

April 2011

## Langfristige Trendermittlung zur Wassertemperatur der Leine - Orientierende Betrachtungen zum Klimawandel -

### Veranlassung

Im Rahmen des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsens (GÜN) werden seit 1980 systematisch Gewässeruntersuchungen durchgeführt. Hierbei wurden und werden durchweg Einzel-(Stich-)Proben auf bestimmte Parameter untersucht, zu denen auch die Ermittlung der Wassertemperatur gehört.

Die Prognosen im Hinblick auf den Klimawandel gehen davon aus, dass sich die globale Durchschnittstemperatur der erdnahen Atmosphäre zwischen 1906 und 2005 um etwa 0,7 °C erhöht hat [IPCC 2007]. Damit verbunden ist somit auch eine Temperaturerhöhung der Weltmeere bzw. aquatischen Systeme.

Es stellt sich die Frage, ob aus den vorliegenden GÜN-Untersuchungsergebnissen ein Trend hinsichtlich der Gewässer-Wassertemperaturen abgeleitet werden kann. Um dies zu überprüfen, sind exemplarisch die seit 1980 von den Leine-Messstellen Neustadt und Poppenburg vorliegenden Daten im Folgenden betrachtet und einem Trend-Test unterzogen worden. Es wurden deshalb diese beiden Messstellen ausgewählt, da hier 2 Untersuchungen pro Monat durchgeführt wurden, während an den meisten übrigen Messstellen lediglich 1 Messung pro Monat erfolgte.

Die Autoren sind sich natürlich darüber im Klaren, dass diese Betrachtungen aufgrund der im Vergleich zu Luft-Messungen eher spärlichen Datenlage selbstverständlich nicht als besonders präzise bzw. signifikant angesehen werden können. Ein entsprechender Check der vorliegenden Wassertemperatur-Daten bietet sich unseres Erachtens jedoch aber trotzdem an. Folgend sind die Ergebnisse aufgeführt.

### Allgemeines

Der Begriff Klimawandel steht allgemein für die Veränderung des Klimas auf der Erde über einen längeren Zeitraum hinweg. Als Klimawandel wird aber auch die Erderwärmung der letzten 150 Jahre in Folge des vom Menschen verursachten Treibhauseffekts bezeichnet. „Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, wie dies nun aufgrund der Beobachtungen des Anstiegs der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, des ausgedehnten Abschmelzens von Schnee und Eis und des Anstiegs des mittleren globalen Meeresspiegels offensichtlich ist [IPCC 2007].“ Besonders deutlich wird dies, wenn das vergangene Jahrzehnt betrachtet wird. Laut dem Deutschen Wetterdienst gehörte die Dekade von 2000 bis 2009 in Deutschland

zu der wärmsten seit 130 Jahren [DWD 2009]. Neben einer Vielzahl an Konsequenzen in Folge der Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur ist ebenfalls mit der Erwärmung der Fließgewässer und stehenden Gewässer zu rechnen.

Die Wassertemperatur gehört zu den standardisierten Gewässergüteparametern und hat sowohl direkten Einfluss auf den Stoffwechsel aller aquatischen Lebensformen im Gewässer als auch indirekt auf die Gewässergüte. Es gibt verschiedene Einflussfaktoren, welche die Fließgewässertemperatur steuern können, dazu gehören, die Grundwassertemperatur und die Abflussbildung, der Wärmeaustausch zwischen dem Gewässer und der Luft/dem Boden und die anthropogene Einwirkung, wie z.B. durch Einleitungen von Kläranlagen oder Kühlwässern. Der mögliche Einfluss des Klimawandels auf die Fließgewässertemperatur lässt sich nach Betrachtung der zuvor erwähnten Faktoren einfach begründen. Die sich verändernden Klimagrößen wie kurzweilige und langweilige Wärmestrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag können beispielsweise direkten Einfluss auf die Wärmeaustauschprozesse zwischen den Grenzflächen Wasser und Luft haben. Steigt die Lufttemperatur, wird auch die Fließgewässertemperatur steigen, da beide Größen unter anderem unmittelbar von der Wärmestrahlung abhängig sind. Des Weiteren wird die Fließgewässertemperatur ebenfalls von der Grundwassertemperatur beeinflusst, welche wiederum von den mittleren Lufttemperaturen abhängig ist. Dieser Temperaturanstieg des Grundwassers in Folge der Erderwärmung hat jedoch aufgrund der langen Aufenthaltszeiten des Wassers im Untergrund eine zeitlich stark verzögerte Wirkung [WWF 2009].

