



Klimawandel in Süddeutschland

Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen

Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA



Monitoringbericht 2021

Lufttemperatur

Zusätzliche Auswertungen für das KLIWA-Untersuchungsgebiet



KLIWA

Klimaveränderung
und Wasserwirtschaft



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Hintergrund 4
2	Methodisches Vorgehen 6
3	Datenbasis und Regionalisierung..... 9
4	Ergebnisse zur Lufttemperatur in Kartenform..... 10
5	Tabellarische Ergebnisse zur Lufttemperatur 12
6	Untersuchungsergebnisse der KLIWA-Regionen 13
	KLIWA-Region: Rhein-Main-Region14
	KLIWA-Region: Nahe-Mittelrhein15
	KLIWA-Region: Unterer Main16
	KLIWA-Region: Lahn17
	KLIWA-Region: Mosel-Sieg.....18
	KLIWA-Region: Eder-Diemel19
	KLIWA-Region: Fulda-Werra.....20
	KLIWA-Region: Oberer Main21
	KLIWA-Region: Neckar22
	KLIWA-Region: Mittlere Donau23
	KLIWA-Region: Hoch- und Oberrhein.....24
	KLIWA-Region: Bayerische Mittelgebirge25
	KLIWA-Region: Isar-Inn26
	KLIWA-Region: Iller-Lech27
	KLIWA-Region: Obere Donau.....28
7	Literaturverzeichnis 29

Impressum

Bearbeitung: Kooperation KLIWA – www.kliwa.de

Redaktion:

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

Kaiser-Friedrich-Str. 7
55116 Mainz

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe

Deutscher Wetterdienst

Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes

Keplerstr. 18
66117 Saarbrücken

Bilder Frontseite:

Oben: Der Pegel Altenahr an der Ahr nach dem Hochwasser 2021
Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord

Mitte: Algenblüte der Cyanobakterien (Blaualgen) an der Mosel
LfU RP, Dr. Jochen Fischer

Unten: Blautopf in Blaubeuren
Foto: Christian Iber

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Herausgeber unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



1 Hintergrund

Das Monitoring zum Klimawandel in Süddeutschland ist ein wichtiger Projektbereich des Vorhabens KLIWA mit dem die Thematik „Klimawandel und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ bearbeitet wird. Damit ist ein langfristig angelegtes, einheitliches Vorgehen beabsichtigt, durch das verschiedene relevante meteorologische und hydrologische Kenngrößen in ihrer zeitlichen Entwicklung erfasst und in regelmäßigen Abständen zeitnah ausgewertet werden sollen, um die Auswirkungen des Klimawandels zu verfolgen.

Basisauswertungen zu den Messgrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Abfluss wurden in den ersten Jahren des Vorhabens KLIWA durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in der Reihe „KLIWA-Berichte“ veröffentlicht, sie dienen als Referenz für die vergleichende Bewertung der fortschreitenden Entwicklung. Zunächst konnten nur die Messzeitreihen bis spätestens 2000 berücksichtigt werden. Die Ergebnisse unter Berücksichtigung einer Verlängerung der Messreihen bis 2005 wurden in einem ersten Monitoringbericht dargestellt [KLIWA 2008], der im Jahr 2011 für den Zeitraum 1931–2010 [KLIWA 2011] sowie im Jahr 2016 für den Zeitraum 1931–2015 fortgeschrieben wurde [KLIWA 2016].

Die aktuell vorliegenden Ergebnisse der weiteren Verlängerung der Messreihen bis 2020 sind im vierten Monitoringbericht 2021 [KLIWA 2021] zusammengefasst worden.

Im Monitoringbericht 2021 wurden bereits die folgenden Kernaussagen zur Klimaentwicklung in Süddeutschland, basierend auf der Annahme eines linearen Trends in der jeweils betrachteten Zeitreihe, für die Lufttemperatur getroffen:

- Im Zeitraum 2016 bis 2020 zeigt sich für die Lufttemperatur weiter eine vermehrte Anzahl an überdurchschnittlich warmen Jahren, inklusive Hitzeperioden und extrem hohen Temperaturen. Die Jahre 2018 bis 2020 gehören zu den wärmsten gemessenen Jahren bundesweit und im erweiterten KLIWA-Gebiet seit Beginn flächendeckender Messungen in 1881.
- In den Jahren 2016 bis 2020 hat sich der Anstieg der Lufttemperatur im Jahresmittel in Süddeutschland weiter fortgesetzt. Für den Zeitraum 1931 bis 2020 ist eine Zunahme des Gesamttrends über 90 Jahre auf +1,4 bis +1,8 °C sowie eine Verstärkung der Trendsignifikanz festzustellen.
- In den fünf Jahren 2016 bis 2020 ist eine deutliche Zunahme der Durchschnittstemperaturen von im Mittel 0,3 °C gegenüber den Jahren 2011 bis 2015 zu verzeichnen.
- Im Vergleich zwischen Winter- und Sommerhalbjahr setzt sich das schon in den letzten Monitoringberichten beschriebene Verhalten weiter fort: Die Erwärmungszunahme fällt in den letzten ca. 20 Jahren im Sommer stärker aus als im Winterhalbjahr. Dennoch ist der Gesamttrend seit 1931 (Beginn der Auswertung) im Winterhalbjahr bisher immer noch stärker ausgeprägt als im Sommerhalbjahr (Winterhalbjahr: +1,6 bis +2,1 °C/90 Jahre; Sommerhalbjahr: +1,1 bis +1,6 °C/90 Jahre).
- Für den Zeitreihenvergleich 1951 bis 2020 gegenüber 1931 bis 2000 ergibt sich in allen KLIWA-Regionen eine weitere Verstärkung des bisher schon positiven Trends, sowohl für das Gesamtjahr als auch die hydrologischen Halbjahre. Ebenso zeigt sich eine generelle Zunahme der Signifikanz der Trends bis zum Jahr 2020 in allen Regionen zu hochsignifikanten Trends.

Für die Erstellung des Berichts von 2021 sind zunächst umfangreiche Auswertungen für die Lufttemperatur für die einzelnen KLIWA-Regionen (vgl. Abb. 1) durch den KLIWA-Partner

DWD durchgeführt worden, die im Monitoringbericht selbst nicht oder nur in stark zusammengefasster Form dargestellt werden konnten. Diese sollen hier in Ergänzung zu dem Monitoringbericht 2021 nachfolgend verfügbar gemacht werden. Auf eine weitere Diskussion der Untersuchungsergebnisse wird allerdings verzichtet.

Analog zur Lufttemperatur werden auch zusätzliche Auswertungen weiterer Kenngrößen bereitgestellt. Die KLIWA-Berichte, die Monitoringberichte sowie dazu ergänzende zusätzliche Auswertungen sind auf der KLIWA-Internetseite www.kliwa.de verfügbar.



2 Methodisches Vorgehen

Grundlage des Klimamonitorings im Vorhaben KLIWA ist eine regelmäßige Fortschreibung der Zeitreihenanalysen ausgewählter Kenngrößen mit hoher Datenqualität. Die Auswertungen sollen zeitnah zeigen, wie sich die Trends in den Messzeitreihen als mögliche Klimaänderungssignale entwickelt haben. Damit liegt gleichzeitig auch eine bestmögliche Datenbasis vor, um die Ergebnisse von Klimaszenarienrechnungen im Vergleich mit den gemessenen Klimagrößen besser beurteilen zu können. Dies stellt eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Herleitung von wasserwirtschaftlichen Handlungsempfehlungen dar.

Für die Auswertung und Darstellung der Untersuchungsergebnisse zur Lufttemperatur waren folgende Aspekte wesentlich:

Für die Lufttemperatur ist es sinnvoll, schwerpunktmäßig die aus Messstationen abgeleiteten Gebietswerte zu betrachten, die Änderungen sind dabei flächendeckend weitgehend ähnlich. Für die Auswertung und Darstellung der Gebietsmittelwerte wurden daher die 15 KLIWA-Regionen gewählt, die nach den verschiedenen Flussgebieten Süddeutschlands festgelegt wurden und bisher Grundlage verschiedener Datenanalysen waren (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Mit der aktuellen Fortschreibung sind zu den Auswertungen die assoziierten Bundesländer Hessen und Saarland hinzugekommen. Es ist dabei zu beachten, dass sich in manchen Regionen und Untersuchungsgebieten die räumliche Ausdehnung aufgrund der Hinzunahme von Hessen und Saarland verändert haben. Die größten Veränderungen ergeben sich dabei im Mosel-Sieg-Gebiet. Außerdem gab es in der Aufteilung der Bodenseeregion eine Veränderung, um das Rhein- und Donaeinzugsgebiet zu trennen. Alle Auswertungen, auch die Aussagen für die früheren Zeiträume, beziehen sich auf die aktuell genutzte Gebietsaufteilung.

Die untersuchten Werte der Lufttemperatur stehen als Jahresserien zur Verfügung. Alle berücksichtigten Datenserien haben eine Zeitreihenlänge von 1931 bis 2020; für die hydrologischen Winterhalbjahre wurde deshalb die Periode 1932 bis 2020, für die hydrologischen Sommerhalbjahre die Periode 1931 bis 2020 ausgewertet.

Für die Untersuchungen wurden die bisherigen Methoden der Zeitreihenanalyse, d. h. die lineare Trendanalyse und die Bestimmung der Trendsignifikanz mit dem Testverfahren nach Mann-Kendall angewandt. Die statistische Signifikanz ermöglicht Aussagen, wie zuverlässig oder unsicher ein ermittelter Trend ist, also ob eine Änderung überwiegend zufällig durch die natürliche Variabilität der Werte hervorgerufen wird oder ob auch eine tatsächliche Veränderung (Trend) der jeweiligen Messgröße vorliegt, also signifikant ist. Für diese Veränderungen wird wegen der großen natürlichen Schwankungsbreite der Kennwerte jeweils der lineare Trend in der Zeitreihe herausgestellt. Zusätzlich ist teilweise das gleitende Mittel über 10 Jahre dargestellt, um die kurzfristigen Schwankungen aus der Zeitreihe zu nehmen. Dabei ist zu beachten, dass der Filter für das gleitende Mittel am Anfang und Ende der Zeitreihe mit weniger Jahren ausläuft. Die Trendgröße selbst wird als absoluter Wert angegeben.

Neben der Darstellung der Trendauswertungen der untersuchten Zeitreihen gemäß früherer Untersuchungen in KLIWA werden die Ergebnisse auch als Ringdiagramme dargestellt. Mit den Ringdiagrammen ist es möglich sich den Jahresgang in komprimierter Form anzuschauen. Sie sind als Ergänzung zu den Tabellen gedacht, da sie zur Übersichtlichkeit die Signifikanz nicht enthalten. Die Signifikanz ist aber bei der Interpretation zu berücksichtigen.



Untersuchungsgebiete:

Donau

- D1 Quelle bis Lauchert
- D2 Donau, uh. Lauchert bis oh. Iller
- D3 Iller
- D4 Donau, uh. Iller bis oh. Wörnitz u. Lech
- D5 Lech
- D6 Wörnitz, Altmühl u. Schw. Laber
- D7 Donau, uh. Lech bis oh. Naab
- D8 Naab
- D9 Regen
- D10 Donau, uh. Naab bis oh. Isar
- D11 Isar
- D12 Vils und Rott
- D13 Alz und Salzach
- D14 Inn
- D15 Donau, uh. Isar bis Grenze

Eder-Diemel

- W3 Eder
- W4 Diemel

Elbe

- E1 Sächs. Saale u. Eger

Fulda-Werra

- W1 Werra
- W2 Fulda mit Oberweser

Main

- M1 Main bis oh. Regnitz
- M2 Regnitz
- M3 Main, uh. Regnitz bis oh. Fränk. Saale
- M4 Fränkische Saale
- M5 Tauber
- M6 Main, uh. Fränk. Saale bis zur Landesgrenze BY-HE
- M7 Hessisches Maingebiet u. Rheingau

Lahn

- L1 Quelle bis zur Dillmündung
- L2 Lahn mit Dill bis zur Landesgrenze HE-RP
- L3 Lahn, Landesgrenze HE-RP bis zur Mündung

Mosel

- Mo1 Mosel rechtsseitig von der Grenze
- Mo2 Mosel linksseitig von der Grenze bis Kyll
- Mo3 Mosel von der Dhron bis zum Alfbach
- Mo4 Mosel bis zur Mündung

Neckar

- N1 Quelle bis oh. Fils
- N2 Neckar u. Fils bis oh. Kocher (ohne Enz)
- N3 Enz
- N4 Kocher
- N5 Jagst
- N6 Neckar, uh. Jagst bis Mündung

Rhein

- R1 Bodensee
- R2 Rhein, uh. Bodensee bis Wiese
- R3 Rhein, uh. Wiese bis oh. Kinzig
- R4 Rhein und Kinzig bis Murg
- R5 Rhein, uh. Murg bis oh. Neckar
- R6 Rhein u. Schwarzbach
- R7 Rhein, Isenach bis Nahe (ohne Selz)
- R8 Selz
- R9 Rhein und Nahe bis zur Lahn
- R10 Rhein rechtsseitig von Neckar bis Main
- R11 Ahr, Wied u. Nette
- R12 Sieg

Saar

- S1 Saar, Grenze bis zur Landesgrenze SL-RP

Abb. 2: Aufzählung und genaue Beschreibung der 53 KLIWA-Untersuchungsgebiete und der 15 KLIWA-Regionen.

