

ÖKS15: Empfehlungen zum Umgang mit der Unterschätzung der Temperaturentrends



von [klimaszenarien.AT](https://klimaszenarien.at) | [ÖKS Steering Committee](#) | Version 1, April 2026

Inhalt

1. Einleitung	2
2. Grundlagen der Empfehlungen	3
2.1. Modelltrends und Beobachteter Erwärmungstrend	3
2.2. historische Referenzperiode und „aktuelles Klima“	4
2.3. Modellqualität regionaler Klimamodelle	5
2.4. Einzelmodelle/Ensembles.....	5
2.5. Erste Näherung: Temperaturentniveau anheben	5
3. Von klimaszenarien.at vorgeschlagene Wege.....	6
3.1. W1: Neu-Interpretation vorhandener Ergebnisse	7
3.2. W2: Zeitliche Verschiebung zum aktuellen Klima.....	8
3.3. W3: Fehlerkorrektur der Modellsimulationen.....	10
Ansatz ohne Beobachtungsdaten	10
Ansatz unter Einbindung von Beobachtungsdaten	12
4. Anhänge	13
Anhang 1: Ermittlung der Werte der Tabelle 1	13
Anhang 2: W2* unter Verwendung von Global Warming Levels - Zeitliche Verschiebung (= "Umdatieren") zum GWL1.0.....	13
Anhang 3: Die Methode des AAR2 - Änderungssignal zwischen Global Warming Levels	14
Anhang 4: Warum empfehlen wir nicht die Delta Change - Methode?	15

1. Einleitung

Seit den 1980er Jahren ist die Temperatur in Österreich und Mitteleuropa deutlich stärker gestiegen als erwartet. Der Temperaturanstieg erfolgt auch rascher als in den ÖKS15 abgebildet. Der unterschätzte Erwärmungstrend beträgt 2025 bereits mehr als 1 °C im Ensembledittel.

Die direkte Verwendung der ÖKS15 Szenarien, wie sie auf dem GeoSphere Datahub zur Verfügung gestellt werden, kann daher nicht mehr empfohlen werden. Daher hat das Team von klimaszenarien.AT Empfehlungen für die weitere Verwendung der ÖKS15 auf Basis der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse als Service für die CCCA-Community ausgearbeitet¹, die für die Verwendung der ÖKS15 bis zur Fertigstellung der ÖKS26 relevant sind. Durch die in diesem Dokument zusammengestellten Empfehlungen können die Auswirkungen der Unterschätzung des Erwärmungstrends reduziert und damit die Anwendung für Klimafolgenstudien ermöglicht weiter werden.

Für diese Unterschätzung des Temperaturtrends in den regionalen Modellen gibt es mehrere Ursachen, die laufend Gegenstand internationaler und nationaler Klimaforschung² sind. Wesentliche Gründe dafür sind zum einen, dass die Klimamodelle den Gesamteinfluss von Treibhausgasen - insbesondere CO₂ - auf regionale Klimaänderungen unterschätzt haben, zum anderen hat die Luftverschmutzung über Jahrzehnte das wahre Ausmaß der Klimaveränderung speziell in Europa versteckt. Klimamodelle haben sowohl den Einfluss der Luftverschmutzung auf das Klima als auch den Rückgang der Luftverschmutzung über die letzten Jahrzehnte nicht ausreichend abgebildet.

Die bisher kommunizierten Aussagen für Österreich werden durch die beobachtete Temperaturentwicklung sogar bestärkt: Österreich wird künftig heißer, trockener und von häufigeren Extremereignissen betroffen sein – möglicherweise sogar in einem noch stärkeren Ausmaß, als in den pessimistischsten Szenarien bisher angenommen wurde.

Die ÖKS15 dienen als Grundlage für Entscheidungen in Politik und Wirtschaft (u.a. in den Sektoren Bau, Gesundheit, Infrastruktur) für Anpassungsmaßnahmen und Klimaschutz und sind noch immer die besten verfügbaren Klimaszenarien für Österreich, basierend auf den regionalen Klimamodellen (EURO-CORDEX). Durch die Fehlerkorrektur und die Lokalisierung auf 1 km Auflösung, sowie die Verfügbarkeit eines Modellensembles für drei verschiedene Emissionsszenarien bilden sie auch nach wie vor die Grundlage für Anwendungen in der Klimafolgenforschung und Klimakommunikation. Durch die in diesem Dokument zusammengestellten Empfehlungen können die Auswirkungen der Unterschätzung des Erwärmungstrends in den ÖKS15 reduziert und damit die Anwendung für Klimafolgenstudien weiter ermöglicht werden.

¹ Die klimaszenarien.at Steuerungsgruppe war für die Entwicklung dieses Dokuments in laufendem Austausch mit der internationalen Forschungscommunity (Scientific Advisory Board) sowie mit Anwender:innen der Klimamodelle aus dem Stakeholder Advisory Board und der CCCA-Community.

² Im Rahmen der EURO-CORDEX-Community wird das Thema der langsameren Temperaturentwicklung in den Modellen ebenfalls diskutiert und dokumentiert, wie verschiedene Länder mit ihren jeweiligen Rahmenbedingungen damit umgehen.

Für die Umsetzung der Wege sind sowohl die Grundlagen für die generelle Verwendung der ÖKS15 (siehe z.B. [Guideline zur Nutzung der ÖKS15-Daten](#)) als auch die Grundlagen dieser Empfehlungen, die im folgenden Kapitel beschrieben sind, zu beachten.

