



**Bundesanstalt
für Agrarwirtschaft
und Bergbauernfragen**

Eine Einrichtung des
Bundesministeriums für Land- und
Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

*L. Mitterhuber, R. Neissl, F. Stender,
K. Schroll, G. Zeglovits*

Abschlussbericht zu Projekt

**BAB 049/21: Open Data Cube als Datenrepository und
Analysewerkzeug für Dürremonitoring**

Wien, Dezember 2024

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	3
1 Ausgangssituation	4
2 Zielsetzung.....	5
3 Anwendungsbeispiel Dürremonitoring – Theorie und Methodik	6
3.1 Dürre – Definitionen und Indizes	6
3.2 Vergleich zwischen Klimanormalperioden durch Berechnung unterschiedlicher Klimaparameter – Klimaentwicklung auf Grünland- und Ackerflächen.....	7
3.3 Bestehende Werkzeuge und Projekte zum Dürremonitoring	9
3.4 Dashboard für ein laufendes Monitoring der Klimaentwicklung auf landwirtschaftlichen Flächen	10
4. Durchgeführte Arbeiten – Technische Umsetzung.....	13
4.1 Arbeiten 2021	13
4.2 Arbeiten 2022	14
4.3 Arbeiten 2023	15
4.4 Arbeiten 2024	16
5. Ergebnisse	18
6. Fazit	20
Literatur	22
Anhang	24

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Grünlandflächen und berechneter Mittelpunkt je KG.....	7
Abb. 2 Veränderung der Wasserbilanz je KG	8
Abb. 3 Dashboard mit Jahresniederschlag auf Ebene der Hauptproduktionsgebiete, 2018.....	11
Abb. 4 Dashboard mit Monatsniederschlag [mm], Kleinproduktionsgebiete, April bis Juli 2018; Karten	11
Abb. 5 Dashboard mit Monatsniederschlag [mm], Kleinproduktionsgebiete, April bis Juli 2018; Tabellen	12
Abb. 6 Dashboard mit SPEI90, Hauptproduktionsgebiete, August 2024	13
Abb. 7 Schema skalierbare Analyseplattform	15
Abb. 8 Schema BigData Processing	17
Abb. 9 Automatisierter Workflow.....	19

1 Ausgangssituation

Bei dem gegenständlichen Projekt handelt es sich um eine Weiterentwicklung des 2020 abgeschlossenen Pilotprojektes „Dürremonitoring – Open Data Cube“. Das vorangegangene Projekt wurde von der Abteilung II/1 des BML in Auftrag gegeben und vom LFRZ durchgeführt. Ziel war es, eine technische Lösung für die Verwaltung, Analyse und Bereitstellung großer Mengen („BigData“) an Erdbeobachtungs- und Rasterdaten zu eruiieren und deren Anwendbarkeit anhand des spezifischen Beispiels eines Dürremonitorings zu prüfen. Im Zuge dessen wurden mehrere OpenSource-Softwareprodukte evaluiert und das Tool Open Data Cube (ODC) für diese Zwecke als am geeignetsten identifiziert.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis wurde der ODC in der Infrastruktur der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB) in Form einer Testumgebung aufgesetzt. Die ODC-Technologie ist für die effiziente Bearbeitung multidimensionaler Daten (zeitliche und räumliche Dimensionen) optimiert und ermöglicht dadurch das Erkennen und die Analyse von Entwicklungen und Trends. Ursprünglich für Satellitendaten konzipiert, wurde der ODC im Rahmen des Projekts um zusätzliche Daten wie ALS-Höhenmodelle, INVEKOS-Daten und Klimadaten der GeoSphere Austria erweitert. Der Anwendungsfall wurde gewählt aufgrund Erfahrungen des BML im Frühjahr 2018. Aufgrund eines sich abzeichnenden bevorstehenden Dürreszenarios mussten im BML rasch Entscheidungsgrundlagen für die weitere Vorgehensweise von Fördermaßnahmen eruiert werden – basierend auf einer unzureichenden Datenlage und Berechnungskapazität. Dies hat den Bedarf eines österreichweiten Trockenheitsmonitorings und einer effizienten Berechnungsinfrastruktur für Rasterdaten im BML aufgezeigt. Im Rahmen des Projekts „Dürremonitoring – Open Data Cube“ wurde eine erste Annäherung an die komplexe Thematik erarbeitet. Nach ausführlichen Beratungen mit Spezialist:innen der Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie (GeoSphere Austria), der HBLFA Francisco Josephinum, der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und der Österreichische Hagelversicherung fiel die Entscheidung, sich aufgrund der verfügbaren Datenbasis zunächst auf den Parameter „Klimatische Wasserbilanz“ zu fokussieren.

Das Pilotprojekt hob technische und inhaltliche Herausforderungen hervor, die zukünftige Entwicklungen adressieren sollten wie etwa die Integration zusätzlicher Datenquellen. Zudem stellte die Verarbeitung großer multidimensionaler Datenmengen hohe Anforderungen an die Infrastruktur, insbesondere an Speicher- und Rechenkapazitäten. Die performante Analyse von Zeitreihen sowie die Implementierung gängiger Dürreindizes wie den Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) wurden als notwendig erkannt, um ein fundiertes Monitoring zu ermöglichen. Diese Erkenntnisse boten ein vielversprechendes Potenzial für die Weiterentwicklung der Infrastruktur und den Ausbau der Technologie in Form eines Folgeprojektes, das in Kooperation mit dem LFRZ durchgeführt wurde.

2 Zielsetzung

Ziel dieses Projekts ist es, mithilfe des OpenSource-Tools ODC ein Werkzeug zu schaffen, mit dem große Mengen an räumlichen und zeitbasierten Rasterdaten verwaltet und für Analysen bereitgestellt werden können. Die Wahl des ODC entstammt einem Auswahl- und Testprozess im Zuge des Vorgängerprojekts. Im Rahmen dieses Projekts soll die bereits bestehende Infrastruktur weiter ausgebaut und die Pilotumgebung in eine skalierbare, ausfallsichere und hoch performante Produktivumgebung überführt werden. Neben Satellitenbildern, für die der ODC ursprünglich konzipiert wurde, sollen weitere Daten flexibel und kontinuierlich integriert sowie bereitgestellt werden.

Diese Daten werden in Form von Zeitreihen in diesen mehrdimensionalen Datenwürfel indiziert, was es ermöglicht, sie gemeinsam mit den Satellitendaten in einem System zu verschneiden. Diese Kombination unterschiedlicher Datenquellen soll maßgeschneiderte Analysen ermöglichen. Zusätzlich zur rein räumlichen Analyse kann im mehrdimensionalen Datenwürfel auch die zeitliche Dimension in den Berechnungen und Auswertungen berücksichtigt werden, was die performanten Analysen von großen Datenmengen („BigData“) und Zeitreihen ermöglicht.

Das Analyse-Tool soll an der BAB etabliert werden, um wiederkehrende Datenauswertungen als Entscheidungsgrundlage agrarpolitischer Fragestellungen in Zukunft wesentlich zielgerichteter und vor allem performanter durchführen zu können. Das Tool soll als zentraler Datenknoten dienen und offen für die flexible Integration zusätzlicher Datenquellen sein. Damit soll ein Teil der bestehenden Geodateninfrastruktur ersetzt werden. Diese Lösung soll Fehlerquellen minimieren, allen Nutzer:innen die aktuellsten Daten unmittelbar zur Verfügung stellen und zentral verwaltet werden.

Ein Teilziel ist es, dass Nutzer:innen die notwendigen Analysen selbständig am eigenen Client via Internetbrowser auf der dahinterliegenden Infrastruktur durchführen können. Dabei sollen bestehende Analysefunktionen erweitert und wiederkehrende Auswertungen diverser Fragestellungen aktualisiert werden können. Vor allem österreichweite Analysen werden dabei in den Vordergrund gerückt. Als Beispielanwendung soll ein Monitoring der klimatischen Entwicklung Österreichs speziell für landwirtschaftliche Flächen eingerichtet werden.

Seitens des BML wurde zudem im Rahmen des gegenständlichen Projekts der Wunsch geäußert, grafische Auswertungen mit aktuellen, österreichweiten Daten zur Niederschlags- und Trockenheitssituation auf Basis der landwirtschaftlichen Produktionsgebiete zu erstellen, um großräumige klimatische Trends frühzeitig zu erkennen.

3 Anwendungsbeispiel Dürremonitoring – Theorie und Methodik

Wie in der Ausgangssituation bereits dargestellt, wurde aufgrund von Erfahrungen mit der Dürre im Frühjahr 2018 der Bedarf an einer performanten und effizienten Infrastruktur zur Auswertung großer Mengen von Rasterdaten im BML erkannt – weshalb das Dürremonitoring als Anwendungsbeispiel im Projekt dient. Da der Fokus des Projekts auf dem Aufbau der technischen Infrastruktur für die Datenauswertung liegt und keine umfassende Abhandlung zum Thema Dürre – werden folgend kurz unterschiedliche Definitionen und gebräuchliche Indizes von Dürre erläutert und die Wahl der berechneten Indizes argumentiert. Weiters wird die Methodik zur Berechnung von unterschiedlichen Klimaparametern zum Vergleich und Erkennen von Trends zwischen den Klimanormalperioden erläutert. Basierend auf dem Wunsch seitens des BML eines laufenden Monitorings der Niederschlagsituation wird weiters die Entwicklung der Auswertung und Darstellung mittels Web-Dashboard erklärt.

3.1 Dürre – Definitionen und Indizes

Unter Dürre versteht man einen Mangel an Wasser, der durch weniger Niederschlag und/oder eine höhere Verdunstung durch erhöhte Temperatur (oder Wind) als üblich verursacht wird (vgl. *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Glossar - D - Dürre*, o. J.). Je nach Dauer und Auswirkungen unterscheidet man folgende Definitionen bzw. Arten von Dürre:

- meteorologische Dürre (ein bis zwei Monate trockener als üblich),
- landwirtschaftliche Dürre (zwei Monate und länger trocken, Ernteeinbußen),
- hydrologische Dürre (ab vier Monate, Grundwasser und Pegel betroffen)
- sozio-ökonomische Dürre (ab einem Jahr, Wassermangel bremst produzierende Wirtschaft)

Wobei nach Anwendungsbereich zusätzlich weitere Definitionen existieren. Abhängig von lokalen Gegebenheiten treten Auswirkungen auch früher auf. Zur Detektion und Bewertung von Dürren werden unter anderem Dürreindizes verwendet (*Drought Monitoring and Early Warning*, 2006; Zornig, 2021).

Die „Klimatische Wasserbilanz“ wurde im Vorgängerprojekt „Dürremonitoring – Open Data Cube“ nach ausführlichen Beratungen mit Spezialist:innen als erste Annäherung an einen Dürreindex herangezogen. Darunter versteht man die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration. Da sich Niederschlagsmengen auch regional sehr unterscheiden, lassen einfache Differenzwerte keine überregionalen Vergleiche zu. Bei standardisierten Indizes werden die Werte hingegen auf eine gemeinsame Skala gebracht, was die direkte Vergleichbarkeit von Dürrebedingungen über verschiedene Regionen und Zeiträume hinweg ermöglicht.

Je nach verfügbarer Datenlage und Berechnungsinfrastruktur können verschiedene Indizes berechnet werden. Gebräuchlich sind zum Beispiel:

- Standardized Precipitation Index (SPI) – basiert auf Niederschlagsdaten

- Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) – basiert auf Daten zu Niederschlag und potentieller Evapotranspiration (temperaturabhängig)
- Palmer Drought Severity Index (PDSI) – basiert auf Niederschlag, Temperatur und Wasserhaltekapazität von Böden.

Gängige klimatische Dürreindikatoren beziehen sich meist auf das Verhältnis von momentan zugeführter Wassermenge – Niederschlag oder Wasserbilanz – zu einem Mittelwert eines längerfristigen Referenzzeitraums. Im Rahmen des Projektes wurde der Fokus auf die Berechnung und Abbildung der meteorologischen Dürre gelegt – mit den Eingangsgrößen Niederschlag und potentielle Verdunstung.

3.2 Vergleich zwischen Klimanormalperioden durch Berechnung unterschiedlicher Klimaparameter – Klimaentwicklung auf Grünland- und Ackerflächen

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden auf Anfrage der Abteilung IV/9 des BMF für jede Katastralgemeinde Österreichs definierte Klimaparameter für die Klimanormalperiode 1961-1990 als auch 1991-2020 berechnet. Zunächst wurde dafür je ein zentraler Mittelpunkt aller Acker- und Grünlandflächen pro Katastralgemeinde (KG) stellvertretend für die gesamten Flächen ermittelt (siehe Abb. 1). Als Datengrundlage für die Landwirtschaftsflächen wurden die INVEKOS Schläge von 2020 (AMA) herangezogen.

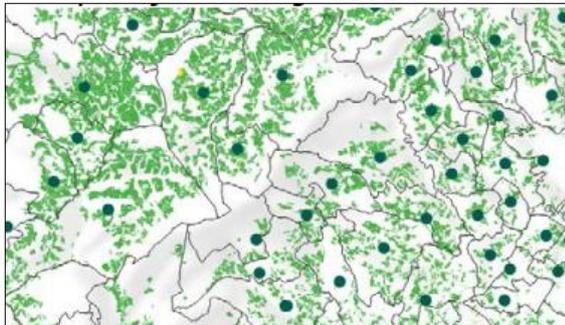


Abb. 1 Grünlandflächen und berechneter Mittelpunkt je KG

Für die ermittelten Punkte wurden die folgenden Klimawerte, jeweils für beide Klimanormalperioden, berechnet, wobei die detaillierte Berechnungsmethodik mit einem Experten der GeoSphere Austria im Vorfeld abgestimmt wurde:

- Ø Monats- und Jahresmitteltemperaturen
- Ø Anzahl der Hitzetage (≥ 30 °C)
- Ø Monats- und Jahresniederschläge
- Ø potentielle Jahresverdunstung / Evapotranspiration (unabhängig von real verfügbarer Wassermenge)
- Ø jährliche Klimatische Wasserbilanz
- Ø Tages-Maximaltemperaturen
- Ø Anzahl an Tagen in Trockenperioden ab 10 Tagen

Die Berechnungen wurden als Python-Skripte in Form von Jupyter-Notebooks durchgeführt. Die Daten selbst wurden davor in den ODC indiziert und von dort abgerufen. Die berechneten Werte wurden im Tabellenformat CSV exportiert und anschließend in QGIS kartografisch visualisiert. Katastralgemeinden ohne Grünlandflächen wurden in den Auswertungen nicht berücksichtigt. Eine Ergebniskarte, am Beispiel der Klimatischen Wasserbilanz (siehe Abb. 2 unten), zeigt die Veränderungen zwischen den untersuchten Klimanormalperioden. Die Klimatische Wasserbilanz hat sich trotz steigender Niederschläge aufgrund der höheren Verdunstung insgesamt leicht negativ entwickelt. Der Grund für die steigende Verdunstung liegt laut Klimastatusbericht 2020 an der Verlängerung der Vegetationsperiode – und der damit einhergehenden höheren Transpiration (Stangl et al., 2021). Niederschlag und Verdunstung bestimmen den Bodenwasserhaushalt wesentlich, dessen Kenntnis ist Voraussetzung, um vom Wetter auf Erträge zu schließen (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2017). Ebenso beeinflusst die zeitliche Verteilung von Niederschlägen den Bodenwasserhaushalt. Durch die Zunahme von Starkniederschlägen steigt der Oberflächenabfluss und es versickert im Verhältnis weniger Wasser in den Boden (Stangl et al. 2021). Positiver geworden ist die Wasserbilanz vor allem in den Steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen.

