

Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



WÄRMELASTPLAN FÜR DIE ELBE

von Schnackenburg
bis Cuxhaven
1973

Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe

Anfang 1975

Heinz Oltner

WÄRMELASTPLAN FÜR DIE ELBE

bearbeitet von dem

Arbeitsausschuß für die Wassergüte in der Elbe

Anschrift des
Arbeitsausschusses für die Wassergüte in der Elbe:

Dr. rer. nat. Fritz Lucht,
2 Hamburg 13, Moorweidenstraße 14

1. Vorwort

Die Elbe ist der größte Tidefluß Deutschlands. Sein Erscheinungsbild wird durch die natürlichen Bedingungen des Abflusses und der Tidebewegung ebenso bestimmt wie durch die zahlreichen Einflüsse der Zivilisation, die als Folge der mannigfaltigen Nutzung des Gewässers für die Wasserentnahme, zur Abwasserbeseitigung und durch die Schifffahrt entstehen. Wasserbauliche Eingriffe und behördliche Maßnahmen zum Schutze und zu höherer Leistung des Stromes wirken verändernd und erhaltend zugleich.

Will man die von der Natur und der Technik ausgehenden Einwirkungen auf den Fluß in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung ordnen mit dem Ziel, die Elbe als Lebensraum in ökologischer Hinsicht und als erholsame Umwelt für die Bevölkerung zu erhalten, dann müssen die wirksamen Faktoren durch Last- und Bewirtschaftungspläne so aufeinander abgestimmt werden, daß eine nachteilige Einwirkung auf das Gewässer ausgeschlossen ist.

Die Reinhaltung der Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland ist die gemeinsame Aufgabe der drei Länder Niedersachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein. Sie haben sich mit dem Bund, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrsdirektion Hamburg, 1964 zu einer Arbeitsgemeinschaft – Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe – zusammengeschlossen.

Der vorliegende Wärmelastplan wurde erarbeitet und wird herausgegeben von dem im Rahmen dieser Arbeitsgemeinschaft gegründeten Arbeitsausschuß.

2. Veranlassung und Aufgabenstellung

Der Anfall von Kühlwasser und erwärmtem Betriebsabwasser aus den bestehenden Kraftwerken und Industriebetrieben und die Zunahme der Wärmebelastung durch weitere Einleitungen aus neuen Anlagen zwingen dazu, einen Plan zur Beurteilung der bereits bestehenden und in Zukunft noch möglichen Wärmebelastung des Flusses aufzustellen.

Der vorliegende Plan ist deshalb eine Orientierungshilfe für künftige generelle Entscheidungen. Für den Einzelfall einer geplanten Nutzung des Vorfluters sind darüber hinaus stets die hydrologischen und ökologischen Verhältnisse am Standort zu prüfen.

3. Gewässerkundliche Grundlagen

Der Wärmelastplan bezieht sich auf die Elbe von Schnackenburg bis unterhalb von Cuxhaven.

Die rund 290 km lange Flußstrecke gliedert sich aus hydrologischen Gründen in fünf Abschnitte (Anlage 1):

1. — der untere Abschnitt des Binnenflusses — von Schnackenburg bis Hohnstorf (km 472,6 bis km 569)
2. — der Stauraum von Geesthacht — von Hohnstorf bis zum Wehr (km 569 bis km 586)
3. — das obere Tidegebiet — als Übergang zwischen Binnenfluß und Tidefluß, vom Wehr Geesthacht bis Bunthaus (km 586 bis km 610), in diesem Abschnitt beginnt die Gezeitenbewegung sich einzustellen

4. — das mittlere Tidegebiet — von Bunthaus bis Glückstadt (km 610 bis km 674)
5. — das untere Tidegebiet — von Glückstadt bis zur See, in dem außer den periodischen Änderungen des Wasserstandes und der Strömungsrichtung auch der für größere Tideflüsse charakteristische Wechsel in der qualitativen Beschaffenheit des Wassers durch die Mischungsvorgänge von Fluß- und Meerwasser im Rhythmus der Gezeitenbewegung vor sich geht.

In den einzelnen Flußabschnitten herrschen unterschiedliche Voraussetzungen und Bedingungen für die Aufnahme von Abwärme vor.

