Corona-Abwassermonitoring – Erfahrungen aus dem BMBF-Vorhaben Biomarker

Jörg E. Drewes, Christian Wurzbacher, Anna Uchaikina, Sonia Kau, Alexander Mitranescu

Technische Universität München

Andreas Tiehm, Claudia Stange, Johannes Ho

Technologie Zentrum Wasser, Karlsruhe

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

IFAT

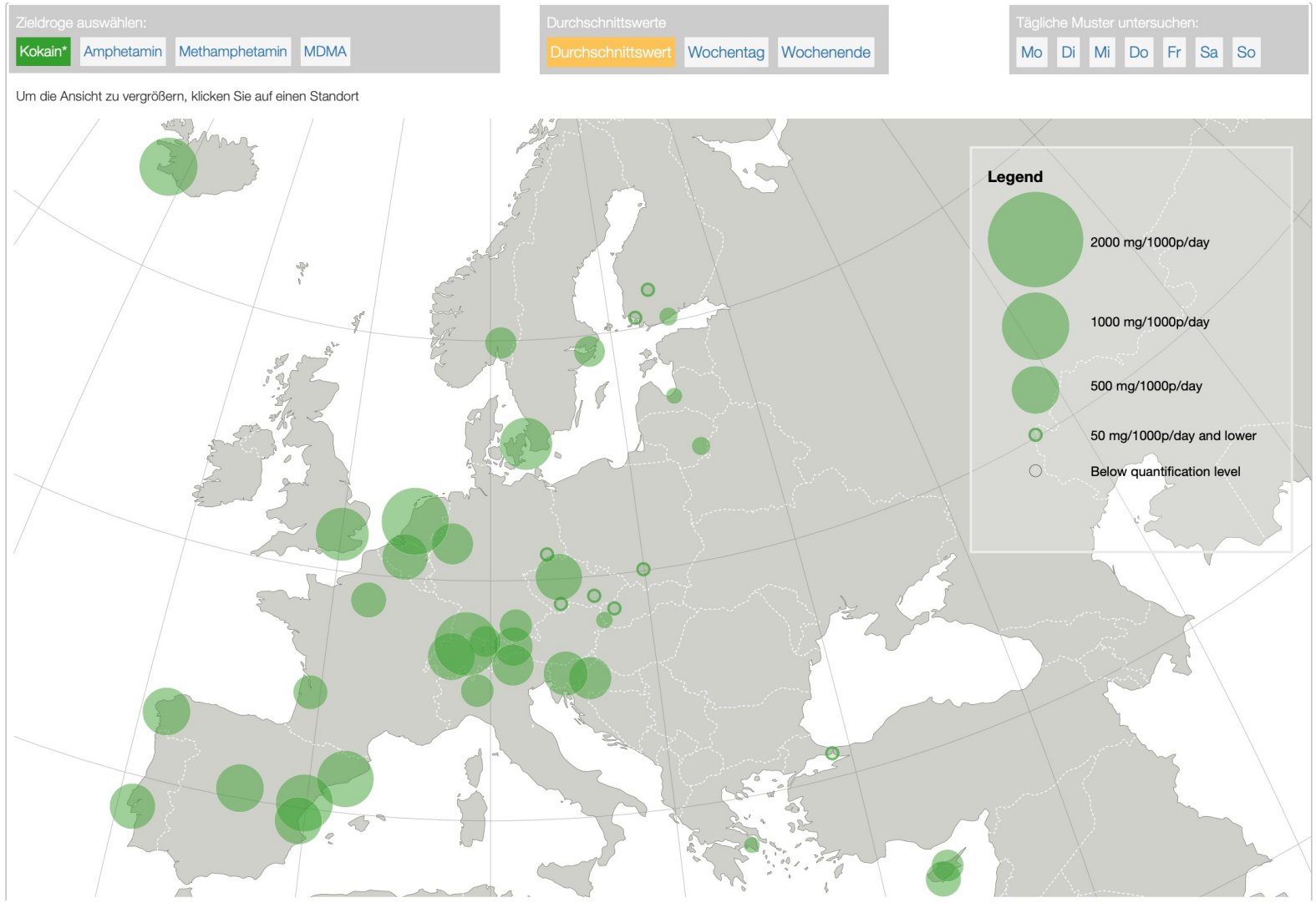
VKU – Abwassermonitoring auf Corona

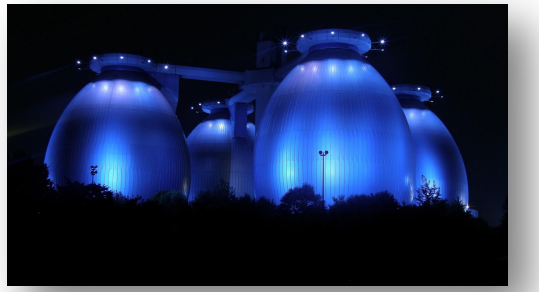
2. Juni 2022

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

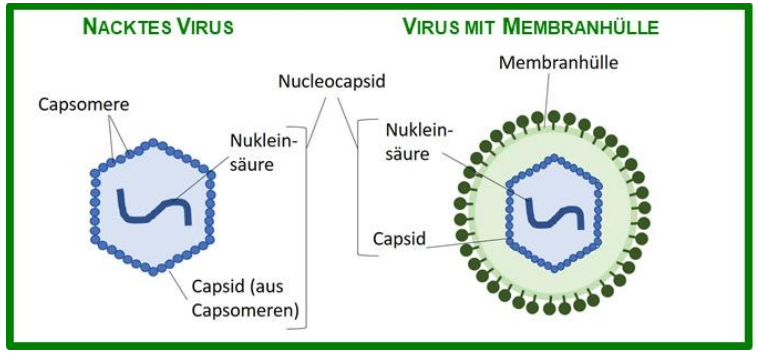
Abwasserepidemiologie



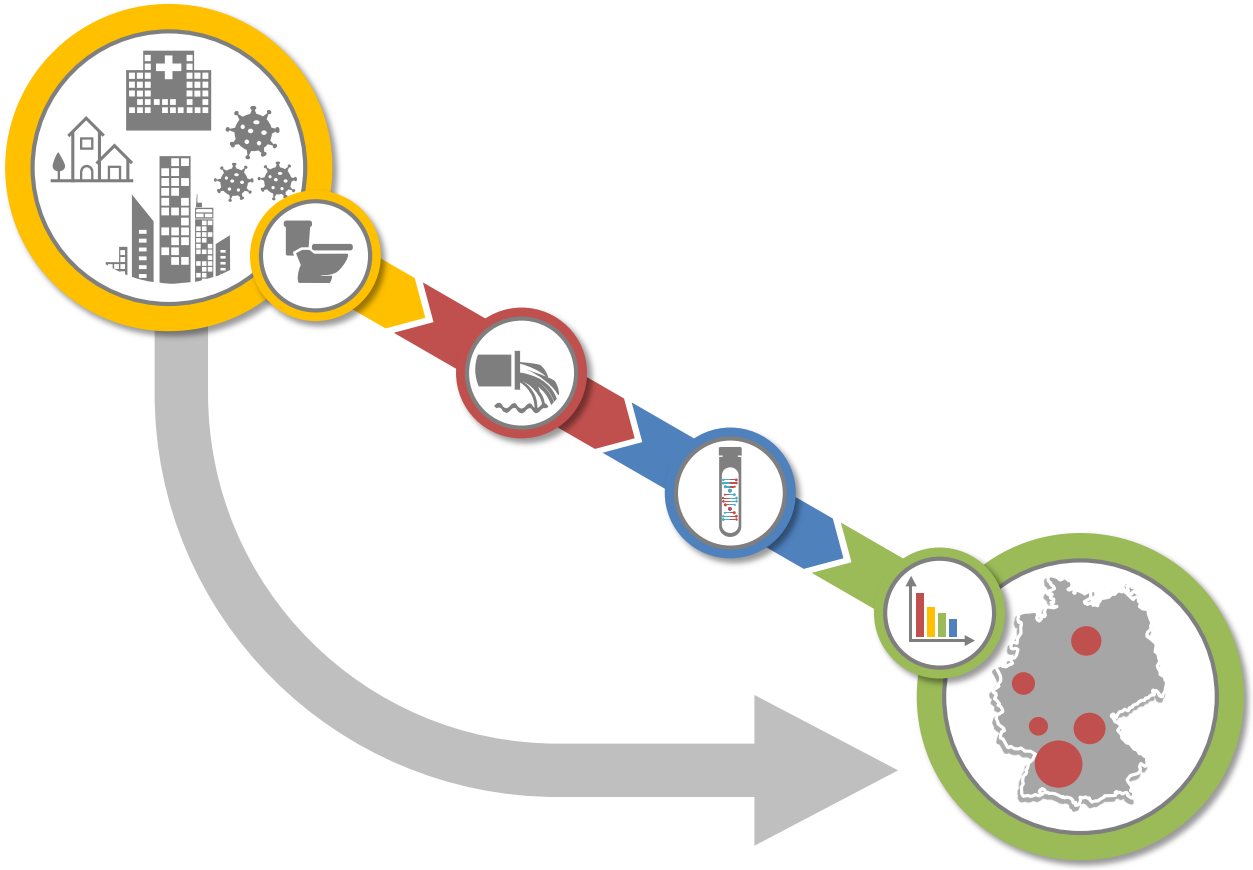


Quelle: www.emcdda.europa.eu; heise.de

Abwasserepidemiologie durch den Nachweis von SARS-CoV-2-Biomarkern



SARS-CoV2 Viren



Abwasserepidemiologie mit SARS-CoV-2-Biomarkern

1. **Abschätzung des Infektionsgeschehens und Verbreitung von Mutationen** auf Populationsebene
   - Empfehlung der EU-Kommission (17.03.2021)
   - Flächendeckendes Monitoring in Kläranlagen über 150.000 EW (56 Städte)

EUROPEAN
COMMISSION

Brussels, 17.3.2021
C(2021) 1925 final

COMMISSION RECOMMENDATION

of 17.3.2021

on a common approach to establish a systematic surveillance of SARS-CoV-2 and its variants in wastewaters in the EU

2. **Früh- und Entwarnsystem** auf lokaler Ebene zur
   - Eingrenzung des Infektionsgeschehens
   - Abschätzung von Fallzahlen und der Dunkelziffer
   - Unterstützung der Clusternachverfolgung
   - Beurteilung von Maßnahmen
   - Wiederauftreten von Infektionen/Verbreitung von Mutationen

Nachweis von SARS-CoV-2 im Abwasser
- Vorgehen von Probenahme bis Labor

24 h-Mischprobe
Volumen: 40 mL

Feststoff-abtrennung
Zentrifugation
(30 min, 5.000g)

PEG-Fällung
Inkubation (2 h)
Zentrifugation
(2 h, 12.000g)

3 Stunden

Automatisierte Extraktion mit InnuPREP Virus DNA/RNA Kit, Jena Analytik (Magnetpartikel-separation)
Elutionsvolumen: 100 µL

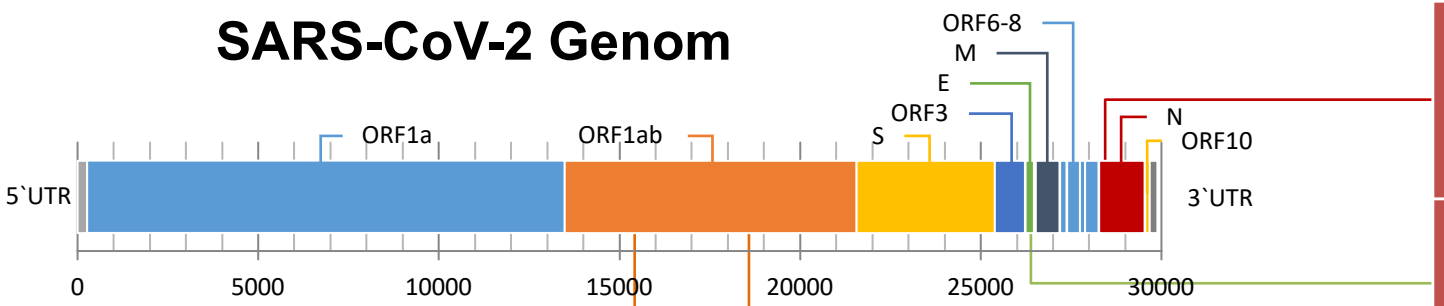
2 Stunden

One-step RT **digitale droplet PCR** (ddPCR) mit Sonden
Gene: N1, E, ORF, RdRP

4 Stunden

Ho et al. (2022), Water Research 210, 117977

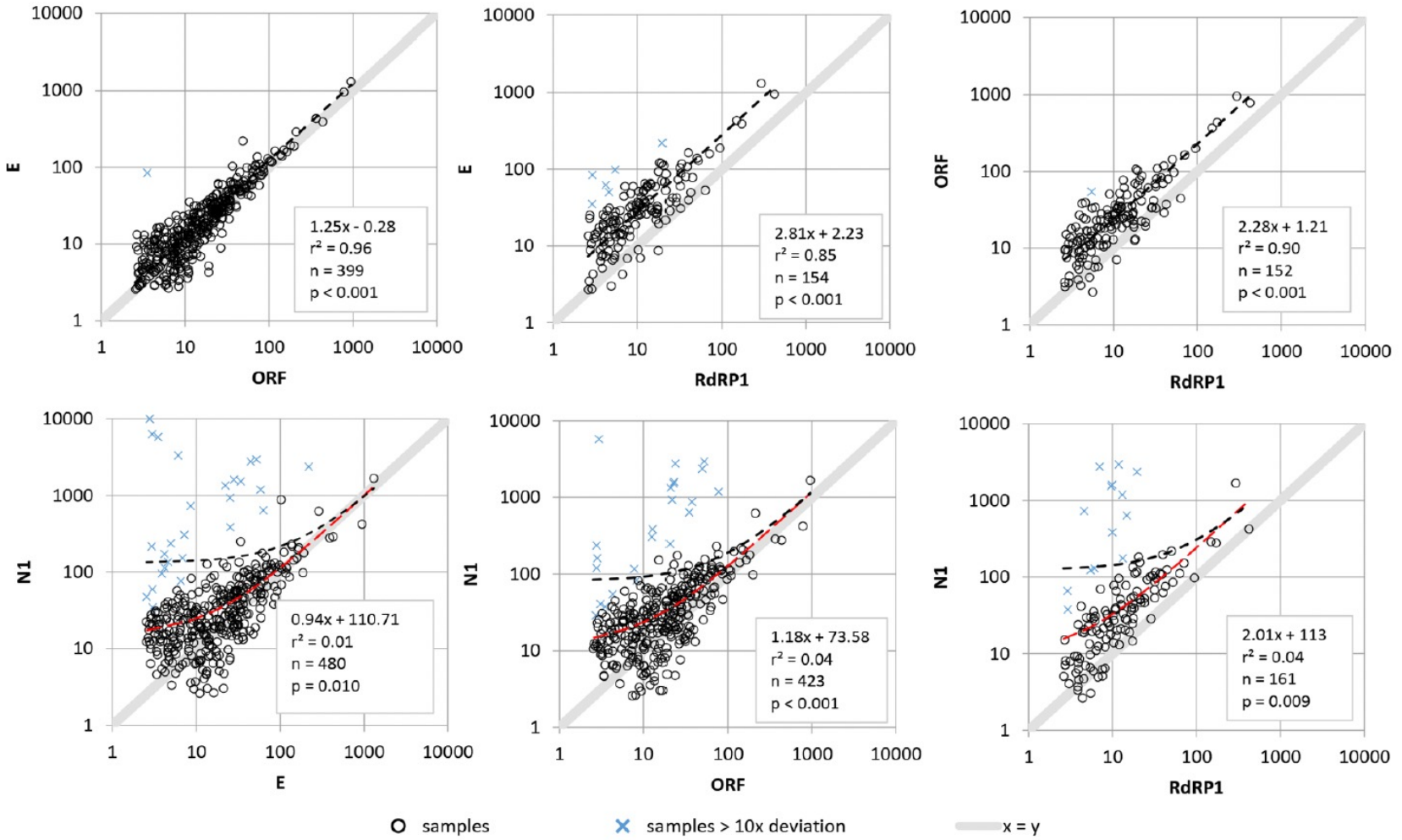
Nachweis von SARS-CoV-2 im Biomarker Projekt



