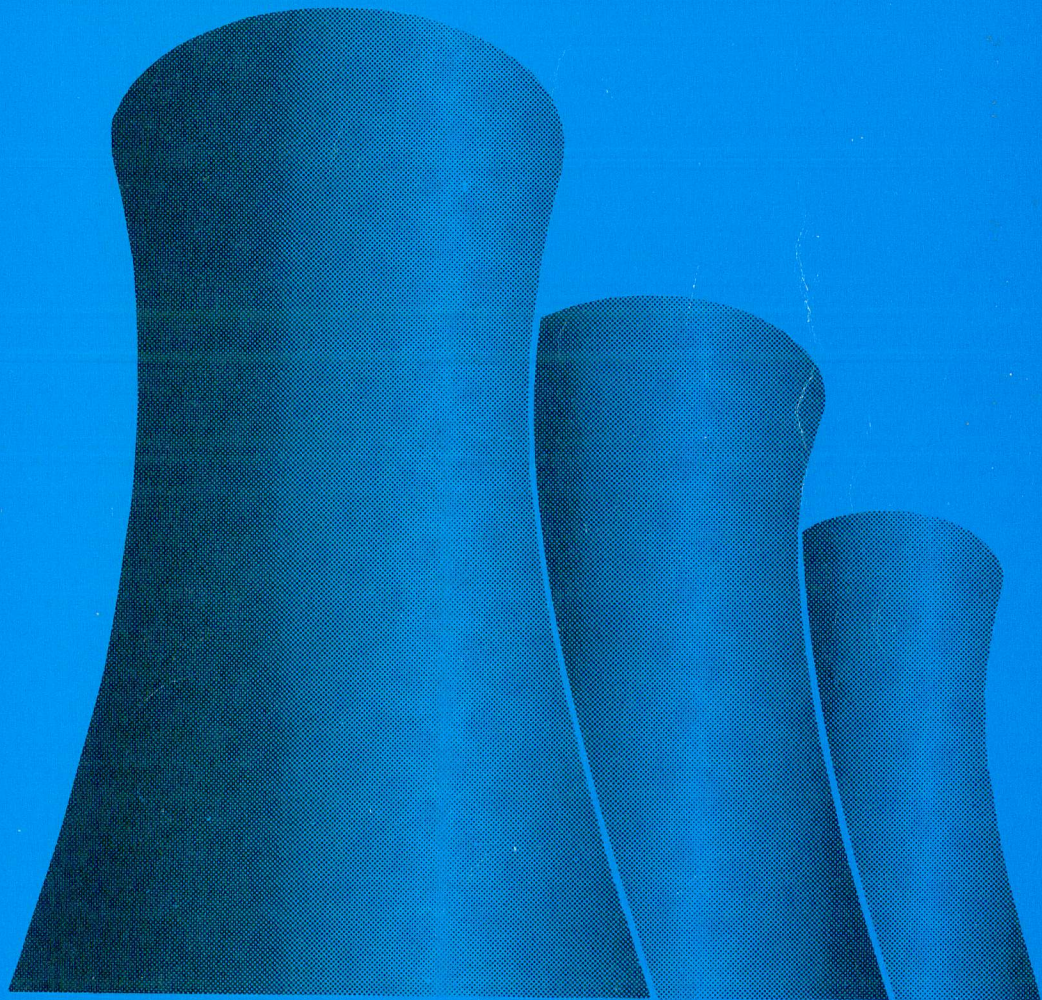


# Wärmelastplan WESER

1974



Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Weser



Dr. H. Neumann

# **Wärmelastplan Weser**

**1974**

Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Weser

Bremen, im Mai 1974

Bearbeitung: Arbeitsgruppe „Wärmelastplan Weser“  
Rechenanlage: IBM 370-158  
Programmierung: Rechenzentrum der bremischen Verwaltung  
Graphik: Wasserwirtschaftsamt Bremen  
Druck: Georg Appel, Bremen

Die weltpolitischen Ereignisse im Herbst 1973 haben wieder gezeigt, daß verschiedene Rohstoffe – wie z. B. Erdöl und Erdgas als Energiequellen – nicht unerschöpflich sind. Da aber die fortschreitende Industrialisierung und die steigenden Lebensansprüche zwangsläufig einen Mehrbedarf an Energie zur Folge haben, müssen andere Energiequellen stärker genutzt bzw. nutzbar gemacht werden.

Für die elektrische Energiegewinnung werden neben konventionellen Kraftwerken insbesondere Kernkraftwerke erstellt werden.

Für die Errichtung der Großkraftwerke werden verstärkt Standorte an großen Flüssen angestrebt, um die bei der Erzeugung von elektrischer Energie in erheblichem Umfang entstehende Abwärme in die Flüsse ableiten zu können.

An der Weser sind z. Z. neben konventionellen Kraftwerken ein Kernkraftwerk in Betrieb, ein zusätzliches ist bereits im Bau, weitere sind in der Planung.

Die mit der Kühlwassereinleitung verbundene Aufwärmung der Weser führt zu einer weiteren Belastung unseres ohnehin durch Abwassereinleitungen stark beanspruchten Gewässers.

Die Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Weser (Arge Weser), der die Länder Bremen, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen angehören, hat daher beschlossen, in einem Weserwasserlastplan die Gesamtbelastung des Flusses zu untersuchen. Damit sollen die Voraussetzungen geschaffen werden, daß der Fluß wieder zu einem gesunden Lebenselement wird.

Der vorliegende Wärmelastplan ist erster und vordringlichster Teil dieses Weserwasserlastplanes. In ihm werden die Flußtemperaturen ermittelt, die aufgrund der meteorologischen und hydrologischen Einflüsse sowie der vorhandenen und geplanten Wärmeeinleitungen zu erwarten sind.

Die Erkenntnisse aus diesen Berechnungen sollen den für die Wasserwirtschaft zuständigen Stellen als Entscheidungshilfe bei der Festlegung von neuen Kraftwerksstandorten und Industriensiedlungen dienen, nicht jedoch als alleiniges Argument über Zulassung oder Ablehnung eines Standortes. Auch werden in ihm keine Kühlkonzepte festgelegt. Dies obliegt der Industrie in Zusammenarbeit mit den für die Wasserqualität zuständigen Fachleuten.

Neben diesen rein technischen Ergebnissen ist der vorliegende Wärmelastplan gleichzeitig sichtbarer Beweis der guten Zusammenarbeit auch auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft zwischen den in der Arge Weser zusammengeschlossenen Ländern. Als derzeitiger Vorsitzender dieser Arbeitsgemeinschaft darf ich dem Wunsch Ausdruck geben, daß es auch für die Zukunft so bleiben möge, damit die Weser bald wieder den gestiegenen Ansprüchen an die Lebensqualität entspricht.

Bremen, im April 1974



Der Senator für das Bauwesen  
Bremen  
Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft  
der Länder zur Reinhaltung der Weser



## INHALTSVERZEICHNIS

1. **Einleitung**
2. **Aufgabenstellung**
3. **Gewässerschutz und Gewässergüte**
  - 3.1 Gewässerschutz
  - 3.2 Gewässergüte
4. **Berechnungsverfahren**
  - 4.1 Berechnungsverfahren für die Ober- und Mittelweser
  - 4.2 Berechnungsverfahren für die Unterweser
5. **Berechnungsdaten**
  - 5.1 Gewässerdaten der Ober- und Mittelweser
  - 5.2 Gewässerdaten der Unterweser
  - 5.3 Meteorologische Daten der Ober- und Mittelweser
  - 5.4 Meteorologische Daten der Unterweser
  - 5.5 Wärmeeinleitungen für die Berechnung
6. **Temperaturgrenzwerte im Gewässer**
7. **Erläuterungen zu den Temperaturlängsschnitten**
8. **Zusammenfassung und Schlußfolgerung**

## Anlagenverzeichnis

- |           |  |
|-----------|--|
| Anlage 1  | Übersichtskarte  |
| Anlage 2  | Gewässergütekarte  |
| Anlage 3  | Berechnungsschema Ober- und Mittelweser                              |
| Anlage 4  | Berechnungsschema Unterweser   |
| Anlage 5  | Hydrologische Daten und Wärmeeinleitungen                            |
| Anlage 6  | Temperaturlängsschnitte Sommer ( $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) |
| Anlage 7  | Temperaturlängsschnitte Herbst ( $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) |
| Anlage 8  | Temperaturlängsschnitte Winter ( $Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ )  |
| Anlage 9  | Temperaturlängsschnitte Herbst ( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ )    |
| Anlage 10 | Temperaturlängsschnitte Winter ( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ )    |

## 1. Einleitung

Die Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Weser — die „Arge Weser“ —, bestehend aus den Ländern Bremen, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, hatte aufgrund der zunehmenden Wärmebelastung der Weser beschlossen, durch eine Arbeitsgruppe den vorliegenden Wärmelastplan für die Weser erstellen zu lassen.

Bei der Betrachtung der Weser zwischen Hannoversch-Münden und Bremerhaven lassen sich gewässerökologisch drei Abschnitte unterscheiden:

- fließende Oberweser — von Hannoversch-Münden bis Minden —
- gestaute Mittelweser — von Minden bis Bremen —
- tideabhängige Unterweser — von Bremen bis Bremerhaven —

Der Einfluß der Weser als Wasserstraße auf die wirtschaftliche Erschließung der angrenzenden Gebiete sowie ihr Einfluß auf den Erholungswert für die umgebenden Mittelgebirgs- und Niederungslandschaften sind gleichrangig von großer Bedeutung. Eine überhöhte Wärmezufuhr aus Kühlwassereinleitungen wird die Flußökologie schwerwiegend schädigen. Deshalb ist es erforderlich, die thermische Belastung des Flusses jetzt und zukünftig zu ermitteln und Wärmelastpläne entsprechend dem jeweiligen Erkenntnisstand aufzustellen.

Die „Arge Weser“ ist sich bewußt, daß die Wärmebelastung nur einen Teil der Gesamtbelastung der Weser darstellt. Deshalb ist vorgesehen, unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieses Wärmelastplanes, einen „Weserlastplan“ zu erarbeiten.

## 2. Aufgabenstellung

Der steigende Energiebedarf erfordert den Ausbau vorhandener und die Erstellung neuer Kraftwerksanlagen.

Mit der Stromerzeugung ist ein beträchtlicher Anfall von Abwärme verbunden. Diese Abwärme wird derzeit immer noch aus wirtschaftlichen und technischen Gründen in die Flüsse abgeleitet. Bei konventionellen Kraftwerken müssen etwa 50% und bei Kernkraftwerken etwa 60% der zum Betrieb der Kraftwerke erforderlichen Primärenergie (aus Kohle, Öl, Erdgas, Kernbrennstoff) als Abwärme an den Kühlwasserstrom abgegeben werden.

Folgende Verfahren kommen für die Beseitigung der Abwärme aus dem Kühlwasser zur Anwendung:

### **Durchlaufkühlung**

Das Kühlwasser wird dem Fluß als Frischwasser entnommen. Mit der gesamten Abwärme belastet wird das Kühlwasser wieder in den Fluß geleitet.

### **Ablaufkühlung**

Das Kühlwasser wird dem Fluß als Frischwasser entnommen. Vor der Wiedereinleitung wird das Kühlwasser in Verdunstungskühltürmen (Naturzug- oder Ventilator-kühltürme) rückgekühlt. Im Kühlturm reichert es sich zusätzlich mit Sauerstoff an. Ein Teil der Abwärme wird an die Atmosphäre abgegeben. Dabei treten weitere Verdunstungsverluste auf.

### **Offene Kreislaufkühlung (Naßkühlung)**

Der Kühlwasserstrom wird im Kreislauf geführt. Das aufgewärmte Kühlwasser wird in Verdunstungskühltürmen abgekühlt und erneut dem Kondensator zur Aufnahme von Abwärme zugeführt. Das beim Kühlprozeß im Kühlturm verdunstende Kühlwasser muß ersetzt werden. Um die Beschaffenheit des Kühlwassers zu erhalten, sind ständig etwa 5% des Kühlwasserstromes zu ergänzen. Die Verdunstungsverluste im Kühlsystem sind größer als bei der Ablaufkühlung.

### **Geschlossene Kreislaufkühlung (Trockenkühlung)**

Das Kühlwasser wird im Kreislauf geführt. Es durchströmt die geschlossenen Wärmeaustauscherelemente von „Trockenkühltürmen“ und gibt die am Kondensator aufgenommene Wärme über die Wandungen der Kühlelemente an die Luft ab (indirekte Luftkühlung). Der Fluß wird geringfügig mit Wärme belastet; auch die Verdunstungsverluste sind klein und im wesentlichen durch die Nebenkühlkreisläufe bedingt (Tabelle 1).



**Tabelle 1**  
**Kühlwasserbedarf, Verdunstungsverluste und Abwärmeeinleitung**  
**bei 100 MW<sub>e</sub> Kraftwerksleistung**

Bezeichnung	Kühlverfahren	Konventionelles Kraftwerk	Kernkraftwerk
Wasserentnahme in m <sup>3</sup> /s bei	Durchlauf	3,50	5,00
	Ablauf	3,50	4,50
	Kreislauf	0,17	0,22
Verdunstungsverlust in l/s bei	Durchlauf	35	50
	Ablauf	45	60
	Kreislauf	55	70
Abwärmeeinleitung in Mcal/s bei	Durchlauf	35,0	50,0
	Ablauf	20,0	30,0
	Kreislauf	2,0	3,5

Dem Gewässer kann ohne nachteilige Veränderungen nur eine begrenzte Menge Abwärme zugeführt werden. Diese wird wesentlich bestimmt von der jeweiligen Wasserführung, den natürlichen Gewässertemperaturen und dem Gütezustand des Gewässers.

Der vorliegende – Wärmelastplan Weser – ist aufgestellt worden, um zu verhindern, daß durch die Einleitung zu großer Wassermengen

- der Sauerstoffhaushalt des Flusses nachteilig verändert,
- der biologische Zustand verschlechtert und
- andere Nutzungen unzulässig beeinträchtigt werden.

Für die verschiedenen Flußabschnitte sind die in der nachstehenden Tabelle 2 aufgeführten Temperaturlängsschnitte gerechnet worden. Die der Berechnung zugrunde liegenden Parameter sind die Jahreszeiten (Sommer, Herbst und Winter), die Wasserführungen am Pegel Intschede und die Abwärmebelastung für die Jahre 1972, 1980 und 1985. Hinzu kommt die gerechnete Gewässertemperatur ohne Abwärmebelastung.

Der Plan ist eine Orientierungshilfe für künftige generelle Entscheidungen.

Für den Einzelfall der geplanten Nutzung des Vorfluters sind darüber hinaus stets die hydrologischen und ökologischen Verhältnisse am Standort zu prüfen.

### 3. Gewässerschutz und Gewässergüte

#### 3.1 Gewässerschutz

Die Erwärmung eines Gewässers hat erhebliche Auswirkungen auf die verschiedenen physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge, die in ihrer Gesamtheit beim derzeitigen Wissensstand nicht vollständig bekannt sind.

