

„Auswirkungen des Klimawandels auf niedersächsische Seen am Beispiel des Steinhuder Meeres“

- NIKO - Klima-Gespräche am 01.09.26 -



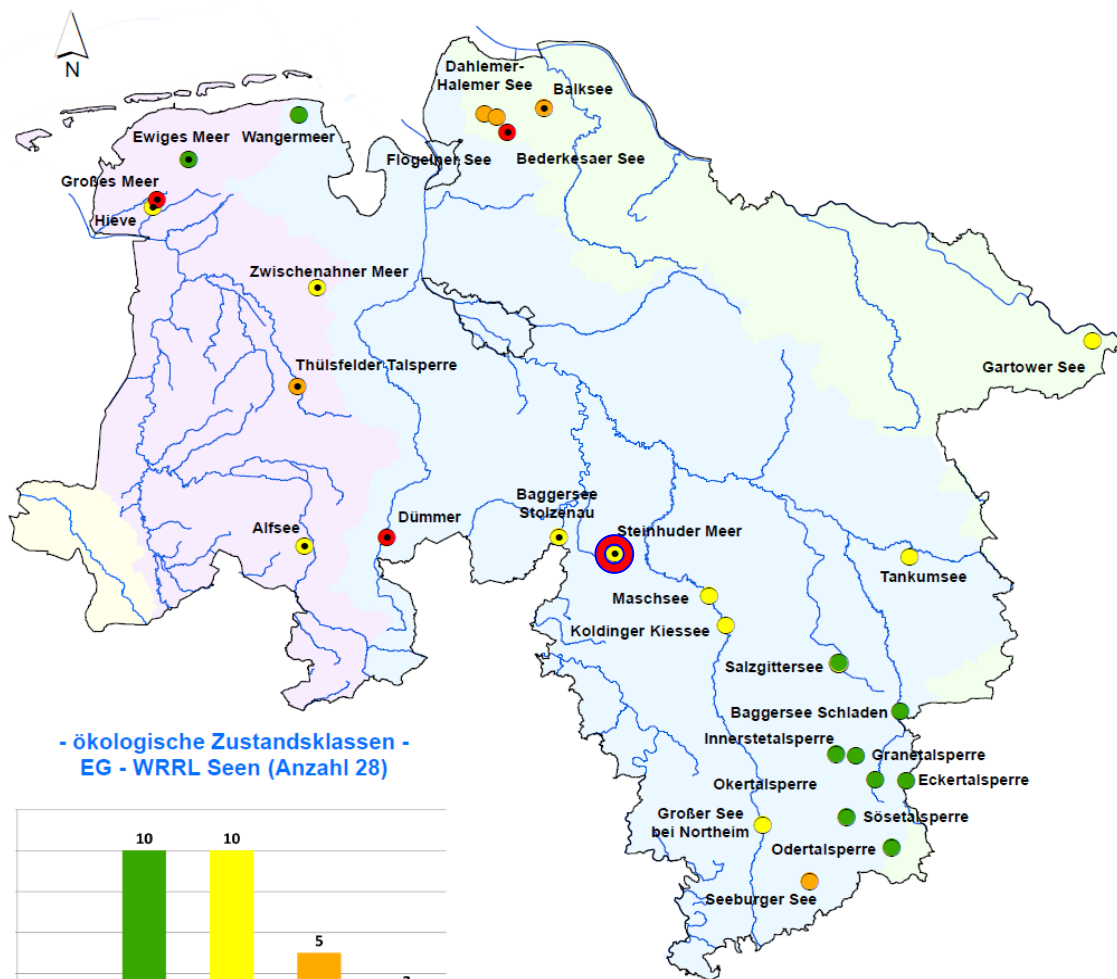
Foto: Schuster



Seen in Niedersachsen

- Über 27.770 **Seen** ($\approx 70 \text{ km}^2 \approx 0,15 \%$ der Landesfläche) davon:
 - 3700 Seen $\geq 1 \text{ ha}$
 - 33 Seen $\geq 50 \text{ ha}$
 - 3 Seen $\geq 500 \text{ ha}$ (Steinhuder Meer, Dümmer, Zwischenahner Meer)
 - 1 See $\geq 2500 \text{ ha}$ (Steinhuder Meer mit 2910 ha größter Flachsee Deutschlands)
- Von den Seen über 50 ha sind **28 als EG-WRRL-Seen** gemeldet:
 - 11 natürliche Seen (**NWB**)
 - 8 erheblich veränderte Seen (**HMWB**) darunter 6 Harztalsperren
 - 9 künstliche Stillgewässer (**AWB**, 7 Baggerseen, 1 Speicherbecken, 1 Stadtsee: Der Maschsee in Hannover)

Zustandsbewertung der niedersächsischen EG-WRRL Seen



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

EG-WRRL Seen 2016 - 2020

Ökologischer Zustand

- sehr gut
- gut
- mäßig
- unbefriedigend
- schlecht

Flussgebiete

- Elbe
- Ems
- Rhein
- Weser
- große Fließgewässer
- ⊙ Landeseigene Seen

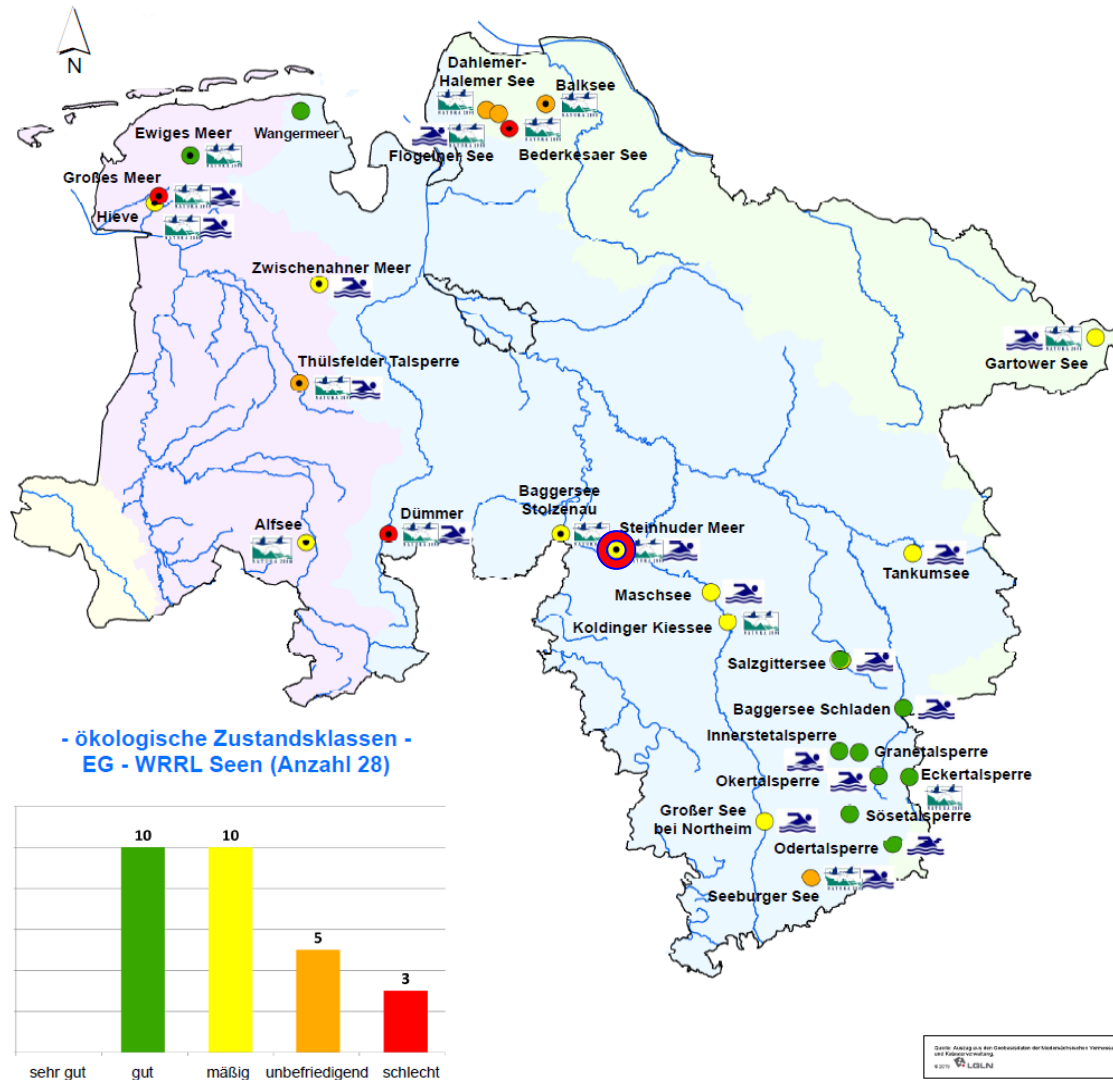
Maßstab: 1 : 1.200.000

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
- Betriebsstelle Sulingen -
Am Bahnhof 1, 27232 Sulingen
Postfach 1543, 27226 Sulingen
Tel.: 04271/9329-0
Fax: 04271/9329-50
email: poststelle@nlwkn-su.niedersachsen.de
www.nlwkn.de



Niedersachsen

Touristische Nutzungskonflikte in niedersächsischen EG-WRRL Seen



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN

EG-WRRL Seen 2016 - 2020

Ökologischer Zustand

- sehr gut
- gut
- mäßig
- unbefriedigend
- schlecht

Flussgebiete

- Elbe
- Ems
- Rhein
- Weser
- große Fließgewässer
- Landeseigene Seen
- Natura 2000
- EU Badestellen

Maßstab: 1 : 1.200.000

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
- Betriebsstelle Sulingen -
Am Bahnhof 1, 27232 Sulingen
Postfach 1543, 27226 Sulingen
Tel.: 04271/9329-0
Fax: 04271/9329-50
email: poststelle@nlwkn-su.niedersachsen.de
www.nlwkn.de



Niedersachsen

Kenndaten Steinhuder Meer

Seefläche: 29,1 km²

Seevolumen: 40 Mio. m³

Einzugsgebiet: 80 km²

Hauptzuflüsse: → Grundwasser (≅ 60 %)
→ Winzlarer Grenzgraben
(→ Niederschlag auf Seefläche)

mittlere Tiefe: 1,35 m

maximale Tiefe: 2,90 m (→ *polymiktischer Flachsee*: Seetyp 11)

Wasseraufenthaltszeit: 2,3 Jahre

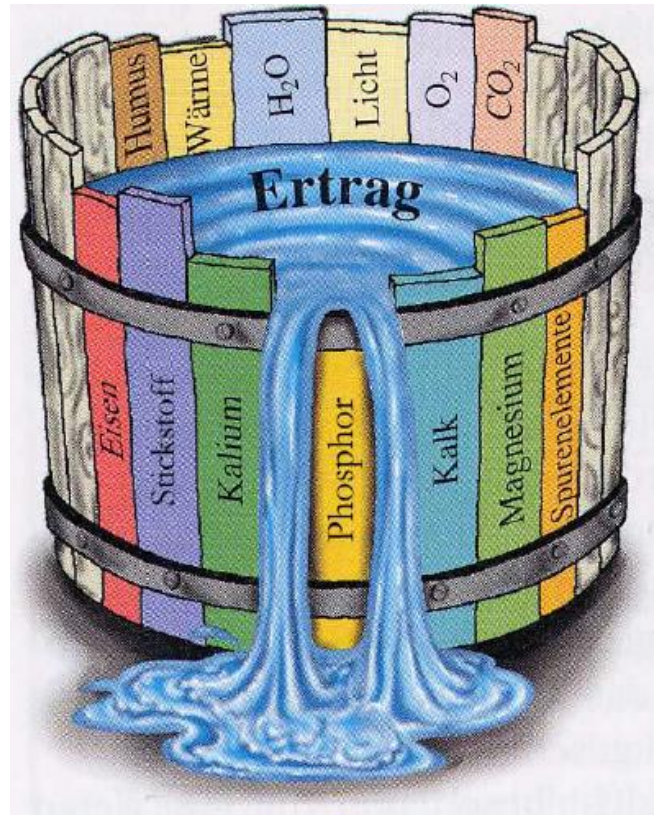
Entstehung: *Thermokarst* am Ende der letzten Eiszeit vor 14.000 Jahren

Entwicklungsziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL):

➤ *Eutropher makrophytendominierter Flachsee ohne Blaualgendominanz mit natürlichen Uferbereichen und einer natürlichen Wasserstandsdynamik*

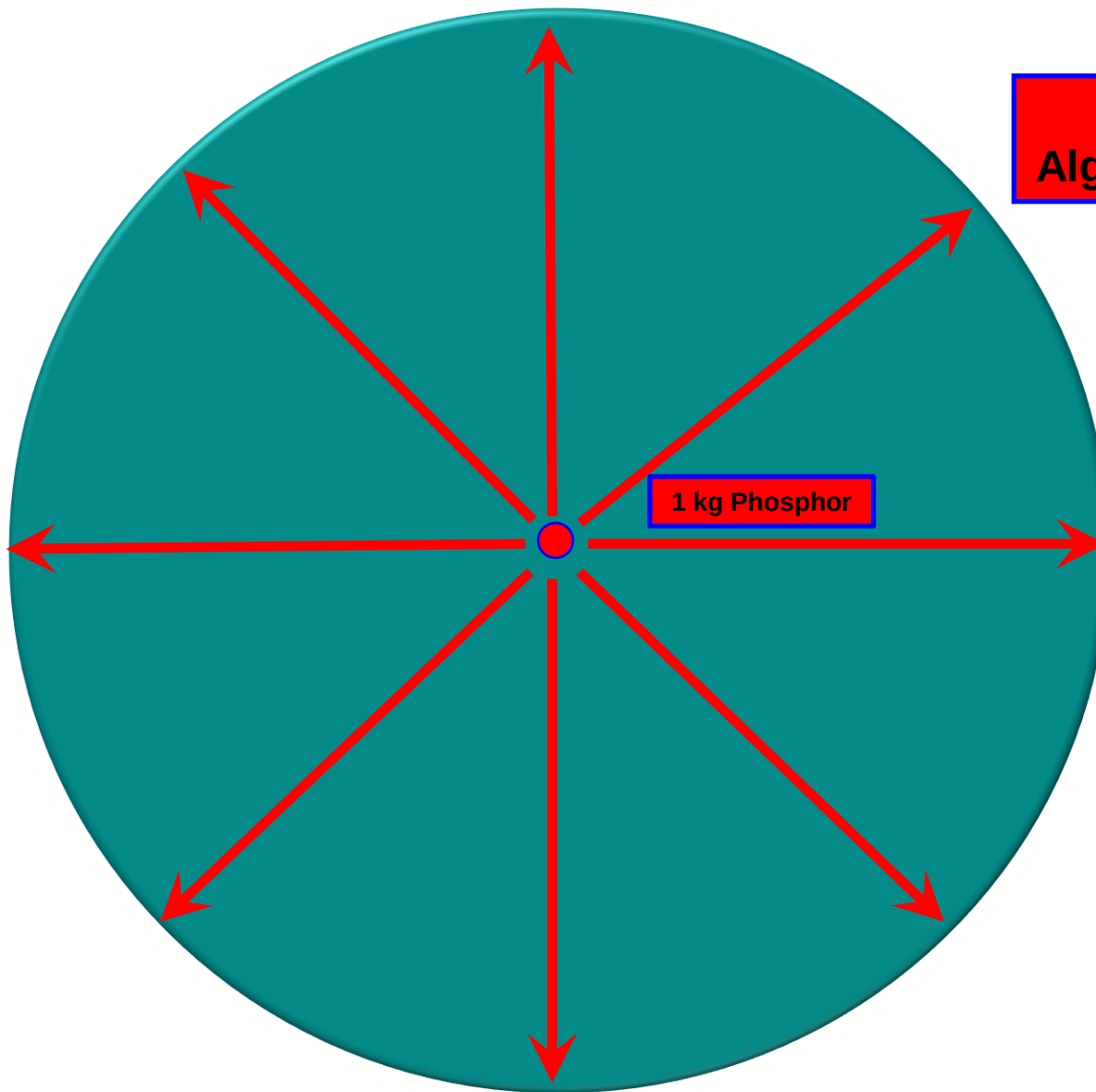
Foto: Schuster

Nährstoffhaushalt



Liebig'sches Minimalprinzip 1840:

„In Stillgewässern ist in der Regel **Phosphor** der **limitierende Nährstoff**“



**1000 kg
Algenbiomasse**

1 kg Phosphor



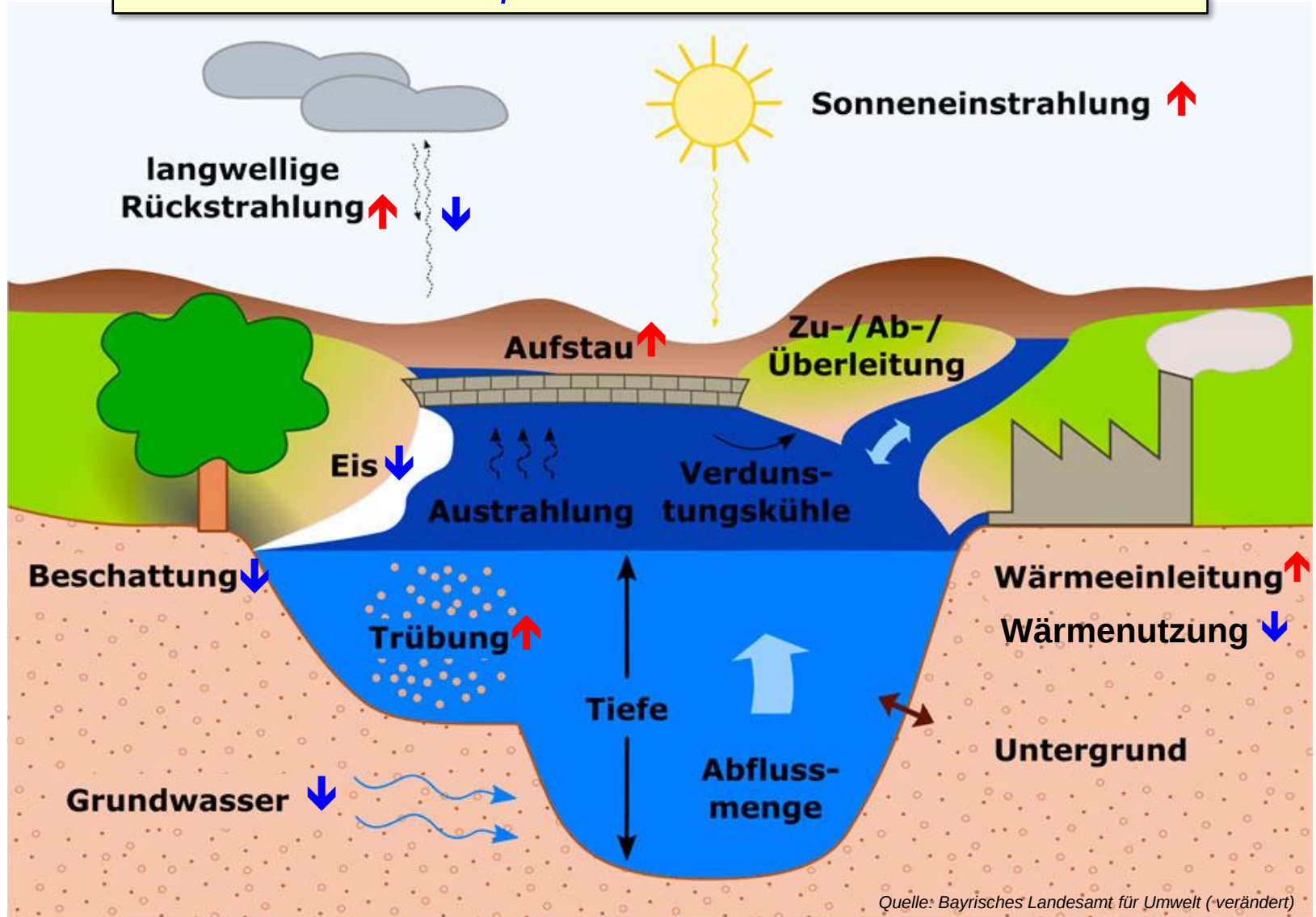
***„Wann wird es wieder einmal
Sommer...“*** (Rudi Carell)



Hitzewelle in Deutschland 2026

- **Zweitwärmster Sommer** seit flächendeckender Wetteraufzeichnung in Deutschland: **+3,3°C**
- **22 „Hitzetage“** über 30°C
- **15.800 Hitzetote** → davon allein **9.600 im Juni** (vgl. 2.832 Verkehrstot 2025)

Natürliche und anthropogene Einflüsse auf die Wassertemperatur von Seen & Flüssen



Auswirkungen der Wassertemperatur

- **Löslichkeit von Gasen:** Wassertemperatur ↑ → Sauerstoffgehalt ↓
- **Umsatzrate von Nährstoffen:** Wassertemperatur ↑ → Stoffwechsel ↑ → Photosynthese ↑
- **Schichtung & Durchmischung von Seen:**
Wassertemperatur ↑ → Schichtungsstabilität ↑ → Anaerobie ↑ → Nährstofffreisetzung ↑