Targetgen	Sequenz
Nukleocapsid **N**	GACCCCAAAATCAGCGAAAT FAM-ACCCCGCATTACGTTTGGTGGACC-QYS TCTGGTTACTGCCAGTTGAATCTG
Hüllprotein **E**	ACAGGTACGTTAATAGTTAATAGCGT FAM-ACACTAGCCATCCTTACTGCGCTTCG-QYS ATATTGCAGCAGTACGCACACA
Replikase-Polyprotein (Open Reading Frame) **ORF**	TGGGGYTTTACRGGTAACCT VIC-TAGTTGTGATGCWATCATGACTAG-QYS AACRCGCTTAACAAAGCACTC
RNA-abhängige RNA-Polymerase **RdRP**	GTGARATGGTCATGTGTGGCGG CAGGTGGAACCTCATCAGGAGATGC CARATGTTAAASACACTATTAGCATA

Ho et al. (2022), Water Research 210, 117977

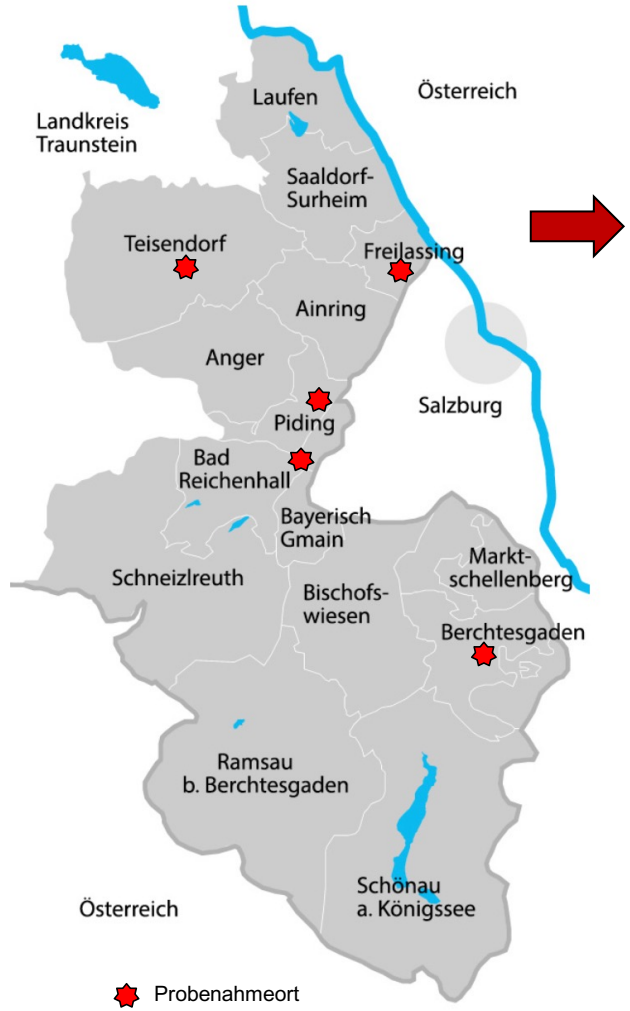
Nachweis von SARS-CoV-2 im Biomarker Projekt



→ Der Nachweis stützt sich auf die Detektion von vier Genabschnitten

Ho et al. (2022), Water Research 210, 117977

Biomarker Standorte für Probenahmen



→ **Korrelation mit RKI bzw. Gemeindebezogenene Daten** → **24 h Stichproben**

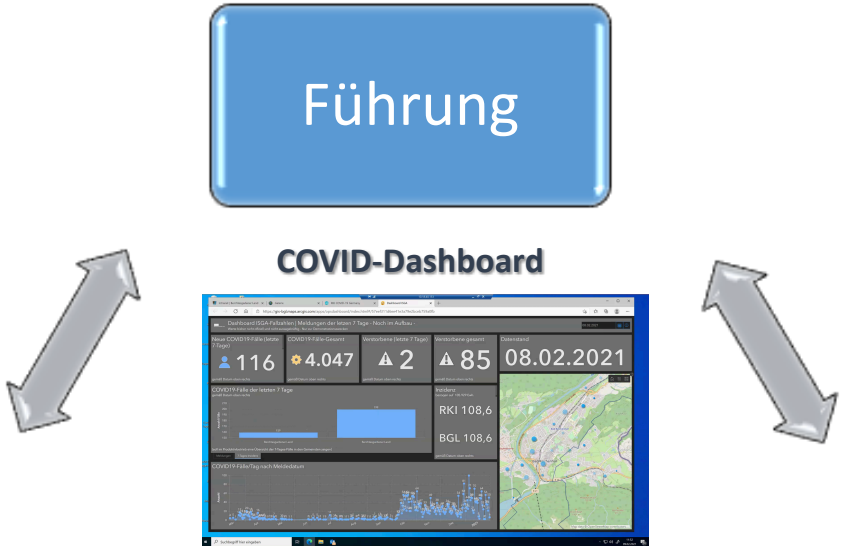
→ **2-4 h Stichproben**

→ **Korrelation mit Gemeindebezo-genen Fallzahlen**

Einbindung in das Pandemie-Management

Command/Control/Communications (C3):

1. Zentrale Führung Wissensmanagement
2. Ressourcensteuerung (Personal, Ausbildung, Infrastruktur, Material/IT, Konzepte, Kooperationen)
3. Risikokommunikation
4. Evaluierung Ausbruchsmanagement
5. Studien
6. Innere Führung (u.a. Mitarbeitermotivation, Gruppenzusammenhalt)



PH-Krisenmanagement:

1. Epidemiologie (Investigation, Surveillance, Prädiktion)
2. Labor/Testen
3. Patientenversorgung
4. Impfen
5. Gesundheitsförderung/-vorsorge

Digitalisierung in der Krise:

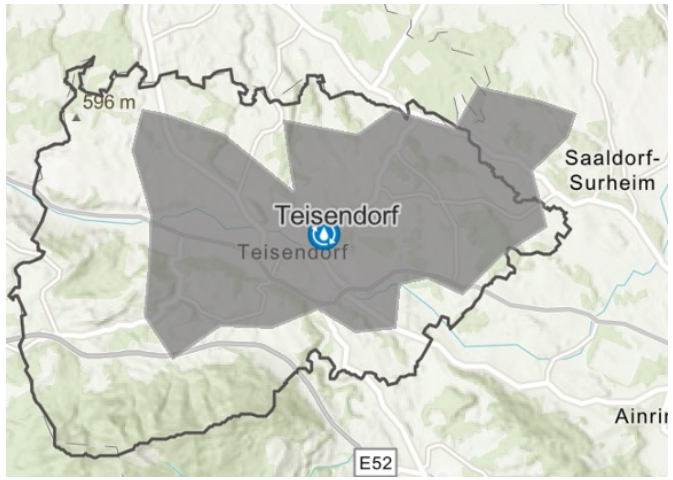
1. Daten-/Informations-/ Wissensmanagement
2. Prozessoptimierung in der Krise
3. Krisen-/Strukturanpassung
4. Vernetzte, standardisierte Software

Rossmann et al. (2021), Dt. Ärzteblatt 118, 479-480

Verknüpfung von Biomarker Befunden mit Gesundheitsdaten

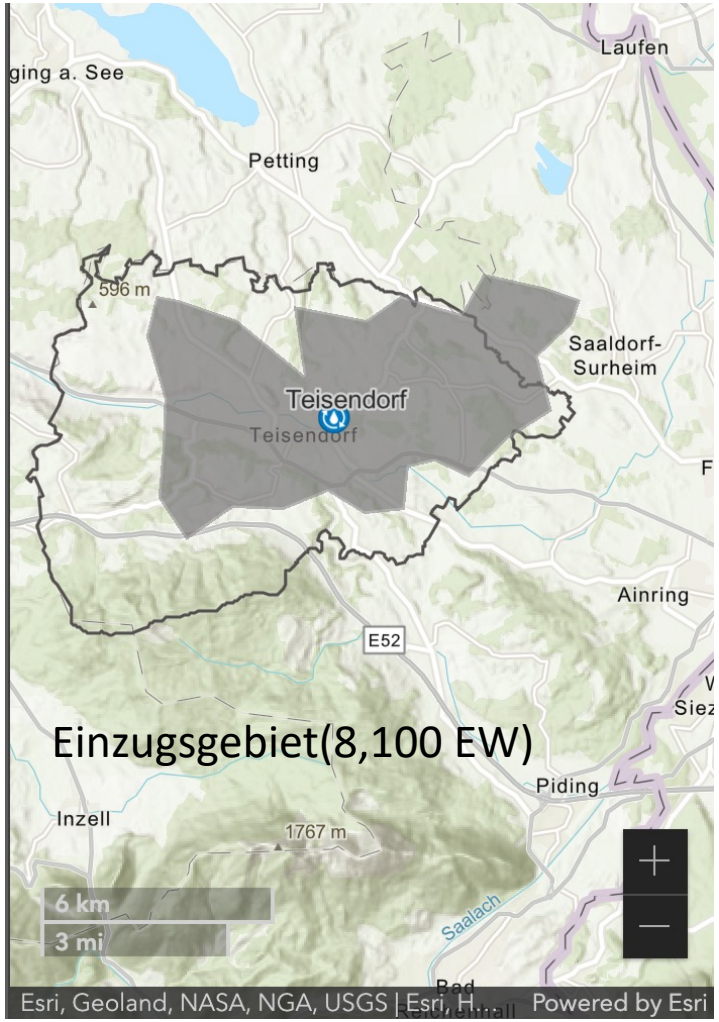
- Abgleich zwischen Grenzen eines Entwässerungsbereichs und den politischen Grenzen einer Kommune

- Probennahme Standort sollte repräsentativ für Einzugsgebiet sein



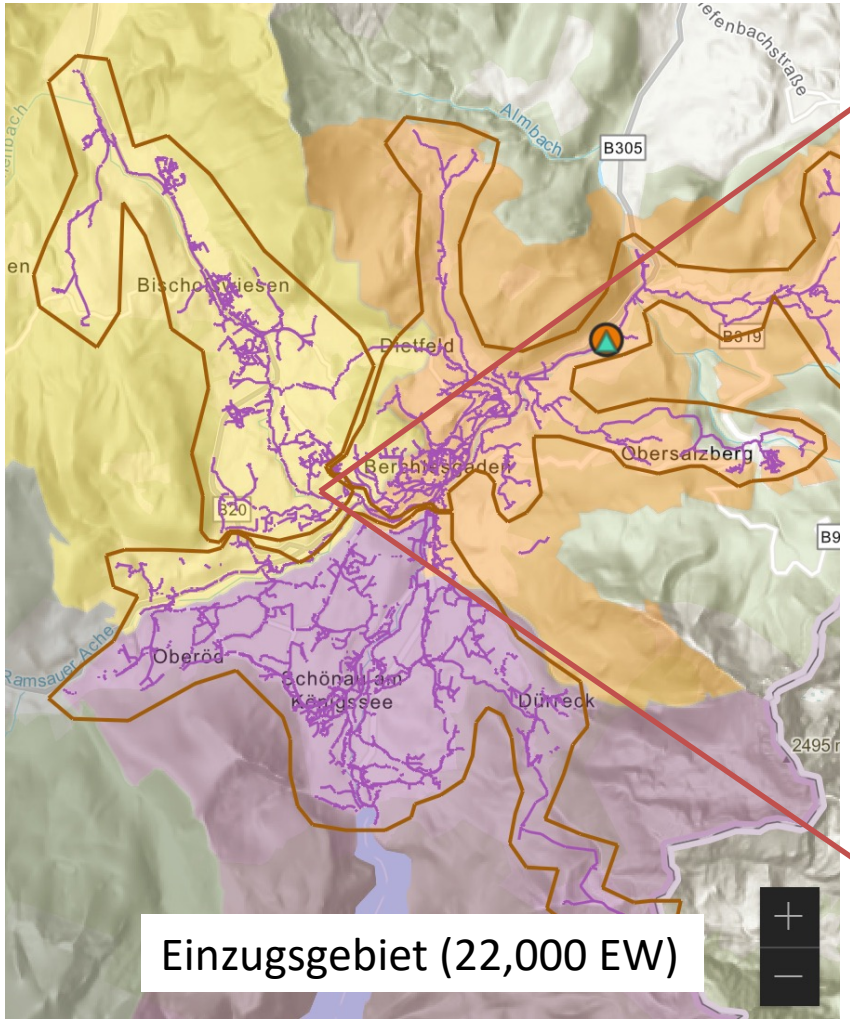
Abgleich Einzugsgebiete und Kommune

Bevölkerungsebene:

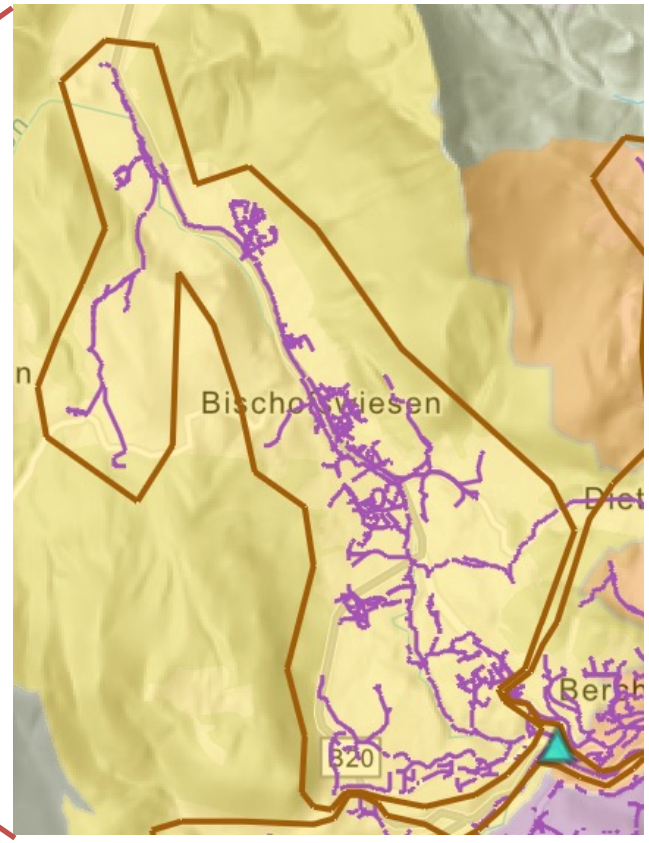


Einzugsgebiet(8,100 EW)