Je nach Anwendungsfall und vorhandenen Ressourcen für die Umsetzung werden verschiedene Wege („Workarounds“) zur Reduzierung der Auswirkungen des unterschätzten Temperaturtrends im übernächsten Kapitel vorgeschlagen. Diese orientieren sich an konkreten Fragen, die für jede Anwendung gesondert zu klären sind und zusätzlich werden die jeweiligen Vor- und Nachteile beschrieben.

Die ÖKS26 werden dieses Thema besser behandeln, zu beachten ist jedoch, dass auch hier nicht alles gelöst werden kann und laufend ein Abgleich zwischen den Modellen und den Beobachtungen der sich ändernden Prozesse im Klimasystem erforderlich ist.

Auf klimaszenarien.at/oeks15-empfehlungen/ werden aktuelle und weiterführende Informationen zu diesen Empfehlungen laufend ergänzt. Für zusätzliche Unterstützung wenden Sie sich bitte an info@ccca.ac.at.

2. Grundlagen der Empfehlungen

Die in diesem Kapitel beschriebenen Grundlagen bilden die Basis der Empfehlungen, die zusätzlich zu den [allgemeinen Grundlagen bei der Verwendung der ÖKS15](#) beachtet werden müssen. Diese Empfehlungen können die Auswirkungen der historisch unterschätzten Temperaturentwicklung lediglich reduzieren, jedoch nicht vollständig entfernen. Speziell ist hierbei zu beachten, dass viele meteorologische Variablen eine (mehr oder weniger) starke Abhängigkeit von der Temperatur haben. Dies ist bei den einzelnen Wegen je nach Anwendungsfall zu berücksichtigen.

2.1. Modelltrends und Beobachteter Erwärmungstrend

Die ÖKS15 basieren auf EURO-CORDEX CMIP5, die (Stand Jänner 2026) nach wie vor eine häufig verwendete Basis für europäische Regionalmodellensembles darstellt. Die Modelltrends, die bei Fehlerkorrektur und Downscaling übernommen wurden, werden vom Stand des aktuellen Klimas aus weiterhin als beste verfügbare Information angesehen und daher nicht verändert. Da die Modelle unterschiedliche Trends und daher eine unterschiedlich ausgeprägte Unterschätzung der realen Entwicklung aufweisen, zielen die Ansätze darauf ab, die Modelle für das aktuelle Klima sowohl zeitlich als auch klimatisch mit möglichst aktuellen Beobachtungen zu synchronisieren. Das bedeutet fallweise auch eine Veränderung der Ensemble-Bandbreiten für Angaben der Unsicherheiten.

Die EURO-CORDEX Regionalmodelle, zeigen für die letzten rund 50 Jahre eine geringere Erwärmung in Europa und speziell im Alpenraum, als die reale Entwicklung. Dies gilt auch für das ÖKS15-Ensemble. Durch die für ÖKS15 bereits vorgenommene Fehlerkorrektur stimmt das Klima des Modellensembles um das Jahr 1985 mit der Realität überein. Seit diesem Zeitpunkt führt der unterschätzte Erwärmungstrend zu einer systematischen Unterschätzung der thermischen Verhältnisse und diese beträgt 2025 bereits mehr als 1 °C im Ensembledittel. Es gibt jedoch keine wissenschaftliche Evidenz dazu, dass dies auch für die Zukunft weiterhin

gelten wird. Daher ist der zukünftige Erwärmungstrend der Szenarien weiterhin eine valide Aussage der Modelle und wird für die aktuellen Empfehlungen nicht verändert.

2.2. historische Referenzperiode und „aktuelles Klima“

Die Basis der Reduzierung des zu geringen Erwärmungstrends in der Vergangenheit liegt darin, diesen Zeitraum für die Fehlerakkumulation möglichst kurz zu halten, also eine möglichst aktuelle historische Referenzperiode zu verwenden. Eine aktuelle Referenzperiode kann zwar den Trend der Simulationen nicht verändern, hebt aber das Temperaturniveau an. Dieser Effekt ist allerdings von Modell zu Modell verschieden, abhängig von der transienten Klimasensitivität der Modelle ([TCR](#), Abb 1).

