

Landwirtschaft im Klimawandel

Falk Böttcher

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie

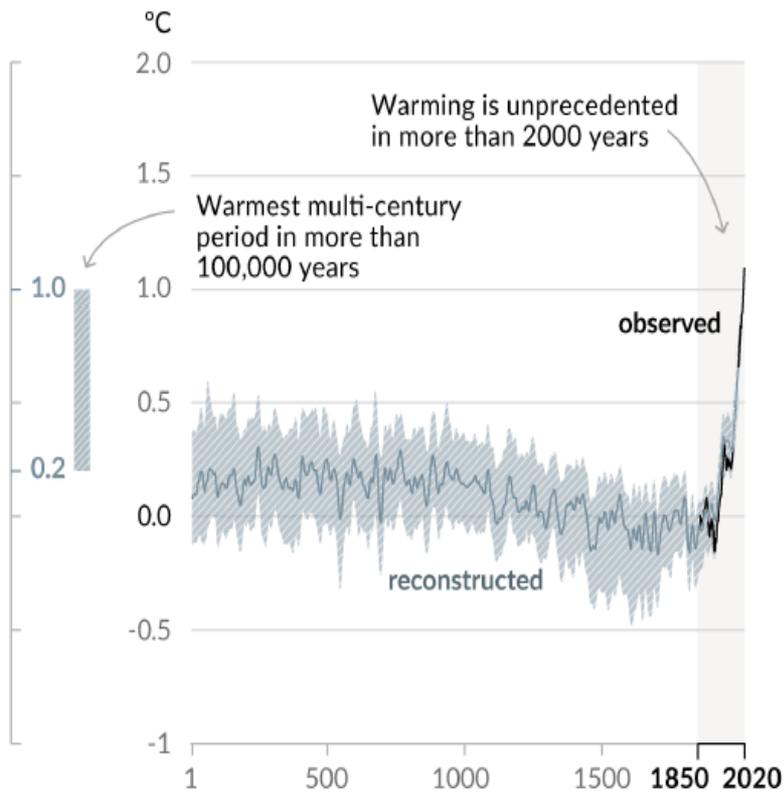
falk.boettcher@dwd.de +49 69 8062 9890



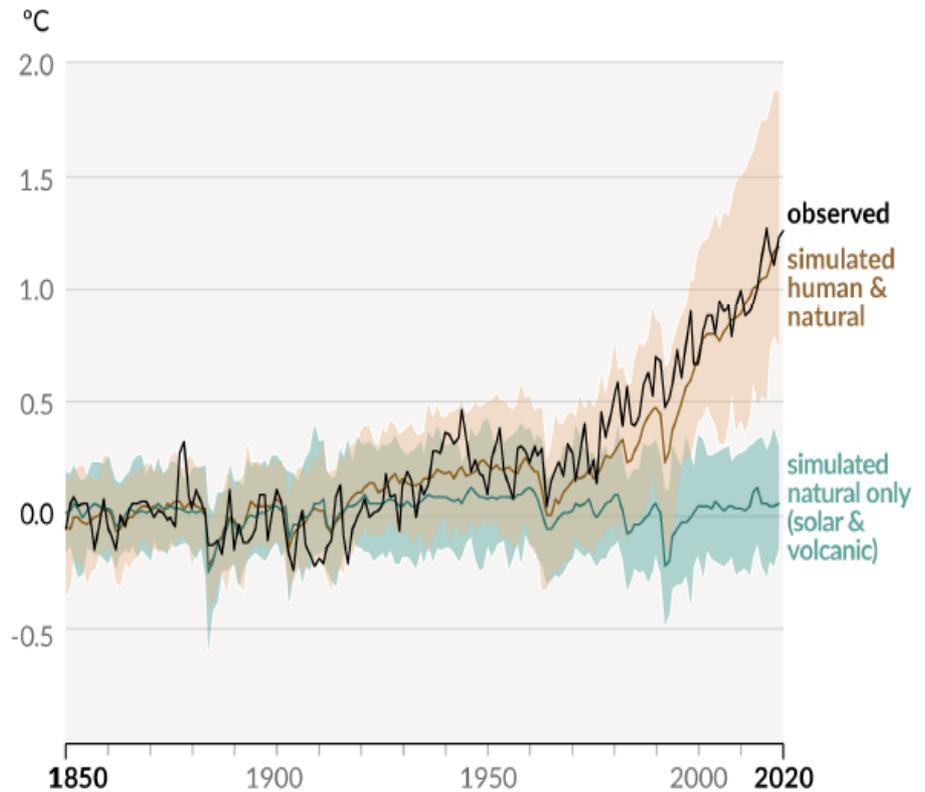
Leipzig, am 07.04.2021

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1-2000) and **observed** (1850-2020)



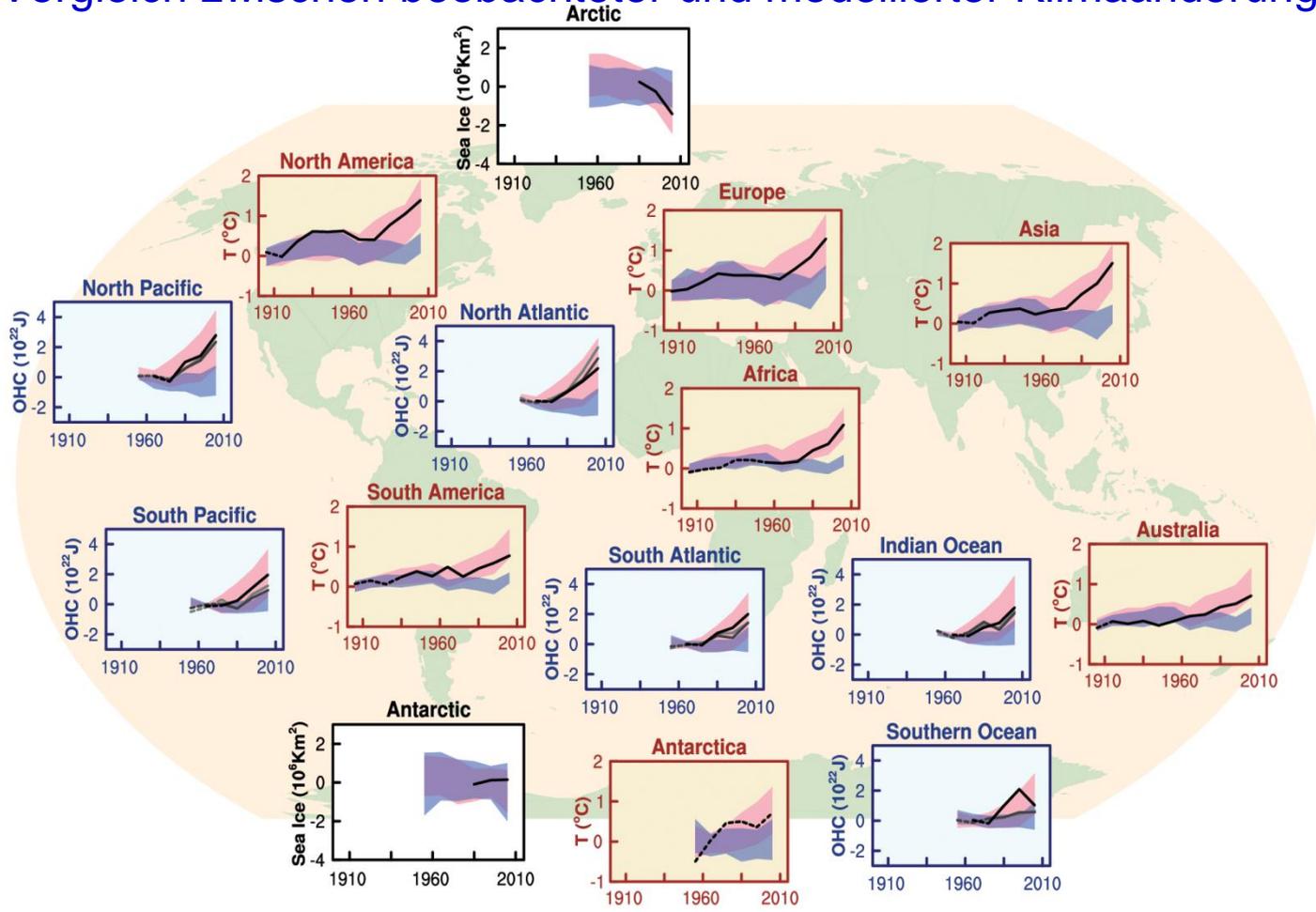
b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



Grundlagen zum Klimawandel

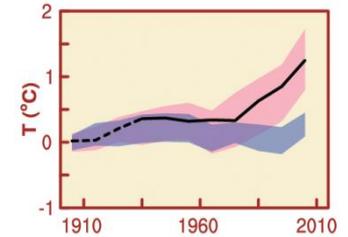


Vergleich zwischen beobachteter und modellierter Klimaänderung

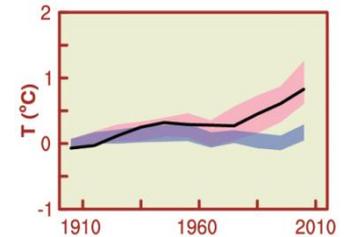


Global averages

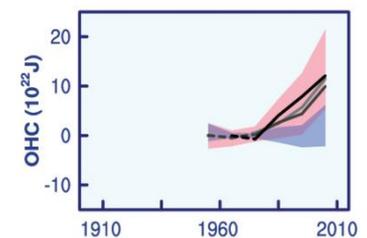
Land surface



Land and ocean surface



Ocean heat content



≡ Observations

■ Models using only natural forcings

■ Models using both natural and anthropogenic forcings

All Figures © IPCC 2013



Globale Temperaturanomalie 2022

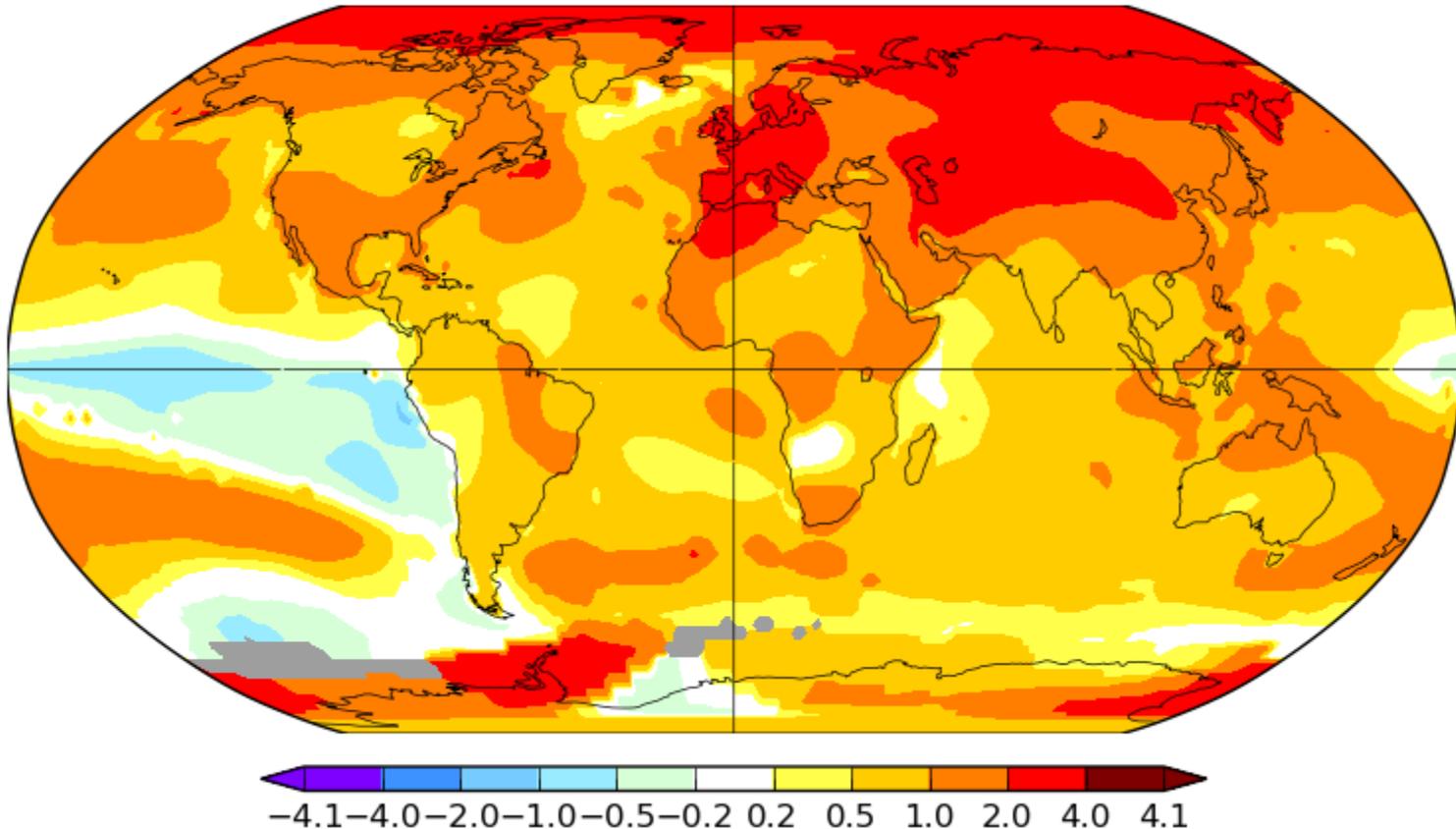
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Annual D-N 2022

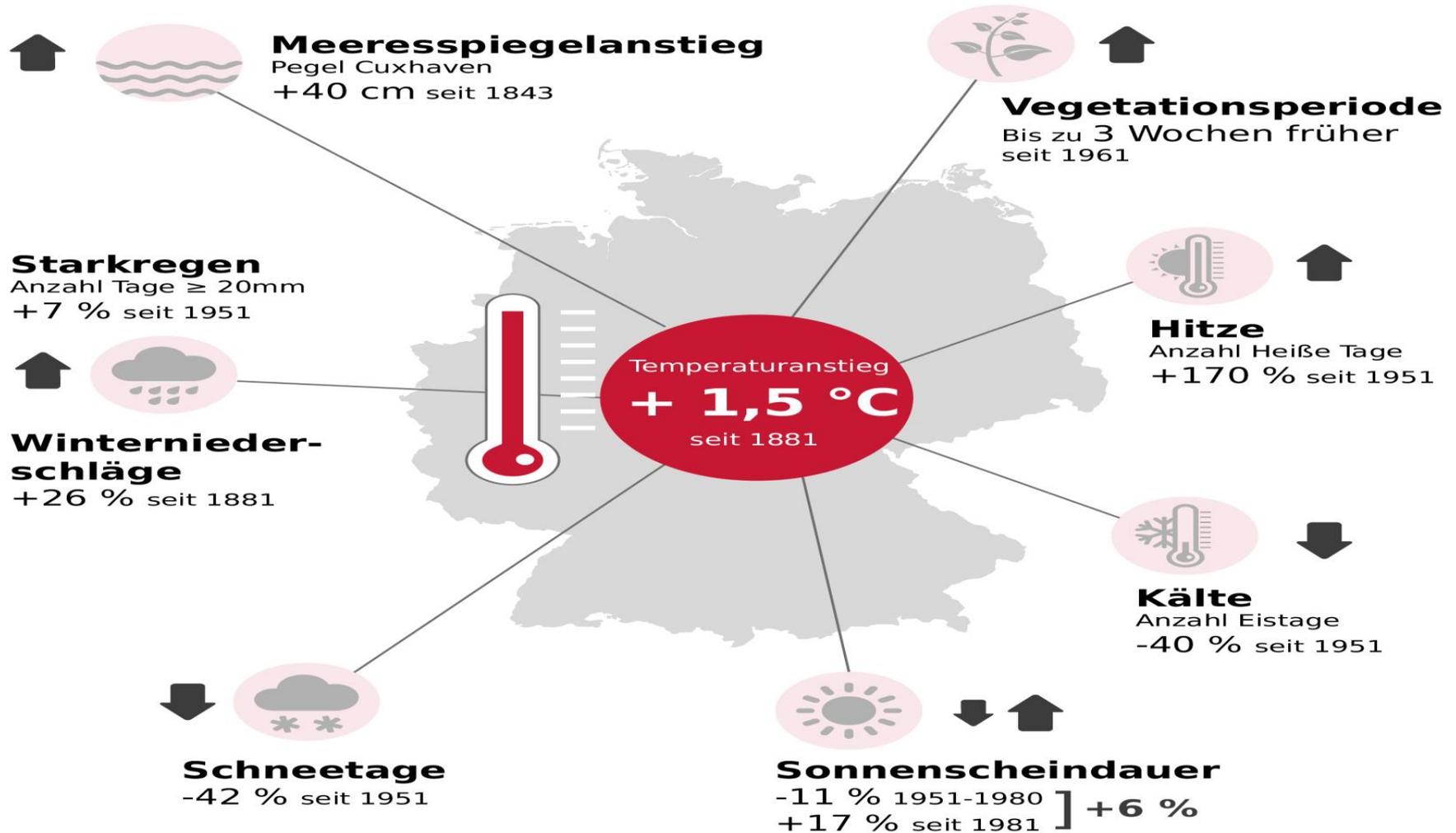
L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

