



➤ DIGITAL GEOGRAPHY

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

DIGITAL GEOGRAPHY



<https://digital.geo.uni-halle.de/mitarbeiterinnen/thuerkow/>

Dr. Detlef Thürkow

→ **Schwerpunkte**

- Geoinformatik / GIScience
 - Geodatenbanken, Geovisualisierung, Web Mapping, GDI
- E-Learning
- UAV- gestütztes Umweltmonitoring

→ **Aktuelle Projekte**

- AgriSens DEMMIN 4.0
- Bildungsportale Klimawandel, Outdoor Education
- Insitu Open Data Portal
- Campus Maps der MLU
- Drohngestützte Vermessung Schorrebereiche MV Ostseeküste

→ **Lehre**

- GIScience / Geoinformatik, Web Kartographie, Geländeübungen



Dr. Mike Teucher

→ **Schwerpunkte**

- Biogeographie
- GIScience
- Fernerkundung / Kartographie
- E-Learning
- UAV- gestütztes Umweltmonitoring

→ **Aktuelle Projekte**

- AgriSens DEMMIN 4.0
- BIOCULT

→ **Lehre**

- Geoökologie, Geoinformatik / GIScience, Geländeübungen



<https://geoeko.geo.uni-halle.de/2mike-teucher/>



Institut für
**GEOWISSENSCHAFTEN
und GEOGRAPHIE**
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Philipp Alb



<https://www.geo.uni-halle.de/institut/#anchor3308442>

Schwerpunkte

- Systemadministrator am Institut für Geowissenschaften und Geographie
 - Lehrpools
 - Datenbanken
 - GDI
 - Projekt- Websites
 - Esri-Campuslizenz
- UAV- Technik und Datenprozessierung

Aktuelle Projekte

- [Insitu Geodaten Opendata Portal der MLU](#)
- [AgriSens Demmin 4.0](#)
- [Outdoor Education Datenbank](#)

Aufwuchs von Umwelt- und Geodaten aus Forschung und Lehre auch am Institut



Eigene Quelle

Herausforderungen:

Primärdaten

- Datenerhebungen im Gelände
- FE / UAV- gestützte Daten

Sekundärdaten aus Anwendungsentwicklung

- Tools zur Datenerfassung (Surveys)
- Mapping Anwendungen und Web Apps
- Visualisierungs- und Datenportale

Meßfahrt

Datum: 19.01.10
Zeit: 12:15

Rollsdorfer Mühlgraben RMG/NS
Nordschieuse

Bemerkungen: Schnee, Tauwetter
Grüßer See vereist
Abfließen durch Niedrigwasserlinie

LF in $\mu\text{S/cm}$: 1634

T in $^{\circ}\text{C}$: 0,8

Pegel in cm: 44

Südschleuse SS

Datum: 19.01.09
Zeit: 12:05

Bemerkungen: Schnee, Tauwetter

LF in $\mu\text{S/cm}$: 1628

T in $^{\circ}\text{C}$: 1,3

Pegel in cm: 30 cm

GUETE_SALZA_2006-2017.xlsx [Schreibgeschützt] - Ex

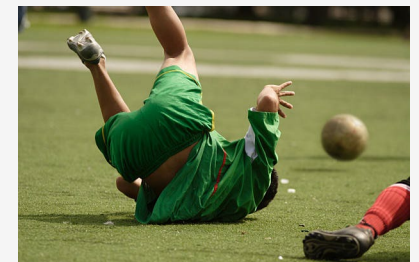
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	KW	Datum	Uhrzeit	W [cm]	Qp [m³/s]	Qd [m³/s]	el. LF [$\mu\text{S/cm}$]	T [$^{\circ}\text{C}$]	O ₂ [mg/l]	O ₂ [%]	Afs [g/l]
571	17	24.04.17	11:02	18,00			1749,00	7,00	13,68	114,10	0,00
572	18	02.05.17	10:06	20,00			1994,00	9,40	9,80	87,60	0,00
573	19	08.05.17	9:05	20,00			1793,00	10,60	11,13	100,80	0,00
574	20	15.05.17	9:45	20,00			1473,00	12,80	10,43	98,60	0,00
575	21	22.05.17	9:05	18,00			1759,00	13,00	10,39	99,00	0,03
576	22	29.05.16	11:02	14,00			1836,00	19,40	9,51	104,70	0,01
577	23	06.06.17	9:05	14,00			1794,00	16,00	9,51	98,60	0,01
578	24	12.06.17	9:05	12,00			1889,00	18,00	9,09	97,30	0,01
579	25	19.06.17	10:05	14,00			1893,00	18,50	9,29	99,80	0,01
580	26	26.06.17	10:00	14,00			1929,00	16,60	9,02	94,10	0,01
581	27	03.07.17	10:05	14,00			1897,00	15,50	9,78	99,20	0,04
582	28	10.07.17	9:55	22,00			1942,00	17,90	8,62	92,50	0,14
583	29	17.07.17	10:45	14,00			1913,00	17,40	9,00	94,70	0,02
584	30	24.07.17	0:00	14,00			1653,00	16,50	9,80	102,40	0,03
585	31	31.07.17	10:05	14,00			1848,00	19,80			0,00
586	32	07.08.17	9:55	14,00			1802,00	15,80	10,02	101,70	0,01
587	33	14.08.17	9:55	16,00			1924,00	15,50	9,80	98,50	0,01
588	34	21.08.17	9:05	14,00			1973,00	15,10	10,08	100,80	0,02
589	35	28.08.17	10:00	14,00			2070,00	15,20			0,01
590	36	04.09.17	9:45	14,00			2060,00	13,00	10,50	100,70	0,00
591	37	11.09.17	9:05	14,00			2040,00	13,20	9,89	97,30	0,01
592	38	18.09.17	9:45	14,00			1881,00	10,30	10,37	93,80	0,00
593	39	25.09.17	10:00	14,00			2010,00	13,00	10,03	95,60	0,00
594	40	02.10.17	9:55	14,00			1681,00	11,70	10,10	95,00	0,00
595	41	09.10.17	9:03	14,00			1500,00	9,30	11,01	96,50	0,00
596	42	16.10.17	9:03	16,00			2090,00	11,30	95,10	10,41	0,00
597	43	23.10.17	9:03	16,00			1984,00	10,20	10,27	92,50	0,00
598	44	30.10.17	9:35	14,00			1717,00	7,40	92,50	11,08	0,00
599	45	06.11.17	9:04	18,00			1161,00	7,60	10,91	91,60	0,02
600	46	13.11.17	9:04	18,00			1693,00	5,50	11,82	95,20	0,00
601	47	20.11.17	9:05	20,00			975,00	5,30	11,84	94,10	0,00
602	48	27.11.17	9:04	18,00			1854,00	4,20	12,61	96,90	0,00
603	49	04.12.17	9:45	20,00			2440,00	3,60	12,70	9,00	0,01
604	50	11.12.17	9:02	22			2330	2,9	12,48	96,1	0,008125
605	51	18.12.17	9:03	20			1746	2,2	13,27	96,5	0,009375



Defizitanalyse

Daten liegen häufig
heterogen und
dezentral vor

sind nicht oder nur
unzureichend
digitalisiert

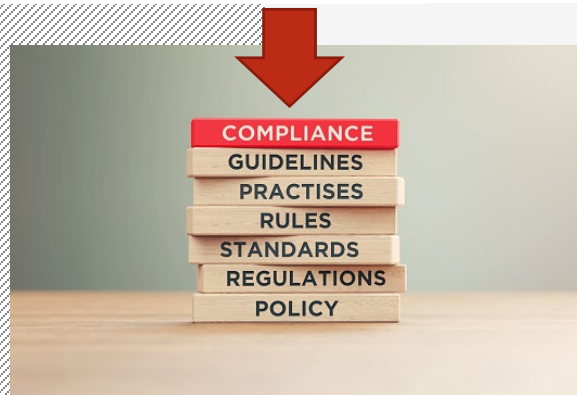


5

DIMENSIONEN DER DATENQUALITÄT



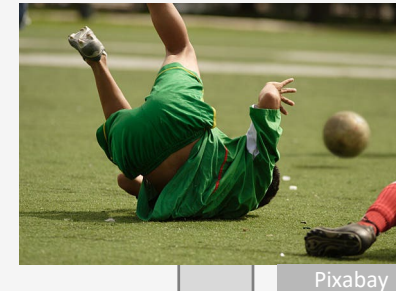
Infografik © schwarzer.de / Bild © Shutterstock / Samarets



Pixabay

Defizitanalyse

- Daten liegen heterogen und dezentral vor
- Defizite bei der Dokumentation von Kriterien und Dimensionen der Datenqualität
- Defizite bei der Einhaltung von Normen und Standards (ISO, Open Geospatial Consortium OGC)



Pixabay

Verletzung von Regeln und Standards für einen „FAIREN“ Umgang mit den Daten

Geodaten & Geoinformationstechnologien
im Zeitalter der Digitalisierung sind ...



Pixabay

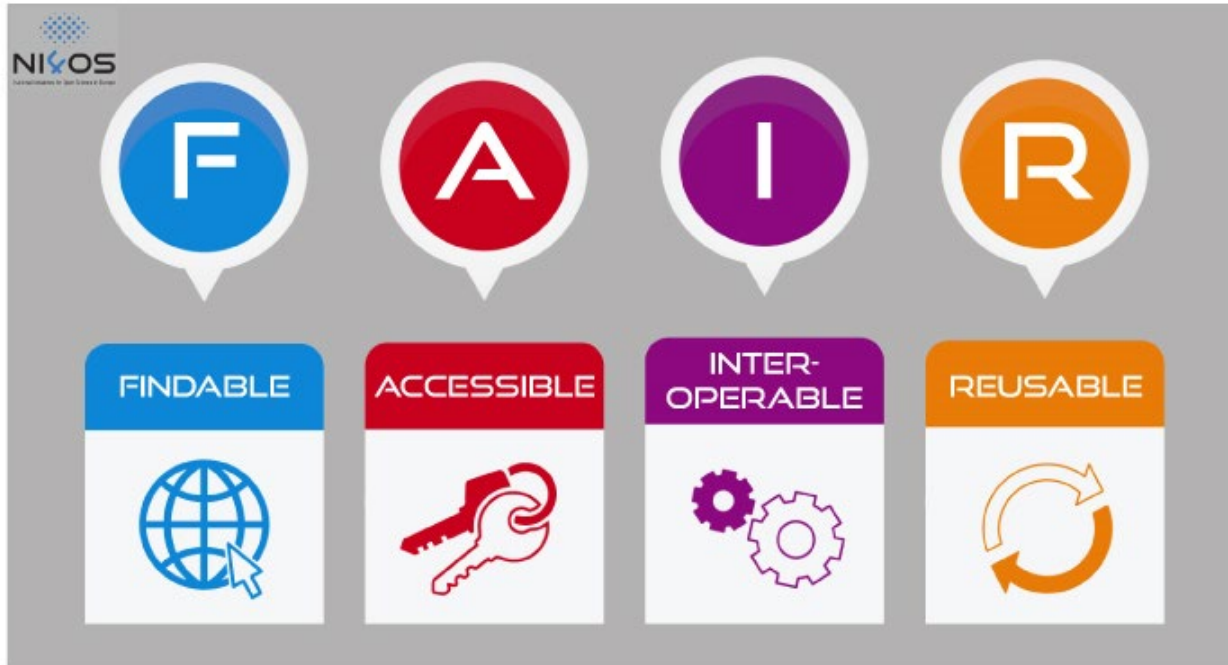
... rasant wachsendes Wirtschaftsgut in
Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und
Öffentlichkeit