Monitoring im Steinhuder Meer

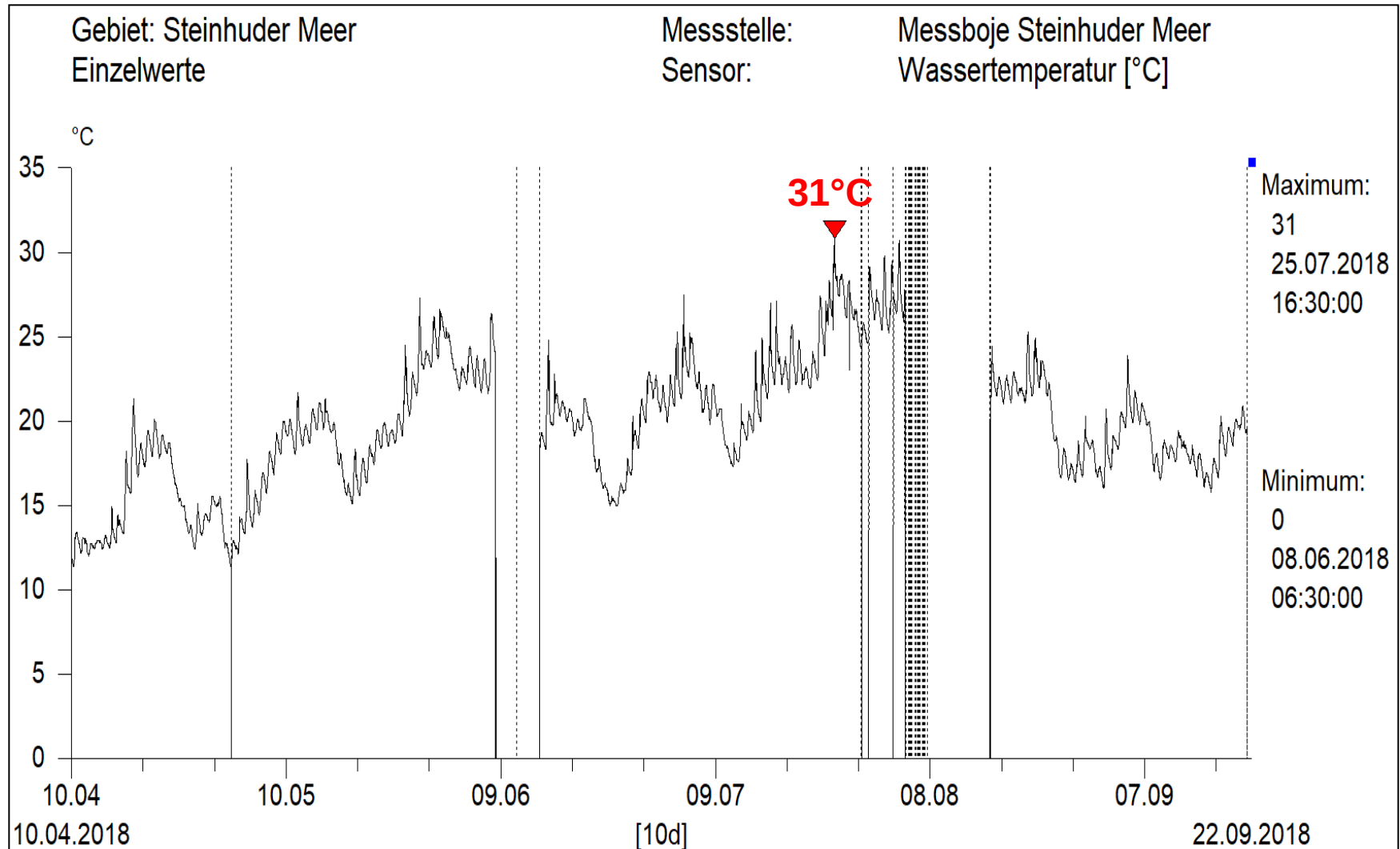


Gütemessboje auf dem Steinhuder Meer

- Wassertemperatur
- Sauerstoff
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Redoxpotential
- Chlorophyll a
- Cyanoanteil
(*Blaualg*en)

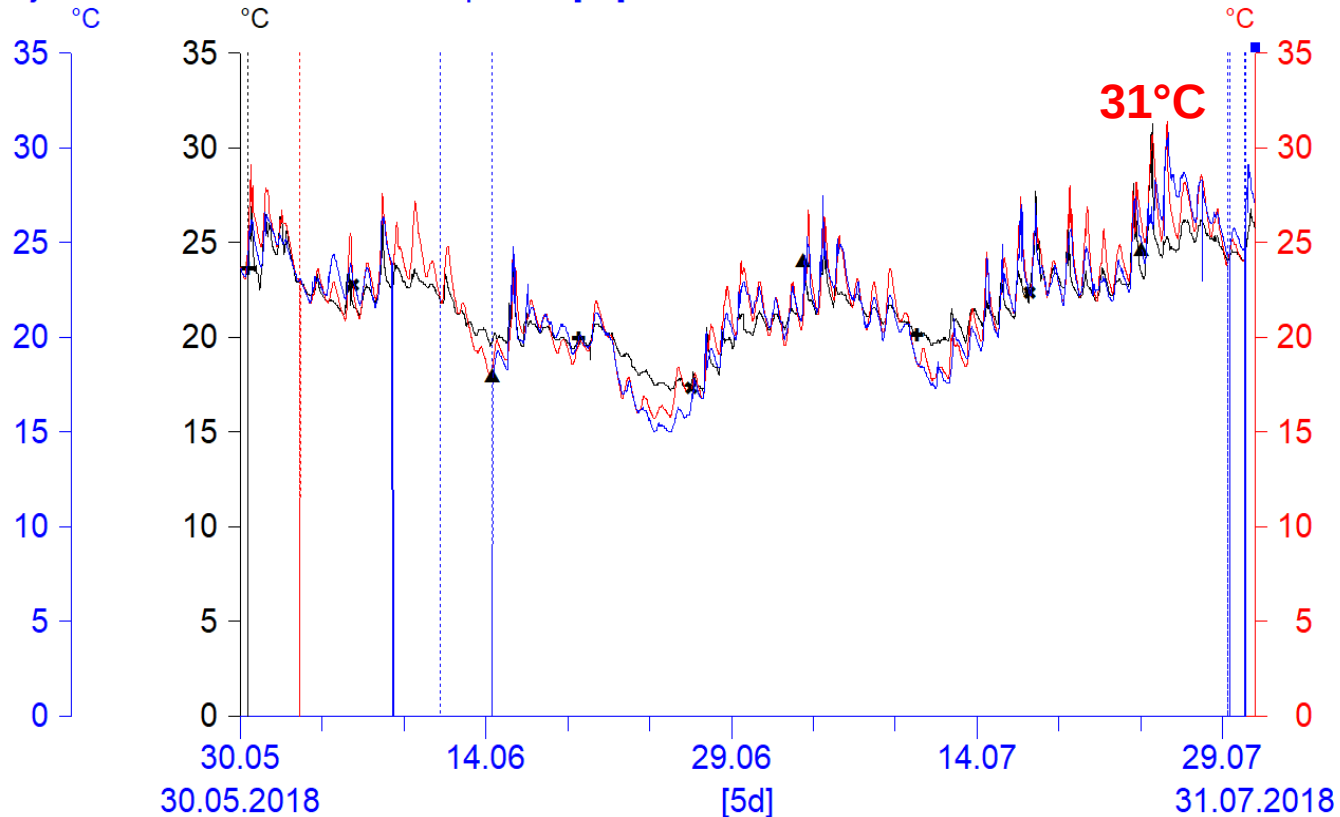


Das Steinhuder Meer ein Thermalbad?



Alle Seen waren 2018 für „Warmduscher“ geeignet!

- + Zwischenahner Meer/Wassertemperatur [°C]
- * Messboje Dümmer/Wassertemperatur [°C]
- ▲ Messboje Steinhuder Meer/Wassertemperatur [°C]



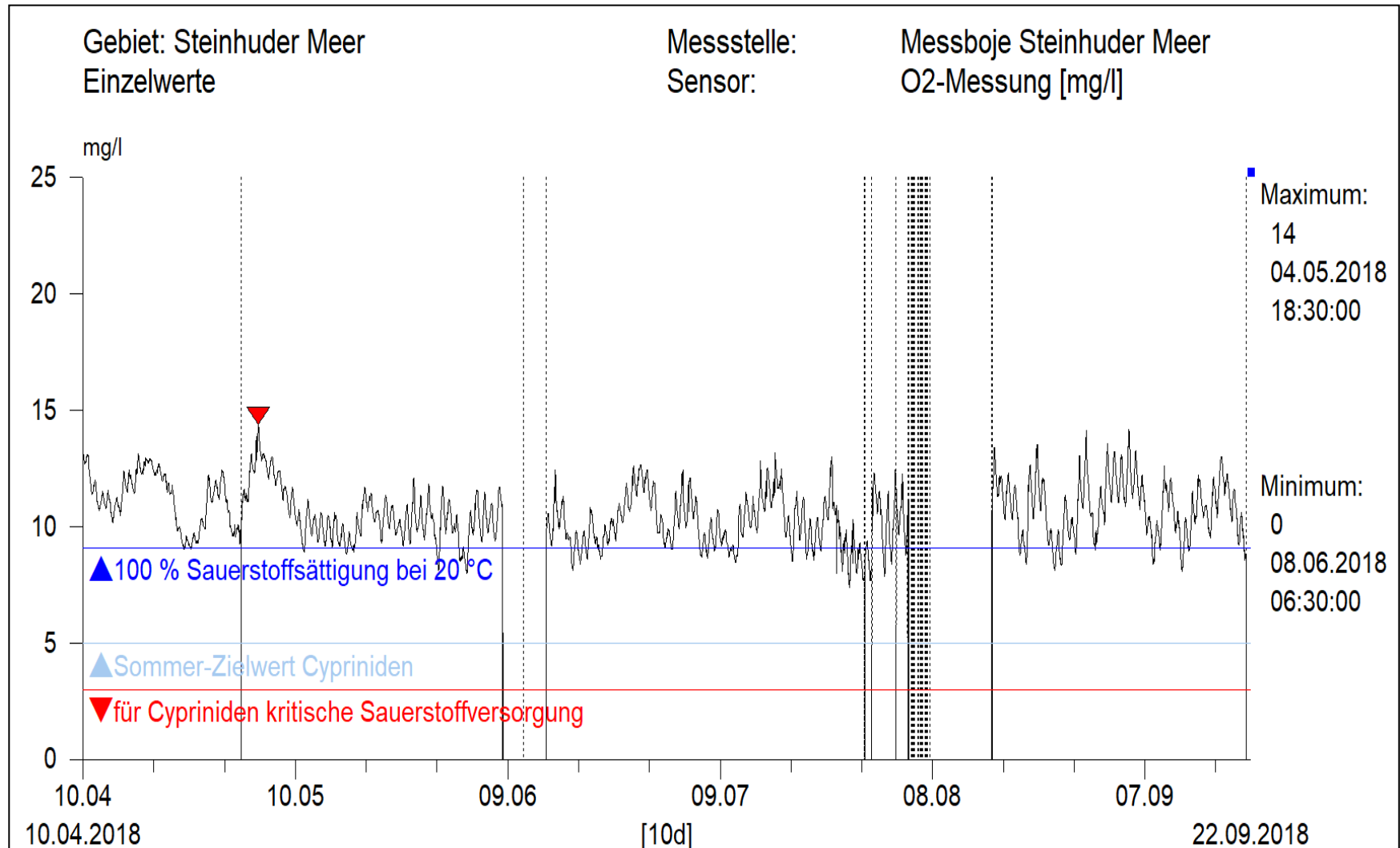
Werte: 2976 [2812]