Weitere Einflüsse wie früher einsetzende Schneeschmelze oder reduzierte Abflussmengen mit verringerter Wärmekapazität können ebenfalls zu einem Anstieg der Fließgewässertemperatur führen [WWF 2009].

## Monitoringkonzept

Im Rahmen des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsen (GÜN), welches sowohl die Fließgewässer als auch Übergangsgewässer beinhaltet, werden seit 1980 systematisch an ausgewählten Messstellen 1 bis 2-mal pro Monat Untersuchungen auf Standardparameter durchgeführt. Hierzu gehört auch die Wassertemperatur, die stichprobenartig direkt im Gewässer gemessen wurde. Die Trendermittlung bezieht sich im Folgenden auf die entsprechenden Gütemessstellen Neustadt und Poppenburg an der Leine, welche von der Betriebsstelle Hannover-Hildesheim betrieben werden (Tabelle 1) [NLWKN 2006 und 2010].

**Tabelle 1:** Betrachtete Gütemessstellen.

Nr.	Messstellenummer	Gütemessstelle	Gewässer
1	48892026	Neustadt	Leine
2	48852542	Poppenburg	Leine

## Datengrundlage

Als Grundlage der statistischen Analyse der Wassertemperatur-Trends nach MANN-KENDALL werden die seit 1980 bis 2010 erhobenen Jahresdaten der in der Leine gemessenen Wassertemperaturen für die in Tabelle 1 aufgeführten Gütemessstellen

herangezogen. Die verwendeten Rohdaten, den Parameter Wassertemperatur betreffend, umfassen dabei 542 Messwerte für die Gütemessstelle Neustadt und 547 Messwerte für die Gütemessstelle Poppenburg. Sind mehrere Messwerte für ein Jahr vorhanden, werden diese zu einem Jahreswert gemittelt. Den Trenduntersuchungen liegen jeweils drei unterschiedliche Zeitintervalle zugrunde. Der Betrachtung eines kurzfristigen, somit aktuellen, Trends über 6 Jahres-Messwerte, einer mittelfristigen Trendbetrachtung über 10 Jahres-Messwerte und der Betrachtung eines langfristigen Trends, nämlich sämtlicher vorhandener Jahres-Messwerte über einen Zeitraum von 31 Jahren. Zusätzlich wurden die Mittelwerte der letzten drei Jahrzehnte gebildet.

### Verwendetes statistisches Verfahren

Die zuvor erwähnte Bundesverordnung sieht, nach dem derzeitigen Stand, Folgendes vor: Die angewandte statistische Methode zur Feststellung eines signifikant steigenden Trends beruht auf dem nicht-parametrischen einseitigen MANN-KENDALL-Trendtest. Dieser wird angewandt, wenn in der vorliegenden Datenreihe keine Normalverteilung zu erkennen ist.

Die zur Durchführung des Trendtests nach MANN-KENDALL angewandte Teststatistik

lautet wie folgt:  $C = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(y_j - y_i)$ ,

sgn ist dabei als Vorzeichenfunktion „Signum“ zu verstehen und es gilt:

$$\begin{aligned} \text{sgn}(y_j - y_i) &= 1, \text{ falls } y_j - y_i > 0 \\ \text{sgn}(y_j - y_i) &= 0, \text{ falls } y_j - y_i = 0 \\ \text{sgn}(y_j - y_i) &= -1, \text{ falls } y_j - y_i < 0 \end{aligned}$$