Lokale Ebene:



Einzugsgebiet (22,000 EW)

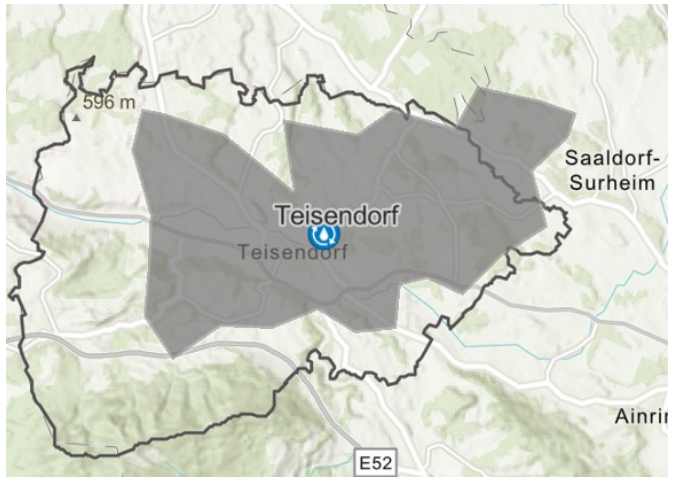


Teileinzugsgebiet (7,205 EW)

Verknüpfung von Biomarker Befunden mit Gesundheitsdaten

- Abgleich zwischen Grenzen eines Entwässerungsbereichs und den politischen Grenzen einer Kommune

- Probennahme Standort sollte repräsentativ für Einzugsgebiet sein

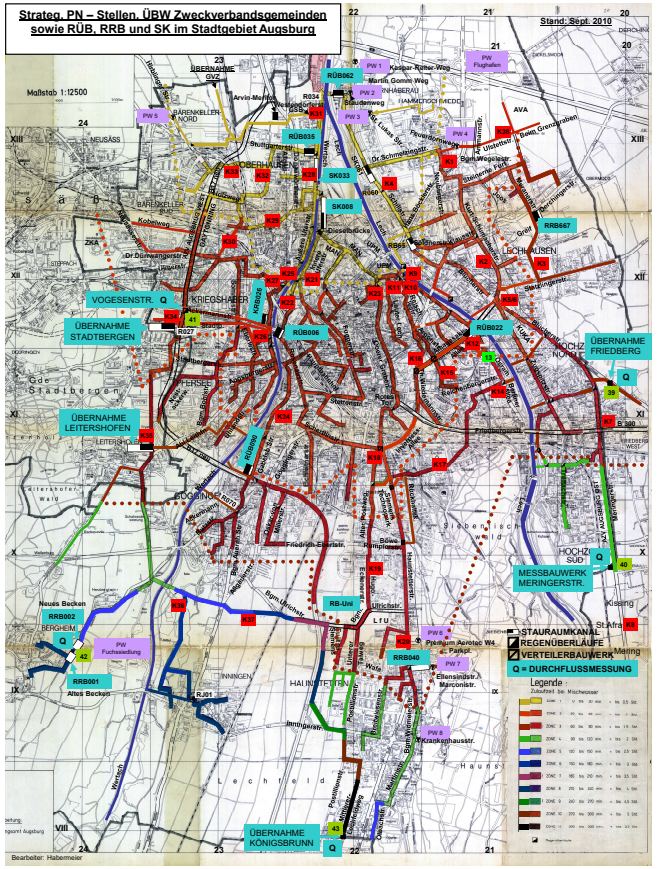


- Berücksichtigung von Fremdwasser und Trockenwetterabflüssen; Regenereignisse werden erfasst und Verdünnungseffekte berücksichtigt

Was ist für ein SARS-CoV-2 Abwassermonitoring zu beachten?

Abwasserzusammensetzung ist dynamisch

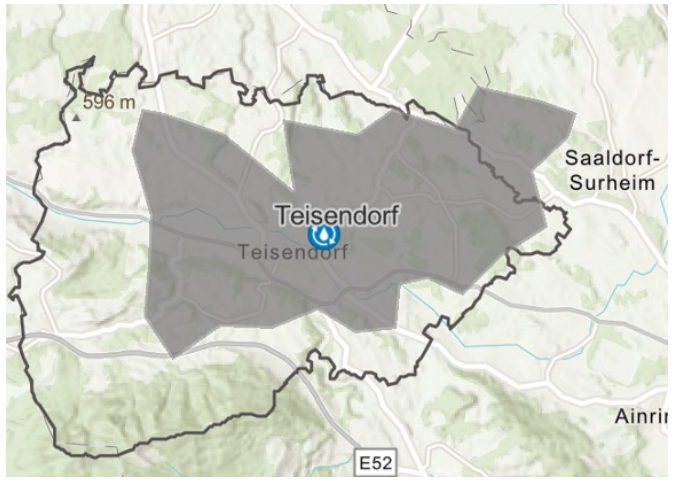
- Struktur und Größe der Kanalisation
- Fremdwasseranteil
- Niederschlagsereignisse/ Tauwetter
- Gewerbliche/industrielle Einleiter
- Verhalten der Viren in der Kanalisation
- Art der Probennahme (Stichprobe, qualifizierte Stichprobe, 24 h-Mischprobe)



Normalisierung als automatischer Workflow

- Basierend auf Volumenstron
- Basiernd auf Fäkalindikatoren (Surrogatviren wie PMMoV, Crassphage)
- Oder basierend auf anderen Parametern

Verknüpfung von Biomarker Befunden mit Gesundheitsdaten

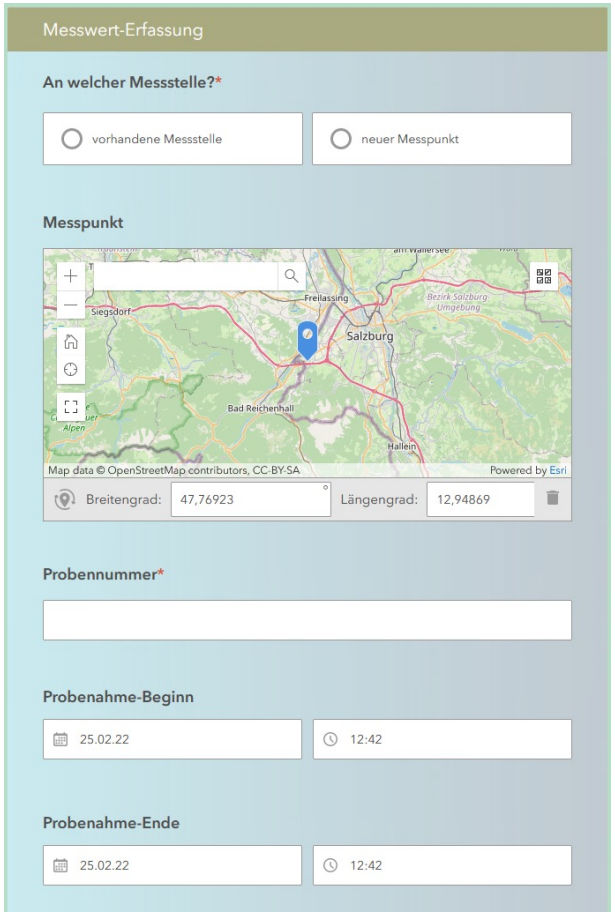


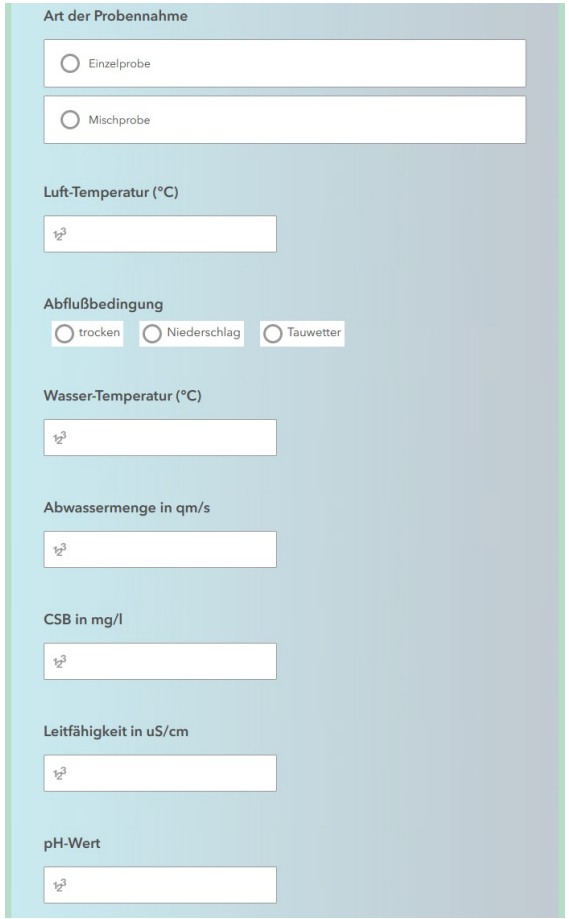
- Abgleich zwischen Grenzen eines Entwässerungsbereichs und den politischen Grenzen einer Kommune
- Probennahme Standort sollte repräsentativ für Einzugsgebiet sein
- Berücksichtigung von Fremdwasser und Trockenwetterabflüssen; Regenereignisse werden erfasst und Verdünnungseffekte berücksichtigt
- Probennahmedaten und Biomarker-Ergebnisse werden automatisch übermittelt

Übermittlung der Probennahmedaten via App

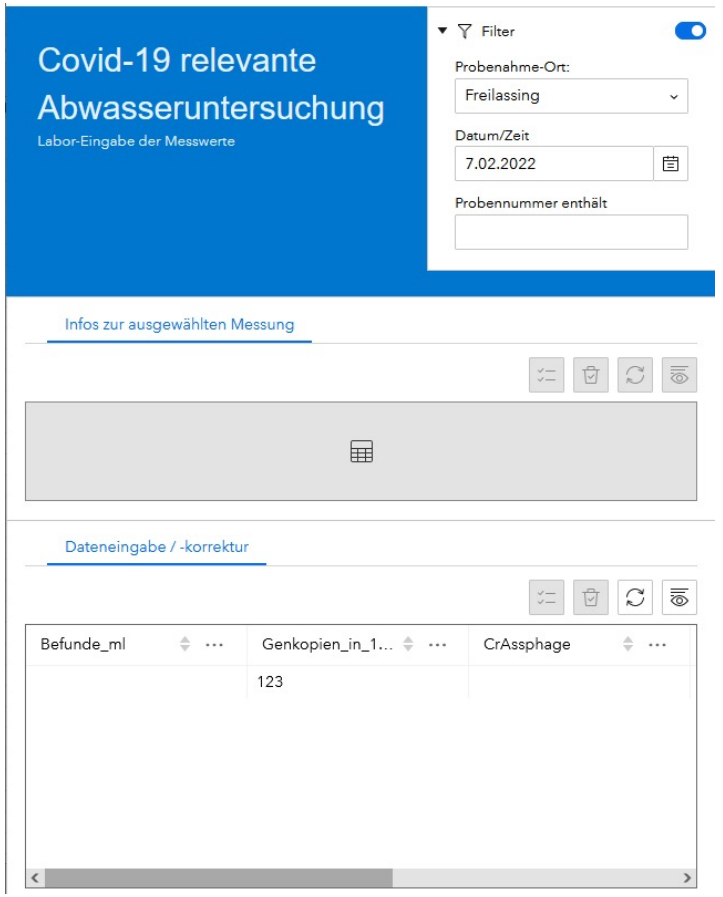
- Digitale Erfassung von Probennahmedaten via App/Desktop Application (ArcGIS Survey1.2.3)
- Direkter Transfer in die Cloud oder Lokalen Server

App für die Probennahme

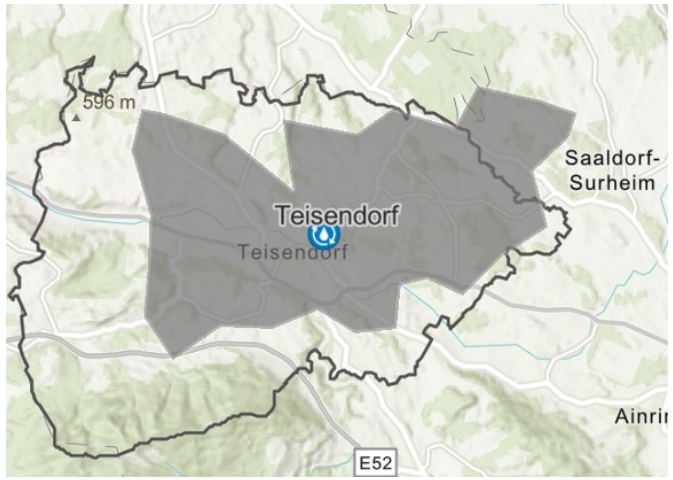




App für das analytische Labor



Verknüpfung von Biomarker Befunden mit Gesundheitsdaten



- Abgleich zwischen Grenzen eines Entwässerungsbereichs und den politischen Grenzen einer Kommune
- Probennahme Standort sollte repräsentativ für Einzugsgebiet sein
- Berücksichtigung von Fremdwasser und Trockenwetterabflüssen; Regenereignisse werden erfasst und Verdünnungseffekte berücksichtigt
- Probennahmedaten und Biomarker-Ergebnisse werden automatisch übermittelt

- Eingaben der Meldefälle sind korrekt und sind georeferenziert
- Schnittstelle zur Meldeplattform im Gesundheitsamt (z. B., SurvNet@RKI; SORMAS; ISGA)

Schlüsselelemente der Dateninfrastruktur

Gesundheitsamt

Georeferenzierte Gesundheitsdaten (mit Strassenadresse)