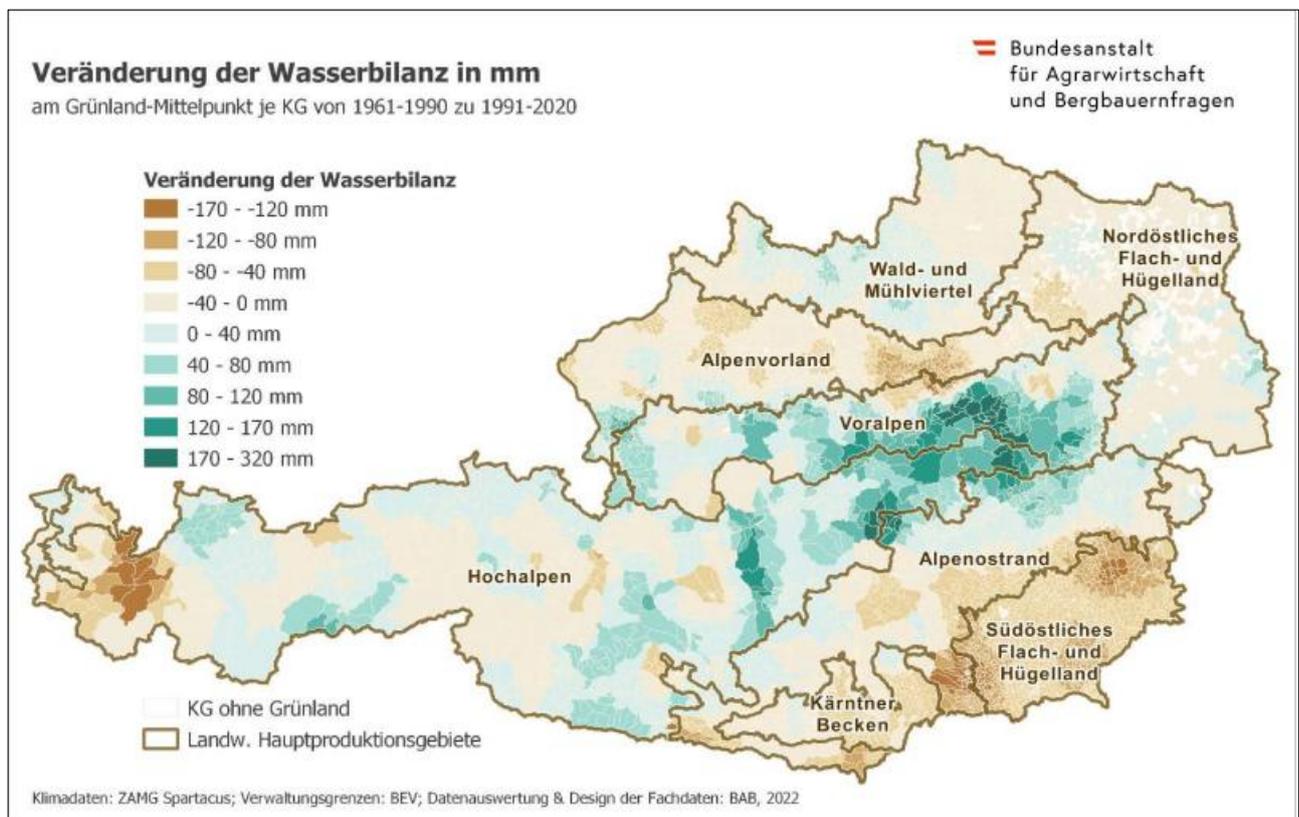


Abb. 2 Veränderung der Wasserbilanz je KG

Die relevanten Klimadaten wurden in Form von SPARTACUS- und WINFORE- Rasterdaten von der GeoSphere Austria (ehemals ZAMG) bereitgestellt. Diese Daten liegen österreichweit in einem 1x1km Raster, täglich und in bereinigter homogenisierter Form vor. Ohne den ODC wären derart komplexe – österreichweite – Berechnungen nicht in der kurzen Bearbeitungszeit von wenigen Tagen durchführbar gewesen. Es wurde

damit eine Basis geschaffen, welche es erlaubt, diese oder ähnliche wiederkehrende Fragestellungen bei Bedarf mit aktuellen Daten kurzfristig beantworten zu können. Die Analysefunktionen können mittels Jupyter-Notebooks für Nutzer:innen bereitgestellt und eigenständig nach Bedarf angepasst und erweitert werden.

Die Ergebnisse dieser Analysen wurden der Abteilung IV/9 des BMF zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt. Weiters wurde ein Factsheet mit dem Titel Klimaentwicklung auf Grünlandflächen erstellt, das im Anhang zu finden ist und einzelne beispielhafte Auswertungen enthält.

3.3 Bestehende Werkzeuge und Projekte zum Dürremonitoring

Da als Anwendungsbeispiel für das gegenständliche Projekt ein Monitoring der klimatischen Entwicklung Österreichs speziell für landwirtschaftliche Flächen eingerichtet werden sollte, wurde im Vorfeld eine Recherche bereits bestehender Produkte in diesem Kontext durchgeführt und folgend kurz dargestellt.

Mit dem **Webviewer des Alpine Drought Observatory (ADO)** wird ein Tool zur Verfügung gestellt, das die aktuelle und vergangene Dürresituationen im alpinen Raum in Form von Karten und Zeitreihen darstellt. Dabei können meteorologische Indizes wie der SPI, SPEI oder satellitenbasierte Vegetationsindizes wie der Vegetation Health Index (VHI) oder der Vegetation Condition Index (VCI) ausgewählt werden (*Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index - 1 - Alpine Drought Observatory | Eurac Research, o. J.*). Das European Drought Observatory (EDO) hat ein ähnliches Ziel, jedoch mit Fokus auf ganz Europa und einigen zusätzlichen Indizes (*Drought Observatories, o. J.*).

Das **Trockenheitsmonitoring- und Vorhersagesystem ARIS der österreichischen Landwirtschaftskammer** bietet aktuelle Informationen zum Trocken- und Hitzestress für verschiedene Nutzpflanzen und Grünland. Es verwendet Indikatoren wie pflanzenverfügbares Bodenwasser und Trockenheitsintensität, um den standortspezifischen Grad der Trockenheit zu visualisieren. Das System ermöglicht es Landwirten, den aktuellen und zukünftigen Trockenheitsstatus für spezifische Standorte in Österreich zu überwachen und zu planen (*Trockenheitsmonitoring- und Vorhersagesystem ARIS | Warndienst - Trockenheit, o. J.*).

Das **Projekt CRISDA (Climate Risk Services for Austria)** zielt darauf ab, ein umfassendes Klimarisikomanagement zu unterstützen. Dazu entwickelt und erforscht es wesentliche Bausteine für einen Dürre-Klimarisikodienst für Österreich (CRISDA, o. J.).

Die **Dürreindex-Versicherung der Österreichischen Hagelversicherung** berücksichtigt die beiden wichtigsten Parameter für Dürreschäden: Wassermangel und Hitze. Dafür werden Niederschlagsdefizite auf Basis von Wetterdaten der GeoSphere Austria im Vergleich zum 10-jährigen Durchschnitt berechnet. Dafür wird innerhalb der Katastralgemeinde ein Referenzpunkt (Messpunkt) herangezogen, der für alle Schläge der KG gilt (*Dürreindex-Versicherung, o. J.*).

3.4 Dashboard für ein laufendes Monitoring der Klimaentwicklung auf landwirtschaftlichen Flächen

Für das Monitoring des gegenständigen Projekts sollte der Fokus, im Vergleich zu bereits bestehenden Produkten, fokussiert auf landwirtschaftliche Flächen (Haupt- und Kleinproduktionsgebiete) gelegt werden. Auf Anfrage der Abteilung II/1 des BML sollte das Monitoring der klimatischen Entwicklung auf Grünland- und Ackerflächen (siehe Punkt 3.1) entsprechend ausgebaut werden. Hierfür werden klimatische Indizes (basierend auf Klimadaten) berechnet und mit langjährigen Mittelwerten verglichen. Dem Ministerbüro soll dadurch bei Bedarf schnell ein großräumiger Überblick über den Status hinsichtlich der aktuellen Niederschlagsituation in den 7 Hauptproduktionsgebieten (HPGs) ermöglicht werden. Gefordert wurden tabellarische Abbildungen und Visualisierungen, die zu Beginn eines Monats automatisch aktualisiert werden. Aktuell werden auf Basis landwirtschaftlicher Flächen jährliche und monatliche Klimakennwerte wie der Niederschlag und der SPEI berechnet und visualisiert. Damit kann ein langfristiges Monitoring von Veränderungen klimatischer Parameter durchgeführt und mit dem Open-Source-Tool Apache Superset in Form von Dashboards dargestellt werden. Die Dashboards können publiziert und via Permalink zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist es möglich, die Rechte der Benutzer:innen ganz individuell anzupassen und Dashboards auch nach außen hin gänzlich offen bereitzustellen.

Es wurden zwei Dashboards entwickelt, um die meteorologische Dürre abzubilden, jeweils für den Niederschlag und den standardisierten Indexwert der klimatischen Wasserbilanz (SPEI). Die klimatische Wasserbilanz wird täglich über die vergangenen 30, 90 und 365 Tage aufsummiert, wobei der Einfluss auf die Gesamtsumme für die beiden kürzeren Aggregationszeiträume linear in die Vergangenheit abnimmt. Die klimatische Wasserbilanz wird in weiterer Folge auf die Häufigkeitsverteilung in der Vergangenheit (umfasst zwei Klimanormalperioden 1961-2020; je Pixel und Tag des Jahres) bezogen und in eine Standard-Normalverteilung transformiert (GeoSphere Austria, 2020). Für das Monitoring wurde der 90-tägige SPEI gewählt.

Beim Niederschlags-Dashboard kann jeweils zwischen Haupt- und Kleinproduktionsgebiet und Jahres- und Monatsniederschlag gewählt werden. Der Jahresniederschlag wird sowohl als Karte, als auch als tabellarische Auswertung dargestellt. Optional können einzelne Haupt- oder Kleinproduktionsgebiete selektiert werden. Es werden immer die absoluten Niederschlagssummen [mm] sowie die relative Abweichung zur Klimanormalperiode 1991-2020 [%] dargestellt, siehe Abb. 3 und Abb. 4 unten.

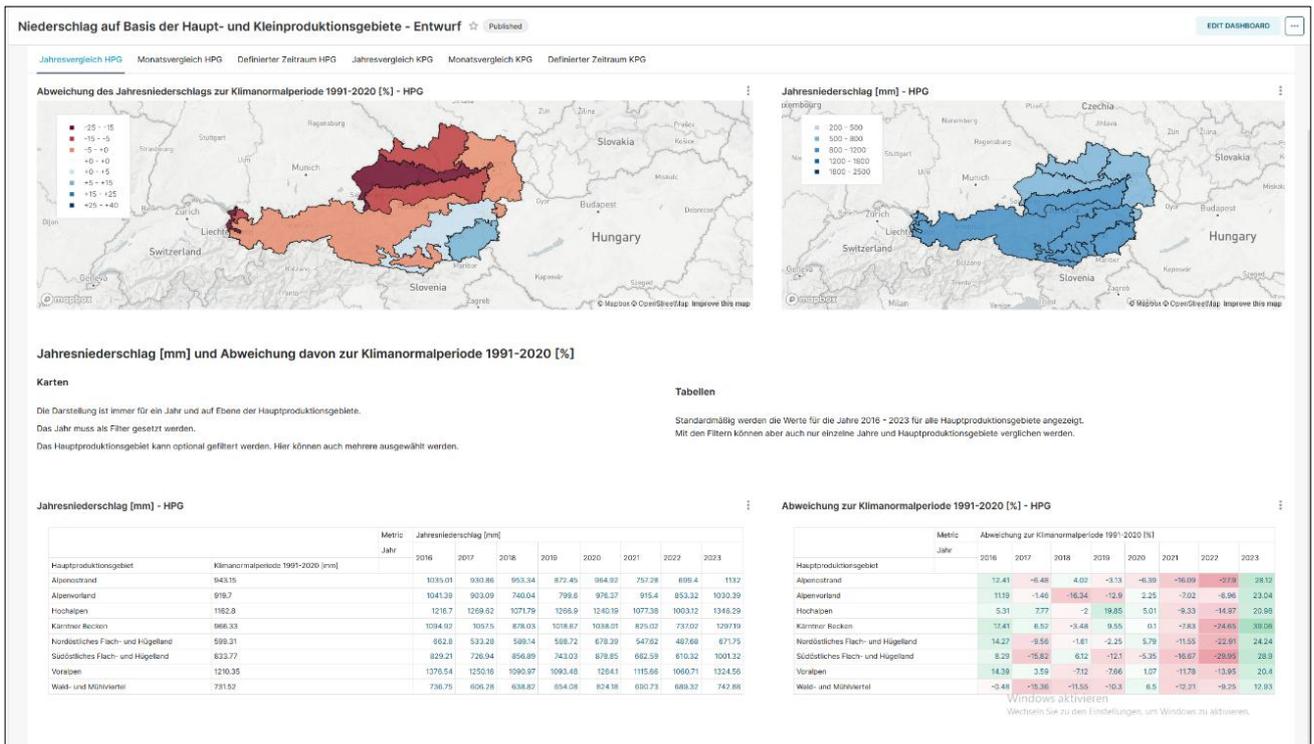


Abb. 3 Dashboard mit Jahresniederschlag auf Ebene der Hauptproduktionsgebiete, 2018

Beim Monatsniederschlag kann ein beliebiger Zeitraum aus zusammenhängenden Monaten definiert werden, über die der Niederschlag gemittelt wird.

