,5
Südufer von den Elbbrücken bis Cuxhaven	1694,6	162,7	128,8	98,3	64,4	1551,4	148,9	117,9	90	59
W A T T										
Nordufer vom Altonaer Fischereihafen bis Brunsbüttel	1391,3	66,8	52,9	40,3	26,4	1642,9	78,9	62,4	47,6	31,2
Südufer von den Elbbrücken bis Cuxhaven	4843,9	232,5	184,1	140,5	92	3653,8	175,4	138,8	106	69,4
Gesamtfläche Flachwasser + Watt	8950,3					7623,3				
Abnahme der Gesamtflächen seit Beginn dieses Jahrhunderts	1327 ha	560	443,4	338,3	221,6	477,6	378	288,6	189,1	
Gesamter atmosphärischer Sauerstoff-Eintragsverlust bei Windstille		82,4	65,4	49,7	32,5 t/d					

Tab. 9 Atmosphärische Sauerstoff-Eintragsveränderung in den Flachwasser- und Wattbereichen der Tideelbe seit Beginn dieses Jahrhunderts

Die Überschlagsberechnungen zum atmosphärischen O₂-Eintrag zeigen, daß die Verringerung der Flachwasser- und Wattflächen durch die Ausbaumaßnahmen in der Tideelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven seit Beginn dieses Jahrhunderts zu einer deutlichen Schwächung des Sauerstoffhaushaltes geführt hat: der atmosphärische O₂-Eintragsverlust ist je nach Sättigungsgrad des Elbwassers (60 bis 0 %) mit rd. 33 bis 82 t O₂/d bei "Windstille" zu veranschlagen (Tab. 9). Da durch Windeinwirkung der atmosphärische O₂-Eintrag auf ein Vielfaches ansteigen kann, ist ein entsprechend erhöhter O₂-Eintragsverlust bei diesen Wetterlagen anzusetzen.

Darüber hinaus hat der Rückgang der Flachwasser- und Wattflächen im Bereich der Tideelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven auch zu erheblichen Veränderungen der biogen eingetragenen Sauerstoffmengen geführt.

Zur Abschätzung der biogenen Eintragsveränderungen wurden von der WASSERGÜTE-SELLE ELBE 1983 die biogene Netto-Sauerstoff-Produktion im Bereich der Tideelbe durch Hell-Dunkelflaschen-Versuche ermittelt. Die mit dieser Untersuchungsmethode gewonnenen Ergebnisse wurden auf die betroffenen Wasserkörper der Flachwasserbereiche und die tideabhängig überspülten Wattflächen übertragen und aus der Differenz der Flächen um die Jahrhundertwende und der Flächen 1981/1982 die biogene O₂-Eintragsveränderung berechnet. Dabei konnte der biogene Sauerstoffeintrag durch pflanzliche Benthonorganismen nicht berücksichtigt werden, da für eine zuverlässige Abschätzung keine Grunddaten für die zum Teil sehr unterschiedlich besiedelten Sedimente der Elbe vorliegen. Aus der Literatur ist jedoch bekannt, daß pflanzliche Aufwuchsorganismen ebenso wie das pflanzliche Plankton ein beträchtliches Sauerstoffproduktionsvermögen aufweisen. Beispielsweise berichten TOMINAGA et al. (1966; zit. n. SCHWOERBEL, 1974) von Produktionswerten, die im Sommer bei 11,3 g O₂/l pro m² und im Winter bei 2,5 g O₂/l pro m² liegen.

Die maximalen O₂-Nettoproduktionswerte des Phytoplanktons lagen während des Hochsommers im limnischen Bereich der Tideelbe bezogen auf die gesamte photische Wasserschicht bei rd. 5 bis 7 g O₂/m²•d. In der obersten Wasserschicht (0 bis 20 cm) betrug die O₂-Nettoproduktion innerhalb 24 Stunden zum Teil 15 g O₂/m² und mehr. - Für die Donau bei Kehlheim ermittelte KNÖPP eine ähnliche Größenordnung (KNÖPP, 1966; zit. n. SCHWOERBEL, 1974); dort betrug die Sauerstoffproduktion des Phytoplanktons an der Oberfläche 5,4 mg O₂/l•d und an der Stromsohle in 2 m Tiefe 1,6 mg O₂/l•d. - Für die Brackwasserzone der Tideelbe wurden Werte ermittelt, die bis zu 90 % niedriger lagen als im limnischen Bereich des Stromes. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit langjährigen Chlorophyll(a)-Messungen, die ebenfalls zeigen, daß auch im Hochsommer in der Brackwasserzone die Konzentrationen des zur Photosynthese und somit zur Sauerstoffproduktion befähigten Potentials erheblich niedriger liegen als im tideabhängigen Süßwasserbereich der Elbe. Die Abnahme der Chlorophyll(a)-Konzentrationen im Unterlauf des Stromes ist u. a. auf die Einmischung marinen Nordseewassers zurückzuführen, wodurch sich aufgrund stark schwankender Salzgehalte die Lebensbedingungen für die meisten limnischen aber auch marinen Phytoplanktonarten derart verschlechtern, daß sie natürlicherweise absterben.

Für die überschlägliche Berechnung des biogenen Sauerstoffeintrages in die Wasserkörper der Flachwasserbereiche und der tideabhängig überfluteten Wattengebiete wurde von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Tidehub = 3 m
- O₂-Nettoproduktion bezogen auf die oberste 2 m tiefe Wasserschicht
= 2•5,5 g O₂/m²•d (limnischer Bereich) bezogen auf das Einheitsvolumen

- Brackwassergrenze: die Grenze zwischen limnischen Bereich und Brackwasserzone wurde für die vorgenommene Abschätzung als feststehend angenommen und entsprechend den ausplanimetrierten Elbabschnittsflächen am Nordufer bei der Stör-Mündung und am Südufer bei dem Freiburger Hafenspriel angesetzt
- biogene Sauerstoffproduktion in der Brackwasserzone = 20 % des O₂-Nettoproduktionswertes im limnischen Bereich der Tideelbe, d.h. 0,2 • 2 • 5,5 g O₂/ m²•d bezogen auf 2 m Wasserschicht
- unter der Berücksichtigung der zeitlichen Veränderung des Tidehubes (die Wattflächen werden über die Zeit betrachtet unterschiedlich hoch überflutet) und der o.g. O₂-Nettoproduktionswerte wurden folgende Faktoren für den biogenen O₂-Eintrag zu Grunde gelegt:

	t O ₂ /ha•d
Flachwasser, limnischer Bereich	0,076
Flachwasser, brackiger Bereich	0,015
Wattzone, limnischer Bereich	0,044
Wattzone, brackiger Bereich	0,009

Biogener Sauerstoff - Eintrag

Die Ergebnisse der Überschlagsberechnung sind in Tab. 10 und 11 zusammengefaßt. Sie zeigen, daß der biogene O₂-Eintragsverlust, der durch den Rückgang der Flachwasserbereiche um insgesamt 388,5 ha seit Beginn dieses Jahrhunderts eingetreten ist, in einer Größenordnung von rd. 40 t O₂/d liegt. Die wesentlichen Eintragsverluste sind am Nordufer im Bereich Schulau/Dwarsloch, am Südufer querab Teufelsbrück/Lühe-Mündung sowie Schwinge-Mündung/Krautsand zu verzeichnen. Demgegenüber ist im Abschnitt Krautsand/Freiburger Hafenspriel, entsprechend der Zunahme der Flachwasserflächen, ein deutlicher Zugewinn hinsichtlich des biogenen Sauerstoffeintrages eingetreten.

Obwohl seit Beginn dieses Jahrhunderts in der Tideelbe zwischen Hamburg und Cuxhaven bei den Wattzonen ein Flächenverlust von insgesamt 938,5 ha eingetreten ist, weist die Bilanz für den biogenen Sauerstoffeintrag einen leichten Zugewinn von rd. 10 t O₂/d auf. Dieses auf den ersten Blick eher überraschende Ergebnis ist auf die unterschiedliche biogene Sauerstoffpotenz der betrachteten Flächen zurückzuführen: die großen Flächenverluste im Bereich der Brackwasserzone führten aufgrund ihrer im Vergleich zum limnischen Bereich geringen biogenen Sauerstoffpotenz nur zu einer geringen Eintragsverminderung. Dagegen ergibt die im Vergleich zum Flächenverlust in der Brackwasserzone nur kleine Erweiterung der Wattflächen im limnischen Bereich der Tideelbe vornehmlich im Stromabschnitt Schulau/ Stör-Mündung und Schwinge-Mündung/Freiburger Hafenspriel - aufgrund ihrer hohen biogenen Sauerstoffpotenz des dortigen Wasserkörpers zumindest rein rechnerisch eine vollständige Kompensation des O₂-Eintragsverlustes im Mündungsbereich.

Für die gesamten Flachwassergebiete und Wattenbereiche der Tideelbe zwischen Hamburg und Brunsbüttel bzw. Cuxhaven wurden also größenordnungsgemäß folgende O₂-Eintragsveränderung seit Beginn dieses Jahrhunderts ermittelt (Tab. 12). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Werte nur die Größenordnung angeben.

N O R D U F E R	Flachwasser- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)	Flachwasser- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)
Elbabschnitt	1896/1905		1981/1982	
Altonaer Fischerei- hafen/ Teufelebrück	12,3	0,9	17,6	1,3
Teufelsbrück/ Schulau	51,5	3,9	< 10,0	< 0,8
Schulau/ Dwarsloch	210,2	16,0	117,6	8,9
Dwarsloch/ Bielenberg	485,6	36,9	461,1	35,0
Bielenberg/ Stör-Mündung	148,6	11,3	114,3	8,7
Stör-Mündung/Bruns- büttel Schleuse	112,3	1,7	54,6	0,8
SUMME	1020,5		775,2	
Abnahme der Flachwas- serfläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	245,3 ha	70,7	55,5	
Biogener Sauerstoff- Eintragsverlust		15,2 t/d		
S Ü D U F E R	Flachwasser- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)	Flachwasser- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)
Elbabschnitt	1896/1905		1981/1982	
Elbbrücken/ Finkenwerder	72,5	5,5	< 10,0	< 0,8
Finkenwerder/ Lühe-Mündung	715,6	54,4	336,3	25,6
Lühe-Mündung/ Schwinge-Mündung	153,1	11,6	100,8	7,7
Schwinge-Mündung/ Krautsand	343,1	26,1	217,2	16,5
Krautsand/ Frei- burger Hafentriel	51,0	3,9	277,8	21,1
Freiburger Hafent- riepriel/ Oste-Mündung	243,5	3,7	367,8	5,5
Oste-Mündung/ Cuxhaven	115,8	1,7	241,5	3,6
SUMME	1694,6		1551,4	
Abnahme der Flachwas- serfläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	143,2 ha	106,9	80,8	
Biogener Sauerstoff- Eintragsverlust		26,1 t/d		

Tab. 10 Biogener Sauerstoffeintrag in die FLACHWASSERGEBIETE der Elbe
Vergleich des Zustandes 1896/1905 und 1981/1982

N O R D U F E R	Watt- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)	Watt- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)
Elbabschnitt	1896/1905		1981/1982	
Altonaer Fischerei- hafen/ Teufelebrück	92,7	4,0	4,9	0,2
Teufelsbrück/ Schulau	56,0	2,4	22,8	1,0
Schulau/ Dwarsloch	147,5	6,4	368,1	16,0
Dwarsloch/ Bielenberg	504,9	22,0	787,8	34,3
Bielenberg/ Stör-Mündung	259,4	11,3	304,5	13,2
Stör-Mündung/Brun- sbüttel Schleuse	330,8	2,9	154,8	1,4
SUMME	1391,3		1642,9	
Zunahme der Watt- fläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	251,6 ha	49,0	66,1	
Zunahme des biogenen Sauerstoff-Eintrages		17,1 t/d		
S Ü D U F E R	Watt- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)	Watt- fläche (ha)	Biogener Sauerstoff- Eintrag (t/d)
Elbabschnitt	1896/1905		1981/1982	
Elbbrücken/ Finkenwerder	105,4	4,6	< 10,0	< 0,4
Finkenwerder/ Lühe-Mündung	544,8	23,7	310,2	13,5
Lühe-Mündung/ Schwinge-Mündung	94,0	4,1	35,7	1,6
Schwinge-Mündung/ Krautsand	186,9	8,1	461,1	20,2
Krautsand/ Frei- burger Hafenpriel	101,3	4,4	394,2	17,1
Freiburger Hafen- priel/ Oste-Mündung	2916,5	25,7	1688,1	14,9
Oste-Mündung/ Cuxhaven	895,0	7,9	754,5	6,6
SUMME	4843,9		3653,8	
Abnahme der Watt- fläche seit Beginn dieses Jahrhunderts	1190,1 ha	78,5	74,2	
Biogener Sauerstoff- Eintragsverlust		4,3 t/d		

Tab. 11 Biogener Sauerstoffeintrag in die WATTGEBIETE der Elbe
Vergleich des Zustandes 1896/1905 und 1981/1982

V E R Ä N D E R U N G seit Beginn dieses Jahrhunderts		
ATMOSPHERISCHER O ₂ -EINTRAG (t O ₂ /d)		
	O ₂ -Sättigung	
	60 %	0 %
Flachwasserbereich Nordufer	- 9,3	-23,6
Flachwasserbereich Südufer	- 5,4	-13,7
Wattzone Nordufer	+ 4,8	+12,1
Wattzone Südufer	-22,6	-57,1
BIOGENER O ₂ -EINTRAG (t O ₂ /d)		
Flachwasserbereich Nordufer	-15,2	
Flachwasserbereich Südufer	-26,1	
Wattzone Nordufer	+17,1	
Wattzone Südufer	- 4,3	
Gesamtabnahme (Größenordnung)	60 - 110 t O ₂ /d	

Tab. 12 atmosphärische und biogene Sauerstoff-Eintragsveränderung in den Flachwassergebieten und Wattbereichen der Tideelbe seit Beginn dieses Jahrhunderts

Durch den Fortfall von Flachwasserbereichen und Wattzonen ist also allein aufgrund von umfangreichen anthropogenen Eingriffen in das Ökosystem Tideelbe zwischen Hamburg und Brunsbüttel bzw. Cuxhaven seit Beginn dieses Jahrhunderts eine empfindliche Schwächung des Sauerstoffhaushaltes eingetreten. Die Höhe des Sauerstoffeintragsverlustes schwankt in Abhängigkeit verschiedener Randbedingungen wie z. B. Jahreszeit (Vegetationsperiode), O₂-Sättigungsgrad, Windgeschwindigkeit und Oberwasserabfluß; in den Sommermonaten ist der atmosphärische und biogene Sauerstoffeintragsverlust bei Windstille zusammen mit rd. 100 t O₂/d zu veranschlagen.

Zur Veranschaulichung: diese Sauerstoffmenge würde theoretisch ausreichen, den täglich anfallenden biochemischen Sauerstoffbedarf des unbehandelten Abwassers von rd. 1,6 Mio Einwohnern zu decken (1 Einwohnergleichwert entspricht einem biochemischen Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen (BSB₅) von rd. 60 g O₂/ (Einwohner•Tag); IMHOFF, 1976).

Sicherlich haben auch schon Ausbaumaßnahmen vor der Jahrhundertwende zu einer Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes in der Tideelbe geführt; eine Quantifizierung ist jedoch nicht möglich, da ein für die Abschätzung des Sauerstoffeintragsverlustes erforderliches genaues Kartenmaterial nicht vorliegt.

6.1.3 AUSWIRKUNGEN VON BEISPIELHAFT ANGENOMMENEN AUFSPÜLUNGEN AUF DEN SAUERSTOFFHAUSHALT UND AUF DIE AQUATISCHEN LEBENS- GEMEINSCHAFTEN DER ELBE

6.1.3.1 TIDEELBE

Die Verbringung der in Zukunft anfallenden Baggergutmengen wird innerhalb der Tideelbe aus strömungstechnischer Sicht nur noch im Bereich der Hahnöfer Nebel- elbe, des Schwarztonnensandes, der Brammer Bank und des Böschrückens möglich sein. Im rechtskräftigen Planfeststellungsbeschuß vom 3. November 1975 für den 13,5 m-Ausbau sind diese Bereiche ohne Größenangaben neben zwei weiteren Be- reichen für die Unterbringung von Baggergut ausgewiesen. Im Rahmen dieser Studie wird als theoretisches Beispiel eine Aufspülung der in der Abbildung 19 darge- stellten Gebiete angenommen. Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, daß die ange- nommenen Aufspülungen nicht konkreten Planungen der Wasserstraßenverwaltung ent- sprechen. Die für die Bundeswasserstraße Elbe zuständige Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord hat im Rahmen eines Fachgespräches, in dem Zwischen- ergebnisse dieser Studie erläutert wurden, erklärt, daß zur Zeit eine Aufspülung dieser Flachwasser- und Wattgebiete nicht beabsichtigt sei.

Eine vollständige Aufspülung dieser Stromgebiete über die mittlere Tidehoch- wasserlinie hinaus würde zu erheblichen atmosphärischen und biogenen O₂-Eintrags- verlusten führen, die in folgender Größenordnung lägen (Tab. 13):

Bereich	Fläche der Watt- u. Flachwasserzonen (ha)	O ₂ -Eintragsverlust gesamt je nach O ₂ -Sättigung (t O ₂ /d)
Hahnöfer Nebel- elbe	rd. 360	29 - 43
Schwarztonnensand	rd. 650	52 - 77
Brammer Bank	rd. 1.100	97 - 145
Böschrückens (Brack- wasserzone)	rd. 500	20 - 39
insgesamt	rd. 2.610 ha	198 - 304 t O ₂ /d

Tab. 13 Sauerstoff-Eintragsverlust in der Untereelbe aufgrund zukünftiger in Betracht kommender Aufspülungen

Diesen Überschlagsberechnungen liegen die zur Zeit noch vorhandenen - also bisher nicht aufgespülten - Flachwasser- und Wattflächen zugrunde. Die Zahlen gelten für Windstille und für die Zeit während der Hauptvegetationsperiode (volle Planktonentwicklung). Der heute bereits vorhandene Schwarztonnensand mit seiner rd. 160 ha großen Fläche ist ein vom Menschen künstlich angelegter Spül- sand. Größenordnungsmäßig hat die aufgespülte Insel in der bestehenden Form bereits zu einem Gesamt-O₂-Eintragsverlust von rd. 20 t O₂/d in der Tideelbe geführt.

