1 Das Regionale Klimainformationssystem ReKIS – eine gemeinsame Plattform für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen

Rico, KRONENBERG[1], Johannes, FRANKE[2], Tobias, NEUMANN[3], Stefan, STRUVE[4], Christian, BERNHOFER[1], Werner, SOMMER[2]

Zusammenfassung

Das Regionale Klimainformationssystem ReKIS der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen ist eine gemeinsame Plattform zur Bereitstellung, Dokumentation, Auswertung und Interpretation von Klimainformationen auf regionaler Ebene. Das Aufgabenspektrum von ReKIS ist kontinuierlich mit den Bedarfen der Nutzerinnen und Nutzer gewachsen und befindet sich in stetiger Weiterentwicklung. ReKIS deckt verschiedene Aspekte der Kommunikation von Klimainhalten und bietet ein fundiertes Unterstützungsangebot für regionale klimabezogene Fragestellungen. Hier sollen verschiedene Funktionen und Lösungen innerhalb von ReKIS vorgestellt und zukünftige Herausforderungen benannt werden.

1.1 Einleitung

Die Änderung des globalen Klimas mit dessen regionalen und lokalen Auswirkungen ist eine durch Beobachtungsdaten bereits nachweisbare Tatsache. Am deutlichsten zeigen sich diese Änderungen in den meteorologischen Extremen, wie Starkregen, Trockenheit und Stürmen, welche zu Hochwasser, Dürre oder Windschäden in Wäldern und bei der Infrastruktur führen können. Die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Folgen erfordern Anpassungsmaßnahmen, um für zukünftige Extremereignisse besser gerüstet zu sein und die Lebensqualität der Bürger zu schützen.

Um dies zu erreichen, müssen wenigstens vier wesentliche Voraussetzungen erfüllt werden: Erstens muss ein kontinuierliches regionales Klima- und Klimafolgen-Monitoring erfolgen. Zweitens werden regionale Klimaprojektionen benötigt, um zukünftige Änderungen abschätzen zu können. Drittens müssen Informationen zu den Auswirkungen des Klimawandels

[1] Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, Pienner Str. 23, 01737 Tharandt, Internet: www.tu-dresden.de, E-Mail: rico.kronenberg@tu-dresden.de.

[2] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden-Pillnitz, Internet: www.lfulg.sachsen.de

[3] Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Göschwitzer Straße 41, 07745 Jena, Internet: www.tlubn.thueringen.de

[4] Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Straße 47, 06116 Halle (Saale), Internet: www.lau.sachsen-anhalt.de

identifiziert und erarbeitet werden, um geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen zu entwickeln und die Klima-Resilienz damit zu erhöhen. Und viertes müssen alle Daten, Analysen und Informationen dem Fachpublikum und der Öffentlichkeit auf eine einfache Weise bereitgestellt und kommuniziert werden. Diese vier Voraussetzungen bilden die Grundlage für effektive Klimaanpassungsmaßnahmen. Darüber hinaus fördern gesetzlich festgelegte Rahmenbedingungen die Effektivität solcher Maßnahmen. Dabei wird der notwendige Klimaschutz über die „Repräsentativen Emissionspfade“ (RCPs) des IPCC berücksichtigt, so dass es möglich ist, auch die Vermeidung von Klimaanpassung durch rechtzeitige drastische Emissionsminderung zu beurteilen.

Die Verwaltungen der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen verfügen seit ihrer Gründung jeweils über mindestens eine Verwaltungseinheit, die den Auftrag erfüllt, ein länderspezifisches Klima- und Witterungsmonitoring durchzuführen.

Da sich die zur Verfügung stehenden Beobachtungs- und Projektionsdaten, wie auch das Methodenspektrum der Datenanalyse stetig erweitern, werden die Länder durch wissenschaftliche Einrichtungen bei dieser Aufgabe in Form verschiedener Kooperationen unterstützt. Hierbei zeigte sich, dass neben der amtlichen Aufgabe des Monitorings auch die Kommunikation zu verschiedenen klimarelevanten Themen eine entscheidende Rolle spielt.