4. Wasserführung der Elbe

In dem Streckenabschnitt, in dem die Elbe als Binnenfluß anzusehen ist, wird der Abfluß am Pegel Neu Darchau bestimmt. Die Abflußdauerlinie des Pegels Neu Darchau gilt von Schnackenburg bis zur Wurzel der Stauhaltung von Geesthacht (Strom-km 569). Für diesen Flußabschnitt ist die Bezugswasserführung nach den Vorschlägen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser — LAWA — [1] bestimmt worden:

$$Q_T = 150 \text{ m}^3/\text{s}$$

In gleicher Weise wurde die Bezugswasserführung für den Stauraum von Geesthacht unter Berücksichtigung weiterer Zuflüsse auf Grund von Abflußmessungen berechnet auf:

$$Q_T = 200 \text{ m}^3/\text{s}$$

Im Tidegebiet gelten die durch Kubizierung ermittelten mittleren Durchflußmengen bei Ebbe und Flut, z. B. bei

Bunthaus	(km 610)	=	800 m ³ /s
Wedel	(km 639,5)	=	5 200 m ³ /s
Stadersand	(km 655)	=	7 940 m ³ /s
Brunsbüttel	(km 693)	=	17 000 m ³ /s
Cuxhaven	(km 725)	=	27 000 m ³ /s

Diese Durchflußmengen sind jedoch für die Berechnung der möglichen Wärmebelastung wegen der tidebedingten mehrmaligen Passagen durch den Einleitungsquerschnitt nicht in gleicher Weise in Rechnung zu stellen wie die Bezugswasserführung in Binnenflüssen.

5. Wassertemperatur der Elbe

Die Wassertemperatur in der Elbe wird an den im Lageplan (Anlage 1) verzeichneten Stationen täglich gemessen oder registriert. Außerdem wird sie monatlich in einer Längsprofilmessung aufgenommen.

Aus den regelmäßigen Temperaturmessungen der letzten 23 Jahre ist die Bezugswassertemperatur (s. Anl. 6) bestimmt worden. Sie bildet die Grundlage für die zulässige Erwärmung des Flusses aus Einleitungen. Die Ergebnisse lassen sich in einem Temperaturlängsschnitt der Elbe für jeden Monat darstellen. Als Beispiel ist der August 1972 gewählt worden — ein charakteristisch warmer Monat (Anlage 2).

6. Wassergüte der Elbe

Die zulässige Temperaturerhöhung der Elbe muß wegen der damit verbundenen Steigerung der

wasser berücksichtigen. Dies ist geschehen auf Grund der alljährlichen Gütebewertung der Elbe, hier dargestellt für das Abflußjahr 1972 (Anlage 3).

Die unterschiedlichen hydrologischen und ökologischen Verhältnisse im Tidegebiet der Elbe und die zu erwartenden Abwärmeeinleitungen zwingen zur Festsetzung einer differenzierten Abstufung der Grenztemperatur und der Aufwärmspannen (Anlage 6).

Im Abschnitt von Schnackenburg bis Hamburg ist eine Abstufung der Grenztemperatur und der Aufwärmspanne nicht erforderlich (Anlagen 5 und 6).

Die im Wärmelastplan enthaltenen Aufwärmstufen berücksichtigen ferner die natürlichen Schwankungen der Wassertemperatur im Laufe eines Jahres.

7. Derzeitige Nutzung der Elbe für Kühlzwecke

Im Streckenabschnitt zwischen Schnackenburg und dem Wehr Geesthacht ist bei Alt-Garge (Strom-km 542) ein konventionelles Kraftwerk mit einer Leistung von 150 MW vorhanden, in dem nur noch in den Wintermonaten Strom erzeugt wird. In den Wärmelastplan ist die Einleitung der Abwärme aus dieser Anlage nicht aufgenommen worden. Sie soll bis 1990 durch ein neues Werk ersetzt werden.

Die größte Menge an Abwärme wird z. Z. im Bereich des Hamburger Hafens durch die Wärmekraftwerke, die Hafenindustrie und die Schifffahrt zugeführt. Es ist dies der einzige Abschnitt in der Elbe, in dem eine Temperaturerhöhung des Flußwassers festgestellt werden kann. Sie beträgt im Mittel etwa 1° C. Die übrigen Kraftwerke am Strom verursachen nur im Nahbereich des Auslaßbauwerkes eine deutlich meßbare, zusätzliche Erwärmung.

ist nach der vorliegenden Erfahrung unerheblich und außerdem schwierig zu erfassen. Angesichts der großen Wasserführung kann dieser Anteil in dem Wärmelastplan vernachlässigt werden.

8. Grenztemperaturen und Aufwärmspannen

Maßgebend für die im Wärmelastplan enthaltenen Grenztemperaturen und Aufwärmspannen sind die in der Elbe vorherrschenden hydrologischen, chemischen sowie die biologischen Voraussetzungen und Bedingungen. Es mußte daher in einigen Punkten von der Bundestagsdrucksache VI/3052 [3] und den Empfehlungen der LAWA [1] abgewichen werden.

Für die Elbe gelten folgende Grenzwerte:

1. Die zusätzliche Erwärmung des Flußwassers über die Bezugswassertemperatur darf auf der Strecke Schnackenburg bis Brunsbüttel (Strom-km 472,6 bis km 695) nicht mehr als 3° C und auf der Strecke Brunsbüttel bis zur See (gem. Anlage 6) wegen der hier vorherrschenden ökologischen Verhältnisse nicht mehr als 2° C betragen.