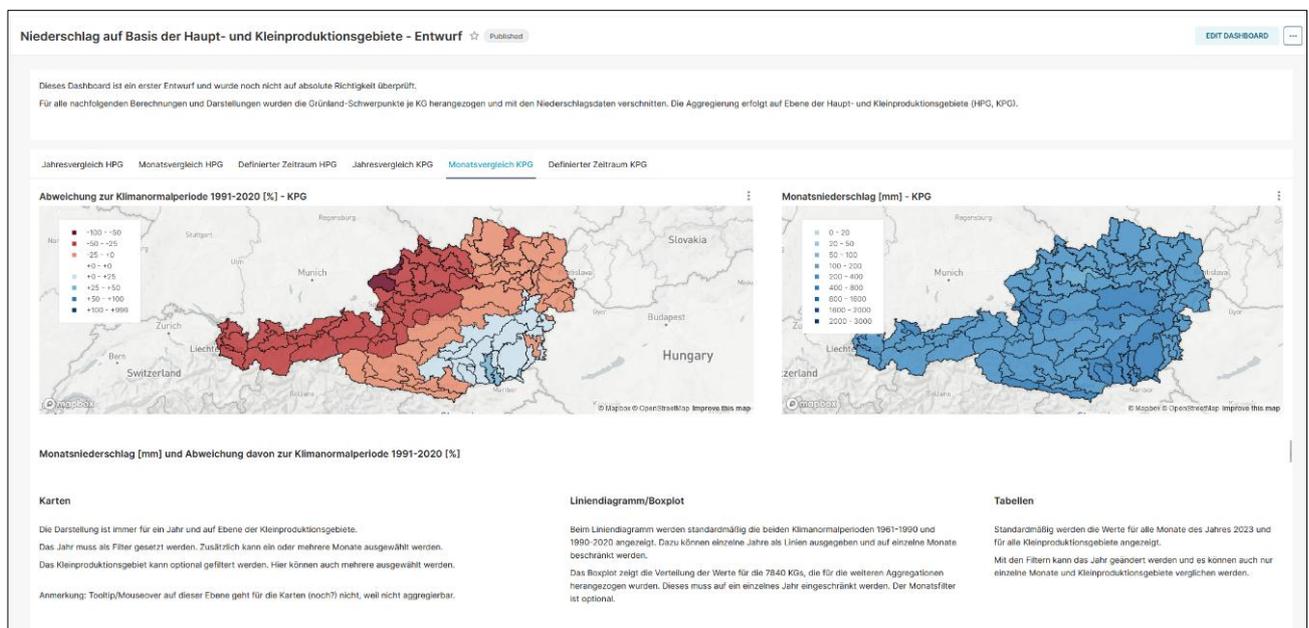


Abb. 4 Dashboard mit Monatsniederschlag [mm], Kleinproduktionsgebiete, April bis Juli 2018; Karten

Neben den tabellarischen Darstellungen des monatlichen Niederschlags [mm] des gewählten Zeitraums, des durchschnittlichen Monatsniederschlags der Klimanormalperiode 1991-2020 [mm] und der Abweichung des Monatsniederschlags zur Klimanormalperiode [%], werden für einen besseren Überblick zusätzlich Visualisierungen mittels Linien- und Boxplot-Diagramme angeboten. Letztere basieren auf den nicht aggregierten Werten und zeigen die Verteilung des Monatsniederschlags auf Ebene der KGs, siehe Abb. 5.

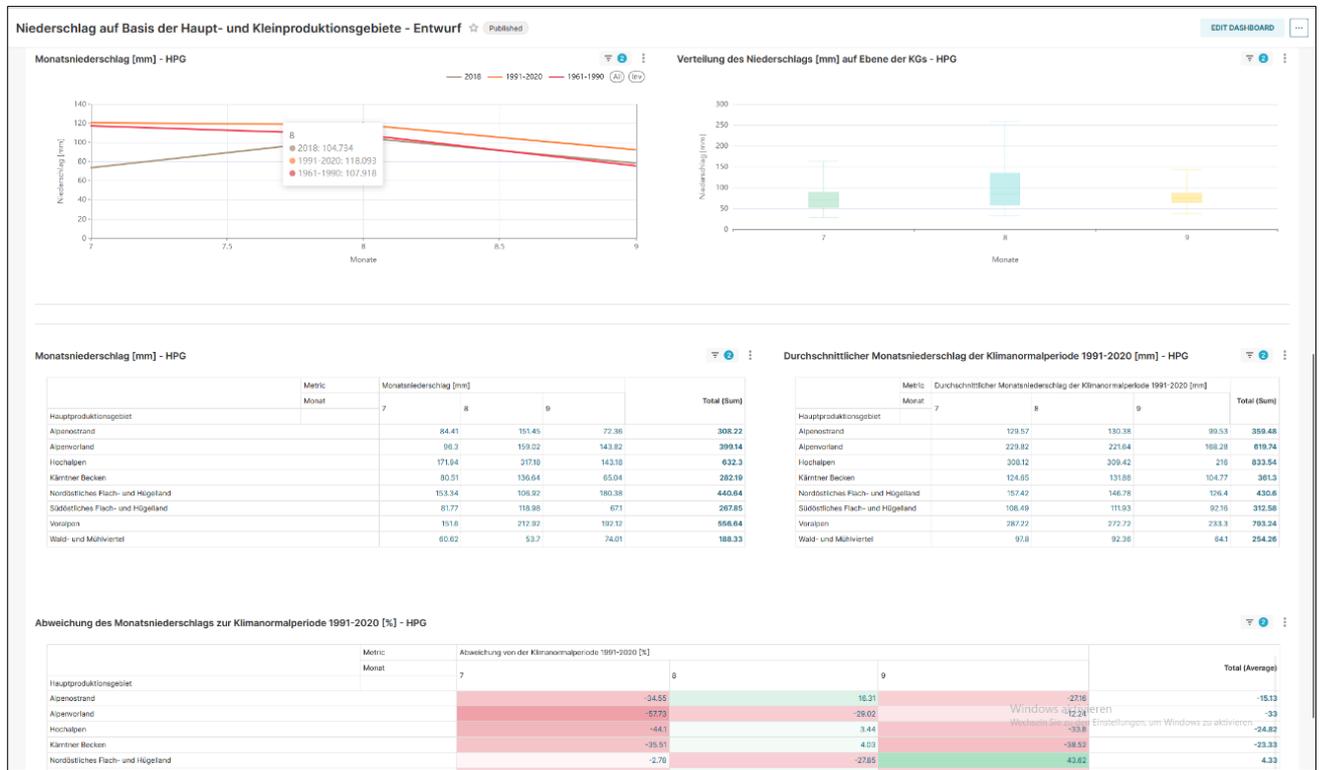


Abb. 5 Dashboard mit Monatsniederschlag [mm], Kleinproduktionsgebiete, April bis Juli 2018; Tabellen

Für den SPEI wurde ein eigenes Dashboard erstellt (siehe Abb. 6). Der verwendete Datensatz der GeoSphere Austria liegt dabei in den Variablen SPEI30, SPEI90 und SPEI365 vor. Es wurden also gleitende Niederschlags- und Verdunstungsmittel über 1, 3 und 12 Monate gebildet (GeoSphere Austria, 2020). Die Analyse verschiedener Zeitskalen gibt Aufschluss über landwirtschaftlich relevante Trocken- und Feuchtperioden (Zeitskalen ≤ 6 Monate) sowie hydrologisch relevante Zeiträume (Zeitskalen > 6 Monate) (Vicente-Serrano et al., 2010). Je größere die gewählte Zeitskala, desto eher nähert sie sich an die Referenzperiode (hier 1961-2020) an. Für das Dashboard wurde daher die Variable SPEI90 gewählt, da eine Zeitskala von 3 Monate kurzfristige Schwankungen ausgleicht. Somit lässt sich feststellen ob und wie weit die klimatische Wasserbilanz im jeweiligen Monat von der Referenzperiode abweicht. Negative Werte kennzeichnen trockene und positive Werte feuchte Bedingungen. Je größer die Abweichung von Null desto extremer ist der Trocken- bzw. Feuchtezustand.

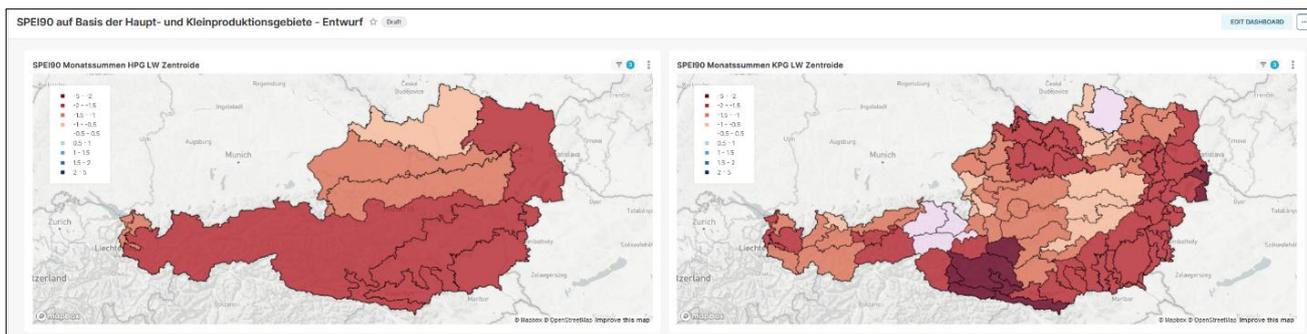


Abb. 6 Dashboard mit SPEI90, Hauptproduktionsgebiete, August 2024

4. Durchgeführte Arbeiten – Technische Umsetzung

4.1 Arbeiten 2021

Im Jahr 2021 wurde basierend auf den Erkenntnissen aus dem Vorgängerprojekt „Dürremonitoring - Open Data Cube“ ein Datenrepository aufgebaut und bereitgestellt. Dieses umfasst alle Sentinel 2-Szenen (A und B) des österreichischen Staatsgebiets, Klimadaten der Geosphere Austria ab 1961, sowie spezifische ALS-Höhenmodelle und INVEKOS-Daten seit dem Start des Satelliten Sentinel-2A im Jahr 2015.

Die Notwendigkeit, eine Vielzahl an heterogenen (Geo-)Daten und Datenformaten über das gesamte Bundesgebiet auswerten und miteinander verschneiden zu können erfordert eine entsprechende Infrastruktur. Technisch wurde JupyterLab als flexible, webbasierte Entwicklungsumgebung gewählt, in welche der ODC integriert wurde. Damit können interaktive Jupyter-Notebooks erstellt werden, die Code, Formeln, Diagramme und interaktive Widgets enthalten können. Zusätzlich eignen sich Jupyter-Notebooks ebenso zum Dokumentieren von Analysen und Prozessen, wodurch diese leicht reproduziert werden können. JupyterLab unterstützt eine Vielzahl von Programmiersprachen, darunter Python, R, Julia und Scala, was es zu einem idealen Werkzeug für unterschiedlichste Anwendungsfälle macht. Diese Analyse-Plattform wurde in einer virtualisierten Serverinfrastruktur, in Form von Docker-Containern in einem Proxmox-Cluster, umgesetzt.

Da aus Sicht der landwirtschaftlichen Grundlagenforschung und Agrarpolitik vor allem die zeitliche Entwicklung von Anbauflächen von großer Relevanz ist, wurden mittels Jupyter-Notebooks und Python-Code Prozessierungsroutinen geschaffen, die es ermöglichen Zeitreihenanalysen im Bereich einzelner Schläge durchzuführen und deren Veränderung zu analysieren.

Der ODC als Geodatenpeicher und Analysewerkzeug wurde bei einem fachlichen Austausch mit der AMA im November 2021 präsentiert.

4.2 Arbeiten 2022

Aufgrund der positiven Erfahrungen aus dem bisherigen Verlauf des ODC-Projekts wurde der ODC vom Testbetrieb in den laufenden Betrieb übernommen und als dauerhaftes Analysewerkzeug der BAB verankert. Hauptargumente dafür waren die strukturierte Ablage und kombinierte Bereitstellung einer großen Menge an unterschiedlichsten Rasterdaten für unterschiedlichste Fragestellungen.

Im Jahr 2022 wurde die Infrastruktur rund um den ODC komplett neu aufgestellt. Mit einer JupyterHub-Instanz anstelle der JupyterLab-Instanz und einer eigenen Container-Registry (Harbor) wurde eine neue Plattform geschaffen, siehe dazu auch das Schema der Analyseplattform in Abb. 7. JupyterHub erlaubt es, eine Vielzahl an JupyterLab-Instanzen gleichzeitig zu betreiben und den Usern zur Verfügung zu stellen. Die JupyterHub-Instanz ist in ein Kubernetes-Cluster eingebettet. Dabei handelt es sich um ein Open-Source-System zur automatisierten Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von containerisierten Anwendungen. Konkret wird also für jeden Nutzer ein Container angelegt, wodurch die Skalierbarkeit und Ausfallsicherheit erhöht werden. JupyterHub ermöglicht es zusätzlich, den Nutzer:innen vorkonfigurierte Umgebungen anzubieten. Mehrere User können gleichzeitig auf Jupyter-Notebooks zugreifen, was die Zusammenarbeit erleichtert und den Wissenstransfer erhöht. Die Umgebungen sind auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Nutzer:innen abgestimmt, ersparen ihnen den Installationsprozess und können bei Bedarf beliebig erweitert oder angepasst werden. Der ODC ist eine dieser Umgebungen. Die Plattform ist leicht skalierbar und unterstützt eine Vielzahl an Authentifizierungsprotokollen.

Die neue Plattform wurde beim GIS-JF des BML im November 2022 präsentiert. Ein Ausschnitt der Ergebnisse der Klimaentwicklung auf Grünlandflächen wurde im Grünen Bericht 2022 publiziert.

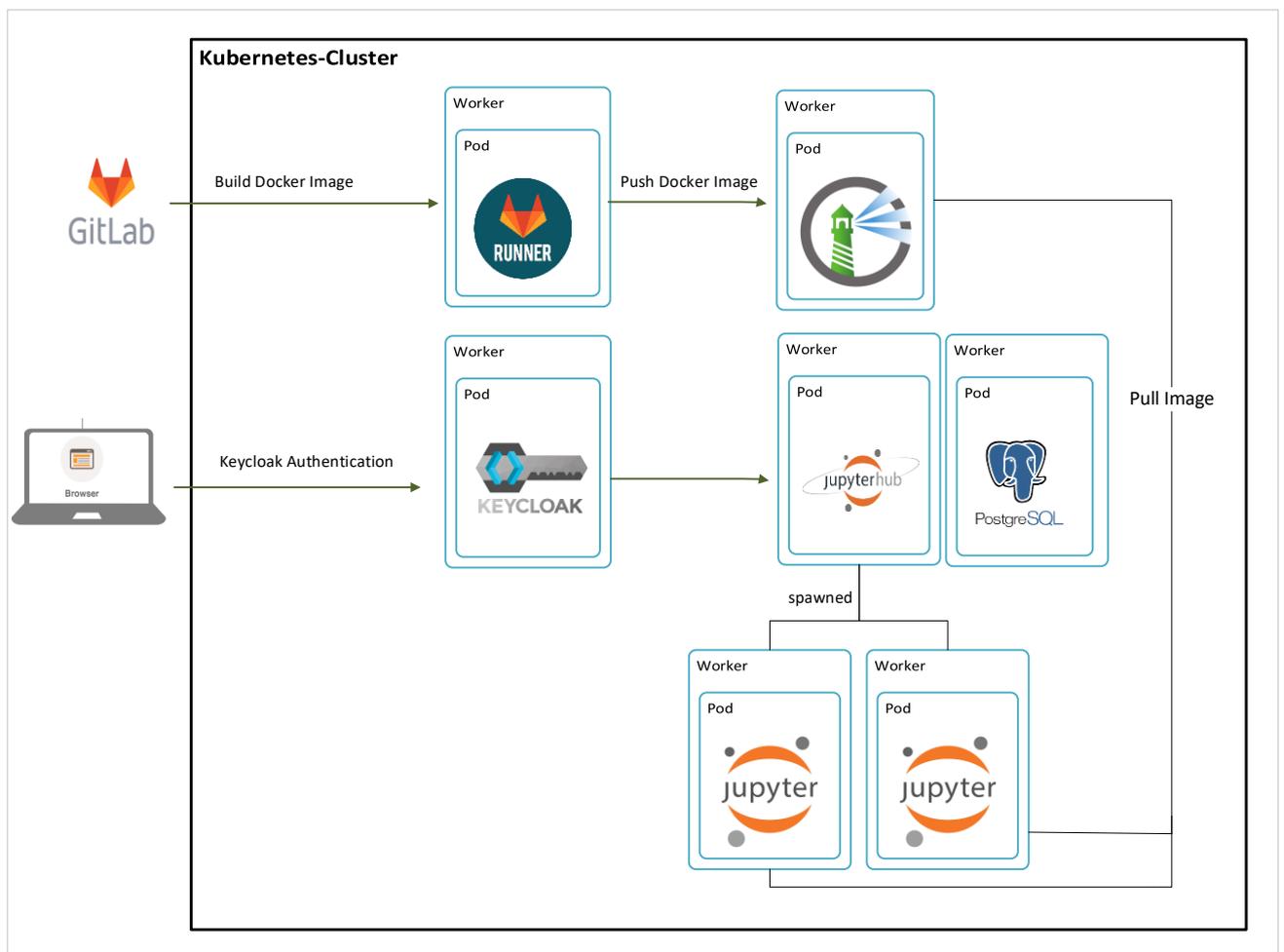


Abb. 7 Schema skalierbare Analyseplattform

4.3 Arbeiten 2023

Die Ergebnisse bereits durchgeführter Analysen, wie etwa die Berechnung der Klimaparameter für Acker- und Grünlandflächen, wurden nach Akquise der aktuellen Daten aktualisiert. Die Infrastruktur wurde weiter optimiert und zu einem Dask-Cluster ausgebaut. Dies ermöglicht es, Prozesse zu parallelisieren, um die Hardware-Ressourcen des Kubernetes-Clusters bestmöglich nutzen zu können und die Performanz zu steigern. Zusätzlich wurde der Login auf der Plattform durch Single-Sign-On (SSO) ersetzt.