In den drei mitteldeutschen Bundesländern wurde die Bedeutung früh erkannt, diese Themen in effektiver Form mit den Mitteln des Internets web-basiert transportieren und darstellen zu können. Eine weitere Erkenntnis war, dass eine Betrachtung des Klimas, welche an den Landesgrenzen endet, nicht den natürlichen Klimaverhältnissen entspricht. Aus diesen Aufgaben, Möglichkeiten und Herausforderungen erwuchs die Idee eines länderübergreifenden Informationssystems, welches 2012 als Regionales Klimainformationssystem (ReKIS – www.rekis.org) operationell in Dienst gestellt wurde. ReKIS unterstützt beim Klima-Monitoring und stellt regionale Daten und Informationen mit Klimabezug bereit. Außerdem besitzt es eine Beratungsfunktion und dient damit nicht nur als Daten- und Informationsplattform, sondern ebenso als Kommunikationsmittel (in einer anonymisierten Verwaltungsstruktur).

ReKIS wird von den drei Bundesländern gemeinsam betrieben. Damit wirkt ReKIS über die administrativen Ländergrenzen hinweg und profitiert vom engen Austausch der Verwaltungen. ReKIS spricht dabei Klima-Laien wie auch Experten, die Verwaltung wie auch die Praxis an, um bei der lokalen und regionalen Entscheidungsfindung in Fragen der Klimaanpassung zu unterstützen.

1.2 ReKIS – Anliegen und Anforderungen

ReKIS wurde im Auftrag der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen durch die Professur für Meteorologie der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) entwickelt und wird auch von dieser seit 2012 administriert und erweitert. Das inhaltliche Angebot in ReKIS wird durch Redakteure im jeweiligen Länderbereich bereitgestellt und von der TU Dresden unterstützt. Das durch ReKIS abgedeckte Gebiet erstreckt sich über die drei Bundesländer und ist zusammen mit einem ReKIS Produkt in Abbildung 1.1 dargestellt.

Das Hauptanliegen von ReKIS ist die Bereitstellung, Dokumentation, Auswertung und Interpretation von Klimainformationen auf regionaler Ebene. Dabei wird keine Allgemeingül-

tigkeit im Sinne von globaler Übertragbarkeit angestrebt, sondern vor allem die lokalen Gegebenheiten auf dem lokalen Maßstab berücksichtigt. Dies bedeutet auch, dass Auswertungen und Informationen ausschließlich für diese Maßstabsebene und den Mitteldeutschen Raum konzipiert sind. Ein kleines Beispiel soll dies veranschaulichen. Es ist schwerlich möglich, die Niederschlagsverhältnisse (z.B. Luv- und Lee-Effekte) des Mitteldeutschen Raumes auf Küsten- oder Alpenregionen zu übertragen. Zu unterschiedlich sind die lokal dominierenden Prozesse der Landoberfläche. Deshalb wurde ein regionales Angebot erarbeitet, welches diesem Anspruch gerecht wird und andererseits auch den Ländern individuellen Gestaltungsspielraum in der Klimakommunikation bietet.

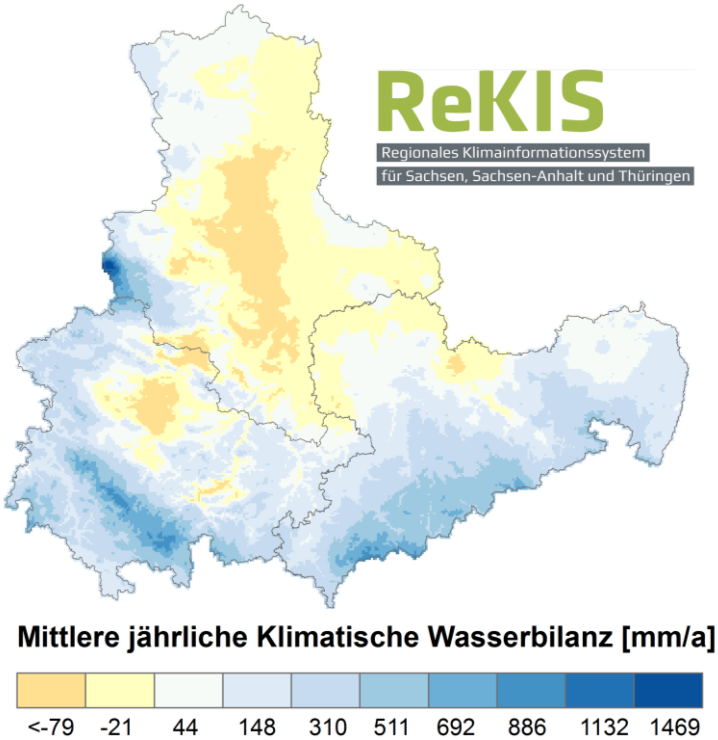

Abb. 1.1: Mittlere jährliche Klimatische Wasserbilanz (1961-1990) für das ReKIS Gebiet in 1 km Auflösung, ein Ergebnis des Rasterinterpolationsdienstes (RaKliDa)

