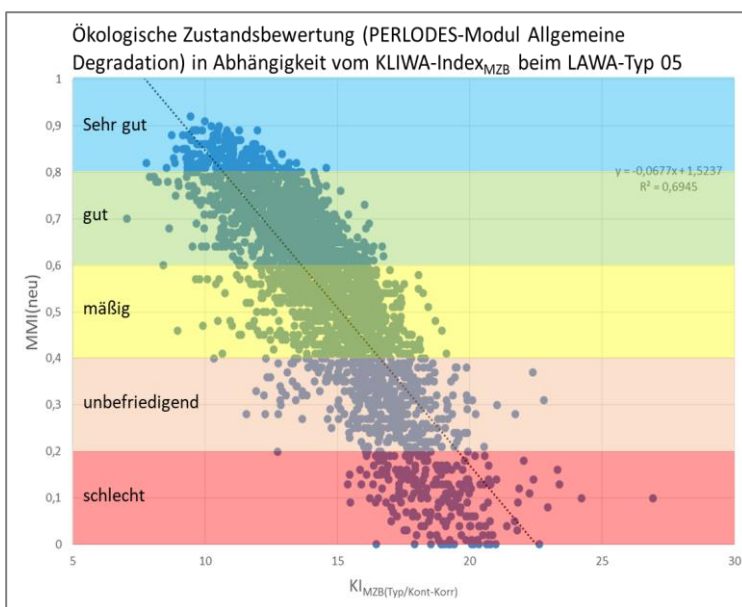
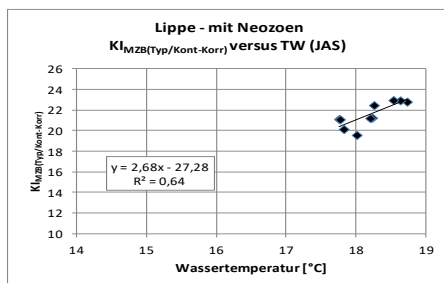
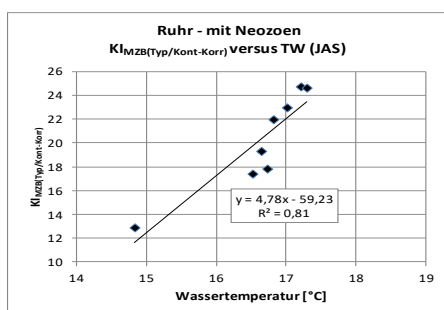


# Praxistest und Verifizierungen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

## Abschlussbericht



Im Rahmen des Kooperationsvorhaben KLIWA "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft"



Essen/Velbert/Frankfurt, 09. Januar 2018

Projektteam umweltbüro essen – chromgruen – SENCKENBERG



chromgruen



## Auftraggeber:

**Bayerisches  
Landesamt für Umwelt**

**LfU Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Dienststelle Hof**  
Hans-Högn-Str. 12  
95 030 Hof  
Telefon: +49 9281/1800-0  
Telefax: +49 9281/1800-4519  
eMail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

**Landesanstalt für Umwelt,  
Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg**

**Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft  
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz**

## Auftragnehmer:

### **Projektteam umweltbüro essen – chromgruen – SENCKENBERG**



**umweltbüro essen**

**umweltbüro essen Bolle & Partner GbR (ube)**  
Rellinghauser Str. 334f  
45 136 Essen  
Telefon: +49 (0) 201 / 86061 – 0  
Telefax: +49 (0) 201 / 86061 – 29  
eMail: [info@umweltbuero-essen.de](mailto:info@umweltbuero-essen.de)  
Internet: [www.umweltbuero-essen.de](http://www.umweltbuero-essen.de)

Projektleitung und Bearbeitung:  
**Martin Halle und Martina Stengert**

**chromgruen**

**chromgruen  
Planungs- und Beratungs-GmbH & Co KG**  
Gröndelle 3  
42 555 Velbert  
Telefon: +49 (0) 2052 / 9273044  
Telefax: +49 (0) 2052 / 9273059  
eMail: [info@chromgruen.de](mailto:info@chromgruen.de)  
Internet: [www.chromgruen.de](http://www.chromgruen.de)

Stellvertr. Projektleitung und Bearbeitung:  
**Dr. Andreas Müller**

**SENCKENBERG**  
world of biodiversity



**Biodiversität und Klima  
Forschungszentrum**

**Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum  
Frankfurt und Biodiversität und Klima –  
Forschungszentrum (BiK-F)**  
Abteilung Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung  
Clamecystraße 12  
63571 Gelnhausen  
Telefon: +49 (0) 6051 / 61954-3124  
Telefax: +49 (0) 6051 / 61954-3118  
eMail: [andrea.sundermann@senckenberg.de](mailto:andrea.sundermann@senckenberg.de)  
Internet: [www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de)

Bearbeitung: **Dr. Andrea Sundermann**

## Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Aufgabenstellung .....	10
2	Datenaufbereitungs- und Auswertungssoftware .....	13
3	Auswertung des „Trendbiomonitoring Baden-Württemberg“ (TBM) .....	14
3.1	Einführung .....	14
3.2	Datengrundlagen und -aufbereitung .....	14
3.3	Ergebnisse .....	21
3.3.1	Ergebnisse für die Probestellen mit hinreichenden Voraussetzungen für die Temperaturindikation mit dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> .....	21
3.3.2	Ergebnisse für die Probestellen mit eingeschränkten Voraussetzungen für die Temperaturindikation mit dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> .....	49
3.4	Ergebnisdiskussion .....	69
4	BMBF-Forschungsvorhaben „dynaklim“ (Nordrhein Westfalen) .....	73
4.1	Einführung .....	73
4.2	Datengrundlagen und Aufbereitung .....	73
4.3	Ergebnisse .....	79
4.4	Ergebnisdiskussion .....	86
5	Auswertungen eines bundesweiten MZB-Datensatzes zum Zusammenhang zwischen KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und PERLODES-Bewertungen .....	88
5.1	Einführung .....	88
5.2	Datengrundlage und Aufbereitung .....	88
5.3	Ergebnisse der Herleitung von Orientierungswerten für den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> ..	90
5.4	Ergebnisse der Zusammenhangsanalyse zwischen dem $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ und den PERLODES-Modulbewertungen .....	95
5.5	Prognostizierbare Veränderungen der prozentualen Anteile der PERLODES-Bewertungsklassen in Folge erhöhter KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte bzw. sommerlicher Wassertemperaturen .....	100
5.6	Ergebnisdiskussion .....	102
6	Zusammenfassung .....	105
7	Ausblick .....	109
8	Literatur .....	110
	Anlagen (digital) .....	111

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte zu den für den Praxistest ausgewählten TBM-Probestellen	16
Abbildung 2:	Jahresverlauf mit Regressionskurve 4. Grades der Temperaturmesswerte 1991 für die TBM-Probestelle Argen-Giessenbrücke	17
Abbildung 3:	Argen_Giessen: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	22
Abbildung 4:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	24
Abbildung 5:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	24
Abbildung 6:	Argen_Giessen: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	24
Abbildung 7:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	26
Abbildung 8:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	26
Abbildung 9:	Argen_Giessen: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	26
Abbildung 10:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	28
Abbildung 11:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	28
Abbildung 12:	Argen_Giessen: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	28
Abbildung 13:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	30
Abbildung 14:	Argen_Giessen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	30
Abbildung 15:	Argen_Giessen: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	30
Abbildung 16:	Brigach_Marbach: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	31
Abbildung 17:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	33
Abbildung 18:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	33
Abbildung 19:	Brigach_Marbach: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	33



Abbildung 20:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	35
Abbildung 21:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	35
Abbildung 22:	Brigach_Marbach: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	35
Abbildung 23:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	37
Abbildung 24:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	37
Abbildung 25:	Brigach_Marbach: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	37
Abbildung 26:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	39
Abbildung 27:	Brigach_Marbach: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	39
Abbildung 28:	Brigach_Marbach: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	39
Abbildung 29:	Donau_Pföhren: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	40
Abbildung 30:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	42
Abbildung 31:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	42
Abbildung 32:	Donau_Pföhren: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	42
Abbildung 33:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	44
Abbildung 34:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	44
Abbildung 35:	Donau_Pföhren: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	44
Abbildung 36:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	46
Abbildung 37:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	46
Abbildung 38:	Donau_Pföhren: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	46

Abbildung 39:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	48
Abbildung 40:	Donau_Pföhren: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	48
Abbildung 41:	Donau_Pföhren: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	48
Abbildung 42:	Neckar_Börstingen: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	50
Abbildung 43:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	52
Abbildung 44:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	52
Abbildung 45:	Neckar_Börstingen: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	52
Abbildung 46:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	54
Abbildung 47:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	54
Abbildung 48:	Neckar_Börstingen: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	54
Abbildung 49:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	56
Abbildung 50:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	56
Abbildung 51:	Neckar_Börstingen: 3JMW $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	56
Abbildung 52:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	58
Abbildung 53:	Neckar_Börstingen: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	58
Abbildung 54:	Neckar_Börstingen: 3JMW $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen	58
Abbildung 55:	Große Lauter_Lauterach: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	59
Abbildung 56:	Kocher_Kochendorf: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer	64
Abbildung 57:	Kopie der Original-Abbildung der MZB-Probestellen und Lage der Kontrollstellen markiert durch -> schwarze Pfeile im Dynaklim-Projekt (Quelle: VORTRAGSFOLIEN DYNAKLIM, DGL2011)	74

Abbildung 58:	Eigene Probestellenbezeichnungen zu MZB-Proben 2008 und Kontrollstellen (KST) mit Temperaturdaten 2007 der Gewässersysteme Ems, Lippe und Ruhr	74
Abbildung 59:	Ermittlung der Monatsmittelwerte über die Regressionsformel (4. Polynom) anhand der Glockenkurve aus Einzelmessungen am Beispiel der Ems bei Eimen	77
Abbildung 60:	Übertragung von Werten der Kontrollstellen auf die MZB-Probestellen anhand der Regressionskurve und der Stationierung am Beispiel der Temperaturdaten an der Ruhr	77
Abbildung 61:	Korrelationen für alle verwendeten Gewässer (Ems-Ruhr-Lippe) der Abundanzklassensummen (AKS) links der Neozoen (AKS <sub>Neo</sub> ), mittig im Projekt dynaklim eingestufte Taxa (AKS <sub>Neo/dyn</sub> ), rechts aller MZB-Taxa (AKS <sub>MZB</sub> ) versus der Sommermittel TW (JAS) (obere Reihe) bzw. der Mittelwerte des gesamten Jahres (TW 2007)	78
Abbildung 62:	Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ems (oben), Ruhr (mitte) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen (AKS <sub>Neo</sub> ), rechte Hälfte: in dynaklim für die AKS-Bildung genutzte Neozoen (AKS <sub>Neo/dyn</sub> ) versus der Jahresmitteltemperatur TW (2007)	80
Abbildung 63:	Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen (AKS <sub>Neo</sub> ), rechte Hälfte: alle Taxa (AKS <sub>Neo</sub> ) versus der Sommermitteltemperatur TW (JAS)	81
Abbildung 64:	Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen (AKS <sub>Neo</sub> ), rechte Hälfte: alle Taxa (AKS <sub>MZB</sub> ) versus der interpolierten Leitfähigkeit (2007)	82
Abbildung 65:	Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: Jahresmitteltemperatur TW (2007), rechte Hälfte: Sommermitteltemperatur TW (JAS) versus Saprobienindex	83
Abbildung 66:	Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: Jahresmitteltemperatur TW (2007), rechte Hälfte: Sommermitteltemperatur TW (JAS) versus dem Multimetrischer Index (MMI)	84
Abbildung 67:	Lineare Regression der Korrelation zwischen $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ und TW (JAS) für die Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: ohne Neozoen, rechte Hälfte: mit Neozoen	85
Abbildung 68:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom MMI(neu): LAWA-Typ 05 (N = 2.816)	90
Abbildung 69:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom SI-Score(neu): LAWA-Typ 05 (N = 2.816)	91
Abbildung 70:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom MMI(neu): LAWA-Typ 16 (N = 1.236)	91
Abbildung 71:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom SI-Score(neu): LAWA-Typ 16 (N = 1.236)	92
Abbildung 72:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom MMI(neu): LAWA-Typ 11 (N = 679)	92
Abbildung 73:	Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ vom SI-Score(neu): LAWA-Typ 11 (N = 679)	93
Abbildung 74:	Scatterplot des MMI(neu) gegen den $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit linearer Regression: LAWA-Typ 09.2 (N = 425)	96
Abbildung 75:	Scatterplot des MMI(neu) gegen den $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit linearer Regression: LAWA-Typ 05 (N = 2816)	97
Abbildung 76:	Prozentuale Verteilungen der ökologischen Zustandsklassen des MMI(neu), d.h. des PERLODES-Moduls Allgemeine Degradation(neu) für den MZB-Datensatz aus dem Jahr 2013 (links), bei Erhöhung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ um 1° (Mitte) sowie bei Erhöhung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ um 2° (rechts): LAWA-Typ 05 (N = 149)	101
Abbildung 77:	Prozentuale Verteilungen der ökologischen Zustandsklassen des SI-Score(neu), d.h. des PERLODES-Moduls Saprobie(neu) für den MZB-Datensatz aus dem Jahr 2013 (links), bei Erhöhung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ um 1° (Mitte) sowie bei Erhöhung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ um 2° (rechts): LAWA-Typ 05 (N = 149)	101

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die ausgewählten Probestellen des Trendbiomonitoring	15
Tabelle 2:	Argen_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	23
Tabelle 3:	Argen_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	25
Tabelle 4:	Argen_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	27
Tabelle 5:	Argen_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	29
Tabelle 6:	Brigach_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	32
Tabelle 7:	Brigach_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	34
Tabelle 8:	Brigach_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	36
Tabelle 9:	Brigach_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	38
Tabelle 10:	Donau_Pföhren: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	41
Tabelle 11:	Donau_Pföhren: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	43
Tabelle 12:	Donau_Pföhren: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	45
Tabelle 13:	Donau_Pföhren: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	47
Tabelle 14:	Neckar_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	51
Tabelle 15:	Neckar_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	53
Tabelle 16:	Neckar_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	55
Tabelle 17:	Neckar_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	57
Tabelle 18:	Große Lauter_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte	60

<b>Tabelle 19:</b>	<b>Große Lauter_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>61</b>
<b>Tabelle 20:</b>	<b>Große Lauter_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Kont-Korr)}</math> ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>62</b>
<b>Tabelle 21:</b>	<b>Große Lauter_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>63</b>
<b>Tabelle 22:</b>	<b>Kocher_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Kont-Korr)}</math> mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>65</b>
<b>Tabelle 23:</b>	<b>Kocher_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>66</b>
<b>Tabelle 24:</b>	<b>Kocher_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Kont-Korr)}</math> ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>67</b>
<b>Tabelle 25:</b>	<b>Kocher_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte</b>	<b>68</b>
<b>Tabelle 26:</b>	<b>Liste der Neozoen in den Projektdaten mit den Ergebnissen des KLIWA-Projektes zu Spezifität und Schwerpunkttemperatur (SWP-T). Gelb markierte Taxa werden als „wärmeliebend“ für den im Dynaklim entwickelten Metric verwendet</b>	<b>76</b>
<b>Tabelle 27:</b>	<b>Aus der Korrelation zwischen MMI(neu) und Saprobie abgeleiteter Neuvorschlag für die Festlegung typspezifischer Saprobieschwellenwerte der fünf Bewertungsklassen der Saprobie (s. digitale Anlagen A5 bis A7)</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle 28:</b>	<b>Formeln für neuen SI-Score zwischen 0 (sehr schlecht) und 1 (sehr gut)</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle 29:</b>	<b>Abgeleitete Orientierungswertvorschläge für den <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math>, basierend auf einer während der Projektlaufzeit in der Ländertestphase befindlichen neuen Testversion von PERLODES</b>	<b>94</b>
<b>Tabelle 30:</b>	<b>Lineare Regressionen des MMI(neu) in Abhängigkeit vom <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> und Änderung des MMI(neu) sowie der ökologischen Zustandsklassifikation durch Erhöhung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> um 1°</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle 31:</b>	<b>Lineare Regressionen des SI-Score(neu) in Abhängigkeit vom <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> und Änderung des SI-Score(neu) sowie der ökologischen Zustandsklassifikation durch Erhöhung des <math>KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}</math> um 1°</b>	<b>99</b>

# 1 Anlass und Aufgabenstellung

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchungen dar, die zur Verifizierung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> (KI<sub>MZB</sub>) durchgeführt wurden. Dieser Index wurde im Rahmen des in 2016 abgeschlossenen KLIWA-Projektes „Ableitung von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos für die Entwicklung eines Verfahrens zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels in Fließgewässern“ entwickelt. Er wurde aufgrund theoretischer Vorüberlegungen und deren Bestätigung im Zuge der weiteren Bearbeitung nicht als reiner Temperatur-Index des Makrozoobenthos, sondern als Maß der „bioindizierten Äquivalenttemperatur der sommerlichen Atmungshabitatbedingungen (3-Monatsmittel: Jul-Aug-Sep) des Makrozoobenthos“ [ausgedrückt in °C] definiert (HALLE, M.; MÜLLER, A. & A. SUNDERMANN 2016).

Übergeordnetes Ziel des vorliegend dokumentierten Praxistests war es, den Index vor allem auch anhand unabhängiger Daten von Beispielgewässern auf Plausibilität zu überprüfen und daraus Rückschlüsse auf ggf.

- noch nicht hinreichend berücksichtigte Einflussfaktoren (insbesondere Neozoen und Saprobie) sowie
- erforderliche Hinweise zur Anwendung und Optimierung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

ableiten zu können.

In diesem Sinne wurden als wichtige noch nicht im Vorgängerprojekt berücksichtigte Datengrundlagen die Makrozoobenthos- und Wassertemperaturdaten der beiden nachfolgend genannten Projekte ausgewählt, da in einem Fall sehr detaillierte langjährige Datenreihen mit hoher zeitlicher Dichte für einzelne Messstellen und im anderen Fall mehrere Messstellen im Längsverlauf einzelner Fließgewässer mit aufeinander beziehbaren Makrozoobenthos- und Wassertemperaturdaten vorliegen:

1. MARTEN, M. ET AL. (ausgew. Zeitraum 1995 bis 2013) „*Trendbiomonitoring – Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs*“ (TBM) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel, (LUBW (Hrsg.), Autor: Dr. M. Marten 2011)
2. KORTE, T. und M. SOMMERHÄUSER (2011): „*Untersuchung zur Verbreitung von wärme-liebenden Neozoen und deren Einfluss auf die Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie*“ erstellt im Rahmen des BMBF-Projekts „*Auswirkungen des Klimawandels auf die Lebensgemeinschaften in großen Flüssen (dynaklim)*“.

In beiden Projekten spielen Neozoen nicht nur eine Rolle, sondern wurden auch von den jeweiligen Autoren in sehr unterschiedlicher Weise interpretiert, weshalb sich nicht nur die Daten beider Projekte gut zur Analyse der spezifischen Neozoen-Auswirkungen auf den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> eignen, sondern auch der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zur Überprüfung zweier gegensätzlicher Projekthypothesen der Autoren eingesetzt wurde. Diesbezüglich wurde geprüft,

1. ob entweder hohe Neozoen-Anteile in einer Probe den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> ggf. verfälschen, was dann der Fall sein könnte, wenn deren Vorkommen und Abundanzen in deutschen Fließgewässern zu großen Teilen eher von den Zuwanderungsmöglichkeiten (Vernetzungs-/Durchgängigkeitshindernisse) als von den jeweils herrschenden Habitatbedingungen limitiert würden (HYPOTHESE I) oder,
2. ob es - im Gegenteil dazu - sogar möglich ist, in Fließgewässern allein das Vorkommen bestimmter, in der Literatur als thermophil eingestufte Neozoen, lediglich durch Aufsummierung ihrer Abundanzklassen, als geeignete bioindikatorische Kenngröße für thermische Gewässerbelastungen (bzw. für defizitäre Atmungshabitatbedingungen) zu nutzen (HYPOTHESE II) und wie sich die Indikationsgenauigkeit dieser Kenngröße im Vergleich zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> darstellt.

HYPOTHESE I wurde von M. MARTEN (LUBW) in einem unveröffentlichten Kurzgutachten zur fachlichen Prüfung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> vom 19.08.2016 („*Erläuterungen zu den Daten und Darstellungen des Trendbiomonitoring zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> (KLIWA-Bericht, Heft 20, 2016)*“) durch Anwendung auf die Daten des sog. „*Trendbiomonitorings*“ vertreten.

HYPOTHESE II stammt aus dem von T. KORTE und M. SOMMERHÄUSER publizierten Bericht „*Untersuchung zur Verbreitung von wärmeliebenden Neozoen und deren Einfluss auf die Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie*“ (dynaklim-Publikation Nr. 13 / Oktober 2011).

Dank der freundlichen und konstruktiven Bereitschaft der Autoren beider Studien, die jeweiligen abiotischen und biotischen Ursprungsdaten für den vorliegend dokumentierten Praxistest des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zur Verfügung zu stellen, konnten nicht nur beide Hypothesen durch eigene Auswertungen überprüft werden, sondern auch wesentliche Erkenntnisse zu weiteren praktischen Anwendungsfragen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> aus den Auswertungen der Projektdaten gewonnen werden. Die bereits im Vorgängerprojekt verwendeten Datengrundlagen sowie neue, über die Universität Duisburg-Essen bereitgestellte bundesweite Makrozoobenthos-Monitoringdaten der Bundesländer (auch die Nicht-KLIWA-Bundesländer erteilten hierzu die Verwendungsberechtigungen) wurden zudem hinzugezogen.

Basierend auf Auswertungen dieser umfangreichen Datensätze des Trendbiomonitorings (TBM), des BMBF-Projekts dynaklim sowie der Monitoringdaten der Bundesländer wurde versucht, die nachfolgend zu verschiedenen Aspekten aufgeführten Fragen - so weit wie möglich - zu beantworten:

**Frage 1**     Zeitbezug I: Welchen Einfluss hat die Verwendung bestimmter monatlicher Temperaturmesswerte zur Berechnung des Jahrestemperatur-Kennwertes auf die Beziehung zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub>?

*Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg untersucht (Kapitel 3).*

**Frage 2**     Zeitbezug II: Welchen Einfluss hat die Jahreszeit der Makrozoobenthosbeprobung auf die Beziehung zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub>?

*Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg untersucht (Kapitel 3).*

**Frage 3**     Zeitbezug III: Ist der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> geeignet einen Entwicklungstrend der Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen über mehrere Jahre abzubilden und welche Rolle spielt dabei der zeitliche Bezug zwischen dem Jahr der MZB-Beprobung und dem Jahr der sommerlichen Temperaturmesswerte?

*Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg untersucht (Kapitel 3).*

**Frage 4**     Gewässertypspezifische Korrekturfunktion: Führt die gewässertypspezifische Korrektur des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zu Ergebnisverfälschungen?

*Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg untersucht (Kapitel 3).*

- Frage 5** Raumbezug: Wie gut lassen sich Unterschiede der Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen im Längsverlauf eines Fließgewässers mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abbilden?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe von Daten aus dem dynaklim-Projekt untersucht (Kapitel 4).*
- Frage 6** Mindestanforderungen: Lassen sich die im Vorgängerprojekt definierten Mindestanforderungen an die Abundanzklassensummen der in den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> einfließenden Taxa bestätigen oder offenbaren die neuen Auswertungen diesbezüglichen Überarbeitungsbedarf?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe von Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg (Kapitel 3) sowie des dynaklim-Projektes untersucht (Kapitel 4).*
- Frage 7** Neozoen: Lassen sich die oben formulierten Hypothesen für die ausgewerteten Datensätze der beiden Projekte bestätigen oder widerlegen und was lässt sich daraus hinsichtlich der Notwendigkeit einer Berücksichtigung oder eines Ausschlusses von Neozoen bei der Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für Fließgewässerproben mit Neozoen schlussfolgern?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe von Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg (Kapitel 3) sowie des dynaklim-Projektes untersucht (Kapitel 4).*
- Frage 8** Sensitivität: Bis zu welcher Genauigkeit differenziert der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zwischen unterschiedlichen Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des Trendbiomonitorings Baden-Württemberg (Kapitel 3) und Datensätzen aus dem dynaklim-Projekt (Kapitel 4) untersucht.*
- Frage 9** Saprobie: Worin unterscheiden sich die mit dem Saprobien-Index und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> indizierbaren Habitatfaktoren und lässt sich ein Maximalwert der Saprobie definieren, jenseits dessen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht mehr anwendbar ist?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des bundesweiten Monitoring-Datensatz (Kapitel 5) untersucht.*
- Frage 10** Ökologische Zustandsbewertung: Wie stellt sich der Zusammenhang zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der ökologischen Zustandsbewertung des Makrozoobenthos dar und lassen sich daraus gewässertypgruppenspezifische Schwellenwerte des Indexes für den Übergang zwischen gutem und mäßigem ökologischen Zustand im Sinne von Orientierungswerten ableiten?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des bundesweiten Monitoring-Datensatz (Kapitel 5) untersucht.*
- Frage 11** Prognosen: Lassen sich Veränderungen der prozentualen Anteile von Probestellen mit unterschiedlichen PERLODES-Bewertungsklassen in Folge erhöhter KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte prognostizieren?
- Die Fragestellung wurde mit Hilfe der Daten des bundesweiten Monitoring-Datensatz (Kapitel 5) untersucht.*



## 2 Datenaufbereitungs- und Auswertungssoftware

---

Die Datenaufbereitung für den Praxistext erfolgte für die verschiedenen Datenquellen, nicht immer nach denselben Kriterien und in mehreren, iterativen Schritten, da neue Erkenntnisse z. T. zu einer Erweiterung der Fragestellung führten.

Zur Aus- und Bewertung der Makrozoobenthos-Daten (kurz MZB) wurde mit folgenden Software-Tools gearbeitet:

- Software ASTERICS/PERLODES (Version 4.0.4) zur Ermittlung der Bewertungsergebnisse nach Wasserrahmenrichtlinie, des Saprobienindex (SI), des multimetrischen Index (MMI) (UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN 2013)
- Software KLIWA-Index Version 1.1.0 zur Berechnung der verschiedenen Index-Werte (KLIWA-Index<sub>MZB</sub>) (HALLE, M.; MÜLLER, A. & A. SUNDERMANN 2016)

Zur Berechnung der verschiedenen Wassertemperatur-Mittelwerte (kurz TW) wurde mit dem Excel-Tool (© Microsoft) Version 2007 gearbeitet. Hiermit wurde auch ein Teil der Korrelationen ermittelt.

Weitere statistische Auswertungen z.B. in Form von Box-Whisker-Plots erfolgten mit dem Open-Source-Programm „R“ (© The R Foundation for Statistical Computing).

### 3 Auswertung des „Trendbiomonitoring Baden-Württemberg“ (TBM)

#### 3.1 Einführung

Seit 1995 wird im Rahmen des *Biozönotischen Langzeit-Monitorings in Fließgewässern Baden-Württembergs – Trendbiomonitoring* (TBM) das Makrozoobenthos von 30 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsstellen jedes Jahr viermal beprobt und ausgewertet, um potenzielle Auswirkungen sich allmählich ändernder klimatischer Einflussgrößen auf die aquatische Invertebratenfauna dokumentieren zu können. Diese intensiven Untersuchungen zur Gewässerbiologie sind in der Form einzigartig in Deutschland. Es wurde daher entschieden, den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> an diesem langjährigen unabhängigen Datensatz hinsichtlich seiner Indikationseignung für Änderungen der sommerlichen Wassertemperaturen im zeitlichen Verlauf zu testen. Dazu wurde für sechs der Dauerbeobachtungsstellen sowohl der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> in seinen verschiedenen Varianten für die vorliegenden Makrozoobenthos-Beprobungsserien berechnet, als auch aus den Temperatureinzelmesswerten verschiedene Jahreskennwerte der Sommerwassertemperatur ermittelt. Die berechneten Index- und Temperaturkennwerte wurden anschließend mit unterschiedlichen Zeitbezügen zueinander in Bezug gesetzt, die jeweiligen Korrelationen ermittelt, statistische Kriterien für die Beurteilung der Indikationsqualitäten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> aufgestellt und auf die verschiedenen getesteten Varianten und Kombinationen angewandt.

#### 3.2 Datengrundlagen und -aufbereitung

Die methodisch durch eine Zeitaufsammlungsmethode erhobenen Makrozoobenthos-Datensätze wurden wie nachfolgend näher beschrieben aufbereitet. Ergänzt wurden die biologischen Daten des TBM für den Praxistest um die Temperaturdaten der untersuchten Fließgewässer mit räumlichem Bezug zu den Probestellen. Sowohl die biologischen Ergebnisse<sup>1</sup>, als auch die abiotischen Messwerte<sup>2</sup> sind über die offizielle Webseite des LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden Württemberg) öffentlich downloadbar. Für die hier vorgenommenen Auswertungen wurden dankenswerter Weise zudem von DR. MARTEN digital verarbeitbare Taxalisten zur Verfügung gestellt.

In einem ersten Schritt wurden alle verfügbaren Daten gesichtet und anschließend diejenigen Probestellen herausgefiltert, die folgende Kriterien erfüllen:

- Vierteljährliche Makrozoobenthos-Beprobungen über den überwiegenden oder gesamten Zeitraum
- Mindestens monatliche Einzelmesswerte der Wassertemperatur über den überwiegenden oder gesamten Zeitraum
- Lage der Temperatur-Messstellen maximal ca. 1 km von der Beprobungsstelle des Makrozoobenthos entfernt

Insgesamt konnten so die langjährigen Datensätze von sechs Probestellen des Makrozoobenthos und drei LAWA-Fließgewässertypen für den Praxistest ausgewählt werden. Abbildung 1 zeigt die verorteten Probestellen des TBM (Zeitraum 1995 bis 2013), die die obigen Voraussetzungen erfüllen.

<sup>1</sup> <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/101750/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=91063&OBJECT=101750&MODE=METADATA>

<sup>2</sup> <http://jdkfg.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/300/>

Tabelle 1: Übersicht über die ausgewählten Probestellen des Trendbiomonitoring

Gewässer, Probe- stelle	LAWA-Typ	Lageabwe- ichung PS MZB zu TW	weitere Informationen zu den Probestellen
Argen_Giessen	Typ 3.2: Kleine Flüsse der Jungmo- räne des Alpenvor- landes	70 m oberhalb	stark und homogen strömen- des Gewässer an der TW- Messstelle
Brigach_Marbach	Typ 9.1: Karbonati- sche, fein- bis grob- materialreiche Mittel- gebirgsflüsse	100 m unterhalb	Einleitung einer Kläranlage oberhalb
Donau_Pfohren	Typ 9.2: Große Flüsse des Mittelge- birges	gleiche Stelle	viele Makrophyten im Bereich der Probestelle
Neckar_Börstingen	Typ 9.2: Große Flüsse des Mittelge- birges	40 m oberhalb in anderem Auslei- tungsstreckenarm	In zweiarmliger Ausleitungs- strecke
Gr. Lauter_Lauterach	Typ 9.1: Karbonati- sche, fein- bis grob- materialreiche Mittel- gebirgsflüsse	500 m unterhalb nach Zusammen- fluss	Nebengerinne
Kocher_Kochendorf	Typ 9.2: Große Flüsse des Mittelge- birges	800 m oberhalb, vor Aufspaltung	Nebengerinne; MZB-Probe- stelle unterhalb einer Stau- stufe

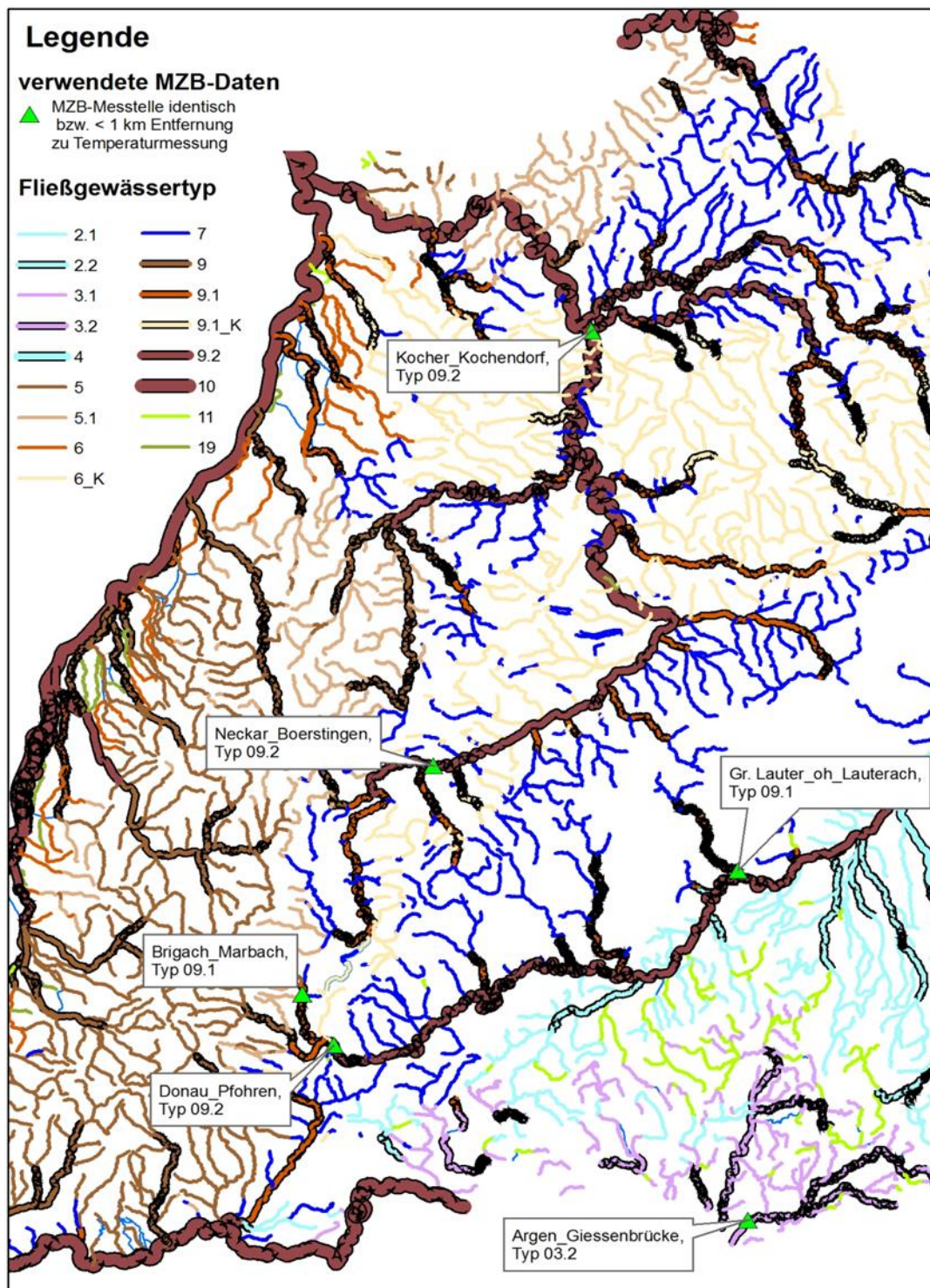


Abbildung 1: Übersichtskarte zu den für den Praxistest ausgewählten TBM-Probestellen

#### Sommerliche Wassertemperaturkennwerte:

Für die Auswertungen wurden sowohl die Stichprobenmesswerte selbst, als auch mittels polynomischer Regressionen 4. Grades über alle Einzelmesswerte eines Jahres interpolierte Monatskennwerte der Wassertemperatur (jeweils für den 15. Kalendertag eines Monats) als Ersatz für einen kontinuierlich gemessenen Monatsmittelwert verwendet und die Güte der Beziehungen zwischen Temperatur- und Indexwerten beider Varianten miteinander verglichen. Verwendet wurden folgende sommerlichen Monats-Wassertemperaturkennwerte: arithmeti-

scher Mittelwert (MW) aus den wie oben beschrieben ermittelten Monatskennwerten der Wassertemperatur für Jun-Jul-Aug, Jul-Aug, Jul-Aug-Sep und max. Monatswert (d.h. höchster Monatskennwert des Kalenderjahres).

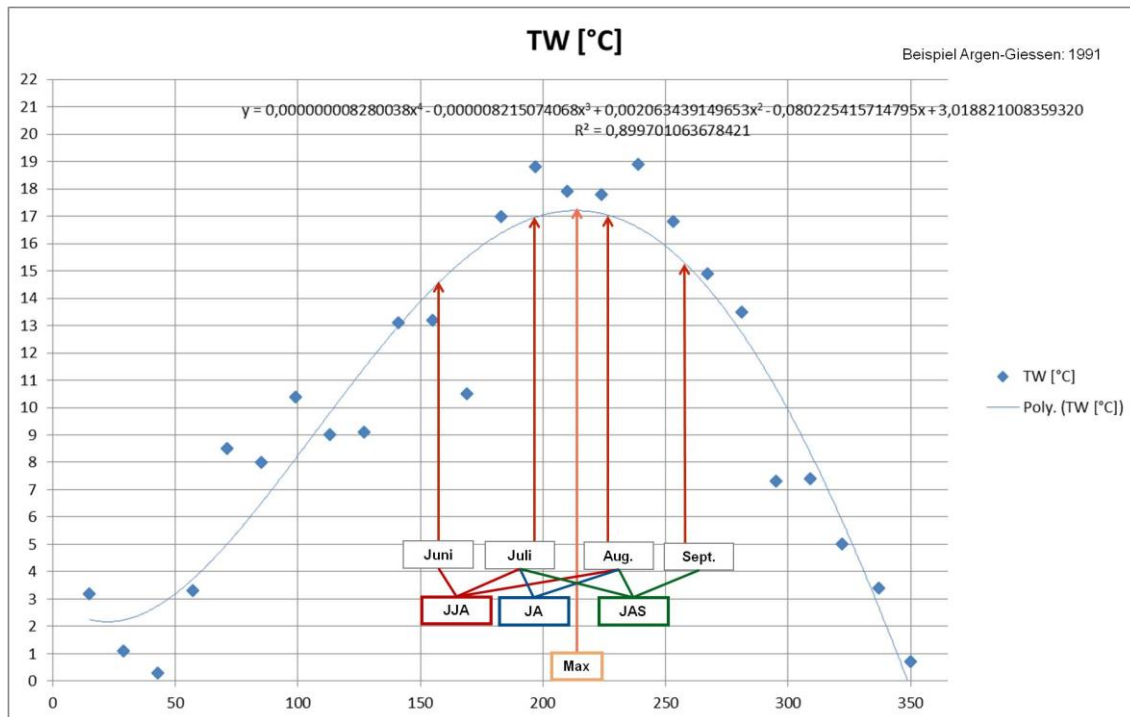


Abbildung 2: Jahresverlauf mit Regressionskurve 4. Grades der Temperaturmesswerte 1991 für die TBM-Probestelle Argen-Giessenbrücke

#### Erstellung von Verlaufsdiagrammen zur parallelen Darstellung der Entwicklung sowohl der Wassertemperaturen als auch des KLIWA-Index<sub>MZB</sub>:

Zur Visualisierung sowohl der Entwicklung der Wassertemperatur als auch des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> an den ausgewählten Probestellen über die gesamte untersuchte Zeitspanne, wurden Verlaufsdiagramme erstellt, die Parallelitäten oder Abweichungen der Verläufe beider Parameterausprägungen unmittelbar verdeutlichen.

#### Erstellung von Scatterplots mit linearen Regressionen:

Zur Beurteilung der Indikationsqualität des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> wurden die Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturkennwerten und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> an den ausgewählten Probestellen für alle Probanden der gesamten untersuchten Zeitspanne als Scatterplots mit linearen Regressionen dargestellt, bzw. berechnet.

#### Jahreszeit der MZB-Probenahme (Wahl des besten Beprobungsquartals):

Es wurde getestet, welchen Einfluss der Zeitpunkt der Probenahme im Jahr auf die Beziehung zwischen den sommerlichen Wassertemperaturkennwerten und den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten hat, indem die Index-Werte der 4 übers Jahr verteilten Wiederholungsproben jeweils gesondert den Temperaturkennwerten gegenübergestellt wurden. Für die weiteren Vergleiche wurden jeweils die Quartalsprobenwerte mit den besten Beziehungen zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der sommerlichen Wassertemperatur verwendet.

Zeitlicher Bezug zwischen Wassertemperaturkennwerten und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>:

Als Bezugstemperatur für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Wert wurden die sommerlichen Wassertemperaturkennwerte des Vorjahres der MZB-Probenahme verwendet, da wegen der überwiegend ein- bis zweijährigen Lebenszyklen der Taxa hier der größte kausale Einfluss der Habitatbedingungen auf die Arten- und Abundanzzusammensetzung der Biozönose zu vermuten ist.

Die Temperatur- und Indexwerte wurden somit zunächst, wie im folgenden Schema dargestellt, zueinander in Bezug gesetzt.

**KLIWA-Index aus Probe des Jahres X <----> T-Sommermittel des Jahres X-1**

KLIWA-Index aus Jahr	X	X+1	X+2	X+3
T-SMW aus Jahr	X-1	X	X+1	X+2

Da aber davon auszugehen ist, dass die Ausgangspopulationsstärken der vorausgegangenen Generation, die ihrerseits von den Habitatverhältnissen des vorvorherigen Jahres überprägt ist, auch eine Rolle spielen muss, wurden zusätzlich die nachfolgend beschriebenen Optimierungsmöglichkeiten des zeitlichen Bezugs zwischen Temperaturmesswerten und Index-Werten getestet.

Optimierung des zeitlichen Bezugs zwischen Temperatur- und Indexwerten durch Verwendung gleitender Mittelwerte sowohl der jährlichen sommerlichen Wassertemperaturkennwerte als auch der jährlichen KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte:

Es wurden sowohl die sommerlichen Jahreskennwerte der Wassertemperatur als auch die gleitenden Mittel über mehrere jährliche sommerliche Wassertemperaturkennwerte gebildet und gegen die um ein Jahr versetzten (d.h. nachlaufenden) gleitenden Mittel der KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte bei gleicher Anzahl der gemittelten Jahre getestet. Dazu wurden die Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturkennwerten und den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten für Einjahreskennwerte mit denen der gleitenden Mittel von 2 bis 8 Jahren verglichen. Hierbei zeigte sich, dass sich die Beziehung zwischen den sommerlichen Wassertemperaturkennwerten und den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten deutlich verbessert, wenn ein gleitendes 2-Jahresmittel genutzt wird und noch einmal signifikant besser wird, wenn ein 3-Jahresmittel verwendet wird. Bei einer Verwendung gleitender 4- und 5-Jahresmittel stellt sich die Situation von Gewässer zu Gewässer unterschiedlich dar, so dass sich entweder nur noch eine minimale Verbesserung der R<sup>2</sup>-Werte erzielen lässt oder bereits wieder eine Verschlechterung eintritt. Bei einer noch weiteren Verlängerung der Mittelungsperiode nehmen die Bestimmtheitsmaße stets wieder ab. Als Kompromiss zwischen einem möglichst hohen Bestimmtheitsmaß zwischen den Temperatur- und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten und einer mit zunehmender Länge der Mittelungsperioden verbundenen Glättung von Jahresunterschieden wurde der 3-Jahreszeitraum für die Bildung gleitender Mittelwerte der Temperatur- und der KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Kennwerte gewählt.

Die Temperatur- und Indexwerte wurden somit wie in den beiden folgenden Schemata dargestellt, zueinander in Bezug gesetzt.

**KLIWA-Index aus Probe des Jahres X <----> Drei-Jahresmittelwert der T-Sommermittel der Jahre X-2, X-1 und X**

KLIWA-Index aus Jahr	X			X+1			X+2			X+3		
T-SMW aus Jahren	X-2	X-1	X	X-1	X	X+1	X	X+1	X+2	X+1	X+2	X+3



**Drei-Jahresmittelwert der KLIWA-Indizes von Proben der Jahre X, X+1, X+2 <----->**  
**Drei-Jahresmittelwert der T-Sommermittel der Jahre X-1, X und X+1**

KLIWA-Index aus Jahren	X-1, X, X+1	X, X+1, X+2	X+1, X+2, X+3	X+2, X+3, X+4
T-SMW aus Jahren	X-2 X-1 X	X-1 X X+1	X X+1 X+2	X+1 X+2 X+3

Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> mit und ohne Neozoen

Um zu testen, welchen Einfluss die Neozoen-Taxa auf die Beziehung zwischen der sommerlichen Wassertemperatur und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> haben, wurde der Index sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der an den Probestellen nachgewiesenen Neozootaxa berechnet. Grundlage hierfür sind die entsprechenden Einstufungen der jeweiligen Taxa in ASTERICS/PERLODES.

Kenngößen für den Abgleich zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

Im Einzelnen wurden folgende Kenngößen für den Abgleich zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> berücksichtigt und in den Tabellen des Berichts dargestellt:

Probestelle	Stelle der Makrozoobenthosbeprobung
Kategorie	Berechnungskategorie des KLIWA-Index <sub>MZB</sub> im Hinblick auf Neozoen: Berechnung des Indexes entweder mit oder ohne Berücksichtigung der jeweils nachgewiesenen Neozootaxa
Kombination	Kombination zueinander in Bezug gesetzter zeitlicher Aggregationsvarianten der jährlichen Wassertemperaturkennwerte (TW) und der KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werte: KI <sub>MZB</sub> versus TW (KI <sub>MZB</sub> vs TW); KI <sub>MZB</sub> versus 3-Jahresmittelwert der TW (KI <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW); 3-Jahresmittelwert der KI <sub>MZB</sub> versus 3-Jahresmittelwert der TW (3JMW KI <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW); in allen Fällen besteht jeweils ein einjähriger Versatz zwischen den Index- und den TW-Kennwerten, wobei Letztere zeitlich vorausgegangen sind, d.h. deren Messjahr dem MZB-Beprobungsjahr minus 1 entspricht, bzw. bei den 3-jährigen TW- und/oder KI <sub>MZB</sub> -Mittelwerten das jeweils mittlere der drei Jahre anstelle des Messjahres verwendet wird
KI <sub>MZB</sub> -Typ	Verwendete Berechnungstypen des KLIWA-Index <sub>MZB</sub> : entweder nur mit Wertekorrektur für den Bezug von diskreten Temperaturdatengrundlagen zu kontinuierlich erhobenen Temperaturdaten = KI <sub>MZB</sub> (Kont-Korr) [= KI <sub>MZB</sub> (Kont-Korr)] oder zusätzlich auch mit Transformationen zur Anpassung an die gewässertypgruppenspezifischen Verhältnisse = KI <sub>MZB</sub> (Typ/Kont-Korr) [= KI <sub>MZB</sub> (Typ/Kont-Korr)]
TW-Typ	Typen der Wassertemperaturkennwerte, die entweder direkt auf den Wassertemperaturmesswerten (gemessen) oder auf den von diesen interpolierten Werten (interpoliert) für die jeweiligen Monate beruhen, deren Kürzel nachfolgend erläutert sind: JAS = Mittelwert der Monate Juli, August und September; JJA = Mittelwert der Monate Juni, Juli und August; JA = Mittelwert der Monate Juli und August; Max = Maximalwert
Serie	1., 2., 3. oder 4. MZB-Beprobung pro Jahr
MW(KI <sub>MZB</sub> -TW)	Mittelwert der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
MW(KI <sub>MZB</sub> -TW)	Absolutbetrag des Mittelwerts der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW

$MW   (KI_{MZB} - TW)  $	Mittelwert der Absolutbeträge der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
$Stabw(KI_{MZB} - TW)$	Standardabweichung der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
$Stabw   (KI_{MZB} - TW)  $	Standardabweichung der Absolutbeträge der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
$R^2$ -Wert	Bestimmtheitsmaß (0-1)
p-Wert	Signifikanzmaß
Stng	Steigung der Regression zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
Stng-1	Abweichung der Steigung der Regression zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW von 1
$  Stng-1  $	Absolutbetrag der Abweichung der Steigung der Regression zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW von 1
Schntpkt	Schnittpunkt der Regression zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> -Werten und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW

Die Auswahl der je TBM-Messstelle belastbarsten Kombination aus KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und sommerlicher Wassertemperatur TW wurde gemäß folgenden Kriterien vorgenommen (Kennzeichnung in den Tabellen mittels blauer Schrift; nur für diese Kombinationen sind Diagramme im Berichtsteil als Abbildungen dargestellt):

TW-Typ	Verwendung von JAS, weil die Präferenzspektren der Indextaxa des KLIWA-Index <sub>MZB</sub> auf diese Sommertemperaturen ausgelegt sind und weil JAS überwiegend die besten Beziehungen zwischen dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW aufweist. Fast ebenso gut korreliert JJA.
p-Wert	<0,05 als Mindestsignifikanzanforderung
$R^2$ -Wert	Möglichst hoher Wert
$  Stng-1  $	Möglichst kleiner Absolutbetrag der Abweichung der Steigung der Regression zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW von 1
$  MW(KI_{MZB} - TW)  $	Möglichst kleiner Absolutbetrag des Mittelwerts der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
$MW   (KI_{MZB} - TW)  $	Möglichst kleiner Mittelwert der Absolutbeträge der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
$Stabw(KI_{MZB} - TW)$	Möglichst kleine Standardabweichung der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW



Stabw   (KI <sub>MZB</sub> -TW)	Möglichst kleine Standardabweichung der Absolutbeträge der Differenzen zwischen den KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW
Serie	Auswahl derjenigen Serie (1, 2, 3 oder 4), die für die beiden Kombinationen KI <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW und 3JMW KI <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW gemäß obiger Kriterien insgesamt die besten Beziehungen zwischen dem KLIWA-Index <sub>MZB</sub> und den zugeordneten Wassertemperaturkennwerten TW aufweist und Anwendung auf alle drei Kombinationen (also auch auf KI <sub>MZB</sub> vs TW); alle Kennwerte der ausgewählten Serie sind jeweils in blauer Schrift kenntlich gemacht

### 3.3 Ergebnisse

Die vollständigen Ergebnisse aller ausgewerteten Kombinationsvarianten zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> sind dem Bericht als digitale Anlagendateien A1 bis A3 (Excel- und pdf-Dateien mit Tabellen und Diagrammen) beigelegt. Dabei beziehen sich alle Auswertungen einmal auf die KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Variante (Kont-Korr) und einmal auf (Typ/Kont-Korr) sowie einmal auf die Indexberechnung mit und einmal auf die ohne Neozoen.

Im vorliegenden Kapitel sind die Auswertungsergebnisse für die einzelnen Probestellen zunächst in tabellarischer Form dargestellt. Um hierbei einen unmittelbaren Eindruck von der Güte der gemäß oben genannter Kriterien bewerteten Beziehungen zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der sommerlichen Wassertemperatur zu vermitteln, wurden die einzelnen bewertungsrelevanten Spalten automatisiert zwischen rot (schlecht) und grün (gut) mit relativen Farbinsensitivitäten eingefärbt und zudem die Kennwerte der danach ausgewählten aussagekräftigsten Beprobungsserie in blauer Schrift kenntlich gemacht.

Unmittelbar anschließend an die einzelnen Tabellen sind die Ergebnisse der selektierten belastbarsten Beziehungen (blaue Schrift) zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der sommerlichen Wassertemperatur noch einmal als Diagramme dargestellt.

Sowohl die Tabellen als auch die Diagramme beziehen sich ausschließlich auf die Auswertungsergebnisse, die unter Verwendung der interpolierten Temperaturdaten berechnet wurden, weil sich die Direktverrechnung der Temperaturmesswerte als generell nachteilig für die Beziehung zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der sommerlichen Wassertemperatur herausstellte (s. digitale Anlagendateien A1 bis A3).

#### 3.3.1 Ergebnisse für die Probestellen mit hinreichenden Voraussetzungen für die Temperaturindikation mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

Es folgen zunächst die Ergebnisse für die drei Probestellen Argen\_Giessen, Brigach\_Marbach und Donau\_Pföhren, für die sich die Voraussetzungen eines Abgleichs zwischen Temperatur- und Indexentwicklung auch nach genauerer Prüfung als hinreichend gut bestätigten.

### 3.3.1.1 Ergebnisse für Argen\_Giessen

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 3).

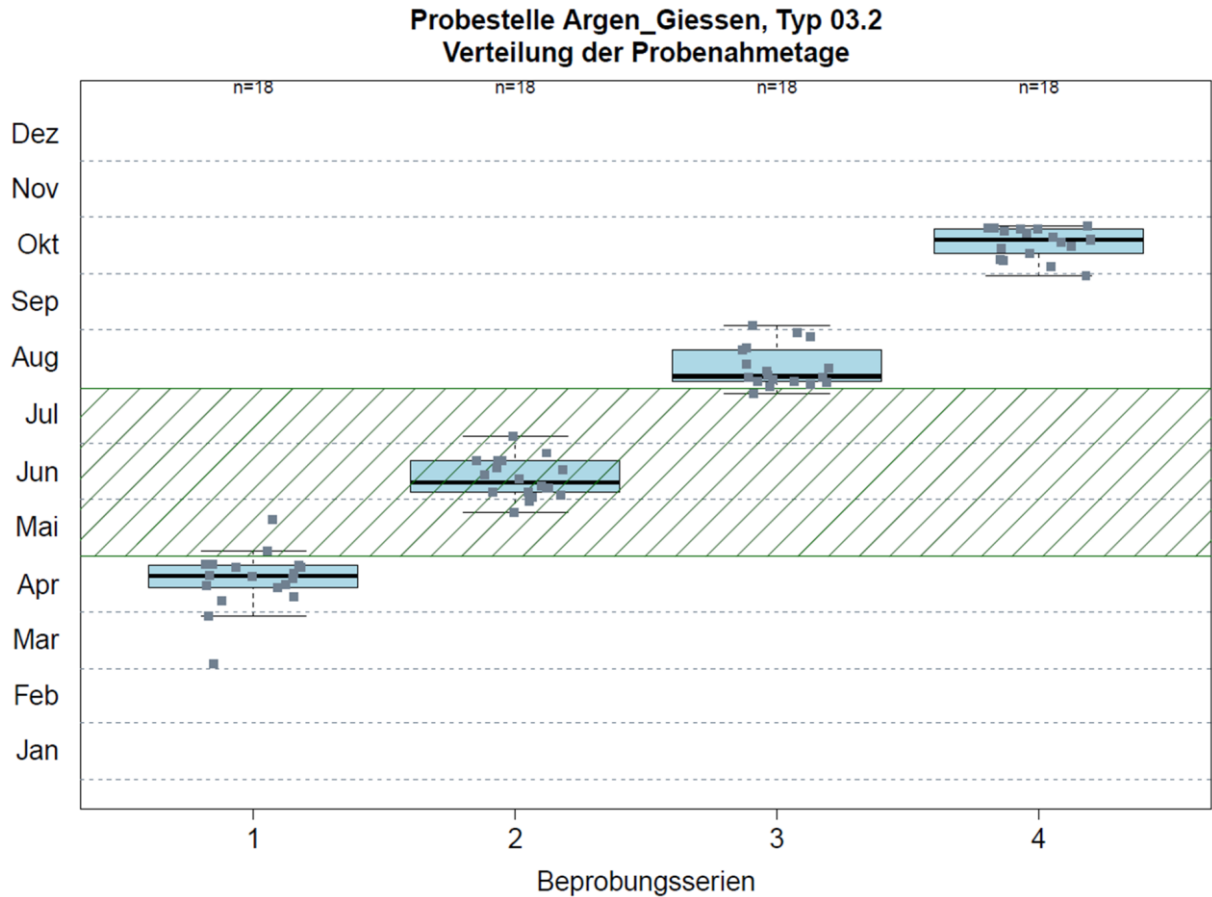
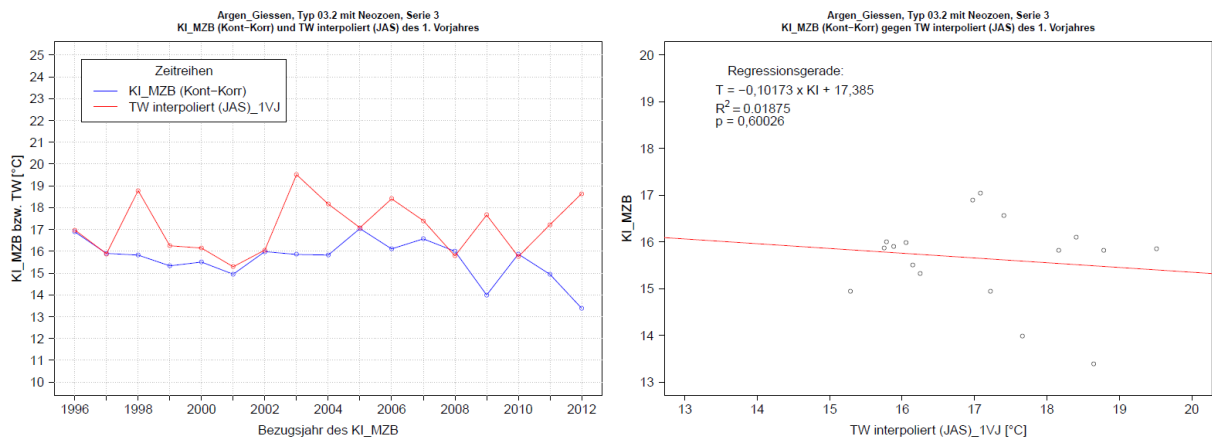


Abbildung 3: Argen\_Giessen: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer

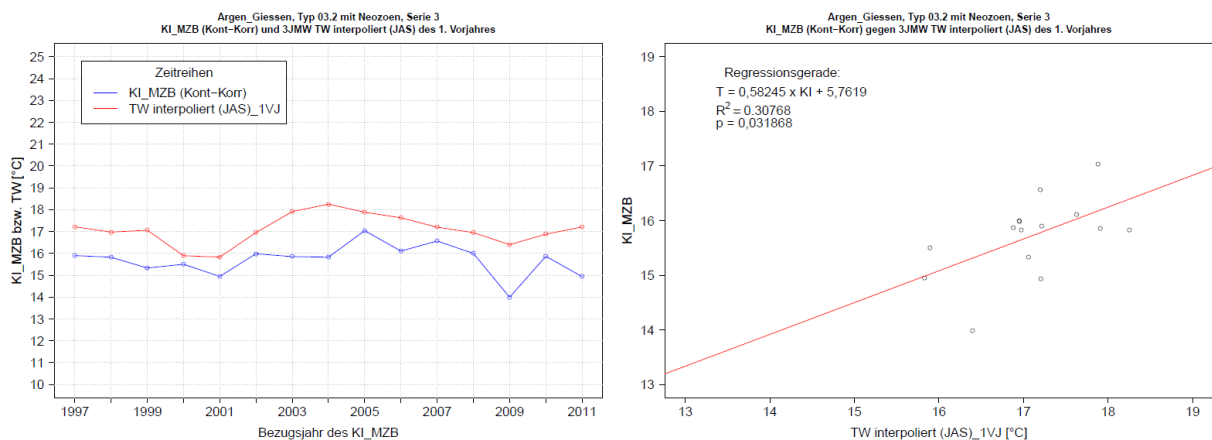
Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Argen\_Giessen für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 2 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6) dargestellt.