Der ODC wurde auf der GI-Salzburg 2023 präsentiert und fachlich diskutiert.

4.4 Arbeiten 2024

Der langfristige Trend der BigData-Prozessierung geht inzwischen in Richtung dezentraler Auswertung, bei der die großen Datenmengen nicht mehr selbst gespeichert werden müssen. Aus diesem Grund wurde die Infrastruktur weiterentwickelt und im Jahr 2024 Daten vermehrt mittels STAC (Spatio Temporal Asset Catalogs) eingebunden. Dabei handelt es sich um einen offenen Standard, der einen interoperablen Zugriff auf eine Vielzahl an weltweiten (Raster-)Daten und verschiedensten Quellen ermöglicht, ohne diese Daten selbst herunterladen zu müssen. Der Zugang zu den Daten wird durch eine standardisierte API und Metadatenstruktur wesentlich vereinfacht. Die wachsende Community, die auf offene Zusammenarbeit und die Entwicklung gemeinsamer Standards setzt, garantiert eine schnelle Weiterentwicklung und Implementierung neuer Features. Es wurde an der BAB ein eigener dynamischer Katalog erstellt, der über eine API aufgerufen und eingebunden werden kann. Darin wurden die SPARTACUS, WINFORE und INCA-Daten der GeoSphere Austria indiziert. Diese können bei Bedarf beliebig erweitert werden und werden mittels eines automatisierten Workflows stets aktuell gehalten.

Mit JupyterHub wurde an der BAB eine Plattform für kollaborative Datenanalyse und -visualisierung geschaffen. Diese wurde durch die Integration von Tools wie Apache Spark oder Dask für BigData Processing optimiert, siehe dazu das BigData Processing Schema in Abb. 8. Diese Tools können den Benutzern anhand von vorkonfigurierten Entwicklungsumgebungen zur Verfügung gestellt werden. Die individuelle Anpassbarkeit erlaubt es, spezifische Anforderungen zu erfüllen und erspart den Nutzern den Installations- und Wartungsprozess. Weiters können Technologien wie der Open Data Cube (ODC) und SpatioTemporal Asset Catalog (STAC) mithilfe von Bibliotheken und Plugins in JupyterHub integriert werden. Der Open Data Cube (ODC) ist eine Open-Source-Softwareplattform, die entwickelt wurde, um die Speicherung, Verwaltung und Analyse großer Mengen von Erdbeobachtungsdaten, insbesondere Satellitendaten, zu erleichtern. Der STAC ist dagegen ein Standard, der darauf abzielt, Geodaten (insbesondere solche mit räumlich-zeitlicher Komponente) auf eine standardisierte Weise zu beschreiben und zu katalogisieren. Beide Tools konzentrieren sich auf unterschiedliche Weise auf die Verwaltung und den Zugriff auf große Mengen an Geodaten. Bei STAC ist es jedoch unabhängig davon, wo die Daten in der eigenen Infrastruktur gespeichert sind. So können Geodaten aus unterschiedlichen dezentralen Quellen und Katalogen integriert und analysiert werden.

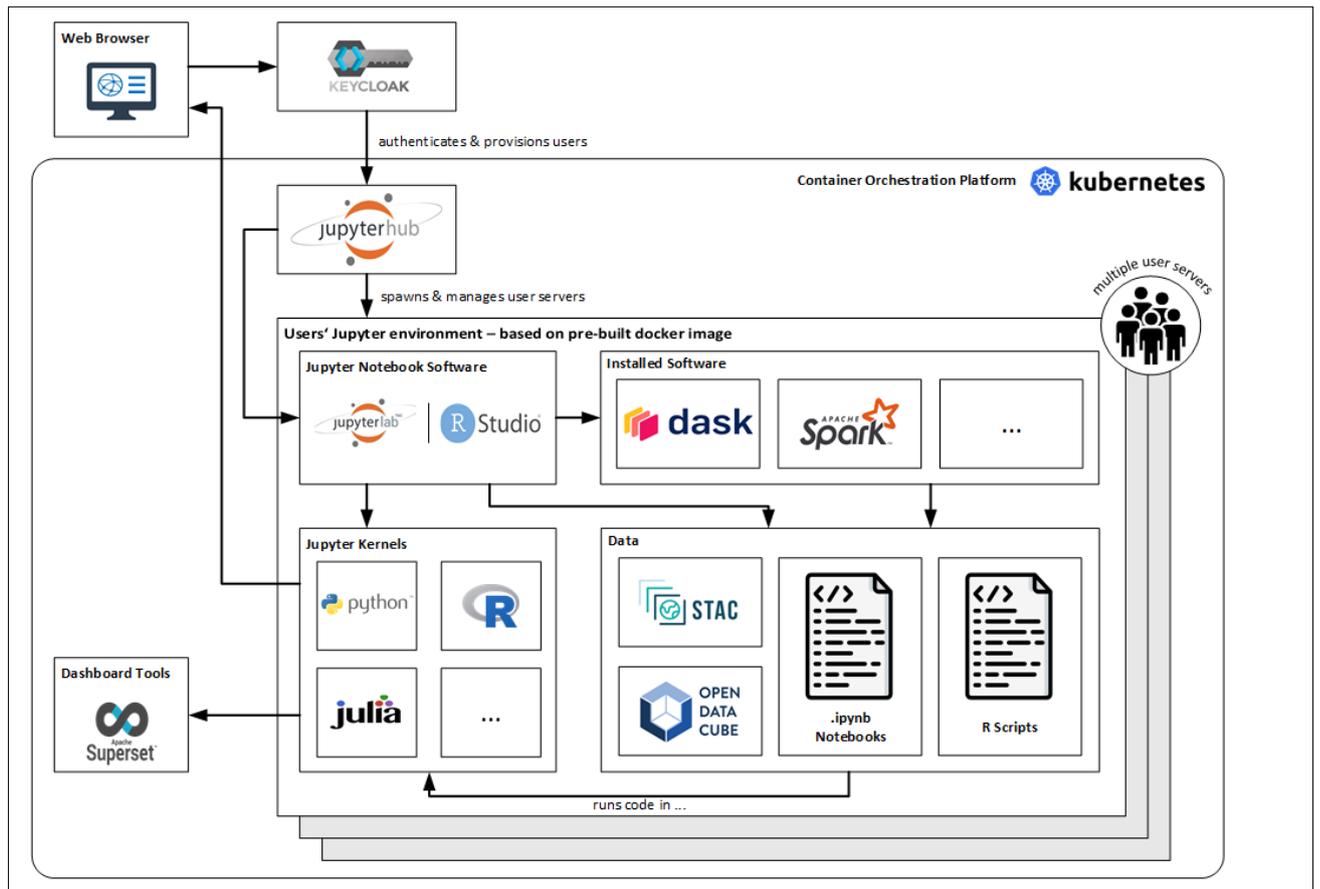


Abb. 8 Schema BigData Processing

2024 wurde das Kubernetes-Cluster, in das die Plattform eingebettet ist, stark ausgebaut. Es besteht nun aus 13 Servern, wobei 3 davon als Master-Nodes und 10 als Worker-Nodes fungieren. Die Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit des Clusters wird durch die drei Master-Nodes erheblich gesteigert. Die zehn Worker-Knoten ermöglichen eine hohe Skalierbarkeit und eine effiziente Verteilung der Arbeitslasten, was die Performance und Reaktionsfähigkeit der Anwendungen verbessert.

5. Ergebnisse

Die getestete Technologie ODC wurde im Rahmen des gegenständigen Projekts an der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB) neu aufgesetzt und von einer Pilot- in eine Produktivumgebung migriert. Die sich dahinterliegende Infrastruktur und die Umgebung, in der das Tool installiert wurde, hat sich dabei im Verlauf des Projekts kontinuierlich weiterentwickelt und wurde laufend optimiert. Auch was die Technologie selbst anbelangt, hat sich im Verlauf des Projekts herauskristallisiert, dass es mit STAC (Spatio Temporal Asset Catalog) mittlerweile eine Spezifikation gibt, die im Vergleich zum ODC einige wesentliche Vorteile bietet.

Ein Hauptziel war es, den ODC als Analyse-Tool an der BAB zu etablieren, um wiederkehrende Datenauswertungen als Entscheidungsgrundlage agrarpolitischer Fragestellungen in Zukunft wesentlich zielgerichteter und vor allem performanter durchführen zu können. Im Verlauf des Projekts hat sich deutlich gezeigt, dass die Entwicklung einer umfassenden Plattform unerlässlich ist, um die Nutzung des Systems benutzerfreundlich, flexibel und skalierbar zu gestalten. Während der Implementierung wurde klar, dass die reine Verarbeitung und Bereitstellung von Daten nicht ausreicht, um die komplexen Anforderungen der Nutzer:innen aus Wissenschaft, Verwaltung und Politik vollständig zu erfüllen.

Eine Plattform, die moderne Technologien wie JupyterHub für interaktive Analysen, Apache Dask für skalierbare Datenverarbeitung und Apache Superset für dynamische Visualisierungen integriert, erwies sich als zentrale Komponente, um die unterschiedlichen Bedürfnisse und Nutzungsszenarien effizient abzudecken. Diese Lösung bietet nicht nur eine intuitive Benutzeroberfläche, sondern ermöglicht auch die flexible Anpassung und Erweiterung des Systems sowie die nahtlose Integration zusätzlicher Datenquellen und Analysemethoden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Plattform sowohl den aktuellen als auch zukünftigen Anforderungen gerecht wird und langfristig als leistungsfähiges Werkzeug eingesetzt werden kann.

Die Pilotumgebung, die ursprünglich aus einer JupyterLab-Instanz in Form eines Docker-Containers bestand und im Proxmox-Cluster der BAB implementiert war, wurde in ein Kubernetes-Cluster überführt. Die JupyterLab-Instanz wurde zu einer JupyterHub-Plattform erweitert. Damit wurde erfolgreich eine performante, skalierbare und ausfallsichere Infrastruktur aufgebaut, die leicht um weitere Tools erweitert werden kann und für die Nutzer:innen unkompliziert via SingleSignOn zugänglich ist.

Der Trend zur dezentralen Datenauswertung, bei der große Datenmengen nicht mehr lokal gespeichert werden müssen, führte 2024 zur verstärkten Integration von STAC. STAC, ein offener Standard, ermöglicht den interoperablen Zugriff auf weltweite Rasterdaten und vielfältige Quellen, ohne dass diese Daten heruntergeladen werden müssen. Durch eine standardisierte API und Metadatenstruktur wird der Datenzugang erheblich vereinfacht. Die engagierte Community, die auf offene Zusammenarbeit und gemeinsame Standards setzt, fördert die schnelle Weiterentwicklung und Implementierung neuer Features. An der BAB wurde ein dynamischer Katalog geschaffen, der die Klimadaten der Geosphäre

Austria bereitstellt und bei Bedarf beliebig erweitert werden kann. Die Daten können über eine API abgerufen werden.

Als Beispielanwendung wurde ein Monitoring-Dashboard der klimatischen Entwicklung Österreichs speziell für landwirtschaftliche Flächen entwickelt. Dafür wurde ein automatisierter Workflow generiert, der zu Beginn eines jeden Monats die berechneten Ergebnisse als Dashboards publiziert. Als Visualisierungsplattform wurde das OpenSource Tool Apache Superset gewählt. Die notwendigen klimatischen Daten werden mittels Apache Airflow – einer Open-Source-Plattform zur Entwicklung, Planung und Überwachung von Workflows – monatlich direkt vom Datahub der GeoSphere Austria in den STAC-Katalog der BAB indiziert. In Form von Jupyter-Notebooks wurden Auswertungsskripts geschrieben, die den Katalog aufrufen und auf Gemeindeebene die meteorologische Dürre, also den Niederschlag sowie den Dürreindex SPEI berechnen. Die Ergebnisse werden anschließend auf Ebene der (Haupt- und Klein-) Produktionsgebiete aggregiert und visualisiert, siehe Abb. 3 und Abb. 4.