Wassergütestelle Elbe

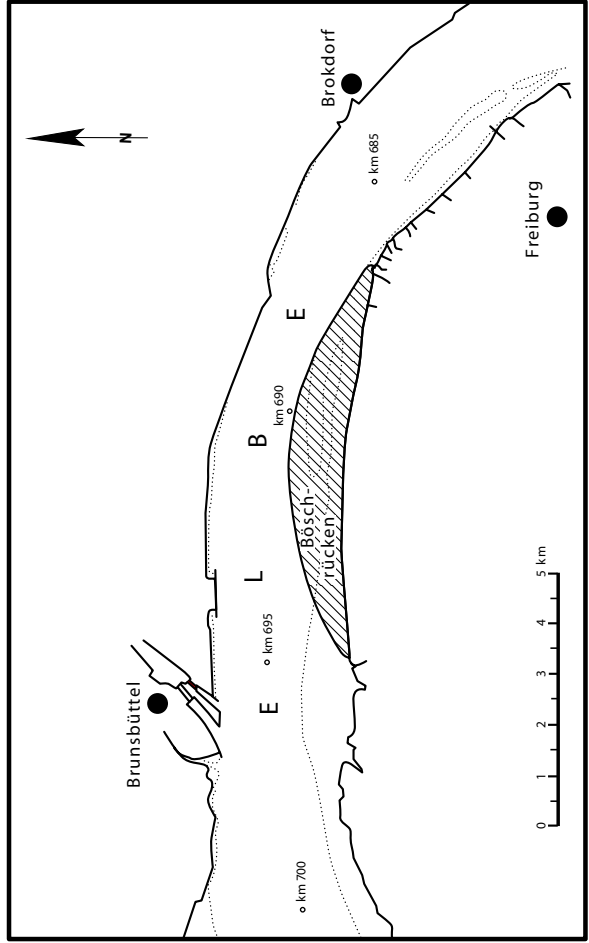
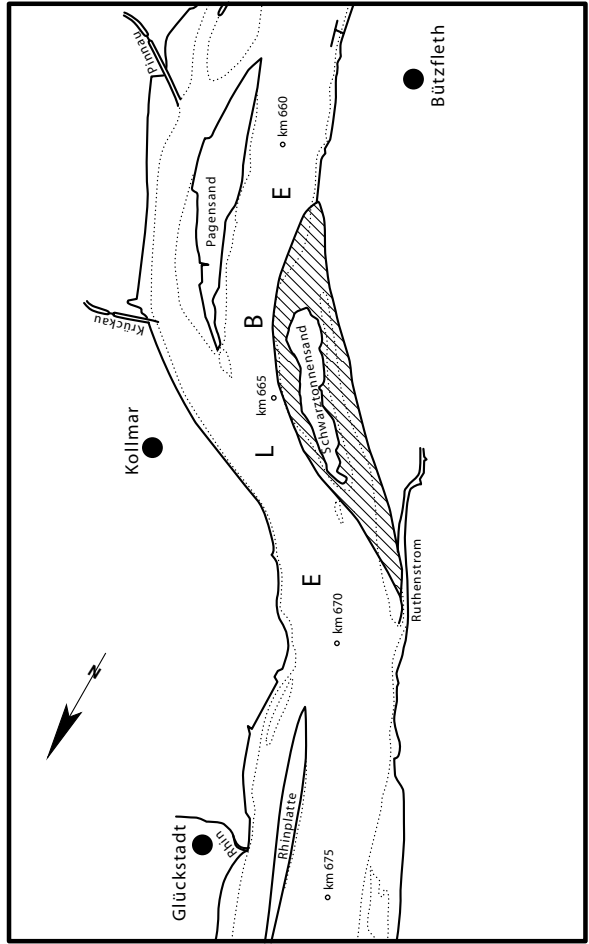
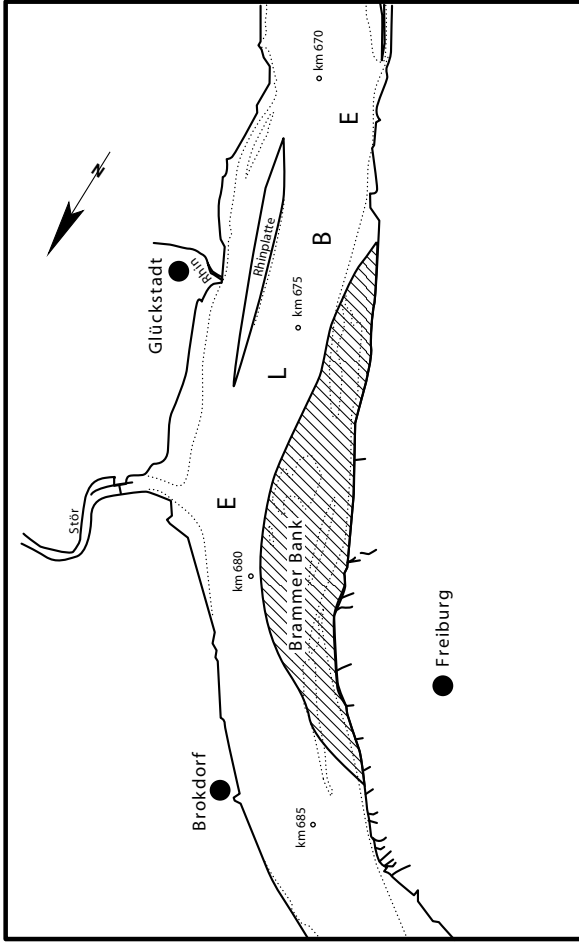
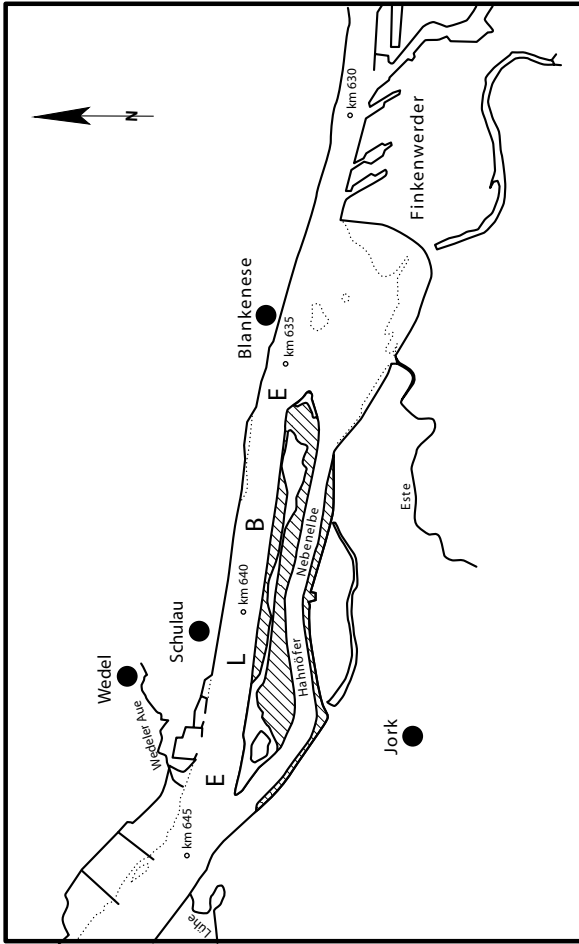


Abb. 19 Beispielhaft angenommene Aufspülflächen

Diese Ergebnisse zeigen, daß sich bei einer Durchführung dieser Maßnahmen die ohnehin besonders im Bereich der Tideelbe kritische Sauerstoffsituation noch weiter verschärfen würde. Das Niveau des Sauerstofftals würde bei vergleichbarer Laststoffsituation der Elbe noch weiter absinken und die Ausdehnung dieser besonders für das aquatische Leben kritischen Zone zunehmen. Es ist davon auszugehen, daß dann die in den betroffenen Bereichen lebenden Organismenbestände (bei Schwarztonnensand liegt z. B. ein bedeutendes Laich- und Aufwuchsbiotop der Stinte) eine empfindliche Schwächung erfahren würden. Die zur Zeit bei kritischen Sauerstoffverhältnissen auch intensiv als Ausweichbiotope genutzten Flachwasser- und Wattgebiete würden durch Aufspülungen den dort vorkommenden Lebensgemeinschaften als ökologische Basis entzogen werden. Diese Einengung der Überlebensmöglichkeiten im Bereich des voll ausgeprägten Sauerstofftals würde sich auch auf die Bestände ober- und unterhalb der kritischen Zone schädigend auswirken: anadrome und katadrome Wanderfische könnten den in bestimmten Jahreszeiten sehr sauerstoffarmen Wasserkörper in der Hauptelbe nicht mehr seitlich durch das sauerstoffreichere Wasser der Nebenarme mit ihren Flachwasserbereichen und überfluteten Wattflächen umgehen. Laich- und Futterplätze ober- und unterhalb dieser biologischen Sperre könnten nicht mehr erreicht werden. Eine allmähliche Bestandsabnahme würde eintreten.

Auch das Bemühen der verschiedenen staatlichen Institutionen und der Angelvereine, bestimmte Wanderfischarten (z. B. Lachs und Meerforelle) durch umfangreiche Besatzmaßnahmen wieder in weitgehend sanierte Elbnebenflüssen (z. B. Pinnau, Krückau) einzubürgern oder in ihrem Aufkommen zu stützen, wäre weitgehend zum Scheitern verurteilt: die biologische Sperre in der Unterelbe würde die Wanderwege und somit den natürlichen Lebenszyklus dieser Fischarten unterbrechen.

6.1.3.2 ELBABSCHNITT SCHNACKENBURG - GEESTHACHT

Die mögliche Verbringung von Baggergut in den Bühnenfeldern der Mittelelbe zwischen Schnackenburg und dem Wehr Geesthacht würde ebenfalls zu einer deutlichen Schwächung des Sauerstoffhaushaltes auch in weiter stromab liegenden Strombereichen führen. Überschlagsberechnungen zeigen, daß in diesem Streckenabschnitt bei mittlerem Oberwasserabfluß rd. 35 bis 40 % des gesamten atmosphärischen und biogenen O₂-Eintrages aus der Wasseroberfläche und dem Wasserkörper der Bühnenfelder erfolgt. Zur Abschätzung des Gesamt-Sauerstoffeintrages wurden für zwei Stromabschnitte von je 5 km Länge die Wasserflächen der Bühnenfelder und die der Stromrinne bei mittlerem Oberwasserabfluß ermittelt. Entsprechend den o.g. atmosphärischen und biogenen Belüftungsfaktoren ergeben sich im Hochsommer bei einem mittleren Sauerstoffsättigungsgrad von rd. 60 % folgende Eintragswerte (Tab. 14):

	ATMOSPH. EINTRAG (t O ₂ /d)	BIOGENER EINTRAG (t O ₂ /d)
Strom-km 484 - 489		
Buhnenfelder rd. 42 ha	1,6	4,1 (bezogen auf 1 m)
Stromrinne rd. 100 ha	3,8	5,5 (bezogen auf 2 m)
Eintrag insgesamt	rd. 15 t O ₂ /d	
Eintrag/Strom-km	rd. 3,0 t O ₂ /d	
Strom-km 570 - 575		
Buhnenfelder rd. 50 ha	1,9	4,9 (bezogen auf 1 m)
Stromrinne rd. 105 ha	4,0	5,8 (bezogen auf 2 m)
Eintrag insgesamt	rd. 16,6 t O ₂ /d	
Eintrag/Strom-km	rd. 3,3 t O ₂ /d	

Tab. 14 atmosphärischer und biogener Sauerstoffeintrag in die Buhnenfelder und die Stromrinne der Mittelelbe

Aufgrund dieser Überslagsberechnungen kann der Gesamt-Sauerstoffeintrag bezogen auf die Laufstrecke der Mittelelbe zwischen Schnackenburg und Wehr Geesthacht (rd. 112 km) größenordnungsmäßig in den Sommermonaten mit rd. 350 t O₂/d veranschlagt werden. Eine Verfüllung der Buhnenfelder würde diesen Wert um rd. 90 t O₂/d vermindern. Hierdurch würde in bestimmten Situationen während des Sommers die durch umfangreiche Messungen oft belegte Zunahme des Sauerstoffgehaltes im Laufe der Fließstrecke (Selbstreinigungsleistung der Elbe) mit Sicherheit nicht mehr stattfinden. Bei sehr hohen BSB-Frachten wäre sogar mit einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Laufe der Fließstrecke zum Wehr Geesthacht hin zu rechnen. Die durch intensiv verlaufende mikrobielle Abbauprozesse verbrauchte Sauerstoffmenge wäre dann größer als diejenige Menge Sauerstoff, die auf atmosphärischem und biogenen Wege in den Wasserkörper gelangen würde. Dies würde auch eine Schwächung des Sauerstoffhaushaltes in der Tideelbe bewirken.

Besonders schwerwiegend dürfte sich eine Verfüllung der Buhnenfelder auf die verschiedenen in diesem Elbabschnitt vorkommenden aquatischen Lebensgemeinschaften auswirken. Durch den Fortfall dieser Seitenbereiche würde den dort lebenden Organismenbeständen nahezu die gesamte ökologische Basis entzogen (vergl. Kap. 7.1.5 Buhnenfelder). Ausweichmöglichkeiten für die betroffenen Bestände wären aufgrund der in diesem Stromabschnitt dann vollständig durchgeführten Kanalisierung der Elbe kaum vorhanden. Lediglich einige Altarme und wenig genutzte Häfen ständen als Flucht- und Ausweichbiotope zur Verfügung. Die Stromrinne selbst bietet aufgrund der dort herrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten (an der Stromsohle wirkt der aufgewirbelte Sand wie eine Art Sandstrahlgebläse) - ausgenommen die Stauwurzel des Wehres Geesthacht - keine dauerhaften Besiedlungsmöglichkeiten z. B. für die meisten der in diesem Elbabschnitt vorkommenden Fischnährtiere und Fische. Dieser nur als theoretisches Beispiel angenommene Entfall der Buhnenfelder zeigt, daß eine biologische Verödung der Mittelelbe in diesem Bereich eintreten würde. Auch die natürliche

Beimpfung weiter stromauf lebender Organismenpopulationen z. B. aus der Tideelbe wäre damit weitgehend unterbunden. Aus diesen Gründen ist für das Ökosystem Elbe die Erhaltung und Pflege der Buhnenfelder und der angrenzenden Stillwasserbereiche in der Mittelelbe von hohem Wert.

6.2 GEWÄSSERBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN - REINIGUNGSLEISTUNG HÖHERER WASSERPFLANZEN

Im Zusammenhang mit verschiedenen Maßnahmen zur Verbesserung des Selbstreinigungsvermögens der Elbe wird vielfach der Einsatz höherer Wasserpflanzen erwogen, durch die Laststoffe aus dem hochgradig belasteten Elbwasser gebunden, also eliminiert werden sollen.

Schon LIEBMANN (1939/1940) erkannte, daß Pflanzenbestände wie ein Filter wirken, der anorganische und organische Stoffe zurückhält. Die herausgefilterten Schmutzstoffe werden von Mikroorganismen besiedelt und abgebaut und in der Pflanze selbst größere Nährstoffmengen gespeichert oder durch die Photosynthese zum Aufbau körpereigener Substanz verwendet.

KICKUTH (1978) stellte zwar auch fest, daß in einem gut entwickelten Schilfbestand rd. 200 kg Stickstoff/ha, 55 kg Phosphor/ha und größere Mengen anderer Mineralstoffe gebunden sind. Gleichzeitig wies er darauf hin, daß - genau genommen - die Eliminationsrate von Phragmites selbst, eine der leistungsfähigsten Röhrichtpflanzen überhaupt, recht gering ist. - Diese Aussage gilt auch z. B. für Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*), wie im Auftrage des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten und durch das Bundesinnenministerium finanzierten Untersuchungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie der Christian-Albrechts-Universität Kiel zur Reinigung von häuslichem und Meiereiabwasser (1981 - 1983) gezeigt haben. So wurden bei den Binsen Phosphorgehalte von nur 2 mg P/kg TS gefunden, obwohl stets ein ausreichendes Phosphorangebot vorhanden war. - Nach KICKUTH's Angaben sind z. B. rd. 15.000 m² Phragmites-Fläche erforderlich, um ein kleines Fließgewässer mit einem Abfluß von 10 l/s und einer Konzentration von 10 mg Gesamt-N/l von seiner Stickstoff-Fracht zu befreien. (Hochgerechnet wäre also für eine Großstadt mit einer anfallenden Abwassermenge von 10 m³/s und einer Gesamt-Stickstoffkonzentration von 50 mg Gesamt-N/l eine Phragmites-Fläche von rd. 75 km² erforderlich.) Unberücksichtigt bleiben bei dieser sehr schematischen Betrachtung wichtige Randbedingungen wie Dauer der Vegetationsperiode, Mähen und Entfernen der Pflanzensprosse und Nährstoff-Freisetzung aus dem Boden.

KICKUTH weist ferner darauf hin, daß der durch die emersen höheren Wasserpflanzen verursachten Sekundärverschmutzung eine wesentliche Bedeutung zukommt. Er führt hierzu aus, daß die Verdunstungsrate von Röhrichten ungefähr bei 1.200 bis 1.300 mm/a liegt, also um rd. 400 bis 500 mm/a höher ist, als die durchschnittliche, jährlich anfallende Niederschlagsmenge. Da die Aufnahme der Düngestoffe in die Pflanze aber erheblich langsamer erfolge als die Wasseraufnahme, reichere sich der das Wurzel- und Sproßsystem umgebende Wasserkörper allmählich mit Nährstoffen an, würde also "verschmutzt" (Abb. 20).

Die höheren emersen Wasserpflanzen tragen selbst also kaum zur Nährstoffelimination bei; vielmehr sind es die in der Nähe der Pflanzenwurzeln (Rhizosphärenzone) lebenden Mikroorganismen, die eine hohe Reinigungsleistung besitzen. Innerhalb der Rhizosphärenzone liegen die Konzentrationen dieser Kleinlebewesen um den Faktor 10 bis 1.000 höher als im nichtdurchwurzelten Bodenraum. Diese fest an den Wurzelhorizont gebundene Organismenflocke ist hinsichtlich ihrer

Umsetzungsleistung der Belebtschlammflocke in der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage vergleichbar. Nach KICKUTH können durch den Rhizosphäreneffekt eines 1 ha großen Phragmites-Bestandes jährlich 10 bis 15 t Stickstoff und 3 bis 5 t Phosphor in der Blomasse der Rhizosphärenzone während der Vegetationsperiode gebunden und somit dem Wasser entzogen werden. Die Verringerung des BSB₅-Gehaltes liegt nach seinen Angaben in einer Größenordnung von 100 bis 200 t/ha a. Durch das Absterben der oberirdischen pflanzlichen Biomasse im Winter erfolgt jedoch im erheblichen Maße eine Wiederfreisetzung der Nährstoffe.

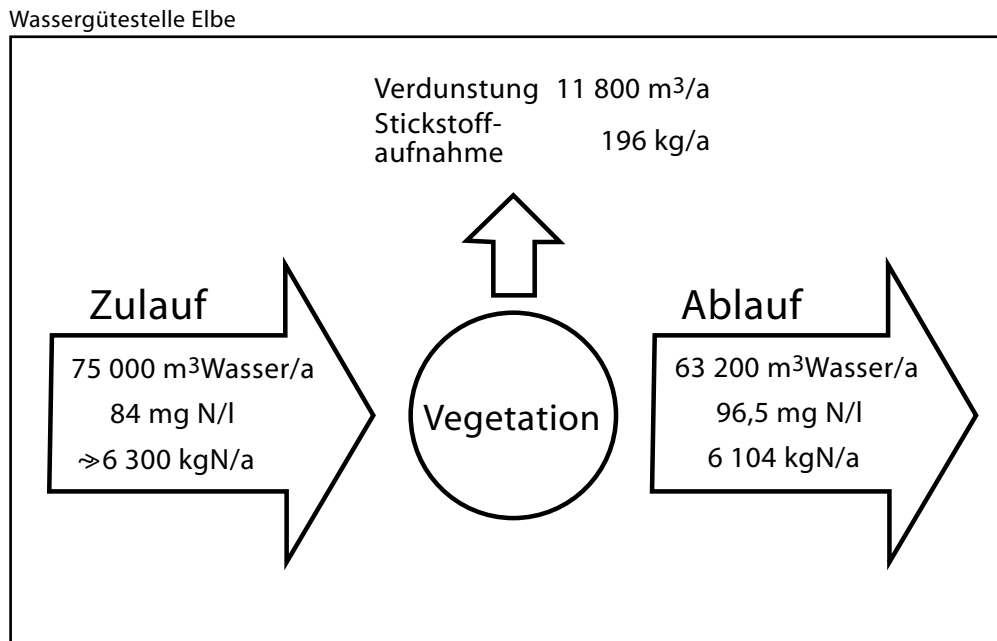


Abb. 20 Stickstoffaufnahme aus Abwasser durch die Vegetation und ihr Einfluß auf die Wasserqualität

Quelle: Hydrobiologische Studie nach SEIDEL

6.2.1 BEITRAG DER HÖHEREN WASSERPFLANZEN FÜR DAS SELBSTREINIGUNGS-VERMÖGEN DER TIDEELBE

Eine wichtige Voraussetzung für die Laststoffelimination durch den Rhizosphäreneffekt höherer Wasserpflanzen ist der ständige Kontakt zwischen dem zu entlastenden Wasserkörper und der mit Mikroorganismen besiedelten Wurzelzone. Wie in Kap. 7.1.10 beschrieben, können sich submerse Pflanzenbestände in der Tideelbe aufgrund des Tidehubes nur an sehr wenigen Standorten entwickeln, folglich auch keinen Beitrag zur Selbstreinigung des Wasserkörpers leisten. Ansiedlungsmöglichkeiten für emerse Wasserpflanzen wie z. B. Binsen und Schilf bestehen nur im Bereich der oberen, periodisch überfluteten Wattzone. Bedingt durch den Tidehub findet dort lediglich für einen kurzen Zeitraum ein enger und für den Ablauf der Selbstreinigung notwendiger Kontakt zwischen dem zu entlastenden Wasserkörper und dem Wurzelhorizont statt. Mit dem Absterben der Wasserpflanzen am Ende der Vegetationsperiode wird das Selbstreinigungsvermögen der im Wurzelhorizont lebenden Mikroorganismen eingeschränkt.