Ursprünglich stand die Bereitstellung von beobachteten und projizierten Klimadaten und deren Auswertungen im Zentrum von ReKIS. Dies beruhte auf der Annahme, dass alleine die Bereitstellung bereits zum Handeln motiviert. In den letzten Jahren hat sich jedoch gezeigt, dass die Werbung um Wahrnehmung und Akzeptanz von Klimaanalysen in verschiedenen Handlungsfeldern notwendig ist, um tatsächlich Berücksichtigung bei Entscheidungsprozessen zu finden. In dieser Erkenntnis zeigt sich bereits, dass die Entwicklung von ReKIS ein kontinuierlicher und iterativer Prozess ist. In dessen Mittelpunkt steht der Anspruch, vor allem den Wünschen und den Anforderungen der Nutzerinnen und Nutzer gerecht zu werden.

Im nachfolgenden Abschnitt werden wichtige Datensätze, Funktionen und Angebote sowie Produkte vorgestellt, welche sich aus der iterativen Entwicklung ergeben haben.

1.3 ReKIS – Funktionen, Werkzeuge und Datensätze

ReKIS lässt sich in die drei folgenden Bereiche einteilen: ReKIS WISSEN, ReKIS KOMMUNAL und ReKIS EXPERT. Hierbei kann sich die genaue Bezeichnung der Bereiche im Laufe der Zeit verändern, da sie wesentlich aus Sicht der Nutzerführung auf der Plattform ist. An den inhaltlichen Kategorien sind jedoch keine grundlegenden Änderungen vorgesehen.

Der erste Bereich „ReKIS WISSEN“ ist der einführende Bereich und dient der Bereitstellung von allgemeinen Klimainformationen in Form von erklärenden Texten, Diagrammen und Karten. Der inhaltliche Bogen wird dabei vom globalen hin zum regionalen Klima gespannt. Dieser Bereich soll eine Grundlage zur Einarbeitung in das Thema Klima bieten sowie die bundeslandspezifischen Schwerpunkte hervorheben. Im zweiten Bereich „ReKIS KOMMUNAL“ handelt es sich um ein Angebot, welches gezielt für die Bedarfe kleinerer Gemeinden und Kommunen erarbeitet wurde, da aufgrund von Erfahrungen hier der größte Unterstützungsbedarf besteht. Der dritte Bereich „ReKIS EXPERT“ setzt ein gewisses Grundverständnis für die Daten und Methoden voraus, da in diesem Bereich einerseits größere Datensätze im Terabyte-Bereich bereitgestellt werden und andererseits anspruchsvolle Auswertungsfunktionen verfügbar sind.

Ein letzter wichtiger Aspekt von ReKIS ist das Angebot der Kontaktaufnahme, um Fragen zu Inhalten oder zu den Daten zu stellen. Hier gibt es neben dem Administrator auch die entsprechenden Länderredakteure, die für die Beantwortung der Anfragen verantwortlich sind.

Im Folgenden sollen ReKIS EXPERT und ReKIS KOMMUNAL detaillierter beschrieben werden.

1.3.1 ReKIS EXPERT

Im Funktionsbereich ReKIS EXPERT bündeln sich alle Datensätze, Werkzeuge und Funktionen der ReKIS-Plattform. Neben dem einfachen Download sind dort auch online Analysen der Datensätze möglich. Dabei steht eine Mashup-Map im Mittelpunkt, um sich die Verortung der Datensätze anzusehen und die in ReKIS verfügbaren Rasterdaten darzustellen. Außerdem gibt es browsergestützte grundlegende GIS-Funktionen, wie das Ausschneiden von Gebieten oder die Mittelwert- und Varianz-Berechnung von Rasterdaten. Den Bundesländern steht es hier frei zusätzliche Studien- und Projektergebnisse über einen FTP-Server bereitzustellen. Diese Ergebnisse können als einfacher Download, als KML/KMZ-Dateien oder WMS-Requests in der Karte dargestellt werden.