0.91



Quelle: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>

Deutschland im Klimawandel



Temperaturanomalien in Deutschland seit 1881

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

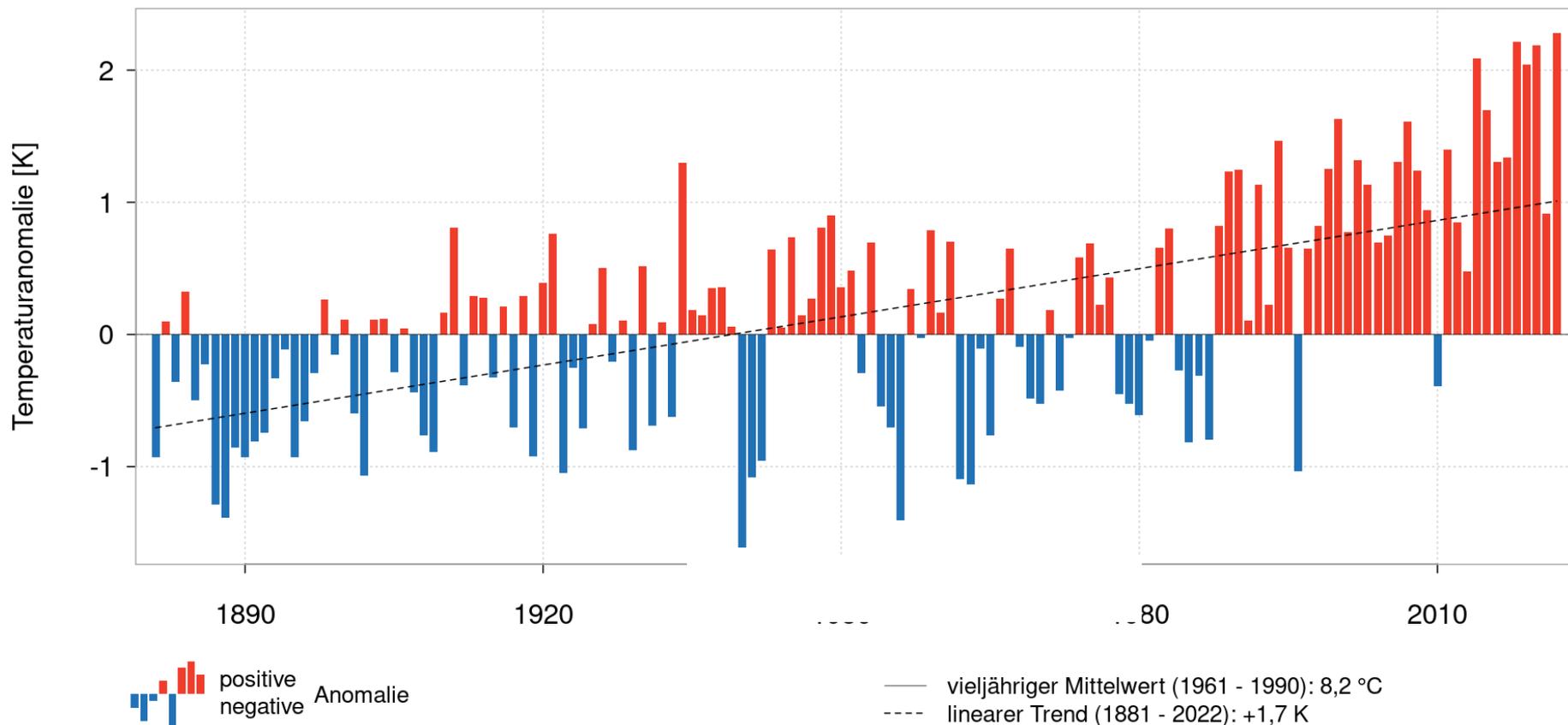


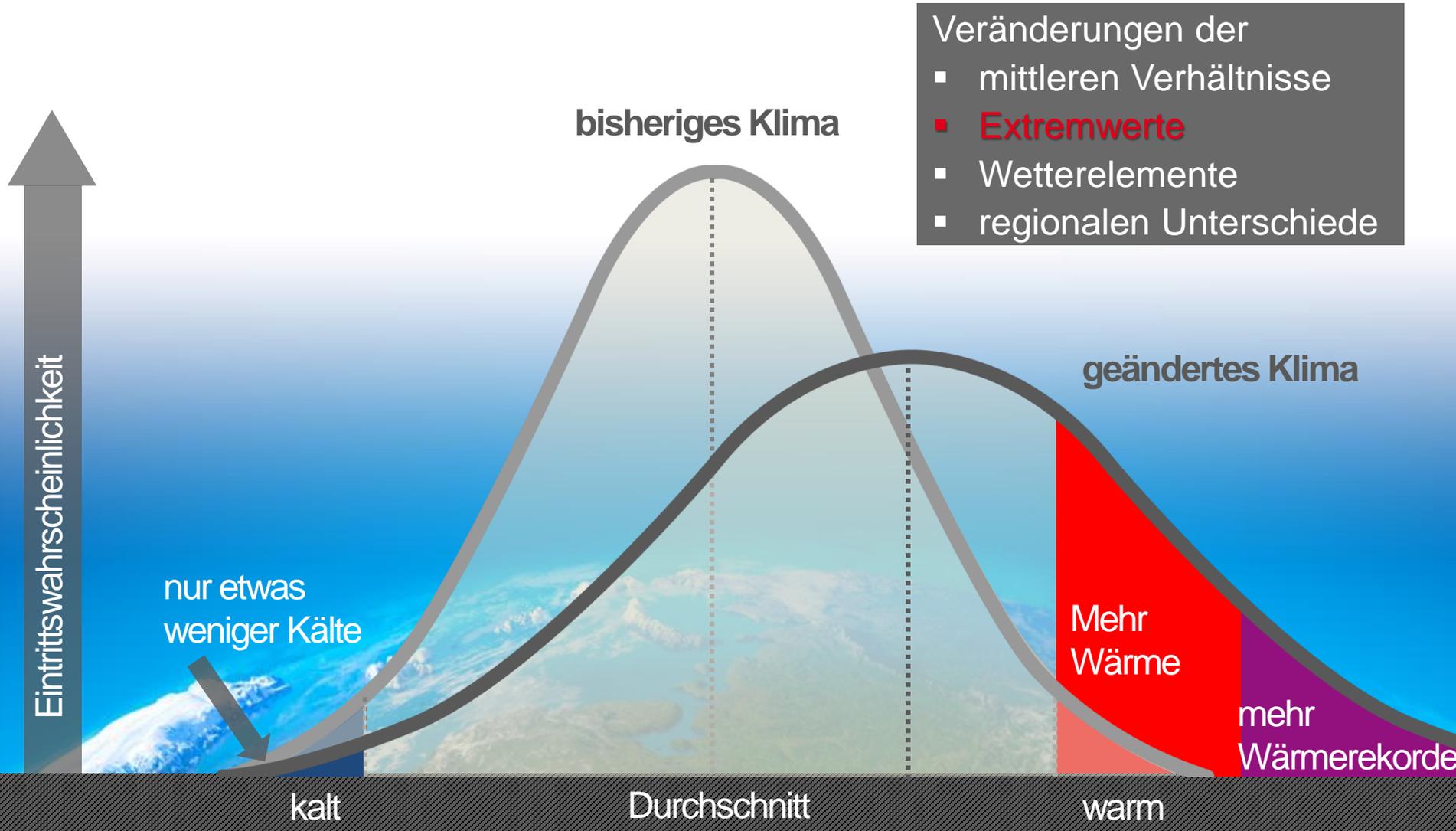
Temperaturanomalie

Deutschland Jahr

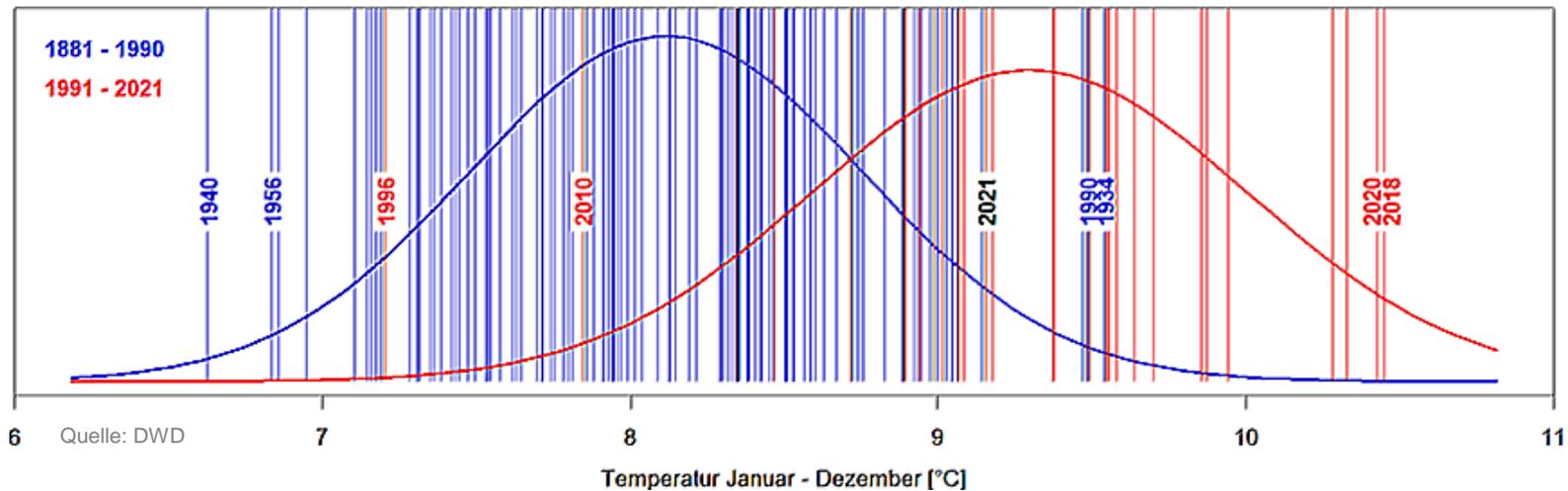
1881 - 2022

Referenzzeitraum 1961 - 1990





Häufigkeitsverteilungen der Jahresmitteltemperaturen

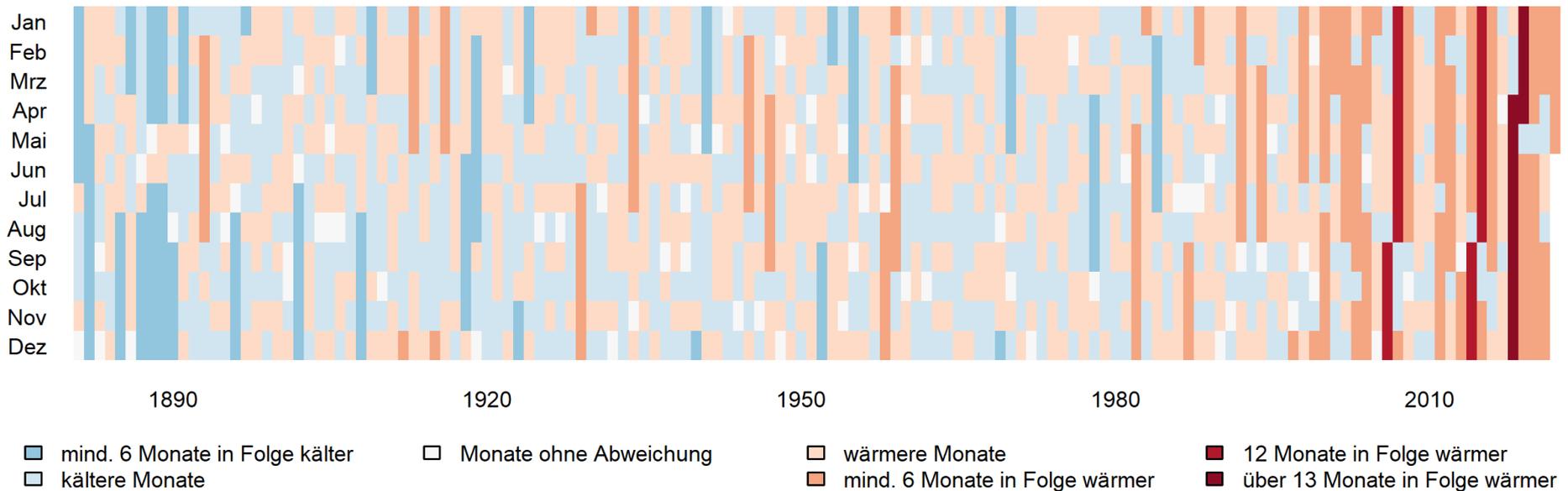


FAZIT

Was früher extrem
war, ist heute
bereits normal

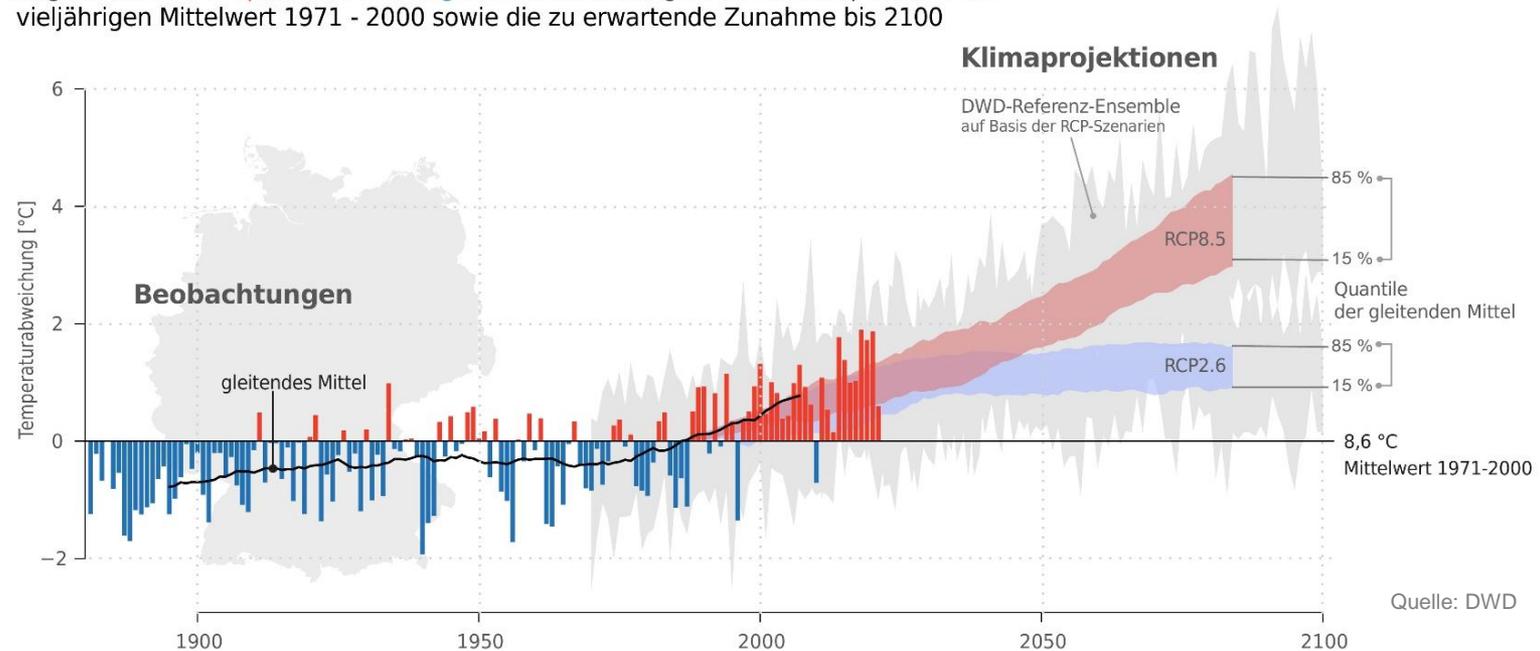
Einordnung aller Monate seit 1881 - 2021

Perioden positiver und negativer Temperaturanomalien (Referenzzeitraum 1961 - 1990)

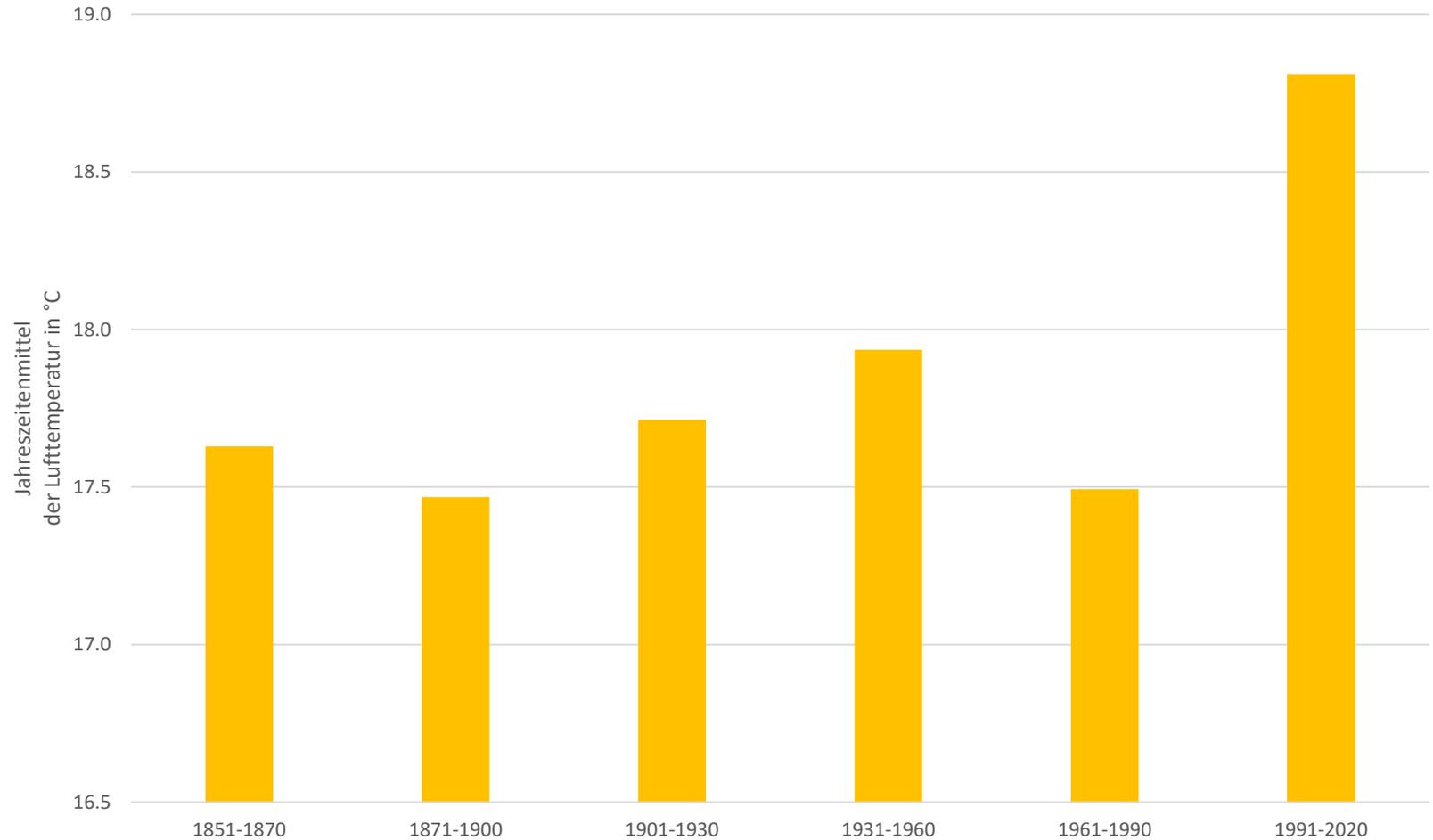


Die Temperatur wird im Mittel weiter steigen

Abgebildet sind die **positiven** und **negativen** Abweichungen der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1971 - 2000 sowie die zu erwartende Zunahme bis 2100



Änderung der Sommermitteltemperatur in Leipzig

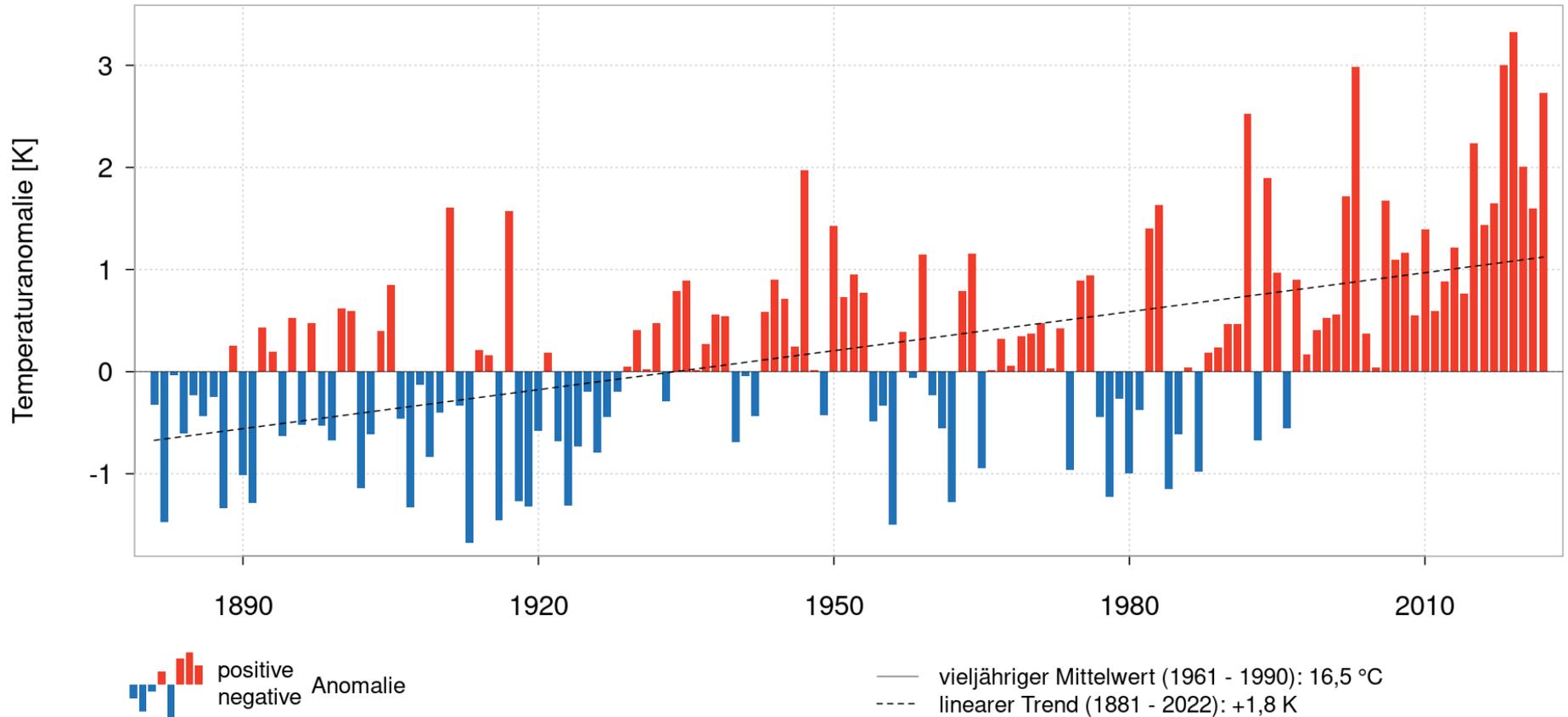


Temperaturanomalie

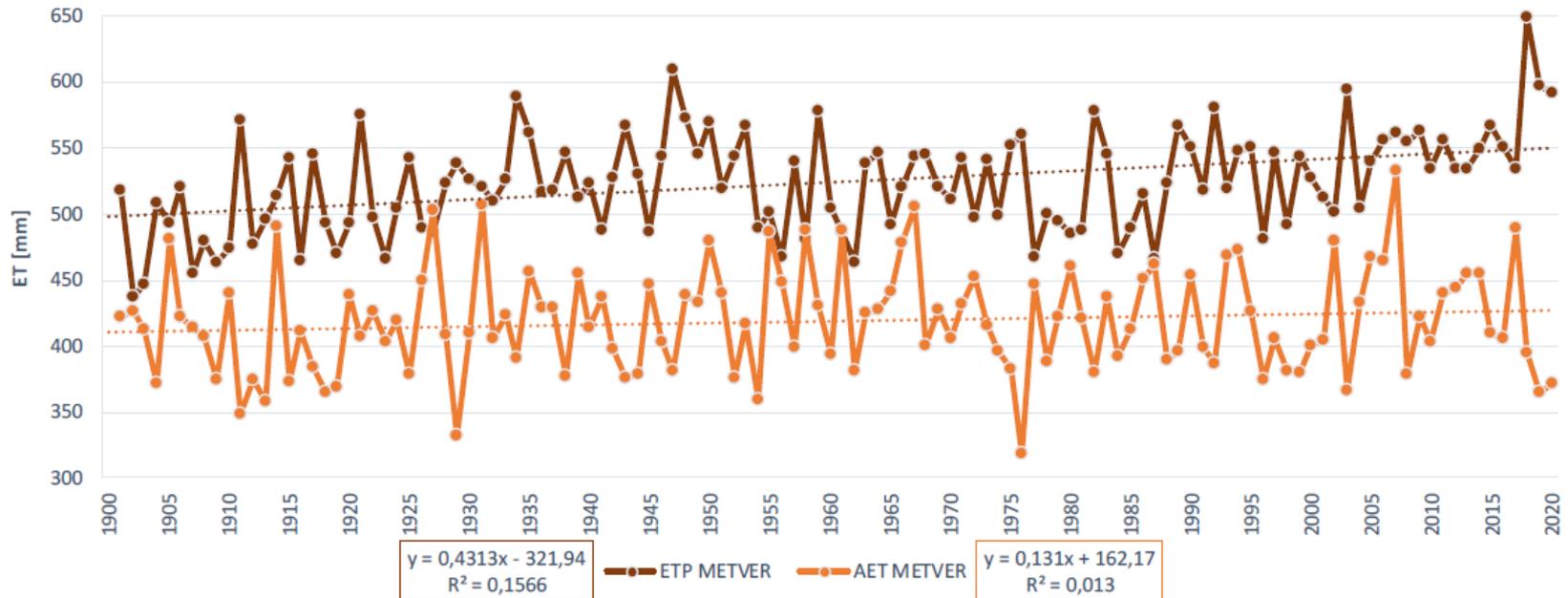
Sachsen Sommer

1881 - 2022

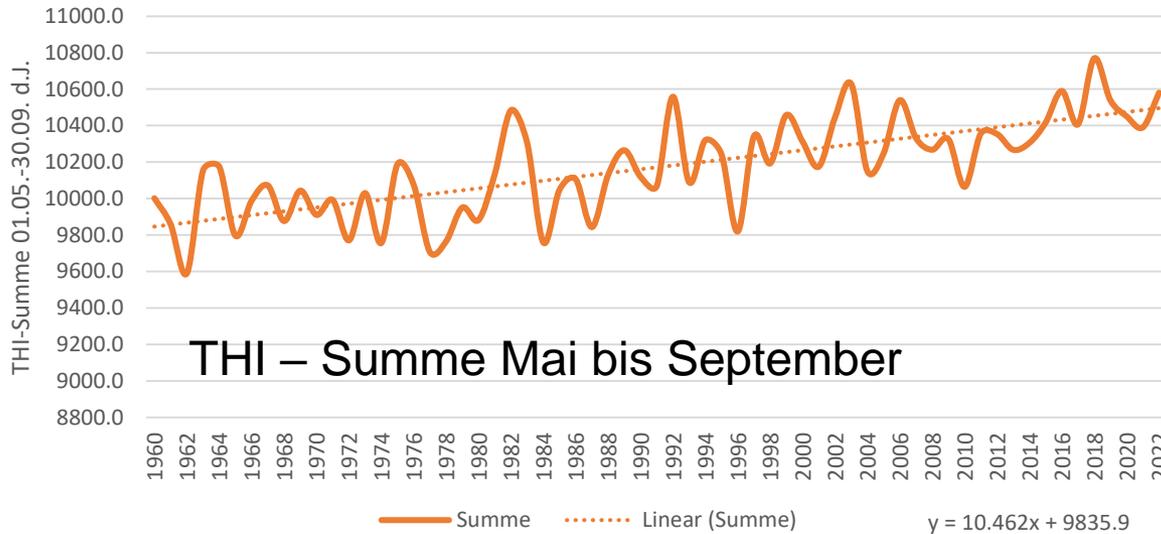
Referenzzeitraum 1961 - 1990



Zeitlicher Verlauf der Summen von ETP und AET in mm in der Vegetationsperiode des Winterweizens in Potsdam von 1900 bis 2020, Modellierung mit METVER