- Hierbei ist vor allem die Biozönose (= Lebensgemeinschaft) der Mikroorganismen bis hinauf zu den Fischen betroffen, die langfristig nachteilig bis zum Aussterben verändert werden kann.
- Mit steigender Temperatur im Gewässer beschleunigt sich der biologische Abbau eingeleiteter oder natürlich vorhandener Schmutzstoffe. Diese Abbauvorgänge sind mit einem Verbrauch des im Wasser gelösten Sauerstoffes verbunden. Zudem sinkt die Sauerstoffsättigung des Wassers naturbedingt mit steigender Temperatur. Dadurch kann es zu einem Sauerstoffgehalt, bei dem die zuträgliche untere Grenze (4 mg/l O<sub>2</sub>) für das Fischleben und für eine artenreiche Mikrofauna unterschritten wird. Eine Verödung und sichtbare Verschmutzung von Flußstrecken, entscheidende Qualitätsminderungen, besonders für Trink- und Betriebswasserentnahmen, sind die Folge.

**Tabelle 2**  
**Berechnete Temperaturlängsschnitte**

Metereologische Bedingungen	Abfluß $Q_0$ m <sup>3</sup> /s	Natürlich. Zustand ohne Wärme-einleitung	1972		1980		1985		Anlage
			ohne Kühlung	mit Kühlung	ohne Kühlung	mit Kühlung	ohne Kühlung	mit Kühlung	
Sommer	66,5	●	●	●	●	●	●	●	6
	100,0	○	○	○	○	○	○	○	
	300,0	○	○	○	○	○	○	○	
Herbst	66,5	●	○	●	●	●	○	●	7
	100,0	○	○	○	○	○	○	○	
	300,0	●	○	●	●	●	○	●	9
Winter	100,0	●	○	●	●	●	○	●	8
	300,0	●	○	●	●	●	○	●	10

○ gerechnet      ● in Anlage 6 – 10 dargestellt

- Die Wirkung vorhandener Abwassergifte wird durch die Erhöhung der Flußwassertemperatur verstärkt.
- Durch hohe Wassertemperaturen ist die unmittelbare Schädigung von Wasserorganismen und Fischen möglich.
- Zu hohe Flußtemperaturen sind auch nachteilig für die Trinkwasserversorgung, nämlich dann wenn das Rohwasser aus dem Fluß direkt oder als Uferfiltrat gewonnen wird. Nach DIN 2000 soll die Temperatur des Trinkwassers zwischen 5° und 15° C liegen. Bei höheren Temperaturen kann sich die Korrosion im Rohrnetz verstärken und die Neigung zur Verkeimung zunehmen. Schließlich kann eine raschere und verstärkte Sauerstoffzehrung im Uferfiltrat zu Reduktionsvorgängen im Boden führen, die wiederum die Auflösung von Eisen und Mangan sowie das Auftreten von Ammoniak und Schwefelwasserstoff begünstigen.
- Die Verdunstung über die Wasseroberfläche und damit der Wasserverlust für das Gewässer nimmt mit steigender Wassertemperatur zu.

### 3.2 Gewässergüte

Bei der Beurteilung der Wassergüte der Weser muß die anorganische und organische Belastung unterschieden werden.

Die anorganische Belastung stammt im wesentlichen aus der Einleitung von Kaliendlaugen im Niederschlagsgebiet der Weser. Die mittleren Chloridfrachten betragen am Pegel Intschede 200 kg/s Cl<sup>-</sup>. Etwa 90% dieser Salzfrachten stammt aus den thüringischen und hessischen Kaliwerken, etwa 10% gelangt aus den Kaliwerken Niedersachsens in die Weser. Da es z. Z. nicht möglich ist, den Kaliendlaugenabstoß der wechselnden Wasserführung anzupassen, schwanken die Chloridkonzentrationen sehr stark. Im abflußarmen Jahr 1973 stiegen sie im Oberweserbereich auf 7000 mg/l Cl<sup>-</sup> an, während sie im Mittel bei 3000 mg/l Cl<sup>-</sup> liegen. Die hohe Salzkonzentration und die starken Schwankungen haben zu einer starken Beanspruchung des Biotops geführt.

Im Bereich der Unterweser sind die Salzkonzentrationen durch Tideeinflüsse bestimmt.

Neben der Salzbelastung haben industrielle Einleitungen besondere Bedeutung.



Die organische Belastung der Weser wird aus der als Anlage 2 beigefügten Gewässergütekarte sichtbar. Aus der Karte ist zu erkennen, daß alle größeren Siedlungen an der Weser zu einer Verschlechterung des Gütebildes führen. Besonders deutlich wird dies bei den Städten Kassel, Hameln, Minden, Nienburg und Bremen. Starke Gütebeeinflussungen durch industrielle Direktleiter treten im Bereich der Oberweser durch ein Zellstoffwerk auf. Ein Teil der genannten Hauptverschmutzer baut zur Zeit vollbiologische Abwasserreinigungsanlagen, der Rest wird dies in der nächsten Zeit nachholen müssen.

Bei der Festlegung der zulässigen Temperaturerhöhung der Weser muß die vorhandene und die künftige Belastung des Flusses mit anorganischem und organischem Abwasser berücksichtigt werden.

#### 4. Berechnungsverfahren

Die gewählten Berechnungsverfahren für die Weser machen den Einsatz einer elektronischen Rechenanlage unumgänglich.

Für die Ober- und Mittelweser ist mit den für die Programmiersprache PL 1 umgearbeiteten und ergänzten Programmen des Wärmelastplanes Rhein und für die Unterweser mit einem eigenen Programm in PL 1 gearbeitet worden.

##### 4.1 Berechnungsverfahren für die Ober- und Mittelweser

Die Veränderung der Wassertemperaturen der Weser infolge natürlicher bzw. künstlicher Erwärmung ist für den Bereich von Hannoversch-Münden (km 0) bis zur Staustufe Hemelingen (km 362) nach der Methode der „Simulation der Wärmeaustauschvorgänge“, die dem „Wärmelastplan Rhein“ zugrunde liegt, gerechnet worden. Die Rechenansätze sind in der angegebenen Literatur (1.) und (2.) ausführlich behandelt worden.

Hier sollen die zur Berechnung benutzten Gleichungen nur soweit wiedergegeben werden, wie dies zum Verständnis des Berechnungsverfahrens für erforderlich gehalten wird.

Ausgehend von einer gleichmäßig erwärmten Wassersäule mit der Oberfläche 1 cm<sup>2</sup> und der Höhe „f“ (= Gewässertiefe) kommt man für einen Flußabschnitt zu folgender Wärmebilanzgleichung:

$$\Delta T = \frac{1}{c \cdot \rho \cdot f} (W_{SB} + W_V + W_L) \Delta t \text{ [grd]} \quad (1)$$

Dabei ist

$\Delta T$  die Temperaturdifferenz in grd zwischen Anfang und Ende der im Zeitintervall  $\Delta t$  durchflossenen Flußstrecke

$f$  die mittlere Tiefe der im Zeitintervall  $\Delta t$  durchflossenen Flußstrecke in cm

$\rho$  die Dichte des Wassers in g<sup>1</sup>cm<sup>-3</sup>

$c$  die spezifische Wärme des Wassers in cal<sup>1</sup>grd<sup>-1</sup>g<sup>-1</sup>

$W_{SB}$  Wärmefluß aus Strahlung in cal<sup>1</sup>cm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>

$W_V$  Wärmefluß aus Verdunstung in cal<sup>1</sup>cm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>

$W_L$  Wärmefluß aus Konvektion in cal<sup>1</sup>cm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>

$\Delta t$  das gewählte Zeitintervall in h

Der Wärmeeintrag durch Kühlwasser, Nebenflüsse oder ähnlichem wird bei der Berechnung als Temperaturdifferenz (DTW) an der jeweiligen Einleitungsstelle zum zugehörigen Flußabschnitt addiert.

Der gesamte Wärmefluß aus der Strahlungsbilanz ergibt sich zu

$$W_{SB} = (I + H) + (G - A) - R \text{ [cal<sup>1</sup>cm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>]} \quad (2)$$

Die direkte Sonnenstrahlung I und die diffuse Himmelsstrahlung H werden als Globalstrahlung gemessen und in die Berechnung eingeführt.

Um der Tatsache Rechnung zu tragen, daß durch die Reflektion „R“ an der Wasseroberfläche und durch unvollkommene Umwandlung der wirksame Anteil der Globalstrahlung geringer ist als der gemessene Wert, wird angesetzt:

$$(I + H) - R = 0,85 (I + H) [\text{cal}^1\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}] \quad (3)$$

Der Wärmefluß aus atmosphärischer Gegenstrahlung kann mit der Beziehung

$$G = 60,0 \cdot 0,826 \cdot 10^{-10} (0,806 - 0,236 \cdot 10^{-0,069 \cdot E_L}) (T_L + 273)^4 [\text{cal}^1\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}] \quad (4)$$

und die Wärmeausstrahlung des Wasser nach der Gleichung

$$A = 60,0 \cdot 0,826 \cdot 10^{-10} \cdot 0,98 (T_W + 273)^4 [\text{cal}^1\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}] \quad (5)$$

berechnet werden.

Für den Wärmefluß aus Verdunstung wird die Trabert'sche Formel

$$W_V = (E_L - E_W) \sqrt{v} [\text{cal}^1\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}] \quad (6)$$

für den Konvektionsanteil die Formel

$$W_L = 0,5 (T_L - T_W) \sqrt{v} [\text{cal}^1\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}] \quad (7)$$

verwendet. Hierin bedeutet:

$E_L$  Dampfdruck in mm Hg

$E_W$  Dampfdruck des Wassers in mm Hg

$T_W$  Temperatur des Wassers in °C

$T_L$  Temperatur der Luft in °C

$v$  Windgeschwindigkeit in  $\text{m}^1\text{s}^{-1}$

Für die Berechnung sind weiterhin zu ermitteln:

1. die Länge des im Zeitintervall  $\Delta t$  durchflossenen Abschnittes,

2. die mittlere Tiefe des im Zeitintervall  $\Delta t$  durchflossenen Abschnittes.

Bei der Benutzung der vorstehenden Gleichungen ergibt sich zweckmäßiger Weise folgendes Vorgehen:

1. direkte Berechnung der von der Wassertemperatur unabhängigen Größen (Globalstrahlungs- und Gegenstrahlungsanteil),

2. Berechnung der von der Wassertemperatur abhängigen Größen (Ausstrahlungs-, Verdunstungs- und Konvektionsanteil) sowie der aus der Wärmebilanz resultierenden Temperaturdifferenz (Iteration),

3. gegebenenfalls additive Veränderung der Intervallendtemperatur zur Berücksichtigung von Einleitungen.

Das Berechnungsschema ist in Anlage 3 dargestellt. Nachstehend ist (verkleinert) die Ausgabe einer numerischen Durchrechnung wiedergegeben.

Den Berechnungen wurde eine konstante Starttemperatur zugrunde gelegt; es wurden jeweils 12 Startzeiten (zwischen 0.00 und 24.00) berücksichtigt.

Für die Wahl des Zeitintervalls  $\Delta t$  sind verschiedene Bedingungen maßgebend:

1. Innerhalb der im Zeitintervall durchflossenen Flußstrecke muß der Flußquerschnitt soweit gleichförmig sein, daß die Zuordnung einer mittleren Wassertiefe eindeutig möglich ist.



Tabelle 3

## Einzelschrittberechnung Ober- und Mittelweser

SOMMER 1973 3. VARIANTE WÄRMELASTPLAN - OBERWESER - VOM: 22.02.1974 BLATT: 38

K	KM	Z	TWA	DTW	TWE	0.85X S+D	AEFF	V	L	HM	EL	EW	TL
(KM)	(H)	(GRD)	(GRD)	(GRD)	(CAL/CM**2/H)					(M)	(MM HG)	(MM HG)	(GRD)
11	0,010	12	+25,199	+0,760	+25,960	+59,329	-5,514	-12,082	+3,148	+0,590	+12,000	+24,082	+31,599
21	2,000	13	+25,960	+0,645	+26,606	+53,804	-5,561	-13,310	+3,168	+0,590	+12,000	+25,310	+32,399
31	3,925	14	+26,742	+0,356	+27,098	+46,494	-5,750	-14,572	+3,029	+0,820	+12,000	+26,572	+32,899
41	5,500	15	+27,098	+0,228	+27,327	+38,164	-6,502	-15,147	+2,214	+0,820	+12,000	+27,147	+31,599
51	7,100	16	+27,327	+0,088	+27,415	+27,365	-7,392	-15,515	+1,216	+0,640	+12,000	+27,515	+29,799
61	9,000	17	+27,415	-0,156	+27,259	+14,194	-8,196	-15,659	+0,287	+0,600	+12,000	+27,659	+28,000
71	10,500	18	+27,259	-0,312	+26,947	+5,779	-8,734	-15,406	-0,373	+0,600	+12,000	+27,406	+26,500
81	12,000	19	+26,947	-0,468	+26,479	+2,379	-9,141	-14,902	-0,908	+0,670	+12,000	+26,902	+25,099
91	13,500	20	+26,479	-0,624	+25,855	+0,000	-9,528	-14,359	-1,431	+0,670	+12,000	+26,355	+23,699
101	15,000	21	+25,855	-0,780	+25,075	+0,000	-9,866	-13,749	-1,836	+0,790	+12,000	+25,749	+22,500
111	16,500	22	+25,075	-0,936	+24,139	+0,000	-9,954	-13,230	-2,071	+0,790	+12,000	+25,230	+21,500
121	18,000	23	+24,139	-1,092	+23,047	+0,000	-9,366	-12,714	-2,012	+0,680	+12,000	+24,714	+21,899
131	19,500	24	+23,047	-1,248	+21,799	+0,000	-10,681	-12,130	-3,114	+0,680	+12,000	+24,130	+18,899
141	21,000	25	+21,799	-1,404	+20,395	+0,000	-10,901	-11,571	-3,467	+0,680	+12,000	+23,571	+17,799
151	22,480	26	+20,395	-1,560	+18,835	+0,000	-11,024	-11,096	-3,698	+0,820	+12,000	+22,996	+16,949
161	24,400	27	+18,835	-1,716	+17,119	+0,000	-11,034	-10,624	-3,782	+0,820	+12,000	+22,624	+16,399
171	26,000	28	+17,119	-1,872	+15,247	+8,329	-10,963	-10,270	-3,740	+0,730	+12,000	+22,270	+16,199
181	27,600	29	+15,247	-2,028	+13,219	+16,829	-10,639	-10,018	-3,345	+0,730	+12,000	+22,018	+16,799
191	29,200	30	+13,219	-2,184	+11,035	+27,794	-10,402	-9,896	-3,051	+0,730	+12,000	+21,791	+17,299
201	30,850	31	+11,035	-2,340	+8,695	+38,504	-9,022	-9,971	-1,260	+0,720	+12,000	+21,971	+21,000
211	32,300	32	+8,695	-2,496	+6,199	+47,769	-7,848	-10,287	+0,238	+0,830	+12,000	+22,287	+24,299
221	33,700	33	+6,199	-2,652	+3,603	+54,229	-6,870	-10,787	+1,467	+0,830	+12,000	+22,787	+27,199
231	35,300	34	+3,603	-2,808	+0,995	+58,989	-5,270	-11,357	+2,225	+0,830	+12,000	+23,357	+29,199
241	37,000	35	+0,995	-2,964	-1,501	+61,029	-5,323	-12,084	+2,680	+0,700	+12,000	+24,084	+30,649
251	38,500	36	-1,501	-3,120	-3,997	+55,329	-5,852	-13,138	+2,826	+0,700	+12,000	+25,138	+31,599
261	40,000	37	-3,997	-3,276	-7,493	+46,494	-5,891	-14,134	+2,917	+0,680	+12,000	+26,134	+32,399
271	41,500	38	-7,493	-3,432	-10,989	+38,164	-6,676	-15,682	+2,051	+0,530	+12,000	+27,682	+31,599
281	43,000	39	-10,989	-3,588	-14,485	+27,365	-7,625	-16,226	+1,000	+0,510	+12,000	+28,626	+29,799
291	44,400	40	-14,485	-3,744	-17,981	+14,194	-8,428	-16,369	+0,070	+0,710	+12,000	+29,369	+28,000
301	47,000	41	-17,981	-3,899	-21,477	+5,779	-8,971	-16,130	-0,594	+0,660	+12,000	+29,130	+26,500
311	48,500	42	-21,477	-4,055	-24,973	+2,379	-15,577	-13,949	-6,609	+0,660	+12,000	+28,491	+25,099
321	50,000	43	-24,973	-4,211	-28,469	+0,000	-15,614	-13,726	-6,856	+0,830	+12,000	+27,126	+23,699
331	51,800	44	-28,469	-4,367	-31,965	+0,000	-15,674	-13,526	-7,093	+0,830	+12,000	+25,736	+22,500
341	53,800	45	-31,965	-4,523	-35,461	+0,000	-15,585	-13,397	-7,143	+0,830	+12,000	+24,397	+21,699
351	55,800	46	-35,461	-4,679	-38,957	+0,000	-15,276	-13,167	-6,908	+0,830	+12,000	+23,617	+21,500
361	57,800	47	-38,957	-4,835	-42,453	+0,000	-15,409	-12,970	-7,869	+0,490	+12,000	+24,970	+18,899
371	59,800	48	-42,453	-4,991	-45,949	+0,000	-15,706	-12,767	-7,870	+0,490	+12,000	+23,697	+17,799
381	61,800	49	-45,949	-5,147	-49,445	+0,000	-15,440	-12,529	-7,773	+0,490	+12,000	+23,525	+16,549
391	63,700	50	-49,445	-5,303	-52,941	+2,125	-15,055	-12,348	-7,555	+0,860	+12,000	+23,468	+16,399
401	65,400	51	-52,941	-5,459	-56,437	+8,329	-14,888	-12,240	-7,401	+0,860	+12,000	+23,408	+16,199
411	68,400	52	-56,437	-5,615	-60,333	+16,829	-14,435	-12,132	-6,898	+0,860	+12,000	+23,532	+16,799
421	70,400	53	-60,333	-5,771	-64,229	+27,794	-14,083	-12,005	-6,503	+0,860	+12,000	+23,905	+17,299
431	72,400	54	-64,229	-5,927	-68,125	+38,504	-12,587	-12,057	-4,604	+0,790	+12,000	+23,575	+21,000
441	74,400	55	-68,125	-6,083	-72,021	+47,769	-11,289	-12,054	-2,985	+0,790	+12,000	+23,594	+24,299
451	76,400	56	-72,021	-6,239	-75,917								