GIS-Process

ArcGIS Online

ETL-Process

Data service

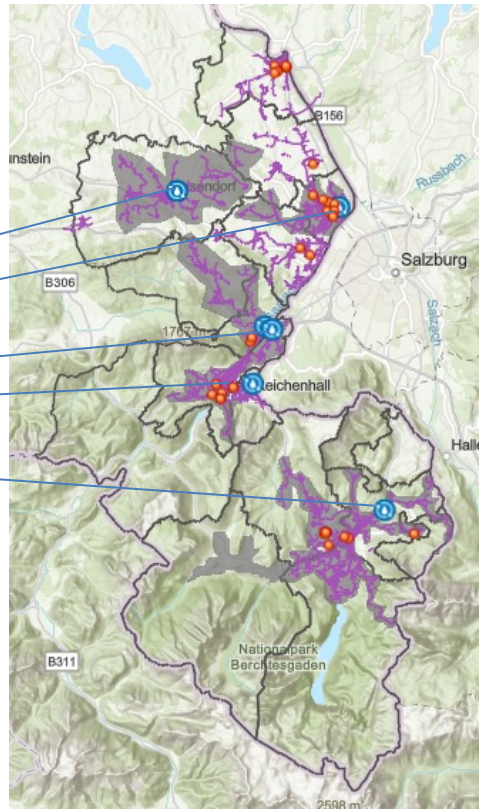
GIS-Process

Inf.-key parameters

Analysis-Dashboard

Mehrere Beprobungen im Einzugsgebiet

Beprobung mit höherer Auflösung

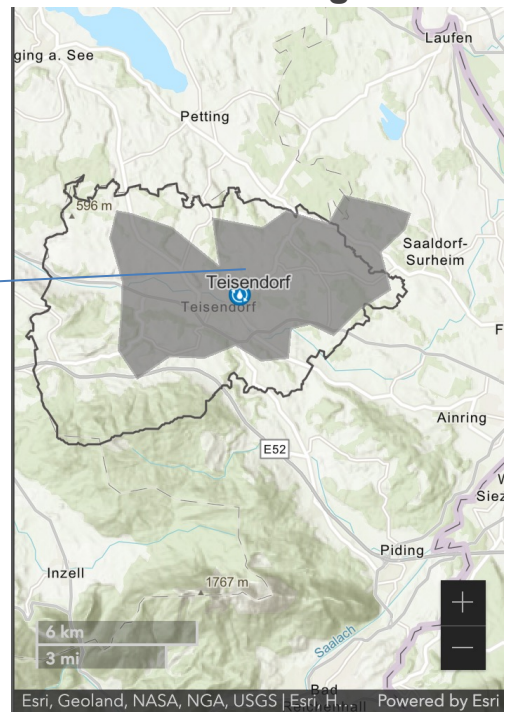


Schlüsselelemente der Dateninfrastruktur

Gesundheitsamt

Aggregierte Gesundheitsdaten (Meldefälle) für das gesamte Einzugsgebiet

Beprobung im Zulauf einer Kläranlage



GIS-Process

ArcGIS Online

Eine Probennahmestelle pro Einzugsgebiet

ETL-Process

Data service

GIS-Process

Inf.-key parameters

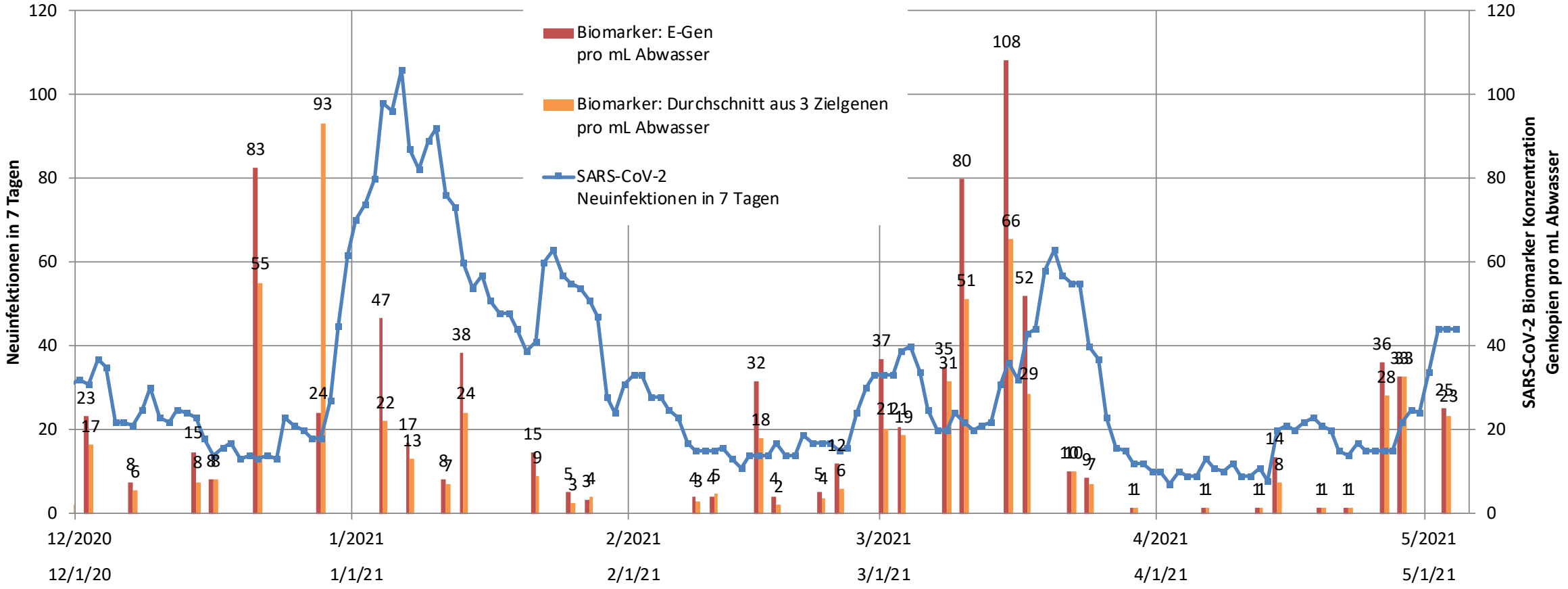
Analysis-Dashboard

Emergency Support Instrument

ESI-CorA

Nachweis von SARS-CoV-2 im Abwasser

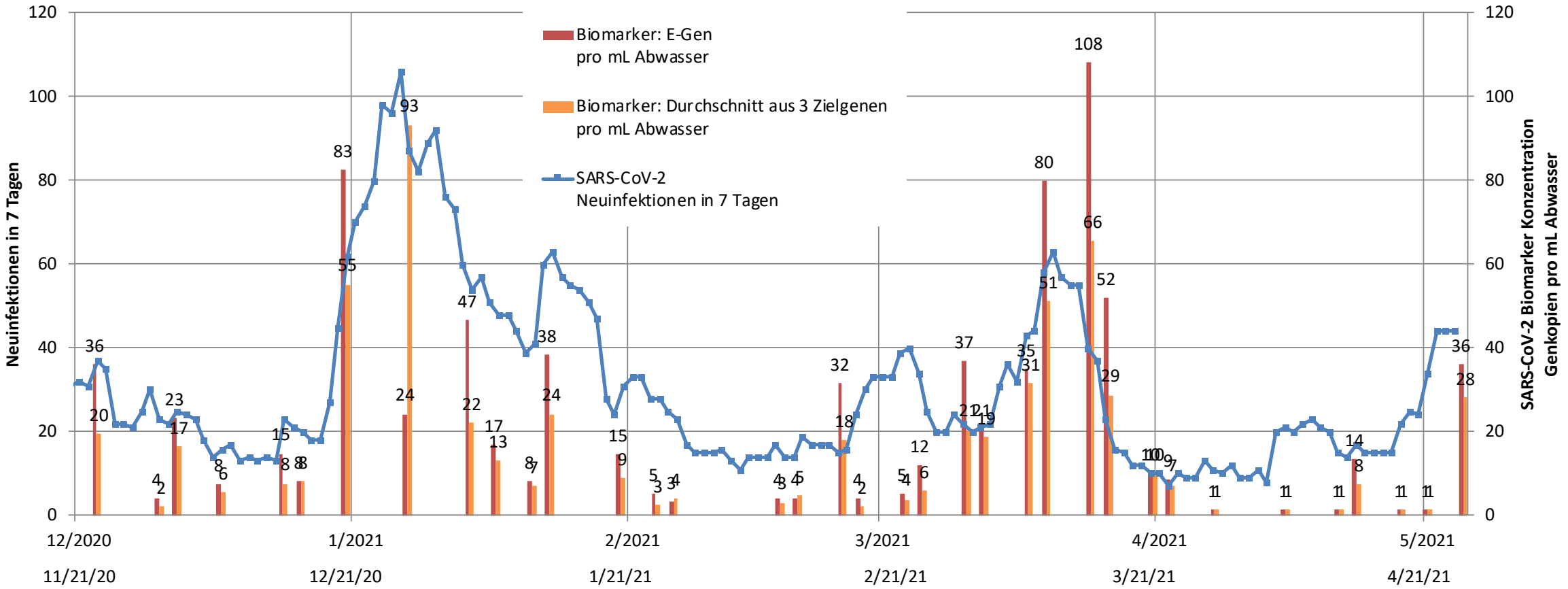
Biomarker Befunde Kläranlage Berchtesgaden (21.906 EW)



- *Probenahme 2x/Woche erlaubt gute Abbildung der Infektionsdynamik*

Rossmann et al. (2022), Bundesgesundheitsblatt 65, 367-377

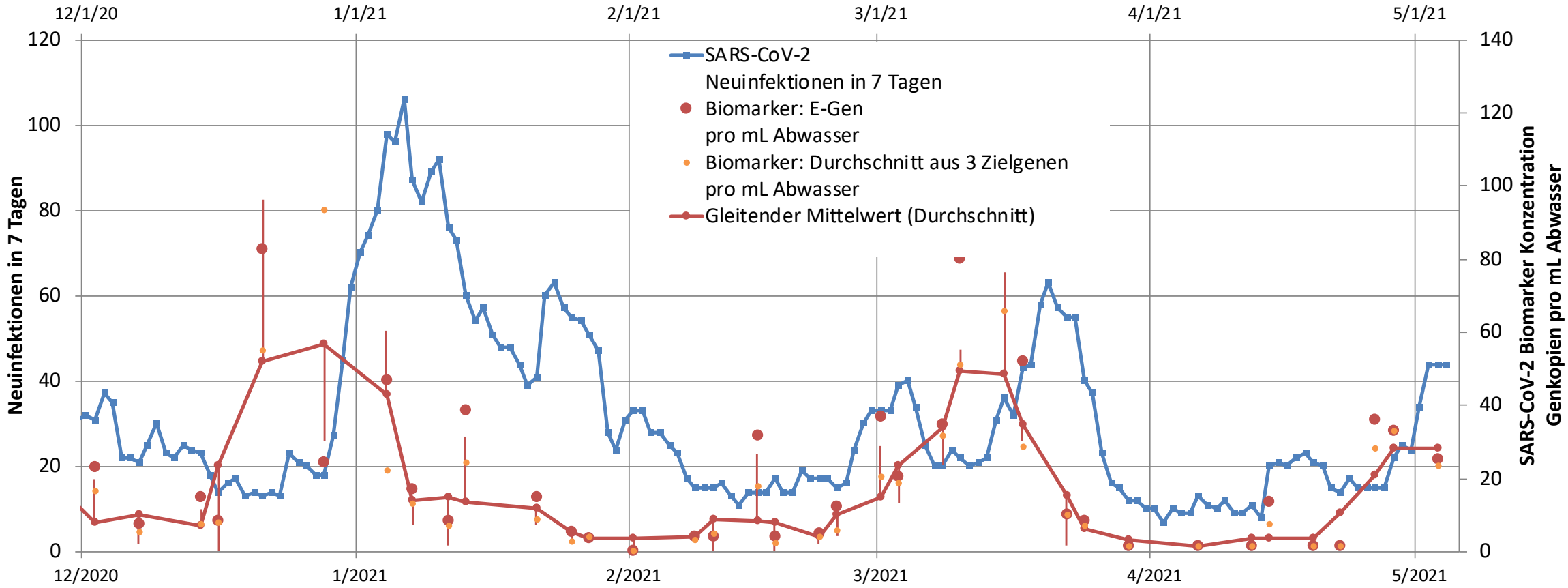
Biomarker Befunde Kläranlage Berchtesgaden (21.906 EW)



- *Biomarker Abundanzen ca. 7 Tage vor offiziellen Fallzahlen*

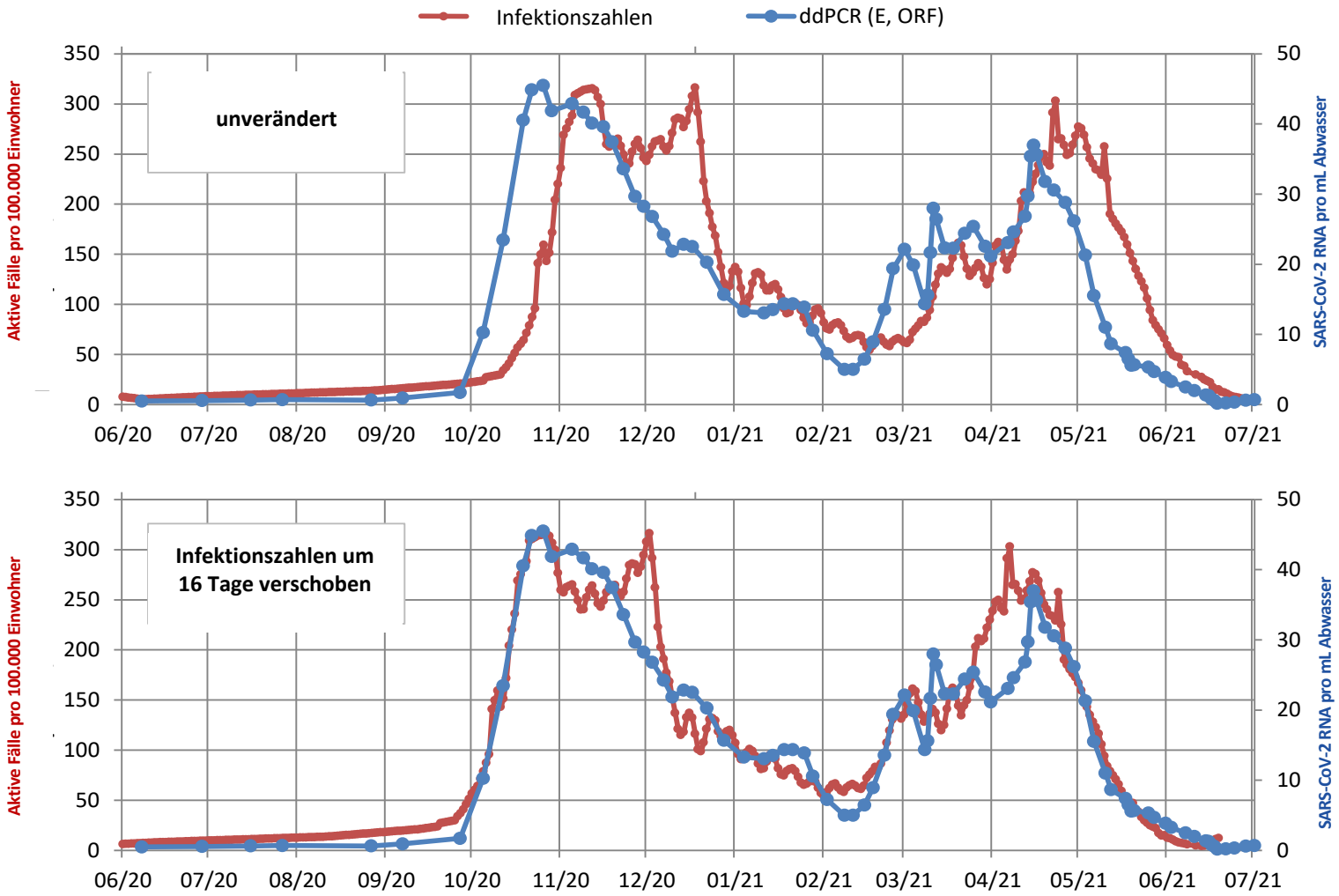
Rossmann et al. (2022), Bundesgesundheitsblatt

Biomarker Befunde Berchtesgaden (21.906 EW) – Gleitende Mittelwerte



Rossmann et al. (2022), Bundesgesundheitsblatt

Corona-Abwassermonitoring in Karlsruhe



Corona-Abwassermonitoring in Karlsruhe

Resonanz in der lokalen Presse

Mittwoch, 18. August 2021

Bald wieder Inzidenz von 100?

eki. In den kommenden Tagen rechnet Oberbürgermeister Frank Mentrup (SPD) mit einem starken Anstieg der 7-Tage-Inzidenz. Das sogenannte Abwasserorakel, ein vom Technologiezentrum Wasser (TZW) entwickeltes Frühwarnsystem, weise bereits auf Inzidenzen zwischen 70 und 100 hin, betone Mentrup bei seinem Sommerpressegespräch. Wann diese Werte erreicht werden, dazu möchte der OB noch keine Prognosen abgeben. „Viele Krankheitsverläufe sind derzeit asymptomatisch. Wenn sich die Leute nicht regelmäßig testen oder als Kontakte von Infizierten gemeldet werden, bleibt die Dunkelziffer hoch."