Tabelle 2: Argen\_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

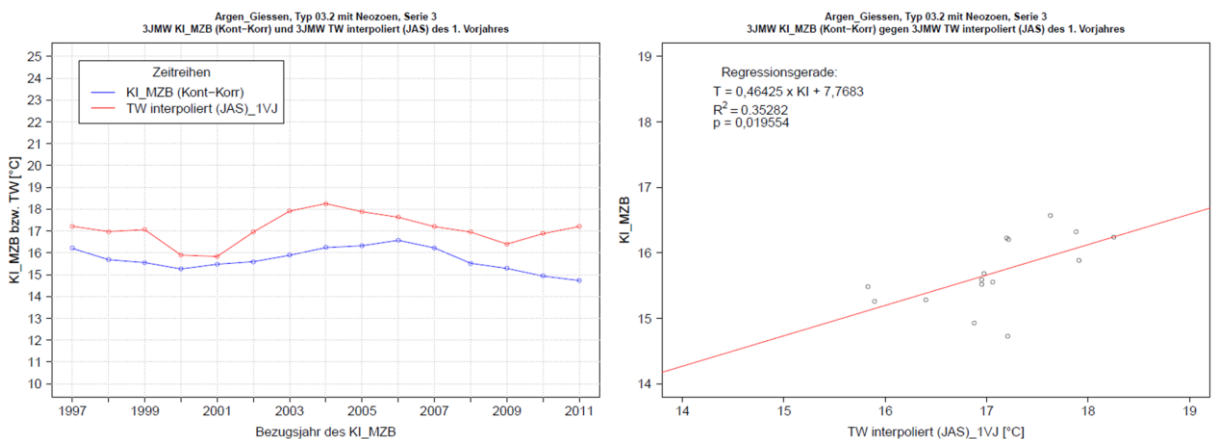
Argen_Giessen, Typ 03.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>KI<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-3,337	3,337	3,337	1,299	1,299	0,123	0,16804	0,2746	0,7254	9,0802
		2	-1,139	1,139	1,450	1,470	1,143	0,000	0,99365	0,0013	0,9987	15,9580
		3	-1,475	1,475	1,516	1,668	1,628	0,019	0,60026	-0,1017	1,1017	17,3850
		4	-2,399	2,399	2,399	1,692	1,692	0,007	0,74875	0,0827	0,9173	13,3040
	JJA	1	-3,971	3,971	3,971	1,686	1,686	0,047	0,40294	0,1340	0,8660	11,4020
		2	-1,773	1,773	2,021	1,813	1,511	0,004	0,80756	-0,0305	1,0305	16,5200
		3	-2,109	2,109	2,183	1,894	1,803	0,003	0,83502	-0,0320	1,0320	16,2120
		4	-3,033	3,033	3,033	1,769	1,769	0,059	0,34826	0,1884	0,8116	11,3760
	JA	1	-4,269	4,269	4,269	1,568	1,568	0,081	0,26729	0,1836	0,8164	10,4670
		2	-2,071	2,071	2,181	1,739	1,591	0,002	0,87354	-0,0208	1,0208	16,3540
		3	-2,407	2,407	2,407	1,857	1,857	0,006	0,76229	-0,0484	1,0484	16,5170
		4	-3,331	3,331	3,331	1,790	1,790	0,032	0,48902	0,1458	0,8542	12,0880
	Max	1	-4,667	4,667	4,667	1,732	1,732	0,066	0,31886	0,1494	0,8506	11,0260
		2	-2,469	2,469	2,540	1,895	1,792	0,002	0,85912	-0,0209	1,0209	16,3650
		3	-2,805	2,805	2,805	1,956	1,956	0,000	0,93882	-0,0111	1,0111	15,8480
		4	-3,729	3,729	3,729	1,835	1,835	0,063	0,32972	0,1837	0,8163	11,3300
<b>KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-3,460	3,460	3,460	0,982	0,982	0,047	0,43951	0,2730	0,7270	8,9592
		2	-1,173	1,173	1,173	0,859	0,859	0,076	0,32002	0,2976	0,7024	10,8250
		3	-1,371	1,371	1,371	0,664	0,664	0,308	0,03187	0,5825	0,4176	5,7619
		4	-2,321	2,321	2,321	1,135	1,135	0,186	0,10855	0,7846	0,2154	1,3582
	JJA	1	-4,134	4,134	4,134	1,056	1,056	0,049	0,42566	0,2333	0,7667	9,4803
		2	-1,847	1,847	1,847	0,956	0,956	0,067	0,35118	0,2321	0,7679	11,7880
		3	-2,045	2,045	2,045	0,713	0,713	0,339	0,02280	0,5072	0,4928	6,7049
		4	-2,995	2,995	2,995	1,109	1,109	0,239	0,06430	0,7385	0,2615	1,6492
	JA	1	-4,413	4,413	4,413	1,051	1,051	0,050	0,42083	0,2375	0,7625	9,3386
		2	-2,127	2,127	2,127	0,968	0,968	0,054	0,40291	0,2106	0,7894	12,1110
		3	-2,325	2,325	2,325	0,708	0,708	0,340	0,02253	0,5120	0,4880	6,4764
		4	-3,274	3,274	3,274	1,128	1,128	0,219	0,07893	0,7114	0,2886	1,9310
	Max	1	-4,830	4,830	4,830	1,088	1,088	0,064	0,36409	0,2397	0,7603	9,1994
		2	-2,543	2,543	2,543	1,036	1,036	0,052	0,41477	0,1846	0,8155	12,5040
		3	-2,741	2,741	2,741	0,754	0,754	0,355	0,01904	0,4702	0,5298	7,0360
		4	-3,691	3,691	3,691	1,115	1,115	0,253	0,05588	0,6878	0,3122	2,0693
<b>3JMW KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-3,384	3,384	3,384	0,691	0,691	0,173	0,12260	0,3551	0,6449	7,6326
		2	-1,167	1,167	1,197	0,797	0,748	0,050	0,42221	0,1922	0,8078	12,6320
		3	-1,384	1,384	1,384	0,566	0,566	0,353	0,01955	0,4643	0,5358	7,7683
		4	-2,311	2,311	2,311	0,637	0,637	0,427	0,00827	0,7780	0,2221	1,4821
	JJA	1	-4,058	4,058	4,058	0,793	0,793	0,168	0,12969	0,2897	0,7103	8,5546
		2	-1,841	1,841	1,841	0,922	0,922	0,034	0,51285	0,1306	0,8694	13,5960
		3	-2,058	2,058	2,058	0,629	0,629	0,420	0,00900	0,4202	0,5798	8,2374
		4	-2,985	2,985	2,985	0,619	0,619	0,513	0,00266	0,7080	0,2920	2,2006
	JA	1	-4,337	4,337	4,337	0,789	0,789	0,167	0,13042	0,2915	0,7085	8,4415
		2	-2,120	2,120	2,120	0,926	0,926	0,028	0,55173	0,1199	0,8801	13,7530
		3	-2,337	2,337	2,337	0,621	0,621	0,427	0,00828	0,4270	0,5730	7,9981
		4	-3,265	3,265	3,265	0,637	0,637	0,485	0,00392	0,6937	0,3063	2,2600
	Max	1	-4,754	4,754	4,754	0,844	0,844	0,188	0,10640	0,2778	0,7222	8,5732
		2	-2,537	2,537	2,537	1,003	1,003	0,026	0,56851	0,1033	0,8967	14,0100
		3	-2,754	2,754	2,754	0,668	0,668	0,475	0,00451	0,4045	0,5955	8,2353
		4	-3,681	3,681	3,681	0,636	0,636	0,539	0,00182	0,6571	0,3429	2,6470



**Abbildung 4:** Argen\_Giessen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 5:** Argen\_Giessen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

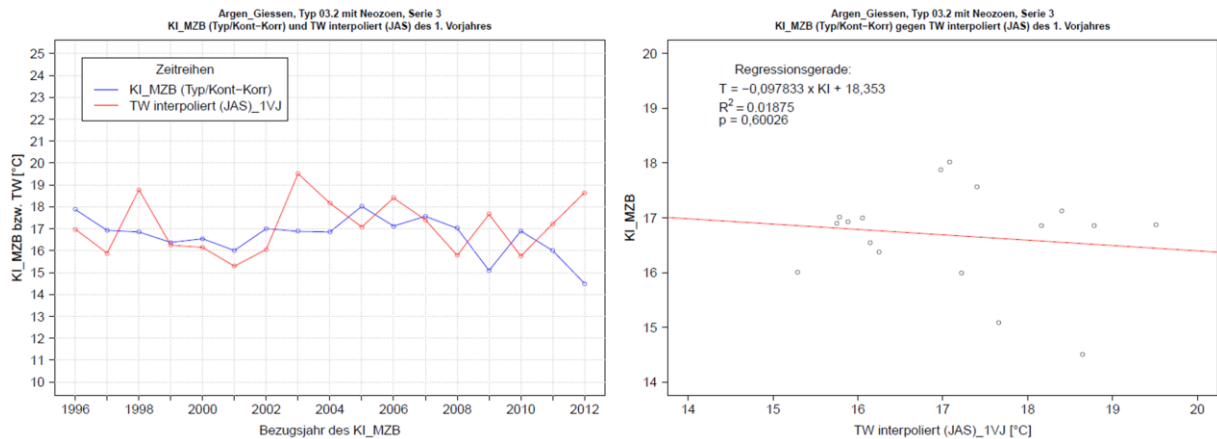


**Abbildung 6:** Argen\_Giessen: 3JMW KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

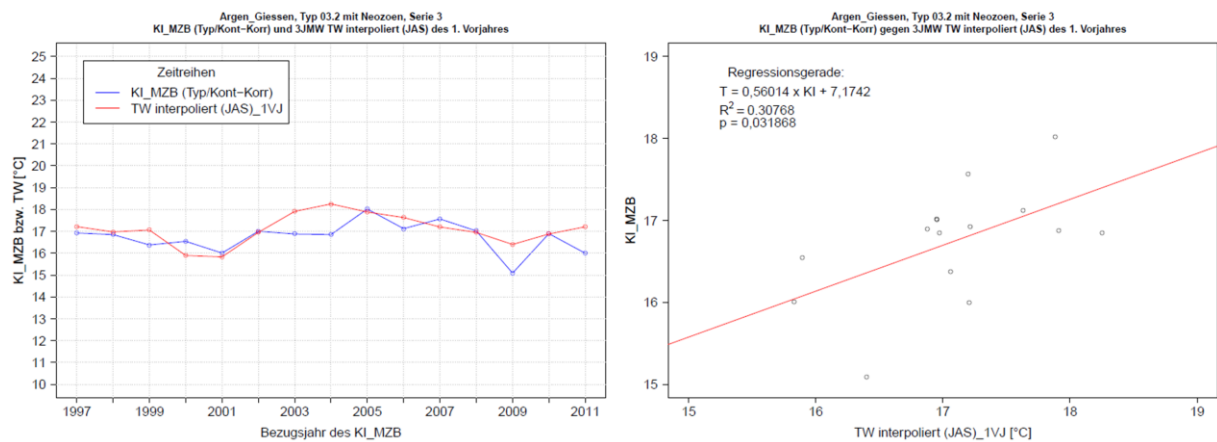
Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Argen\_Giessen für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 3 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9) dargestellt.

**Tabelle 3:** Argen\_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

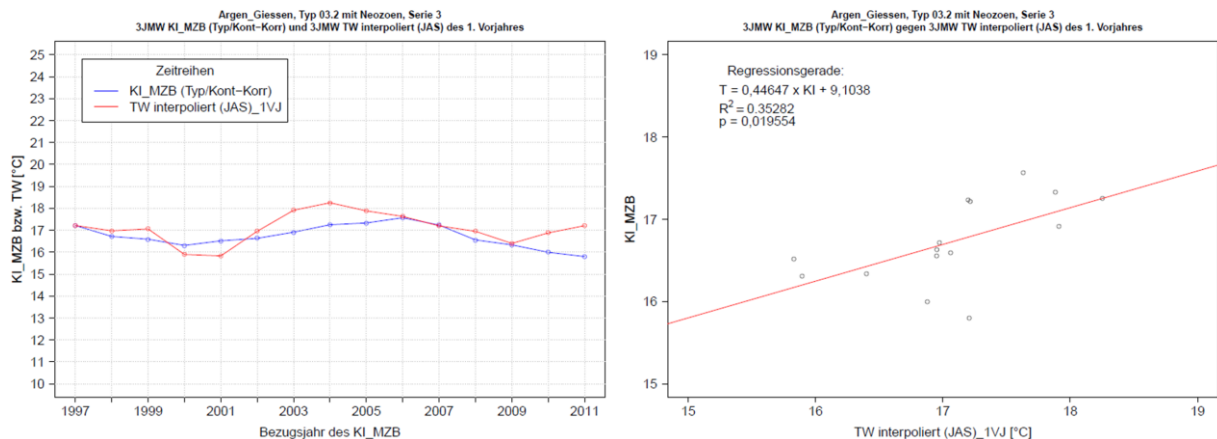
Argen_Giessen, Typ 03.2: $Kl_{MZB}(Typ/Kont-Korr)$ / TW interpoliert												
			mit Neozoen									
Kombi- nation	TW-Typ	Serie	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
Kl <sub>MZB</sub> vs TW	JAS	1	-2,232	2,232	2,232	1,284	1,284	0,123	0,16804	0,2641	0,7359	10,3650
		2	-0,118	0,118	1,123	1,455	0,890	0,000	0,99365	0,0012	0,9988	16,9800
		3	-0,441	0,441	1,336	1,644	1,007	0,019	0,60026	-0,0978	1,0978	18,3530
		4	-1,330	1,330	1,668	1,660	1,295	0,007	0,74875	0,0796	0,9204	14,4270
	JJA	1	-2,865	2,865	2,892	1,672	1,623	0,047	0,40294	0,1289	0,8711	12,5990
		2	-0,752	0,752	1,557	1,799	1,124	0,004	0,80756	-0,0293	1,0293	17,5210
		3	-1,075	1,075	1,566	1,875	1,463	0,003	0,83502	-0,0308	1,0308	17,2240
		4	-1,963	1,963	1,989	1,746	1,715	0,059	0,34826	0,1812	0,8188	12,5730
	JA	1	-3,164	3,164	3,164	1,556	1,556	0,081	0,26729	0,1766	0,8234	11,6990
		2	-1,050	1,050	1,586	1,726	1,216	0,002	0,87354	-0,0200	1,0200	17,3610
		3	-1,373	1,373	1,588	1,837	1,644	0,006	0,76229	-0,0465	1,0465	17,5180
		4	-2,262	2,262	2,262	1,764	1,764	0,032	0,48902	0,1403	0,8598	13,2580
	Max	1	-3,562	3,562	3,562	1,720	1,720	0,066	0,31886	0,1436	0,8564	12,2370
		2	-1,448	1,448	1,848	1,882	1,463	0,002	0,85912	-0,0201	1,0201	17,3710
		3	-1,771	1,771	1,898	1,939	1,806	0,000	0,93882	-0,0107	1,0107	16,8740
		4	-2,659	2,659	2,659	1,814	1,814	0,063	0,32972	0,1767	0,8233	12,5290
Kl <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW	JAS	1	-2,349	2,349	2,349	0,958	0,958	0,047	0,43951	0,2626	0,7375	10,2490
		2	-0,149	0,149	0,663	0,841	0,511	0,076	0,32002	0,2862	0,7138	12,0440
		3	-0,340	0,340	0,535	0,650	0,490	0,308	0,03187	0,5601	0,4399	7,1742
		4	-1,253	1,253	1,363	1,095	0,944	0,186	0,10855	0,7546	0,2454	2,9391
	JJA	1	-3,023	3,023	3,023	1,035	1,035	0,049	0,42566	0,2244	0,7756	10,7500
		2	-0,823	0,823	0,955	0,940	0,797	0,067	0,35118	0,2232	0,7768	12,9700
		3	-1,014	1,014	1,073	0,704	0,603	0,339	0,02280	0,4878	0,5122	8,0811
		4	-1,927	1,927	1,937	1,073	1,055	0,239	0,06430	0,7102	0,2898	3,2190
	JA	1	-3,302	3,302	3,302	1,029	1,029	0,050	0,42083	0,2284	0,7716	10,6140
		2	-1,103	1,103	1,143	0,952	0,900	0,054	0,40291	0,2025	0,7975	13,2810
		3	-1,293	1,293	1,295	0,700	0,696	0,340	0,02253	0,4924	0,5076	7,8613
		4	-2,207	2,207	2,207	1,092	1,092	0,219	0,07893	0,6842	0,3158	3,4900
	Max	1	-3,719	3,719	3,719	1,069	1,069	0,064	0,36409	0,2305	0,7695	10,4800
		2	-1,519	1,519	1,519	1,022	1,022	0,052	0,41477	0,1775	0,8225	13,6580
		3	-1,710	1,710	1,710	0,748	0,748	0,355	0,01904	0,4522	0,5478	8,3995
		4	-2,623	2,623	2,623	1,082	1,082	0,253	0,05588	0,6615	0,3385	3,6230
3JMW Kl <sub>MZB</sub> vs 3JMW TW	JAS	1	-2,276	2,276	2,276	0,682	0,682	0,173	0,12260	0,3415	0,6585	8,9733
		2	-0,143	0,143	0,617	0,785	0,480	0,050	0,42221	0,1849	0,8151	13,7810
		3	-0,352	0,352	0,504	0,562	0,420	0,353	0,01955	0,4465	0,5535	9,1038
		4	-1,244	1,244	1,244	0,619	0,619	0,427	0,00827	0,7482	0,2518	3,0583
	JJA	1	-2,950	2,950	2,950	0,786	0,786	0,168	0,12969	0,2786	0,7214	9,8600
		2	-0,817	0,817	0,962	0,912	0,745	0,034	0,51285	0,1256	0,8744	14,7090
		3	-1,026	1,026	1,060	0,630	0,565	0,420	0,00900	0,4041	0,5959	9,5549
		4	-1,918	1,918	1,918	0,608	0,608	0,513	0,00266	0,6809	0,3191	3,7492
	JA	1	-3,229	3,229	3,229	0,782	0,782	0,167	0,13042	0,2803	0,7197	9,7512
		2	-1,097	1,097	1,168	0,915	0,815	0,028	0,55173	0,1153	0,8847	14,8590
		3	-1,305	1,305	1,305	0,621	0,621	0,427	0,00828	0,4106	0,5894	9,3248
		4	-2,197	2,197	2,197	0,626	0,626	0,485	0,00392	0,6671	0,3329	3,8064
	Max	1	-3,645	3,645	3,645	0,839	0,839	0,188	0,10640	0,2671	0,7329	9,8779
		2	-1,513	1,513	1,545	0,994	0,940	0,026	0,56851	0,0993	0,9007	15,1070
		3	-1,722	1,722	1,722	0,671	0,671	0,475	0,00451	0,3890	0,6110	9,5529
		4	-2,614	2,614	2,614	0,630	0,630	0,539	0,00182	0,6319	0,3681	4,1786



**Abbildung 7:** Argen\_Giessen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 8:** Argen\_Giessen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 9:** Argen\_Giessen: 3JMW KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Argen\_Giessen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 4 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 10, Abbildung 11 und Abbildung 12) dargestellt.

**Tabelle 4:** Argen\_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $K_{IMZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Argen_Giessen, Typ 03.2: $K_{IMZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>K<sub>IMZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-3,399	3,399	3,399	1,290	1,290	<b>0,124</b>	<b>0,16504</b>	0,2718	0,7282	9,0676
		2	-1,170	1,170	1,474	1,482	1,157	<b>0,001</b>	<b>0,92741</b>	-0,0143	1,0143	16,1940
		3	<b>-1,671</b>	<b>1,671</b>	<b>1,703</b>	<b>1,702</b>	<b>1,669</b>	<b>0,035</b>	<b>0,47358</b>	<b>-0,1385</b>	<b>1,1385</b>	<b>17,8190</b>
		4	-2,626	2,626	2,626	1,653	1,653	<b>0,002</b>	<b>0,86999</b>	0,0385	0,9615	13,8350
	JJA	1	-4,032	4,032	4,032	1,681	1,681	<b>0,046</b>	<b>0,40703</b>	0,1306	0,8694	11,4010
		2	-1,803	1,803	2,048	1,824	1,524	<b>0,008</b>	<b>0,74003</b>	-0,0409	1,0409	16,6760
		3	-2,304	2,304	2,364	1,942	1,864	<b>0,014</b>	<b>0,65635</b>	-0,0681	1,0681	16,6580
		4	-3,259	3,259	3,259	1,747	1,747	<b>0,046</b>	<b>0,41035</b>	0,1507	0,8493	11,8170
	JA	1	-4,331	4,331	4,331	1,563	1,563	<b>0,081</b>	<b>0,26851</b>	0,1801	0,8200	10,4700
		2	-2,102	2,102	2,211	1,752	1,602	<b>0,005</b>	<b>0,79759</b>	-0,0330	1,0330	16,5450
		3	-2,603	2,603	2,603	1,897	1,897	<b>0,017</b>	<b>0,61672</b>	-0,0798	1,0798	16,8890
		4	-3,558	3,558	3,558	1,768	1,768	<b>0,020</b>	<b>0,58418</b>	0,1051	0,8949	12,5960
	Max	1	-4,729	4,729	4,729	1,728	1,728	<b>0,066</b>	<b>0,32119</b>	0,1461	0,8539	11,0240
		2	-2,499	2,499	2,570	1,907	1,803	<b>0,005</b>	<b>0,78724</b>	-0,0313	1,0313	16,5270
		3	-3,000	3,000	3,000	2,000	2,000	<b>0,006</b>	<b>0,77575</b>	-0,0411	1,0411	16,2060
		4	-3,955	3,955	3,955	1,822	1,822	<b>0,048</b>	<b>0,39826</b>	0,1453	0,8548	11,8140
<b>K<sub>IMZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-3,521	3,521	3,521	0,955	0,955	<b>0,056</b>	<b>0,39459</b>	0,2933	0,7067	8,5518
		2	-1,204	1,204	1,204	0,865	0,865	<b>0,065</b>	<b>0,36083</b>	0,2703	0,7297	11,2620
		3	<b>-1,589</b>	<b>1,589</b>	<b>1,589</b>	<b>0,779</b>	<b>0,779</b>	<b>0,168</b>	<b>0,12914</b>	<b>0,4457</b>	<b>0,5543</b>	<b>7,8808</b>
		4	-2,552	2,552	2,552	1,083	1,083	<b>0,123</b>	<b>0,19915</b>	0,5703	0,4297	4,7893
	JJA	1	-4,195	4,195	4,195	1,037	1,037	<b>0,054</b>	<b>0,40358</b>	0,2389	0,7611	9,3198
		2	-1,878	1,878	1,878	0,970	0,970	<b>0,052</b>	<b>0,41558</b>	0,2005	0,7995	12,3190
		3	-2,263	2,263	2,263	0,838	0,838	<b>0,190</b>	<b>0,10485</b>	0,3927	0,6073	8,5204
		4	-3,226	3,226	3,226	1,078	1,078	<b>0,171</b>	<b>0,12606</b>	0,5562	0,4438	4,6541
	JA	1	-4,474	4,474	4,474	1,029	1,029	<b>0,057</b>	<b>0,39299</b>	0,2461	0,7539	9,1232
		2	-2,157	2,157	2,157	0,980	0,980	<b>0,042</b>	<b>0,46601</b>	0,1814	0,8186	12,6070
		3	-2,542	2,542	2,542	0,830	0,830	<b>0,195</b>	<b>0,09964</b>	0,4013	0,5987	8,2569
		4	-3,505	3,505	3,505	1,096	1,096	<b>0,151</b>	<b>0,15291</b>	0,5268	0,4732	5,0288
	Max	1	-4,891	4,891	4,891	1,070	1,070	<b>0,069</b>	<b>0,34418</b>	0,2440	0,7560	9,0596
		2	-2,574	2,574	2,574	1,051	1,051	<b>0,038</b>	<b>0,48467</b>	0,1563	0,8437	12,9940
		3	-2,959	2,959	2,959	0,872	0,872	<b>0,213</b>	<b>0,08292</b>	0,3774	0,6226	8,5304
		4	-3,922	3,922	3,922	1,097	1,097	<b>0,183</b>	<b>0,11221</b>	0,5210	0,4790	4,9176
<b>3JMW <math>K_{IMZB}</math> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-3,446	3,446	3,446	0,685	0,685	<b>0,182</b>	<b>0,11331</b>	0,3629	0,6371	7,4376
		2	-1,199	1,199	1,229	0,810	0,760	<b>0,038</b>	<b>0,48458</b>	0,1673	0,8327	13,0260
		3	<b>-1,580</b>	<b>1,580</b>	<b>1,580</b>	<b>0,628</b>	<b>0,628</b>	<b>0,231</b>	<b>0,06974</b>	<b>0,3573</b>	<b>0,6427</b>	<b>9,3994</b>
		4	-2,547	2,547	2,547	0,594	0,594	<b>0,371</b>	<b>0,01593</b>	0,5843	0,4157	4,5544
	JJA	1	-4,119	4,119	4,119	0,789	0,789	<b>0,172</b>	<b>0,12402</b>	0,2933	0,7067	8,4288
		2	-1,873	1,873	1,873	0,936	0,936	<b>0,024</b>	<b>0,58335</b>	0,1094	0,8906	13,9420
		3	-2,254	2,254	2,254	0,701	0,701	<b>0,286</b>	<b>0,03981</b>	0,3301	0,6699	9,6412
		4	-3,221	3,221	3,221	0,608	0,608	<b>0,470</b>	<b>0,00479</b>	0,5456	0,4544	4,8478
	JA	1	-4,399	4,399	4,399	0,785	0,785	<b>0,172</b>	<b>0,12469</b>	0,2952	0,7048	8,3136
		2	-2,152	2,152	2,152	0,940	0,940	<b>0,019</b>	<b>0,62678</b>	0,0979	0,9021	14,1190
		3	-2,533	2,533	2,533	0,689	0,689	<b>0,298</b>	<b>0,03518</b>	0,3396	0,6605	9,3788
		4	-3,500	3,500	3,500	0,628	0,628	<b>0,433</b>	<b>0,00765</b>	0,5280	0,4721	5,0136
	Max	1	-4,815	4,815	4,815	0,841	0,841	<b>0,191</b>	<b>0,10302</b>	0,2799	0,7201	8,4726
		2	-2,569	2,569	2,569	1,019	1,019	<b>0,017</b>	<b>0,64526</b>	0,0833	0,9167	14,3480
		3	-2,950	2,950	2,950	0,739	0,739	<b>0,345</b>	<b>0,02128</b>	0,3281	0,6719	9,4488
		4	-3,917	3,917	3,917	0,648	0,648	<b>0,495</b>	<b>0,00341</b>	0,5072	0,4928	5,1772

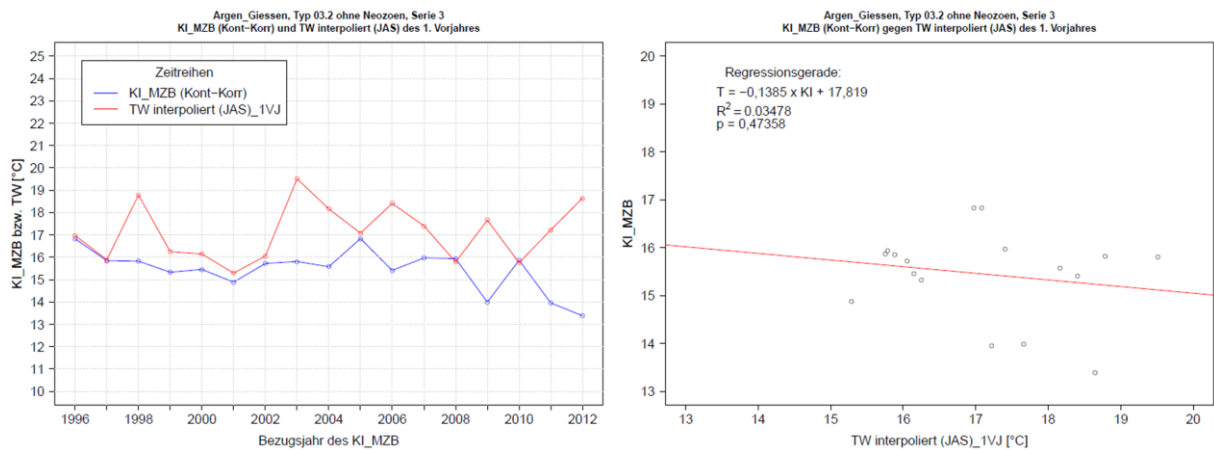


Abbildung 10: Argen\_Giessen:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

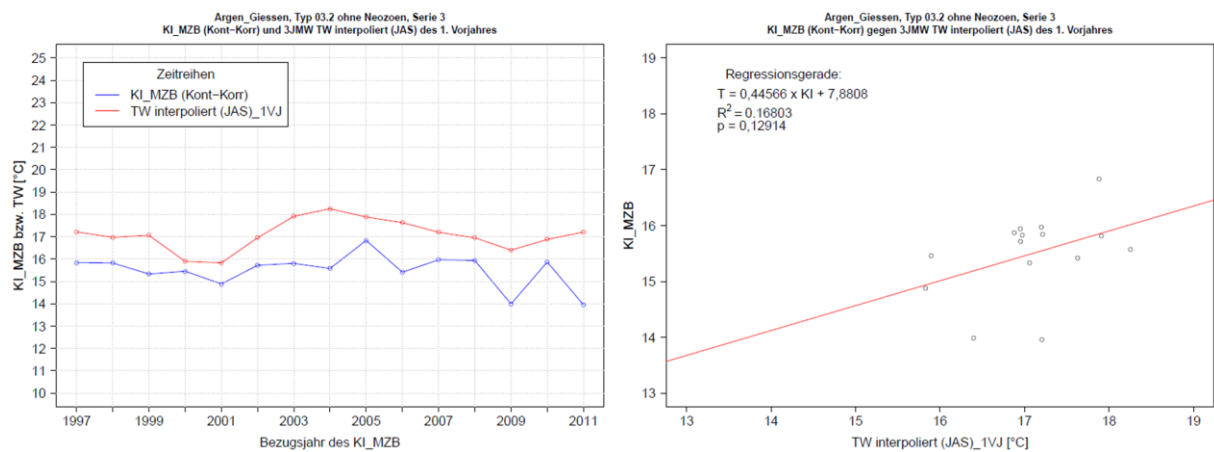


Abbildung 11: Argen\_Giessen:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

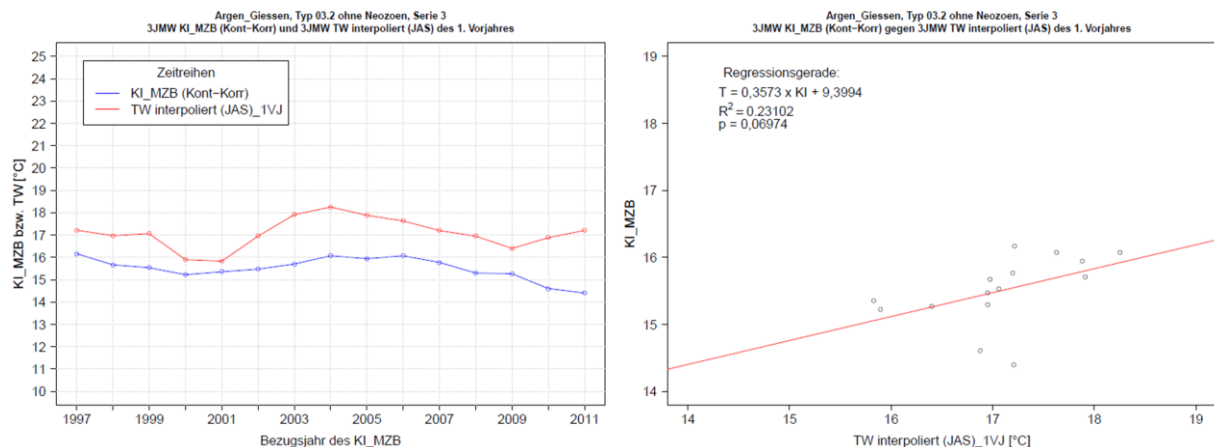


Abbildung 12: Argen\_Giessen: 3JMW  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Argen\_Giessen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 5 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 13, Abbildung 14 und Abbildung 15) dargestellt.

Tabelle 5: Argen\_Giessen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Argen_Giessen, Typ 03.2: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-2,292	2,292	2,292	1,275	1,275	0,124	0,16504	0,2614	0,7386	10,3530
		2	-0,148	0,148	1,141	1,467	0,889	0,001	0,92741	-0,0137	1,0137	17,2070
		3	-0,630	0,630	1,420	1,678	1,046	0,035	0,47358	-0,1332	1,1332	18,7700
		4	-1,548	1,548	1,737	1,625	1,408	0,002	0,86999	0,0370	0,9630	14,9380
	JJA	1	-2,925	2,925	2,942	1,667	1,634	0,046	0,40703	0,1256	0,8744	12,5970
		2	-0,781	0,781	1,575	1,810	1,134	0,008	0,74003	-0,0394	1,0394	17,6700
		3	-1,263	1,263	1,710	1,922	1,511	0,014	0,65635	-0,0655	1,0655	17,6530
		4	-2,181	2,181	2,186	1,728	1,722	0,046	0,41035	0,1450	0,8550	12,9980
	JA	1	-3,224	3,224	3,224	1,551	1,551	0,081	0,26851	0,1732	0,8268	11,7020
		2	-1,079	1,079	1,604	1,738	1,234	0,005	0,79759	-0,0317	1,0317	17,5450
		3	-1,562	1,562	1,755	1,875	1,684	0,017	0,61672	-0,0768	1,0768	17,8750
		4	-2,480	2,480	2,480	1,746	1,746	0,020	0,58418	0,1011	0,8989	13,7460
	Max	1	-3,621	3,621	3,621	1,717	1,717	0,066	0,32119	0,1405	0,8595	12,2350
		2	-1,477	1,477	1,867	1,894	1,484	0,005	0,78724	-0,0301	1,0301	17,5270
		3	-1,959	1,959	2,073	1,981	1,854	0,006	0,77575	-0,0395	1,0395	17,2180
		4	-2,877	2,877	2,877	1,805	1,805	0,048	0,39826	0,1397	0,8603	12,9940
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-2,407	2,407	2,407	0,932	0,932	0,056	0,39459	0,2821	0,7179	9,8573
		2	-0,179	0,179	0,652	0,847	0,544	0,065	0,36083	0,2599	0,7401	12,4640
		3	-0,549	0,549	0,648	0,762	0,674	0,168	0,12914	0,4286	0,5714	9,2120
		4	-1,475	1,475	1,544	1,049	0,936	0,123	0,19915	0,5484	0,4516	6,2388
	JJA	1	-3,081	3,081	3,081	1,016	1,016	0,054	0,40358	0,2298	0,7702	10,5960
		2	-0,853	0,853	0,984	0,954	0,808	0,052	0,41558	0,1928	0,8072	13,4800
		3	-1,223	1,223	1,276	0,825	0,734	0,190	0,10485	0,3777	0,6223	9,8271
		4	-2,149	2,149	2,149	1,048	1,048	0,171	0,12606	0,5349	0,4651	6,1088
	JA	1	-3,360	3,360	3,360	1,009	1,009	0,057	0,39299	0,2367	0,7633	10,4070
		2	-1,132	1,132	1,172	0,964	0,912	0,042	0,46601	0,1745	0,8255	13,7570
		3	-1,503	1,503	1,503	0,817	0,817	0,195	0,09964	0,3859	0,6141	9,5737
		4	-2,429	2,429	2,429	1,066	1,066	0,151	0,15291	0,5067	0,4933	6,4692
	Max	1	-3,777	3,777	3,777	1,052	1,052	0,069	0,34418	0,2347	0,7653	10,3460
		2	-1,549	1,549	1,549	1,036	1,036	0,038	0,48467	0,1504	0,8496	14,1300
		3	-1,919	1,919	1,919	0,861	0,861	0,213	0,08292	0,3629	0,6371	9,8367
		4	-2,845	2,845	2,845	1,069	1,069	0,183	0,11221	0,5010	0,4990	6,3622
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-2,335	2,335	2,335	0,676	0,676	0,182	0,11331	0,3490	0,6510	8,7858
		2	-0,174	0,174	0,629	0,798	0,495	0,038	0,48458	0,1609	0,8391	14,1600
		3	-0,540	0,540	0,667	0,622	0,473	0,231	0,06974	0,3436	0,6564	10,6720
		4	-1,471	1,471	1,471	0,584	0,584	0,371	0,01593	0,5619	0,4381	6,0130
	JJA	1	-3,009	3,009	3,009	0,783	0,783	0,172	0,12402	0,2821	0,7179	9,7390
		2	-0,848	0,848	0,990	0,926	0,759	0,024	0,58335	0,1052	0,8948	15,0410
		3	-1,214	1,214	1,238	0,699	0,654	0,286	0,03981	0,3175	0,6825	10,9050
		4	-2,145	2,145	2,145	0,605	0,605	0,470	0,00479	0,5247	0,4753	6,2951
	JA	1	-3,288	3,288	3,288	0,778	0,778	0,172	0,12469	0,2839	0,7161	9,6282
		2	-1,127	1,127	1,198	0,929	0,828	0,019	0,62678	0,0941	0,9059	15,2110
		3	-1,494	1,494	1,494	0,688	0,688	0,298	0,03518	0,3266	0,6735	10,6530
		4	-2,424	2,424	2,424	0,624	0,624	0,433	0,00765	0,5077	0,4923	6,4545
	Max	1	-3,705	3,705	3,705	0,836	0,836	0,191	0,10302	0,2692	0,7308	9,7811
		2	-1,544	1,544	1,576	1,009	0,954	0,017	0,64526	0,0801	0,9199	15,4310
		3	-1,910	1,910	1,910	0,740	0,740	0,345	0,02128	0,3155	0,6845	10,7200
		4	-2,841	2,841	2,841	0,648	0,648	0,495	0,00341	0,4878	0,5123	6,6119

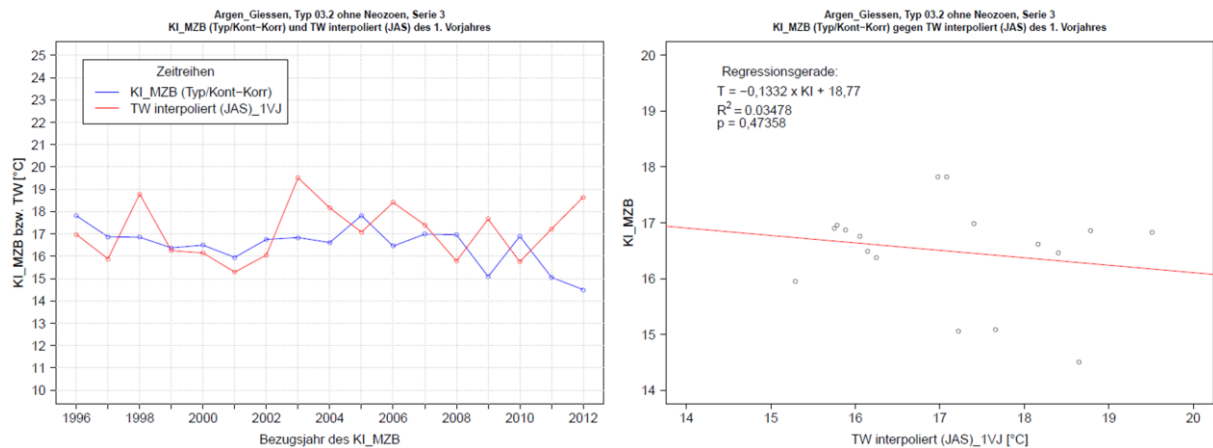


Abbildung 13: Argen\_Giessen:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

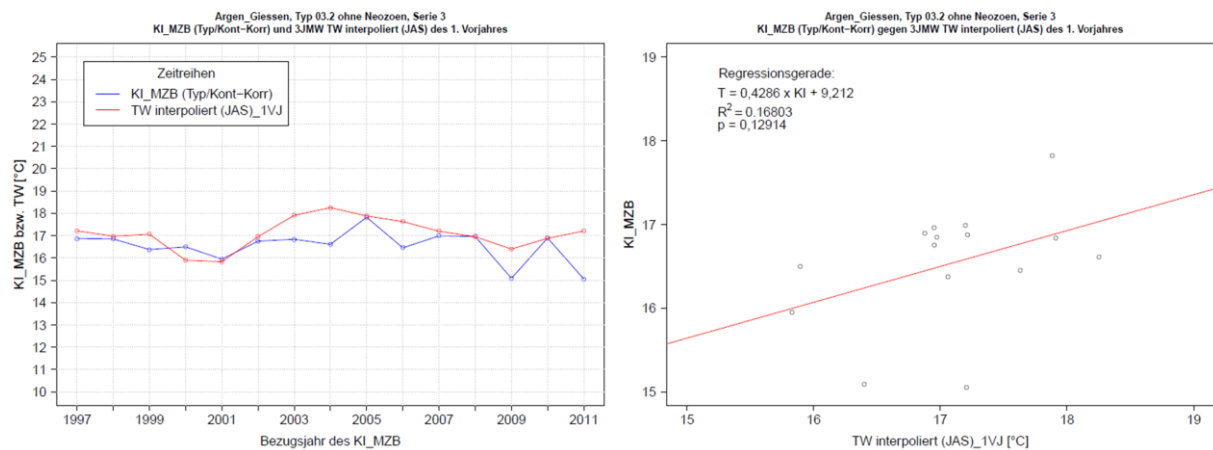


Abbildung 14: Argen\_Giessen:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

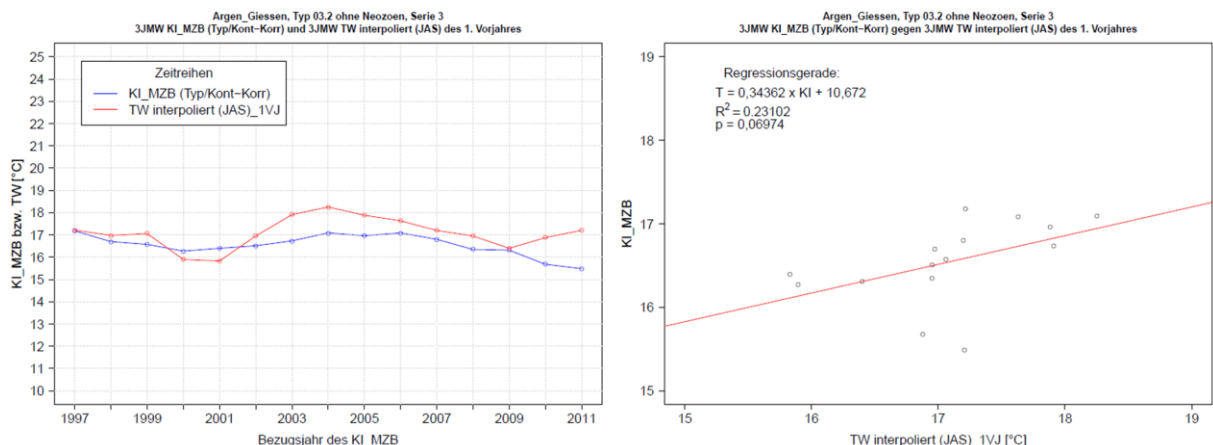


Abbildung 15: Argen\_Giessen: 3JMW  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

### 3.3.1.2 Ergebnisse für Brigach\_Marbach

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 16).

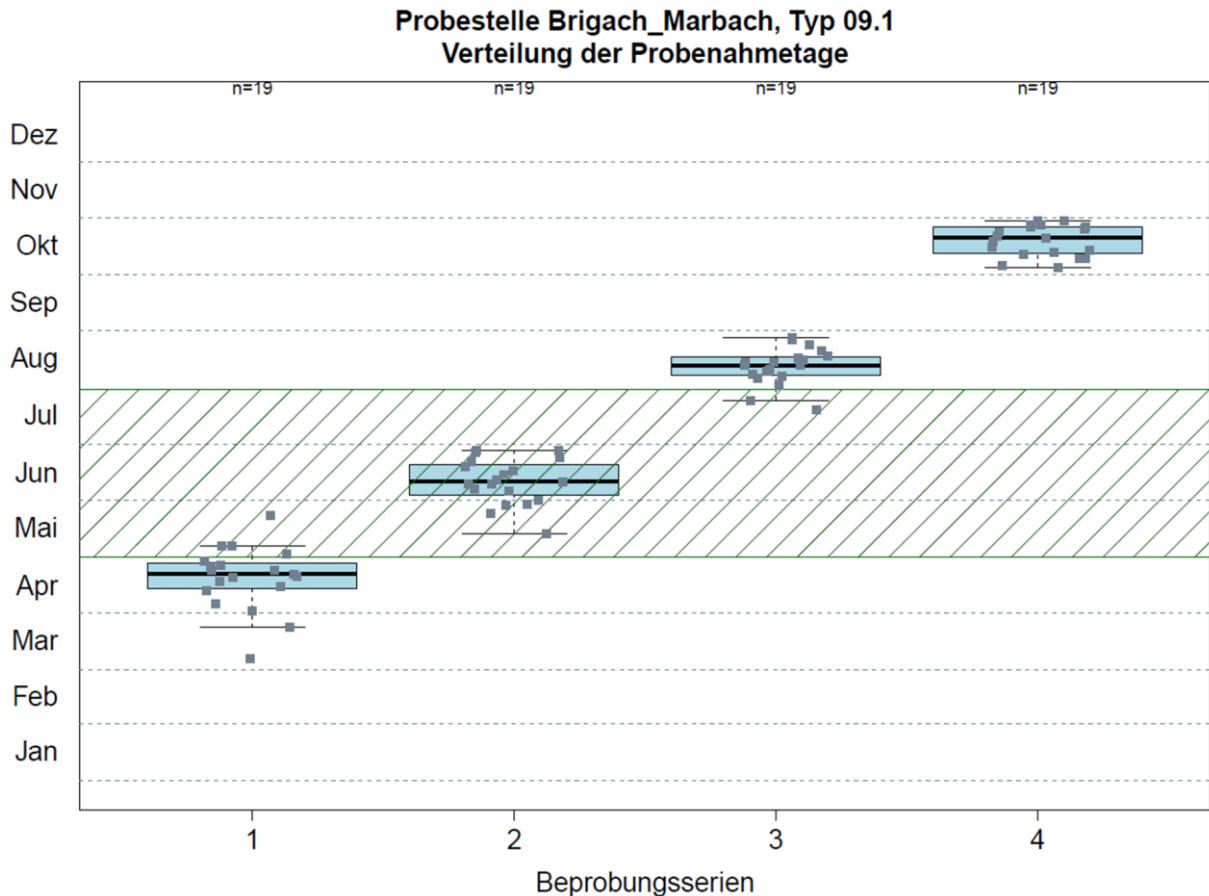


Abbildung 16: Brigach\_Marbach: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Brigach\_Marbach für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 6 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 17, Abbildung 18 und Abbildung 19) dargestellt.

Tabelle 6: Brigach\_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $Kl_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Brigach_Marbach, Typ 09.1: $Kl_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	$r^2$ -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,166	1,166	1,333	1,186	0,981	<b>0,152</b>	<b>0,11008</b>	0,3305	0,6695	9,0126
		2	<b>-0,253</b>	<b>0,253</b>	<b>1,046</b>	<b>1,291</b>	<b>0,759</b>	<b>0,070</b>	<b>0,28903</b>	<b>0,2207</b>	<b>0,7793</b>	<b>11,5940</b>
		3	0,338	0,338	1,067	1,350	0,859	<b>0,087</b>	<b>0,23372</b>	0,2878	0,7122	11,1650
		4	0,767	0,767	1,070	1,043	0,706	<b>0,199</b>	<b>0,06349</b>	0,2592	0,7408	12,0290
	JJA	1	-1,652	1,652	1,652	1,257	1,257	<b>0,140</b>	<b>0,12587</b>	0,2961	0,7039	9,3918
		2	-0,740	0,740	1,177	1,467	1,125	<b>0,016</b>	<b>0,61584</b>	0,0987	0,9013	13,4010
		3	-0,149	0,149	1,129	1,517	0,988	<b>0,031</b>	<b>0,48585</b>	0,1594	0,8406	13,0400
		4	0,281	0,281	0,976	1,165	0,656	<b>0,141</b>	<b>0,12507</b>	0,2032	0,7968	12,7830
	JA	1	-1,996	1,996	1,996	1,233	1,233	<b>0,166</b>	<b>0,09277</b>	0,3193	0,6808	8,9187
		2	-1,083	1,083	1,262	1,430	1,266	<b>0,034</b>	<b>0,46384</b>	0,1420	0,8580	12,6740
		3	-0,493	0,493	1,197	1,493	0,984	<b>0,045</b>	<b>0,40065</b>	0,1895	0,8105	12,5030
		4	-0,063	0,063	0,954	1,158	0,618	<b>0,160</b>	<b>0,10011</b>	0,2143	0,7857	12,5350
	Max	1	-2,295	2,295	2,295	1,289	1,289	<b>0,172</b>	<b>0,08705</b>	0,3031	0,6969	9,0877
		2	-1,382	1,382	1,527	1,542	1,389	<b>0,017</b>	<b>0,60297</b>	0,0946	0,9054	13,4060
		3	-0,791	0,791	1,364	1,587	1,101	<b>0,031</b>	<b>0,48357</b>	0,1480	0,8520	13,1230
		4	-0,362	0,362	1,054	1,242	0,710	<b>0,151</b>	<b>0,11129</b>	0,1943	0,8057	12,7960
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,215	1,215	1,286	0,949	0,843	<b>0,124</b>	<b>0,18132</b>	0,5930	0,4070	5,0173
		2	<b>-0,259</b>	<b>0,259</b>	<b>0,642</b>	<b>0,794</b>	<b>0,512</b>	<b>0,331</b>	<b>0,01966</b>	<b>0,9586</b>	<b>0,0414</b>	<b>0,3752</b>
		3	0,370	0,370	0,794	0,953	0,618	<b>0,260</b>	0,04340	0,9712	0,0288	0,8108
		4	0,757	0,757	0,796	0,517	0,450	<b>0,419</b>	0,00674	0,7126	0,2874	5,1585
	JJA	1	-1,708	1,708	1,708	0,965	0,965	<b>0,114</b>	<b>0,20081</b>	0,5436	0,4564	5,5054
		2	-0,752	0,752	0,842	0,772	0,665	<b>0,367</b>	0,01294	0,9634	0,0367	-0,1726
		3	-0,123	0,123	0,756	0,950	0,556	<b>0,267</b>	0,04045	0,9393	0,0607	0,8375
		4	0,264	0,264	0,428	0,513	0,377	<b>0,441</b>	0,00500	0,6989	0,3011	5,0237
	JA	1	-2,053	2,053	2,053	0,936	0,936	<b>0,154</b>	<b>0,13232</b>	0,6090	0,3910	4,2615
		2	-1,097	1,097	1,118	0,764	0,732	<b>0,381</b>	0,01092	0,9454	0,0547	-0,2146
		3	-0,468	0,468	0,795	0,942	0,668	<b>0,280</b>	0,03499	0,9268	0,0732	0,7137
		4	-0,081	0,081	0,434	0,520	0,275	<b>0,445</b>	0,00473	0,6762	0,3238	5,1484
	Max	1	-2,360	2,360	2,360	0,934	0,934	<b>0,171</b>	<b>0,11092</b>	0,5976	0,4024	4,2625
		2	-1,404	1,404	1,404	0,765	0,765	<b>0,384</b>	0,01046	0,8842	0,1158	0,5015
		3	-0,775	0,775	0,975	0,941	0,717	<b>0,285</b>	0,03317	0,8703	0,1297	1,3590
		4	-0,388	0,388	0,566	0,546	0,341	<b>0,436</b>	0,00537	0,6230	0,3771	5,8175
<b>3JMW Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,220	1,220	1,238	0,758	0,726	<b>0,215</b>	<b>0,07070</b>	0,6562	0,3438	4,0438
		2	<b>-0,260</b>	<b>0,260</b>	<b>0,453</b>	<b>0,528</b>	<b>0,363</b>	<b>0,447</b>	<b>0,00466</b>	<b>0,7929</b>	<b>0,2071</b>	<b>2,9118</b>
		3	0,382	0,382	0,501	0,523	0,402	<b>0,409</b>	0,00766	0,7049	0,2951	4,9014
		4	0,731	0,731	0,731	0,392	0,392	<b>0,581</b>	0,00060	0,4416	0,5585	9,2831
	JJA	1	-1,713	1,713	1,713	0,772	0,772	<b>0,206</b>	<b>0,07721</b>	0,6145	0,3855	4,3800
		2	-0,752	0,752	0,765	0,591	0,574	<b>0,352</b>	0,01547	0,6721	0,3279	4,4296
		3	-0,110	0,110	0,498	0,608	0,345	<b>0,280</b>	0,03515	0,5571	0,4429	6,8901
		4	0,239	0,239	0,371	0,459	0,354	<b>0,445</b>	0,00473	0,3693	0,6307	10,2080
	JA	1	-2,058	2,058	2,058	0,741	0,741	<b>0,260</b>	0,04350	0,6648	0,3352	3,3550
		2	-1,098	1,098	1,098	0,557	0,557	<b>0,421</b>	0,00654	0,7083	0,2917	3,6133
		3	-0,456	0,456	0,594	0,576	0,421	<b>0,350</b>	0,01582	0,6000	0,4000	6,0053
		4	-0,107	0,107	0,345	0,455	0,304	<b>0,518</b>	0,00168	0,3835	0,6165	9,8512
	Max	1	-2,366	2,366	2,366	0,738	0,738	<b>0,285</b>	0,03328	0,6474	0,3526	3,4370
		2	-1,405	1,405	1,405	0,593	0,593	<b>0,391</b>	0,00956	0,6357	0,3643	4,5903
		3	-0,763	0,763	0,858	0,617	0,465	<b>0,320</b>	0,02234	0,5344	0,4656	6,9002
		4	-0,414	0,414	0,557	0,510	0,334	<b>0,475</b>	0,00315	0,3419	0,6581	10,4180

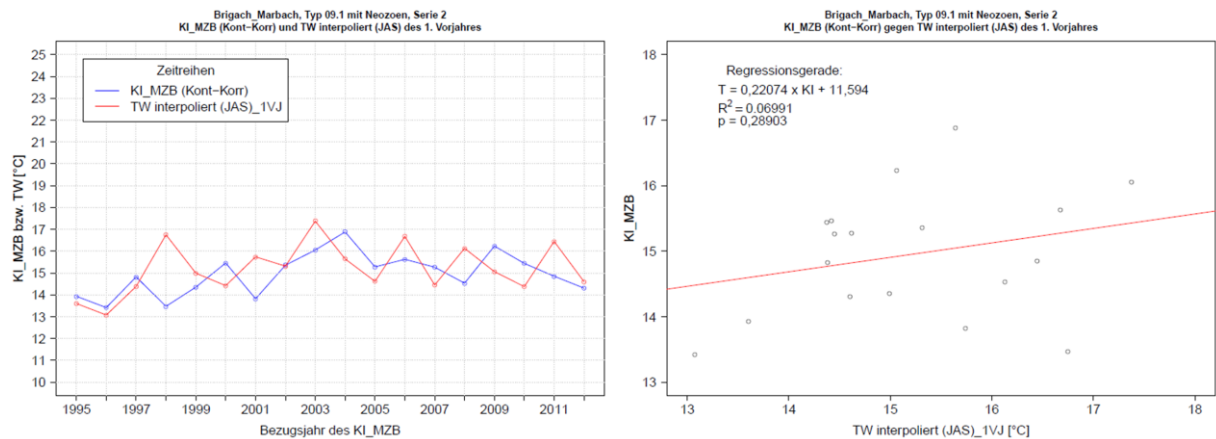


Abbildung 17: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

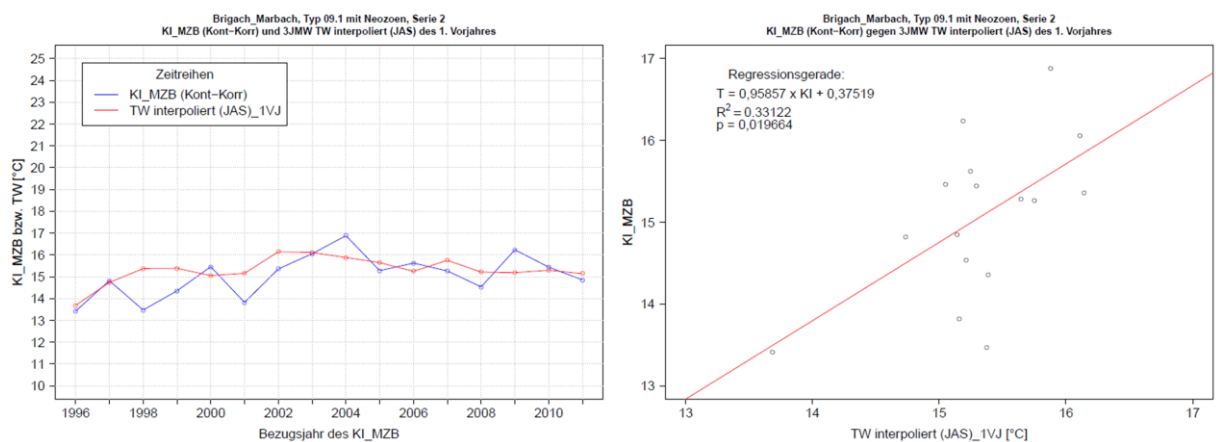


Abbildung 18: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

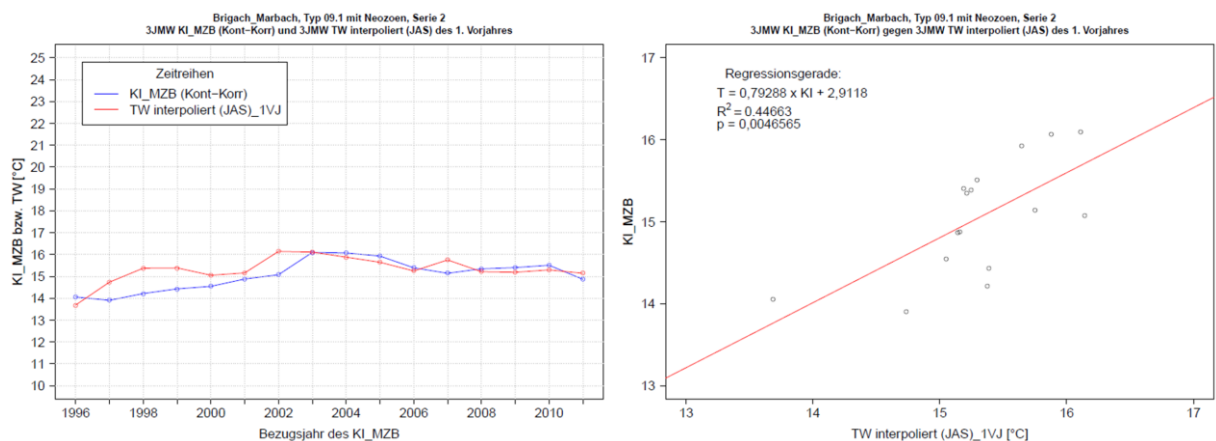


Abbildung 19: Brigach\_Marbach: 3JMW  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Brigach\_Marbach für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 7 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22) dargestellt.

