

Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement

Raum und Wirtschaft (rawi)

Murbacherstrasse 21

6002 Luzern

Telefon +41 41 228 51 83

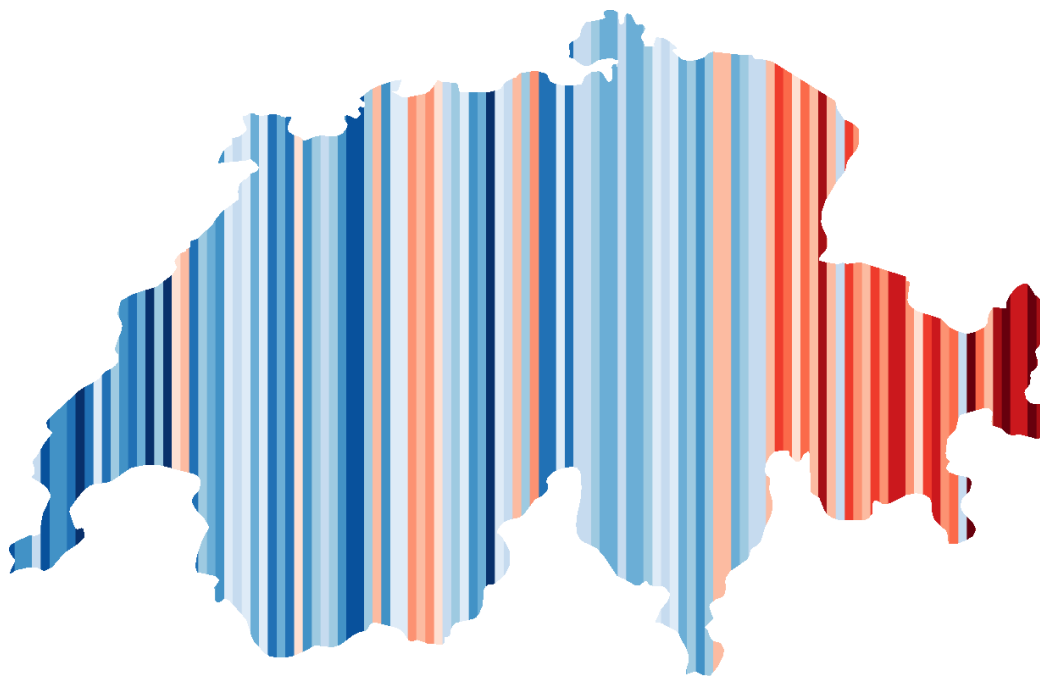
rawi@lu.ch

rawi.lu.ch

Projektbericht

SGS Projekt 2023/2024

342-3509: Klimaschutz und -adaption: Grundlagen und Applikationen



Luzern, 30. April 2024

Dokumentinformation:

Autor/in: Hächler Luc, Rothenbühler Evi

Titelbild: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel.html>

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage	3
1.1 Problemstellung	3
1.2 Auftrag	5
2 Kantonale Klimakarten auf geodienste.ch	5
3 Interaktive Visualisierung CH2018 Klimaszenarien	7
4 Interaktive Visualisierung von Klima-Beobachtungsdaten	11
4.1 Beobachtete Temperaturanomalie	12
4.2 Stationsdaten	13
4.3 Open Government Data Strategie Meteoschweiz	15
5 Fazit und Ausblick	16

1 Ausgangslage

1.1 Problemstellung

Das Angebot an räumlichen Grundlagendaten, die für Klimamonitoring verwendet werden können, ist schweizweit uneinheitlich oder deckt nur Teilaspekte ab. Dies, obschon sehr viele und detaillierte Informationen zu klimarelevanten Grundlagen und Szenarien sowohl bei Bund, Kantonen und der Wissenschaft vorhanden sind. Das vorliegende Projekt setzt hier an.

Als Klimagrundlagendaten werden in diesem Projekt die CH2018 Klimaszenarien des National Center for Climate Services (NCCS), die Klimabeobachtungsdaten der Meteoschweiz sowie die kantonalen Klimakarten betrachtet (siehe Abbildung 1). Diese bilden aus unserer Sicht eine erste Ausgangslage für die Erarbeitung von Prozessen zur einheitlichen Bereitstellung von beobachteten wie auch modellierten Klimagrundlagendaten.

Insbesondere sollen die Daten auf interaktive Weise und möglichst zentral zur Verfügung gestellt werden. Bisher sind sie in verschiedenen bereits bestehenden Publikationen mit einigen Einschränkungen verfügbar. Sei es nur statisch als PDF (CH2018), mit grossem administrativem Aufwand (Meteoschweiz) oder sehr heterogen auf verschiedenen Geoportalen (kantonale Klimakarten).

Verschiedene Kantone führen eigene hochaufgelöste Klimakarten – sogenannte Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten. Diese sind kantonal modelliert und stehen in unterschiedlicher Ausführung zur Verfügung. Unterschiede bestehen insbesondere in der Bezeichnung und Auswahl der Parameter der Klimaanalyse, wobei bestimmte Basisparameter bei allen Kantonen vorkommen:

- Wärmebelastung als humanbioklimatischer Index [PET] (Tag)
- Lufttemperatur (Nacht)
- Wärmeinseleffekt im Siedlungsgebiet (Nacht)
- Kaltluftvolumenstrom (Nacht)
- Kaltluftströmungsfeld (Nacht)

Als Eingangsdaten für die Modellierung wurden in jedem Kanton unterschiedliche Bodenbedeckungsklassen verwendet. Auch die Basisgeometrien für die Überführung der rasterbasierten Klimaanalysekarte in die vektoriellen Planungshinweiskarten sind kantonal unterschiedlich. Ausserdem haben einige Kantone (z.B. AG, BL, BS, GE, SO) neben dem aktuellen Klima auch eine Analyse mit einem Zukunftsszenario (z.B. 2030, 2035 oder 2060) gerechnet. Es handelt sich dabei um Geodaten der Klasse IV und V in Zuständigkeit der Kantone. Sie werden auf den kantonalen Geoportalen angeboten und sind noch nicht schweizweit aggregiert verfügbar.

Das NCCS besitzt viele Datensätze zu Klimaszenarien, die im CH2018-Webatlas auch räumlich visualisiert werden können. Neben verschiedensten Grafiken können auch schweizweite oder kantonal zugeschnittene Karten geladen und als PDF bezogen werden. Die bisherige statische Darstellung ist limitiert. Geodaten können nicht interaktiv eingesehen oder mit anderen Daten kombiniert werden. Auch die Weiterverarbeitung der Diagramme ist begrenzt, da die zugrundeliegenden Daten nicht direkt bezogen werden können.

Die Meteoschweiz verfügt über zahlreiche meteorologische Klimaindikatoren, die für Monitoringzwecke verwendet werden können. Momentan ist der Bezug dieser Daten für Kantone zwar kostenlos, jedoch mit erheblichem Aufwand verbunden. Eine einheitliche Plattform, auf welcher via einer interaktiven Karte die gewünschten Indikatoren visualisiert und/oder bezogen werden können, existiert bisher nicht.