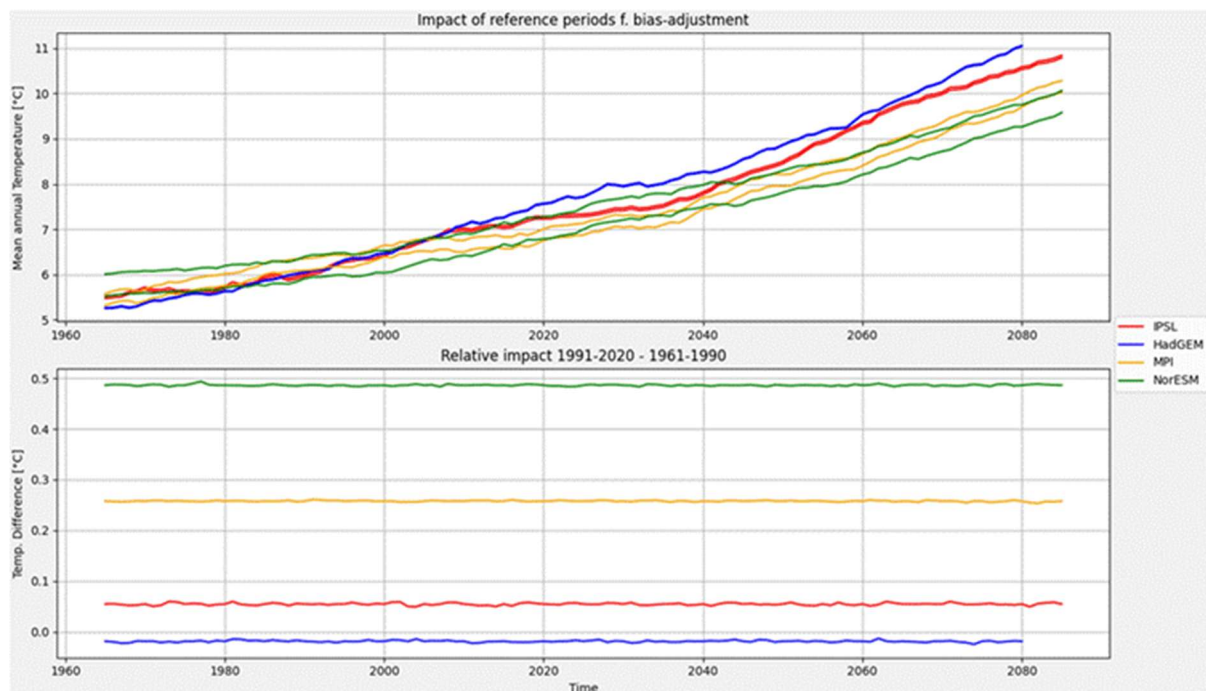


Abb 1: Unterschiede Bias-Korrektur (mit Scaled Distribution Mapping) 1961-1990 vs. 1991-2020. Simulationen: EURO-CORDEX, 1 Modell angetrieben von 4 verschiedenen GCMs.

Da die Temperaturentwicklung in Österreich derzeit mit einer Rate von beinahe $0,7^{\circ}\text{C}$ pro Dekade voranschreitet ([AAR2 Kap.1](#)), entsteht das Problem, dass ein zu langes Zeitfenster für die Ränder nicht mehr repräsentativ ist. Gleichzeitig brauchen Klimaanalysen einen gewissen Zeitraum für Modellkalibrierung. Für die global warming levels werden laut IPCC-Konvention 20-jährige Zeiträume verwendet. Wir schlagen als Referenzperiode für die hier genannten Ansätze den Zeitraum 2001-2020 vor. Dieser entspricht dem beobachteten global warming level von $1,0^{\circ}\text{C}$ gegenüber vorindustriellen Bedingungen (1850-1900). Eine einheitliche Referenzperiode ist empfehlenswert, da dadurch die Vergleichbarkeit von Anwendungen sichergestellt wird.

2.3. Modellqualität regionaler Klimamodelle

Es wurden verschiedene Ursachen für die langsamere Erwärmung in den Modellen identifiziert. Einer der Gründe liegt in der unzureichenden Repräsentation von Aerosolkonzentrationen, d.h. es wird von einer gleichbleibend hohen Konzentration an Aerosolen in der Luft ausgegangen. In Wirklichkeit ist aber die Luft sauberer geworden, die Konzentrationen geringer und damit die am Boden eintreffende Sonneneinstrahlung größer.

Eine Annahme unserer Empfehlungen ist, dass die Abnahme der Aerosolkonzentration in den kommenden Jahrzehnten um ein Vielfaches geringer ist als die realen Veränderungen von 1970 bis zum Jahr 2000 und sich die Konzentration auf einem niedrigen Niveau einpendeln wird. Dadurch kann die Erwärmungsrate in den Modellen für die Zukunft als eher plausibel angesehen werden, als für die vergangenen Jahrzehnte.

Andere Gründe liegen in der Unterschätzung der Variabilität von Wetterzuständen, was sich in der Häufigkeit der Wetterlagen zeigt. Diese tritt sowohl in Global- als auch in Regionalmodellen auf. Dieser Aspekt der langsameren Erwärmung in den Modellen ist v.a. für die Zukunft weniger gut abschätzbar und erfordert laufende Analysen und Validierung der Modelle.

2.4. Einzelmodelle/Ensembles

Wichtig zu beachten ist auch, dass diese Empfehlungen nur für Einzelmodelle gelten. Wegen der komplexen Einflüsse ist es nicht trivial, diese Empfehlungen auf den Ensemble-Meridian zu übertragen. Dies wird daher nicht empfohlen.

2.5. Erste Näherung: Temperaturniveau anheben

Zwischen Temperatur und anderen Variablen besteht eine starke Verknüpfung, daher kann nicht einfach nur das Temperaturniveau in den Szenarien angehoben werden. Da aber die thermischen Verhältnisse fast alle anderen Variablen (etwa Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre, Schneeakkumulation und -schmelze, ...) beeinflussen, kann man in erster Näherung jedoch annehmen, dass Perioden in Klimamodellläufen, welche dasselbe Temperaturniveau haben wie die historische Referenzperiode, dieser gleichgesetzt werden können. Dies gilt jedoch nicht für akkumulierende Prozesse, oder Prozesse, die direkt mit der Treibhausgas/ Aerosolkonzentration zusammenhängen (z.B. CO₂ Düngeeffekt bei Pflanzen, oder Auswirkungen auf Wolken).