Tabelle 7: Brigach\_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Brigach_Marbach, Typ 09.1: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-0,574	0,574	1,086	1,266	0,839	0,152	0,11008	0,3851	0,6149	8,7740
		2	0,489	0,489	1,214	1,379	0,770	0,070	0,28903	0,2572	0,7428	11,7820
		3	1,177	1,177	1,537	1,465	1,056	0,087	0,23372	0,3354	0,6646	11,2820
		4	1,678	1,678	1,706	1,065	1,017	0,199	0,06349	0,3020	0,6980	12,2890
	JJA	1	-1,061	1,061	1,279	1,331	1,110	0,140	0,12587	0,3450	0,6550	9,2159
		2	0,002	0,002	1,229	1,560	0,913	0,016	0,61584	0,1151	0,8850	13,8870
		3	0,691	0,691	1,390	1,634	1,064	0,031	0,48585	0,1857	0,8143	13,4670
		4	1,191	1,191	1,370	1,189	0,963	0,141	0,12507	0,2367	0,7633	13,1670
	JA	1	-1,405	1,405	1,490	1,303	1,199	0,166	0,09277	0,3720	0,6280	8,6647
		2	-0,342	0,342	1,181	1,517	0,974	0,034	0,46384	0,1654	0,8346	13,0400
		3	0,347	0,347	1,228	1,607	1,055	0,045	0,40065	0,2208	0,7793	12,8410
		4	0,847	0,847	1,155	1,179	0,859	0,160	0,10011	0,2497	0,7503	12,8780
	Max	1	-1,703	1,703	1,716	1,351	1,334	0,172	0,08705	0,3531	0,6469	8,8616
		2	-0,640	0,640	1,312	1,629	1,124	0,017	0,60297	0,1102	0,8898	13,8930
		3	0,048	0,048	1,258	1,698	1,099	0,031	0,48357	0,1725	0,8275	13,5630
		4	0,549	0,549	1,101	1,260	0,790	0,151	0,11129	0,2264	0,7736	13,1830
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,614	0,614	0,971	1,085	0,757	0,124	0,18132	0,6909	0,3091	4,1191
		2	0,500	0,500	0,823	0,927	0,635	0,331	0,01966	1,1168	0,1168	-1,2894
		3	1,233	1,233	1,336	1,113	0,977	0,260	0,04340	1,1316	0,1316	-0,7819
		4	1,684	1,684	1,684	0,578	0,578	0,419	0,00674	0,8302	0,1698	4,2837
	JJA	1	-1,107	1,107	1,284	1,099	0,869	0,114	0,20081	0,6334	0,3666	4,6878
		2	0,007	0,007	0,673	0,903	0,575	0,367	0,01294	1,1224	0,1224	-1,9276
		3	0,740	0,740	1,037	1,107	0,814	0,267	0,04045	1,0943	0,0943	-0,7507
		4	1,191	1,191	1,191	0,570	0,570	0,441	0,00500	0,8143	0,1857	4,1266
	JA	1	-1,452	1,452	1,518	1,068	0,964	0,154	0,13232	0,7096	0,2904	3,2386
		2	-0,338	0,338	0,727	0,892	0,595	0,381	0,01092	1,1014	0,1014	-1,9766
		3	0,395	0,395	0,914	1,097	0,692	0,280	0,03499	1,0799	0,0799	-0,8950
		4	0,846	0,846	0,870	0,572	0,532	0,445	0,00473	0,7879	0,2121	4,2719
	Max	1	-1,759	1,759	1,759	1,061	1,061	0,171	0,11092	0,6963	0,3037	3,2397
		2	-0,645	0,645	0,839	0,887	0,694	0,384	0,01046	1,0302	0,0302	-1,1423
		3	0,088	0,088	0,868	1,092	0,629	0,285	0,03317	1,0140	0,0140	-0,1432
		4	0,539	0,539	0,636	0,591	0,478	0,436	0,00537	0,7258	0,2742	5,0515
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,620	0,620	0,832	0,863	0,645	0,215	0,07070	0,7646	0,2354	2,9850
		2	0,499	0,499	0,675	0,601	0,374	0,447	0,00466	0,9238	0,0762	1,6661
		3	1,247	1,247	1,247	0,585	0,585	0,409	0,00766	0,8213	0,1787	3,9841
		4	1,654	1,654	1,654	0,380	0,380	0,581	0,00060	0,5145	0,4856	9,0893
	JJA	1	-1,113	1,113	1,186	0,874	0,764	0,206	0,07721	0,7160	0,2840	3,3767
		2	0,006	0,006	0,575	0,662	0,291	0,352	0,01547	0,7831	0,2169	3,4344
		3	0,755	0,755	0,832	0,670	0,565	0,280	0,03515	0,6491	0,3509	6,3012
		4	1,161	1,161	1,161	0,454	0,454	0,445	0,00473	0,4303	0,5697	10,1660
	JA	1	-1,458	1,458	1,462	0,839	0,832	0,260	0,04350	0,7746	0,2254	2,1823
		2	-0,339	0,339	0,523	0,623	0,467	0,421	0,00654	0,8253	0,1748	2,4833
		3	0,409	0,409	0,585	0,633	0,463	0,350	0,01582	0,6990	0,3010	5,2703
		4	0,816	0,816	0,816	0,444	0,444	0,518	0,00168	0,4468	0,5532	9,7512
	Max	1	-1,765	1,765	1,765	0,830	0,830	0,285	0,03328	0,7543	0,2457	2,2779
		2	-0,646	0,646	0,676	0,652	0,619	0,391	0,00956	0,7407	0,2593	3,6217
		3	0,102	0,102	0,500	0,668	0,436	0,320	0,02234	0,6226	0,3774	6,3129
		4	0,509	0,509	0,519	0,498	0,487	0,475	0,00315	0,3983	0,6017	10,4110

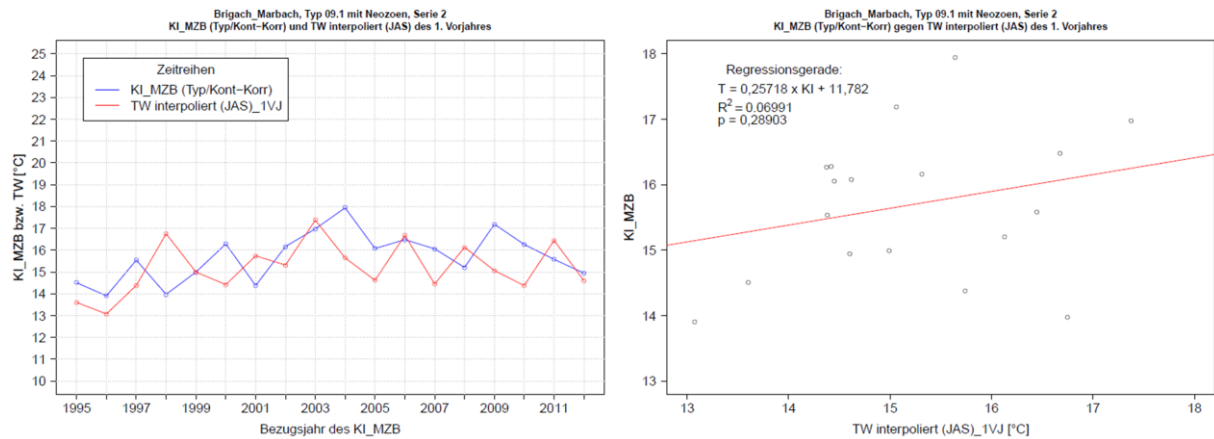


Abbildung 20: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

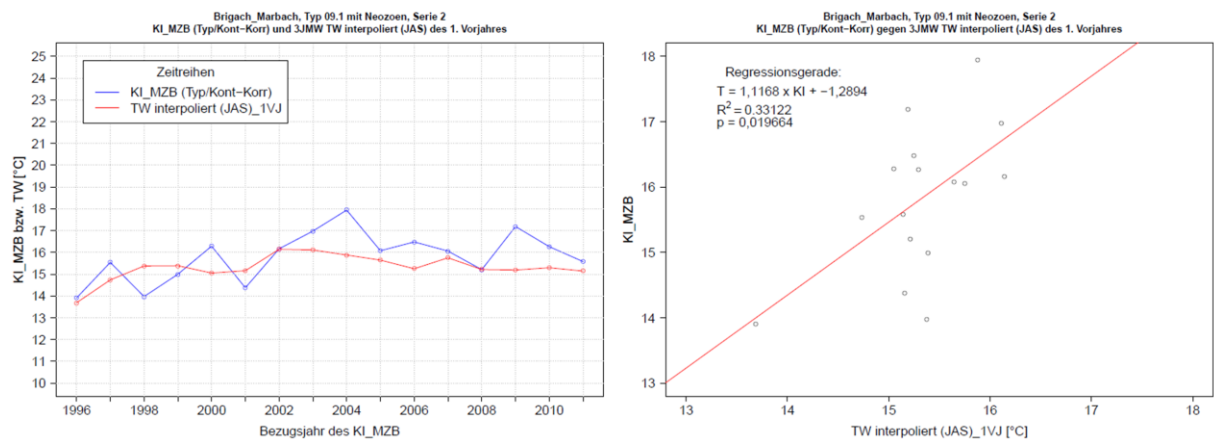


Abbildung 21: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

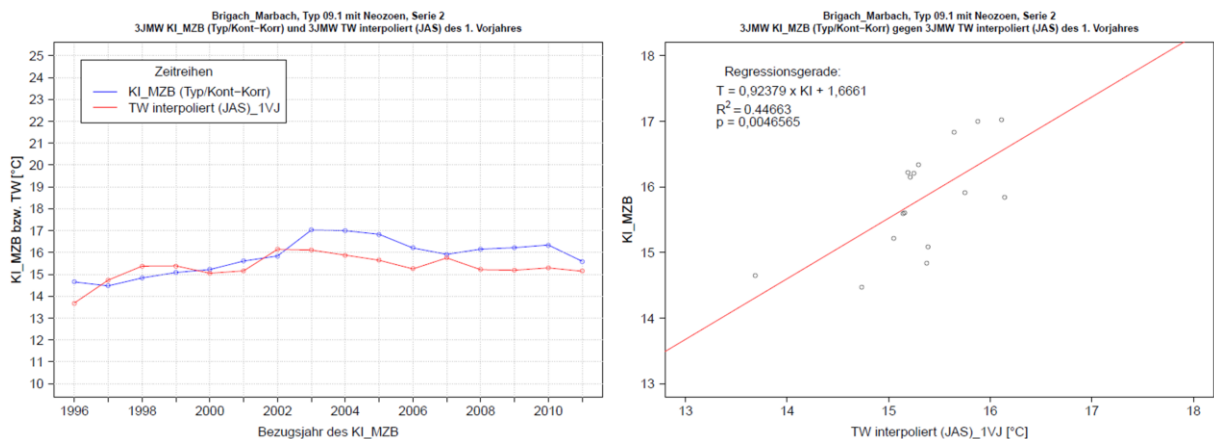


Abbildung 22: Brigach\_Marbach: 3JMW  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Brigach\_Marbach für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 8 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25) dargestellt.

Tabelle 8: Brigach\_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Brigach_Marbach, Typ 09.1: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,255	1,255	1,406	1,196	1,002	0,155	0,10579	0,3446	0,6554	8,7094
		2	-0,297	0,297	1,049	1,285	0,761	0,071	0,28566	0,2201	0,7799	11,5600
		3	0,267	0,267	1,079	1,377	0,860	0,070	0,28948	0,2560	0,7440	11,5790
		4	0,621	0,621	1,062	1,088	0,631	0,135	0,13341	0,1955	0,8045	12,8520
	JJA	1	-1,741	1,741	1,741	1,254	1,254	0,152	0,10992	0,3178	0,6822	8,9629
		2	-0,783	0,783	1,186	1,464	1,142	0,015	0,62344	0,0957	0,9043	13,4050
		3	-0,220	0,220	1,151	1,537	1,004	0,023	0,55241	0,1355	0,8645	13,3440
		4	0,134	0,134	1,023	1,220	0,632	0,076	0,26911	0,1364	0,8636	13,6840
	JA	1	-2,085	2,085	2,085	1,232	1,232	0,177	0,08204	0,3395	0,6606	8,5059
		2	-1,127	1,127	1,286	1,425	1,275	0,034	0,46475	0,1403	0,8597	12,6560
		3	-0,563	0,563	1,244	1,515	0,997	0,034	0,46581	0,1641	0,8360	12,8400
		4	-0,209	0,209	1,000	1,210	0,671	0,096	0,21105	0,1519	0,8482	13,3890
	Max	1	-2,384	2,384	2,384	1,282	1,282	0,186	0,07419	0,3247	0,6753	8,6454
		2	-1,426	1,426	1,553	1,538	1,401	0,017	0,60527	0,0931	0,9069	13,3860
		3	-0,862	0,862	1,411	1,606	1,120	0,024	0,54230	0,1284	0,8716	13,3740
		4	-0,508	0,508	1,111	1,299	0,808	0,085	0,23936	0,1338	0,8662	13,6390
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,310	1,310	1,369	0,990	0,901	0,116	0,19743	0,5975	0,4025	4,8539
		2	-0,300	0,300	0,644	0,782	0,515	0,336	0,01869	0,9534	0,0466	0,4133
		3	0,290	0,290	0,780	0,966	0,612	0,247	0,05002	0,9498	0,0502	1,0586
		4	0,609	0,609	0,660	0,478	0,400	0,431	0,00574	0,6434	0,3566	6,0699
	JJA	1	-1,802	1,802	1,802	1,011	1,011	0,101	0,23088	0,5328	0,4672	5,5826
		2	-0,793	0,793	0,873	0,762	0,662	0,368	0,01271	0,9538	0,0462	-0,0633
		3	-0,202	0,202	0,772	0,967	0,585	0,247	0,05009	0,9071	0,0929	1,2656
		4	0,116	0,116	0,366	0,490	0,334	0,433	0,00562	0,6158	0,3842	6,1887
	JA	1	-2,148	2,148	2,148	0,981	0,981	0,141	0,15233	0,6062	0,3938	4,2121
		2	-1,138	1,138	1,149	0,753	0,736	0,384	0,01041	0,9388	0,0612	-0,1494
		3	-0,548	0,548	0,855	0,957	0,675	0,263	0,04212	0,9017	0,0983	1,0403
		4	-0,229	0,229	0,424	0,487	0,319	0,458	0,00397	0,6105	0,3895	6,0625
	Max	1	-2,455	2,455	2,455	0,982	0,982	0,154	0,13283	0,5905	0,4096	4,2857
		2	-1,446	1,446	1,446	0,754	0,754	0,388	0,00996	0,8782	0,1219	0,5599
		3	-0,855	0,855	1,052	0,957	0,717	0,269	0,03976	0,8479	0,1521	1,6486
		4	-0,536	0,536	0,640	0,517	0,370	0,450	0,00443	0,5634	0,4366	6,6491
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,317	1,317	1,324	0,793	0,779	0,207	0,07658	0,6759	0,3241	3,6465
		2	-0,302	0,302	0,462	0,532	0,391	0,443	0,00491	0,7927	0,2074	2,8729
		3	0,305	0,305	0,485	0,549	0,386	0,372	0,01216	0,6829	0,3171	5,1600
		4	0,583	0,583	0,593	0,428	0,413	0,465	0,00363	0,4138	0,5862	9,5600
	JJA	1	-1,809	1,809	1,809	0,806	0,806	0,199	0,08302	0,6335	0,3665	3,9833
		2	-0,795	0,795	0,804	0,599	0,586	0,341	0,01760	0,6643	0,3357	4,5109
		3	-0,188	0,188	0,543	0,634	0,354	0,247	0,05022	0,5317	0,4683	7,2137
		4	0,090	0,090	0,375	0,503	0,334	0,320	0,02236	0,3280	0,6720	10,7120
	JA	1	-2,155	2,155	2,155	0,774	0,774	0,252	0,04775	0,6856	0,3144	2,9234
		2	-1,140	1,140	1,140	0,563	0,563	0,413	0,00723	0,7046	0,2954	3,6301
		3	-0,533	0,533	0,664	0,602	0,443	0,315	0,02366	0,5786	0,4214	6,2732
		4	-0,255	0,255	0,421	0,490	0,347	0,407	0,00787	0,3561	0,6439	10,1450
	Max	1	-2,462	2,462	2,462	0,771	0,771	0,274	0,03737	0,6663	0,3337	3,0300
		2	-1,447	1,447	1,447	0,600	0,600	0,383	0,01056	0,6317	0,3683	4,6136
		3	-0,840	0,840	0,935	0,640	0,482	0,290	0,03136	0,5168	0,4832	7,1120
		4	-0,562	0,562	0,696	0,543	0,340	0,370	0,01245	0,3162	0,6838	10,6930



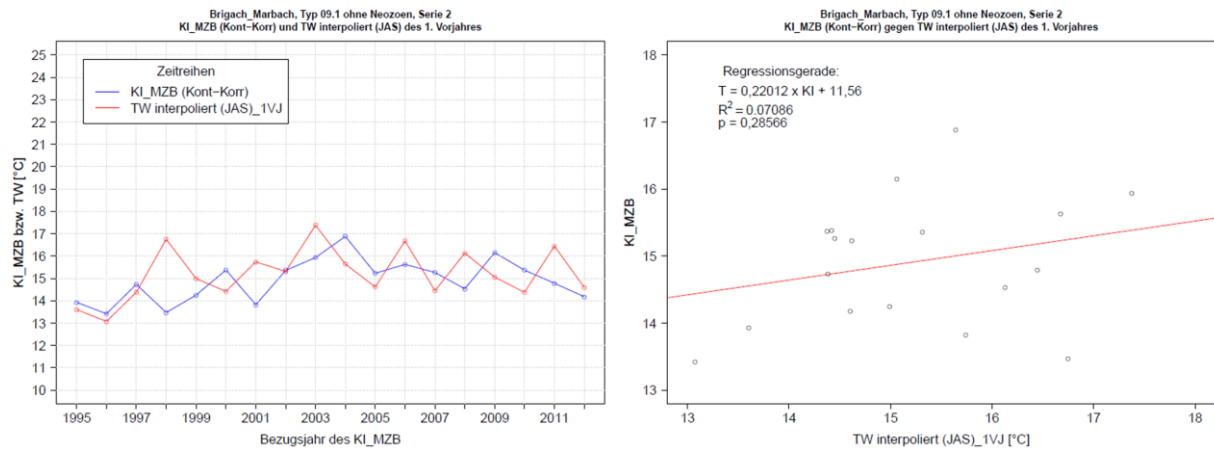


Abbildung 23: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

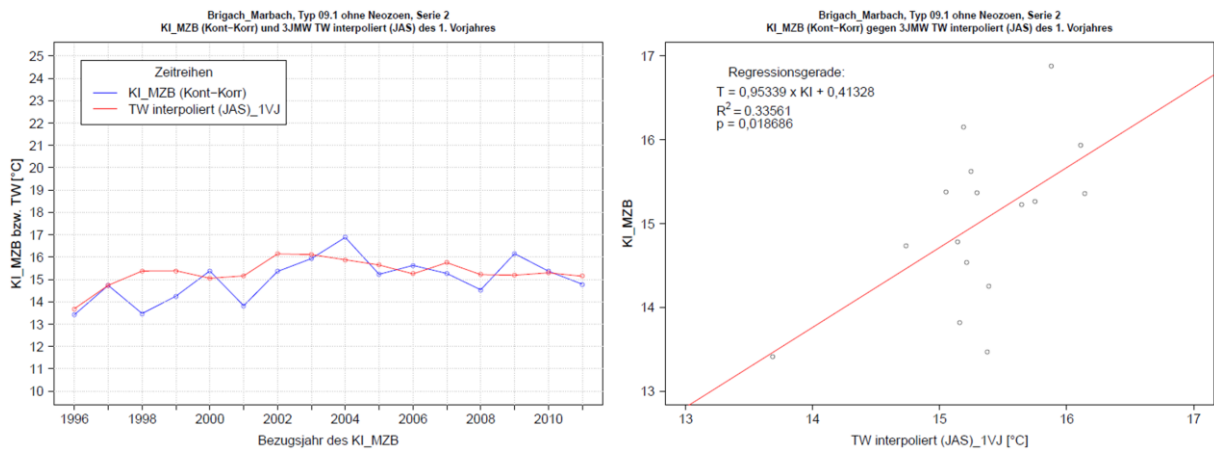


Abbildung 24: Brigach\_Marbach:  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

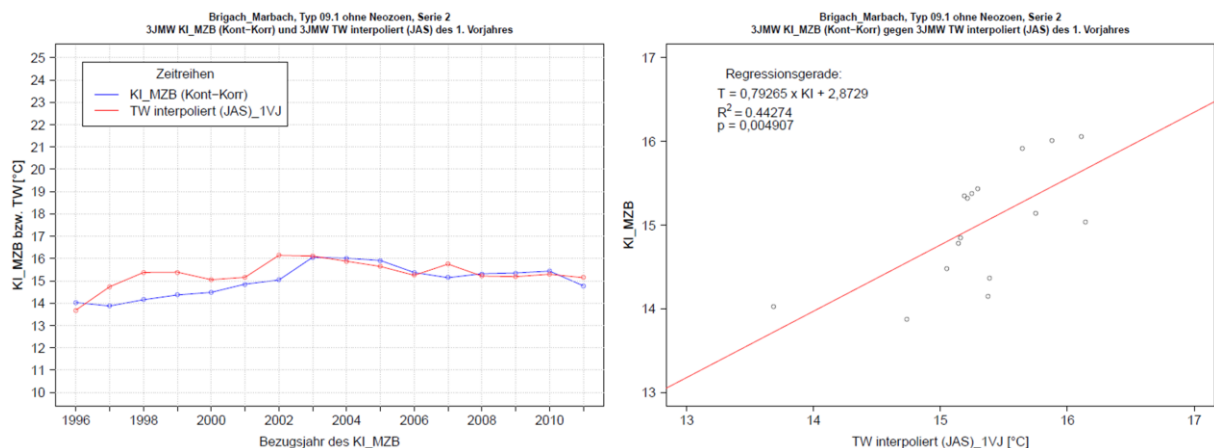


Abbildung 25: Brigach\_Marbach: 3JMW  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Brigach\_Marbach für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 9 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 26, Abbildung 27 und Abbildung 28) dargestellt.

Tabelle 9: Brigach\_Marbach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Brigach_Marbach, Typ 09.1: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-0,678	0,678	1,159	1,281	0,841	0,155	0,10579	0,4015	0,5985	8,4209
		2	0,438	0,438	1,201	1,371	0,746	0,071	0,28566	0,2565	0,7435	11,7420
		3	1,095	1,095	1,483	1,493	1,081	0,070	0,28948	0,2982	0,7018	11,7640
		4	1,507	1,507	1,561	1,110	1,028	0,135	0,13341	0,2277	0,7723	13,2480
	JJA	1	-1,165	1,165	1,351	1,333	1,132	0,152	0,10992	0,3702	0,6298	8,7162
		2	-0,049	0,049	1,232	1,556	0,903	0,015	0,62344	0,1115	0,8885	13,8910
		3	0,608	0,608	1,356	1,655	1,088	0,023	0,55241	0,1579	0,8421	13,8210
		4	1,021	1,021	1,322	1,246	0,898	0,076	0,26911	0,1589	0,8411	14,2170
	JA	1	-1,509	1,509	1,593	1,306	1,196	0,177	0,08204	0,3955	0,6045	8,1837
		2	-0,392	0,392	1,184	1,511	0,982	0,034	0,46475	0,1635	0,8365	13,0200
		3	0,264	0,264	1,213	1,630	1,083	0,034	0,46581	0,1911	0,8089	13,2330
		4	0,677	0,677	1,152	1,233	0,774	0,096	0,21105	0,1769	0,8231	13,8730
	Max	1	-1,807	1,807	1,820	1,347	1,329	0,186	0,07419	0,3783	0,6217	8,3462
		2	-0,691	0,691	1,322	1,623	1,136	0,017	0,60527	0,1084	0,8916	13,8700
		3	-0,034	0,034	1,248	1,717	1,140	0,024	0,54230	0,1496	0,8505	13,8550
		4	0,378	0,378	1,148	1,320	0,706	0,085	0,23936	0,1559	0,8441	14,1640
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,724	0,724	1,067	1,135	0,795	0,116	0,19743	0,6962	0,3039	3,9288
		2	0,452	0,452	0,790	0,913	0,621	0,336	0,01869	1,1108	0,1108	-1,2450
		3	1,140	1,140	1,262	1,126	0,978	0,247	0,05002	1,1066	0,1066	-0,4931
		4	1,511	1,511	1,511	0,522	0,522	0,431	0,00574	0,7496	0,2504	5,3455
	JJA	1	-1,217	1,217	1,380	1,154	0,938	0,101	0,23088	0,6207	0,3793	4,7778
		2	-0,041	0,041	0,651	0,890	0,585	0,368	0,01271	1,1113	0,1113	-1,8002
		3	0,647	0,647	0,995	1,125	0,811	0,247	0,05009	1,0569	0,0569	-0,2519
		4	1,019	1,019	1,019	0,530	0,530	0,433	0,00562	0,7175	0,2825	5,4840
	JA	1	-1,562	1,562	1,614	1,121	1,039	0,141	0,15233	0,7063	0,2937	3,1810
		2	-0,386	0,386	0,723	0,878	0,610	0,384	0,01041	1,0938	0,0938	-1,9006
		3	0,302	0,302	0,906	1,113	0,679	0,263	0,04212	1,0505	0,0505	-0,5145
		4	0,673	0,673	0,729	0,523	0,436	0,458	0,00397	0,7113	0,2888	5,3369
	Max	1	-1,869	1,869	1,869	1,117	1,117	0,154	0,13283	0,6879	0,3121	3,2668
		2	-0,693	0,693	0,863	0,874	0,694	0,388	0,00996	1,0231	0,0231	-1,0742
		3	-0,005	0,005	0,880	1,109	0,635	0,269	0,03976	0,9879	0,0121	0,1943
		4	0,366	0,366	0,505	0,546	0,411	0,450	0,00443	0,6565	0,3435	6,0203
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,732	0,732	0,913	0,906	0,710	0,207	0,07658	0,7875	0,2125	2,5221
		2	0,450	0,450	0,654	0,605	0,354	0,443	0,00491	0,9235	0,0765	1,6207
		3	1,157	1,157	1,157	0,614	0,614	0,372	0,01216	0,7957	0,2043	4,2854
		4	1,481	1,481	1,481	0,426	0,426	0,465	0,00363	0,4821	0,5179	9,4119
	JJA	1	-1,225	1,225	1,274	0,916	0,841	0,199	0,08302	0,7381	0,2619	2,9144
		2	-0,043	0,043	0,576	0,671	0,314	0,341	0,01760	0,7740	0,2260	3,5291
		3	0,664	0,664	0,781	0,699	0,556	0,247	0,05022	0,6195	0,3805	6,6782
		4	0,988	0,988	0,988	0,507	0,507	0,320	0,02236	0,3822	0,6178	10,7540
	JA	1	-1,570	1,570	1,570	0,881	0,881	0,252	0,04775	0,7988	0,2012	1,6796
		2	-0,388	0,388	0,528	0,629	0,510	0,413	0,00723	0,8210	0,1790	2,5029
		3	0,319	0,319	0,555	0,662	0,467	0,315	0,02366	0,6741	0,3259	5,5825
		4	0,643	0,643	0,643	0,488	0,488	0,407	0,00787	0,4149	0,5851	10,0930
	Max	1	-1,877	1,877	1,877	0,872	0,872	0,274	0,03737	0,7763	0,2237	1,8037
		2	-0,696	0,696	0,722	0,660	0,629	0,383	0,01056	0,7360	0,2640	3,6488
		3	0,012	0,012	0,535	0,695	0,422	0,290	0,03136	0,6021	0,3979	6,5597
		4	0,336	0,336	0,452	0,540	0,440	0,370	0,01245	0,3684	0,6316	10,7310

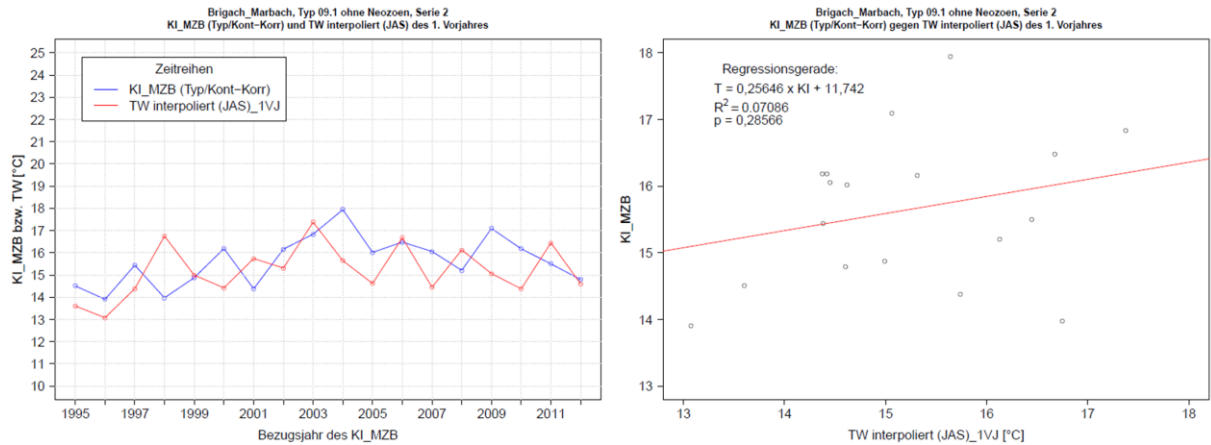


Abbildung 26: Brigach\_Marbach:  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

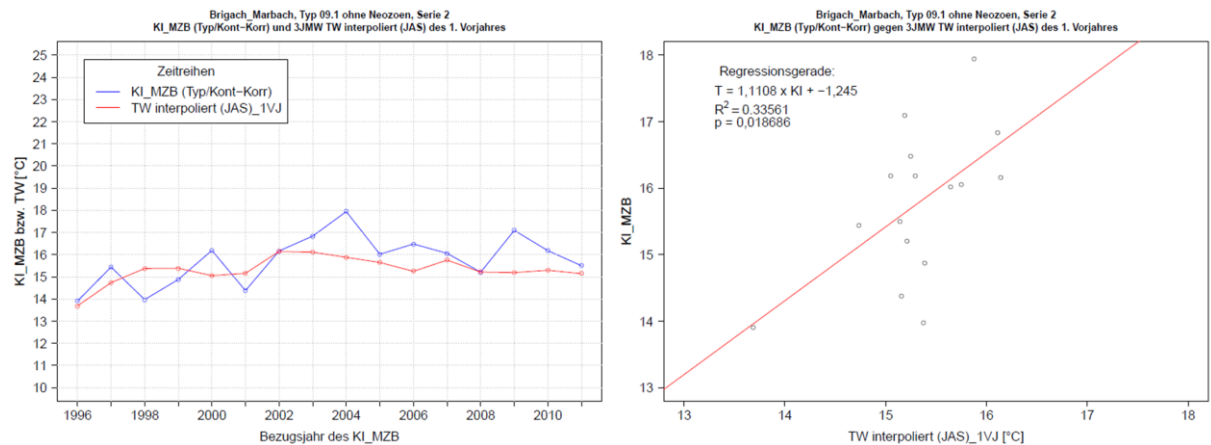


Abbildung 27: Brigach\_Marbach:  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

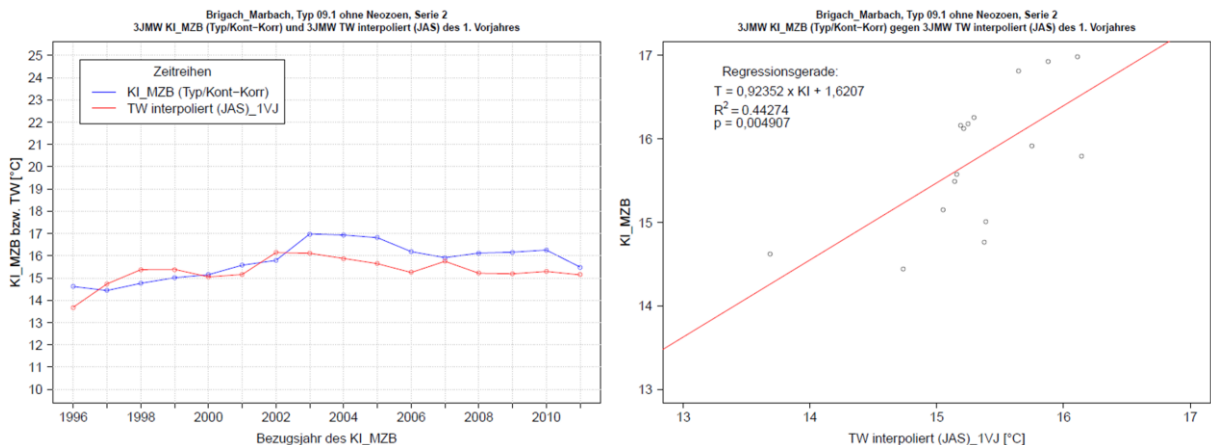


Abbildung 28: Brigach\_Marbach: 3JMW  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 2 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

### 3.3.1.3 Ergebnisse für Donau\_Pföhren

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 29).

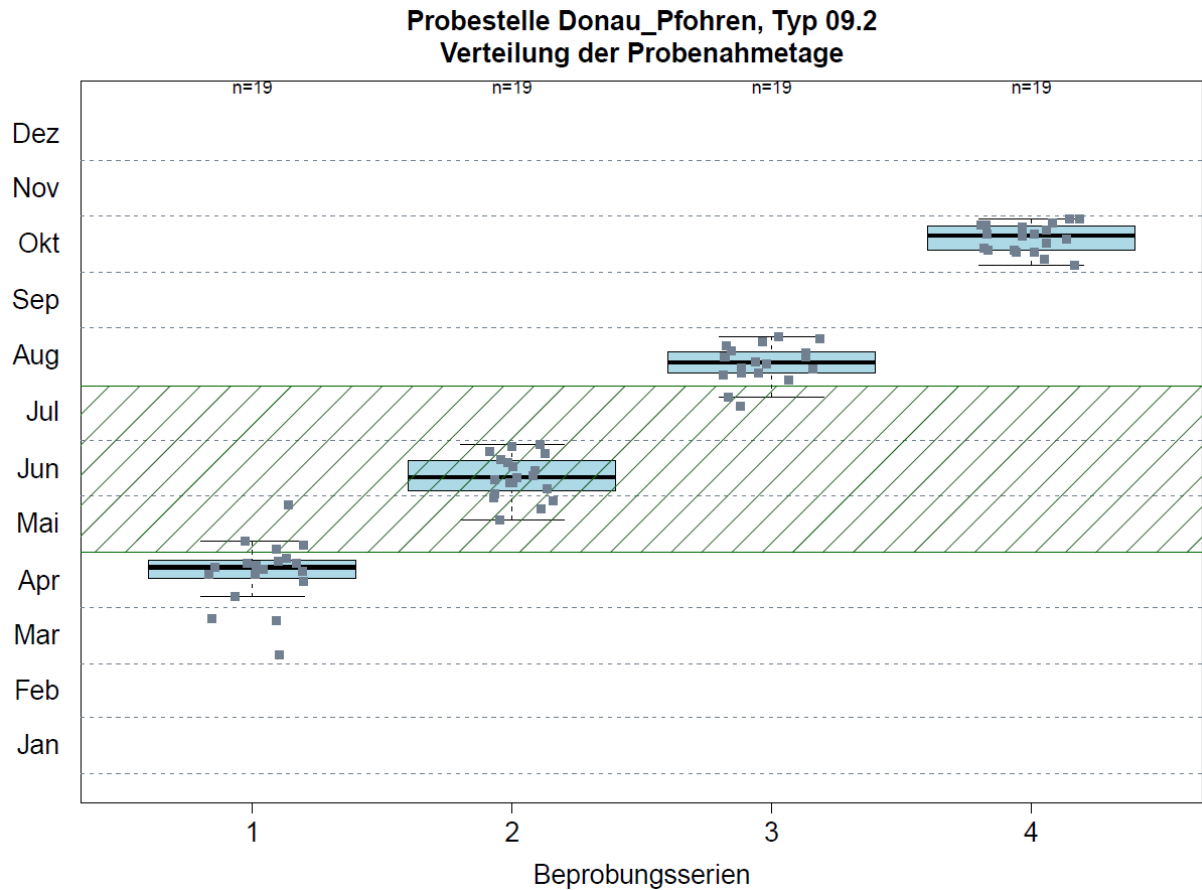


Abbildung 29: Donau\_Pföhren: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Donau\_Pföhen für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 10 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 30, Abbildung 31 und Abbildung 32) dargestellt.

Tabelle 10: Donau\_Pföhen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Donau_Pföhen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>KI<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,085	1,085	1,265	1,019	0,770	<b>0,232</b>	0,04304	0,7392	0,2608	2,8065
		2	0,106	0,106	1,022	1,248	0,680	<b>0,044</b>	<b>0,40516</b>	0,3286	0,6714	10,1250
		3	<b>0,371</b>	<b>0,371</b>	<b>0,676</b>	<b>0,812</b>	<b>0,567</b>	<b>0,252</b>	<b>0,03372</b>	<b>0,5863</b>	<b>0,4137</b>	<b>6,5436</b>
		4	1,023	1,023	1,178	1,055	0,866	<b>0,008</b>	<b>0,72368</b>	0,0985	0,9015	14,4750
	JJA	1	-1,816	1,816	1,819	0,949	0,944	<b>0,334</b>	0,01206	0,7861	0,2139	1,5320
		2	-0,625	0,625	1,085	1,274	0,888	<b>0,052</b>	<b>0,36186</b>	0,3184	0,6816	10,0440
		3	-0,360	0,360	0,782	0,855	0,470	<b>0,249</b>	0,03488	0,5170	0,4831	7,2012
		4	0,292	0,292	0,854	1,034	0,622	<b>0,049</b>	<b>0,37722</b>	0,2159	0,7841	12,5660
	JA	1	-2,065	2,065	2,065	0,979	0,979	<b>0,302</b>	0,01806	0,7391	0,2609	2,0837
		2	-0,874	0,874	1,214	1,281	0,943	<b>0,051</b>	<b>0,36675</b>	0,3114	0,6887	10,0780
		3	-0,609	0,609	0,886	0,875	0,571	<b>0,232</b>	0,04278	0,4928	0,5072	7,4564
		4	0,043	0,043	0,901	1,093	0,581	<b>0,020</b>	<b>0,57650</b>	0,1359	0,8641	13,7850
	Max	1	-2,465	2,465	2,465	0,987	0,987	<b>0,325</b>	0,01352	0,6790	0,3210	2,7685
		2	-1,273	1,273	1,465	1,326	1,096	<b>0,056</b>	<b>0,34661</b>	0,2874	0,7126	10,3430
		3	-1,009	1,009	1,202	0,961	0,686	<b>0,203</b>	<b>0,06053</b>	0,4084	0,5916	8,6363
		4	-0,356	0,356	1,008	1,140	0,598	<b>0,034</b>	<b>0,46506</b>	0,1570	0,8431	13,3870
<b>KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,139	1,139	1,225	0,967	0,848	<b>0,531</b>	0,00137	2,4023	1,4023	-22,0950
		2	0,109	0,109	0,818	1,034	0,607	<b>0,441</b>	0,00501	2,2634	1,2634	-18,7710
		3	<b>0,415</b>	<b>0,415</b>	<b>0,659</b>	<b>0,760</b>	<b>0,545</b>	<b>0,309</b>	<b>0,02550</b>	<b>1,3735</b>	<b>0,3735</b>	<b>-5,1672</b>
		4	1,065	1,065	1,128	0,876	0,787	<b>0,018</b>	<b>0,62508</b>	0,3082	0,6918	11,4040
	JJA	1	-1,868	1,868	1,868	0,891	0,891	<b>0,558</b>	0,00088	1,8009	0,8009	-14,4190
		2	-0,620	0,620	0,834	0,976	0,787	<b>0,454</b>	0,00423	1,6782	0,6782	-11,2490
		3	-0,314	0,314	0,651	0,751	0,467	<b>0,301</b>	0,02763	0,9926	0,0074	-0,1971
		4	0,337	0,337	0,709	0,929	0,669	<b>0,014</b>	<b>0,66020</b>	0,2029	0,7971	12,8300
	JA	1	-2,114	2,114	2,114	0,904	0,904	<b>0,547</b>	0,00106	1,8465	0,8465	-15,5900
		2	-0,866	0,866	0,970	0,982	0,872	<b>0,453</b>	0,00426	1,7369	0,7369	-12,5970
		3	-0,560	0,560	0,793	0,762	0,496	<b>0,281</b>	0,03455	0,9930	0,0071	-0,4482
		4	0,090	0,090	0,722	0,940	0,580	<b>0,006</b>	<b>0,77558</b>	0,1365	0,8635	13,8360
	Max	1	-2,513	2,513	2,513	0,861	0,861	<b>0,559</b>	0,00087	1,5770	0,5770	-11,9300
		2	-1,265	1,265	1,302	0,953	0,899	<b>0,454</b>	0,00421	1,4693	0,4693	-8,9242
		3	-0,960	0,960	1,065	0,776	0,612	<b>0,267</b>	0,04025	0,8182	0,1818	2,0074
		4	-0,309	0,309	0,848	0,986	0,554	<b>0,005</b>	<b>0,79556</b>	0,1049	0,8951	14,2980
<b>3JMW KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,119	1,119	1,119	0,711	0,711	<b>0,598</b>	0,00044	2,0283	1,0283	-16,4850
		2	0,081	0,081	0,687	0,821	0,422	<b>0,483</b>	0,00279	1,9726	0,9726	-14,4540
		3	<b>0,438</b>	<b>0,438</b>	<b>0,438</b>	<b>0,335</b>	<b>0,335</b>	<b>0,652</b>	<b>0,00016</b>	<b>1,2237</b>	<b>0,2237</b>	<b>-2,9053</b>
		4	1,017	1,017	1,017	0,531	0,531	<b>0,086</b>	<b>0,26993</b>	0,4104	0,5896	9,8273
	JJA	1	-1,847	1,847	1,847	0,637	0,637	<b>0,626</b>	0,00026	1,5172	0,5172	-9,9532
		2	-0,647	0,647	0,700	0,784	0,733	<b>0,462</b>	0,00377	1,4102	0,4102	-7,0756
		3	-0,291	0,291	0,419	0,352	0,164	<b>0,607</b>	0,00037	0,8636	0,1364	1,8472
		4	0,288	0,288	0,510	0,588	0,396	<b>0,101</b>	<b>0,23068</b>	0,3247	0,6753	10,8720
	JA	1	-2,094	2,094	2,094	0,640	0,640	<b>0,637</b>	0,00021	1,5843	0,5843	-11,3950
		2	-0,894	0,894	0,919	0,787	0,755	<b>0,465</b>	0,00361	1,4651	0,4651	-8,2973
		3	-0,538	0,538	0,578	0,355	0,280	<b>0,594</b>	0,00048	0,8843	0,1157	1,3044
		4	0,042	0,042	0,474	0,601	0,351	<b>0,068</b>	<b>0,32830</b>	0,2767	0,7234	11,5570
	Max	1	-2,493	2,493	2,493	0,597	0,597	<b>0,653</b>	0,00015	1,3560	0,3560	-8,3032
		2	-1,293	1,293	1,293	0,769	0,769	<b>0,460</b>	0,00386	1,2319	0,2319	-5,0770
		3	-0,937	0,937	0,937	0,398	0,398	<b>0,558</b>	0,00088	0,7246	0,2754	3,5565
		4	-0,358	0,358	0,583	0,657	0,454	<b>0,067</b>	<b>0,33327</b>	0,2315	0,7685	12,1830



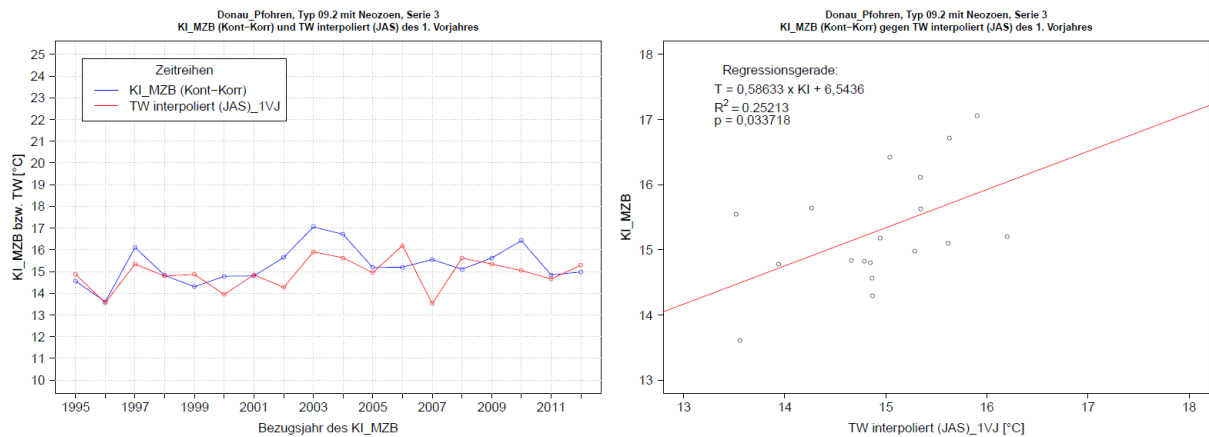


Abbildung 30: Donau\_Pföhren:  $KLIWA-Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

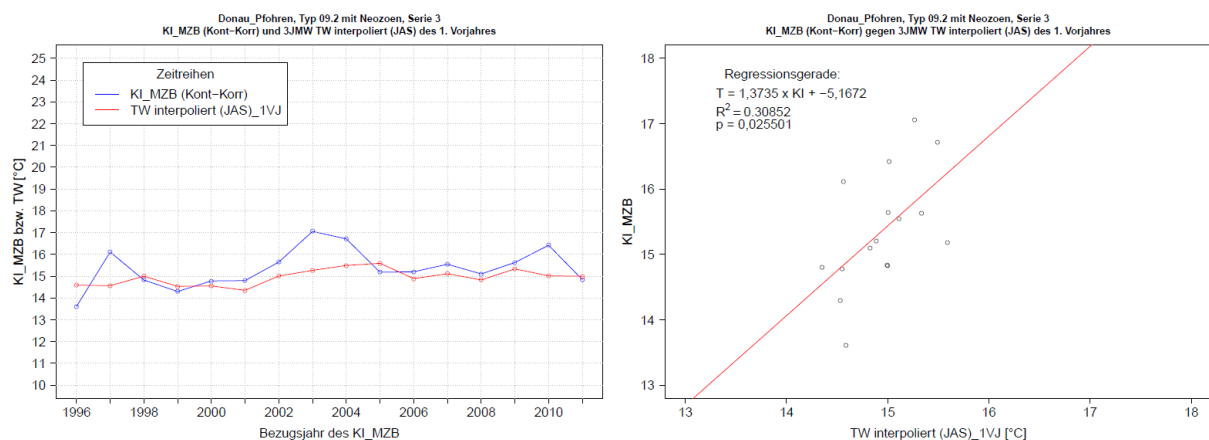


Abbildung 31: Donau\_Pföhren:  $KLIWA-Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

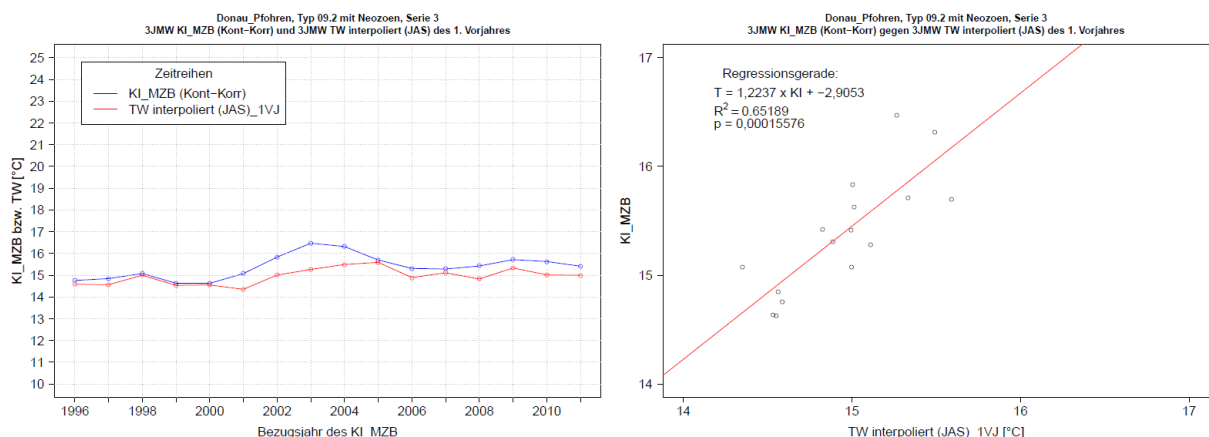


Abbildung 32: Donau\_Pföhren: 3JMW  $KLIWA-Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Donau\_Pföhren für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 11 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 33, Abbildung 20, Abbildung 34 und Abbildung 35) dargestellt.

Tabelle 11: Donau\_Pföhren: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Donau_Pföhren, Typ 09.2: $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schnptkt
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,366	1,366	1,465	0,953	0,782	0,232	0,04304	0,6815	0,3185	3,3864
		2	-0,267	0,267	0,928	1,175	0,738	0,044	0,40516	0,3030	0,6970	10,1340
		3	-0,024	0,024	0,631	0,772	0,419	0,252	0,03372	0,5406	0,4594	6,8320
		4	0,578	0,578	0,920	1,011	0,692	0,008	0,72368	0,0908	0,9092	14,1450
	JJA	1	-2,097	2,097	2,097	0,890	0,890	0,334	0,01206	0,7248	0,2752	2,2114
		2	-0,998	0,998	1,223	1,206	0,962	0,052	0,36186	0,2936	0,7064	10,0600
		3	-0,755	0,755	0,957	0,821	0,554	0,249	0,03488	0,4766	0,5234	7,4383
		4	-0,153	0,153	0,851	0,996	0,501	0,049	0,37722	0,1991	0,8010	12,3850
	JA	1	-2,346	2,346	2,346	0,920	0,920	0,302	0,01806	0,6815	0,3186	2,7201
		2	-1,247	1,247	1,399	1,212	1,022	0,051	0,36675	0,2871	0,7129	10,0910
		3	-1,003	1,003	1,133	0,841	0,644	0,232	0,04278	0,4544	0,5456	7,6737
		4	-0,402	0,402	0,946	1,054	0,577	0,020	0,57650	0,1253	0,8747	13,5090
	Max	1	-2,745	2,745	2,745	0,936	0,936	0,325	0,01352	0,6260	0,3740	3,3514
		2	-1,647	1,647	1,731	1,263	1,137	0,056	0,34661	0,2650	0,7350	10,3350
		3	-1,403	1,403	1,476	0,932	0,804	0,203	0,06053	0,3765	0,6235	8,7615
		4	-0,801	0,801	1,150	1,105	0,708	0,034	0,46506	0,1447	0,8553	13,1420
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,417	1,417	1,417	0,877	0,877	0,531	0,00137	2,2149	1,2149	-19,5730
		2	-0,266	0,266	0,685	0,941	0,678	0,441	0,00501	2,0868	1,0868	-16,5080
		3	0,015	0,015	0,524	0,696	0,438	0,309	0,02550	1,2664	0,2664	-3,9653
		4	0,615	0,615	0,755	0,816	0,680	0,018	0,62508	0,2841	0,7159	11,3140
	JJA	1	-2,146	2,146	2,146	0,805	0,805	0,558	0,00088	1,6604	0,6604	-12,4960
		2	-0,995	0,995	1,042	0,887	0,827	0,454	0,00423	1,5473	0,5473	-9,5723
		3	-0,713	0,713	0,850	0,694	0,504	0,301	0,02763	0,9151	0,0849	0,6172
		4	-0,113	0,113	0,710	0,874	0,490	0,014	0,66020	0,1870	0,8130	12,6280
	JA	1	-2,392	2,392	2,392	0,817	0,817	0,547	0,00106	1,7025	0,7025	-13,5750
		2	-1,241	1,241	1,262	0,893	0,861	0,453	0,00426	1,6014	0,6014	-10,8150
		3	-0,960	0,960	1,028	0,704	0,592	0,281	0,03455	0,9155	0,0845	0,3857
		4	-0,360	0,360	0,786	0,884	0,511	0,006	0,77558	0,1259	0,8742	13,5560
	Max	1	-2,791	2,791	2,791	0,778	0,778	0,559	0,00087	1,4540	0,4540	-10,2000
		2	-1,641	1,641	1,641	0,868	0,868	0,454	0,00421	1,3547	0,3547	-7,4292
		3	-1,359	1,359	1,359	0,723	0,723	0,267	0,04025	0,7544	0,2457	2,6497
		4	-0,759	0,759	1,003	0,932	0,641	0,005	0,79556	0,0967	0,9033	13,9810
<b>3JMW Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,398	1,398	1,398	0,641	0,641	0,598	0,00044	1,8701	0,8701	-14,4000
		2	-0,292	0,292	0,539	0,746	0,581	0,483	0,00279	1,8188	0,8188	-12,5270
		3	0,037	0,037	0,243	0,303	0,174	0,652	0,00016	1,1282	0,1282	-1,8798
		4	0,571	0,571	0,621	0,502	0,434	0,086	0,26993	0,3784	0,6216	9,8596
	JJA	1	-2,127	2,127	2,127	0,573	0,573	0,626	0,00026	1,3989	0,3989	-8,3779
		2	-1,021	1,021	1,021	0,713	0,713	0,462	0,00377	1,3002	0,3002	-5,7248
		3	-0,692	0,692	0,692	0,334	0,334	0,607	0,00037	0,7962	0,2038	2,5020
		4	-0,158	0,158	0,452	0,565	0,358	0,101	0,23068	0,2994	0,7006	10,8230
	JA	1	-2,373	2,373	2,373	0,574	0,574	0,637	0,00021	1,4607	0,4607	-9,7070
		2	-1,267	1,267	1,267	0,716	0,716	0,465	0,00361	1,3508	0,3508	-6,8512
		3	-0,939	0,939	0,939	0,336	0,336	0,594	0,00048	0,8153	0,1847	2,0015
		4	-0,404	0,404	0,566	0,577	0,407	0,068	0,32830	0,2551	0,7449	11,4540
	Max	1	-2,773	2,773	2,773	0,537	0,537	0,653	0,00015	1,2503	0,2503	-6,8566
		2	-1,666	1,666	1,666	0,703	0,703	0,460	0,00386	1,1358	0,1358	-3,8821
		3	-1,338	1,338	1,338	0,387	0,387	0,558	0,00088	0,6681	0,3319	4,0779
		4	-0,804	0,804	0,890	0,636	0,499	0,067	0,33327	0,2135	0,7865	12,0310



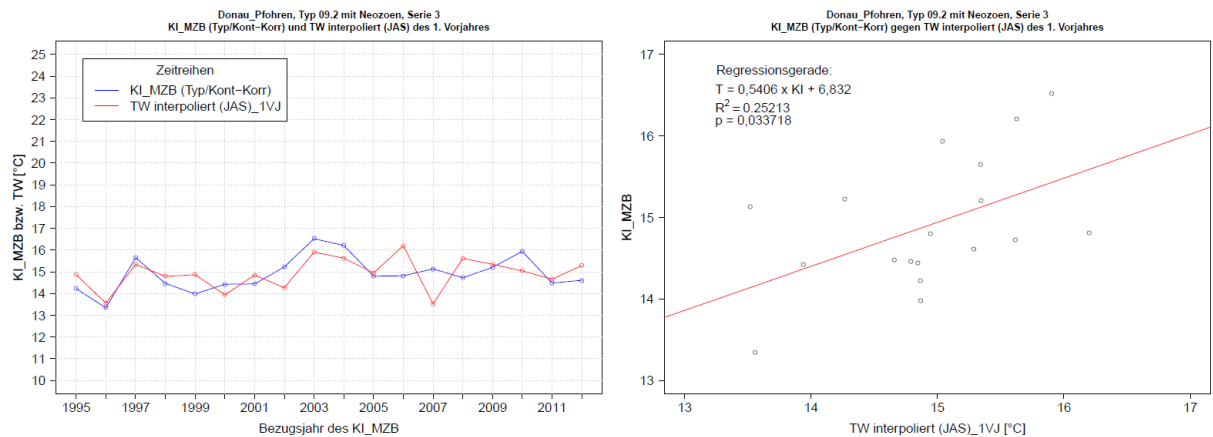


Abbildung 33: Donau\_Pföhren: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

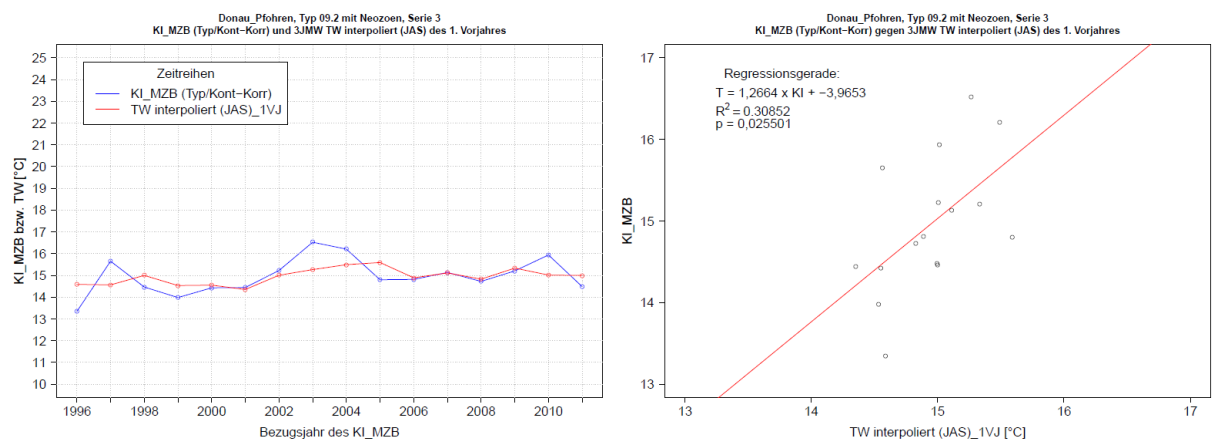


Abbildung 34: Donau\_Pföhren: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

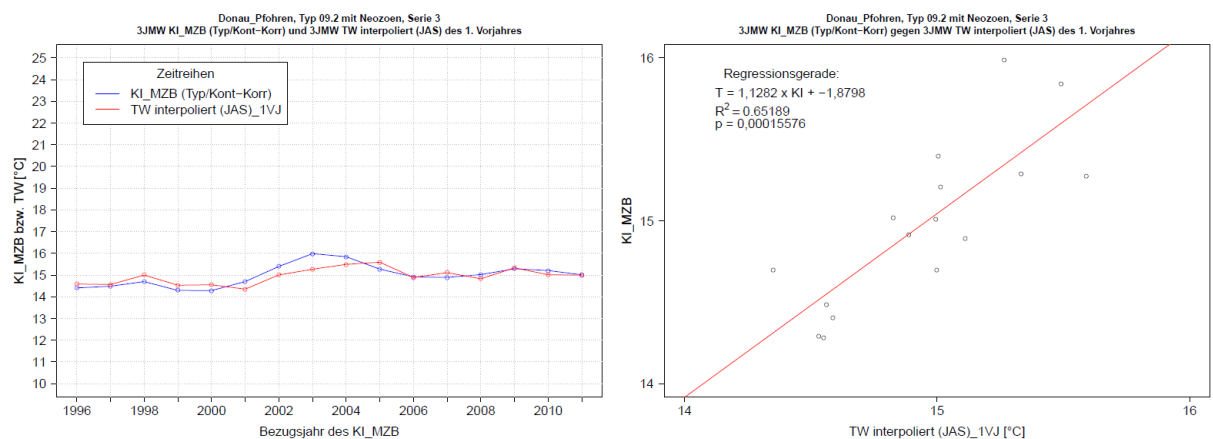


Abbildung 35: Donau\_Pföhren: 3JMW KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Typ/Kont-Korr) mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Donau\_Pföhen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 12 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 36, Abbildung 37 und Abbildung 38) dargestellt.