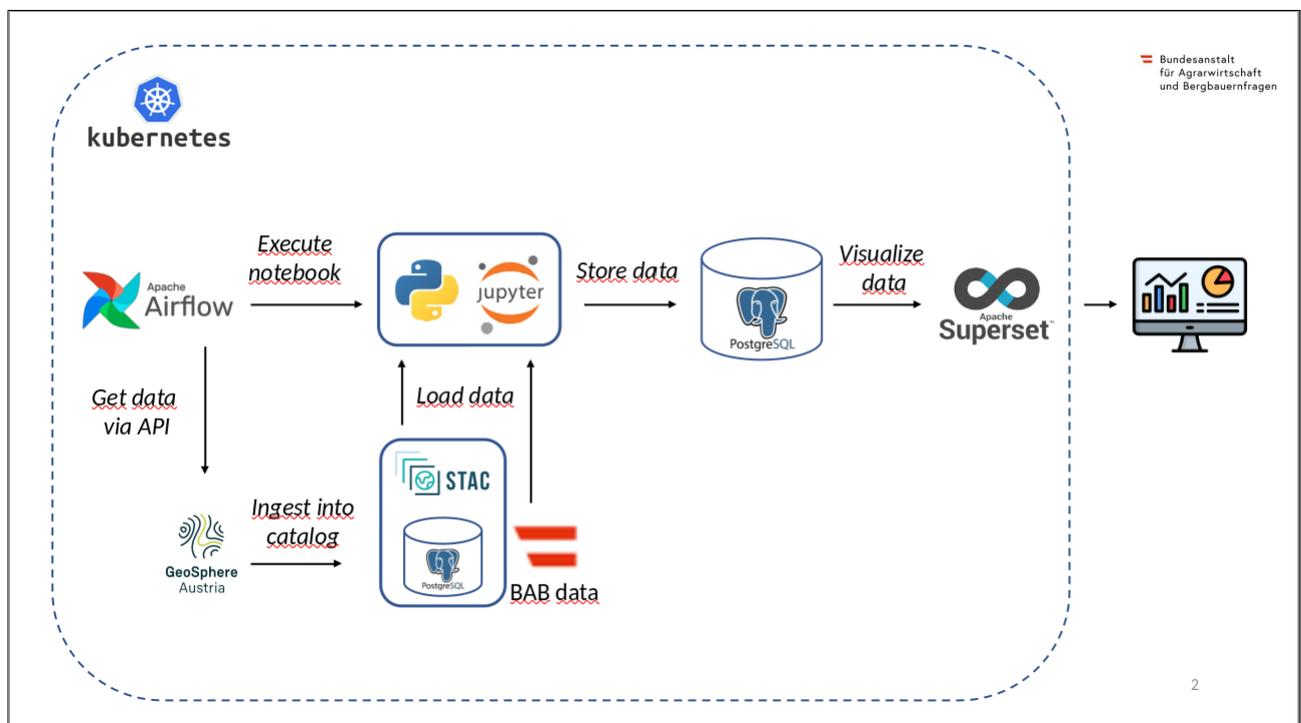


Abb. 9 Automatisierter Workflow

Da sehr viele sowohl räumlich als auch zeitliche Filter gesetzt werden können, wurde somit ein flexibles Monitoring-Dashboard geschaffen, das einen Überblick innerhalb Österreichs ermöglicht und großräumige Trends erkennbar macht. Verfügbare Indikatoren wie der Niederschlag und der Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) helfen, die Trockenheitstendenz und Entwicklungstrends bezogen auf landwirtschaftliche Produktionsgebiete räumlich und zeitlich einzuordnen.

6. Fazit

Im gegenständigen Projekt wurde erfolgreich eine Analyse-Plattform aufgebaut und weiterentwickelt mit Implementierung der Technologien ODC und STAC. Die Plattform ist benutzerfreundlich, flexibel und aufgrund der Einbettung in ein Kubernetes-Cluster skalierbar und ausfallsicher. Aufgrund der einfachen Verknüpfung mit weiteren Tools wie Apache Airflow und Apache Superset konnte im Rahmen des Projekts ein Workflow entwickelt werden, um den gesamten Datenworkflow – von Datenintegration, Datenanalyse bis zur Datenvisualisierung effizient zu gestalten.

Das Ergebnis ist eine robuste Infrastruktur, die es ermöglicht, große Datenmengen aus unterschiedlichen Datenquellen miteinander auszuwerten. Im Anwendungsbeispiel wurden klimatische Daten und Dürreindizes berechnet und visualisiert und ein flexibles Monitoringtool geschaffen. Die Infrastruktur wurde in die Produktivumgebung migriert und steht Nutzer:innen intern für Auswertungen zur Verfügung. Damit wurde ein wichtiger Meilenstein für zukünftige datenintensive Auswertungen (Big Data Processing) an der BAB gesetzt. Insgesamt hat das Projekt gezeigt, dass die kontinuierliche Weiterentwicklung und Integration fortschrittlicher Technologien entscheidend für eine leistungsfähige Analyse- und Visualisierungsplattform sind.

Meteorologische Dürreindizes können als Indikatoren für Klimabedingungen und Wasserstress verwendet werden. Ein langfristiges Monitoring kann Entwicklungstrends aufzeigen, als Frühwarnsystem dienen und wertvolle Informationen liefern, um die Anpassungsfähigkeit der Landwirtschaft an Dürrebedingungen langfristig zu stärken. Meteorologische Dürre kann allerdings nicht mit landwirtschaftlicher Dürre gleichgesetzt werden – man kann also basierend auf meteorologischen Indikatoren nicht direkt auf trockenheitsbedingte Ernteeinbußen schließen, da die Vulnerabilität gegenüber Trockenheit unterschiedlich ist (z.B. abhängig von Kulturart, Sorte, Entwicklungsphase) und diese zudem von weiteren Faktoren abhängig sind (z.B. Wasserspeicher(kapazität) des Bodens, Managementmaßnahmen, regionalen Gegebenheiten) (Bachmair et al., 2018). Dies sollte berücksichtigt werden, wenn in Zukunft Fördermaßnahmen für Ertragseinbußen aufgrund von Dürre geplant werden.

Für detaillierte Aussagen auf Betriebs- oder Schlagebene sind die vorliegenden interpolierten Niederschlagsdaten nicht ausreichend präzise, da Niederschläge häufig sehr kleinräumig und in unterschiedlicher Intensität auftreten. Es kann daher damit nur ein grober Überblick geschaffen und großräumige Trends sichtbar gemacht werden.

Zu meteorologischen Indikatoren und Indizes kann der tatsächliche Zustand der Vegetation anhand von Satellitenbildern eine sinnvolle Ergänzung sein. Satellitendaten liefern wertvolle Informationen zu Bodenfeuchte, Pflanzenwachstum und Pflanzenzustand (Trnka et al., 2020). Im Vorprojekt wurden Tests mit einzelnen Sentinel-2-Szenen durchgeführt. Eine österreichweite großflächige Datenaufbereitung und Analyse hätte den zeitlichen und inhaltlichen Rahmen des gegenständlichen Projekts überstiegen. Eine

mögliche sinnvolle Weiterentwicklung könnte daher die systematische Nutzung und Auswertung von Satellitendaten auf nationaler Ebene sein.

Literatur

- BMNT 2017. *Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel*. Wien;
- Bachmair, S., Tanguy, M., Hannaford, J., & Stahl, K. (2018). How well do meteorological indicators represent agricultural and forest drought across Europe? *Environmental Research Letters*, 13(3), 034042. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafda>
- CRISDA. (o. J.). Abgerufen 22. Januar 2025, von <https://www.crisda.at/de/ziele.html>
- Drought monitoring and early warning: Concepts, progress, and future challenges. (2006). World Meteorological Organization.
- Drought Observatories. (o. J.). Abgerufen 22. Januar 2025, von <https://drought.emergency.copernicus.eu/>
- Dürreindex-Versicherung. (o. J.). Österreichische Hagelversicherung. Abgerufen 22. Januar 2025, von <https://www.hagel.at/versicherung/ackerbau/versicherung-duerreindex/>
- GeoSphere Austria. (2020). WINFORE v2.1 [Dataset]. GeoSphere Austria. <https://doi.org/10.60669/F6ED-2P24>
- HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017. Abschlussbericht AgroMet-Monitor. Irdning
- Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index—1—Alpine Drought Observatory | Eurac Research. (o. J.). Abgerufen 22. Januar 2025, von <https://ado.eurac.edu/>
- Stangl M., Formayer H., Hiebl J., Orlik A., Höfler A., Kalcher M., Michl C. (2021): Klimastatusbericht Österreich 2020, CCCA (Hrsg.) Graz
- Trnka, M., Hlavinka, P., Možný, M., Semerádová, D., Štěpánek, P., Balek, J., Bartošová, L., Zahradníček, P., Bláhová, M., Skalák, P., Farda, A., Hayes, M., Svoboda, M., Wagner, W., Eitzinger, J., Fischer, M., & Žalud, Z. (2020). Czech Drought Monitor System for monitoring and forecasting agricultural drought and drought impacts. *International Journal of Climatology*, 40(14), 5941–5958. <https://doi.org/10.1002/joc.6557>
- Trockenheitsmonitoring- und Vorhersagesystem ARIS | Warndienst—Trockenheit. (o. J.). Abgerufen 22. Januar 2025, von <https://warndienst.lko.at/trockenheitsmonitoring-und-vorhersagesystem-aris+2500+1073326>
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Wetter und Klima—Deutscher Wetterdienst—Glossar—D - Dürre. (o. J.). Abgerufen 22. Januar 2025, von

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=603288&lv2=100578>

Zornig, J. (2021). *Agrarpolitisches Dürremonitoring in Österreich [Masterarbeit]*.

Anhang

Klimaentwicklung auf Grünlandflächen | BAB Factsheet 006

Präsentation des Projekts auf der GI-Salzburg 2023

Klimaentwicklung auf Grünlandflächen

Vergleich der Klimanormalperioden 1961–1990 und 1991–2020

Lena Mitterhuber, Karin Schroll

Am Open Data Cube (ODC) der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB) wurden für den Grünland-Mittelpunkt jeder Katastralgemeinde Klimawerte aus Wetterdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) berechnet. Mit den täglich ab 1961 verfügbaren Rasterdaten können die Klimanormalperioden 1961–1990 und 1991–2020 miteinander verglichen werden. Das vorliegende Factsheet erläutert die Methodik und präsentiert als Ergebnis die Veränderung einzelner klimatischer Kennwerte, die auf Ebene der Katastralgemeinden kartografisch dargestellt werden.

Ziel war es, Klimaveränderungen zwischen den Klimanormalperioden 1961–1990 und 1991–2020 auf Grünland-Flächen zu berechnen und durch Kartendarstellungen regionale Muster dieser Veränderungen erkennbar zu machen. Die Landwirtschaft gehört zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Aktivitätsfeldern, weshalb Monitoring-Werkzeuge auch im Sinne der Klimawandelanpassung sehr relevant sind (BMNT, 2017). Die Berechnung dient als methodischer Anwendungsfall für Auswertungen am Open Data Cube (ODC), welcher als Analysetool mit vielfältigen Eingangsdaten für räumliche Monitoring-Fragenstellungen verwendet werden kann. Die Berechnungen wurden für je einen stellvertretenden Grünland-Mittelpunkt pro Katastralgemeinde durchgeführt. Analog zu den hier vorgestellten Auswertungen wurden auch die Klimawerte der Acker-Mittelpunkte für die genannten Klimanormalperioden berechnet.

Open Data Cube (ODC) ist eine Open-Source-Software zur Verwaltung und Analyse geografischer Rasterdaten und ermöglicht die performante Berechnung und Auswertung großer Datenmengen. Basierend auf Python-Skripten sind damit sehr individuelle Analysen durchführbar. Ursprünglich entwickelt für Satellitendaten, werden am Data Cube der BAB auch viele Fachdatensätze eingespielt. Dadurch können Landwirtschaftsdaten mit Umwelt- und Satellitendaten kombiniert ausgewertet werden und damit die Forschungsaufgaben der BAB unterstützen.

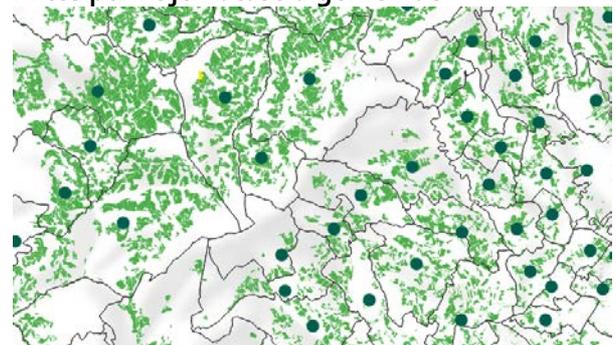
Methodik

In einem ersten Schritt wurde je ein zentraler und stellvertretender Mittelpunkt aller Grünlandflächen pro Katastralgemeinde (KG) ermittelt (siehe Abbildung). An diesen Punkten wurden am ODC aus Daten der ZAMG lokale Klimamittelwerte für die beiden Klimanormalperioden berechnet. Die kartografische Darstellung der Veränderungen erfolgte in der Open-Source-Software QGIS.

Verwendete Ausgangsdaten

Als geografische Ausgangsdaten wurden die INVEKOS Schläge 2020 (AMA) herangezogen. Die Klimadaten der ZAMG sind SPARTACUS- und WINFORE-Rasterdaten mit Tageswerten der Minimaltemperatur, der Maximaltemperatur, des Niederschlages und der potentiellen Verdunstung von 1961 bis inklusive 2020 in einer räumlichen Auflösung von 1 km. Weiters wurden die KG-Grenzen (BEV), die Höhen des ALS Geländemodells (BMLRT) sowie die landwirtschaftlichen Hauptproduktionsgebiete (BAB) verwendet. Die Produktionsgebiete repräsentieren Gebiete mit ähnlichen natürlichen und landwirtschaftlichen Produktionsgegebenheiten.

Grünlandflächen und der berechnete Grünland-Mittelpunkt je Katastralgemeinde

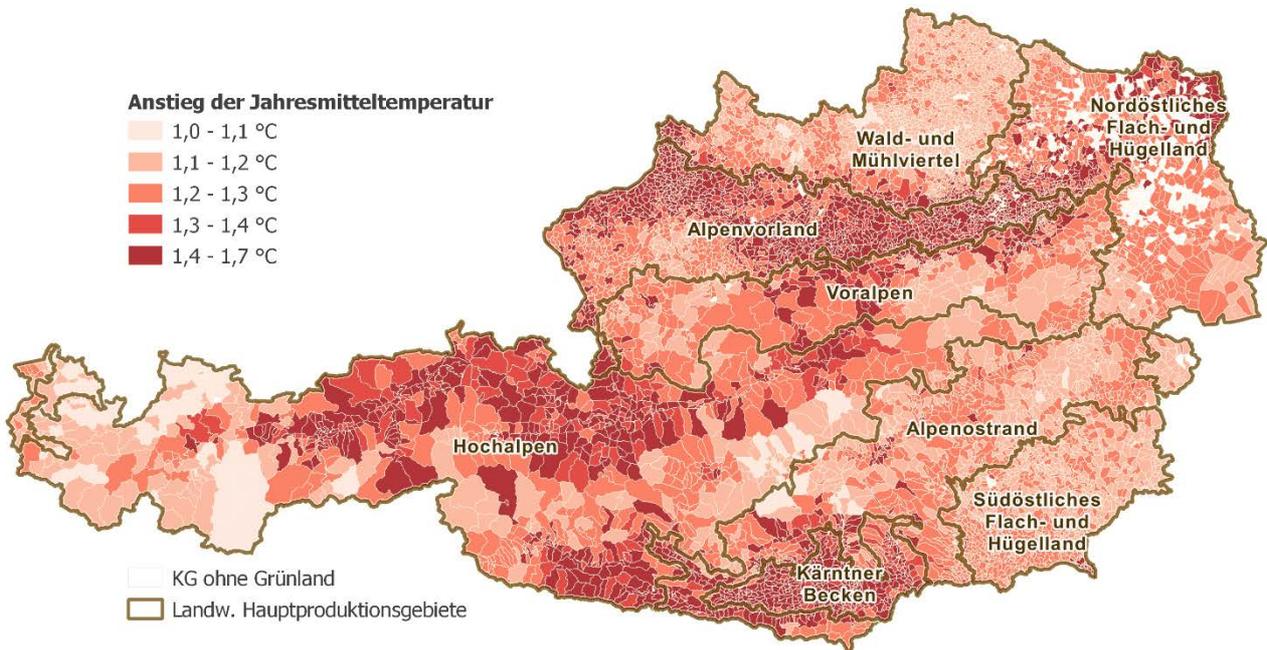


Quelle: Eigene Berechnungen, AMA, BEV

Veränderung der Jahresmitteltemperatur

am Grünland-Mittelpunkt je KG von 1961-1990 zu 1991-2020

 Bundesanstalt
für Agrarwirtschaft
und Bergbauernfragen



Klimadaten: ZAMG Spartacus; Verwaltungsgrenzen: BEV; Datenauswertung & Design der Fachdaten: BAB, 2022

Berechnung der Klimaparameter am ODC

Für die ermittelten zentralen Punkte wurden anschließend ausgewählte Klimawerte für beide Klimanormalperioden berechnet. Die Berechnungsskripte wurden in der Open-Source-Software Jupyter-Notebook erstellt. Diese Notebooks können via Web-Browser zugänglich gemacht und bearbeitet werden. Damit ist die Datenauswertung dezentral und unabhängig vom Ort der Datenspeicherung selbst möglich. Die berechneten Werte wurden im Tabellenformat CSV exportiert und anschließend in QGIS kartografisch visualisiert. Katastralgemeinden ohne Grünlandflächen (399 von 7850) wurden in den Auswertungen nicht berücksichtigt, deshalb beziehen sich alle folgenden Mittelwert-Berechnungen ausschließlich auf Katastralgemeinden, in denen mindestens eine Grünland-Schlagfläche liegt.