Gemessen an der Gesamtwasserfläche der Tideelbe sind die Ausmaße der emersen Pflanzenbestände, die mit ihrer belebten Wurzelzone einen Beitrag für die Selbstreinigung des hochgradig belasteten Flusses leisten können, recht klein und die unmittelbar mit der Wurzelzone periodisch in Kontakt stehende Wassermenge im Vergleich zum Gesamt-Wasservolumen der Tideelbe vernachlässigbar gering. Aus diesem Grunde tritt mit Sicherheit keine nennenswerte Verbesserung der Gewässergüte im Hauptstrom der Tideelbe durch die mikrobiellen Umsetzungsprozesse im Bereich der Wurzelzone der höheren emersen Pflanzenbestände ein. Selbst eine deutliche Erweiterung der jetzigen Pflanzenbestände allein zum Zwecke der Erhöhung des Selbstreinigungsvermögens der Tideelbe würde nicht zum gewünschten Erfolg führen. Die Bereiche mit emersen Pflanzenbeständen haben jedoch eine wichtige Funktion als Biotopelement (vergl. Kap. 7.1.10).

6.3 ELBWATTEN - SEDIMENTSTRUKTUREN

Die Gezeiten der Nordsee bewirken, daß flache Uferbereiche der Elbe periodisch trocken fallen und anschließend wieder überflutet werden. Diese Bodenzone zwischen der mittleren Tideniedrigwasserlinie und der mittleren Tidehochwasserlinie wird als Watt bezeichnet. Der Einfluß der Tide in der Elbe wird normalerweise durch das Wehr Geesthacht bei Strom-km 585,9 oberhalb Hamburgs begrenzt. Bedingt durch den Stromausbau (steile Steinschüttungen als Uferbefestigung, Spundwände u. a.) sind im Hamburger Stromspaltungsgebiet hin bis zum Wehr Geesthacht keine mit Ausnahme des Heuckenlockes - nennenswerten Wattflächen mehr vorhanden. Lediglich unterhalb Hamburgs gibt es noch Wattflächen größeren Ausmaßes.

Ein Teil der von der Elbe und ihren Nebenflüssen mitgeführten anorganischen und organischen Schweb- und Sinkstoffe lagern sich auf den Wattflächen ab (vergl. Kap. 7.1.9), können allerdings soweit unverfestigt - aufgrund des Wellenschlages und der Strömungsverhältnisse wiederholt aufgewirbelt, weitertransportiert und zu Zeiten relativer Wasserruhe (Kenterpunkt der Tideströmung) erneut an anderen Stellen abgelagert werden. Wellenschlag und Strömung führen zu einer Sortierung der absetzbaren Stoffe nach Korngröße und spezifischem Gewicht. Normalerweise ist die Wirkung der angreifenden Kräfte im Bereich der Tideniedrigwasserlinie größer als im Bereich der Tidehochwasserlinie ausgenommen der unmittelbaren Brandungszone. Daher weisen die Sedimente in höher gelegenen Wattbereichen oftmals eine feinere Korngrößenstruktur auf (Schlickwatt) als im Bereich der mittleren Tideniedrigwasserlinie (Sandwatt). Aufgrund der Korngrößenverteilung wird zwischen Schlick-, Misch- und Sandwatten unterschieden. Allerdings kann die Sedimentabfolge innerhalb eines bestimmten Wattyyps durch verfestigte Schlickgerölle, durch Ton- und Sandlinsen, durch Priele und andere Vertiefungen regional recht unterschiedlich sein.

Bei der Verfestigung der Wattsedimente und der Festlegung frisch abgesetzter Schweb- und Sinkstoffe können Mikroorganismen, die in der Regel eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit besitzen, eine bedeutende stabilisierende Rolle spielen (FÜHRBÖTER, 1983). Deckschichten z. B. aus Diatomeenrasen und fädigen Grünalgen gleichen unter bestimmten Voraussetzungen relativ schnell Unebenheiten der Sedimentoberfläche aus und setzen so die Rauigkeit und damit auch den Strömungswiderstand herab. Porenräume werden durch Mikroorganismen besiedelt und die einzelnen Sedimentkörner durch deren Geflecht zu einem Kornfaserwerk verbunden. Die horizontale und vertikale Verkittung der Körner durch biologisches Material erfordert im Vergleich zu einem sterilen Korngerüst eine wesentlich größere Bodenschubspannung, um eine Sedimentbewegung zu bewirken. Folglich verzögert sich der Erosionsbeginn. Werden die den Boden verfestigenden

Mikroorganismen z. B. durch toxisch wirkende Abwässer in ihrem Aufkommen geschädigt, ist dagegen mit einem verstärkten und aus strömungstechnischer Sicht oftmals unerwünschten Sedimenttransport zu rechnen.

6.3.1 BEITRAG DER WATTGEBIETE ZUM SELBSTREINIGUNGSVERMÖGEN DER TIDEELBE

Die auf den Schlickwattflächen der Tideelbe abgelagerten Schweb- und Sinkstoffe entstammen zu einem großen Teil der abgestorbenen Biomasse (Planktonorganismen, Blattreste, Holzstückchen, Pflanzenfasern usw.) sowie eingeleiteten kommunalen Abwässern (Papierreste, Kolloide, Fäkalienreste, langkettige organische Substanzen mit adsorbtivem Charakter usw.). Diese Substanzen stellen für viele der auf und in dem Wattboden lebenden Benthonorganismen eine ausgezeichnete Nahrungsgrundlage dar. Sie werden beispielsweise von Bakterien, Urtierchen, und Strudelwürmern abgebaut oder zum Aufbau körpereigener Substanz verwendet. Die bei diesen Umsetzungsprozessen freigesetzten Nährstoffe werden anschließend sowohl vom pflanzlichen Aufwuchs (Periphyton) und vom Phytoplankton sowie auch von den höheren Wasserpflanzen direkt aufgenommen und gespeichert oder über den Photosyntheseprozess zum Aufbau körpereigener Gewebe genutzt. Feinere Schweb- und Sinkstoffe sowie Mikroorganismen (Bakterien, Urtierchen, Aufwuchs- und Planktonorganismen) können auch direkt ohne vorherige Mineralisation z. B. durch filtrierende Muscheln oder durch weidende Schnecken in die mittleren Glieder der Nahrungskette eingeschleust werden, die dann wiederum den aquatischen Endkonsumenten als Nahrung zur Verfügung stehen.

Die umfangreichen Arten- und Individuenbestände der Unterelbwatten, insbesondere aber die der limnischen Schlickwatten, stellen aufgrund ihres hohen Stoffumsatzes und ihrer intensiven Verknüpfung miteinander innerhalb der aquatischen Nahrungskette ein großes natürliches Selbstreinigungspotential dar. Sicherlich wirkt sich die Reinigungsleistung der Destruenten, Produzenten und Konsumenten auch auf den unmittelbar über der Wattoberfläche befindlichen hochgradig belasteten Wasserkörper aus; eine merkliche Verbesserung der Gewässergütesituation in der tiefen Hauptstromrinne der Tideelbe tritt aber vermutlich nicht ein, da die dortigen großen Wasserkörper des "kritisch belasteten bis stark verschmutzten" Stromes nur zu einem Bruchteil die Wattflächen periodisch überspülen und folglich nur im sehr geringen Maße der Reinigungsleistung von Bakterien, Wimpertierchen, Rädertierchen und Flohkrebse u. a. ausgesetzt werden. Eine Erweiterung der Wattflächen allein aus dem Grunde, das Selbstreinigungsvermögen der Tideelbe zu stärken, würde folglich mit Sicherheit zu keiner nennenswerten Verbesserung der bestehenden schlechten Gewässergütesituation führen. Hingegen würde aus gewässerbiologischer Sicht eine Erweiterung dieser Zonen zu einer wünschenswerten Vergrößerung des in der Tideelbe z. T. stark eingegengten aquatischen Lebensraumes beitragen.

7. PRODUKTION DER ELBE

7.1 BEDEUTUNG DER EINZELNEN STROMREVIERE FÜR DIE AQUATISCHEN LEBENS- GEMEINSCHAFTEN IN DER ELBE

Die umfangreichen Baumaßnahmen in der Elbe, wie Uferbegradigung und -befestigung, Fahrrinnenvertiefung, Abtrennung von Nebengewässern und Aufspülungen haben zu einer deutlichen Verringerung der für die Entwicklung der verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften notwendigen ökologischen Basis geführt (vergl. Kap. 5.2). Von diesen Maßnahmen besonders betroffen scheinen nach Ansicht vieler Fischerei-Wissenschaftler u. a. die Bestände der anadromen Wanderfische wie z. B. Stör, Lachs, Schnäpel, Flußneunauge, Maifisch, Finte und Stint, deren spezifische Laich- und Nahrungsbiotope zum Teil erheblich eingeengt wurden. Einhellig ist die Meinung, daß der Rückgang der Bestände und das Aussterben einzelner Arten aber auch im Zusammenhang mit der Gewässerverschmutzung und der früheren Überfischung einzelner Arten (z. B. Stör) zu sehen sind (ALBRECHT, 1966; BAUCH, 1958; BORNE, 1882; GAUMERT, D., 1981; KOOPS, 1960; LELEK, 1976; MANN, 1964, 1968; PAPE, 1952; RAUCK, 1980; RIEDEL-LORJÉ u. GAUMERT, T., 1982). In den Jahren 1981/82 systematisch durchgeführte Probebefischungen in der Unterelbe haben ergeben, daß im Vergleich zur Jahrhundertwende auch heute noch ein breites Artenspektrum vorhanden ist. So wurden im Brackwasserbereich 28 Meeresfischarten, im gesamten Unterelbabschnitt 8 euryhaline Arten und im limnischen Bereich 19 Süßwasserfischarten bei den Probebefischungen gefangen (WÖLLER, 1983).

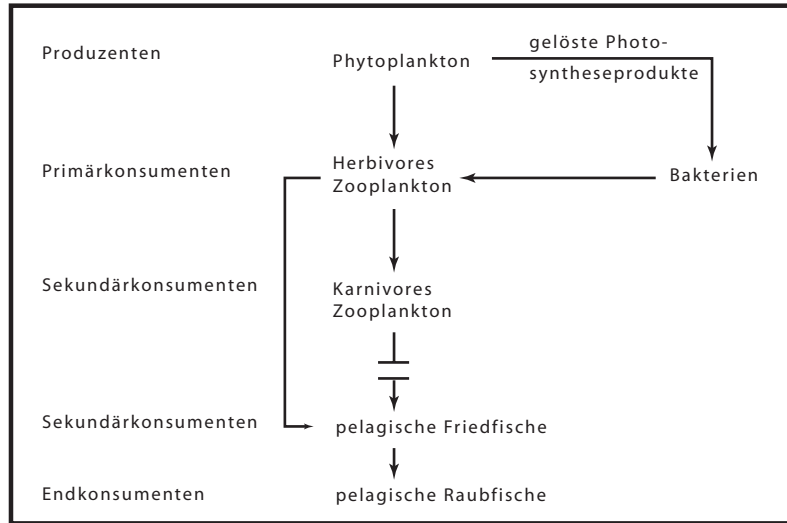
Die verbliebenen für eine biologische Besiedlung geeigneten Lebensräume (z. B. tidebeeinflusste Priel- und Grabensysteme der Außendeichsbereiche, Wattgebiete, Flachwasserbereiche, Stillwasserzonen, Nebengewässer) haben als Fortpflanzungs-, Nahrungs-, Aufwuchs- und Fluchtbiotope eine entscheidende Bedeutung für die Erhaltung der Artenvielfalt und der Bestände. In diesen Bereichen können sich auch nach wie vor viele derjenigen aquatischen Lebensgemeinschaften halten und entwickeln, die als untere und mittlere Glieder in der Nahrungskette vielen Fischarten als lebensnotwendige Nahrungsgrundlage dienen.

Nachfolgend wird die Bedeutung verschiedener Lebensräume für die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Elbe aufgezeigt und Maßnahmen zur Erhaltung und Erweiterung dieser Biotope vorgeschlagen. Da über die aquatische Nahrungskette eine direkte Abhängigkeit zwischen dem Fisch als Endkonsument und den darunter liegenden Produzenten, Primär- und Sekundärkonsumenten besteht (Abb. 21), wird der Einfachheit halber die fischereiliche Bedeutung der angesprochenen Stromreviere in den Vordergrund der Ausführungen gestellt.

7.1.1 ALTWÄSSER

Aufgrund bestimmter Voraussetzungen wie z. B. geringe Strömungsturbulenz, günstiges Lichtklima, vertikale Schichtung des Wasserkörpers im Sommer und hoher Nährstoffgehalt in den Sedimenten bieten Altwässer für die verschiedenen aquatischen Pflanzen und Tiere oftmals wesentlich günstigere Lebensbedingungen und somit auch Fortpflanzungsmöglichkeiten als der Hauptstrom selbst, an dem sie angeschlossen sind. Das im Vergleich zum schnell strömenden Fluß "milde" Gewässerklima in einem Altwasser begünstigt ein hohes Arten- und Individuenaufkommen an emersen und submersen Wasserpflanzen, an Phytoplankton- und Zooplanktonorganismen, an Würmern, Muscheln, Schnecken, Krebsen und Insektenlarven. Auf

Die pelagische Konsumentenkette



Die benthische Konsumentenkette

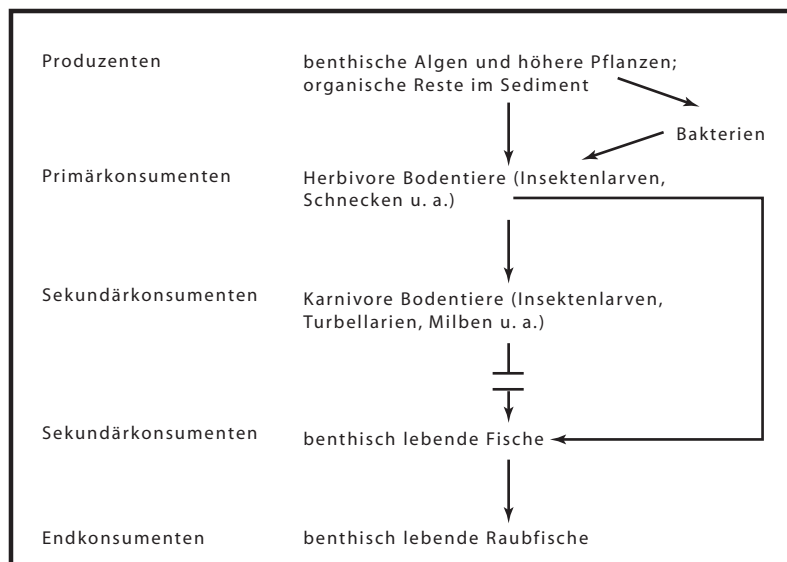


Abb. 21 Verschiedene Nahrungskettentypen

aus: SCHWOERBEL, 1974

dieser vielfältigen Nahrungspalette aufbauend kann sich ein reichhaltiger Fischbestand entwickeln; Altwässer werden aus diesem Grunde zu den produktionsreichsten natürlichen Gewässern gerechnet. Ihre hohe Produktivität wirkt sich auch auf den Hauptstrom aus, mit dem die Altwässer verbunden sind: über den stromab liegenden Kontaktbereich findet normalerweise von den Altwässern zum Fluß eine ständige Beimpfung mit biologischem Material statt. Verschlechtert sich aber die Gewässergütesituation im Fließgewässer gegenüber den Altwässern deutlich, z. B. durch intensive Sauerstoffzehrungsprozesse, flüchten viele der im Hauptstrom vorkommenden Organismen in die Altwässer (Refugien) um dort bei oftmals wesentlich günstigeren Sauerstoffverhältnissen zu überleben.

Die hohe Produktivität der Altwässer und ihr Wert als Refugien können allerdings durch Verlandungsprozesse, die besonders am stromab liegenden Kontaktbereich mit dem Hauptstrom auftreten, herabgesetzt werden. Durch Spülschleusen, Zuleitungsgräben und Rohrleitungen oder durch eine von einem Nebenfluß am oberen Ende der Altwässer eingespeisten Frischwasserzufuhr kann die Verlandung verhindert, zumindest aber verlangsamt werden. Stark zugeschlickte oder verlandete Altwässer sollten in Zusammenarbeit mit gewässerbiologisch geschulten Fachkräften z. B. durch Ausbaggerungen wieder ökologisch aufgewertet werden. Die Verbringung von Baggergut o. ä. in Altarme kann zu einer erheblichen Schädigung oder im Falle einer gänzlichen Verfüllung zur vollständigen Verdrängung bzw. Auslöschung der verschiedenen dort lebenden aquatischen Biozöosen führen. Der Verlust von Altwässern bedeutet für den Hauptstrom eine Verschmälerung seiner ökologischen Basis und damit eine Reduzierung der dort vorkommenden Arten- und Individuenbestände. Die Instandhaltung von Altwässern und deren Aufwertung durch gezielte, abgestimmte Maßnahmen muß aus gewässerbiologischer Sicht ein wichtiges Ziel bei der Pflege und Erweiterung der bisher noch bestehenden aquatischen Lebensräume in dem hochgradig belasteten und besonders im Bereich der Mittelelbe weitgehend ausgebauten Strom sein.

7.1.2 VORLANDSEEN UND TÜMPEL

Vorlandseen und Tümpel sind im Gegensatz zu Altwässern nur bei ausgeprägtem Hochwasser direkt mit dem angrenzenden Fluß verbunden, können also nur vorübergehend von den verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften der Elbe als Nahrungs-, Fortpflanzungs-, Aufwuchs- und Fluchtbiotope genutzt werden. Bei lang andauernden Schönwetterperioden trocken diese z. T. sehr flachen Gewässer oftmals aus; sie werden zu biologischen Fallen, in denen bis auf wenige Dauerformen das gesamte aquatische Organismenpotential dann zugrunde geht. Davon besonders betroffen ist die Brut von Frühjahrslaichern (z. B. Hecht), die nicht immer rechtzeitig vor dem Absinken des Wasserstandes über die noch überfluteten Vordeichsländereien ihre Unterstände verläßt.

Vorlandseen und Tümpel sollten nicht verfüllt, sondern müssen vielmehr durch geeignete Durchstiche mit dem nahegelegenen Fluß verbunden und somit biologisch aufgewertet werden. Durch diese Maßnahmen wird den durch die Austrocknung ihres Biotops bedrohten aquatischen Organismen die Möglichkeit eröffnet, auch bei fallendem Wasserstand rechtzeitig in den Strom abzuwandern und zu überleben. Der Anschluß dieser biologischen "Inseln" führt zu einer Stärkung der im Fluß lebenden Bestände und auch bei mittleren Oberwasserabflüssen zu einer Erweiterung der bestehenden aquatischen Lebensräume.

7.1.3 KIES- UND BAGGERLÖCHER

Aus gewässerbiologischer Sicht sollten Kies- und Baggerlöcher im Vordeichsgebiet nach ihrer Ausbeute nicht wieder mit Abraum o. ä. verfüllt, sondern zur Erweiterung der aquatischen Lebensräume ähnlich wie die Vorlandseen und Tümpel - durch einen geeigneten Durchstich an den Strom angeschlossen werden. Die vom Fluß eingeschwemmten Schwebstoffe setzen sich auf dem zunächst noch "sterilen" und nährstoffarmen, kiesigen Grund dieser Stillwässer ab. Dieser organische Schwebstoffüberzug bildet die erste wichtige Nahrungsgrundlage z. B. für niedere Benthonorganismen. Die nachfolgende Besiedlung durch andere aquatische Organismen aus dem Strom wie z. B. durch Würmern, Schnecken, Muscheln, Insektenlarven, Krebsen und Fischen setzt auch ohne menschliche Hilfe verhältnismäßig rasch und aufgrund des "milden" Gewässerklimas intensiv ein. Viele dieser Arten finden auch in den sich allmählich entwickelnden Pflanzenbeständen der Uferzone, deren Entwicklung durch Neuanpflanzungen unterstützt werden kann, ausgezeichneten Schutz. Erfahrungsgemäß gewinnen Kies- und Baggerlöcher schon bald nach ihrem Anschluß an den Strom eine außerordentlich hohe natürliche Produktivität, die durch Einbringung von geeigneten Laichsubstraten - z. B. Nadel- und Laubbuschwerk für Zander - noch zusätzlich gesteigert werden kann. Für viele Standfischarten, die sich aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten nur vorübergehend in der Hauptstromrinne der Elbe halten können, bieten die Kies- und Baggerlöcher ideale Ruhe- und Erholungsmöglichkeiten. Sie dienen zusätzlich bei Hochwasser und Eisgang sowie bei geringen Sauerstoffgehalten im Hauptstrom vielen der dort vorkommenden aquatischen Organismen als Flucht- und Ausweichbiotope.