Tabelle 12: Donau\_Pföhen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Donau_Pföhen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,252	1,252	1,432	1,046	0,765	0,138	0,12920	0,5302	0,4698	5,7583
		2	0,040	0,040	1,017	1,246	0,677	0,044	0,40615	0,3271	0,6730	10,0830
		3	0,259	0,259	0,663	0,813	0,516	0,231	0,04374	0,5434	0,4567	7,0732
		4	0,914	0,914	1,075	1,043	0,865	0,001	0,91761	0,0265	0,9735	15,4410
	JJA	1	-1,983	1,983	1,986	0,994	0,989	0,224	0,04738	0,5989	0,4011	4,2961
		2	-0,691	0,691	1,108	1,272	0,908	0,052	0,36271	0,3170	0,6830	10,0010
		3	-0,472	0,472	0,839	0,863	0,485	0,224	0,04744	0,4746	0,5255	7,7530
		4	0,183	0,183	0,826	1,039	0,626	0,022	0,55346	0,1339	0,8661	13,7410
	JA	1	-2,232	2,232	2,232	1,025	1,025	0,196	0,06577	0,5534	0,4466	4,8695
		2	-0,939	0,939	1,247	1,281	0,963	0,050	0,37443	0,3057	0,6943	10,1020
		3	-0,721	0,721	0,973	0,886	0,579	0,203	0,06053	0,4465	0,5535	8,0808
		4	-0,066	0,066	0,902	1,097	0,589	0,004	0,80148	0,0564	0,9436	14,9400
	Max	1	-2,632	2,632	2,632	1,040	1,040	0,224	0,04709	0,5248	0,4752	5,1158
		2	-1,339	1,339	1,499	1,327	1,132	0,054	0,35418	0,2823	0,7177	10,3610
		3	-1,121	1,121	1,288	0,975	0,723	0,176	0,08345	0,3680	0,6320	9,1822
		4	-0,465	0,465	1,065	1,151	0,595	0,012	0,66700	0,0853	0,9147	14,4460
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,312	1,312	1,348	0,889	0,829	0,498	0,00225	2,1489	1,1489	-18,4810
		2	0,047	0,047	0,796	1,028	0,619	0,437	0,00531	2,2391	1,2391	-18,4710
		3	0,301	0,301	0,606	0,726	0,481	0,323	0,02169	1,3558	0,3558	-5,0165
		4	0,957	0,957	1,020	0,819	0,733	0,008	0,73724	0,1924	0,8076	13,0260
	JJA	1	-2,040	2,040	2,040	0,817	0,817	0,535	0,00127	1,6289	0,6289	-11,8970
		2	-0,682	0,682	0,848	0,967	0,815	0,457	0,00402	1,6749	0,6749	-11,2590
		3	-0,428	0,428	0,647	0,710	0,503	0,331	0,01971	1,0039	0,0039	-0,4890
		4	0,228	0,228	0,636	0,875	0,624	0,009	0,73091	0,1442	0,8559	13,6420
	JA	1	-2,287	2,287	2,287	0,822	0,822	0,538	0,00122	1,6912	0,6912	-13,2910
		2	-0,928	0,928	0,988	0,975	0,910	0,454	0,00420	1,7283	0,7283	-12,5220
		3	-0,675	0,675	0,803	0,721	0,563	0,309	0,02527	1,0049	0,0049	-0,7523
		4	-0,018	0,018	0,693	0,884	0,520	0,003	0,85034	0,0820	0,9180	14,5950
	Max	1	-2,686	2,686	2,686	0,780	0,780	0,558	0,00088	1,4560	0,4560	-10,1270
		2	-1,328	1,328	1,337	0,945	0,932	0,458	0,00400	1,4664	0,4664	-8,9387
		3	-1,074	1,074	1,117	0,731	0,659	0,301	0,02781	0,8376	0,1624	1,5768
		4	-0,417	0,417	0,821	0,931	0,578	0,003	0,84927	0,0698	0,9302	14,7620
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,296	1,296	1,296	0,727	0,727	0,472	0,00329	1,7517	0,7517	-12,5300
		2	0,018	0,018	0,677	0,831	0,449	0,474	0,00317	1,9672	0,9672	-14,4360
		3	0,325	0,325	0,328	0,296	0,293	0,688	0,00007	1,1806	0,1806	-2,3741
		4	0,907	0,907	0,907	0,503	0,503	0,062	0,35160	0,3089	0,6911	11,2360
	JJA	1	-2,025	2,025	2,025	0,673	0,673	0,504	0,00207	1,3234	0,3234	-7,0936
		2	-0,710	0,710	0,749	0,792	0,753	0,457	0,00407	1,4109	0,4109	-7,1495
		3	-0,404	0,404	0,460	0,316	0,218	0,652	0,00016	0,8399	0,1601	2,1050
		4	0,179	0,179	0,472	0,571	0,351	0,077	0,29954	0,2505	0,7495	11,9250
	JA	1	-2,271	2,271	2,271	0,667	0,667	0,525	0,00150	1,3990	0,3990	-8,6239
		2	-0,957	0,957	0,969	0,796	0,780	0,459	0,00395	1,4644	0,4644	-8,3486
		3	-0,650	0,650	0,650	0,317	0,317	0,641	0,00019	0,8629	0,1371	1,5320
		4	-0,068	0,068	0,466	0,580	0,331	0,050	0,40391	0,2102	0,7898	12,5050
	Max	1	-2,671	2,671	2,671	0,635	0,635	0,548	0,00104	1,2079	0,2079	-6,0629
		2	-1,356	1,356	1,356	0,778	0,778	0,455	0,00415	1,2328	0,2328	-5,1543
		3	-1,050	1,050	1,050	0,363	0,363	0,610	0,00036	0,7110	0,2890	3,6665
		4	-0,467	0,467	0,641	0,640	0,453	0,051	0,40058	0,1789	0,8211	12,9320

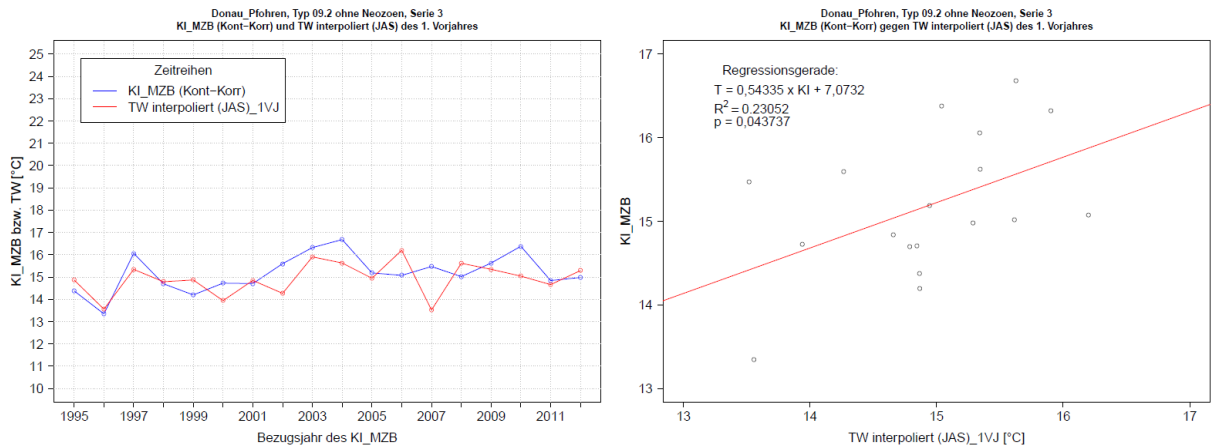


Abbildung 36: Donau\_Pföhren: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

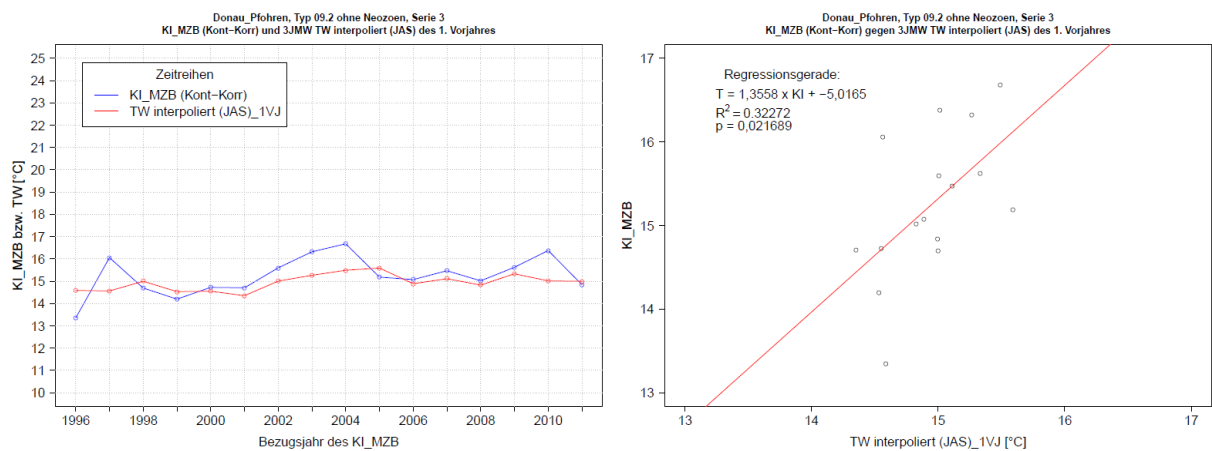


Abbildung 37: Donau\_Pföhren: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

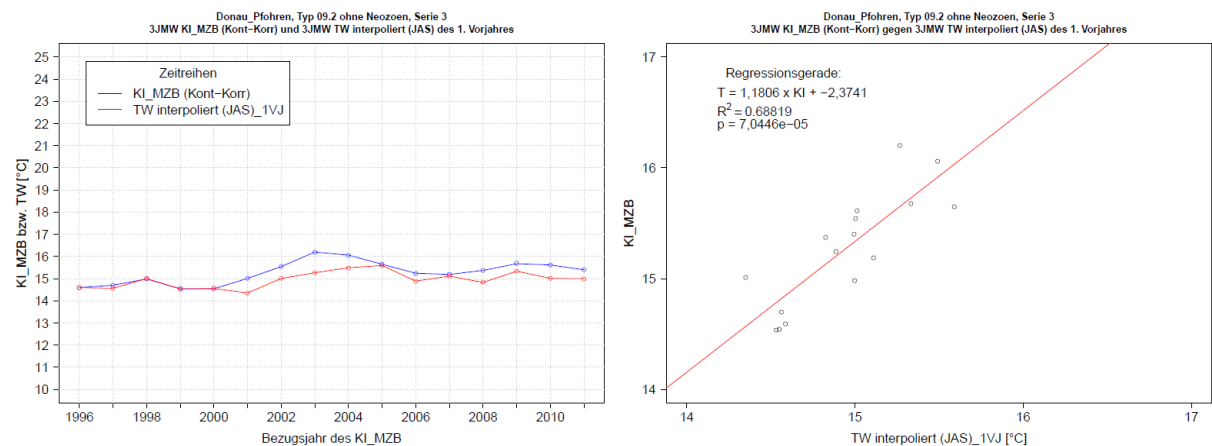
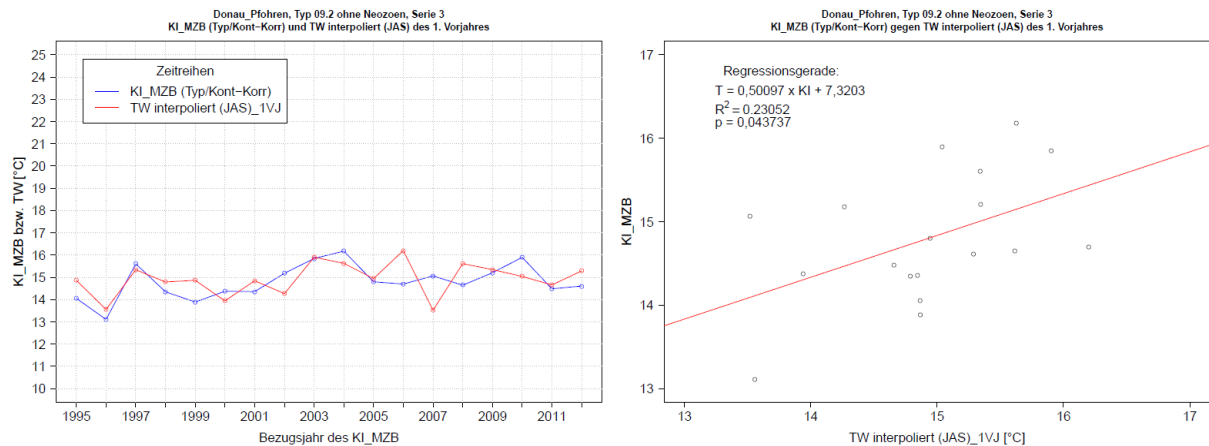


Abbildung 38: Donau\_Pföhren: 3JMW KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

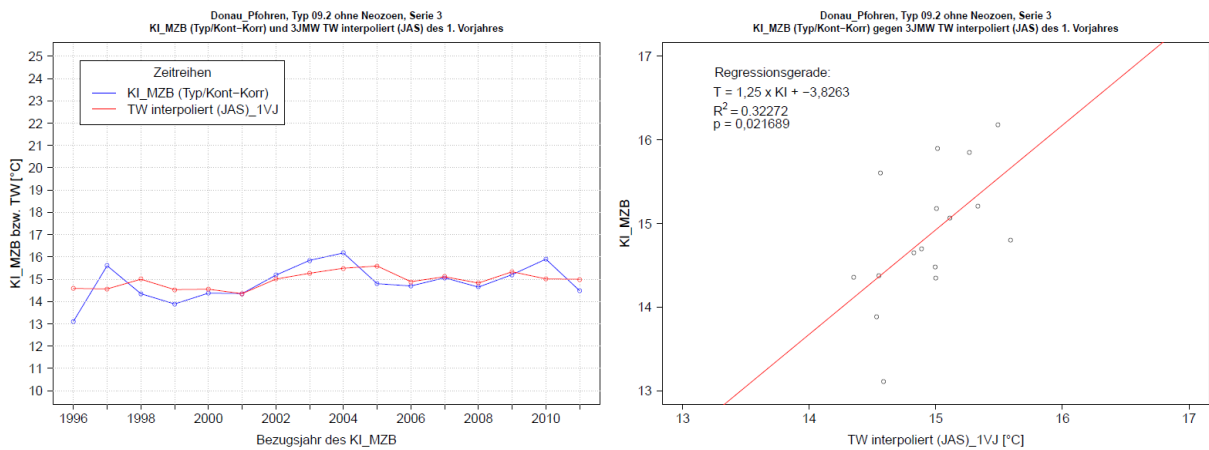
Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Donau\_Pföhen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 13 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 39, Abbildung 40 und Abbildung 41) dargestellt.

Tabelle 13: Donau\_Pföhen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

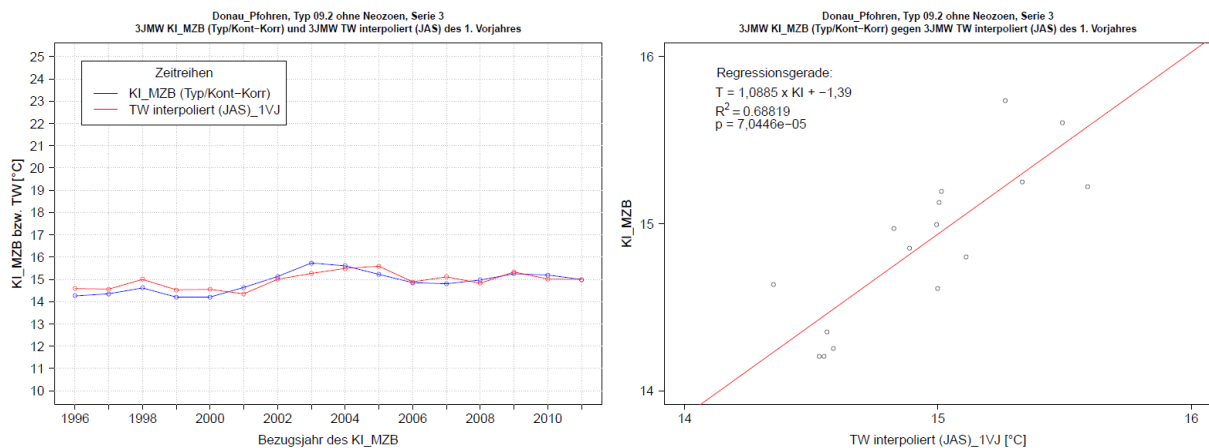
Donau_Pföhen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,520	1,520	1,618	0,985	0,802	0,138	0,12920	0,4889	0,5112	6,1080
		2	-0,328	0,328	0,926	1,173	0,763	0,044	0,40615	0,3015	0,6985	10,0950
		3	-0,127	0,127	0,634	0,775	0,439	0,231	0,04374	0,5010	0,4990	7,3203
		4	0,477	0,477	0,849	1,003	0,695	0,001	0,91761	0,0244	0,9756	15,0350
	JJA	1	-2,251	2,251	2,251	0,941	0,941	0,224	0,04738	0,5521	0,4479	4,7598
		2	-1,059	1,059	1,253	1,204	0,986	0,052	0,36271	0,2923	0,7077	10,0200
		3	-0,858	0,858	1,037	0,831	0,575	0,224	0,04744	0,4375	0,5625	7,9471
		4	-0,254	0,254	0,882	1,005	0,504	0,022	0,55346	0,1235	0,8765	13,4680
	JA	1	-2,500	2,500	2,500	0,972	0,972	0,196	0,06577	0,5103	0,4897	5,2885
		2	-1,308	1,308	1,430	1,213	1,057	0,050	0,37443	0,2818	0,7182	10,1130
		3	-1,107	1,107	1,223	0,854	0,665	0,203	0,06053	0,4117	0,5883	8,2494
		4	-0,503	0,503	1,014	1,061	0,553	0,004	0,80148	0,0520	0,9480	14,5740
	Max	1	-2,899	2,899	2,899	0,994	0,994	0,224	0,04709	0,4838	0,5162	5,5156
		2	-1,707	1,707	1,785	1,264	1,144	0,054	0,35418	0,2603	0,7397	10,3520
		3	-1,506	1,506	1,566	0,947	0,838	0,176	0,08345	0,3393	0,6607	9,2648
		4	-0,902	0,902	1,220	1,120	0,734	0,012	0,66700	0,0787	0,9213	14,1180
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,576	1,576	1,576	0,806	0,806	0,498	0,00225	1,9813	0,9813	-16,2410
		2	-0,324	0,324	0,695	0,936	0,688	0,437	0,00531	2,0644	1,0644	-16,2310
		3	-0,090	0,090	0,511	0,665	0,414	0,323	0,02169	1,2500	0,2500	-3,8263
		4	0,516	0,516	0,660	0,766	0,636	0,008	0,73724	0,1774	0,8226	12,8090
	JJA	1	-2,305	2,305	2,305	0,739	0,739	0,535	0,00127	1,5018	0,5018	-10,1700
		2	-1,052	1,052	1,074	0,879	0,851	0,457	0,00402	1,5442	0,5442	-9,5814
		3	-0,818	0,818	0,879	0,655	0,566	0,331	0,01971	0,9256	0,0744	0,3480
		4	-0,213	0,213	0,685	0,826	0,480	0,009	0,73091	0,1329	0,8671	13,3770
	JA	1	-2,551	2,551	2,551	0,744	0,744	0,538	0,00122	1,5593	0,5593	-11,4550
		2	-1,299	1,299	1,299	0,886	0,886	0,454	0,00420	1,5935	0,5935	-10,7470
		3	-1,065	1,065	1,089	0,666	0,623	0,309	0,02527	0,9265	0,0735	0,1053
		4	-0,460	0,460	0,764	0,835	0,547	0,003	0,85034	0,0756	0,9244	14,2560
	Max	1	-2,951	2,951	2,951	0,706	0,706	0,558	0,00088	1,3424	0,3424	-8,5380
		2	-1,698	1,698	1,698	0,860	0,860	0,458	0,00400	1,3520	0,3520	-7,4426
		3	-1,464	1,464	1,464	0,681	0,681	0,301	0,02781	0,7722	0,2278	2,2526
		4	-0,859	0,859	1,037	0,885	0,649	0,003	0,84927	0,0644	0,9356	14,4090
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,562	1,562	1,562	0,660	0,660	0,472	0,00329	1,6150	0,6150	-10,7530
		2	-0,350	0,350	0,546	0,754	0,617	0,474	0,00317	1,8138	0,8138	-12,5110
		3	-0,067	0,067	0,232	0,268	0,139	0,688	0,00007	1,0885	0,0885	-1,3900
		4	0,470	0,470	0,527	0,479	0,410	0,062	0,35160	0,2848	0,7152	11,1580
	JJA	1	-2,291	2,291	2,291	0,612	0,612	0,504	0,00207	1,2202	0,2202	-5,7414
		2	-1,078	1,078	1,078	0,721	0,721	0,457	0,00407	1,3008	0,3008	-5,7930
		3	-0,796	0,796	0,796	0,303	0,303	0,652	0,00016	0,7744	0,2256	2,7396
		4	-0,259	0,259	0,475	0,553	0,370	0,077	0,29954	0,2310	0,7690	11,7930
	JA	1	-2,537	2,537	2,537	0,605	0,605	0,525	0,00150	1,2899	0,2899	-7,1523
		2	-1,325	1,325	1,325	0,724	0,724	0,459	0,00395	1,3501	0,3501	-6,8985
		3	-1,042	1,042	1,042	0,302	0,302	0,641	0,00019	0,7956	0,2044	2,2113
		4	-0,506	0,506	0,625	0,560	0,412	0,050	0,40391	0,1938	0,8062	12,3290
	Max	1	-2,937	2,937	2,937	0,579	0,579	0,548	0,00104	1,1136	0,1136	-4,7910
		2	-1,724	1,724	1,724	0,711	0,711	0,455	0,00415	1,1366	0,1366	-3,9534
		3	-1,442	1,442	1,442	0,357	0,357	0,610	0,00036	0,6555	0,3445	4,1793
		4	-0,905	0,905	0,961	0,623	0,526	0,051	0,40058	0,1649	0,8351	12,7220



**Abbildung 39:** Donau\_Pföhren:  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 40:** Donau\_Pföhren:  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 41:** Donau\_Pföhren: 3JMW  $KLI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

### 3.3.2 Ergebnisse für die Probestellen mit eingeschränkten Voraussetzungen für die Temperaturindikation mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die drei Probestellen Neckar\_Börstingen, Große Lauter\_Lauterach und Kocher\_Kochendorf, für die sich nach genauerer Prüfung erwies, dass alle drei MZB-Probestellen in Ausleitungsstrecken oder künstlich geschaffenen Nebengerinnen mit Querbauwerken an den Oberwasserverzweigungsstellen liegen. Unter solchen Verhältnissen ist mit einer Teilentkopplung der durchschnittlich bei dem Gewässertyp herrschenden Standardbeziehungen zwischen Abfluss-/Strömungs- und Temperaturbedingungen zu rechnen, auf deren Grundlage der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abgeleitet worden ist. Dementsprechend verschlechtert sich die mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> mögliche Indizierbarkeit der sommerlichen Wassertemperaturen unter solchen Voraussetzungen. An zwei der drei Stellen liegt zudem die Temperaturmessstelle entweder unterhalb oder oberhalb des Aufzweigungsabschnitts, was zusätzlich die Vergleichbarkeit zwischen Temperatur- und Indexwerten verschlechtert. Welche Einschränkungen konkret für die Korrelationen zwischen dem und den sommerlicher Wassertemperaturen an den drei Probestellen bestehen, sei nachfolgend kurz beschrieben.

#### Neckar Börstingen

Die Temperatur- und TBM-Messstelle liegen jeweils innerhalb eines Arms einer zweiarmigen Ausleitungsstrecke des Wasserkraftwerks Lohmühle, das den größeren Anteil des Gesamtabflusses des Neckars zur Energiegewinnung nutzt. Hier ist also von einer Teilentkopplung des Standardverhältnisses zwischen Abfluss-/Strömungs- und Temperaturbedingungen auszugehen. Da jedoch sowohl die Temperatur- als auch die TBM-Messstelle in einem Ausleitungsstreckenabschnitt liegen, sollten dadurch zumindest die Temperaturentwicklungen an der TBM-Messstelle einigermaßen gut beschrieben sein.

#### Große Lauter Lauterach

Während die TBM-Messstelle für das Makrozoobenthos in einem Seitenarm liegt, wurden die Temperaturmessungen mehrere hundert Meter oberhalb vor der Aufteilung des Gewässers vorgenommen. Fotorecherchen im Internet zeigen einen oberhalb liegenden stark strömenden Abschnitt und auch Hinweise auf den "wildwasserähnlichen Charakter des Gewässers im Unterlauf" bestätigen die hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Durch die unterschiedliche Lage der Temperatur- und der TBM-Messstelle wird der Zusammenhang zwischen der sommerlichen Wassertemperatur und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> durchbrochen.

#### Kocher Kochendorf

Die TBM-Messstelle liegt nah unterhalb eines Streichwehres, der einen Hauptteil der Kocher in den Mühlkanal ableitet. Oberhalb des Wehres kommt es zum Rückstau und in der Probestelle können z.T. extreme Niedrigwasserphasen auftreten. Die Temperaturmessungen wurden dagegen ca. 800 m unterhalb im wieder vereinten Gewässer vorgenommen. Die Korrelationen zwischen der Wassertemperatur und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> müssen unter diesen Bedingungen entsprechend schlecht ausfallen.



### 3.3.2.1 Ergebnisse für Neckar\_Börstingen

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 42).

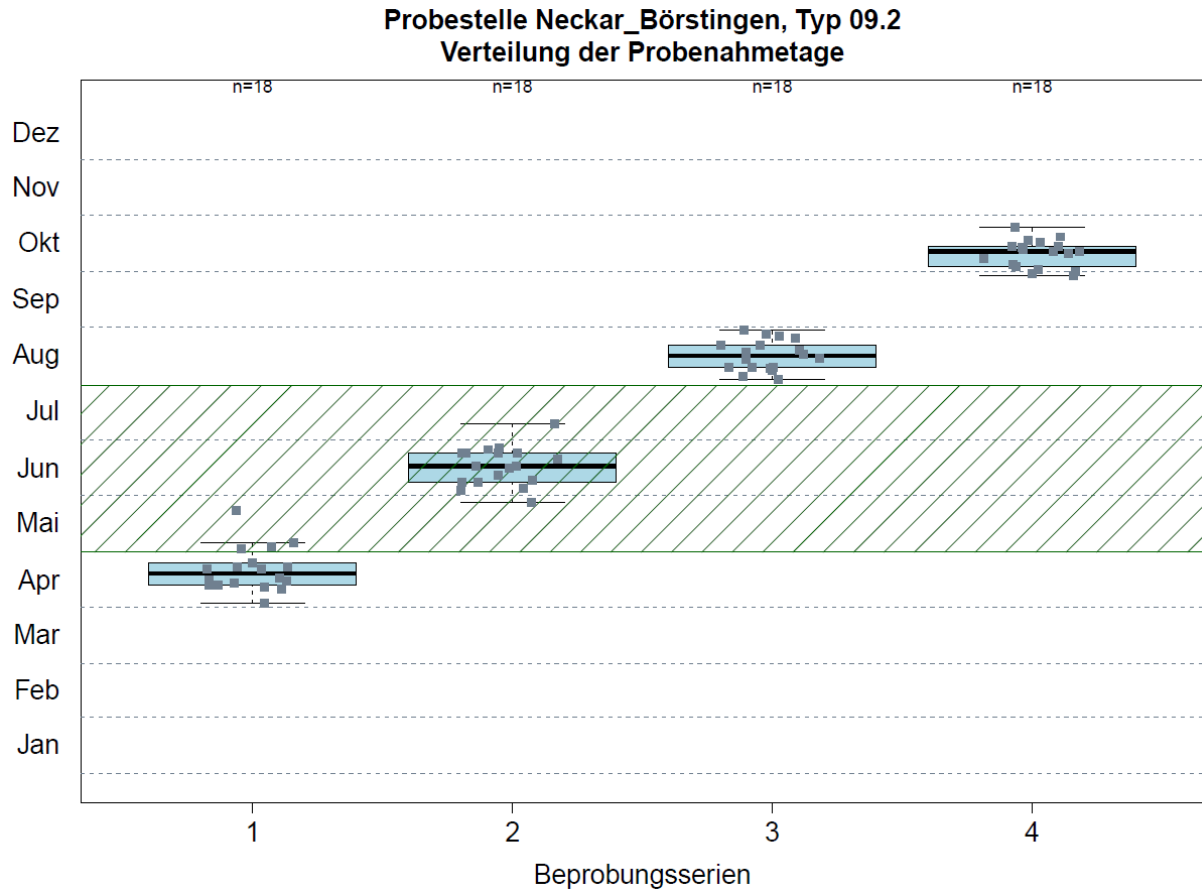


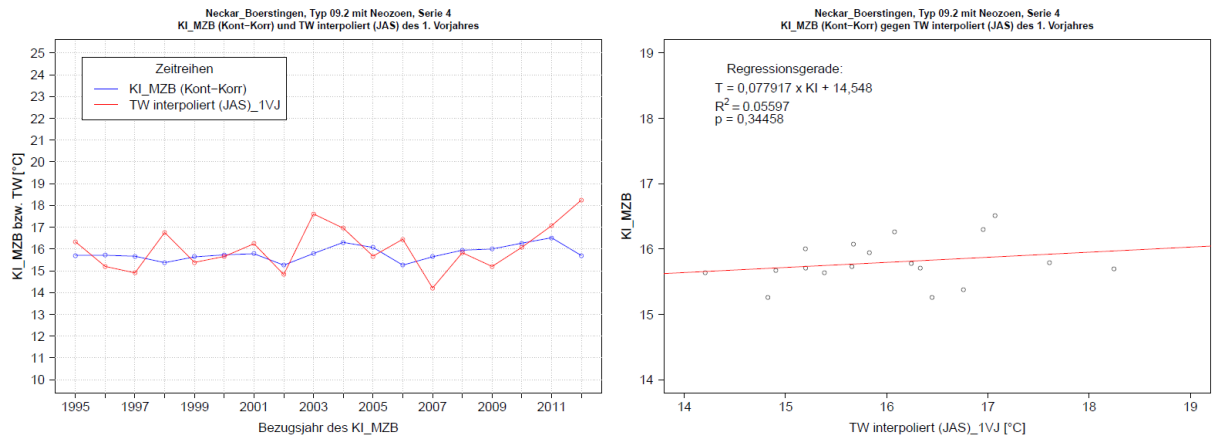
Abbildung 42: Neckar\_Börstingen: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer



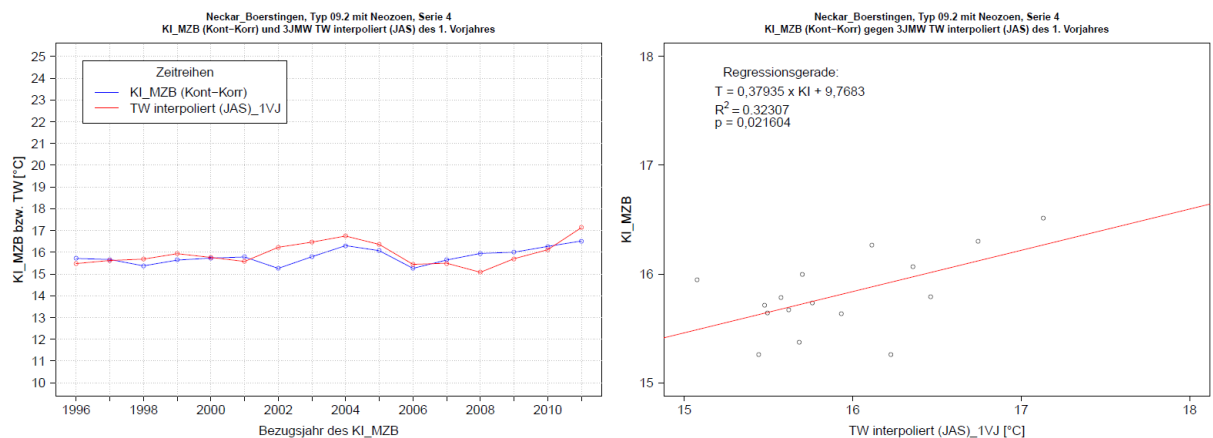
Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Neckar\_Börstingen für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 14 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 43, Abbildung 44 und Abbildung 45) dargestellt.

Tabelle 14: Neckar\_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

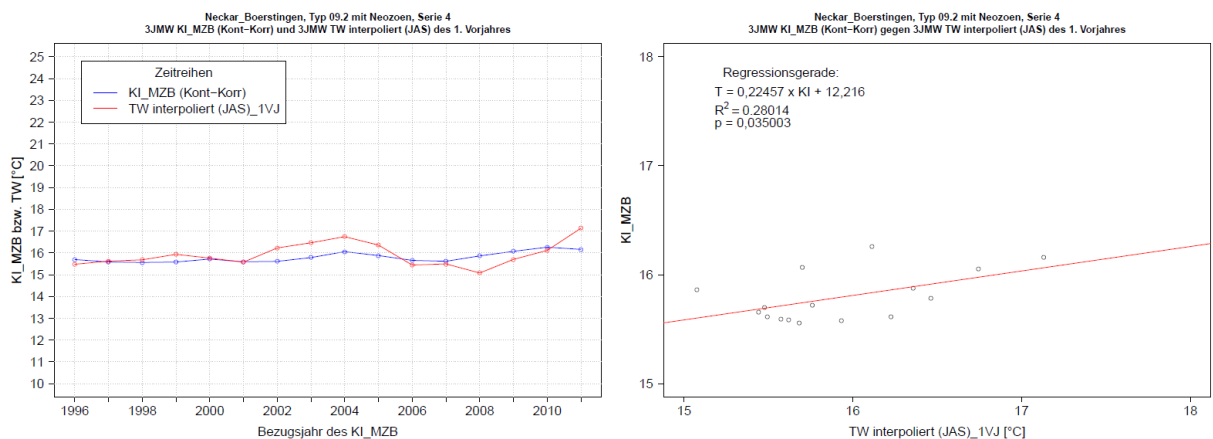
Neckar_Boerstingen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schnptkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-0,987	0,987	1,191	0,975	0,694	0,199	0,06375	0,3245	0,6755	9,8433
		2	0,071	0,071	0,808	0,970	0,505	0,131	0,13979	0,1507	0,8493	13,6880
		3	-0,071	0,071	0,618	0,844	0,560	0,345	0,01037	0,3027	0,6973	11,1100
		4	-0,236	0,236	0,789	1,014	0,654	0,056	0,34458	0,0779	0,9221	14,5480
	JJA	1	-1,695	1,695	1,758	1,092	0,982	0,242	0,03816	0,2992	0,7008	10,0380
		2	-0,637	0,637	1,001	1,191	0,888	0,085	0,24072	0,1013	0,8987	14,4080
		3	-0,779	0,779	1,053	1,099	0,822	0,221	0,04928	0,2022	0,7978	12,5780
		4	-0,944	0,944	1,128	1,192	1,008	0,081	0,25268	0,0783	0,9217	14,4870
	JA	1	-1,932	1,932	1,979	1,076	0,982	0,244	0,03725	0,3048	0,6952	9,8718
		2	-0,874	0,874	1,065	1,155	0,970	0,112	0,17532	0,1179	0,8821	14,1030
		3	-1,016	1,016	1,219	1,049	0,787	0,275	0,02533	0,2293	0,7707	12,0700
		4	-1,181	1,181	1,276	1,177	1,067	0,077	0,26390	0,0776	0,9224	14,4800
	Max	1	-2,300	2,300	2,312	1,166	1,139	0,259	0,03105	0,2847	0,7153	10,1080
		2	-1,242	1,242	1,335	1,291	1,189	0,088	0,23279	0,0947	0,9053	14,4610
		3	-1,384	1,384	1,541	1,205	0,981	0,209	0,05615	0,1813	0,8188	12,8190
		4	-1,549	1,549	1,593	1,292	1,234	0,089	0,23046	0,0753	0,9247	14,4910
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,896	0,896	0,942	0,698	0,630	0,127	0,17567	0,4414	0,5586	7,9999
		2	0,185	0,185	0,493	0,704	0,523	0,000	0,95809	0,0120	0,9880	15,9180
		3	0,002	0,002	0,494	0,640	0,387	0,103	0,22464	0,3296	0,6704	10,6790
		4	-0,116	0,116	0,360	0,450	0,280	0,323	0,02160	0,3794	0,6207	9,7683
	JJA	1	-1,599	1,599	1,599	0,806	0,806	0,076	0,30011	0,2785	0,7215	10,3990
		2	-0,519	0,519	0,775	0,788	0,517	0,003	0,84175	0,0371	0,9629	15,4930
		3	-0,701	0,701	0,856	0,789	0,605	0,032	0,50797	0,1489	0,8511	13,4510
		4	-0,820	0,820	0,867	0,589	0,511	0,226	0,06286	0,2579	0,7421	11,5210
	JA	1	-1,827	1,827	1,827	0,762	0,762	0,118	0,19228	0,3523	0,6477	9,0911
		2	-0,747	0,747	0,902	0,777	0,575	0,004	0,82245	0,0424	0,9576	15,3950
		3	-0,929	0,929	1,019	0,751	0,614	0,059	0,36612	0,2053	0,7947	12,4670
		4	-1,047	1,047	1,064	0,556	0,520	0,283	0,03407	0,2934	0,7066	10,8640
	Max	1	-2,193	2,193	2,193	0,827	0,827	0,093	0,25055	0,2819	0,7181	10,1750
		2	-1,113	1,113	1,192	0,830	0,704	0,006	0,78379	0,0468	0,9532	15,3050
		3	-1,295	1,295	1,353	0,839	0,735	0,028	0,53445	0,1283	0,8717	13,7190
		4	-1,414	1,414	1,414	0,636	0,636	0,238	0,05551	0,2425	0,7575	11,6330
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,882	0,882	0,940	0,606	0,505	0,192	0,08925	0,4821	0,5179	7,3651
		2	0,189	0,189	0,448	0,549	0,354	0,055	0,38229	0,1202	0,8798	14,2000
		3	0,017	0,017	0,391	0,489	0,276	0,257	0,04522	0,3894	0,6106	9,7415
		4	-0,133	0,133	0,366	0,464	0,302	0,280	0,03500	0,2246	0,7754	12,2160
	JJA	1	-1,586	1,586	1,586	0,722	0,722	0,124	0,18135	0,3145	0,6855	9,8126
		2	-0,515	0,515	0,673	0,673	0,502	0,036	0,47990	0,0794	0,9206	14,7930
		3	-0,687	0,687	0,784	0,671	0,545	0,093	0,25104	0,1905	0,8095	12,7750
		4	-0,837	0,837	0,874	0,609	0,550	0,174	0,10792	0,1439	0,8561	13,3990
	JA	1	-1,814	1,814	1,814	0,674	0,674	0,180	0,10142	0,3857	0,6143	8,5416
		2	-0,743	0,743	0,796	0,649	0,577	0,057	0,37139	0,1016	0,8984	14,4010
		3	-0,914	0,914	0,944	0,621	0,572	0,161	0,12393	0,2547	0,7453	11,6490
		4	-1,064	1,064	1,071	0,580	0,567	0,238	0,05535	0,1711	0,8289	12,9080
	Max	1	-2,180	2,180	2,180	0,745	0,745	0,146	0,14454	0,3129	0,6871	9,6541
		2	-1,109	1,109	1,115	0,721	0,711	0,046	0,42375	0,0822	0,9178	14,6970
		3	-1,281	1,281	1,281	0,723	0,723	0,089	0,26223	0,1708	0,8292	13,0010
		4	-1,431	1,431	1,431	0,661	0,661	0,189	0,09284	0,1374	0,8626	13,4270



**Abbildung 43:** Neckar\_Börsingen:  $KLIWA\text{-}Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 44:** Neckar\_Börsingen:  $KLIWA\text{-}Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

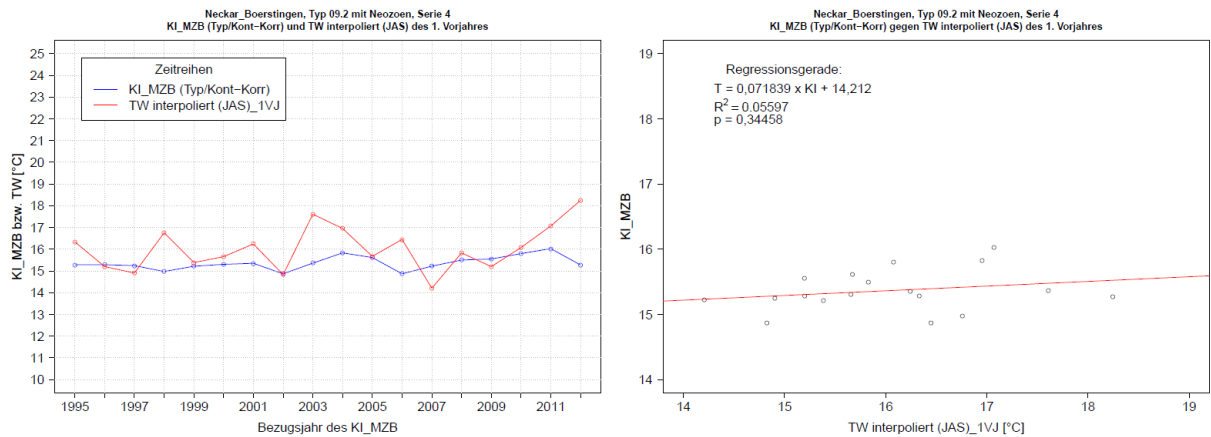


**Abbildung 45:** Neckar\_Börsingen: 3JMW  $KLIWA\text{-}Index_{MZB}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

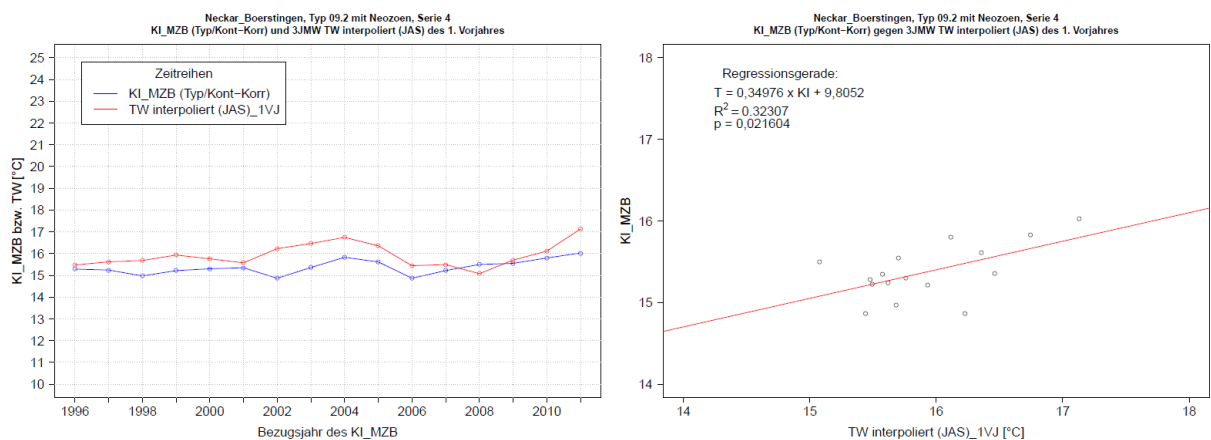
Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Neckar\_Börstingen für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 15 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 46, Abbildung 47, Abbildung 48 und Abbildung 35) dargestellt.

Tabelle 15: Neckar\_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

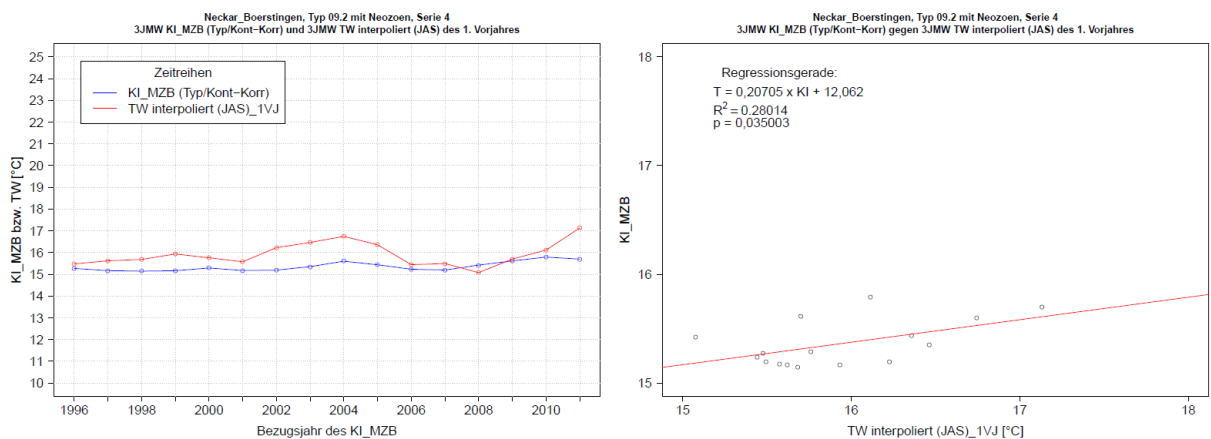
Neckar_Boerstingen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,362	1,362	1,468	0,959	0,776	0,199	0,06375	0,2992	0,7008	9,8744
		2	-0,387	0,387	0,804	0,968	0,641	0,131	0,13979	0,1390	0,8610	13,4190
		3	-0,518	0,518	0,786	0,849	0,592	0,345	0,01037	0,2791	0,7209	11,0420
		4	-0,670	0,670	0,873	1,012	0,831	0,056	0,34458	0,0718	0,9282	14,2120
	JJA	1	-2,070	2,070	2,088	1,086	1,048	0,242	0,03816	0,2758	0,7242	10,0540
		2	-1,094	1,094	1,184	1,190	1,095	0,085	0,24072	0,0934	0,9066	14,0830
		3	-1,225	1,225	1,374	1,101	0,896	0,221	0,04928	0,1864	0,8136	12,3960
		4	-1,377	1,377	1,425	1,192	1,132	0,081	0,25268	0,0722	0,9278	14,1560
	JA	1	-2,307	2,307	2,309	1,069	1,064	0,244	0,03725	0,2810	0,7190	9,9006
		2	-1,331	1,331	1,374	1,155	1,101	0,112	0,17532	0,1087	0,8913	13,8010
		3	-1,462	1,462	1,564	1,054	0,885	0,275	0,02533	0,2114	0,7886	11,9280
		4	-1,615	1,615	1,646	1,177	1,130	0,077	0,26390	0,0716	0,9284	14,1490
	Max	1	-2,675	2,675	2,675	1,164	1,164	0,259	0,03105	0,2625	0,7375	10,1180
		2	-1,699	1,699	1,699	1,291	1,291	0,088	0,23279	0,0873	0,9127	14,1320
		3	-1,830	1,830	1,887	1,208	1,112	0,209	0,05615	0,1671	0,8329	12,6180
		4	-1,982	1,982	1,982	1,293	1,293	0,089	0,23046	0,0694	0,9306	14,1600
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,269	1,269	1,269	0,663	0,663	0,127	0,17567	0,4070	0,5930	8,1747
		2	-0,273	0,273	0,577	0,682	0,435	0,000	0,95809	0,0111	0,9889	15,4760
		3	-0,441	0,441	0,625	0,616	0,412	0,103	0,22464	0,3039	0,6961	10,6450
		4	-0,550	0,550	0,603	0,447	0,368	0,323	0,02160	0,3498	0,6502	9,8052
	JJA	1	-1,973	1,973	1,973	0,776	0,776	0,076	0,30011	0,2568	0,7432	10,3870
		2	-0,977	0,977	1,068	0,770	0,628	0,003	0,84175	0,0342	0,9658	15,0830
		3	-1,145	1,145	1,204	0,766	0,663	0,032	0,50797	0,1373	0,8627	13,2010
		4	-1,254	1,254	1,254	0,588	0,588	0,226	0,06286	0,2378	0,7622	11,4210
	JA	1	-2,200	2,200	2,200	0,732	0,732	0,118	0,19228	0,3248	0,6752	9,1809
		2	-1,204	1,204	1,249	0,758	0,676	0,004	0,82245	0,0391	0,9609	14,9930
		3	-1,373	1,373	1,401	0,729	0,668	0,059	0,36612	0,1893	0,8107	12,2930
		4	-1,482	1,482	1,482	0,556	0,556	0,283	0,03407	0,2705	0,7295	10,8160
	Max	1	-2,567	2,567	2,567	0,800	0,800	0,093	0,25055	0,2599	0,7401	10,1800
		2	-1,571	1,571	1,584	0,813	0,786	0,006	0,78379	0,0431	0,9569	14,9100
		3	-1,739	1,739	1,739	0,817	0,817	0,028	0,53445	0,1183	0,8817	13,4470
		4	-1,848	1,848	1,848	0,636	0,636	0,238	0,05551	0,2236	0,7764	11,5240
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,257	1,257	1,257	0,579	0,579	0,192	0,08925	0,4445	0,5555	7,5895
		2	-0,269	0,269	0,449	0,543	0,398	0,055	0,38229	0,1108	0,8892	13,8910
		3	-0,428	0,428	0,532	0,481	0,352	0,257	0,04522	0,3590	0,6410	9,7805
		4	-0,566	0,566	0,609	0,467	0,404	0,280	0,03500	0,2071	0,7930	12,0620
	JJA	1	-1,961	1,961	1,961	0,700	0,700	0,124	0,18135	0,2900	0,7100	9,8461
		2	-0,973	0,973	0,984	0,668	0,650	0,036	0,47990	0,0732	0,9268	14,4380
		3	-1,131	1,131	1,135	0,661	0,655	0,093	0,25104	0,1756	0,8244	12,5770
		4	-1,270	1,270	1,270	0,610	0,610	0,174	0,10792	0,1327	0,8673	13,1530
	JA	1	-2,188	2,188	2,188	0,654	0,654	0,180	0,10142	0,3556	0,6444	8,6742
		2	-1,201	1,201	1,201	0,645	0,645	0,057	0,37139	0,0937	0,9063	14,0760
		3	-1,359	1,359	1,359	0,614	0,614	0,161	0,12393	0,2349	0,7651	11,5390
		4	-1,497	1,497	1,497	0,583	0,583	0,238	0,05535	0,1577	0,8423	12,7000
	Max	1	-2,555	2,555	2,555	0,726	0,726	0,146	0,14454	0,2885	0,7115	9,6999
		2	-1,567	1,567	1,567	0,718	0,718	0,046	0,42375	0,0758	0,9242	14,3500
		3	-1,725	1,725	1,725	0,715	0,715	0,089	0,26223	0,1575	0,8425	12,7860
		4	-1,864	1,864	1,864	0,664	0,664	0,189	0,09284	0,1267	0,8734	13,1780



**Abbildung 46:** Neckar\_Börsingen:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 47:** Neckar\_Börsingen:  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen



**Abbildung 48:** Neckar\_Börsingen: 3JMW  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Neckar\_Börstingen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 16 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 49, Abbildung 50 und Abbildung 51) dargestellt.

Tabelle 16: Neckar\_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Neckar_Boerstingen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,027	1,027	1,226	0,977	0,692	0,195	0,06639	0,3200	0,6800	9,8757
		2	0,032	0,032	0,817	0,979	0,503	0,117	0,16553	0,1392	0,8608	13,8340
		3	-0,148	0,148	0,653	0,871	0,575	0,305	0,01746	0,2551	0,7450	11,7960
		4	-0,291	0,291	0,771	1,001	0,681	0,074	0,27581	0,0890	0,9110	14,3160
	JJA	1	-1,734	1,734	1,797	1,091	0,978	0,243	0,03783	0,2981	0,7019	10,0170
		2	-0,675	0,675	1,012	1,199	0,914	0,074	0,27335	0,0929	0,9071	14,5100
		3	-0,856	0,856	1,120	1,127	0,847	0,180	0,07938	0,1637	0,8364	13,1460
		4	-0,998	0,998	1,145	1,176	1,025	0,109	0,18143	0,0903	0,9097	14,2310
	JA	1	-1,971	1,971	2,018	1,078	0,982	0,241	0,03842	0,3017	0,6984	9,8858
		2	-0,912	0,912	1,076	1,164	1,005	0,099	0,20335	0,1088	0,8912	14,2190
		3	-1,093	1,093	1,286	1,078	0,822	0,234	0,04177	0,1895	0,8105	12,6680
		4	-1,236	1,236	1,309	1,163	1,075	0,101	0,19911	0,0883	0,9117	14,2440
	Max	1	-2,339	2,339	2,352	1,166	1,139	0,258	0,03126	0,2830	0,7170	10,0990
		2	-1,280	1,280	1,369	1,299	1,200	0,078	0,26328	0,0872	0,9128	14,5530
		3	-1,461	1,461	1,609	1,233	1,020	0,171	0,08776	0,1469	0,8531	13,3380
		4	-1,604	1,604	1,642	1,276	1,223	0,116	0,16614	0,0859	0,9141	14,2530
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,940	0,940	0,980	0,692	0,630	0,129	0,17262	0,4402	0,5598	7,9749
		2	0,142	0,142	0,480	0,708	0,527	0,000	0,96157	-0,0108	1,0108	16,2400
		3	-0,075	0,075	0,476	0,627	0,396	0,075	0,30366	0,2507	0,7493	11,8580
		4	-0,170	0,170	0,339	0,428	0,302	0,381	0,01090	0,4099	0,5901	9,2272
	JJA	1	-1,644	1,644	1,644	0,800	0,800	0,079	0,29142	0,2807	0,7193	10,3180
		2	-0,561	0,561	0,802	0,789	0,523	0,002	0,88636	0,0261	0,9739	15,6340
		3	-0,779	0,779	0,909	0,776	0,606	0,018	0,61888	0,1001	0,8999	14,1860
		4	-0,874	0,874	0,913	0,559	0,487	0,299	0,02835	0,2955	0,7045	10,8420
	JA	1	-1,871	1,871	1,871	0,756	0,756	0,120	0,18839	0,3519	0,6481	9,0536
		2	-0,789	0,789	0,940	0,779	0,573	0,002	0,88008	0,0280	0,9720	15,5960
		3	-1,006	1,006	1,096	0,740	0,589	0,039	0,46310	0,1493	0,8507	13,3340
		4	-1,102	1,102	1,111	0,530	0,510	0,349	0,01598	0,3245	0,6755	10,2840
	Max	1	-2,238	2,238	2,238	0,821	0,821	0,095	0,24475	0,2825	0,7175	10,1190
		2	-1,155	1,155	1,230	0,831	0,708	0,004	0,82354	0,0373	0,9627	15,4260
		3	-1,373	1,373	1,431	0,828	0,715	0,016	0,64209	0,0858	0,9142	14,3730
		4	-1,468	1,468	1,468	0,607	0,607	0,310	0,02518	0,2756	0,7244	11,0080
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-0,923	0,923	0,974	0,604	0,512	0,184	0,09702	0,4635	0,5365	7,6201
		2	0,149	0,149	0,451	0,560	0,347	0,037	0,47738	0,0975	0,9025	14,5220
		3	-0,058	0,058	0,392	0,500	0,300	0,209	0,07519	0,3189	0,6811	10,7880
		4	-0,185	0,185	0,350	0,440	0,315	0,396	0,00905	0,2504	0,7496	11,7520
	JJA	1	-1,627	1,627	1,627	0,719	0,719	0,121	0,18737	0,3050	0,6950	9,9303
		2	-0,554	0,554	0,693	0,682	0,530	0,024	0,56369	0,0646	0,9354	15,0000
		3	-0,762	0,762	0,854	0,683	0,555	0,059	0,36524	0,1377	0,8623	13,5770
		4	-0,888	0,888	0,912	0,583	0,544	0,278	0,03588	0,1707	0,8293	12,9020
	JA	1	-1,855	1,855	1,855	0,673	0,673	0,174	0,10763	0,3727	0,6273	8,7191
		2	-0,782	0,782	0,829	0,659	0,594	0,041	0,45370	0,0849	0,9151	14,6430
		3	-0,990	0,990	1,017	0,635	0,587	0,119	0,19166	0,1987	0,8013	12,5180
		4	-1,116	1,116	1,116	0,557	0,557	0,349	0,01593	0,1946	0,8054	12,4610
	Max	1	-2,221	2,221	2,221	0,743	0,743	0,142	0,15022	0,3034	0,6967	9,7773
		2	-1,149	1,149	1,151	0,730	0,727	0,033	0,50008	0,0691	0,9309	14,8850
		3	-1,356	1,356	1,356	0,737	0,737	0,056	0,37543	0,1237	0,8763	13,7370
		4	-1,482	1,482	1,482	0,638	0,638	0,292	0,03055	0,1606	0,8395	12,9760



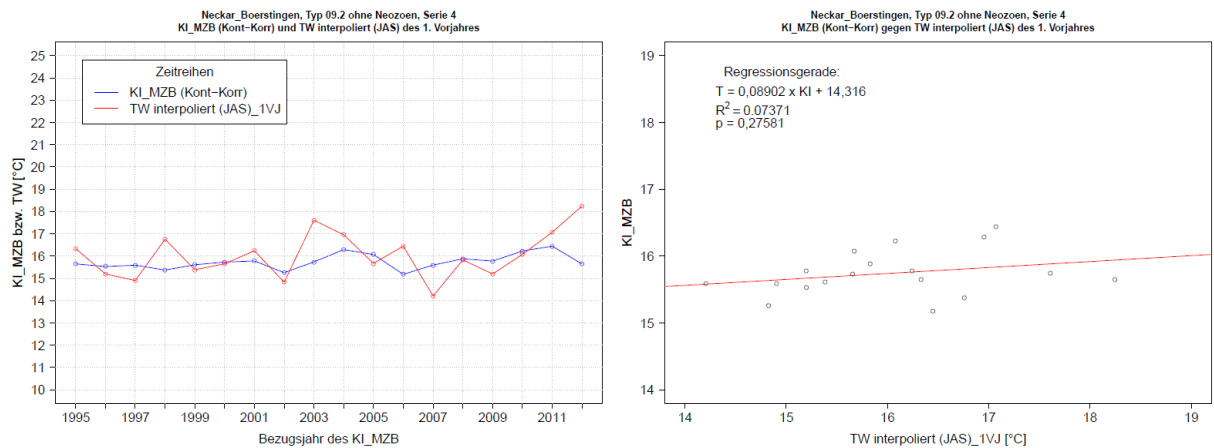


Abbildung 49: Neckar\_Börsingen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

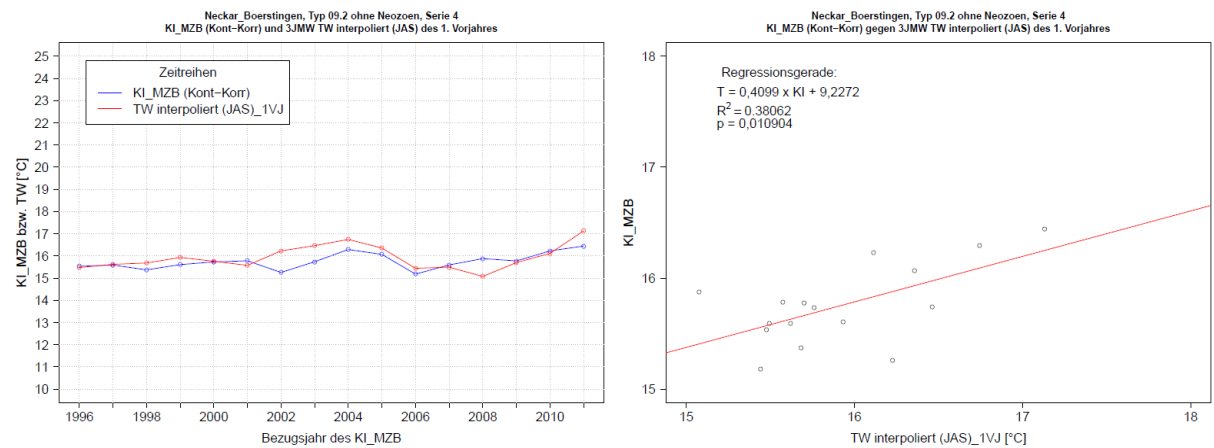


Abbildung 50: Neckar\_Börsingen: KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

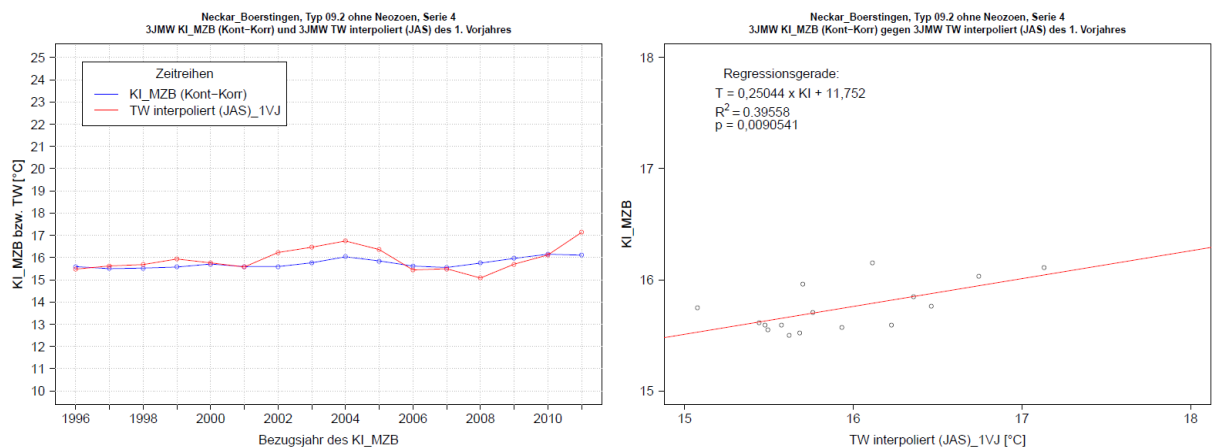


Abbildung 51: Neckar\_Börsingen: 3JMW KLIWA-Index<sub>MZB</sub>(Kont-Korr) ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Neckar\_Börstingen für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 17 und anschließend in den drei nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 52, Abbildung 53 und Abbildung 54) dargestellt.