3 Datenbasis und Regionalisierung

Durch Verlängerung der Untersuchungsperiode bis einschließlich 2020 wird die weitere Trendentwicklung der Lufttemperaturen im süddeutschen Untersuchungsraum bewertet. Von großem Interesse ist beispielsweise, ob und in welchem Maße sich der globale Erwärmungstrend auch in Süddeutschland fortgesetzt hat [IPCC 2021].

Als Datengrundlage der Langzeituntersuchung dienen die Stationszeitreihen der täglichen Lufttemperatur von bis zu 200, über das Untersuchungsgebiet Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz verteilten Stationen des DWD-Messnetzes, deren Zeitreihen als ausreichend homogen und lang angesehen werden. Aufgrund des hohen Aufwandes des anfangs in KLIWA verwendeten Verfahrens zur Regionalisierung der Lufttemperatur aus Tagesdaten [KLIWA Heft 5, KLIWA 2008] wird seit dem zweiten Monitoringbericht 2011 auf die routinemäßig erstellten Monatsrasterdaten der nationalen Klimaüberwachung im DWD zur Ermittlung der halbjährlichen und jährlichen Mittelwerte der Lufttemperaturen für die Trendanalysen zurückgegriffen. Vergleiche der beiden Auswertungen bis 2005 haben gezeigt, dass alle Aussagen der vorherigen Auswertungen auch mit der neuen Datenbasis unverändert erhalten bleiben. Eine Beschreibung des Verfahrens zur Regionalisierung der Temperaturmessdaten ist in Müller-Westermeier, G. [1995] und Maier, U. & Müller-Westermeier, G. [2010] zu finden.

Die Ausgangsbasis bilden die Messnetze des Deutschen Wetterdienstes. Neben dem hauptamtlichen Messnetz, das im Wesentlichen der aktuellen Wettervorhersage dient, für flächenhafte klimatologische Untersuchungen aber meist zu dünn ist, wird ein nebenamtliches klimatologisches Messnetz betrieben. Einen Überblick über die Anzahl der eingehenden Stationen für verschiedene Zeitpunkte für die Lufttemperatur ist in Tabelle 1 zu finden. Zusätzlich findet eine Unterscheidung zwischen Gesamtdeutschland und aktuellem KLIWA-Gebiet statt. Es fällt generell auf, dass die verfügbare Stationszahl in den Jahren 1931 bis 1950 deutlich geringer als in den nachfolgenden Jahren ist.

Tab. 1: Übersicht zur Anzahl der verwendeten Stationen zur Regionalisierung. Der * bedeutet, dass die Anzahl stark schwankt.

Jahr	Stationsanzahl für die Lufttemperatur
1931 – 1950	<350* (Deutschland) <190* (RLP+BW+BY+HE+SL)
um 1991 (max. Anzahl)	~600 (Deutschland) ~270 (RLP+BW+BY+HE+SL)
Stand 2020	~500 (Deutschland) ~260 (RLP+BW+BY+HE+SL)

Um verlässliche Aussagen über die statistischen Kenngrößen der klimatischen Parameter machen zu können, sind homogene, d.h. ungestörte, nur vom Klima beeinflusste Messreihen notwendig. Da die Messreihen, insbesondere bei den nebenamtlichen Stationen, relativ häufig durch Veränderungen in der Umgebung der Stationen sowie durch Stationsverlegungen gestört sind, ist vor der Nutzung der Daten eine Homogenitätsprüfung und ggf. Homogenisierung oder eine Reduktion homogener Teilzeitreihen auf den Referenzzeitraum erforderlich. Um zwischen den Stationen sinnvoll interpolieren zu können, ist eine signifikante räumliche Korrelation zwischen den Stationen notwendig. Bei den in Deutschland vorhandenen Netzdichten ist diese in der Regel gegeben.



4 Ergebnisse zur Lufttemperatur in Kartenform

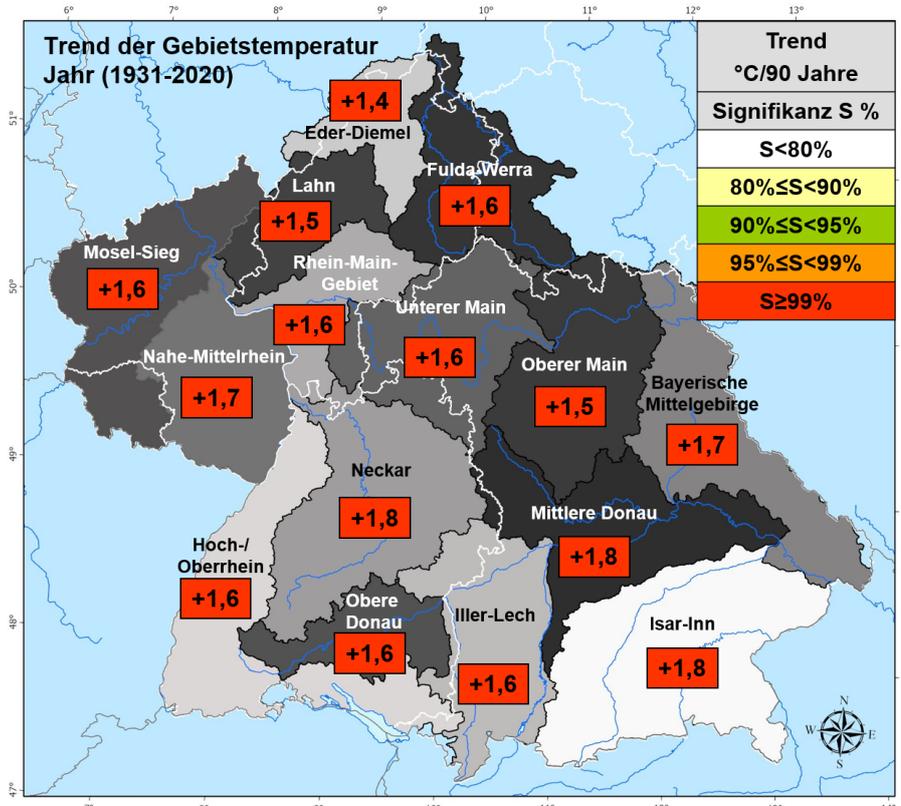


Abb. 3: Entwicklung der mittleren Lufttemperatur im Jahr/Trends mit Signifikanz für den Zeitraum 1931 bis 2020 (Trend in °C/90 Jahre)

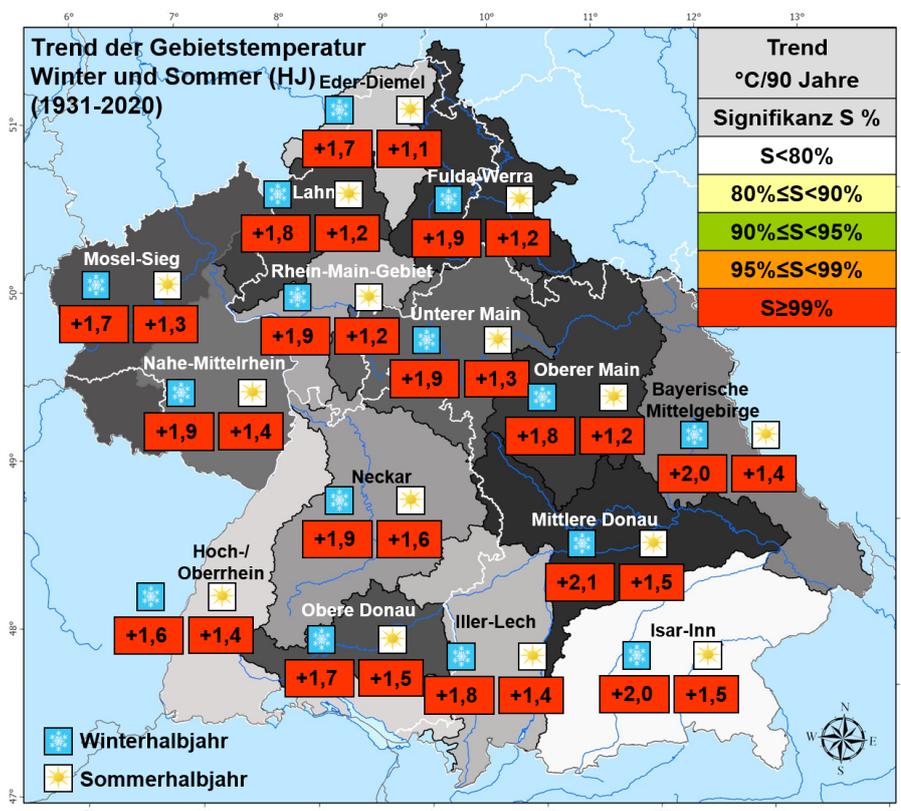


Abb. 4: Entwicklung der mittleren Lufttemperatur in den hydrologischen Halbjahren, Trend in °C/90 Jahre im Zeitraum 1931–2020.

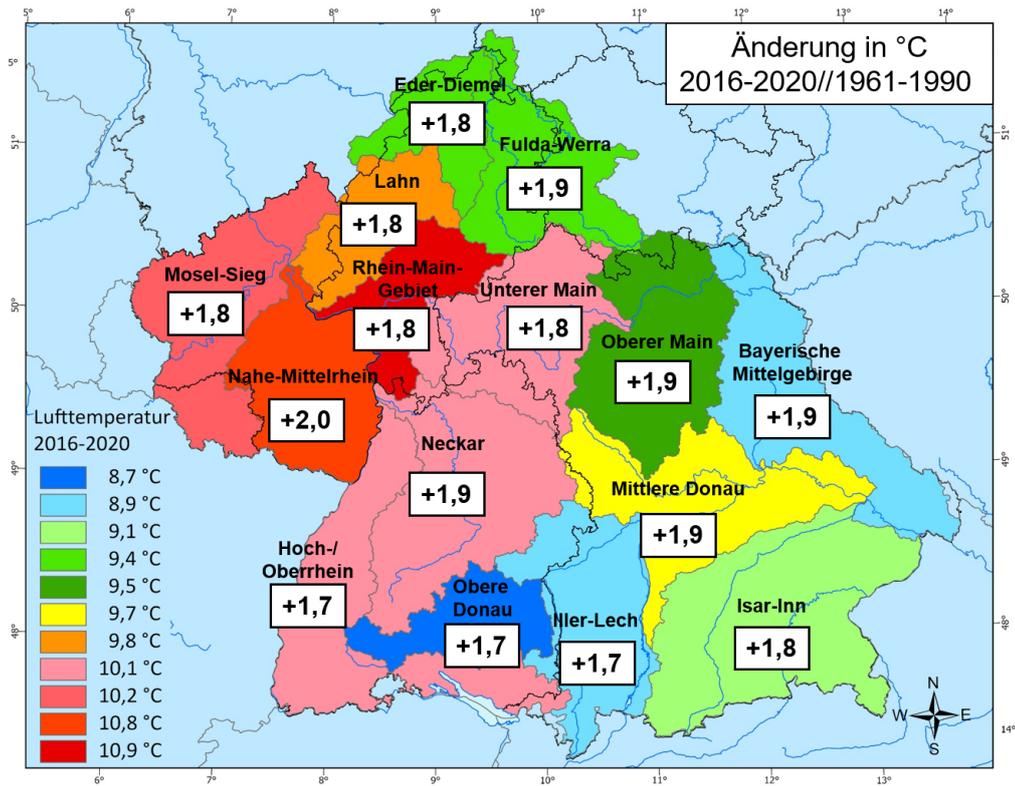


Abb. 5: Mittlere Lufttemperatur in °C im Zeitraum 2016-2020 (farbig) und die Abweichung vom Mittelwert 1961-1990 (Zahlen) für die KLIWA-Regionen.



5 Tabellarische Ergebnisse zur Lufttemperatur

Tab. 2: Trends der Lufttemperatur: Monats-, Halbjahres- und Jahreswerte in °C/90 Jahre in den KLIWA-Regionen; Mittelwerte über die Gebiete und den Zeitraum 1931 bis 2020. Die Signifikanzniveaus sind durch unterschiedliche Hintergrundfarben dargestellt.

Region	m ü. NN	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	WHJ	SHJ	Jahr
Rhein-Main-Region	211	2,5	2,0	1,7	1,6	1,1	1,2	1,7	1,9	0,4	1,4	1,2	2,7	1,9	1,3	1,6
Nahe-Mittelrhein	281	2,4	2,1	1,8	1,7	1,2	1,4	1,9	2,0	0,6	1,6	1,3	2,8	1,9	1,4	1,7
Unterer Main	318	2,6	2,0	1,8	1,5	1,1	1,2	1,6	1,9	0,4	1,4	1,1	2,6	1,9	1,3	1,6
Lahn	318	2,3	1,9	1,6	1,6	1,0	1,0	1,6	1,7	0,4	1,3	1,1	2,4	1,8	1,2	1,5
Mosel-Sieg	344	2,2	1,9	1,6	1,7	1,2	1,2	1,8	1,8	0,4	1,5	1,2	2,4	1,7	1,3	1,6
Eder-Diemel	354	2,3	1,9	1,6	1,6	1,0	0,9	1,4	1,6	0,3	1,3	1,1	2,3	1,7	1,1	1,4
Fulda-Werra	372	2,5	2,1	1,8	1,6	1,1	1,0	1,5	1,9	0,3	1,3	1,2	2,5	1,9	1,2	1,6
Oberer Main	405	2,6	1,9	1,6	1,5	1,1	1,2	1,5	1,8	0,2	1,2	1,1	2,5	1,8	1,2	1,5
Neckar	427	2,5	1,9	1,8	1,7	1,4	1,7	2,0	2,3	0,6	1,7	1,2	2,8	1,9	1,6	1,8
Mittlere Donau	453	2,9	2,2	2,0	1,8	1,5	1,6	1,8	2,2	0,4	1,5	1,2	2,8	2,1	1,5	1,8
Hoch-u. Oberrhein	474	2,3	1,8	1,5	1,3	1,2	1,5	1,7	1,8	0,2	1,6	1,0	2,5	1,6	1,4	1,6
Bayer. Mittelgebirge	529	2,8	2,2	1,9	1,9	1,4	1,5	1,7	2,1	0,3	1,3	1,3	2,5	2,0	1,4	1,7
Isar-Inn	605	2,7	2,2	2,0	1,8	1,5	1,7	1,7	2,1	0,2	1,6	1,0	2,5	2,0	1,5	1,8
Iller-Lech	655	2,5	1,8	1,8	1,5	1,4	1,6	1,7	2,0	0,2	1,6	1,0	2,6	1,8	1,4	1,6
Obere Donau	694	2,4	1,7	1,8	1,5	1,4	1,7	1,7	2,0	0,3	1,6	1,0	2,5	1,7	1,5	1,6

Signifikanz	S < 80 %	80 % ≤ S < 90 %	90 % ≤ S < 95 %	95 % ≤ S < 99 %	95 % ≤ S < 99,9 %	S ≥ 99,9 %
-------------	----------	-----------------	-----------------	-----------------	-------------------	------------

Tab. 3: Monats-, Halbjahres- und Jahreswerte der Lufttemperatur in °C in den Regionen, Mittelwerte über die Gebiete und den Zeitraum 1931 bis 2020.