K	Kennzeichnung des Berechnungsschrittes	TWE	Wassertemperatur am Schrittlende	HM	Mittlere Wassertiefe
KM	Kilometrierung des Schrittlendes	S+D	Globalstrahlung	EL	Dampfdruck
Z	Uhrzeit bezogen auf Schrittanfang	AEFF	Effektive Einstrahlung	EW	Dampfdruck des Wassers
TWA	Wassertemperatur am Schrittanfang	V	Verdunstung	TL	Lufttemperatur
DTW	Temperaturdifferenz	L	Konvektion		

2. Das Zeitintervall und damit die zugehörige Fließstrecke müssen so groß sein, daß die zu berechnenden Temperaturdifferenzen über der möglichen Rechengenauigkeit liegen; hierbei ist besonders auf mögliche Rundungsfehler zu achten.

3. Die Wahl des Zeitintervalls muß so erfolgen, daß die im Tagesverlauf nicht konstanten meteorologischen Größen für den Zeitraum  $\Delta t$  als konstante Mittelwerte eingesetzt werden können.

Sowohl für die Oberweser wie für die Mittelweser ist der Zeitintervall von  $\Delta t = 1$  Stunde gewählt worden.

Die vorhandenen Profile der Weser erlauben eine genügend genaue Bestimmung der mittleren Wassertiefe für diese Berechnungsschnitlänge.

#### 4.2 Berechnungsverfahren für die Unterweser

Für den Tideweserbereich km 362 bis etwa km 450 (entsprechend etwa Unterweser km 84) wird die Berechnung in Anlehnung an KUHN (5.) durchgeführt. Die Ansätze für die Berechnung entsprechen dem Wärmelastplan Elbe.

Dabei ist der Parameter „Gewässertiefe“ durch die „Oberfläche der Tideweser bei Tidehalbwasser“ ersetzt worden. Bei der Abschätzung der Wärmeaustauschvorgänge wird die Wärmeabstrahlung der Wasseroberfläche, die Wärmeabgabe bei der Vermischung mit der Oberwassermenge der Weser und der Wärmetransport über die Austauschwassermenge der Nordsee berücksichtigt. Die Austauschwassermenge wird aufgrund der unterschiedlichen Salzgehalte zwischen Süßwasserabfluß und Meerwasseranteil berechnet.

Im einzelnen sind folgende Rechenbeziehungen benutzt worden.

Die Erhöhung der Wassertemperatur über die Gleichgewichtstemperatur an einem beliebigen Punkt des Ebbe- oder Flutweges ergibt sich zu:

$$\Delta T = \Delta T_1 \cdot e^{-F/F_a} \quad [\text{grad}] \quad (8)$$

$\Delta T$  = Erhöhung der Wassertemperatur über die Gleichgewichtstemperatur am Ende des Ebbe- oder Flutweges in grad

$\Delta T_1$  = Erhöhung der Wassertemperatur über die Gleichgewichtstemperatur nach Durchmischung des Kühlwassers mit dem Flußwasser in grad

$F$  = Wasseroberfläche (Mittel aus Ebbe- und Flutweg sowie der Flußbreite bei Tidehalbwasser in  $\text{km}^2$ )

$F_a$  = Relaxationsfläche in  $\text{km}^2$  nach Kuhn (5)

$$F_a = \frac{\rho \cdot c \cdot Q_D}{A} \quad [\text{km}^2] \quad (9)$$

$\rho$  = Dichte des Wassers in  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

$c$  = spez. Wärme des Wassers in  $\text{cal} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$

$Q_D$  = mittlere Durchflußmenge durch den Einleitungsquerschnitt in  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$A$  = Wärmeabgabekoeffizient in  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{grad}^{-1}$

Bei der Berechnung wird jede Ebbe- und Tidebewegung gesondert berechnet bis die Flußmündung erreicht ist.

Das Berechnungsschema „Unterweser“ ist in Anlage 4 dargestellt. Die hier benutzten Gleichungen, die von den o. a. Gleichungen ausgehen, lauten wie folgt.

Die Abkühlung ermittelt sich aus:

$$\Delta T = \frac{W_A}{Q_D \cdot c \cdot \rho} \quad [\text{grad}] \quad (10)$$

Die Wärmeabgabe ergibt sich aus:

$$W_A = \Delta T_1 \cdot (F \cdot A \cdot 0,2389 + c \cdot \rho \cdot Q_A) \quad [\text{Mcal} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (11)$$

Dabei ist die Austauschwassermenge:

$$Q_A = Q_0 + Q_0 \frac{S - S_1}{S_2 - S} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (12)$$

Im einzelnen bedeuten:

$W_A$  = Wärmeabgabe in  $\text{Mcal} \cdot \text{s}^{-1}$

$Q_A$  = Austauschwassermenge in  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$Q_0$  = Oberwasser der Weser am Wehr Hemelingen in  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Oberweseranteil)

$$Q_0 \frac{S - S_1}{S_2 - S} = \text{Meerwasseranteil in } \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$S$  = Salzgehalt am Ende des Ebbeweges in ‰

$S_1$  = Salzgehalt in der Fließweser in ‰

$S_2$  = Salzgehalt am Feuerschiff Weser in ‰



Der Wärmeeintrag durch Kühlwasser wird wie bei der Ober- und Mittelweser als Temperaturdifferenz im jeweiligen Einleitungsquerschnitt eingegeben. Ein Auszug der Einzelschnittberechnung ist in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben:

**Tabelle 4**

WÄRMELASTPLAN - WESER -

-ABSCHNITT UNTERWESER-

1980												VARIANTE 3G
VOM 27.04.1974												BLATT: 1
SOMMER	ANFANG EBB STROM (KM)	ENDE EBBE (KM)	LAENGE EBBE (KM)	WÄRME- ZUFUHR (MCAL/S)	WÄRME- D. ZUFUHR (MCAL/S)	WÄRME- ABGABE GESAMT (MCAL/S)	WÄRME- GEHALT (MCAL/S)	TEMP.- ERHÖH. (K)	TEMP.- D. ZUF. (K)	WÄRME- ABGABE GESAMT (K)	TEMP.- GESAMT (CELS.)	EINLEITER UND ABGEF. EINLEITER (*)
1	362,000 (362,000)	368,600 (1,850)	6,600	0,00	0,00	21,95	8901,74	0,000	0,000	0,071	29,622	
2	368,414 (1,664)	375,080 (8,330)	6,666	89,00	0,00	102,64	25223,82	0,138	0,093	0,163	29,652	1
3	372,342 (5,552)	380,497 (13,747)	8,155	430,48	0,00	307,76	32033,00	0,446	0,254	0,344	29,823	1, 2, 3, 4, 5
4	378,640 (11,850)	390,552 (23,802)	11,912	7,50	0,00	278,45	47885,91	0,003	0,083	0,211	29,500	6, * 6
5	382,545 (16,755)	398,053 (31,303)	14,508	15,00	0,00	302,04	67022,44	0,007	0,019	0,181	29,355	6, 7, 8, * 6
6	387,263 (20,513)	402,263 (35,513)	15,000	108,19	0,00	345,50	76417,78	0,053	0,034	0,195	29,334	6, 7, 8, * 6, * 8
7	388,377 (22,627)	404,377 (37,627)	15,000	100,69	0,00	394,14	79597,29	0,049	0,030	0,203	29,307	7, 8, * 8
8	391,785 (25,035)	406,785 (40,035)	15,000	100,69	0,00	429,45	86775,03	0,049	0,039	0,206	29,279	7, 8, * 8
9	392,785 (26,035)	407,785 (41,035)	15,000	93,19	0,00	397,89	94190,83	0,045	0,034	0,179	29,268	* 8
10	392,785 (27,035)	408,782 (42,012)	14,977	93,19	0,00	409,51	1516,00	0,045	0,038	0,175	29,256	* 8
11	394,762 (28,012)	409,711 (42,961)	14,949	94,98	0,00	423,84	9291,22	0,045	0,046	0,172	29,245	9, * 8
12	395,711 (28,961)	410,633 (43,883)	14,922	94,98	0,00	427,70	15845,57	0,045	0,050	0,166	29,235	9, * 8
13	396,623 (29,883)	411,525 (44,775)	14,856	94,98	0,00	438,48	22596,84	0,045	0,053	0,166	29,225	9, * 8
14	397,525 (30,779)	412,399 (45,649)	14,870	94,98	0,00	432,50	26404,42	0,045	0,052	0,157	29,215	9, * 8
15	398,399 (31,649)	413,244 (46,494)	14,845	1,78	0,00	357,13	29952,75	0,000	0,037	0,107	29,205	9, * 8

## 5. Berechnungsverfahren

### 5.1 Gewässerdaten der Ober- und Mittelweser

Die maßgebende Bezugswasserführung wurde am Pegel Intschede ermittelt. Hierzu wurden die jährlichen Niedrigwasserperioden von 20 aufeinanderfolgenden Tagen (NQ 20) der Jahresreihe 1946 bis 1971 festgestellt und ausgewertet. Als maßgebend wurde die niedrigste Niedrigwasserperiode vom 12. 9. bis 1. 10. 1959 angesetzt. Sie ergibt eine Bezugswasserführung von  $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Der Vergleich der Eintrittsdaten der NQ-20-Perioden für die Sommer- und Herbstmonate in den Jahren 1946 bis 1971 läßt erkennen, daß die ermittelte Bezugswasserführung von  $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$  sowohl für den Sommer (So  $Q_0$ ) wie für den Herbst (He  $Q_0$ ) Gültigkeit hat.

Dem Winterlastfall ist eine Bezugswasserführung von  $W_i Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  am Pegel Intschede zugrunde gelegt worden.

Zum Vergleich wurde neben den genannten Abflüssen — So  $Q_0$ , He  $Q_0$  und  $W_i Q_0$  — auch mit Abflüssen von  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  für Sommer und Herbst und von  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$  für Sommer, Herbst und Winter am Pegel Intschede gerechnet.

Dadurch wurde die Anbindung an den Unterweserbereich ermöglicht.

# Verteilung der NQ<sub>20</sub>-Perioden am Pegel Intschede / Weser für Sommer und Herbst

Monat Jahr	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	NQ <sub>20</sub> m <sup>3</sup> /s
1946									131,8
1947									73,8
1948									111,1
1949									70,9
1950									133,2
1951									108,6
1952									105,2
1953									94,0
1954									97,1
1955									186,4
1956									199,0
1957									160,1
1958									228,6
1959									66,5
1960									107,3
1961									214,8
1962									148,3
1963									131,0
1964									85,9
1965									173,8
1966									211,4
1967									226,6
1968									158,2
1969									150,4
1970									213,0
1971									112,8

Die Wasserführung von  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  entspricht etwa dem 30jährigen mittleren Niedrigwasserabfluß (MNQ) für den Zeitraum 1941 bis 1970 und  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$  etwa dem 30jährigen Mittelwasserabfluß (MQ) für die Zeit von 1941 bis 1970.

Für die Weserpegel oberhalb von Intschede wurden die zugehörigen Abflüsse über die vergleichbaren Dauerlinien ermittelt.

Die mittleren Wassertiefen sind durch Digitalisierung der vorliegenden Weserprofile maschinell erstellt worden.

Die Fließzeiten wurden über die Gerinnegeometrie der jeweiligen Bezugswasserführung zugeordnet.

Die Bezugswassertemperaturen wurden ebenfalls am Pegel Intschede ermittelt. Für den Sommer ergab sich eine Bezugstemperatur von  $So \text{ TQ} = 25,2^\circ \text{ C}$  als Mittel aus der Zeit vom 30. 7. bis 3. 8. 1969 und für den Herbst  $He \text{ TQ} = 18,3^\circ \text{ C}$  als Mittel aus der Zeit vom 17. 9. bis 21. 9. 1961.

Der Vergleich mit Weserwassertemperaturen in Karlshafen hat ergeben, daß diese Temperaturen genügend genau als Starttemperaturen am km 0 der Weser angesetzt werden können. Für den Winter entsprechen die als Starttemperatur gewählte Wassertemperatur von  $3^\circ \text{ C}$  den an der Oberweser gemessenen Temperaturen in den ersten Tagen vom Februar 1972. Für diesen Zeitraum sind auch die Wetterdaten der Rechnung zugrunde gelegt worden.