Tabelle 17: Neckar\_Börstingen: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Neckar_Boerstingen, Typ 09.2: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,399	1,399	1,501	0,961	0,781	0,195	0,06639	0,2951	0,7049	9,9042
		2	-0,422	0,422	0,814	0,977	0,664	0,117	0,16553	0,1284	0,8716	13,5540
		3	-0,588	0,588	0,844	0,876	0,616	0,305	0,01746	0,2352	0,7648	11,6750
		4	-0,720	0,720	0,879	1,000	0,856	0,074	0,27581	0,0821	0,9179	13,9980
	JJA	1	-2,106	2,106	2,124	1,085	1,046	0,243	0,03783	0,2749	0,7252	10,0340
		2	-1,130	1,130	1,215	1,197	1,106	0,074	0,27335	0,0857	0,9143	14,1770
		3	-1,296	1,296	1,436	1,129	0,933	0,180	0,07938	0,1509	0,8491	12,9200
		4	-1,428	1,428	1,470	1,178	1,121	0,109	0,18143	0,0833	0,9167	13,9190
	JA	1	-2,343	2,343	2,346	1,071	1,066	0,241	0,03842	0,2781	0,7219	9,9135
		2	-1,367	1,367	1,405	1,163	1,114	0,099	0,20335	0,1003	0,8997	13,9090
		3	-1,533	1,533	1,626	1,083	0,928	0,234	0,04177	0,1747	0,8253	12,4790
		4	-1,665	1,665	1,691	1,164	1,123	0,101	0,19911	0,0814	0,9186	13,9320
	Max	1	-2,711	2,711	2,711	1,164	1,164	0,258	0,03126	0,2609	0,7391	10,1100
		2	-1,735	1,735	1,735	1,298	1,298	0,078	0,26328	0,0804	0,9196	14,2170
		3	-1,901	1,901	1,949	1,236	1,154	0,171	0,08776	0,1354	0,8646	13,0970
		4	-2,033	2,033	2,033	1,279	1,279	0,116	0,16614	0,0792	0,9208	13,9400
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,310	1,310	1,310	0,658	0,658	0,129	0,17262	0,4059	0,5941	8,1517
		2	-0,312	0,312	0,596	0,686	0,443	0,000	0,96157	-0,0100	1,0100	15,7720
		3	-0,512	0,512	0,658	0,606	0,431	0,075	0,30366	0,2312	0,7689	11,7320
		4	-0,600	0,600	0,646	0,427	0,350	0,381	0,01090	0,3779	0,6221	9,3063
	JJA	1	-2,014	2,014	2,014	0,770	0,770	0,079	0,29142	0,2588	0,7412	10,3120
		2	-1,016	1,016	1,103	0,771	0,630	0,002	0,88636	0,0240	0,9760	15,2140
		3	-1,216	1,216	1,275	0,757	0,645	0,018	0,61888	0,0923	0,9077	13,8790
		4	-1,304	1,304	1,304	0,560	0,560	0,299	0,02835	0,2724	0,7276	10,7950
	JA	1	-2,241	2,241	2,241	0,727	0,727	0,120	0,18839	0,3245	0,6755	9,1462
		2	-1,243	1,243	1,285	0,761	0,684	0,002	0,88008	0,0258	0,9742	15,1780
		3	-1,444	1,444	1,472	0,722	0,658	0,039	0,46310	0,1377	0,8623	13,0930
		4	-1,532	1,532	1,532	0,533	0,533	0,349	0,01598	0,2992	0,7008	10,2810
	Max	1	-2,608	2,608	2,608	0,795	0,795	0,095	0,24475	0,2605	0,7395	10,1290
		2	-1,610	1,610	1,619	0,815	0,795	0,004	0,82354	0,0344	0,9656	15,0210
		3	-1,810	1,810	1,810	0,810	0,810	0,016	0,64209	0,0791	0,9209	14,0510
		4	-1,898	1,898	1,898	0,609	0,609	0,310	0,02518	0,2541	0,7459	10,9480
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,295	1,295	1,295	0,579	0,579	0,184	0,09702	0,4274	0,5726	7,8246
		2	-0,306	0,306	0,461	0,554	0,424	0,037	0,47738	0,0899	0,9101	14,1880
		3	-0,497	0,497	0,590	0,493	0,369	0,209	0,07519	0,2941	0,7060	10,7450
		4	-0,614	0,614	0,644	0,445	0,397	0,396	0,00905	0,2309	0,7691	11,6340
	JJA	1	-1,999	1,999	1,999	0,698	0,698	0,121	0,18737	0,2812	0,7188	9,9546
		2	-1,010	1,010	1,017	0,676	0,665	0,024	0,56369	0,0596	0,9404	14,6290
		3	-1,201	1,201	1,203	0,674	0,671	0,059	0,36524	0,1270	0,8730	13,3170
		4	-1,317	1,317	1,317	0,588	0,588	0,278	0,03588	0,1574	0,8426	12,6950
	JA	1	-2,226	2,226	2,226	0,653	0,653	0,174	0,10763	0,3437	0,6564	8,8379
		2	-1,237	1,237	1,237	0,655	0,655	0,041	0,45370	0,0783	0,9217	14,3000
		3	-1,429	1,429	1,429	0,629	0,629	0,119	0,19166	0,1832	0,8168	12,3400
		4	-1,545	1,545	1,545	0,562	0,562	0,349	0,01593	0,1794	0,8206	12,2880
	Max	1	-2,593	2,593	2,593	0,725	0,725	0,142	0,15022	0,2797	0,7203	9,8135
		2	-1,604	1,604	1,604	0,726	0,726	0,033	0,50008	0,0637	0,9363	14,5230
		3	-1,795	1,795	1,795	0,729	0,729	0,056	0,37543	0,1140	0,8860	13,4640
		4	-1,911	1,911	1,911	0,643	0,643	0,292	0,03055	0,1480	0,8520	12,7620



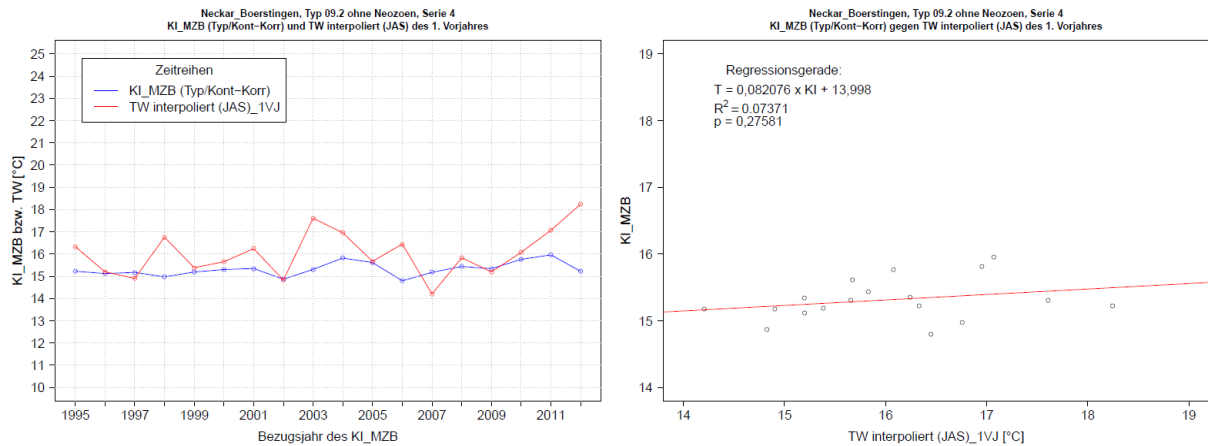


Abbildung 52: Neckar\_Börsingen:  $KLIWA\text{-}Index_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

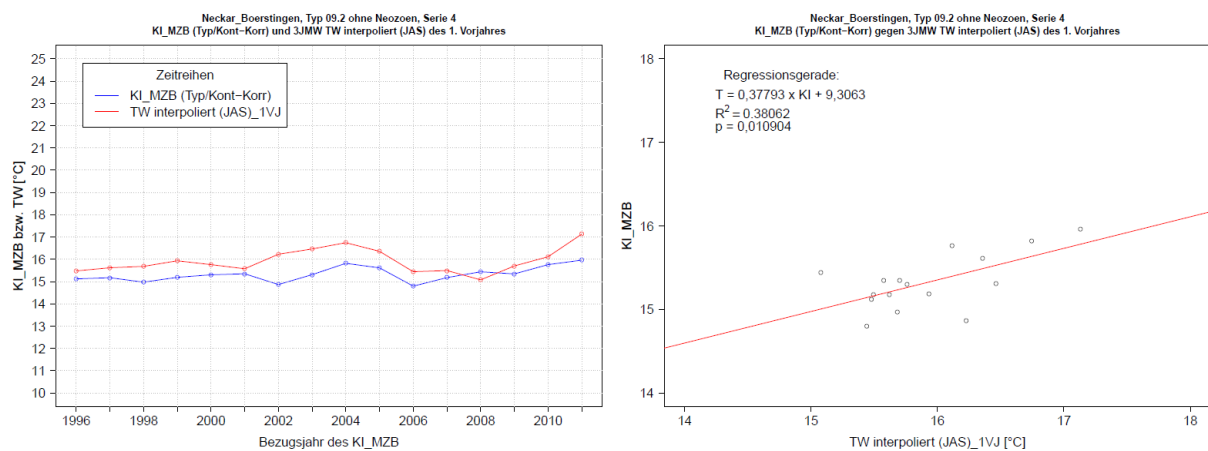


Abbildung 53: Neckar\_Börsingen:  $KLIWA\text{-}Index_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

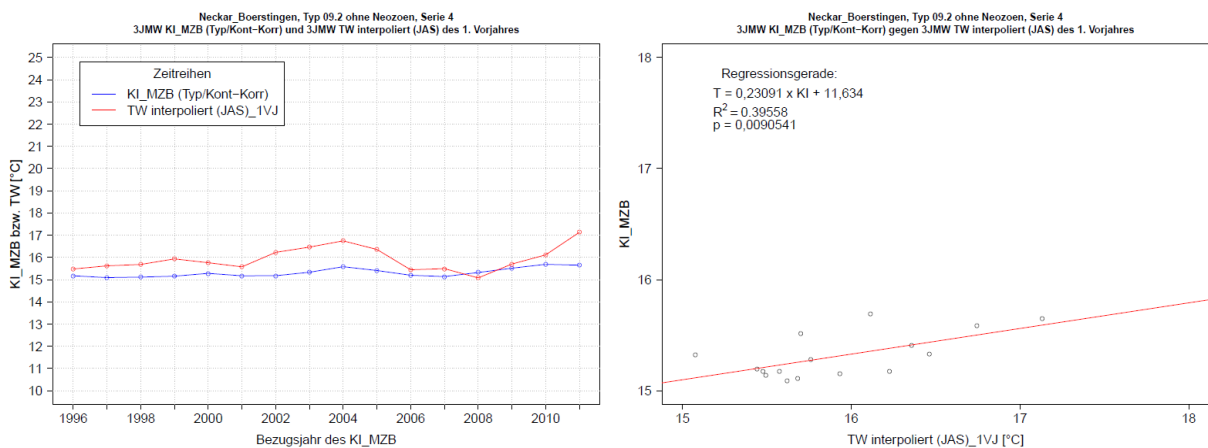


Abbildung 54: Neckar\_Börsingen: 3JMW  $KLIWA\text{-}Index_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen, Serie 3 versus 3JMW TW (JAS); links: Entwicklung der JAS-TW (rot) und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte im zeitlichen Verlauf; rechts: Scatterplot der Beziehung zwischen beiden Größen

### 3.3.2.2 Ergebnisse für Große Lauter\_Lauterach

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 55).

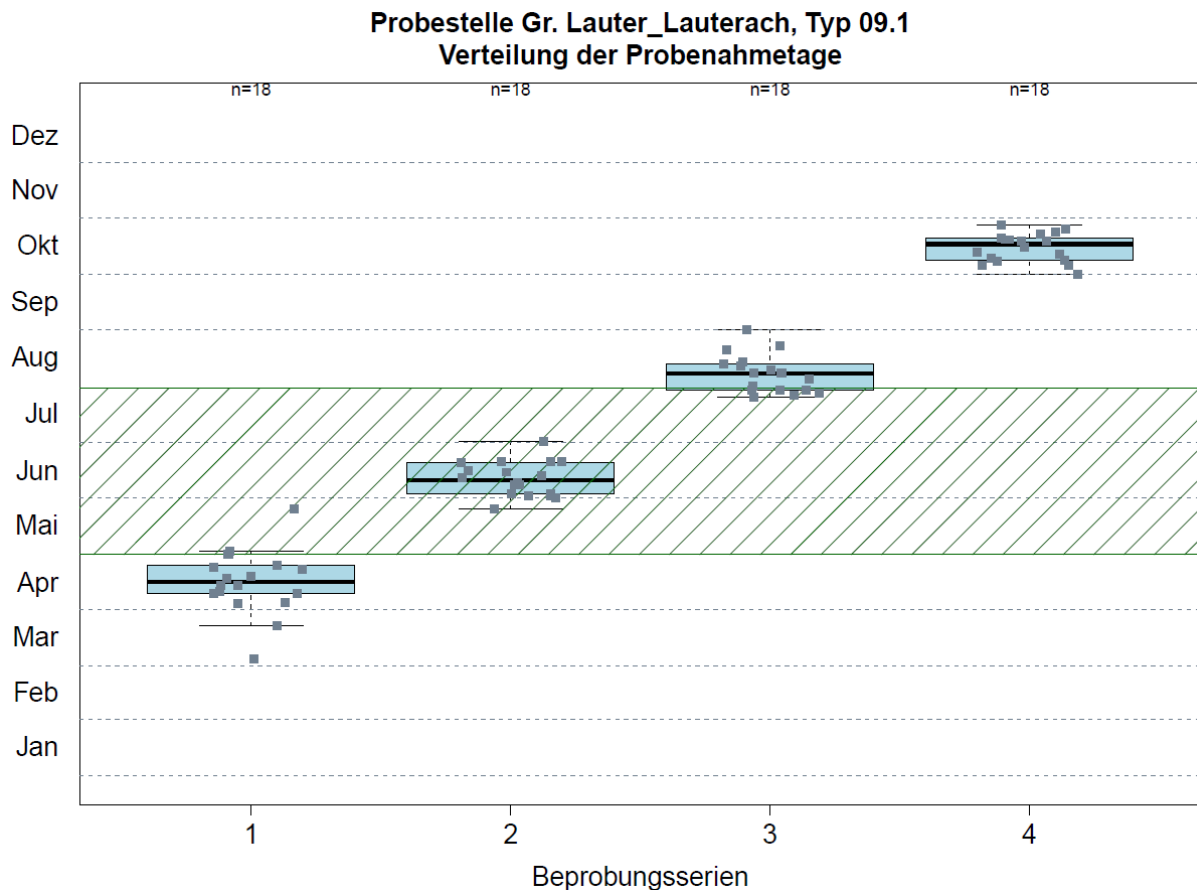


Abbildung 55: Große Lauter\_Lauterach: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Große Lauter\_Lauterach für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 18 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 18: Große Lauter\_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $K_{IMZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Gr. Lauter_Lauterach, Typ 09.1: $K_{IMZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	$r^2$ -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>K<sub>IMZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,786	1,786	1,786	0,972	0,972	<b>0,131</b>	<b>0,13947</b>	0,1872	0,8128	9,5614
		2	-0,989	0,989	1,090	1,008	0,891	<b>0,083</b>	<b>0,24619</b>	0,1433	0,8568	10,9710
		3	-0,771	0,771	1,023	0,939	0,635	<b>0,218</b>	<b>0,05097</b>	0,3227	0,6773	8,6842
		4	-1,241	1,241	1,291	0,908	0,829	<b>0,265</b>	0,02879	0,3727	0,6273	7,5161
	JJA	1	-2,356	2,356	2,356	1,142	1,142	<b>0,125</b>	<b>0,14988</b>	0,1546	0,8454	9,9278
		2	-1,560	1,560	1,658	1,295	1,160	<b>0,002</b>	<b>0,84409</b>	0,0210	0,9790	12,6650
		3	-1,342	1,342	1,389	1,048	0,980	<b>0,263</b>	0,02968	0,2999	0,7001	8,8308
		4	-1,811	1,811	1,811	1,010	1,010	<b>0,313</b>	0,01578	0,3427	0,6573	7,7393
	JA	1	-2,515	2,515	2,515	1,115	1,115	<b>0,137</b>	<b>0,13112</b>	0,1642	0,8359	9,7629
		2	-1,719	1,719	1,770	1,233	1,154	<b>0,020</b>	<b>0,57835</b>	0,0600	0,9400	12,0890
		3	-1,500	1,500	1,521	1,025	0,992	<b>0,271</b>	0,02663	0,3098	0,6902	8,6381
		4	-1,970	1,970	1,970	0,989	0,989	<b>0,320</b>	0,01450	0,3518	0,6482	7,5512
	Max	1	-2,822	2,822	2,822	1,220	1,220	<b>0,134</b>	<b>0,13578</b>	0,1484	0,8516	9,9493
		2	-2,025	2,025	2,074	1,387	1,308	<b>0,002</b>	<b>0,87686</b>	0,0154	0,9846	12,7400
		3	-1,807	1,807	1,807	1,103	1,103	<b>0,290</b>	0,02114	0,2927	0,7073	8,8001
		4	-2,277	2,277	2,277	1,074	1,074	<b>0,327</b>	0,01311	0,3254	0,6746	7,8392
<b>K<sub>IMZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,767	1,767	1,767	0,640	0,640	<b>0,077</b>	<b>0,29849</b>	0,2801	0,7199	8,2901
		2	-1,037	1,037	1,081	0,717	0,644	<b>0,005</b>	<b>0,78634</b>	0,0728	0,9272	11,9160
		3	-0,756	0,756	0,792	0,645	0,597	<b>0,148</b>	<b>0,14167</b>	0,4525	0,5475	6,8930
		4	-1,208	1,208	1,215	0,828	0,817	<b>0,060</b>	<b>0,35887</b>	0,3620	0,6380	7,7045
	JJA	1	-2,338	2,338	2,338	0,736	0,736	<b>0,090</b>	<b>0,25978</b>	0,2323	0,7677	8,8255
		2	-1,608	1,608	1,608	0,923	0,923	<b>0,020</b>	<b>0,60399</b>	-0,1066	1,1066	14,4830
		3	-1,327	1,327	1,327	0,689	0,689	<b>0,206</b>	<b>0,07716</b>	0,4106	0,5894	7,2438
		4	-1,779	1,779	1,779	0,896	0,896	<b>0,069</b>	<b>0,32675</b>	0,2964	0,7036	8,4518
	JA	1	-2,505	2,505	2,505	0,704	0,704	<b>0,098</b>	<b>0,23834</b>	0,2559	0,7441	8,4397
		2	-1,775	1,775	1,775	0,856	0,856	<b>0,002</b>	<b>0,87012</b>	-0,0356	1,0356	13,4570
		3	-1,494	1,494	1,494	0,658	0,658	<b>0,221</b>	<b>0,06593</b>	0,4487	0,5513	6,6149
		4	-1,946	1,946	1,946	0,868	0,868	<b>0,077</b>	<b>0,29867</b>	0,3307	0,6693	7,8977
	Max	1	-2,811	2,811	2,811	0,762	0,762	<b>0,104</b>	<b>0,22325</b>	0,2324	0,7676	8,7141
		2	-2,081	2,081	2,081	0,963	0,963	<b>0,017</b>	<b>0,63148</b>	-0,0917	1,0917	14,3100
		3	-1,800	1,800	1,800	0,692	0,692	<b>0,247</b>	0,04991	0,4179	0,5821	6,9397
		4	-2,252	2,252	2,252	0,915	0,915	<b>0,078</b>	<b>0,29495</b>	0,2934	0,7066	8,3562
<b>3JMW <math>K_{IMZB}</math> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,796	1,796	1,796	0,519	0,519	<b>0,070</b>	<b>0,32074</b>	0,1177	0,8823	10,5300
		2	-1,005	1,005	1,031	0,631	0,585	<b>0,002</b>	<b>0,87434</b>	0,0298	0,9702	12,5490
		3	-0,746	0,746	0,767	0,553	0,521	<b>0,122</b>	<b>0,18460</b>	0,2835	0,7165	9,2643
		4	-1,234	1,234	1,234	0,557	0,557	<b>0,048</b>	<b>0,41680</b>	0,1332	0,8668	10,8760
	JJA	1	-2,367	2,367	2,367	0,657	0,657	<b>0,094</b>	<b>0,24924</b>	0,1042	0,8958	10,6590
		2	-1,576	1,576	1,576	0,840	0,840	<b>0,035</b>	<b>0,48533</b>	-0,1001	1,1001	14,4220
		3	-1,316	1,316	1,316	0,601	0,601	<b>0,255</b>	0,04592	0,3147	0,6854	8,6495
		4	-1,805	1,805	1,805	0,710	0,710	<b>0,029</b>	<b>0,52666</b>	0,0801	0,9199	11,5710
	JA	1	-2,534	2,534	2,534	0,622	0,622	<b>0,097</b>	<b>0,24003</b>	0,1120	0,8880	10,5270
		2	-1,743	1,743	1,743	0,779	0,779	<b>0,008</b>	<b>0,73722</b>	-0,0512	1,0512	13,7180
		3	-1,484	1,484	1,484	0,578	0,578	<b>0,245</b>	<b>0,05105</b>	0,3255	0,6745	8,4370
		4	-1,972	1,972	1,972	0,661	0,661	<b>0,051</b>	<b>0,40184</b>	0,1113	0,8887	11,0990
	Max	1	-2,840	2,840	2,840	0,700	0,700	<b>0,110</b>	<b>0,20847</b>	0,1053	0,8948	10,5940
		2	-2,049	2,049	2,049	0,887	0,887	<b>0,034</b>	<b>0,49108</b>	-0,0919	1,0919	14,3450
		3	-1,789	1,789	1,789	0,619	0,619	<b>0,305</b>	0,02655	0,3196	0,6804	8,4259
		4	-2,278	2,278	2,278	0,748	0,748	<b>0,040</b>	<b>0,45885</b>	0,0869	0,9131	11,4320

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Große Lauter\_Lauterach für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 19 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 19: Große Lauter\_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $K_{LMZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Gr. Lauter_Lauterach, Typ 09.1: $K_{LMZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $K_{LMZB-TW}$ )	MW ( $K_{LMZB-TW}$ )	MW ( $K_{LMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{LMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{LMZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>K<sub>LMZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,502	1,502	1,509	0,990	0,978	<b>0,131</b>	<b>0,13947</b>	0,2181	0,7819	9,4135
		2	-0,574	0,574	0,894	1,030	0,750	<b>0,083</b>	<b>0,24619</b>	0,1669	0,8331	11,0550
		3	-0,320	0,320	0,780	0,975	0,643	<b>0,218</b>	<b>0,05097</b>	0,3760	0,6240	8,3914
		4	-0,867	0,867	0,979	0,944	0,820	<b>0,265</b>	0,02879	0,4342	0,5658	7,0305
	JJA	1	-2,073	2,073	2,078	1,153	1,143	<b>0,125</b>	<b>0,14988</b>	0,1801	0,8199	9,8404
		2	-1,145	1,145	1,400	1,327	1,037	<b>0,002</b>	<b>0,84409</b>	0,0245	0,9755	13,0300
		3	-0,891	0,891	1,097	1,064	0,835	<b>0,263</b>	0,02968	0,3494	0,6506	8,5623
		4	-1,438	1,438	1,438	1,025	1,025	<b>0,313</b>	0,01578	0,3993	0,6007	7,2906
	JA	1	-2,231	2,231	2,231	1,126	1,126	<b>0,137</b>	<b>0,13112</b>	0,1913	0,8088	9,6483
		2	-1,304	1,304	1,452	1,260	1,074	<b>0,020</b>	<b>0,57835</b>	0,0699	0,9301	12,3580
		3	-1,049	1,049	1,198	1,042	0,855	<b>0,271</b>	0,02663	0,3610	0,6391	8,3378
		4	-1,597	1,597	1,598	1,005	1,004	<b>0,320</b>	0,01450	0,4099	0,5901	7,0715
	Max	1	-2,538	2,538	2,538	1,227	1,227	<b>0,134</b>	<b>0,13578</b>	0,1729	0,8271	9,8655
		2	-1,610	1,610	1,752	1,417	1,227	<b>0,002</b>	<b>0,87686</b>	0,0179	0,9821	13,1170
		3	-1,356	1,356	1,434	1,110	1,001	<b>0,290</b>	0,02114	0,3410	0,6590	8,5265
		4	-1,903	1,903	1,903	1,080	1,080	<b>0,327</b>	0,01311	0,3791	0,6209	7,4070
<b>K<sub>LMZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,479	1,479	1,500	0,697	0,646	<b>0,077</b>	<b>0,29849</b>	0,3264	0,6736	7,9323
		2	-0,628	0,628	0,814	0,778	0,565	<b>0,005</b>	<b>0,78634</b>	0,0849	0,9151	12,1570
		3	-0,301	0,301	0,566	0,716	0,517	<b>0,148</b>	<b>0,14167</b>	0,5272	0,4728	6,3046
		4	-0,828	0,828	0,948	0,933	0,802	<b>0,060</b>	<b>0,35887</b>	0,4218	0,5782	7,2501
	JJA	1	-2,049	2,049	2,049	0,779	0,779	<b>0,090</b>	<b>0,25978</b>	0,2707	0,7293	8,5562
		2	-1,199	1,199	1,272	0,983	0,880	<b>0,020</b>	<b>0,60399</b>	-0,1242	1,1242	15,1480
		3	-0,871	0,871	0,929	0,741	0,662	<b>0,206</b>	<b>0,07716</b>	0,4784	0,5216	6,7132
		4	-1,399	1,399	1,423	0,987	0,949	<b>0,069</b>	<b>0,32675</b>	0,3454	0,6546	8,1207
	JA	1	-2,217	2,217	2,217	0,749	0,749	<b>0,098</b>	<b>0,23834</b>	0,2982	0,7019	8,1066
		2	-1,366	1,366	1,399	0,914	0,859	<b>0,002</b>	<b>0,87012</b>	-0,0415	1,0415	13,9520
		3	-1,039	1,039	1,043	0,713	0,707	<b>0,221</b>	<b>0,06593</b>	0,5228	0,4772	5,9806
		4	-1,566	1,566	1,566	0,961	0,961	<b>0,077</b>	<b>0,29867</b>	0,3853	0,6147	7,4752
	Max	1	-2,522	2,522	2,522	0,801	0,801	<b>0,104</b>	<b>0,22325</b>	0,2708	0,7292	8,4264
		2	-1,672	1,672	1,680	1,021	1,007	<b>0,017</b>	<b>0,63148</b>	-0,1068	1,1068	14,9460
		3	-1,345	1,345	1,345	0,737	0,737	<b>0,247</b>	0,04991	0,4869	0,5131	6,3589
		4	-1,872	1,872	1,872	1,000	1,000	<b>0,078</b>	<b>0,29495</b>	0,3419	0,6581	8,0093
<b>3JMW K<sub>LMZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,512	1,512	1,512	0,528	0,528	<b>0,070</b>	<b>0,32074</b>	0,1372	0,8628	10,5420
		2	-0,591	0,591	0,702	0,666	0,539	<b>0,002</b>	<b>0,87434</b>	0,0347	0,9653	12,8940
		3	-0,289	0,289	0,486	0,588	0,428	<b>0,122</b>	<b>0,18460</b>	0,3303	0,6697	9,0674
		4	-0,858	0,858	0,873	0,579	0,554	<b>0,048</b>	<b>0,41680</b>	0,1552	0,8448	10,9450
	JJA	1	-2,083	2,083	2,083	0,660	0,660	<b>0,094</b>	<b>0,24924</b>	0,1215	0,8786	10,6920
		2	-1,162	1,162	1,201	0,878	0,819	<b>0,035</b>	<b>0,48533</b>	-0,1167	1,1167	15,0760
		3	-0,859	0,859	0,894	0,615	0,560	<b>0,255</b>	0,04592	0,3666	0,6334	8,3510
		4	-1,429	1,429	1,429	0,727	0,727	<b>0,029</b>	<b>0,52666</b>	0,0933	0,9067	11,7550
	JA	1	-2,250	2,250	2,250	0,625	0,625	<b>0,097</b>	<b>0,24003</b>	0,1305	0,8695	10,5380
		2	-1,329	1,329	1,341	0,813	0,792	<b>0,008</b>	<b>0,73722</b>	-0,0596	1,0596	14,2560
		3	-1,027	1,027	1,034	0,595	0,581	<b>0,245</b>	<b>0,05105</b>	0,3793	0,6207	8,1035
		4	-1,596	1,596	1,596	0,677	0,677	<b>0,051</b>	<b>0,40184</b>	0,1297	0,8703	11,2050
	Max	1	-2,556	2,556	2,556	0,701	0,701	<b>0,110</b>	<b>0,20847</b>	0,1226	0,8774	10,6170
		2	-1,635	1,635	1,635	0,923	0,923	<b>0,034</b>	<b>0,49108</b>	-0,1070	1,1070	14,9860
		3	-1,333	1,333	1,333	0,626	0,626	<b>0,305</b>	0,02655	0,3724	0,6276	8,0905
		4	-1,902	1,902	1,902	0,763	0,763	<b>0,040</b>	<b>0,45885</b>	0,1012	0,8988	11,5930

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Große Lauter\_Lauterach für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 20 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 20: Große Lauter\_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $K_{IMZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Gr. Lauter_Lauterach, Typ 09.1: $K_{IMZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	MW ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	Stabw ( $K_{IMZB-TW}$ )	$r^2$ -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>K<sub>IMZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,861	1,861	1,861	0,982	0,982	<b>0,110</b>	<b>0,17872</b>	0,1575	0,8425	9,9001
		2	-1,078	1,078	1,161	1,032	0,932	<b>0,061</b>	<b>0,32473</b>	0,1243	0,8757	11,1470
		3	-0,932	0,932	1,077	0,907	0,716	<b>0,238</b>	0,04018	0,2963	0,7037	8,8918
		4	-1,389	1,389	1,403	0,914	0,893	<b>0,253</b>	0,03337	0,3571	0,6429	7,5859
	JJA	1	-2,431	2,431	2,431	1,169	1,169	<b>0,086</b>	<b>0,23667</b>	0,1181	0,8819	10,3840
		2	-1,648	1,648	1,728	1,328	1,216	<b>0,000</b>	<b>0,95765</b>	-0,0058	1,0058	12,9660
		3	-1,503	1,503	1,517	1,055	1,034	<b>0,247</b>	0,03596	0,2555	0,7445	9,3148
		4	-1,960	1,960	1,960	1,046	1,046	<b>0,266</b>	0,02837	0,3100	0,6900	8,0662
	JA	1	-2,590	2,590	2,590	1,140	1,140	<b>0,100</b>	<b>0,20086</b>	0,1292	0,8708	10,2020
		2	-1,807	1,807	1,840	1,266	1,214	<b>0,006</b>	<b>0,75401</b>	0,0345	0,9655	12,3750
		3	-1,662	1,662	1,662	1,025	1,025	<b>0,267</b>	0,02821	0,2699	0,7301	9,0632
		4	-2,119	2,119	2,119	1,020	1,020	<b>0,279</b>	0,02413	0,3226	0,6774	7,8315
	Max	1	-2,897	2,897	2,897	1,252	1,252	<b>0,091</b>	<b>0,22347</b>	0,1126	0,8874	10,4100
		2	-2,114	2,114	2,144	1,422	1,373	<b>0,001</b>	<b>0,90882</b>	-0,0115	1,0115	13,0550
		3	-1,968	1,968	1,968	1,120	1,120	<b>0,270</b>	0,02697	0,2483	0,7517	9,3034
		4	-2,425	2,425	2,425	1,117	1,117	<b>0,274</b>	0,02591	0,2918	0,7082	8,1945
<b>K<sub>IMZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,841	1,841	1,841	0,610	0,610	<b>0,085</b>	<b>0,27214</b>	0,2730	0,7270	8,3148
		2	-1,128	1,128	1,147	0,726	0,693	<b>0,005</b>	<b>0,79770</b>	0,0703	0,9297	11,8600
		3	-0,913	0,913	0,913	0,582	0,582	<b>0,184</b>	<b>0,09689</b>	0,4526	0,5474	6,7351
		4	-1,362	1,362	1,369	0,819	0,806	<b>0,060</b>	<b>0,35930</b>	0,3562	0,6438	7,6329
	JJA	1	-2,412	2,412	2,412	0,734	0,734	<b>0,072</b>	<b>0,31638</b>	0,1920	0,8080	9,3378
		2	-1,699	1,699	1,699	0,949	0,949	<b>0,035</b>	<b>0,48537</b>	-0,1458	1,1458	14,9630
		3	-1,484	1,484	1,484	0,681	0,681	<b>0,177</b>	<b>0,10466</b>	0,3404	0,6596	8,1082
		4	-1,932	1,932	1,932	0,922	0,922	<b>0,042</b>	<b>0,44816</b>	0,2274	0,7726	9,3026
	JA	1	-2,579	2,579	2,579	0,694	0,694	<b>0,087</b>	<b>0,26848</b>	0,2228	0,7772	8,8523
		2	-1,866	1,866	1,866	0,879	0,879	<b>0,007</b>	<b>0,75832</b>	-0,0683	1,0683	13,8480
		3	-1,651	1,651	1,651	0,636	0,636	<b>0,210</b>	<b>0,07428</b>	0,3911	0,6089	7,3047
		4	-2,100	2,100	2,100	0,886	0,886	<b>0,054</b>	<b>0,38850</b>	0,2719	0,7281	8,6097
	Max	1	-2,885	2,885	2,885	0,765	0,765	<b>0,082</b>	<b>0,28212</b>	0,1910	0,8090	9,2620
		2	-2,172	2,172	2,172	0,992	0,992	<b>0,034</b>	<b>0,49238</b>	-0,1334	1,1334	14,8450
		3	-1,957	1,957	1,957	0,696	0,696	<b>0,208</b>	<b>0,07607</b>	0,3426	0,6574	7,9134
		4	-2,406	2,406	2,406	0,949	0,949	<b>0,045</b>	<b>0,43072</b>	0,2193	0,7807	9,3160
<b>3JMW <math>K_{IMZB}</math> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,867	1,867	1,867	0,513	0,513	<b>0,080</b>	<b>0,28844</b>	0,1162	0,8838	10,4800
		2	-1,092	1,092	1,094	0,644	0,640	<b>0,002</b>	<b>0,88440</b>	0,0290	0,9710	12,4740
		3	-0,900	0,900	0,900	0,472	0,472	<b>0,223</b>	<b>0,06470</b>	0,2821	0,7179	9,1296
		4	-1,384	1,384	1,384	0,564	0,564	<b>0,039</b>	<b>0,46255</b>	0,1218	0,8782	10,8850
	JJA	1	-2,438	2,438	2,438	0,674	0,674	<b>0,052</b>	<b>0,39463</b>	0,0721	0,9279	11,0550
		2	-1,662	1,662	1,662	0,869	0,869	<b>0,057</b>	<b>0,37316</b>	-0,1345	1,1345	14,8350
		3	-1,471	1,471	1,471	0,585	0,585	<b>0,287</b>	0,03242	0,2457	0,7543	9,4980
		4	-1,955	1,955	1,955	0,756	0,756	<b>0,001</b>	<b>0,93167</b>	0,0110	0,9890	12,4260
	JA	1	-2,605	2,605	2,605	0,634	0,634	<b>0,066</b>	<b>0,33825</b>	0,0853	0,9147	10,8500
		2	-1,830	1,830	1,830	0,805	0,805	<b>0,018</b>	<b>0,61782</b>	-0,0803	1,0803	14,0600
		3	-1,638	1,638	1,638	0,546	0,546	<b>0,308</b>	0,02569	0,2684	0,7316	9,1222
		4	-2,122	2,122	2,122	0,700	0,700	<b>0,011</b>	<b>0,70431</b>	0,0513	0,9487	11,8310
	Max	1	-2,911	2,911	2,911	0,721	0,721	<b>0,059</b>	<b>0,36673</b>	0,0709	0,9291	11,0390
		2	-2,135	2,135	2,135	0,919	0,919	<b>0,061</b>	<b>0,35745</b>	-0,1290	1,1290	14,8160
		3	-1,944	1,944	1,944	0,617	0,617	<b>0,332</b>	0,01939	0,2457	0,7544	9,3819
		4	-2,428	2,428	2,428	0,802	0,802	<b>0,001</b>	<b>0,91057</b>	0,0134	0,9866	12,3850



Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Große Lauter\_Lauterach für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 21 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 21: Große Lauter\_Lauterach: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Gr. Lauter_Lauterach, Typ 09.1: $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
KIMZB vs TW	JAS	1	-1,590	1,590	1,593	0,997	0,991	0,110	0,17872	0,1835	0,8165	9,8082
		2	-0,677	0,677	0,925	1,057	0,835	0,061	0,32473	0,1448	0,8552	11,2610
		3	-0,508	0,508	0,843	0,926	0,615	0,238	0,04018	0,3452	0,6548	8,6333
		4	-1,040	1,040	1,109	0,950	0,864	0,253	0,03337	0,4160	0,5840	7,1119
	JJA	1	-2,160	2,160	2,161	1,181	1,179	0,086	0,23667	0,1376	0,8625	10,3710
		2	-1,248	1,248	1,456	1,365	1,126	0,000	0,95765	-0,0067	1,0067	13,3800
		3	-1,079	1,079	1,204	1,062	0,909	0,247	0,03596	0,2977	0,7023	9,1261
		4	-1,611	1,611	1,611	1,065	1,065	0,266	0,02837	0,3612	0,6388	7,6714
	JA	1	-2,319	2,319	2,319	1,151	1,151	0,100	0,20086	0,1505	0,8495	10,1590
		2	-1,407	1,407	1,534	1,297	1,134	0,006	0,75401	0,0402	0,9598	12,6920
		3	-1,237	1,237	1,299	1,031	0,946	0,267	0,02821	0,3144	0,6856	8,8331
		4	-1,770	1,770	1,770	1,039	1,039	0,279	0,02413	0,3759	0,6241	7,3980
	Max	1	-2,626	2,626	2,626	1,260	1,260	0,091	0,22347	0,1312	0,8688	10,4020
		2	-1,713	1,713	1,834	1,458	1,294	0,001	0,90882	-0,0134	1,0134	13,4840
		3	-1,544	1,544	1,565	1,119	1,088	0,270	0,02697	0,2894	0,7107	9,1129
		4	-2,076	2,076	2,076	1,128	1,128	0,274	0,02591	0,3400	0,6600	7,8209
KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,565	1,565	1,565	0,659	0,659	0,085	0,27214	0,3181	0,6819	7,9611
		2	-0,734	0,734	0,868	0,789	0,628	0,005	0,79770	0,0819	0,9181	12,0920
		3	-0,483	0,483	0,604	0,638	0,517	0,184	0,09689	0,5273	0,4727	6,1206
		4	-1,006	1,006	1,077	0,921	0,831	0,060	0,35930	0,4150	0,5850	7,1666
	JJA	1	-2,136	2,136	2,136	0,772	0,772	0,072	0,31638	0,2237	0,7763	9,1530
		2	-1,305	1,305	1,336	1,013	0,968	0,035	0,48537	-0,1699	1,1699	15,7070
		3	-1,054	1,054	1,090	0,722	0,664	0,177	0,10466	0,3966	0,6034	7,7204
		4	-1,577	1,577	1,601	1,013	0,971	0,042	0,44816	0,2649	0,7351	9,1120
	JA	1	-2,303	2,303	2,303	0,734	0,734	0,087	0,26848	0,2596	0,7404	8,5874
		2	-1,472	1,472	1,476	0,940	0,933	0,007	0,75832	-0,0796	1,0796	14,4070
		3	-1,221	1,221	1,221	0,679	0,679	0,210	0,07428	0,4557	0,5443	6,7843
		4	-1,744	1,744	1,744	0,979	0,979	0,054	0,38850	0,3168	0,6832	8,3046
	Max	1	-2,609	2,609	2,609	0,799	0,799	0,082	0,28212	0,2225	0,7775	9,0647
		2	-1,778	1,778	1,778	1,054	1,054	0,034	0,49238	-0,1554	1,1554	15,5690
		3	-1,527	1,527	1,527	0,731	0,731	0,208	0,07607	0,3992	0,6008	7,4935
		4	-2,050	2,050	2,050	1,035	1,035	0,045	0,43072	0,2555	0,7445	9,1276
3JMW KIMZB vs 3JMW TW	JAS	1	-1,595	1,595	1,595	0,519	0,519	0,080	0,28844	0,1354	0,8646	10,4840
		2	-0,692	0,692	0,756	0,683	0,606	0,002	0,88440	0,0338	0,9662	12,8060
		3	-0,469	0,469	0,512	0,482	0,432	0,223	0,06470	0,3286	0,6714	8,9104
		4	-1,033	1,033	1,033	0,588	0,588	0,039	0,46255	0,1419	0,8581	10,9560
	JJA	1	-2,166	2,166	2,166	0,678	0,678	0,052	0,39463	0,0840	0,9160	11,1540
		2	-1,262	1,262	1,274	0,911	0,893	0,057	0,37316	-0,1567	1,1567	15,5580
		3	-1,040	1,040	1,040	0,583	0,583	0,287	0,03242	0,2862	0,7138	9,3396
		4	-1,603	1,603	1,603	0,780	0,780	0,001	0,93167	0,0128	0,9872	12,7510
	JA	1	-2,333	2,333	2,333	0,638	0,638	0,066	0,33825	0,0993	0,9007	10,9140
		2	-1,430	1,430	1,430	0,844	0,844	0,018	0,61782	-0,0936	1,0936	14,6550
		3	-1,207	1,207	1,207	0,544	0,544	0,308	0,02569	0,3127	0,6873	8,9018
		4	-1,771	1,771	1,771	0,722	0,722	0,011	0,70431	0,0598	0,9402	12,0580
	Max	1	-2,639	2,639	2,639	0,724	0,724	0,059	0,36673	0,0826	0,9174	11,1350
		2	-1,736	1,736	1,736	0,960	0,960	0,061	0,35745	-0,1503	1,1503	15,5360
		3	-1,513	1,513	1,513	0,610	0,610	0,332	0,01939	0,2862	0,7138	9,2044
		4	-2,076	2,076	2,076	0,824	0,824	0,001	0,91057	0,0156	0,9844	12,7030

### 3.3.2.3 Ergebnisse für Kocher\_Kochendorf

Zur Verdeutlichung der jahreszeitlichen Verteilungsschwerpunkte der vier über jedes Beprobungsjahr verteilten Einzelbeprobungen des Makrozoobenthos (Beprobungsserien) auf unterschiedliche Kalendermonate sind jeweils die Kalendertage der ersten, zweiten, dritten und vierten Beprobungen pro Jahr für alle ausgewerteten Jahre (N) als Punkte sowie als Box-Whisker-Plots pro Beprobungsserie dargestellt (s. Abbildung 56).

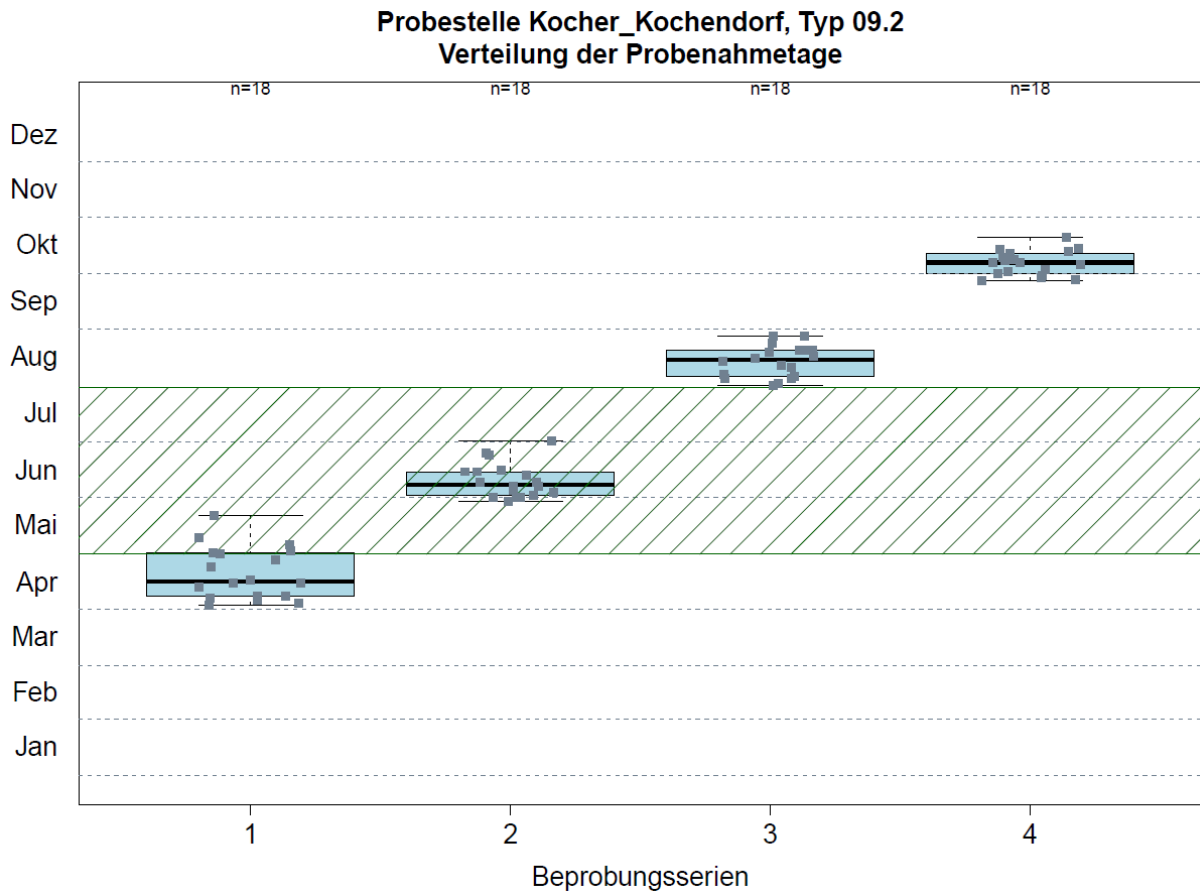


Abbildung 56: Kocher\_Kochendorf: Box-Whisker-Plot der vier Beprobungsserien des Makrozoobenthos; der grün schraffierte Bereich kennzeichnet den von PERLODES empfohlenen Beprobungszeitraum für große Fließgewässer



Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Kocher\_Kochendorf für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 22 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 22: Kocher\_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Kocher_Kochendorf, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi- nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>KI<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-0,106	0,106	0,759	0,886	0,433	0,066	0,30487	0,1528	0,8472	15,4340
		2	0,231	0,231	0,699	0,916	0,616	0,017	0,60914	0,0648	0,9352	17,3850
		3	0,533	0,533	0,818	0,869	0,589	0,067	0,29894	0,1388	0,8613	16,3310
		4	0,288	0,288	0,810	0,959	0,559	0,023	0,55045	0,0984	0,9016	16,8260
	JJA	1	-0,936	0,936	1,092	0,983	0,795	0,149	0,11367	0,1880	0,8120	14,6330
		2	-0,600	0,600	0,978	1,120	0,789	0,004	0,80768	0,0253	0,9747	18,0890
		3	-0,297	0,297	0,833	1,032	0,652	0,076	0,26787	0,1206	0,8794	16,5640
		4	-0,542	0,542	0,863	1,064	0,809	0,066	0,30160	0,1375	0,8625	15,9950
	JA	1	-1,234	1,234	1,274	0,962	0,904	0,133	0,13743	0,1840	0,8160	14,6540
		2	-0,898	0,898	1,145	1,061	0,769	0,014	0,64290	0,0498	0,9502	17,6040
		3	-0,595	0,595	0,890	0,989	0,717	0,087	0,23402	0,1340	0,8660	16,2680
		4	-0,840	0,840	0,945	1,043	0,943	0,056	0,34334	0,1312	0,8688	16,0760
	Max	1	-1,668	1,668	1,681	1,049	1,027	0,168	0,09087	0,1843	0,8157	14,5690
		2	-1,332	1,332	1,450	1,192	1,036	0,008	0,73251	0,0327	0,9673	17,9230
		3	-1,029	1,029	1,124	1,104	1,001	0,088	0,23194	0,1196	0,8804	16,4960
		4	-1,274	1,274	1,274	1,131	1,131	0,077	0,26616	0,1361	0,8639	15,9220
<b>KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,166	0,166	0,589	0,726	0,433	0,013	0,66920	0,1056	0,8944	16,2460
		2	0,174	0,174	0,576	0,751	0,492	0,010	0,70786	-0,0771	1,0771	19,9370
		3	0,494	0,494	0,733	0,661	0,351	0,049	0,41091	0,1865	0,8135	15,4210
		4	0,235	0,235	0,679	0,733	0,322	0,023	0,57752	0,1460	0,8540	15,9040
	JJA	1	-1,008	1,008	1,046	0,700	0,638	0,031	0,51509	0,1607	0,8393	15,0980
		2	-0,669	0,669	0,879	0,745	0,456	0,008	0,74042	-0,0685	1,0685	19,8370
		3	-0,349	0,349	0,509	0,643	0,517	0,067	0,33219	0,2197	0,7803	14,6260
		4	-0,607	0,607	0,739	0,720	0,573	0,031	0,51230	0,1721	0,8279	15,2810
	JA	1	-1,300	1,300	1,303	0,726	0,720	0,032	0,50670	0,1533	0,8467	15,1970
		2	-0,961	0,961	1,093	0,766	0,546	0,003	0,83554	-0,0402	1,0402	19,3050
		3	-0,641	0,641	0,711	0,660	0,578	0,080	0,28706	0,2248	0,7752	14,4630
		4	-0,899	0,899	0,947	0,737	0,670	0,039	0,46608	0,1787	0,8213	15,1030
	Max	1	-1,741	1,741	1,741	0,713	0,713	0,044	0,43340	0,1799	0,8201	14,5990
		2	-1,402	1,402	1,457	0,762	0,643	0,002	0,87406	-0,0306	1,0306	19,1320
		3	-1,082	1,082	1,104	0,652	0,611	0,092	0,25283	0,2401	0,7599	14,0580
		4	-1,341	1,341	1,341	0,732	0,732	0,044	0,43534	0,1905	0,8095	14,7880
<b>3JMW KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,158	0,158	0,531	0,643	0,374	0,009	0,72560	0,0594	0,9406	17,1020
		2	0,176	0,176	0,541	0,674	0,419	0,007	0,75926	-0,0458	1,0458	19,3650
		3	0,494	0,494	0,651	0,630	0,452	0,033	0,49976	0,1245	0,8755	16,5570
		4	0,237	0,237	0,600	0,652	0,318	0,018	0,61639	0,0957	0,9043	16,8290
	JJA	1	-1,000	1,000	1,048	0,605	0,511	0,043	0,44219	0,1293	0,8707	15,7090
		2	-0,667	0,667	0,796	0,668	0,494	0,005	0,80016	-0,0380	1,0380	19,2540
		3	-0,349	0,349	0,523	0,605	0,452	0,061	0,35543	0,1699	0,8301	15,5810
		4	-0,606	0,606	0,662	0,606	0,540	0,066	0,33566	0,1824	0,8176	15,0850
	JA	1	-1,292	1,292	1,306	0,639	0,610	0,041	0,45225	0,1184	0,8816	15,8850
		2	-0,959	0,959	1,051	0,691	0,528	0,001	0,92520	-0,0132	1,0132	18,7820
		3	-0,641	0,641	0,725	0,630	0,524	0,070	0,32335	0,1695	0,8305	15,5410
		4	-0,898	0,898	0,920	0,643	0,609	0,059	0,36638	0,1604	0,8397	15,4610
	Max	1	-1,733	1,733	1,733	0,620	0,620	0,068	0,32801	0,1526	0,8474	15,1510
		2	-1,400	1,400	1,444	0,688	0,582	0,000	0,97112	-0,0051	1,0051	18,6260
		3	-1,082	1,082	1,118	0,618	0,546	0,089	0,26254	0,1909	0,8092	15,0400
		4	-1,339	1,339	1,339	0,620	0,620	0,093	0,25098	0,2015	0,7985	14,5710

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Kocher\_Kochendorf für den mit Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 23 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 23: Kocher\_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Kocher_Kochendorf, Typ 09.2: $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi- nation	TW-Typ	Serie	mit Neozoen									
			MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-0,730	0,730	0,952	0,874	0,607	<b>0,066</b>	<b>0,30487</b>	0,1409	0,8591	15,0290
		2	-0,419	0,419	0,795	0,905	0,580	<b>0,017</b>	<b>0,60914</b>	0,0598	0,9402	16,8280
		3	-0,140	0,140	0,708	0,860	0,479	<b>0,067</b>	<b>0,29894</b>	0,1279	0,8721	15,8560
		4	-0,366	0,366	0,736	0,940	0,672	<b>0,023</b>	<b>0,55045</b>	0,0908	0,9092	16,3120
	JJA	1	-1,560	1,560	1,563	0,979	0,975	<b>0,149</b>	<b>0,11367</b>	0,1733	0,8267	14,2900
		2	-1,250	1,250	1,365	1,109	0,954	<b>0,004</b>	<b>0,80768</b>	0,0233	0,9767	17,4770
		3	-0,971	0,971	1,065	1,027	0,923	<b>0,076</b>	<b>0,26787</b>	0,1112	0,8888	16,0710
		4	-1,197	1,197	1,200	1,053	1,050	<b>0,066</b>	<b>0,30160</b>	0,1268	0,8732	15,5460
	JA	1	-1,858	1,858	1,858	0,957	0,957	<b>0,133</b>	<b>0,13743</b>	0,1697	0,8303	14,3100
		2	-1,548	1,548	1,593	1,052	0,978	<b>0,014</b>	<b>0,64290</b>	0,0459	0,9541	17,0290
		3	-1,269	1,269	1,283	0,983	0,964	<b>0,087</b>	<b>0,23402</b>	0,1235	0,8765	15,7980
		4	-1,495	1,495	1,495	1,030	1,030	<b>0,056</b>	<b>0,34334</b>	0,1210	0,8790	15,6210
	Max	1	-2,292	2,292	2,292	1,048	1,048	<b>0,168</b>	<b>0,09087</b>	0,1699	0,8301	14,2320
		2	-1,982	1,982	1,982	1,183	1,183	<b>0,008</b>	<b>0,73251</b>	0,0302	0,9698	17,3240
		3	-1,703	1,703	1,703	1,100	1,100	<b>0,088</b>	<b>0,23194</b>	0,1103	0,8898	16,0080
		4	-1,929	1,929	1,929	1,122	1,122	<b>0,077</b>	<b>0,26616</b>	0,1255	0,8745	15,4790
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,785	0,785	0,849	0,702	0,617	<b>0,013</b>	<b>0,66920</b>	0,0973	0,9027	15,7780
		2	-0,472	0,472	0,748	0,729	0,415	<b>0,010</b>	<b>0,70786</b>	-0,0711	1,0711	19,1810
		3	-0,177	0,177	0,513	0,641	0,405	<b>0,049</b>	<b>0,41091</b>	0,1719	0,8281	15,0170
		4	-0,416	0,416	0,637	0,706	0,500	<b>0,023</b>	<b>0,57752</b>	0,1346	0,8654	15,4630
	JJA	1	-1,628	1,628	1,628	0,676	0,676	<b>0,031</b>	<b>0,51509</b>	0,1482	0,8518	14,7200
		2	-1,315	1,315	1,368	0,723	0,609	<b>0,008</b>	<b>0,74042</b>	-0,0631	1,0631	19,0880
		3	-1,020	1,020	1,043	0,624	0,582	<b>0,067</b>	<b>0,33219</b>	0,2026	0,7974	14,2840
		4	-1,258	1,258	1,260	0,693	0,690	<b>0,031</b>	<b>0,51230</b>	0,1587	0,8413	14,8880
	JA	1	-1,920	1,920	1,920	0,704	0,704	<b>0,032</b>	<b>0,50670</b>	0,1413	0,8587	14,8100
		2	-1,607	1,607	1,626	0,746	0,702	<b>0,003</b>	<b>0,83554</b>	-0,0371	1,0371	18,5980
		3	-1,312	1,312	1,312	0,643	0,643	<b>0,080</b>	<b>0,28706</b>	0,2072	0,7928	14,1340
		4	-1,550	1,550	1,550	0,713	0,713	<b>0,039</b>	<b>0,46608</b>	0,1647	0,8353	14,7230
	Max	1	-2,361	2,361	2,361	0,691	0,691	<b>0,044</b>	<b>0,43340</b>	0,1658	0,8342	14,2590
		2	-2,048	2,048	2,048	0,743	0,743	<b>0,002</b>	<b>0,87406</b>	-0,0282	1,0282	18,4390
		3	-1,753	1,753	1,753	0,636	0,636	<b>0,092</b>	<b>0,25283</b>	0,2214	0,7786	13,7610
		4	-1,991	1,991	1,991	0,708	0,708	<b>0,044</b>	<b>0,43534</b>	0,1757	0,8243	14,4330
<b>3JMW Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,778	0,778	0,837	0,631	0,543	<b>0,009</b>	<b>0,72560</b>	0,0547	0,9453	16,5670
		2	-0,470	0,470	0,668	0,661	0,443	<b>0,007</b>	<b>0,75926</b>	-0,0422	1,0422	18,6530
		3	-0,177	0,177	0,527	0,617	0,343	<b>0,033</b>	<b>0,49976</b>	0,1148	0,8852	16,0650
		4	-0,414	0,414	0,581	0,637	0,479	<b>0,018</b>	<b>0,61639</b>	0,0883	0,9117	16,3150
	JJA	1	-1,621	1,621	1,621	0,595	0,595	<b>0,043</b>	<b>0,44219</b>	0,1193	0,8808	15,2820
		2	-1,313	1,313	1,356	0,656	0,554	<b>0,005</b>	<b>0,80016</b>	-0,0350	1,0350	18,5510
		3	-1,020	1,020	1,055	0,593	0,523	<b>0,061</b>	<b>0,35543</b>	0,1567	0,8433	15,1640
		4	-1,257	1,257	1,257	0,594	0,594	<b>0,066</b>	<b>0,33566</b>	0,1682	0,8318	14,7070
	JA	1	-1,912	1,912	1,912	0,630	0,630	<b>0,041</b>	<b>0,45225</b>	0,1091	0,8909	15,4450
		2	-1,605	1,605	1,613	0,680	0,658	<b>0,001</b>	<b>0,92520</b>	-0,0122	1,0122	18,1160
		3	-1,312	1,312	1,312	0,619	0,618	<b>0,070</b>	<b>0,32335</b>	0,1563	0,8438	15,1270
		4	-1,549	1,549	1,549	0,631	0,631	<b>0,059</b>	<b>0,36638</b>	0,1479	0,8522	15,0540
	Max	1	-2,354	2,354	2,354	0,612	0,612	<b>0,068</b>	<b>0,32801</b>	0,1407	0,8593	14,7680
		2	-2,046	2,046	2,046	0,677	0,677	<b>0,000</b>	<b>0,97112</b>	-0,0047	1,0047	17,9720
		3	-1,753	1,753	1,753	0,608	0,608	<b>0,089</b>	<b>0,26254</b>	0,1760	0,8240	14,6660
		4	-1,990	1,990	1,990	0,609	0,609	<b>0,093</b>	<b>0,25098</b>	0,1858	0,8142	14,2340