Abwasserorakel sagt steigende Inzidenz voraus

Bis zum Herbst rechnet Mentrup aber mit einem stetigen Anstieg der Inzidenzen. Dass es bei steigenden Fallzahlen und den damit verbundenen Quarantäne-Anordnungen von Kontaktpersonen zu personellen Engpässen in bestimmten Wirtschaftsbranchen oder Bereichen des öffentlichen Lebens kommen wird, damit rechnet Mentrup nicht. „So lange

el" warnt vor künftigen Corona-Wellen

Badisches Tagblatt, 23.07.2021

...Betregionen, in denen Abwassermonitoring mit Blick auf das Infektionsgeschehen betrieben wird

POLITIK

Die Corona-Pandemie: Prognosen und kost...

Abwasser stimmt hoffnungsvoll

Das TZW-Frühwarnsystem aus Karlsruhe gehört zu den Vorreitern in De...

Kein Tübinger Modell in Karlsruhe

BNN, 26.03.2021

OB Mentrup fordert Teststrategie für Kitas / Abwassermonitoring deutet auf steigende Infektionszahlen hin

Perspektive: OB Mentrup fordert von der baden-württembergischen Landesregierung ein von Inzidenzen unabhängiges Konzept für den Einzelhandel. Archivfoto: Jörg Donecker

An einem Wettlauf der Gemeinden werden wir uns nicht beteiligen.

Frank Mentrup, Oberbürgermeister

BNN, 27.0...

Viruslast im Abwasse...

18.8.2021 Karlsruher Abwasserorakel prognostiziert baldige Inzidenz von 100

BADISCHE NEUESTE NACHRICHTEN

Karlsruhe / Karlsruhe-Stadt

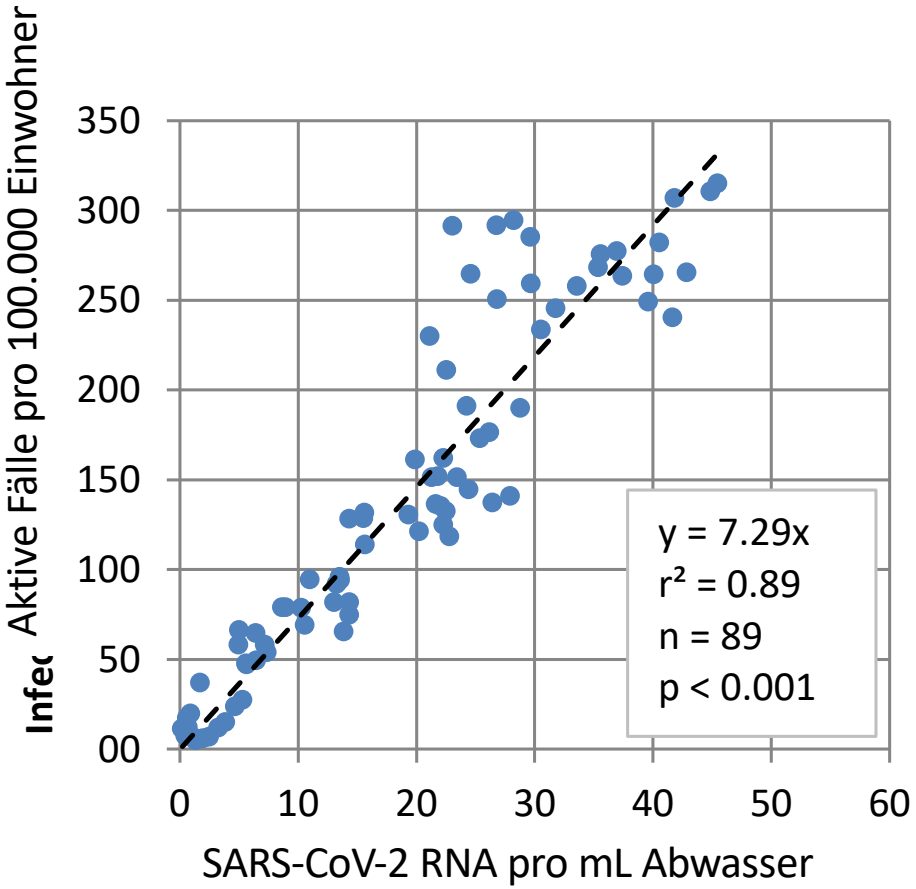
Inzidenz in Karlsruhe steigt

Karlsruher Abwasserorakel prognostiziert baldige Inzidenz von 100

Die 7-Tage-Inzidenz in Karlsruhe steigt seit Tagen an und liegt aktuell bei 36,2. Nach Einschätzung von OB Mentrup dürfte sie aber weitaus höher liegen - und das hat Gründe.

Fordert eine Umkehr des Denkens: Karlsruhes Oberbürgermeister Frank Mentrup setzt in der Corona-Krise jetzt mehr Selbstverantwortung und eine eigene Risikoeinschätzung. Foto: Jörg Donecker

Corona-Abwassermonitoring in Karlsruhe - Korrelation Biomarker und Fallzahlen

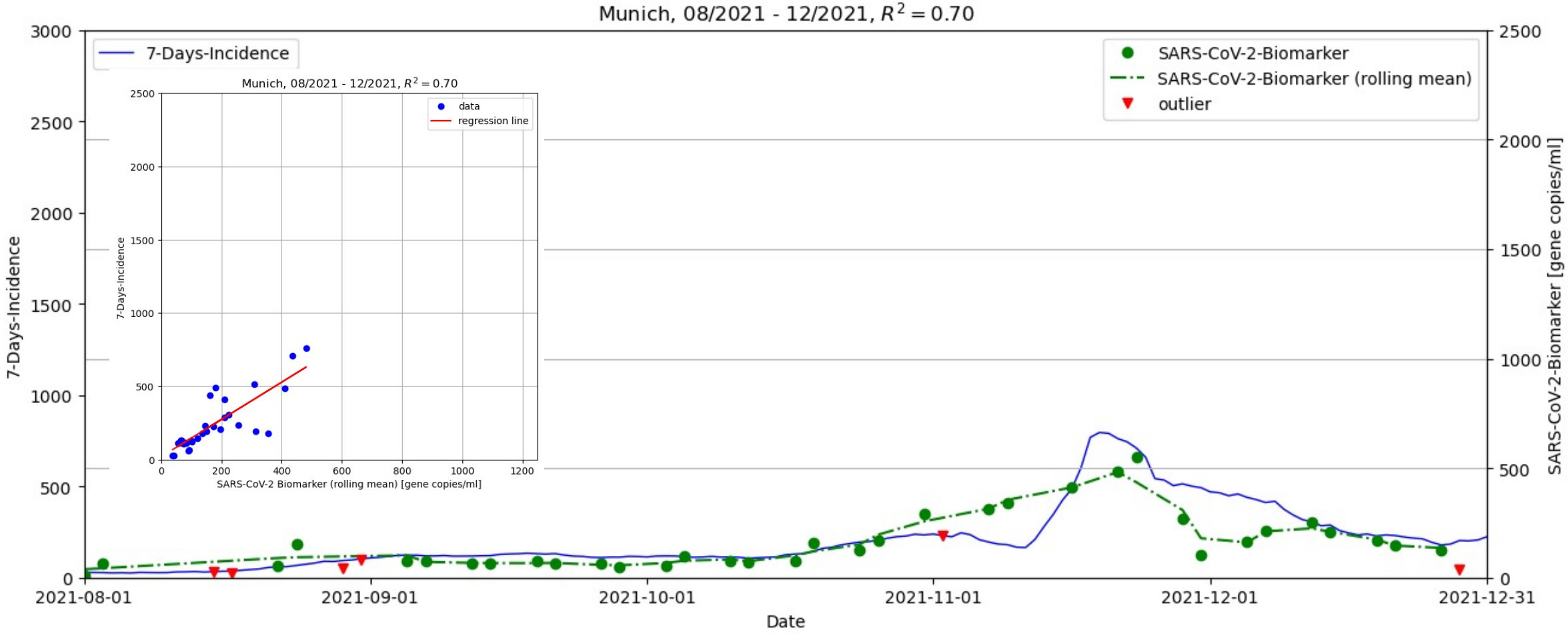


Sehr gute Korrelation von SARS-CoV-2 RNA-Genkopienzahl im Abwasser und Infektionsfällen

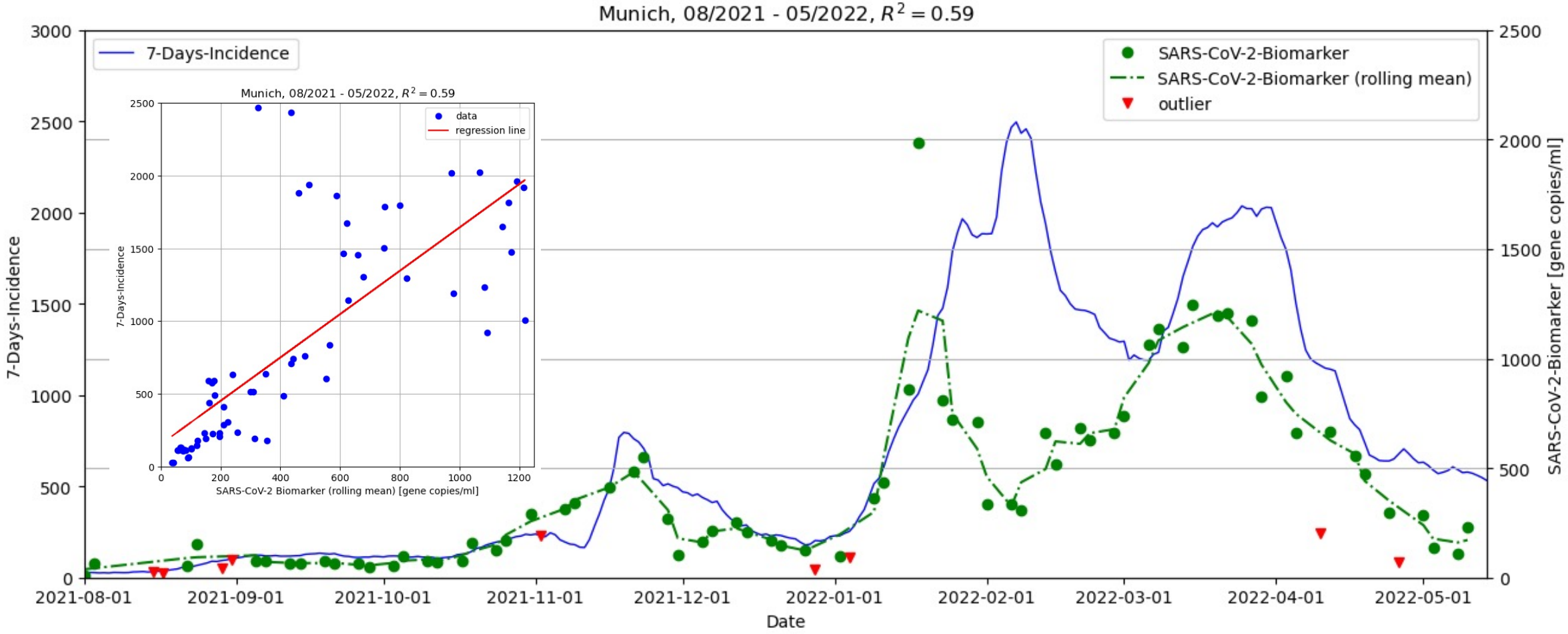
1 Genkopie ≈ 7 aktive Fälle pro 100.000 Einwohner

Nachweisgrenze ≈ 20 aktive Fälle pro 100.000 Einwohner

Corona-Abwassermonitoring in München
- Korrelation Biomarker und Fallzahlen

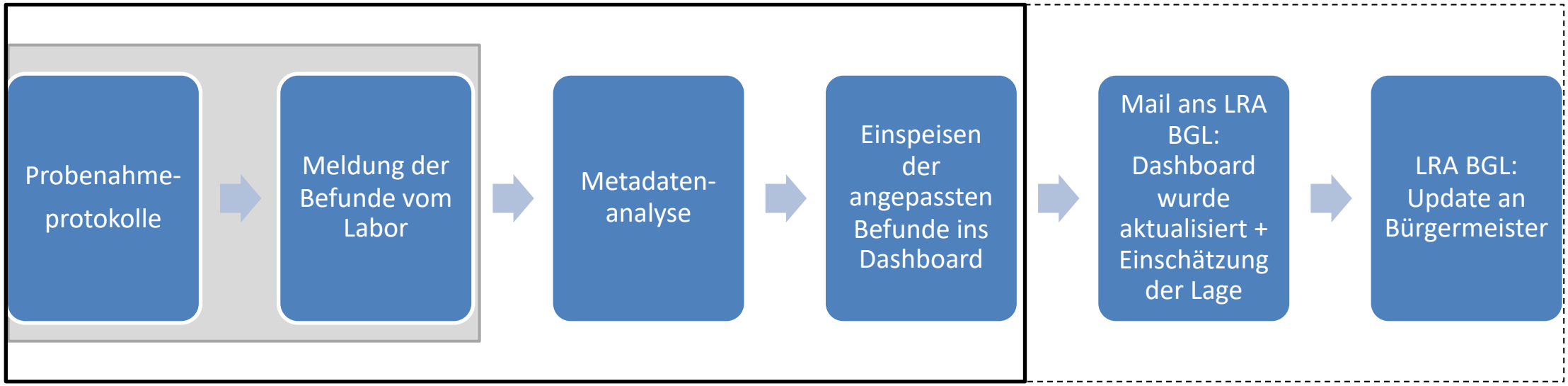


Corona-Abwassermonitoring in München
- Korrelation Biomarker und Fallzahlen



Dashboard-Konzepte für Gesundheitsamt und Öffentlichkeit

LK Berchtesgadener Land: Datenmodell



Automatisierung über Datenmodell

Eingabe über App „Survey123“

Dashboards zur Unterstützung der Lageführung

COVID19 - LK BGL | Abwasser-Monitor - LK BGL

COVID-19 Dashboard
für den Landkreis Berchtesgadener Land

Zeitraum wählen: 7 Tage | 30 Tage | seit Beginn

Gemeinden
- Ainring (AIN)
- Anger (ANG)
- Bad Reichenhall (REI)
- Bayerisch Gmain (BAY)
- Berchtesgaden (BGD)
- Bischofswiesen (BSW)
- Freilassing (FRL)
- Laufen (LAU)
- Marktschellenberg (MSB)
- Piding (PID)
- Ramsau b. Berchtesgaden (RAM)
- Saaldorf-Surheim (SAA)
- Schneizlreuth (SNR)
- Schönau a. Königssee (SCH)
- Teisendorf (TEI)