3. Von klimaszenarien.at vorgeschlagene Wege

Die vorgeschlagenen Wege („Workarounds“) zur Reduzierung der Auswirkungen des unterschätzten Temperaturtrends orientieren sich an folgenden Fragen, die für jede Anwendung gesondert zu klären sind:

- 1) Ist eine neue Bewertung oder Interpretation bestehender Ergebnisse ausreichend, oder soll bzw. muss mit Modelldatenreihen gearbeitet werden?
- 2) Sind Daten bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erforderlich, oder genügen Zeitreihen bis zur Mitte des Jahrhunderts (etwa bis 2060 oder max. 2070)?
- 3) Welcher Aufwand ist beim Eingriff in bestehende Ergebnisse/Daten möglich (best case: keine Veränderung, worst case: komplette Neuberechnung auf Tagesbasis)?
- 4) Wie empfehlenswert ist die angewandte Methode (bestes verfügbares Wissen vs. proxy-Ansatz mit vielen Annahmen)?

Folgender Entscheidungsbaum kann die Wahl des passenden Workarounds unterstützen:

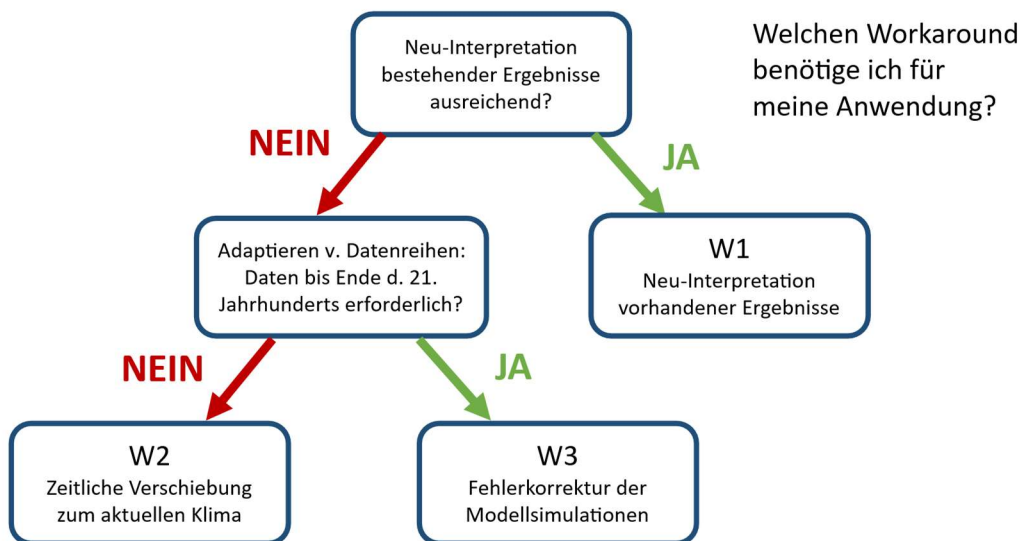


Abb. 2: Entscheidungsbaum für die Wahl des passenden Wegs/Workarounds

Jede Methode weist Vor- und Nachteile auf, und nicht jeder Workaround ist für jede Anwendung geeignet. Zur Information für Anwender:innen werden zu jedem Ansatz jeweils auch die Vor- und Nachteile aufgelistet. Für zusätzliche Unterstützung wenden Sie sich bitte an info@cca.ac.at.

3.1. W1: Neu-Interpretation vorhandener Ergebnisse

Dieser Weg wird für bereits abgeschlossene Studien empfohlen, wenn keine Neuberechnung von Ergebnissen möglich ist.

Die [ÖKS15-Daten](#) werden nicht verändert und es finden keine Neuberechnungen von Ergebnissen statt. Zielgruppe für diesen Lösungsvorschlag sind v.a. Anwender:innen von Klimainformation.

Laut den Auswertungen im Rahmen des Zweiten Österreichischen Sachstandsreports zum Klimawandel ([AAR2](#)) sind die ÖKS15-Modelle mit Stand 2024 im Mittel knapp (RCP8.5, RCP4.5) bzw. etwas über (RCP2.6) 1°C zu kalt, da die Erwärmungsrate von den Modellen unterschätzt wurde. Das bedeutet, dass das heutige Temperaturniveau (Referenz 2024) in den Modellen im Mittel mit einer Verzögerung von etwa 28 Jahren (RCP8.5), 46 Jahren (RCP4.5) oder überhaupt nicht bis Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird (siehe Abb 2).

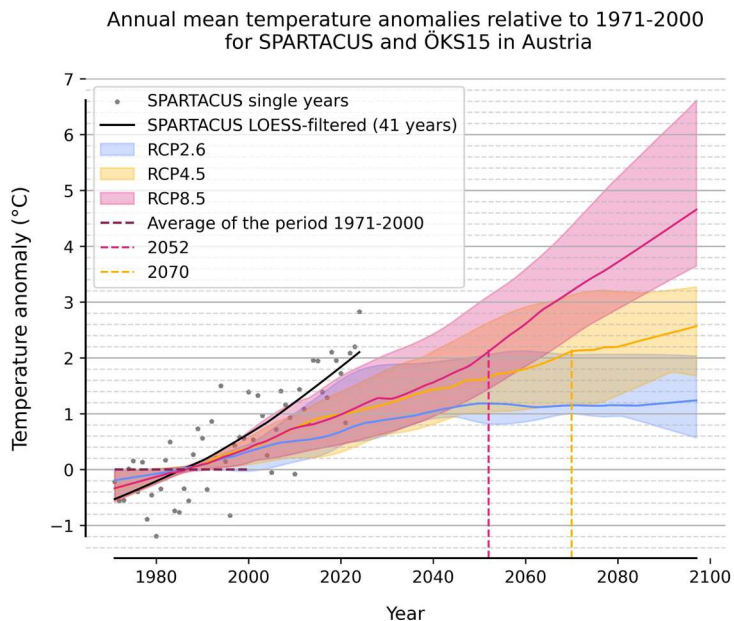


Abb 3: Beobachteter Temperaturtrend (schwarz) und modellierte Trends (farbig schattiert, Median der Modelle als farbige Linien) in Österreich, relativ zur Periode 1971-2000. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die gewichtete Mitte des Zeitraums an, in dem das Temperaturniveau von 2024 erreicht wird (Abb. übernommen von Box 1.1 Figure 2 in [AAR2, Kapitel 1](#)).