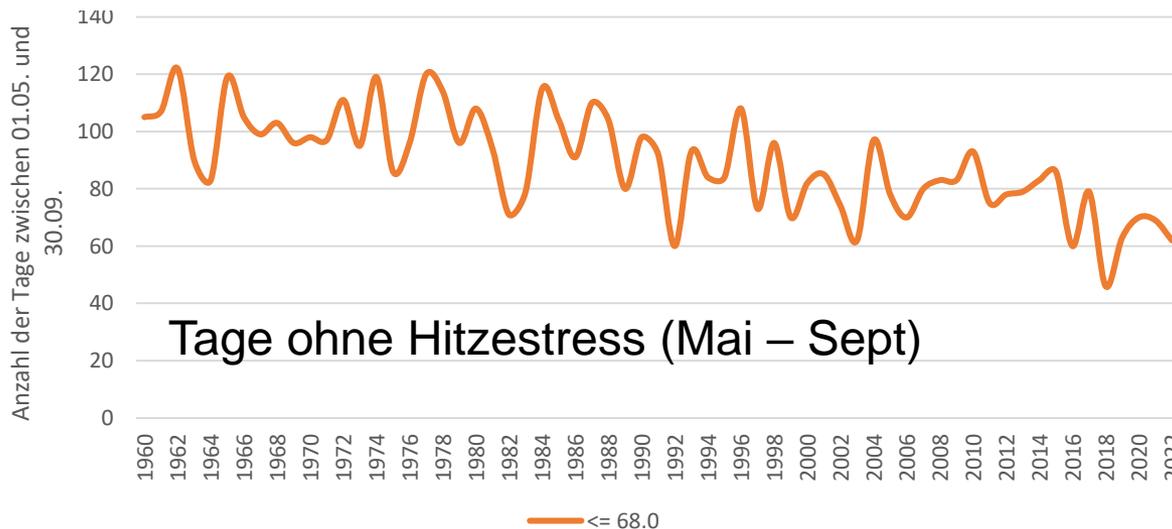
Tierwohl – zeitliche Entwicklung des THI



Temperature-Humidity-Index (THI)

Bereitstellung Mai bis September
(153 Tage)

Zusammenhang von THI und
Hitzestress bei Rindern



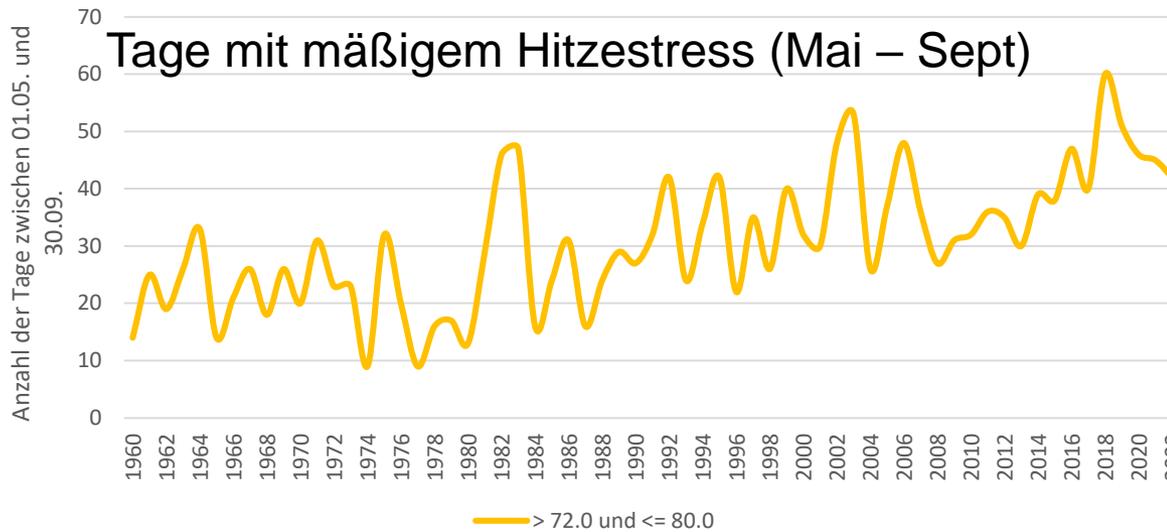
THI

- ≤ 68
- > 68 bis ≤ 72
- > 72 bis ≤ 80
- > 80 bis ≤ 90
- > 90

HITZESTRESS

- kein Hitzestress
- milder Hitzestress
- mäßiger Hitzestress
- starker Hitzestress
- extremer Hitzestress

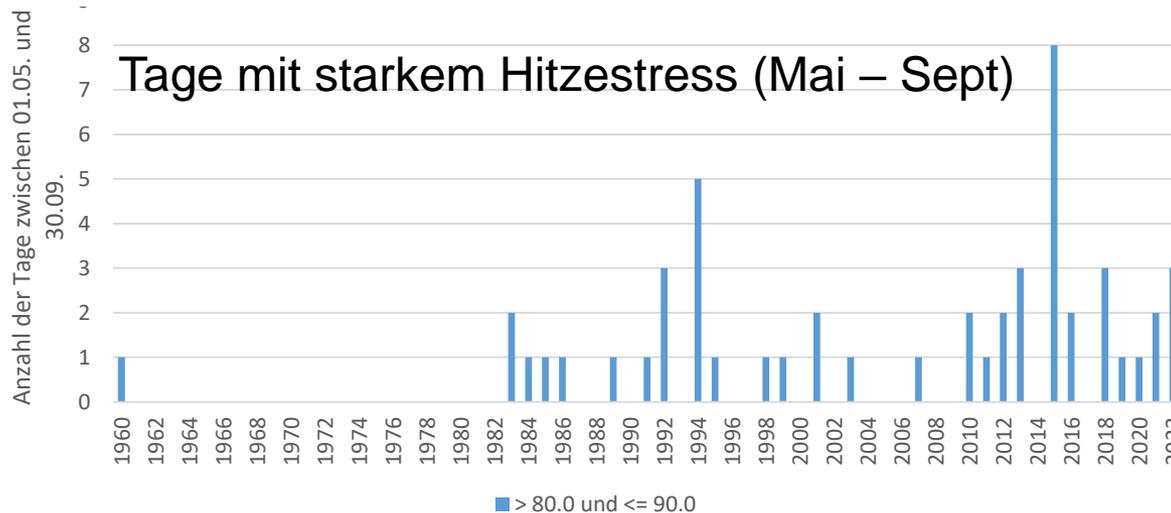
Tierwohl – zeitliche Entwicklung des THI



Temperature-Humidity-Index (THI)

Bereitstellung: Mai bis September
(153 Tage)

Zusammenhang von THI und
Hitzestress bei Rindern



THI

- ≤ 68
- > 68 bis ≤ 72
- > 72 bis ≤ 80
- > 80 bis ≤ 90
- > 90

HITZESTRESS

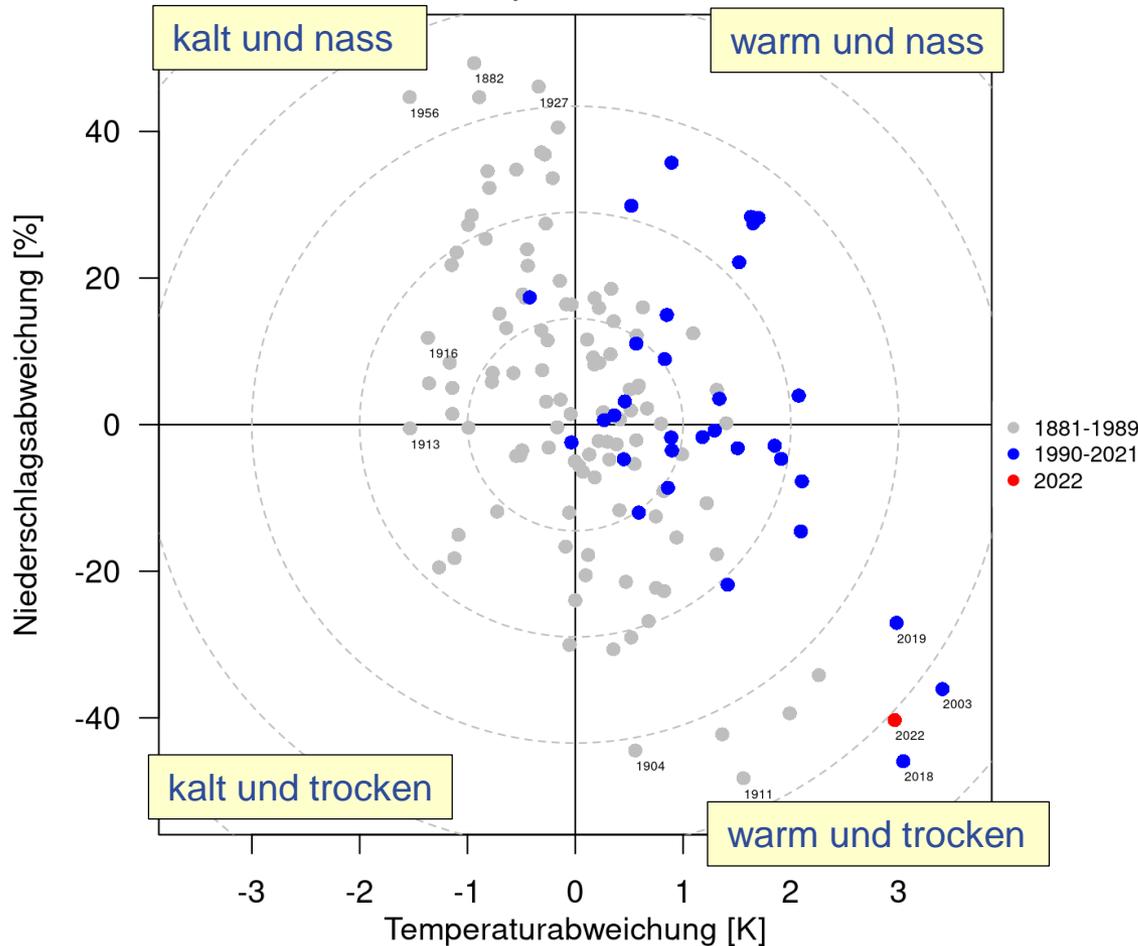
- kein Hitzestress
- milder Hitzestress
- mäßiger Hitzestress
- starker Hitzestress
- extremer Hitzestress



Thermopluviogramm Deutschland

Juni - August 1881 - 2022

Referenzperiode 1961 - 1990



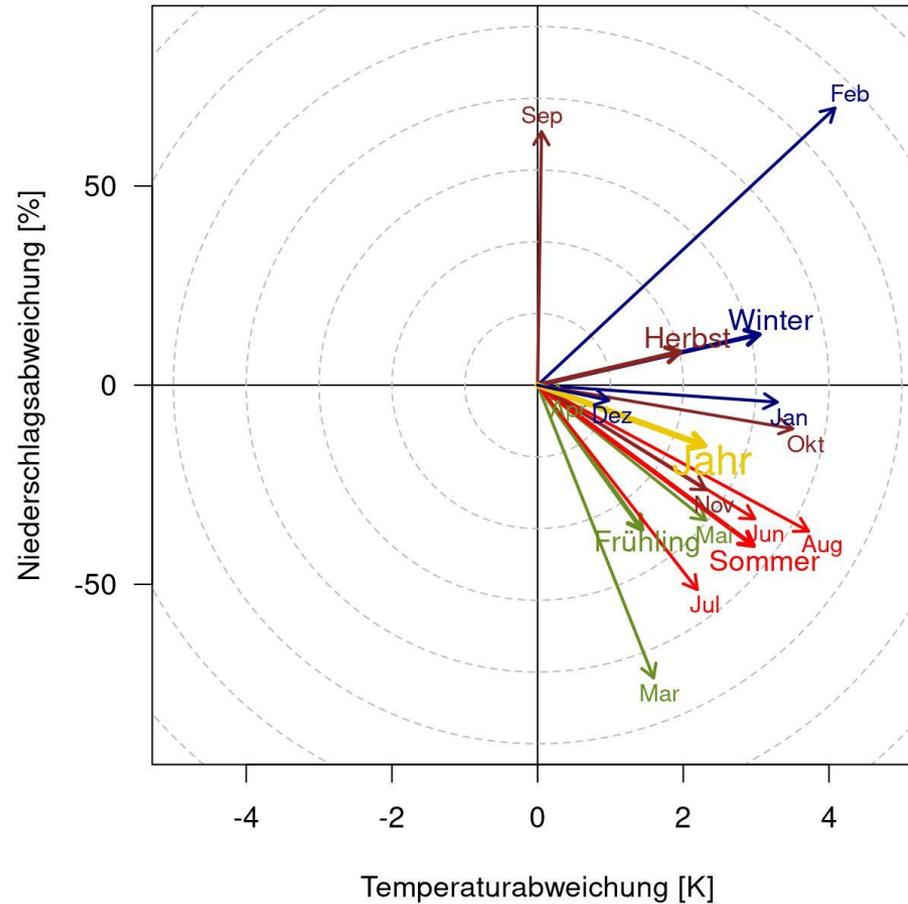
- Sommer der letzten 30 Jahre fast alle zu warm
- Häufung extrem warmer und trockener Sommer in den letzten Jahren

Wie ist 2022 einzuordnen?

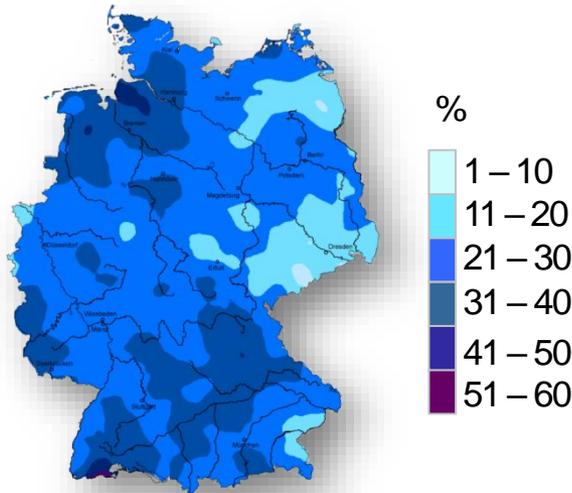


Thermopluviogramm Deutschland 2022

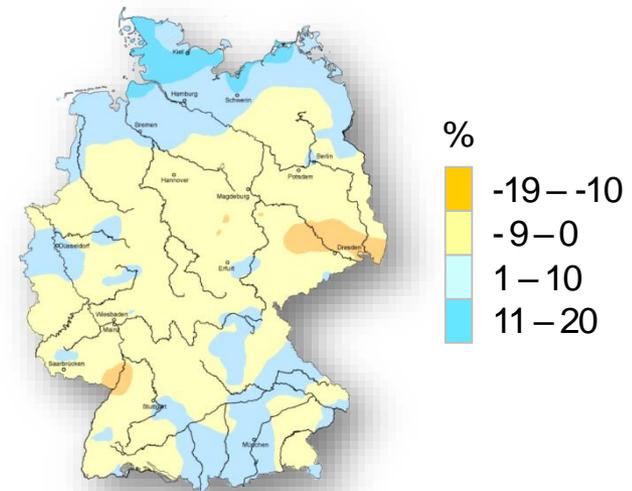
Referenzperiode 1961 - 1990



Änderungen der Niederschlagssummen: Große räumliche und zeitliche Variabilität



Winter: linearer Trend ab 1881
Zunahme: 20% bis 30%



Sommer: linearer Trend ab 1881
Abnahme: 0% bis -5%

Quelle: DWD

Herausforderung – punktuelle Niederschläge (Schauer)

80 % Schauer vs. 20 % Landregen (früher: 60 : 40 %)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

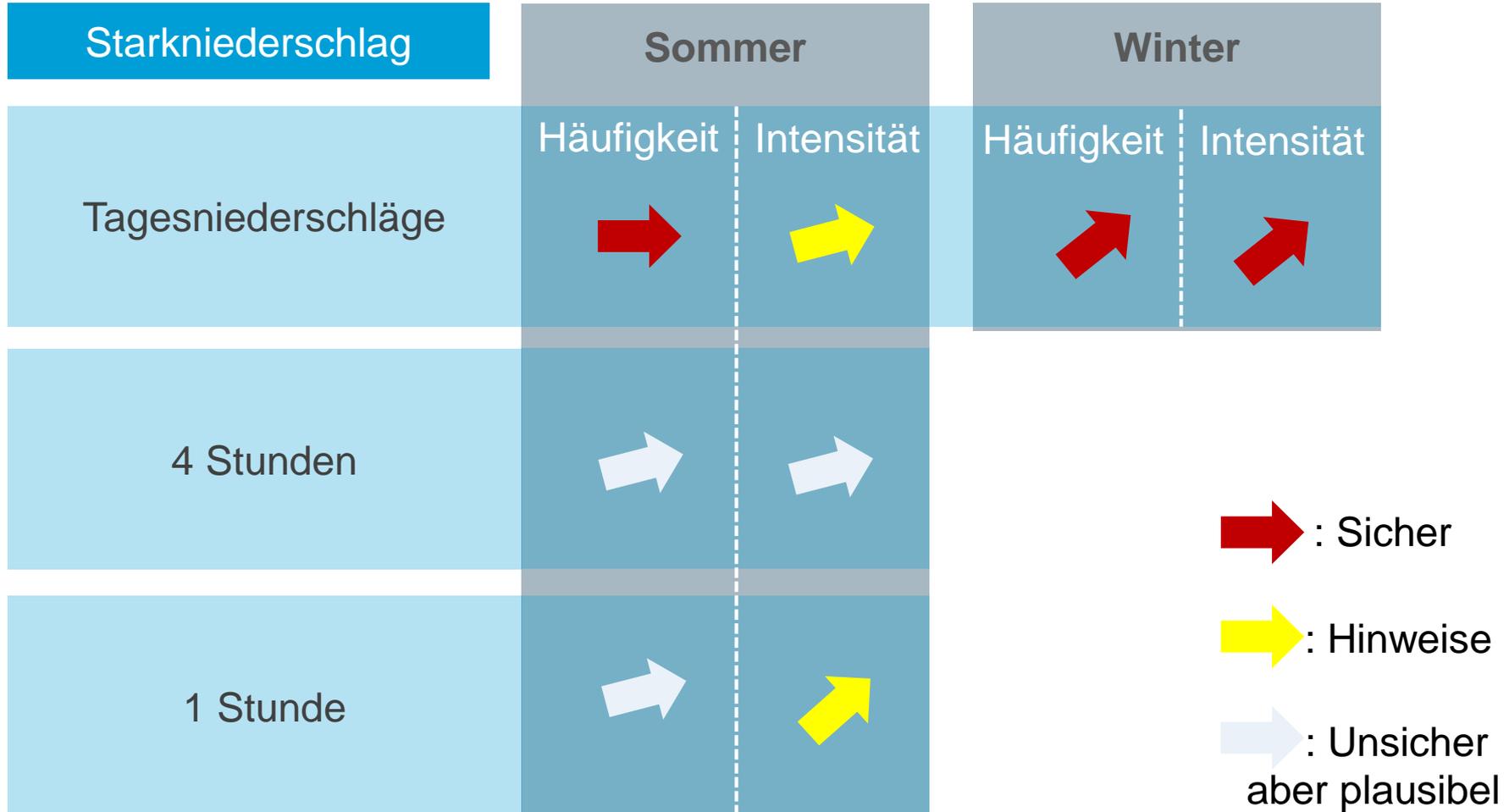


Foto: René Sosna

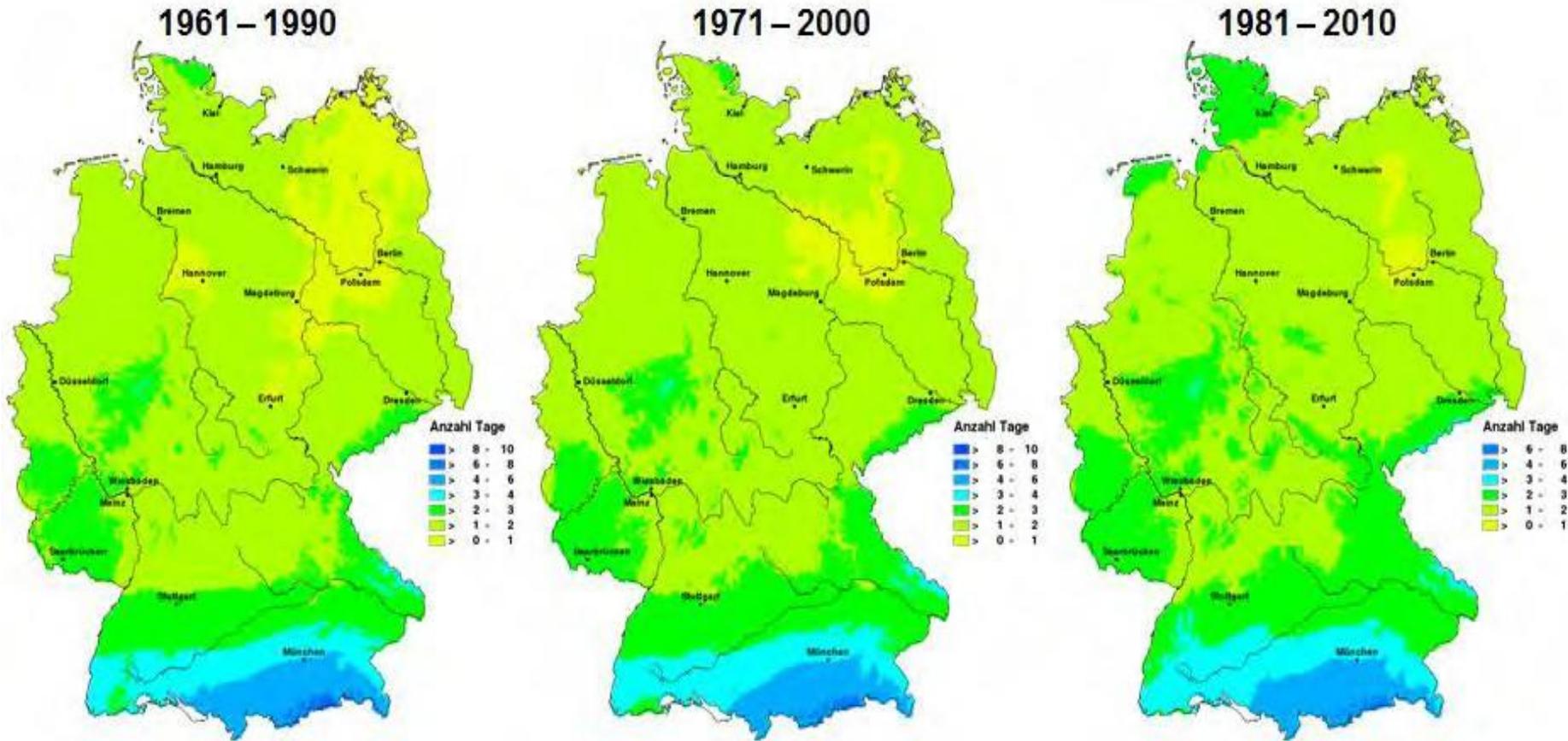
Herausforderung – punktuelle Niederschläge (Schauer)

80 % Schauer vs. 20 % Landregen (früher: 60 : 40 %)