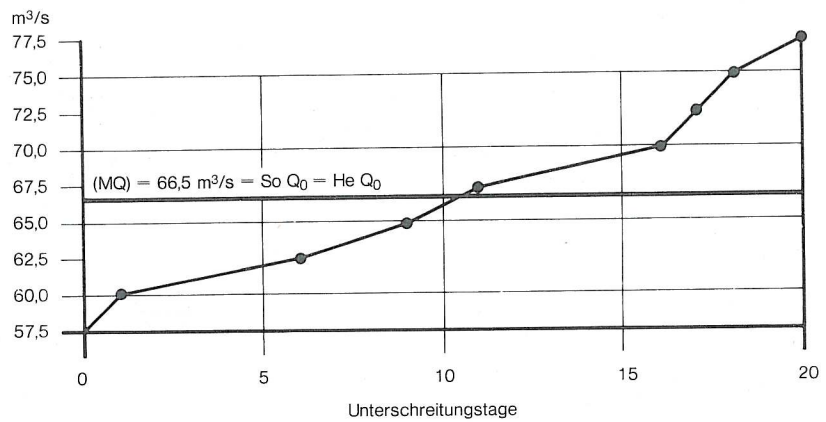
**Bezugswasserführung am Pegel Intschede / Weser**  
**NQ<sub>20</sub> für Sommer (So Q<sub>0</sub>) und Herbst (He Q<sub>0</sub>)**

Abflußjahr 1959

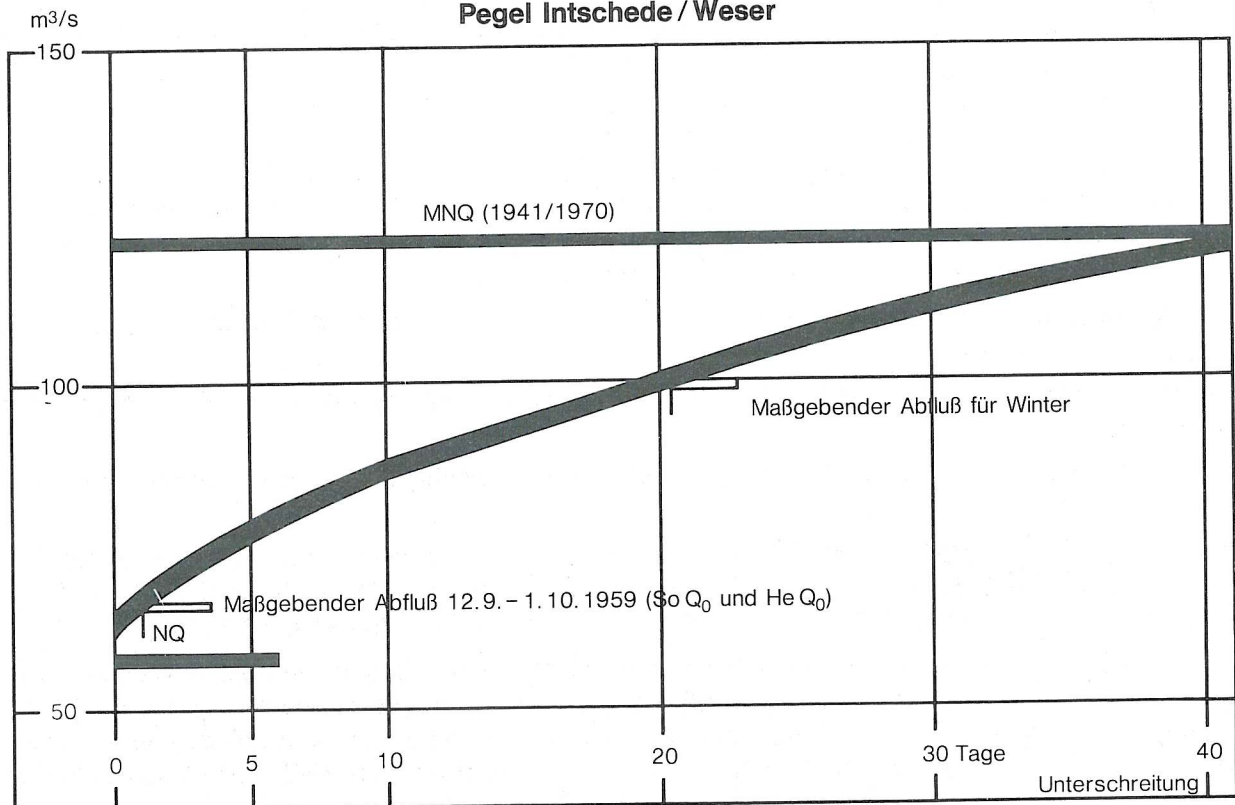
Dauerzahlen vom 12.9. – 1.10.1959

Unterschreitungsdauer in Tagen

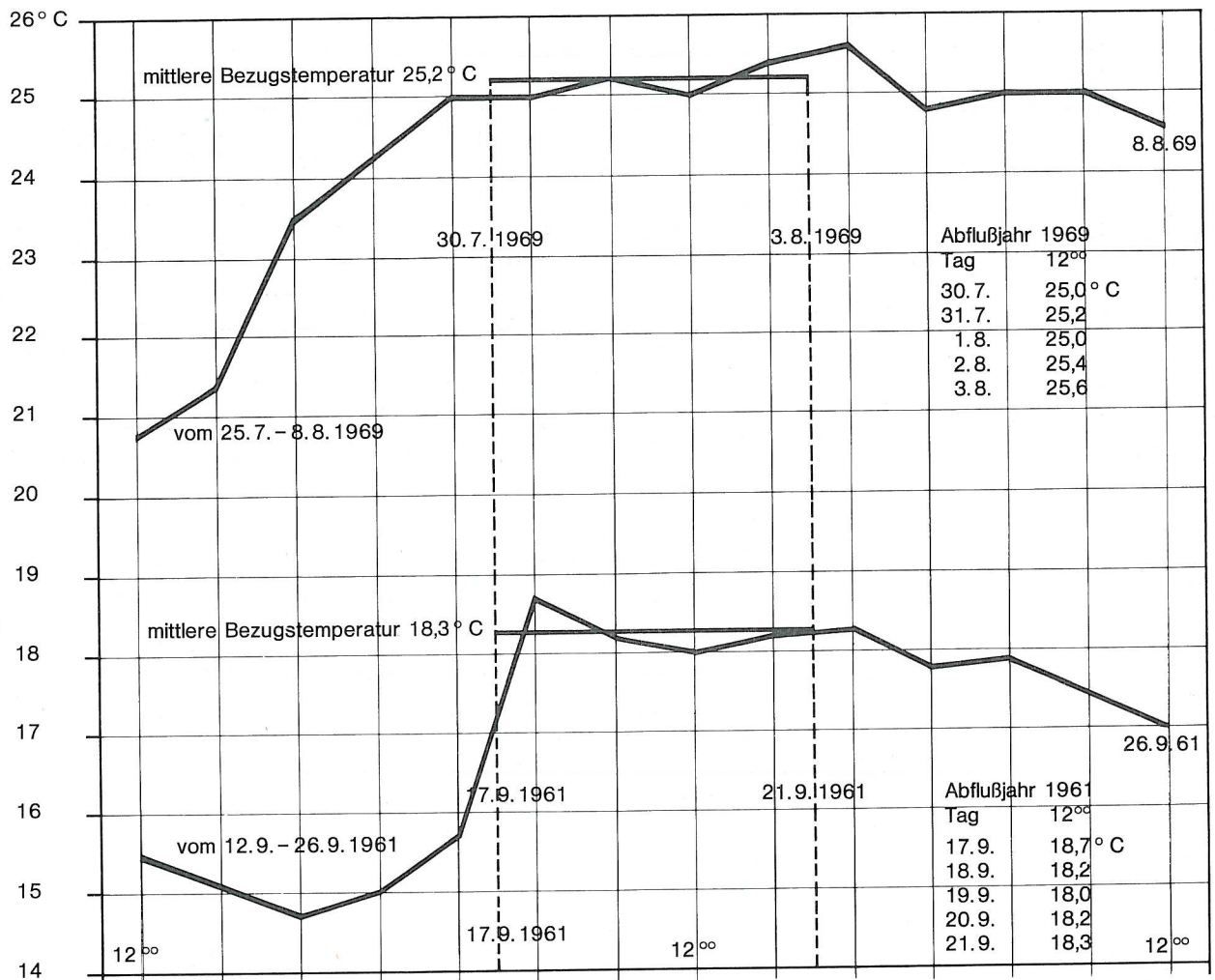
Tag:	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	Unterschreitungstage
12.9.	67,5	77,5	20
13.9.	65,5	75,0	18
14.9.	67,9	72,5	17
15.9.	59,7	70,0	16
16.9.	77,0	67,5	11
17.9.	62,0	65,0	9
18.9.	63,0	62,5	6
19.9.	67,5	60,0	1
20.9.	63,9		
21.9.	62,0		
22.9.	73,0		
23.9.	62,3		
24.9.	60,1		
25.9.	77,3		
26.9.	68,5		
27.9.	64,9		
28.9.	69,0		
29.9.	70,3		
30.9.	66,9		
1.10.	62,0		



**Mittlere Abflußdauerlinie (Ausschnitt) für die Jahresreihe 1941/70,**  
**Pegel Intschede / Weser**



### Bezugswassertemperatur für Sommer (So TQ) und Herbst (He TQ) am Pegel Intschede / Weser



#### 5.2 Gewässerdaten der Unterweser

Für diesen Bereich lagen hydrologische Daten – mittlere Ebbe- und Flutgeschwindigkeiten sowie mittlere Wasserspiegelbreiten – für Oberwasserführungen der Weser von 100 m<sup>3</sup>/s und 300 m<sup>3</sup>/s vor. Mit diesen Bezugswassermengen ist gerechnet worden.

Die hydrologischen Daten sind vereinfachend innerhalb bestimmter – hydraulisch gleichartiger – Abschnitte gemittelt worden.

Die zur Berechnung benutzten Salzgehaltswerte korrespondieren mit gemessenen Werten bei verschiedenen Oberwasserführungen der Weser von ca. 100 m<sup>3</sup>/s und 300 m<sup>3</sup>/s.

Die beschriebenen Abschnitte sind mit nachstehenden hydrologischen Werten belegt worden, die der Rechnung zugrunde liegen (Tabelle 5).

Die Wassertemperaturen für den Start des Unterweserabschnittes entsprechen den gerechneten Temperaturen für das Ende des Mittelweserabschnittes.

#### 5.3 Meteorologische Daten der Oberweser

Da geeignete Messungen der Globalstrahlung, Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeit an der Wasseroberfläche der Weser nicht vorlagen, wurden in Abstimmung mit dem Deutschen Wetterdienst Daten von Wetterbeobachtungsstationen aus dem norddeutschen Raum herangezogen.

Für die Globalstrahlung wurden Werte der Station Hamburg-Fuhlsbüttel und für die Lufttemperaturen Werte der Station Holzminden benutzt. Der Dampfdruck wurde mit konstanten Werten für den Sommerzustand mit 12 mm Hg, für den Herbstzustand mit 8 mm Hg und für den Winterzustand mit 4,9 mm Hg in die Berechnung eingeführt.

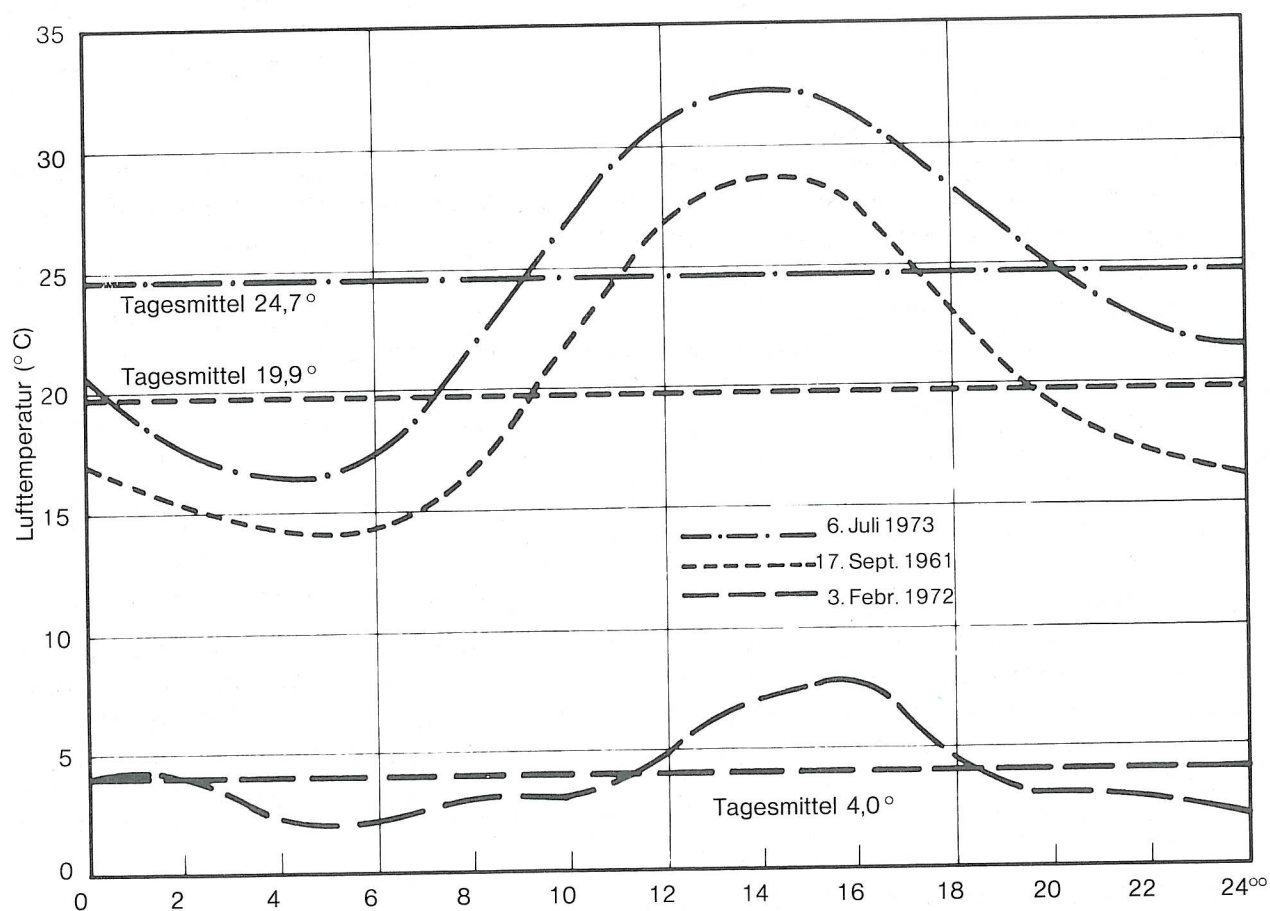
Die Windgeschwindigkeit wurde mit 2 m/s angenommen.