Es wird die Nullhypothese  $H_0$ : kein steigender Trend gegen die Alternativhypothese  $H_1$ : steigender Trend mit dem Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$  für die jeweilige Datenreihe geprüft. Das Signifikanzniveau  $\alpha$  ist dabei mit 5% die größte zulässige Wahrscheinlichkeit, bei der man die Nullhypothese  $H_0$  ablehnt, obwohl sie richtig ist. Sie wird auch als Irrtumswahrscheinlichkeit bezeichnet. Die Nullhypothese  $H_0$  wird abgelehnt und es gilt die Alternativhypothese  $H_1$ , falls  $C > K_{n; 1-\alpha}$ , wobei  $K_{n; 1-\alpha}$  den kritischen Wert der Kendallschen K-Statistik darstellt (Tabelle 5) [HARTUNG 2005].

**Tabelle 5:** Kritische Werte  $K_{n; 0,95}$  der Kendallschen K-Statistik für  $\alpha = 0,05$  [CONOVER 1998].

<b>Anzahl der Messwerte</b> <b>n</b>	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Kritischer Wert</b> <b>K</b>	4	6	9	11	14	16	19	21	24	26	31
<b>Anzahl der Messwerte</b> <b>n</b>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>Kritischer Wert</b> <b>K</b>	33	36	40	43	47	50	54	59	63	66	70

## Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen können sowohl den Tabellen 2 bis 4 und dem Diagramm 1 entnommen werden.

**Tabelle 2:** Mittlere Wassertemperaturen der betrachteten Gütemessstellen.

**Messstellenname: Neustadt**                      **Messstellenname: Poppenburg**

Jahr	Jahres-Mittelwert in °C	Maximum in °C	Minimum in °C	Jahr	Jahres-mittelwert in °C	Maximum in °C	Minimum in °C
1980	10,4	16,0	2,0	1980	10,9	16,0	3,0
1981	10,1	18,9	0,5	1981	9,6	15,3	2,0
1982	12,7	21,0	3,0	1982	11,9	19,2	3,2
1983	11,3	21,5	2,4	1983	11,0	19,4	1,3
1984	10,6	19,5	3,8	1984	10,2	20,4	4,1
1985	9,9	19,2	0,6	1985	8,6	17,6	0,3
1986	11,0	22,6	0,8	1986	9,3	18,9	0,0
1987	10,3	18,2	1,0	1987	9,0	16,2	1,8
1988	11,1	20,5	4,6	1988	10,0	18,7	4,4
1989	12,6	22,3	4,7	1989	11,0	18,8	3,5
1990	13,6	22,8	5,6	1990	12,0	20,1	4,1
1991	11,9	22,5	4,4	1991	10,9	18,2	3,7
1992	13,7	22,4	4,5	1992	12,6	21,1	3,7
1993	11,2	18,9	0,0	1993	10,3	19,4	0,0
1994	11,5	23,3	1,7	1994	10,7	21,1	1,6
1995	13,5	23,3	3,1	1995	11,9	19,3	3,4
1996	10,9	19,7	0,7	1996	9,3	19,0	0,9
1997	13,2	20,9	2,1	1997	11,2	20,0	1,0
1998	13,1	21,9	3,1	1998	10,7	17,4	2,8
1999	12,4	21,4	2,6	1999	11,6	19,4	4,4
2000	12,9	23,2	2,8	2000	12,1	20,1	2,6
2001	12,5	21,0	1,8	2001	11,8	20,7	0,7
2002	11,7	20,4	1,5	2002	11,6	18,0	3,0
2003	10,7	22,8	3,1	2003	11,2	22,2	3,3
2004	11,6	22,7	3,4	2004	11,0	19,5	5,0
2005	12,7	22,4	3,1	2005	11,6	20,4	3,4
2006	12,4	25,4	1,3	2006	11,5	22,3	1,0
2007	11,8	21,1	4,3	2007	10,8	17,7	4,9
2008	12,4	22,6	5,1	2008	11,3	19,6	4,8
2009	12,2	22,3	1,9	2009	11,0	20,1	2,9
2010	11,3	24,1	2,0	2010	10,2	22,5	2,3



## **Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit**

Aus Tabelle 2 und Diagramm 1 geht hervor, dass die Jahresmittelwerte der gemessenen Wassertemperaturen innerhalb des Zeitraums von 1980 bis 2010 nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen sind. Eine Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich eines Trends ist aus dieser Sicht kaum möglich.