Region	m ü. NN	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	WHJ	SHJ	Jahr
Rhein-Main-Region	211	0,6	1,5	5,2	9,3	13,6	16,8	18,5	18	14,3	9,5	4,9	1,6	3,9	15,1	9,5
Nahe-Mittelrhein	281	-0,1	0,7	4,1	8,0	12,3	15,5	17,2	16,7	13,2	8,7	4,2	1,0	3,0	13,9	8,5
Unterer Main	318	0,6	1,5	5,0	9,0	13,2	16,4	18,2	17,6	14,1	9,4	4,8	1,6	3,8	14,8	9,3
Lahn	318	-0,8	-0,1	3,3	7,4	11,9	15,1	16,8	16,3	12,8	8,3	3,7	0,4	2,3	13,5	7,9
Mosel-Sieg	344	-0,4	0,2	3,5	7,4	11,7	14,9	16,6	16,2	12,8	8,4	3,9	0,8	2,6	13,4	8,0
Eder-Diemel	354	0,5	1,2	4,5	8,2	12,4	15,5	17,3	16,8	13,5	9,1	4,5	1,5	3,4	14,1	8,8
Fulda-Werra	372	-0,3	0,6	4,2	8,5	12,8	16,1	17,8	17,3	13,6	8,8	4,1	0,8	3,0	14,4	8,7
Oberer Main	405	-1,2	-0,2	3,5	7,8	12,4	15,7	17,4	16,8	13,1	8,3	3,4	0,0	2,2	14	8,1
Neckar	427	-1,5	-0,3	3,6	8,1	12,7	15,9	17,6	17,1	13,3	8,3	3,3	-0,2	2,2	14,1	8,1
Mittlere Donau	453	-1,8	-0,7	3,2	7,5	12,0	15,3	17,0	16,5	13,0	8,1	3,0	-0,6	1,8	13,7	7,7
Hoch- u. Oberrhein	474	-1,5	-0,6	2,9	6,9	11,3	14,6	16,4	15,8	12,4	7,8	2,9	-0,5	1,7	13,1	7,4
Bayer. Mittelgebirge	529	-2,3	-1,2	2,6	7,2	11,9	15,2	16,8	16,2	12,6	7,6	2,6	-1,0	1,3	13,4	7,3
Isar-Inn	605	-1,6	-0,6	3,1	7,2	11,6	14,9	16,8	16,2	12,7	8,0	3	-0,5	1,8	13,4	7,6
Iller-Lech	655	-0,2	0,8	4,3	8,3	12,6	15,9	17,7	17,1	13,6	8,9	4,1	0,8	3,0	14,3	8,7
Obere Donau	694	-0,1	0,9	4,4	8,3	12,6	15,9	17,8	17,2	13,7	9,0	4,2	0,9	3,1	14,4	8,7

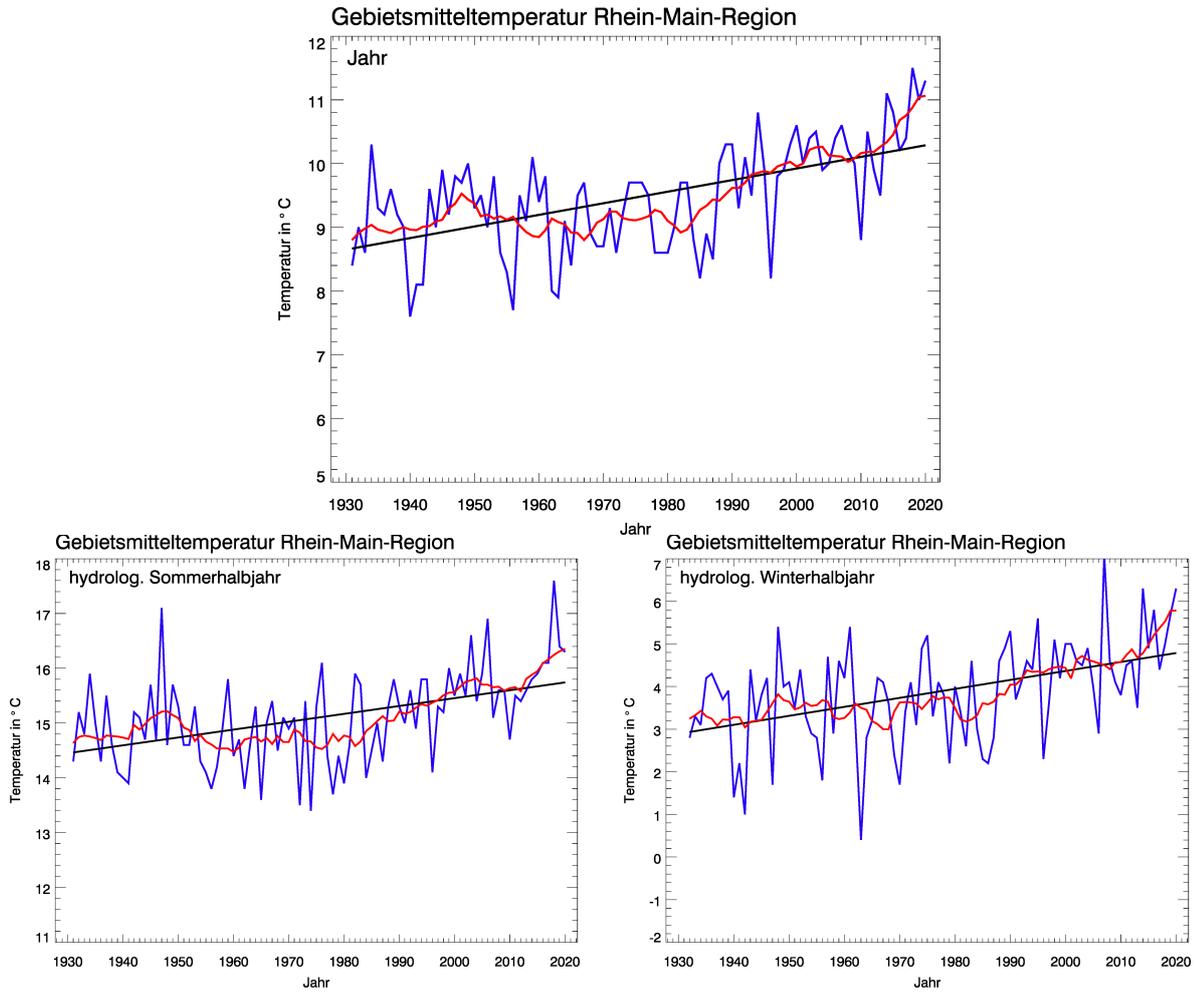
6 Untersuchungsergebnisse der KLIWA-Regionen

Die Ergebnisse zur Lufttemperatur wurden für alle KLIWA-Regionen ausgewertet. In Abbildung 1 wird eine Übersicht über die Regionen gegeben.

Jede der folgenden Seiten zeigt in einem Überblick die Ergebnisse für eine der Regionen. Dabei werden im oberen Teil der Seite die Zeitreihe für das Jahresmittel sowie die Halbjahresmittel für den Zeitraum 1931 bis 2020 dargestellt sowie der lineare Trend über den gesamten Zeitraum und ein gleitendes Mittel (vgl. Kapitel 2). Im unteren Teil sind Ringdiagramme abgebildet, welche je nach betrachtetem Ring den linearen Trend im gesamten Zeitraum 1931 bis 2020 für das Jahr (Mitte), die hydrologischen Halbjahre (2. Ring von der Mitte), die meteorologischen Quartale (3. Ring von der Mitte) und die Monate (Äußerer Ring) angeben. Der ermittelte lineare Trend wird für die Lufttemperatur absolut in °C für 90 Jahre angegeben.



KLIWA-Region: Rhein-Main-Region



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

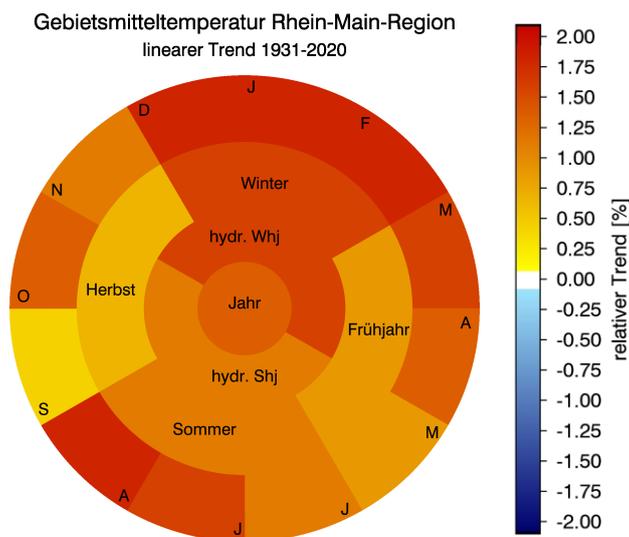
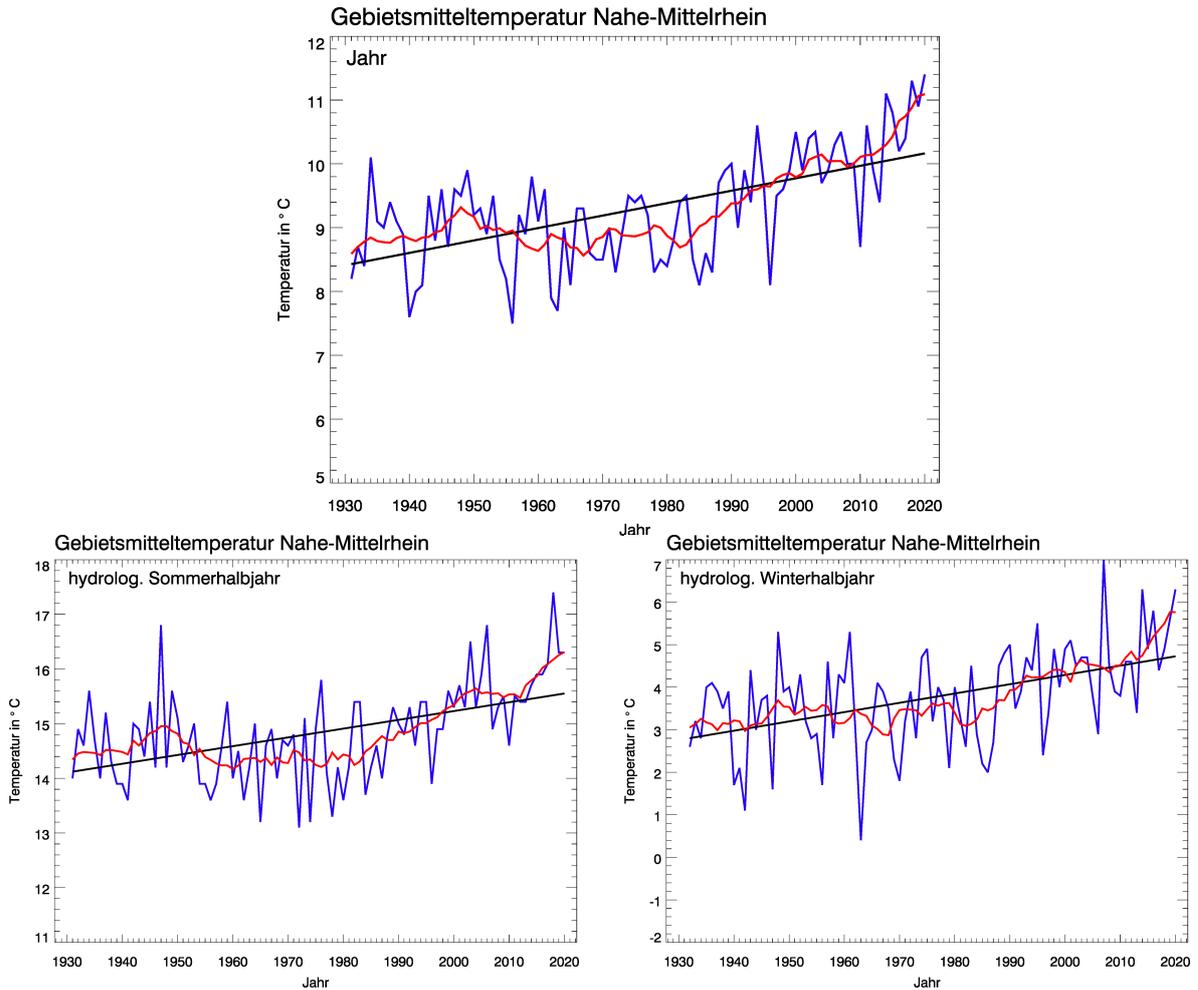