Ausgangssituation

- Vorteile der Erfassung durch FE-/UAV- Methoden nutzen
- Generierung flächenhafter und objektiver Daten durch berührungslose Messtechniken
 - Automatisierte Erfassungsmethoden → kontinuierliche Datenströme

ABER:

- Big-Data-basierte Geoinformationsprodukte erfordern Ground-Truth-Informationen aus dem Gelände
 - wesentliche Basis zur Validierung / Verbesserung der Produktqualität
- Geoinformationsanwendungen müssen Datenqualitätskriterien genügen
- „FAIR“er Umgang mit Daten ist unabdingbar für deren Akzeptanz und Überführung in die Praxis



NI4OS Europe

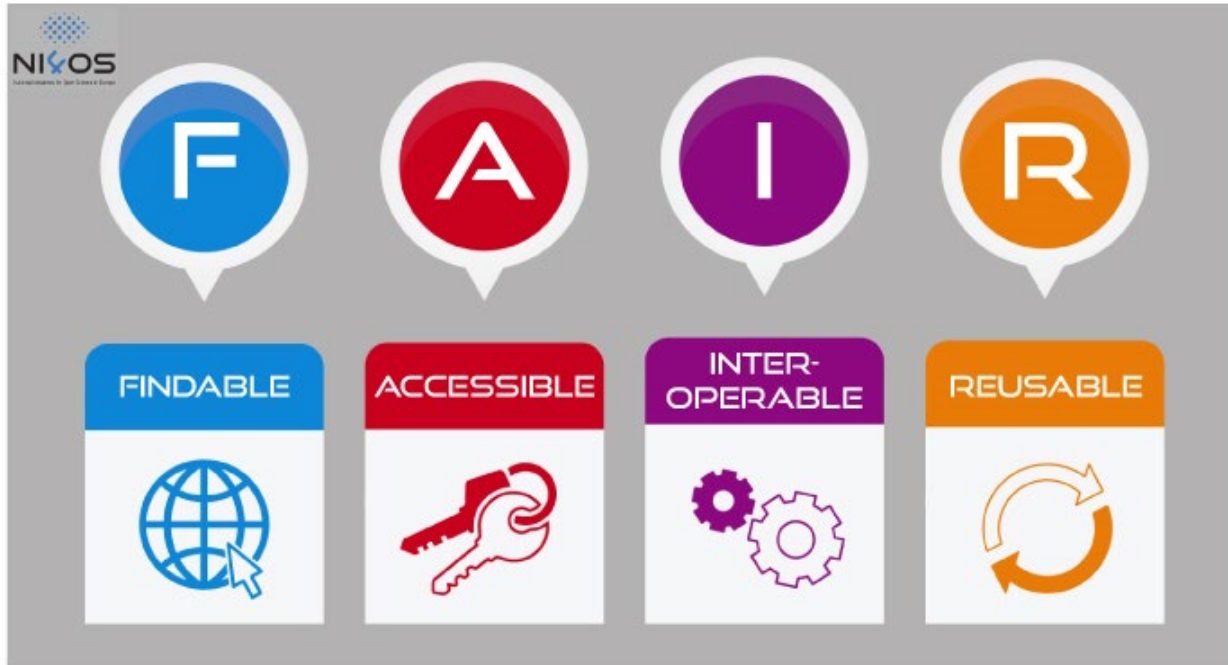


NI4OS Europe

FAIR Principles

→ **Findable:** Metadaten und Daten sollten sowohl für Menschen als auch für Computer leicht zu finden sein

Quelle: Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.*
The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship.
Sci Data **3**, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>



NI4OS Europe

FAIR Principles

- **Findable:** Metadaten und Daten sollten sowohl für Menschen als auch für Computer leicht zu finden sein
- **Accessible:** Sobald der Nutzer die gewünschten Daten gefunden hat, muss er wissen, wie er auf sie zugreifen kann, möglicherweise einschließlich Authentifizierung und Autorisierung.

Quelle: Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.*
The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship.
Sci Data **3**, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>



NI4OS Europe

FAIR Principles

- **Findable:** Metadaten und Daten sollten sowohl für Menschen als auch für Computer leicht zu finden sein
- **Accessible:** Sobald der Nutzer die gewünschten Daten gefunden hat, muss er wissen, wie er auf sie zugreifen kann, möglicherweise einschließlich Authentifizierung und Autorisierung.
- **Interoperable:** Die Daten müssen in der Regel mit anderen Daten integriert werden. Darüber hinaus müssen die Daten mit Anwendungen oder Arbeitsabläufen für die Analyse, Speicherung und Verarbeitung interoperabel sein.

Quelle: Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.*
The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship.
Sci Data **3**, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

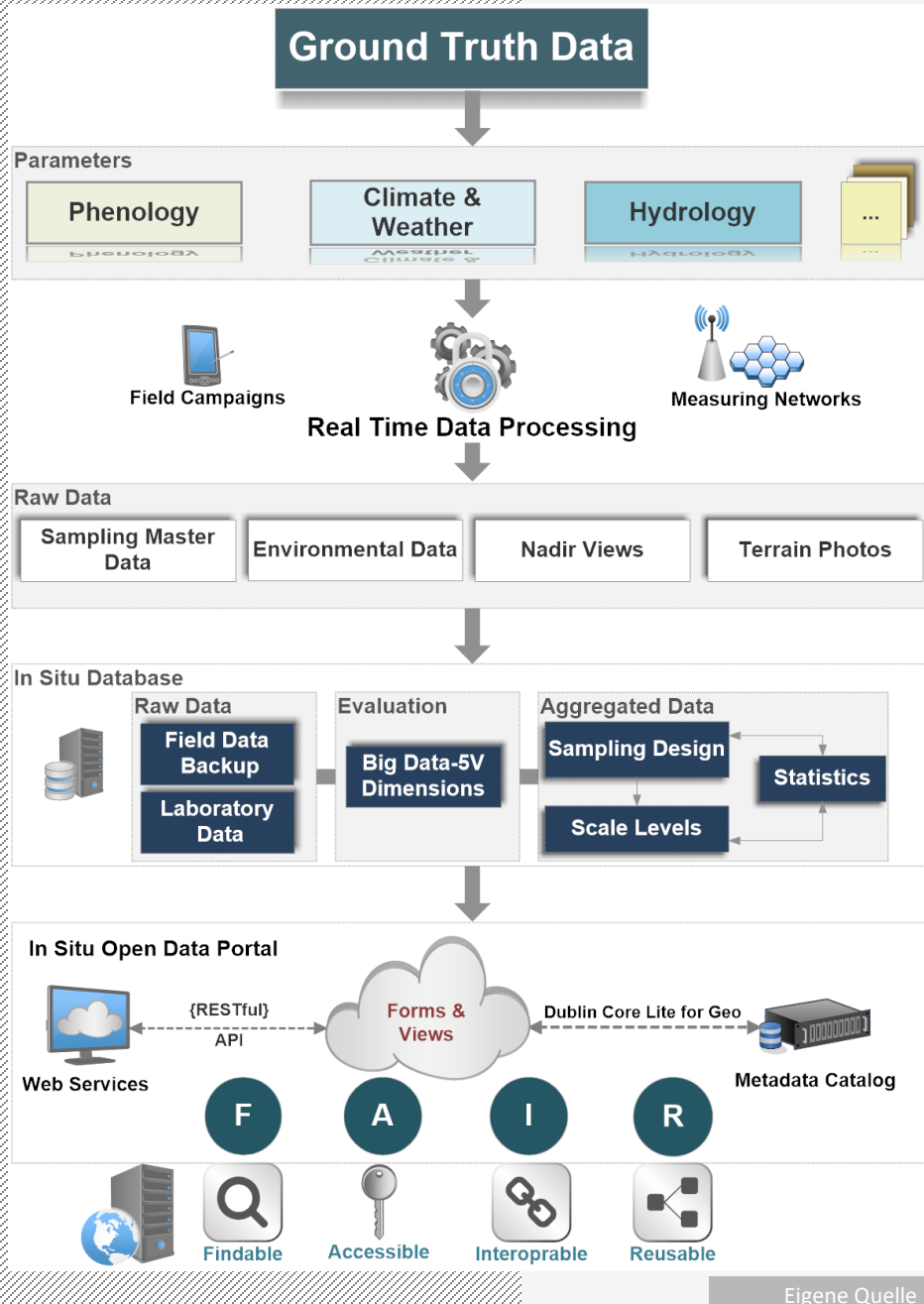


NI4OS Europe

Quelle: Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.*
The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship.
Sci Data **3**, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

FAIR Principles

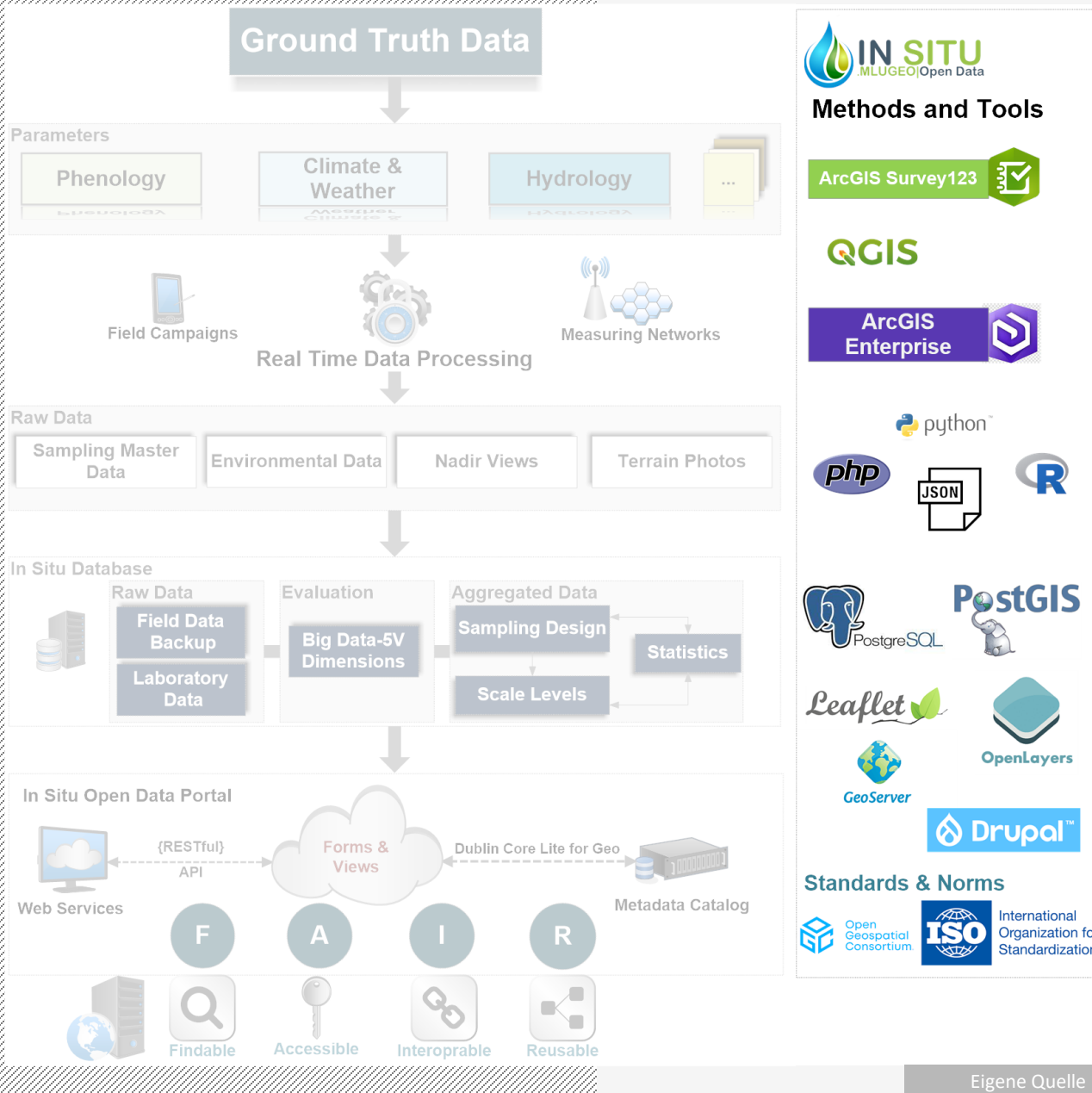
- **Findable:** Metadaten und Daten sollten sowohl für Menschen als auch für Computer leicht zu finden sein
- **Accessible:** Sobald der Nutzer die gewünschten Daten gefunden hat, muss er wissen, wie er auf sie zugreifen kann, möglicherweise einschließlich Authentifizierung und Autorisierung.
- **Interoperable:** Die Daten müssen in der Regel mit anderen Daten integriert werden. Darüber hinaus müssen die Daten mit Anwendungen oder Arbeitsabläufen für die Analyse, Speicherung und Verarbeitung interoperabel sein.
- **Reusable:** Das oberste Ziel von FAIR ist die Optimierung der Wiederverwendung von Daten. Um dies zu erreichen, sollten Metadaten und Daten gut beschrieben sein, damit sie in verschiedenen Umgebungen repliziert und/oder kombiniert werden können.