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Kocher\_Kochendorf für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Kont-Korr) in Tabelle 24 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 24: Kocher\_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $KI_{MZB(Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Kocher_Kochendorf, Typ 09.2: $KI_{MZB(Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi- nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	MW ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $KI_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>KI<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-0,442	0,442	0,850	0,887	0,478	<b>0,061</b>	<b>0,32397</b>	0,1431	<b>0,8569</b>	15,2760
		2	-0,094	0,094	0,704	0,936	0,600	<b>0,003</b>	<b>0,84019</b>	0,0239	<b>0,9761</b>	17,8110
		3	0,106	0,106	0,736	0,900	0,498	<b>0,038</b>	<b>0,43786</b>	0,1059	<b>0,8941</b>	16,5070
		4	-0,096	0,096	0,782	1,073	0,716	<b>0,001</b>	<b>0,89460</b>	-0,0236	<b>1,0236</b>	18,6800
	JJA	1	-1,272	1,272	1,349	1,001	0,888	<b>0,123</b>	<b>0,15427</b>	0,1660	<b>0,8340</b>	14,7190
		2	-0,924	0,924	1,167	1,141	0,874	<b>0,000</b>	<b>0,94125</b>	-0,0071	<b>1,0071</b>	18,3860
		3	-0,725	0,725	0,958	1,066	0,849	<b>0,043</b>	<b>0,40887</b>	0,0919	<b>0,9081</b>	16,6870
		4	-0,927	0,927	1,029	1,162	1,067	<b>0,012</b>	<b>0,66735</b>	0,0623	<b>0,9377</b>	17,0530
	JA	1	-1,570	1,570	1,601	0,977	0,921	<b>0,110</b>	<b>0,17836</b>	0,1633	<b>0,8367</b>	14,7230
		2	-1,222	1,222	1,372	1,086	0,876	<b>0,001</b>	<b>0,89937</b>	0,0127	<b>0,9873</b>	18,0020
		3	-1,023	1,023	1,129	1,027	0,901	<b>0,048</b>	<b>0,38454</b>	0,1003	<b>0,8997</b>	16,4960
		4	-1,224	1,224	1,252	1,155	1,123	<b>0,004</b>	<b>0,80941</b>	0,0363	<b>0,9637</b>	17,5400
	Max	1	-2,004	2,004	2,017	1,072	1,047	<b>0,134</b>	<b>0,13569</b>	0,1598	<b>0,8402</b>	14,7200
		2	-1,656	1,656	1,681	1,217	1,181	<b>0,000</b>	<b>0,99109</b>	0,0010	<b>0,9990</b>	18,2300
		3	-1,457	1,457	1,487	1,142	1,101	<b>0,048</b>	<b>0,38340</b>	0,0893	<b>0,9107</b>	16,6700
		4	-1,658	1,658	1,658	1,233	1,233	<b>0,014</b>	<b>0,63463</b>	0,0635	<b>0,9365</b>	16,9840
<b>KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,530	0,530	0,697	0,705	0,528	<b>0,006</b>	<b>0,78127</b>	0,0608	<b>0,9392</b>	16,7040
		2	-0,159	0,159	0,590	0,749	0,465	<b>0,037</b>	<b>0,47836</b>	-0,1298	<b>1,1298</b>	20,5720
		3	0,046	0,046	0,618	0,705	0,302	<b>0,009</b>	<b>0,73229</b>	0,0764	<b>0,9236</b>	16,9920
		4	-0,157	0,157	0,748	0,849	0,388	<b>0,001</b>	<b>0,90242</b>	-0,0356	<b>1,0356</b>	18,8450
	JJA	1	-1,372	1,372	1,372	0,681	0,681	<b>0,018</b>	<b>0,61710</b>	0,1095	<b>0,8905</b>	15,7180
		2	-1,002	1,002	1,123	0,739	0,521	<b>0,027</b>	<b>0,54118</b>	-0,1126	<b>1,1126</b>	20,3510
		3	-0,796	0,796	0,835	0,684	0,633	<b>0,021</b>	<b>0,59571</b>	0,1187	<b>0,8813</b>	16,1180
		4	-1,000	1,000	1,041	0,827	0,771	<b>0,000</b>	<b>0,95207</b>	0,0175	<b>0,9825</b>	17,8550
	JA	1	-1,664	1,664	1,664	0,711	0,711	<b>0,018</b>	<b>0,61810</b>	0,1021	<b>0,8979</b>	15,8300
		2	-1,294	1,294	1,352	0,766	0,649	<b>0,020</b>	<b>0,60058</b>	-0,0904	<b>1,0904</b>	19,9510
		3	-1,088	1,088	1,092	0,708	0,702	<b>0,024</b>	<b>0,56484</b>	0,1203	<b>0,8797</b>	16,0510
		4	-1,292	1,292	1,292	0,855	0,855	<b>0,000</b>	<b>0,96003</b>	0,0137	<b>0,9863</b>	17,9250
	Max	1	-2,106	2,106	2,106	0,700	0,700	<b>0,028</b>	<b>0,53764</b>	0,1257	<b>0,8743</b>	15,3150
		2	-1,735	1,735	1,745	0,761	0,735	<b>0,015</b>	<b>0,65683</b>	-0,0766	<b>1,0766</b>	19,7170
		3	-1,530	1,530	1,530	0,698	0,698	<b>0,034</b>	<b>0,49617</b>	0,1416	<b>0,8585</b>	15,5750
		4	-1,733	1,733	1,733	0,844	0,844	<b>0,002</b>	<b>0,88031</b>	0,0410	<b>0,9590</b>	17,3750
<b>3JMW KI<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-0,513	0,513	0,675	0,638	0,450	<b>0,000</b>	<b>0,99131</b>	0,0015	<b>0,9985</b>	17,8080
		2	-0,152	0,152	0,554	0,687	0,411	<b>0,050</b>	<b>0,40366</b>	-0,1079	<b>1,1079</b>	20,1760
		3	0,055	0,055	0,597	0,677	0,284	<b>0,000</b>	<b>0,97795</b>	0,0048	<b>0,9952</b>	18,3150
		4	-0,158	0,158	0,621	0,744	0,411	<b>0,030</b>	<b>0,52439</b>	-0,1174	<b>1,1174</b>	20,3450
	JJA	1	-1,356	1,356	1,379	0,608	0,551	<b>0,012</b>	<b>0,68216</b>	0,0561	<b>0,9439</b>	16,7600
		2	-0,995	0,995	1,086	0,682	0,513	<b>0,045</b>	<b>0,43057</b>	-0,1024	<b>1,1024</b>	20,1620
		3	-0,788	0,788	0,862	0,651	0,541	<b>0,007</b>	<b>0,76099</b>	0,0535	<b>0,9465</b>	17,3780
		4	-1,001	1,001	1,030	0,697	0,651	<b>0,001</b>	<b>0,92667</b>	-0,0172	<b>1,0172</b>	18,5200
	JA	1	-1,648	1,648	1,648	0,644	0,644	<b>0,011</b>	<b>0,69368</b>	0,0504	<b>0,9496</b>	16,8530
		2	-1,287	1,287	1,343	0,709	0,587	<b>0,029</b>	<b>0,52724</b>	-0,0771	<b>1,0771</b>	19,6990
		3	-1,080	1,080	1,120	0,682	0,610	<b>0,008</b>	<b>0,74402</b>	0,0537	<b>0,9463</b>	17,3580
		4	-1,293	1,293	1,293	0,743	0,743	<b>0,004</b>	<b>0,81100</b>	-0,0417	<b>1,0417</b>	19,0020
	Max	1	-2,089	2,089	2,089	0,629	0,629	<b>0,027</b>	<b>0,54030</b>	0,0779	<b>0,9221</b>	16,2830
		2	-1,728	1,728	1,736	0,706	0,685	<b>0,024</b>	<b>0,56745</b>	-0,0697	<b>1,0697</b>	19,5850
		3	-1,521	1,521	1,521	0,670	0,670	<b>0,017</b>	<b>0,63239</b>	0,0783	<b>0,9217</b>	16,8440
		4	-1,734	1,734	1,734	0,719	0,719	<b>0,000</b>	<b>0,95880</b>	0,0090	<b>0,9910</b>	18,0110

Nachfolgend sind die Auswertungsergebnisse der TBM-Stelle Kocher\_Kochendorf für den ohne Neozoen berechneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Variante (Typ/Kont-Korr) in Tabelle 25 dargestellt. Da für diese Stelle gemäß den oben aufgeführten Kriterien keine hinreichend belastbare Beziehungsvariante zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den TW-Werten ableitbar ist, wurde auf grafische Ergebnisdarstellungen verzichtet.

Tabelle 25: Kocher\_Kochendorf: Auswertungsergebnisse der Beziehungen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen (TW) und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für verschiedene Kombinationsvarianten unter Verwendung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  ohne Neozoen sowie der interpolierten TW-Werte

Kocher_Kochendorf, Typ 09.2: $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ / TW interpoliert												
Kombi-nation	TW-Typ	Serie	ohne Neozoen									
			MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	MW ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	Stabw ( $Kl_{MZB-TW}$ )	r <sup>2</sup> -Wert	p-Wert	Stng	Stng-1	Schntpkt
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs TW</b>	JAS	1	-1,039	1,039	1,135	0,875	0,739	<b>0,061</b>	<b>0,32397</b>	0,1320	<b>0,8680</b>	14,8830
		2	-0,718	0,718	0,982	0,924	0,616	<b>0,003</b>	<b>0,84019</b>	0,0220	<b>0,9780</b>	17,2210
		3	-0,535	0,535	0,858	0,889	0,559	<b>0,038</b>	<b>0,43786</b>	0,0976	<b>0,9024</b>	16,0180
		4	-0,720	0,720	0,920	1,046	0,864	<b>0,001</b>	<b>0,89460</b>	-0,0217	<b>1,0217</b>	18,0210
	JJA	1	-1,870	1,870	1,873	0,996	0,991	<b>0,123</b>	<b>0,15427</b>	0,1531	<b>0,8470</b>	14,3690
		2	-1,549	1,549	1,576	1,129	1,089	<b>0,000</b>	<b>0,94125</b>	-0,0066	<b>1,0066</b>	17,7510
		3	-1,365	1,365	1,384	1,058	1,032	<b>0,043</b>	<b>0,40887</b>	0,0847	<b>0,9153</b>	16,1840
		4	-1,551	1,551	1,551	1,143	1,143	<b>0,012</b>	<b>0,66735</b>	0,0574	<b>0,9426</b>	16,5210
	JA	1	-2,168	2,168	2,168	0,971	0,971	<b>0,110</b>	<b>0,17836</b>	0,1505	<b>0,8495</b>	14,3730
		2	-1,847	1,847	1,847	1,076	1,076	<b>0,001</b>	<b>0,89937</b>	0,0117	<b>0,9883</b>	17,3970
		3	-1,663	1,663	1,663	1,018	1,018	<b>0,048</b>	<b>0,38454</b>	0,0925	<b>0,9075</b>	16,0080
		4	-1,849	1,849	1,849	1,134	1,134	<b>0,004</b>	<b>0,80941</b>	0,0335	<b>0,9665</b>	16,9700
	Max	1	-2,602	2,602	2,602	1,070	1,070	<b>0,134</b>	<b>0,13569</b>	0,1474	<b>0,8526</b>	14,3710
		2	-2,281	2,281	2,281	1,207	1,207	<b>0,000</b>	<b>0,99109</b>	0,0009	<b>0,9991</b>	17,6060
		3	-2,097	2,097	2,097	1,136	1,136	<b>0,048</b>	<b>0,38340</b>	0,0824	<b>0,9176</b>	16,1690
		4	-2,283	2,283	2,283	1,216	1,216	<b>0,014</b>	<b>0,63463</b>	0,0585	<b>0,9415</b>	16,4580
<b>Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,121	1,121	1,132	0,685	0,665	<b>0,006</b>	<b>0,78127</b>	0,0560	<b>0,9440</b>	16,2000
		2	-0,779	0,779	0,942	0,729	0,481	<b>0,037</b>	<b>0,47836</b>	-0,1197	<b>1,1197</b>	19,7660
		3	-0,590	0,590	0,655	0,684	0,617	<b>0,009</b>	<b>0,73229</b>	0,0705	<b>0,9295</b>	16,4660
		4	-0,778	0,778	0,875	0,814	0,701	<b>0,001</b>	<b>0,90242</b>	-0,0328	<b>1,0328</b>	18,1740
	JJA	1	-1,964	1,964	1,964	0,662	0,662	<b>0,018</b>	<b>0,61710</b>	0,1010	<b>0,8991</b>	15,2910
		2	-1,622	1,622	1,634	0,720	0,690	<b>0,027</b>	<b>0,54118</b>	-0,1038	<b>1,1038</b>	19,5620
		3	-1,433	1,433	1,433	0,663	0,663	<b>0,021</b>	<b>0,59571</b>	0,1094	<b>0,8906</b>	15,6590
		4	-1,620	1,620	1,620	0,793	0,793	<b>0,000</b>	<b>0,95207</b>	0,0162	<b>0,9838</b>	17,2610
	JA	1	-2,255	2,255	2,255	0,693	0,693	<b>0,018</b>	<b>0,61810</b>	0,0941	<b>0,9059</b>	15,3940
		2	-1,914	1,914	1,914	0,748	0,748	<b>0,020</b>	<b>0,60058</b>	-0,0833	<b>1,0833</b>	19,1930
		3	-1,724	1,724	1,724	0,689	0,689	<b>0,024</b>	<b>0,56484</b>	0,1109	<b>0,8891</b>	15,5980
		4	-1,912	1,912	1,912	0,822	0,822	<b>0,000</b>	<b>0,96003</b>	0,0126	<b>0,9874</b>	17,3260
	Max	1	-2,697	2,697	2,697	0,682	0,682	<b>0,028</b>	<b>0,53764</b>	0,1159	<b>0,8842</b>	14,9200
		2	-2,355	2,355	2,355	0,743	0,743	<b>0,015</b>	<b>0,65683</b>	-0,0707	<b>1,0707</b>	18,9780
		3	-2,166	2,166	2,166	0,680	0,680	<b>0,034</b>	<b>0,49617</b>	0,1305	<b>0,8695</b>	15,1590
		4	-2,353	2,353	2,353	0,812	0,812	<b>0,002</b>	<b>0,88031</b>	0,0378	<b>0,9622</b>	16,8180
<b>3JMW Kl<sub>MZB</sub> vs 3JMW TW</b>	JAS	1	-1,106	1,106	1,142	0,628	0,556	<b>0,000</b>	<b>0,99131</b>	0,0014	<b>0,9986</b>	17,2180
		2	-0,773	0,773	0,892	0,674	0,494	<b>0,050</b>	<b>0,40366</b>	-0,0995	<b>1,0995</b>	19,4010
		3	-0,582	0,582	0,681	0,662	0,552	<b>0,000</b>	<b>0,97795</b>	0,0045	<b>0,9955</b>	17,6850
		4	-0,778	0,778	0,847	0,725	0,638	<b>0,030</b>	<b>0,52439</b>	-0,1083	<b>1,1083</b>	19,5570
	JJA	1	-1,949	1,949	1,949	0,600	0,600	<b>0,012</b>	<b>0,68216</b>	0,0517	<b>0,9483</b>	16,2510
		2	-1,616	1,616	1,625	0,670	0,644	<b>0,045</b>	<b>0,43057</b>	-0,0944	<b>1,0944</b>	19,3880
		3	-1,425	1,425	1,425	0,638	0,638	<b>0,007</b>	<b>0,76099</b>	0,0493	<b>0,9507</b>	16,8210
		4	-1,621	1,621	1,621	0,680	0,680	<b>0,001</b>	<b>0,92667</b>	-0,0158	<b>1,0158</b>	17,8740
	JA	1	-2,240	2,240	2,240	0,637	0,637	<b>0,011</b>	<b>0,69368</b>	0,0465	<b>0,9535</b>	16,3370
		2	-1,908	1,908	1,908	0,697	0,697	<b>0,029</b>	<b>0,52724</b>	-0,0711	<b>1,0711</b>	18,9610
		3	-1,717	1,717	1,717	0,669	0,669	<b>0,008</b>	<b>0,74402</b>	0,0495	<b>0,9505</b>	16,8030
		4	-1,913	1,913	1,913	0,726	0,726	<b>0,004</b>	<b>0,81100</b>	-0,0384	<b>1,0384</b>	18,3190
	Max	1	-2,682	2,682	2,682	0,623	0,623	<b>0,027</b>	<b>0,54030</b>	0,0718	<b>0,9282</b>	15,8120
		2	-2,349	2,349	2,349	0,695	0,695	<b>0,024</b>	<b>0,56745</b>	-0,0643	<b>1,0643</b>	18,8560
		3	-2,158	2,158	2,158	0,658	0,658	<b>0,017</b>	<b>0,63239</b>	0,0722	<b>0,9278</b>	16,3290
		4	-2,354	2,354	2,354	0,703	0,703	<b>0,000</b>	<b>0,95880</b>	0,0083	<b>0,9917</b>	17,4050



### 3.4 Ergebnisdiskussion

Die dargestellten umfangreichen Auswertungsergebnisse für die sechs untersuchten TBM-Stellen zeigen sehr deutlich, dass der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nachweislich auf die Entwicklung der sommerlichen Wassertemperaturen an einer Probestelle reagiert.

Wichtig für eine belastbare Indikation der sommerlichen Wassertemperaturentwicklung ist,

- dass das Verhältnis von Temperatur- zu Abflussgeschehen an der Probestelle nicht allzu stark von den durchschnittlichen Standardausprägungen des Gewässertyps abweicht (kann z.B. bei Kühlwassereinleitungen oder Ausleitungsstrecken der kleinen Wasserkraft deutlich verändert sein),
- dass der richtige Beprobungszeitraum im Jahr gewählt wird - hier zeigen die Auswertungen der drei am besten belastbaren TBM-Stellen, dass entweder die Juni-Beprobung der Serie 2 (Argen\_Giessen, LAWA-Typ 03.2) oder die August-Beprobung der Serie 3 (Brigach\_Marbach, LAWA-Typ 09.1 und Donau\_Pföhren, LAWA-Typ 09.2) die besten Ergebnisse erbrachten – und daher für Flüsse vermutlich Juli am besten für die MZB-Probenahme geeignet ist und
- dass die richtigen Zeitbezüge zwischen den Temperatur- und Index-Werten gewählt werden, da nicht die aktuellen Wassertemperaturen zum Zeitpunkt der MZB-Beprobung, sondern die sommerlichen Wassertemperaturen der vorausgegangenen Jahre die Besiedlungsverhältnisse maßgeblich beeinflussen, aus denen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> berechnet wird.

**Basierend auf den oben dargestellten Auswertungsergebnissen des TBM-Datensatzes lassen sich die eingangs gestellten Projektfragen wie folgt beantworten:**

**Frage 1** Zeitbezug I: Welchen Einfluss hat die Verwendung bestimmter monatlicher Temperaturmesswerte zur Berechnung des Jahrestemperatur-Kennwertes auf die Beziehung zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub>?

Insgesamt zeigt sich, dass die auch für die Ableitung der Temperaturpräferenzspektren und Schwerpunkttemperaturen verwendeten **Temperaturmittelwerte aus den Monaten Juli, August und September (JAS) in den meisten Fällen die besten Bezüge zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zeigen**. An zweiter Stelle rangieren die Temperaturmittelwerte aus den Monaten Juni, Juli und August (JJA). Und an TBM-Stellen mit insgesamt weniger guten Beziehungen zwischen den Index- und den Wassertemperaturwerten zeigen manchmal die Jahresmaximalwerte die relativ besten Korrelationen zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub>.

**Frage 2** Zeitbezug II: Welchen Einfluss hat die Jahreszeit der Makrozoobenthosbeprobung auf die Beziehung zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub>?

An den ausgewerteten Probestellen der LAWA-Flusstypen 03.2, 09.1 und 09.2 spiegeln die KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte, die aus den MZB-Proben der 2. (Schwerpunkt der Probenahmen im Juni) und 3. Serie (Schwerpunkt der Probenahmen im August) berechnet wurden, die Entwicklungen der sommerlichen Wassertemperaturen am besten wider. Gemäß den Empfehlungen von PERLODES sollte das Makrozoobenthos von Flüssen innerhalb der Monate Mai, Juni oder Juli beprobt werden. **Es wird daher empfohlen, künftige Beprobungen dieser LAWA-Typen im Juli (Zeitraum zwischen den TBM-Serien 2 und 3) vorzunehmen. Dabei handelt es sich um einen Kompromiss zwischen dem PERLODES-Beprobungszeitfenster (Mai – Juni – Juli) und den Beprobungszeiten, die sich bei den vorliegend ausgewerteten Probestellen als diejenigen mit den besten Indikationsqualitäten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> hinsichtlich der sommerlichen**

**Wassertemperaturen herausgestellt haben (Juni und August).**

**Frage 3** Zeitbezug III: Ist der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> geeignet einen Entwicklungstrend der Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen über mehrere Jahre abzubilden und welche Rolle spielt dabei der zeitliche Bezug zwischen dem Jahr der MZB-Beprobung und dem Jahr der sommerlichen Temperaturmesswerte?

**Der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> erweist sich als geeignet, die langjährige Entwicklung der sommerlichen Wassertemperaturen widerzuspiegeln, wenn dazu um ein Jahr vorausgehende gleitende Dreijahresmittel der jährlichen Wassertemperaturkennwerte (JAS-Mittelwerte) in Bezug gesetzt werden.** Eine noch bessere Beziehung zwischen den Temperatur- und den Indexwerten zeigt sich, wenn sowohl die Temperatur- als auch die Indexwerte als um ein Jahr versetzte, gleitende Dreijahresmittel zueinander in Bezug gesetzt werden. Durch die gleitenden Dreijahresmittel werden offenbar die mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht unmittelbar abbildbaren interannuellen Temperatur- und Populationsausschläge ausgeglichen. Dass kurzfristige Temperaturunterschiede zwischen aufeinander folgenden Jahren nicht direkt vom KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abgebildet werden können, dürfte daran liegen, dass sich die Wassertemperaturen stets auf unterschiedliche Ausgangspopulationen der Indikatorarten auswirken, deren Reproduktion entweder gefördert oder eingeschränkt wird und damit wiederum die Ausgangspopulation für die im kommenden Jahr herrschenden Temperaturverhältnisse beeinflussen. Der Einfluss der wetterbedingten Vorgeschichte bedingt somit eine Trägheit der biologischen Reaktion, die zur Folge haben kann, dass einzelne drastische Unterschiede zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen zweier aufeinander folgender Jahre zu teilweise sogar gegenläufigen Werten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> führen können.

**Somit lassen sich mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zwar keine absoluten einzeljahresbezogenen Indikationen der vorausgegangenen sommerlichen Wassertemperaturen (im Sinne von KLIWA-Index<sub>MZB</sub> = Sommerwassertemperatur des Vorjahres) vornehmen, aber sehr wohl längere Trends der Temperaturentwicklung abbilden, die offenkundig nachhaltige Veränderungen der Arten- und Abundanzzusammensetzung und damit des Indexes hervorrufen.** Dies zeigt das Beispiel der TBM-Stelle Dohnau\_Pföhren besonders deutlich (s. Abbildung 33, Abbildung 34 und Abbildung 35). Hier haben sich die sommerlichen Wassertemperaturen (JAS, gleitende Dreijahresmittel) zwischen 1996 und 2012 um ca. 0,5° K erhöht. Gleiches gilt auch für die auf diesen Zeitraum bezogenen gleitenden Dreijahresmittelwerte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub>, während die Einzeljahreskennwerte der sommerlichen Wassertemperaturen von Jahr zu Jahr um bis zu 2,5° K schwanken und bis zu 1,5° K von den Werten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abweichen.

**Frage 4** Gewässertypspezifische Korrekturfunktion: Führt die gewässertypspezifische Korrektur des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zu Ergebnisverfälschungen?

Die im Vorgängerprojekt abgeleiteten gewässertypspezifischen Korrekturfunktionen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> bewirken bei ihrer Anwendung auf Probandaten aus Gewässern mit für die jeweiligen Gewässertypen durchschnittlichen sonstigen Atmungshabitatbedingungen, dass die lineare Regression zwischen der sommerlichen Wassertemperatur und dem nicht typspezifischen Index auf den Schnittpunkt 0 und die Steigung 1 transformiert wird, so dass idealer Weise eine Temperaturerhöhung um 1° K einer ebensolchen Erhöhung des typspezifisch korrigierten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> entspricht. **Diese Transformation der Indexwerte kann somit keinerlei Einfluss auf die Bestimmtheitsmaße (R<sup>2</sup>-Werte) und Signifikanzniveaus (p-Werte) haben, dient aber dazu eine Annäherung der Index-Werte an die Temperaturwerte sowohl hinsichtlich ihrer absoluten Höhe, als auch bezüglich der Steigung der Temperatur-Index-Beziehung zu erreichen.** Dabei sollten die Annäherungen der korrigierten Indexwerte an die sommerlichen Wassertemperaturen umso besser ausfallen, je ähnlicher die sonstigen Atmungshabitatbedingungen



**(insbesondere Strömung und organische Belastungen) den für alle Gewässer des jeweiligen Gewässertyps durchschnittlichen Bedingungen sind.**

Dieser Effekt zeigt sich in erster Linie bei den Stellen, die insgesamt die besten Temperatur-Index-Beziehungen aufweisen (z.B. Donau\_Pföhren: Tabelle 10 und Tabelle 11, Brigach\_Marbach; Tabelle 6 und Tabelle 7), während bei den diesbezüglich schlechteren Stellen (z.B. Arge-Gießen: Tabelle 2 und Tabelle 3, Neckar-Börstingen: Tabelle 14 und Tabelle 15) eher die Steigungen und Absolutwerte der unkorrigierten Index-Werte besser zu den Temperaturkennwerten passen.

**Die Auswertungsergebnisse werden somit als Bestätigung der typspezifischen Korrekturfunktionen für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> gewertet, ohne die die Index-Werte der meisten Probestellen stärker von den Temperaturwerten abweichen und die Steigung der Beziehung zwischen beiden Größen stärker von 1 abweichen würden.**

**Frage 6** Mindestanforderungen: Lassen sich die im Vorgängerprojekt definierten Mindestanforderungen an die Abundanzklassensummen der in den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> einfließenden Taxa bestätigen oder offenbaren die neuen Auswertungen diesbezüglichen Überarbeitungsbedarf?

Die durchgeführten Korrelationen zwischen Wassertemperaturwerten und KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten basierten durchgehend auf Proben-Taxalisten, die die **Mindestanforderung einer Abundanzklassensumme der zugeordneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Taxa von 20** meist deutlich überschritten. Somit lässt sich daraus kein Rückschluss auf einen diesbezüglichen Bedarf zur Anpassung dieses Wertes ziehen.

**Der Umstand, dass auch in PERLODES diese Mindestanforderung für das Modul Saprobie gilt, spricht dafür, es dabei zu belassen.**

**Frage 7** Neozoen: Lassen sich die eingangs formulierten Hypothesen für die ausgewerteten Datensätze der beiden Projekte bestätigen oder widerlegen und was lässt sich daraus hinsichtlich der Notwendigkeit einer Berücksichtigung oder eines Ausschlusses von Neozoen bei der Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für Fließgewässerproben mit Neozoen schlussfolgern?

Es geht also letztlich um die Frage, ob der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> durch die Berücksichtigung von Neozoen bei seiner Berechnung verfälscht wird oder ob Neozoen ebenso gute Indikatoren für die Atmungshabitatbedingungen wie heimische Arten sein können, bzw. sind.

Die Auswertungen der TBM-Stellen zeigen, dass an den drei gut auswertbaren Stellen Argen\_Giessen, Brigach\_Marbach und Donau\_Pföhren die Unterschiede der Bestimmtheitsmaße der Korrelationen zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen und den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten mit und ohne Neozoenberücksichtigung nicht sonderlich groß waren (Argen und Brigach  $\Delta R^2 = +0,04$  und  $+0,11$ ; Donau  $\Delta R^2 = -0,03$ ). Allerdings spielen die Neozoen an allen drei Stellen auch nur eine untergeordnete Rolle.

Eine abschließende Beurteilung eines eventuellen Verfälschungseinflusses kann daher auf dieser Auswertungsgrundlage nicht erfolgen. Dank der erheblich höheren Neozoenanteile der Fließgewässerproben, die aus dem BMBF-Projekt dynaklim ausgewertet worden sind, konnte diese Frage dennoch geklärt werden (s. Kapitel 4).

**Frage 8** Sensitivität: Bis zu welcher Genauigkeit differenziert der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zwischen unterschiedlichen Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen?

Hinsichtlich der Sensitivität der mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> indizierbaren Unterschiede sommerlicher Wassertemperaturen muss zwischen zeitlichen und räumlichen Vergleichen differenziert werden.

Für die zeitliche Entwicklung an einer Probestelle zeigen die TBM-Auswertungen, dass aus den oben beschriebenen Gründen **kurzfristige interannuelle Temperaturunterschiede nicht mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abbildbar sind**. Hierfür ist die Trägheit der Populationsdynamik in Folge des Einflusses der jeweiligen Vorgeschichte zu groß.

**Dagegen zeigen die Langzeitvergleiche mit gleitenden Dreijahresmitteln, dass sukzessive Verschiebungen der mehrjährigen mittleren sommerlichen Wassertemperaturverhältnisse von lediglich einem halben Grad noch abgebildet werden können.**

## 4 BMBF-Forschungsvorhaben „dynaklim“ (Nordrhein Westfalen)

### 4.1 Einführung

Das vom BMBF geförderte Netzwerk- und Forschungsprojekt dynaklim hat in verschiedenen Projekten gemeinsam mit Akteuren vor Ort Wege entwickelt und aufgezeigt, die es den Menschen der Region, der Politik, Verwaltung, Wirtschaft und gesellschaftlichen Gruppen ermöglichen, mit den Folgen des prognostizierten Klimawandels umzugehen. Bis 2014 wurden auf verschiedenen Ebenen und in unterschiedlichen Bereichen Lösungen und Maßnahmen zur Bewältigung der Klimawandelfolgen erprobt und in einem Handlungsleitfaden, der Roadmap zur Anpassung an den Klimawandel, zusammengefasst<sup>3</sup>. Im von T. Korte und M. Sommerhäuser bearbeiteten dynaklim-Projekt wurde u.a. untersucht, welchen Einfluss die Wassertemperatur auf die Zusammensetzung des Makrozoobenthos in den großen Flüssen Nordrhein-Westfalens Lippe, Ems und Ruhr hat.

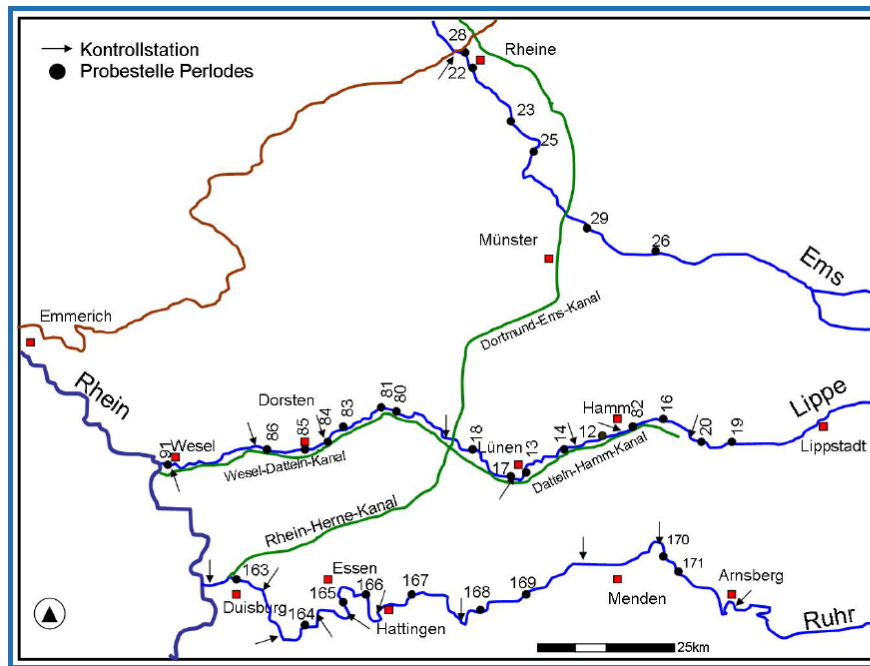
Aus dieser Datenanalyse leiteten die Bearbeiter einen signifikanten Erklärungsanteil der mittleren Jahreswassertemperatur an der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft ab. Es wurden auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten Grenzwerte abgeleitet, um die thermische Veränderung einer Probestelle durch den Metrik „Häufigkeiten wärmeliebender Neozoen“ näher zu beschreiben.

Für den Praxistest des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> lag somit ein unabhängiger Datensatz vor, der sowohl Makrozoobenthos als auch Temperaturdaten in ausreichender Dichte enthält. Zudem wurden die Daten unter vergleichbaren Aspekten ausgewertet. Des Weiteren sind die Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaften vor allem von Ruhr und Lippe zum Teil stark von Neozoen dominiert, so dass der Frage nachgegangen werden konnte, welchen Einfluss die Neozoen auf die Beziehung zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zur sommerlichen Wassertemperatur hat. Daher bot sich eine Analyse der Daten mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der Vergleich der Ergebnisse im Rahmen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Praxistests an.

### 4.2 Datengrundlagen und Aufbereitung

Die vom Projekt „dynaklim“ zur Verfügung gestellten MZB- und Temperaturdaten wurden gesichtet und für den Praxistest aufbereitet. Für eine bessere Übersicht der für den KLIWA-Praxistest verwendeten Daten und die relative Ortslage der MZB-Proben zu den verwendeten Messstellen mit Temperaturdaten wurde ein eigenes System der Probestellenbezeichnung für die Daten verwendet (Abbildung 57 und Abbildung 58). Um einen einheitlichen Datensatz zu erhalten, der eine Anwendung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> erlaubt, war es notwendig den Datensatz der MZB-Proben auf das Jahr 2008 zu reduzieren, damit die Temperaturdaten aus 2007 (dem Vorjahr der MZB-Beprobung) zur Verfügung standen.

<sup>3</sup> [http://www.dynaklim.de/dynaklim2pub/index/3000\\_projektergebnisse/3300\\_veroeffentlichungen/3510\\_dynaklim\\_publikationen.html](http://www.dynaklim.de/dynaklim2pub/index/3000_projektergebnisse/3300_veroeffentlichungen/3510_dynaklim_publikationen.html)

**Untersuchungsgebiet**

Lippe, Ems: Typ 15g

Ruhr: Typ 9.2

Beprobung: 2007/2008

Methode: Perloides

(Multi-Habitat-  
Besammlung)Summe: 31 Probestellen  
(PS)**Temperaturmessung**

Kontrollstationen (KST)

Lippe: 8 KST

Ruhr: 10 KST

Ems: 1 KST

Abbildung 57: Kopie der Original-Abbildung der MZB-Probestellen und Lage der Kontrollstellen markiert durch -> schwarze Pfeile im Dynaklim-Projekt (Quelle: VORTRAGSFOLIEN DYNAKLIM, DGL2011)

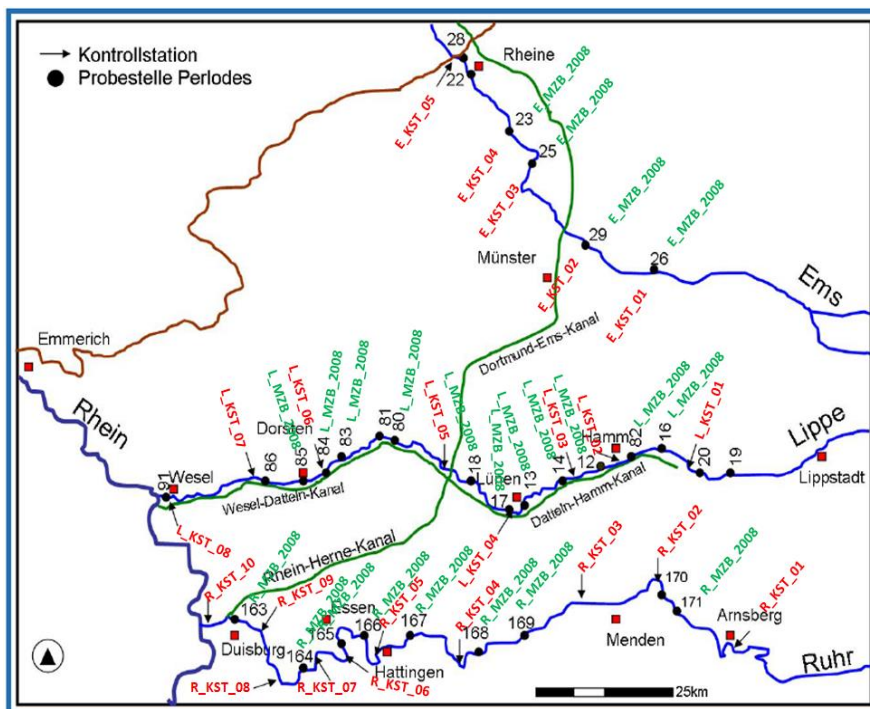


Abbildung 58: Eigene Probestellenbezeichnungen zu MZB-Proben 2008 und Kontrollstellen (KST) mit Temperaturdaten 2007 der Gewässersysteme Ems, Lippe und Ruhr

Zur Verfügung standen somit 23 MZB-Probenahmen des Jahres 2008 und 23 Messstellen, an denen für 2007 Jahreswerte aus kontinuierlichen Temperaturmessungen monatliche Einzelmessungen) erhoben wurden.

Gewässer	Gewässertyp	MZB-Proben 2008	Probestellen-Daten TW 2007
Ems	Typ 15_groß	4	5*
Lippe	Typ 15_groß	11	8
Ruhr	Typ 09.2	8	10

### Aufbereitung der MZB-Daten

Die MZB-Daten, die als Häufigkeitsklassen vorlagen, wurden in Ind./m<sup>2</sup> umgerechnet und mit dem Tool KI<sub>MZB</sub> 1.1.0 berechnet. Dabei wurden in einem zweiten Durchgang diejenigen Taxa herausgestrichen, die als Neozoen eingestuft sind. Als Zwischenergebnis lagen somit die Indexwerte der Proben „mit Neozoen“ als auch ein entsprechender KLIWA-Index<sub>MZB</sub> „ohne Neozoen“ vor.

Im Datensatz vorkommende Neozoen sind in Tabelle 26 aufgelistet, wobei im Projekt dynaklim nur die gelb markierten Taxa betrachtet wurden, da nur sie aufgrund ihrer Nennung in der Literatur, des Vorkommens im EZG und der pontokaspischen Herkunft als „wärmeliebende Taxa“ definiert wurden. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse des Metrik „wärmeliebende Neozoen“ mit den Ergebnissen KLIWA-Index mit /ohne Neozoen war daher nicht möglich. Ergänzt sind die im KLIWA-Projekt ermittelten spezifischen Schwerpunkttemperaturen der Taxa – die auch die Sortierung der Tabelle vorgibt - und die jeweilige Spezifität.

Tabelle 26: Liste der Neozoen in den Projektdaten mit den Ergebnissen des KLIWA-Projektes zu Spezifität und Schwerpunkttemperatur (SWP-T). Gelb markierte Taxa werden als „wärmeliebend“ für den im Dynaklim entwickelten Metrik verwendet

Alle Neozoen (gelb markiert "wärmeliebende Neozoen" für Metrik)			
ID_Art	Taxonname	Spezifität	SWP-T
7854	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	4,68	20,87
5634	<i>Hypania invalida</i>	4,23	20,58
20515	<i>Corophium robustum</i>	5,18	20,55
4749	<i>Corophium curvispinum</i>	3,61	20,5
11176	<i>Corbicula fluminea</i>	3,97	20,45
11227	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	6,06	20,44
4494	<i>Branchiura sowerbyi</i>	4,79	20,41
8700	<i>Jaera istri</i>	4,32	20,41
4999	<i>Dreissena polymorpha</i>	4,23	20,27
7517	<i>Dikerogammarus villosus</i>	4,13	20,23
11177	<i>Corbicula "fluminalis"</i>	5,11	20,05
8730	<i>Limnomysis benedeni</i>	5,08	19,88
5022	<i>Dugesia tigrina</i>	3,1	19,53
6396	<i>Physella acuta</i>	2,05	19,01
5294	<i>Gammarus tigrinus</i>	1,9	18,97
6199	<i>Orconectes limosus</i>	2,34	18,75
8703	<i>Proasellus coxalis</i>	0,95	17,68
12328	<i>Echinogammarus berilloni</i>	1,19	17,67
8251	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0,73	17,63
8702	<i>Jaera sp.</i>	k.A.	k.A.
8961	<i>Dikerogammarus sp.</i>	k.A.	k.A.
11178	<i>Corbicula sp.</i>	k.A.	k.A.

In einem weiteren Schritt wurden von den Originaldaten die Abundanzklassensummen (AKS) gebildet, also die Summe der Häufigkeitsklassen aller Taxa. Hier wurde ebenfalls wieder unterschieden zwischen Datensätzen mit allen Taxa (AKS<sub>MZB</sub>), nur die „wärmeliebenden“ Taxa („wärmeliebende“ AKS<sub>Neo</sub>) und nur Neozoen (AKS<sub>Neo</sub>).

### Aufbereitung der Temperatur-Daten

Die Temperaturdaten, die vom dynaklim-Projekt zur Verfügung gestellt wurden, basieren auf Messungen von Dataloggern (KORTE, T. & M. SOMMERHÄUSER 2011). Für die Datenanalyse wurden die hieraus in dynaklim ermittelten Monatsmittelwerte genutzt. Von diesen wurden neben den Monatsmittelwerten für die Monate Juli, August und September (JAS) die Jahresmittelwerte (Minimum-, Maximum- und Mittelwerte) an den Kontrollstellen ermittelt. Zusätzlich wurden noch aus 2008 die Jahreswerte Minimum, Maximum und Mittelwert zu den Parametern pH-Wert, Sauerstoff [mg/l] und [%], Leitfähigkeit [µS/cm] sowie Kalium [mg/l] berechnet. Um eine bessere Datenlage für die Ems zu bekommen, wurden ergänzend zu den dynaklim-Temperaturdaten, weitere Monitoringdaten über das offizielle Web-Portal in NRW (<http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf>) recherchiert und berechnet. Aus den nur als monatliche Einzelmessungen vorliegenden Daten wurden „Glockenkurven“ mittels polynomischer Regressionen 4. Grades berechnet, von denen dann die interpolierten Temperaturen für die mittleren Tage der Monate Juli, August und September abgegriffen und



zu einem Sommermittelwert (JAS) verrechnet wurden (s. Abbildung 59).

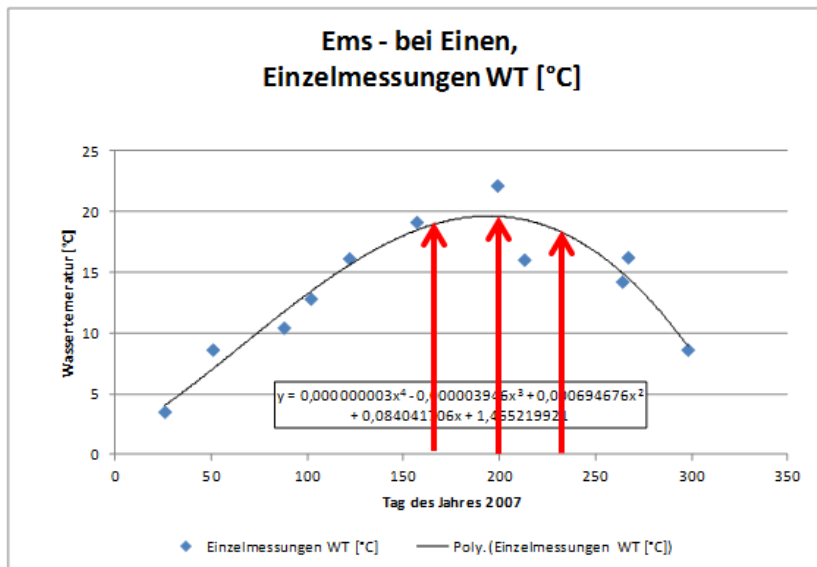


Abbildung 59: Ermittlung der Monatsmittelwerte über die Regressionsformel (4. Polynom) anhand der Glockenkurve aus Einzelmessungen am Beispielder Ems bei Einen

Da im Projekt dynamik die Temperaturdaten als Jahresmittelwerte nach den statistischen Analysen die höchsten Korrelationen aufwiesen, wurden für die Gegenüberstellung der Temperaturdaten zusätzlich zu den Sommermittelwerten der Monate Jul-Aug-Sep (TW (JAS)) ebenfalls Jahresmittelwerte berechnet. Deren Berechnung erfolgte in entsprechender Weise wie für die JAS-Werte mittels polynomischer Funktionen und Verrechnung der einzeln abgeleiteten Monatswerte zu einem Gesamtjahresmittelwert (TW 2007).

Bei abweichender Lage der Temperatur-Messstelle zur MZB-Probestelle wurde eine Übertragung der Temperaturwerte mit Hilfe einer Regressionskurve (4.-6. Polynom) auf die MZB-Stelle anhand der Stationierung (Stat.) vorgenommen (Abbildung 60)

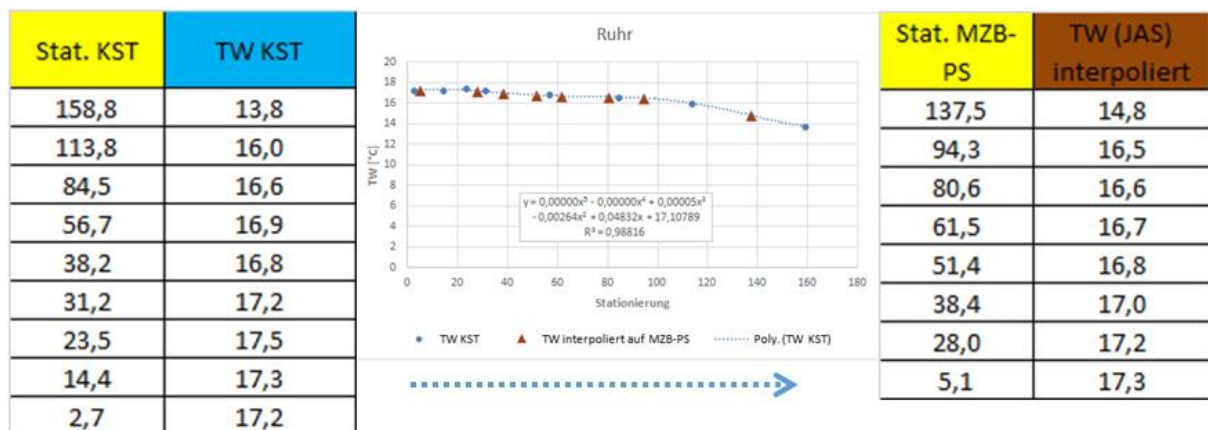


Abbildung 60: Übertragung von Werten der Kontrollstellen auf die MZB-Probestellen anhand der Regressionskurve und der Stationierung am Beispiel der Temperaturdaten an der Ruhr

Die Gegenüberstellung der Daten zur Ermittlung der Korrelationen erfolgte sowohl für alle drei Gewässersysteme zusammen als auch für jedes Gewässersystem gesondert.

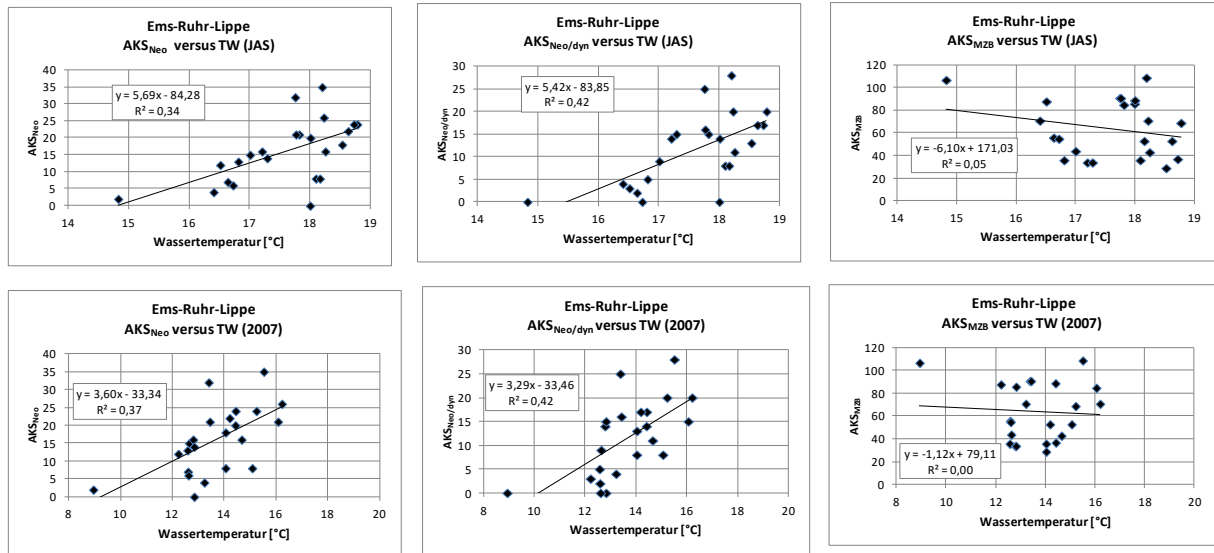


Abbildung 61: Korrelationen für alle verwendeten Gewässer (Ems-Ruhr-Lippe) der Abundanzklassensummen (AKS) links der Neozoen (AKS<sub>Neo</sub>), mittig im Projekt dynamisch eingestufte Taxa (AKS<sub>Neo/dyn</sub>), rechts aller MZB-Taxa (AKS<sub>MZB</sub>) versus der Sommermittel TW (JAS) (obere Reihe) bzw. der Mittelwerte des gesamten Jahres (TW 2007)

### 4.3 Ergebnisse

Ausführliche Tabellen mit Schwerpunkttemperaturen und Signifikanzen der verwendeten Taxa, sowie der errechneten Temperaturdaten und weiterer Parameter des Projektes „dynaklim“ finden sich in der digitalen Anlagendatei A4.

Gemäß den in Tabelle 26 für die einzelnen Neozootaxa der ausgewerteten dynaklim-Proben aufgeführten Schwerpunkt-Temperaturen (SWP-T) wären alle nachgewiesenen Neozoen den „wärmeliebenden“ Neozoen zuzuordnen (d.h. zu  $AKS_{Neo/dyn}$  zu verrechnen) und nicht nur diejenigen, die aufgrund von Literatursauswertungen des dynaklim-Projekts als solche eingestuft worden sind. Daher wurde als erstes untersucht, ob die  $AKS_{Neo/dyn}$  stärker oder schwächer als die Abundanzklassensummen aller Neozootaxa ( $AKS_{Neo}$ ) mit den Jahresmitteln der Wassertemperatur (TW 2007) korreliert sind (s. Abbildung 62).

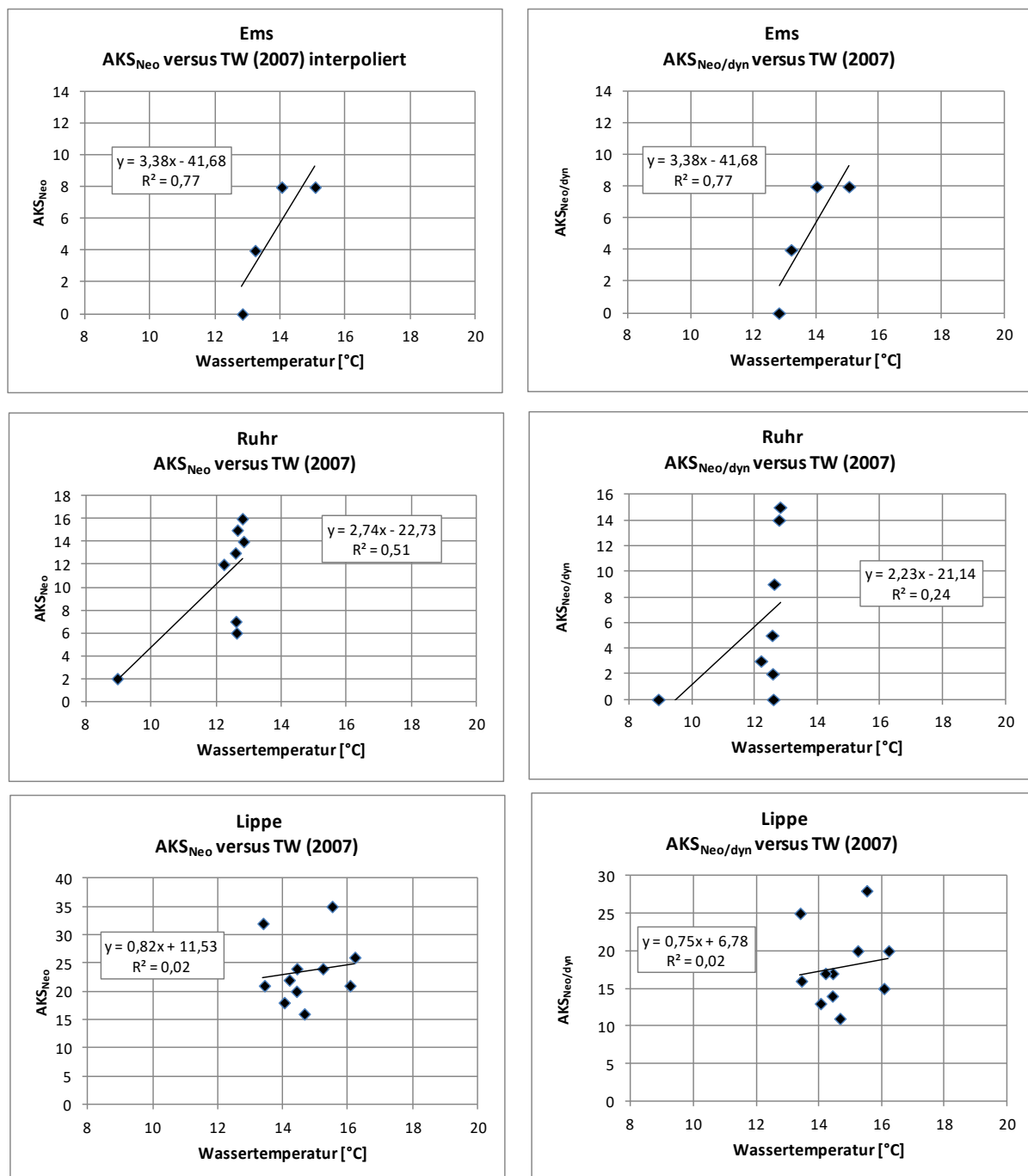


Abbildung 62: Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ems (oben), Ruhr (mitte) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen ( $AKS_{Neo}$ ), rechte Hälfte: in dynklim für die  $AKS$ -Bildung genutzte Neozoen ( $AKS_{Neo/dyn}$ ) versus der Jahresmitteltemperatur  $TW$  (2007)

Für die Ems kann keine Aussage getroffen werden, da die Grundgesamtheit der Proben mit 4 zu gering ist. Bei der Ruhr liegt die Korrelation zwischen  $AKS_{Neo}$  und dem Jahresmittel der Wassertemperatur ( $TW$  2007) mit einem  $R^2$ -Wert von 0,51 deutlich über dem entsprechenden  $R^2$ -Wert der  $AKS_{Neo/dyn}$ , der nur 0,24 erreicht, während bei den Lippe-Daten mit jeweils 0,02 keine Korrelation vorliegt.

Als Fazit aus diesem Vergleich wurde für die Neozoen-Abundanzklassensummen nur noch  $AKS_{Neo}$  weiter verwendet.

Betrachtet man das Verhältnis zwischen  $AKS_{Neo}$  und statt der Ganzjahresmittelwerte der Wassertemperaturen (2007) die Sommermittelwerte der Monate Juli-August-September (JAS), so erhöhen sich die Bestimmtheitsmaße der Korrelationen für die Ruhr auf einen  $R^2$ -Wert von 0,67.

Nochmals deutlich höhere Bestimmtheitsmaße sind jedoch bei den Korrelationen der Abundanzklassensummen der gesamten MZB-Lebensgemeinschaften ( $AKS_{MZB}$ ) von Ruhr und Lippe gegenüber den sommerlichen JAS-Wassertemperaturen zu verzeichnen, wobei sich die positive Temperaturabhängigkeit der Neozoen erwartungsgemäß in eine negative bei den Gesamtarten-Abundanzklassensummen ( $AKS_{MZB}$ ) mit  $R^2$ -Werten von 0,79 (Ruhr) und 0,47 (Lippe) (s. Abbildung 63) umkehrt.