Abb. 6: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Rhein-Main-Region, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

KLIWA-Region: Nahe-Mittelrhein


— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

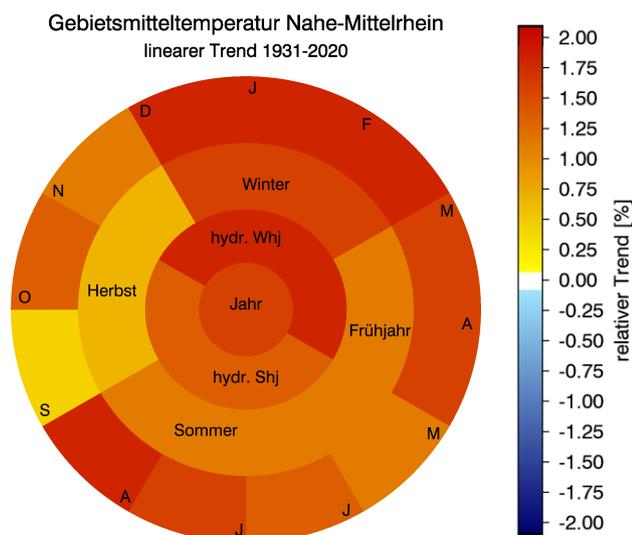
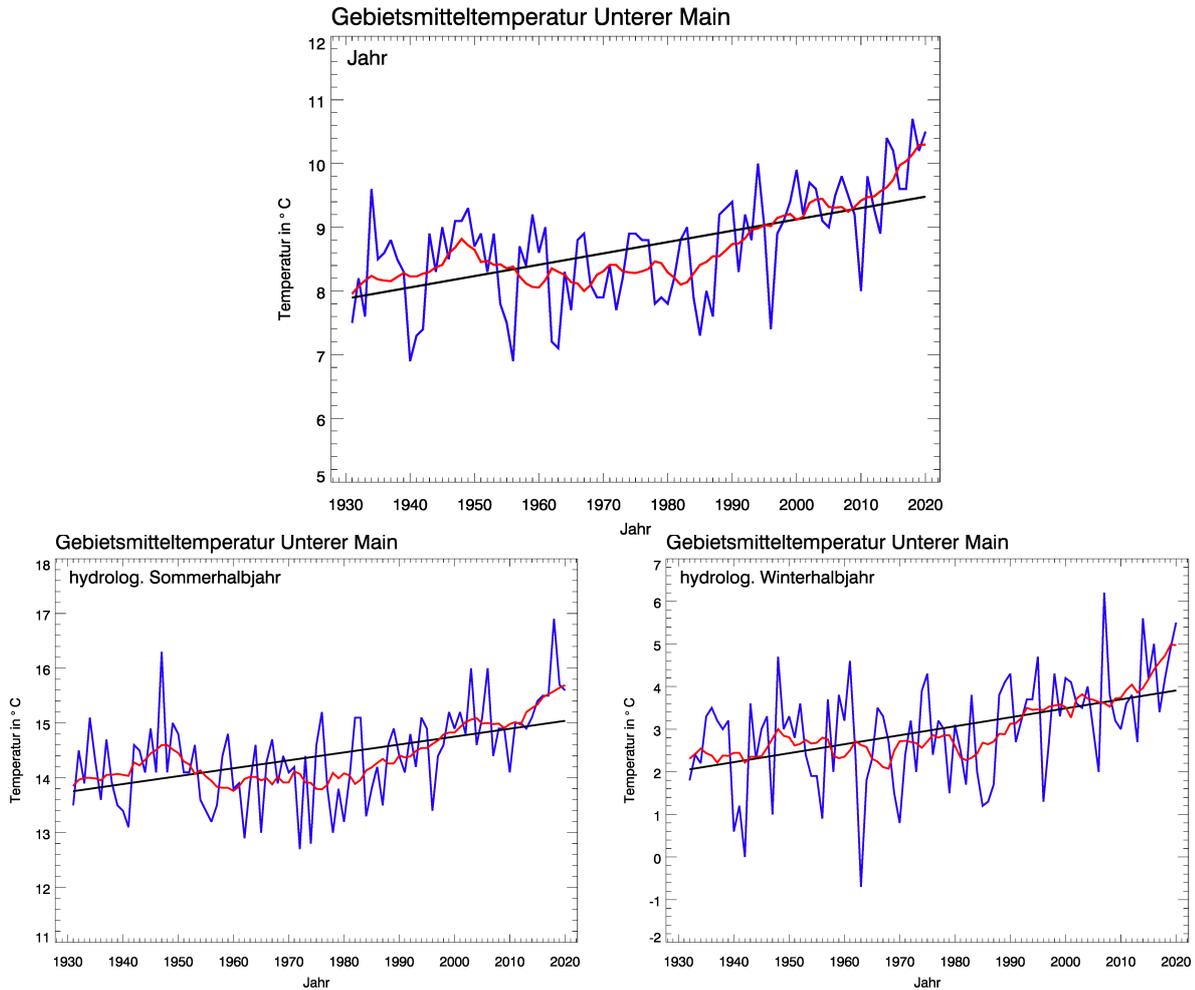


Abb. 7: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Nahe-Mittelrhein, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Unterer Main



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

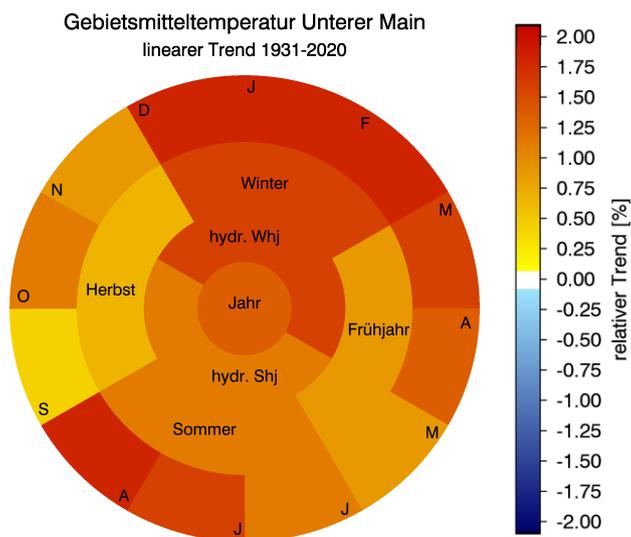
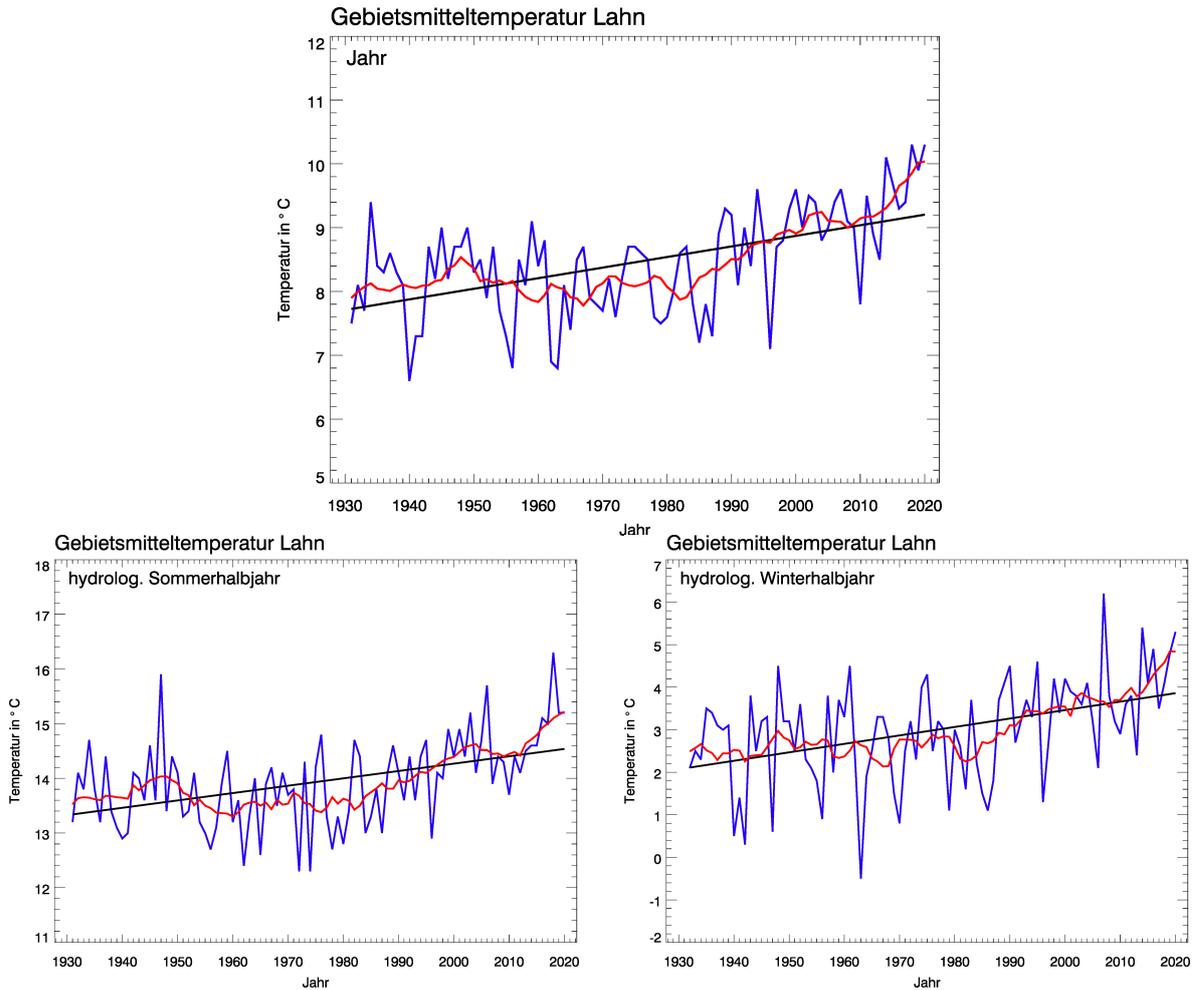


Abb. 8: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Unterer Main, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

KLIWA-Region: Lahn


— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

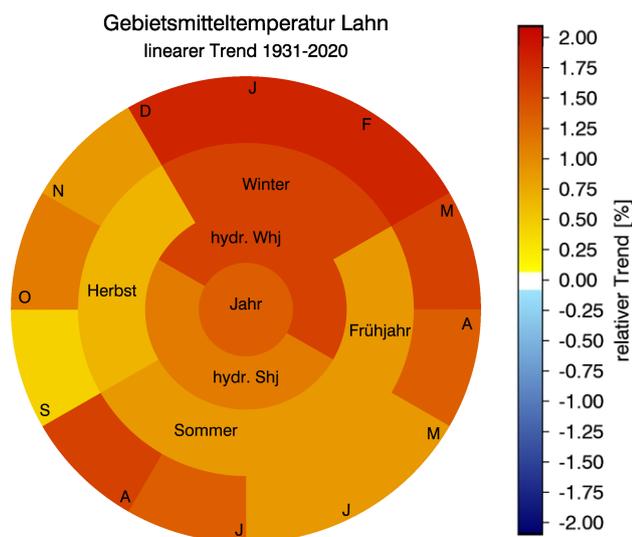
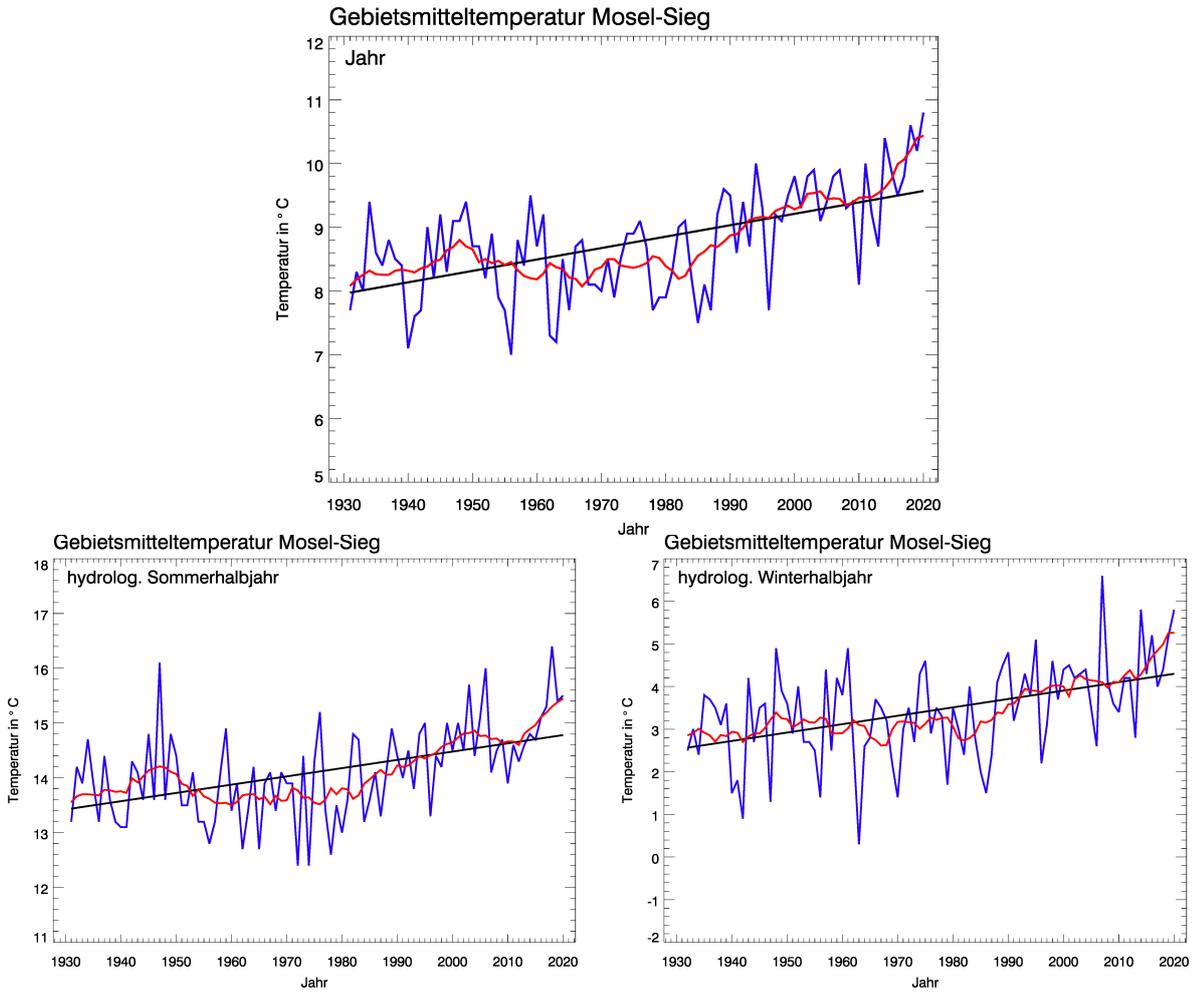