Ziele

- Konzeption und Umsetzung einer übertragbaren Prozesskette von der Datenerfassung bis zur servicebasierten Präsentation und Mehrfachnutzung der Daten
- Implementierung „FAIR“- Prinzipien im Sinne eines Best-Practice-Use-Cases
- Schrittweise sollen möglichst viele Daten aus Umweltmonitoring- Kampagnen des Instituts in das In Situ Open Data Portal des Instituts überführt werden und somit „FAIR gehen“





Tools

Open Source und proprietär im Zusammenspiel

- **Erfassung:** Esri Campus Lizenz, Field Apps, QGIS ...
- **Verwaltung:** ArcGIS Online, PostgreSQL / PostGIS
- **Analyse, Präsentation:** Geoserver, Drupal, Python, Esri Web Apps ArcGIS Online, OpenLayers, Leaflet



→ Einhaltung von **Standards** und **Normen** (ISO, OGC)

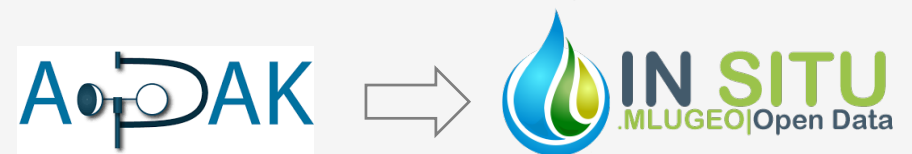


Foto: D. Thürkow 2022

Fallbeispiel I

Wetter & Klima

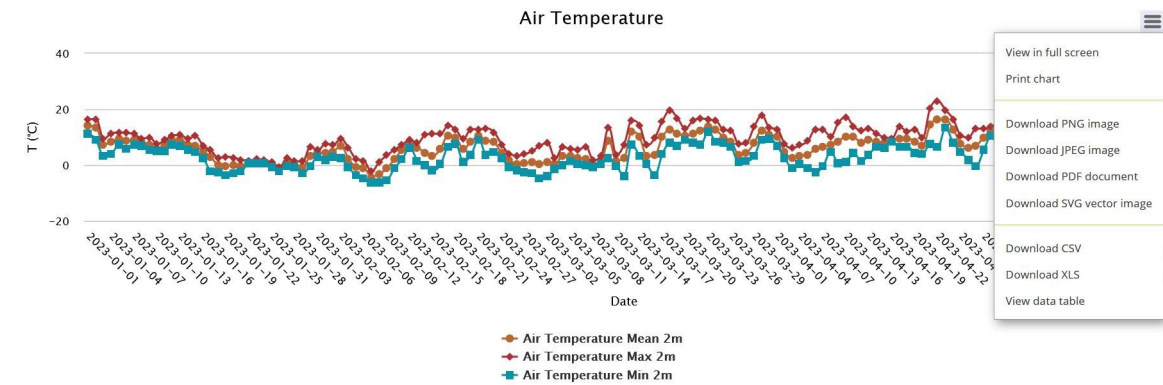
- ADAK - Automatisierte Datenabfrage und
Analyse von Klimamesswerten -



Schafft Wissen. Seit 1502.

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

Date, Time Series	Air Temperature Mean 2m	Air Temperature Max 2m	Air Temperature Min 2m	Precipitation 2m	Evapotranspiration Turc-Wendling	Water Balance (P-Evap)
2023-01-01 - 2023-05-21	7.2900709219858	27.2	-6.1	189.12	227.07	-37.95



Datenreihe 2023 Wetterstation Geologischer Garten:

<https://insitu.geo.uni-halle.de/climate/central-germany/adak/geologischer-garten-daily> [22.05.2023]

Beispiele ausgewählter Abschlussarbeiten

Eckert, C. (2017): Effekte der Entwicklung der Obst- und Weinbauflächen für den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet der Salza. Masterarbeit am Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU.

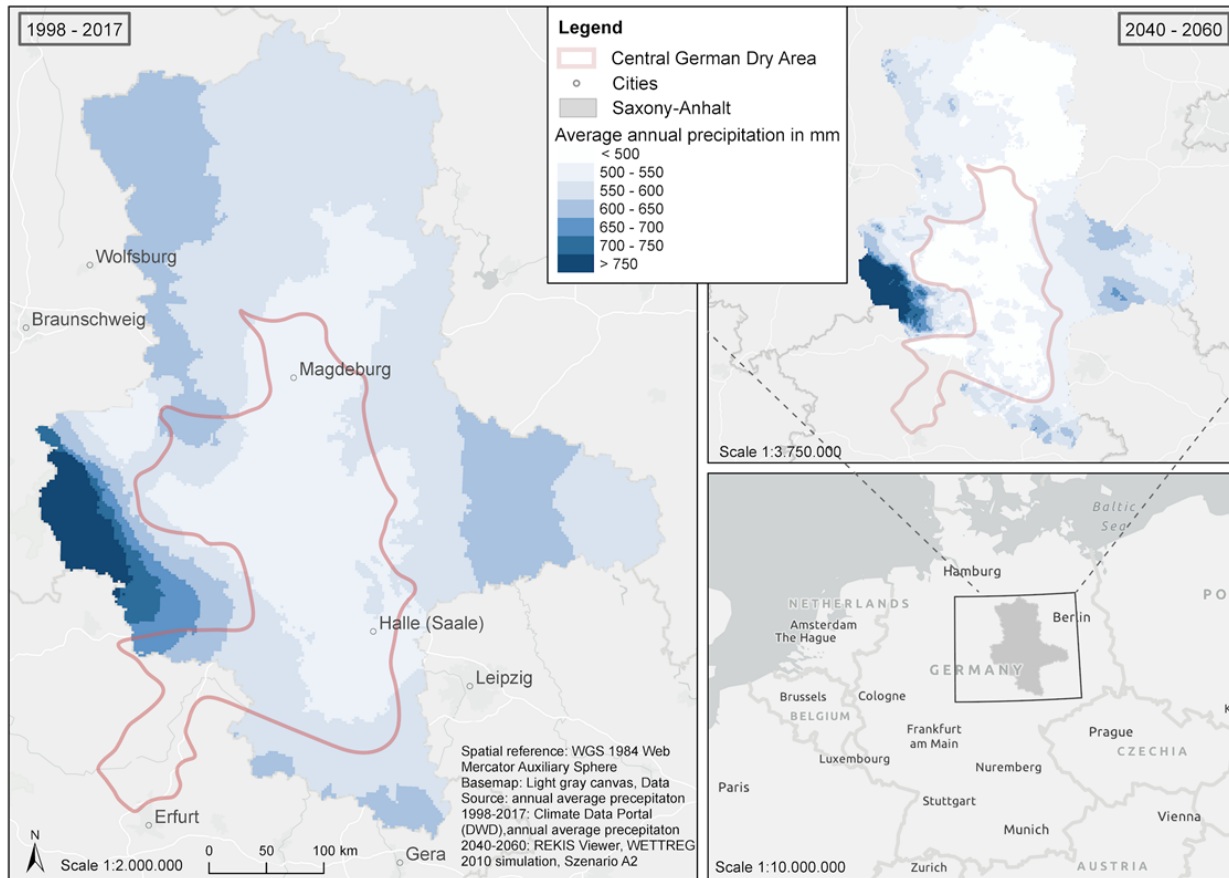
Rademacher, V. (2020): Charakteristik der Abflussverhältnisse der Bösen Sieben und Bewertung der Effekte von Niedrigwasserphasen für die Wasserqualität. Bachelorarbeit am Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU.

Radon, F. (2020): Die Naturgefahr „Starkregen“. GIS-basierte Relieffanalyse und Gefährdungsermittlung am Beispiel der Stadt Halle (Saale). Bachelorarbeit am Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU.

Wenzel JL (2019) Quantifizierung des Basisabflusses der Geisel am Pegel Frankleben – Möglichkeiten und Grenzen von Ganglinienseparationsverfahren und Basisabflussindices. Masterarbeit am Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU.

Klimamesswerte – Lehre

- Vermittlung methodischer Kompetenzen im Kontext der Datenerfassung im Gelände
- Messwerte dienen der Analyse von Zusammenhängen des Wasser- und Stoffhaushalts in der Region
- aufgezeichnete Daten werden in verschiedenen Curricula des Instituts verwendet (Digitale Geographie, Geoökologie, Didaktik, ...)
- Daten sind Grundlage zahlreicher Abschlussarbeiten



Klimamesswerte – Forschung und Bildung

- Webservices in Bildungsmodulen zur Klimaanpassung (<https://klimawandel.geo.uni-halle.de>)
- Forschungen zum Klimawandel und zur Klimaanpassung im Mitteldeutschen Raum
- Methoden und Tools sind Basis zum Aufbau von Datenservices für Messstationen der Fakultät (Geo- und Agrarwissenschaften)
 - Verdichtung Messnetz im Mitteldeutschen Trockengebiet
 - Verbesserte flächenhafte Analysen
 - Langzeituntersuchungen (Wetter → Klima)
 - Unterstützung Handlungsempfehlungen zur Klimaanpassung

Ausgewählte Publikationen:

Lindau, AK., Thürkow, D. (2022). Lehrerprofessionalisierung durch Service Learning am Beispiel der digitalen Plattform „Klimaanpassung online verstehen“. In: Weselek, J., Kohler, F., Siegmund, A. (eds) Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-65120-9_14

Thürkow, Detlef ; Schürmann, Alina ; Lindau, Anne-Kathrin: Konzeption von Online-Lernformaten zur Thürkow D, Schürmann A, Lindau A K (2020). Konzeption von Lernformaten zur Klimaanpassung in Mitteldeutschland unter Einsatz von Geoinformationstechnologien. Ein Beitrag zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 6-2020, S. 224-236. doi:10.14627/537698021.

Thürkow, D., Lindau, AK., Schmidt, G. *et al.* Using Interactive Story Maps Enriched by Direct Knowledge Queries for the Development of E-Learning Modules on Climate Change. *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.* **69**, 195–204 (2019).
<https://doi.org/10.1007/s42489-019-00024-0>

Wenzel, J.L., Schmidt, G., Usman, M., Conrad, C. and Volk, M. (2021) Long-Term Baseflow Estimation and Environmental Flow assessment in a Mining-Impacted Catchment in Central Germany. *Hercynia N.F.*, 54, 103–143.