Die angegebenen Zeitdifferenzen sind lediglich ein Richtwert, um vorhandene Auswertungsergebnisse zeitlich neu einzuordnen. Alternativ können Nutzer:innen die jeweiligen Zeitdifferenzen jeweiliger Modelle und Perioden aus [Tabelle 1](#) ablesen und die Gültigkeits-Zeiträume der Ergebnisse entsprechend "verschieben".

Vorteile: Sehr rasch umsetzbar, keine Neuberechnung von Daten notwendig

Nachteile: proxy-Methode, mit hohen Unsicherheiten behaftet, vor allem was Projektionen für fernere Zukunft angeht.

3.2. W2: Zeitliche Verschiebung zum aktuellen Klima

Für eine **quantitative Anpassung** von Ergebnissen bis etwa 2060 wird dieser Weg empfohlen.

Auch dieser Ansatz ändert die Rohdaten nicht. Die einzelnen Modelle werden nur zeitlich verschoben, d.h. technisch umdatiert, sodass sie hinsichtlich Temperaturentwicklung mit dem aktuellen Klima übereinstimmen. Für jedes ÖKS15-Modell wird der Zeitpunkt bestimmt, an dem das regionale Temperaturniveau des aktuellen Klimas, definiert aus Beobachtungsdaten (hier: SPARTACUS v2.1), erreicht wird. Die Zeitdifferenzen für jedes Modell und RCP-Szenario sind aus [Tabelle 1](#) ablesbar.

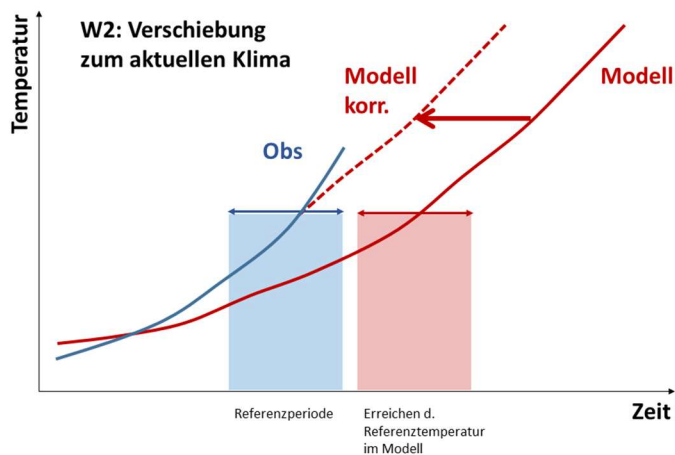


Abb. 4: Schematische Darstellung von W2

Beispiel:

- Das Modell "CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcpXX_r1i1p1_CNRM-ALADIN53" erreicht lt. [Tabelle 1](#) das Temperaturniveau von SPARTACUS v2.1 (Referenzperiode 2001-2020) erst 20 Jahre später, d.h. in der 20-jährigen Periode 2021-2040.
- Das Modell-Datum wird daher vom 1.1.2021 auf den 1.1.2001 umdatiert, was der Verschiebung um 20 Jahre entspricht.
- Die modifizierte Modell-Zeitreihe reicht damit vom 1.1.2001 bis 31.12.2080 und kann wie gewohnt verwendet werden.

Vorteile: Die originalen [ÖKS15 Daten auf Tagesbasis am Datahub](#) bleiben weiterhin verwendbar, es erfolgt lediglich eine Umdatierung. Auch abgeleitete Indikatoren wie z.B. Schneeparameter oder Hitzetage, ja sogar komplexe Klimafolgenmodellergenergebnisse wie etwa hydrologische Modellierungen, können auf diese Weise "verschoben" werden..

Nachteil: Die Modellzeitreihen werden “abgeschnitten”, d.h. je nach Modell verbleibt eine unterschiedlich lange Zeitreihe für die Projektion. Manche Modelle können sogar aus dem verfügbaren Ensemble fallen, da sie das Temperaturniveau des aktuellen Klimas im 21. Jahrhundert nicht erreichen. Dies ist speziell bei Modellen der Fall, die mit dem Emissionsszenario RCP 2.6 angetrieben werden. Daten, die vor der Referenzperiode liegen, werden nicht verwendet. Die Umdatierung erfolgt ausschließlich aufgrund der österreichweiten Mittel-Temperatur. Dies kann dazu führen, dass regional Abweichungen zwischen SPARTACUS Klimatologie 2001-2020 und der neu-datieren Modellklimatologie 2001-2020 vorkommen. Die Vorgangsweise stellt aber sicher, dass die Ergebnisse räumlich vergleichbar bleiben.