Folgende Klimawerte wurden ermittelt:

- Ø Monats- und Jahresmitteltemperaturen
- Ø Anzahl der Hitzetage (≥ 30 °C)
- Ø Monats- und Jahresniederschläge
- Ø potentielle Jahresverdunstung / Evapotranspiration (unabhängig von real verfügbarer Wassermenge)
- Ø jährliche Klimatische Wasserbilanz
- Ø Tages-Maximaltemperaturen
- Ø Anzahl an Tagen in Trockenperioden

Ergebnisse

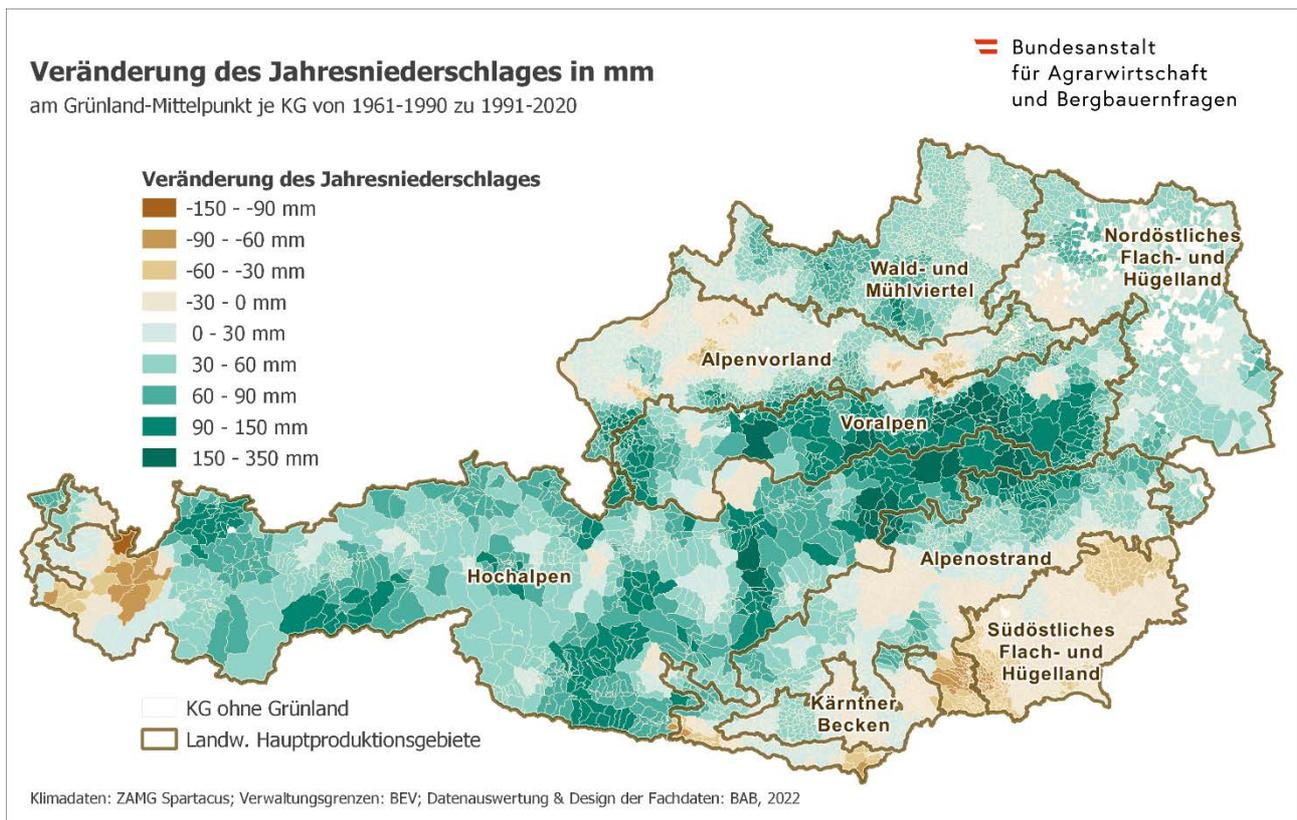
Folgend werden einzelne Auswertungen präsentiert. Die Ergebniskarten zeigen jeweils die Veränderung zwischen den untersuchten Klimanormalperioden. Die Grünland-Mittelpunkte liegen durchschnittlich auf 543 m Seehöhe, der niedrigste auf 114 m, der höchste auf 2.128 m.

Durchschnittliche Klimawerte an Grünlandpunkten je Klimanormalperiode

Parameter	1961–1990	1991–2020
Jahresmitteltemperatur [°C]	7,9	9,2
Hitzetage [Anzahl]	3,5	10,9
Jahresniederschlag [mm]	867	898
Evapotranspiration [mm]	765	811
Wasserbilanz [mm]	102	87

Jahresmitteltemperatur

Die Jahresmitteltemperatur ist an den Grünland-Mittelpunkten durchschnittlich um 1,3 °C gestiegen – von 7,9 auf 9,2 °C. Der geringste Anstieg liegt bei +1 °C, der höchste bei +1,7 °C. Die höchsten Anstiege sind vorwiegend im Alpenvorland erkennbar, im Hochalpengebiet von Salzburg und Tirol sowie im südalpinen Bereich.



Jahresniederschlag

Die Jahresniederschläge sind an den Grünland-Mittelpunkten um durchschnittlich 3,8 % gestiegen – von 867 mm auf 898 mm. Die Änderung ist regional sehr unterschiedlich und reicht in den KG von -116 mm bis +331 mm. In tendenziell regenreichen Regionen beeinflusst eine Abnahme der Niederschlagsmenge das Pflanzenwachstum weniger, als in ohnehin schon niederschlagsarmen Gebieten. Prozentuell besonders stark abgenommen haben die Niederschlagsmengen im Südosten Österreichs, im Arlberggebiet und in einigen Klein-Regionen des Alpenvorlands.

Ø Jahresniederschlag nach Produktionsgebiet

landw. Hauptproduktionsgebiet	1961–1990
Alpenostrand	915mm
Alpenvorland	908 mm
Hochalpen	1.099 mm
Kärntner Becken	946 mm
Nordöstliches Flach- und Hügelland	569 mm
Südöstliches Flach- und Hügelland	849 mm
Voralpen	1.145 mm
Wald- und Mühlviertel	697 mm
Ø Gesamt	867 mm

Klimatische Wasserbilanz

Die klimatische Wasserbilanz eines Jahres ist die Differenz von Niederschlag und potentieller (möglicher) Verdunstung. Sie ist im Mittel der Grünland-Katastralgemeinden von +102 mm auf +87 mm gesunken. 1961–1990 hat es folglich 102 mm mehr geregnet als potenziell verdunstet ist, 1991–2020 nur noch 87 mm mehr. Die Bandbreite der Änderung schwankt in den Katastralgemeinden von -165 bis +300 mm. Der jährliche Niederschlag ist zwar gestiegen, aufgrund höherer Verdunstung hat sich jedoch die Klimatische Wasserbilanz insgesamt leicht negativ entwickelt. Der Grund für die steigende Verdunstung liegt laut Klimastatusbericht 2020 an der Verlängerung der Vegetationsperiode – und damit einhergehender höherer Transpiration der Pflanzen – sowie den höheren Temperaturen (Stangl et al. 2021). Niederschlag und Verdunstung bestimmen den Bodenwasserhaushalt wesentlich, dessen Kenntnis ist Voraussetzung, um vom Wetter auf Erträge zu schließen (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017). Ebenso beeinflusst die zeitliche Verteilung von Niederschlägen den Bodenwasserhaushalt. Durch die Zunahme von Starkniederschlägen steigt der Oberflächenabfluss und es versickert im Verhältnis weniger Wasser in den Boden (Stangl et al. 2021). Positiver geworden ist die Wasserbilanz vor allem in den Steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen.

Veränderung der Wasserbilanz in mm

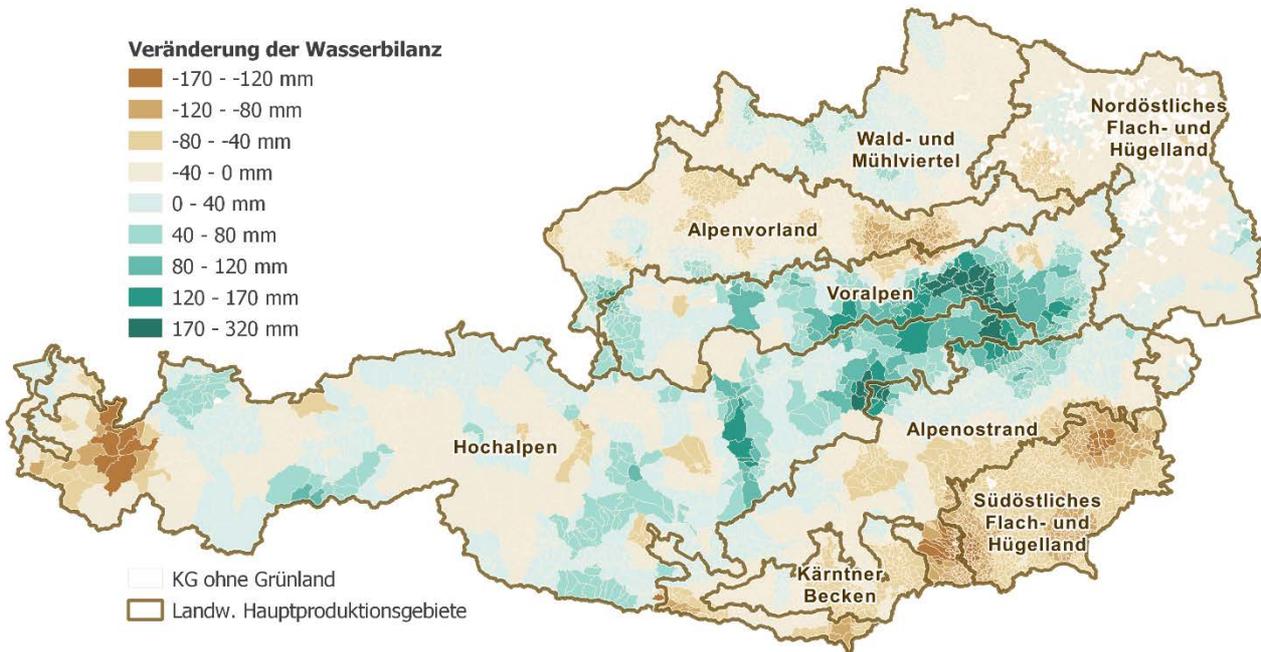
am Grünland-Mittelpunkt je KG von 1961-1990 zu 1991-2020

 Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen

Veränderung der Wasserbilanz



 KG ohne Grünland
 Landw. Hauptproduktionsgebiete



Klimadaten: ZAMG Spartacus; Verwaltungsgrenzen: BEV; Datenauswertung & Design der Fachdaten: BAB, 2022

Hitzetage

Als Hitzetage gelten Tage, deren Lufttemperatur $\geq 30^\circ\text{C}$ erreicht. Sie sind im Durchschnitt von 3,5 auf 10,9 gestiegen, haben also um 7,4 Tage im Jahr zugenommen. Die Bandbreite reicht dabei in den einzelnen KGs von -0,1 Tage bis +16 Tage. Naturgemäß wird der Schwellenwert häufiger in wärmeren Regionen überschritten.

Anstieg der Hitzetage 1961–1990 zu 1991–2020

landw. Hauptproduktionsgebiet	Anstieg der $\bar{\varnothing}$ Hitzetage
Alpenostrand	5,1
Alpenvorland	8,5
Hochalpen	4,2
Kärntner Becken	8,6
Nordöstliches Flach- und Hügelland	10,5
Südöstliches Flach- und Hügelland	11,3
Voralpen	6,4
Wald- und Mühlviertel	5,5
$\bar{\varnothing}$ Gesamt	7,4

Im Südöstlichen sowie im Nordöstlichen Flach- und Hügelland, in Teilen des Alpenvorlandes und südlich der Alpen ist die Anzahl der Hitzetage am stärksten angestiegen.

Ausblick Open Data Cube (ODC)

Abhängig von der Fragestellung können am Open Data Cube der BAB unterschiedliche Eingangsdaten und nach Bedarf auch verschiedene räumliche oder zeitliche Betrachtungsebenen miteinander ausgewertet werden. Durch das Erstellen und Speichern von Analyse-Skripten und die dezentrale Auswertungsmöglichkeit via Web-Browser (unabhängig vom Speicherort der Daten) eignet sich der ODC als System für langfristiges Monitoring bzw. wiederkehrende Auswertungen großer Datenmengen. Damit können fundierte Entscheidungsgrundlagen für agrarpolitische Fragestellungen zur Verfügung gestellt werden.