Open Climate and Weather Data Services

Home → Open Climate and Weather Data Services

Weathercam Halle (Saale) - MLU Geography

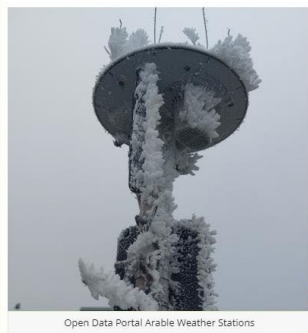


Open Weather Data Central Germany
(MLU - ADAK)



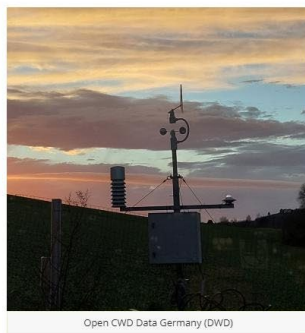
»more

Arable - Open Weather Data
(AgriSens DEMMIN 4.0)



»more

Open CWD Data Germany
(Deutscher Wetterdienst)



»more

Screenshot Insitu Startportal Klima und Wetter [21.11.2022]

Open Climate and Weather Data Services | [IN SITU.MLUGEO \(uni-halle.de\)](https://insitu.mlugeo.uni-halle.de)

Open Climate and Weather Data Portal

- Wettercam Haus Geographie
- Stationäre Open Data Institutsstationen im Mitteldeutschen Trockengebiet (ADAK)
- Mobile Open Data Arable Wetterstationen (AgriSens DEMMIN 4.0)
- Open Data CWD (Deutscher Wetterdienst)
- Wetterstationen Agrarwissenschaften (Merbitz, Pfaffendorf, Kühnfeld, Campus Heide-Süd)



Messprogramm - Herausforderungen

→ allein bei Wetterdaten heterogene Systeme (Thies, EcoTech, Arable, DWD... unterschiedliche Generationen)



→ Heterogene Hardware, Sensorik, Übertragungsprotokolle, Datentypen, Austauschformate, Zeitintervalle



Pixabay

Sensor	Sensortyp	Parameter	Messbereich	Aufbauhöhe	Messprinzip
WXT 538	Multisensor	Lufttemperatur Luftfeuchte Windrichtung Windgeschwindigkeit Luftdruck Niederschlag	-52 – 60 °C 0 – 100% rF 0 – 360 ° 0 – 60 m/s 600 – 1100 hPa	2m und 1m	Kapazitiv (Keramik) Kapazitiv (Polymer) Ultraschall Ultraschall Kapazitiv (Silicon) Schall
CMP 3	Strahlungssensor	Globalstrahlung	0 – 2.000 W/m²	2m	Thermosäule
NR-Lite2	Nettoradiometer	Netto-Gesamtstrahlung	- 2000 - +2000 W/m²	1,5m	Thermosäule
LWS-L	Blattfeuchtesensor		250 – 1500 mV	2m	Dielektrizitätskonstante
Tensiomark	Kombisensor	Wasserspannung (pF) Bodentemperatur	pF 0 – pF 7 (1 – 10.000.000 hPa) -40 – +80 °C	- 20cm	Wärmekapazität Elektrischer Widerstand
Hydra Probe	Kombisensor	Bodenfeuchte Elektrische Leitfähigkeit	0 – Sättigung 0,01 – 1,5 S/m	- 20cm	Dielektrizitätskonstante
Niederschlags- geber	Kippwaage	Niederschlag	0,1 – 11 mm/min	1m	Volumetrisch

Schmidt & Thürkow (2017): Technische Ausstattung Eco Tech Wetterstation

Date / Period

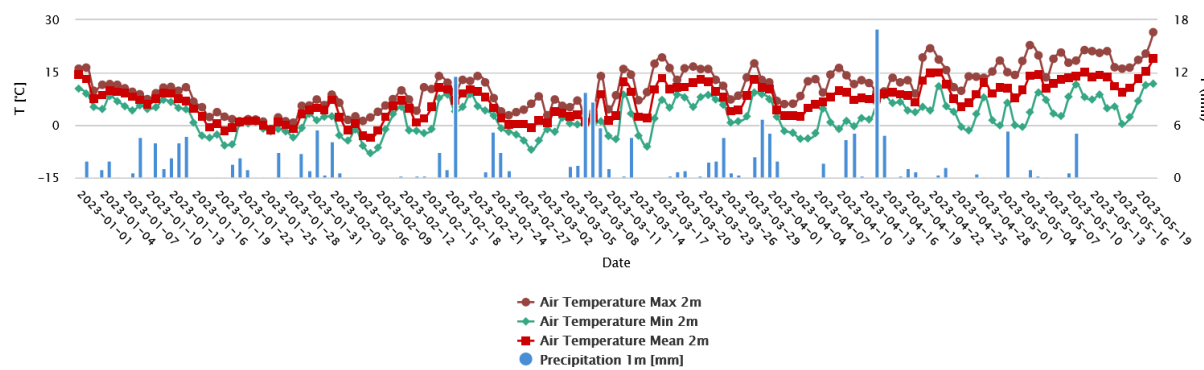
2023

Enter the time reference (YYYY-MM-DD or YYYY-MM or YYYY)

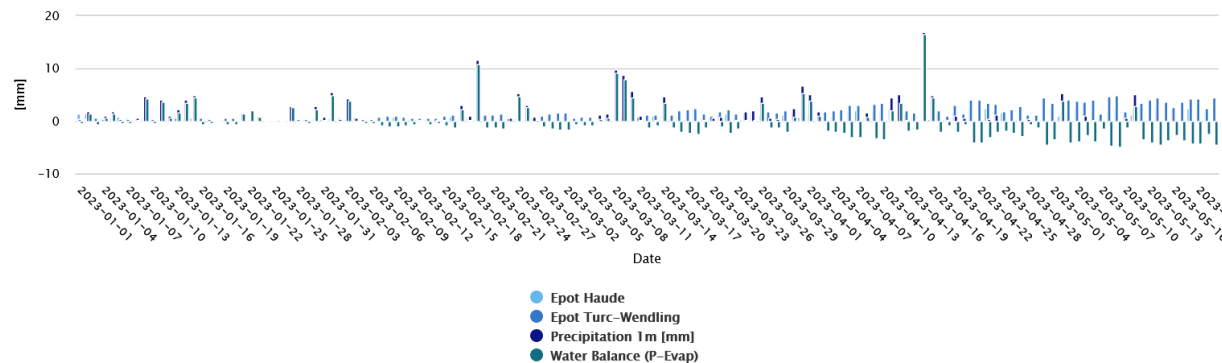
Apply

Date	Air Temperature Mean 2m	Air Temperature Max 2m	Air Temperature Min 2m	Precipitation [mm]	Evapotranspiration Turc-Wendling	Water Balance (P-Evap)
2023-01-01 - 2023-05-21	6.9035460992908	26.5	-8.0	185.7	218.73	-33.03

Air Temperature and Precipitation



Waterbalance (Precipitation – Evapotranspiration)



Screenshot Open Climate and Weather Data Services Station Allerstedt [22.05.2022]

Homogenisierung

- Datenfernübertragung in Echtzeit
- Datenverarbeitung in automatisierten Prozessketten (R, PHP, Python, PostgreSQL)
- Standardisierte Dienste zur Visualisierung und zum Download (Drupal)
 - interaktive Diagramme
 - Zeitreihen, Agglomeration, Statistiken, Berechnungen, Ableitungen(Tag, Monat, Jahr, Normalperiode ...)
 - Globaler Zugriff über interoperable Schnittstellen (CSV, JSON, XML)



Foto: Gerd Schmidt 2017

Fallbeispiel II

Hydrologie – Sediment- und Abflussmonitoring



Schafft Wissen. Seit 1502.



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Sedimentmonitoring Helme

**Sediment- und Trübungsuntersuchungen Helme /
Kleine Helme zur optimierten Ablasssteuerung der
Talsperre Kelbra**

Kooperationsprojekt

TSB



LHW



Michael Zierdt, Gerd Schmidt, Patrick Illiger, Robin Renz, Silke Kurze, Michael von Hoff

Laufzeit 2021 – 2023

Schafft Wissen. Seit 1502.



**MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG**



Zielstellung

- Erhebung morphodynamischer und stofflicher Grundlageninformationen zur Optimierung der Ablasssteuerung der Talsperre Kelbra
- Beiträge zum Erhalt von Schutzfunktionen
 - Landschaftsschutzgebiet, Biodiversität
 - Strukturreiches Gewässer, Altarmenbindung
 - Laichgebiete (Kiesbänke)
 - Geschützte Arten - Äsche, Barbe
 - Kleine Helme, Flussmuscheln
 - Wasserhaushalt
 - Erholung



Helme

Einzugs- und Flussgebiet

Wasserscheiden
(Haupt-) (intern)

Zusätzlich hervorgehoben:
- Zorge

Landesgrenze
Kreisgrenze

Städte (seltener: Bergstädte, Märkte, Flecken, Gemeinden)

- > 15.000
- > 5.000
- > 1.500 Einwohner

HELME: A_{EO} : 1318 km²

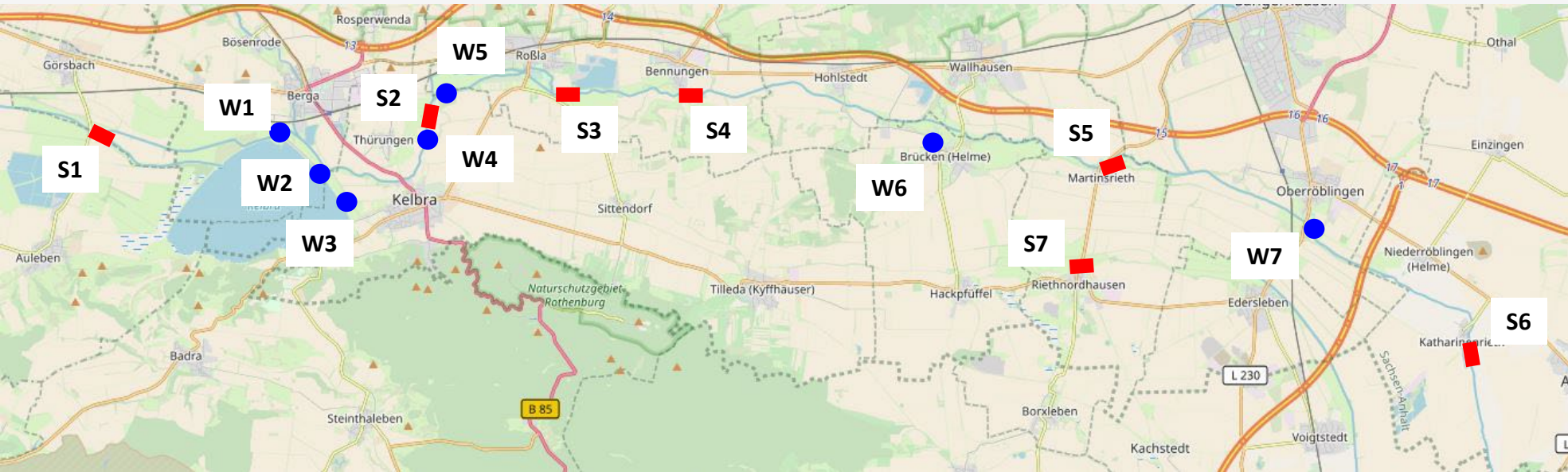
Quelle: Helmespring Stöckey, Eichsfeld; Mündung: Unstrut, Kalbsrieth