00:00:00 0

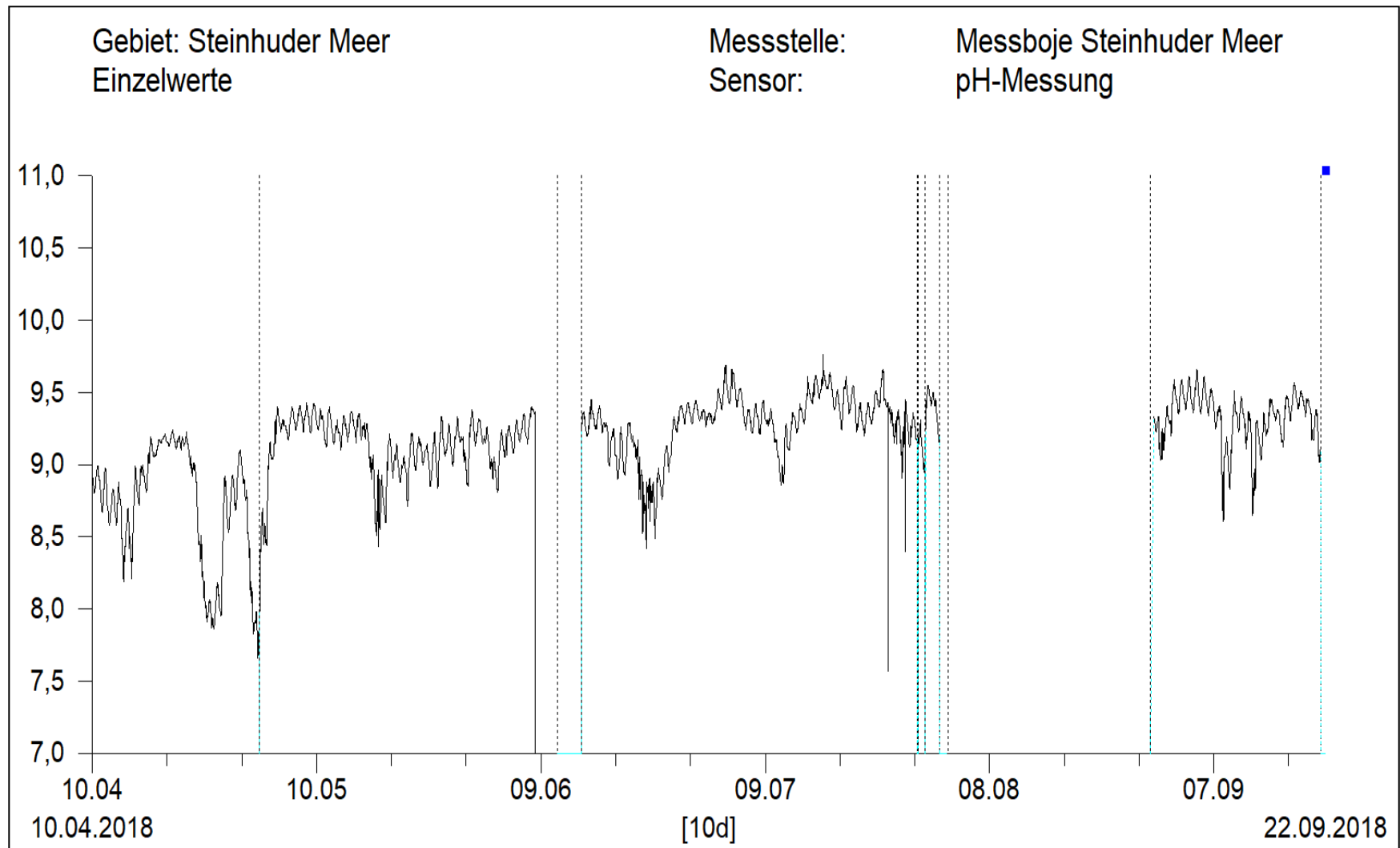
31.07.2018 00:00:00 27

31.07.2018 00:00:00 27

Hohe Einstrahlung → optimale Photosynthese → Extreme Sauerstoffübersättigungen!



.... und extreme pH-Werte!



Wetterstation Wilhelmstein

(05033/2609)*

- **Wasserstand ***
- **Wind-stärke / richtung***
- **Lufttemperatur***
- **Wassertemperatur***
- **Luftdruck***
- **Luftfeuchtigkeit**
- **Niederschlag**
- **Globalstrahlung**

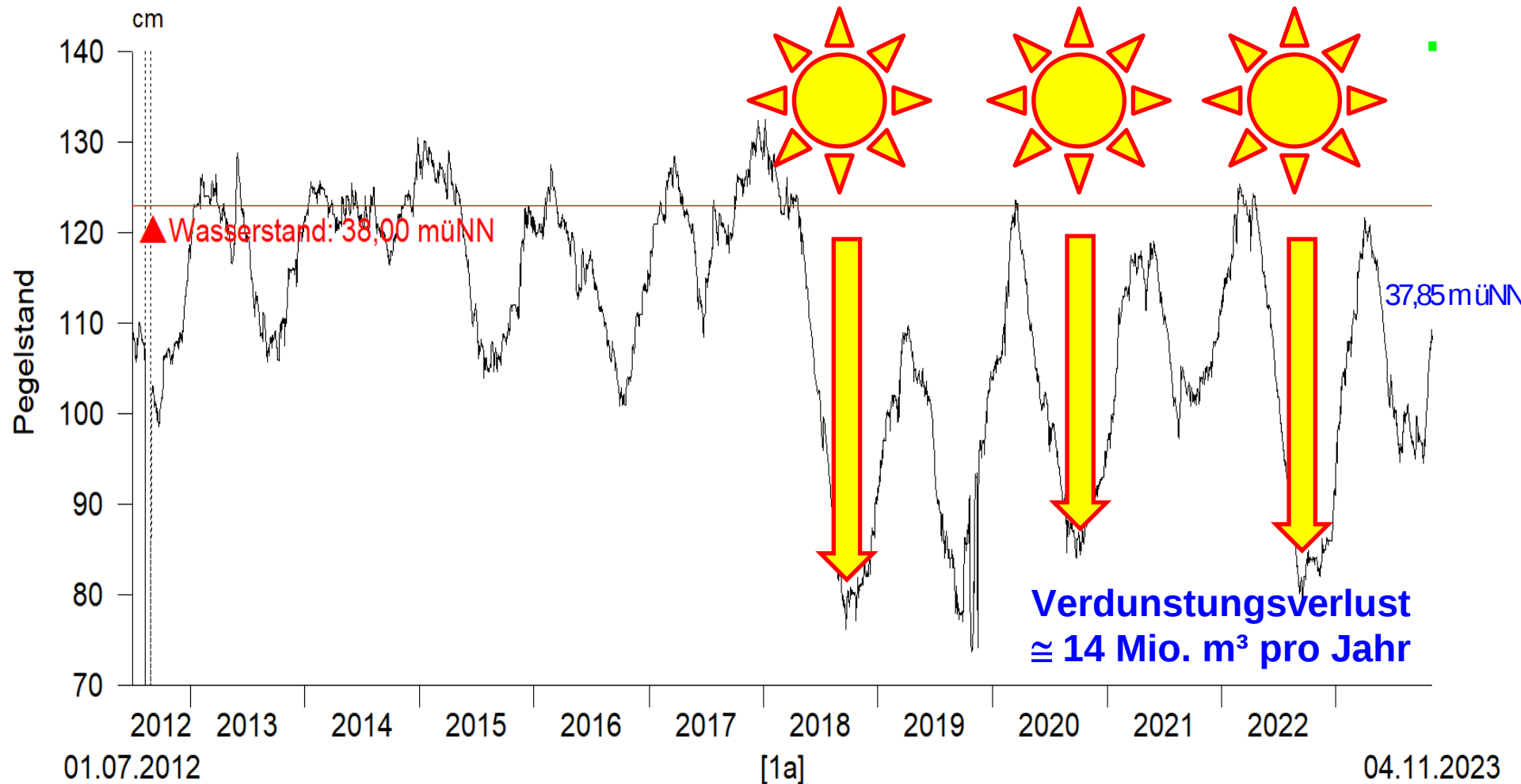


Einfluß der Trockenjahre auf den Wasserstand im Steinhuder Meer

Gebiet: Steinhuder Meer
Tagesmittel

Messstelle:
Sensor:

Wilhelmstein - Steinhuder Meer
Wasserstand





Auswirkungen auf den Tourismus & Landwirtschaft

Wasserstandsgang im Steinhuder Meer von 2013-2025

Wasserstand [m ü NN]

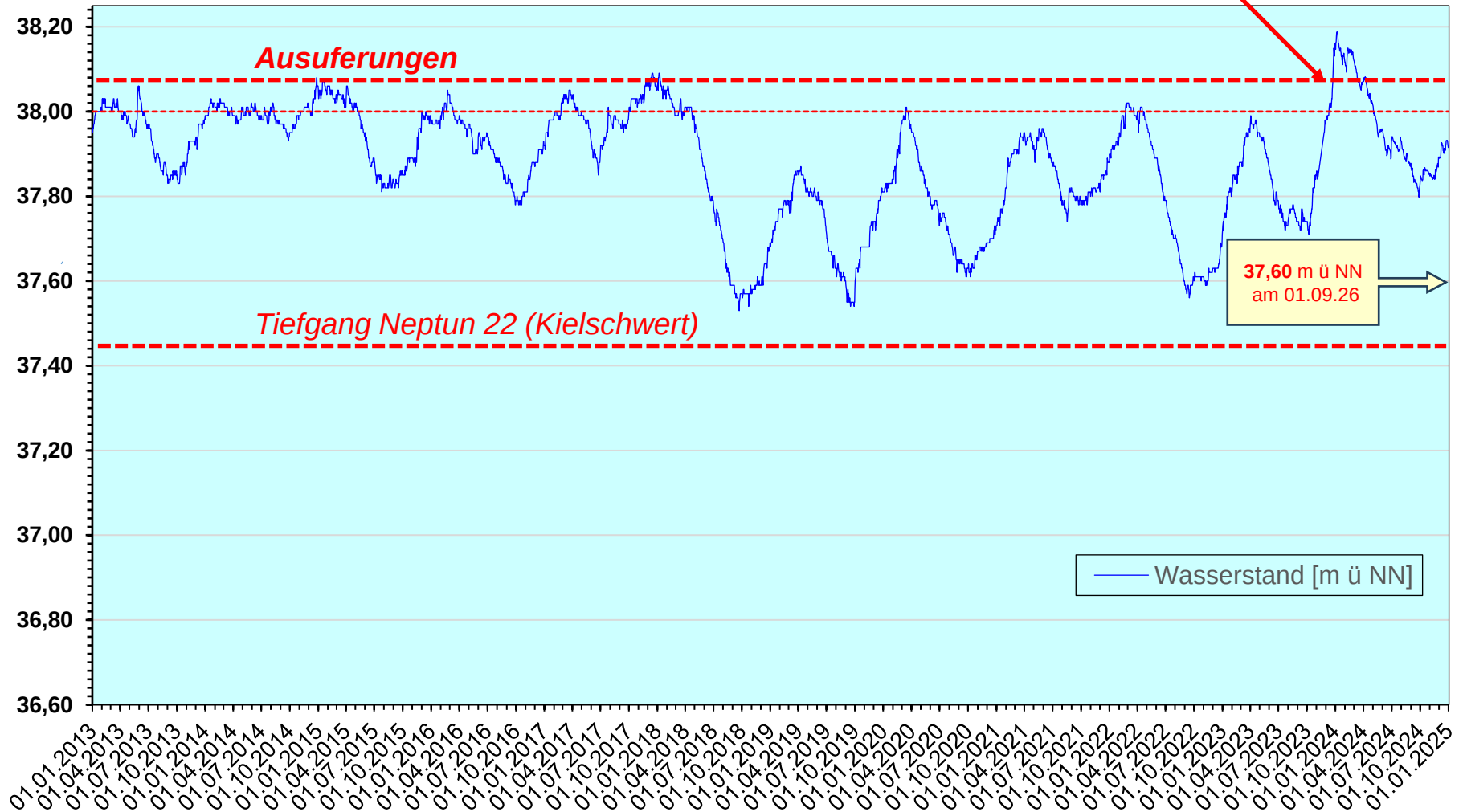
Niederschlag Oktober-Dezember 2023:
> 400 mm $\cong$ Jahresniederschlag 2018

Ausuferungen

Tiefgang Neptun 22 (Kielschwert)

37,60 m ü NN
am 01.09.26

— Wasserstand [m ü NN]