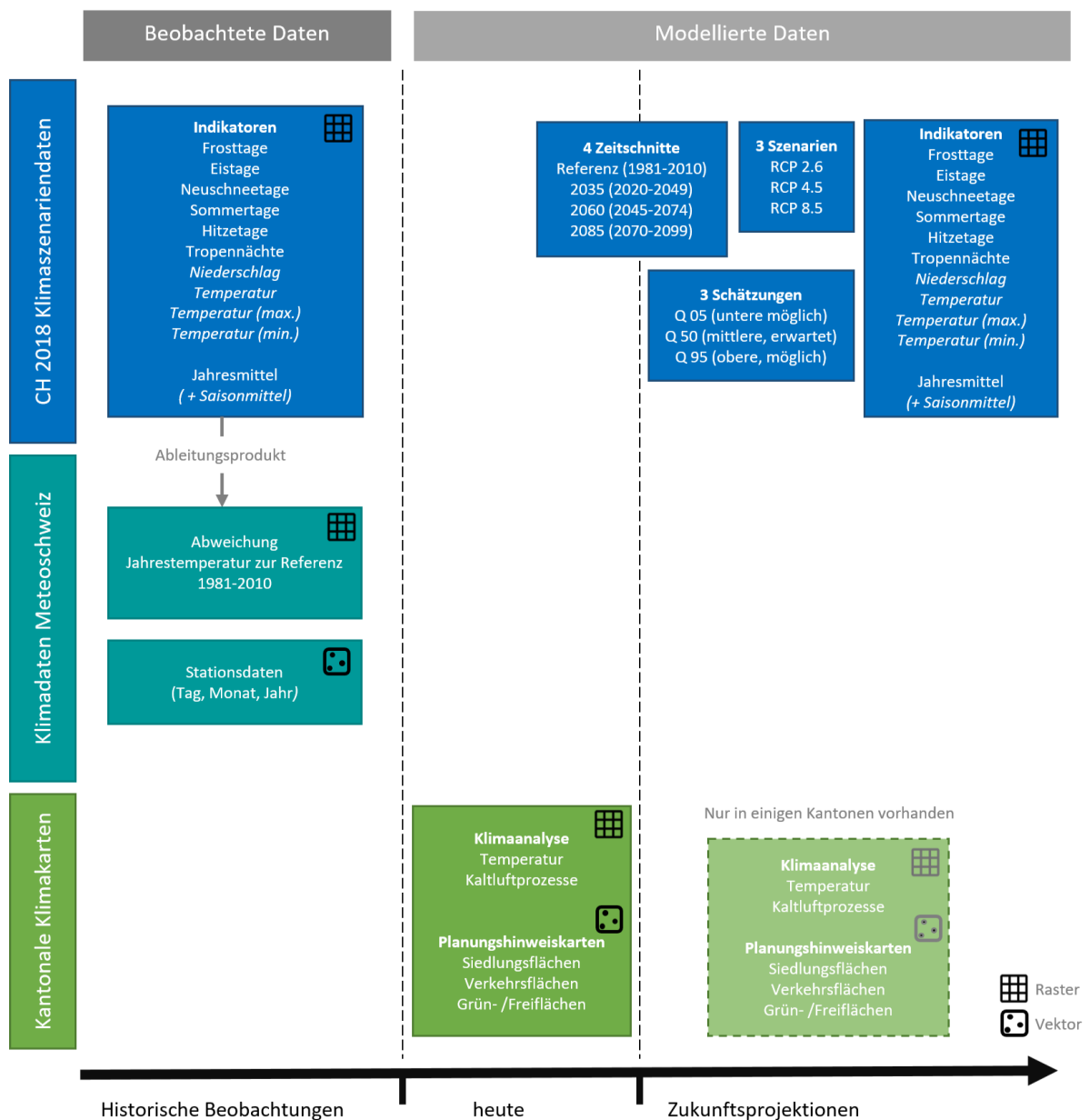


Abbildung 1: Übersicht schweizweiter Klimagrundlagen, die in diesem Projekt berücksichtigt werden

1.2 Auftrag

Das vorliegende Projekt ist ein Folgeprojekt von NGDI 21-22 «Bereitstellung relevanter Grundlagen für Klima Monitoring». Aus dem Schlussbericht des Vorgängerprojekts ergeben sich folgende Leistungen, die in drei Teilprojekten bearbeitet wurden.

- Teilprojekt 1: kantonale Klimakarten: Physiologisch äquivalente Temperatur (PET) auf geodienste.ch aufschalten
- Teilprojekt 2: Interaktive Visualisierung der CH2018 Klimaszenarien
- Teilprojekt 3: Interaktive Visualisierung von ausgewählten Klima-Beobachtungsdaten der Meteoschweiz

Gemäss Vertrag sind die Bereitstellung von Grundlagendaten und Modellen sowie die Aufschaltung auf geodienste.ch zentraler Fokus des Projekts. Für Teilprojekt 2 und 3 stand die Prüfung einer Publikation auf geodienste.ch im Vordergrund, bei Teilprojekt 1 die konkrete technische Umsetzung.

Das vorliegende Projekt wurde im Rahmen des Aktionsplanes der Strategie Geoinformation Schweiz SGS umgesetzt. Die Finanzierung erfolgte u.a. mit zweckgebundenen NGDI-Mitteln welche im Rahmen der Strategie für SGS bereitgestellt werden.

2 Kantonale Klimakarten auf geodienste.ch

Die Kantone sollen die Möglichkeit erhalten, ihre Klimakarten in aggregierter Form und einfach zugänglich auf geodienste.ch zur Verfügung zu stellen. Abbildung 2 zeigt, welche Kantone eigene Klimakarten erarbeitet haben oder wo diese in Arbeit sind.

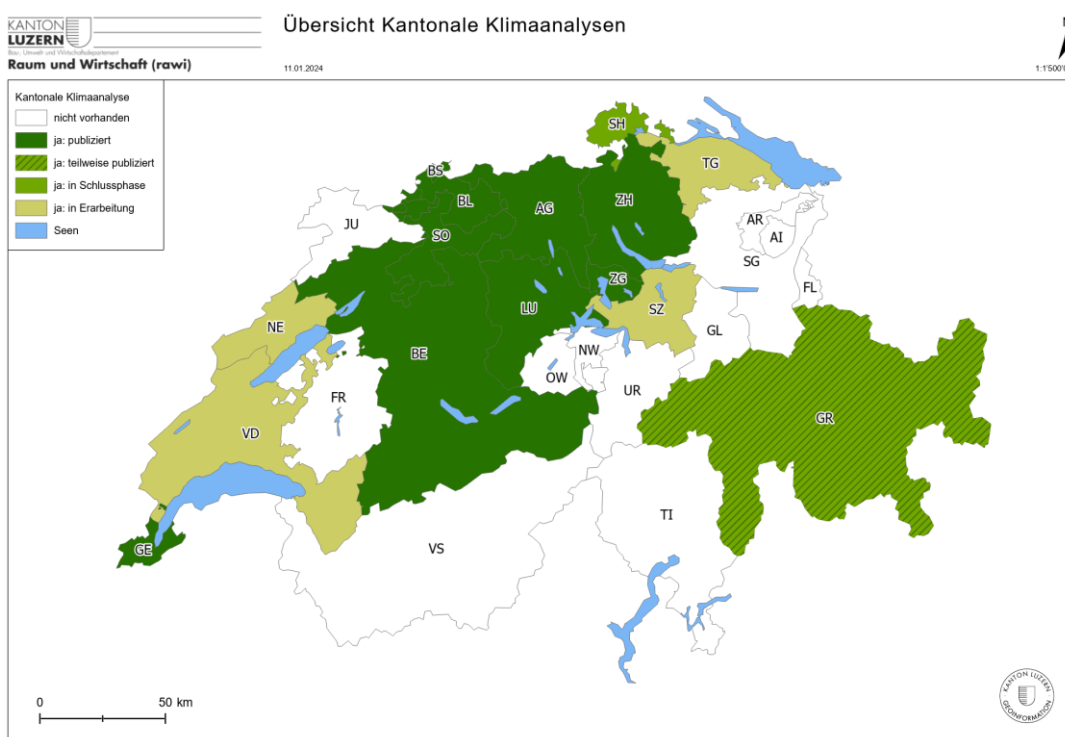


Abbildung 2: Kantone mit Klimakarten (Stand Januar 2024).