7.1.4 HAFENBECKEN, SCHLEUSENVORHÄFEN UND SPORTBOOTHÄFEN

Hafenbecken, Schleusenvorhäfen und Sportboothäfen werden von vielen Standfischarten als Laich- und Aufwuchsplätze genutzt. Besonders Jungfische, die sich noch nicht im Stromstrich aufgrund der dort herrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten halten können, bilden hier zum Teil außerordentlich große Schwärme aus, die sich zum Schutz vor Feinden vorwiegend unter den Schlingeln und Bootsrümpfen aufhalten. Auch die unvergossene Grobsteinschüttungen bieten z. B. Aalen gute Unterschlupfmöglichkeiten. Die Nahrungsgrundlage bilden überwiegend Phyto- und Zooplanktonorganismen, die sich in diesen nur wenig durchströmten Bereichen zum Teil massenhaft vermehren, sowie Aufwuchs- und Benthonorganismen, die auf den vorhandenen Substraten leben.

7.1.5 BUHNENFELDER

In der folgenden Abbildung sind verschiedene Buhnentypen dargestellt. Durch die Buhnen erfolgt bei niedrigen Abflüssen eine Bündelung der Strömung im Bereich der Fahrwasserrinne, und damit eine Stärkung der natürlichen Räumkraft. Im Bereich Schnackenburg bis Lauenburg sind die Buhnen auf den mittleren Oberwasserabfluß bezogen ausgebaut, d. h. die Oberkante der Buhnen entspricht etwa dem Wasserstand bei MQ. In der Tideelbe liegt die Oberkante der Buhnen und Stacks etwa in Höhe des Tidehalbwassers.

Die in den Buhnenfeldern herrschenden Strömungsverhältnisse sind deshalb unmittelbar von der Höhe des Wasserstandes bzw. des Abflusses abhängig. Bei hohen Wasserständen bzw. Abflüssen werden die Buhnen überströmt und die Buhnenfelder

Wassergütestelle Elbe

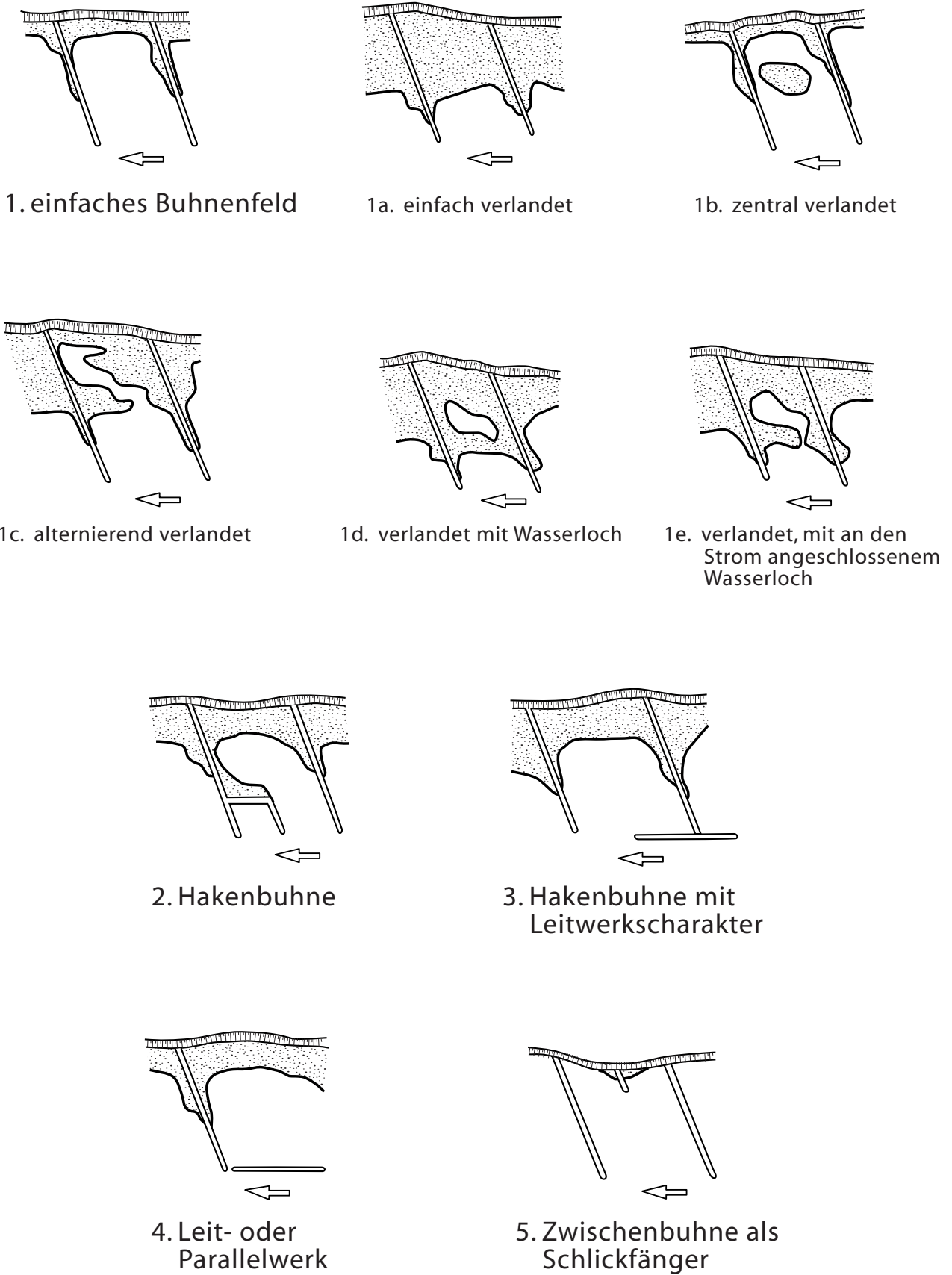


Abb. 22 Verschiedene Bühnenfeldtypen der Elbe

durchströmt. Bei den in der Vegetationsperiode häufig auftretenden niedrigen Wasserständen bzw. Abflüssen bilden sich in den Buhnenfeldern schwache Walzenströmungen aus. Aufgrund dieser oftmals nur geringen Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Buhnenfeldes können sich z. T. erhebliche Mengen der vom angrenzenden Strom mitgeführten Schweb- und Sinkstoffe ablagern. Diese Schwebstoffe, die einen hohen organischen Anteil besitzen, stellen für viele Kleinorganismen, die wiederum z. B. den Fischen als Nährtiere dienen, eine ausgezeichnete Nahrungsgrundlage dar. Die hohe Produktivität der schlickhaltigen Buhnenfelder wird oftmals durch umfangreiche, ebenfalls von vielen Kleinorganismenarten besiedelten Pflanzenbeständen am Uferbereich gestützt. Buhnenfelder stellen für Fische nicht nur ausgezeichnete Nahrungs-, Aufenthalts- und Fortpflanzungsbiotope dar; sie werden von ihnen auch intensiv als Ruhe- und Erholungsbiotope genutzt. Die meisten Standfischarten ermüden im Hauptstrom aufgrund der dort herrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten recht rasch, sie weichen dann in diese Stillwasserbereiche aus und können sich dort u. a. wegen des guten Nahrungsangebotes schnell erholen.

Die an vielen Buhnenfeldern der Elbe zu beobachtende Verlandung wird z. B. durch deren Lage zum Stromstrich, durch den Einfluß der Hochwässer, durch die Menge der im Wasser mitgeführten Schwebstoffe sowie durch die Hauptwindrichtung und den Wellenschlag geprägt. Stark verlandende Buhnenfelder sollten von Zeit zu Zeit ausgebaggert werden, damit die wichtige ökologische Basis, die diese Stromreviere innerhalb des ausgebauten Fließsystems Elbe darstellen, erhalten bleibt und nicht weiter geschmälert wird (Abb. 22). Eine Verfüllung der Buhnenfelder mit Baggergut und Bodenaushub o. ä. sollte aus gewässerbiologischer Sicht nicht gestattet werden, da die durch solche Maßnahmen geförderte weitere Kanalisierung des Stromes zu einer deutlichen Einengung der aquatischen Lebensräume und damit auch des Arten- und Bestandsaufkommens führen würde; darüber hinaus wäre auch mit einer gravierenden Schwächung des Sauerstoffhaushaltes der Elbe besonders im Mittellauf zwischen Schnackenburg und Wehr Geesthacht zu rechnen (vergl. Kap. 6.1.3.2).

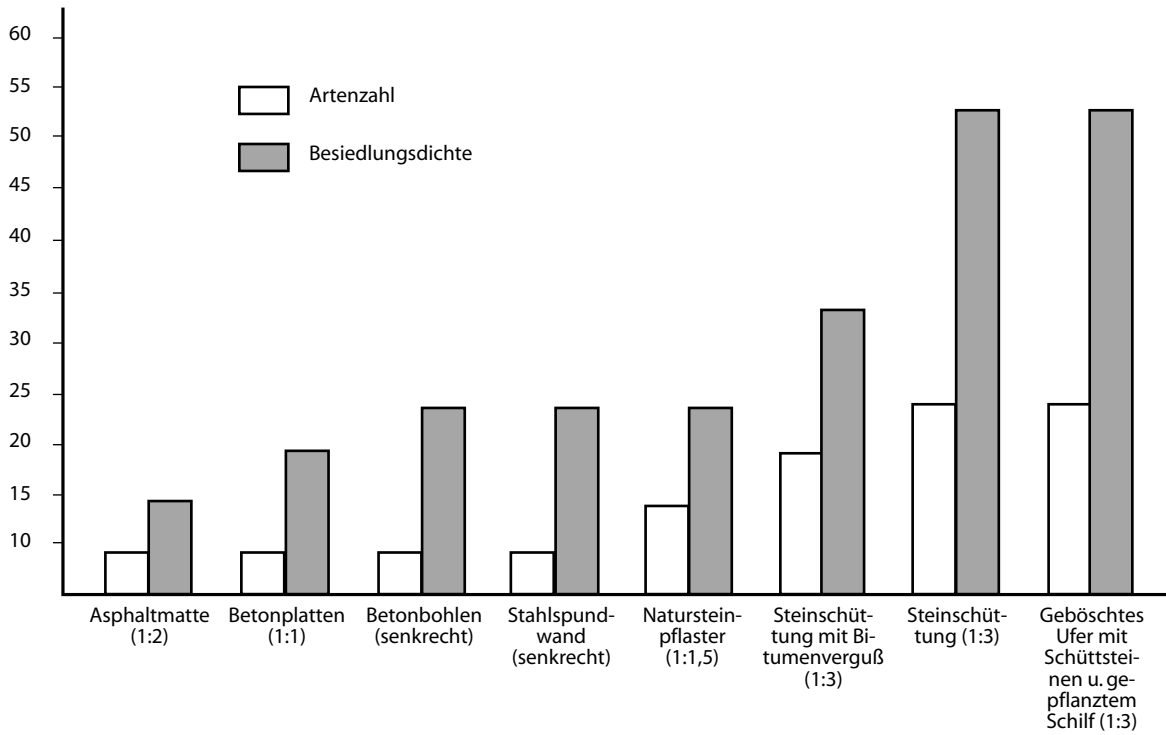
7.1.6 UFERBEREICHE

In einem Gewässer, das als aquatische Lebensstätte und somit auch als Träger eines sehr komplexen biologischen Stoffwechselgeschehens verstanden werden muß, haben die Uferbereiche mit ihren angrenzenden Flachwasserzonen (Litoral) eine herausragende Bedeutung bei der Gleichgewichtseinstellung zwischen den verschiedenen dort vorkommenden Lebensgemeinschaften. Diese Sonderstellung des Litorals basiert im wesentlichen auf dem günstigen Zusammentreffen zweier abiotischer Faktoren, nämlich dem in das Wasser bis zum Gewässerboden einfallenden Licht, ohne das keine pflanzliche Entwicklung stattfinden kann, und dem Gewässerboden selbst, auf dem die Wasserpflanzen Ansiedlungs- und Ausdehnungsmöglichkeiten vorfinden. Schwebstoffablagerungen aus dem Fluß führen zusammen mit der mikrobiellen Zersetzung der Pflanzen am Ende der Vegetationsperiode zur Bildung eines fruchtbaren nährstoffreichen Schlammes, der als Nahrungsgrundlage von den aus ernährungsphysiologischer Sicht unterschiedlichsten tierischen Mikro- und Makroorganismen zur Aufrechterhaltung ihres Stoffwechsels und zur Bildung neuer körpereigener Substanz genutzt wird. Die Litoralzone bildet somit überhaupt erst die Voraussetzung für den Ablauf des geschlossenen Nährstoffkreislaufes im Gewässer und die Lebensgrundlage der daran beteiligten aquatischen Lebensgemeinschaften (Produzenten, Konsumenten und Destruenten). Die Zusammensetzung und das Ineinandergreifen dieser drei Organismengruppen bestimmen das biologische Gleichgewicht im Gewässer, das durch die Einschränkung oder durch den Fortfall

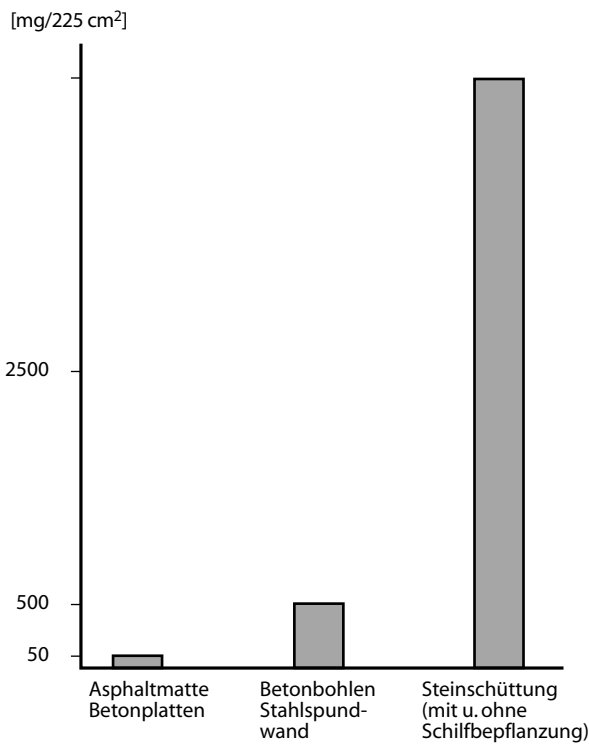
schon eines abiotischen Faktors (bis zum Gewässerboden eindringendes Licht oder der Gewässerboden selbst) empfindlich gestört werden kann. Würde beispielsweise ein Fluß durch Spundwände zu einem rechteckigen Gerinne kanalisiert werden, so wäre den auf und im Gewässerboden des Litorals lebenden Benthonorganismen wie z. B. Muscheln, Schnecken, Würmer, Krebsen und Insektenlarven jegliche Lebensgrundlage (Nahrungsbasis und Standort) entzogen. Darüberhinaus würde gleichzeitig eine Verringerung des atmosphärischen und biogenen Sauerstoffeintrages ins Gewässer eintreten (vergl. Kap. 6.1.3.1 und 6.1.3.2) Der Rückgang der Benthonpopulation wäre nicht nur aus fischereibiologischer Sicht zu beklagen (Nahrungskette: Abnahme der Fischnährtiere - Abnahme des Fischbestandes - Abnahme des fischereilichen Ertrages), sondern auch von erheblichem Nachteil für das natürliche biologische Selbstreinigungspotential eines Gewässers. Dadurch, daß die Benthonorganismen als Konsumenten maßgeblich am Stoffumsatz der von den Produzenten und der von außen zugeführten toten organischen Substanz beteiligt sind (direkte Stoffaufnahme und Teilmineralisation der Stoffe, die dann auch den Destruenten als Nahrungsgrundlage zur Verfügung stehen), tragen sie zur Verminderung der auf natürlichem oder anthropogenem Wege entstandenen Belastung des aquatischen Ökosystems bei. Soll dagegen die fischereiliche Produktion gesteigert, die biologische Selbstreinigungsleistung eines Gewässers angehoben sowie der atmosphärische und biogene Sauerstoffeintrag ins Gewässer gestärkt werden, so ist es umgekehrt erforderlich, die spezifische Wasseroberfläche der Litoralzone zu vergrößern, also den Uferbereich möglichst breit und flach verlaufend und mit Einbuchtungen versehen zu gestalten. (In diesem Zusammenhang sei besonders auf die Arbeit von KOTHE, 1983 verwiesen, in der ausführlich die Bedeutung der Litoralzone als aquatische Lebensstätte und die Auswirkungen der unterschiedlichen Ufergestaltung auf diesen Lebensraum beschrieben werden.)

Aus dieser Erkenntnis heraus ist es naheliegend, daß wasserbauliche Maßnahmen am Uferbereich (Litoralzone) einen aus biologischer Sicht besonders sensiblen Bereich betreffen, der ein umsichtiges Handeln, das auf einer objektiven, wissenschaftlich begründeten Basis abgestellt sein muß, erfordert.

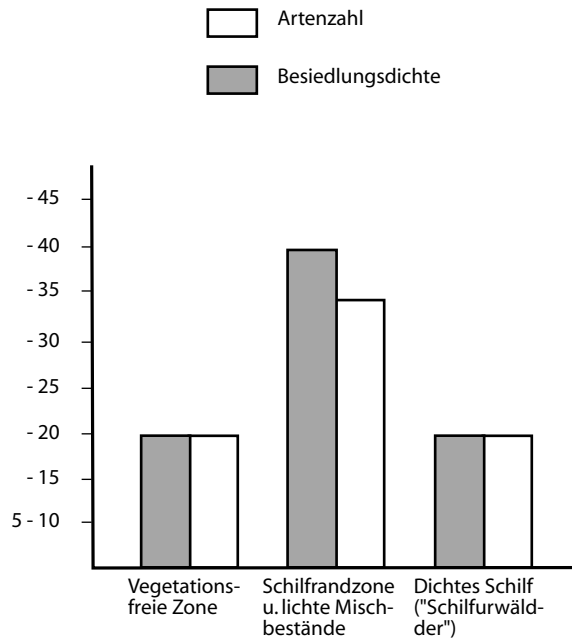
Nur für den Fall, daß eine zuverlässige Standfestigkeit des Uferstreifens eines Fließgewässers durch Bepflanzungsmaßnahmen allein nicht erreicht werden kann und die Morphologie des Flußbettes keine Verbreiterung und Verlängerung der Uferlinie erlaubt, sollten Materialien gegen die Erosion und zum Uferschutz eingesetzt werden, die dem Gewässer als Ökosystem am nächsten kommen, also weiterhin eine umfangreiche Besiedlung der Litoralzone mit Pflanzen und Benthonorganismen gestatten. Nach KOTHE (1983) zeigen Untersuchungen zur Artenzahl und Besiedlungsdichte von Kleintierorganismen auf verschiedenen künstlichen Substraten, daß Asphaltmatten, Betonplatten, Stahlbetonbohlen und Stahlspundwände, also Materialien mit einer nur geringen Rauigkeit, die geringste Besiedlungshäufigkeit überhaupt zeigten (Abb. 23). Sowohl für die Artenzahl als auch für die Summe der Gesamthäufigkeiten der Benthonorganismen erwiesen sich lockere und unvergossene Schüttsteinböschungen aus grob gebrochenem Natursteinmaterial, unabhängig von einer zusätzlichen Bepflanzung mit Schilf, am günstigsten. Die große Oberfläche lockerer Steinschüttungen bietet für diejenigen Organismen, die ein Hartsubstrat bevorzugen, wie z. B. verschiedene sessile Wimpertierarten und Hydropolyphen, gute Entwicklungsmöglichkeiten. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinblöcken dienen den verschiedensten Fischnährtieren, wie z. B. den Flohkrebse und den Wasserasseln, als Schutz- und Nahrungsbiotop. Die Nahrungsgrundlage dieser Tiere bildet der Aufwuchs der Steine und die mikroskopisch kleinen im Aufwuchs vorkommenden Organismen (Abb. 24 u. 25).