Abb. 9: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Lahn, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Mosel-Sieg



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

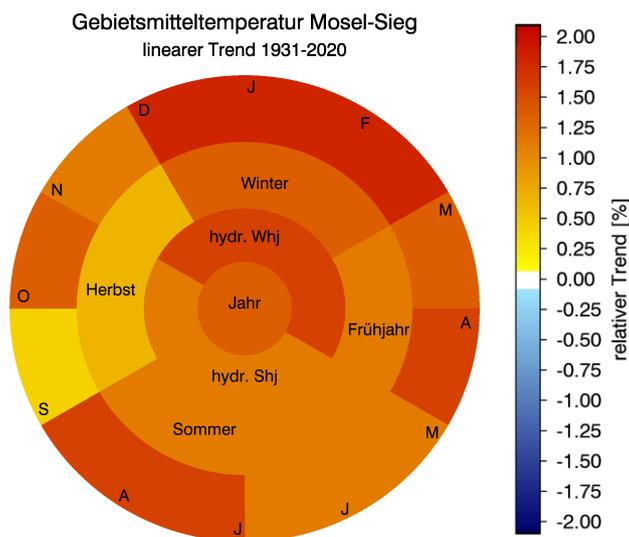


Abb. 10: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region : Mosel-Sieg, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

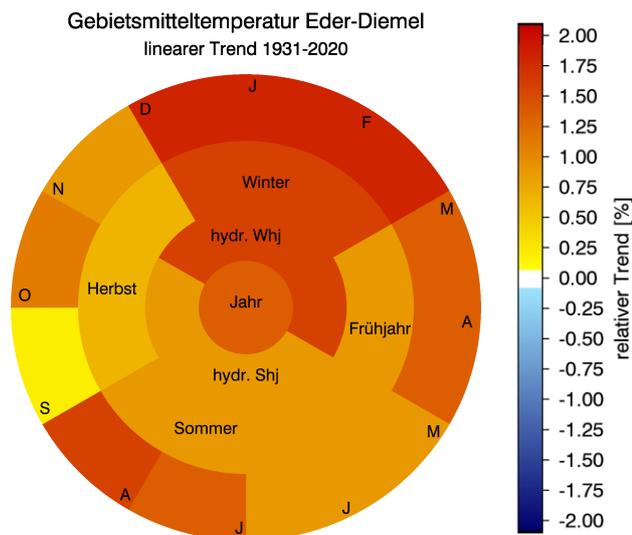
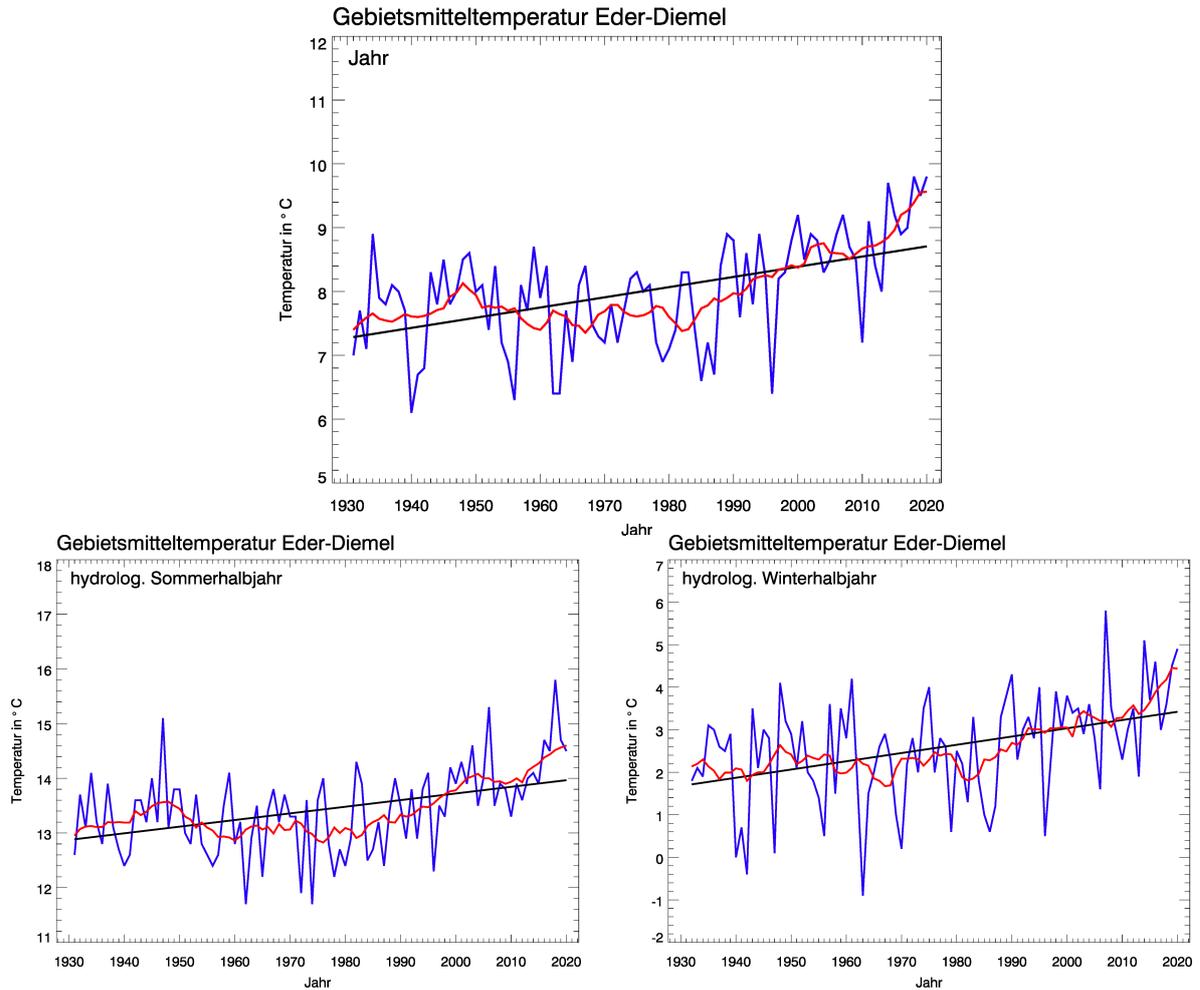
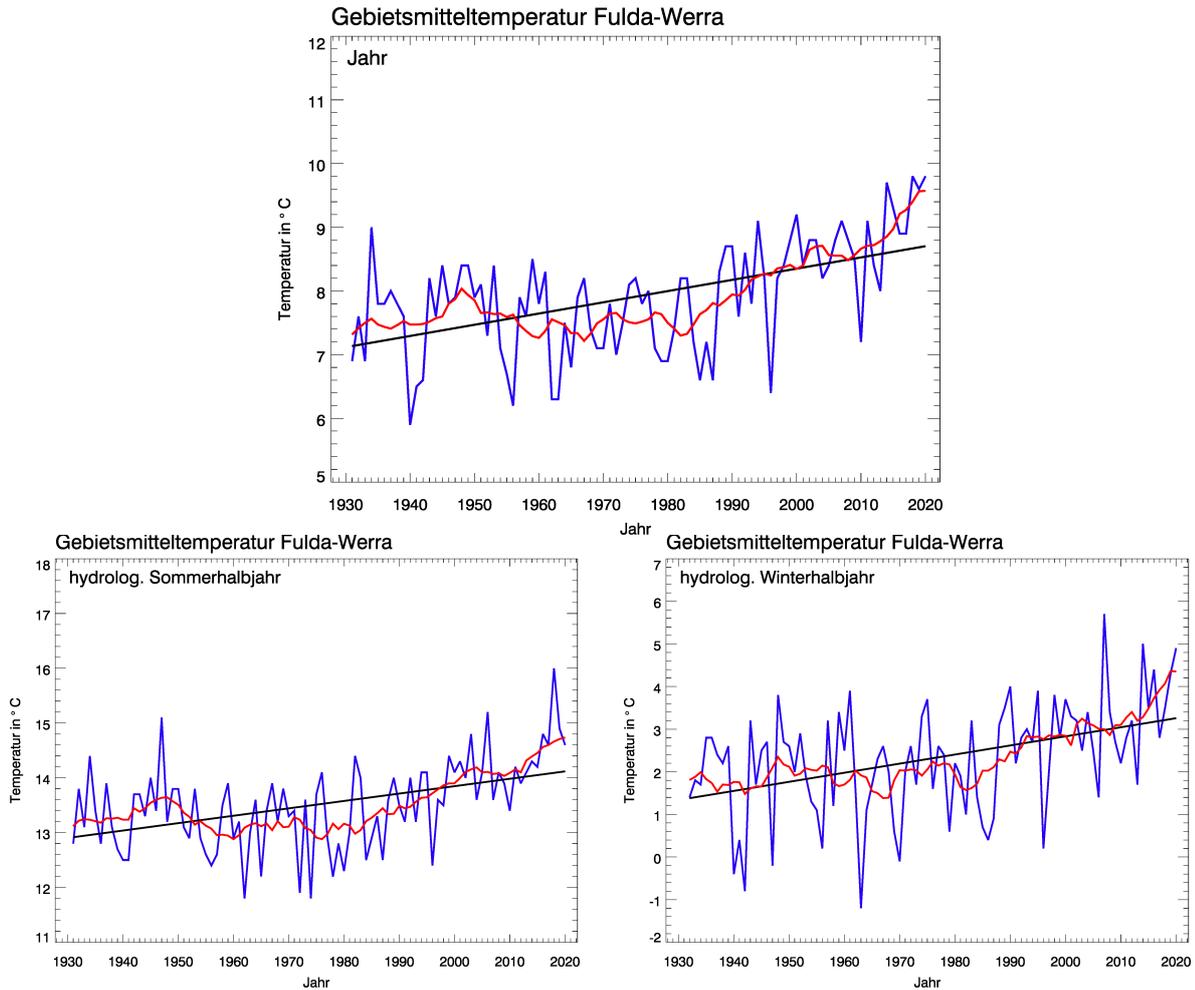
KLIWA-Region: Eder-Diemel


Abb. 11: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Eder-Diemel, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Fulda-Werra