1.3.1.1 ReKIS – Download

Der Download-Bereich von ReKIS EXPERT kann in beobachtete Daten, sowie in Klimaprojektionsdatensätze eingeteilt werden. Der größte beobachtete Datensatz stammt vom Deut-

schen Wetterdienst (DWD). An allen beobachteten Datensätze erfolgt eine Qualitätskontrolle. Diese besteht aus einer Prüfung der Konsistenz, der Homogenität und der physikalischen Plausibilität der Zeitreihen (Franke, 2009). Außerdem wird das Klimaelementspektrum von gemessenen Größen um abgeleitete Größen erweitert. So werden neben dem windkorrigierten Niederschlag nach Richter (1995) auch Verdunstungen und die klimatische Wasserbilanz berechnet und bereitgestellt. Dies erfolgt unter der Voraussetzung, dass die nötigen gemessenen Eingangsgrößen zur Berechnung vorliegen. Weitere beobachtete Datensätze stammen aus den Landesmessnetzen der Bundesländer, sowie vom tschechischen (CHMI) und polnischen (IMGW-PIB) hydro-meteorologischen Dienst. Eine Besonderheit dieser Datenbank ist die zweimalige Aktualisierung pro Jahr. Diese ist notwendig, da nicht nur neue Messungen bis zum aktuellen Termin erfolgen, sondern auch für die Vergangenheit neue Messreihen vom DWD sowie mitunter neue Stationen verfügbar gemacht werden (siehe dazu das Projekt KLIMA-DIGI (DWD, 2008)). ReKIS basiert damit immer auf der aktuellen Datenbasis.

Für das Gebiet des Freistaates Sachsen wurde ein zusätzlicher klimatologischer Datensatz in das System aufgenommen, der sogenannte Klimareferenzdatensatz in täglicher und monatlicher Auflösung von 1961 bis 2015 (Bernhofer et al., 2019). Dieser ist wesentlich ausführlicher auf Homogenität der Messreihen geprüft und vollständig lückengefüllt, was belastbarere flächige Klimaanalysen ermöglicht als mit einem lückenhaften Datensatz.

Die Klimaprojektionsdaten aus regionalen Downscaling Experimenten bilden den mit Abstand größten Datenbestand von ReKIS. Es werden derzeit sowohl Datensätze des Coupled Model Intercomparison Projekts der Phase 3 als auch der Phase 5 vorgehalten. Diese Datensätze können gitterzellenweise heruntergeladen werden. Alle angebotenen Datensätze beginnen mit ihren historischen Läufen im Jahre 1961. Die Datensätze stammen aus unterschiedlichen Quellen, der Großteil aus dem EURO-CORDEX (2020) sowie den EPISODES-Läufen vom DWD (Kreienkamp et al., 2019). Außerdem stehen für Sachsen spezielle WETTREG Simulationen zum Download bereit, welche unter dem Namen WEREX-V (Bernhofer et al., 2016) und WEREX-VI zu finden sind (Spekat and Enke, 2020).

Das aus der ReKliEs-De (2017) Initiative abgeleitete deutschlandweite Kernensemble für RCP-Szenarien wurde in Zusammenarbeit mit dem DWD unter Hinzunahme des EPISODES-Datensatzes für das ReKIS Gebiet weiterentwickelt und mündete in einem Mitteldeutschen Kernensemble (MDK), welches die empfohlenen Klimamodelle enthält und eine repräsentative Bandbreite des möglichen zukünftigen Klimas im ReKIS Gebiet abgedeckt (LAU, 2020). Die drei beteiligten Bundesländer haben sich darauf verständigt, dieses MDK künftig vor anderen zu verwenden.