Die Kleintierbesiedlung verschiedenartig ausgebauter Uferstrecken (Dortmund-Ems-Kanal)



Kleintiergewichte gleicher Flächen an verschiedenen Ufersubstraten (Dortmund-Ems-Kanal)

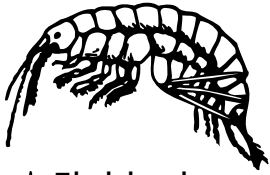


Die Kleintierbesiedlung schilffreier und schilfbestandener Uferstrecken des Untermain

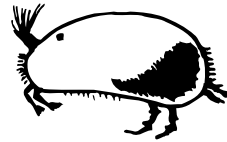
Abb. 23

aus KOTHÉ, 1983

Wassergütestelle Elbe



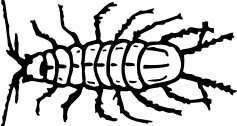
Flohkrebs
18mm



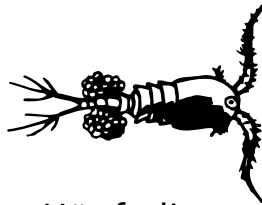
Muschelkrebs
1mm



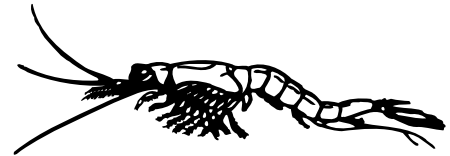
Wasserfloh
2mm



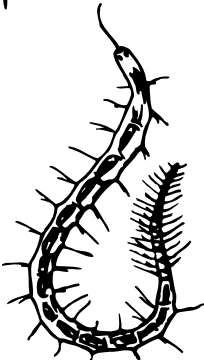
Wasserassel
12mm



Hüpfertling
2mm



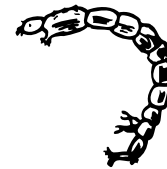
Mysis
15mm



Teichschlange
18mm



Schlammröhrenwurm-
Kolonie
Würmer 40mm



Zuckmückenlarve
12mm



Kugelmuschel
8mm



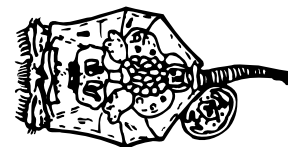
Erbsenmuschel
8mm



Schnecke
11mm



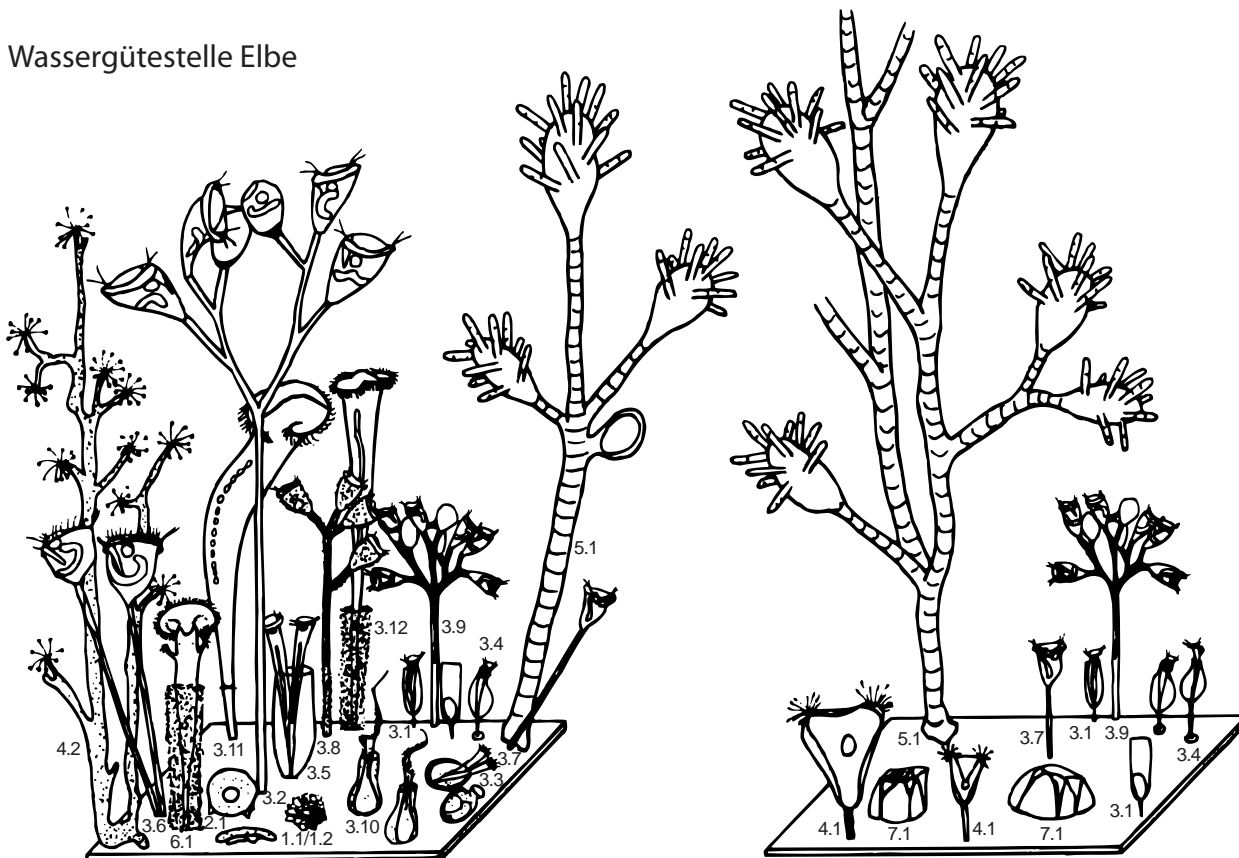
Fischlarve
12mm



Rädertierchen
Panzer 90 - 200µm

Abb. 24 Beispiele für Fischnährtiere in der Elbe
(zum Teil im Aufwuchs lebend)

Wassergütestelle Elbe



TYPISCHE AUFWUCHSARTEN IM LIMNISCHEN
BEREICH DER TIDEELBE

TYPISCHE AUFWUCHSARTEN IN DER OBEREN
BRACKWASSERZONE DER TIDEELBE

ORGANISMEN	GRÖßENANGABEN	
	Einzelorganismen (mm)	Kolonien (mm)
1. BAKTERIEN		
1.1 <i>Pachysoeca obliqua</i>	0.002	
1.2 <i>Siderocapsa treubii</i>	0.002	
2. WURZELFÜBLER		
2.1 <i>Centropyxis discoides</i>	0.080	
3. WIMPERTIERE		
3.1 <i>Cothurnia cordylophorae</i>	0.120	
3.2 <i>Epistylis hentscheli</i>	0.112 - 0.126	bis 2.6
3.3 <i>Platycola truncata</i>	0.060	
3.4 <i>Pyxicola operculigera</i>	0.060	
3.5 <i>Vaginicola crystallina</i>	0.280 - 0.335	
3.6 <i>Vorticella campanula</i>	0.050 - 0.150	
3.7 <i>Vorticella similis</i>	0.040 - 0.090	
3.8 <i>Zoothamnium hentscheli</i>	0.063 - 0.084	bis 1.2
3.9 <i>Zoothamnium procerius</i>	0.070	
3.10 <i>Chaetospira mülleri</i>	0.150 - 0.250	
3.11 <i>Stentor coeruleus</i>	1.0 - 2.0	
3.12 <i>Stentor roeseli</i>	0.5 - 1.0	
4. SAUGINFUSORIEN		
4.1 <i>Acineta tuberosa</i>	0.300	
4.2 <i>Dendrosoma radians</i>	1.0 - 2.5	
5. HYDROPOLYPEN		
5.1 <i>Cordylophora caspia</i>		bis 120
6. RÄDERTIERE		
6.1 <i>Ptygura crystallina</i>	0.200 - 0.500	
7. RANKENFÜBLER		
7.1 <i>Balanus improvisus</i>	12	

Abb. 25 Beispiele für Aufwuchs

Auch eine Uferlinie, die aus strömungstechnischer Sicht notwendigerweise durch Grobsteinschüttungen gegen Erosionen geschützt werden muß, sollte vereinzelte Durchbrüche aufweisen, so daß sich prielartige Wasserläufe, die zur Erweiterung der ökologischen Basis beitragen, ausbilden können. Diese Ufergestaltung begünstigt z. B. die Ablagerung von Schwebstoffen, deren organischer Gehalt (Nahrungsgrundlage) eine wichtige Voraussetzung für die nachfolgend einsetzende biologische Besiedlung darstellt. Das Naturschutzgebiet Heukenlock an der auch als Schifffahrtsweg genutzten Hamburger Süderelbe gelegen, kann z. B. hinsichtlich der Ufergestaltung zur Stromrinne hin (unterbrochene Grobsteinschüttung, flache Buchten und Priele) als Vorbild dienen (Abb. 26).

Steile Steinböschungen, wie z. B. am Lühesand in der Unterelbe und Stahlspundwände wie z. B. im Hamburger Stromspaltungsgebiet haben dagegen mit Sicherheit zu einer Verschmälerung der für die Ausbildung der aquatischen Lebensgemeinschaften erforderlichen ökologischen Basis in der Elbe geführt. Im Zusammenhang mit dem künstlichen Uferverbau ist zu beachten, daß von den gewählten Baumaterialien keine zusätzliche Gewässerbelastung ausgeht.

7.1.7 NEBENELBEN

Zwischen den Nebenelben und der Hauptelbe findet in Abhängigkeit des Tideablaufs ein Wasseraustausch statt. Aus diesem Grunde wird die Gewässergüte in den Nebenelben auch durch die jeweils in der Hauptelbe herrschende Belastungssituation beeinflusst. Ein Vergleich der Sauerstoffgehalte beider Gewässer zeigt jedoch, daß insbesondere in den Zeiten, in denen aufgrund der hohen Wassertemperaturen durch mikrobielle Abbauprozesse eine intensive Sauerstoffzehrung in der Hauptelbe bis unter 1 mg O₂/l auftritt, die Sauerstoffgehalte in den Nebenelben nicht unter 3 bis 4 mg O₂/l absinken. Diese deutlich höheren Sauerstoffgehalte in den Nebenelben während der Sommermonate stehen im Zusammenhang mit der größeren spezifischen Wasseroberfläche (Wasserfläche im Verhältnis zu der darunter liegenden Wassersäule). Flache und durchlichtete Gewässerzonen begünstigen den atmosphärischen und biogenen Sauerstoffeintrag im gesamten Wasserkörper. Aus diesem Grunde ziehen sich z. B. die Fischbestände bei eintretender Sauerstoffknappheit im Hauptstrom der Elbe in die sauerstoffreicheren Flachwasserbereiche (Refugien) zurück (Abb. 27). Der für das Überleben der Fische erforderliche Mindestsauerstoffgehalt beträgt rd. 3 mg O₂/l. Der Mindestbedarf ist jedoch für die einzelnen Fischarten verschieden. Mit akuten Fischsterben ist bei einem Sauerstoffgehalt unter 2 mg O₂/l zu rechnen. Weitere Aufspülungen und Abschottungen der Flachwasserbereiche würden diese Fluchtbiotope zerstören und mit Sicherheit eine Bestandsreduzierung der betroffenen Fischfauna einleiten. Die Fische könnten dann auf ihren Nahrungs- und Laichwanderungen die biologische Sperrzone (Sauerstofftal) in der Hauptelbe nicht mehr umschwimmen; der natürliche Lebenszyklus würde damit unterbrochen werden und eine allmähliche Verarmung der Elbbiozöten z. B. des Stintes, der im Bereich des Schwarztonnensandes ein Hauptlaich- und Aufwuchsgebiet (Einsömmrige) hat, eintreten.

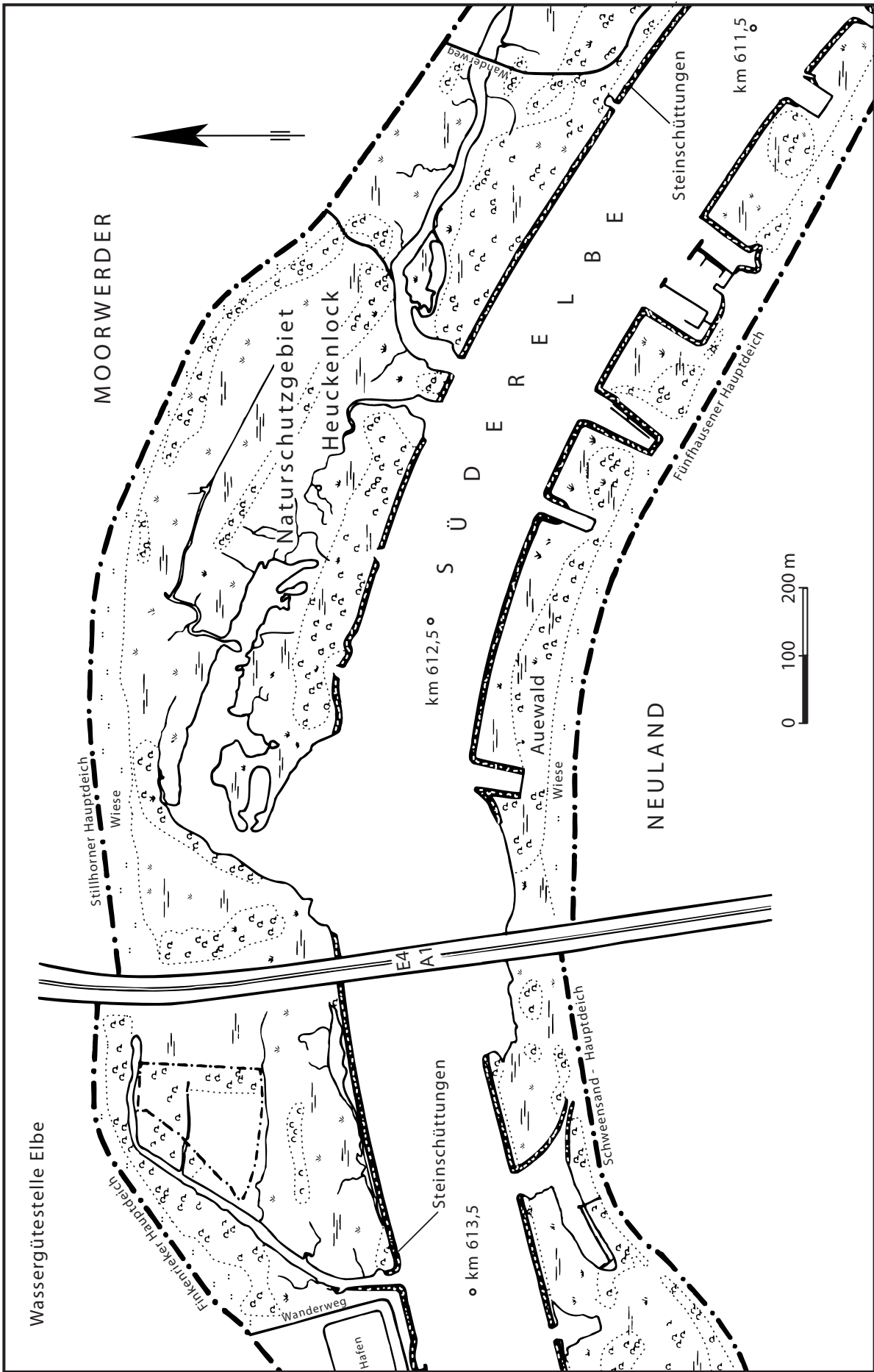


Abb. 26 Uferverlauf im Bereich des Naturschutzgebietes Heuckenlock

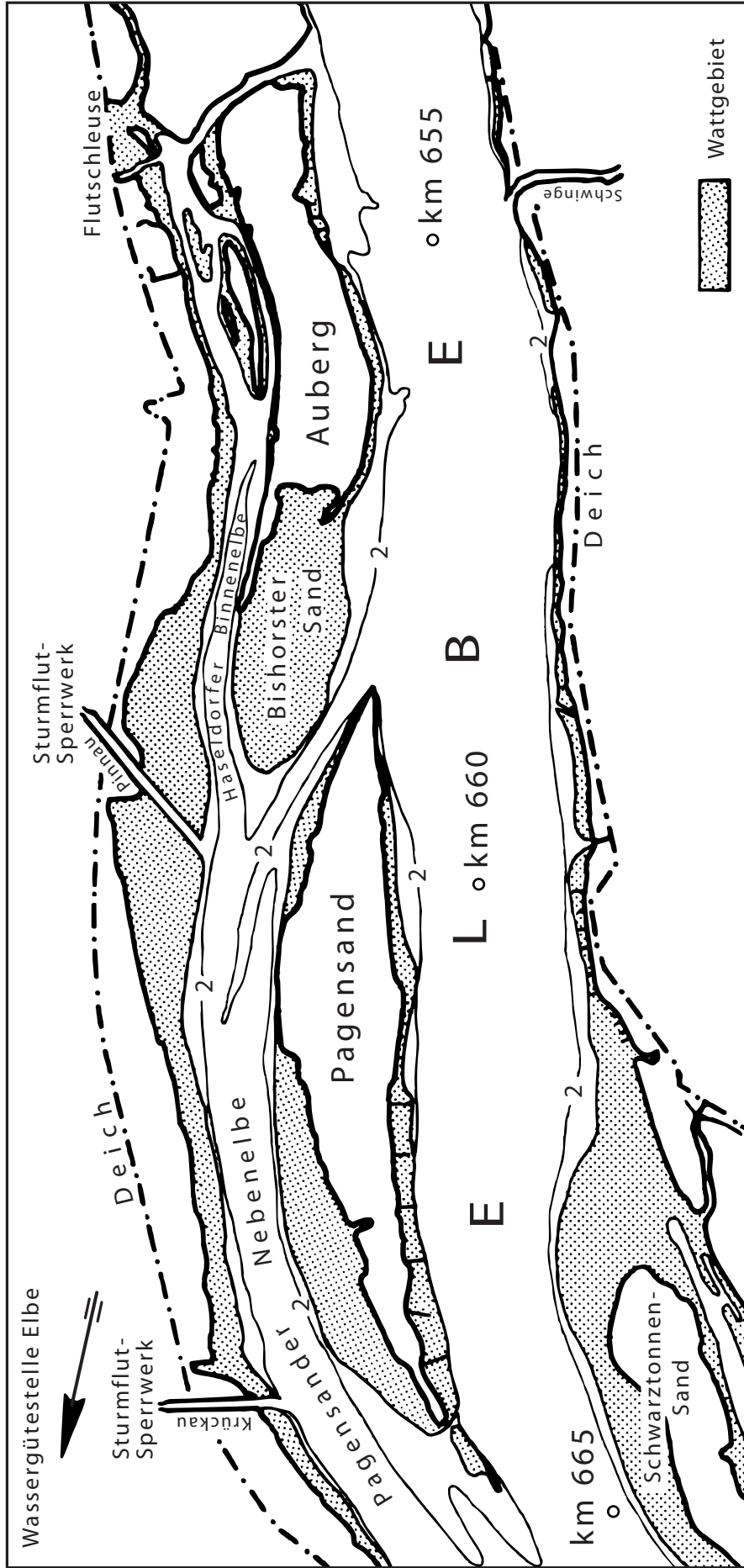


Abb. 27 Nebeneiben - Flachwasserbereiche

7.1.8 NEBENFLÜSSE

Die Bedeutung der Nebenflüsse für die in der Elbe vorkommenden aquatischen Lebensgemeinschaften ist u. a. abhängig von der Gewässergütesituation beider Gewässer. Sinken beispielsweise die Sauerstoffgehalte im Hauptstrom aufgrund mikrobieller Abbauprozesse deutlich unter den für das Überleben der Fische erforderlichen Mindestsauerstoffgehalt von rd. 3 mg O₂/l ab, so weichen diese Tiere zum überwiegenden Teil in die sauerstoffreicheren Nebengewässer und Nebenflüsse aus. Die eingewanderten Bestände halten sich dort zumindest so lange auf, bis der Anstieg der Sauerstoffgehalte im Hauptstrom eine Rückkehr gestattet. Umgekehrt kann eine Verschlechterung der Gewässergüte in den Nebenflüssen z. B. durch eine Abwassereinleitung zu einer Abwanderung der dort lebenden Bestände in den Hauptstrom führen.

Darüber hinaus wird eine Verschiebung der Fischbestände zwischen Haupt- und Nebenfluß durch verschiedene bestandsregulierenden Einflüsse (Bestandsdruckänderungen) gesteuert. Hierzu zählen die natürliche und die fischereiliche Sterblichkeit, das Nahrungsangebot, die Nahrungskonkurrenz, das Räuber-Beute-Verhältnis und die Laichbedingungen. Diese sehr komplexen Zusammenhänge erschweren die Abschätzung der unmittelbaren Bedeutung der Elbnebenflüsse für die Ausbildung der verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften in der Elbe. Sicherlich bieten aber die mittleren und oberen Abschnitte der Elbnebenflüsse für einige Fischarten z. B. für Lachsartige (Lachs, Meerforelle, Coregonen), für Rundmäuler (Bach-, Fluß- und Meermeunaugen), für Schmerlen (Schlammpeitzger) und für Dorschartige (Quappe) bessere Fortpflanzungsmöglichkeiten als die Elbe selbst.