Die technische Umsetzung wurde anhand eines Piloten getestet und für die Umsetzung auf dem Produktivsystem vorbereitet.

Der gewählte Teildatensatz der kantonalen Klimakarten ist die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) oder umgangssprachlich, die gefühlte Temperatur. Die PET bildet die modellierte Wärmebelastung am Nachmittag im Freien ab und wurde für einen typischen Sommertag, der im aktuellen Klima regelmässig auftritt, modelliert. Sie ist ein Index und gibt Rückschlüsse auf das thermische Empfinden des Menschen in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Strahlung und wird vor allem durch die Beschattung beeinflusst. Die PET dient zur Bestimmung der klimatischen Aufenthaltsqualität während des Tages.

Dieser Teildatensatz dient als Pilot in der von 2022 – 2024 laufenden KGK Aktion «Umsetzungsplanung für Geobasisdaten der Klassen IV/V» und ist Teil des Umsetzungsprogramms VII.

Die Arbeiten umfassten 1) den Pilotimport auf die Testumgebung von geodienste.ch inklusive Abklärungen zu möglichen Erweiterungen bei der Bereitstellung von Rasterdaten auf geodienste.ch, 2) die Definition eines einheitlichen Darstellungsmodells und 3) die Erstellung einer Modelldokumentation. Als Beispieldaten wurden die Daten der Kantone Aargau, Bern und Luzern verwendet. Abbildung 3 zeigt die Datenintegration auf dem Testsystem von geodienste.ch.

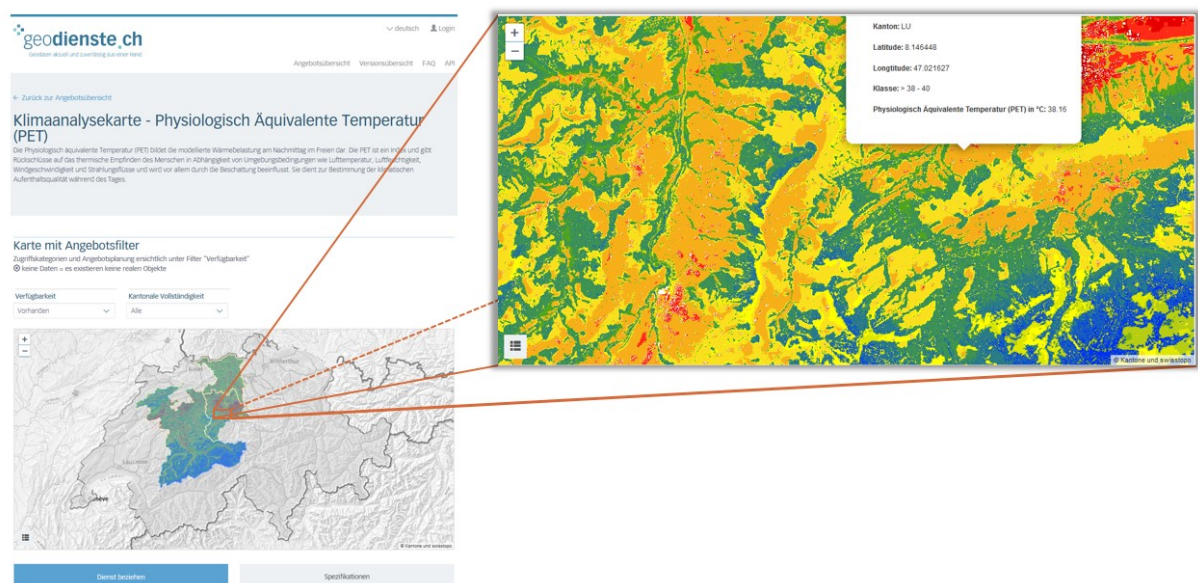


Abbildung 3: Testsystem von geodienste.ch mit den Daten für die gefühlte Temperatur der Kantone Aargau, Bern und Luzern.

Das Fehlen der Definition von No-Data Werten führte am Anfang zu Problemen bei der Darstellung. Für die einheitliche Darstellung via MapFile muss bei den Inputdaten der No-Data Wert zumindest als solcher definiert sein. Sinnvoll wäre es vermutlich sogar, einen allgemeinen Wert für No-Data vorzugeben, damit das Vorhandensein des Werts explizit geprüft und im Mapfile der No-Data Wert für alle mitgegeben werden kann. Verbindliche Vorgaben zur Datenstruktur, wie beispielsweise der No-Data Wert, sind zudem in einem INTERLIS-Modell festgelegt. Die Daten sollen künftig in Kombination mit einer INTERLIS-Datei inklusive weiteren Metadaten geliefert werden, die dann auf geodienste.ch mittels Informationsabfrage ausgewiesen werden können. Bisher ist das erst bei Vektordaten möglich. So kann z.B.

nicht nur der Rasterwert herausgelesen werden, sondern auch der Kanton, die Koordinaten, mögliche Angaben zum Modellierungsdatum etc. Dies ist auch in der Modelldokumentation festgehalten.

Einen Entwurfsstand der Modelldokumentation und der geplanten Inhalte zeigen Abbildung 4 & 5.



Dieser Entwurf soll bei den Kantonen, welche bereits eine kantonale Klimakarte haben, in Vernehmungslassung gegeben und die Rückmeldungen eingearbeitet werden. Die geplante Aufschaltung für das Angebot auf dem Produktivsystem ist im Q2 2024 geplant.

3 Interaktive Visualisierung CH2018 Klimaszenarien

Die Daten der CH2018 Klimaszenarien sind im Webatlas des NCCS einsehbar, jedoch nur als statische PDF-Karten. Ein interaktiver Zugriff auf Grafiken und Karten kann aus unserer Sicht die verfügbaren Daten weiter in Wert setzen. Ziel dieses Teilprojekts war es zu prüfen, ob die Plattform geodienste.ch dafür genutzt werden kann.

Zum Testen und Erarbeiten eines einfachen Datenbezugs und einer interaktiven Visualisierung der CH2018 Klimaszenarien wurden die in Abbildung 1 aufgeführten Daten vom NCCS bezogen. Zum Testen wurden Rasterdaten für alle Indikatoren, Szenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5) und Zeitschritte (Beobachtet (1981-2010), Nahe Zukunft 2035, Mitte Jahrhundert 2060 und Ende Jahrhundert 2085), jedoch nur für die Schätzung q50 (Median) verwendet. Diese Schätzung zeigt die Modellierungsergebnisse, die von den Experten erwartet wird. Auch für die Kommunikation der Daten sind die Medianschätzungen gemäss Rücksprache mit der Klimafachstelle des Kantons Luzern und dem NCCS die geeigneten Modellierungsdaten.

Die ersten Tests für die Visualisierung wurden für einen Teildatensatz im Bereich des Kantons Luzern durchgeführt. Dies noch in der Annahme, dass für eine Integration auf geodienste.ch die Daten pro Kanton aufbereitet werden müssen.