Der durchgeführte MANN-KENDALL-Test (siehe Tabelle 3) signalisiert lediglich bei den maximalen Wassertemperaturen und über den Zeitraum von 1980 – 2010 einen steigenden Trend, dafür aber sowohl bei Neustadt als auch Poppenburg. Hinsichtlich der übrigen betrachteten Zeiträume und statistischen Kenngrößen konnte eine Zunahme dagegen nicht festgestellt werden.

Besonders interessant sind die weiteren in Tabelle 4 aufgeführten statistischen Kenngrößen. Hier sind die jeweiligen statistischen Mittelwerte der Zeiträume von 1980-1989, 1990-1999 und 2000-2009 – also in den jeweiligen letzten Jahrzehnten - aufgeführt.

Vergleicht man die Zeitintervalle von 1980-1989 und 2000-2009 miteinander, so ergibt sich bei Betrachtung der Jahresmittelwerte sowohl in Neustadt und Poppenburg eine Zunahme der Wassertemperatur um etwa 1 °C, bei den maximalen Temperaturen um jeweils etwa 2 °C und bei den minimalen Temperaturen um weniger als 1 °C.

Als Fazit ist festzuhalten, dass aufgrund der eher spärlich vorliegenden Datenlage, wie bereits oben erwähnt, eine verlässliche Trendaussage nicht möglich ist.

Dennoch ist festzuhalten, dass insgesamt betrachtet die Wassertemperaturen der Leine bei Neustadt und Poppenburg über einen Zeitraum von 1980 bis 2010 eine deutlich eher steigende als fallende Tendenz aufweisen. Zweifellos hinterlässt der Klimawandel mit steigenden Temperaturen auch diesbezügliche Spuren in den Oberflächengewässern.

## **Danksagung**

Die Autoren bedanken sich recht herzlich bei allen Kolleginnen und Kollegen, welche über die vielen Jahre die in diesem Bericht verwendeten Daten zusammengetragen haben – insbesondere bei den Probenehmern, die vor Ort die Messungen durchführten.

## **Quellenverzeichnis**

CONOVER, W.J. (1998): Practical Nonparametric Statistic, Wiley Verlag.

DWD (2009): Deutscher Wetterdienst, Pressemitteilung vom 21.12.2009.

EG-WRRL (2008): Richtlinie 2008//105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG, 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (Tochtrichtlinie Prioritäre Stoffe) vom 16. Dezember 2008: Amtsblatt der Europäischen Union L 348/84.

HARTUNG, J. (2005): Statistik - Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik, 14. Auflage, Oldenbourg.

IPCC (2007): IPCC Fourth Assessment Report - Working Group I Report on "The Physical Science Basis", Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger  
Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen, Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC).

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1998): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) – Gütemessnetz Fließgewässer: Messnetzkonzeption, Messstrategie.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz)(2006): Monitoringkonzept Oberflächengewässer (WRRL), Teil A Fließgewässer und stehende Gewässer, Teil B Übergangs- und Küstengewässer, Stand 31.12.2006.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz)(2010): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) Gütemessnetz Fließgewässer und stehende Gewässer, Band 31, 2010.

WWF (2009): Die mögliche Wirkung des Klimawandels auf Wassertemperaturen von Fließgewässern, Erläuterungsbericht.

Verfasser/Ansprechpartner:

Dr. Anna-Katharina Girbig  
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)  
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim  
e-Mail: [Anna-Katharina.Girbig@nlwkn-hi.niedersachsen.de](mailto:Anna-Katharina.Girbig@nlwkn-hi.niedersachsen.de)  
Internet: [www.nlwkn.de](http://www.nlwkn.de)

Dr. Dieter Steffen  
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)  
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim  
e-Mail: [Dieter.Steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de](mailto:Dieter.Steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de)  
Internet: [www.nlwkn.de](http://www.nlwkn.de)