7.1.9 WATTFLÄCHEN

Die Wattflächen der Tideelbe lassen sich aufgrund ihrer Korngrößenzusammensetzung in Schlick-, Misch- und Sandwatten unterscheiden. Von der Korngrößenzusammensetzung der Wattflächen ist u. a. deren Biomasse-Produktion abhängig. Die sehr feinkörnigen Schlickwatten, deren Sedimente einen hohen organischen Anteil aufweisen, der als Nahrungsgrundlage für Produzenten, Konsumenten und Destruenten dient (s. Kap. 7.1 Abb. 21), weisen in der Regel eine größere Artenvielfalt und sehr viel größere Bestandsdichte auf als die Sandwatten (Tab. 15).

Tiergruppe	Schlickwatt (Individuen/m ²)	Sandwatt (Individuen/m ²)
Turbellaria	188	10
Nematoda	482	112
Rotatoria	612	
Naididae	352	78
Tubificidae	1296	708
Copepoda	196	10
Cladocera	102	4
Chironomidae	30	-
Ceratopogonidae	24	-

(aus PFANNKUCHE et al., 1975)

Tab. 15 Häufigkeiten (Abundanz) der Massenformen bei Fährmannsand (limnischer Bereich der Tideelbe)

Die Produktion der im Süßwasserbereich gelegenen Schlickwatten (z. B. bei Fähmannssand) liegt nach PFANNKUCHE, et al. (1975) außerordentlich hoch und ist mit der Produktionskraft der marinen Schlickwatten vergleichbar. Wattflächen in der Brackwasserzone werden dagegen weniger dicht besiedelt. Die ständige Änderung des Salzgehaltes im Elbwasser aufgrund des Tideeinflusses erlaubt nur wenigen angepassten Organismenarten eine dauerhafte Besiedlung des Wattedimentes. Der Salzgehalt spielt eine entscheidende Rolle bei den Verbreitungsgrenzen der einzelnen auf und in dem Watt lebenden Arten. Die obere Verbreitungsgrenze der marinen Wattorganismen liegt in etwa auf der Höhe Freiburgs, also im oligohalinen (= wenig salzigen) Bereich der Tideelbe. Weiter stromauf bei Krautsand prägen bereits fast ausschließlich Süßwasserformen das Artenspektrum im Watt (CASPER, 1958; Tab. 16).

Ind./m ²		Ind./m ²	
BÖSCHRÜCKEN (oligohaline Zone)		ALTENBRUCH (α -mesohaline Zone)	
Tubificiden	70000	Heteromastus	100
Corophium	100	Nereis	525
Neomysis	5	Eteone	175
		Macoma	325
		Cardium	125
		Mya	75
		Hydrobia	75
OSTEMÜNDUNG (β -mesohaline Zone)		CUXHAVEN (meso- bis polyhaline Zone)	
Tubificiden	500	Heteromastus	1075
Nereis	25	Cardium	300
Corophium	6500	Mya	125
		Hydrobia	78750

(aus CASPER, 1958)

Tab. 16 Besiedlung der Wattzonen im Brackwasserbereich der Unterelbe

Die im Vergleich zu anderen Strombereichen der Elbe hohe Produktivität der Wattflächen, insbesondere der Schlickwatten, wird durch die Sedimentation anorganischer und organischer Schwebstoffe eingeleitet, die von der Elbe und den Elbnebenflüssen antransportiert werden. Diese nährstoffreichen Ablagerungen werden mikrobiell umgesetzt und gelangen schließlich in die Nahrungskette. Die breite Basis der Nahrungskette begünstigt eine umfangreiche Entwicklung der verschiedenen in der Elbe vorkommenden aquatischen Lebensgemeinschaften. Auch die Endglieder der aquatischen Nahrungskette, die Fische, weisen auf den Schlickwatten während der Überflutungsphasen oftmals sehr hohe Bestandsdichten auf. Die Wattflächen bilden zusammen mit den Flachwasserbereichen und den tidebeeinflussten Priel- und Marschgräben der Vordeichsländereien die wichtigste Basis für die in der Tideelbe lebenden Organismengesellschaften. Diese Flächen sind unabdingbare Voraussetzung für das Fortbestehen bestimmter elbtypischer Lebensgemeinschaften. Ein Fortfall dieser Bereiche z. B. durch Aufspülungen von Baggergut würde gravierende Bestandsabnahmen von Pflanzen und Tieren, die ihr Leben auf das Watt ausgerichtet haben, nach sich ziehen. Aus diesem Grunde muß höchster

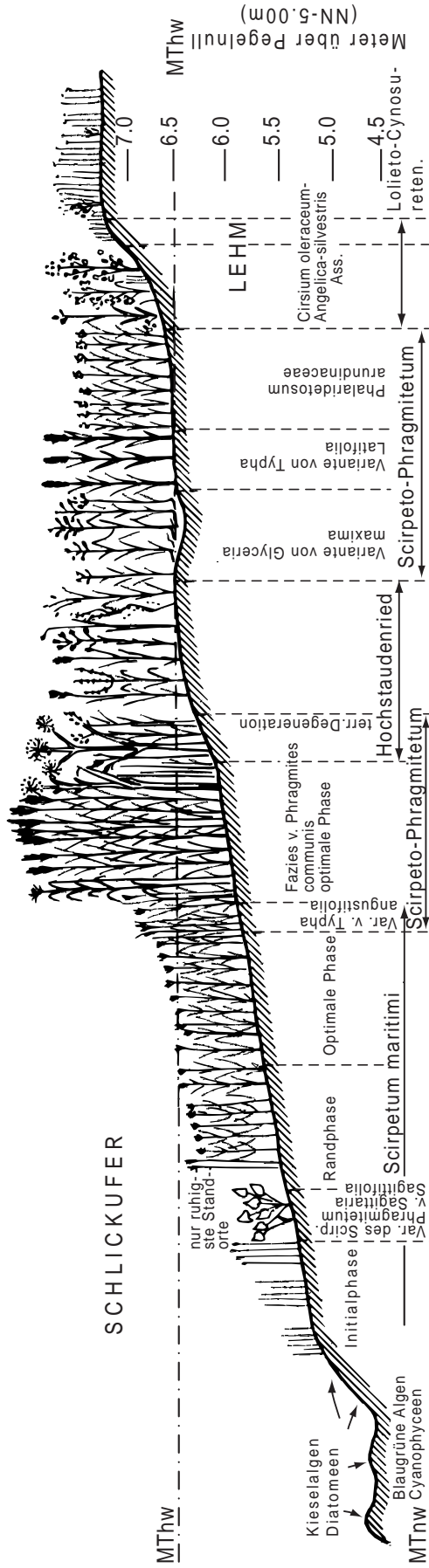
Wert auf die Erhaltung der verbliebenen Wattengebiete gelegt werden. Die Einzigartigkeit der Süßwasserwattengebiete in der Elbe hatte bereits Mitte der 70er Jahre internationale Wertschätzung erfahren (HAARMANN, 1976).

7.1.10 PFLANZENBESTÄNDE

Bedingt durch den Tidehub und das schlechte Lichtklima im Wasser findet im direkten Einflußbereich der Tideelbe keine nennenswerte Entwicklung höherer submerger Pflanzenbestände statt. Ansiedlungsmöglichkeiten für emerse Wasserpflanzen wie z. B. für Schilf und Binsen, bestehen nur im Bereich zwischen der mittleren Tideniedrigwasserlinie und der mittleren Tidehochwasserlinie (Wattzone) (Abb. 28 u. 29). Der Bewuchs dieser Arten konzentriert sich im wesentlichen auf einen schmalen Uferbereich. - In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß die in den beiden nachfolgenden Abbildungen dargestellte Abfolge der Pflanzengesellschaften für eine Zeit typisch war (vor 1961), als gegenüber heute - noch ein wesentlich geringerer Tidehub in der Elbe herrschte (vergl. Abb. 5 in Kap. 4.1 und Kap. 5.1). Die nachfolgend stattgefundene Vergrößerung des Tidehubes aufgrund der Ausbaumaßnahmen in der Tideelbe hat im Vergleich zum damaligen Zeitraum sicherlich auch zu einer Einschränkung der pflanzlichen Besiedlungsmöglichkeiten geführt. - Nur unter günstigen Voraussetzungen wie z. B. bei einem breiten und flachen Uferverlauf haben sich umfangreichere Bestände im Bereich der Tideelbe entwickeln können (Haseldorfer Binnenelbe, Pagensander Nebanelbe, Glückstädter Nebanelbe, Schwarztonnensand, Krautsand, Freiburg/ Oste-Mündung). Im Bereich der Mittelelbe zwischen Schnackenburg und Wehr Geesthacht sind emerse Pflanzenbestände im wesentlichen nur im Bereich der Stillwasserzonen (Buhnenfelder und Altwässer) anzutreffen. Submerse Wasserpflanzenbestände kommen in dem genannten Mittelelbabschnitt nur relativ selten vor.

Generell führen Pflanzenbestände zu einer Minderung der Erosion von Sedimenten und zur Abschwächung des erosionsfördernden Wellenschlages. Durch größere Bestände entstehen Beruhigungszonen, in denen sich die vom Wasser mitgeführten Schwebstoffe z. T. ablagern. Das sedimentierte Material bildet eine wichtige Nahrungsgrundlage für niedere Organismen und Fischnährtiere, die auf und zwischen den Pflanzen sowie am Gewässerboden leben. Die in der Nähe der Pflanzenwurzeln oftmals in hohen Konzentrationen vorkommenden Mikroorganismen besitzen eine beachtliche Selbstreinigungsleistung. Die Umsetzungsleistung dieser an den Wurzelhorizont gebundenen Organismenflocke ist mit der einer Belebtschlammflocke in der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage durchaus vergleichbar.

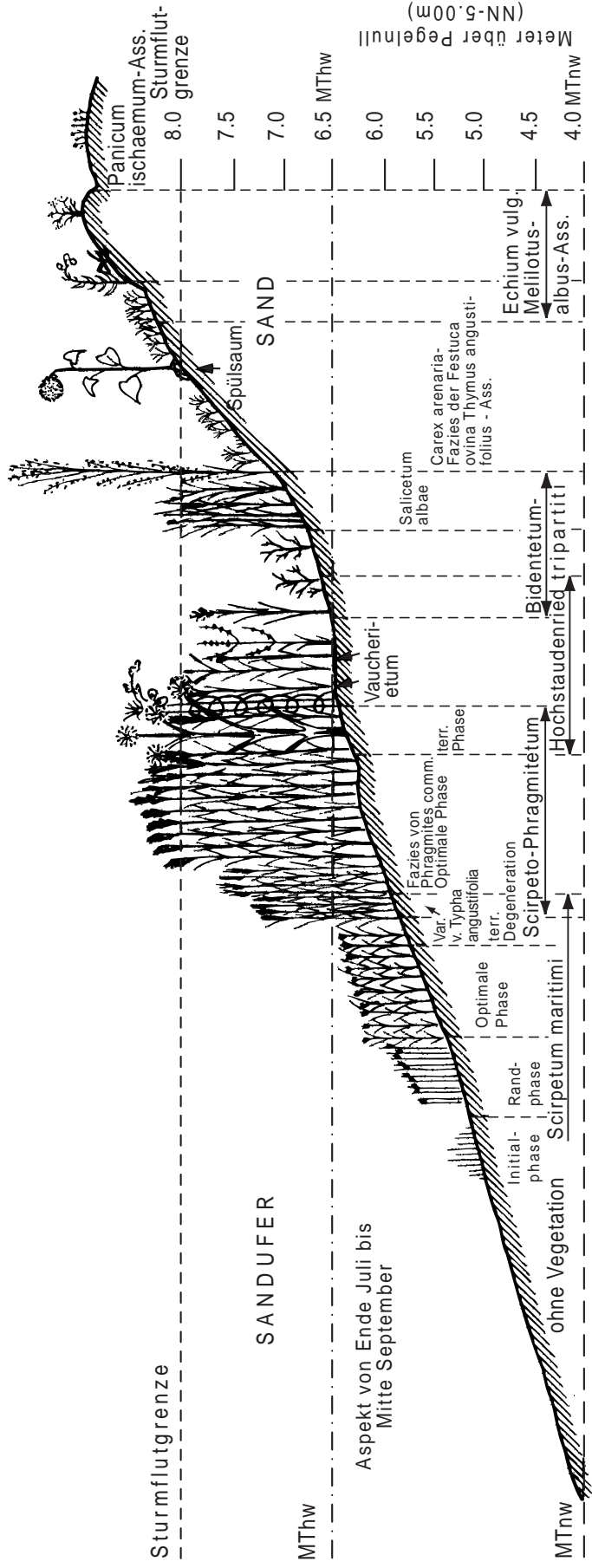
Von außerordentlichem Wert sind die Pflanzenbestände in der Elbe auch für höhere Organismen wie z. B. die Fische. Im Pflanzengürtel erfahren die am Sproß angehefteten Fischeier (Abb. 30) eine gute und für ihre Entwicklung notwendige Sauerstoffversorgung (in der Tideelbe nur bei länger anhaltendem höheren Wasserstand möglich). Die flachen mit Pflanzen besiedelten Wasserzonen werden durch die Sonneneinstrahlung relativ schnell erwärmt, so daß die für die Erbrütung der Fischeier notwendigen Tagesgrade (durchschnittliche Wassertemperatur mal Anzahl der Tage bis zum Schlupf der Brut) schnell erreicht werden. Die frisch geschlüpften Fischlarven finden im Pflanzengürtel ein gutes Nahrungsangebot vor und sind dort vor räuberischen Angriffen weitgehend sicher.



Schlickufer

Abb. 28 Sukzession und Zonation der Pflanzengesellschaften
im limnischen Bereich der Tideelbe

nach KÖTTER, 1961



Sandufer

Abb. 29 Sukzession und Zonation der Pflanzengesellschaften im limnischen Bereich der Tideelbe

nach KÖTTER, 1961



Abb.30 Am pflanzlichen Stengelwerk
angeheftete Fischeier

Entwurf : GENIESER, 1958
aus: MUUS / DAHLSTRÖM , 1974

Zur Erhaltung und Erweiterung der ökologischen Basis in der Elbe müssen die bestehenden Pflanzungen aufrechterhalten und Restbestände durch Unterstützungspflanzungen erweitert werden. An geeigneten Stellen sollten Neubepflanzungen vorgenommen werden. Soweit aus strömungstechnischer Sicht möglich, sollte die Sicherung der Ufer- und Wellenschlagzonen durch einen Pflanzengürtel erfolgen. Sind Steinschüttungen zum Schutz vor Erosionsschäden unvermeidbar, sind die in Kap. 7.1.6 beschriebenen Hinweise zu berücksichtigen.

7.2 BESCHAFFENHEIT VON FISCHFANGSTELLEN

Obwohl durch die hochgradige Belastung der Elbe der "zum Verzehr bestimmte Teil" vieler in der Elbe vorkommenden Fische "nicht in den Verkehr gebracht werden" darf (Verordnung über Höchstmengen an Quecksilber in Fischen, Krusten-, Schalen- und Weichtieren vom 6. Febr. 1975; Erste Verordnung zur Änderung der Höchstmengenverordnung tierische Lebensmittel vom 29. Aug. 1978), sollten die zur Bewirtschaftung geeigneten Fischfangstellen erhalten bleiben, um in Zukunft bei entsprechender Verbesserung der Elbwassergüte wieder genutzt werden zu können.

In diesem Zusammenhang muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß selbst bei einem sofortigen Stopp aller Schadstoffeinleitungen in die Elbe (auch im Bereich der Elboberliegerländer) mit einer baldigen deutlichen Verminderung der umfangreichen in den Elbsedimenten festgelegten Schadstoffmengen wie z. B. Schwermetalle, die sich über den Nahrungspfad auch im Fisch anreichern, kaum zu rechnen ist.

Gleichmäßig flach verlaufende, hindernisfreie Uferstrecken eignen sich besonders gut als Netzaufzugsstellen für die Zugnetzfischerei. Bei Strombaumaßnahmen, insbesondere bei Uferverbauungen, ist darauf zu achten, daß im Bereich von Fangplätzen der Elbfischer solche Möglichkeiten zum Einholen des Netzes erhalten bleiben.

Für die mit Treibnetzen nur in der Tideelbe bei geringer Strömung ausgeübten Fischerei ist ein sauberer Untergrund unerlässlich. Schon kleine Haker, wie Äste, die nur z. T. im schlammigen Untergrund eingesunken sind, verhindern eine er-

folgreiche Anwendung dieses dreiwandigen Netzes. Unrat und große Steinbrocken im Flachwasserbereich können sogar zum totalen Verlust des Fanggerätes führen. Das Treibnetz, das entweder quer zum Strom ausgebracht oder in der Strömung treiben gelassen wird, erfährt an einem Haker einen so hohen Anpreßdruck, daß der Einzug des Netzes nur unter großen Mühen gelingt. Der Staudruck erhöht sich zusätzlich durch die schon im Netz gefangenen Fische, das Einholen wird dadurch noch mehr erschwert.

Bei Strombaumaßnahmen sollte besonders die Erhaltung der Aalfangstellen berücksichtigt werden. Der Aal ist neben dem Stint und der Flunder der Haupterwerbsfisch der Elbfischer. Der Fang, der neben Reusen und Körben mit dem Aal- oder Stinthamen an der Untereibe und mit dem Scherbretthamen an der Mittelreibe betrieben wird, erfolgt in Strombereichen, in denen die Strömung durch die besondere Form des Untergrundes (z. B. Priele im Neufelder Watt) oder durch Flußkrümmungen (Prallhänge, z. B. bei Strom-km 479 und 520 in der Mittelreibe) zusammengedrängt wird. Der Untergrund muß ähnlich wie bei der Zug- und Treibnetzfisherei frei von Hakern sein. Uferbefestigungsarbeiten im Bereich der kommerziell genutzten Fischfangstellen sollten in Abstimmung mit den ansässigen Elbfischern erfolgen.

7.3 AUSGLEICHSMASSNAHMEN FÜR KÜNSTLICHE FLUSSSPERREN (WEHR)

Das natürliche Wanderverhalten der in der Elbe vorkommenden Fischbestände wird durch umfangreiche Stauhaltungen im obersten Einzugsbereich (Gebiet der CSSR, Abb. 3) der dort weitgehend kanalisierteten Elbe und durch die Staustufe Geesthacht bei Strom-km 585,9 eingeschränkt. Aufgrund von fischbestandskundlichen Untersuchungen (KOOFS, 1960) muß angenommen werden, daß das im Jahre 1960 in Betrieb genommene Wehr bei Geesthacht den stromauf gerichteten Laichzug u. a. der Quappe und des Stintes sowie die Nahrungswanderungen des Aals behindert. Die weiter oberstrom liegenden spezifischen Laich- und Nahrungsplätze können seitdem nur noch im geringen Maße von diesen Fischarten angeschwommen werden.

Zur Erhaltung der durch künstliche Flußsperrren gefährdeten Fischbestände und zur Wiedereinbürgerung ausgestorbener Arten können regelmäßig Besatzmaßnahmen durchgeführt oder Fischtreppen angelegt werden, über die die Fische das Hindernis überwinden und ihre Nahrungs- und Laichbiotope anschwimmen können. Selbst eine optimal angelegte Fischtreppe wird aber den betroffenen Fischarten nie die Durchzugsmöglichkeiten bieten können, die ein unverbautes Gewässer aufweist. Ihr Einbau verhindert aber einen totalen Bestandsverlust im weiter stromauf gelegenen Flußabschnitt. Durch begleitende Besatzmaßnahmen im Fluß oberhalb der Wehre können die Bestände in ihrem Aufkommen weitgehend gesichert werden.