Beobachtete Veränderungen

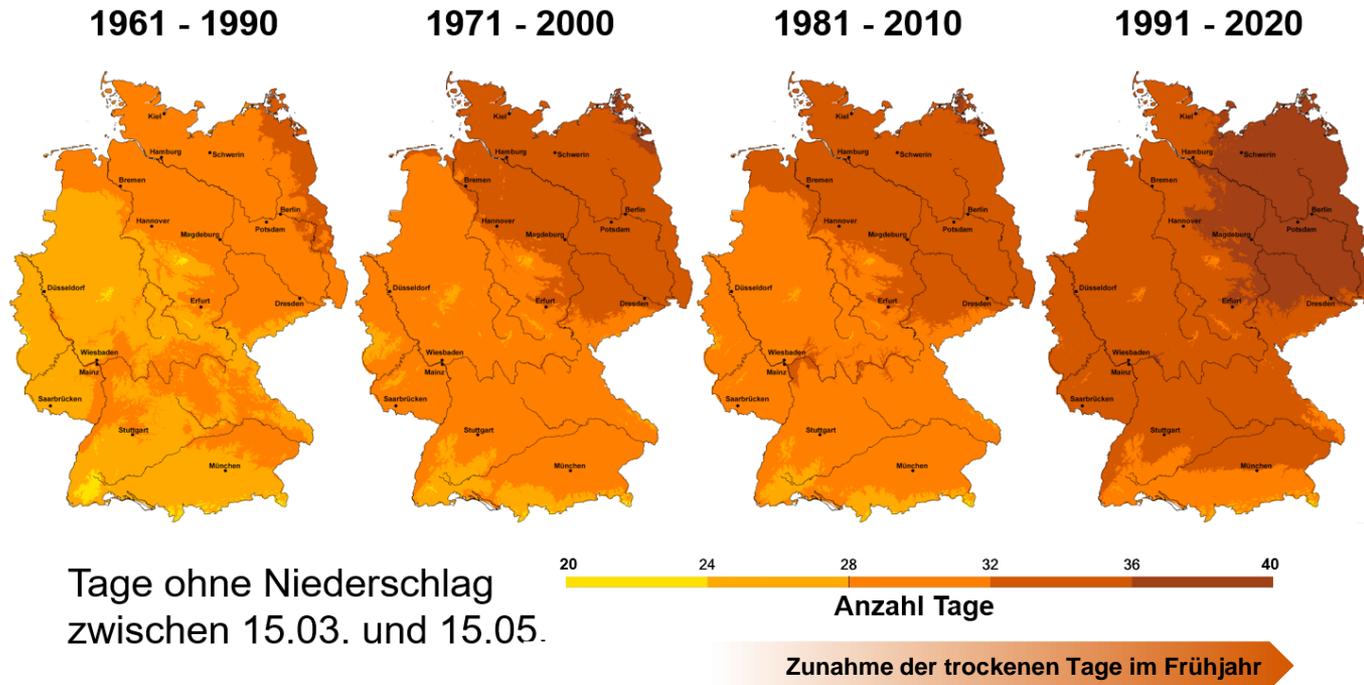


Änderung des Auftretens von Starkregen



Regionales Auftreten der Anzahl der Tage mit Starkregen (RR > 20 mm) in den Monaten Juli bis Oktober, 30-jährigen Mittelwerte 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010

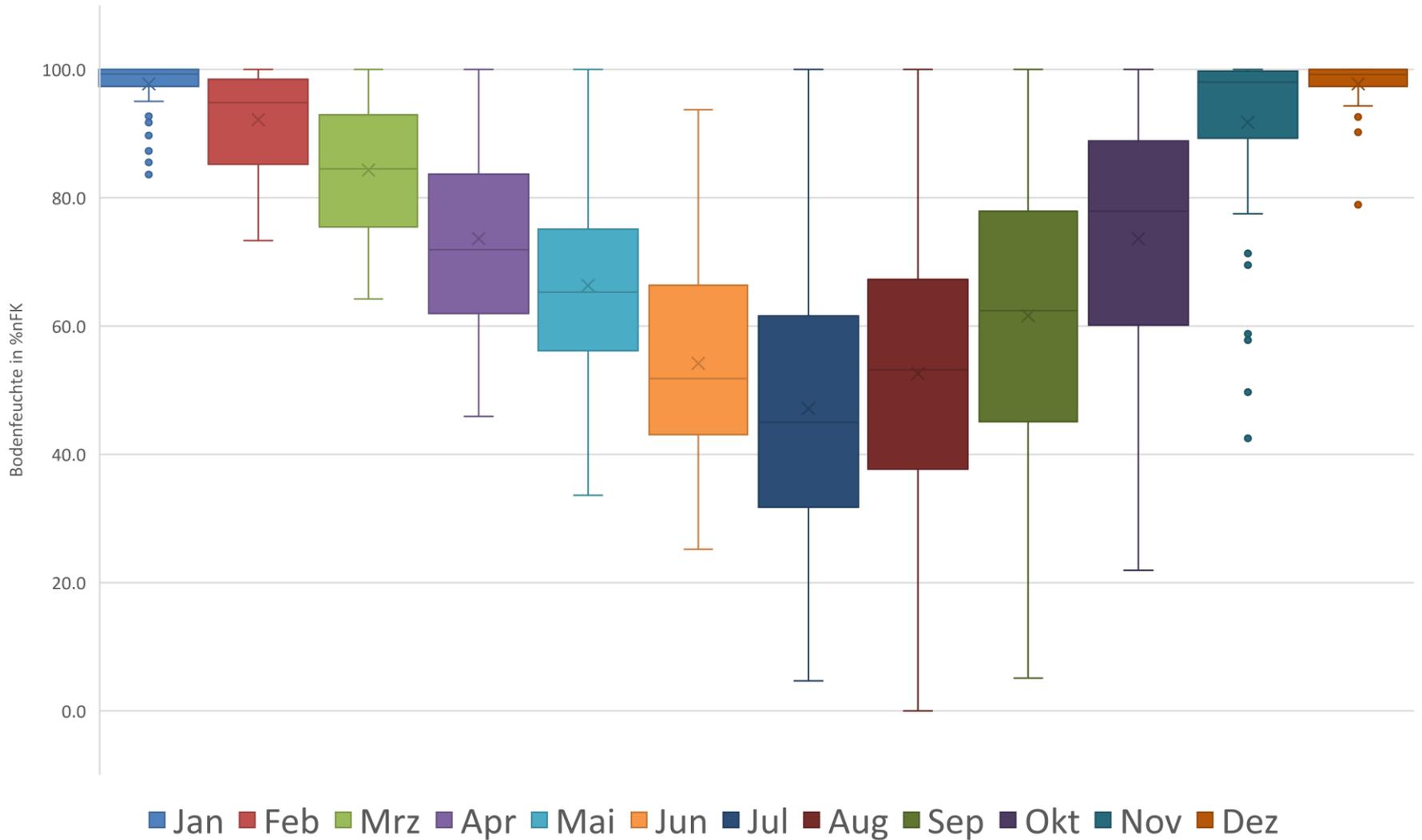
Frühjahrstrockenheit



Quelle: Studie "Agrarrelevante Extremwetterlagen" (2015), ergänzt 11/2020



Bodenfeuchte unter Winterweizen Was ist normal seit 1961?

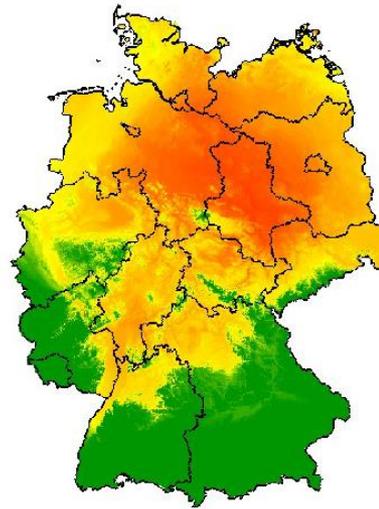


Fallbeispiel: Trockenheit im Jahr 2018

Anzahl der Tage von März - August mit weniger als 40 % nFK
Bodenfeuchte für Grasland



1991-2017



2018



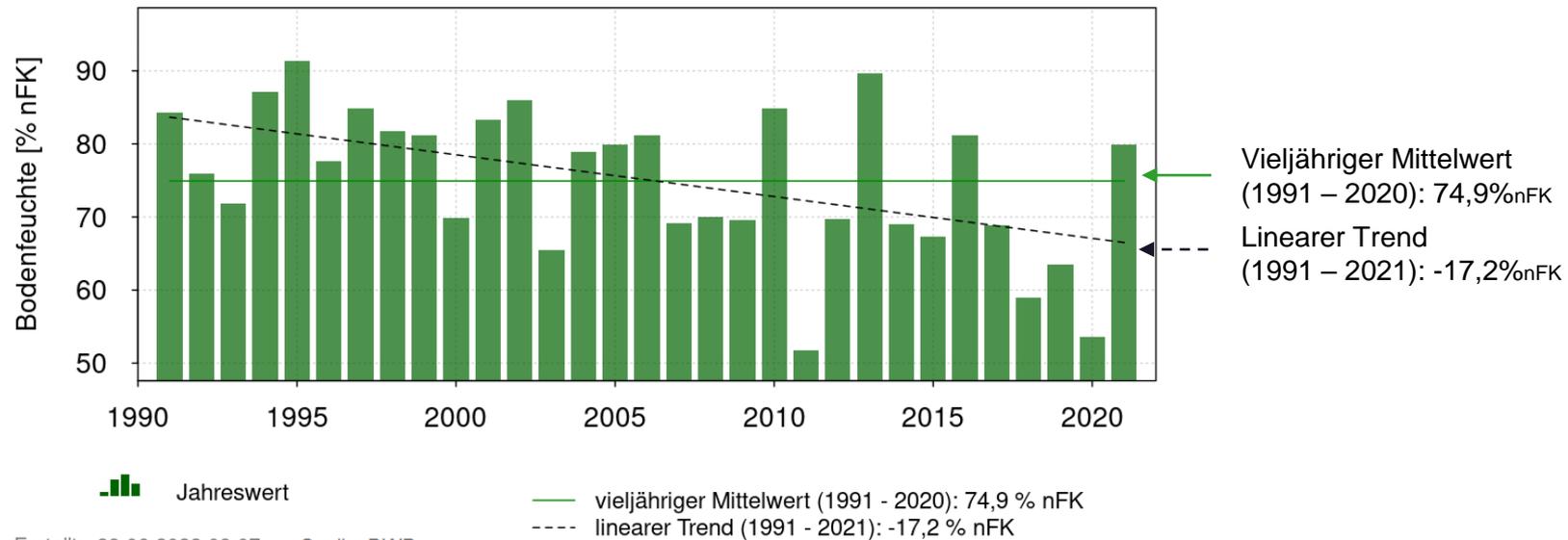
FAZIT

In weiten Teilen Deutschlands
anhaltend niedrige
Bodenfeuchte

Quelle: DWD

Mittlere Bodenfeuchte

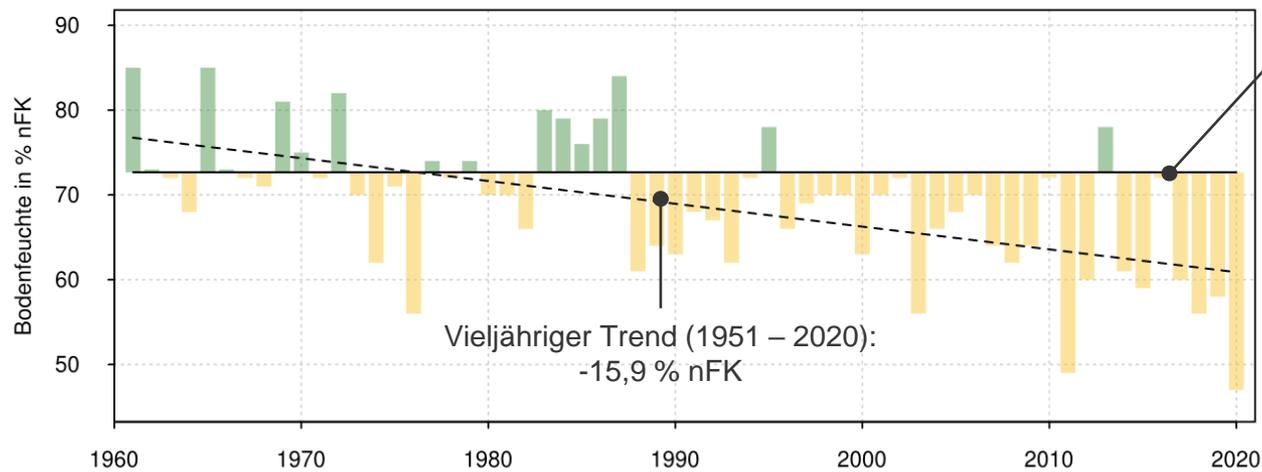
Mittlere Bodenfeuchte (Gras, realer Boden)
im Zeitraum April - Juni
Gebiet: Deutschland
1991 - 2021



Erstellt: 28.06.2022 08:07 Quelle: DWD

Beobachtete Änderung und Trend der Bodenfeuchte

Bodenfeuchte leichter Boden unter Winterweizen in % nFK
Deutschland April-Juni
1961 - 2020



Vieljähriger Mittelwert (1961 – 1990):
72,7 % nFK

Vieljähriger Trend (1951 – 2020):
-15,9 % nFK

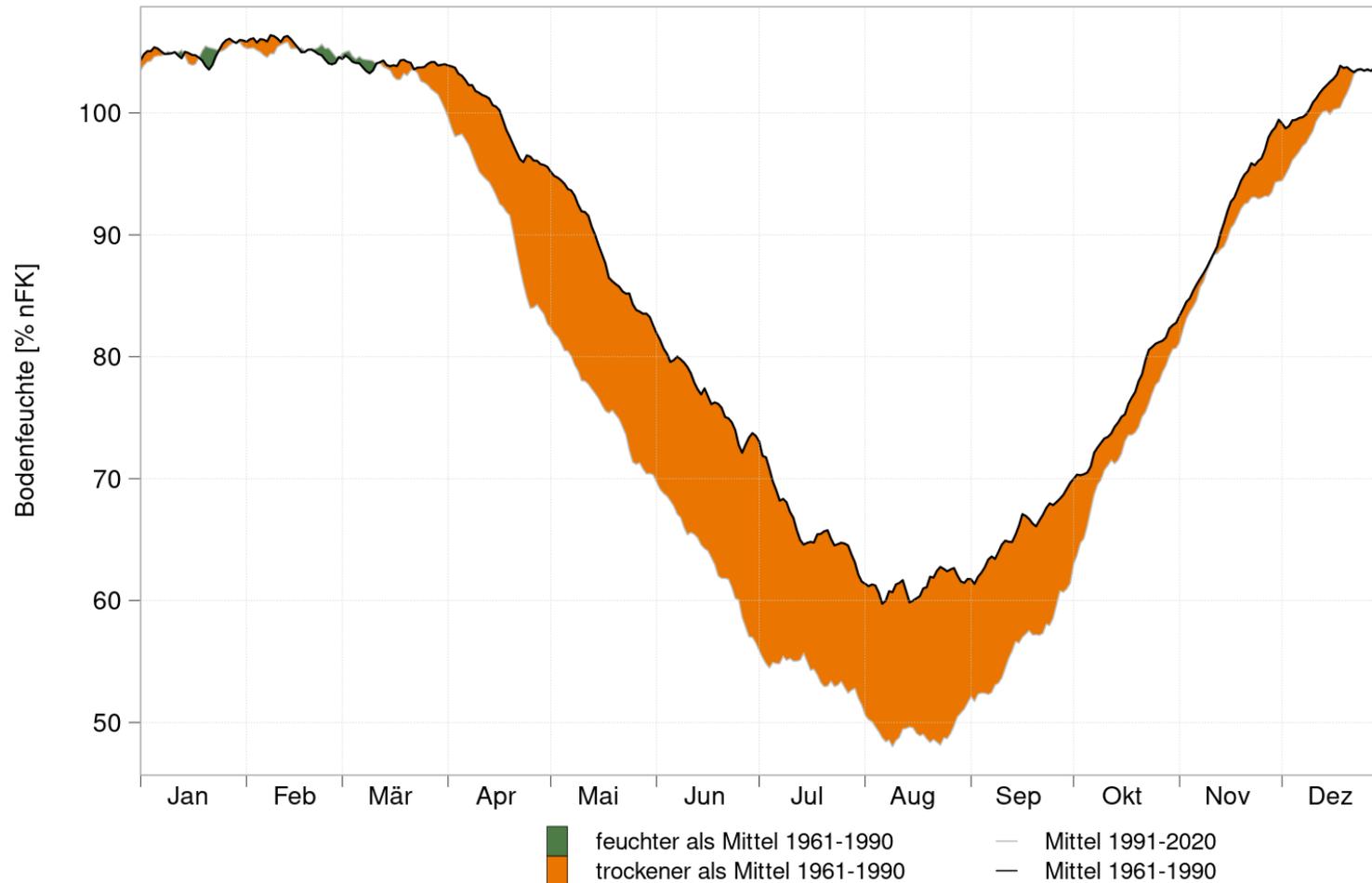
Quelle: DWD

FAZIT

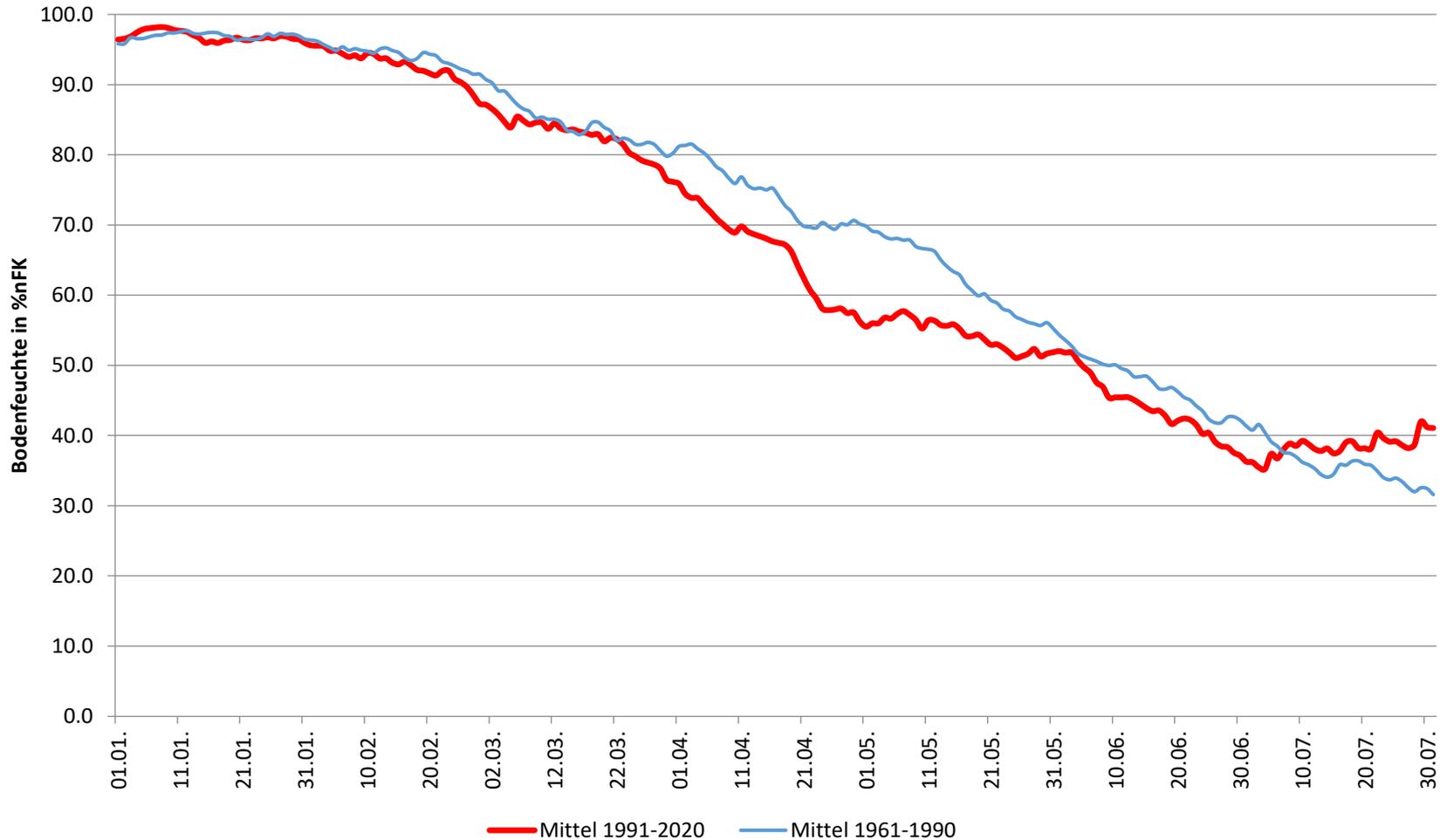
Abnehmender Trend
der Bodenfeuchte
→ zunehmende
Trockenheitsphasen



Bodenfeuchte unter Gras Vergleich Mittel 1991-2020 mit dem Mittel 1961-1990 Deutschland

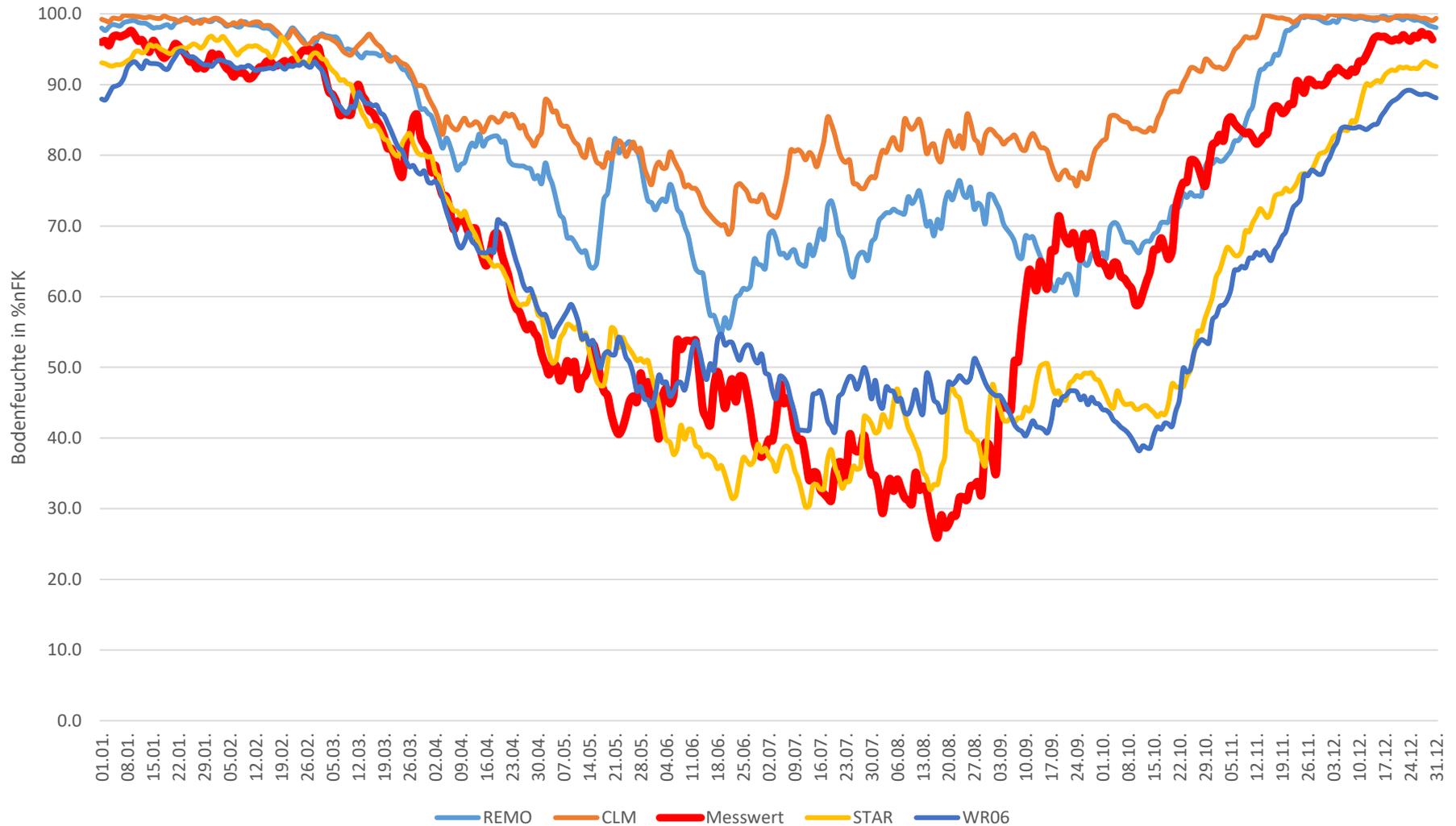


Veränderung des Bodenfeuchtemittels unter Winterweizen (trockener Standort)