Durchfluss Pegel Bennungen: MQ 7,5 m³/s; NNQ 0,83 m³/s; HHQ 168 m³/s

Zuflüsse: Zorge, Thyra, Leine, Gonna, Rohne

Messstellenübersicht

Erste Herausforderung: Planung Probenahme-Sampling



Wasserprobennahme

W1 – uh Bauwerk 3, Nebenheim, **W2** – uh Bauwerk 2, Helme, **W3** – uh Bauwerk 1, Sohlgraben, **W4** – oh Einlaufschütz, Altarm Roßla
W5 – oh Wehr Roßla, Helme, **W6** – OL Brücken, Kleine Helme, **W7** – oh Wehr Oberroßlingen, Helme



Sedimentprobennahme

S1 – Pegel Görsbach, **S2** – oh Pegel Saukopf, Helme, **S3** – oh Sohlgleite Roßla, Helme, **S4** – Pegel Bennungen, Helme
S5 – uh Straßenbrücke Martinsrieth, Helme, **S6** – uh Straßenbrücke Katharinenrieth, Helme,
S7 – oh Straßenbrücke Riethnordhausen, Kleine Helme



Messprogramm

Wasser

14 tägige Wasserprobenahme

- Vor Ort Parameter – T, el.LF, O₂, pH, Redox, Trübung
- Laboranalysen, abfiltrierbare Stoffe (AfS), Anionen
- Ereignisbezogene Wasserprobenahme, Ablassversuche, Restentleerung



Ergebnisse:

- Vor Ort Parameter
- Anionen-/Kationenkonzentrationen – geologische Effekte
- Abfiltrierbare Stoffe – Feststofftransport

Handwritten notes on a form:

Profilort: 1630
 T_{10°C}: 0,8
 pH-Wert: 4,4
 Datum: 19.01.21
 Uhrzeit: 12:15
 Bemerkungen: Silber-Tanneholz
guter Bsp. ist
keine durch wieder gemessene

Printed table with columns: Ort, T, el.LF, O₂, pH, Redox, Trübung, AfS, Anionen, Kationen. The table contains multiple rows of data, likely representing different sampling points or times.



Messprogramm

Sedimente

- Stichtagsbeprobungen
- Aufnahme von Fließquerschnitten, Gerinnegeometrie, Sedimentprobenahme
- Labor – Sedimentmenge, Korngrößen, Verhältnis Grob-/Feinsediment
- Organische Substanz



Ergebnisse: Gerinne-Geometrie, Fließgeschwindigkeiten, Sedimentmengen, Querprofile



Digitales Messfahrtprotokoll

- Esri-Campuslizenz (proprietäre Software)
- Eigenständige Programmierung oder Nutzung von Templates



Unterschiedlichste native Apps zum Planen, Navigieren, Koordinieren, Wissenstransfer, Monitoring und zur Datenerfassung



Digitales Messfahrtprotokoll

Tools: Survey123 Connect



ownCloud x Eigene Surveys x +

https://survey123.arcgis.com/surveys

ArcGIS Survey123 ▾ Eigene Surveys Organisation Hilfe

Detlef ▾

Neuer Survey

MIT DEM WEB-DESIGNER

Leerer Survey

- Neu erstellen
- Eigenen Survey entwerfen
- Drag & Drop-Editor verwenden

Erste Schritte

Vorlagen-Survey

- Branchenvorlagen durchsuchen
- Vorkonfigurierte Fragen
- Drag & Drop-Editor verwenden

Erste Schritte

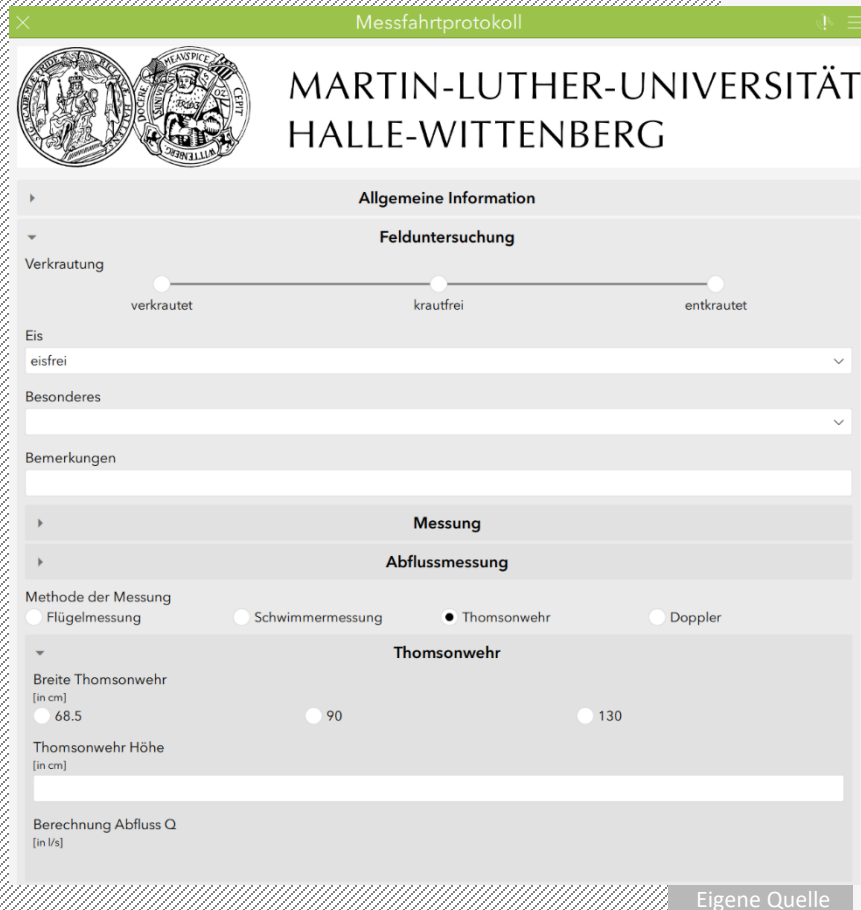
MIT SURVEY123 CONNECT

Survey123 Connect

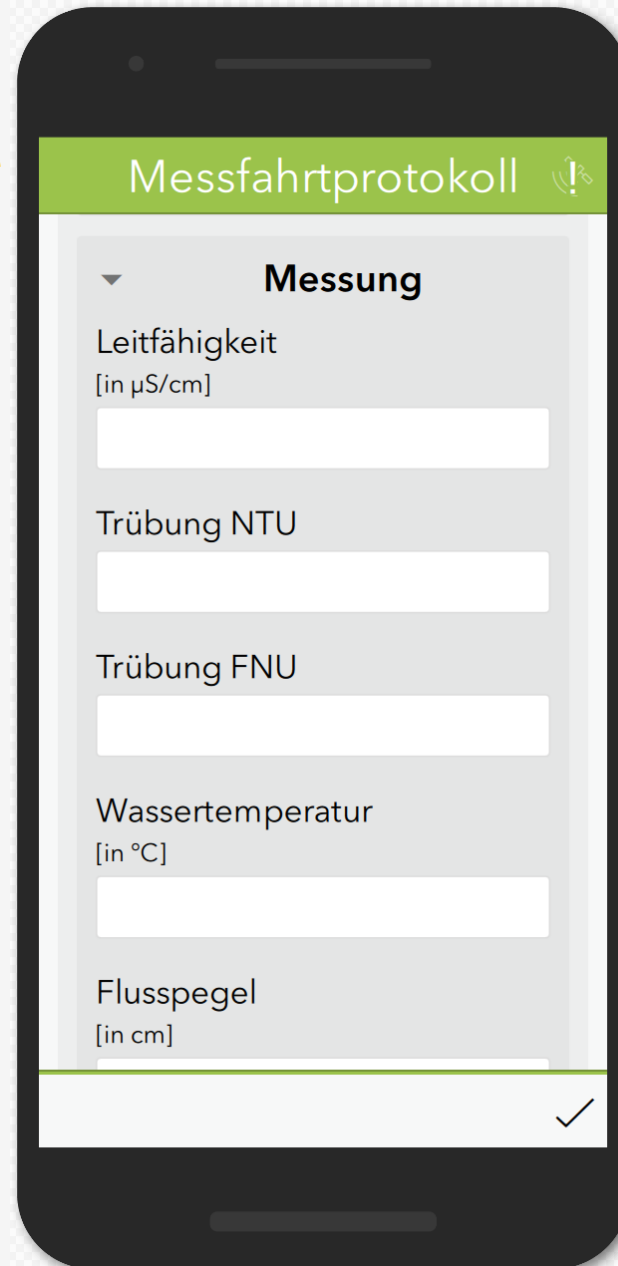
- Desktop-Anwendung verwenden
- Umfassende intelligente Formularfunktionen
- XLSForm-Tabelle bearbeiten

Erste Schritte

<https://survey123.arcgis.com/>



Eigene Quelle



Digitales Messfahrtprotokoll:

- asynchrone Datenerfassung
- regelbasierte Formulare
 - erleichtern Eingabe von Daten
 - verhindern Dateninkonsistenzen und Anomalien
 - modular aufgebaut (Wenn-Dann- Beziehungen)
 - Berechnungen
 - objektbasiert

Automatisierte Prozesskette: Vom digitalen Messfahrtprotokoll zum Open Data Portal

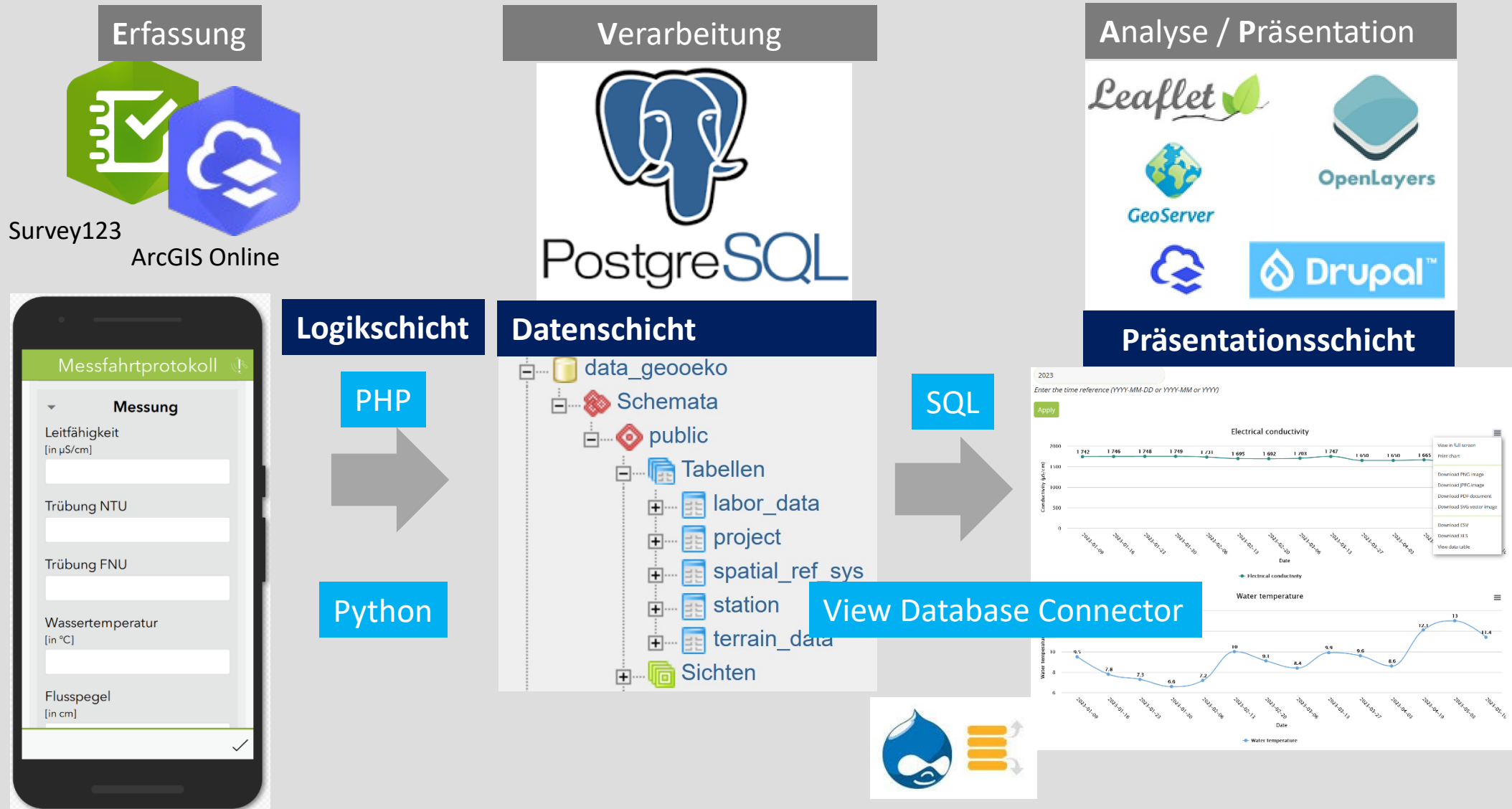




Foto: Teucher 2019

Fallbeispiel III

Ground-Truthing-Daten

- Projekt AgriSens DEMMIN 4.0-



Schafft Wissen. Seit 1502.