2. Nach Durchmischung des Kühlwassers mit dem Flußwasser in der Elbe können die im Wärmelastplan eingetragenen Höchsttemperaturen kurzfristig zugelassen werden. Es sind dies auf der Strecke

Schnackenburg bis unterhalb Wedel (Strom-km 472,6 bis 644)	28° C
unterhalb Wedel bis Glückstadt (Strom-km 644 bis 674)	28–27° C
Glückstadt bis Brunsbüttel (Strom-km 674 bis 695)	27–26° C
Brunsbüttel bis Altenbruch (Strom-km 695 bis 720)	26–24° C
Altenbruch bis zur See (ab Strom-km 720)	24–23° C

3. In der unmittelbaren Umgebung des Kühlwasserrückgabebauwerkes, die den örtlichen Verhältnissen entsprechend festgelegt wird, muß die Höchsttemperatur des Elbewasser/Kühlwassergemisches bis auf die in Anlage 6 eingetragenen Grenztemperaturen abgeklungen sein.

9. Besondere Vorschriften für die Einleitung von erwärmtem Kühlwasser in die Elbe

Der Wärmelastplan der Elbe muß entsprechend der Entwicklung ergänzt und berichtigt werden.

Für den Einzelfall einer geplanten Kühlwasser-einleitung sind deshalb stets die hydrologischen und ökologischen Verhältnisse am Standort gründlich zu untersuchen. Dabei soll vermieden werden, daß die auf den gesamten Durchfluß bezogene zulässige Wärmeeinleitung durch Anlagen an einem Ufer voll ausgeschöpft wird.

Die Rückgabebauwerke sind so auszulegen, daß Maßnahmen zur künstlichen Belüftung getroffen werden können, um die Belastung des Sauerstoffhaushalts in dem durch das Kühlwasser erwärmten Streckenabschnitt auszugleichen.

Für den tidefreien Teil der Elbe gilt, daß die beabsichtigte Einleitung von Abwärme aus einer Anlage unter Umständen durch Kühltürme begrenzt werden muß, damit die Aufwärmung bis zum Standort der nächsten weitgehend abklingen kann und eine ökologische Erholungszone im Flußlauf verbleibt (s. schematische Darstellung in Anlage 5).

Im Tidegebiet der Elbe stellen die Ebbe- und Flutwege natürliche Abkühlungsstrecken dar. Sie bestimmen zugleich den Standort weiterer Anlagen mit größeren Wärmeeinleitungen. Eine weitere Wärmezufuhr darf erst dann erfolgen, wenn die durch den Ebbstrom mitgeführte Restwärme zusammen mit der neuen Einleitung nicht zur Überschreitung der Grenztemperatur führt.

Lageplan mit den Meßstellen an der Elbe von Schnackenburg bis Cuxhaven

Jede Einleitung von Abwärme in die Elbe ist durch geeignete ortsfeste Einrichtungen und durch Wiederholungsmessungen der Wassertemperatur im Fluß zu überwachen. Dabei sollen in der Regel die drei Hauptpunkte der Abkühlungskurve erfaßt werden, wenn die hydrologischen Verhältnisse in der Umgebung des Standortes nichts anderes erfordern.

1. Die Höchsttemperatur nach Sofortdurchmischung im unmittelbaren Nahbereich des Kühlwasserrückgabebauwerkes gem. Abschnitt 8.3.
2. Der Verlauf der Isotherme $1/2 \Delta T$ in der Umgebung der Einleitung zu verschiedenen Tidezeiten
3. Das Abklingen der künstlichen Erwärmung bis auf 1°C über Gleichgewichtstemperatur

10. Berechnungsmethode

Die Berechnung der Wärmebelastung in der Elbe kann nach den von der LAWA [1, S. 62] angegebenen Formeln durchgeführt werden. Für das Tidegebiet ist jedoch eine Umformung zweckmäßig, wie sie Kuhn [10] vorgeschlagen hat, wobei die besonderen Aspekte der Tidebewegung – Ausbreitung der Erwärmung in einer bestimmten Flußstrecke, die durch die Länge der Ebbe- und Flutwege gegeben ist, und die von Ort zu Ort verschiedene Häufigkeit der Passagen eines Wasserkörpers an dem Einleitungsbauwerk – berücksichtigt werden. An Stelle des sehr veränderlichen Parameters der Wassertiefe wurde die Durchflußmenge Q_D und die Oberfläche, unter der sich der Gezeitenstrom auszubreiten vermag, in die Gleichung eingesetzt.

$$\Delta T = \Delta T_1 \cdot e^{-F/Fa}$$

ΔT = Erhöhung der Wassertemperatur über die Gleichgewichtstemperatur am Ende des Ebbe- oder Flutweges in $^\circ \text{C}$