Bodenfeuchteentwicklung unter Gras

Hätten wir es wissen können? Entwicklung 2011-2020



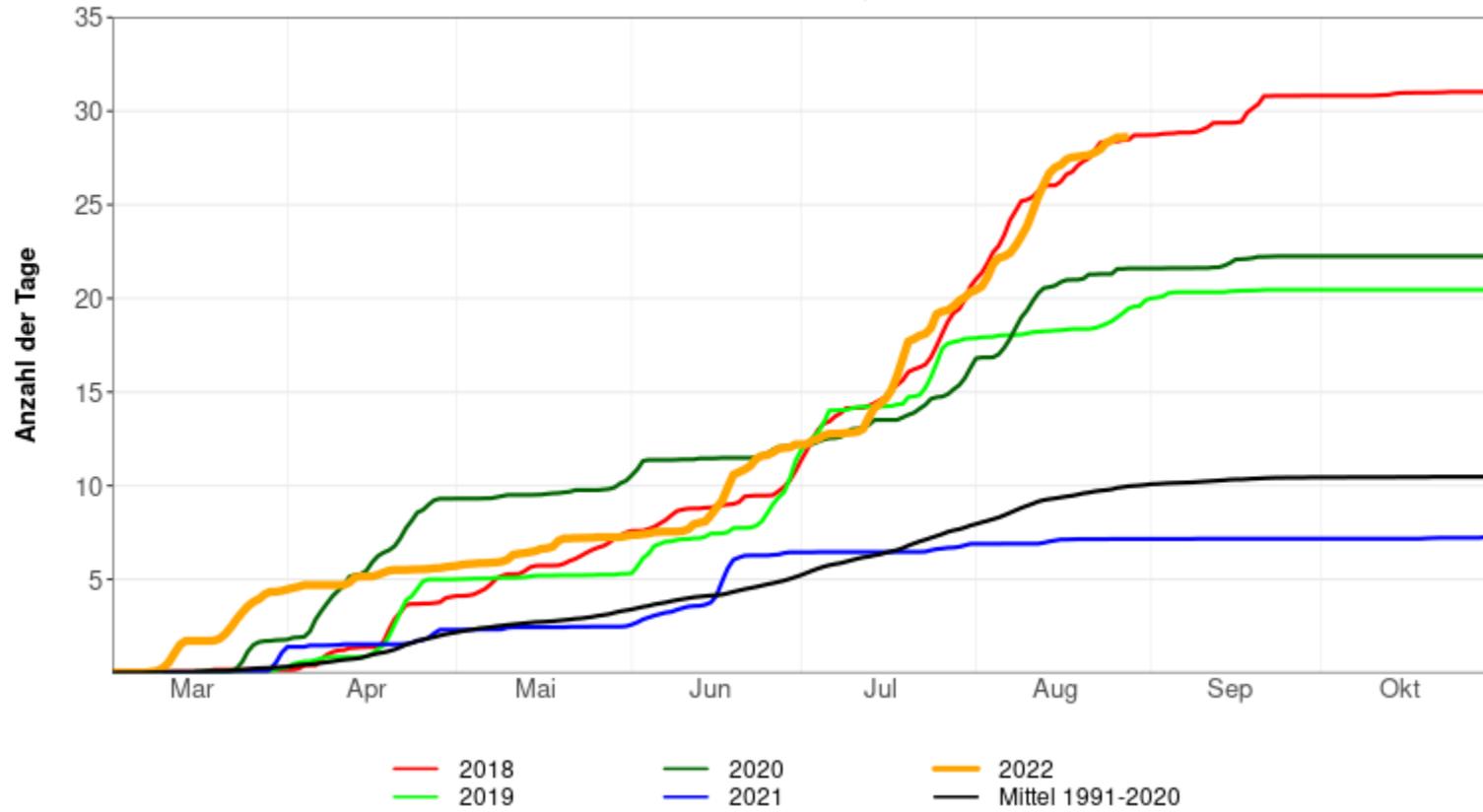
Herausforderung – Bodeninhomogenitäten 2018, 2019, 2020, 2022

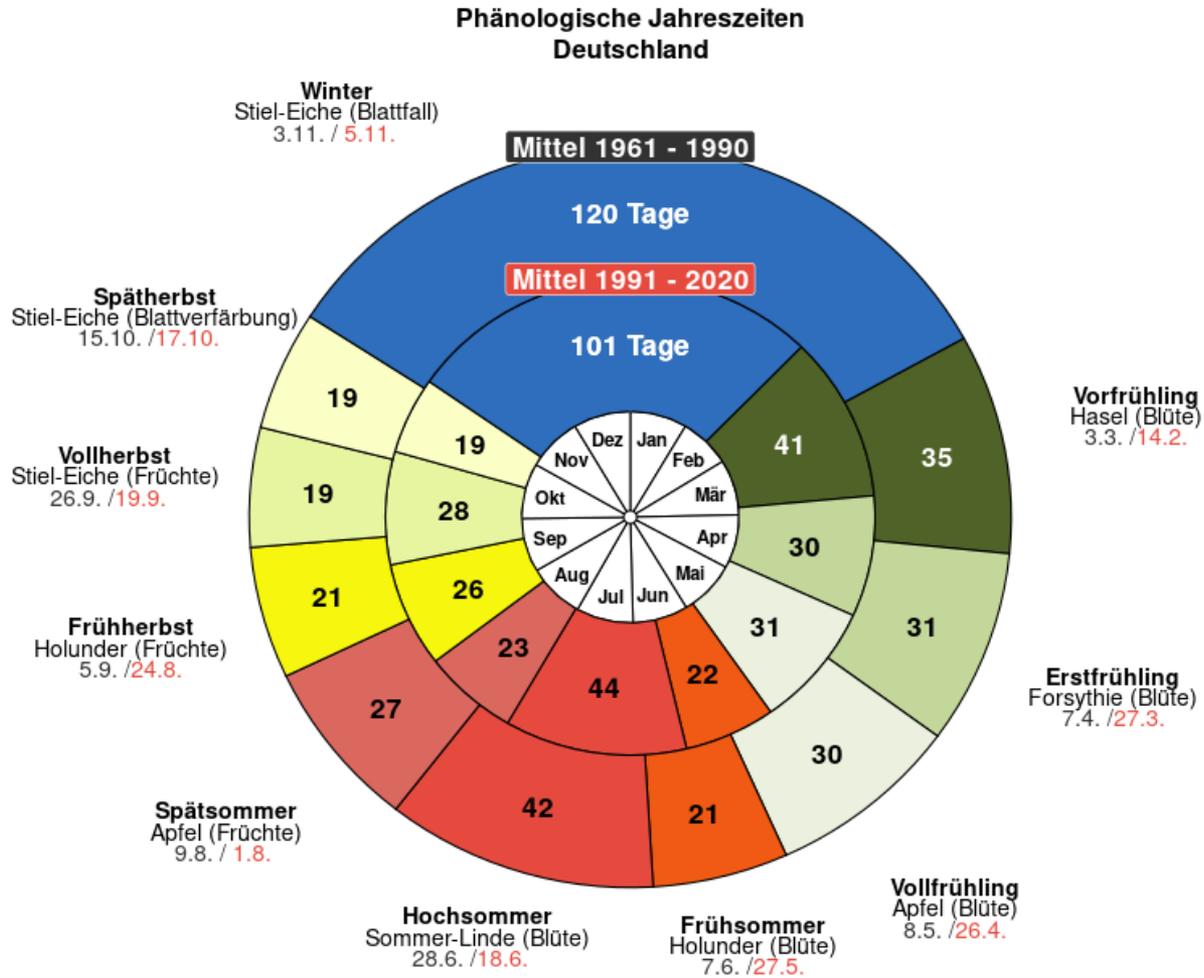
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand





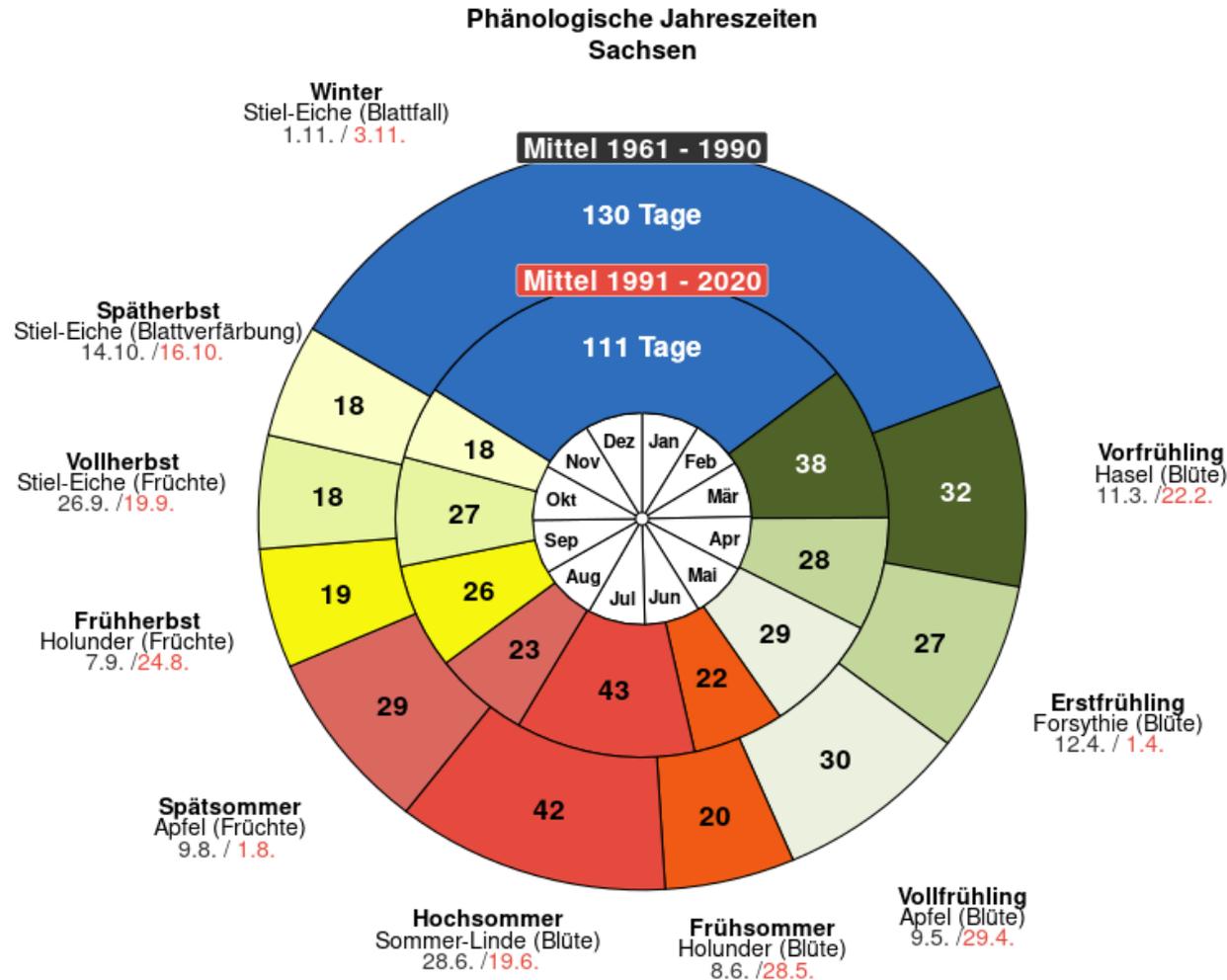
Anzahl der Tage mit Waldbrandgefahrenindex WBI ≥ 4 ab 1. März
Stationsmittel Deutschland





Stand Jahressmelder: 13.12.2021 12:49
Kontakt: Landwirtschaft@dwd.de





Stand Jahressmelder: 13.12.2021 12:49
Kontakt: Landwirtschaft@dwd.de

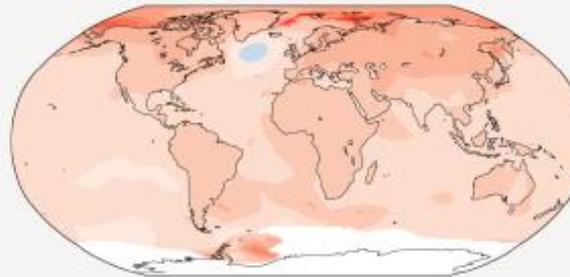


Die gemessenen Trends
setzen sich auch in die Zukunft fort!

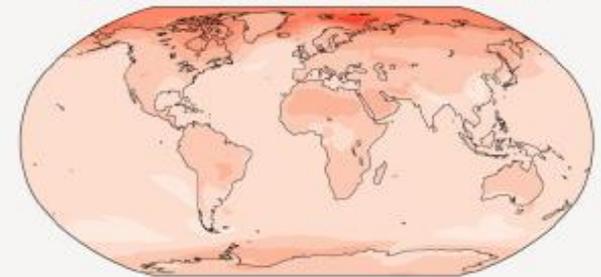
a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1 °C global warming



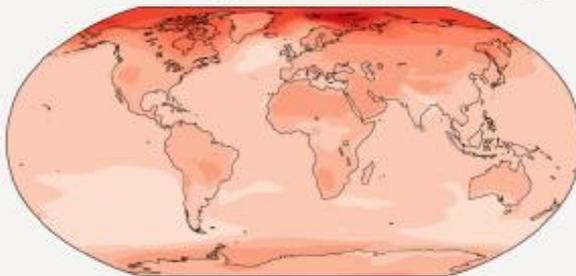
Simulated change at 1 °C global warming



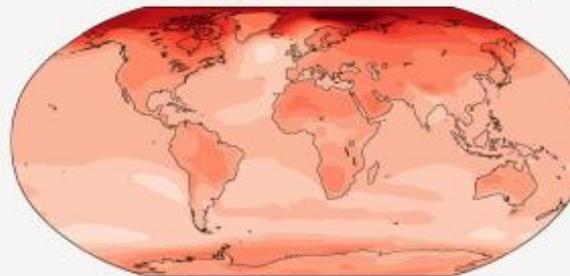
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

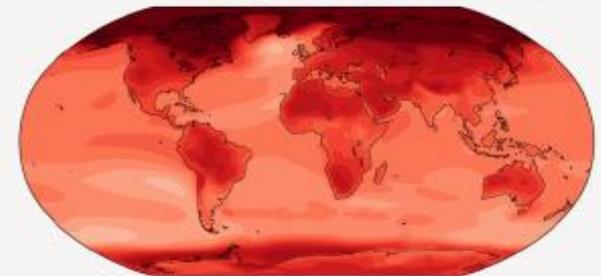
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



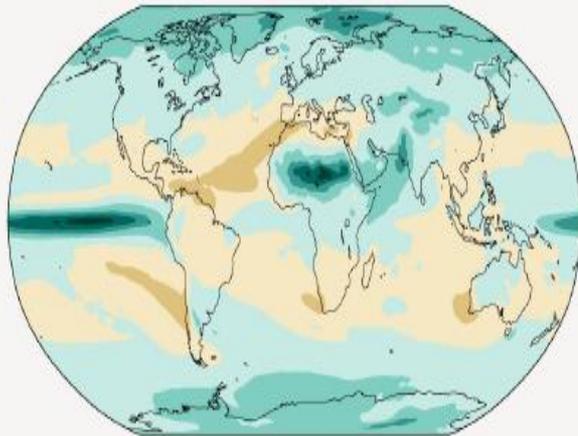
Simulated change at 4 °C global warming



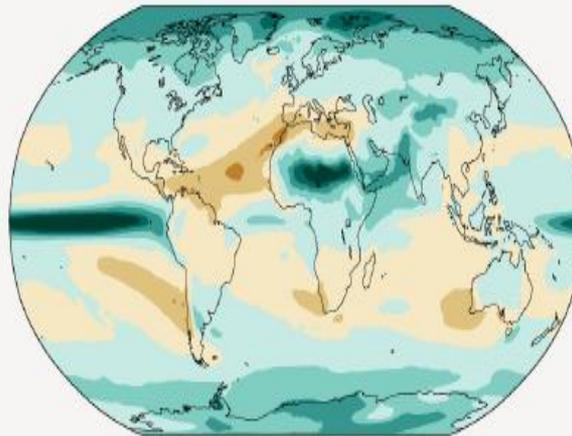
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

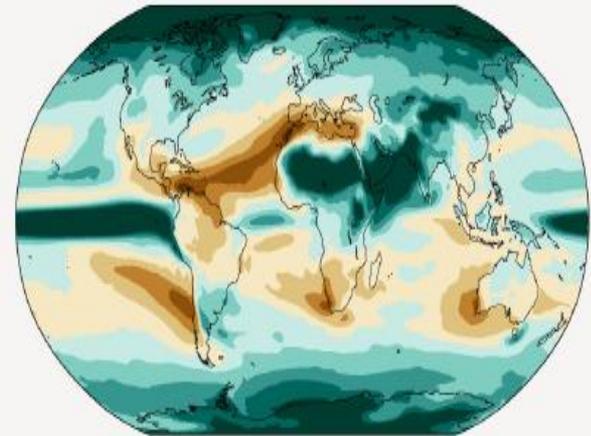
Simulated change at 1.5 °C global warming



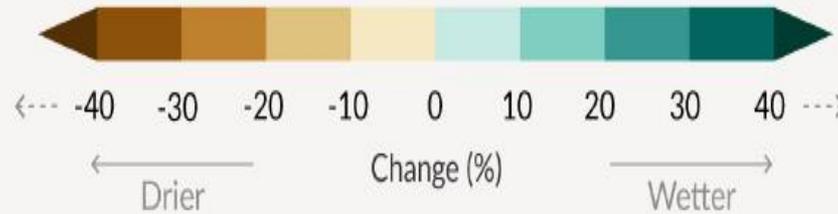
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



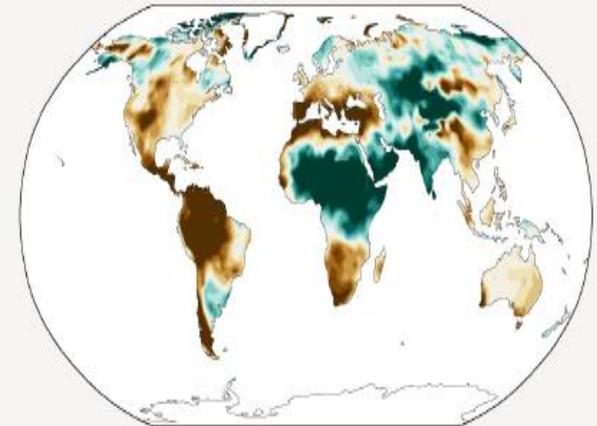
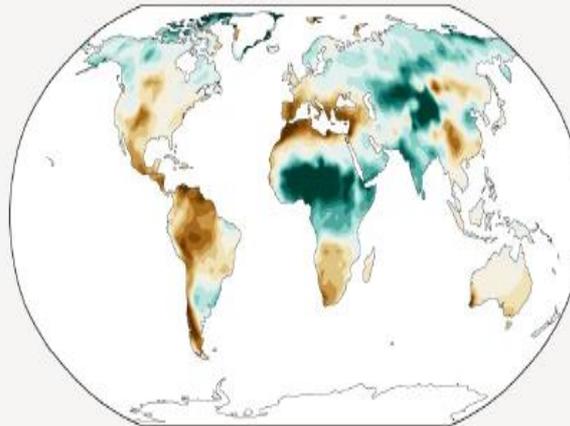
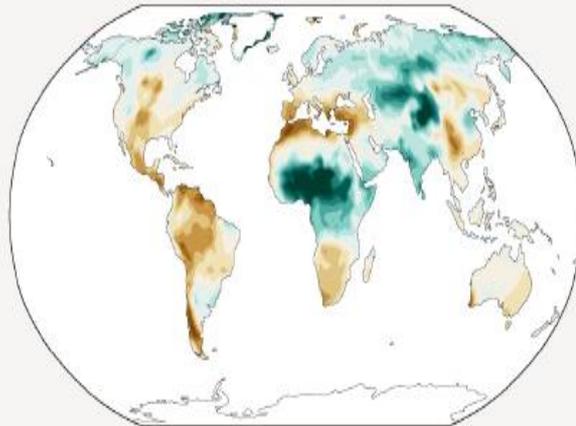
d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.