Grundvoraussetzung ist, daß die Fischtreppe immer dann Wasser führt, wenn eine Wanderung der Fische stattfindet. Da die Wanderzeiten von Fischart zu Fischart variieren, muß zunächst eine Analyse der von einer Stauhaltung o. ä. betroffenen Bestände vorgenommen werden. An Hand der gewonnenen Untersuchungsergebnisse kann dann die Wasserführung der Fischtreppe mit dem Wanderverhalten der einzelnen Fischarten abgestimmt werden. Von weiterer und wichtiger Bedeutung sind die Wassertiefe und die Strömungsgeschwindigkeit in der Fischtreppe. Von der Länge der Fischtreppe und der zu überwindenden Höhe hängt der zusätzliche Einbau von Kolken und Ruhebecken ab, in denen die gestreßten Fische für ihren weiteren Aufstieg wieder Kräfte sammeln können. Aus diesem Grunde sollte auch am Einlaufbereich des Fischpasses die Strömungsgeschwindigkeiten niedrig gehalten werden (z. B. durch die Wassereinspeisung aus einem Bühnenfeld oder einem Haf-

becken), damit den Fischen der Eintritt in den oberen Stromabschnitt nach dem ermüdenden Durchgang durch die Treppe nicht erschwert wird. Am Einlauf sollte auch die Menge, die Tiefe und die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Fischtreppe regulierbar sein. Die Einrichtung von Kontrollreusen am Einlauf ermöglicht eine Überprüfung der Effektivität der Treppe. Durch eine geeignete Käfigkombination können bei Bedarf Wollhandkrabben abgefangen und aus dem Gewässer entfernt werden. Die Annahme des Fischpasses durch die Fische ist im wesentlichen von der Stärke der Lockströmung am unteren Eintrittsbereich der Fischtreppe abhängig. Die Lockströmung muß eine höhere Geschwindigkeit aufweisen als der übrige benachbarte Wasserkörper, so daß der Fisch die von der Treppe ausgehende Strömung wahrnehmen kann. Aus diesem Grunde sollte der Fischpaß in den Seitenbereich des Fließgewässers münden, nicht aber in ein Bühnenfeld, dessen Strömungsbild sich gänzlich von dem des Hauptstromes unterscheidet. Durch den Einsatz einer elektrischen Fische scheuchanlage können die Fische in Richtung Fischtreppenauslauf getrieben werden, so daß die vergeblichen und kräftezehrenden Versuche zur Überwindung der Flußabsperzung unterbleiben.

Für den Aal müssen besondere Vorrichtungen zur Überwindung der künstlichen Hindernisse geschaffen werden. Der bauliche Aufwand ist erheblich geringer als bei einer Fischtreppe. Für den Aal reicht eine schräg geneigte Ebene aus (Neigung 1 : 3), die schwach überströmt wird. Auf dieser Ebene werden Reisig oder langborstige Besen befestigt, in denen sich der Aal in Schlängelbewegungen stromauf bewegen kann. Auch grobe Steinschüttungen, in deren Zwischenräume sich der Aal mit seiner Körpermuskulatur abstützen kann, eignen sich als Aalleiter.

Die in den nordeuropäischen Raum aus Asien eingeschleppte Wollhandkrabbe (Beginn dieses Jahrhunderts) verursacht als Laichräuber, als Konkurrent zu einheimischen höheren Krebsarten und als Fischfresser z. T. erheblichen Schaden unter den heimischen aquatischen Beständen. Aus diesem Grunde sollte bei Stauhaltungen o. ä. auch eine Wollhandkrabbensperre errichtet und unterhalten werden. Absperzungen in diesem Bereich sind kostengünstig, da nur noch die flußnahen trocknen Uferbereiche durch einfache senkrechte Bleche oder glatte Mauern gesichert zu werden brauchen.

Bei dem geplanten Umbau der Fischtreppe am Wehr Geesthacht wird aus gewässer-ökologischen Gründen eine deutliche Vergrößerung und Umgestaltung vorgenommen. Sie wird so angelegt, daß sie von allen Fischarten angenommen werden kann, die Laich- und Nahrungswanderungen in den oberen Elbstrombereich durchführen. Die alleinige Ausrichtung z. B. auf einen möglichst effektiven Aalaufstieg würde dagegen nicht zu einer Verbesserung der Bestandssituation der anderen durch die Stauhaltung betroffenen Fischbestände führen, die im Naturhaushalt der Elbe eine ebenso wichtige Rolle spielen, wie der Aal.

7.4 LAICHZEITEN UND LAICHGEBIETE DER ELBFISCHE

In Tab. 17 sind die meisten der im limnischen Bereich der Elbe vorkommenden Fischarten angeführt und die gefährdeten Arten nach GAUMERT, D. (1981) ausgewiesen. Die Laichgebiete der einzelnen Elbfischarten können zum Teil der einschlägigen Fachliteratur entnommen, sicherlich aber auch von den Elbfischern erfragt werden.

Fischart	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Meerforelle	xxxxxxxxxxx											xxx
Maräne	xxx								xxxxxxxxxxxxxxxx			
Stint		xxxxxxxxxxxxxxxx										
Hecht		xxxxxxxxxxxxxxxx										
Plötze				0000000								
Aland				00000000000								
Rotfeder				0000000								
Rapfen				xxxxxxxxxxx								
Schleie					00000000000							
Gründling					0000000							
Ukelei				xxxxxxxxxxx								
Güster					0000000							
Brassen					00000000000							
Zope				0000000								
Giebel				0000000								
Karpfen					00000000000							
Schlammpeitzger				xxxxxxxxxxx								
Aal							entfällt					
Quappe	xxxxxxxxxxx										xxxxxxx	
Barsch				000000000000000								
Zander				0000000								
Kaulbarsch				0000000								
dreist. Stichling				0000000000000000000								
Flunder	000000000000000											
Flußneunauge		xxxxxxxxxxxxxxxx										
Meerneunauge			xxxxxxxxxxxxxxxx									
Finte					xxxxxxx							
Bestandssituation:												
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx = Bestand gefährdet												
000000000000000000 = Bestand nicht gefährdet												

Tab. 17 Laichzeiten der meisten der im limnischen Bereich der Elbe vorkommenden Fischarten

Auf die Fischbestände und auch auf viele andere niedere Organismen, die die Nahrungsgrundlage der Fische bilden, wirken sich die wasserbaulichen Maßnahmen am einschneidendsten während ihrer Fortpflanzungszeit aus. Durch das Fortbaggern oder Überspülen von Laichgründen tritt direkt eine Schädigung ein, die sich nachfolgend z. B. bei den wirtschaftlich genutzten Fischarten als Schwund meist erst dann bemerkbar macht, wenn die fehlenden Jahrgänge soweit herangewachsen wären, daß ihre fischereiliche Nutzung angestanden hätte.

Aber auch durch Verklappungen und Schlickeggen können Schäden am Laich durch ein Verkleben der Fischeier mit aufgewirbelten Schwebstoffen (bei stark erhöhten Konzentrationen) eintreten. Die mit Schwebstoffen beladenen Fischeier können auf die Gewässersohle absinken. Die Sauerstoffversorgung der Fischembryos in der Eihülle kann durch aufgeklebte Schwebstoffe beeinträchtigt werden. Eine Verringerung der Schlupfrate wäre die Folge.

Aus diesem Grunde sollten Strombaumaßnahmen im Bereich der bevorzugten Aufenthaltsgebiete der Elbfische möglichst außerhalb deren Laichzeit ausgeführt werden. Dies gilt besonders für die Laichbiotope der beiden gefährdeten Fischarten Stint und Quappe (sandige Flachwasserbereiche um den Schwarztommensand in der Untereibe). Mit einer Schädigung der Bestände dieser beiden Fischarten müßte sonst gerechnet werden.

Die wichtigsten Fortpflanzungs- und Aufwuchsbiotope für die Elbfische und die unteren Glieder der aquatischen Nahrungsketten sind im Bereich der Mittelbe am niedersächsischen Ufer:

	Strom-km
Schnackenburg Hafen	474,7
Stauer Altwasser	480,0
Pevestorfer Altwässer	482,5 - 485,5
Altarm Friedrichs Werder	491,2
Grippeler See	497,8
Elbhaken bei Kaltenhof	505,5
Altwässer bei Wulfsahl	507,0 - 508,5
Altarm und Hafen bei Damnatz	509,2 - 509,6
Altwässer bei Uhlenhorst und Jasebeck	512,0 - 513,0
Altarm oberhalb Wussegerl	519,5
Alte Jeetzel	523,7
Thießauer Hafen	528,0
Altwässer bei Walmsburg	536,5 - 540,0
Altwasser und Hafen bei Alt Garge	543,3 - 544,0
Altarme, Altwässer und Hafen bei Bleckede	548,0 - 552,0
Radegaster Haken	553,0
Altwässer und Altarme zwischen Brackede und Barförde	557,0 - 562,5

zwischen Lauenburg und Wehr Geesthacht (beide Uferränder) :

Lauenburger Hafen	569,3
Altwasser und Hafen bei Artlenburg	574,5
Tesper Hafen	579,0
Geesthachter Hafen und Schleusenanlagen	584,0 - 586,0
Buhnenfelder zwischen Lauenburg und Tesperhude	572,0 - 579,0

zwischen Wehr Geesthacht und Hamburger Stromspaltungsgebiet:

Altwässer bei Laßrönne	595,0
Hafen und Buhnenfelder bei West Krauel	597,0
Ilmenaumündung mit Altarmen und Häfen	599,0
Baggerloch bei Overhaken	606,0
Oortkatener Hafen	607,2

im Hamburger Stromspaltungsgebiet:

alle Hafengebiete und kleine (Vor-) Häfen	
Uferzonen zwischen Bunthauspitze und Harburger	609,0 - 613,0
Elbbrücken insbesondere Heuckenlock	612,8

in der Tideelbe unterhalb Hamburgs:

alle Häfen, auch kleine Sportboothäfen	
Mühlenberger Loch	632,0 - 636,0
Hahnöfer Nebengelbe	636,0 - 643,6
Fährmannssand	643,8 - 649,0
Lühesander Süderelbe	647,6 - 650,8
Dwarsloch	653,2
Haseldorfer Binnenelbe	650,0 - 658,0
Pagensander Nebengelbe	658,0 - 664,0
Schwarztonnensand	663,0 - 667,5
Ruthenstrom	670,0
Glückstädter Nebengelbe	671,2 - 676,5
Brammer Bank	677,0 - 680,0
Wischhafener Süderelbe	676,0
Freiburg Reede	682,3
Böschrücken	687,0 - 693,0
Neufelder Rinne	702,0 - 710,0
Medemgrund	714,0 - 724,0
Neufelder Watt	706,0 - 714,0

7.5 WIEDERANSCHLUSS ABGETRENNTER NEBENGEWÄSSER AN DIE TIDEELBE

In der Diskussion um die Gewässergüteprobleme der Elbe wird häufig die Wiederangliederung abgetrennter Nebengewässer an die Tideelbe, wie z. B. der Alten Süderelbe bei Finkenwerder, der Borsteler Binnenelbe bei Hahnöfer Sand und der Haseldorfer Binnenelbe, zur Stärkung des Selbstreinigungsvermögens der Elbe angeregt. Diese, ursprünglich dem Wechsel von Ebbe und Flut ausgesetzten Nebengewässer sind heute nur noch durch kleine Be- und Entwässerungsbauwerke mit der Elbe verbunden. Die Be- und Entwässerungsbauwerke sind jeweils nur kurzzeitig zur Regelung des nahezu konstanten Binnenwasserspiegels geöffnet. Ein tidebedingter Wasseraustausch zwischen diesen Nebengewässern und der Tideelbe findet nicht mehr statt. Die durch das Fehlen des Tideeinflusses bewirkte Änderung der Lebensbedingungen hat zwangsläufig zu Verschiebungen innerhalb der aquatischen Lebensgemeinschaft in den abgetrennten Nebengewässern geführt. Auch ein Austausch von biologischem Material ist aufgrund der nur kurzen Öffnungszeiten der Be- und Entwässerungsbauwerke nahezu vollständig unterbunden. Bei einem Wiederanschluß der abgetrennten Nebengewässer ist zu beachten, daß sich in der Zwischenzeit unter den herrschenden Bedingungen (Fehlen des Tideeinflusses) zum Teil eigenständige Biotope mit einem hohen Arten- und Individuenaufkommen entwickelt haben. Dies gilt auch für die Ufervegetation einschließlich der Vogelwelt. In der Argumentation für einen Wiederanschluß dieser Gewässer an die Tideelbe wird häufig auf den Beitrag der Nebengewässer für die Selbstreinigung der Elbe hingewiesen. Tatsächlich sind jedoch im Falle des Wiederanschlusses an die Tideelbe wie die in diesem Zusammenhang durchgeführten Berechnungen gezeigt haben die jeweils ausgetauschten Wassermengen im Vergleich zum Hauptstrom so klein, daß selbst unter der Annahme eines vollständigen Abbaues der sauerstoffzehrenden Stoffe und eines extremen Sauerstoffeintrages bis auf 100 % Sättigung

die Auswirkungen in der Elbe selbst so gering sind, daß sie nicht meßtechnisch erfaßt werden könnten. Die Nebengewässer sollten deshalb von ihrer Funktion her nicht quasi als Ersatz für fehlende Klärwerkskapazitäten betrachtet werden. Die entscheidende Bedeutung der Nebengewässer liegt vielmehr in ihrer Funktion als Biotopelement, also als ökologische Basis für die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Elbe. Ob nach dem Wiederanschluß aufgrund von Bestandsdruckänderungen tatsächlich eine zusätzliche Beimpfung der Hauptelbe mit biologischem Material aus den Nebengewässern erfolgen würde, ist nach den derzeitigen Erkenntnissen nicht sicher, da die Nebengewässer Alte Süderelbe und Borsteler Binnenelbe nicht direkt am Elbstrom, sondern an dem hochwertigen Flachwasserbiotop Hahnöfer Nebelbe/ Mühlenberger Loch grenzen. Von diesem ausgedehnten Flachwasserbiotop mit sehr hohen Arten- und Individuenbeständen erfolgt bereits eine biologische Beimpfung der Hauptelbe. Entsprechendes gilt für den abgetrennten Teil der Haseldorfer Binnenelbe, dem ebenfalls ausgedehnte Flachwasserbiotope mit artenreichem Bestand, wie z. B. Dwarsloch, Haseldorfer Binnenelbe, Drommel/Pagensander Binnenelbe, vorgelagert sind.

Auch die Frage des möglichen Schadstoffeintrages in diese biologisch hochwertigen, aber auch sensiblen Nebengewässer bedarf einer sorgfältigen Prüfung. Ein Wiederanschluß der abgetrennten Nebengewässer erscheint deshalb zur Zeit nur dann erwägenswert, wenn in dem jeweiligen Bereich der Hauptelbe keine nennenswerte andere ökologische Basis zur Besiedlung zur Verfügung steht und die Ausgliederung des Nebengewässers erst vor kurzem erfolgte, so daß der Einfluß der neuerlich einschwingenden Tide schon innerhalb eines kurzen Zeitraumes wieder zur Ausprägung der ehemals vorhandenen Biozönosen führt.

Die vorstehenden Erläuterungen verdeutlichen, daß für die Entscheidung, ob ein Wiederanschluß der Gewässer aus gesamtökologischer Sicht zu befürworten ist, für jeden Einzelfall umfangreiche naturwissenschaftliche Grundsatzuntersuchungen erforderlich sind. Wie z. B. im Falle der ehemals durchströmten Alten Süderelbe ist zu beachten, ob und in welchem Maße bei einer Öffnung durch eine erhebliche Verlandung eine Verringerung des aquatischen Lebensraumes eintritt.

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Gewässerökologischen Studie werden neben der Entwicklungsgeschichte und der Hydrographie der Elbe insbesondere die Ausbaumaßnahmen und deren Auswirkungen auf das hydrologische und ökologische System in der Elbe behandelt. Darüber hinaus wird das Selbstreinigungsvermögen der Elbe beschrieben und der damit im Zusammenhang stehende Einfluß auf den Sauerstoffhaushalt dargestellt. Die Bedeutung der einzelnen Stromreviere für die aquatischen Lebensgemeinschaften und folglich auch für die biologische Produktion der Elbe werden beispielhaft aufgezeigt und der Wiederanschluß abgetrennter Nebengewässer zur Stärkung der ökologischen Basis und zur Erhöhung der Selbstreinigungskraft diskutiert. Auf die Darstellung der Funktion des Ökosystems Elbe für die Vogelwelt wird im Rahmen dieser Studie verzichtet. Diese Thematik ist bereits in zahlreichen Veröffentlichungen behandelt.

Die im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse zeigen u. a., daß sich die ökologische Basis in der Elbe, also die in den Vordeichsländereien liegenden tidebeeinflußten Priel- und Marschgräben, die Wattgebiete, die Flachwasserbereiche und die Nebengewässer, aufgrund der umfangreichen Ausbaumaßnahmen seit Beginn dieses Jahrhunderts in der Tideelbe zwischen Hamburg und Brunsbüttel bzw. Cuxhaven zum Teil erheblich verändert (Flächenverschiebung) und verringert (Flächenverlust) hat. Es ist davon auszugehen, daß durch den Fortfall von wichtigen Fortpflanzungs-, Aufwuchs-, Nahrungs- und Fluchtbiotopen eine Reduktion der für die Elbe typischen Organismenarten, besonders aber der verschiedenen Bestände eingetreten ist. Gleichwohl ist der biologische Wert der verbliebenen ökologischen Basis nach wie vor als außerordentlich hoch einzustufen; von ihr geht im wesentlichen immer noch die Besiedlung der gesamten Tideelbe aus.

Bezogen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe bedeutet der Fortfall von Flachwasserbereichen und Wattzonen aufgrund der umfangreichen anthropogenen Eingriffe in das Ökosystem Tideelbe zwischen Hamburg und Brunsbüttel bzw. Cuxhaven seit Beginn dieses Jahrhunderts eine Schwächung. Die Höhe des atmosphärischen und biogenen Sauerstoffeintragsverlustes schwankt in Abhängigkeit verschiedener Randbedingungen wie z. B. Jahreszeit (Vegetationsperiode), O_2 -Sättigungsgrad, Windgeschwindigkeit und Oberwasserabfluß; in den Sommermonaten ist der gesamte Sauerstoffeintragsverlust bei Windstille größenordnungsmäßig mit rd. 100 t O_2 /d gegenüber dem Zustand um die Jahrhundertwende zu veranschlagen. Theoretisch würde diese Sauerstoffmenge ausreichen, den täglich anfallenden biochemischen Sauerstoffbedarf ($BSB_5 = 60 \text{ g } O_2/\text{Einwohner Tag}$) des unbehandelten Abwassers von rd. 1,6 Mio Einwohnern zu decken. Ein derartiger Vergleich ist zwar streng naturwissenschaftlich gesehen nicht zulässig; er verdeutlicht jedoch in anschaulicher Weise, daß der durch Ausbaumaßnahmen bedingte Sauerstoffeintragsverlust eine wasserwirtschaftlich bedeutende Größenordnung aufweist. Die hochgradige Überbeanspruchung des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe ist jedoch nur zu einem Teil auf die Sauerstoffeintragsverluste und die Verringerung der spezifischen Oberfläche durch die Fahrrinnenvertiefungen zurückzuführen. Durch das Zusammenwirken mit der außerordentlich hohen Belastung der Elbe mit sauerstoffzehrenden Substanzen sinken die Sauerstoffgehalte in der warmen Jahreszeit weit unter den für das Überleben der Fische erforderlichen Mindestwert von 2 - 3 mg O_2 /l, zum Teil bereichsweise unter 0,5 mg O_2 /l ab. Die hochgradige Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen wird in erster Linie durch die Vorbelastung in der Größenordnung von 500 - 1.000 t O_2 /d in der Sommersituation und 1.000 - 2.000 t O_2 /d in der Wintersituation aus dem oberhalb von Schnackenburg gelegenen Einzugsgebiet verursacht. Die sich aus der Einleitung von vollbiologisch-gereinigten Abwässern aus dem gesamten zur Bundesrepublik Deutschland gehörenden

Einzugsgebiet ergebende Restbelastung liegt im Vergleich zur Vorbelastung in der Regel unter 10 %.