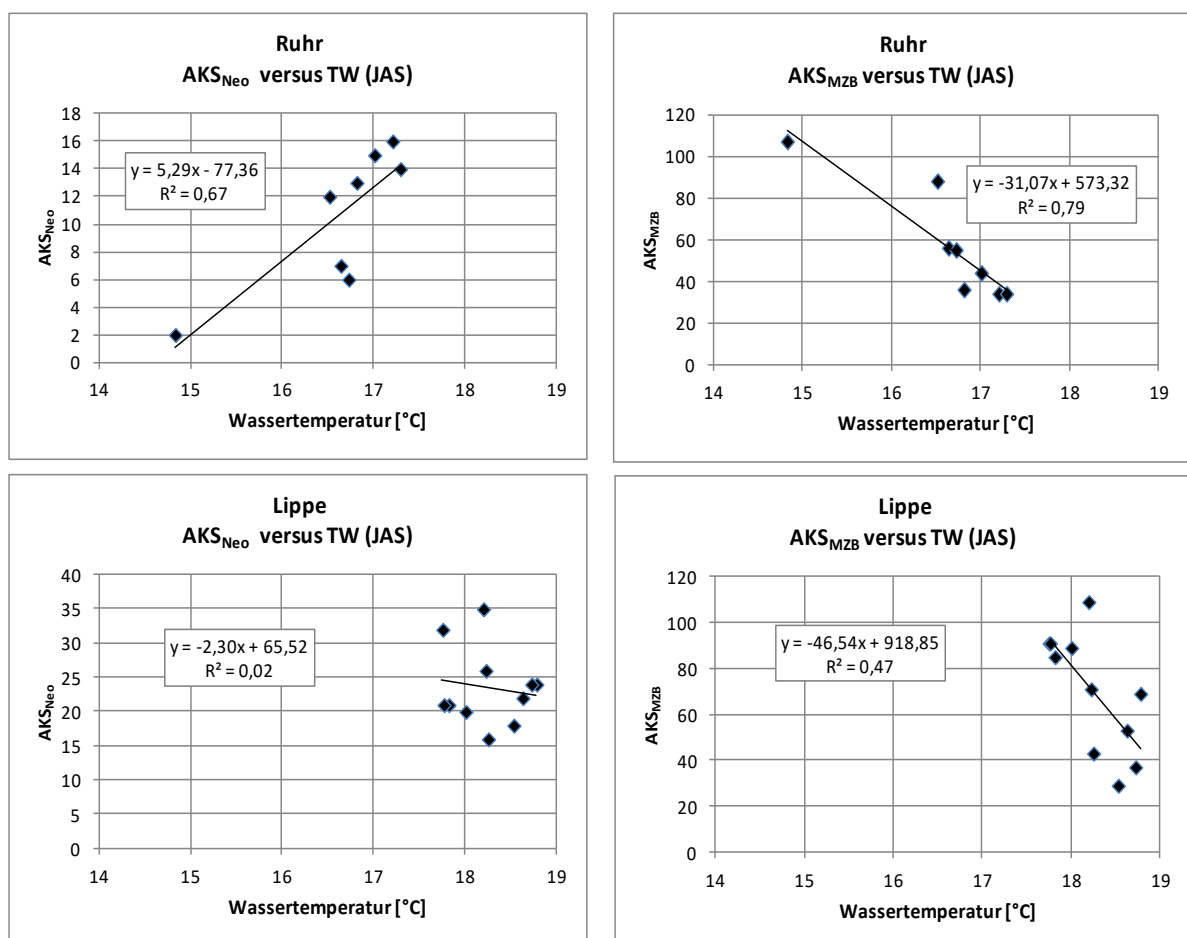


Abbildung 63: Lineare Regression der Abundanzklassensumme der der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen ( $AKS_{Neo}$ ), rechte Hälfte: alle Taxa ( $AKS_{Neo}$ ) versus der Sommermitteltemperatur TW (JAS)

Je höher also die TW (JAS) ansteigt, desto niedriger fällt die  $AKS_{MZB}$  sowohl in der Ruhr, als auch in der Lippe. Die sommerlichen Wassertemperaturen sind also in beiden Gewässern von großer Bedeutung für die jeweiligen Arten- und Abundanzzusammensetzungen insgesamt. Beide Gewässer unterscheiden sich jedoch erheblich hinsichtlich der Relevanzen der sommerlichen Wassertemperaturen für die  $AKS_{Neo}$ . Während die Neozoenvorkommen in der Ruhr offenkundig von der sommerlichen Wassertemperatur profitieren, hat diese in der Lippe keine limitierende Bedeutung für die Neozoenvorkommen. Letzteres ist vermutlich auf den geringen Temperaturgradienten zwischen den Probestellen zurück zu führen, der sich jedoch als hinreichend groß für die Differenzen zwischen den Abundanzklassensummen aller Taxa erweist.

Es lässt sich somit schlussfolgern, dass erhöhte sommerliche Wassertemperaturen (JAS) zwar generell das Vorkommen von Neozoen (aus dem pontokaspischen Raum) fördern können, dass aber die gegenteiligen Folgen für die Artengemeinschaft insgesamt (aufgrund der überdurchschnittlich hohen Rückgänge der heimischen Arten) weitaus erheblicher sind und sich daher Temperaturerhöhungen um lediglich Grad K bereits erheblich belastend auswirken.

Um zu prüfen, ob eventuell Salzbelastungen von Ruhr und Lippe noch größere Erklärungsanteile als die sommerlichen Wassertemperaturverhältnisse an den Abundanzklassensummen einerseits der Neozoen sowie andererseits aller Taxa der einzelnen Probestellen haben, wurde der Summenparameter Leitfähigkeit (LF) als Hilfsgröße für den Salzgehalt herangezogen und den  $AKS_{Neo}$  bzw.  $AKS_{MZB}$  gegenübergestellt (s. Abbildung 64).

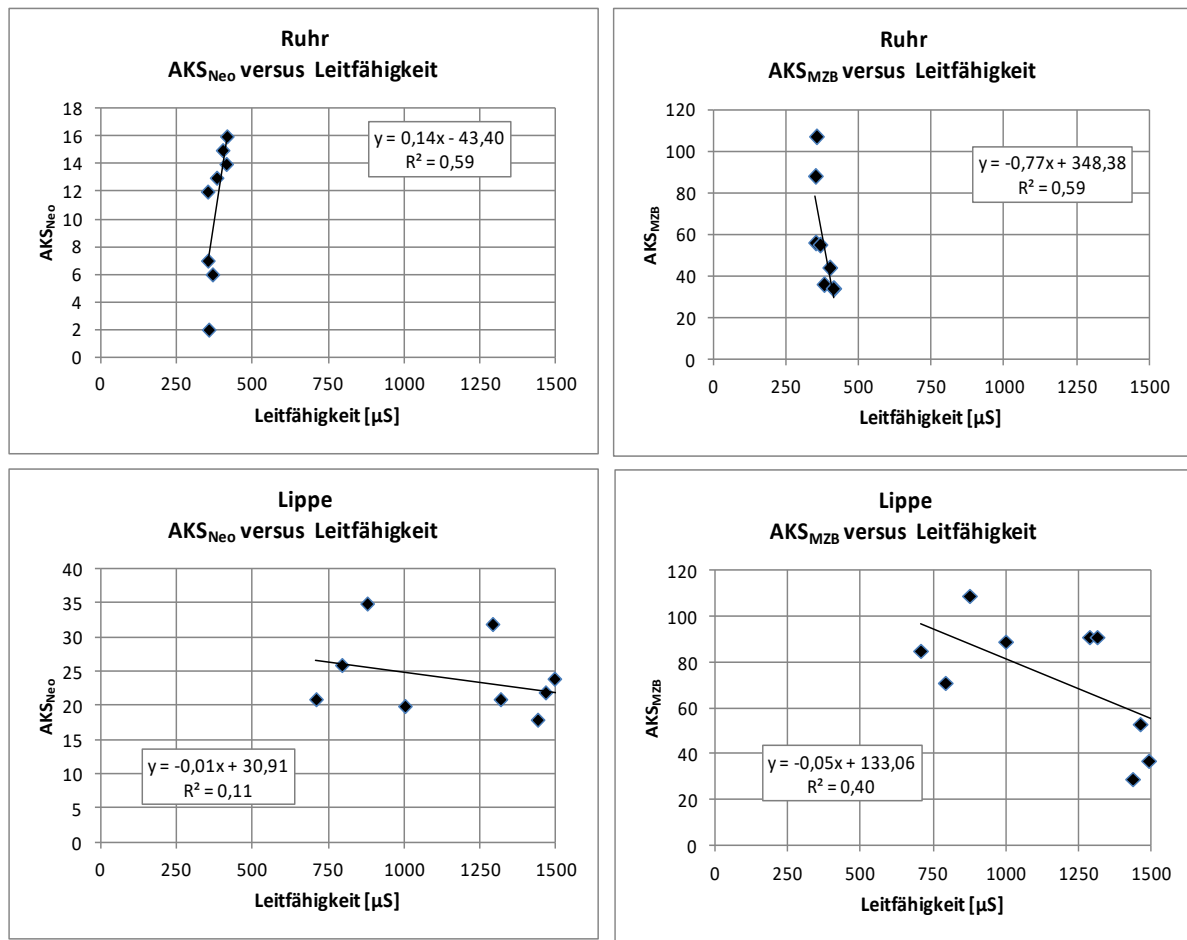


Abbildung 64: Lineare Regression der Abundanzklassensumme der der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: alle Neozoen (AKS<sub>Neo</sub>), rechte Hälfte: alle Taxa (AKS<sub>MZB</sub>) versus der interpolierten Leitfähigkeit (2007)

Die Grafiken der Abbildung 64 zeigen, dass in der Ruhr die Leitfähigkeit eine hohe Aussagekraft ( $R^2 = 0,59$ ) sowohl für AKS<sub>Neo</sub> als auch für AKS<sub>MZB</sub> hat, während das in der Lippe - wie bei den sommerlichen Wassertemperaturen - auch nur auf AKS<sub>MZB</sub> zutrifft.

Ein weiterer Test wurde mit der Gegenüberstellung der beiden interpolierten Temperaturparameter TW (2007) bzw. TW (JAS) versus Saprobienindex durchgeführt (s. Abbildung 65).



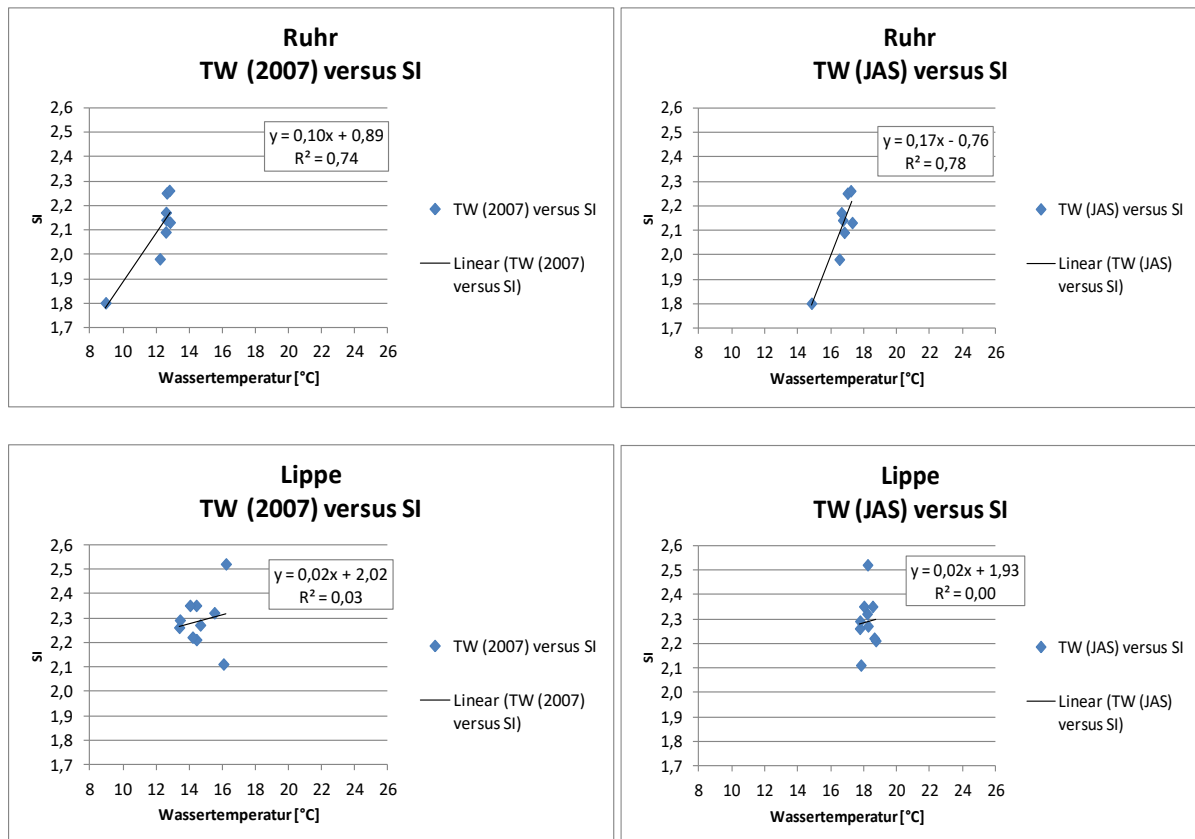


Abbildung 65: Lineare Regression der Abundanzklassensumme der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: Jahresmitteltemperatur TW (2007), rechte Hälfte: Sommermitteltemperatur TW (JAS) versus Saprobienindex

Für die Lippe können für den Saprobienindex keine Korrelationen festgestellt werden, wohingegen in der Ruhr mit einem  $R^2 = 0,78$  bei TW (JAS) ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß erreicht wird.

Die gleichen Auswertungen wie für die Saprobie wurden auch für die Beziehung des dem PERLODES-Bewertungsmodul „Allgemeine Degradation“ zugrunde liegenden Multimetrischen Index (MMI) in Abhängigkeit von der Wassertemperatur TW (2007) bzw. TW (JAS) durchgeführt (s. Abbildung 66).

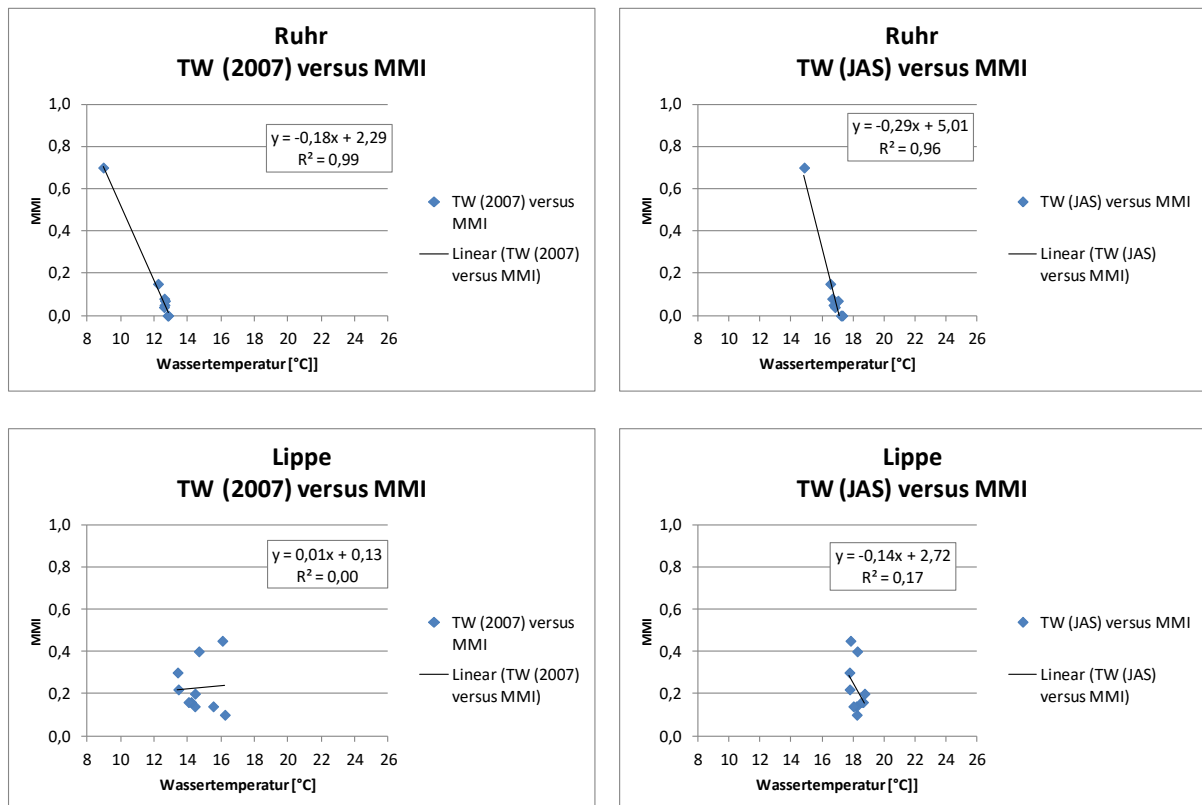


Abbildung 66: Lineare Regression der Abundanzklassensumme der der Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: Jahresmitteltemperatur TW (2007), rechte Hälfte: Sommermitteltemperatur TW (JAS) versus dem Multimetrischer Index (MMI)

Während der MMI in den Ruhr-Probestellen im Vergleich zur Saprobie sogar noch höhere Bestimmtheitsmaße der Korrelation zu den Wassertemperaturkennwerten erreicht, die fast schon einer hundertprozentigen Abhängigkeit entsprechen ( $R^2$ -Werte von 0,99 bei TW (2007) und 0,96 bei TW (JAS)), kann für die Lippe keine relevante Korrelation des MMI für TW (2007) und nur ein geringes Bestimmtheitsmaß von 0,17 für TW (JAS) festgestellt werden.

Abschließend wurde der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> gegen die mittleren Sommerwassertemperaturen (JAS) einmal mit und einmal ohne Einbeziehung der Neozootaxa korreliert (s. Abbildung 67).

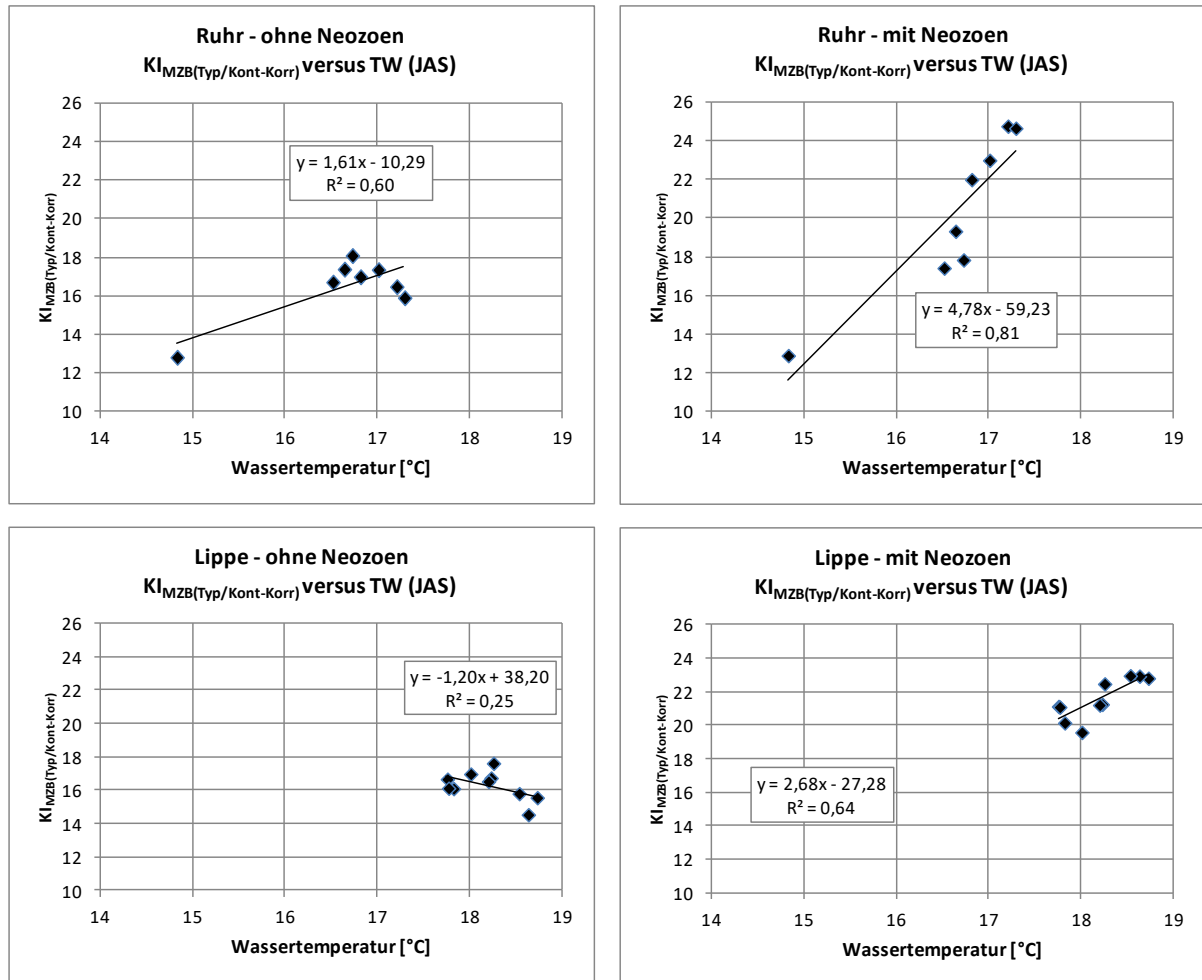


Abbildung 67: Lineare Regression der Korrelation zwischen  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und TW (JAS) für die Proben Ruhr (oben) und Lippe (unten); linke Hälfte: ohne Neozoen, rechte Hälfte: mit Neozoen

Der Vergleich der Bestimmtheitsmaße der Korrelationen beider Varianten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> (mit und ohne Neozoen) zur Wassertemperatur zeigt sehr deutlich, dass eine optimale Indikation nur unter Berücksichtigung der Neozoen erzielt wird. Zudem zeigen die Ergebnisse, dass die Korrelation des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> auch in der Lippe, trotz des hier vergleichsweise geringen Temperaturgesamtgredienten von nur ca. 1° mit  $R^2 = 0,64$  ein hohes Bestimmtheitsmaß aufweist (wenn die Neozoen mitberücksichtigt werden!) und sich daher auch zur Indikation von Temperaturunterschieden dieses Größenordnungsbereichs als geeignet erweist.

Da jedoch auch die sonstigen Atmungshabitatbedingungen (insbesondere Strömung und organische Belastungen) in beiden Gewässern überdurchschnittlich beeinträchtigt sind, liegen die Steigungen der Index-Temperatur-Beziehungen erheblich über einem Wert von 1, was hier zur Folge hat, dass die sommerlichen Wassertemperaturunterschiede zwischen den Probestellen zu überproportional höheren Werten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  führen.

#### 4.4 Ergebnisdiskussion

Die Auswertungsergebnisse für die dynaklim-Daten der Flüsse Ems, Lippe und Ruhr zeigen, dass der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> im räumlichen Vergleich von Probestellen mit einmaligen MZB-Beprobungen auch sommerliche Wassertemperaturunterschiede unter 1° K indizieren kann, sofern auch die Neozoen wie alle anderen im Index eingestuft Taxa mit berücksichtigt werden (s. Abbildung 67).

Des Weiteren wird deutlich, dass die Abundanzklassensumme von Neozoen zwar als grober Indikator für erhebliche thermische Belastungen fungieren kann, dass aber eine belastbare Korrelation zwischen der Abundanzklassensumme der Neozoen und der Wassertemperatur nur bei einem sehr großen Gradienten der Wassertemperaturverhältnisse besteht.

In thermisch stark belasteten Wasserkörpern ist eine schlechte Bewertung des ökologischen Zustands also nicht ein Fehler des Bewertungsverfahrens durch die hohen Neozoenanteile, sondern die Folge der thermisch bedingten Atemhabitatverschlechterung für die heimischen Arten.

Festzuhalten ist, dass sich die sommerlichen (JAS) Wassertemperaturunterschiede der Ruhr und der Lippe durch folgende Auswertungen der MZB-Proben, sortiert nach absteigenden R<sup>2</sup>-Werten, indizieren lassen:

##### A Ruhr

1. MMI (R<sup>2</sup>: 0,96)
2. **KI<sub>MZB(Typ/Kont-Korr)</sub> mit Neozoen (R<sup>2</sup>: 0,81)**
3. AKS<sub>MZB</sub> (R<sup>2</sup>: 0,79)
4. Saprobie (R<sup>2</sup>: 0,78)
5. AKS<sub>Neo</sub> (R<sup>2</sup>: 0,67)

##### B Lippe

1. **KI<sub>MZB(Typ/Kont-Korr)</sub> mit Neozoen (R<sup>2</sup>: 0,64)**
2. AKS<sub>MZB</sub> (R<sup>2</sup>: 0,47)
3. MMI (R<sup>2</sup>: 0,17)
4. AKS<sub>Neo</sub> (R<sup>2</sup>: 0,02)
5. Saprobie (R<sup>2</sup>: 0,00)

**Basierend auf den dargestellten Auswertungsergebnissen der dynaklim-Daten lassen sich die eingangs gestellten Projektfragen wie folgt beantworten:**

**Frage 5** Raumbezug: Wie gut lassen sich Unterschiede der Temperatur- bzw. Atmungsabitatbedingungen im Längsverlauf eines Fließgewässers mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abbilden?

**Die Korrelationsanalysen der verschiedenen im Längsverlauf von Lippe und Ruhr angeordneten Probestellen hinsichtlich der Beziehung zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den jeweiligen sommerlichen Vorjahreswassertemperaturen zeigen, dass der Index sogar bei einem Temperaturgradienten von nur 1° K ein Bestimmtheitsmaß von R<sup>2</sup> = 0,64 (Lippe) und bei 2,5° K von R<sup>2</sup> = 0,81 (Lippe) erreicht.**

**Damit ist der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> auch bei nur einmaliger MZB-Beprobung sehr gut für relative Vergleiche zwischen verschiedenen Probestellen im Längsverlauf eines Fließgewässers geeignet.**

**Frage 6**    Mindestanforderungen: Lassen sich die im Vorgängerprojekt definierten Mindestanforderungen an die Abundanzklassensummen der in den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> einfließenden Taxa bestätigen oder offenbaren die neuen Auswertungen diesbezüglichen Überarbeitungsbedarf?

**Wie bei den Auswertungen der TBM-Daten lassen sich auch aus den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Ergebnissen für die dynaklim-Daten keine Aussagen zu Mindestabundanzsummen ableiten, so dass weiterhin davon ausgegangen wird, dass an einen belastbaren KLIWA-Index<sub>MZB</sub> dieselben Abundanzanforderungen der zugeordneten Taxa wie für das PERLODES-Modul Saprobie zu stellen sind.**

**Frage 7**    Neozoen: Lassen sich die eingangs formulierten Hypothesen für die ausgewerteten Datensätze der beiden Projekte bestätigen oder widerlegen und was lässt sich daraus hinsichtlich der Notwendigkeit einer Berücksichtigung oder eines Ausschlusses von Neozoen bei der Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> für Fließgewässerproben mit Neozoen schlussfolgern?

Die Auswertungen des dynaklim-Datensatzes für Ruhr und Lippe, in denen die Neozoen hohe Anteile erreichen, zeigen sehr deutlich, dass hier ein Verzicht auf Neozoen bei der Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zu einer massiven Verschlechterung der Indikation der sommerlichen Temperaturunterschiede führt.

Die hier trotz nur geringer Temperaturgradienten erreichten hohen  $R^2$ -Werte (Bestimmtheitsmaße) zeigen außerdem, dass die im Vorgängerprojekt abgeleiteten Temperaturpräferenzeinstufungen der Neozoen offenkundig nicht signifikant durch Aspekte der Neubesiedlung und Gewässervernetzung verfälscht worden sind.

**Fazit: Die eingestuften Neozoen eignen sich weder besser noch schlechter als die heimischen Taxa für die Temperatur- bzw. Atemhabitat-Indikation! Dies wird als Indiz dafür gewertet, dass zumindest die im KLIWA-Index<sub>MZB</sub> verrechneten Schwerpunkttemperaturen der hier ausgewerteten Neozoen im Großen und Ganzen ähnlich belastbar wie die für die heimischen Taxa sind. Für die Praxis heißt das, dass man den KLIWA-Index auch in Neozoen dominierten Gewässern anwenden kann.**

**Frage 8**    Sensitivität: Bis zu welcher Genauigkeit differenziert der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zwischen unterschiedlichen Temperatur- bzw. Atmungshabitatbedingungen?

Hinsichtlich der Sensitivität der mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> indizierbaren Unterschiede sommerlicher Wassertemperaturen muss zwischen zeitlichen und räumlichen Vergleichen differenziert werden (Auswertungen TBM + dynaklim).

**Mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> lassen sich Unterschiede der mittleren sommerlichen Wassertemperaturen (JAS) zwischen verschiedenen Probestellen eines Fließgewässers bereits mit nur einmaligen MZB-Beprobungen zuverlässig indizieren, sofern die sonstigen Atmungshabitatbedingungen vergleichbar sind und alle Probestellen eine vergleichbare klimatische Vorgeschichte haben.**

## 5 Auswertungen eines bundesweiten MZB-Datensatzes zum Zusammenhang zwischen KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und PERLODES-Bewertungen

### 5.1 Einführung

Nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden die Fließgewässer in Deutschland anhand „biologischer Qualitätskomponenten“ (BQE) ökologisch bewertet. Für die BQE wurden die folgenden Bewertungsverfahren entwickelt: fiBS (Fischfauna), Perlodes (Makrozoobenthos), Phylib (aquatische Flora) und PhytoFluss (Phytoplankton). Im Rahmen des ersten und zweiten Bewirtschaftungsplans wurden die Verfahren an vielen tausend Messstellen in Deutschland angewandt und im vom Umweltbundesamt geförderten Projekt (mit dem Akronym „ReBio“ zur „Weiterentwicklung der biologischen Bewertungsverfahren zur EG-Wasserrahmenrichtlinie unter besonderer Berücksichtigung der großen Flüsse“, aktuell in Bearbeitung) in einer Datenbank zusammengefasst. Ziel des Projektes ist es die oben genannten Bewertungsverfahren weiter zu entwickeln. Die mehr als 13.300 Datensätze umfassenden Proben des Makrozoobenthos mit den Bewertungsergebnissen verschiedener Metrics und Module bieten eine umfassende Datengrundlage, um den Zusammenhang von KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und diesen Bewertungen zu analysieren.

### 5.2 Datengrundlage und Aufbereitung

Der bundesweite Makrozoobenthos-Datensatzes aus den Jahren 1999-2013, mit insgesamt 13.312 Proben des operativen Monitorings der Bundesländer sowie die Bewertungen der PERLODES-Module Allgemeine Degradation und Saprobie wurde seitens der Universität Duisburg-Essen / Fakultät für Biologie / Aquatische Ökologie zur Verfügung gestellt. Im Einzelnen wurden folgende Daten übergeben:

- MZB-Daten als Ind/m<sup>2</sup> mit der aktuellen Fließgewässertypzuweisung
- Bewertungsergebnisse des Multimetrischen Indexes (MMI) sowie der Bewertungseinstufungen des Moduls Allgemeine Degradation (Asterics/Perlodes Version 4.0.4)
- Bewertungsergebnisse des neu entwickelten MMI(neu) sowie der neuen darauf basierenden Bewertungseinstufungen des Moduls Allgemeine Degradation (aktuell in der Validierungsphase - Betaversion Asterics 4.1 für Ländertest)
- Bewertungsergebnisse des Saprobienindex (Asterics/Perlodes Version 4.0.4)

Im Rahmen des Praxistests für den KLIWA-Index wurden zusätzlich folgende Werte rechnerisch ermittelt:

- Berechnung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> (in allen Korrekturvarianten) für alle 13.312 MZB-Proben mit Software Version 1.1.0 aus dem Vorgängerprojekt. Für die darauf aufbauenden Analysen wurde der  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  verwendet, um damit gewässertypspezifisch transformierte und auf kontinuierliche Temperaturwerte umgerechnete Werten den Bewertungsergebnissen von PERLODES gegenüber stellen zu können.
- Umrechnung des Saprobienindex in einen Saprobie-Score(neu) gemäß eines aktuell in der Validierungsphase befindlichem Vorschlags zur Neubewertung der Saprobie in Anlehnung an den MMI (s. Tabelle 27 und Tabelle 28 sowie digitale Anlagen A5 und A6)



Tabelle 27: Aus der Korrelation zwischen MMI(neu) und Saprobie abgeleiteter Neuverschlagnung für die Festlegung typspezifischer Saprobieschwellenwerte der fünf Bewertungsklassen der Saprobie (s. digitale Anlagen A5 bis A7)

Gewässertypen	LAWA-Typen	N	Korrelation zw. MMI und SI				Saprobieschwellen bei neuem MMI-Wert				Änderung der Saprobieschwellen der ÖZ-Klassen			
			r <sup>2</sup>	p-Wert	Steigung	Schnittpunkt	0,2	0,4	0,6	0,8	5/4	4/3	3/2	2/1
Typ 01.1		26	0,76	4,58E-09	-0,65188	1,8057	1,68	1,54	1,41	1,28	-1,57	-1,01	-0,39	0,08
Typ 01.2		23	0,72	1,81E-07	-0,62457	2,0118	1,89	1,76	1,64	1,51	-1,41	-0,84	-0,26	0,16
Typ 02.1		239	0,85	1,25E-99	-0,9188	2,4239	2,24	2,06	1,87	1,69	-1,11	-0,69	-0,23	0,09
Typ 02.2		77	0,73	1,68E-23	-0,78511	2,4787	2,32	2,16	2,01	1,85	-1,08	-0,64	-0,19	0,15
Typ 03.1		95	0,81	1,18E-35	-0,65203	2,1904	2,06	1,93	1,80	1,67	-1,29	-0,72	-0,20	0,22
Typ 03.2		52	0,76	3,76E-17	-0,69921	2,3165	2,18	2,04	1,90	1,76	-1,17	-0,71	-0,20	0,16
Typ 04		31	0,69	4,57E-09	-0,5101	2,2152	2,11	2,01	1,91	1,81	-1,24	-0,74	-0,19	0,21
Typ 05		2820	0,82	0	-1,0162	2,2596	2,06	1,85	1,65	1,45	-1,29	-0,80	-0,35	0,00
Typ 05.1		648	0,83	6,12E-251	-1,0008	2,3022	2,10	1,90	1,70	1,50	-1,25	-0,85	-0,40	-0,10
Typ 06		779	0,80	6,12E-274	-1,1148	2,4123	2,19	1,97	1,74	1,52	-1,21	-0,83	-0,46	-0,18
Typ 06_gs		97	0,68	1,31E-25	-1,1527	2,546	2,32	2,08	1,85	1,62	-1,08	-0,72	-0,35	-0,08
Typ 06_K		272	0,79	8,14E-94	-0,96177	2,5803	2,39	2,20	2,00	1,81	-1,01	-0,60	-0,20	0,11
Typ 07		661	0,75	1,72E-202	-0,92854	2,2855	2,10	1,91	1,73	1,54	-1,25	-0,84	-0,37	-0,06
Typ 09		944	0,79	0	-0,87013	2,3384	2,17	1,99	1,81	1,64	-1,18	-0,76	-0,29	0,04
Typ 09.1		357	0,83	7,55E-80	-0,55442	2,2485	2,14	2,03	1,92	1,81	-1,26	-0,77	-0,28	0,11
Typ 09.1_gs		61	0,58	4,58E-13	-0,67157	2,4298	2,30	2,16	2,03	1,89	-1,10	-0,69	-0,22	0,09
Typ 09.1_K		66	0,67	3,73E-17	-0,65349	2,5063	2,38	2,24	2,11	1,98	-1,02	-0,61	-0,14	0,18
Typ 09.2		425	0,61	3,95E-88	-0,42172	2,2717	2,19	2,10	2,02	1,93	-1,21	-0,75	-0,23	0,13
Typ 11		687	0,56	9,78E-126	-0,76391	2,5447	2,39	2,24	2,09	1,93	-1,01	-0,61	-0,16	0,13
Typ 12		274	0,27	6,35E-21	-0,2976	2,3446	2,29	2,23	2,17	2,11	-1,16	-0,72	-0,23	0,11
Typ 14		1492	0,56	9,59E-272	-0,84858	2,5341	2,36	2,19	2,02	1,86	-1,04	-0,66	-0,23	0,06
Typ 15		435	0,59	3,73E-86	-0,51657	2,391	2,29	2,18	2,08	1,98	-1,16	-0,72	-0,22	0,13
Typ 15_groß		217	0,33	6,20E-21	-0,35951	2,3653	2,29	2,22	2,15	2,08	-1,16	-0,68	-0,15	0,23
Typ 16		1255	0,73	0	-1,0764	2,5481	2,33	2,12	1,90	1,69	-1,07	-0,63	-0,25	0,04
Typ 17		431	0,54	1,25E-73	-0,4101	2,3392	2,26	2,18	2,09	2,01	-1,19	-0,72	-0,21	0,16
Typ 18		286	0,56	1,66E-52	-1,0028	2,639	2,44	2,24	2,04	1,84	-0,96	-0,61	-0,21	0,04
Typ 19_N		301	0,39	1,29E-34	-0,53848	2,4661	2,36	2,25	2,14	2,04	-1,09	-0,65	-0,21	0,14
Typ 19_S		117	0,37	2,55E-13	-0,67144	2,4308	2,30	2,16	2,03	1,89	-1,15	-0,74	-0,27	0,04
Typ 21_N		143	0,13	5,10E-06	-0,23278	2,311	2,26	2,22	2,17	2,12	-1,24	-0,73	-0,28	0,07
Typ 21_S		15	0,07	0,17843	-0,21558	2,273	2,23	2,19	2,14	2,10	-1,22	-0,81	-0,06	0,40
Typ 23		36	0,20	0,0037078	0,5602	1,9644	2,08	2,19	2,30	2,41	-1,42	-0,81	-0,20	0,31

Tabelle 28: Formeln für neuen SI-Score zwischen 0 (sehr schlecht) und 1 (sehr gut)

Gewässertypen	Formeln für neuen SI-Score
LAWA-Typen	SI-Score (y) [0-1] aus SI (x)
Typ 01.1	$y = -1,534078x + 2,770129$
Typ 01.2	$y = -1,600951x + 3,220817$
Typ 02.1	$y = -1,088359x + 2,638100$
Typ 02.2	$y = -1,273700x + 3,157150$
Typ 03.1	$y = -1,533574x + 3,3591$
Typ 03.2	$y = -1,430206x + 3,313167$
Typ 04	$y = -1,960345x + 4,342538$
Typ 05	$y = -0,984031x + 2,223530$
Typ 05.1	$y = -0,999186x + 2,300351$
Typ 06	$y = -0,897045x + 2,163929$
Typ 06_gs	$y = -0,867475x + 2,208578$
Typ 06_K	$y = -1,039794x + 2,682996$
Typ 07	$y = -1,077006x + 2,461497$
Typ 09	$y = -1,149237x + 2,687342$
Typ 09.1	$y = -1,803659x + 4,055613$
Typ 09.1_gs	$y = -1,489203x + 3,618466$
Typ 09.1_K	$y = -1,530222x + 3,835195$
Typ 09.2	$y = -2,370952x + 5,386059$
Typ 11	$y = -1,309096x + 3,331270$
Typ 12	$y = -3,360537x + 7,879180$
Typ 14	$y = -1,178372x + 2,986129$
Typ 15	$y = -1,935680x + 4,628257$
Typ 15_groß	$y = -2,781641x + 6,579416$
Typ 16	$y = -0,929097x + 2,367422$
Typ 17	$y = -2,438260x + 5,703612$
Typ 18	$y = -0,997194x + 2,631584$
Typ 19_N	$y = -1,857010x + 4,579573$
Typ 19_S	$y = -1,489362x + 3,620411$
Typ 21_N	$y = -4,295269x + 9,926325$
Typ 21_S	$y = -4,637911x + 10,541928$
Typ 23	$y = 1,785304x - 3,507026$

### 5.3 Ergebnisse der Herleitung von Orientierungswerten für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>

Um im Sinne eines Orientierungswertes zu ermitteln, ab welchen gewässertypspezifischen Größenordnungen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> die Erreichbarkeit des guten ökologischen Zustands für das Makrozoobenthos unwahrscheinlich werden lässt, wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Verwendung einer 10-stufigen Klassifikation sowohl des MMI(neu) als auch des SI(neu)-Scores (KI. 1 = sehr gut; KI. 10 = sehr schlecht) (s. Tabelle 27 und Tabelle 28 sowie digitale Anlagen A8 bis A9)
- Herleitung der Orientierungswerte für jeden LAWA-Typ über polynomische Regressionen (4. Grades) der oberen Whisker der 10 gebildeten Klassen und Ableitung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  durch Anwendung der Regressionsfunktion auf die Klasse 4. Dies stellt die Grenze zwischen gutem undmäßigem Zustand dar.
- Ermittlung des jeweils strengeren Orientierungswerts, der für die beiden PERLODES-Module Saprobie und Allgemeine Degradation je LAWA-Typ abgeleitet wurde, als typspezifischen Gesamt-Orientierungswert

Nachfolgend zeigen Abbildung 68 bis Abbildung 73 die Box-Whisker-Plots mit den polynomischen Regressionen (4. Grades) sowohl über die oberen als auch unteren Whisker der 10 Klassen zunächst für MMI(neu) und danach für SI-Score(neu) exemplarisch für die LAWA-Typen 05, 16 und 11. Die vollständigen Auswertungen sind den Anlagen A8 bis A9 zu entnehmen.

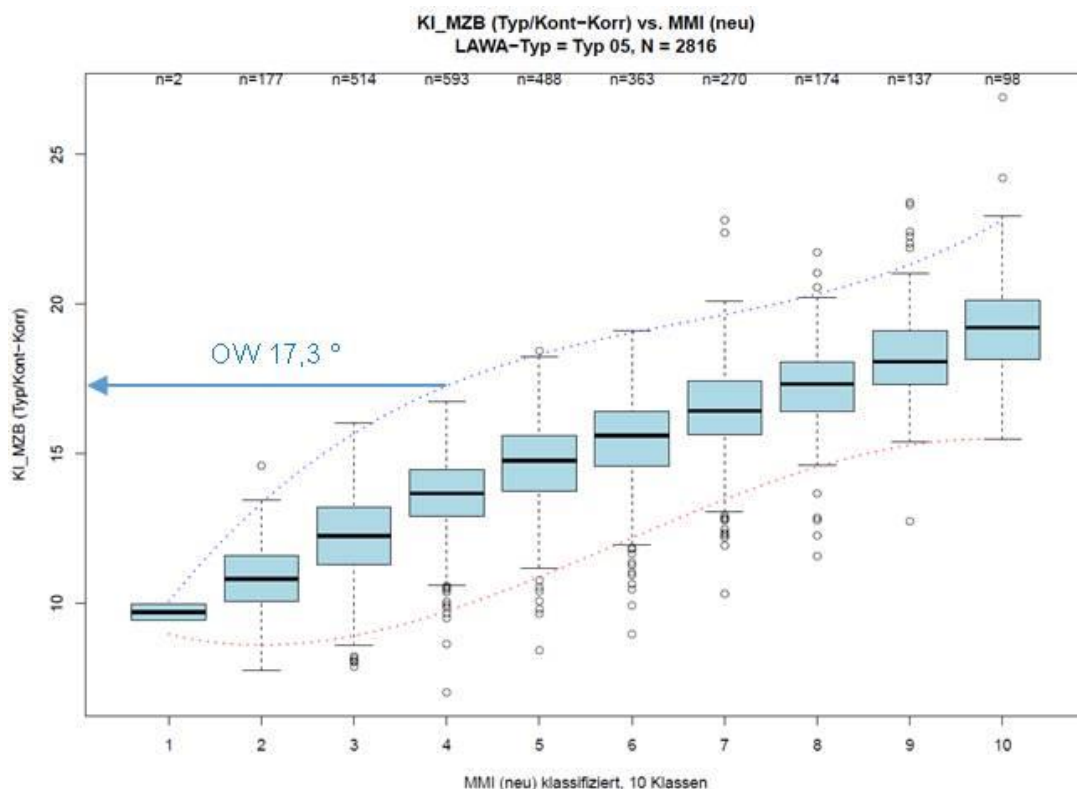


Abbildung 68: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $MMI(neu)$ : LAWA-Typ 05 (N = 2.816)

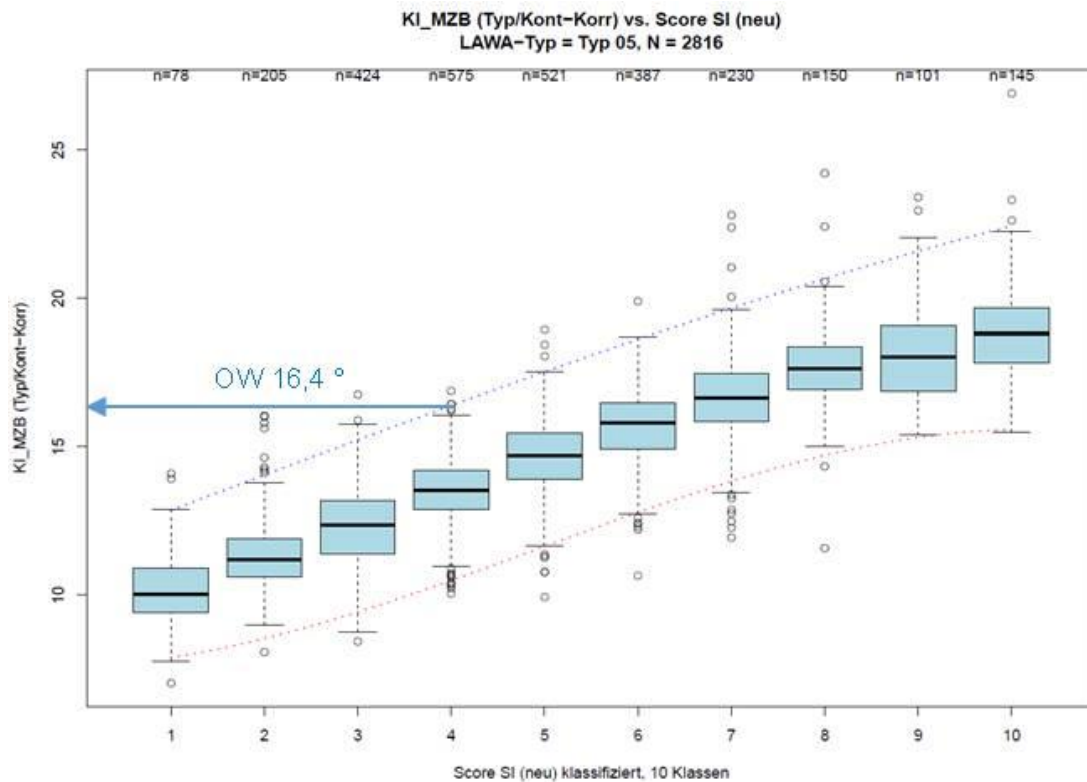


Abbildung 69: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $SI-Score(neu)$ : LAW-Typ 05 (N = 2.816)

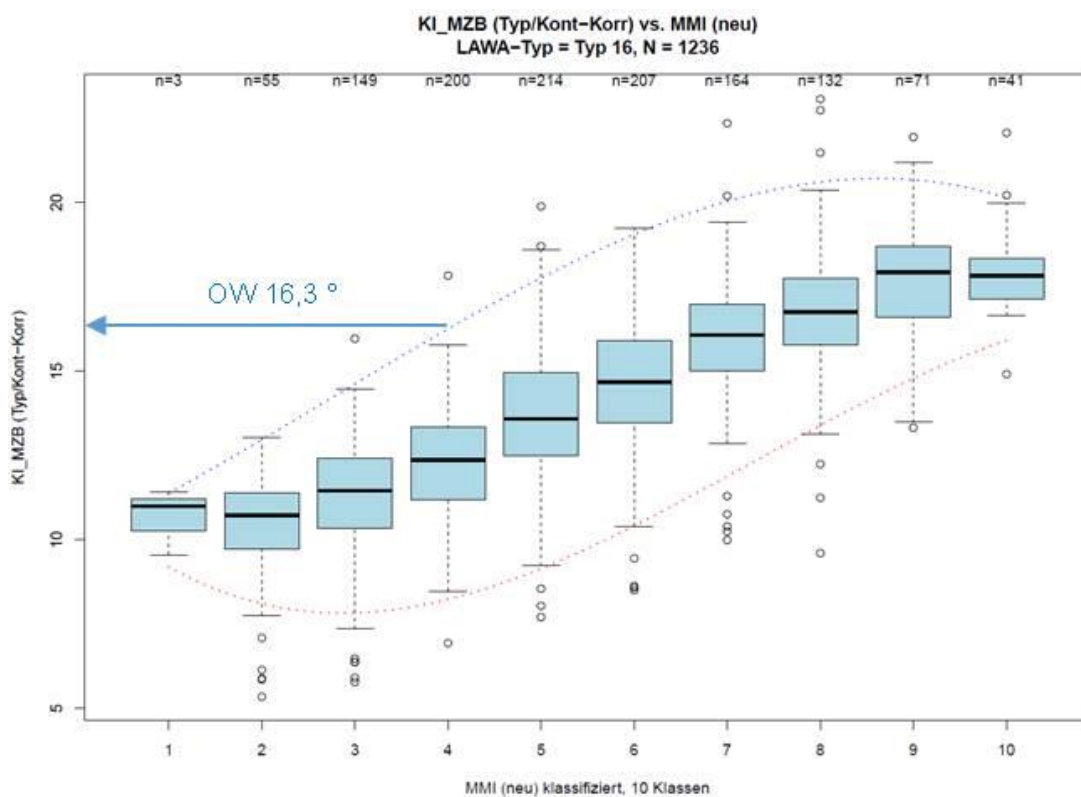


Abbildung 70: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $MMI(neu)$ : LAW-Typ 16 (N = 1.236)

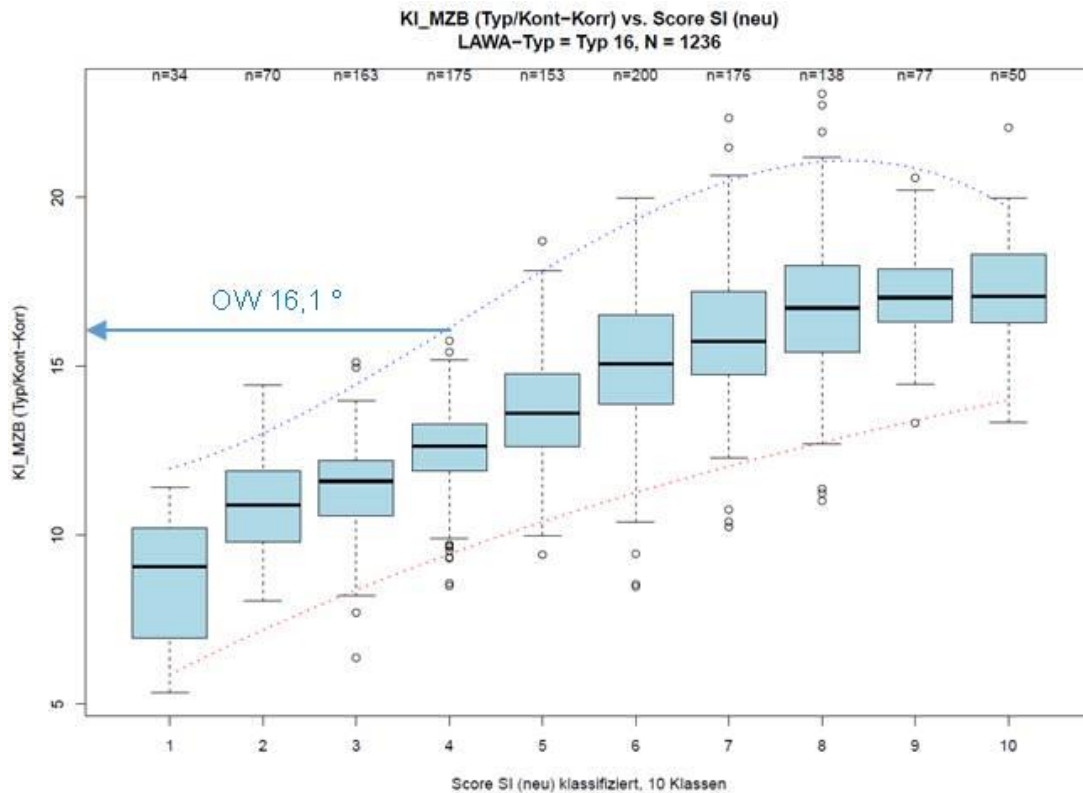


Abbildung 71: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $SI-Score(neu)$ : LAW A-Typ 16 (N = 1.236)

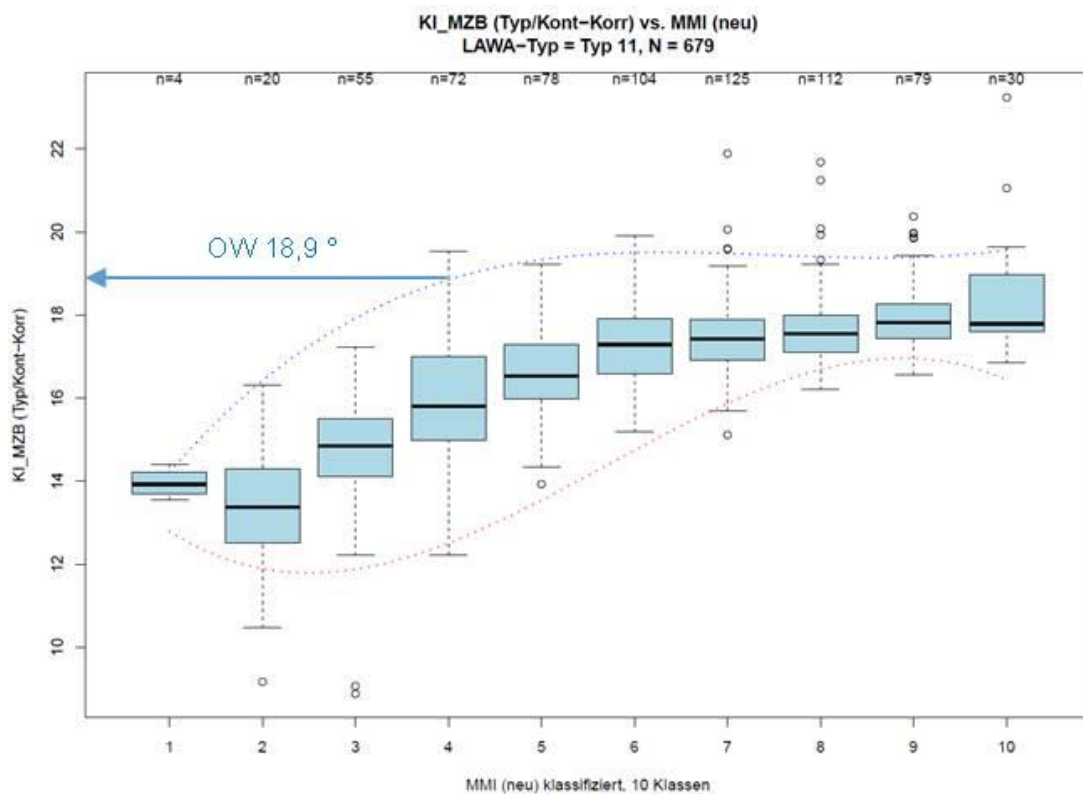


Abbildung 72: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $MMI(neu)$ : LAW A-Typ 11 (N = 679)

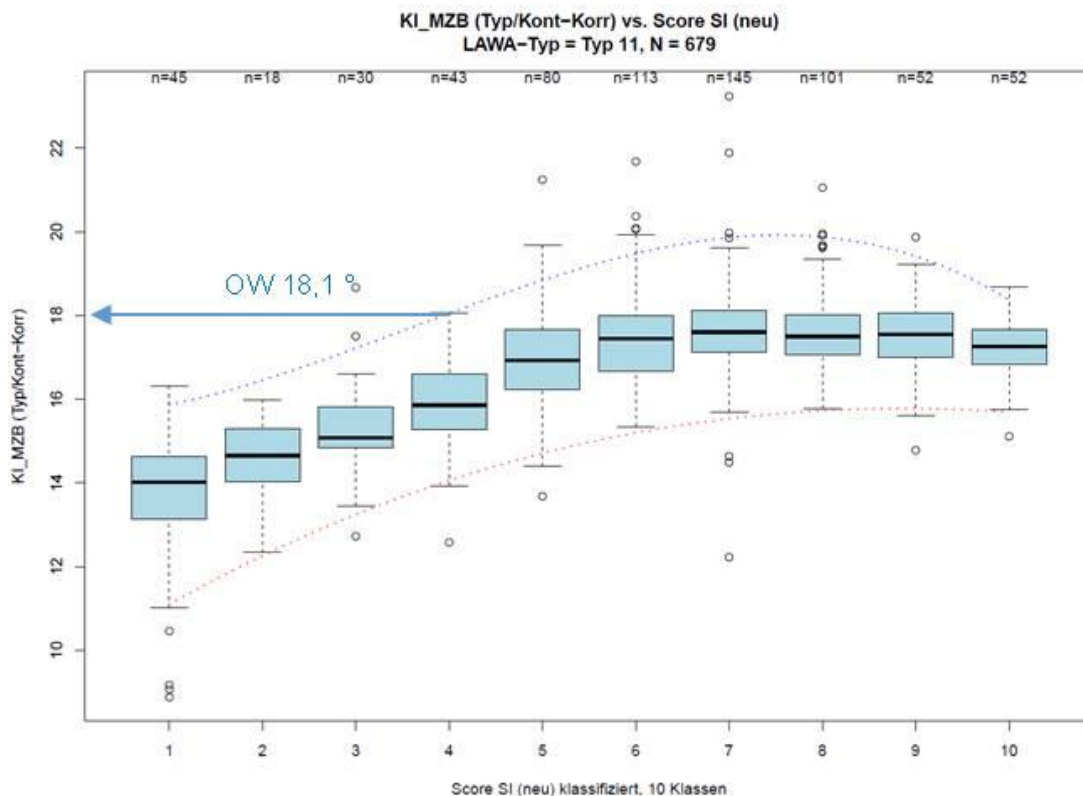


Abbildung 73: Box-Whisker-Plots zur Ableitung von Orientierungswerten des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  vom  $SI-Score(neu)$ : LAWA-Typ 11 (N = 679)

Die dargestellten Box-Whisker-Plots zeigen deutlich, dass nicht nur die oberen Whisker, sondern im Prinzip alle Perzentile bis zu den unteren Whiskern mit zunehmender Klassennummer (zumindest bis zur Klasse 6) eine ansteigende Tendenz des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> aufweisen. Außerdem ist ersichtlich, dass der Anstieg bei den Mittelgebirgsbächen des LAWA-Typs 05 bis zur obersten, d.h. schlechtesten Klasse 10 anhält, während bei den gefällearmen Fließgewässern der LAWA-Typen 16 und 11 ab der Klasse 6 ein Plateau oder Maximum erreicht wird, das bei einzelnen Perzentilen sogar wieder leicht abfallen kann. Das könnte bedeuten, dass sich die Atmungshabitatbedingungen bei diesen Gewässertypen vornehmlich auf die Unterschiede zwischen den besseren Bewertungsklassen 1 bis 3 auswirken, während für die Unterschiede zwischen „unbefriedigend“ und „schlecht“ andere Belastungsfaktoren eine deutlich größere Bedeutung gewinnen.

Die nachfolgende Tabelle 29 enthält die abgeleiteten Orientierungswerte des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ , für all die LAWA-Typen, für die hinreichend viele Datensätze auch mit einer mindestens guten ökologischen Zustandsbewertung vorlagen und für die der  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  berechenbar ist.