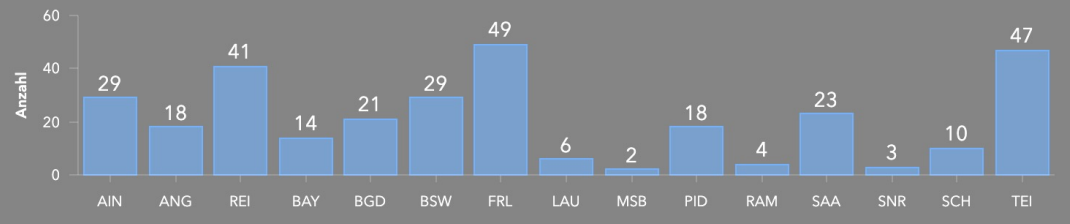
Inzidenz LK BGL (RKI-Daten)
283
20.05.2022, 00:00 Uhr

COVID-19 Fälle* (gem. Datum rechts)
Letzte 7-Tage
314
Gesamt
42923

Verstorbene* (gem. Datum rechts)
Letzte 7-Tage
0
Gesamt
186

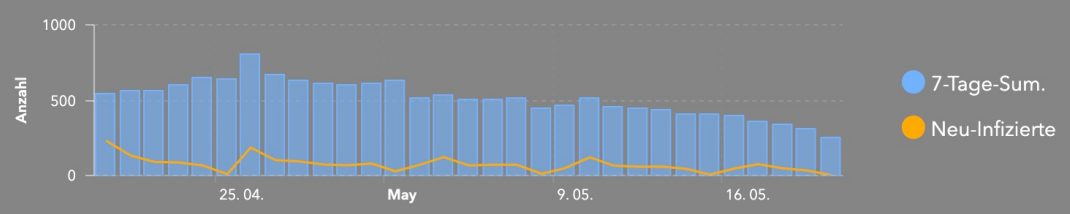
*ohne Gemeindeauswahl Bezug auf den LK
letzte Aktualisierung: 20.05.2022, 11:59 Uhr

7-Tage-Summen der Neu-Infizierten pro Gemeinde

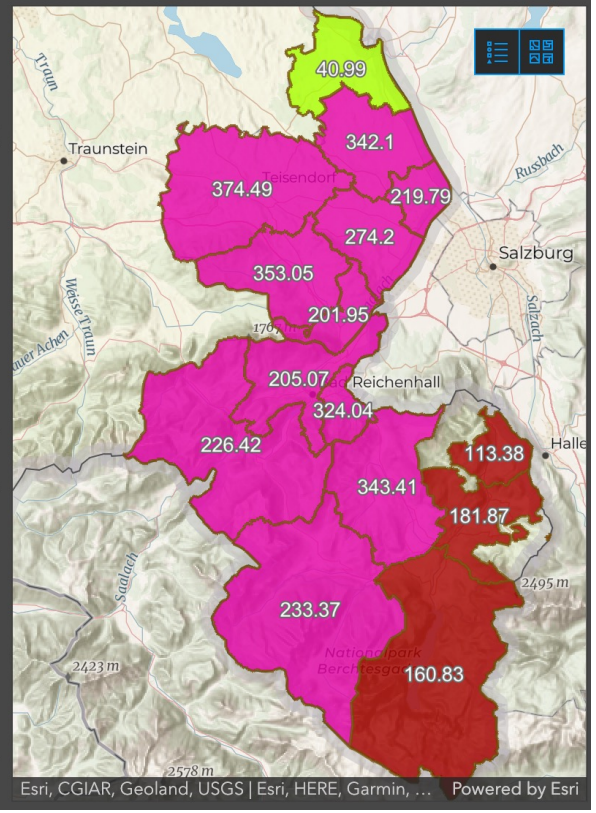


Gemeinde - 7-Tage-Summen Infizierte | Gemeinde - Verlauf 7-Tage-Inzidenz

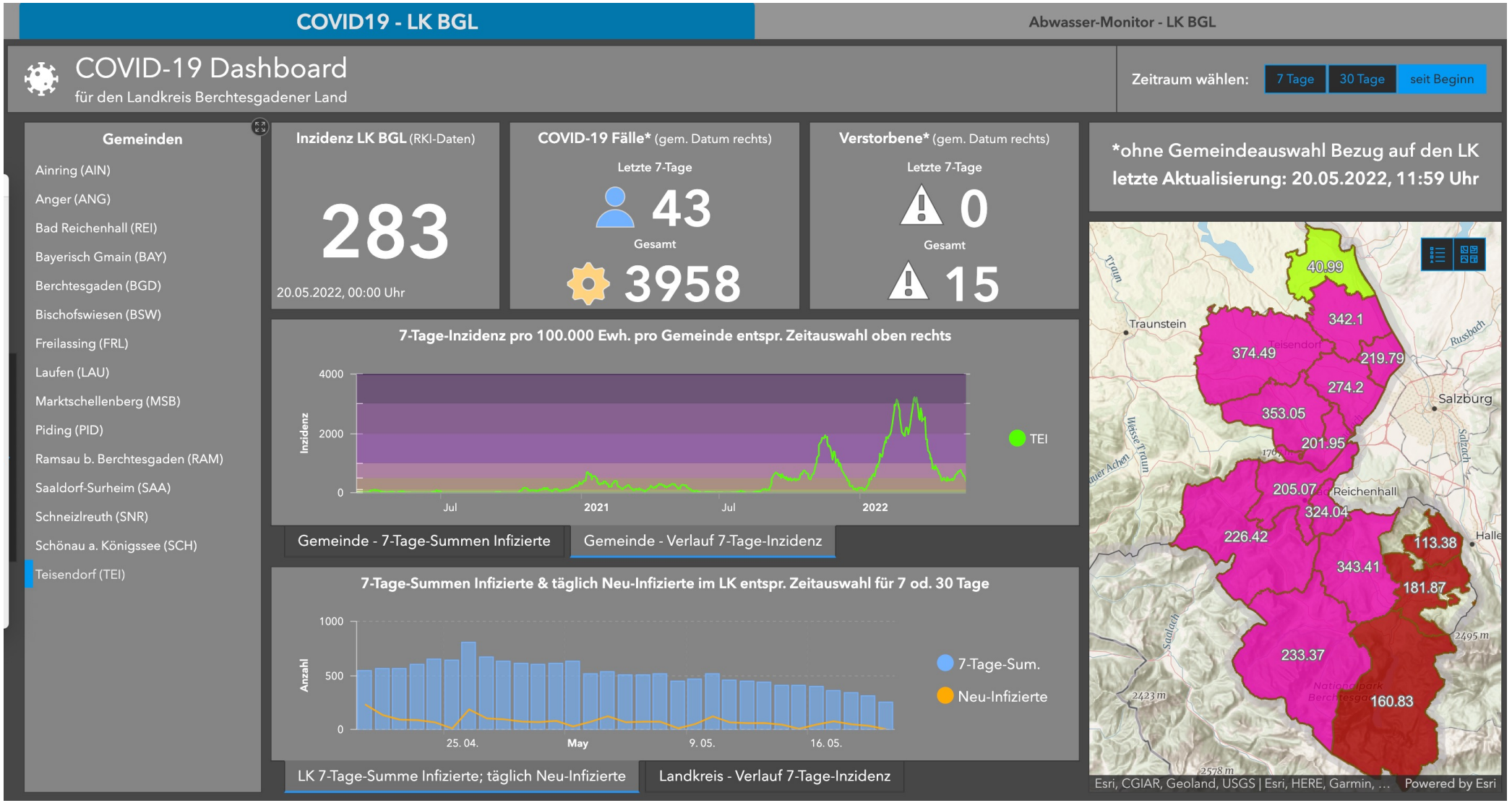
7-Tage-Summen Infizierte & täglich Neu-Infizierte im LK entspr. Zeitauswahl für 7 od. 30 Tage



LK 7-Tage-Summe Infizierte; täglich Neu-Infizierte | Landkreis - Verlauf 7-Tage-Inzidenz



Dashboards zur Unterstützung der Lageführung



Dashboards zur Unterstützung der Lageführung

COVID19 - LK BGL | Abwasser-Monitor - LK BGL

COVID-19 Dashboard
für den Landkreis Berchtesgadener Land

Zeitraum wählen: 7 Tage | 30 Tage | seit Beginn

Gemeinden
- Ainring (AIN)
- Anger (ANG)
- Bad Reichenhall (REI)
- Bayerisch Gmain (BAY)
- Berchtesgaden (BGD)
- Bischofswiesen (BSW)
- Freilassing (FRL)
- Laufen (LAU)
- Marktschellenberg (MSB)
- Piding (PID)
- Ramsau b. Berchtesgaden (RAM)
- Saaldorf-Surheim (SAA)
- Schneizlreuth (SNR)
- Schönau a. Königssee (SCH)
- Teisendorf (TEI)

Inzidenz LK BGL (RKI-Daten)

283

20.05.2022, 00:00 Uhr

COVID-19 Fälle* (gem. Datum rechts)

Letzte 7-Tage: 43

Gesamt: 204

Verstorbene* (gem. Datum rechts)

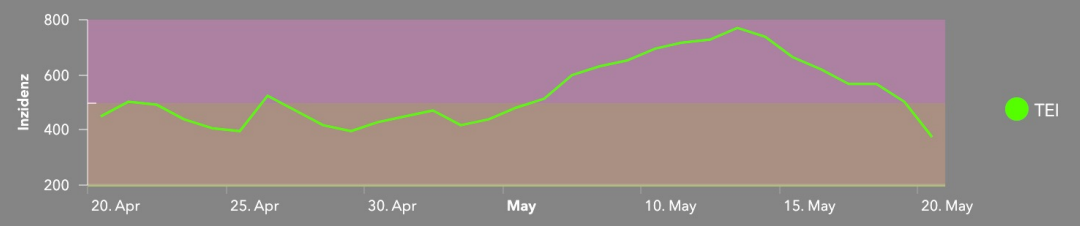
Letzte 7-Tage: 0

Gesamt: 0

*ohne Gemeindeauswahl Bezug auf den LK

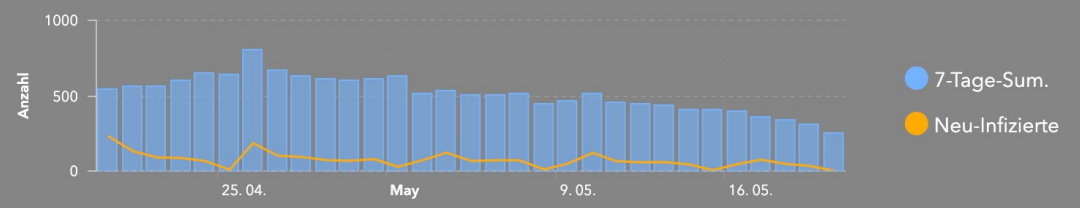
letzte Aktualisierung: 20.05.2022, 11:59 Uhr

7-Tage-Inzidenz pro 100.000 Ewh. pro Gemeinde entspr. Zeitauswahl oben rechts

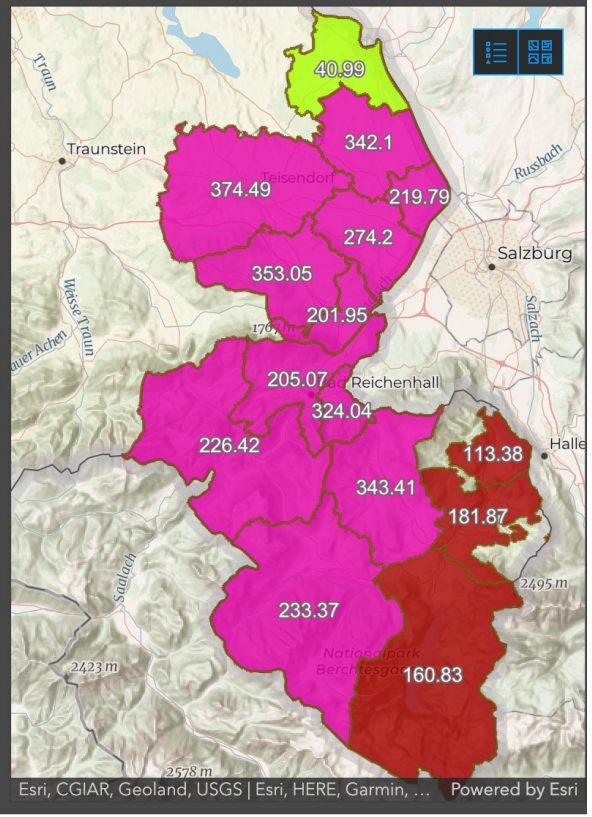


Gemeinde - 7-Tage-Summen Infizierte | Gemeinde - Verlauf 7-Tage-Inzidenz

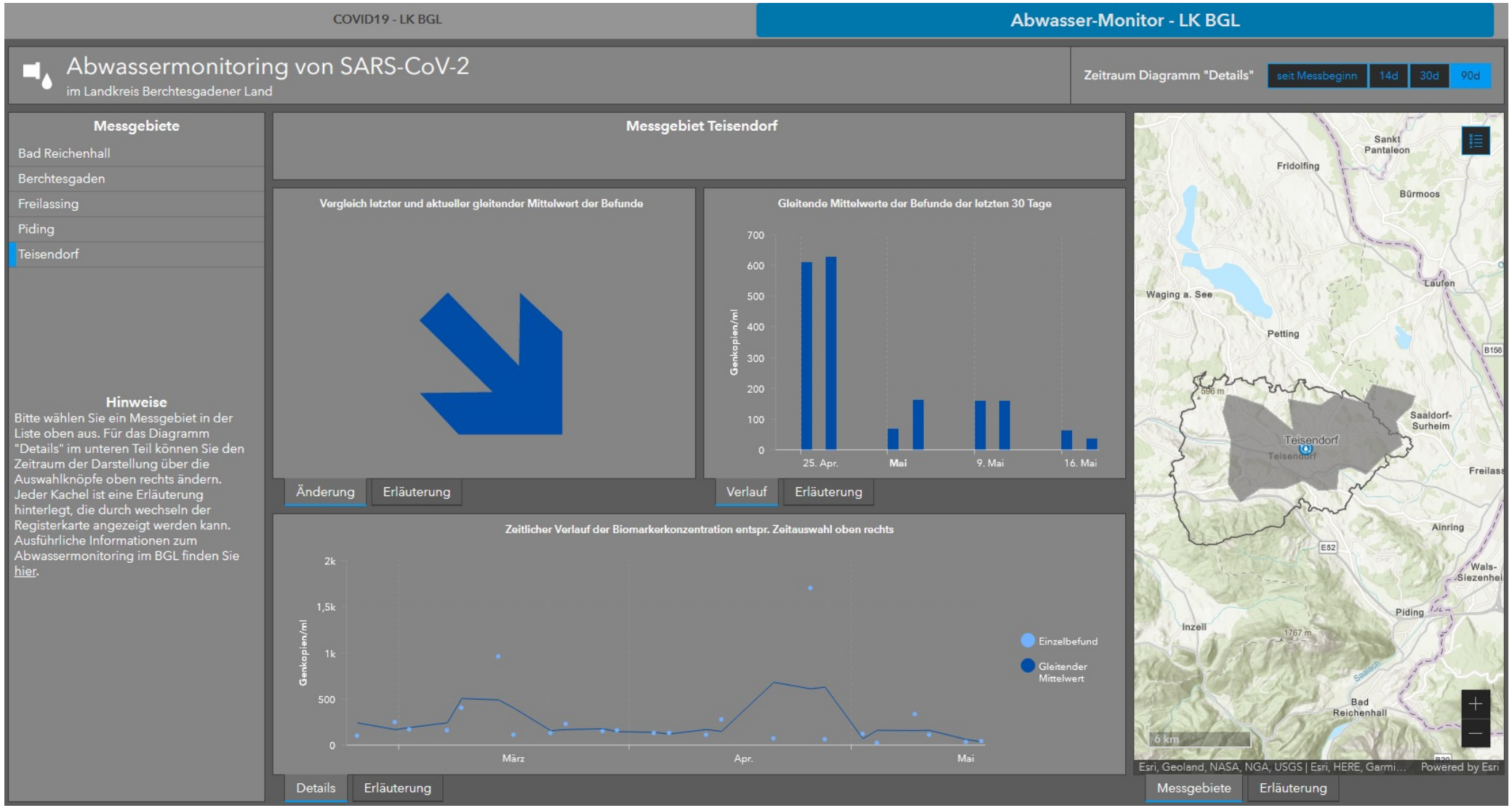
7-Tage-Summen Infizierte & täglich Neu-Infizierte im LK entspr. Zeitauswahl für 7 od. 30 Tage