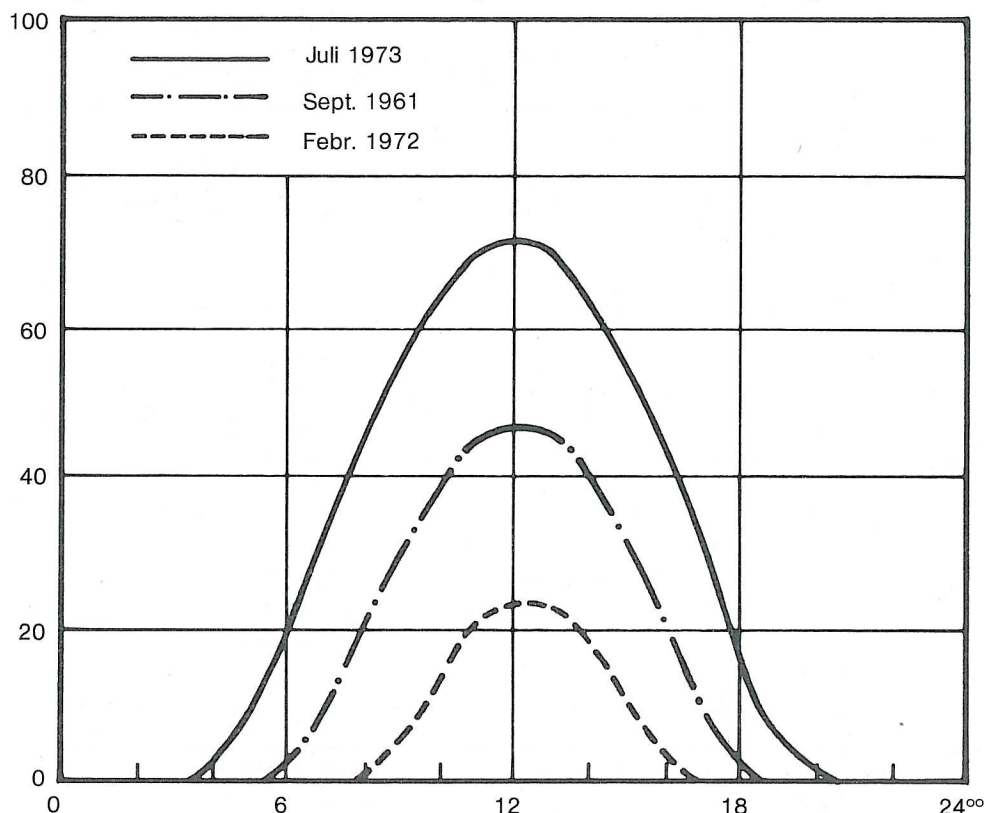
**Tabelle 5**  
**Gewässerdaten · Unterweser**

Berechnungs- Schritt Weserkilo- metrierung km	Unterweser- kilo- metrierung km	Profil- breite m	Mittlere Durchfluß- menge QD m³/s	Salzgehalt am Ende des Ebbeweges S ‰	Salzgehalt in der Fließweser S1 ‰	Länge des mittleren Ebbeweges SE km	Länge des mittleren Flutweges SF km
362,000	362,000	132	280	0,800	0,800	6,600	0,000
366,750	0,000	146	285	0,800	0,800	6,600	1,000
369,250	2,500	233	310	0,800	0,800	6,700	2,100
370,750	4,000	250	390	0,800	0,800	7,200	2,700
372,750	6,000	257	555	0,800	0,800	8,400	3,500
375,500	8,750	285	910	0,800	0,800	10,200	4,400
381,000	14,250	242	1100	0,800	0,800	13,200	7,200
384,500	17,750	312	1365	0,800	0,800	15,000	9,000
393,000	26,250	427	1745	1,000	0,800	15,000	11,800
400,000	33,250	590	2490	1,100	0,800	14,800	13,200
405,750	39,000	595	2800	1,500	0,800	14,500	14,000
411,250	44,500	937	4200	2,200	0,800	14,100	14,000
418,380	51,630	1014	5150	3,900	0,800	14,100	14,000
424,000	57,250	1050	6000	6,800	0,800	14,100	14,000
432,750	66,000	1150	6600	14,500	0,800	14,100	14,000

**Tagesverlauf der Lufttemperatur für die Station Holzminden**



### Tagesverlauf der Globalstrahlung für die Station Hamburg-Fuhlsbüttel



#### 5.4 Meteorologische Daten der Unterweser

Der Einfluß der Meteorologie wurde durch den Wärmeabgabekoeffizient „A“ dargestellt.

Für die Abgrenzung des Einflusses dieses Faktors sind Lastfälle der Unterweser mit  $A = 10, 25, 50$  und  $70 \text{ W/m}^2 \text{ grad}$  gerechnet worden.

Die natürlichen Bedingungen werden für den Sommer- bzw. Herbstlastfall etwa bei  $50 \text{ W/m}^2 \text{ grad}$  und für den Winter etwa bei  $25 \text{ W/m}^2 \text{ grad}$  zu finden sein. Diese Fälle sind in der Darstellung der Temperaturlängsschnitte berücksichtigt worden.

#### 5.5 Wärmeeinleitungen

Die Angaben über die Wärmeeinleitungen entsprechen den Ermittlungen der einzelnen Länder. Die Einzelwerte, die den Berechnungen zugrunde liegen, sind der Tabelle hydrologische Daten und Wärmeeinleitungen (Anlage 5) zu entnehmen.

In nachstehender Tabelle sind die Wärmeeinleitungen für 1972 und ihre Zunahme bis 1985 zusammengestellt. Die Zahlen verdeutlichen, welcher Zuwachs zu erwarten ist.

**Tabelle 6**  
**Wärmeeinleitungen**

Flußstrecke	1972		1980		1985	
	Nennleistung MW <sub>e</sub>	Abwärme Mcal/s	Nennleistung MW <sub>e</sub>	Abwärme Mcal/s	Nennleistung MW <sub>e</sub>	Abwärme Mcal/s
Ober- und Mittelweser	2050	900	4870	2000	6725	2750
Unterweser	1400	300	3500	1200	4400	1400
Gesamt	3450	1200	8370	3200	11125	4150



Die Werte für 1972 ergeben sich aus den bestehenden wasserrechtlichen Erlaubnissen für die Kühlwassereinleitungen. Für die Werte 1980 und 1985 wird vorausgesetzt, daß die Durchlaufkühlung vom Kraftwerk soweit ausgenutzt wird, wie die vorgebene Wassermenge das zuläßt.

Die Angaben über die Wärmeeinleitungen der Kraftwerke an der Ober- und Mittelweser für die Berechnung der Temperaturlängsschnitte 1980 und 1985 wurden mit der Kraftwerksgesellschaft „Preußen Elektra“ abgestimmt.

Für die nachstehend aufgeführten Werte wurde angenommen, daß die Kraftwerke Kühltürme mit Ablaufkühlung betreiben.

**Tabelle 7**  
**Größere Abwärmeeinleiter an der Ober- und Mittelweser**

Kraftwerk	Weser- km	Jahr	Leistung MWe	Abwärmeeinfall (Mcal/s)				
				Sommer Anlage 6	Herbst Anlage 7	Winter Anlage 8	Herbst Anlage 9	Winter Anlage 10
Würgassen <sup>1)</sup>	49,45	1972	640	60	162	253	188	250
		1980	640	60	162	253	188	250
		1985	1300	60	162	390	376	250
Grohnde <sup>2)</sup>	125,00	1972	–	–	–	–	–	–
		1980	1300	46	155	360	335	455
		1985	1300	46	155	360	335	455
Veltheim	177,70	1972	500	175	140	180	180	180
		1980	800	40	140	204	280	280
		1985	800	40	140	204	280	280
Heyden	213,77	1972	250	122	122	122	135	135
		1980	850	32	122	196	200	200
		1985	850	32	122	196	200	200
Robert Frank <sup>2)</sup>	248,88	1972	600	182	182	180	200	200
		1980	1055	32	182	53	0 <sup>3)</sup>	350
		1985	2255	32	182	53	0 <sup>3)</sup>	350

<sup>1)</sup> 1985 = teilweise Kreislaufkühlung

<sup>2)</sup> 1980/85 = teilweise Kreislaufkühlung

<sup>3)</sup> Kreislaufkühlung

Für die Quellflüsse der Weser, Fulda und Werra wird für die Rechnung angenommen, daß ihre Vorbelastung bei der Starttemperatur der Weser berücksichtigt ist.

Die Beeinflussung des Temperaturverlaufes durch die größeren Nebenflüsse wird vernachlässigt. Lediglich für die Aller wird für 1985 eingeführt, daß eine Wärmeverbelastung gegenüber der Weserwassertemperatur vorhanden ist.

Industrieeinleitungen größerer Art sind in der Rechnung erfaßt worden.

## 6. Temperaturgrenzwerte im Gewässer

Die Ermittlung der thermischen Belastbarkeit der Weser macht die Festlegung von Grenzwerten der Gewassertemperaturen notwendig. Dabei wird grundsätzlich davon ausgegangen, daß die Aufwärmspanne gegenüber der Basistemperatur im gesamten Ober- und Mittelweserbereich 3 grd nicht überschreiten soll. Soweit Abweichungen davon streckenweise vertreten werden können, sollen diese 5 grd nicht übersteigen.

Für den Unterweserbereich werden, soweit der Bereich oberhalb der tidebedingten Brackwasserzone betroffen ist, die Werte der Ober- und Mittelweser angewendet.

Für die Brackwasser- bzw. Salzwasserzonen werden nur 2 grd Aufwärmspanne zugelassen. Basistemperatur für die Aufwärmspanne ist die gerechnete Temperatur für durch Wärmeeinleitungen unbelastete Gewässer. Diese entspricht der in (1) beschriebenen Gleichgewichtstemperatur.

Als Richtwert für die durch Wärmebelastungen erzeugte Maximaltemperatur des Gewässers wird 28° C im Ober- und Mittelweserbereich sowie im Bereich der Unterweser oberhalb der tidebedingten Brackwasserzone und 26° C im übrigen Unterweserbereich festgelegt. Diese Werte sind zu reduzieren, wenn die örtlichen Gewässerverhältnisse nur geringere Maximaltemperaturen zulassen.

## 7. Erläuterungen zu den Temperaturlängsschnitten

Die Ergebnisse der verschiedenen durchgerechneten Lastfälle sind auf den Anlagen 6 bis 10 graphisch dargestellt.

Die Lastfälle der Anlagen 6 bis 7 beziehen sich auf extreme hydrologische und meteorologische Bedingungen und sind im Ansatz vergleichbar mit den Lastfallberechnungen anderer Wärmelastpläne wie Rhein, Donau oder Neckar.

Die Winterlastfälle, die in der Anlage 8 dargestellt sind, zeigen für  $Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  den extremen Lastfall.

Für die mittlere Wasserführung von  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$  sind die Temperaturlängsschnitte in der Anlage 9 und 10 für Herbst und Winter aufgetragen, um den Unterschied von extremer (seltener) Wasserführung gegenüber mittleren (häufigeren) Abflußverhältnissen aufzuzeigen.

Für alle Temperaturlängsschnitte ist die Annahme vorgegeben, daß zum Berechnungszeitpunkt sämtliche Kraftwerke mit Vollast betrieben werden.

In jeder dieser Anlagen werden 4 Lastfälle unterschieden:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| – natürlicher Temperaturzustand (gerechnet) | – Lastfall 0 (orange) |
| – Wärmebelastung 1972                       | – Lastfall 1 (blau)   |
| – Wärmebelastung 1980                       | – Lastfall 2 (grün)   |
| – Wärmebelastung 1985                       | – Lastfall 3 (gelb)   |

Als rote Linie ist in den Anlagen 6 bis 10 die generell zulässige Temperatur wiedergegeben worden.

Im Lastfall 1 werden das Kraftwerk Würzgassen in den Lastfällen 2 und 3 die Kraftwerke Würzgassen, Grohnde, Veltheim, Heyden und Robert Frank mit Ablaufkühlung bzw. teilweise mit Kreislaufkühlung betrieben.

In der Anlage 6 sind zusätzlich die Lastfälle 1A, 2A und 3A abgebildet.

Diese Temperaturlängsschnitte zeigen die Aufwärmung des Gewässers unter der Voraussetzung, daß die Kraftwerke ohne begrenzende Auflagen wie Einhaltung einer maximalen Gewässertemperatur und bestimmter Aufwärmspannen gefahren werden und die anfallende Abwärme in voller Höhe an das Gewässer abgeben.

Diese Vergleichsmöglichkeit ist in den Anlagen 7 bis 10 auf den Lastfall 2A (im Jahre 1980 bei voller Abwärmeabgabe an das Gewässer) beschränkt worden, weil das Bild von Anlage 6 bei Darstellung der Lastfälle 1A, 2A und 3A sich im Prinzip wiederholen würde.

Die in den Berechnungen berücksichtigte Abwärme durch Industrie-einleiter macht sich in allen Lastfällen nur geringfügig bemerkbar.

Die Berechnung der Wassertemperatur im Verlauf der Unterweser zur Außenweser hin berücksichtigt für alle Lastfälle im Sommer und Herbst eine angenommene gleichmäßig verteilte Abkühlung von 1 grad. Für die Winterlastfälle wird mit einer entsprechenden Abkühlung von 0,7 grad gerechnet.

Im folgenden werden die verschiedenen Lastfälle der Anlagen 6 bis 10 beschrieben:

**Anlage 6** – Temperaturlängsschnitt  
Lastfälle Sommer  
 $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $A = 50 \text{ W/m}^2 \text{ grad}$

### Lastfall 0 (orange)

Bei einer Starttemperatur von 25,2° C steigt die Wassertemperatur bis etwa km 125 auf 26° C und bleibt dann bis Bremen in etwa konstant. Im weiteren Verlauf bis Bremerhaven wird eine natürliche Abkühlung von etwa 1 grad vorausgesetzt, so daß die Temperatur unterhalb Bremerhavens 25,1° C beträgt.



**Lastfall 1 (blau)**

Die Auswirkung der vorhandenen Kühlwassereinleitungen der Kraftwerke geht über die zulässige maximale Temperatur von 28° C hinaus. Lediglich in Würgassen kann durch Kühlturmeinsatz die Temperatur in der Weser nach Durchmischung mit dem Kühlwasser auf 28° C begrenzt werden. Im Unterweserbereich machen sich die Abwärmeeinleitungen zur Zeit nicht wesentlich bemerkbar. Bedingt durch die hohe Starttemperatur am Übergang zwischen Mittelweser und Unterweser wird die zulässige Gewässertemperatur im Brackwasserbereich um etwa 1 grad überschritten.

**Lastfall 2 (grün)**

Hier wird vorausgesetzt, daß die Kraftwerke Würgassen, Grohnde, Veltheim, Heyden und Robert Frank 1980 über Kühleinrichtungen (als Ablaufkühltürme oder mindestens gleichwertige Einrichtungen) verfügen. Die zulässige maximale Temperatur wird im Verlauf der Weser infolge der Kühlturmwirkung nicht überschritten.

Die gestiegenen Abwärmeeinleitungen im Unterweserbereich erhöhen die Wassertemperaturen im bremischen Bereich bis zur zulässigen Temperatur von 28° C.

Die hohe Starttemperatur am Übergang zwischen Mittelweser und Unterweser bedingt wie im Lastfall 1, daß die zulässige Temperatur von 26° C im Brackwasserbereich um etwa 1,5 grad überschritten wird.

**Lastfall 3 (gelb)**

Es gilt der Temperaturverlauf wie für Lastfall 2 mit einer zusätzlichen Erhöhung durch das Kraftwerk Hastedt.

Durch die Annahme einer Vorbelastung der Aller tritt an deren Mündung ein Temperatursprung von 0,8 grad in der Weser auf.

Die hohe Starttemperatur von 29,2° C für den Unterweserbereich, die insbesondere durch das KW Hastedt hervorgerufen wird, erhöht sich unterhalb Bremens bis auf 29,5° C. Die zulässige Temperatur von 28° C im Süßwasserbereich bzw. 26° C im Brackwasserbereich wird deutlich überschritten.

**Lastfälle 1 A bis 3 A**

Alle drei Lastfälle zeigen die erhebliche Erwärmung des Gewässers bis auf 41,7° C im Bereich des KW Robert Frank. Der Verlauf der Temperaturganglinie des Lastfalles 1 A überlagert sich – da die hohen Aufwärmungen abgebaut sind – ab Kraftwerk Robert Frank mit dem der Ganglinie des Lastfalles 1.