Nach Rücksprache mit den technischen Verantwortlichen von geodienste.ch ist die Integration von komplexen multidimensionalen Rasterdaten¹ auf Geodienste noch nicht möglich. Als

¹ komplexe multidimensionale Rasterdaten: Daten mit Variablen, die am gleichen Ort über verschiedene Zeitschritte und Ausprägungen (Szenarien) erfasst wurden. Für Klimamodelle typischerweise netCDF-Dateien.

mögliche Lösung wurde auch die Überführung der Rasterdaten in Vektordaten geprüft. Die verschiedenen aufbereiteten Daten wurden zu Testzwecken auf der WebGIS Infrastruktur des Kantons Luzern visualisiert (Abbildung 6).

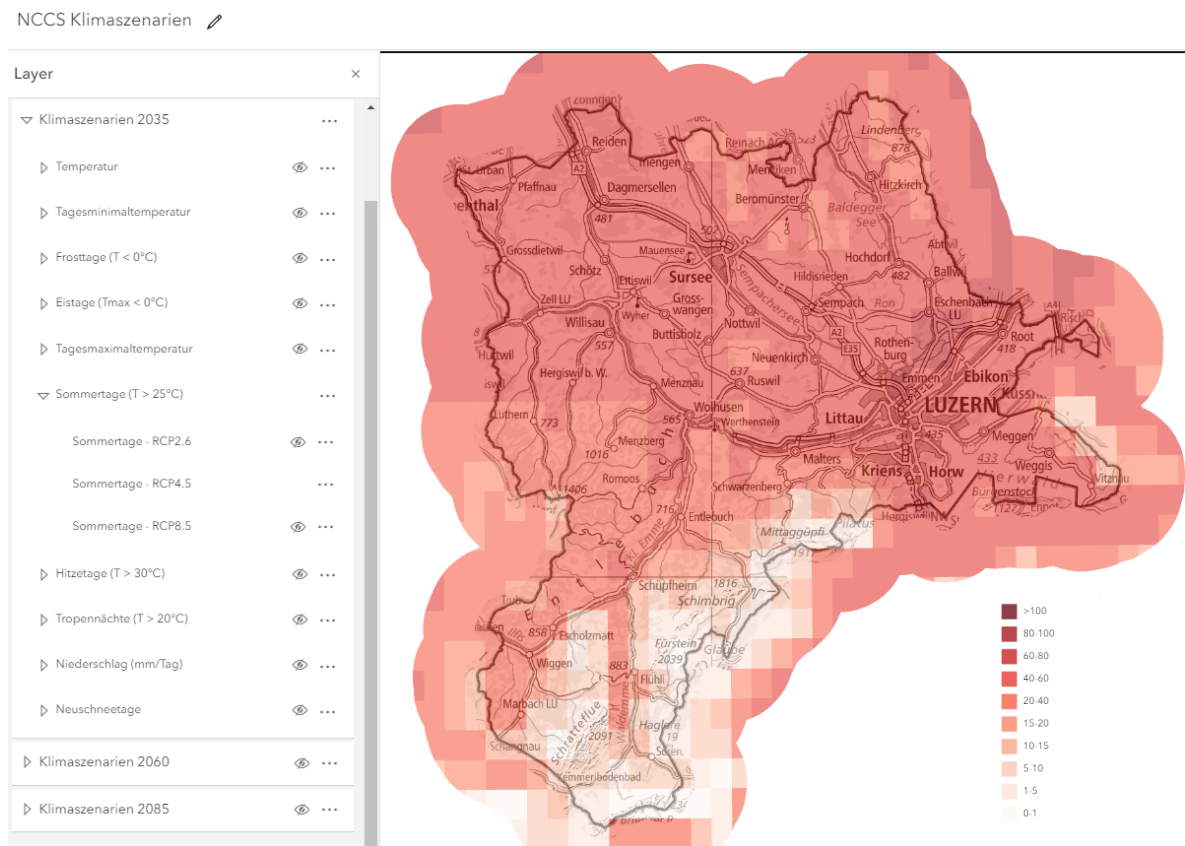


Abbildung 6: Visualisierungsbeispiel der CH2018 Daten für den Zeitschritt 2035 und die Variable Sommertage im Szenario RCP4.5.

Im Verlaufe des Projekts haben Abklärungen mit den technischen Verantwortlichen von geodienste.ch ergeben, dass theoretisch auch schweizweite Daten integriert werden können ohne diese vorgängig pro Kanton aufzuteilen. Diese sogenannte Broker-Methode wurde bereits beim Angebot [Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV](#) angewendet.

Die von uns angestrebte Plattform geodienste.ch für die Publikation ist keine Visualisierungsplattform, sondern macht Geodaten als Dienste verfügbar, um sie anderweitig einzubinden. Damit unser Ziel einer interaktiven Visualisierung erreicht werden könnte, müssten wir die Daten auf geodienste.ch integrieren, den Dienst in einer dezidierten Anwendung aufnehmen und diese Anwendung in die Nationale Geodateninfrastruktur integrieren.

Die Entwicklung einer solchen Applikation war mit den standardmässigen Werkzeugen im kantonalen WebGIS Luzern schwierig zu realisieren. Insbesondere ein für die Nutzenden eingängiger Zugriff auf die verschiedenen Zeitschritte, Szenarien und Indikatoren konnte nicht zufriedenstellend realisiert werden. Dies müsste mit einer spezifisch dafür entwickelten Applikation erfolgen. Im Rahmen des Projekts fehlten jedoch personelle Ressourcen für Softwareentwicklung. Ausserdem war nicht klar, ob und wie eine Applikation auf der kantonalen Infrastruktur des Kantons Luzern in die Nationale Geodateninfrastruktur integriert werden kann.

Ziel des Projekts ist es, allen Kantonen und Interessierten einen einfachen, interaktiven und zentralen Zugriff auf die Daten zu ermöglichen. Der Wunsch, die schweizweiten Klimaszenariendaten nicht nur als statische, sondern als interaktive Karten oder Grafiken zur Verfügung zu stellen, wurde von verschiedenen Kantonen im Rahmen des CercleClimat geäussert. In einer Arbeitsgruppe werden dort die Wünsche der Kantone bezüglich Visualisierung und Bezug von Klimadaten bearbeitet. Ziel soll eine interaktive Gestaltung der Grafiken sowie ein einfacher Bezug der visualisierten Daten sein.

Unsere Überlegungen und Erkenntnisse führen uns zu folgender Empfehlung:

Im Projekt Klimaszenarien CH2025 (Nachfolgeprojekt von CH2018) soll eine interaktive Kartenanwendung zum Visualisieren, Vergleichen und Beziehen der räumlichen Daten zur Verfügung gestellt werden. Möglich wäre z.B. eine Integration in die Bundesgeodateninfrastruktur und den dort verfügbaren Viewer map.geo.admin.ch für die Visualisierung und Interaktion der Kartenkomponenten zu nutzen. Zusätzlich könnte die Dashboardlösung auf der Website des NCCS ausgebaut werden.

Im Folgenden möchten wir diese zwei Wege der Visualisierung und Interaktion etwas ausführen. In beiden Fällen müssten im Rahmen eines Folgeprojekts für den Ausbau der Applikationen entsprechende Ressourcen bei den jeweiligen Institutionen eingeplant werden.

Die Dashboard-Lösung wurde und wird im Rahmen des CercleClimat diskutiert. Insbesondere gibt es die Idee die statischen PDFs (Faktenblatt) durch einen interaktiven Datenbezug zu ergänzen. Diesbezüglich laufen Aktivitäten einer Arbeitsgruppe aus dem CercleClimat in welcher auch die Meteoschweiz vertreten ist.