Modell - Name	Gap (Years)		
	RCP85	RCP45	RCP26
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcpXX_r1i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17	35	44	-----
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcpXX_r1i1p1_CNRM-ALADIN53	20	33	-----
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcpXX_r1i1p1_SMHI-RCA4	26	33	-----
ICHEC-EC-EARTH_rcpXX_r12i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17	29	40	n/a
ICHEC-EC-EARTH_rcpXX_r12i1p1_SMHI-RCA4	15	19	28
ICHEC-EC-EARTH_rcpXX_r1i1p1_KNMI-RACMO22E	9	19	n/a
ICHEC-EC-EARTH_rcpXX_r3i1p1_DMI-HIRHAM5	16	25	n/a
IPSL-IPSL-CM5A-MR_rcpXX_r1i1p1_IPSL-INNERIS-WRF331F	0	20	-----
IPSL-IPSL-CM5A-MR_rcpXX_r1i1p1_SMHI-RCA4	5	19	-----
MOHC-HadGEM2-ES_rcpXX_r1i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17	4	7	-----
MOHC-HadGEM2-ES_rcpXX_r1i1p1_SMHI-RCA4	4	5	4
MPI-M-MPI-ESM-LR_rcpXX_r1i1p1_CLMcom-CCLM4-8-17	24	28	-----
MPI-M-MPI-ESM-LR_rcpXX_r1i1p1_SMHI-RCA4	24	21	18
MPI-M-MPI-ESM-LR_rcpXX_r1i1p1_MPI-CSC-REMO2009	-----	-----	28
MPI-M-MPI-ESM-LR_rcpXX_r2i1p1_MPI-CSC-REMO2009	-----	-----	n/a

Tabelle 1: Angaben zur zeitlichen Verschiebung der ÖKS15-Modellläufe. Angegeben ist die Differenz zwischen der Referenzperiode 2001-2020 und der 20-jährigen Periode, in der die Modelle jeweils den beobachteten Referenzwert der Jahresmitteltemperatur von 2001-2020 erreichen.

Hinweis:

⇒ **W2**: Weitere Details zur Ermittlung der Zeitdifferenzen in [Tabelle 1](#) sind [HIER](#) zu finden.

⇒ **W2***: Alternativ kann die Verschiebung der Modelle auch auf Basis von Global Warming Levels (GWLs, siehe [Erläuterungen von MeteoSchweiz](#)) erfolgen. Siehe [Anhang 1](#).

3.3. W3: Fehlerkorrektur der Modellsimulationen

Werden **Modellwerte bis Ende des 21. Jahrhunderts** benötigt, ist die Anwendung von W3 zu empfehlen.

Dieser Ansatz greift in die Originaldaten direkt ein. Er ermöglicht aber die Generierung von Zeitreihen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts

Ansatz ohne Beobachtungsdaten

Nicht für alle Klimavariablen in ÖKS15 stehen Beobachtungsdatensätze zur Verfügung, die die gesamte Referenzperiode 2001-2020 abdecken. Um die zu niedrigen Temperaturen in der Referenzperiode trotzdem annähernd abzubilden, können die Modelle mittels modell-interner Fehlerabschätzungen korrigiert werden.

Die Methode greift analog zu W2 auf die Zeitdifferenzen in [Tabelle 1](#) zurück, die angibt, wann ein Modell das beobachtete Temperaturniveau der Referenzperiode 2001-2020 erreicht haben wird.

Anstelle die Zeitachse wie in W2 zu verschieben, modifiziert diese Methode die simulierten Klimavariablen so, dass sie - für jede Variable - den laut Modell zu erwartenden Werten der zukünftigen Periode entsprechen. Es wird also formal eine Biaskorrektur gegen simulierte Referenzwerte aus der Zukunft durchgeführt, die als repräsentativ für das beobachtete Klima der Gegenwart angesehen werden.

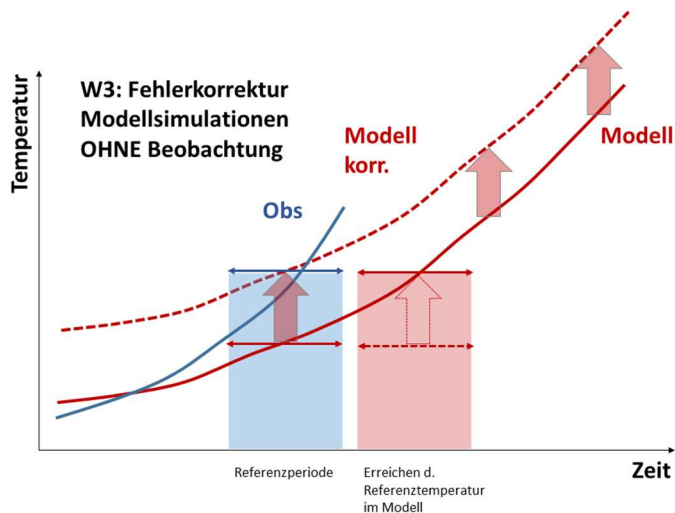


Abb. 5: Schematische Darstellung von W3: Fehlerkorrektur OHNE Beobachtung

Beispiel für das Modell MPI-M-MPI-ESM-LR_rcp85_r1i1p1_SMHI-RCA4: Zeitliche Differenz zum Erreichen des aktuellen Temperaturniveaus lt. Tabelle 1: +24 Jahre

1) Additive Korrektur (z.B. für Temperatur)

$$T(t)^* = T(t) + [T(2001+24 \text{ bis } 2020+24) - T(2001 \text{ bis } 2020)]$$

2) Multiplikative Korrektur (z.B. für Niederschlag)

$$Pr(t)^* = Pr(t) + [Pr(2001+24 \text{ bis } 2020+24) / Pr(2001 \text{ bis } 2020)]$$

mit T und Pr als ursprüngliche Temperatur- bzw. Niederschlagswerte und T* und Pr* als korrigierte Werte zum Zeitpunkt t.