ΔT_1 = Erhöhung der Wassertemperatur über die Gleichgewichtstemperatur nach Durchmischung des Kühlwassers mit dem Flußwasser in $^\circ \text{C}$

F = Wasseroberfläche (Mittel aus Ebbe- und Flutweg sowie der Flußbreite bei $T^{1/2}$ w in km^2)

Fa = Relaxationsfläche in km^2 nach Kuhn [10]

$$Fa = \frac{e \cdot c \cdot Q_D}{A}$$

e = Dichte des Wassers in t/m^3

c = spez. Wärme des Wassers in $\text{Mcal/t} \cdot ^\circ \text{C}$

Q_D = mittlere Durchflußmenge durch den Einleitungsquerschnitt in m^3/s

A = Wärmeaustauschfaktor in $\text{W/m}^2 \cdot \Delta T$

Bei der Anwendung der Gleichung auf einen Tidefluß muß die Rechnung für jede einzelne Ebbe- und Fluttide gesondert vorgenommen werden, entsprechend der Häufigkeit, mit der das Flußwasser an dem Einleitungsbauwerk vorbeigeführt wird. Die mit der Gezeitenströmung vor sich gehende Verteilung der eingeleiteten Wärme ist schematisch in Anlage 4 dargestellt.

Unter Berücksichtigung der hydrologischen Voraussetzungen ist die Wärmebelastung der Elbe durch die vorhandenen und die im Bau befindlichen Kraftwerke und Industrieanlagen berechnet worden (s. Anlagen 5 und 6).

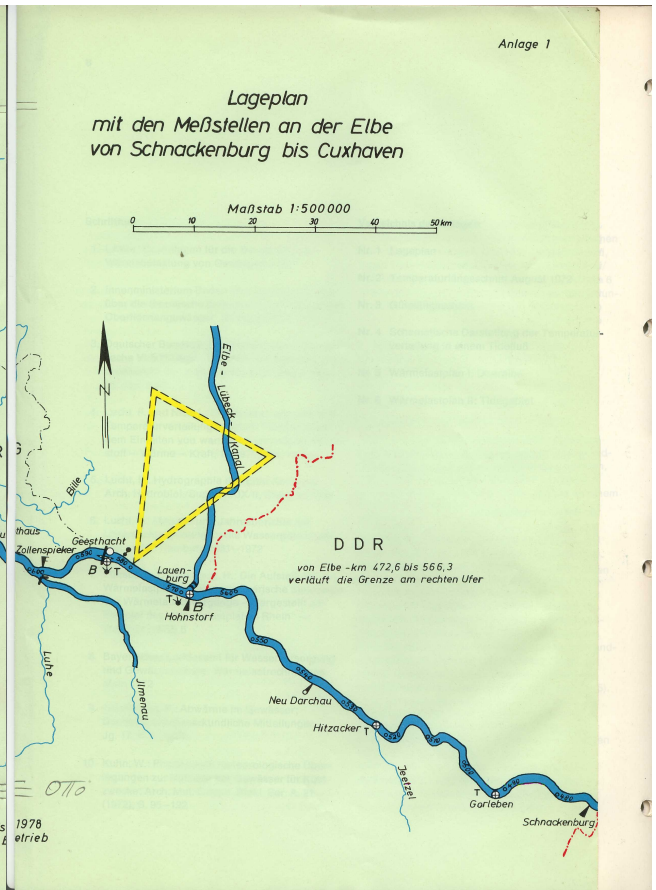
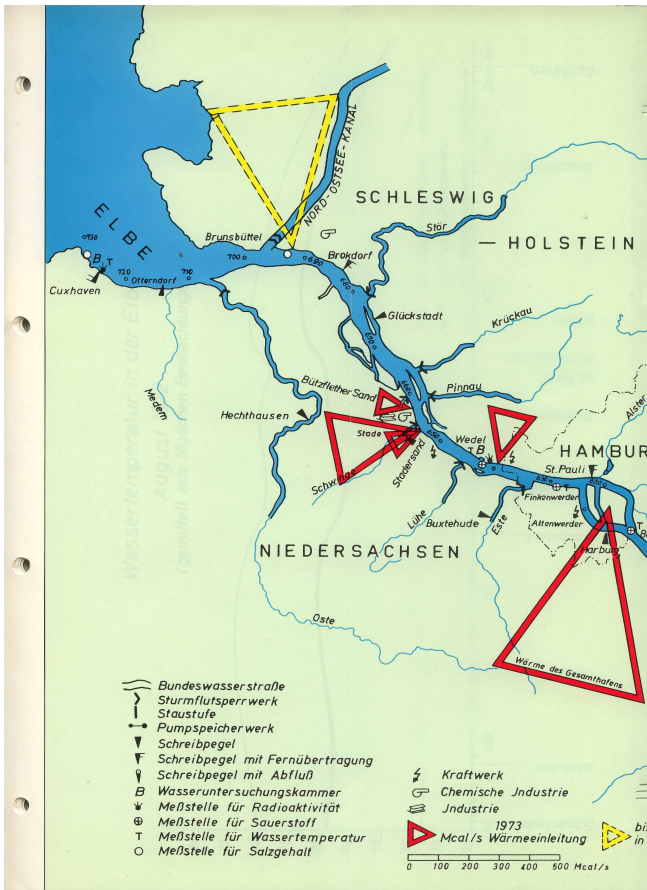
Die Ergebnisse der Berechnungen wurden an den vorhandenen Wärmeeinleitungen durch Messungen geprüft. Rechnung und Messung stimmten gut überein.