Auch im Kanton Luzern wurden im Kontext einer Entwicklung eines Klimadashboards konzeptionelle Überlegungen zu einem Dashboard angestellt. Die Entwicklung wurde leider aufgrund von Ressourcenmangel sistiert beziehungsweise extern vergeben. Das Ziel des Konzepts bestand darin, eine informative und interaktive Plattform zu schaffen. Nutzer sollten in der Lage sein, verschiedene Klimaindizes für ihren Standort abzurufen, wie beispielsweise die Anzahl der zu erwartenden Schneetage. Dies sollte für die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft möglich sein, basierend auf neuen Klimamodellen, die Daten von der Eiszeit bis zum Ende dieses Jahrhunderts ermöglichen. Die Darstellung von Klimafolgen in Verbindung mit Einflussfaktoren wie CO₂ könnte das Verständnis für das Klima vertiefen und persönlicher gestalten. Dies ist relevant, da Klimaszenariendaten oft als abstrakt und nicht greifbar wahrgenommen werden. Zusätzlich können abwechselnd angezeigte Fragen helfen die Grafiken zu verstehen oder um auf Klimaschutz- und Anpassungsmassnahmen aufmerksam zu machen. Diese Gedanken können gerne für den Ausbau einer Dashboardlösung von Klimaszenarien beigezogen werden.

Für die Kartenviewer Option in map.geo.admin.ch konnten im Rahmen eines Parallelprojekts des Kantons Luzern erste Erfahrungen gesammelt werden. In diesem Projekt standen persönliche Ressourcen für Softwareentwicklung zur Verfügung und so konnte eine spezifische Applikation auf Basis des kantonalen MapViewers entwickelt werden. Diese kann als Vorlage für eine mögliche Integration in die Bundesgeodateninfrastruktur auf map.geo.admin.ch dienen und veranschaulicht, welche Funktionalitäten für die Interaktion (Auswahl der Indikatoren, Szenarien, Zeitschritte und Vergleichen) ausgebaut werden müssten. Entsprechende Ressourcen wären für das Folgeprojekt einzuplanen.

Im Parallelprojekt ging es um die Bestrebung des Kanton Luzerns, die Klimaszenariendaten für die kantonale Verwaltung und die breite Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Das dafür gestartete Projekt konnte von den Erfahrungen und Testergebnissen dieses Teilprojekts profitieren. Es wurde eine Webapplikation für die Visualisierung und den Vergleich der Klimaszenarien CH2018 im Kanton Luzern erarbeitet. <https://map.geo.lu.ch/klimaszenarien/hitzetage> Pro Indikator können die verschiedenen Zeiträume und Szenarien interaktiv ausgewählt, visualisiert und verglichen werden (Abbildung 7 und 8). Dies macht das Klima über verschiedene Zeiträume erlebbar.

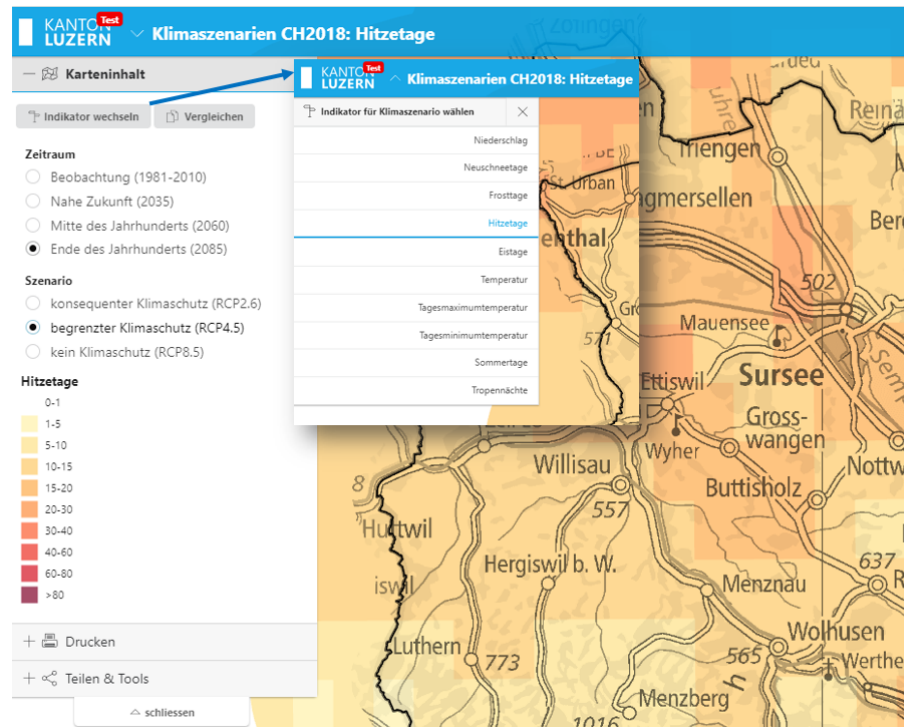


Abbildung 7: Indikatorauswahl und interaktive Konfiguration des gewünschten Zeitraums und Szenarios.

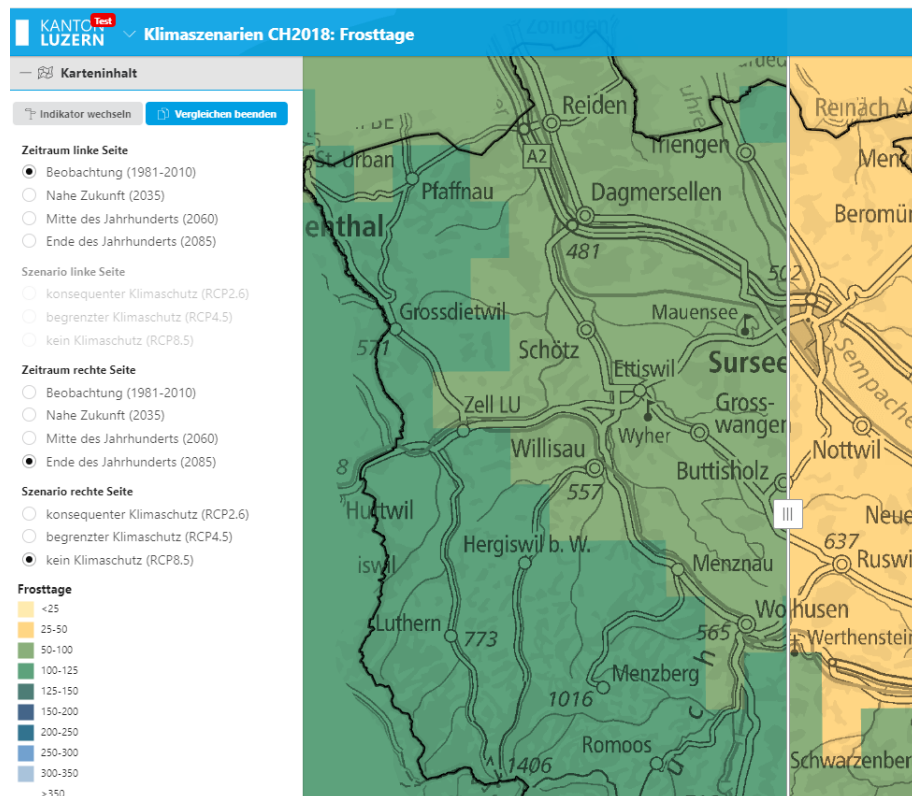


Abbildung 8: Vergleichsfunktion für Zeitraum und Szenario innerhalb des gewählten Indikators.