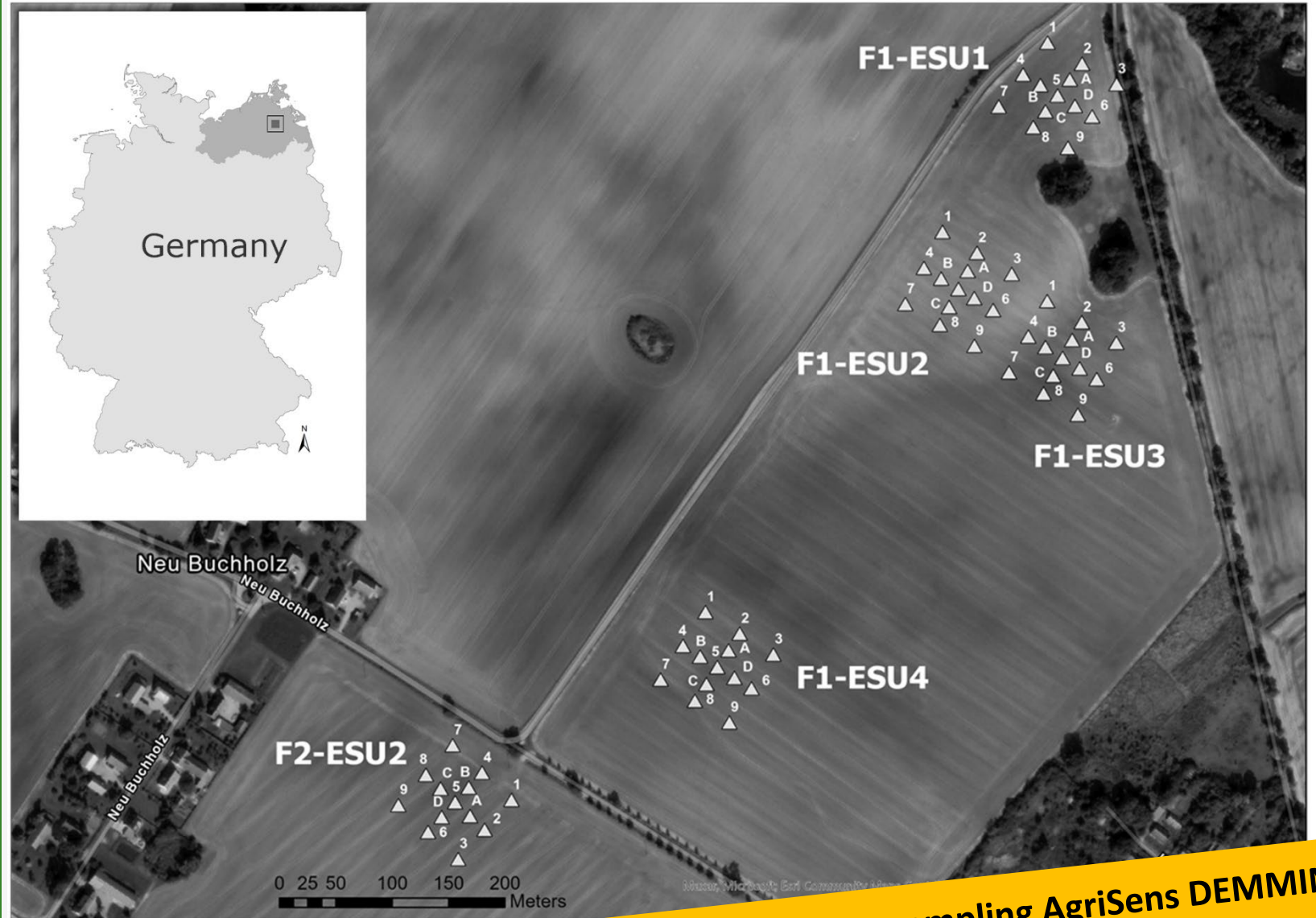
MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Bildquelle: <https://www.agrisens-demmin.de>

- dient der Nutzung von Geoinformationen im Pflanzenbau
- fokussiert standardisierte Erhebungsmethoden
- Orientierung an internationalen Erdbeobachtungsinitiativen (z.B. JECAM, Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring; EU-Copernicus)
- FAIRE Bereitstellung von Ground-Truthing-Daten (biophysikalische, bodenkundliche, spektrale Parameter der landwirtschaftlichen Produktion
- Dokumentierte Methoden (FieldReader)
- qualitätsgesicherte Datenerhebung und Nutzung durch eine breite Community (Landwirte, Studierende, Forschende, interessierte Bürger)
- Integration in das Forschungsnetzwerk des Experimentierfeldes DEMMIN (Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network - <https://elib.dlr.de/108616/>)
- Zugang für weitere interessierte Partner aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft

Experimentierfeld AgriSens DEMMIN 4.0



Beispiel Probenahmesampling AgriSens DEMMIN 4.0

E-Learning: – Vermittlung Feld- und Labormethoden



Lesson 1: Data collection in the DEMMIN field exercise

Geländeübung Demmin

Impressionen aus studentischer Perspektive

Die Kiste der studentischen Vorstellung und der realen Sichtweisen (in einer Landschaft) ist die Geländeübung Demmin. Studenten (Studenten, Biologinnen, Biologen) arbeiten im Gelände, um die Landschaft, die Vegetationsparameter und die verschiedenen Messmethoden. Hierin ist die Vorstellung der studentischen Vorstellung, wie die verschiedenen Messmethoden im Gelände aussehen, die sich Vegetationsparameter.

Inhaltsübersicht

Das 1. Lernschritt: Geländeübung

Das zweite Lernschritt: Geländeübung

Das dritte Lernschritt: Geländeübung

Das vierte Lernschritt: Geländeübung

Das fünfte Lernschritt: Geländeübung

Das sechste Lernschritt: Geländeübung

Das siebte Lernschritt: Geländeübung

Das achte Lernschritt: Geländeübung

Das neunte Lernschritt: Geländeübung

Das zehnte Lernschritt: Geländeübung

Das elfte Lernschritt: Geländeübung

Das zwölfte Lernschritt: Geländeübung

Das dreizehnte Lernschritt: Geländeübung

Das vierzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das fünfzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das sechzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das siebzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das achtzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das neunzehnte Lernschritt: Geländeübung

Das zwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das einundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das zweiundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das dreiundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das vierundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das fünfundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das sechsundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das siebenundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das achtundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das neunundzwanzigste Lernschritt: Geländeübung

Das hundertste Lernschritt: Geländeübung

»more

Lesson 2: Methods of Measuring in the Field

Messen im Gelände

von Philipp Müller und Christopher Conrad

Kernbestandteil der Geländeübung ist das Messen und Arbeiten im Gelände, wobei die besten vegetationskundlichen Messmethoden erlernt werden. Gleichzeitig dient die Geländeübung als Vorbereitung für die Untersuchungen im Labor, welche in der nächsten Woche mit der Geländeübung verbunden werden.

Im Folgenden wird die Geländeübung der Arbeit im Gelände vorgestellt. Diese kann in folgenden Geländeübungen unterteilt werden:

- Vegetationskunde
- Pflanzensoziologie
- Vegetationsökologie
- Pflanzenökologie

»more

Lesson 3: Vegetation Parameter Measurements

Vegetationsparameter

von Philipp Müller und Christopher Conrad

In der folgenden Vorlesung lernen Sie das Wissen über die verschiedenen Vegetationsparameter kennen. Zudem lernen Sie die **Vegetationsparameter**, wie sich eigentlich mit den Themen beschäftigen zu können.

Inhaltsübersicht

Das erste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das zweite Lernschritt: Vegetationsparameter

Das dritte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das vierte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das fünfte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das sechste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das siebte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das achte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das neunte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das zehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das elfte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das zwölfte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das dreizehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das vierzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das fünfzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das sechzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das siebzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das achtzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das neunzehnte Lernschritt: Vegetationsparameter

Das zwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das einundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das zweiundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das dreiundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das vierundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das fünfundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das sechsundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das siebenundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das achtundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das neunundzwanzigste Lernschritt: Vegetationsparameter

Das hundertste Lernschritt: Vegetationsparameter

»more

Lesson 4: Soil Parameter Measurements

Bodenparameter

von Philipp Müller und Christopher Conrad

In der folgenden Vorlesung lernen Sie das Wissen über die Bodenparameter kennen. Zudem lernen Sie die **Bodenparameter**, wie sich eigentlich mit den Themen beschäftigen zu können.

Inhaltsübersicht

Das erste Lernschritt: Bodenparameter

Das zweite Lernschritt: Bodenparameter

Das dritte Lernschritt: Bodenparameter

Das vierte Lernschritt: Bodenparameter

Das fünfte Lernschritt: Bodenparameter

Das sechste Lernschritt: Bodenparameter

Das siebte Lernschritt: Bodenparameter

Das achte Lernschritt: Bodenparameter

Das neunte Lernschritt: Bodenparameter

Das zehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das elfte Lernschritt: Bodenparameter

Das zwölfte Lernschritt: Bodenparameter

Das dreizehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das vierzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das fünfzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das sechzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das siebzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das achtzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das neunzehnte Lernschritt: Bodenparameter

Das zwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das einundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das zweiundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das dreiundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das vierundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das fünfundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das sechsundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das siebenundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das achtundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das neunundzwanzigste Lernschritt: Bodenparameter

Das hundertste Lernschritt: Bodenparameter

»more

E-Learning: – Vermittlung Feld- und Labormethoden

Geländeübung Demmin



Messen im Gelände

4. Anzahl der Pflanzen/ Pflanzreihen

Nach diesen Aufnahmen werden zunächst die Pflanzreihen innerhalb des Referenzrahmens, sowie auf einem Meter Länge, gezählt, woraufhin alle Pflanzen im Rahmen gezählt werden. Auch diese Werte werden in die Field-App eingetragen.

5. Blattchlorophyllgehalt

Der Chlorophyllgehalt wird, wie bereits im Abschnitt Vegetationsparameter erwähnt, mithilfe des SPAD-502Plus ermittelt. Der Messkopf des SPAD muss zunächst kalibriert werden (zusammendrücken), woraufhin ein einzelnes Blatt in den Messkopf eingeführt werden kann. Der Messkopf muss dieses vollständig umschließen. Um den Blattchlorophyllgehalt an einer SSU zu bestimmen, werden repräsentative Pflanzen ausgewählt, die innerhalb des Bezugsrahmens wachsen. Bei den ausgewählten Pflanzen wird folgendes Messschema angewendet: 4 (oberer Bereich) - 3 (Mitte) - 3 (unteres Drittel). Somit werden pro SSU insgesamt 10 Messwerte erhoben und in die Field-App eingetragen.