Der Lastfall 2 A entspricht im ersten Verlauf bis KW Grohnde dem Lastfall 1 A.

Der Lastfall 3 A ist bis zur Mündung der Aller identisch mit dem Lastfall 2 A.

Im Unterweserbereich entspricht der Lastfall 1 A etwa der Ganglinie des Lastfalles 1.

**Anlage 7 – Temperaturlängsschnitt**

Lastfälle Herbst

$$Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}, A = 50 \text{ W/m}^2 \text{ grad}$$

**Lastfall 0 (orange)**

Die Temperatur der Weser fällt von 18,3° C bei Hannoversch-Münden bis km 125 auf 17° C ab und bleibt annähernd bei diesem Wert bis Bremen. Im Verlauf der Unterweser wird ein Temperaturabfall von etwa 1 grad vorausgesetzt.

**Lastfall 1 (blau)**

Die zulässige Temperatur wird im Verlauf der Weser mit Ausnahme der Abschnitte zwischen km 90 bis km 177 und zwischen Intschede und Huntemündung um maximal 6,1 grad – im Bereich des KW Robert Frank – überschritten.

**Lastfall 2 (grün)**

Im Ober- und Mittelweserbereich liegen die Temperaturen in fast allen Abschnitten über der zulässigen Temperatur. Die hohe Starttemperatur am Übergang zwischen Mittelweser und Unterweser bedingt für den Unterweserbereich, daß die zulässige Temperatur nicht eingehalten werden kann.

**Lastfall 3 (gelb)**

Die Temperaturen liegen geringfügig über der Temperaturganglinie des Lastfalles 2.

**Lastfall 2A**

Die Vergleichskurve läßt erkennen, daß im Ober- und Mittelweserbereich die zulässige Temperatur um annähernd 15 grd überschritten wird.

Im Unterweserbereich entspricht diese Ganglinie etwa dem Lastfall 3 und ist deshalb nicht gesondert dargestellt worden.

**Anlage 8 — Temperaturlängsschnitt**

Lastfälle Winter

$$Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{s}, A = 25 \text{ W/m}^2 \text{ grd}$$

**Lastfall 0 (orange)**

Die Temperaturganglinie fällt ausgehend von der Starttemperatur 3° C bei km 0 bis Bremen auf etwa 0,7° C.

Im weiteren Verlauf der Unterweser setzt sich der Temperaturabfall bis 0° C fort.

**Lastfall 1 (blau)**

Im Bereich der Ober- und Mittelweser verläuft die Temperaturganglinie nach der starken Temperaturerhöhung durch Würgassen fast ausschließlich oberhalb der zulässigen Temperatur. Die hohe Starttemperatur für die Unterweser ergibt auch für diesen Bereich eine Überschreitung der zulässigen Temperatur.

**Lastfall 2 (grün)**

Für 1980 liegen die Temperaturen noch höher als 1972. Die Temperaturerhöhung durch das Kernkraftwerk Grohnde ist erst oberhalb Bremens annähernd abgebaut worden.

Auch im Unterweserbereich liegen die Gewässertemperaturen über den Temperaturen des Lastfalles 1.

**Lastfall 3 (gelb)**

Die Temperaturen verlaufen gleichartig wie im Lastfall 2. Sie liegen aber in allen Bereichen höher als im Jahre 1980.

**Lastfall 2A**

Die Temperaturganglinie erreicht Spitzenwerte von etwa 18,9° C und liegt ständig über den Werten des Lastfalles 3.

Zwischen den Kraftwerken Würgassen und Grohnde verläuft die Temperaturganglinie wie im Lastfall 2 und ist nicht gesondert dargestellt.

**Anlage 9 — Temperaturlängsschnitt**

Lastfälle Herbst

$$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}, A = 50 \text{ W/m}^2 \text{ grdgrd}$$

**Lastfall 0 (orange)**

Die gerechnete natürliche Temperatur folgt dem gleichen Verlauf, der auch in der Anlage 7 dargestellt worden ist.

**Lastfall 1 (blau)**

Bedingt durch die höhere Wasserführung (Mittelwasser) werden die zulässigen Temperaturen im gesamten Weserlauf nicht überschritten.

**Lastfall 2 (grün)**

Der zusätzliche Einfluß durch das Kernkraftwerk Grohnde führt zu einer Gewässertemperatur, die bei Veltheim und Heyden um etwa 1 grd über die zulässige Temperaturlinie hinausgeht. Oberhalb und unterhalb dieser Bereiche der Weser werden die zulässigen Temperaturen eingehalten.

**Lastfall 3 (gelb)**

Gegenüber dem Lastfall 2 liegen die Temperaturen durch die zusätzliche Abwärme des Kernkraftwerkes Würgassen bei den Kraftwerken Grohnde, Veltheim und Heyden bis zu 1,5 grd über der zulässigen Temperatur. Im Brackwasserbereich der Unterweser erreicht die Temperatur aufgrund der Temperaturerhöhungen an der Allermündung und am KW Hastedt etwa 26,5° C.



### Lastfall 2A

Die Temperaturen überschreiten die zulässige Temperatur im Ober- und Mittelweserbereich um etwa 3 grd.

Die Temperaturen im Süßwasserbereich der Unterweser entsprechen etwa den zulässigen Temperaturen.

Im Brackwasserbereich liegen die Temperaturen etwa 1,2 grd über der zulässigen Temperatur.

### Anlage 10 – Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Winter

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $A = 25 \text{ W/m}^2 \text{ grd}$

### Lastfall 0 (orange)

Die gerechnete „natürliche“ Temperatur folgt dem gleichen Verlauf, der in der Anlage 8 dargestellt worden ist.

### Lastfall 1 (blau)

Im Winterlastfall bei mittlerer Wasserführung werden die zulässigen Temperaturen im gesamten Weserverlauf nicht überschritten.

### Lastfall 2 (grün)

Durch den zusätzlichen Temperatureinfluß bei Grohnde wird das Gewässer über die zulässige Temperatur hinaus um etwa 4 grd erhöht.

### Lastfall 3 (gelb)

Wie im Lastfall 2 wird im überwiegenden Verlauf der Weser die zulässige Temperatur überschritten. Der Temperaturverlauf für den Lastfall 2A „1980 – ohne Kühlung“ entspricht annähernd dem Lastfall 3 und ist deshalb nicht gesondert dargestellt worden.

## 8. Zusammenfassung und Folgerung

Der Wärmelastplan ist zur Abschätzung gegenwärtiger und zukünftiger Veränderungen der Temperaturverhältnisse in der Weser durch Warmwassereinleitungen aufgestellt worden.

Es wurde dabei zwischen der Ober- und Mittelweser sowie der Unterweser prinzipiell unterschieden.

Aus den dargelegten Überlegungen und gerechneten Temperaturlängsschnitten lassen sich folgende Ergebnisse herausheben:

- Der maßgebliche Einfluß auf die Wassertemperatur der Weser resultiert an der Ober- und Mittelweser aus der Kraftwerkskette Würgassen – Grohnde (ab 1980) – Veltheim – Heyden – Robert Frank und Hastedt.

und an der Unterweser aus den Kraftwerken

*mit Gebäuden* ~~Niedervieland (ab 1980)~~ – Hafen – Klöckner – Mittelsbüren – Farge und Esenshamm.

- Zur Zeit (Lastfälle 1972) können bei niedrigen Abflußmengen in der Weser die zulässigen Wassertemperaturen im Sommer, Herbst und Winter nicht eingehalten werden, da teilweise die notwendigen Kühltürme fehlen.
- Die Lastfälle für 1980/85 zeigen unter der Annahme von Kühlturmeinsatz mit Ablaufkühlung für alle großen Kraftwerke an der Ober- und Mittelweser, daß für den Sommerlastfall die Maximaltemperatur von  $28^\circ \text{C}$  nicht überschritten wird.
- Für die Herbst- und Winterlastfälle 1980/85 reicht die für die Rechnung angenommene Ablaufkühlung aller großen Kraftwerke an der Ober- und Mittelweser nicht aus, um die Wassertemperaturen der Weser innerhalb Aufwärmspanne von  $\Delta t = 3 \text{ grd}$  zu halten.
- Zur Einhaltung der Aufwärmspannen und Grenztemperaturen wird der Einsatz von offener Kreislaufkühlung bzw. ggf. geschlossenen Kühlkreisläufen erforderlich. Durch sie muß die Wärmebelastung den Bedürfnissen des Gewässers angepaßt werden.
- Die Verdunstungsverluste an der Ober- und Mittelweser betragen, bezogen auf  $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$  am Pegel Intschede, für 1972 etwa 2%, für 1980 etwa 5% und für 1985 fast 7%. Für die Unterweser sind die Verdunstungsverluste unbedeutend.
- Bei der Aufstellung des Wärmelastplanes Weser wird von einer generellen Aufwärmspanne von  $\Delta t = 3 \text{ grd}$  und einer maximalen Temperatur im Gewässer von  $28^\circ \text{C}$  bzw.  $\Delta t = 2 \text{ grd}$  und  $26^\circ \text{C}$  als maximale Temperatur im Brackwasserbereich der Unterweser ausgegangen.

Der Umfang des vorhandenen Datenmaterials zur Berechnung der Temperaturlängsschnitte muß erweitert werden. Die Arge Weser hat deshalb beschlossen, ein Meßprogramm für die Weser aufzustellen und durchzuführen. Dabei sind neben Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt und sonstigen chemisch-physikalischen Gewässerdaten u. a. auch die meteorologischen Daten für die Weser zu messen. Die Daten für die Gewässerhydraulik bedürfen unter den besonderen Anforderungen des Wärmelastplanes der Verbesserung und Ergänzung. Die Berechnung muß überprüft und mit neuen Meßwerten fortgeschrieben werden. Die Auswirkungen auf andere Parameter der Gewässergüte – insbesondere auf den Sauerstoffgehalt in der Weser – sind einzubeziehen.

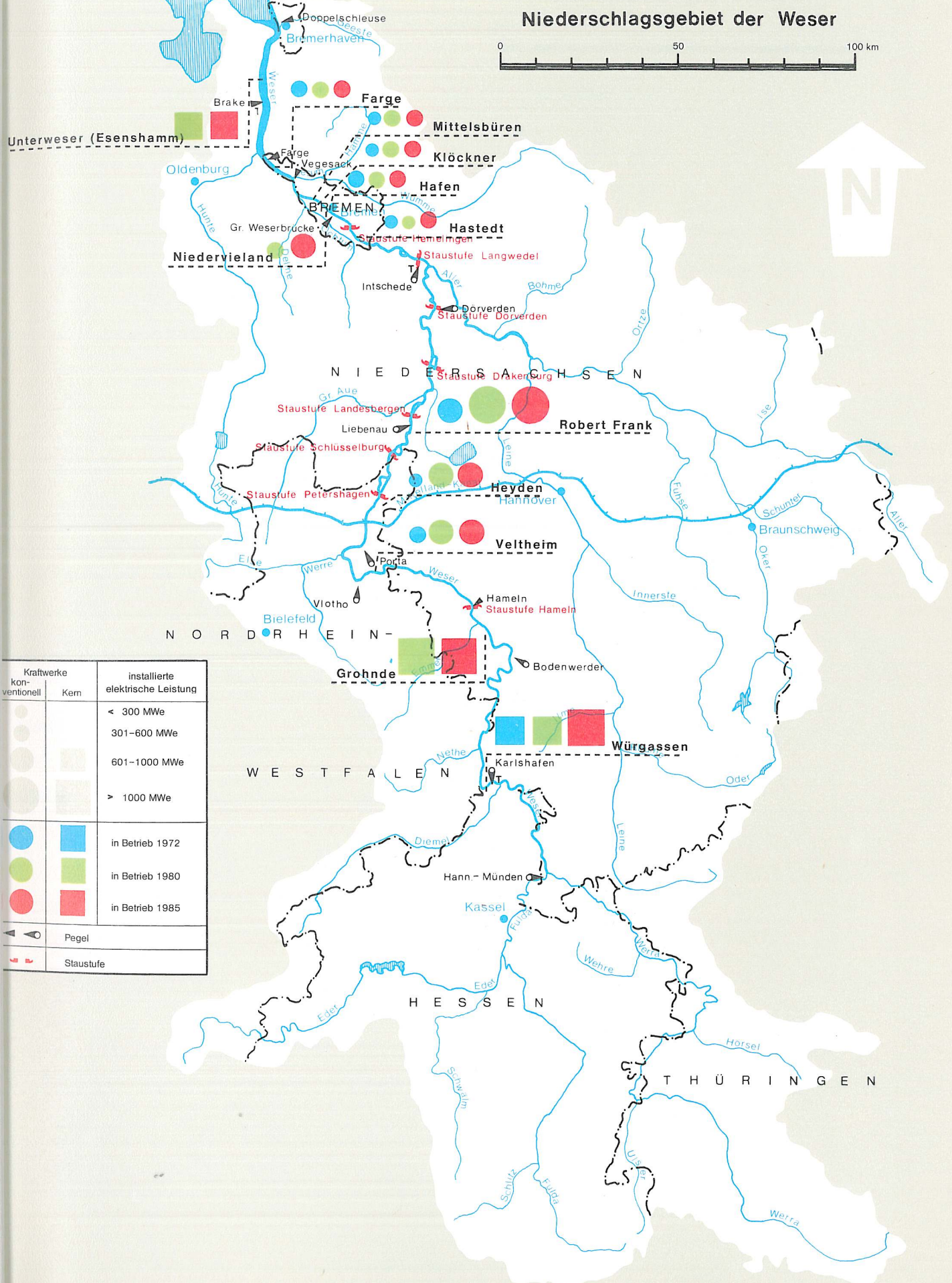
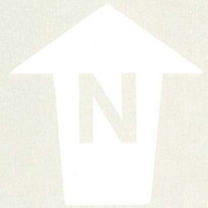
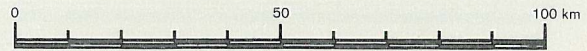
#### Schrifttum

1. LAWA: Grundlagen für die Beurteilung der Wärmebelastung von Gewässern; 1971.
2. Flinsbach, D. und Fleig, H.: Die Aufstellung von Wärmelastplänen durch rechnerische Simulation der Wärmetausvorgänge – dargestellt am Beispiel des „Wärmelastplanes Rhein“ –; WaWi 62 (1972) 5.
3. Bayerisches Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz: Wärmelastrechnungen Main 1972 und Donau 1973.
4. Günneberg, F.: Abwärme im Gewässer; Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen. Jg. 17, H 1 (1973).
5. Kuhn, W.: Physikalisch meteorologische Überlegungen zur Nutzung der Gewässer für Kühlzwecke; Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. A. 21 (1972), S. 95-122.
6. Arge „Reinhaltung der Elbe“. Wärmelastplan für die Elbe 1973.
7. Partenscky, H. W. und Lucht, F.: Gutachten über die thermische Belastung der Weser durch die Einleitung von Kühlwasser am Kernkraftwerk Unterweser, 1973, Teil II.
8. Scultetus, H. R.: Gutachten über die Veränderung der Nebelhäufigkeit über der Unterweser durch Einleiten von Kühlwasser aus einem Kernkraftwerk bei km 52 der Unterweser; WSD Bremen, 1972.
9. Böhnke, B.: Beeinflussung der Wasserläufe durch Erwärmung und Wasserentzug; Die Wasserwirtschaft, Jg. 63, H. 11/12, 1973.