4 Interaktive Visualisierung von Klima-Beobachtungsdaten

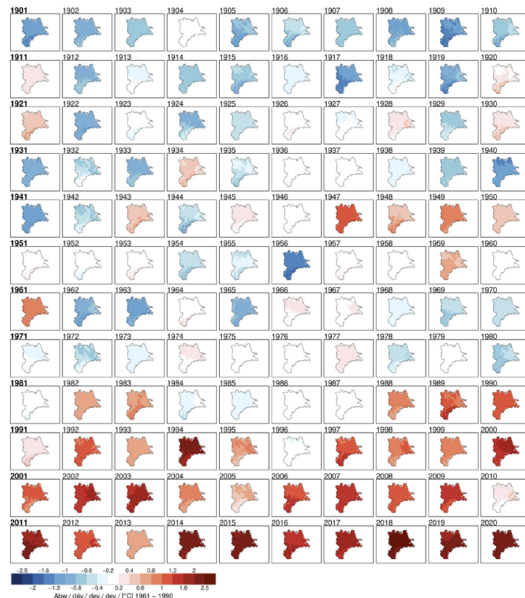
Basierend auf Klimabeobachtungsdaten wurden in einem parallel laufenden Projekt (Klimametrik, heute Teil einer Arbeitsgruppe des CercleClimat) verschiedene meteorologische Klimaindikatoren definiert. Diese Daten sind als Stationsdaten von Meteoschweiz verfügbar und ein Testdatensatz wurde für ein Proof-of-Concept bestellt. Ziel dieses Teilprojekts war es zu prüfen, ob die Plattform geodienste.ch für einen zentralen Zugriff auf diese meteorologischen Klimaindikatoren genutzt werden kann. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass nicht alle Kantone diese Daten separat bei Meteoschweiz bestellen.

Zusätzlich zu den Stationsdaten wurden auch Rasterdaten der Temperaturanomalie bestellt, die für die Kantonalen Faktenblätter CH2018 Daten als Titelbild verwendet wurden (siehe Abbildung 9). Ziel hier war es ebenfalls zu prüfen, ob diese Daten via geodienste.ch visualisiert und für die Kantone in interaktiver Form zur Verfügung gestellt werden können.

Ein zentraler Punkt bei diesem Teilprojekt war, dass die Daten nicht öffentlich verfügbar sind, jedoch von den Kantonen z.B. via Login bezogen werden dürfen.

Klimawandel im Kanton Luzern

Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft?



Changements climatiques dans le canton de Vaud

Ce que l'on sait et ce qui est attendu dans le futur

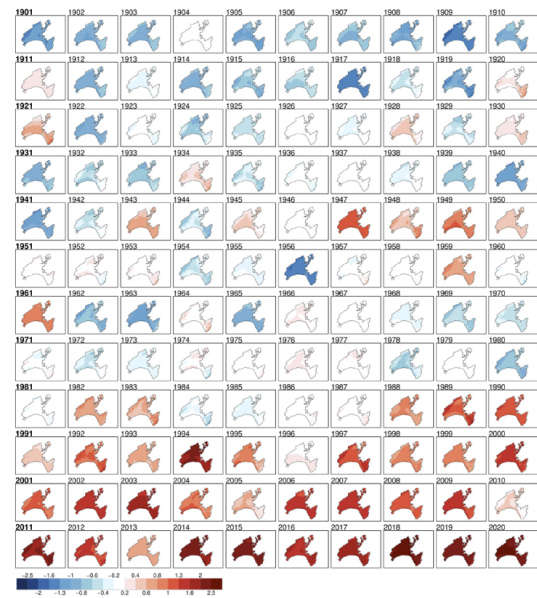


Abbildung 9: Titelblätter der Kantonalen Faktenblätter zum Klimawandel mit der beobachteten jährlichen Temperaturanomalie zur Referenzperiode 1961-1990.

4.1 Beobachtete Temperaturanomalie

Die Daten der Temperaturanomalie sind multidimensionale Rasterdaten, da sie über eine Zeitkomponente verfügen. D.h. für jede Rasterzelle sind räumliche Daten an mehreren Zeitschritten verfügbar. Die Daten wurden als jährliche Anomalie zur Referenzperiode 1981-2010 für die Jahre 1961-2020 geliefert. Im kantonalen WebGIS wurden die Daten hochgeladen und mittels Zeitschieber interaktiv visualisiert (siehe Abbildung 10). Die Darstellung wurde dabei der Visualisierung in den kantonalen Faktenblättern angeglichen.

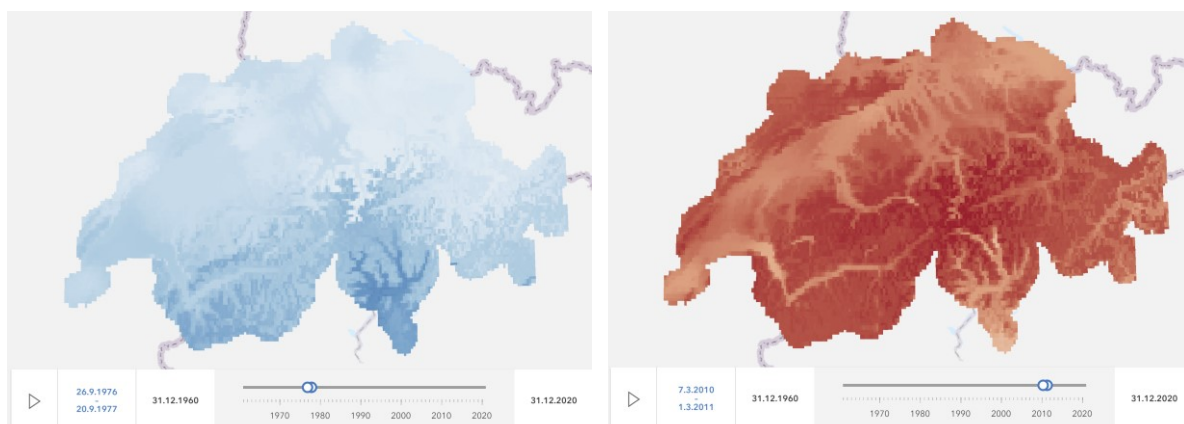


Abbildung 10: Temperaturanomalie für die Jahre 1976 und 2010 mit interaktivem Zeitschieber.

Die zeitliche Visualisierung stiess bereits im WebGIS an ihre Grenzen, da die Daten unterschiedliche Jahreszeitstände hatten (beispielsweise 31.12.1970 23:54:00 oder 1.1.1972 00:13:00). So war es schwierig, den geeigneten fixen Zeitintervall zu finden, um alle Jahresstände abbilden zu können.

Dies entspricht von der Idee her der später im 2023 neu aufgeschalteten Karten auf der Website von Meteoschweiz <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/applikationen/klima-monitor.html>. Allerdings ist dort nur der aktuelle Stand aufgeführt und die Abweichung ist nur aus der Legende ersichtlich und kann nicht durch einen Klick auf die Karte ausgelesen werden. Weiter sind die Referenzzeiträume als Kartenbilder herunterladbar [Normwert-Karten - MeteoSchweiz \(admin.ch\)](#).

4.2 Stationsdaten

Grundsätzlich gibt es die Stationswetterdaten in einer homogenisierten und in einer nicht-homogenisierten Form. Homogenisierte Stationsdaten sind bezüglich ändernden Sensoren über die Zeit korrigiert. Das heisst, Werte, die mit einem anderen Sensor gemessen wurden, werden nachträglich angepasst. Dies ist ein aufwändiger Prozess und wurde nicht für alle Zeiträume und Stationen in der Schweiz berechnet. Daher gibt es auch die nicht-homogenisierten Wetterdaten. Diese wurden bei einem Sensorwechsel nicht korrigiert. Trends können dort daher verfälscht sein. Im Rahmen der Arbeiten für dieses Projekt wurde versucht, beide Versionen der Wetterdaten ins GIS zu überführen.