1.3.1.2 ReKIS - Rasterinterpolationsdienst

Der Rasterinterpolationsdienst - RaKliDa ist ein Webprozessierungsdienst, der Nutzeraufträge automatisch abarbeitet. Die Hauptaufgabe von RaKliDa besteht in der räumlichen Interpolation von Beobachtungsdaten oder projizierten Klimadaten zu meteorologischen Feldern. Die Interpolation fokussiert auf die Abbildung regionaler Effekte, wobei Rückkopplungsprozesse auf sehr kleinen Skalen (<100 m oder <1 d) nicht berücksichtigt werden. Für die Interpolation stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die zunächst durch die Nutzerinnen und Nutzer konfiguriert werden (Kronenberg et al., 2015; Kronenberg and Bernhofer, 2015). Die Erfahrung hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, den Nutzerinnen und Nutzern

sowohl die Methodenparameter als auch die Verfahren entsprechend des Klimaelementes und der zeitlichen Auflösung vorzugeben. Folgende Optionen stehen bei der Auftragserteilung über ein Webformular zur Wahl: der Datensatz, das Klimaelement, der Zeitraum, die zeitliche Auflösung (Tag, Monat, Jahr), der räumliche Ausschnitt und die räumliche Auflösung (100 m, 1000 m, 5000 m). Dabei ist die kleinste räumliche Ausdehnung eines Gebietes mit 10 km x 10 km festgelegt. Außerdem wird erfragt, ob die Datensätze über verschiedene Zeiträume gemittelt werden sollen.

Der Dienst entspricht keinem OGC Standard für Web Processing Services (OGC, 2018). Einzig das Datenausgabeformat ist definiert. Die Ausgabe erfolgt entweder im GRID-ASCII Format oder als XY-Tabellendateien. Das Koordinatensystem ist als Gauß-Krüger mit 4. Meridian (GK4) definiert. UTM Projektionen sind möglich, empfohlen wird allerdings die Nutzung des GK4-Rasters.

Ein großer Vorteil dieses RaKliDa-Dienstes ist die sogenannte „on-the-fly“-Interpolation, unter Verwendung des aktuellsten Datenbestandes. Denn in der regionalen Klimatologie zählt jede verfügbare Station, die dem Datenbestand durch Nachdigitalisierung hinzugefügt wurde. Die Ergebnisse der Interpolation können sowohl zur klimatologischen Analyse (Bernhofer et al., 2014, 2008), als auch für die Wirkmodellierung, z.B. Wasserhaushalts- oder Grundwasserneubildungssimulationen (Kronenberg et al., 2013), genutzt werden.

1.3.2 ReKIS KOMMUNAL

Die Funktionen des Datendownloads und der online Datenanalyse im ReKIS EXPERT, haben sich trotz ihrer einfachen Handhabung nicht als praktikabel erwiesen, um auf kommunaler Ebene einen direkten Beitrag bei klimarelevanten Entscheidungen zu leisten. Datensatz- als auch die Analysefunktionswahl setzen bereits fundiertes Vorwissen voraus und werden damit nur bedingt von kommunalen Anwenderinnen und Anwendern genutzt. Aus der Notwendigkeit heraus, auch in der kommunalen Verwaltung Klimainformationen in die Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen, hat sich auf Initiative des Freistaates Sachsen das EU-Projekt LLA (LIFE LOCAL ADAPT, 2016) entwickelt. Als Projektergebnis kann ReKIS-KOMMUNAL schon heute ein Unterstützungsangebot für kleine und mittlere Gemeinden bereitstellen. Gemeinsam mit Thüringen und Sachsen-Anhalt wird im BMBF-Projekt KlimaKonform (KlimaKonform, 2020) dieser Ansatz zu einer ReKIS-Plattform für Klimaanpassung im Mittelgebirge weiterentwickelt.

Ein wichtiges Ziel beider von der TU Dresden koordinierten Projekte besteht in der Entwicklung eines niedrigschwelligen Angebotes an Klimainformationen und Maßnahmenkataloge, um klimaangepasst zu handeln. Dazu zählen verschiedene Produkte, wie Gefahrenpotential-Karten oder kommunale Klimasteckbriefe, welche Klimainformationen auf Gemeindeebene bereitstellen und einfach, ohne Expertenwissen auf ReKIS gefunden werden können. Diese Steckbriefe fassen die wichtigsten Informationen zum beobachteten und projizierten Klima zusammen. Außerdem werden zahlreiche Klimaanpassungsmaßnahmen vorgestellt.

1.4 Ausblick und zukünftige Herausforderungen

ReKIS hat sich als Informationsplattform bewährt und als effektives Werkzeug zur Klimakommunikation etabliert. Über die langjährige Zusammenarbeit in der ReKIS Gemeinschaft

konnten effektive und kurze Kommunikationswege zwischen den zuständigen Fachbehörden der beteiligten Bundesländer aufgebaut werden. Um diesen Erfolg zu versteigen, muss ein solches System jedoch „leben“ und mit entsprechenden Ressourcen ausgestattet sein, um auch kurzfristige inhaltliche Erweiterungen zu ermöglichen.