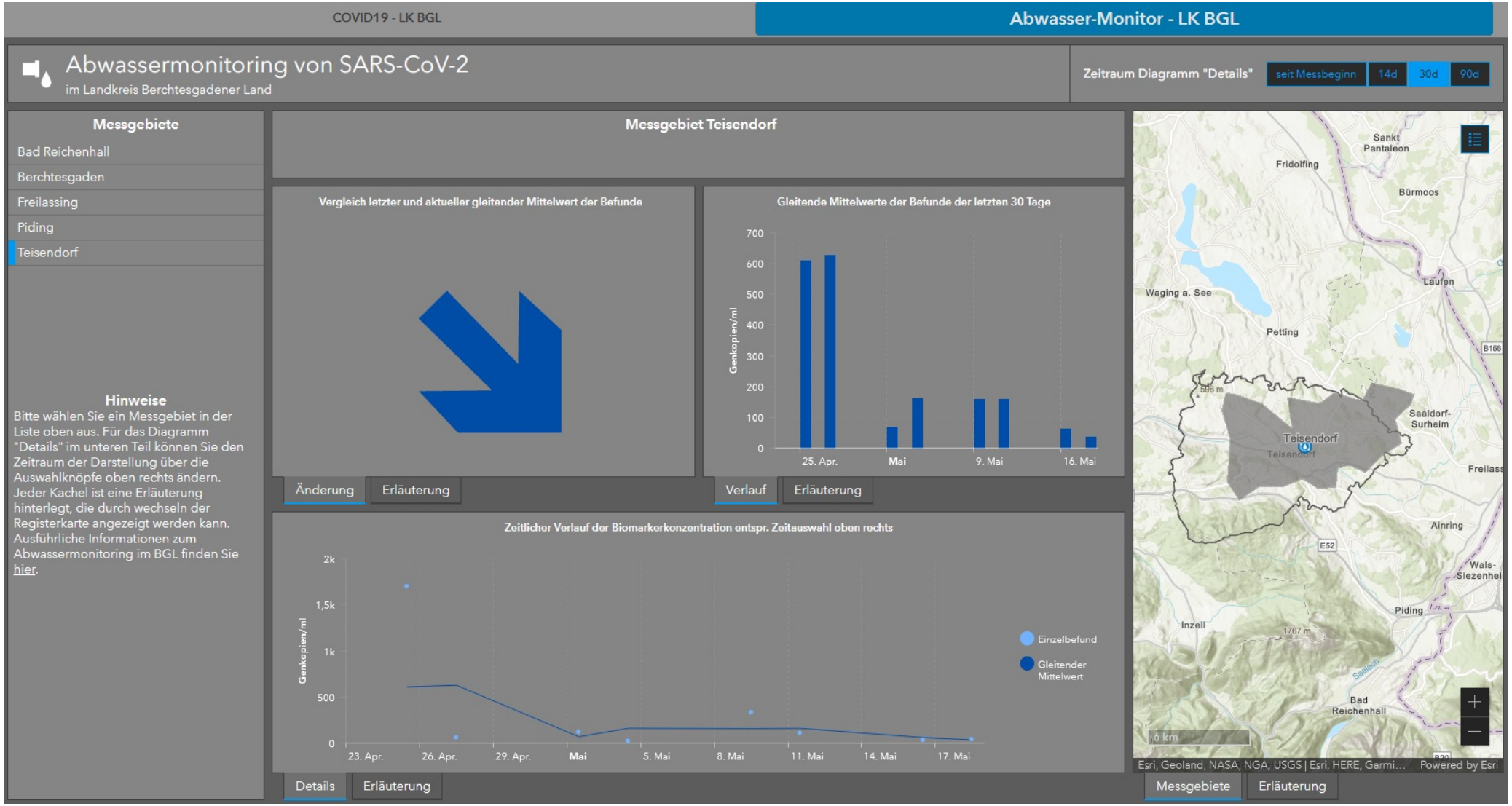
LK 7-Tage-Summe Infizierte; täglich Neu-Infizierte | Landkreis - Verlauf 7-Tage-Inzidenz



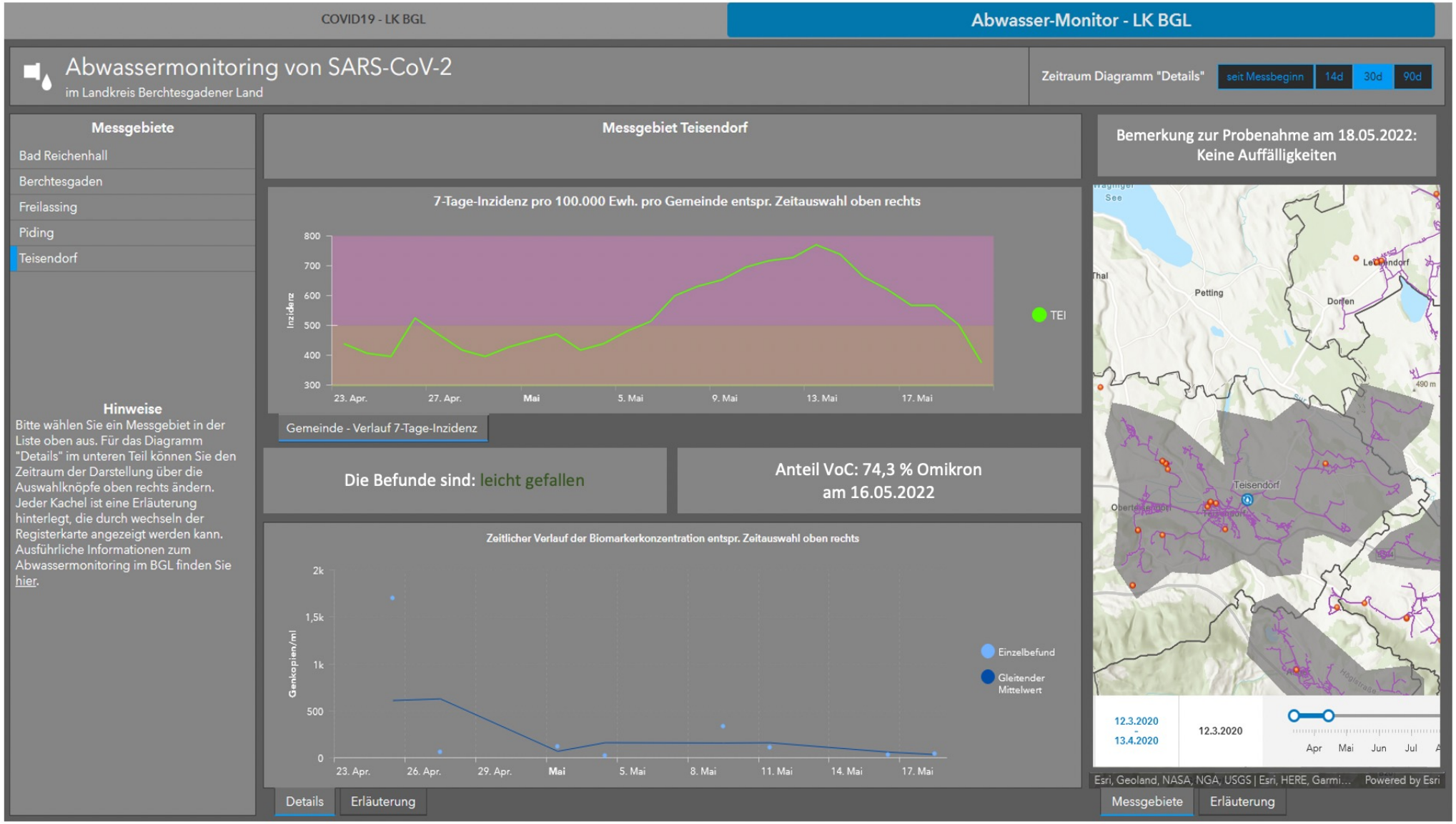
Dashboards zur Unterstützung der Lageführung



Dashboards zur Unterstützung der Lageführung



Internes Dashboards zur Unterstützung der Lageführung



Technische Universität München | TZW Technologiezentrum Wasser | Blue Biolabs

Biomarker

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung | SARS-GenA-Seq | Biomarker | COVIDready Dezentrales SARS-CoV-2 Monitoring im Abwasser

Pressemitteilung | 23.12.2021

Omikron-Befunde im Abwasser in Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen

SARS-CoV-2-Monitoring auf Kläranlagen unterstützt Pandemiebekämpfung

Probenvorbereitung für Omikron-Analysen im abwassertechnischen Kooperationslabor (© FiW e. V.)

In drei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundvorhaben werden SARS-CoV-2 Genmaterial und aktuell insbesondere die Omikron-Variante in Abwasser untersucht. In Abwasserproben aus den Zuläufen von sieben Kläranlagen in Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen, an die mehr als 4 Millionen Menschen angeschlossen sind, können so für die Omikron-Variante charakteristische Mutation nach-

Pressekontakte

Gesamtkoordination SARS-GenASeq
TU Darmstadt
Prof. Susanne Lackner
s.lackner@iwar.tu-darmstadt.de

Gesamtkoordination Biomarker
TU München
Prof. Jörg E. Drewes
idrewes@tum.de

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe
Prof. Andreas Tiehm
andreas.tiehm@tzw.de

Gesamtkoordination COVIDready
Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V.
Dr. sc. Dipl.-Ing.
Frank-Andreas Weber
weber@fiw.rwth-aachen.de

Universitätsklinikum Frankfurt
Herr Christoph Lunkenheimer (Pressesprecher)
christoph.lunkenheimer@kgu.de