Die gelieferten meteorologischen Daten wurden mit einem R-Skript verarbeitet. Ziel war die Datenumstrukturierung und -validierung.

Zuerst wurden die Koordinaten der Wetterstationen aus den Metadaten PDFs in eine Tabelle übertragen. Diese in Grad, Minuten und Sekunden vorliegenden Koordinaten mussten dann in Dezimalgrad umgewandelt werden, bevor sie in die metrischen Koordinaten vom Schweizer Koordinatensystem in LV95 transformiert werden konnten. Die korrigierten Koordinaten erlauben eine eindeutige Positionierung der Wetterstationsdaten im Raum (siehe Abbildung 12).

Das Skript verarbeitet die Wetterstationsdaten für die verschiedenen Zeitperioden (Jahreswerte, Monatswerte und Tageswerte) und fasst diese übersichtlich in einem GIS-lesbaren Format zusammen (geschmolzene Version mit allen Variablen in einer Spalte). Dies erlaubt z.B. die Darstellung in einem Dashboard. Zur Datenkontrolle wurde für jede Variable der Prozentsatz der nicht vorhandenen Werte gruppiert nach Stationseigenschaften berechnet und in einer separaten CSV-Datei festgehalten. Dabei haben wir festgestellt, dass die unterschiedlichen Zeitwerte nicht dieselben Daten enthalten und in sich teilweise nicht stimmig sind. Zum Beispiel stimmen die Niederschlagssummen von mehreren Tagen nicht mit den Monatssummen überein. Die Abbildung 11 zeigt einen Überblick über die gelieferten Daten von Meteoschweiz und vergleicht sie mit den durch die Kantone gewünschten physikalischen Klimaindikatoren zur Kontextualisierung von Klimaanpassungsindikatoren.

Monatswerte

Temperatur	Wind
<ul style="list-style-type: none"> th200m0 Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, homogenes Monatsmittel th200m1 Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, Abweichung des homogenen Monatsmittels von der Norm 9120 th200mx Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, absolutes Monatsmaximum, homogen th200mn Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, absolutes Monatsminimum, homogen th200m0 Nummer Sonnentage (Maximum 25 Grad C oder höher), Monatssumme, homogen th200m0 Nummer Hitzetage (Maximum 30 Grad C oder höher), Monatssumme, homogen th200m0 Nummer Tropennächte, Monatssumme, homogen th200m0 Nummer Kältetage, Monatssumme, homogen th200m0 Grad Celsius Kühlgradzahl (CDD nach USA), Monatssumme, homogen th200m0 Nummer Eistage (Maximum tiefer als 0 Grad C), Monatssumme, homogen th200m0 Nummer Heiztage, Monatssumme, homogen th200m0 Grad Celsius Heizgradzahl 12/20 (GdH, Heizgradtage), Monatssumme, homogen th2001mx Grad Celsius Monatsliches Mittel des täglichen maximalen Temperaturunterschiedes zwischen Tmax und Tmin 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200m0 Prozent Niederschlag, Verhältnis der homogenen Monatssumme konventionell zur Norm 9120 rh200mx Nummer Tage mit Niederschlag >= 20mm homogen; Anzahl Tage bei denen der tägliche Gesamtniederschlag >= 20mm war pro Monat rh200m0 Millimeter klimatische Wasserbilanz, Monatssumme rh200m0 Millimeter Niederschlag, homogene Monatssumme 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200m0 Nummer Neuschneehöhe; Anzahl Tage des Monats mit messbarem Neuschnee rh200m0 Nummer Schneehöhe; Anzahl Tage des Monats mit messbarem Schnee rh200m0 Zentimeter Schneehöhe; Monatsmittel 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200m0 Nummer Hellere Tage des Monats; relative Sonnenscheindauer grösser 80 %, homogen rh200m0 Nummer Trübe Tage des Monats; relative Sonnenscheindauer kleiner 20 %, homogen rh200m0 Minuten absolute Sonnenscheindauer, homogene Monatssumme rh200m0 Prozent Absolute Sonnenscheindauer, Verhältnis der homogenen Monatssumme zur Norm 9120 	

Physikalische Klimaindikatoren

Thema	Indikator
Hitze	Sommertage
Hitze	Hitzetage
Hitze	Hitzestress
Hitze	Tropennächte
Hitze	Kältetage
Hitze	Kühlgradtag
Kälte	Frosttage
Kälte	Eistage
Kälte	Tautage
Kälte	Heiztage
Kälte	Heizgradtage
Regen	Maximaler Eintages-Niederschlag
Regen	Maximaler Fünftages-Niederschlag
Regen	Tage mit starkem Niederschlag
Regen	Niederschlag an sehr nassen Tagen
Regen	Max. Anzahl zusammenhängender nasser Tage
Dürre	Max. Anzahl zusammenhängender Trockentage
Schnee	Tage mit Schneedecke
Schnee	Tage mit Neuschnee
Sonnenschein	Heitere Tage
Sonnenschein	Trübe Tage

Jahreswerte

Temperatur	Wind
<ul style="list-style-type: none"> th200y0 Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, homogenes Jahresmittel th200y1 Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, Abweichung des homogenen Jahresmittels von der Norm 9120 th200yx Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, absolutes Jahresmaximum, homogen th200yn Grad Celsius Lufttemperatur 2 m über Boden, absolutes Jahresminimum, homogen th200y0 Nummer Sonnentage (Maximum 25 Grad C oder höher), Jahressumme, homogen th200y0 Nummer Hitzetage (Maximum 30 Grad C oder höher), Jahressumme, homogen th200y0 Nummer Tropennächte, Jahressumme, homogen th200y0 Nummer Kältetage, Jahressumme, homogen th200y0 Grad Celsius Kühlgradzahl (CDD nach USA), Jahressumme, homogen th200y0 Nummer Eistage (Maximum tiefer als 0 Grad C), Jahressumme, homogen th200y0 Nummer Heiztage, Jahressumme, homogen th200y0 Grad Celsius Heizgradzahl 12/20 (GdH, Heizgradtage), Jahressumme, homogen th2001yx Grad Celsius Jährliches Mittel des monatlichen maximalen Temperaturunterschiedes zwischen Tmax und Tmin 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200y0 Millimeter Niederschlag, homogene Jahressumme rh200y1 Prozent Niederschlag, Verhältnis der homogenen Jahressumme konventionell zur Norm 9120 rh200yx Nummer Tage mit Niederschlag >= 20mm homogen; Anzahl Tage bei denen der tägliche Gesamtniederschlag >= 20mm war pro Jahr rh200y0 Millimeter klimatische Wasserbilanz, Jahressumme 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200y0 Nummer Neuschneehöhe; Anzahl Tage des Jahres mit messbarem Neuschnee rh200y0 Nummer Schneehöhe; Anzahl Tage des Jahres mit messbarem Schnee rh200y0 Zentimeter Schneehöhe; Jahresmittel 	
<ul style="list-style-type: none"> rh200y0 Nummer Hellere Tage des Jahres; relative Sonnenscheindauer grösser 80 %, homogen rh200y0 Nummer Trübe Tage des Jahres; relative Sonnenscheindauer kleiner 20 %, homogen rh200y0 Minuten absolute Sonnenscheindauer, homogene Jahressumme rh200y0 Prozent Absolute Sonnenscheindauer, Verhältnis der homogenen Jahressumme zur Norm 9120 	