Simulated change at 1.5 °C global warming

Simulated change at 2 °C global warming

Simulated change at 4 °C global warming



Relatively small absolute changes may appear large when expressed in units of standard deviation in dry regions with little interannual variability in baseline conditions

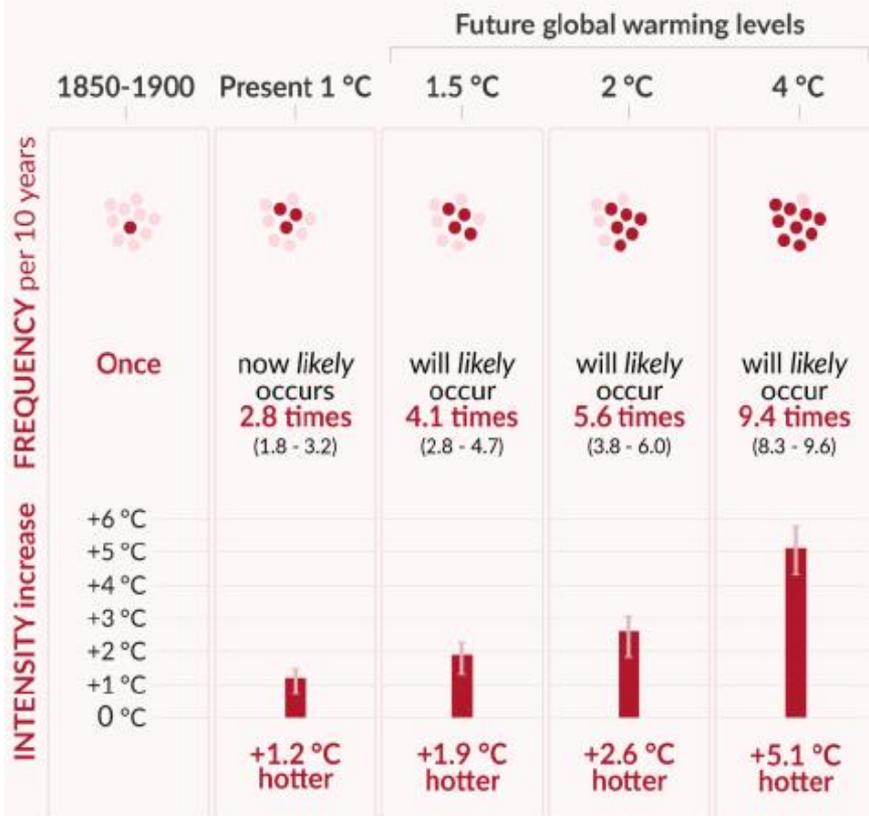


Veränderungen der Häufigkeit und Intensität von hohen Temperaturen bei unterschiedlichen Szenarien

Hot temperature extremes over land

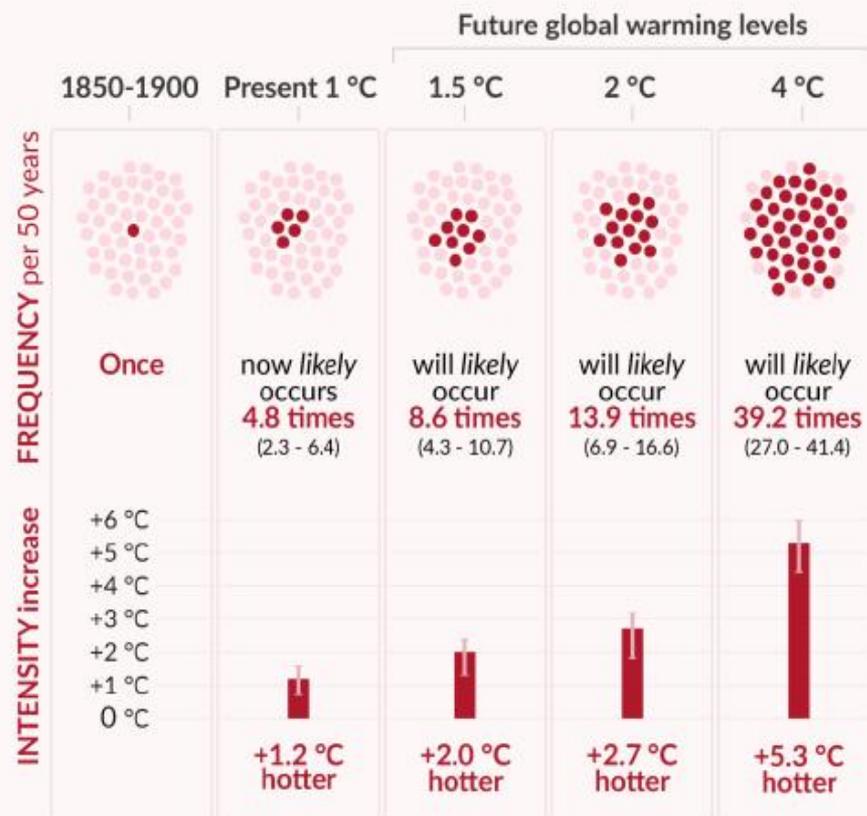
10-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 10 years** on average in a climate without human influence



50-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 50 years** on average in a climate without human influence



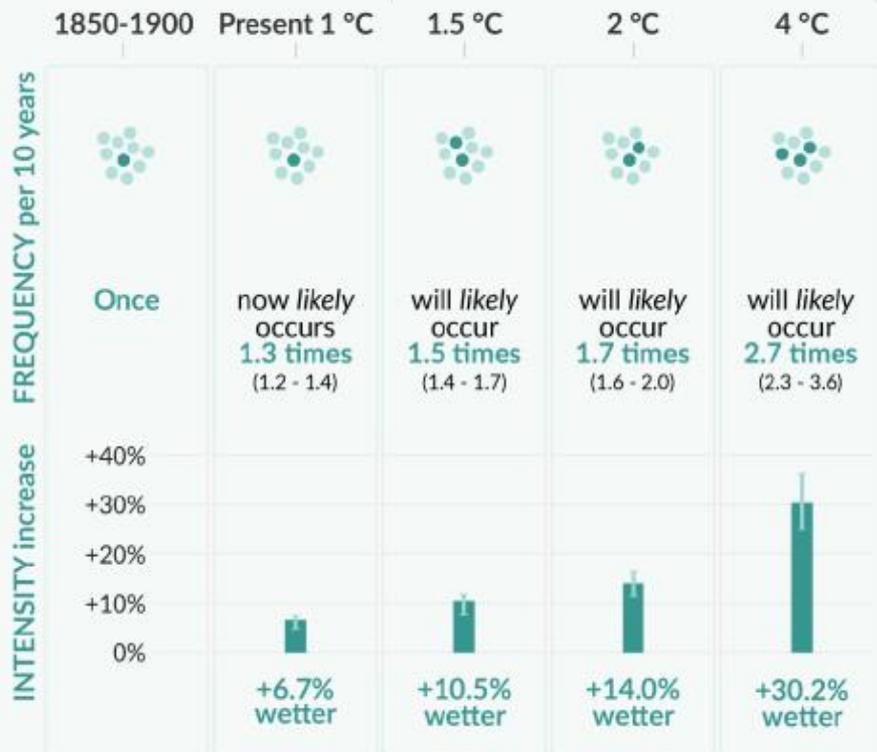
Veränderungen der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlag und Trockenheit bei unterschiedlichen Szenarien

Heavy precipitation over land

10-year event

Frequency and increase in intensity of heavy 1-day precipitation event that occurred **once in 10 years** on average in a climate without human influence

Future global warming levels

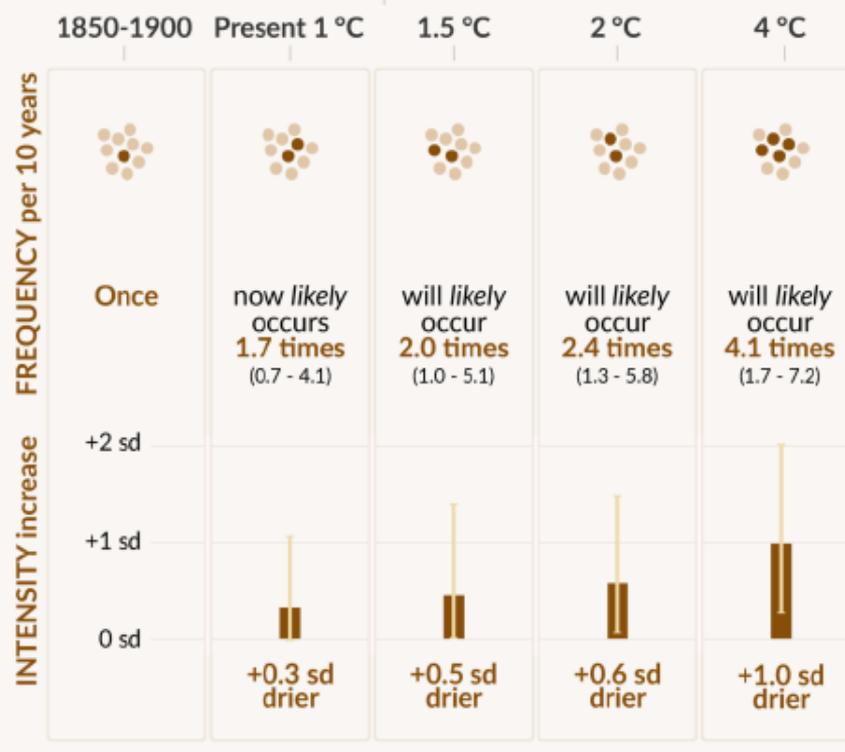


Agricultural & ecological droughts in drying regions

10-year event

Frequency and increase in intensity of an agricultural and ecological drought event that occurred **once in 10 years** on average across drying regions in a climate without human influence

Future global warming levels



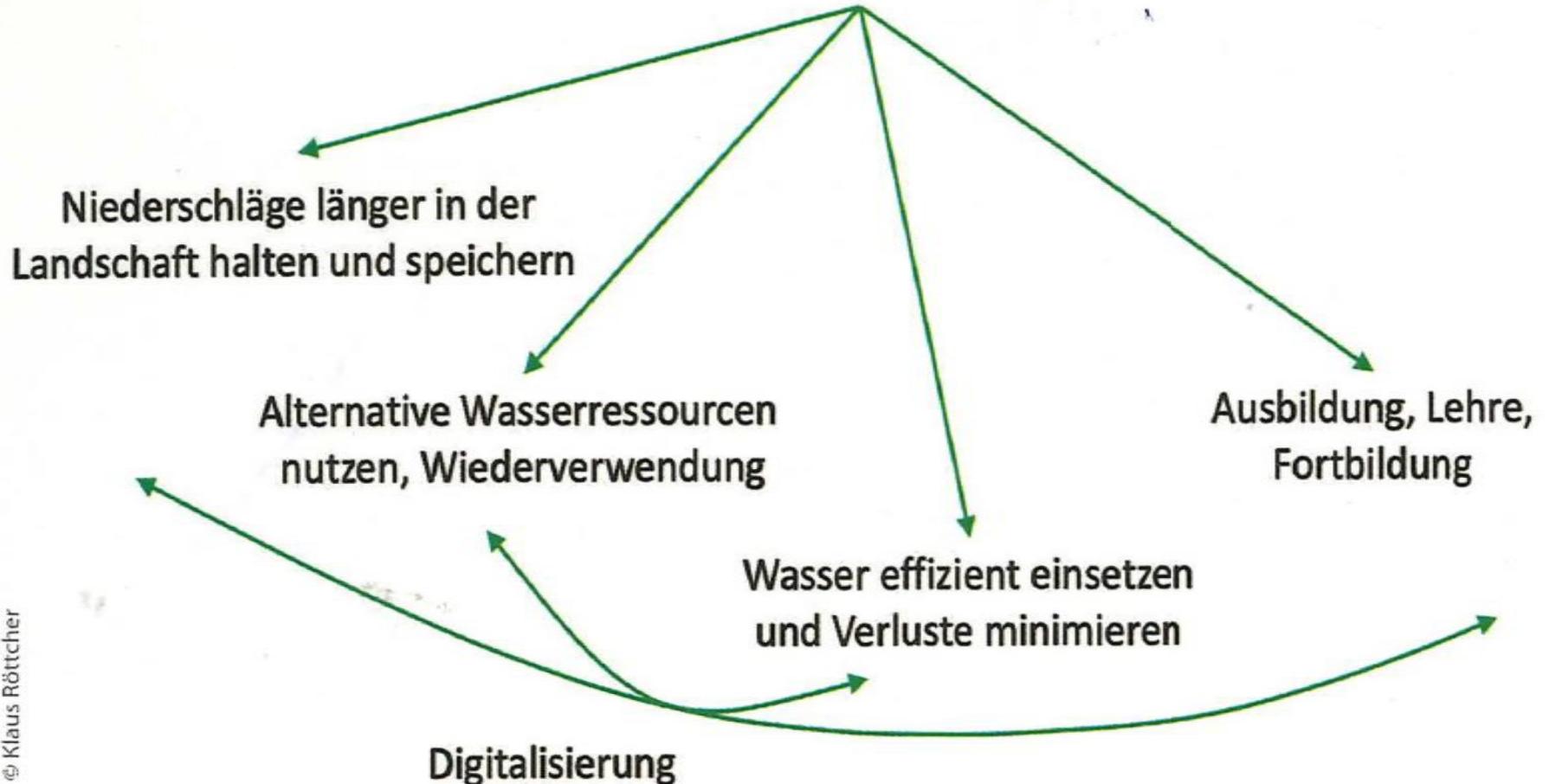
Wie können wir in Landwirtschaft reagieren?

Wetter und Witterung

70 - 80 % Streuung der Ernteerträge



Erhöhung der Wasserverfügbarkeit



Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserbereitstellung zur Feldbewässerung

Niederschläge länger in der Landschaft halten und speichern

- Verbesserung Bodenstruktur
- Erhöhung Humusanteil
- Bodenbearbeitung
- Versickern -> Grundwasser
- Rückhalt in Gräben und Gewässern
- Bau von Speichern in verschiedenen Größen

z. T. langfristige Aufgaben wenn nicht schon umgesetzt, Probleme ökolog. Durchgängigkeit, Verschlechterungsverbot

Alternative Wasserressourcen nutzen

- kommunales Abwasser
- Industrielles Abwasser
- Kühlwasser
- Wasser aus Wasserhaltungen und Schöpfwerken
- Hochwasser
- Schifffahrtskanäle

Abwasser problematisch wegen Inhaltstoffen, i.d.R. werden Speicher nötig und weitere Infrastruktur

Bewässerungswasser effizient einsetzen und Verluste minimieren

- Wassersparende Bewässerungsmethoden- (incl. Einsparung von Energie- und Arbeit)
- Orts- und Zeitgerechte Verteilung
- Auswahl der Feldfrüchte die bewässert werden
- Optimierung der Netzauslastung und der Netzsteuerung

Wenn auch ökonomisch sinnvoll oft schon weitgehend ausgeschöpft

- Wasser als limitierender Faktor für die Ergebnisse (Ertrag und Qualität) der Pflanzenproduktion
- zunehmende Anforderungen aus Landwirtschaft und Gesellschaft an die Agrarmeteorologie
 - precision farming, precision irrigation
 - Digitalisierung und Entwicklung fernerkundungsgestützter Beratungswerkzeuge
 - Energiepflanzenanbau
 - agrarpolitische Maßnahmen u.a.m.
- i.d.R. modellbasierte Beratungsprodukte (u.a. Plattform ISABEL)
- Untersuchung der Auswirkungen der technologischen Entwicklungen und agrarpolitischen Maßnahmen in der Landwirtschaft und abgeleitete Politikberatung
- Untersuchung der Sensitivität der einzelnen Maßnahmen im Hinblick auf die Modellierung und die Umsetzung in den Modellen



Sechziger Jahre

und

Jetztzeit





FDR-Sonden in unterschiedlichen Ausführungen

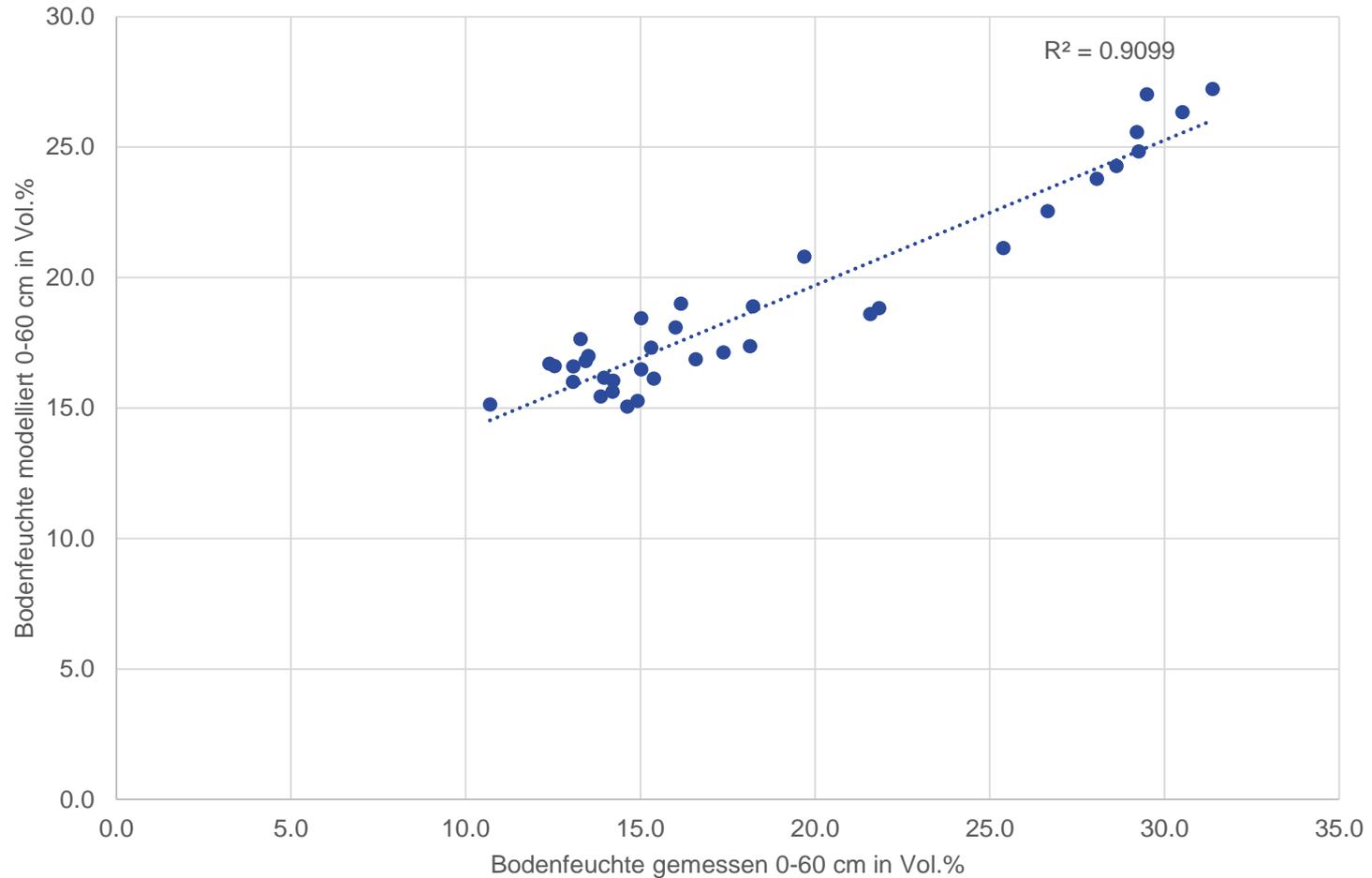


CRNS – Sonde

Nutzung der kosmischen
Neutronenstrahlung

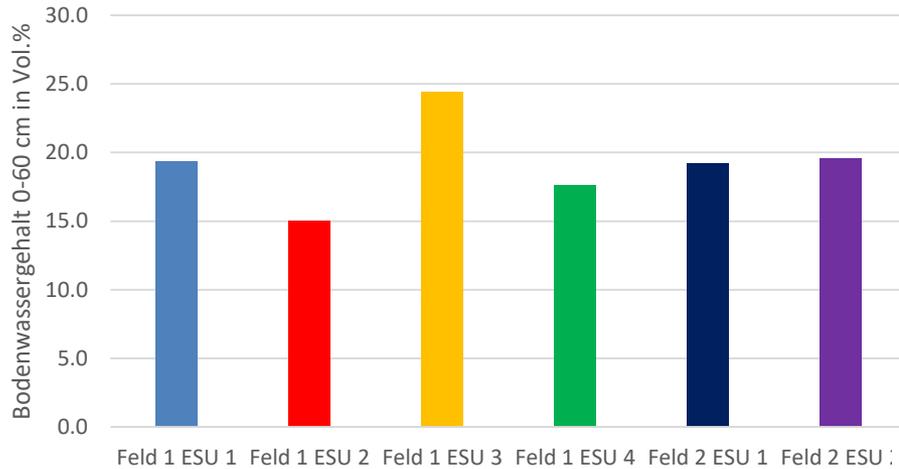
Bodenfeuchte Modell vs. Messung in Wurz

(Vergleich über 10 Jahre 2009-18; Prüfstelle Bundessortenamt)



Unterschiede der Bodenfeuchte bei gleicher Fruchtart auf engstem Raum

Winterweizen

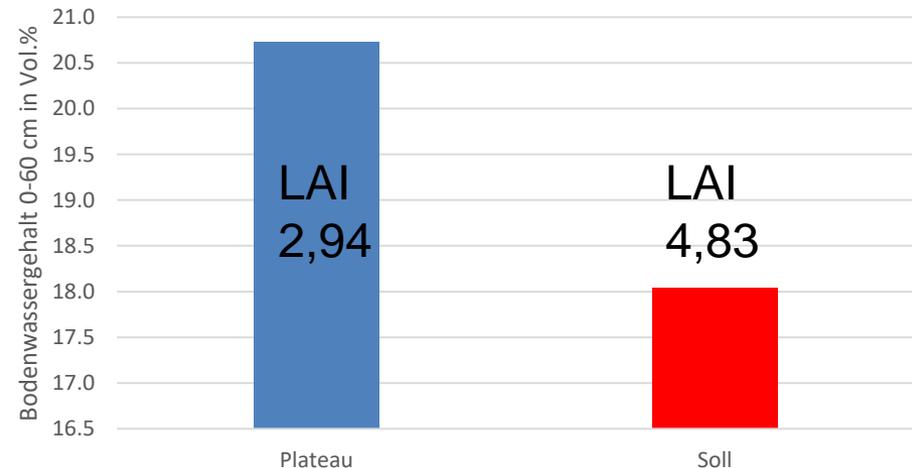


LAI: 1,33 2,02 1,83 1,56 2,26 1,98

Ergebnisse von Beprobungen
Im Rahmen des Projektes
Agrisens_DEMMIN_4.0

vom 11.05.2021

Winterraps



- Anbau von Zwischenfrüchten
 - abfrierend
 - überwinternd (auch Zweifruchtsysteme)

- Pflügen/Umgraben, Mulchsaat/Grubbern, Strip-till, Direktsaat
 - Bodenfeuchte
 - aktuelle/reale Verdunstung