Mindestens fünf Herausforderungen können identifiziert werden, welche man in den kommenden Jahren mit ReKIS begegnen muss.

1. Die Adressierung verschiedener Handlungsfelder der Anpassungsstrategie des Bundes an den Klimawandel (DAS) wie z.B. Gesundheit, Verkehr oder Katastrophenschutz. Dabei spielen der Aspekt der Verständlichkeit und dem Vertrauen in Daten und Informationen eine wesentliche Rolle. Entscheidungsträger ohne gesetzlichen Handlungsrahmen zum Handeln zu überzeugen, erfordert ein hohes Maß an Nachvollziehbarkeit der angebotenen Klimainformationen. Damit eng verbunden ist die Herausforderung die verschiedenen Handlungsfelder in ReKIS sinnvoll und auffindbar zu integrieren. In diesen Handlungsfeldern spielen unter anderem landwirtschaftliche Ertragsmodellierung, Bodenfeuchtemodellierung, Wasserhaushaltsmodellierung, sowie Erosionsmodellierungen eine Rolle. Die Komplexität der Anwendungen und die Bezüge zu mehreren Handlungsfeldern macht es zu einer sehr anspruchsvollen Aufgabe, diese sinnvoll in die ReKIS-Plattform zu intergieren und gleichzeitig zu gewährleisten, dass sie verständlich sind und den Ansprüchen von Verwaltung und Praxis gleichermaßen genügen.

2. Eine INSPIRE-konforme Bereitstellung der angebotenen Geo-Daten. In den Geodateninfrastrukturgesetzen der Bundesländer wird eine Bereitstellung von Geo-Daten nach einheitlichen Standards gefordert, um einen einfachen Austausch von Daten und Informationen zu gewährleisten. Zur Umsetzung dieser Forderung wurden bereits erste Schritte unternommen, die die Integration von Web Map Services (WMS), Web Feature Services (WFS) sowie eines Katalog-Dienstes in ReKIS vorsehen.

3. Bereitstellung von Witterungsinformationen, also dem längerfristigen Charakter des Wetters. Durch das vermehrte Auftreten von Starkregen und Dürren, steigt die Bedeutung der Witterung in den letzten Jahren. Auch wenn die Witterung an sich nicht zum Klima gezählt werden kann, wird sie dennoch klimarelevant über die Statistik langer Zeiträume. Dadurch werden vermehrt auch tagesaktuelle Anfragen an das System gestellt, die solche Witterungen vor dem Hintergrund der Klimadaten bewertet sehen sollen. Für den Umgang mit diesen Anfragen gibt es erste Lösungsansätze, deren technische Umsetzung bereits ausgearbeitet wird.

4. Unsicherheit und Korrektur von Klimaprojektionen. Um ReKIS-Daten der Klimazukunft in Wirkmodellen einzusetzen, etwa zur Ertragssimulation in der Landwirtschaft, müssen sie korrigiert werden, um einen systematischen Fehler bei Vergleich mit Messdaten zu vermeiden. Gleichzeitig wird dadurch die Bedeutung eines boden- und fernerkundungsgestützten Beobachtungsnetzes erhöht, während zumindest die klassische Klimamessung am Boden eher ausgedünnt wird. Neben dem Referenzklima an Wetterstationen müssen dabei zukünftig auch systematische Effekte des Mikroklimas (Bewuchs, Hanglage oder Siedlungsstruktur) und des Mesoklimas, etwa von Städten, berücksichtigt werden.

5. Umgang mit stetig wachsenden Datenmengen. Modellbasierte Klimadatensätze spiegeln unterschiedliche mögliche Entwicklungen wieder, sind sehr speicherintensiv und werden zukünftig durch neue Szenarien, neue Modelle und höhere Auflösungen weiter zunehmen. Hier

werden große Anstrengungen nötig sein, um diese Daten zu administrieren und auf regionalem Maßstab belastbar zu analysieren. Dem schließt sich an, nachvollziehbare und signifikante Ergebnisse herauszuarbeiten und diese verständlich und praktikabel anzubieten. Damit schließt sich der Kreis an Herausforderungen, denn mit einer höheren Informationsdichte steigt die Komplexität der Erklärung und eine einfache Klimakommunikation wird zur Herausforderung.