Schrifttum

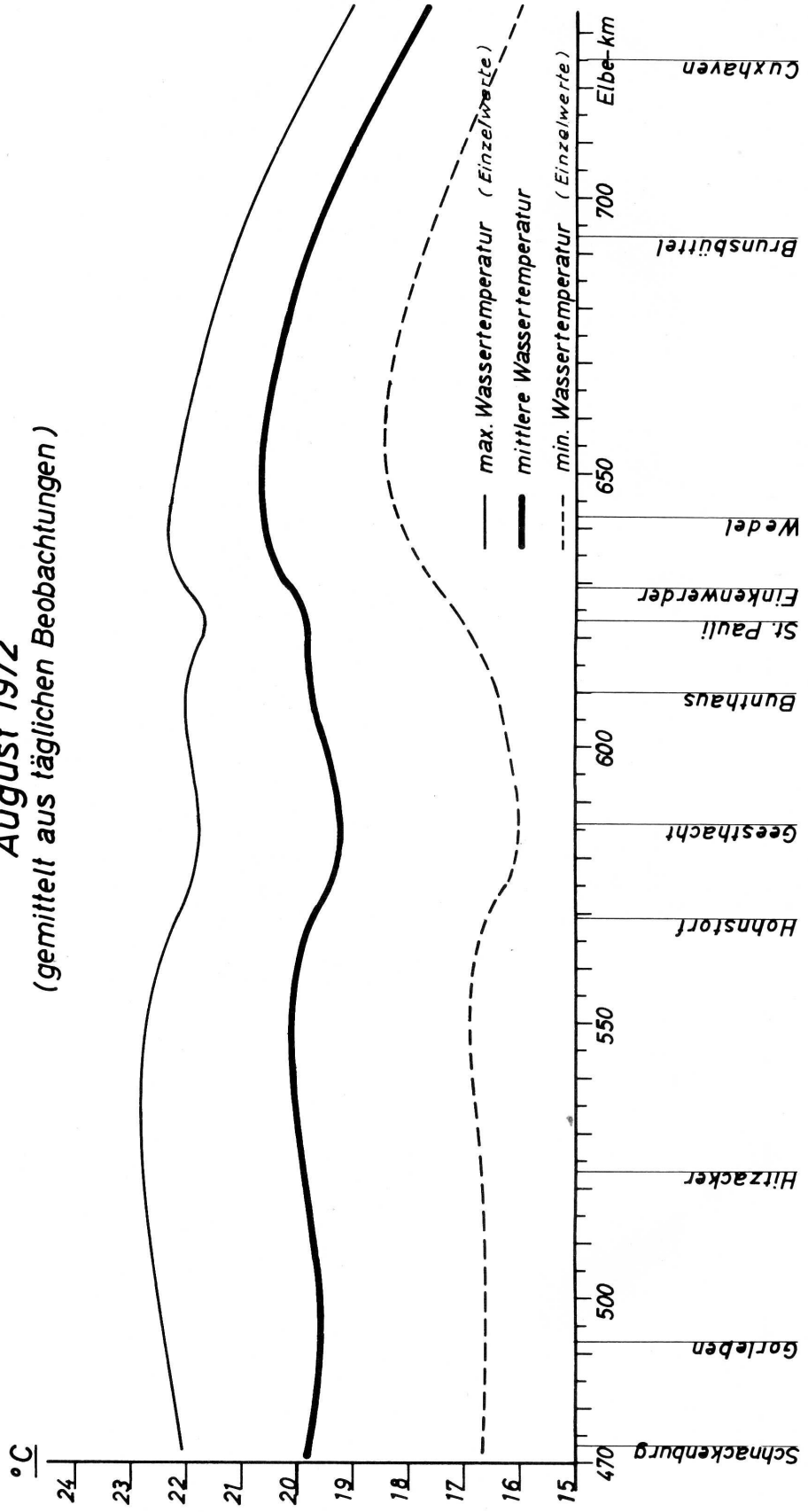
1. LAWA: Grundlagen für die Beurteilung der Wärmebelastung von Gewässern; 1971
2. Innenministerium Baden-Württemberg: Studie über die thermische Belastbarkeit der fließenden Oberflächengewässer; Stuttgart Sept. 1969
3. Deutscher Bundestag, 6. Wahlperiode, Drucksache VI/5052 betr.: Thermische Belastung von Gewässern durch Kernkraftwerke; Bonn, den 20. Jan. 1972
4. Lucht, F. und Niss, I.: Untersuchungen über die Temperaturverteilung in einem Tidefluß nach dem Einleiten von warmem Kühlwasser; Brennstoff – Wärme – Kraft, 12/1971, VDI-Verlag
5. Lucht, F.: Hydrographie des Elbe-Aestuars; Arch. Hydrobiol./Suppl. XXIX/II, Stuttgart 1964
6. Lucht, F.: Monats- und Jahresberichte der Untersuchungsstelle für die Wassergüte in der Elbe; WSD Hamburg 1951–1972
7. Flinsbach, D. und Fleig, H.: Die Aufstellung von Wärmelastplänen durch rechnerische Simulation der Wärmetauschvorgänge – dargestellt am Beispiel des „Wärmelastplanes Rhein“ –; Wawi 62 (1972) 5
8. Bayerisches Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz: Wärmelastrechnungen Main 1972
9. Günneberg, F.: Abwärme im Gewässer; Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 17, H. 1 (1973)
10. Kuhn, W.: Physikalisch meteorologische Überlegungen zur Nutzung der Gewässer für Kühlzwecke; Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. A. 21 (1972), S. 95–122