Nutzungseinschränkung von Steganlagen am Steinhuder Meeres



Foto: Manuela Bredthauer 2023

Ausuferungen am Westufer des Steinhuder Meeres im Winter 2023/2024



Landwirtschaftliche Nutzflächen

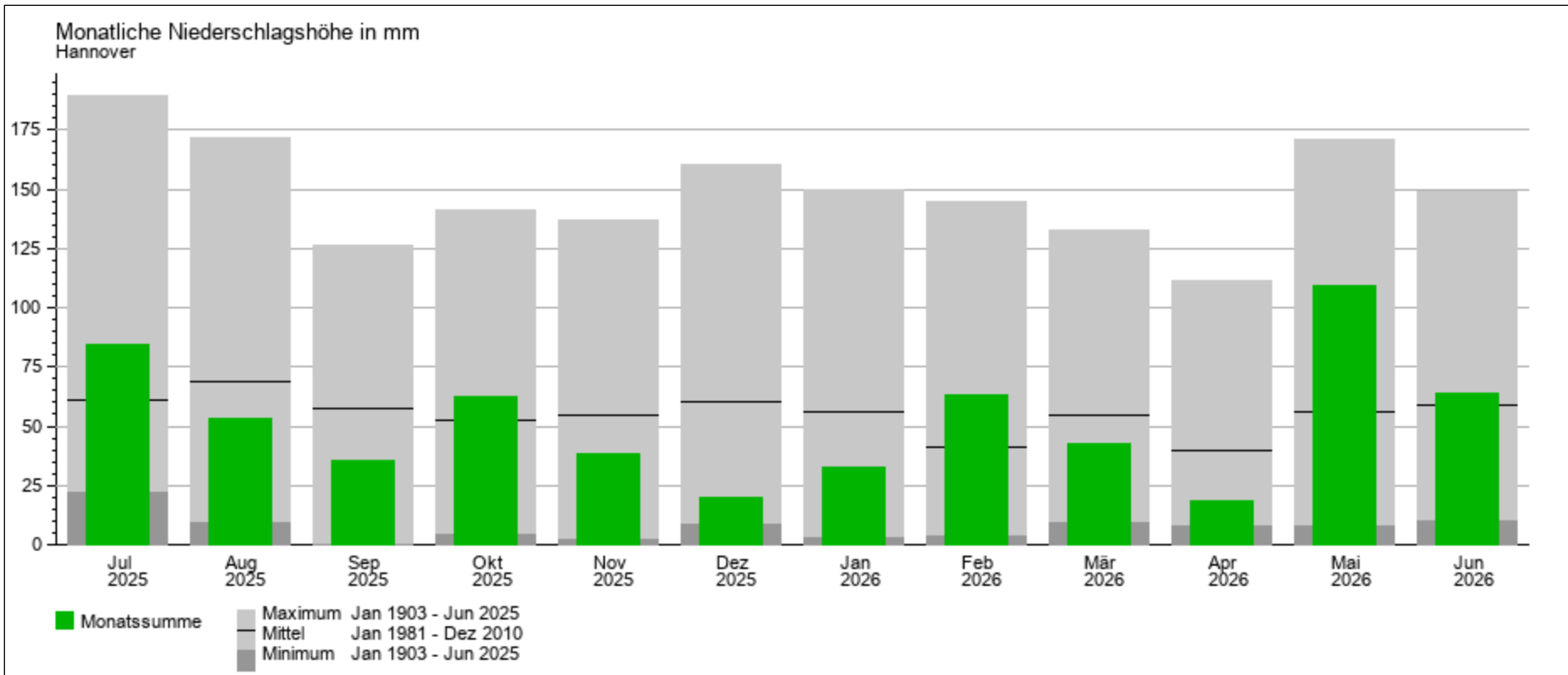
Foto: ÖSSM



Auswirkungen auf das Steinhuder Meer

Monatliche Niederschlagshöhe 2025/2026

- Flughafen Hannover -

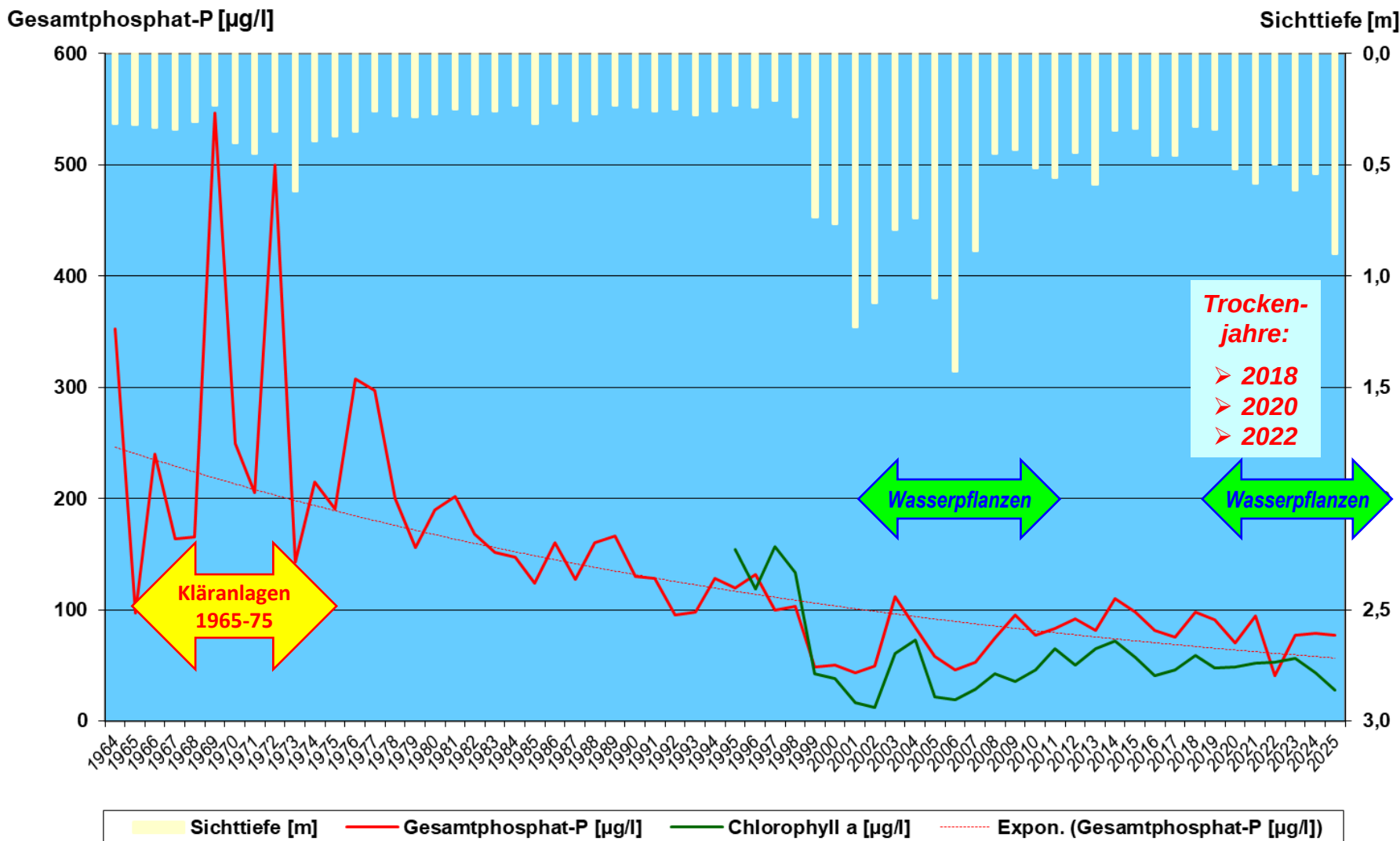


Steinhuder Meer – Probenahmestellen (monatlich von März-Oktober)

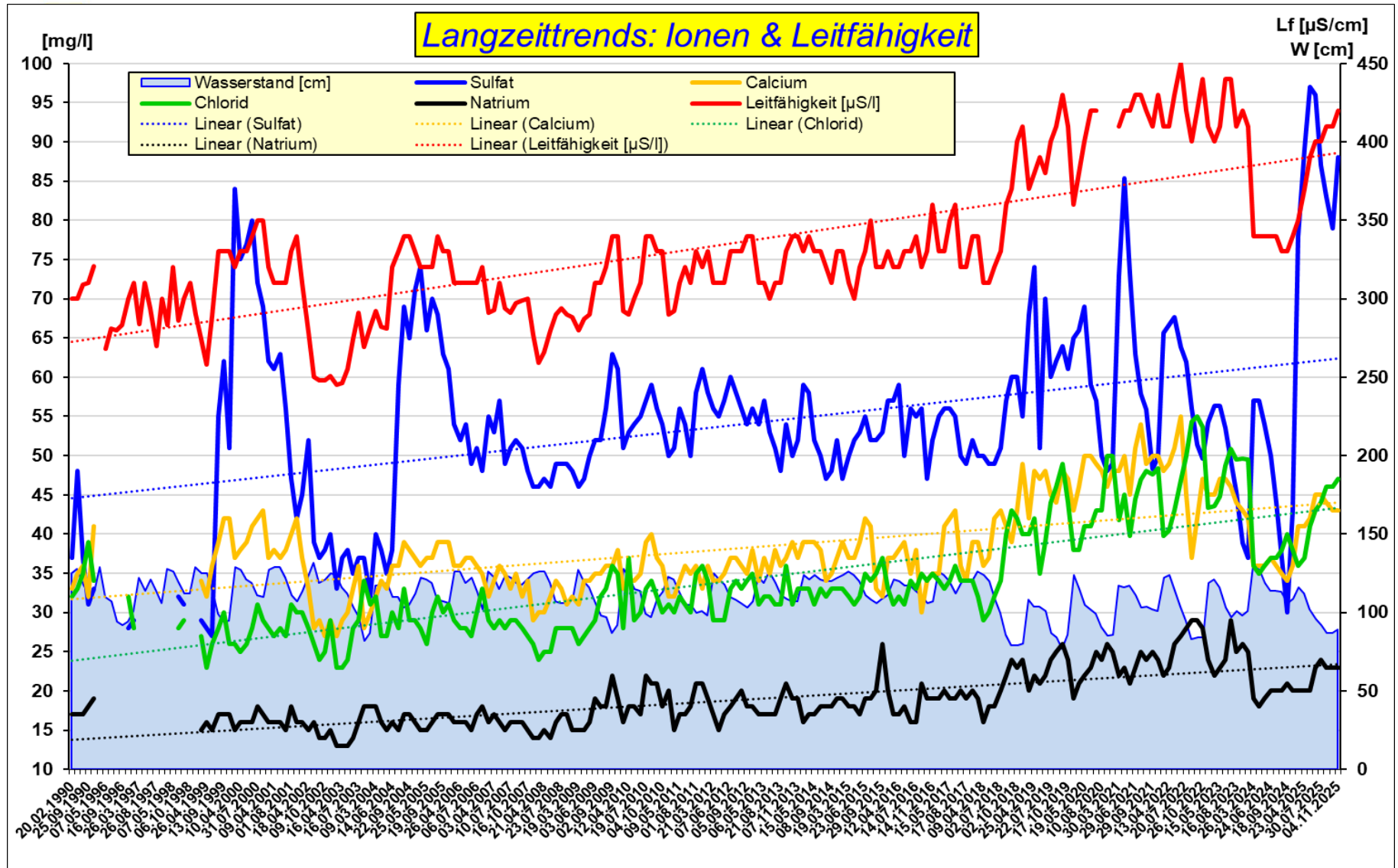


Langzeitmonitoring am Steinhuder Meer seit 1964

mittlere saisonale Sichttiefe & Gesamtphosphat-P- & Chl a- Gehalt



Langzeitmonitoring am Steinhuder Meer seit 1990





Auffällige limnologische Entwicklungen

- **Langjährige Zunahme der Leitfähigkeit** geht einher mit einer Erhöhung der Natrium-, Calcium-, Chlorid- und Sulfat-Ionen:
 - ➔ **kein rein saisonaler** (ebenfalls erkennbarer) **Aufkonzentrationseffekt**
 - ➔ **Verringerung der oberirdischen Phosphor-Einträge in den Trockenjahren seit 2018**
 - ➔ **Grundwasserzustrom führt bei Phosphor zu Verdünnungseffekten**
und einer kontinuierlichen Verschiebung der Konzentrationen einiger Ionen
- **Abnahme des saisonalen Gesamtphosphat-P- & Chlorophyll a-Gehaltes bei einer Zunahme der Sichttiefe** (vermehrte Klarwasserphasen erneut seit 2019)
 - ➔ **signifikante Verbesserung der Trophie und des ökologischen Zustandes des Sees**