Weitere nur beispielhaft angenommene Aufspülungen von Baggergut im Bereich der Hahnöfer Nebenelbe, des Schwarztonnensandes, der Brammer Bank und des Böschrückens würden zu einem atmosphärischen und biogenen O₂-Eintragsverlust führen, der größenordnungsmäßig bei 200 - 300 t O₂/d läge. Das Niveau des Sauerstofftals würde bei vergleichbarer Belastungssituation der Elbe noch weiter als bisher absinken und die Ausdehnung dieser besonders für das aquatische Leben kritischen Zone zunehmen. Die zur Zeit bei kritischen Sauerstoffverhältnissen auch intensiv als Ausweichbiotope genutzten Flachwasser- und Wattgebiete würden durch Aufspülungen den dort vorkommenden Lebensgemeinschaften als ökologische Basis entzogen werden. Diese Einengung der Überlebensmöglichkeiten im Bereich des voll ausgeprägten Sauerstofftals würde sich auch auf die Bestände ober- und unterhalb der kritischen Zone schädigend auswirken: anadrome und katadrome Wanderfische könnten den in bestimmten Jahreszeiten sehr sauerstoffarmen Wasserkörper in der Hauptelbe nicht mehr seitlich durch das sauerstoffreichere Wasser der Nebenarme mit ihren Flachwasserbereichen und überfluteten Wattflächen umgehen. Laich- und Futterplätze ober- und unterhalb dieser biologischen Sperre könnten nicht mehr angeschwommen werden; eine Bestandsabnahme als Langzeiteffekt wäre die Folge. Eine ebenfalls nur beispielhaft angenommene Verfüllung der Bühnenfelder im Elbabschnitt zwischen Schnackenburg und Wehr Geesthacht würde überschlagsmäßig zu einem atmosphärischen und biogenen Sauerstoffeintragsverlust von rd. 90 t O₂/d in diesem Bereich führen. Durch den Fortfall dieser Litoralzone würde den dort lebenden Organismenbeständen nahezu die gesamte ökologische Basis entzogen werden. Ausweichmöglichkeiten für die betroffenen Bestände ständen bis auf einige Altwässer und Häfen nach der dann vollständigen Kanalisierung der Elbe in diesem Bereich kaum zur Verfügung. Die Stromrinne selbst bietet keine dauerhaften Besiedlungsmöglichkeiten z. B. für die meisten der in diesem Elbabschnitt vorkommenden Fischnährtiere und Fische. Aus diesem Grunde müssen die Bühnenfelder als ökologische Basis mit einer wichtigen Ausgleichsfunktion (Flachwasserbereiche mit schwacher Strömung) erhalten bleiben.

Neben der Bedeutung der einzelnen Stromreviere für die biologische Produktion der Elbe werden, zum Teil auch unter Berücksichtigung, fischereilicher Gesichtspunkte, Vorschläge z. B. für die Gestaltung und Unterhaltung der - aus gewässerbiologischer Sicht bedeutsamen Biotopelmente unterbreitet. Insbesondere wird auf die Gestaltung der Uferzone (Litoralbereich) eingegangen und darauf hingewiesen, daß grundsätzlich bei wasserbaulichen Maßnahmen eine flach verlaufende Uferzone mit Buchten und damit auch strömungsarmen Zonen sowie prielarten Nebengewässern anzustreben ist. Nur für den Fall, daß die Standsicherheit wichtiger Bauwerke, wie z. B. Deiche und Hafenanlagen, nicht mit einer natürlichen Ufergestaltung erreicht werden kann, sollten Materialien zur Ufersicherung eingesetzt werden, die dem Gewässer als Ökosystem am nächsten kommen, also eine möglichst intensive biologische Besiedlung gestatten. Aus diesem Grunde ist bei einem künstlichen Uferverbau darauf zu achten, daß von den gewählten Baumaterialien keine zusätzliche Gewässerbelastung ausgeht. Um weitere Schäden im Ökosystem Elbe zu vermeiden, dürfen zukünftige Strombaumaßnahmen, soweit sie die für die verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften der Elbe lebensnotwendige ökologische Basis und den Sauerstoffhaushalt betreffen, nur noch in Abstimmung mit den in Fragen der Gewässergüte der Elbe zuständigen Fachbehörden der entsprechenden Länder erfolgen.

Eine nachhaltige Verbesserung der Wassergüte der Elbe kann nur durch eine erhebliche Reduzierung der Belastung mit sauerstoffzehrenden Substanzen und insbesondere mit Schadstoffen, wie z. B. Schwermetallen und chlorierten Kohlenwasser-

stoffen, erreicht werden. Die tidebeeinflussten Priel- und Marschgräben der Außendeichsbereiche, die Wattgebiete und Flachwasserbereiche sowie die Nebengewässer - auch die abgetrennten Gewässerteile, wie z. B. Alte Süderelbe und Haseldorfer Binneneelbe, wenn sie wieder angeschlossen werden würden - können im Vergleich zur hochgradigen Belastung des Sauerstoffhaushaltes nur einen geringen und regional wirksamen Beitrag zur Selbstreinigung der Elbe leisten. Die überragende Bedeutung dieser Biotopelmente liegt in ihrer Funktion als ökologische Basis für die elbtypischen Lebensgemeinschaften.

9. LITERATURVERZEICHNIS

- ALBRECHT, M.-L. (1966): Die Elbe als Fischgewässer; WWT, 10: 461 - 465
- BAUCH, G. (1958): Untersuchungen über die Gründe für den Ertragsrückgang der Elbfischerei zwischen Elbsandsteingebirge und Boizenburg; Z. Fischerei N.F. 7: 161 - 437
- BORNE, M. v. d. (1882): Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs; Berlin (Moeser)
- BUBENDEY, J. F. u. LORENZEN, C. (1912): Der Hamburger Hafen und die Regulierung der Unterelbe; Hamburg
- BUCHHEISTER, W. u. BENSBERG, E. (1901): Hamburgs Führsorge für die Schiffbarkeit der Unterelbe; Hamburg
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1983): Jahresbericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde -BfG- 1982; Koblenz
- CASPERS, H. (1958): Biologie der Brackwasserzonen im Elbeästuar; Verh. internat. Ver. Limnol. XIII: 687 - 698; Stuttgart
- DAHL, H.-J. u. HECKENROTH, H. (1983): Ornitho-ökologische Untersuchungen zu Baggerarbeiten in der Unterelbe und zu geplanten Aufspülungen im Bereich Brammerbank; Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen - Beiheft - H. 61) S. 114; Hannover
- ECKOLDT, M. (1971): Die Elbe in Sachsen als Wasserstraße; Sächsische Heimat; H. 3
- ELBSTROMBAUVERWALTUNG (1898): Der Elbstrom; Bd. I, II, III; Berlin
- FAIST, H. (1966): 100 Jahre Wasserstraßenverwaltung in Magdeburg; WWT, H. 6
- FRANZIUS, L. u. BUECKING, H. (1895): Die Korrektio n der Unterweser; Leipzig
- FÜHRBÖTER, A. (1983): Über mikrobiologische Einflüsse auf den Erosionsbeginn bei Sandwatten; Wasser und Boden, 3, 106 - 116
- GAUMERT, D. (1981): Süßwasserfische in Niedersachsen, Arten und Verbreitung als Grundlage für den Fischartenschutz; Nieders. Minist. f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- GENIESER, K. (ca. 1960): Vom Laufe der Elbe in Vergangenheit und Gegenwart; in einer Zeitschrift der Zentralen Kommission Natur- und Heimatfreunde im Deutschen Kulturbund; Sachsenverlag, Dresden
- HAARMANN, K. (1976): Schutz, Pflege und Entwicklung der Feuchtgebiete internationaler Bedeutung in der Bundesrepublik Deutschland; Vogelwelt 97 (6): 223 - 231
- HENSEN, W. (1955): Stromregulierungen, Hafenbauten, Sturmfluten in der Elbe und ihr Einfluß auf den Tideablauf; Hamburg, Großstadt und Welthafen; Kiel

- HORN, A. v. (1902): Regulierung der Elbe von Hamburg bis Nienstedten; Zentralblatt der Bauverwaltung
- ILLIES, H. (1952): Die eiszeitliche Fluß- und Formgeschichte des Unterelbegebietes; Geol. Jahrbuch 66
- IMHOFF, K. u. K. R. (1976): Taschenbuch der Stadtentwässerung; R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
- KICKUTH, R. (1978): Elimination gelöster Laststoffe durch Röhrichtbestände; Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes, Heft 25: 57 - 69
- KNÖPP, H. (1966): Zum Stoffhaushalt der Donau; in: Limnologie der Donau, ed. R. Liepolt; Verlag Schweizerbart, Stuttgart; 97 - 119
- KÖTTER, F. (1961): Die Pflanzengesellschaften im Tidegebiet der Unterelbe; Arch. Hydrobiol./Suppl. Elbe-Aestuar, XXVI, 1, 1/2: 106 - 184
- KOOPS, H. (1960): Die Bedeutung der Staustufe Geesthacht für die Quappenfischerei der Elbe; Kurze Mitt. Inst. Fischereibiologie Univ. Hamburg, 10: 295 - 308
- KOTHE, P. (1961): Hydrobiologie der Oberelbe; Arch. Hydrobiol./ Suppl. xxvii 19 3/4
- KOTHE, P. (1983): Ufergestaltung bei Ausbau und Unterhaltung der Bundeswasserstraßen, 1. Limnologisch - ökologische Aspekte; aus: Jahresbericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde 1982
- KYSER, H. (1936): Über die Wasser- und Kraftwirtschaft der Saaletalsperren; Dtsch. Wasserwirtschaft, H. 7
- LANG, A. W. (1970): Untersuchungen der morphologischen Entwicklung des südlichen Elbe-Ästuars von 1560 - 1960; Hamburger Küstenforsch., 5
- LELEK, A. (1976): Veränderungen der Fischfauna in einigen Flüssen Zentraleuropas (Donau, Elbe und Rhein); Schr.-R. Vegetationskd., 10: 295 - 308
- LIEBMANN, H. (1941/42): Die Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung für die biologische Wasseranalyse; Jahrbuch Vom Wasser 15
- LUCHT, F. (1964): Hydrographie des Elbe-Aestuars; Arch. Hydrobiol./Suppl. XXIX, II, 1/2
- MANN, H. (1964): Der Lachsfang in der Elbe, Weser, Rhein und die Ursachen seines Niederganges; Fischwirt 8: 213 - 308
- MANN, H. (1968): Die Beeinflussung der Fischerei in der Unterelbe durch zivili-satorische Maßnahmen; Helgol. wiss. Meeresunters. 17: 168 - 181
- MEISEL, K. (1935): Uferabbruch und Uferschutz an der Unterelbe; Die Bautechnik, H. 29
- MEISEL, KRESSNER, SCHULZ u. KLINGE (1950): Bilanzbericht über das Tidegebiet der Elbe; Hamburg, (unveröffentlicht)

- METSCHIES, W. (1939): Der Ausbau der Elbe zum schiffbaren Strom; Die Bautechnik, H. 45
- MÖLLER, H. (1983): Zweiter Zwischenbericht über den Stand des Forschungsvorhabens "Fischbestände und Fischkrankheiten in der Unterelbe"; Kiel, (unveröffentlicht)
- MUUS, B. J. u. DAHLSTRÖM, P. (1974): Süßwasserfische Europas; BLV Verlagsgesellschaft; München, Bern, Wien
- NEHLS, C. u. BUBENDEY, J. F. (1892): Die Elbe, Hamburgs Lebensader; Hamburg
- NÖTHLICH, I. (1972): Trophische Struktur und Bioaktivität der Planktongesellschaften im unteren limnischen Bereich des Elbe-Ästuar, Kriterien zur saprobiellen Einstufung eines Tidegewässers; Arch. Hydrobiol./Suppl. 4 (Elbe-Ästuar 4) 1: 33 - 117
- PAPE, A. (1952): Untersuchungen über die Erträge der Fischerei der Mittelelbe und die Auswirkungen ihres Ertragsniederganges; Z. Fischerei N.F., 1: 45 - 72
- PECHE (1931): Die Geschichte des Hadler Deiches und des Hadler Deichrechts; Otterndorf
- PETZEL, W. (1936): 70 Jahre Elbstrombauverwaltung; Mitt. Elbstrombauverwaltung, VII. Ausg.
- PFANNKUCHE, O., JELINEK, H. u. HARTWIG, E. (1975): Zur Fauna eines Süßwasserwattes im Elbe-Ästuar; Arch. Hydrobiol. 76, 4: 475 - 498
- PÖTZSCH, C. G. (1784): Chronologische Geschichte der großen Wasserfluthen des Elbstroms seit 1000 und mehr Jahren; Dresden, Bd. 1
- PÖTZSCH, C. G. (1786): dito 2 Bd. 2
- PÖTZSCH, C. G. (1800): dito, Bd. 3
- RAUCK, G. (1980): Mengen und Art vernichteter Fische und Krebstiere an den Rechen des Einlaufbauwerkes im Kernkraftwerk Brunsbüttel sowie Testversuche zur Reaktion von Fischen auf die Elektroscheuchanlage auf der Basis von dort anfallenden Fischproben; Veröff. Inst. Küsten- u. Binnenfischerei, 71
- REICHsverkehrsministerium (1935): Denkschrift über die Niedrigwasserregulierung der Elbe von der Reichsgrenze bis zur Seeemündung; Berlin
- RIEDEL-LORJÉ, J. C. (1980): Untersuchungen über den Indikationswert von Aufwuchs in Süß- und Brackwasserzonen des Elbe Aestuars unter Berücksichtigung industrieller Einleitungen; Dissertation des Fachbereichs Biologie der Universität Hamburg
- RIEDEL-LORJÉ, J. C. u. GAUMERT, T. (1982): 100 Jahre Elbeforschung. Hydrobiologische Situation und Fischbestand von 1842 - 1943 unter dem Einfluß von Sieleinleitungen und Stromverbau; Arch. Hydrobiol./Suppl. 61 (Untersuch. Elbe-Aestuar 5) 3: 317 - 376

- ROHDE, H. (1971): Eine Studie über die Entwicklung der Elbe als Schifffahrtsstraße; Mitt. Franzius-Inst. f. Grund- u. Wasserb. Techn. Univ. Hannover, 36: 17 - 241
- SCHULZ, H. (1951): Die Niedrigwasserregulierung der Elbe; Hamburg, (unveröffentlicht)
- SCHULZ, H. (1951): Die Entwicklung der Schiffbarkeit der Elbe oberhalb Hamburgs unter dem Einfluß der Niedrigwasserregulierung; Hamburg, (unveröffentlicht)
- SCHWOERBEL, J. (1974): Einführung in die Limnologie; Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SCHWOERBEL, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie; Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SIMON, W. G. (1965): Geschichte des Elbe-Ästuars von der Überflutung der Nordsee nach der letzten Vereisung bis zur Gegenwart, nach dem Stand der Kenntnisse von 1964; Abh. Naturwiss. Vereins Hamburg, Mitt. Geol. Landesamtes Hamburg, 53: 163 - 207
- STREBLE, H. u. KRAUTER, D. (1974): Das Leben im Wassertropfen; Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
- TEUBERT, O. (1912): Die Binnenschifffahrt; Bd. I. Leipzig
- TITTIZER, T. u. KOTHE, P. (1983): Zum Besiedlungsverhalten von im Wasserbau verwendeten Verklammerungssubstanzen; DGM 27, H.4
- TOMINAGA, H. u. ISHIMURA, S. (1966): Ecological studies on the organic matter production in a mountain river ecosystem; The Bot. Mag. 79: 815 829
- TUXEN, R. (1937): Die Pflanzengesellschaften NW-Deutschlands; Mitt. Flor. soz. Arbeitsgem. Niedersachsens, 3
- UHLMANN, D. (1975): Hydrobiologie; Gustav Fischer Verlag; Stuttgart
- VOLK, J. (1934): Die Entwicklung der Elbeschifffahrtsstraße; Zentralblatt der Bauverwaltung, H. 26
- WOLSTEDT, P. (1956): Die Geschichte des Flußnetzes in Norddeutschland und angrenzender Gebiete; Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 73 Öhringen/Württemberg

Die Länge der Elbe: 1094,26 km*

Bundesrepublik Deutschland	726,95 km
Tschechische Republik	370,74 km

Abfluss: Langjähriges Mittel

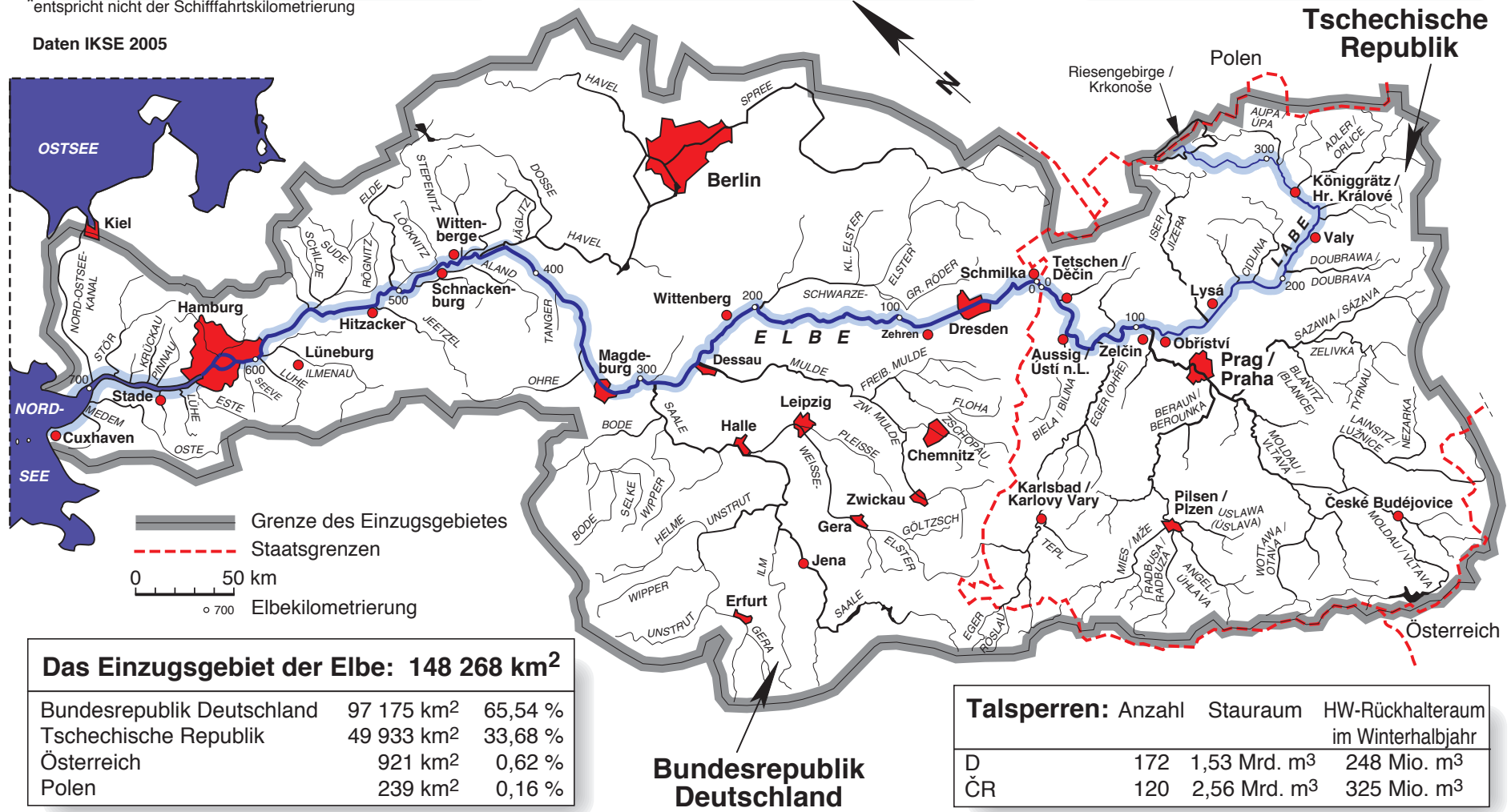
Grenze D/ČR	311 m ³ /s (10 Mrd. m ³ /a)
Mündung	~861 m ³ /s (~27 Mrd. m ³ /a)

Stauraum: seit 1100

Reduzierung von 620 000 ha auf 84 000 ha
(auf 14 % d. ursprüngl. Überflutungsfläche)

* entspricht nicht der Schifffahrtskilometrierung

Daten IKSE 2005



Das Einzugsgebiet der Elbe: 148 268 km²

Bundesrepublik Deutschland	97 175 km ²	65,54 %
Tschechische Republik	49 933 km ²	33,68 %
Österreich	921 km ²	0,62 %
Polen	239 km ²	0,16 %

Talsperren:	Anzahl	Stauraum	HW-Rückhalteraum im Winterhalbjahr
D	172	1,53 Mrd. m ³	248 Mio. m ³
ČR	120	2,56 Mrd. m ³	325 Mio. m ³

Abb. 2 (2005)

Das Einzugsgebiet der Elbe