Verzeichnis der Anlagen

- Nr. 1 Lageplan
- Nr. 2 Temperaturlängsschnitt August 1972
- Nr. 3 Gütelängsschnitt
- Nr. 4 Schematische Darstellung der Temperaturverteilung in einem Tidefluß
- Nr. 5 Wärmelastplan I: Oberelbe
- Nr. 6 Wärmelastplan II: Tidegebiet



Wassertemperatur in der Elbe August 1972 (gemittelt aus täglichen Beobachtungen)



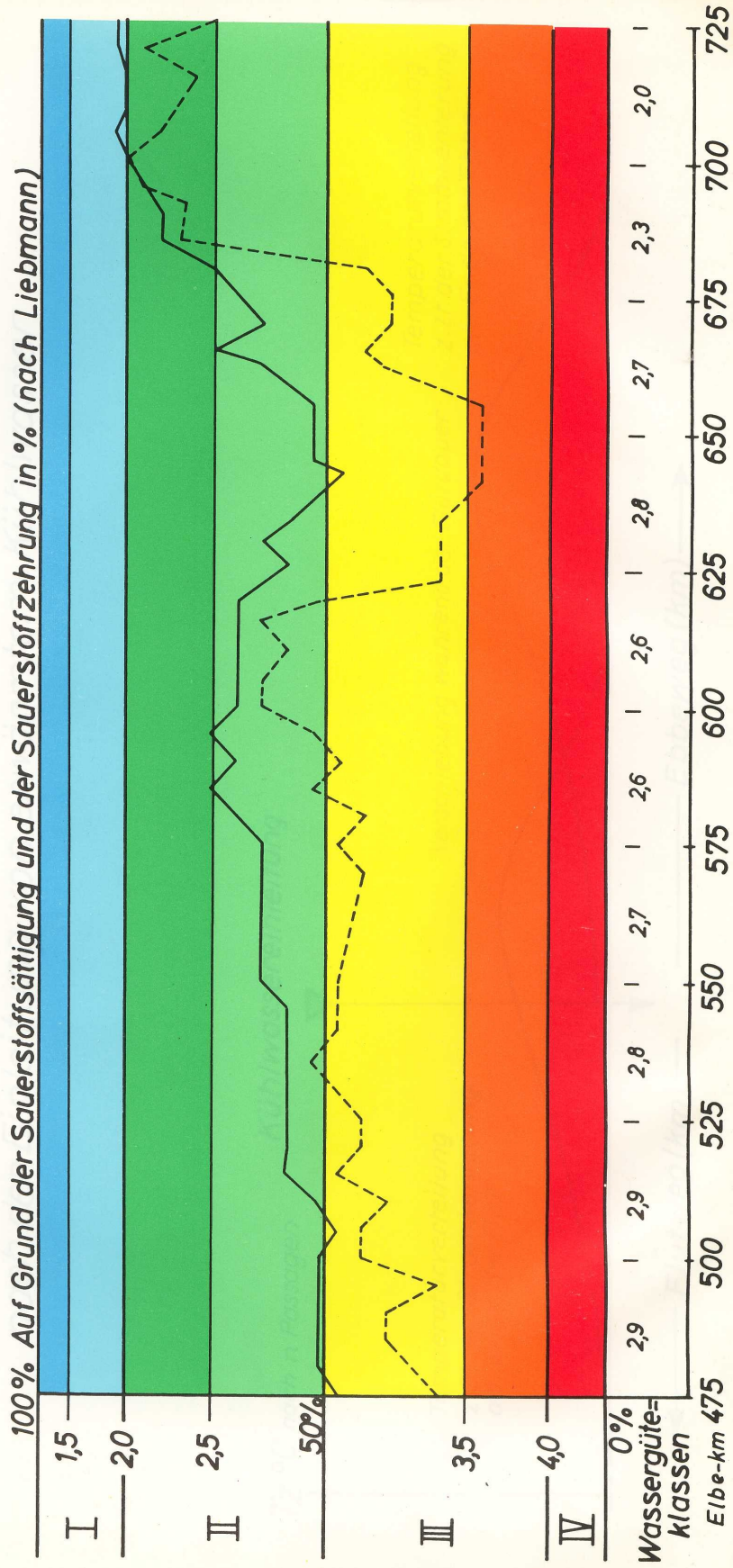
Schnackenburg
Gorleben
Hitzacker
Hohnsorf
Geesthacht
Bunthaus
St. Pauli
Finkenwerder
Wedel
Brunsbüttel
Cuxhaven