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

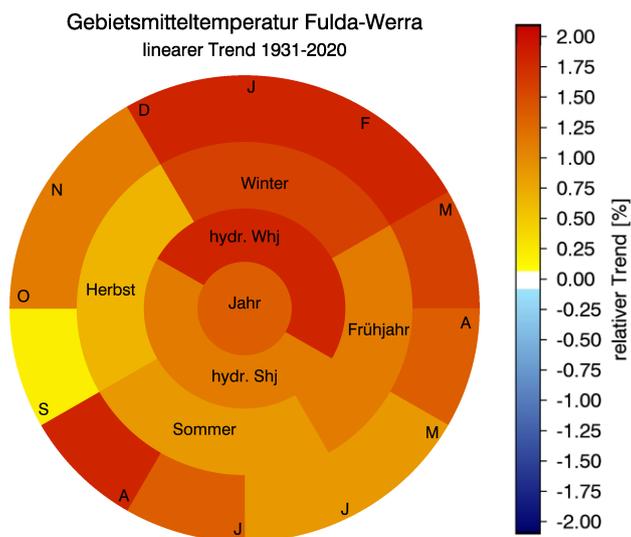
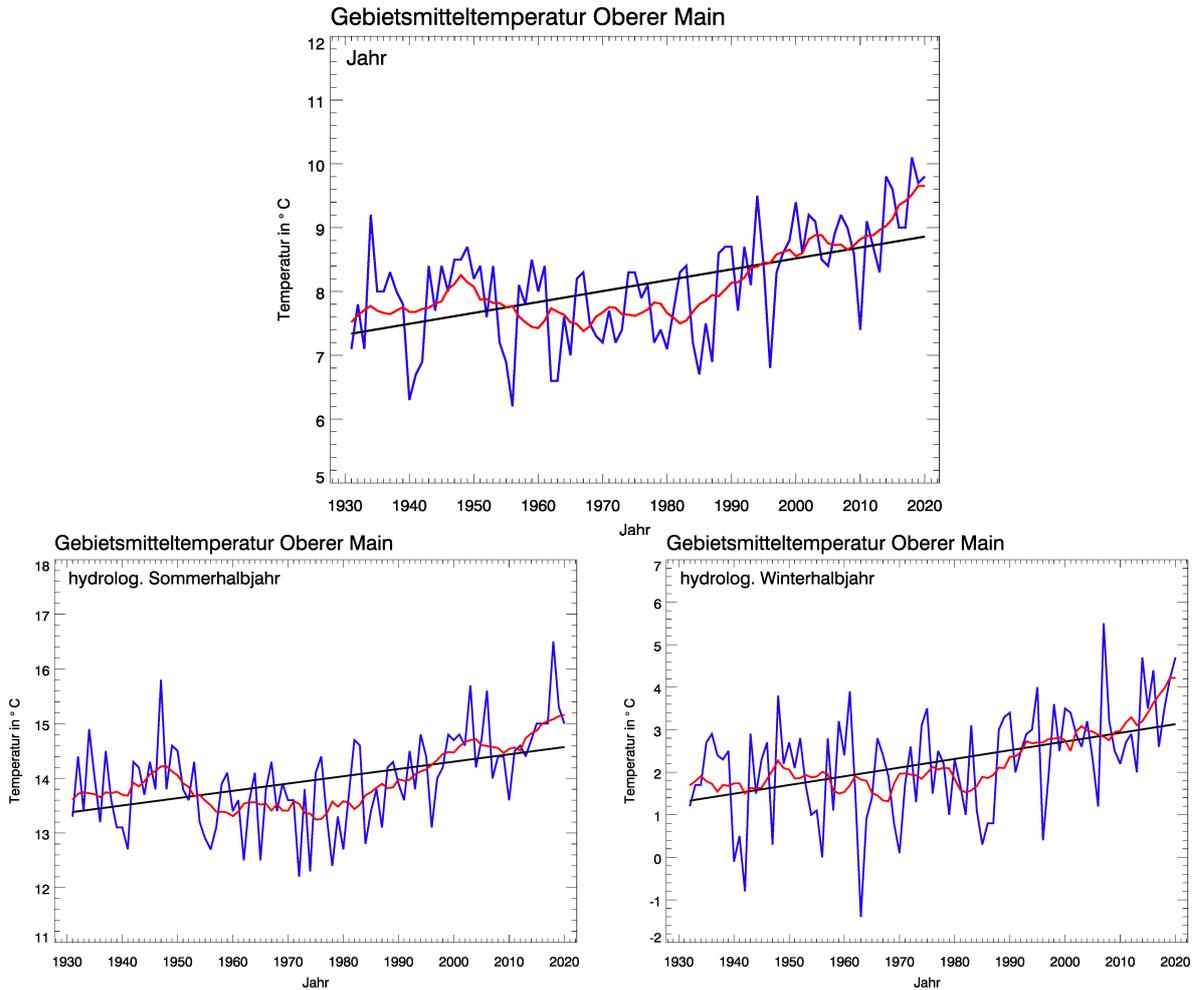


Abb. 12: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Fulda-Werra, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

KLIWA-Region: Oberer Main



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

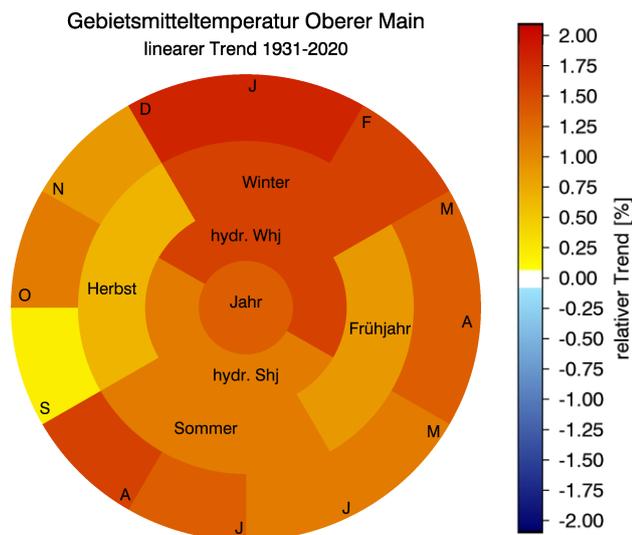
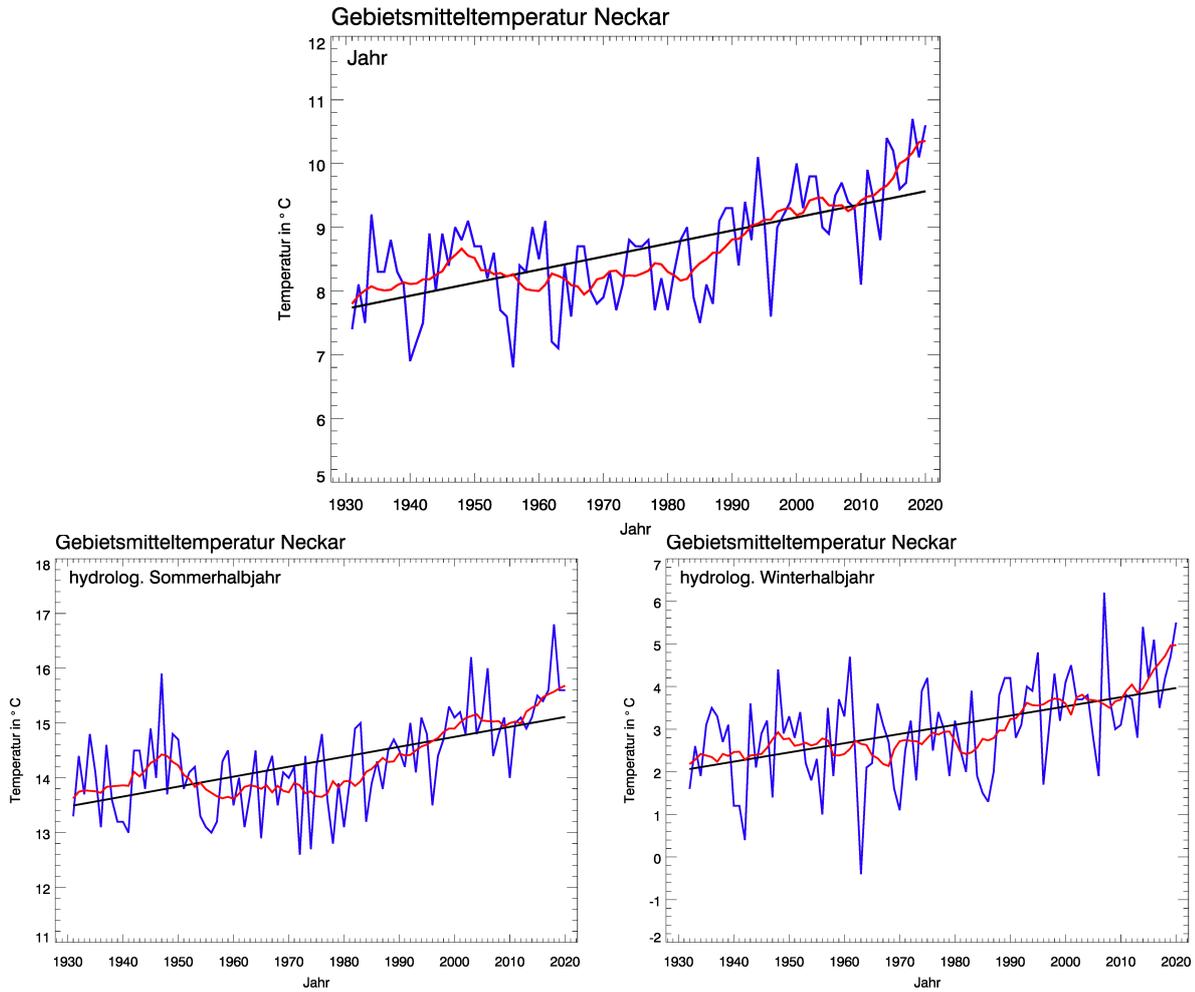


Abb. 13: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Oberer Main, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Neckar



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

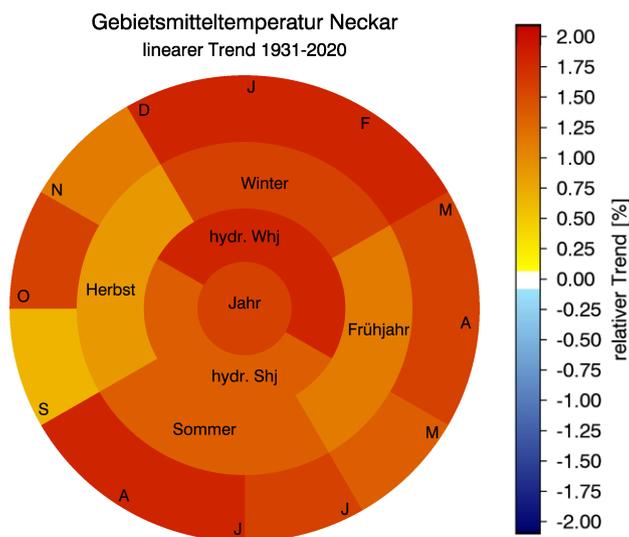
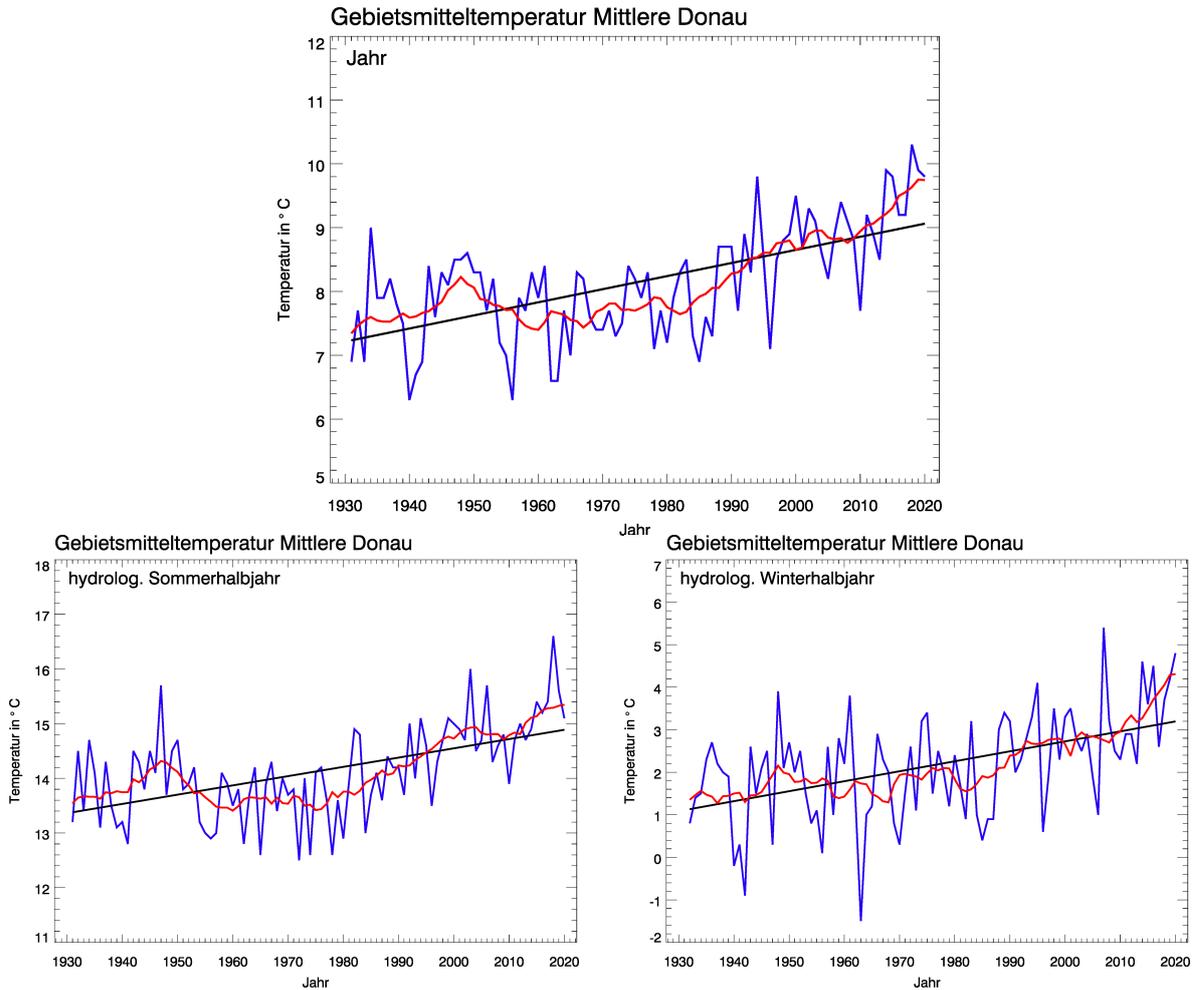