Quellen: BMNT 2017. Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Wien; HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017. Abschlussbericht AgroMet-Monitor. Irdning; Stangl M., Formayer H., Hiebl J., Orlik A., Höfler A., Kalcher M., Michl C. (2021): Klimastatusbericht Österreich 2020, CCCA (Hrsg.) Graz

Projekt OpenDataCube BAB

Berechnungen in Zusammenarbeit mit Oliver Bednarski, Klaus Paccagnel – Land-, forst- und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum (LFRZ)

Impressum

Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen
 Dietrichgasse 27, 4. Stock,
 A-1030 Wien

office@bab.gv.at
 +43-1-711 00 637415
www.bab.gv.at

Kontakt

Lena Mitterhuber
 lena.mitterhuber@bab.gv.at
 Karin Schroll
 karin.schroll@bab.gv.at

Rasterdatenwürfel (Open Data Cube) als Analysewerkzeug für Big Data

an der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB)

Lena Mitterhuber, Karin Schroll

Ausgangssituation

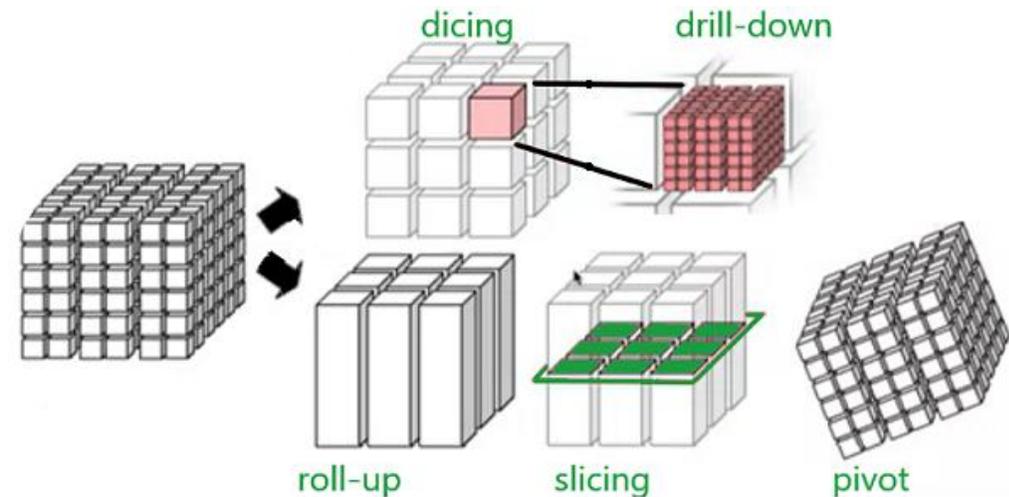
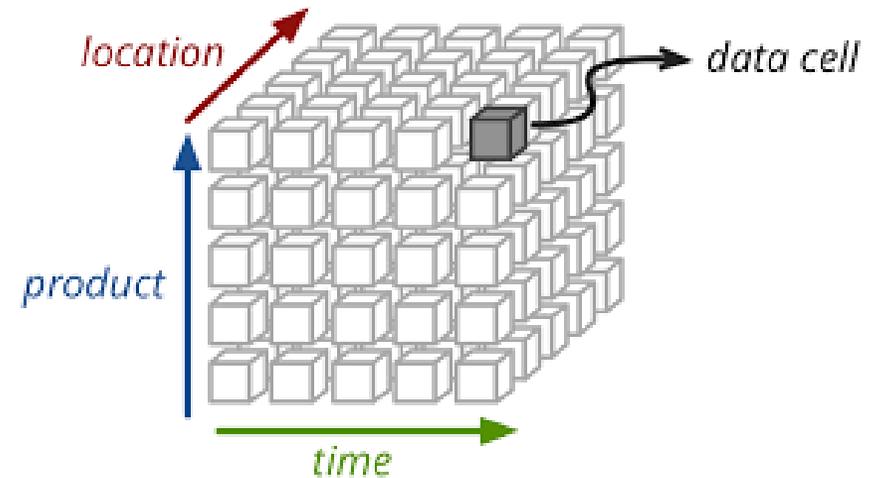
- Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB) ist eine Forschungs-Dienststelle des BML
 - Datenwissenschaftsprojekte > je nach Fragestellung sehr individuelle Auswertungen (räumlich, zeitlich, thematisch) notwendig
 - Wachsender thematischer Datenpool an der BAB (Raster & Vektor) & größer werdende Datenmengen verfügbarer Satellitendaten
- >> Bedarf an Verwaltungs- und Analyse-Infrastruktur mit eigenen thematischen Daten & Satellitendaten für individuelle & performante Analysen

Allgemeines zum OPEN DATA CUBE

Open Source Projekt, entwickelt um große Mengen an **Satellitendaten** intelligent verwalten und performant analysieren zu können

Set aus Python Libraries verbunden mit einer PostgreSQL-Datenbank

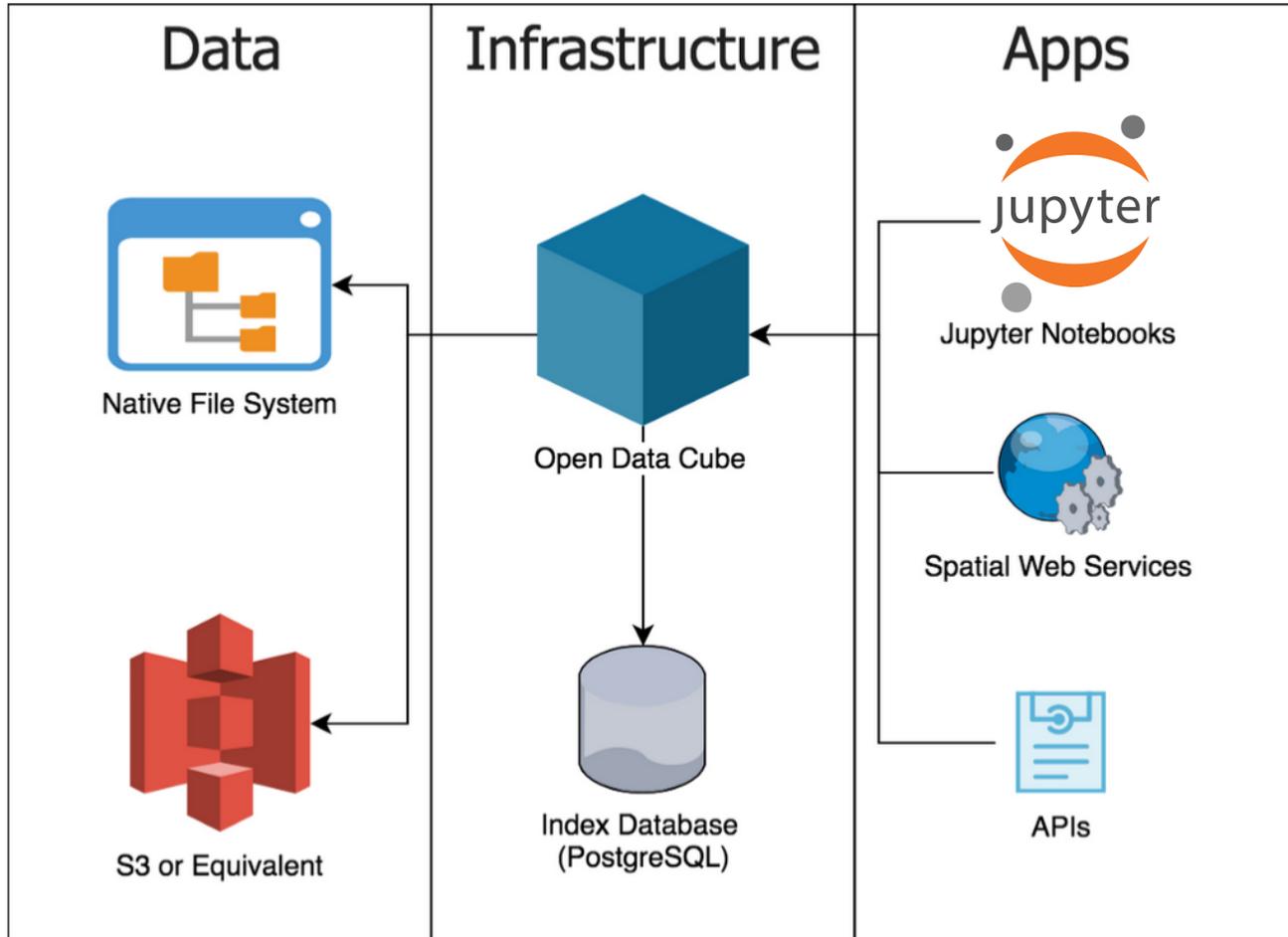
- Ein- bis vierdimensional
- Filterung über eine oder mehrere Achsen
- Kombination von thematischen Daten-Produkten
- Subsets (slicing, dicing,...)



Daten im Open Data Cube an der BAB

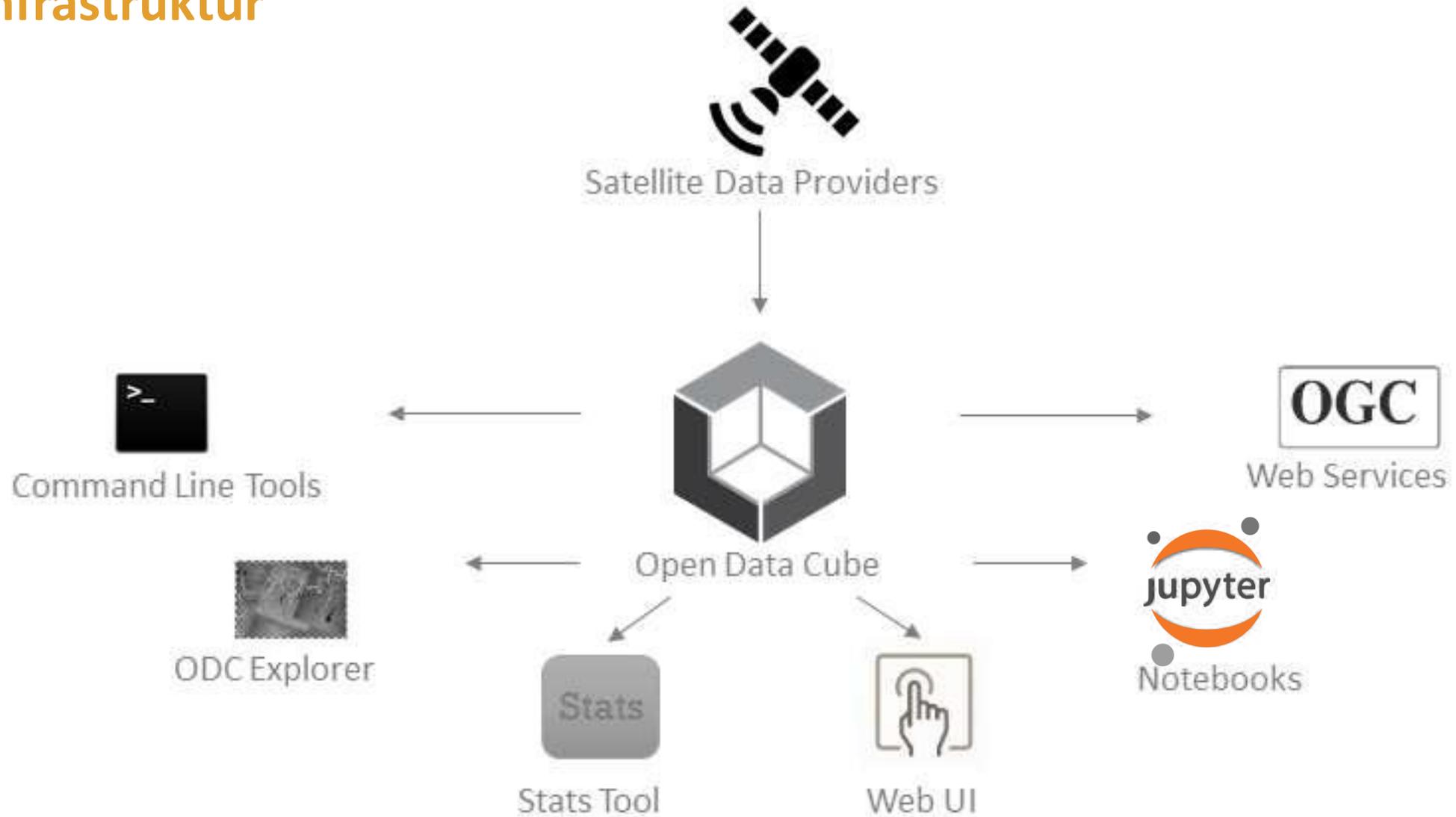
- Satellitendaten (MODIS, Sentinel 2A/B – Level 1C,...)
- Meteorologie-Daten (Geosphere Austria (SPARTACUS, INCA, WINFORE); JRC-Daten,...)
- INVEKOS-Daten (landwirtschaftliche Nutzung von Feldstücken, Schlägen)
- Höhenmodelle (DGM, DOM, nDOM)
- Orthofotos – DOP-Kacheln

Infrastruktur

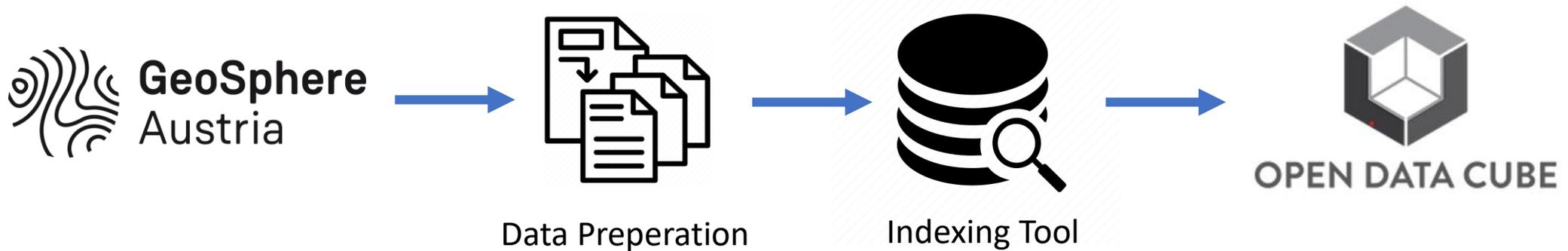
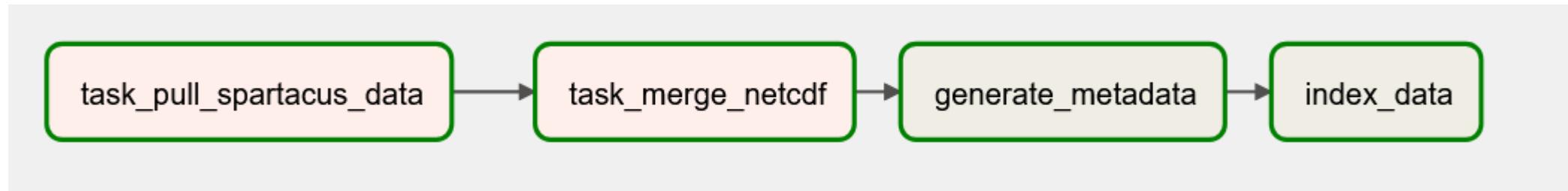


ODC fungiert als Ebene zwischen (Satelliten-)Datenanbieter und Anwendungen.

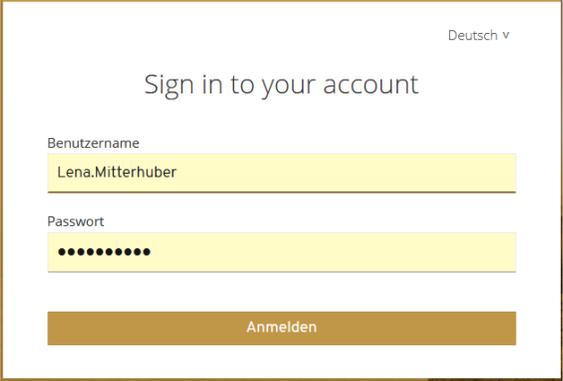
Infrastruktur



Infrastruktur - Daten indizieren



Infrastruktur an der BAB

- Kubernetes-Cluster
- Jupyterhub → multiple users
- Authentifizierung mit Keycloak →  → 
- Eigenes PV (Persistent Volume) für jeden User möglich oder shared Volume
- Verschiedene Profile

Infrastruktur an der BAB

Server Options

- Earth Observation (EO) environment

Earth Observation Notebook mit openEO, eo-learn und STAC-tools.

- Open Data Cube environment

Earth Observation Notebook mit openEO, eo-learn und STAC-tools und zusätzlich Open Datacube für Fernerkundungsdaten.

- Pangeo Notebook

latest notebook from the famous Pangeo project.

- Spark environment

The Jupyter Stacks spark image!

- Datascience environment mit RStudio

JupyterLab mit standard Python, R, and Julia Kernels sowie RStudio.