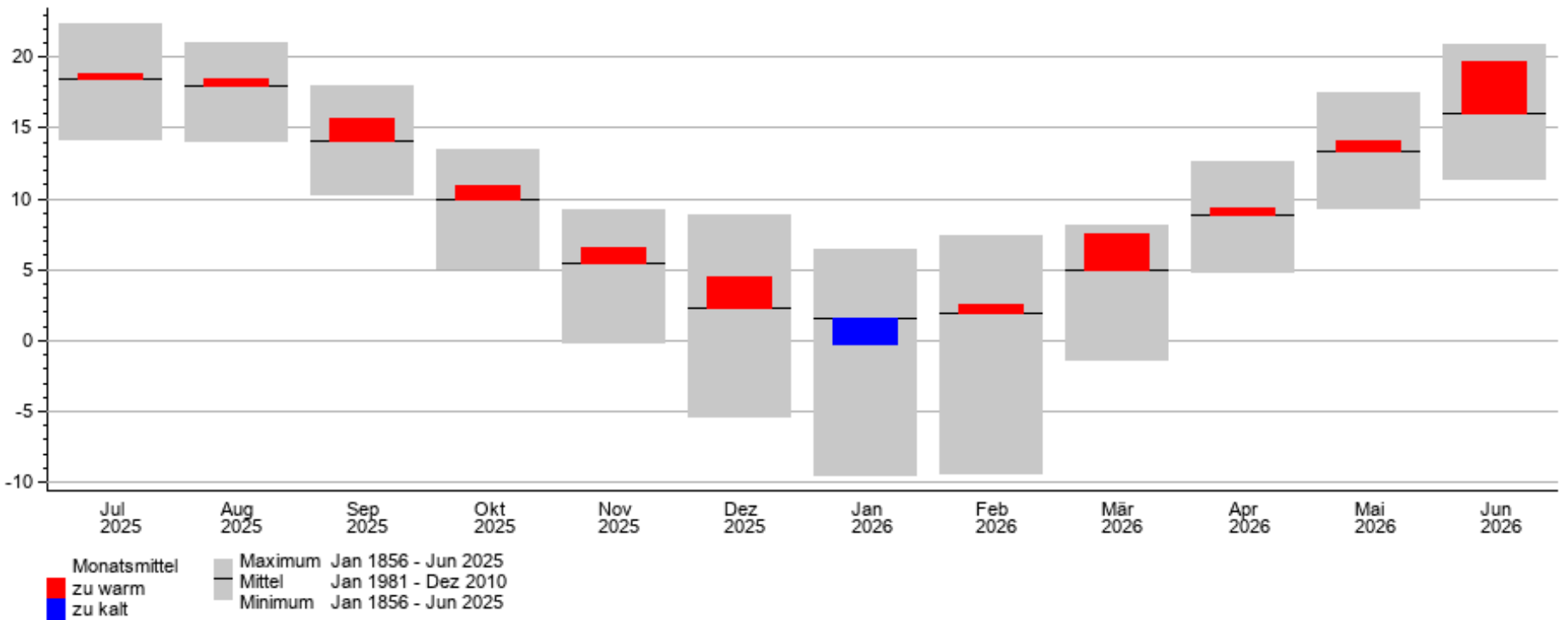


Hitzewelle im Juni „stresst“ den See

Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur 2025/2026

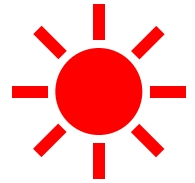
- Flughafen Hannover -

Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur in °C
Hannover

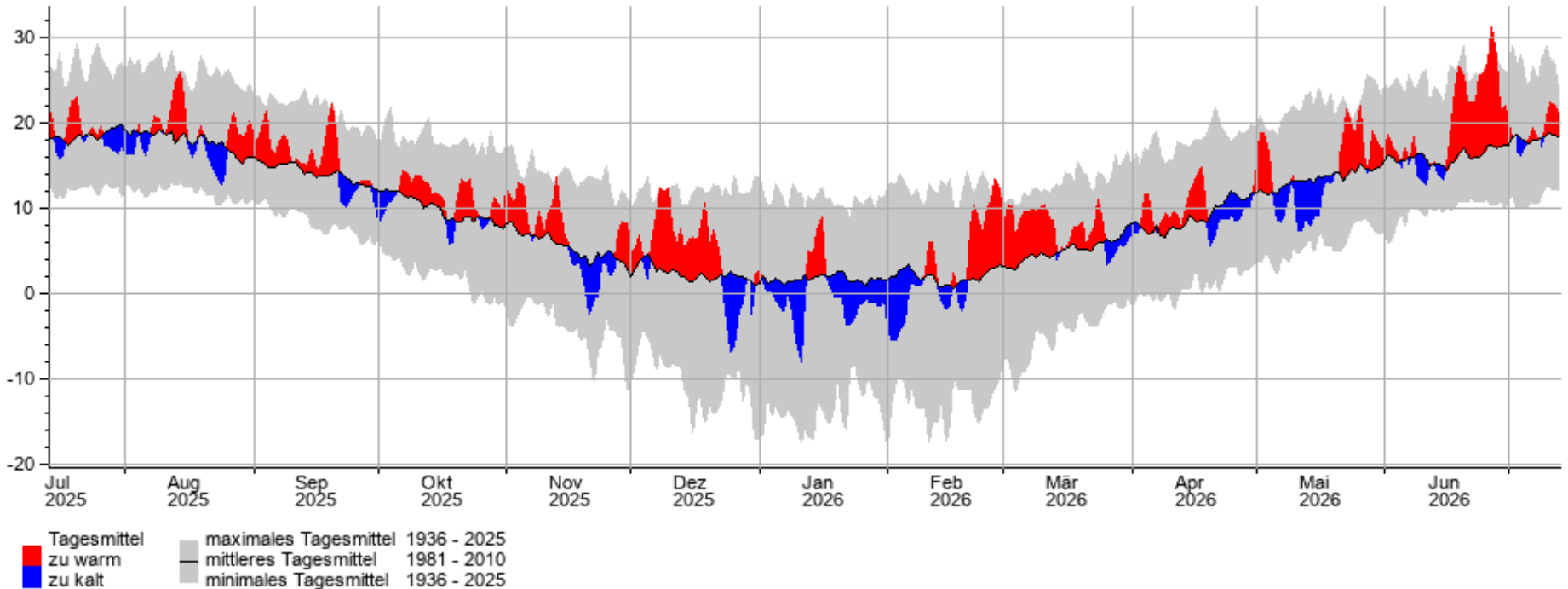


Tägliche Mittelwerte der Lufttemperatur 2025/2026

- Flughafen Hannover -

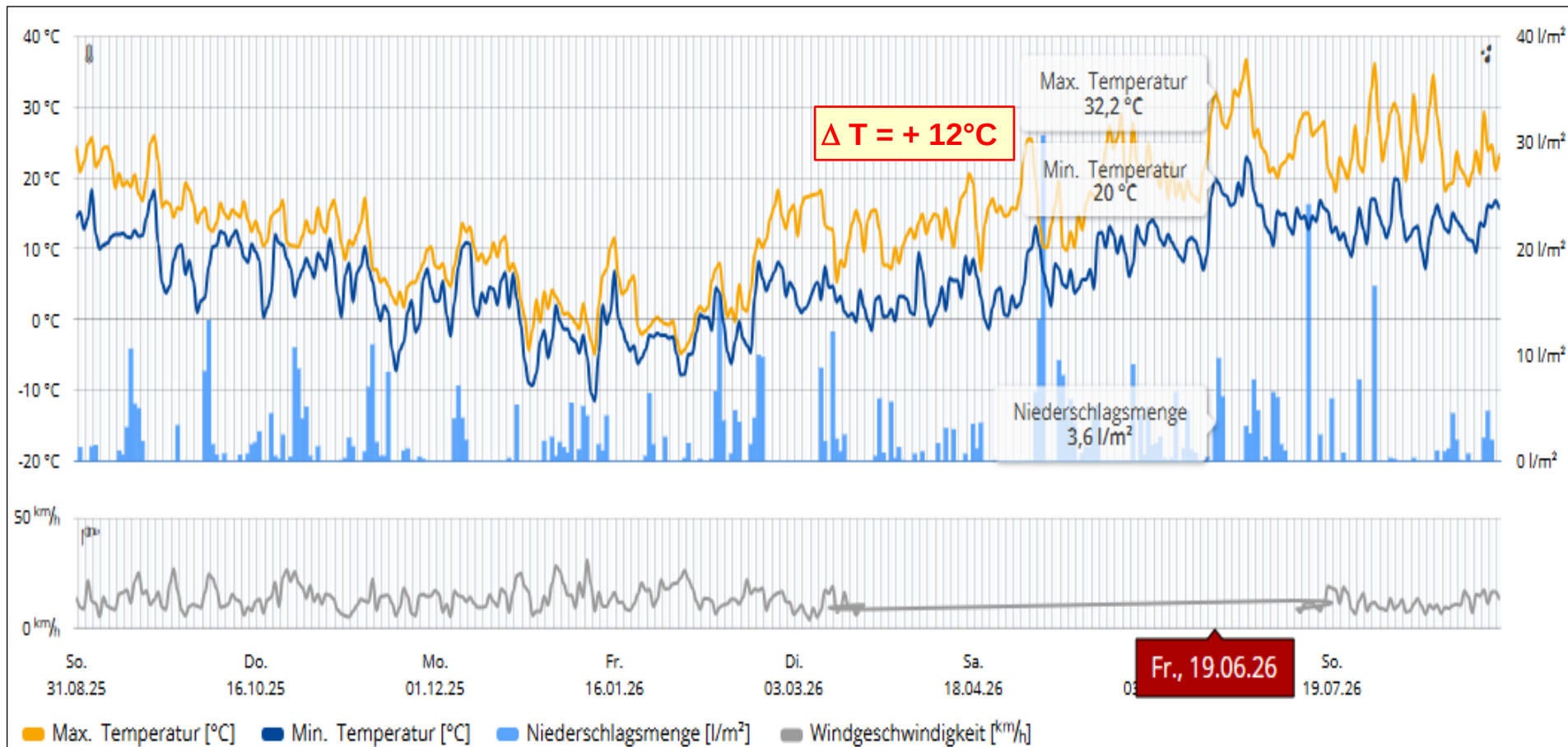


Tägliche Mittelwerte der Lufttemperatur in °C
Hannover 14.07.2025 - 13.07.2026



Wetterrückblick 2025/2026

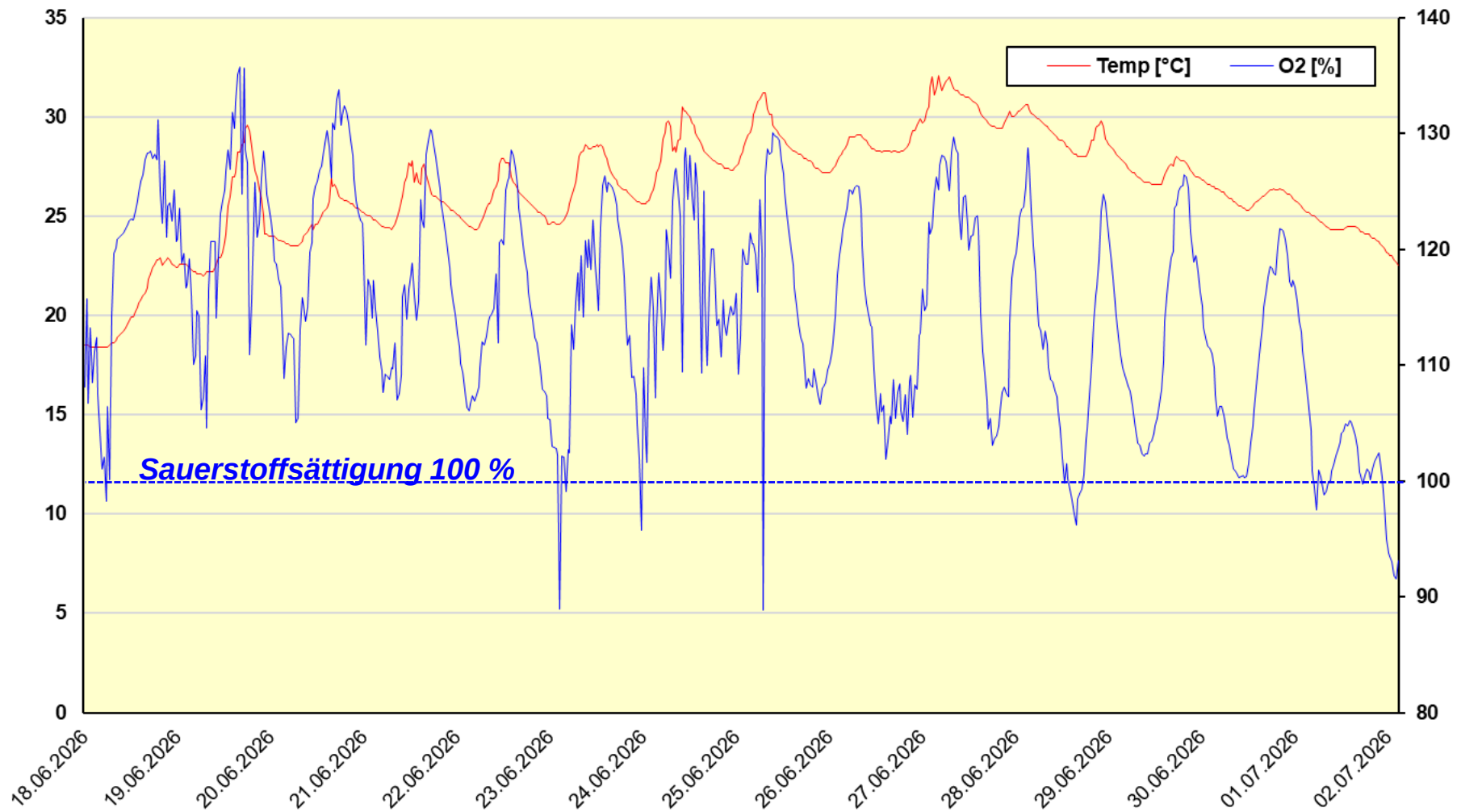
- Flughafen Hannover -



Wassertemperatur & Sauerstoffgehalt im Steinhuder Meer Mitte Juni - Juli

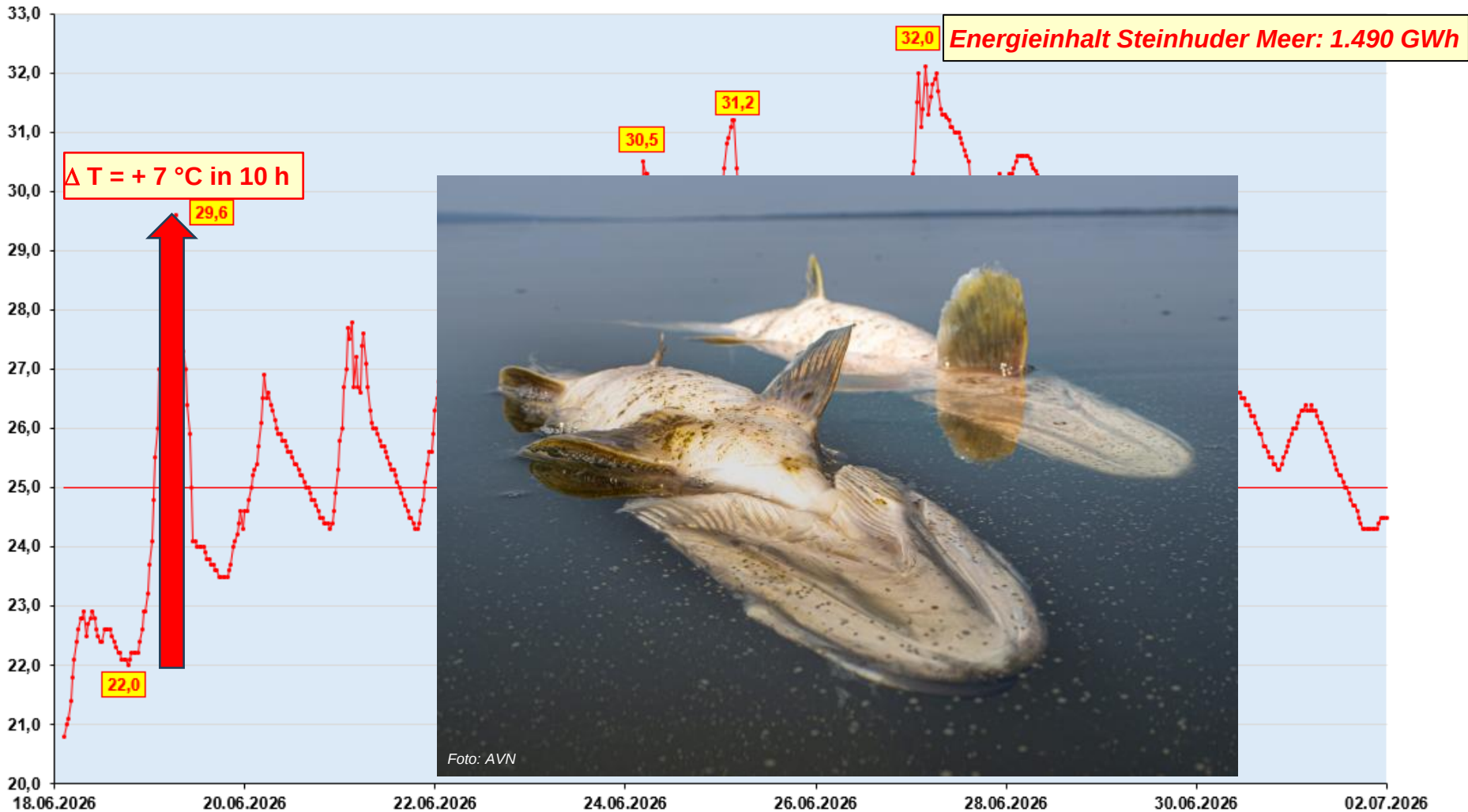
Wassertemperatur

Sauerstoff [%]



Sauerstoffsättigung 100 %

Wassertemperaturverlauf Steinhuder Meer



Hechtsterben im Steinhuder Meer Juni 2026

Fischsterben Steinhuder Meer



ANGLERVERBAND
NIEDERSACHSEN



© Fotos: M. Emmrich, AVN

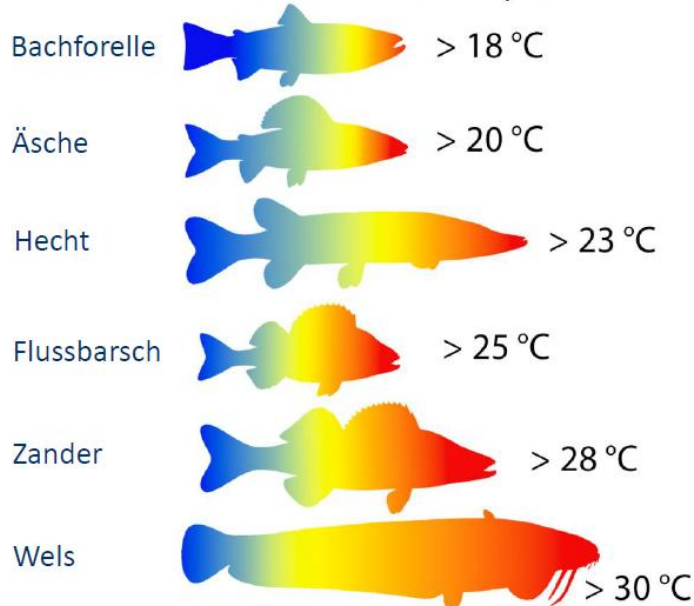
Warum starben gerade Hechte?