Messhinweise:

- Messkammer muss vollständig bedeckt sein
- Messkammer muss sauber und trocken sein
- alle Messungen müssen im Schatten durchgeführt werden (Einsatz des Sonnenschirmes)
- Vermeidung von Messfehlern (z. B. doppellagiges Blatt, Messen an Blattadern)

Faustregel:

- Grüne/ gesunde Blätter: 50-60
- Leicht grüne Blätter: 35-50
- Gelbe Blätter: 20-35
- Braune/ vertrocknete Blätter: 0-20

Lernvideo



Grundlage: Location based Story Telling Esri Story Maps

Thürkow, D., Lindau, A.K., Schmidt, G. *et al.* Using Interactive Story Maps Enriched by Direct Knowledge Queries for the Development of E-Learning Modules on Climate Change. *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.* **69**, 195–204 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42489-019-00024-0>

Müller, P. & C. Conrad (2021): Interaktive Lernmodule zur Geländeübung DEMMIN. <https://insitu.geo.uni-halle.de/phenology/DEMMIN/e-learning/storymap-field-lecture>

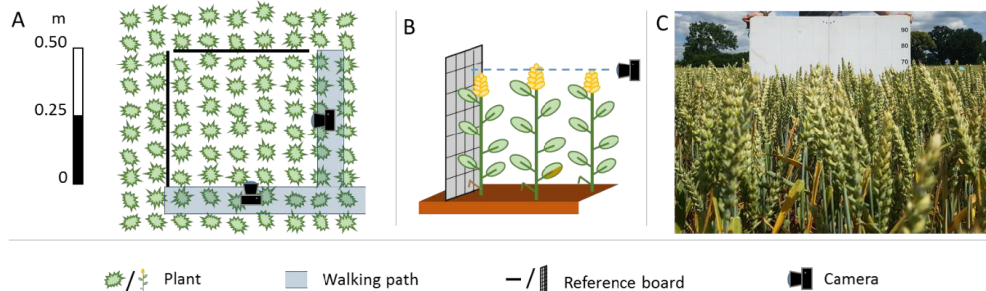


Figure 4.4-2: (A) Nadir and (B) horizontal view on the sampling scheme for the determination of the canopy height based on a photo taken of plants in front of a reference board. The format of the resulting photo is depicted in (C).

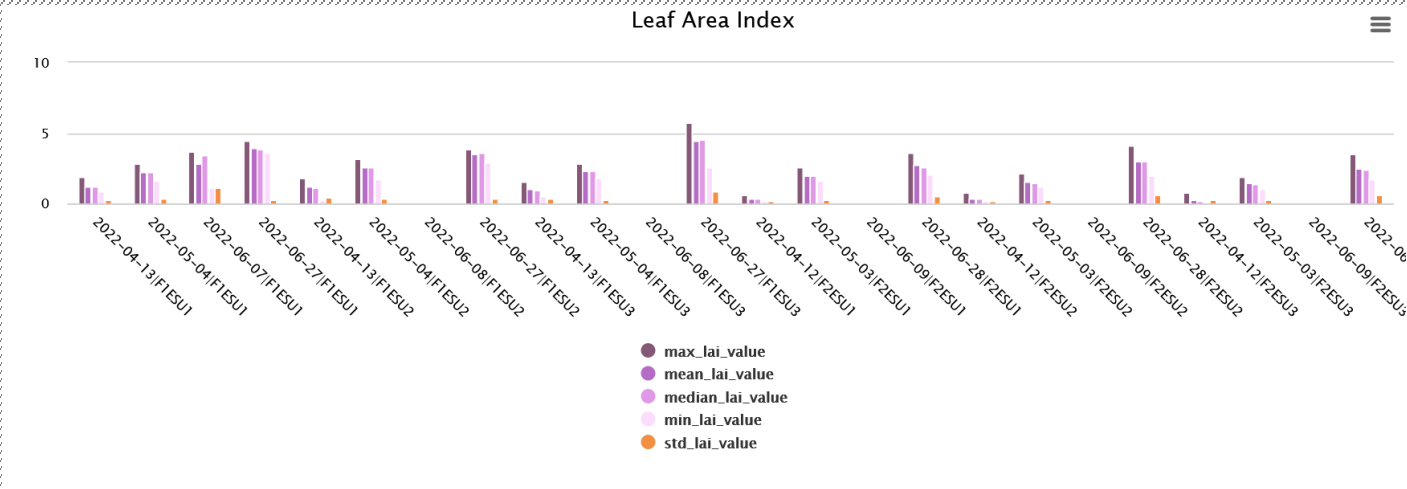
Figure 4.4-3 shows two smartphone screens displaying the DEMMIN FIELD SURVEY app interface. The left screen shows the 'Canopy Height' section with fields for 'Measuring Person' and 'Minute Taker', and a list of measurement points (M1-M4). The right screen shows the 'Measuring Tool available?' section with a toggle switch and photo upload options.

Figure 4.4-3: DEMMIN FIELD SURVEY input mask for canopy height measurements.

DEMMIN Field Survey und Field Reader

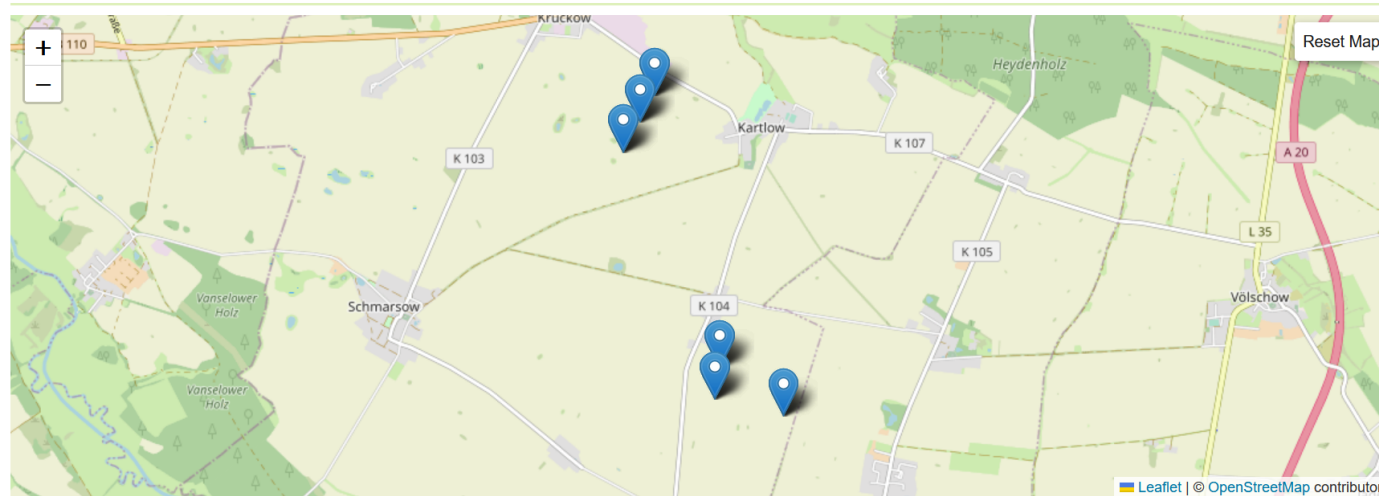
- Grundlage für digitalen Survey: Leitfaden standardisierter Gelände- und Labormethoden zur Erfassung von Ground Truth Daten
- Asynchrone Datenerfassung im Gelände
- Komplexe, regelbasierte Formulare (>200 Eingabefelder)
- automatisierte Prozesskette (Datenlogik, Verwaltung, Agglomeration, Visualisierung ...)

Truckenbrodt, Sina; Alb, Philipp, Borg, Erik; Ahmadian, Nima; Dahms, Thorsten; Harfenmeister, Katharina; Hüttich, Christian; Singh-Dhillon, Maninder; Spengler, Daniel, Teucher, Mike, Thürkow, Detlef and Christopher Conrad (2022): DEMMIN 2.0 Combining in situ observations and remote sensing data - Field Reader. Version 3.0 – January 2022. unpublished



Sampling design map

Interactive map with the locations of the selected sampling points.



Open Data Download Area

Use the following interfaces to download the selected data from the field campaigns:

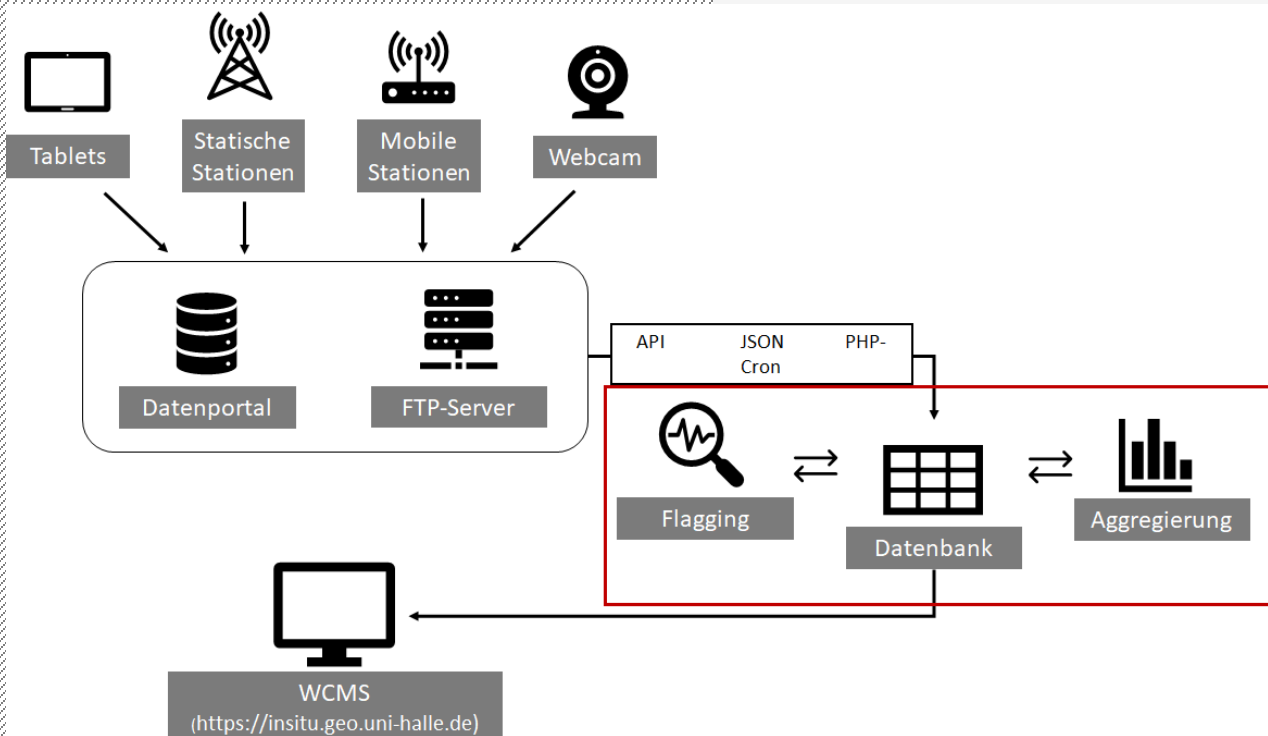
CSV

JSON

XML

Open Data Portal - Zugang

- räumlich (interaktive Karten)
- semantische Suchfilter
 - Tags
 - Taxonomien
 - Freitext
- hierarchisch
 - Öffentlichkeit
 - Fachleute
 - Administratoren
 - ...