Abb. 14: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Neckar, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

KLIWA-Region: Mittlere Donau


— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

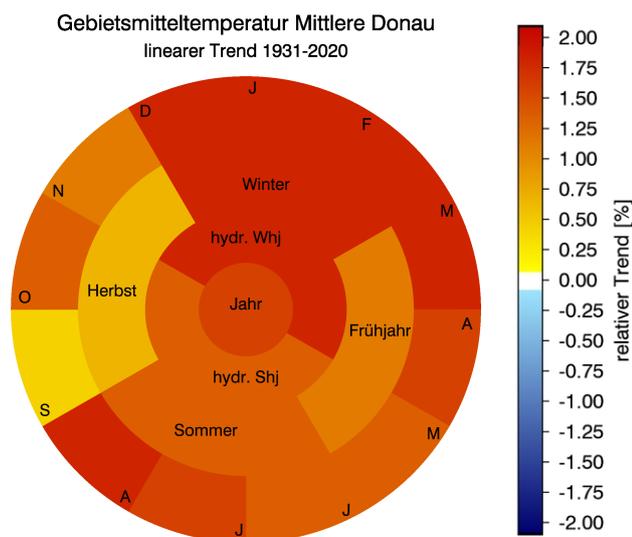
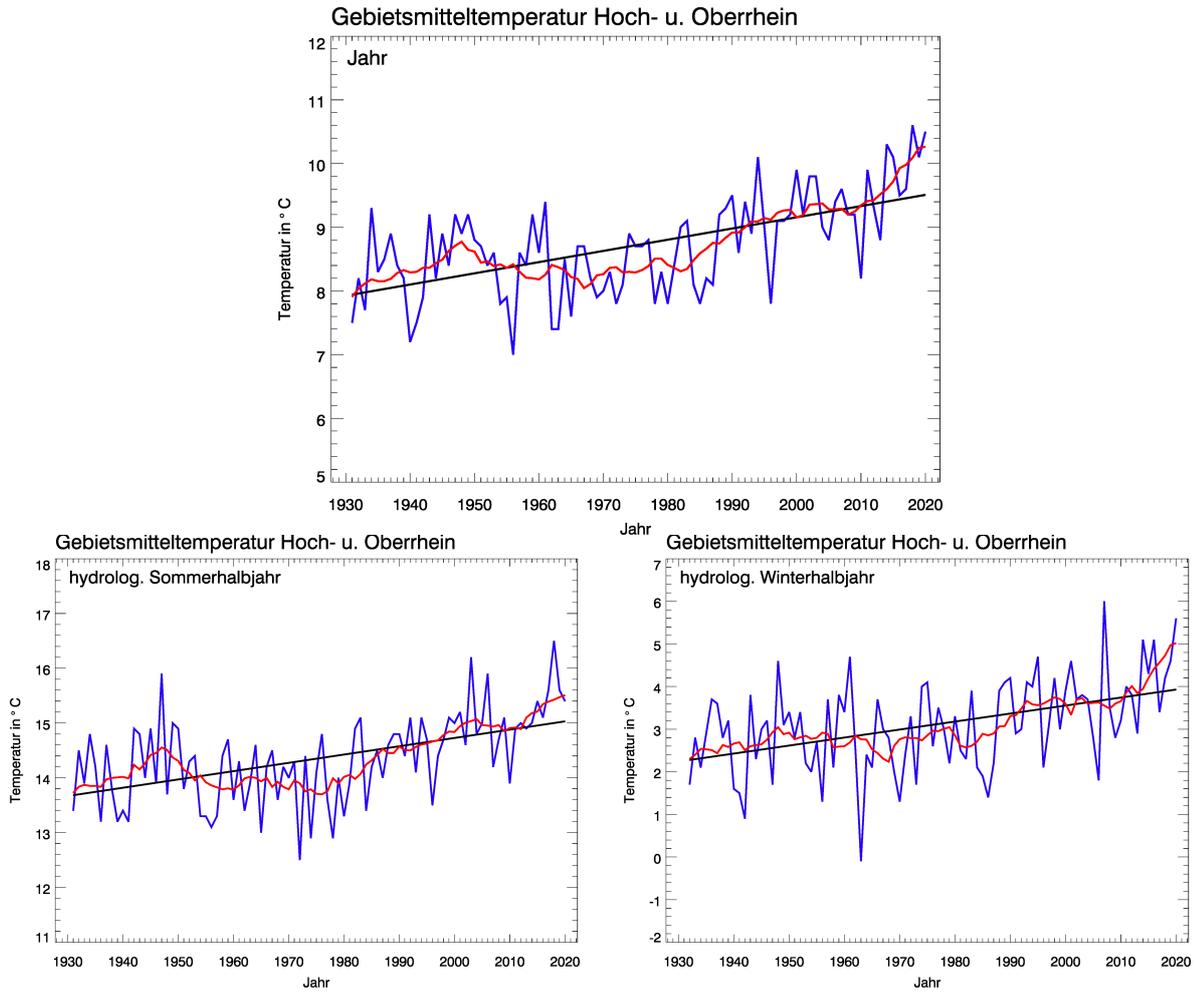


Abb. 15: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Mittlere Donau, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Hoch- und Oberrhein



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

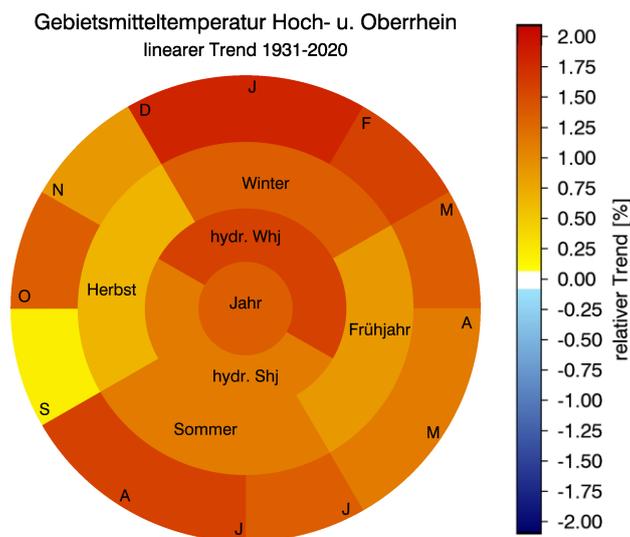


Abb. 16: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Hoch- und Oberrhein, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

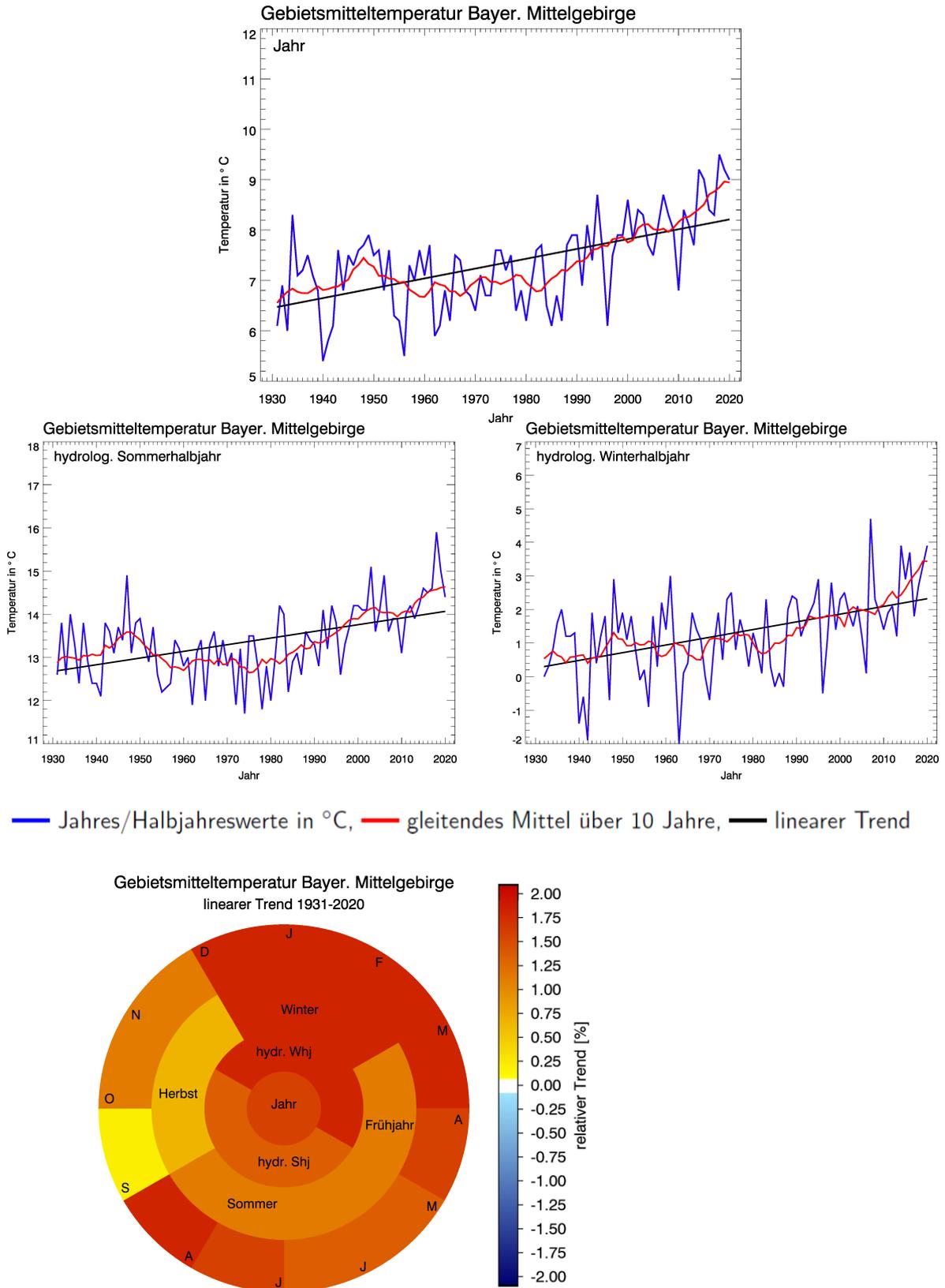
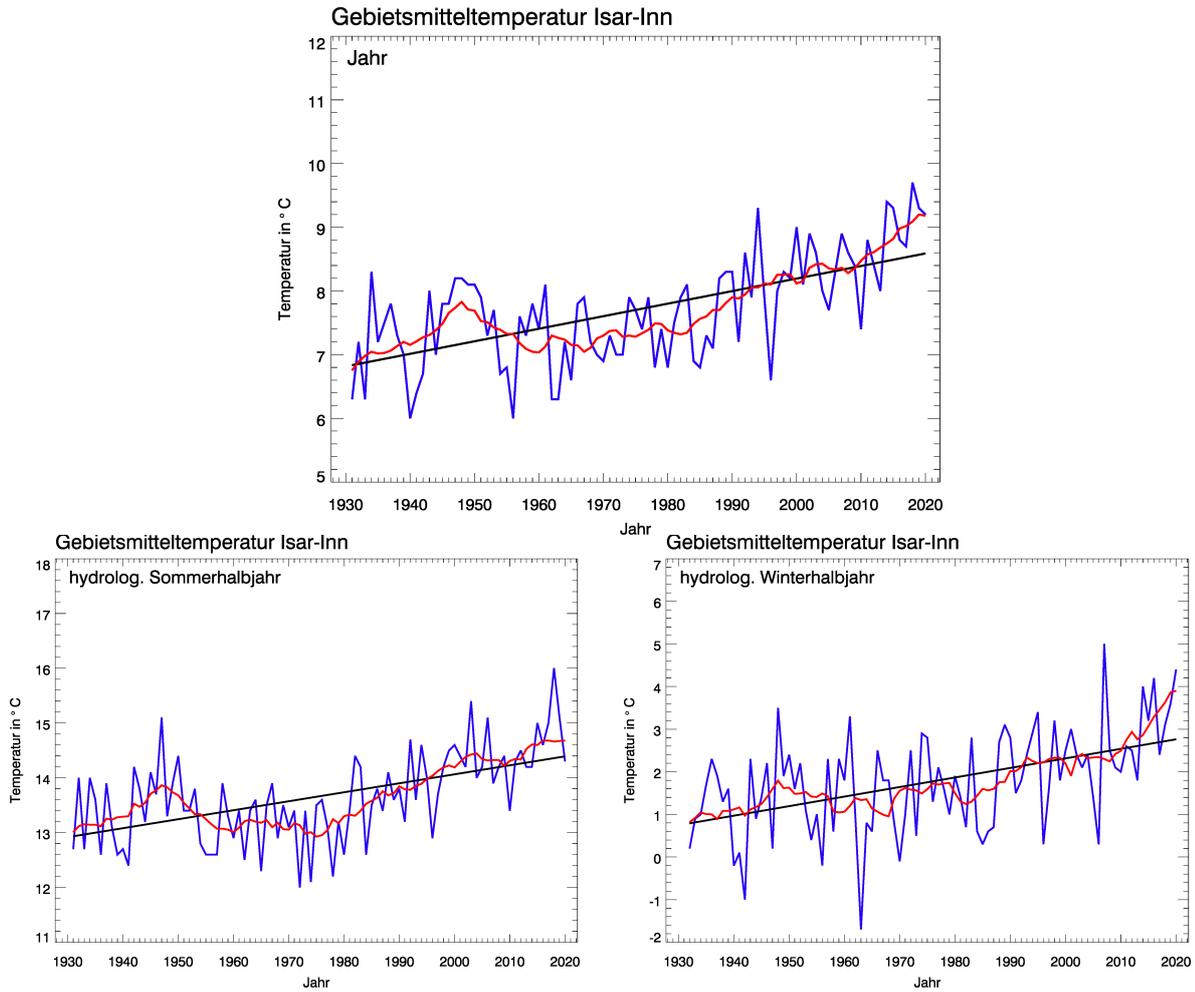
KLIWA-Region: Bayerische Mittelgebirge