Abbildung 11: Die linke bzw. rechte Seite zeigt nach Themen sortiert (Temperatur, Niederschlag, Schnee, Sonnenscheindauer) alle Variablen die in den Monats- bzw. Jahresdaten erhaltenen sind. Variablen zu Wind wären theoretisch aus den Tagesdaten ableitbar, sind aber nicht in den Monatsdaten vorhanden. Die Messdaten zeigen ein Thema direkt (schwarze e) z.B: homogenes Monatsmittel der Lufttemperatur oder als abgeleitetes Produkt (graue Variablen) einer Berechnung mit den Messdaten z.B. Abweichungen von der Referenz oder die Anzahl Hitzetage. In der mittleren Tabelle sind physikalischen Klimaindikatoren aufgelistet, die im Rahmen des CercleClimat (Projekt Klimametrik) als Möglichkeit für die Kontextualisierung von Klimaanpassungsindikatoren vorgeschlagen wurden. Diese stellen eine erste Auswahl dar, die die Kantone für ihre Arbeit im Bereich Monitoring von Klimaanpassungsmassnahmen benötigen könnten. Hier zeigen die farbig (petrol) hinterlegten Variablen Daten, die bei den Wetterstationen schon als Monatsdaten vorhanden sind. Die Variablen in schwarz müssten noch abgeleitet werden.

Zusammenfassend sind schon sehr viele Klimaindikatoren verfügbar. Die Wetterstationsdaten könnten als Geodaten folgendermassen publiziert werden:

- Stationsposition als verorteter Punktdatensatz
- Stationsposition als verorteter Punktdatensatz und Variablen für Jahres- und Monatswerte als separate Tabelle
- Stationsposition mit Variablen für Jahres- und Monatswerte als verorteter Punktdatensatz

Die letzte Variante wurde ins kantonale Web-GIS integriert und in einem interaktiven kartenbasierten Dashboard-Prototypen visualisiert. Die gewählte Datenstruktur ist einfach visualisierbar, aber noch nicht sehr performant. Hier müsste bei weiteren Arbeiten noch optimiert werden.

Die Hauptfunktionen des Dashboards sind 1) die Auswahl der Variablen und der Station; 2) die Visualisierung unterschiedlicher Zeiträume und 3) das Herunterladen des angezeigten Diagramms als csv-Datei.



Abbildung 12: Kartenbasierter Prototyp eines Dashboards für Wetterstationsdaten mit interaktiver Variablen und Stationsauswahl (1), Zeitraumselektion (2) sowie Downloadfunktion (3).

Dieser Prototyp, der Anfang 2023 entwickelt wurde, entspricht in etwa der Idee des später im 2023 aufgeschalteten Dashboard von Meteoschweiz <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publicationen/applikationen/messwerte-und-messnetze.html>. Die Arbeiten an diesem Teilprojekt wurden nicht prioritär weiterverfolgt, da neben dem oben genannten Dashboard im Sommer 2023 auch eine Medienmitteilung zur geplanten Open Government Strategie der Meteoschweiz Daten veröffentlicht wurde.

Weitere Wetterstationsdaten lassen sich hier als Bild anzeigen:

Daten: [Klima-Indikatoren - MeteoSchweiz \(admin.ch\)](#)

Trends: [Trends an Stationen - MeteoSchweiz \(admin.ch\)](#)

4.3 Open Government Data Strategie Meteoschweiz

Im Verlauf des Projekts wurde im August 2023 die [Medienmitteilung](#) zur geplanten Open Government Data Strategie der Meteoschweiz publiziert. Diese sieht vor, die Daten der Meteoschweiz ab ca. 2025 öffentlich zugänglich zu machen. Um Doppelspurigkeiten zu vermeiden, wurde das Teilprojekt Visualisierung Beobachtungsdaten zurückgestellt.

Es ist zu klären, wie ein Zugang zu den gewünschten Daten der Meteoschweiz aussehen wird. Handelt es sich um reine Datenbezüge oder werden auch bereits Visualisierungsprodukte angeboten?

Eine Möglichkeit sehen wir darin, dass unsere Erkenntnisse in eine Pilotanwendung für die OGD-Umsetzung z.B. der beobachteten Anomalien einfließen könnte.

5 Fazit und Ausblick

Die hier behandelten Teilprojekte zeigen auf, welche Möglichkeiten geodienste.ch bietet und wo es evtl. bessere Plattformen gibt, um Klimagrundlagendaten in zentraler Art und Weise anzubieten. Die Plattform geodienste.ch wurde entwickelt, um kantonale Geodaten aggregiert zur Verfügung zu stellen.

Das Teilprojekt 1 *Kantonale Klimakarten* zeigt anschaulich, wie Rasterdaten auf der Plattform integriert werden können und welche Weiterentwicklungen nötig sind, um das Angebot für Nutzende interaktiv und möglichst intuitiv zu gestalten. Die Plattform kann grundsätzlich auch für den Import schweizweiter (nicht pro Kanton) Daten genutzt werden. Die Teilprojekte 2 und 3 hatten zum Ziel die Nutzung von geodienste.ch für die interaktive Visualisierung von Rasterdaten und Vektordaten zu testen. Für die gewählten Klimagrundlagendaten (komplexe multidimensionale Rasterdaten und Vektordaten mit Zeitkomponenten) ist sie aber nicht geeignet, da insbesondere keine Interaktion mit Zeitvariablen möglich ist.

Es bestehen jedoch andere Plattformen, auf welcher eine interaktive Integration von zeitbasierten Geodaten angestrebt werden kann und wo räumliche Klimagrundlagendaten zentral angeboten werden können. Im Rahmen von Teilprojekt 2 und 3 haben wir daher zwei Prototypen entwickelt. Basierend auf diesen Erkenntnissen sehen wir grosses Potential in den folgenden drei Plattformen.

Ein Ausbau von map.geo.admin.ch (als Teil der Nationalen Geodateninfrastruktur) für die Thematik «Klima» hätte grosses Potential. Insbesondere für die räumlichen Komponenten der Klimaszenarien. Mit dem Prototyp von Teilprojekt 2 gibt es auch schon einen Umsetzungsentwurf, der im Kanton Luzern nun angewendet wird.

Eine zweite Möglichkeit wäre die Integration der Daten ins geplante Nationale Geoportal (NGDI-Portal). Dieses wird erst noch entwickelt und könnte die gewünschten Interaktionsfunktionen für komplexe multidimensionale Rasterdaten sowie Daten mit Zeitkomponenten aufgreifen. Hier können die Prototypen aus den Teilprojekten 2 und 3 als Inspirationsquelle dienen.

Als dritte Möglichkeit ergeben sich Chancen im aus dem Projekt CH2025. In diesem Projekt werden die bestehenden Schweizer Klimaszenarien (CH2018) auf neue Klimamodelle aktualisiert. (<https://www.meteoschweiz.admin.ch/ueber-uns/forschung-und-zusammenarbeit/projekte/2023/klima-ch2025.html>) Daraus ergibt sich die Chance, die neuen und aktualisierten Daten (Karten und Grafiken) auf einem interaktiven Dashboard zu visualisieren und zum Herunterladen anzubieten. Zu beachten ist hierbei, dass die Daten nach dem Download weiterbearbeitet werden können und nicht nur statisch als PDF verfügbar sind. Der Prototyp aus Teilprojekt 3 kann hier als Basis für einen Entwurf dienen.