Warum so viele tote Hechte und wenige andere Arten?



ANGLERVERBAND
NIEDERSACHSEN

kritische Wassertemperaturen



- von den im Steinhuder Meer vorkommenden typischen Fischarten reagiert der Hecht am empfindlichsten auf hohe Temperaturen – Pessimbereich beginnt ab ca. 23°C = „Hitzestress“
- Flussbarsch, Zander und Cypriniden (Rotaugen, Brasse, Karpfen, Schleie etc.) mit z.T. deutlich höheren Temperaturtoleranzen
- tote Flussbarsche wurden überwiegend in den Kanälen gefunden, evtl. dort O₂ Defizite (wenig windexponiert, hohe Algenbiomasse - vor allem *Gloeotrichia echinulata*)

- Sauerstoffwerte lagen trotz der hohen Temperaturen für die meisten Fischarten in einem akzeptablen Bereich > 6,5 mg L⁻¹



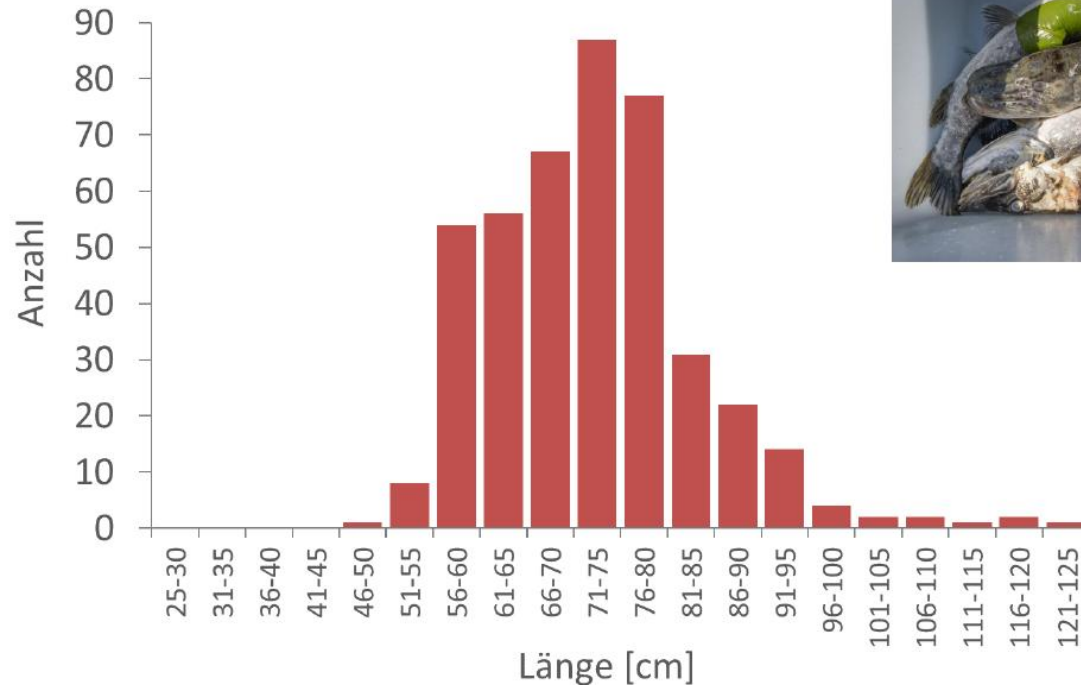
Grafik, Foto: M. Emmrich, AVN

Warum starben gerade **große** Hechte?

Datenaufnahme tote Fische

- Zählung und Größenabschätzung (5 cm Intervalle) toter Fische durch den AVN und ASV Steinhude
- 429 Hechte, 12 Quappen, 15 Flussbarsche, 1 Brasse

→ Einfluss auf das Nahrungsnetz?