Eigene Darstellung

Elsner P (2023) Vergleichende Ableitung und Bewertung der Canopy Cover aus NADIR-Fotos und UAV gestützten multispektralen MicaSense Aufnahmen. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Sakretz D (2021) Nutzung von Sentinel-2 und MODIS-Fernerkundungsdaten zur Lokalisierung dürrerbedingter Ertragseinbußen von Winterweizen am Beispiel DEMMIN, Mecklenburg-Vorpommern. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Lorenz, C. (2022): Anwendung von mobilen Wetterdaten zur Analyse und Einschätzung von Mikroklimaten. Masterarbeit

Lehrveranstaltung Digital Geography 1: Advanced Geodata Handling and Analysis. MSc-Modul Digitale Geographie & Geoökologie

AgriSens DEMMIN- Konsortium: Entwicklung gemeinsamer Web Services

- Data Cube Uni Würzburg
- API Agrarmeteorologische Daten Deutscher Wetterdienst in Insitu Datenportal
- Arable Wetterstationen GFZ Potsdam

Wenzel, J.L., Conrad, C., Piernicke, T., Spengler, D. and Poehlitz, J. (2022) Assessing the Impact of Different Irrigation Levels on Starch Potato Production. Agronomy, 12, 2685.
<https://doi.org/10.3390/agronomy12112685>.

Piernicke, T., Wenzel, J.L. and Poehlitz, J. (2023) Teilflächenspezifische Beregnung: Mit Smarten Wetterstationen Und Drohnen. Bauernzeitung Wochenblatt für die ostdeutsche Landwirtschaft Ausgabe Sachsen, Thüringen & Sachsen-Anhalt, 20.
<https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/teilflaechenspezifische-beregnung-mit-smarten-wetterstationen-und-drohnen/>.

Poehlitz, J., Wenzel, J.L. and Piernicke, T. (2022) Digitales Wassersparen. Landwirtschaft ohne Pflug - Das Fachmagazin für den professionellen Pflanzenbau, 28, 44–48.

Poehlitz, J., Wenzel, J.L. and Piernicke, T. (2022) Mit Digitalisierung Wasser Sparen - Wie Kann Eine Ressourcenschonende Beregnung Gelingen. Bauernblatt Schleswig-Holstein, 47, 47–50.

Poehlitz, J., Wenzel, J.L., Piernicke, T. and Giermann, H. (2021) Digitales Wassersparen. Bauernzeitung Wochenblatt für die ostdeutsche Landwirtschaft Ausgabe Sachsen, Thüringen & Sachsen-Anhalt, 43, 24–27. <https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/ackerbau/digitales-wassersparen/>.



Foto: Thienelt 2022

Coming Soon

Fallbeispiel IV

Stoffkreisläufe

- Open Data Portal Eddy Flux Tower -



Schafft Wissen. Seit 1502.



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

im Jahr 2023

DRONES

UAV-Umweltmonitoring

- Datenkatalog und Wissenstransfer -



Schafft Wissen. Seit 1502.



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Thürko 2023

UAV- Ausstattung

- Schwerpunkt liegt auf biophysikalischen Parametern, mikroskaligen agrarmeteorologischen Daten und geomorphometrischen Strukturen
- Einsatz in Forschung und Lehre am Institut / Fakultät
- 4 Multicopter-Plattformen und ein Starrflügler
- vielseitiges Sensorsystem:
 - bildgebende Verfahren für Luftbild- (RGB) und Multispektralaufnahmen
 - LiDAR-System für Untersuchungen zur Ausprägung von Höheninformationen
 - Punktmessungen mit einem UAV-montierten Anemometer



Alb 2023

UAV- Labor & Scidea Lab

- Kooperation mit Transfer- und Gründerservice der MLU (Scidea Lab IT & Medien)
- Know How Transfer UAV-Methoden
 - Unterstützung einer verwertungsorientierten Weiterentwicklung von forschungsbasierten Ideen
 - Kooperation in den Bereichen Medienproduktion, -analyse für Geodaten und Anwendungen
 - Studierende und Wissenschaftler:innen mit anwendungsorientierten Projekten konfrontieren und Ausgründungen unterstützen
 - Gemeinsame Veranstaltungen (z.B. **Product4Practice – Fernerkundung zwischen Forschung und Transfer**, AK Fernerkundung 6. und 7.10.2022 in Halle)
 - Komplexe Soft- und Hardware Datenprozessierung
 - Leistungsstarke Workstations
 - Prozessierungssoftware GIS, UAV, Bildbearbeitung

Open Data MLUGEO.UAV

Find record

Search by name of the record

Geodata Source

☒ OPEN DATA MLUGEO.UAV

☐ Basic geodata

Limit data origin

Recording Year

- Any - ▾

Year filter

Sensor Type

- Any - ▾

UAV-Sensor filter

Dataset Type

- Any - ▾

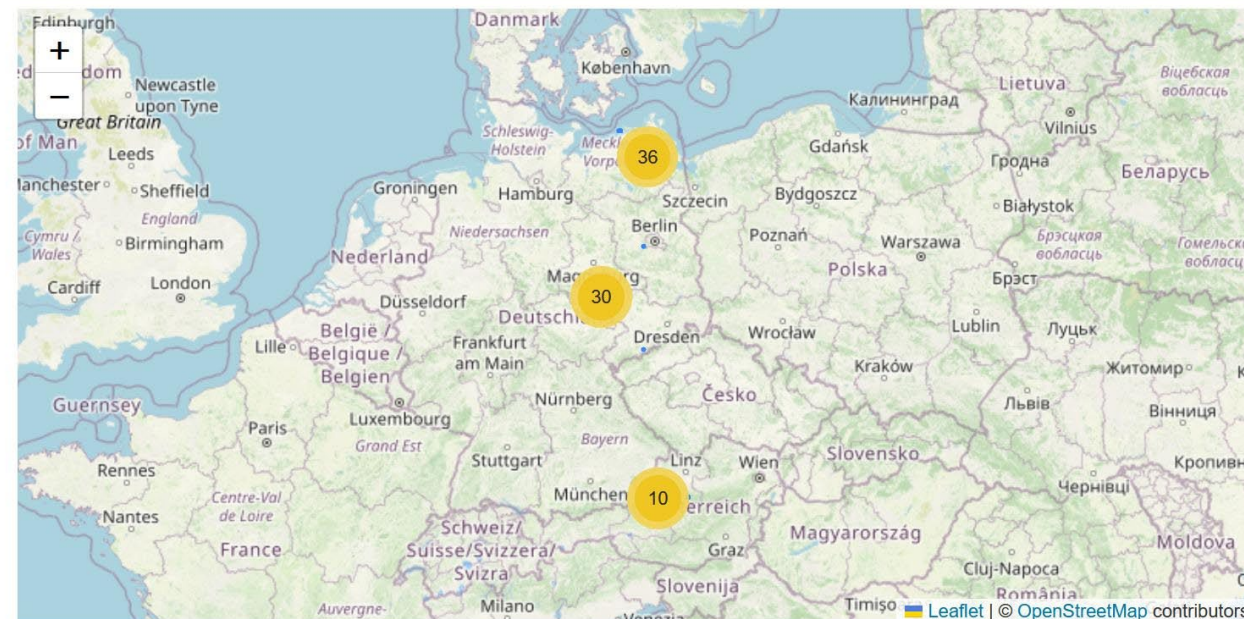
Select terms from dataset type

Bounding Box Proximity

Distance <=

Metadata catalog Open Data MLUGEO.UAV

Welcome to our metadata catalog for the documentation of our UAV flights. With this app we publish all flight activities of our drone team. We produce high quality geospatial data for numerous research projects and study areas using RGB, thermal, multispectral and LiDAR sensor technology. Are you interested in individual data sets? Make your request via the [contact form](#). Various interactive search filters support you in your data search.



Record / Link to Metadata

Recording Year

Bounding Box

→ Krosigk 20230509 H20T

2023



Open Data Befliegungskatalog

Recherche zu UAV Missionen
des Instituts

- Sensorik
- Untersuchungsgebiete
- Aufnahmezeitpunkte
- Inhalte der Prozessierungen

Metadatenkatalog folgt dem
Standard **DCLite4G**



Faktenblatt AF Steinerfassung AgriSens DEMMIN 4.0

Ausgewählte Kooperationen zu Anwendungsfällen UAV- Umweltmonitoring

- AgriSens DEMMIN 4.0 Konsortium (GFZ, JKI, DLR, DWD, Unis Würzburg und Jena, HS NB)
- Agrar- und ernährungswissenschaftliches Versuchszentrum Merbitz (MLU)
- Deppe und Stücker (Vertrieb landwirtschaftlicher Maschinen „John Deere“)
- Petersberger AGRAR – Landgut Krosigk GmbH
- Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg
- Rechenzentrum (gemeinsame Implementierungen KI-Plattform, Massendatenspeicher, Webserver)
- [Institut für Informatik \(gemeinsame Entwicklung von KI-Ansätzen\) ...](#)

Fazit / Ausblick



- InSitu DB und UAV- / Scidea Lab sind spannende Entwicklungen im Institut für Geowissenschaften und Geographie, die zeigen, dass Digitalisierung nicht verschlafen wird.
- Anknüpfungspunkte in Forschung und Lehre reichen in die Fakultät und darüber hinaus, Basis für gemeinsame Projektanträge.
- Kompetenzbündelung denkbar, Potenzial für Ausgründungen
- Anwendungen der Technologie sind noch nicht an den Grenzen
- FAIR Grundsätze sind schwierig zu 100% umzusetzen, aber angesichts Brain Circulation und Mehrwert sinnvoll mitzudenken

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakte:

Detlef Thürkow

Institut für Geowissenschaften und Geographie

Fachgebiet Digitale Geographie

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

detlef.thuerkow@geo.uni-halle.de

Mike Teucher

Institut für Geowissenschaften und Geographie

Fachgebiet Geoökologie

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

mike.teucher@geo.uni-halle.de

IN SITU.MLUGEO:

<https://insitu.geo.uni-halle.de>



The screenshot shows the article page for "Digital In Situ Data Collection in Earth Observation, Monitoring and Agriculture—Progress towards Digital Agriculture" in the journal "remote sensing". The page includes a sidebar with navigation links like "Submit to this Journal", "Review for this Journal", and "Edit a Special Issue". The main content area displays the article title, authors (Mike Teucher, Detlef Thürkow, Philipp Alb, and Christopher Conrad), their affiliations, and the article's publication details. The article is marked as "Open Access" and "Technical Note".

remote sensing

Submit to this Journal

Review for this Journal

Edit a Special Issue

Article Menu

Article Overview ^

- Abstract
- Supplementary Material
- Open Access and Permissions
- Share and Cite
- Article Metrics
- Order Article Reprints

Article Versions v

Open Access Technical Note

Digital In Situ Data Collection in Earth Observation, Monitoring and Agriculture—Progress towards Digital Agriculture

by Mike Teucher ^{1,*}, Detlef Thürkow ², Philipp Alb ³ and Christopher Conrad ¹

¹ Department of Geoecology, Institute of Geosciences and Geography, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle (Saale), Germany

² Department of Digital Geography, Institute of Geosciences and Geography, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle (Saale), Germany

³ Geographic Information Science and Data Handling, Institute of Geosciences and Geography, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle (Saale), Germany

* Author to whom correspondence should be addressed.

Academic Editors: Feng Gao, Berk Üstündağ, Liying Guo and Yahui Di

Remote Sens. **2022**, *14*(2), 393; <https://doi.org/10.3390/rs14020393>

Received: 30 November 2021 / Revised: 4 January 2022 / Accepted: 9 January 2022 / Published: 15 January 2022

(This article belongs to the Special Issue Progresses in Agro-GeoInformatics)