Vorteile:

- Es werden keine Beobachtungsdaten für die Korrektur benötigt
- Es können durchgehende Zeitreihen bis zum Jahr 2100 betrachtet werden.

Nachteile:

- Muss für jeden Parameter einzeln durchgeführt werden, mögliche Einschränkung durch physikalische Konsistenz zwischen den Parametern.
- Da Rohdaten verändert werden, müssen sämtliche Indikatoren und abgeleitete Parameter mit den aktualisierten Daten neu berechnet werden.
- Wie bei Methode W2 wird angenommen, dass die zeitliche Verschiebung (bzw. hier die Periode für die Korrektur) für das ganze Jahr und für alle Klimavariablen gleich ist, und dass die Verschiebung bzw. modellinterne Korrektur dem tatsächlichen Unterschied zwischen Beobachtung und Modell entspricht.

Ansatz unter Einbindung von Beobachtungsdaten

Bei diesem Ansatz werden aus Modellsimulationen berechnete Änderungen mit Beobachtungsdaten kombiniert. Anomalien gegenüber dem Klima der Referenzperiode (auf Jahres-, Monats- oder Tagesbasis) werden für jedes Modell und jeden Parameter berechnet. Diese werden auf einen klimatologisch gemittelten Beobachtungswert (auf Jahres- oder Monatsbasis) für das aktuelle Klima aufgesetzt.

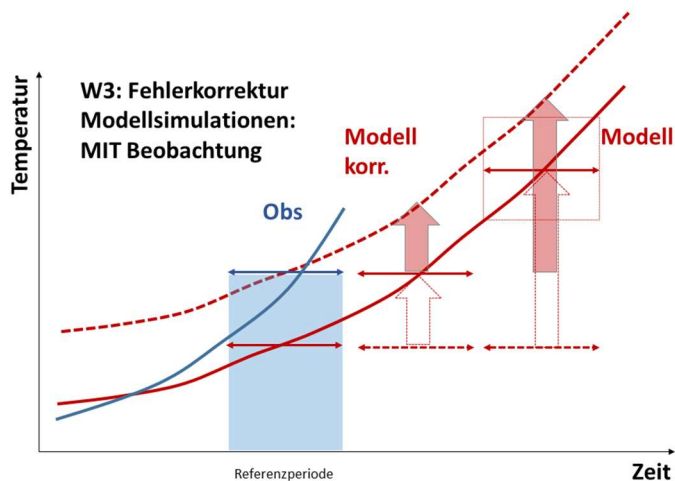


Abb. 5: Schematische Darstellung von W3: Fehlerkorrektur MIT Beobachtung

Folgende Schritte sind für die Umsetzung nötig:

- Berechnung des klimatologischen Mittels für die Referenzperiode 2001-2020 für jeden Gitternetzpunkt und jeden nötigen Parameter aus Beobachtungsdaten (z.B. [SPARTACUS](#)). Falls Daten mit monatlichen oder noch feineren Zeitschritten benötigt werden, sind klimatologische Mittel auf Monatsbasis empfehlenswert.
- Berechnung des klimatologischen Mittels (Monats- oder Jahresbasis) für die Referenzperiode 2001-2020 für jeden Gitternetzpunkt aus Modelldaten.
- Berechnung der modell-internen Änderungen zwischen den klimatologischen Mittelwerten der Referenzperiode (2001-2020) und jedem Tag/Monat/Jahr der zukünftigen Periode für jeden Gitternetzpunkt und jedes Modell. Die Änderungen sollten für Temperatur absolut und für Niederschlag und Strahlung prozentuell ($\text{Zukunft} - \text{Referenz} / \text{Referenz}$) berechnet werden.
- Aufsetzen der Änderungen auf die klimatologischen Mittel aus den Beobachtungsdaten, die im ersten Schritt berechnet wurden. (Absolutwerte: additiv; relative Werte: multiplikativ)

Hinweis: Da die nötigen Beobachtungsdaten für Österreich nicht für alle in ÖKS15 vorhandenen Parameter veröffentlicht sind, werden diese ebenfalls zugänglich gemacht. Es handelt sich dabei um eine Modifikation des [hier](#) verlinkten Datensatzes, zugeschnitten auf die Periode 2001-2020 auf Monatsbasis für das Gitter der ÖKS15 Daten.

Vorteile:

- Projektionen bis Ende des Jahrhunderts sind für das volle Ensemble weiterhin verfügbar.

Nachteile:

- Muss für jeden Parameter einzeln durchgeführt werden, mögliche Einschränkung von physikalischer Konsistenz zwischen den Parametern.
- Da Rohdaten verändert werden, müssen sämtliche Indikatoren und abgeleitete Parameter mit den aktualisierten Daten neu berechnet werden.
- Rechenaufwendig für Korrekturen auf Tagesbasis. Bei Niederschlag muss hier zuerst bestimmt werden, ob es sich um einen Niederschlagstag handelt oder nicht und danach die relative Tagesanomalie übertragen werden.