Emschergenossenschaft und Lippeverband
Dr. Sven Lyko
lyko.sven@eglv.de

Pressemitteilung BMBF-Projekte zu Omikron-Befunden 23.12.2021

Nachweis von Varianten

PCR 1 S:N501Y Mutation

- Alpha, Beta, Gamma, Mu, (Omikron)
- Andere Varianten

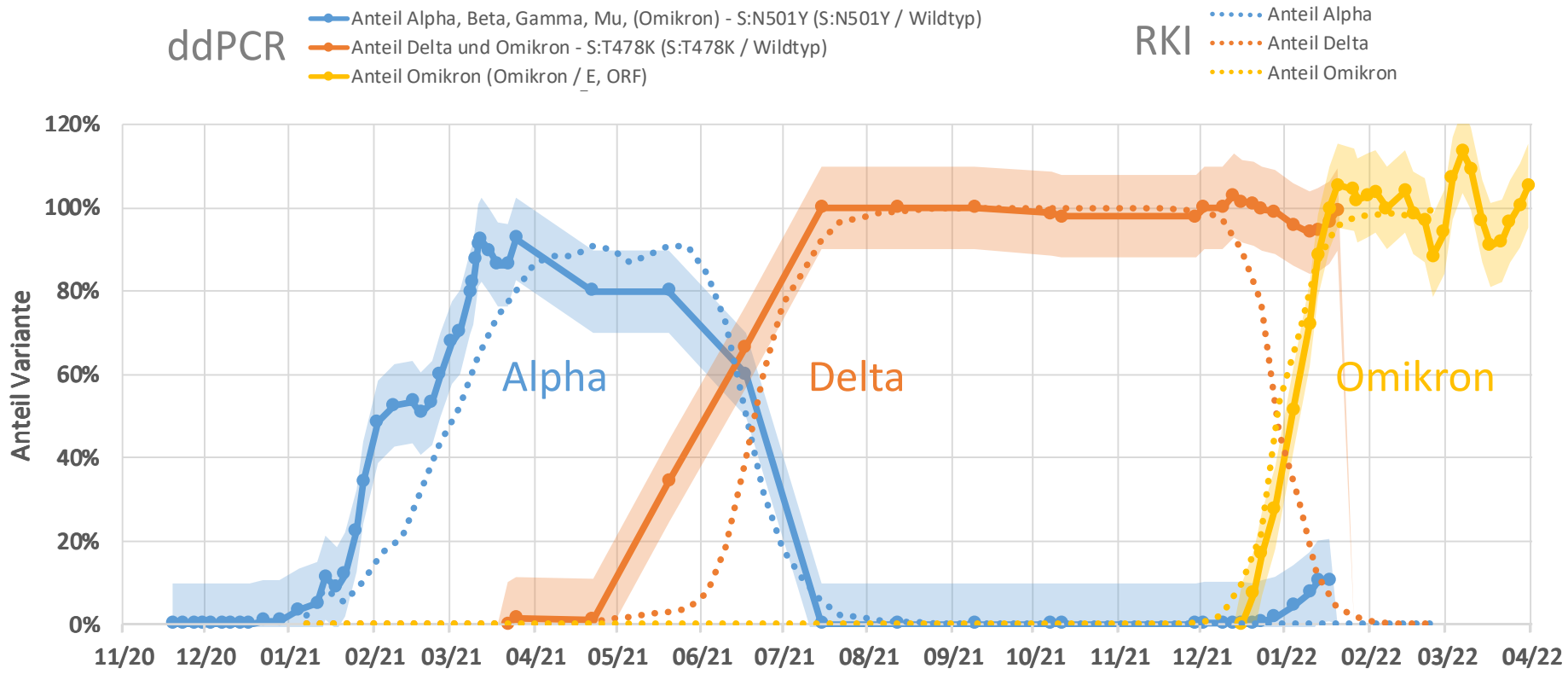
PCR 2 S:T478K Mutation

- Delta und Omikron
- Andere Varianten

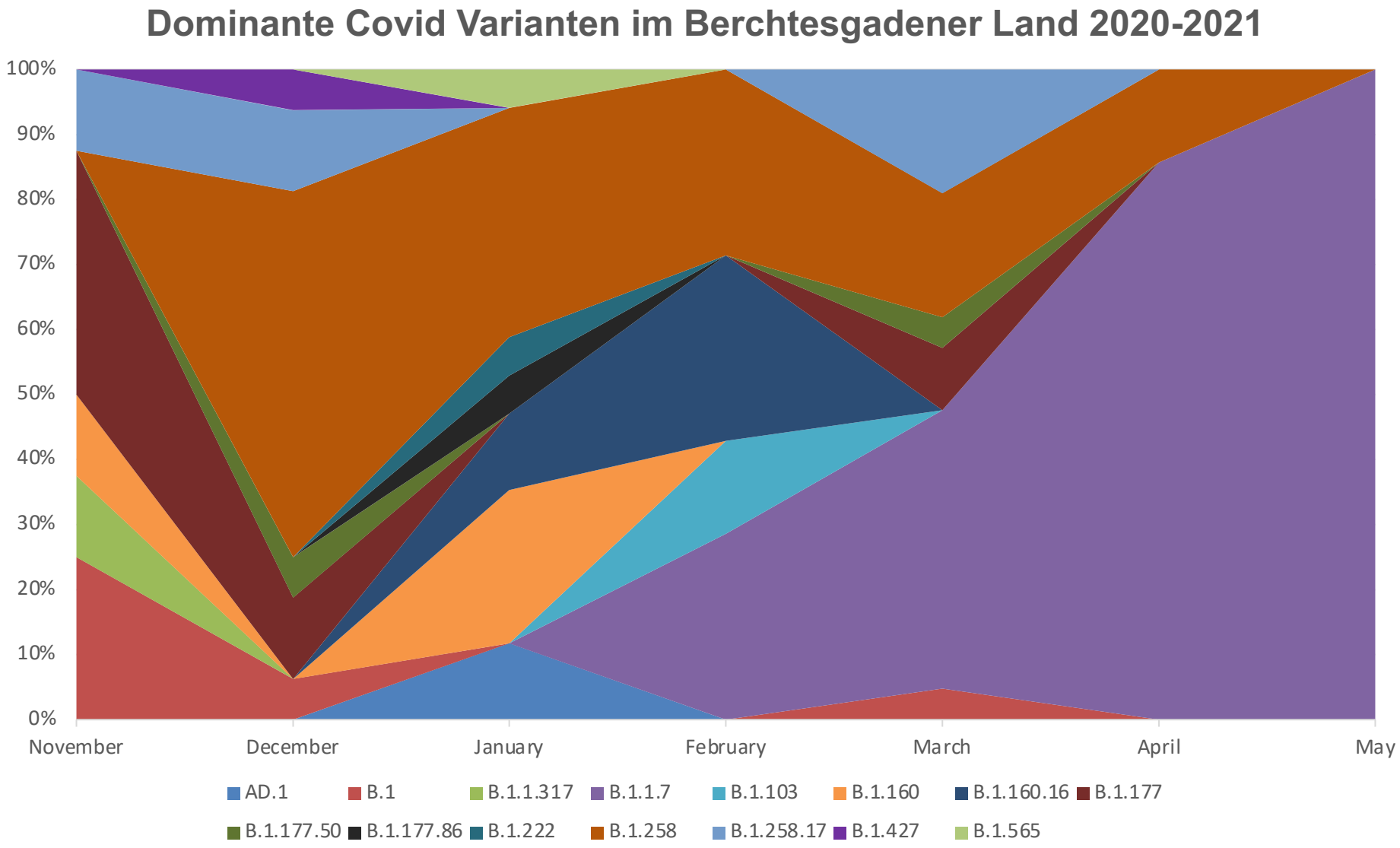
PCR 3 Versch. Mutationen im S-Gen

- Omikron

Nachweis von Varianten – Bsp. Karlsruhe



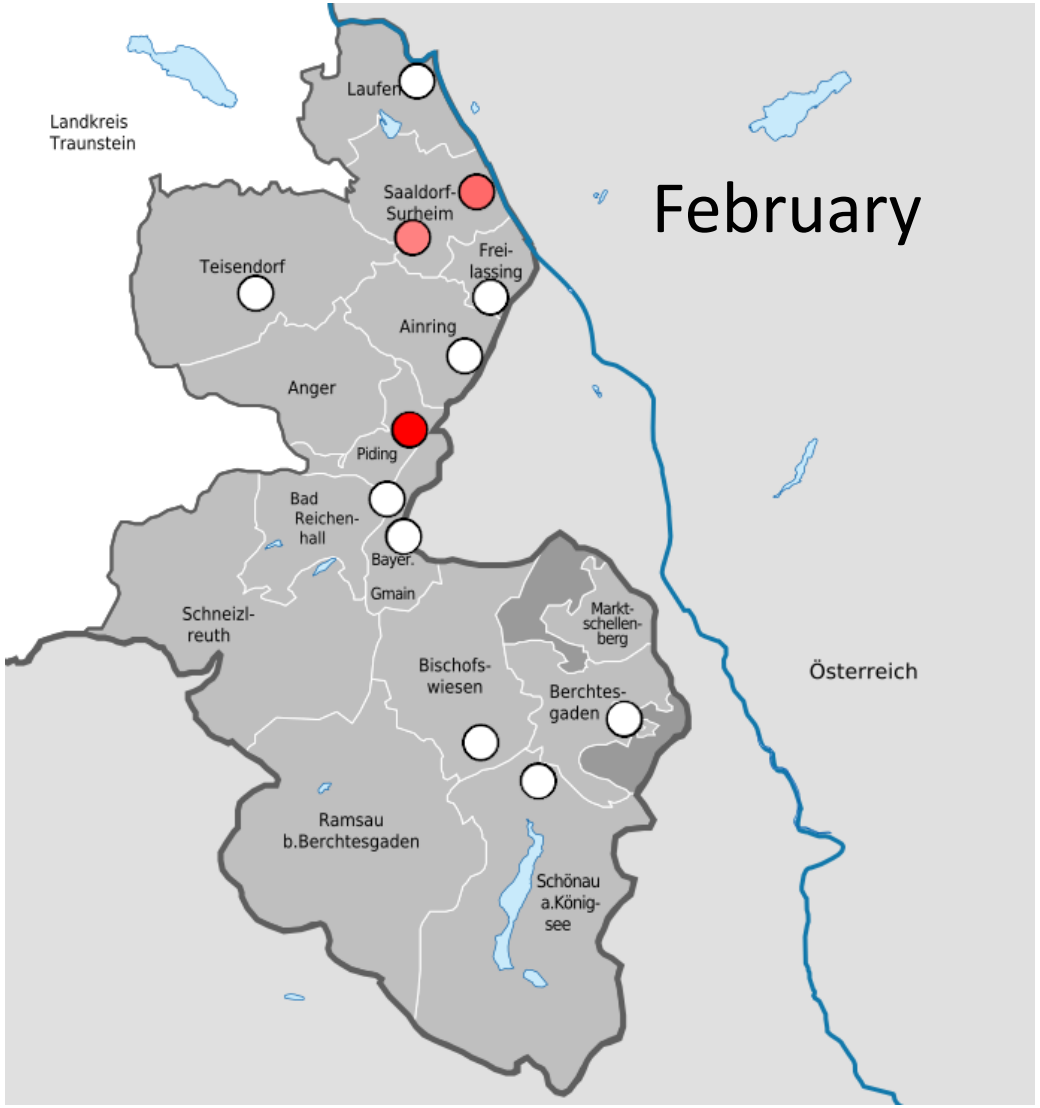
Zeitliche Ausbreitung der Alpha Variante



Ausbreitung der Alpha Variante

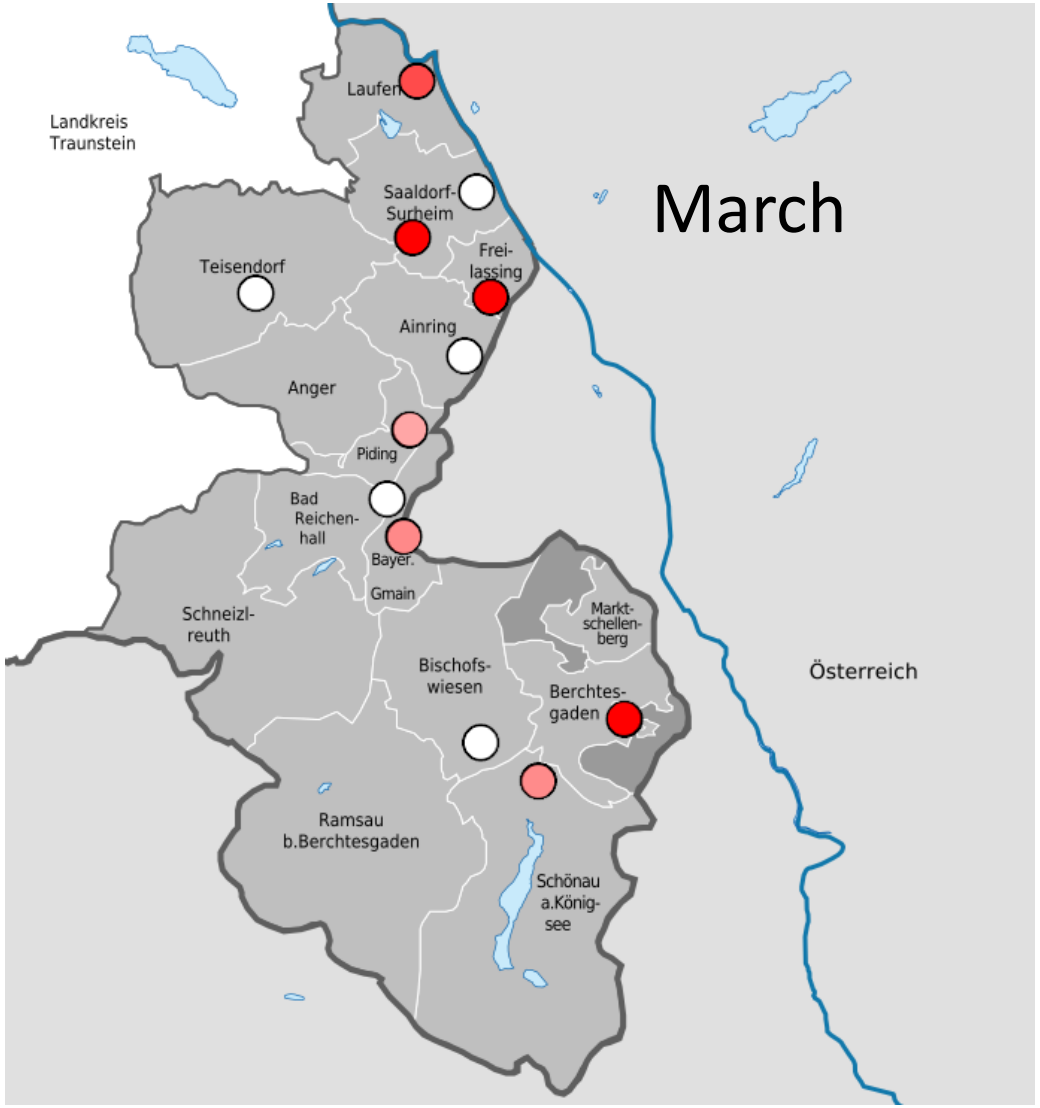
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Municipalities_in_BGL.svg

Ausbreitung der Alpha Variante



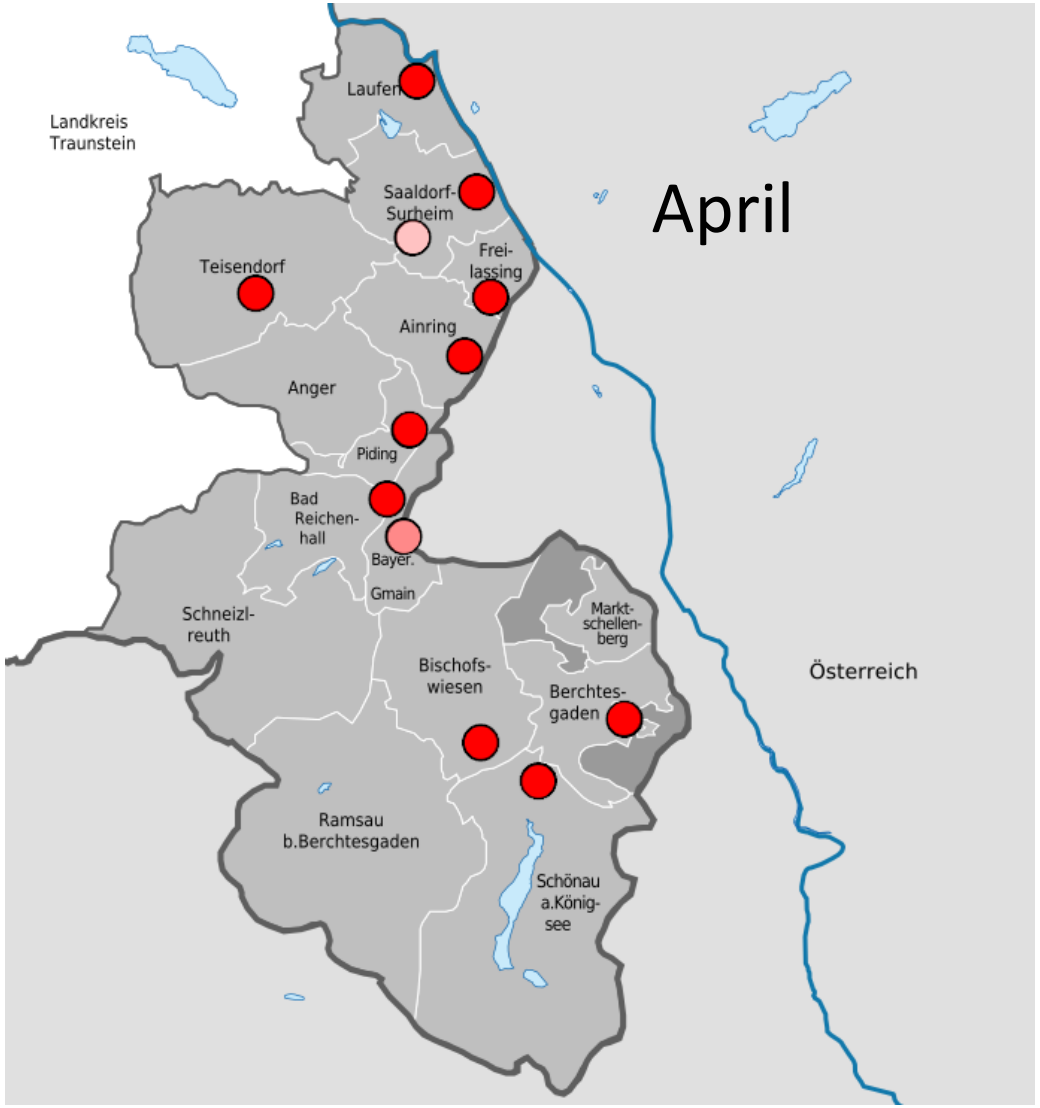
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Municipalities_in_BGL.svg

Ausbreitung der Alpha Variante



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Municipalities_in_BGL.svg

Ausbreitung der Alpha Variante



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Municipalities_in_BGL.svg

Danksagung

BMBF-Förderkennzeichen O2WRS1557

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

BERCHTESGADENER LAND
Landratsamt Berchtesgadener Land

Der Menschlichkeit verpflichtet.

esri Deutschland
THE SCIENCE OF WHERE