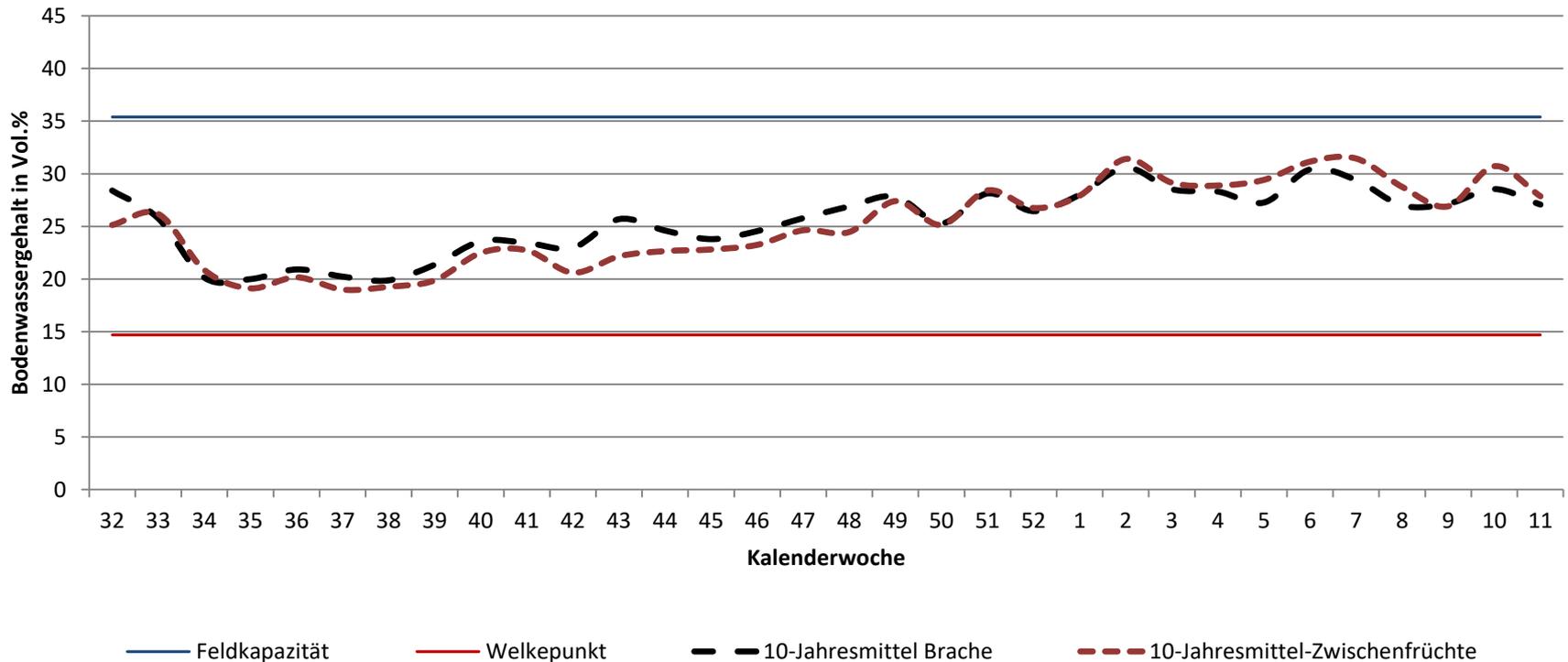
- Kaliumdüngung

- Wirkung der Stoppelbearbeitung

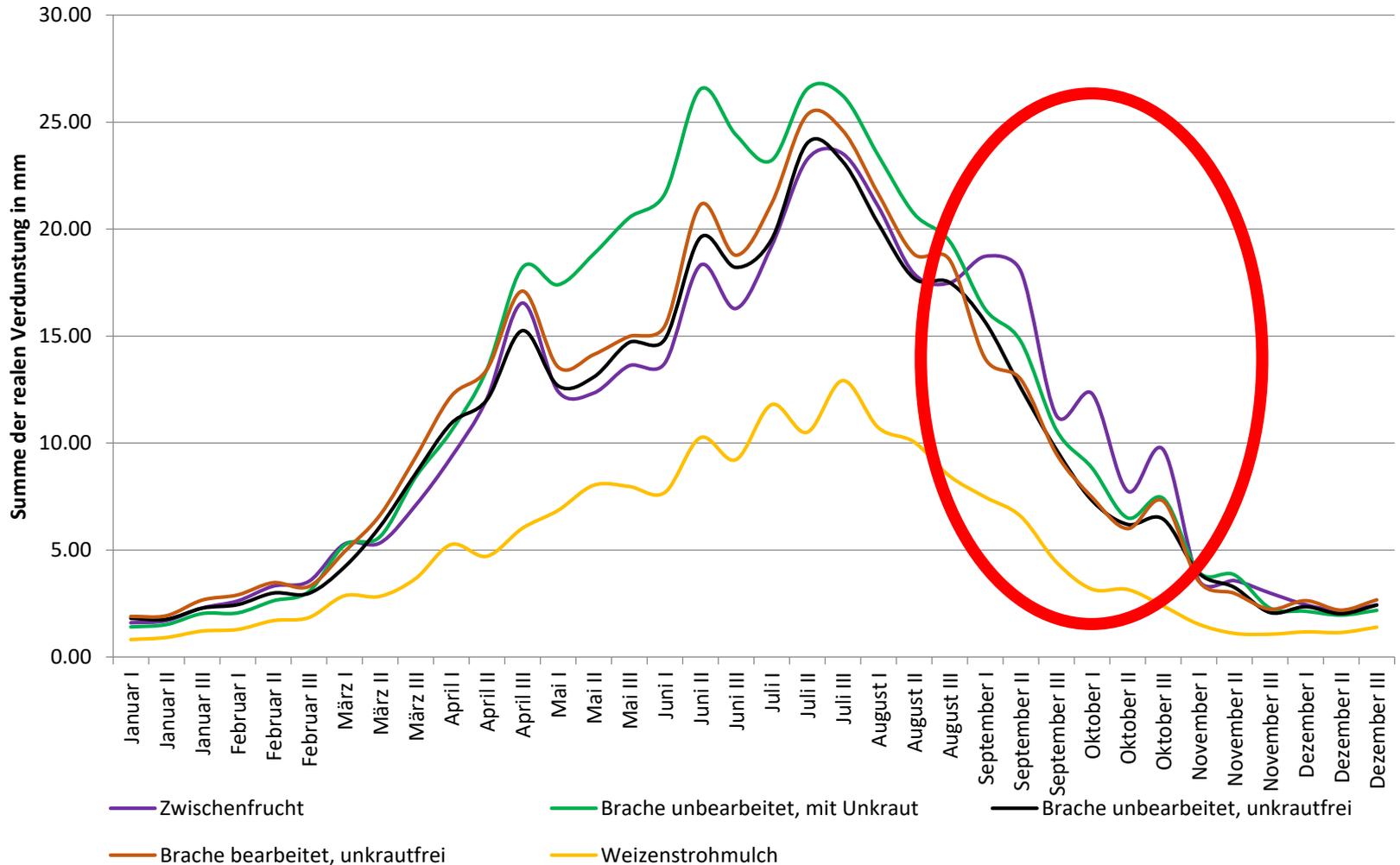
- Variation von Aussaatstärken

- Bewässerung

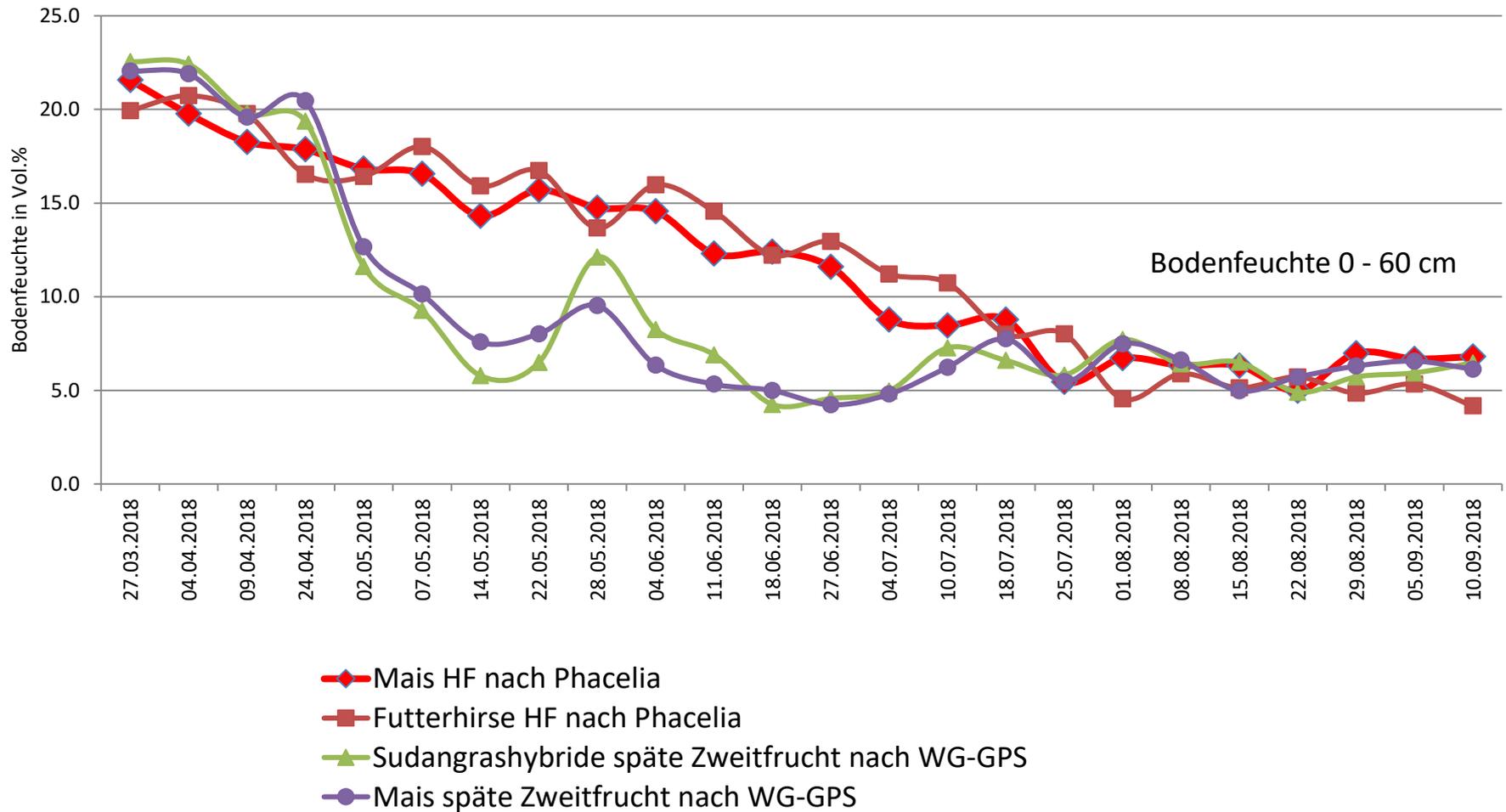
Bodenwassergehalt unter Zwischenfrüchten (11-Jahresmittel; 2012/13 bis 2022/23)



Dekadensumme der aktuellen Verdunstung von Bodenoberflächen in Mitscherlich-Gefäßen unter freiem Himmel seit 2013



Bodenfeuchte im Zweifruchtsystem Beispiel 2018 in Trossin (Nordsachsen)



Bodenfeuchtemessungen mit FDR-Rohrsonde DWD-KU 3 LZ

| Datum Uhrzeit | 0-10 cm | 10-20 cm | 20-30 cm | 30-40 cm | 40-50 cm | 50-60 cm | Tiefe |
|---------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 2009.08.10 14:32:32 | 11.3 | 11.9 | 33.2 | 45.3 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.10 15:02:32 | 11.7 | 12.1 | 33.0 | 45.4 | 49.1 | 46.1 | %nFK |

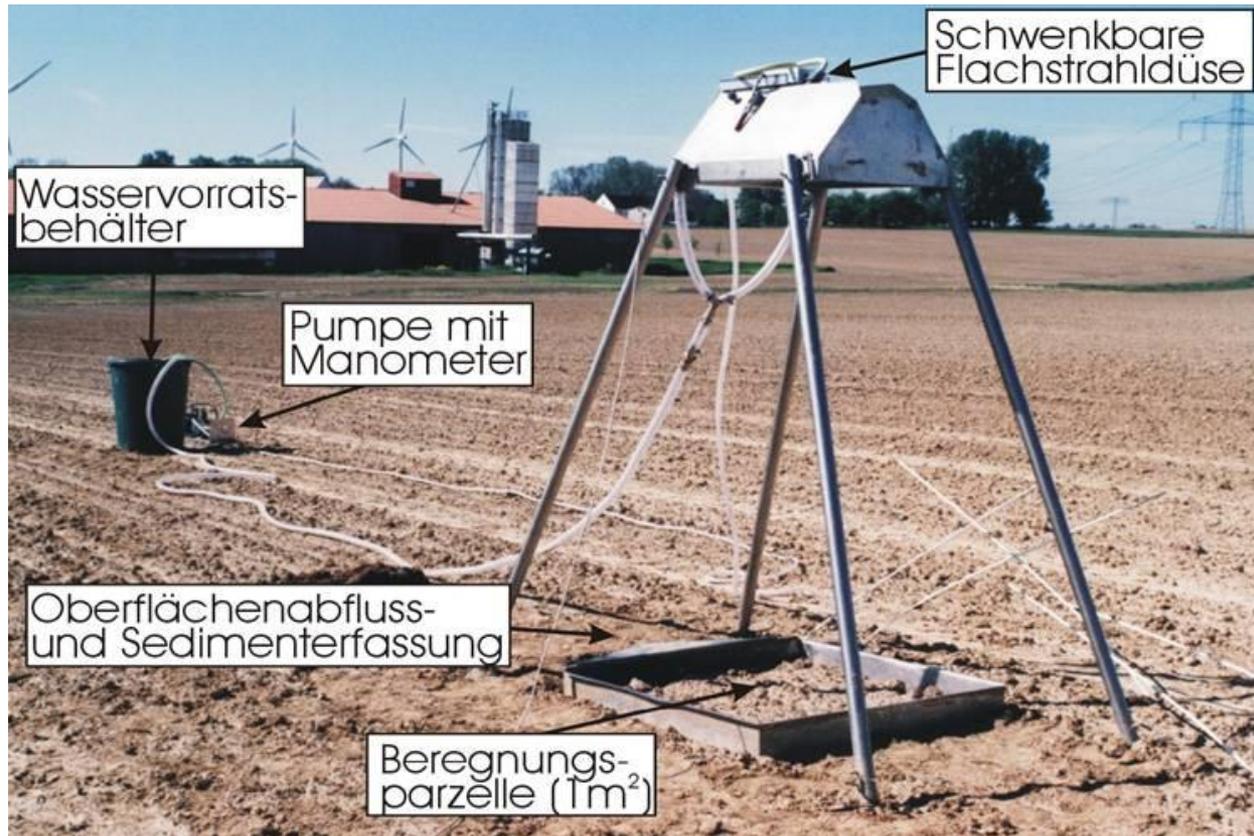
Ereignis: Schauer mit einer Niederschlagsmenge von 9 mm in der halben Stunde

Resultat: Diese recht hohe Niederschlagsmenge kommt kaum dem Boden zugute!

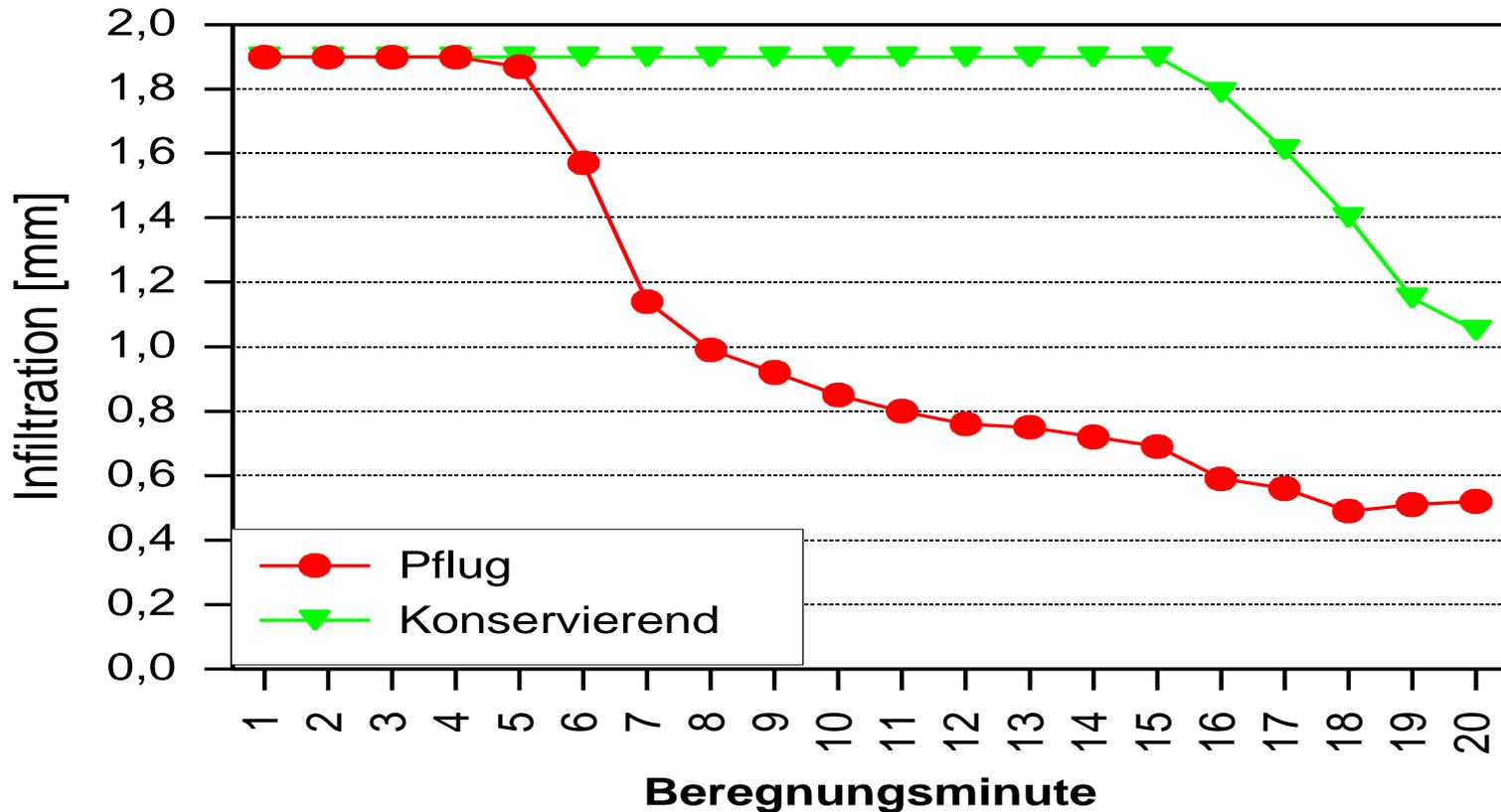
| | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2009.08.12 19:02:32 | 11.7 | 9.8 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 19:32:32 | 16.2 | 10.9 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 20:02:32 | 16.5 | 10.8 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 20:32:32 | 19.0 | 10.8 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 21:02:32 | 19.0 | 10.7 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 21:32:32 | 18.8 | 10.6 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 22:02:32 | 20.5 | 10.6 | 30.5 | 44.2 | 49.0 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 22:32:32 | 21.2 | 10.5 | 30.5 | 44.2 | 49.1 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 23:02:32 | 20.9 | 10.4 | 30.4 | 44.2 | 49.1 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.12 23:32:32 | 20.8 | 10.4 | 30.4 | 44.2 | 49.1 | 46.0 | %nFK |
| 2009.08.13 00:02:32 | 20.7 | 10.3 | 30.4 | 44.2 | 49.1 | 46.0 | %nFK |

Ereignis: Landregen mit insgesamt 4 mm Niederschlag über 5 Stunden.

Resultat: Von den gefallenen 4 mm werden ca. 3 mm in den oberen 10 cm gespeichert!



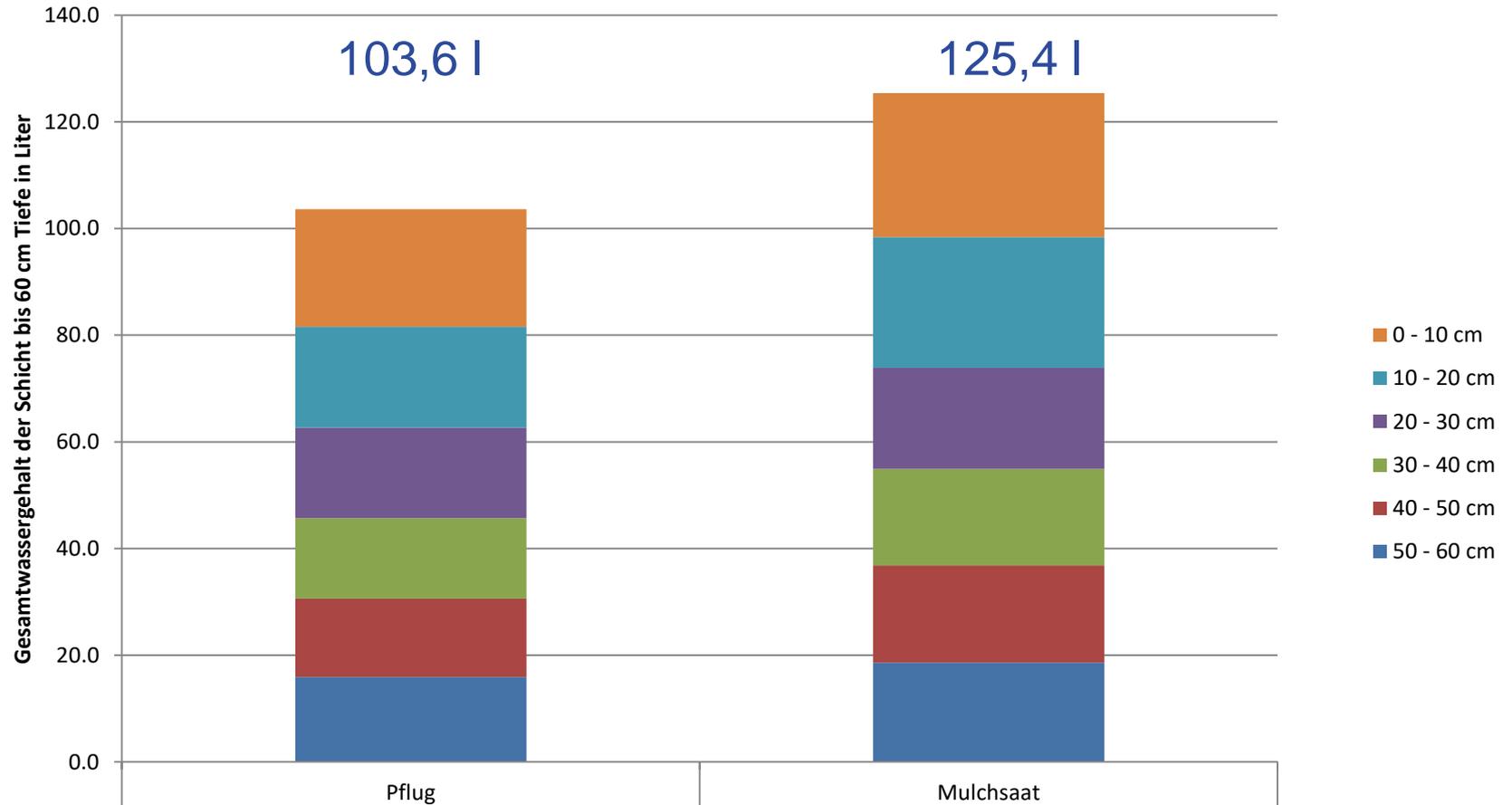
Schematischer Aufbau einer Versuchsberegnungsanlage