Untersuchungsstelle
für die
Wassergüte in der Elbe

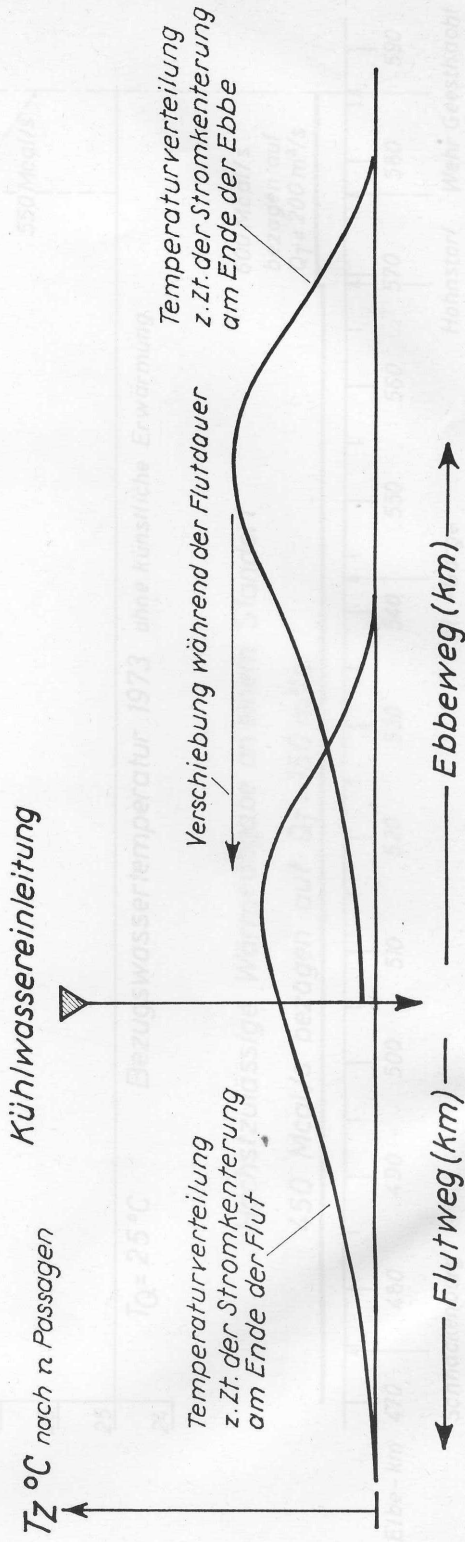
Gütebewertung des Elbewassers 1972 im Längsprofil Schnackenburg — Cuxhaven

Anlage 3

Schematische Darstellung der Temperatur- und Sauerstoffzehrung im Längsschnitt durch einen Tidefluß