Tabelle 29: Abgeleitete Orientierungswertvorschläge für den  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ , basierend auf einer während der Projektlaufzeit in der Ländertestphase befindlichen neuen Testversion von PERLODES

Typ	Fallzahl	OW_MMI(neu)	$R^2_{[OW\_MMI(neu)]}$	OW_SI(neu)	$R^2_{[OW\_SI(neu)]}$	OW_GesBew
Typ 01.1	26	9,1	0,70	9,7	0,65	9,1
Typ 01.2	23	10,2	0,99	10,3	0,95	10,2
Typ 02.1	239	15,6	0,90	15,7	0,92	15,6
Typ 02.2	77	20,0	0,74	18,7	0,80	18,7
Typ 03.1	95	15,2	0,62	14,6	0,65	14,6
Typ 03.2	52	17,4	0,67	17,5	0,72	17,4
Typ 04	30	21,5	0,63	21,5	0,59	21,5
Typ 05	2816	17,3	0,99	16,4	0,99	16,4
Typ 05.1	647	16,5	0,92	16,7	0,96	16,5
Typ 06	778	14,4	0,99	15,4	0,95	14,4
Typ 06_gs	97	14,0	0,81	16,0	0,96	14,0
Typ 06_K	272	17,4	0,81	17,1	0,75	17,1
Typ 07	658	16,6	0,98	16,8	0,95	16,6
Typ 09	944	18,6	0,90	17,9	0,97	17,9
Typ 09.1	357	19,4	0,78	18,3	0,85	18,3
Typ 09.1_gs	61	17,2	0,98	18,6	0,87	17,2
Typ 09.1_K	66	21,6	0,10	20,1	0,80	20,1
Typ 09.2	425	19,2	0,92	18,3	0,80	18,3
Typ 11	679	18,9	0,93	18,1	0,84	18,1
Typ 12	271	18,9	0,93	21,0	0,27	18,9
Typ 14	1463	22,5	0,98	22,2	0,93	22,2
Typ 15	435	21,7	0,85	21,1	0,70	21,1
Typ 15_groß	216	20,0	0,90	21,9	0,79	20,0
Typ 16	1236	16,3	0,98	16,1	0,94	16,1
Typ 17	427	20,5	0,32	19,9	0,30	19,9
Typ 18	286	17,2	0,92	17,4	0,86	17,2
Typ 19_N	300	23,6	0,45	25,6	0,90	23,6
Typ 19_S	117	16,2	0,87	18,8	0,79	16,2

Legende zu Tabelle 29:

Die Zelleneinfärbung dient der verbesserten visuellen Unterscheidbarkeit niedriger (grün) bis hoher (rot) Schwellenwerte.

Die rote Schriftfarbe kennzeichnet statistisch nicht gut abgesicherte Schwellenwerte, bzw. niedrige  $R^2$ -Werte der Beziehung zwischen den Indexwerten und den PERLODES-Bewertungsmodulen.

Typ LAWA-Fließgewässertyp

Fallzahl Anzahl der je Gewässertyp ausgewerteten Proben (Taxalisten)

OW\_MMI(neu): Interpolierter Oberer Whisker der 4. von 10 gebildeten MMI(neu)-Klassen als Orientierungswertvorschlag des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  für das PERLODES-Modul Allgemeine Degradation, basierend auf einer während der Projektlaufzeit in der Ländertestphase befindlichen Testversion von PERLODES.

$R^2_{[OW\_MMI(neu)]}$  Bestimmtheitsmaß der polynomischen Regression des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  über die Oberen Whisker aller hier verwendeten 10 Klassen des MMI(neu).

OW\_SI(neu): Interpolierter Oberer Whisker der 4. von 10 gebildeten MMI(neu)-Klassen als Orientierungswertvorschlag des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  für das PERLODES-Modul Saprobie, basierend auf einem während der Projektlaufzeit in der Ländertestphase befindlichen Neuvorschlag zur Berechnung eines Saprobie-Bewertungsscores entsprechend dem MMI zwischen 0 (sehr gut) und 1 (sehr schlecht).

$R^2_{[OW\_SI(neu)]}$  Bestimmtheitsmaß der polynomischen Regression des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  über die Oberen Whisker aller hier verwendeten 10 Klassen des SI-Score(neu).



*OW\_GesBew*    *Insgesamt abgeleiteter Orientierungswertvorschlag, der für die Gesamtbewertung nach PERLODES die Erreichbarkeit des guten ökologischen Zustands gewährleistet und dem jeweils niedrigeren der beiden modulspezifisch abgeleiteten Schwellenwerte [OW\_MMI(neu) oder OW\_SI(neu)] entspricht.*

Die in Tabelle 29 dargestellten abgeleiteten Orientierungswerte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zeigen, dass für beide PERLODES-Module annähernd gleiche Größenordnungen ermittelt wurden. **Die Spannweite der abgeleiteten Gesamt-Orientierungswerte reicht von 9,1° für Alpenbäche (LAWA-Typ 01.1) bis 22,2° für Sandbäche (LAWA-Typ 14).**

Ein Vergleich der hier abgeleiteten gewässertypspezifischen Orientierungswerte des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit denen des LAWA-Projekts O 3.15 (HALLE, M., MÜLLER, A. 2017) für mittlere sommerliche Wassertemperaturen (JAS) ist nicht nur wegen des Unterschieds zwischen Index und Wassertemperatur, sondern auch wegen der im LAWA-Projekt zugrunde gelegten Fließgewässertypgruppen nur sehr bedingt möglich.

Auch überraschen einige der abgeleiteten Werte im typologischen Direktvergleich zueinander: so z.B. die OW der Typen 06 und 06\_gs im Vergleich zum Typ 05. Hier wäre eigentlich ein gegenteiliges Verhältnis der Werte zu erwarten, also die niedrigsten und nicht die höchsten Werte für den Typ 05. Über die Ursachen dieses Befundes lässt sich jedoch nur spekulieren. Es erscheint möglich, dass die für die Ableitung der OW verwendeten Bewertungsergebnisse aus der Testphase der neuen PERLODES-Version eventuell auf noch zu anspruchsvolle Ankerpunkte für die Bewertung der Typen 06 und vor allem des gefällearmen und sommerwarmen Typs 06\_gs zurück zu führen ist. Auch können eventuelle typologische Fehlzugeordnungen im verwendeten Datensatz nicht völlig ausgeschlossen werden. Daher kann hier nur ein grober Vergleich der abgeleiteten Gesamtorientierungswerte aus KLIWA-Praxistest und LAWA-Projekt O 3.15 vorgenommen werden:

**KLIWA-Praxistest:**     $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ : 16,5°(LAWA-Typ 05.1) bis 22,2°(LAWA-Typ 14)

**LAWA-Projekt O 3.15:** JAS-Mittelwerte (basierend auf diskontinuierlichen Messungen): 17,1°(LAWA-Typen 05/05.1/05.2/11MG) bis 20,1°(LAWA-Typen 09.2/10)

Insgesamt ergibt sich also eine größere Spannweite der typspezifischen Orientierungswerte des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ , die sowohl niedrigere als auch höhere Schwellenwerte als die typgruppenbezogenen Orientierungswerte des LAWA-Projekts O 3.15 aufweisen. Dies kann allein schon durch die geringere gewässertypologische Differenzierung bei der Orientierungswertableitung des LAWA-Projekts O 3.15 bedingt sein. Außerdem sollten zwar die  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  im Durchschnitt aller Probestellen eines Gewässertyps den mittleren Sommer-Wassertemperaturverhältnissen (JAS-Mittelwerte bei kontinuierlicher Messung) entsprechen, aber dennoch ist natürlich je nach Repräsentativität der ausgewerteten Proben auch mit Unterschieden zwischen Temperatur- und Indexwerten durch sonstige die Atmungshabitatbedingungen beeinflussende Faktoren zu rechnen.

Vor diesem Hintergrund erscheinen die Unterschiede der abgeleiteten Orientierungswerte für den  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  gegenüber den Orientierungswerten des LAWA-Projekts O 3.15 für die mittleren sommerlichen Wassertemperaturen vergleichsweise gering und insgesamt plausibel.

#### **5.4 Ergebnisse der Zusammenhangsanalyse zwischen dem $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ und den PERLODES-Modulbewertungen**

Zur Analyse der Zusammenhänge des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit den PERLODES-Modulbewertungen, bzw. den ihnen zugrunde liegenden MMI(neu) und SI-Score(neu) wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

- Berechnung linearer Regressionen zwischen dem  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und dem MMI(neu) sowie dem SI-Score(neu) je LAWA-Gewässertyp

- Die Berechnungen wurden nur für die LAWA-Typen durchgeführt, für die im Vorgängerprojekt typgruppenspezifische Korrekturfaktoren ermittelt worden sind.
- Basierend auf den linearen Regressionen: Ermittlung der pro Grad Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ -Werts für jeden LAWA-Typ resultierenden Verschlechterung der beiden PERLODES-Module „Allgemeine Degradation“ (klassifizierter MMI(neu)) und „Saprobie“ (klassifizierter SI-Score(neu))

Abbildung 74 zeigt exemplarisch einen Scatterplot des MMI(neu) gegen den  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit linearer Regression für den LAWA-Typ 09.2 und Abbildung 76.

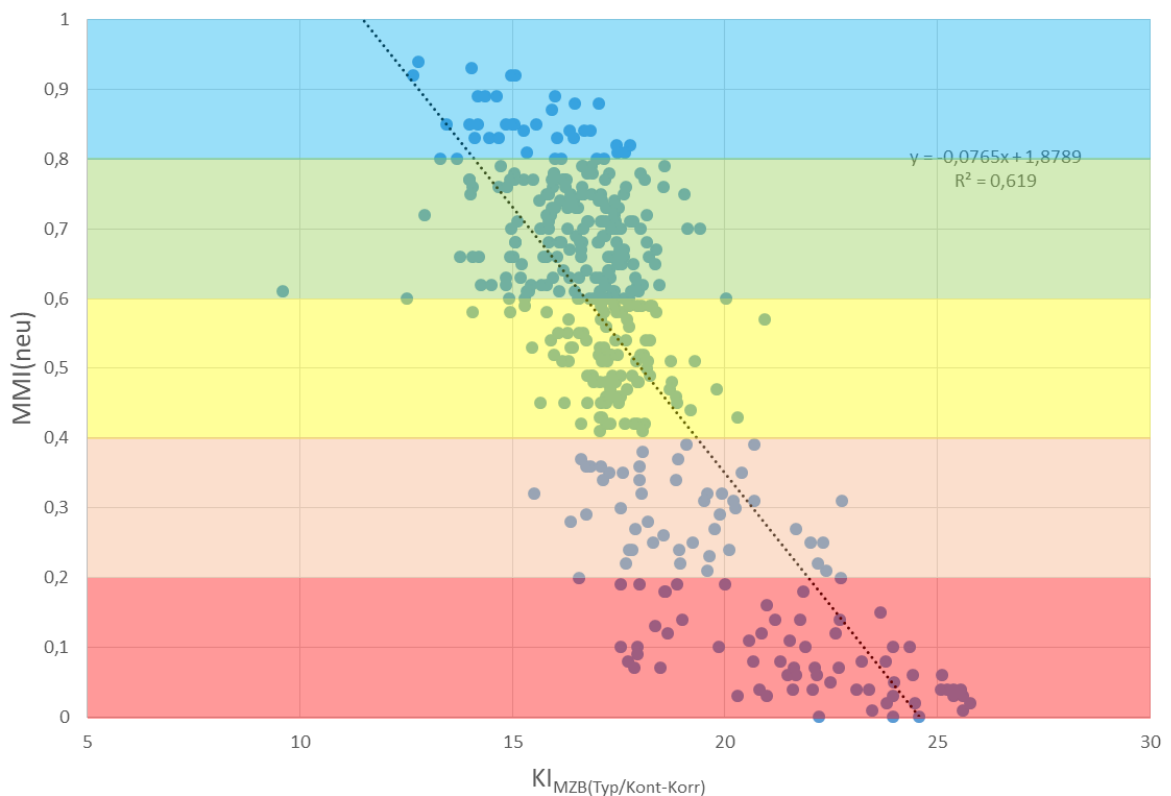


Abbildung 74: Scatterplot des MMI(neu) gegen den  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit linearer Regression: LAWA-Typ 09.2 (N = 425)

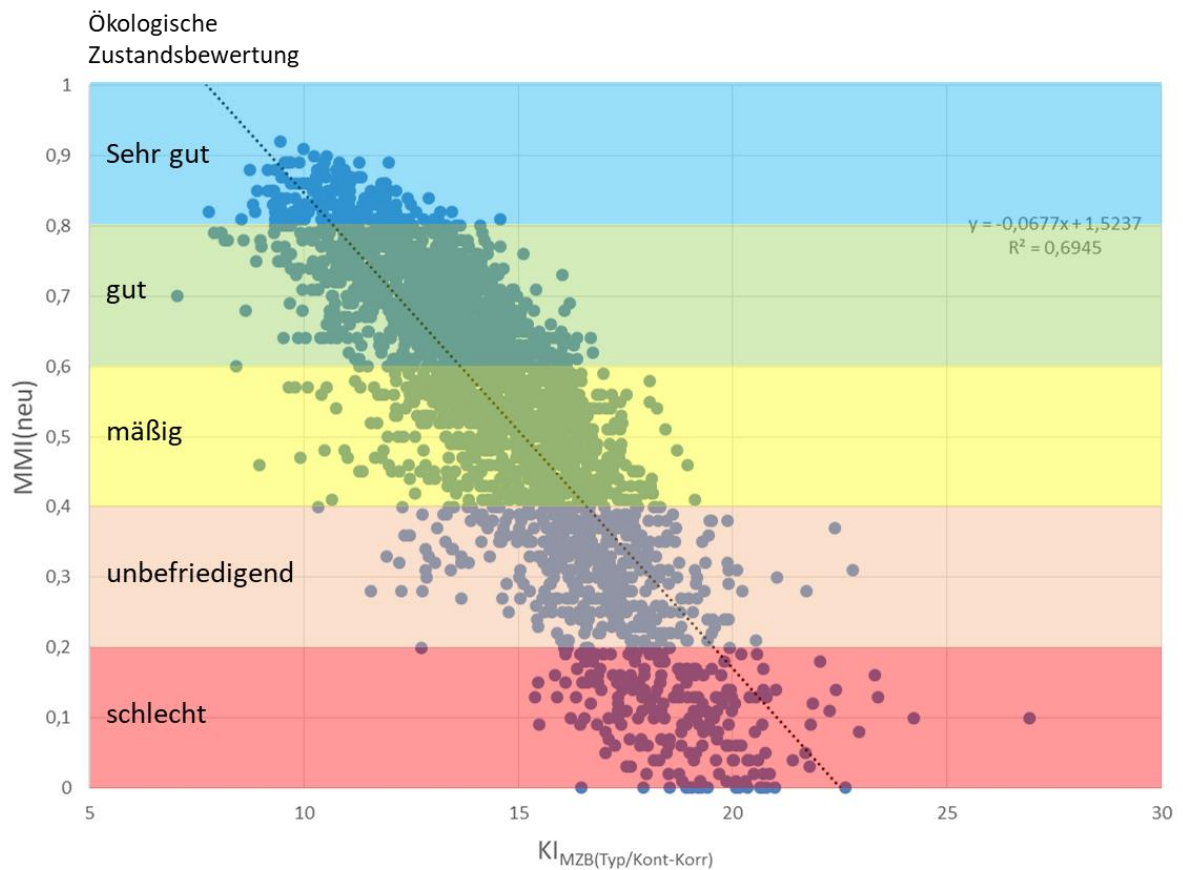


Abbildung 75: Scatterplot des MMI(neu) gegen den  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  mit linearer Regression: LAWA-Typ 05 (N = 2816)

Die Ergebnisse der linearen Regressionen für alle untersuchten LAWA-Gewässertypen sind nachfolgend in Tabelle 30 und Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 30: Lineare Regressionen des MMI(neu) in Abhängigkeit vom  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und Änderung des MMI(neu) sowie der ökologischen Zustandsklassifikation durch Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um  $1^\circ$

LAWA-Typ	Fallzahl	R <sup>2</sup>	p-Wert	Steigung	Schnittpunkt	$\Delta MMI(neu)/\Delta +1^\circ$	$\Delta \ddot{O}Z-KI/\Delta +1^\circ$
Typ 01.1	26	0,45	0,00011519	-0,06552	1,223	-0,066	0,33
Typ 01.2	23	0,52	6,88E-05	-0,06454	1,418	-0,065	0,32
Typ 02.1	239	0,65	1,13E-56	-0,09535	1,879	-0,095	0,48
Typ 02.2	77	0,26	1,11E-06	-0,04592	1,392	-0,046	0,23
Typ 03.1	95	0,47	1,11E-14	-0,07917	1,678	-0,079	0,40
Typ 03.2	52	0,13	0,0045694	-0,03745	1,32	-0,037	0,19
Typ 04	30	0,30	0,0010946	-0,0164	0,8358	-0,016	0,08
Typ 05	2816	0,69	0	-0,06765	1,524	-0,068	0,34
Typ 05.1	647	0,76	1,06E-201	-0,08476	1,776	-0,085	0,42
Typ 06	778	0,59	1,44E-154	-0,05224	1,146	-0,052	0,26
Typ 06_gs	97	0,43	1,97E-13	-0,03505	0,97	-0,035	0,18
Typ 06_K	272	0,62	3,95E-59	-0,06046	1,514	-0,060	0,30
Typ 07	658	0,64	2,63E-146	-0,04918	1,214	-0,049	0,25
Typ 09	944	0,60	1,19E-190	-0,06115	1,47	-0,061	0,31
Typ 09.1	357	0,39	1,10E-40	-0,06356	1,557	-0,064	0,32
Typ 09.1_gs	61	0,59	3,03E-13	-0,06281	1,573	-0,063	0,31
Typ 09.1_K	66	0,31	7,58E-07	-0,06121	1,785	-0,061	0,31
Typ 09.2	425	0,62	1,17E-90	-0,07645	1,879	-0,076	0,38
Typ 11	679	0,49	2,02E-100	-0,08972	1,943	-0,090	0,45
Typ 12	271	0,22	2,62E-16	-0,06409	1,6	-0,064	0,32
Typ 14	1463	0,38	4,38E-154	-0,02057	0,7278	-0,021	0,10
Typ 15	435	0,37	3,37E-46	-0,02962	0,9787	-0,030	0,15
Typ 15_groß	216	0,50	4,41E-34	-0,05771	1,499	-0,058	0,29
Typ 16	1236	0,60	4,78E-248	-0,05505	1,275	-0,055	0,28
Typ 17	427	0,35	2,18E-41	-0,06063	1,639	-0,061	0,30
Typ 18	286	0,38	3,45E-31	-0,03418	0,9193	-0,034	0,17
Typ 19_N	300	0,17	1,03E-13	0,02347	-0,1195	0,023	-0,12
Typ 19_S	117	0,31	3,96E-11	-0,01593	0,6428	-0,016	0,08

Farbcodierungen: R<sup>2</sup>-Werte: von dunkelblau für hohe Werte bis dunkelrot für niedrige Werte; P-Werte: blassgrün = signifikant; Deltawerte der Bewertungsscores und -klassenanteile: von dunkelgrün für niedrige Absolutwerte bis dunkelrot für hohe Absolutwerte

Tabelle 31: Lineare Regressionen des SI-Score(neu) in Abhängigkeit vom  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und Änderung des SI-Score(neu) sowie der ökologischen Zustandsklassifikation durch Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1°

LAWA-Typ	Fallzahl	R <sup>2</sup>	p-Wert	Steigung	Schnittpunkt	ΔSI-Score(neu)/Δ+1°	ΔÖZ-KI/Δ+1°
Typ 01.1	26	0,54	1,19E-05	-0,08049	1,35	-0,080	0,40
Typ 01.2	23	0,39	0,00084036	-0,06465	1,416	-0,065	0,32
Typ 02.1	239	0,62	8,14E-52	-0,09747	1,911	-0,097	0,49
Typ 02.2	77	0,48	2,46E-12	-0,06574	1,72	-0,066	0,33
Typ 03.1	95	0,61	1,10E-20	-0,09694	1,907	-0,097	0,48
Typ 03.2	52	0,40	3,28E-07	-0,06913	1,806	-0,069	0,35
Typ 04	30	0,43	4,69E-05	-0,01964	0,8702	-0,020	0,10
Typ 05	2816	0,74	0	-0,07448	1,625	-0,074	0,37
Typ 05.1	647	0,77	2,29E-206	-0,08833	1,835	-0,088	0,44
Typ 06	778	0,58	2,30E-148	-0,0562	1,208	-0,056	0,28
Typ 06_gs	97	0,49	1,20E-15	-0,04294	1,11	-0,043	0,21
Typ 06_K	272	0,66	4,82E-65	-0,06832	1,632	-0,068	0,34
Typ 07	658	0,64	2,89E-148	-0,05429	1,287	-0,054	0,27
Typ 09	944	0,67	1,41E-228	-0,0698	1,611	-0,070	0,35
Typ 09.1	357	0,65	2,97E-82	-0,09239	2,006	-0,092	0,46
Typ 09.1_gs	61	0,38	6,05E-08	-0,06055	1,541	-0,061	0,30
Typ 09.1_K	66	0,25	1,05E-05	-0,06338	1,815	-0,063	0,32
Typ 09.2	425	0,48	1,04E-62	-0,07907	1,922	-0,079	0,40
Typ 11	679	0,37	1,55E-70	-0,09188	1,983	-0,092	0,46
Typ 12	271	0,03	0,0042729	-0,03629	1,114	-0,036	0,18
Typ 14	1463	0,29	9,61E-111	-0,02157	0,7493	-0,022	0,11
Typ 15	435	0,30	1,09E-35	-0,03078	1,002	-0,031	0,15
Typ 15_groß	216	0,14	1,07E-08	-0,04409	1,261	-0,044	0,22
Typ 16	1236	0,63	4,17E-269	-0,06374	1,398	-0,064	0,32
Typ 17	427	0,29	6,88E-34	-0,06738	1,745	-0,067	0,34
Typ 18	286	0,30	3,24E-24	-0,03806	0,986	-0,038	0,19
Typ 19_N	300	0,06	1,09E-05	0,01799	-0,0006261	0,018	-0,09
Typ 19_S	117	0,20	2,62E-07	-0,01946	0,7146	-0,019	0,10

Farbcodierungen: R<sup>2</sup>-Werte: von dunkelblau für hohe Werte bis dunkelrot für niedrige Werte; P-Werte: blassgrün = signifikant; Deltawerte der Bewertungsscores und -klassenanteile: von dunkelgrün für niedrige Absolutwerte bis dunkelrot für hohe Absolutwerte

Als Einfluss des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  auf die PERLODES-Modulbewertung, bzw. auf MMI(neu) und SI-Score(neu) lässt sich folgendes resümieren:

- Die Alpen- und Mittelgebirgsgewässertypen weisen die höchsten Bestimmtheitsmaße der linearen Korrelationen zwischen dem  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und dem MMI(neu) sowie dem SI-Score(neu) je LAWA-Gewässertyp auf (bis zu R<sup>2</sup> = 0,77 beim SI-Score(neu) für LAWA-Typ 05.1).
- Dagegen ist kein plausibler Zusammenhang zwischen dem  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und den Scores der PERLODES-Bewertungsmodule für den LAWA-Typ 19N nachweisbar.
- Der SI-Score(neu) korreliert im Durchschnitt aller Gewässertypen nur etwas besser mit dem  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  als der MMI(neu).
- Die pro Grad Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ -Werts für jeden LAWA-Typ ermittelten relativen Verschlechterungen der beiden PERLODES-Module „Allgemeine Degradation“ (klassifizierter MMI(neu)) und „Saprobie“ (klassifizierter SI-Score(neu)) rangieren bei Alpen- und Mittelgebirgsgewässern zwischen etwa ¼ und ½ Bewertungsklasse der PERLODES-Module.

- Die geringsten relativen Verschlechterungen der Modulbewertungen pro Grad Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ -Werts treten bei den gefällearmen LAWA-Typen 14 und 19 auf.

Insgesamt erscheint es sehr plausibel, dass sowohl die größten Bestimmtheitsmaße der Korrelationen zwischen dem  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und den PERLODES-Bewertungsscores als auch die größten relativen Bewertungsverschlechterungen in Folge erhöhter  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$ -Werte bei den gefällereicheren Fließgewässertypen zu verzeichnen sind, da bei diesen von einer besonders starken Rolle der gesamten Atmungshabitatbedingungen für den ökologischen Zustand auszugehen ist. Schließlich kann hier eine strukturelle Beeinträchtigung die Strömungsbedingungen erheblich stärker als in gefällearmen Fließgewässern des Tieflands verschlechtern.

Auch die, wenn auch nur etwas größeren Bestimmtheitsmaße der Korrelationen des SI-Score(neu) gegenüber denen des MMI(neu) überraschen nicht, da letztlich auch der Saprobienindex ein – nur anders hergeleiteter und auf den Gehalt leicht abbaubarer organischer Substanz bezogener – Indikator für die Atmungshabitatbedingungen ist.

Allein eine Erhöhung der sommerlichen Wassertemperatur (JAS-Mittelwerte) um ein Grad Kelvin, die auch den typspezifisch korrigierten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> um ein Grad erhöht, kann somit eine Verschlechterung der ökologischen Zustandsbewertung des Makrozoobenthos in manchen Fließgewässertypen (z.B. LAWA-Typen 02.1 und 03.1) bereits um eine halbe Bewertungsklasse verursachen (s. Tabelle 30 und Tabelle 31).

Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass ein 1:1-Verhältnis zwischen der sommerlichen Wassertemperatur (JAS) und dem Wert des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nur dann angenommen werden kann, wenn

1. die typspezifisch korrigierte Indexversion berechnet wird, da nur diese auf die jeweiligen durchschnittlichen sonstigen Atmungshabitatbedingungen des Gewässertyps normiert ist und
2. die an der Probestelle herrschenden sonstigen Atmungshabitatbedingungen den durchschnittlichen Verhältnissen aller Gewässer des Typs weitgehend entsprechen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass unter Atmungshabitatbedingungen nicht lediglich das aus den Rahmenbedingungen Temperatur, Turbulenz und sauerstoffzehrenden Stoffbelastungen resultierende Verhältnis von Sauerstoffbedarf zu Sauerstoffangebot verstanden wird, sondern auch die strömungsbedingten Atemgasaustauschverhältnisse an den Atemorganen der Organismen mit zu berücksichtigen sind.

## **5.5 Prognostizierbare Veränderungen der prozentualen Anteile der PERLODES-Bewertungsklassen in Folge erhöhter KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte bzw. sommerlicher Wassertemperaturen**

Auf der Grundlage der im vorangegangenen Kapitel dargestellten Konsequenzen einer Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um ein Grad für die Bewertungseinstufungen der PERLODES-Module Allgemeine Degradation(neu) und Saprobie(neu) wurden die durch eine hypothetische Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1° bzw. 2° zu erwartenden Verschiebungen der prozentualen Anteile der ökologischen Bewertungsklassen exemplarisch für den LAWA-Typ 05 ermittelt. Dafür wurden die Modulbewertungen aller auswertbaren MZB-Beprobungen von 2013 als Ausgangssituation zugrunde gelegt und die relativen Veränderungen der einzelnen Anteile der MMI(neu)- und Saprobie(neu)-Bewertungsklassen in Folge der KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Erhöhungen bestimmt. Die Ergebnisse dieser Wirkungsprognosen sind in den Tortendiagrammen der Abbildung 76 und der Abbildung 77 dargestellt. Für die Diagramme wurden die ökologischen Bewertungsklassen 1 und 2 zur Klasse „sehr gut bis gut“ und die Klassen 4 und 5 zur Klasse „unbefriedigend bis schlecht“ aggregiert.



Zweck der Aggregation der jeweils besten und schlechtesten beiden Bewertungsklassen unter Beibehaltung der mittleren Bewertungsklasse „mäßig“ ist es, die Prognosen auf die Verschiebungen zwischen den prozentualen Anteilen der Bewertungsklassen zu beschränken, bei denen eine Erhöhung der sommerlichen Wassertemperatur (TW JAS) eine ebensolche des typspezifisch korrigierten KLIWA-Index<sub>MZB</sub> bewirkt. Da dies nur unter durchschnittlichen sonstigen Atmungshabitatbedingungen angenommen werden kann, muss davon ausgegangen werden, dass in Fließgewässern mit sehr guten ökologischen Zustandsbewertungen wegen der hier überdurchschnittlich guten sonstigen Atmungshabitatbedingungen eine Erhöhung der sommerlichen Wassertemperaturen vermutlich nur eine unterproportionale Erhöhung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> bewirkt, während das genaue Gegenteil in Fließgewässern mit besonders schlechten ökologischen Zustandsbewertungen und sonstigen Atmungshabitatbedingungen zu erwarten ist. Daher wurde durch die beschriebene Bewertungsklassenaggregation eine Fokussierung auf den mittleren Bereich vorgenommen, in dem die im Einzelfall möglichen positiven oder negativen Abweichungen der Indexänderung von der Temperaturänderung vergleichsweise gering ausfallen sollten und bezogen auf alle Probestellen annähernd ausgeglichen sind. In diesem Bereich sind auch die mit den Temperaturunterschieden statistisch korrelierten Unterschiede der sommerlichen Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten bereits implizit im KLIWA-Index<sub>MZB</sub> mitberücksichtigt.

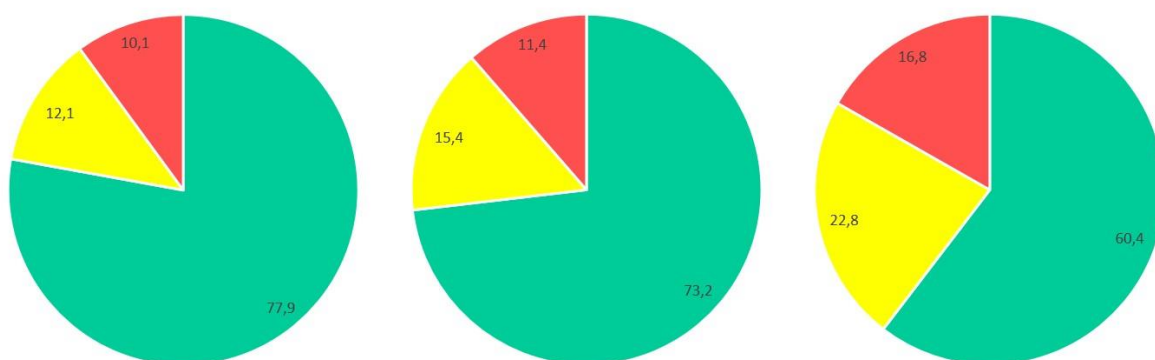


Abbildung 76: Prozentuale Verteilungen der ökologischen Zustandsklassen des MMI(neu), d.h. des PERLODES-Moduls Allgemeine Degradation(neu) für den MZB-Datensatz aus dem Jahr 2013 (links), bei Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1° (Mitte) sowie bei Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 2° (rechts): LAWA-Typ 05 (N = 149)

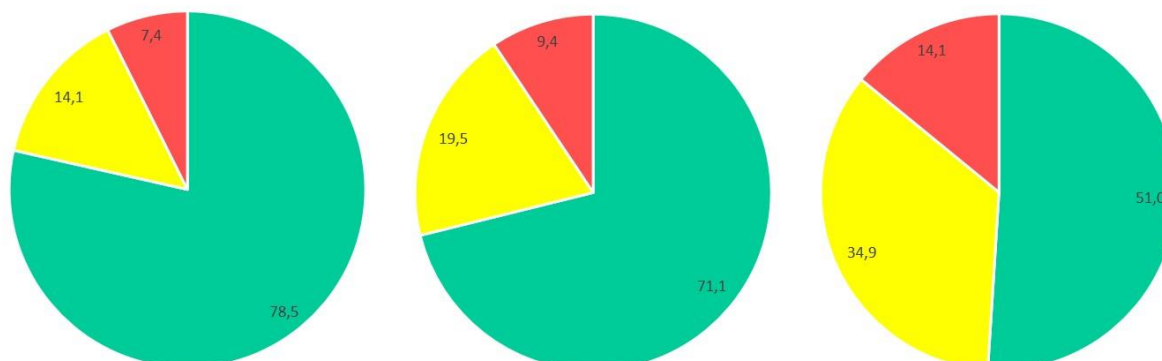


Abbildung 77: Prozentuale Verteilungen der ökologischen Zustandsklassen des SI-Score(neu), d.h. des PERLODES-Moduls Saprobie(neu) für den MZB-Datensatz aus dem Jahr 2013 (links), bei Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1° (Mitte) sowie bei Erhöhung des  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 2° (rechts): LAWA-Typ 05 (N = 149)

Farbkodierung der Tortendiagramme:

- sehr gut bis gut
- mäßig
- unbefriedigend bis schlecht

Die prognostizierten relativen Verschlechterungen der Modulbewertungen der Proben des LAWA-Typs 05 für eine Erhöhung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> um 1° und 2° zeigen sehr deutlich wie erheblich eine derartige Erhöhung der sommerlichen Wassertemperaturen (TW JAS) die Anteile der Proben mit mindestens guter Bewertung vermindern würde. Bezogen auf den hier ausgewerteten Datensatz würde eine Erhöhung der sommerlichen Wassertemperatur (TW JAS) um 2° K bereits zu einer annähernden Verdoppelung des Probenanteils mit mäßiger bis schlechter ökologischer Zustandsbewertung führen.

## 5.6 Ergebnisdiskussion

Die Auswertungen des bundesweiten Monitoring-Datensatzes zeigen deutlich, dass das PERLODES-Bewertungsverfahren insgesamt sehr stark auf die Atmungshabitatbedingungen reagiert und daher enge Korrelationen zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nachweisbar sind.

Die Bestimmtheitsmaße der Korrelationen zwischen dem Index und den Bewertungsmodulen Allgemeine Degradation (MMI) und Saprobie(neu) zeigen hier einen sehr deutlichen Zusammenhang zu den Gefälle- bzw. Fließeigenschaften der verschiedenen Fließgewässertypen. Je ausgeprägter die Fließeigenschaften der Gewässertypen sind, desto größer ist der  $R^2$ -Wert der Korrelation zwischen dem  $KI_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und den Bewertungsmodulen, desto größer ist auch die Bedeutung der Atmungshabitatbedingungen für die ökologische Zustandsbewertung.

Durch die mittels des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> prognostizierbaren Veränderungen der prozentualen Anteile der PERLODES-Bewertungsklassen in Folge erhöhter sommerlicher Wassertemperaturen wird das Ausmaß der zu erwartenden Folgen des Klimawandels für den ökologischen Zustand der Fließgewässer Deutschlands konkret quantifizierbar. So kann mit Hilfe des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> gezeigt werden, wieviel Prozent derjenigen Probestellen, deren ökologischer Zustand (bezogen auf die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos) aktuell die Zielvorgaben der Wasserrahmenrichtlinie erfüllt, bei einer bestimmten Erhöhung der sommerlichen Wassertemperatur dieses Ziel voraussichtlich verfehlen würden, sofern keine geeigneten Gegenmaßnahmen getroffen würden.

Da sich aber im Zuge der Entwicklung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> der Einfluss der sommerlichen Wassertemperaturausprägung auf die Arten- und Abundanzverhältnisse des Makrozoobenthos in erster Linie als Überprägung der Atmungshabitatbedingungen offenbart hat, eröffnet diese Erkenntnis auch vielfältige Handlungsoptionen. Den thermischen Folgen des Klimawandels kann, bzw. sollte daher nicht nur durch temperaturmindernde Maßnahmen (z.B. zur Verringerung der Sonneneinstrahlung durch Verbesserungen der Gehölzbeschattung), sondern auch durch Verringerungen trophischer und saprobieller Belastungen und/oder durch gewässertypspezifische Verbesserungen der Strömungs- und Turbulenzverhältnisse entgegen gewirkt werden.

**Basierend auf den oben dargestellten Auswertungsergebnissen des bundesweiten Datensatzes lassen sich die eingangs gestellten Projektfragen wie folgt beantworten:**

**Frage 9** Saprobie: Worin unterscheiden sich die mit dem Saprobien-Index und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> indizierbaren Habitatfaktoren und lässt sich ein Maximalwert der Saprobie definieren, jenseits dessen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht mehr anwendbar ist?

Saprobie und KLIWA-Index<sub>MZB</sub> sind beide MZB-basierte Indikatoren der Atmungshabitatbedingungen von Fließgewässern, die jedoch auf unterschiedliche Weise hergeleitet worden sind und sich formell dadurch unterscheiden, dass der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> als Temperaturäquivalent für die Atmungshabitatbedingungen insgesamt definiert ist und daher auch in Grad-Werten angegeben wird, während der Saprobienindex eine reine Indexzahl ist, die keine Entsprechung zu einem messbaren Parameter hat. Da der Saprobienindex speziell zur Indikation des Anteils leicht abbaubarer organischer Substanzen entwickelt wurde, ist zu vermuten, dass er darauf etwas stärker als auf die anderen Einflussgrößen der Atmungshabitatbedingungen Temperatur und Strömung reagiert. Da er aber weder in mg/l von BSB5-, TOC- oder DOC-Äquivalenten angegeben oder umrechenbar ist, kann diese Vermutung letztlich nicht weitergehend untermauert werden. Die indikatorischen Unterschiede zwischen beiden Indexen sind somit zwar gegeben, wie die zwar hohen aber dennoch nicht über Bestimmtheitsmaße von  $R^2 = 0,77$  hinaus gehenden Korrelationen zeigen, könnten aber auch lediglich durch die unterschiedlichen Einstufungen der jeweiligen Index-Arten und deren Verrechnung bedingt sein.

Vor diesem Hintergrund kann letztlich kein **Schwellenwert der saprobiellen Belastung abgeleitet werden, oberhalb dessen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht mehr aussagefähig ist**, weil der Saprobienindex selbst ein von allen Faktoren der Atmungshabitatbedingungen beeinflusster MZB-Indikator (ggf. mit Schwerpunkt auf organischen Belastungen) und eben kein unabhängiger Messwert ist.

**Frage 10** Ökologische Zustandsbewertung: Wie stellt sich der Zusammenhang zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der ökologischen Zustandsbewertung des Makrozoobenthos dar und lassen sich daraus gewässertypgruppenspezifische Schwellenwerte des Indexes für den Übergang zwischen gutem undmäßigem ökologischen Zustand im Sinne von Orientierungswerten ableiten?

**Die starken Zusammenhänge zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den hier getesteten neuen Bewertungsscores der PERLDOES-Module Allgemeine Degradation und Saprobie haben eine belastbare Ableitung von typspezifischen Orientierungswerten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> ermöglicht, deren Größenordnungen insgesamt gut zu den im LAWA-Projekt O 3.15 für sommerliche Wassertemperaturen (JAS-Mittelwerte) abgeleiteten Orientierungswertvorschlägen passen.**

**Frage 11** Prognosen: Lassen sich Veränderungen der prozentualen Anteile von Probestellen mit unterschiedlichen PERLODES-Bewertungsklassen in Folge erhöhter KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werte bzw. sommerlicher Wassertemperaturen prognostizieren?

**Auf Grundlage der zuvor mittels linearer Regressionen bestimmten Zusammenhänge zwischen dem  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und den PERLODES-Modulen Allgemeine Degradation(neu) und Saprobie(neu) konnten die durch eine potenzielle Erhöhung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1° bzw. 2° zu erwartenden Verschiebungen der prozentualen Proben-Anteile der ökologischen Bewertungsklassen der im Jahr 2013 beprobten Probestellen exemplarisch für den LAWA-Typ 05 ermittelt werden. Durch die Fokussierung auf die Anteilsverschiebungen zwischen den drei (teilweise aggregierten) ökologischen Bewertungsklassen „sehr gut bis gut“, „mäßig“ und „unbefriedigend bis schlecht“ kann von**

einer weitgehenden Kongruenz zwischen den Veränderungen der sommerlichen Wassertemperaturen (JAS) und typspezifisch korrigierten KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten ausgegangen werden, so dass die dargestellten Prognosen der Indexerhöhungen auch auf die entsprechenden Erhöhungen der sommerlichen Wassertemperaturen (JAS) übertragbar sind.

## 6 Zusammenfassung

Der anhand umfangreicher Auswertungen unterschiedlicher Datengrundlagen durchgeführte Praxistest des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> hat dessen Eignung zur Indikation sommerlicher Wassertemperaturunterschiede in Fließgewässern mit einer teilweise überraschend hohen Genauigkeit sowohl für langjährige Trendanalysen, als auch für eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Probestellen innerhalb einzelner Fließgewässer bestätigt.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, welcher Art und wie stark die Zusammenhänge zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den PERLODES-Bewertungsmodulen Allgemeine Degradation und Saprobie sind und welche Veränderungen sich damit für eine klimawandelbedingte Erhöhung der sommerlichen Wassertemperaturen um ein oder zwei °K bei dem prozentualen Verhältnis der mindestens gut bewerteten Proben zu den schlechter bewerteten Proben prognostizieren lassen.

Die mit Hilfe des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> prognostizierbaren Verschlechterungen der ökologischen Zustandsbewertungen in Folge des Klimawandels beschreiben jedoch kein unausweichliches Schicksal, sondern stellen eine dringende Aufforderung zum Handeln dar. Erforderlich ist eine verstärkte Bekämpfung

- (a) der Ursachen des Klimawandels, um dessen Konsequenzen für die Temperaturen und Abflussverhältnisse zu begrenzen, sowie
- (b) aller für die Atmungshabitatbedingungen der Fließgewässer relevanten Belastungsarten (thermisch, stofflich und hydrologisch/hydraulisch) auch für solche Gewässer, deren Biozönosen heute den guten ökologischen Zustand gerade eben erreichen!

Je näher die Atmungshabitatbedingungen den gewässertypspezifischen Verhältnissen entsprechen, desto geringer dürften sich die künftigen Belastungen des Klimawandels auf die Biozönose auswirken.

Nachfolgend seien noch einmal die wesentlichsten Kernaussagen zu den eingangs gestellten Fragen zusammengestellt.

### Kernaussagen der TBM-Auswertungen

- Insgesamt zeigt sich, dass die auch für die Ableitung der Temperaturpräferenzspektren und Schwerpunktttemperaturen verwendeten Temperaturmittelwerte aus den Monaten Juli, August und September (JAS) in den meisten Fällen die besten Bezüge zum KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zeigen.
- Es wird empfohlen, künftige Beprobungen LAWA-Typen 03.2, 09.1 und 09.2 im Juli (Zeitraum zwischen den TBM-Serien 2 und 3) vorzunehmen. Dabei handelt es sich um einen Kompromiss zwischen dem PERLODES-Beprobungszeitfenster (Mai – Juni – Juli) und den Beprobungszeiten, die sich bei den vorliegend ausgewerteten Probestellen als diejenigen mit den besten Indikationsqualitäten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> hinsichtlich der sommerlichen Wassertemperaturen herausgestellt haben (Juni und August).
- Der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> erweist sich als geeignet, die langjährige Entwicklung der sommerlichen Wassertemperaturen widerzuspiegeln, wenn dazu um ein Jahr vorausgehende gleitende Dreijahresmittel der jährlichen Wassertemperaturkennwerte (JAS-Mittelwerte) in Bezug gesetzt werden.
- Der Einfluss der wetterbedingten Vorgeschichte bedingt eine Trägheit der biologischen Reaktion, die zur Folge haben kann, dass einzelne drastische Unterschiede zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen zweier aufeinander folgender Jahre zu teilweise sogar gegenläufigen Werten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> führen können. Somit

lassen sich mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> zwar keine absoluten einzeljahresbezogenen Indikationen der vorausgegangenen sommerlichen Wassertemperaturen (im Sinne von KLIWA-Index<sub>MZB</sub> = Sommerwassertemperatur des Vorjahres) vornehmen, aber sehr wohl längere Trends der Temperaturentwicklung abbilden, die offenkundig nachhaltige Veränderungen der Arten- und Abundanzzusammensetzung und damit des Indexes hervorrufen.

- Die typspezifische Korrekturfunktion des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> bewirkt eine Transformation der Indexwerte und kann somit keinerlei Einfluss auf die Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ -Werte) und Signifikanzniveaus (p-Werte) haben, dient aber dazu eine Annäherung der Index-Werte an die Temperaturwerte sowohl hinsichtlich ihrer absoluten Höhe, als auch bezüglich der Steigung der Temperatur-Index-Beziehung zu erreichen. Dabei sollten die Annäherungen der korrigierten Indexwerte an die sommerlichen Wassertemperaturen umso besser ausfallen, je ähnlicher die sonstigen Atmungshabitatbedingungen (insbesondere Strömung und organische Belastungen) den für alle Gewässer des jeweiligen Gewässertyps durchschnittlichen Bedingungen sind.

Die Auswertungsergebnisse können als Bestätigung der typspezifischen Korrekturfunktionen für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> gewertet werden, ohne die die Index-Werte der meisten Probestellen stärker von den Temperaturwerten abweichen und die Steigung der Beziehung zwischen beiden Größen stärker von 1 abweichen würden.

- Die durchgeführten Auswertungen haben bezüglich der Ableitung einer Mindestanforderung an die Abundanzklassensumme der zugeordneten KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Taxa keine neuen Erkenntnisse erbracht. In Anlehnung an PERLODES wird daher eine Mindestabundanzklassensumme der zugeordneten Indextaxa von 20 festgelegt.
- Der Frage, ob der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> durch die Berücksichtigung von Neozoen bei seiner Berechnung verfälscht wird oder ob Neozoen ebenso gute Indikatoren für die Atmungshabitatbedingungen wie heimische Arten sein können, bzw. sind, konnte durch Auswertungen des TBM-Datensatzes nur ansatzweise nachgegangen werden, da die analysierten Proben nur relativ geringe Neozoenanteile aufweisen.
- Für die zeitliche Entwicklung an einer Probestelle zeigen die TBM-Auswertungen, dass aufgrund der „Trägheit“ der biozönotischen Reaktion in Folge des Einflusses der jeweiligen Vorgeschichte kurzfristige interannuelle Temperaturunterschiede nicht mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> abbildbar sind. Dagegen zeigen die Langzeitvergleiche mit gleitenden Dreijahresmitteln, dass sukzessive Verschiebungen der mehrjährigen mittleren sommerlichen Wassertemperaturverhältnisse von lediglich einem halben Grad noch abgebildet werden können.

### Kernaussagen der dynaklim-Auswertungen

- Die Korrelationsanalysen der verschiedenen im Längsverlauf von Lippe und Ruhr angeordneten Probestellen hinsichtlich der Beziehung zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den jeweiligen sommerlichen Vorjahreswassertemperaturen zeigen, dass der Index sogar bei einem Temperaturgradienten von nur  $1^\circ \text{K}$  ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,64$  (Lippe) und bei  $2,5^\circ \text{K}$  von  $R^2 = 0,81$  (Lippe) erreicht. Damit ist der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> auch bei nur einmaliger MZB-Beprobung sehr gut für relative Vergleiche zwischen verschiedenen Probestellen im Längsverlauf eines Fließgewässers geeignet.
- Wie bei den Auswertungen der TBM-Daten lassen sich auch aus den KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Ergebnissen für die dynaklim-Daten keine Aussagen zu Mindestabundanzsummen ableiten, so dass weiterhin davon ausgegangen wird, dass an einen belastbaren KLIWA-



Index<sub>MZB</sub> dieselben Abundanzanforderungen der zugeordneten Taxa wie für das PERLODES-Modul Saprobie zu stellen sind (Mindestabundanzklassensumme der zugeordneten Index-Taxa: 20).

- Die eingestuftten Neozoen eignen sich weder besser noch schlechter als die heimischen Taxa für die Temperatur- bzw. Atemhabitat-Indikation! Dies wird als Indiz dafür gewertet, dass zumindest die im KLIWA-Index<sub>MZB</sub> verrechneten Schwerpunkttemperaturen der hier ausgewerteten Neozoen im Großen und Ganzen ähnlich belastbar wie die für die heimischen Taxa sind. Für die Praxis heißt das, dass man den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> auch in Neozoen dominierten Gewässern anwenden kann.
- Mit dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> lassen sich Unterschiede der mittleren sommerlichen Wassertemperaturen (JAS) zwischen verschiedenen Probestellen eines Fließgewässers bereits mit nur einmaligen MZB-Beprobungen zuverlässig indizieren, sofern die sonstigen Atmungshabitatbedingungen vergleichbar sind und alle Probestellen eine vergleichbare klimatische Vorgeschichte haben.

### Kernaussagen der Auswertungen des bundesweiten Monitoringdatensatzes

- Es sollte u.a. der Frage nachgegangen werden, worin sich die mit dem Saprobien-Index und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> indizierbaren Habitatfaktoren unterscheiden und ob sich ein Maximalwert der Saprobie definieren lässt, jenseits dessen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht mehr anwendbar ist. Saprobie und KLIWA-Index<sub>MZB</sub> sind jedoch beide MZB-basierte Indikatoren der Atmungshabitatbedingungen von Fließgewässern, die nur auf unterschiedliche Weise hergeleitet worden sind und sich formell dadurch unterscheiden, dass der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> als Temperaturäquivalent für die Atmungshabitatbedingungen insgesamt definiert ist und daher auch in Grad-Werten angegeben wird, während der Saprobienindex eine reine Indexzahl ist, die keine Entsprechung zu einem messbaren Parameter hat. Da der Saprobienindex speziell zur Indikation des Anteils leicht abbaubarer organischer Substanzen entwickelt wurde, ist zu vermuten, dass er darauf etwas stärker als auf die anderen Einflussgrößen der Atmungshabitatbedingungen Temperatur und Strömung reagiert. Da er aber weder in mg/l von BSB5-, TOC- oder DOC-Äquivalenten angegeben wird, noch in einen dieser Parameter umrechenbar ist, lässt sich diese Vermutung letztlich jedoch nicht weitergehend belegen. Weil der Saprobienindex selbst kein unabhängiger Messwert ist, sondern ein von allen Faktoren der Atmungshabitatbedingungen beeinflusster MZB-Indikator (ggf. mit Schwerpunkt auf organischen Belastungen) kann somit kein Schwellenwert der saprobiellen Belastung abgeleitet werden, oberhalb dessen der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> nicht mehr aussagefähig wäre.
- Die starken Zusammenhänge zwischen dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und den hier getesteten neuen Bewertungsscores der PERLODES-Module Allgemeine Degradation und Saprobie haben eine belastbare Ableitung von typspezifischen Orientierungswerten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> ermöglicht. Deren Größenordnungen passen insgesamt gut zu den im LAWA-Projekt O 3.15 für sommerliche Wassertemperaturen (JAS-Mittelwerte) abgeleiteten Orientierungswertvorschlägen.
- Auf Grundlage der zuvor mittels linearer Regressionen bestimmten Zusammenhänge zwischen dem  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  und den PERLODES-Modulen Allgemeine Degradation(neu) und Saprobie(neu) konnten die durch eine potenzielle Erhöhung des  $Kl_{MZB(Typ/Kont-Korr)}$  um 1° bzw. 2° zu erwartenden Verschiebungen der prozentualen Proben-Anteile der ökologischen Bewertungsklassen der im Jahr 2013 beprobten Probestellen exemplarisch für den LAWA-Typ 05 ermittelt werden. Durch die Fokussierung auf die Anteilsverschiebungen zwischen den drei (teilweise aggregierten) ökologischen Bewertungsklassen „sehr gut bis gut“, „mäßig“ und „unbefriedigend bis schlecht“ kann von einer weitgehenden Kongruenz zwischen den Veränderungen der sommerlichen

Wassertemperaturen (JAS) und typspezifisch korrigierten KLIWA-Index<sub>MZB</sub>-Werten ausgegangen werden, so dass die dargestellten Prognosen der Indexerhöhungen auch auf die entsprechenden Erhöhungen der sommerlichen Wassertemperaturen (JAS) übertragbar sind.

## FAZIT

Der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> ist aufgrund seiner Herleitung und Definition ein biologischer Indikator für die in Grad Celsius angegebene respiratorische Äquivalenttemperatur der mittleren sommerlichen Atmungshabitatbedingungen des Makrozoobenthos von Fließgewässern.

Der wesentliche Unterschied zu prinzipiell vergleichbaren Indizes, wie z.B. Saprobienindex oder Rheoindex nach Banning, besteht darin, dass nur der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> unmittelbar mit Messwerten (Mittelwerte der Wassertemperaturen der Monate Juli, August und September) verglichen werden kann. Dennoch ist er gerade nicht auf die Indikation einer biozönotischen Alleinwirkung der Wassertemperatur ausgelegt, sondern indiziert die sommerlichen Atmungshabitatbedingungen insgesamt. Daher ermöglicht ein Abgleich der Indexwerte mit Messwerten vorausgegangener sommerlicher Wassertemperaturen konkrete Rückschlüsse auch auf die im Einzelfall bestehenden Bedeutungen anderer respiratorisch relevanter Einflussgrößen (z.B. Fließverhalten, trophische sowie saprobielle Belastungen, etc.) für den Indexwert, bzw. die sommerlichen Atmungshabitatbedingungen und somit auch für den ökologischen Zustand.

Die Auswertungen des Praxistests haben gezeigt:

- wie gut die relativen Änderungen des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> die Unterschiede der sommerlichen Wassertemperaturen sowohl im zeitlichen als auch räumlichen Vergleich anzeigen können, sofern die sonstigen Atmungshabitatbedingungen weitgehend vergleichbar sind, bzw. sich in der durchschnittlichen Relation zur Wassertemperatur des jeweiligen Gewässertyps bewegen,
- wie bedeutsam die sommerliche Wassertemperatur für die Atmungshabitatbedingungen und die ökologische Zustandsbewertung insgesamt ist, aber auch
- wie erheblich z.B. unterschiedliche Strömungsverhältnisse die biozönotischen Wirkungen thermischer Belastungen auf die Zusammensetzung des Makrozoobenthos überprägen können und
- wie vielfältig daher die Handlungsmöglichkeiten (thermisch, strukturell, hydrologisch) zur Minderung der Folgen des Klimawandels sind.

## 7 Ausblick

---

Der KLIWA-Index<sub>MZB</sub> hat sich als besonders geeigneter Indikator für die zu erwartenden Folgen des Klimawandels für das Makrozoobenthos von Fließgewässern erwiesen. Im Rahmen des durchgeführten Praxistests konnten jedoch außer den sommerlichen Wassertemperaturen die sonstigen Atmungshabitatbedingungen nicht mit konkreteren Werten hinterlegt werden.

Ziel des weiteren Forschungs- und Untersuchungsbedarfs sollte es daher sein, künftig Fließgeschwindigkeiten und Konzentrationswerte sauerstoffzehrender Belastungen in Temperatur-Äquivalente des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> umrechnen zu können und damit die Wirkungen dieser Faktoren auch auf die Beziehung zwischen den sommerlichen Wassertemperaturen und dem KLIWA-Index<sub>MZB</sub> genauer beschreiben und modellieren zu können. Damit würden auch die erforderlichen Grundlagen für noch genauere Prognosen der Klimawandelfolgen für den ökologischen Zustand von Fließgewässern geschaffen.

Des Weiteren sollten auch die typspezifischen Korrekturfunktionen für diverse LAWA-Fließgewässertypen, bei denen in letzter Zeit typologische Neuzuweisungen in nennenswertem Umfang vorgenommen worden sind, noch einmal verifiziert werden. Ebenso sollte auch der Zusammenhang zwischen den Werten des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und der PERLODES-Bewertungsmodule nach einer abschließenden Festlegung auf eine neue PERLODES-Version noch einmal abgeleitet werden.

Auf Grundlage der vorliegenden und ggf. künftig ergänzten Erkenntnisse wird außerdem empfohlen, Prognoseauswertungen, wie sie im Rahmen des Praxistests exemplarisch für die vorliegenden Probandaten des Typs 05 (s. Kap. 5.5) aus dem Jahr 2013 vorgenommen worden sind, noch einmal für einen erweiterten und aktualisierten Datensatz vorzunehmen, der auch möglichst viele andere LAWA-Fließgewässertypen umfasst. Damit ließen sich Karten erstellen, in denen sich der besondere lokale Handlungsbedarf zur Bekämpfung der gewässerökologischen Belastungen durch den Klimawandel darstellen ließe.

## 8 Literatur

- HALLE, M.; MÜLLER, A. & A. SUNDERMANN (2016): KLIWA Temperatur-MZB-Projekt: Ableitung von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos für die Entwicklung eines Verfahrens zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels in Fließgewässern. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen, chromgruen & Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt im Auftrag des Arbeitskreis KLIWA (finanziert von Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz), publiziert als KLIWA-Berichte Heft 20, Download unter <http://www.kliwa.de/download/KLIWAHeft20.pdf>.
- Halle, M. & A. Müller (2017): LAWA ACP-Projekt O 3.15: Ergänzende Arbeiten zur Korrelation zwischen biologischen Qualitätskomponenten und Allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ (LFP O 3.15). Erhältlich als Download unter: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LAWA/Vorhaben\\_des\\_Ausschusses\\_Oberflaechengewaesser\\_und\\_Kuestengewaesser/O\\_3.15/index.jsp](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LAWA/Vorhaben_des_Ausschusses_Oberflaechengewaesser_und_Kuestengewaesser/O_3.15/index.jsp).
- Korte, T. und M. Sommerhäuser (2011): „Untersuchung zur Verbreitung von wärmeliebenden Neozoen und deren Einfluss auf die Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie“ erstellt im Rahmen des BMBF-Projekts „Auswirkungen des Klimawandels auf die Lebensgemeinschaften in großen Flüssen (dynaklim)“. Erhältlich als Download unter: [http://www.dynaklim.de/dynaklim2pub/index/3000\\_projektergebnisse/3300\\_veroeffentlichungen/3510\\_dynaklim\\_publicationen.html](http://www.dynaklim.de/dynaklim2pub/index/3000_projektergebnisse/3300_veroeffentlichungen/3510_dynaklim_publicationen.html).
- Marten, M. et al. , LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.), 2011. Trendbiomonitoring - Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs. Erhältlich als Download unter: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/101750/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=91063&OBJECT=101750&MODE=METADATA>.
- Universität Duisburg Essen, 2013. ASTERICS - einschließlich Perlodes (deutsches Bewertungssystem auf Grundlage des Makrozoobenthos) Version 4. Software-Handbuch (<http://www.fliessgewaesserbewertung.de>).

## Anlagen (digital)

---

**Anlage 1:** Validierung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> anhand der TBM-Daten – Grafiken und Scatter-plots der Einzelwerte und 3j-Mittelwerte der verschiedenen TW versus der verschiedenen Werte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> mit Neozoen

Dateiname:

A1\_TBM\_validierung\_KLIWA-Index\_vs\_TW\_mitNeozoen.pdf

**Anlage 2:** Validierung des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> anhand der TBM-Daten – Grafiken und Scatter-plots der gleitenden 3J-Mittelwerte der verschiedenen TW versus der verschiedenen Werte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> ohne Neozoen

Dateiname:

A2\_TBM\_validierung\_KLIWA-Index\_vs\_TW\_ohneNeozoen.pdf

**Anlage 3:** Tabellen mit erstellten Kombinationen aus TW und KLIWA-Index<sub>MZB</sub> und Ergebnissen (Bestimmtheitsmaß, etc.) des TBM

Dateiname:

A3\_TBM\_Regressionen\_KLIWA-IndexMZB.xlsx

**Anlage 4:** Tabellen mit Schwerpunkttemperaturen und Signifikanzen der verwendeten Taxa, sowie der errechneten Temperaturdaten und weiterer Parameter des Projektes „dynaklim“

Dateiname:

A4\_dynaklim\_Taxa\_KLIWA-IndexMZB.xlsx

**Anlage 5:** „Interpretationshilfe Saprobie“, umweltbüro essen, Martin Halle und chromgruen, Dr. Andreas Müller.

Dateiname:

A5\_ASTERICS 4.1\_Erläuterungstext Saprobie\_Halle&Müller.pdf

**Anlage 6:** „Beschreibung der Neuerungen“, Universität Duisburg-Essen, Dr. Peter Rolaußs

Dateiname:

A6\_ASTERICS 4.1\_Beschreibung Neuerungen.pdf

**Anlage 7:** Tabellen mit Ergebnissen der Scatter- und Boxplots des bundesweiten Datensatzes

Dateiname:

A7\_Auswertungsergebnisse\_BundesweiterDatensatz.xlsx

**Anlage 8:** Herleitung von Orientierungswerten für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> anhand eines bundesweiten Makrozoobenthos-Datensatzes des operativen Monitorings der Bundesländer – Boxplots der verschiedenen Werte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> versus betrachtete SI- und MMI-Werte

Dateiname:

A8\_Herleitung\_OW\_ki\_boxplots.pdf

**Anlage 9:** Herleitung von Orientierungswerten für den KLIWA-Index<sub>MZB</sub> anhand eines bundesweiten Makrozoobenthos-Datensatzes des operativen Monitorings der Bundesländer – Scatterplots der verschiedenen Werte des KLIWA-Index<sub>MZB</sub> versus betrachtete SI- und MMI-Werte

Dateiname:

A9\_Herleitung\_OW\_ki\_scatterplots.pdf