Start

Notebook



Python 3
(ipykernel)



Julia 1.9.1



R



RStudio [↗]

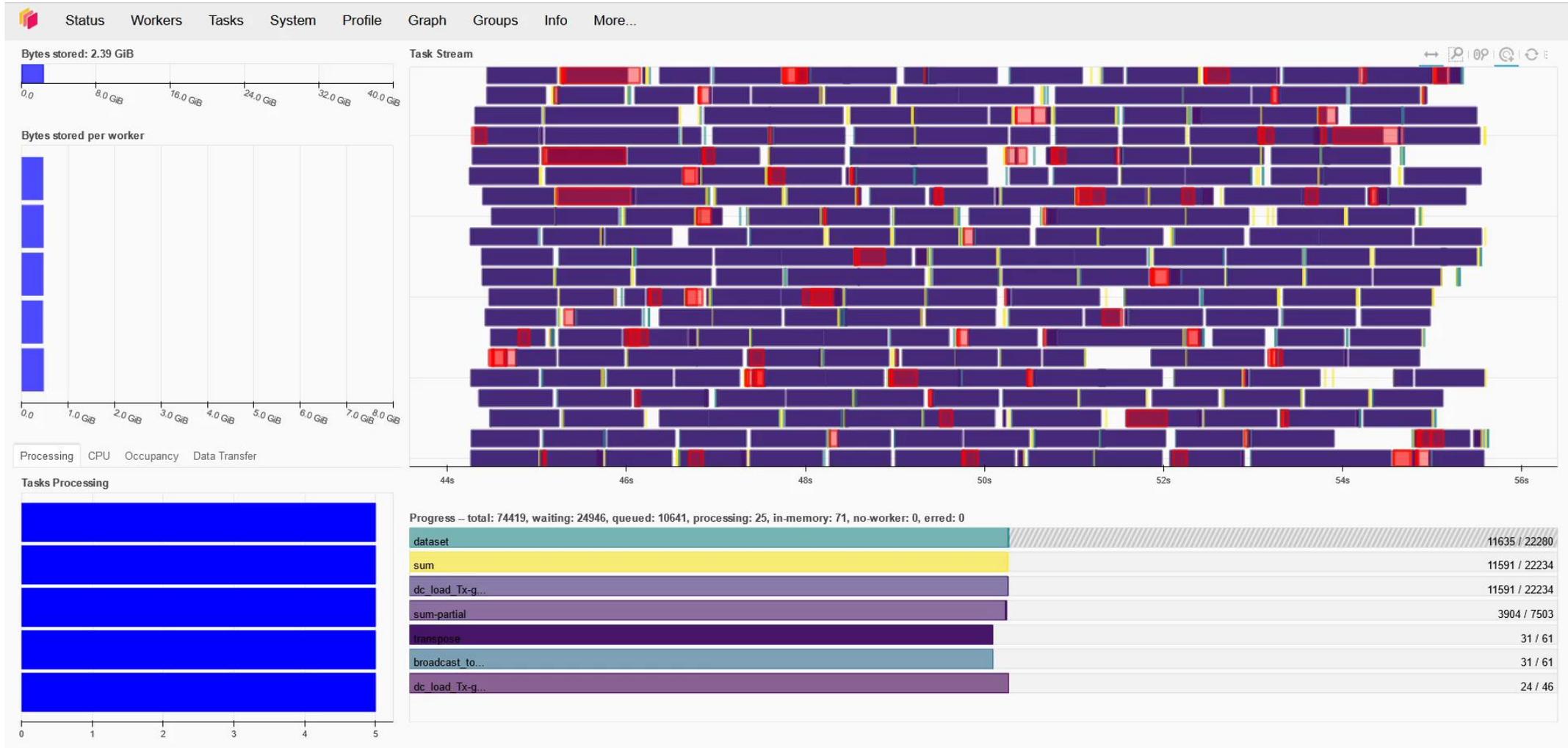
Parallelisieren mit Dask

Cluster Options

Worker Cores:

Worker Memory (GiB):

Image:



Beispiele von Auswertungen am ODC mit Jupyter Notebooks

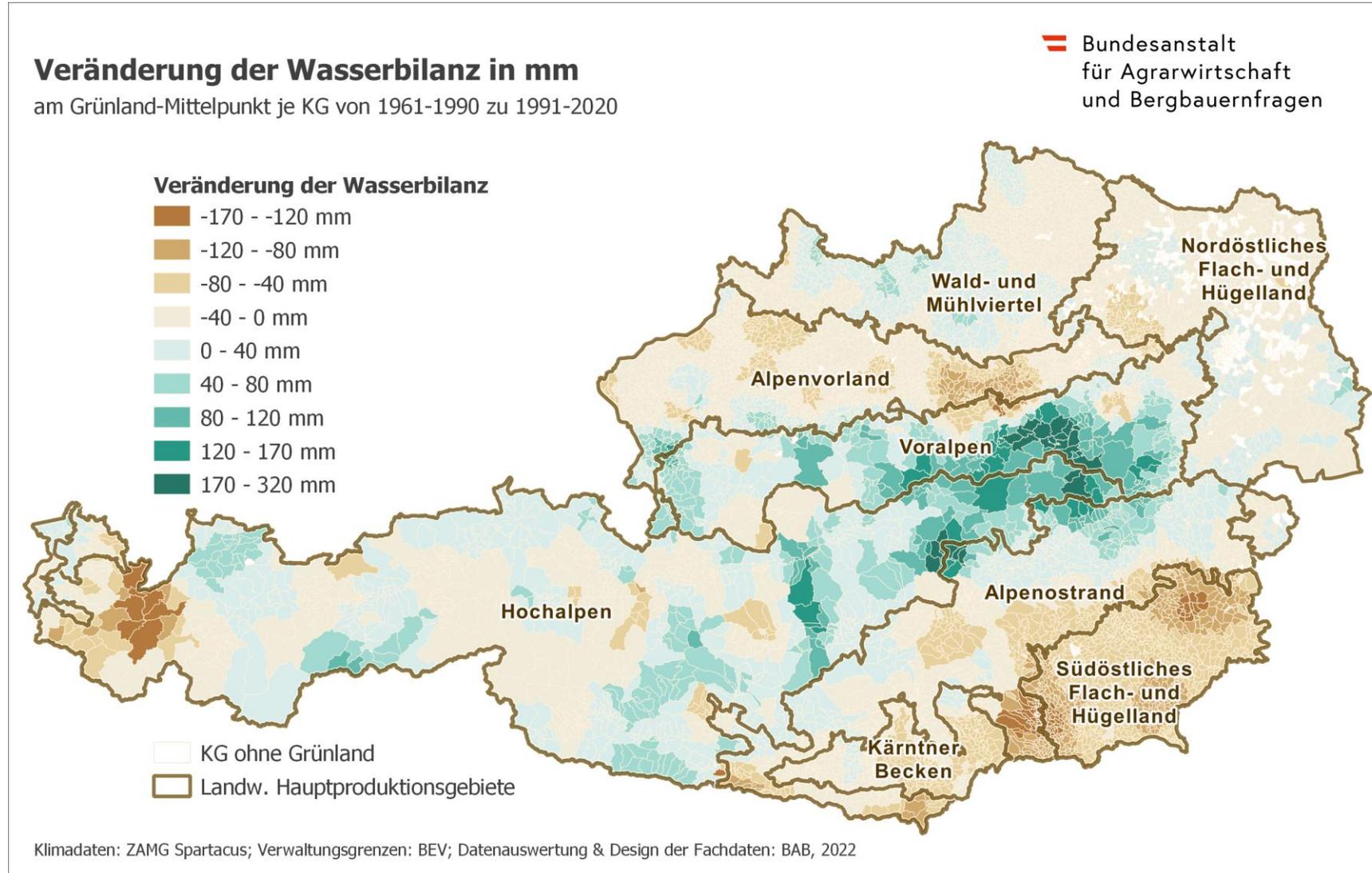
Klimaentwicklung auf Grünlandflächen

The screenshot displays the JupyterLab web interface. On the left, a file browser shows a list of files in the directory `/Klimadatenauswertungen/fertige_notebooks/`. The files include various IPYNB notebooks such as `1_Extract_ALS_from_pts.ipynb`, `2_extract_Wasserbilanz.ipynb`, and `merge_all_csv.ipynb`, along with their last modified times. On the right, the 'Launcher' panel is active, showing options to create a new 'Notebook', 'Console', or 'Other' file. Under 'Notebook', there are buttons for 'Python 3 (ipykernel)', 'Julia 1.0.3', and 'R'. Under 'Console', there are buttons for 'Python 3 (ipykernel)', 'Julia 1.0.3', and 'R'. Under 'Other', there are buttons for 'Terminal', 'Text File', 'Markdown File', 'Julia File', 'Python File', and 'R File'. The browser address bar shows the URL `https://kubernetes.agrarforschung.at/jupyterhub/user/karin.schroll/lab/tree/auswertungen/Klimadatenauswertungen/fertige_notebooks`. The system tray at the bottom indicates the time is 15:14 on 22.06.2023.

Vergleich der
Klimanormalperioden
1961–1990 und 1991–
2020 anhand
unterschiedlicher
Klimaparameter

berechnet aus täglichen
Wetterdaten (1 km Raster)
seit 1961 auf Ebene der
Katastralgemeinden (an
Mittelpunkt) mittels
Jupyter-Notebook &
Python

Klimaentwicklung auf Grünlandflächen – Klimatische Wasserbilanz



Klimatische
Wasserbilanz =
Niederschlag minus
potentielle
Evapotranspiration
(Verdunstung)

>> tendenziell
niedriger geworden
mit regionalen
Unterschieden

NDVI Zeitreihenanalyse mit Sentinel 2

The screenshot displays the JupyterLab interface. On the left, a file browser shows a directory structure with the following files:

Name	Last Modified
INVEKOS_Abfrage.ipynb	7 days ago
INVEKOS_SNAG.ipynb	7 days ago
INVEKOS_Timeseries_Analysis.ipynb	a minute ago
MeanNDVIforInvekosFeldstueck.ipynb	7 days ago

The right side of the interface shows a 'Launcher' panel with the following sections:

- Notebook:** Three options for starting a notebook: Python 3 (ipykernel), Julia 1.8.3, and R.
- Console:** Three options for starting a console: Python 3 (ipykernel), Julia 1.8.3, and R.
- Other:** Six options for starting other file types: Terminal, Text File, Markdown File, Julia File, Python File, and R File.

The bottom of the screenshot shows the Windows taskbar with various application icons and the system clock displaying 16:10 on 22.06.2023.

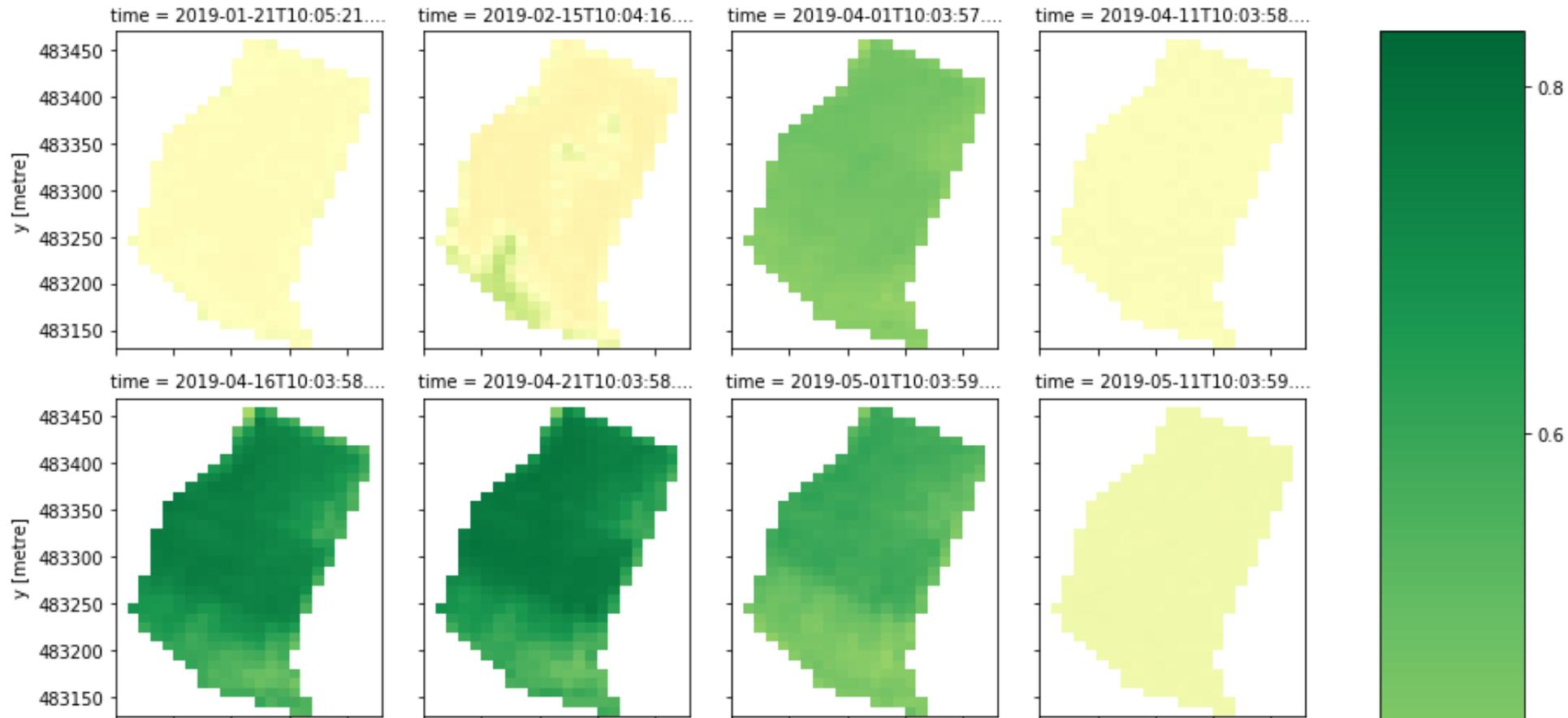
Landwirtschaftliche
Fläche auswählen
und Vegetations-
index NDVI auf allen
vorhandenen
Sentinel-Szenen
berechnen

Kombination von
INVEKOS und
Sentinel2-Satelliten-
Daten

NDVI Zeitreihenanalyse mit Sentinel 2 - Beispielfläche

```
[75]: ndvi.plot.imshow(col='time', col_wrap=4, cmap='RdYlGn')
```

```
[75]: <xarray.plot.facetgrid.FacetGrid at 0x7fd68bd29be0>
```



Ausblick

> ODC als dauerhaftes Analysewerkzeug für die Forschungstätigkeit der BAB etablieren

- Weiterentwicklung der ODC-Infrastruktur & Datensammlung
- Erweiterung bestehender Analysefunktionen (Jupyter Notebook, R-Studio) & Skripts
- Nutzererstellte Analysen – Mitarbeiter:innen der BAB via Web-Browser
- Herausforderungen Satellitendaten Wolken, atmosphärische Korrektur

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

MSc Lena Mitterhuber
[lena.mitterhuber@bab.gv.at](mailto:lana.mitterhuber@bab.gv.at)

DI Karin Schroll
karin.schroll@bab.gv.at