# Übersichtskarte

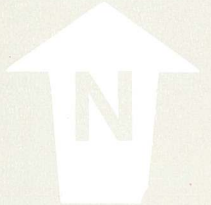
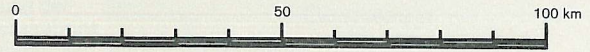
Niederschlagsgebiet der Weser



Kraftwerke		installierte elektrische Leistung
konventionell	Kern	
		< 300 MWe
		301-600 MWe
		601-1000 MWe
		> 1000 MWe
		in Betrieb 1972
		in Betrieb 1980
		in Betrieb 1985
		Pegel
		Staustufe

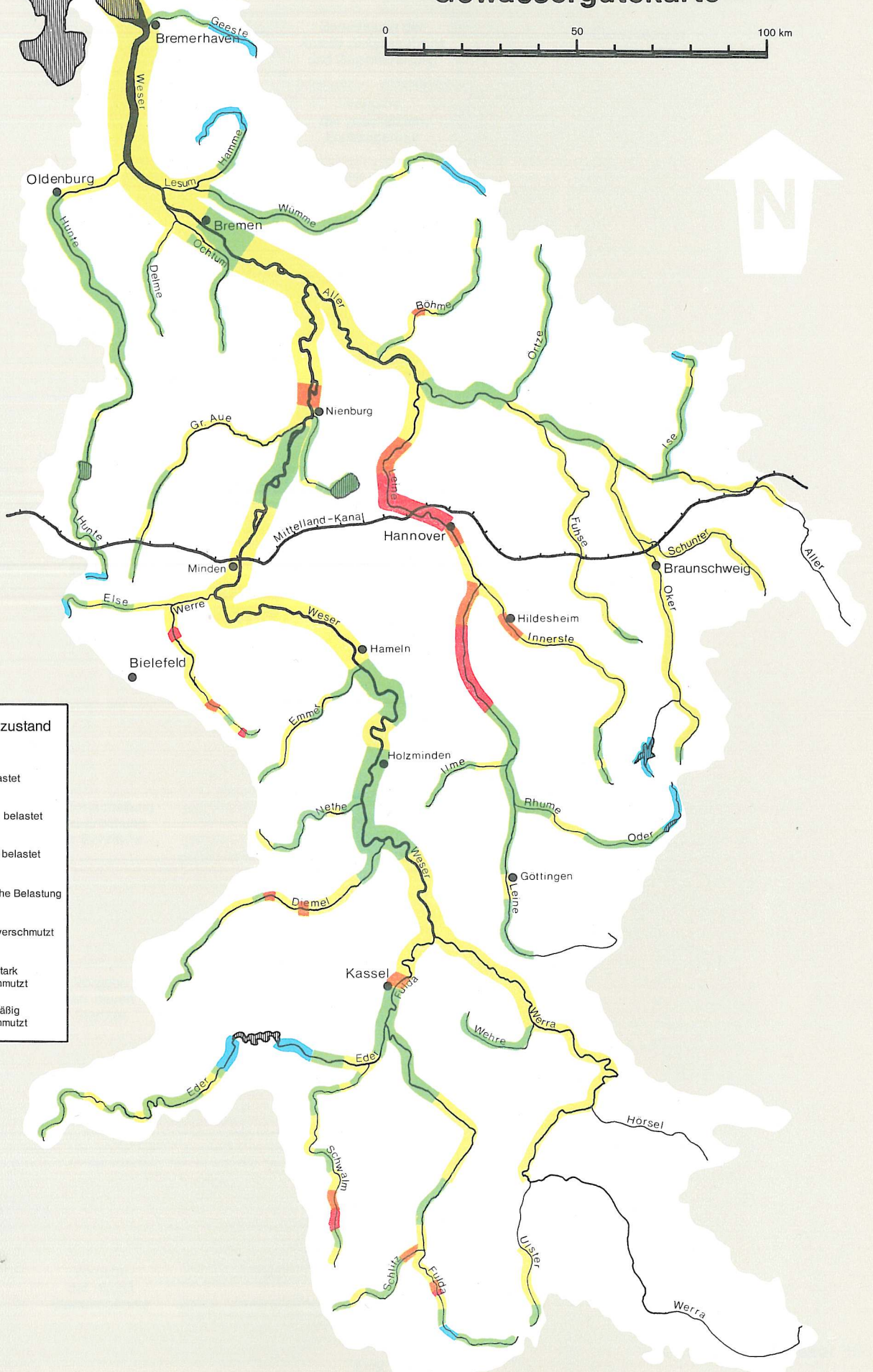


# Gewässergütekarte



**Biologischer Gewässerzustand**

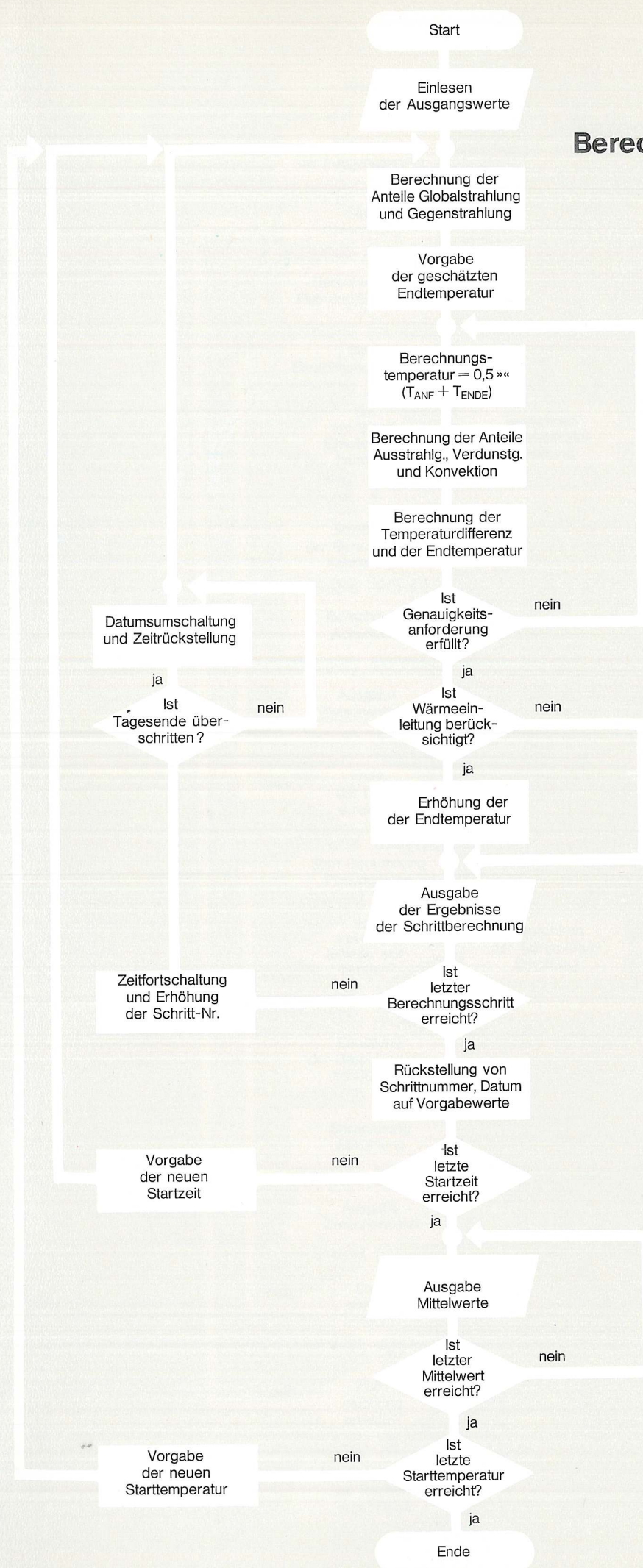
Zustands- klassen	
I unbelastet	
I - II gering belastet	
II mäßig belastet	
II - III kritische Belastung	
III stark verschmutzt	
III - IV sehr stark verschmutzt	
IV übermäßig verschmutzt	





## Berechnungsschema

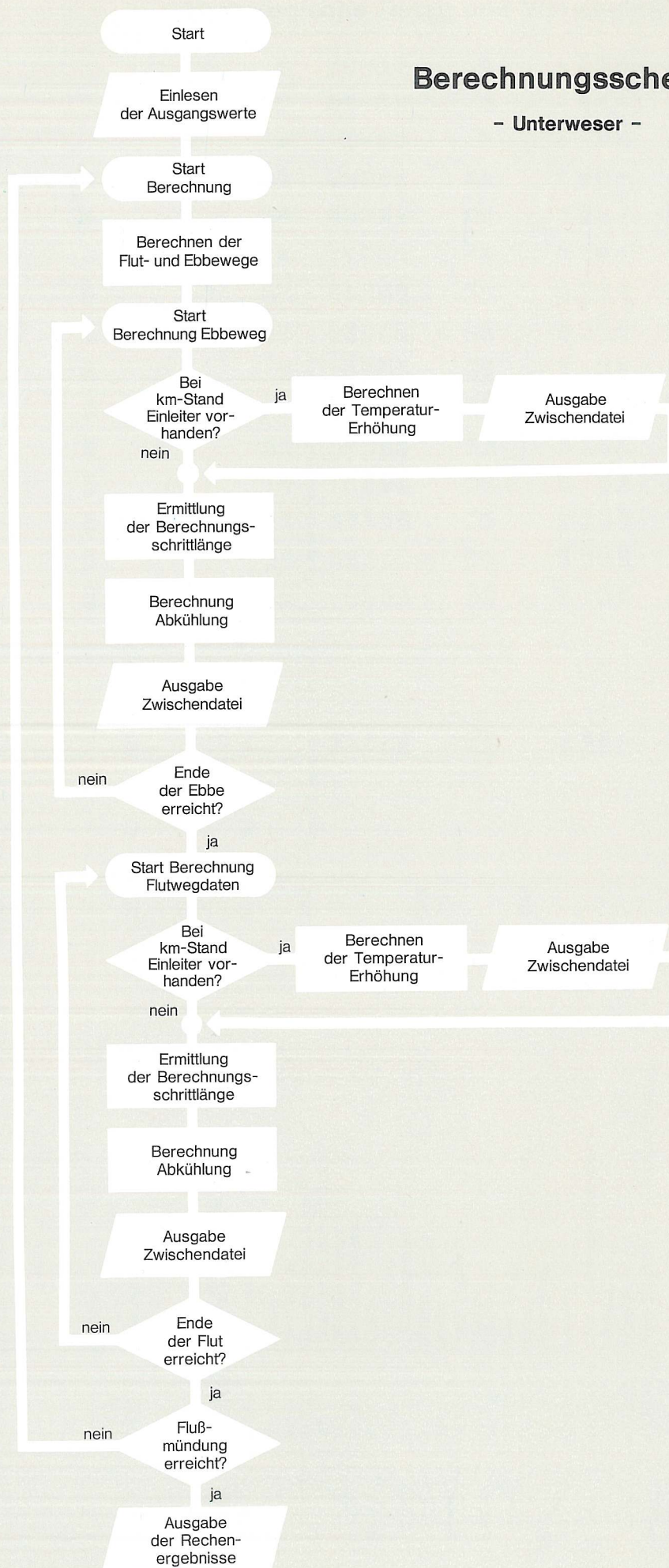
- Oberweser -





# Berechnungsschema

- Unterweser -





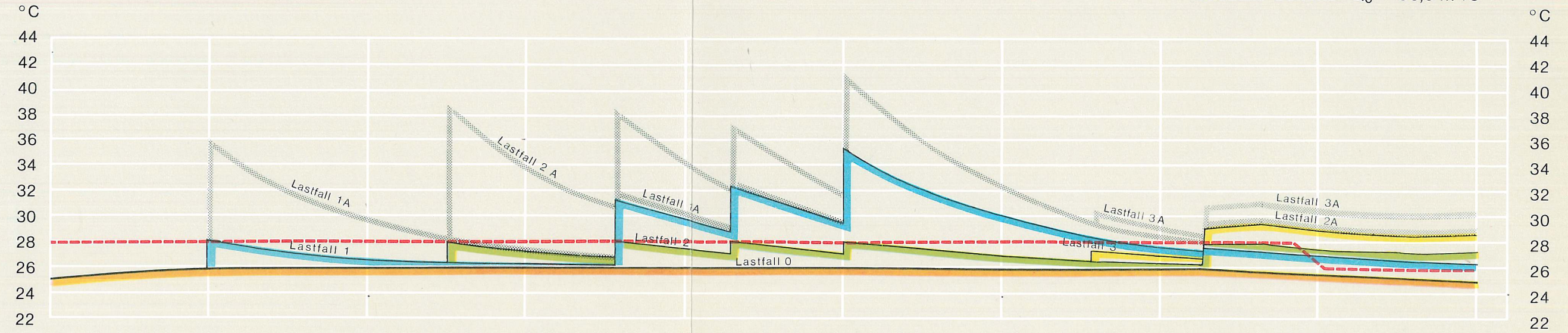
<sup>1)</sup> Teilweise Kreislaufkühlung      <sup>2)</sup> Teilweise Ablaufkühlung      <sup>3)</sup> Temperaturerhöhung durch Abwärmeeinleitung bei einer Tidephase (Ebbe- bzw. Flutweg)



# Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Sommer  $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Wassertemperatur



Maßgebender  
Niedrigwasserabfluß



Fließzeit (h)