- es wurden fast ausschließlich tote Hechte > 55 cm bis 122 cm gefunden
- rückberechnetes Gewicht der toten Fische: 1.147 kg

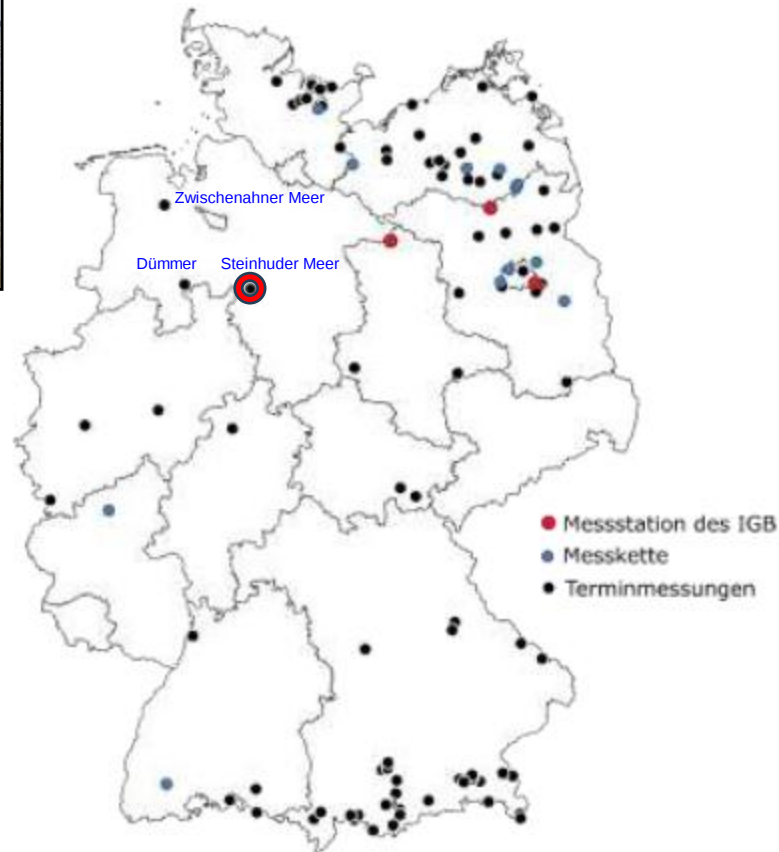
© Fotos: M. Emmrich, AVN



Klimamonitoring an deutschen Seen

Auswertungen von Langzeittrends an 115 „Seen im Klimawandel“

Gütemessbojen: Steinhuder Meer,
Dümmer und Zwischenahner Meer

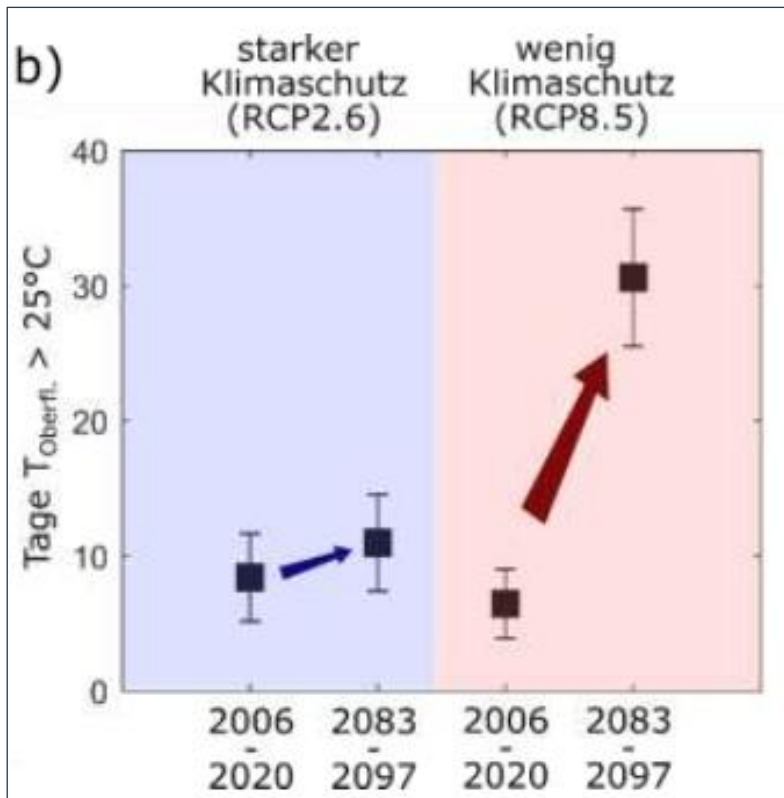


➤ Deutschlandweit (weltweit) stiegen die Oberflächenwassertemperaturen um $0,3^{\circ}\text{C}/\text{Dekade}$

Projekt Nr. K-4.20 LAWA-AK – Betreut durch den LAWA- Expertenkreis Seen

RCP-Klimaszenarien

- Je nach RCP-Szenario steigt die Oberflächentemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts weiter um:
0,2°C (11,8°C auf 12,0°C / Szenario **RCP2.6**) oder um mehr als 2°C (11,6°C auf 13,8°C / Szenario **RCP8.5**):



Das **worst-case-Szenario RCP8.5** nach dem Ansatz „Business as usual“ mit starkem Wirtschaftswachstum ist durch den massiven Zubau von Solar- und Windkraft **unrealistisch**

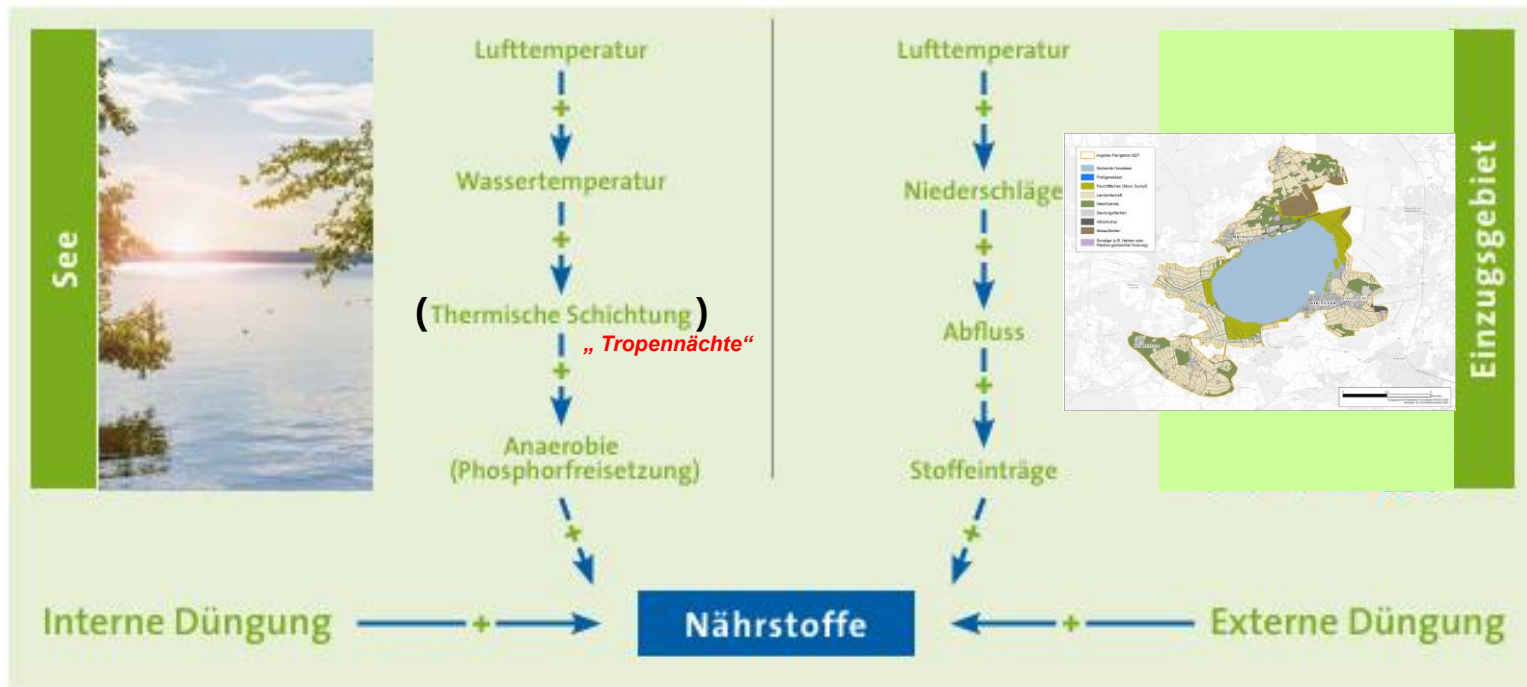
Abbildung b)

Durchschnittliche Anzahl an Tagen mit Wassertemperaturen über 25° C



Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem See

- **Einzugsgebiet:** milde niederschlagsreiche Winter → externe Düngung (Erosion, Abschwemmung, Dränage) ↑ bei organogenen Böden → Dystrophierung („Brownifikation“) → Licht ↓ Untervegetation ↓
- **Phänologie** - Verschiebung jahreszeitlicher Ereignisse:
 - **Späteres Zufrieren & früherer Eisbruch** → frühere Frühjahrsalgenblüte und wassertemperaturinduzierte Zooplanktonentwicklung → Klarwasserstadium verschiebt sich nach vorn (Limitierung: Tageslänge!)
- **Seelebensgemeinschaften** → komplexe trophieabhängige Veränderungen:
- generell wird eine **Abnahme der Körpergröße** bei zunehmenden Temperaturen beobachtet bei:
Phytoplankton, Zooplankton und Fischen:
 - *Phytoplankton:* kleinere Organismen besitzen günstigeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis zur Nährstoffaufnahme (indirekte Effekte) → Trübung → Unterwasservegetation ↓ → Methangasbildung ↑
 - höhere Temperaturen steigern die **Wachstumsrate** und damit einhergehend zur Verringerung der Körpergröße (KINGSOLVER & HUEY 2008)
 - **Migration von Süd nach Nord:** wärmeliebende (eurytherme) Arten (z.B. Zander, Brasse) verdrängen stenotherme (kälteliebende Arten) wie Stint und Aalquappe.
 - **Neobiota:** Einwanderung eurythermer Arten (tropische toxische Cyanobakterien und Unterwasserpflanzen (z.B. Gemeiner Schwimmfarn (*Salvia natans*) und Gewöhnliche Wasserschraube (*Vallisneria spiralis*) können einheimische Arten Verdrängen



Algenbiomasse, insbesondere Cyanophyteenblüten

Ökologie von Cyanophyteen:

- Anpassung an hohe Wassertemperaturen
- Anpassung an stabile thermische Schichtung
- Hoher Nährstoffbedarf
- Fähigkeit zur Bildung von Gasvakuolen
- Nutzung des hypolimnischen Nährstoffdepots
- Fähigkeit der Stickstofffixierung
- Resistenz gegenüber Fraß

+ Wärmeliebende Unterwasserpflanzen ↑

Quelle: IGB – Seen im Klimawandel (verändert)

Masterplan Wasser Niedersachsen

Wasserwirtschaftliches Handeln in Zeiten des Klimawandels

1. Nachhaltiges Wassermengenmanagement:

- *Sicherung des Wasserdargebots in Zeiten zunehmender Trockenheit,*
- *Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche,*
- *Förderung wassersensibler Stadtentwicklung,*
- *naturnahe Gewässer- und Auenentwicklung,*
- *Niedrigwasservorsorge und Niedrigwassermanagement,*
- *Stärkung der Funktionen von Böden und Wäldern im Wasserkreislauf.*

2. Schutz vor Wasser:

- *Schutz vor Hochwasser, Starkregen und Sturmfluten ...*

3. Schadstoffeinträge reduzieren – Wasserqualität verbessern:

- *Stärkung des Gewässerschutzes,*
- *Reduzierung von Stoffeinträgen an der Quelle,*
- *Verbesserung des Monitorings,*
- *nachhaltiger Schutz des Grundwassers,*
- *Unterstützung der Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.*

➔ Zentrale Maßnahmen des Seeentwicklungsplanes Steinhuder Meer



Foto: Schuster

Vielen Dank!