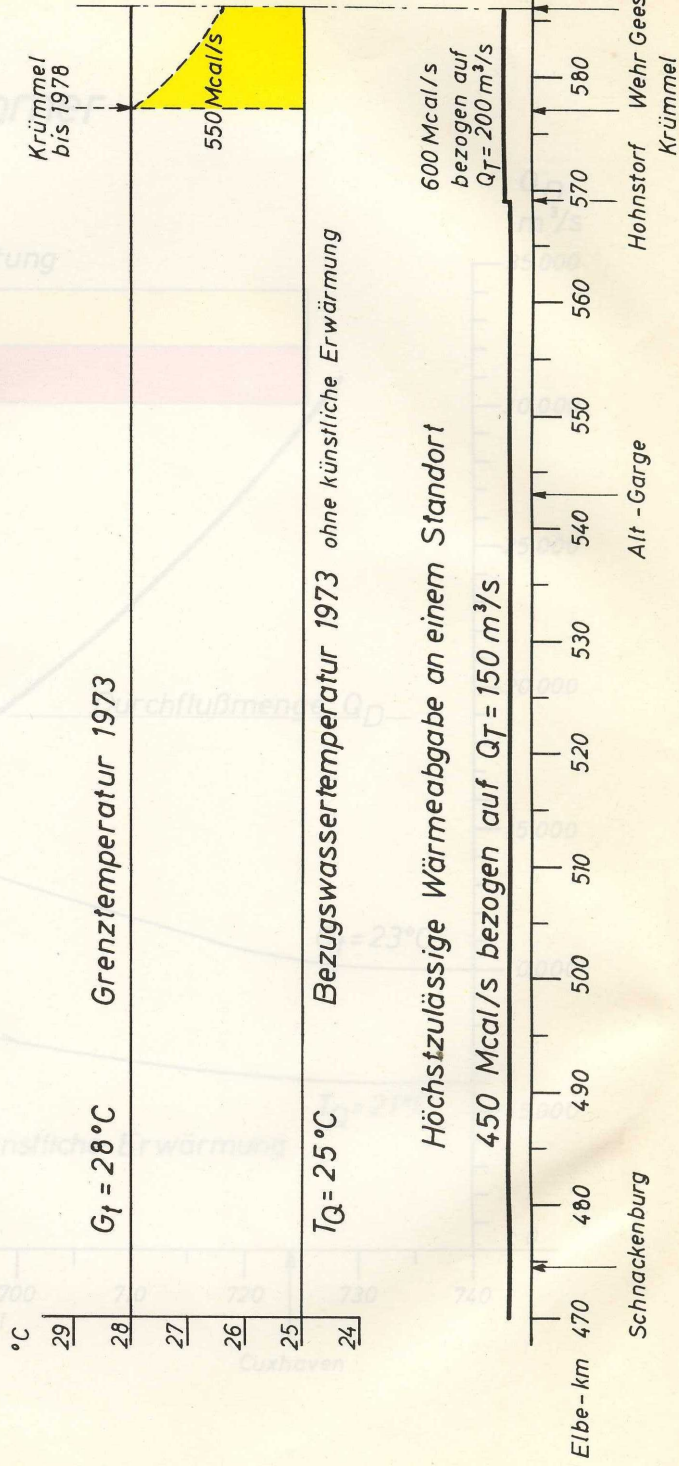


Schematische Darstellung der Temperaturverteilung
im Längsschnitt durch einen Tidefluß
nach der Einleitung von erwärmtem Kühlwasser



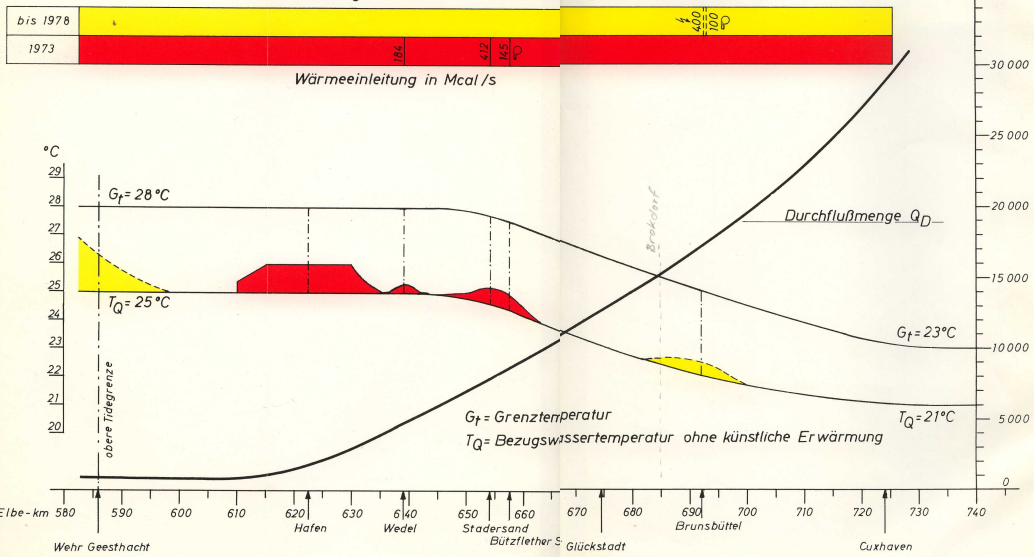
Temperaturvorhersage für die Elbe im Sommer — Wärmelastplan —

Berücksichtigt wurde die vorhandene und geplante Wärmebelastung



Temperaturvorhersage für die Elbe im Sommer — Wärmelastplan —

Berücksichtigt wurde die vorhandene und geplante Wärmebelastung



was ist mit kammernel?