4. Anhänge

Anhang 1: Ermittlung der Werte der Tabelle 1

Diese Information wird hier aus Gründen der Nachvollziehbarkeit angeführt. Für die reine Umsetzung der oben beschriebenen Wege wird sie nicht benötigt. Die **Werte der Tabelle 1** werden wie folgt ermittelt:

- Für die klimatologische Referenz wird das Flächenmittel der Temperatur von Österreich verwendet, berechnet aus [SPARTACUS](#) für den Referenzzeitraum 2001 bis 2020 (7.65 °C).
- Für jedes Modell wird das 20-jährige gleitende Mittel der regionalen Jahresmitteltemperaturen für jedes Modell für ganz Österreich berechnet.
- Sobald dieses 20-jährige Temperaturmittel des Modells das erste Mal dieses Temperaturniveau von SPARTACUS 2001-2020 erreicht bzw. überschreitet, wird dem Modell die Zeitdifferenz zugeordnet, um die der Beginn der 20-jährigen Periode in Richtung (Beginn der) Referenzperiode verschoben werden muss.

Anhang 2: W2* unter Verwendung von Global Warming Levels - Zeitliche Verschiebung (= "Umdatieren") zum GWL1.0

Die Verschiebung funktioniert analog zu [W2](#), nur dass statt der Periode des Erreichens eines regionalen Temperaturniveaus die Periode des Erreichens von Global Warming Level (GWL) 1.0 im antreibenden Globalmodell gewählt wird. Die Periode zu GWL 1.0 wurde im Zuge des AAR2 ermittelt und ist aus [dieser Tabelle](#) ablesbar.

Vorteile: Der Ansatz ist etwas weniger aufwändig als W2, da kein regionales Änderungssignal zur Bestimmung des Zeitpunkts berechnet werden muss.

Nachteile: Die Methode ist mit größeren Unsicherheiten behaftet, da die klimatische Entwicklung in Mitteleuropa durch ein globales Temperaturniveau weniger repräsentativ abgebildet ist als durch ein regionales Temperaturniveau. Darüber hinaus erwärmt sich auch

Landmassen und insbesondere der Alpenraum schneller. Auch die Trends für Europa in Global- und Regionalmodellen stimmen nicht überein. Ein weiterer Nachteil ist, dass für ein in ÖKS15 verwendetes Modell das antreibende Globalmodell nicht mehr verfügbar ist, und somit auch keine GWLs berechnet werden konnten.

Damit auch das Klima zum GWL1.0 im Modell noch abgebildet ist, empfiehlt es sich, Modelldaten ab dem Beginn der Periode, in der das GWL1.0 erreicht wird, zu verwenden.

Beispiel: GWL1.0 wird in der Modellsimulation im Zeitraum 2015-2034 erreicht. Die Modelldaten können ab dem 1.1.2015 verwendet werden und müssen für die Anwendung mit Kalenderdaten ab dem 1.1.2001 (für GWL1.0 2001-2020) datiert werden.

Anhang 3: Die Methode des AAR2 - Änderungssignal zwischen Global Warming Levels

Falls für die Anwendung **keine transiente (d.h. zeitlich durchgehende) Information** benötigt wird, sondern lediglich Änderungssignale dargestellt werden sollen, empfehlen wir dafür die Verwendung von GWL-Perioden.

Für jedes Modell im ÖKS15-Ensemble wurde der Zeitpunkt für das Erreichen bestimmter GWLs aus dem Hintergrund-Globalmodell berechnet. Diese Perioden sind unter https://files.ece.iiasa.ac.at/aar2/appendix/AAR2_Chapter_01_Appendix.pdf verfügbar. Die Perioden können verwendet werden, um vorhandene Ergebnisse mittels zeitlichem Ausschneiden einem GWL zuzuordnen. Zur Adaptierung des ÖKS15-Ensembles empfehlen wir Änderungen relativ zu GWL1.0 anzugeben.

Beispiel:

Vorteil: Einfache Zuordnung bereits vorhandener Daten, keine Neuberechnung nötig, robust über Modellgenerationen hinweg, wirkungsbasierter Zusammenhang von lokalen Klimafolgen zum globalen Temperaturanstieg.

Nachteil: Keine transiente Information, Übersetzung vorhandener Ergebnisse in GWLs in manchen Fällen nicht trivial, Aussagen trennen Zeiträume und RCPs nicht mehr auf, durch die Verwendung von globalen Temperaturstufen wird die Unterschätzung der Temperaturentwicklung in EURO-CORDEX gegenüber den Globalmodellen nicht berücksichtigt und ein Teil der (systematischen) Temperatur-Unterschätzung bleibt erhalten. Es eignet sich weniger gut für die Abschätzung regionaler Extremereignisse.

Anhang 4: Warum empfehlen wir nicht die Delta Change - Methode?

Der "Delta-Change"-Ansatz (wie etwa [hier](#) beschrieben) zur Korrektur von Klimasimulationen ist einfach und wird daher häufig verwendet. Die Methode ermittelt das (mittlere) Klimasignal zwischen 2 Perioden einer Modellsimulation (etwa zwischen 2001-2020 und 2061-2080) und setzt das Signal auf eine beobachtete Zeitreihe (etwa von 2001-2020) auf. Somit erhält man die Zeitreihe eines fiktiven zukünftigen Klimas für beispielsweise 2061-2080. Folgende Nachteile der Methode sollen jedoch nicht unerwähnt bleiben:

- 1) Es können Zeitreihen definierter zukünftiger Perioden erzeugt werden (etwa 20y-30y).
- 2) Die Zeitreihen der zukünftigen Perioden gleichen jenen aus der beobachteten Referenzperiode in Bezug auf die Wetterverläufe. D.h. die Veränderung der atmosphärischen Dynamik, deren Auswirkungen sich durch eine veränderte Häufigkeit oder Persistenz von Strömungsmustern zeigt, wird völlig außer acht gelassen.