Abb. 17: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Bayerische Mittelgebirge, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Isar-Inn



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

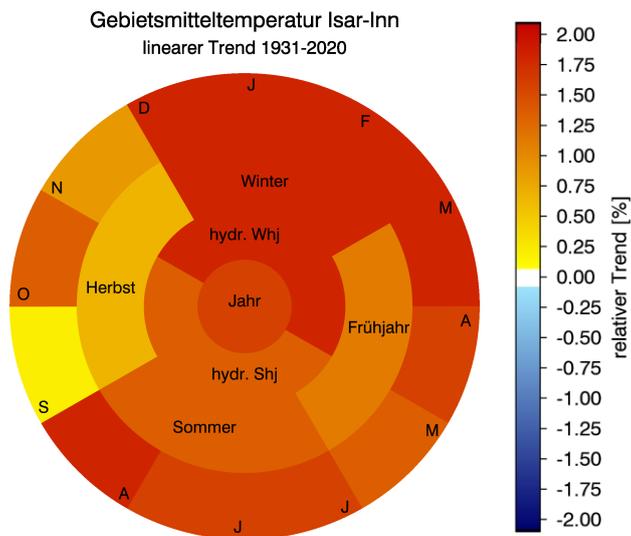


Abb. 18: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Isar-Inn, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

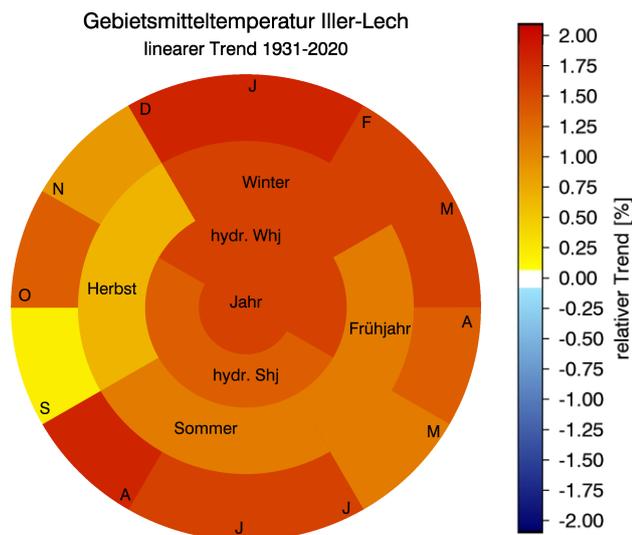
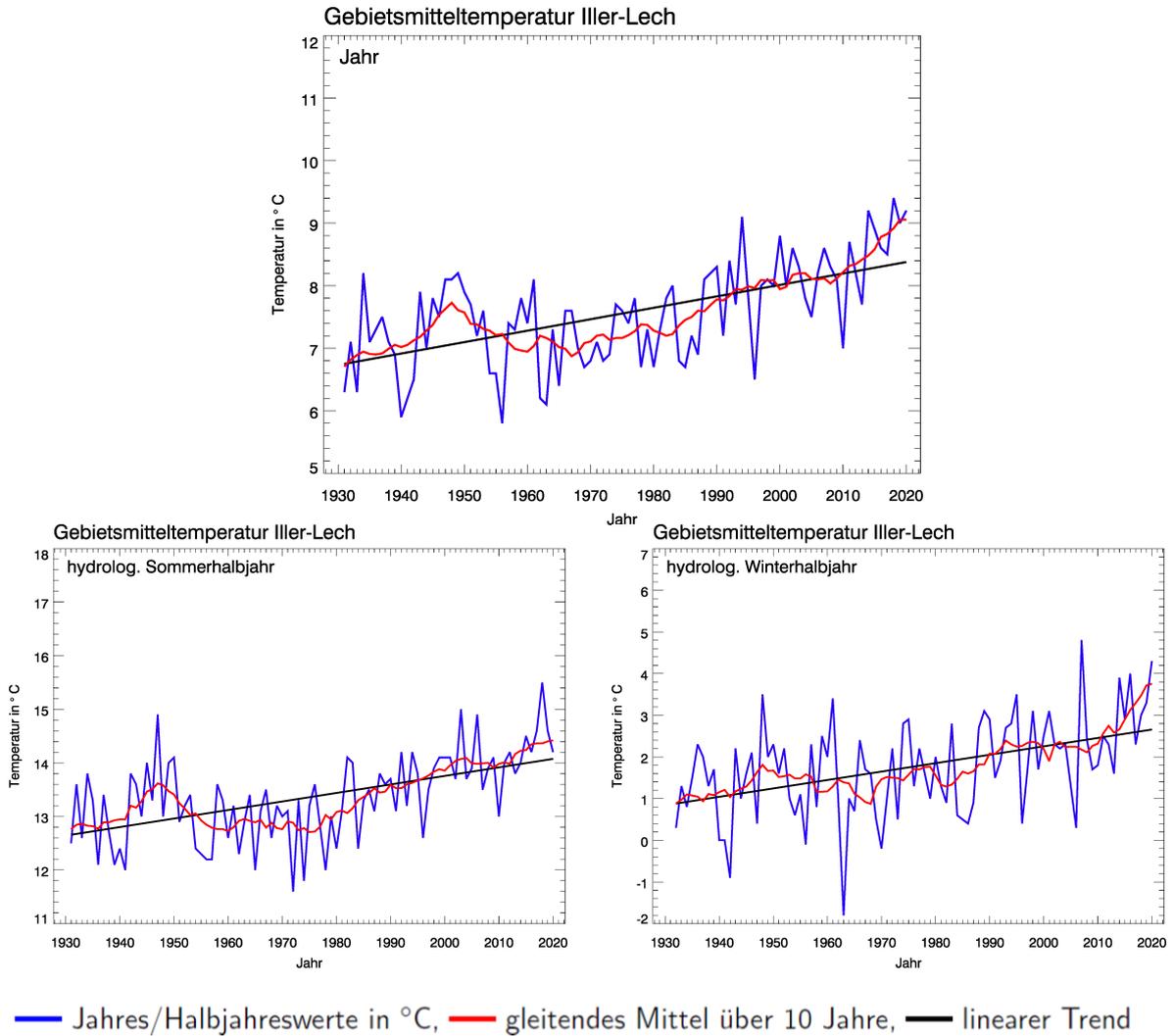
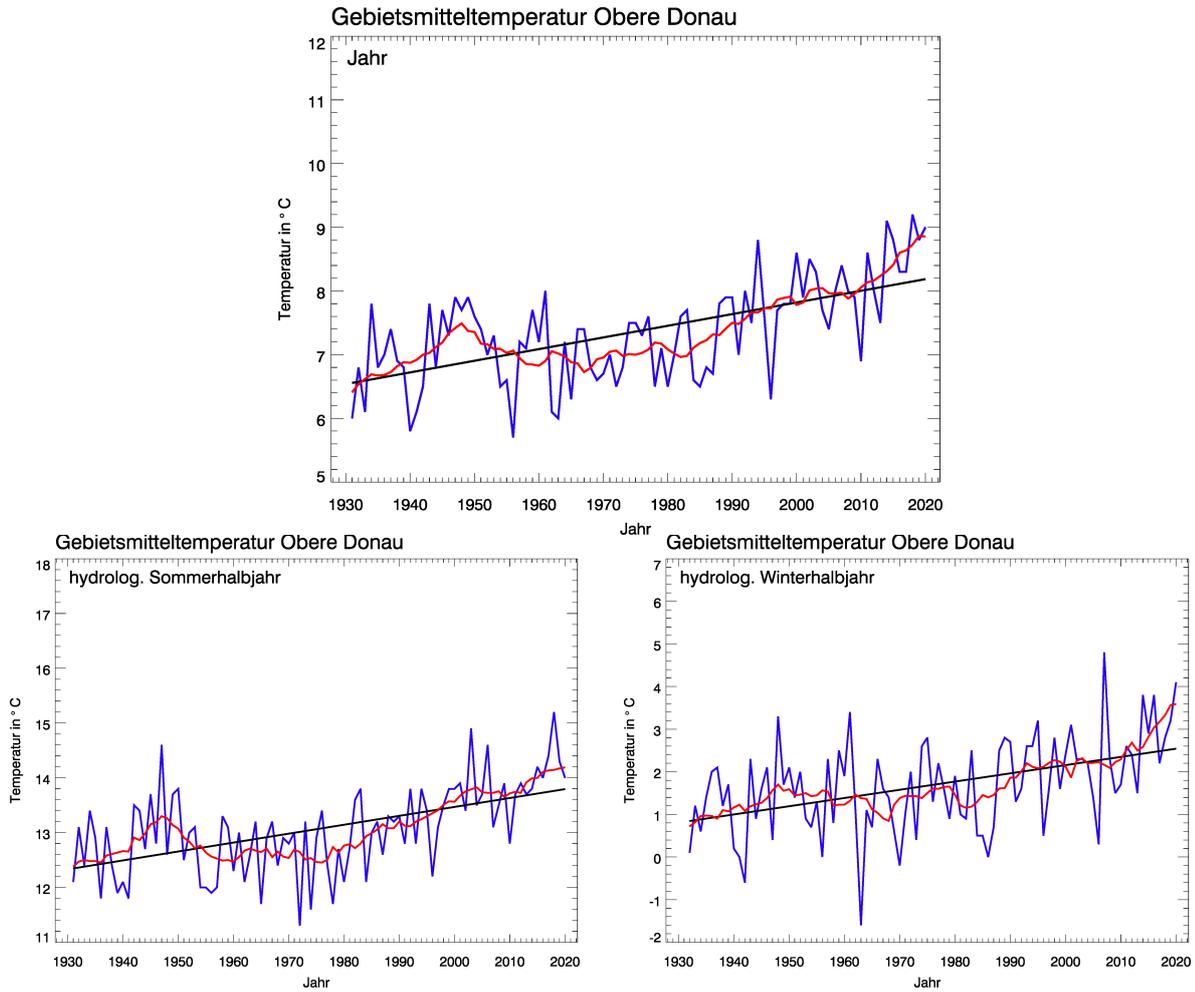
KLIWA-Region: Iller-Lech


Abb. 19: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Iller-Lech, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)



KLIWA-Region: Obere Donau



— Jahres/Halbjahreswerte in °C, — gleitendes Mittel über 10 Jahre, — linearer Trend

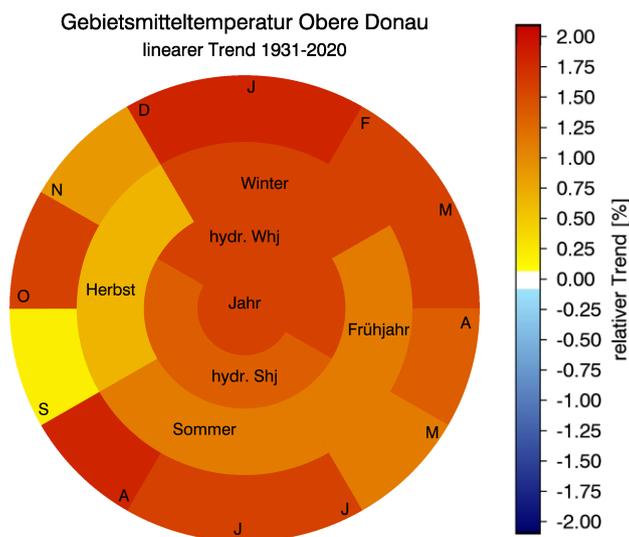


Abb. 20: Zeitreihen und Trends für die Jahresmitteltemperaturen in der KLIWA-Region Obere Donau, mittlere Temperaturen der Halbjahre sowie Ringdiagramm mit Trendangaben (Zeitreihenlänge 1931 bis 2020)

7 Literaturverzeichnis

- IPCC 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press; siehe auch:
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- KLIWA Heft 5: Langzeitverhalten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern, 76 S., ISBN 978-3-937911-17-0, München 2005
- KLIWA 2008: Monitoringbericht 2008: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderung der Kenngrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Hochwasserabfluss – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, 24 S., veröffentlicht auf der Internetseite www.kliwa.de 2008
- KLIWA 2011: Monitoringbericht 2011: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, 40 S., veröffentlicht auf der Internetseite www.kliwa.de 2011
- KLIWA 2016: Monitoringbericht 2016: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, veröffentlicht auf der Internetseite <http://www.kliwa.de> 2016
- KLIWA 2021: Monitoringbericht 2021: Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, veröffentlicht auf der Internetseite <http://www.kliwa.de> 2021
- Maier, U. & Müller-Westermeier, G.: Verifikation klimatologischer Rasterfelder, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 235, Offenbach 2010
- Müller-Westermeier, G.: Numerisches Verfahren zu Erstellung klimatologischer Karten, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 193, Offenbach 1995



Herausgeber:

Arbeitskreis KLIWA

- Deutscher Wetterdienst;
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg;
- Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz;
- Bayerisches Landesamt für Umwelt

Weitere aktuelle Informationen zu diesem Monitoringbericht, weiteren Heften und anderen Projektergebnissen finden Sie auf unserer Internetseite:

<http://www.kliwa.de>