22 47 77 84 111 155 176 192

Kilometrierung (Fluß-km)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450

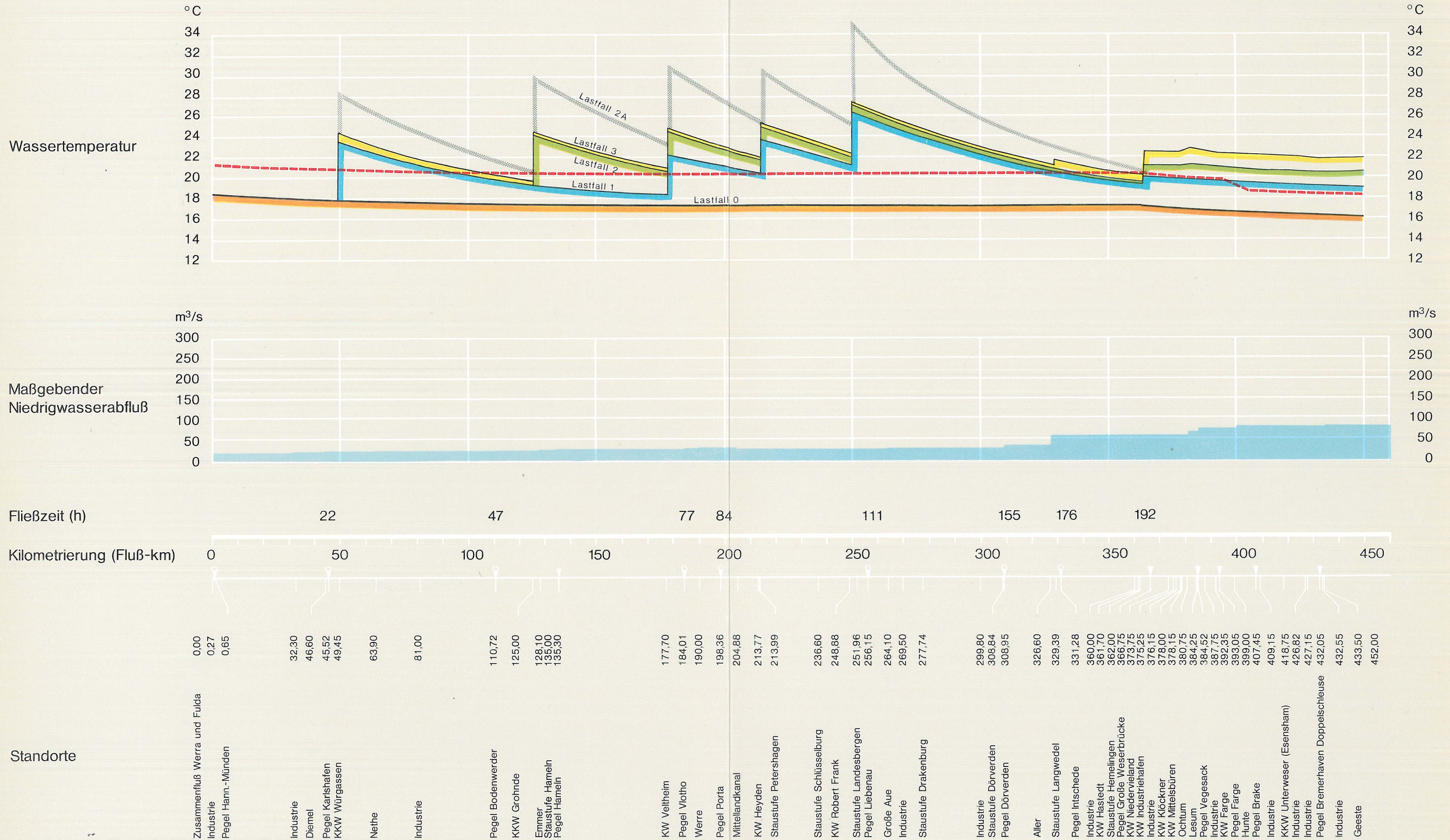
Standorte

Zusammenfluß Werra und Fulda	0,00
Industrie	0,27
Pegel Hann.-Münden	0,65
Industrie	32,30
Diemel	46,60
Pegel Karlshafen	45,52
KKW Würgassen	49,45
Nethe	63,90
Industrie	81,00
Pegel Bodenwerder	110,72
KKW Grohnde	125,00
Emmer	128,10
Staustufe Hameln	135,00
Pegel Hameln	135,30
KW Veltheim	177,70
Pegel Vlotho	184,01
Werre	190,00
Pegel Porta	198,36
Mittellandkanal	204,88
KW Heyden	213,77
Staustufe Petershagen	213,99
Staustufe Schlüsselburg	236,60
KW Robert Frank	248,88
Staustufe Landesbergen	251,96
Pegel Liebenau	256,15
Große Aue	264,10
Industrie	269,50
Staustufe Drakenburg	277,74
Industrie	299,80
Staustufe Dörverden	308,84
Pegel Dörverden	308,95
Aller	326,60
Staustufe Langwedel	329,39
Pegel Intschede	331,28
Industrie	360,00
KW Hastedt	361,70
Staustufe Hemelingen	362,00
Pegel Große Weserbrücke	366,75
KW Nidervieland	373,75
KW Industriehafen	375,25
Industrie	376,15
KW Klöckner	378,00
KW Mittelsbüren	378,15
Ochtum	380,75
Lesum	384,25
Pegel Vegesack	384,52
Industrie	387,75
KW Farge	392,35
Pegel Farge	393,05
Hunte	399,00
Pegel Brake	407,45
Industrie	409,15
KKW Unterweser (Esensham)	418,75
Industrie	426,82
Industrie	427,15
Pegel Bremerhaven Doppelschleuse	432,05
Industrie	432,55
Geeste	433,50
	452,00



# Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Herbst  $Q_0 = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$





Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Winter  $Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

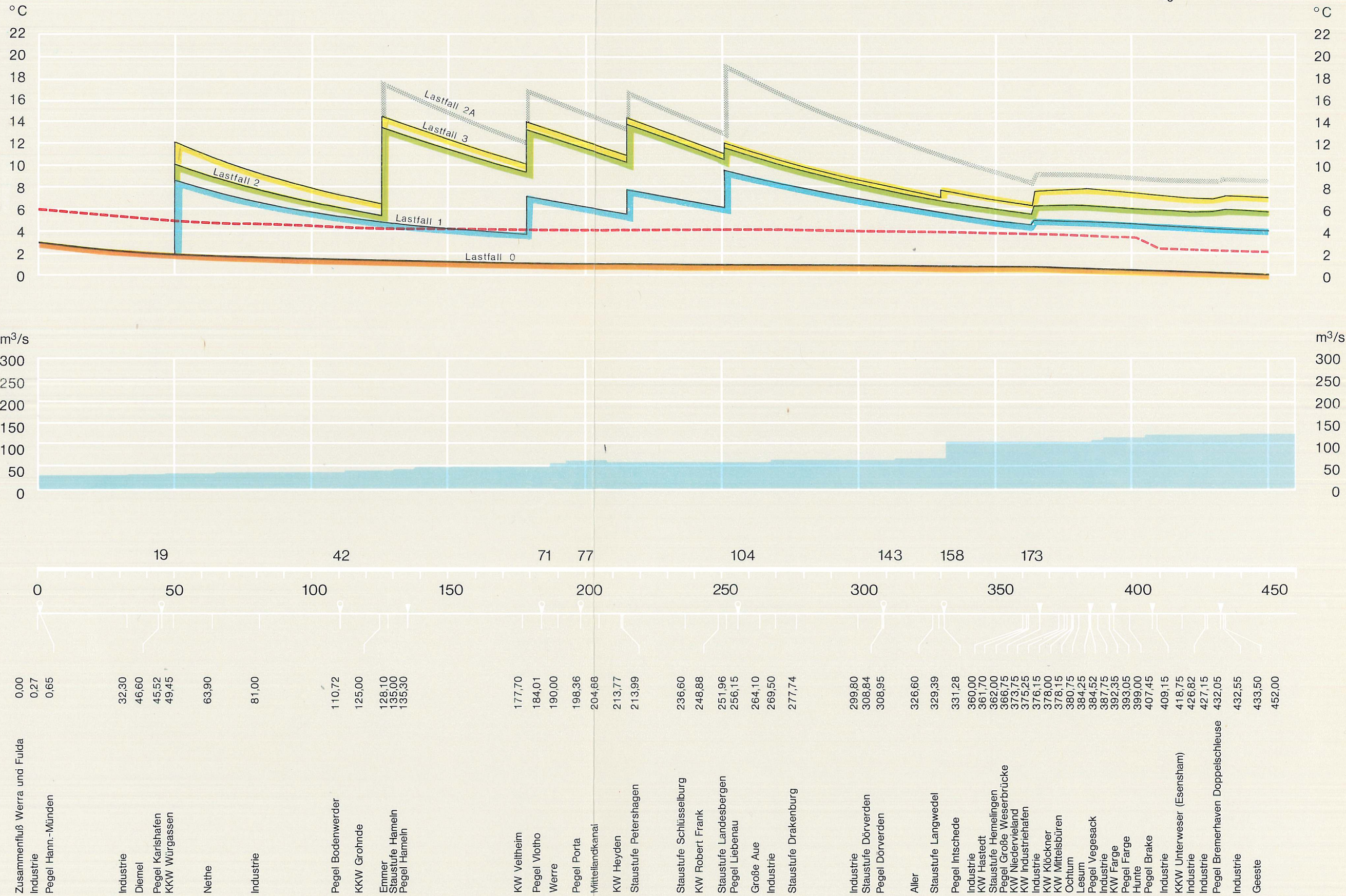
Wassertemperatur

Maßgebender  
Niedrigwasserabfluß

Fließzeit (h)

Kilometrierung (Fluß-km)

Standorte

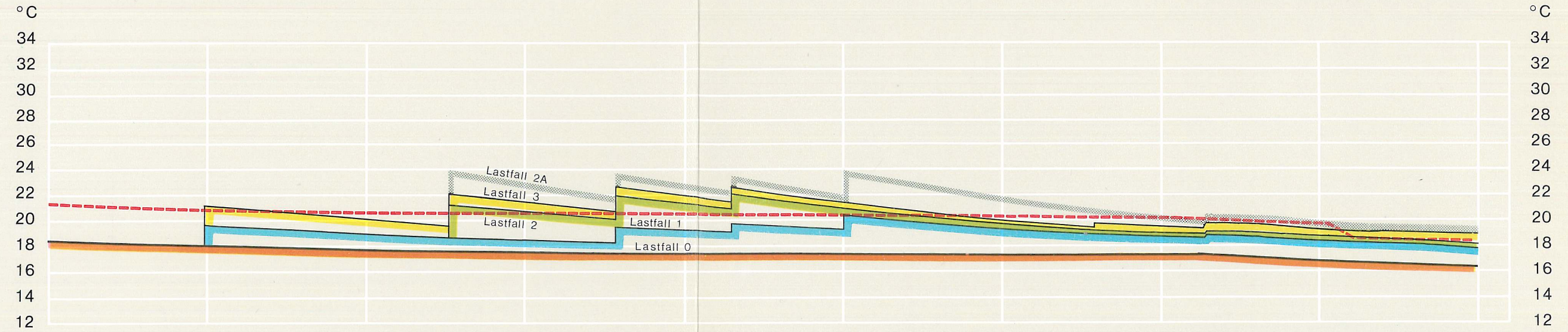




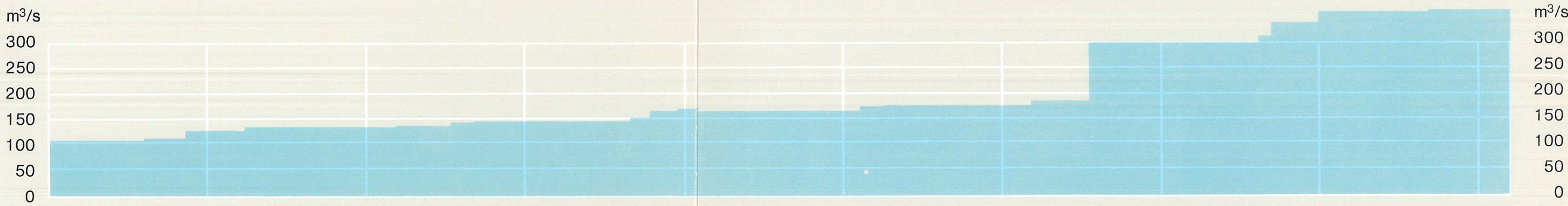
Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Herbst Q = 300 m³/s

Wassertemperatur



Maßgebender Mittelwasserabfluß



Fließzeit (h)



Kilometrierung (Fluß-km)



Standorte

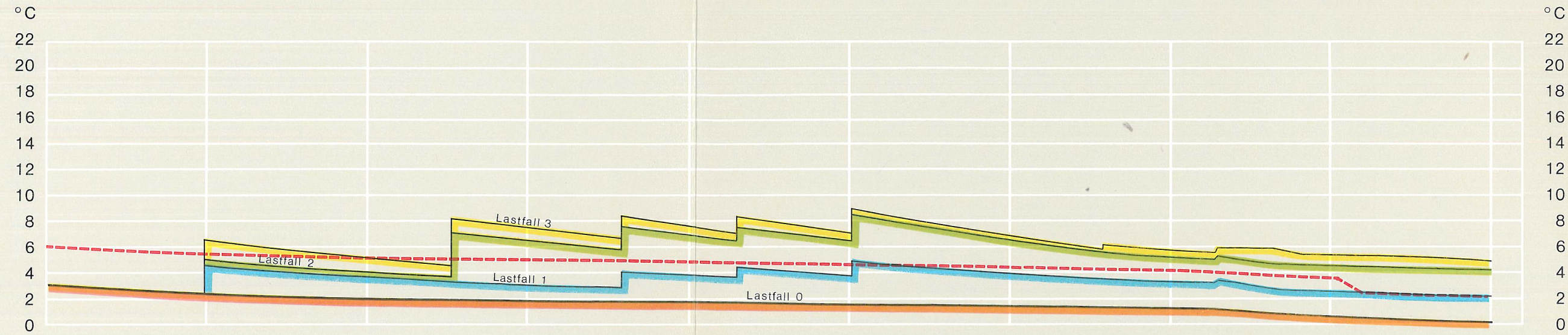
Zusammenfluß Werra und Fulda	0,00	
Industrie	0,27	
Pegel Hann.-Münden	0,65	
Industrie	32,30	
Diemel	46,60	
Pegel Karlshafen	45,52	
KKW Würgassen	49,45	
Nethe	63,90	
Industrie	81,00	
Pegel Bodenwerder	110,72	
KKW Grohnde	125,00	
Emmer	128,10	
Stautufe Hameln	135,00	
Pegel Hameln	135,30	
KW Veltheim	177,70	
Pegel Vlotho	184,01	
Werre	190,00	
Pegel Porta	198,36	
Mittellandkanal	204,88	
KW Heyden	213,77	
Stautufe Petershagen	213,99	
Stautufe Schlüsselburg	236,60	
KW Robert Frank	248,88	
Stautufe Landesbergen	251,96	
Pegel Liebenau	256,15	
Große Aue	264,10	
Industrie	269,50	
Stautufe Drakenburg	277,74	
Industrie	299,80	
Stautufe Dörverden	308,84	
Pegel Dörverden	308,95	
Aller	326,60	
Stautufe Langwedel	329,39	
Pegel Intschede	331,28	
Industrie	360,00	
KW Hastedt	361,70	
Stautufe Hemelingen	362,00	
Pegel Große Weserbrücke	366,75	
KW Niedervieland	373,75	
KW Industriehafen	375,25	
Industrie	376,15	
KW Klockner	378,00	
KW Mittelsbüren	378,15	
Ochtum	380,75	
Lesum	384,25	
Pegel Vegesack	384,52	
Industrie	387,75	
KW Farge	392,35	
Pegel Farge	393,05	
Hunte	399,00	
Pegel Brake	407,45	
Industrie	409,15	
KKW Unterweser (Esensham)	418,75	
Industrie	426,82	
Industrie	427,15	
Pegel Bremerhaven Doppelschleuse	432,05	
Industrie	432,55	
Geeste	433,50	
	452,00	



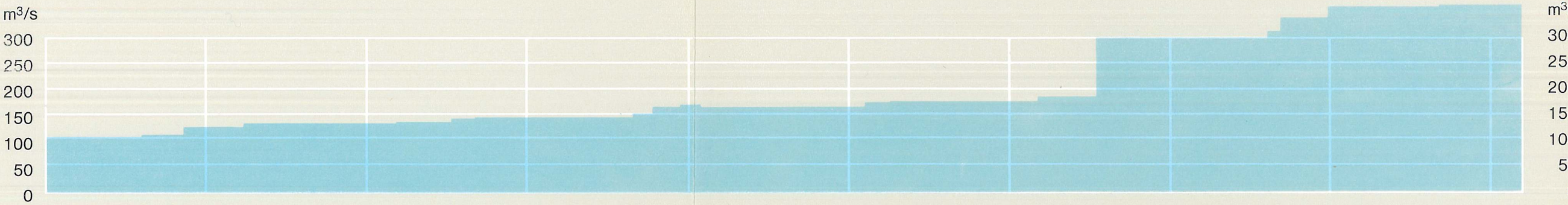
# Temperaturlängsschnitt

Lastfälle Winter Q = 300 m³/s

Wassertemperatur



Maßgebender  
Mittelwasserabfluß



Fließzeit (h)

12 28 46 50 68 84 91 100

Kilometrierung (Fluß-km)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450

Standorte