Literatur

Bernhofer, C., Franke, J., Fischer, S., Lynne, K., Körner, P., Kostrowski, D., Prasse, H., Schaller, A., Donix, T., 2014. Analyse der Klimaentwicklung in Sachsen, Schriftenreihe, Heft 3/2015. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Bernhofer, C., Goldberg, V., Franke, J., Häntzschel, J., Harmansa, S., Pluntke, T., Geidel, K., Surke, M., Prasse, H., Freydank, E., Hänsel, S., Mellentin, U., Küchler, W., 2008. Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.

Bernhofer, C., Pluntke, T., Barfus, K., Heidenreich, M., Kronenberg, R., Hauffe, C., Wagner, M., Schwarze, R., Gutzmann, B., 2019. Analyse und Bewertung der gemessenen meteorologischen Datengrundlage im Freistaat Sachsen sowie Erzeugung eines Klima-Referenzdatensatzes (No. Heft 7/2019), Schriftenreihe des LfULG. LfULG, Dresden.

Bernhofer, C., Pluntke, T., Schaller, A., 2016. Witterungsextreme im WEREX-V-Ensemble (No. Heft 9/2016), Schriftenreihe des LfULG. LfULG, Dresden.

DWD, 2008. Rettung historischer Klimadaten in Deutschland: das KLIDADIGI-Projekt des DWD. URL https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb2008_pdf/a7_2008.html;jsessionid=FCE7FBD6EA7E09A1D32E5880A59C1E6D.live3109 (accessed 1.21.21).

EURO-CORDEX, 2020. EURO-CORDEX - Coordinated Downscaling Experiment - European Domain. URL https://www.euro-cordex.net/ (accessed 1.21.21).

Franke, J., 2009. Risiken des Klimawandels für den Wasserhaushalt - Variabilität und Trend des zeitlichen Niederschlagsspektrums. Dresden.

KlimaKonform, 2020. KlimaKonform Gemeinsame Plattform zum klimakonformen Handeln auf Gemeinde- und Landkreisebene in Mittelgebirgsregionen. URL https://klimakonform.uw.tu-dresden.de/ (accessed 1.21.21).

Kreienkamp, F., Paxian, A., Früh, B., Lorenz, P., Matulla, C., 2019. Evaluation of the empirical–statistical downscaling method EPISODES. Clim. Dyn. 52, 991–1026. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4276-2

Kronenberg, R., Barfus, K., Franke, J., Bernhofer, C., 2013. On the Downscaling of Meteorological Fields Using Recurrent Networks for Modelling the Water Balance in a Meso-Scale Catchment Area of Saxony, Germany. Atmospheric Clim. Sci. 03, 552–561. https://doi.org/10.4236/acs.2013.34058

Kronenberg, R., Bernhofer, C., 2015. A method to adapt radar-derived precipitation fields for climatological applications: A method to adapt radar-derived precipitation fields. Meteorol. Appl. 22, 636–649. https://doi.org/10.1002/met.1498

Kronenberg, R., Franke, J., Bernhofer, C., Körner, P., 2015. Detection of potential areas of changing climatic conditions at a regional scale until 2100 for Saxony, Germany. Meteorol. Hydrol. Water Manag. 3, 17–26. https://doi.org/10.26491/mhwm/59503

LAU, 2020. Mitteldeutsches Kernensemble zur Auswertung regionaler Klimamodelldaten – Dokumentation. LAU (Hrsg.), Halle (Saale).

LIFE LOCAL ADAPT, 2016. LIFE LOCAL ADAPT - Integration of climate change adaptation into the work of local authorities. URL https://life-local-adapt.eu/de (accessed 1.21.21).

OGC, 2018. OGC® WPS 2.0.2 Interface Standard Corrigendum 2. URL http://docs.opengeospatial.org/is/14-065/14-065.html (accessed 1.21.21).

ReKliEs-De, 2017. Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland (ReKliEs-De). URL https://reklies.hlnug.de/home (accessed 1.21.21).

Richter, D., 1995. Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers, Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194.

Spekat, A., Enke, W., 2020. WMSax2.0 Bereitstellung eines Ensembles regionaler Klimaprojektionen für Sachsen (No. Heft 3/2020) (No. Heft 3/2020), Schriftenreihe des LfULG.