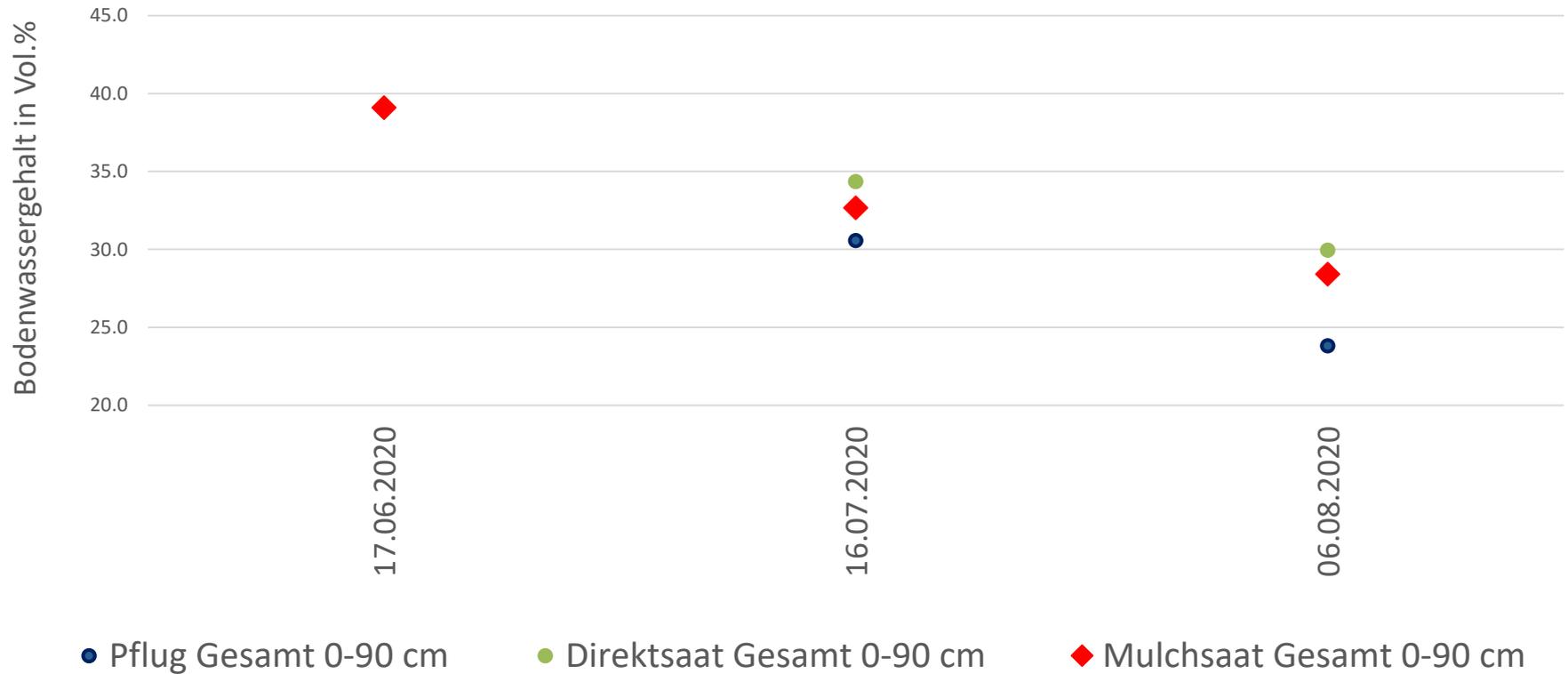
Wasserinfiltration und Bodenabtrag auf gepflügter und langjährig konservierend bearbeiteter Fläche (Sächsisches Lößhügelland, Niederschlag: 38 mm in 20 Minuten; **Quelle: LfULG**)

Infiltrationsraten: Pflug: 55 %; Konservierend: 93 %,
Bodenabtrag: Pflug: 246 g/m² (2,46 t/ha); Konservierend: 36 g/m² (360 kg/ha) → ca. Faktor 6,8

Gesamtwassergehalt 0-60 cm unter Rotklee gemessen Nossen beim LfULG am 07.10.2020

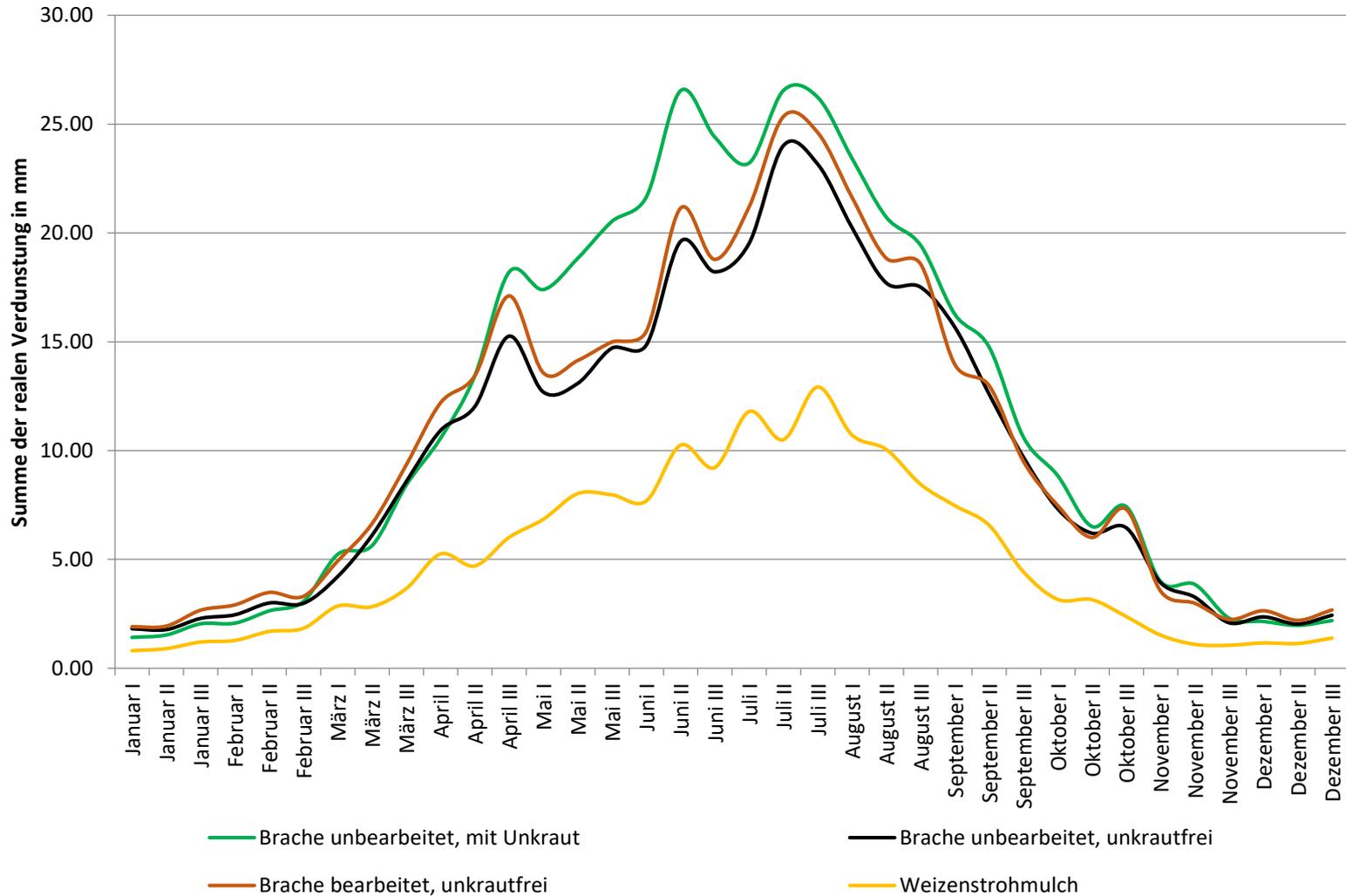


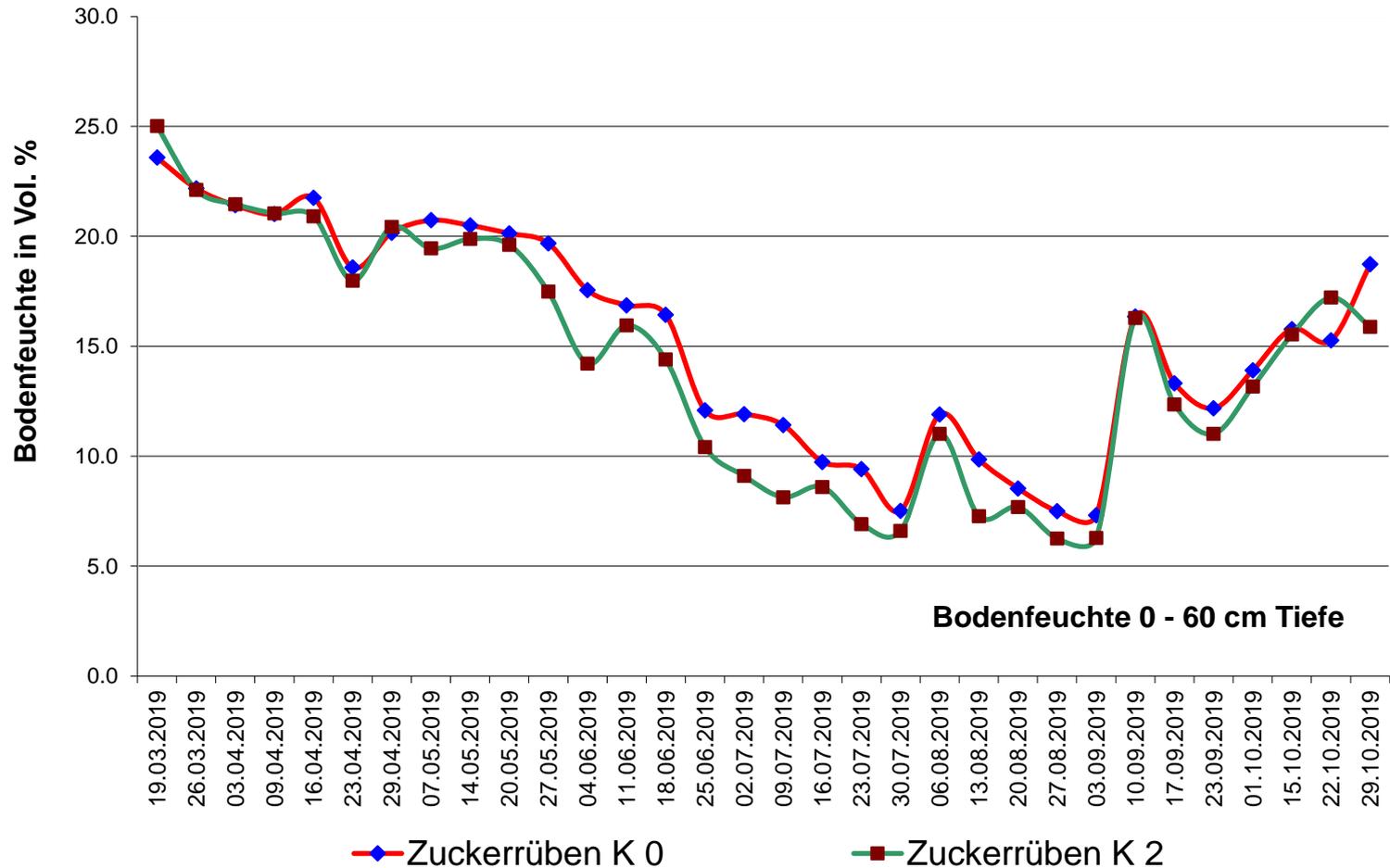
Vergleich von gravimetrisch gemessenen Bodenwassergehalten in 0 bis 90 cm Tiefe in Vol.% unter Winterrraps in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung in Willershausen (Hessen)



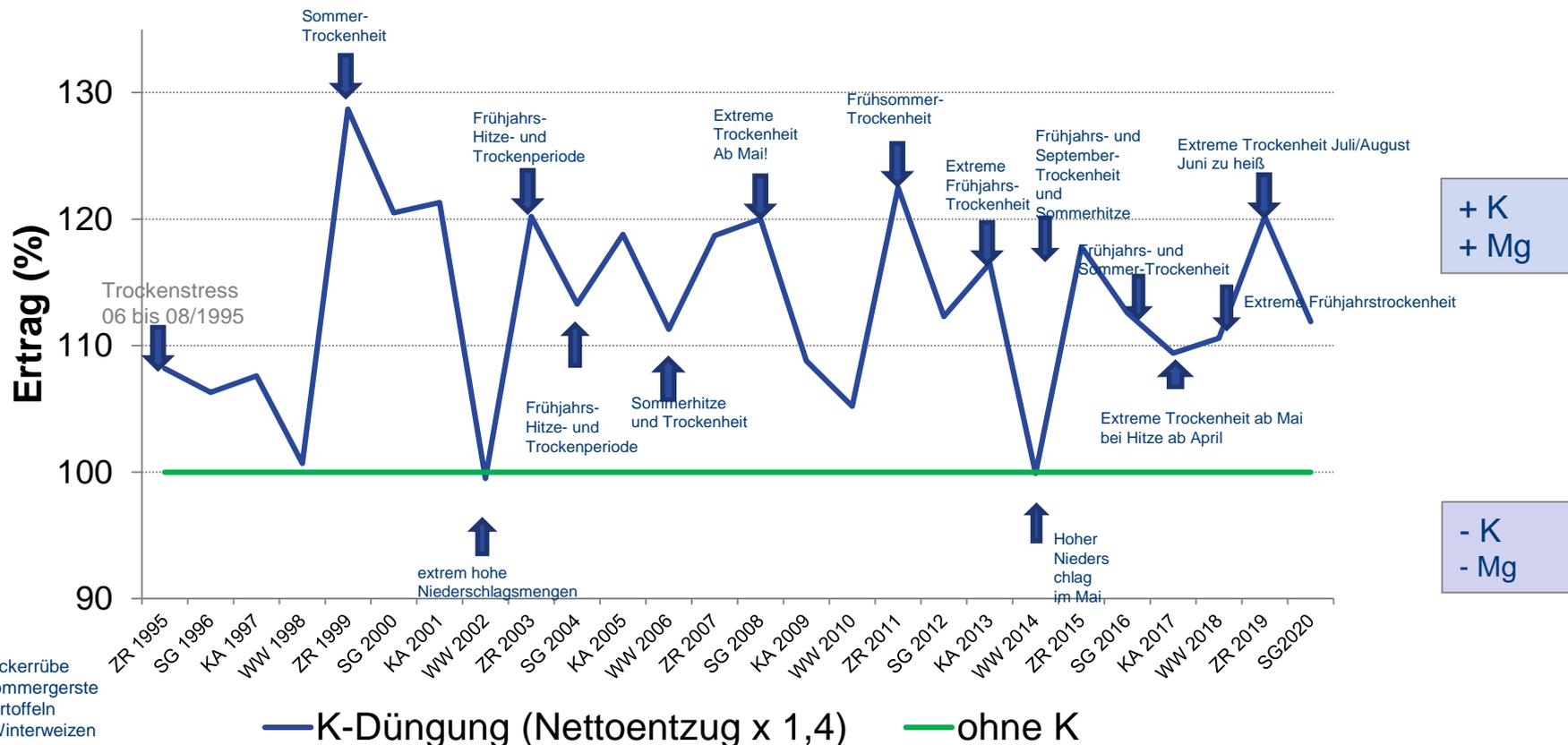
Dekadensumme der aktuellen Verdunstung von Bodenoberflächen in Mitscherlich-Gefäßen unter freiem Himmel seit 2013

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand





Einfluss der Witterung auf die Ertragswirkung der K-Düngung (KK/PK) Versuch Cunnersdorf (1995-2020)



ZR = Zuckerrübe
SG = Sommergerste
KA = Kartoffeln
WW = Winterweizen

Versuchsansteller: SKW

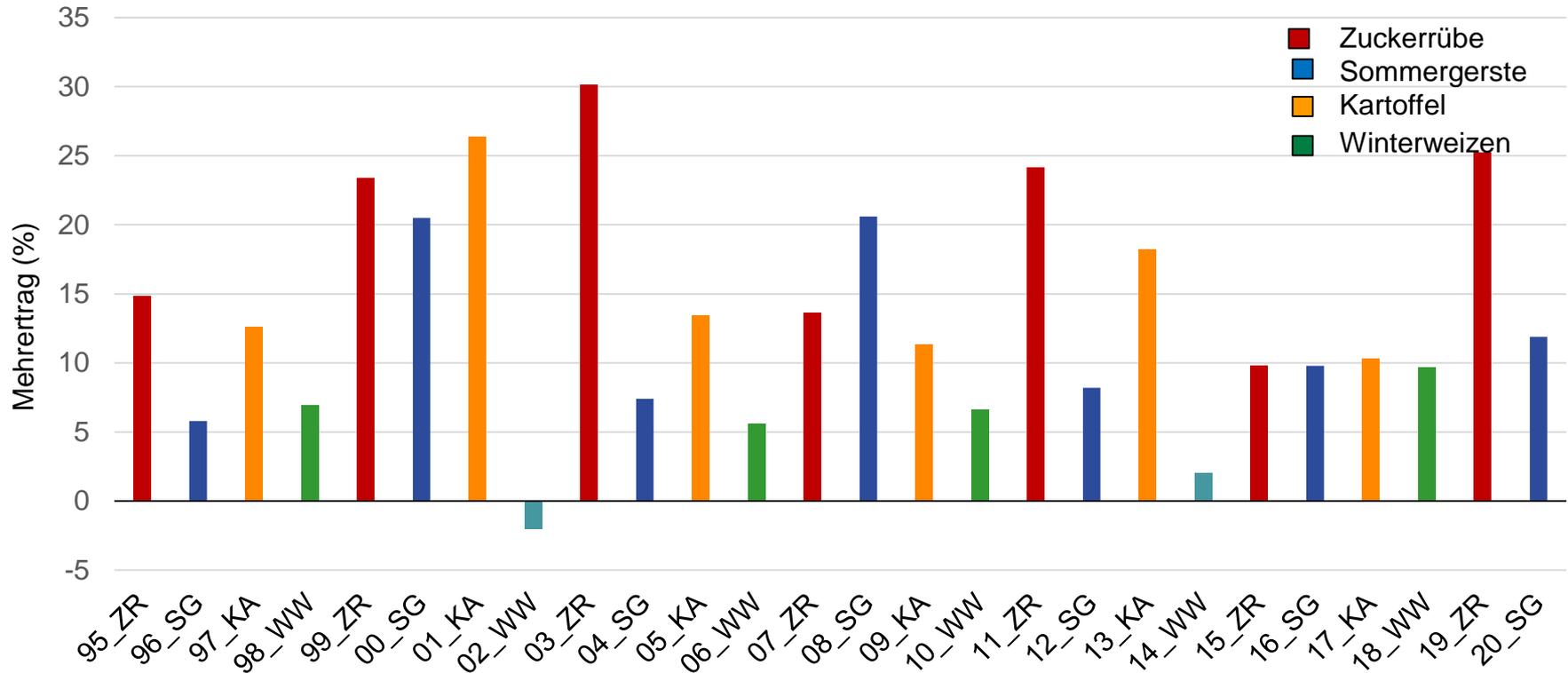
08.01.2023, Versuch Cunnersdorf, Frank Hertwig



Mit freundlicher Genehmigung von

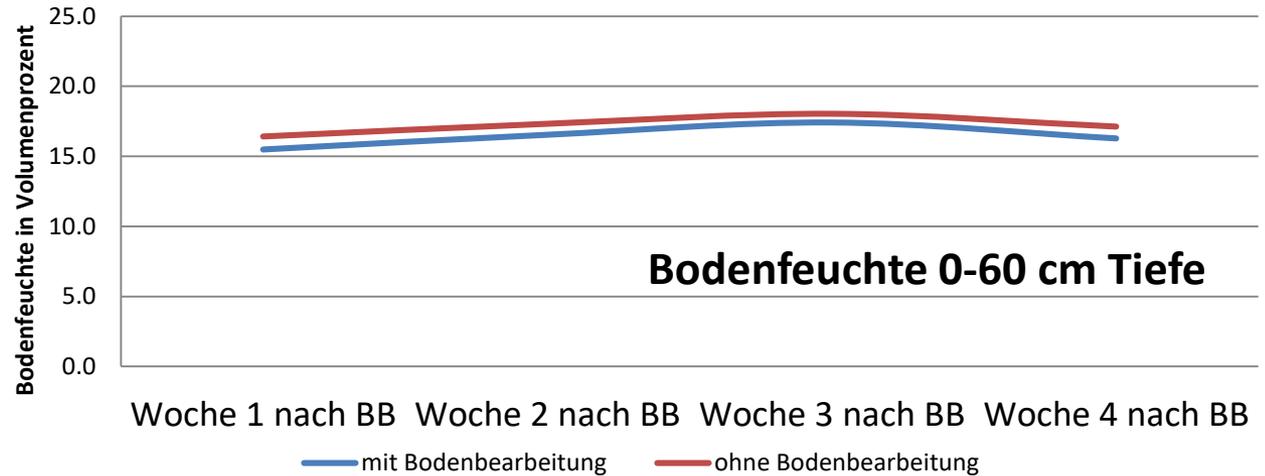
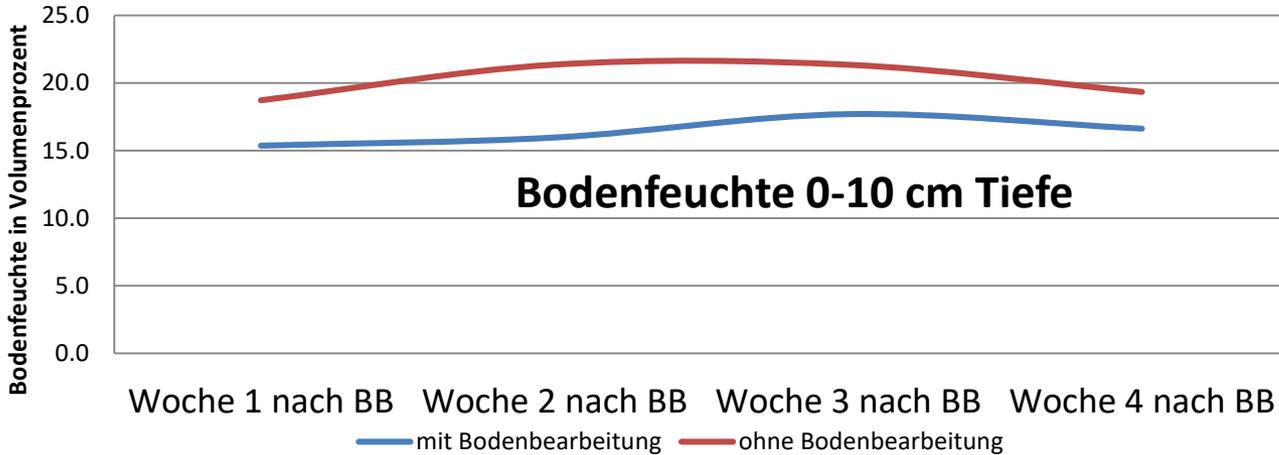


Relative Mehrerträge durch K-Düngung (60er, K2) im Versuch Cunnersdorf (1995-2020)

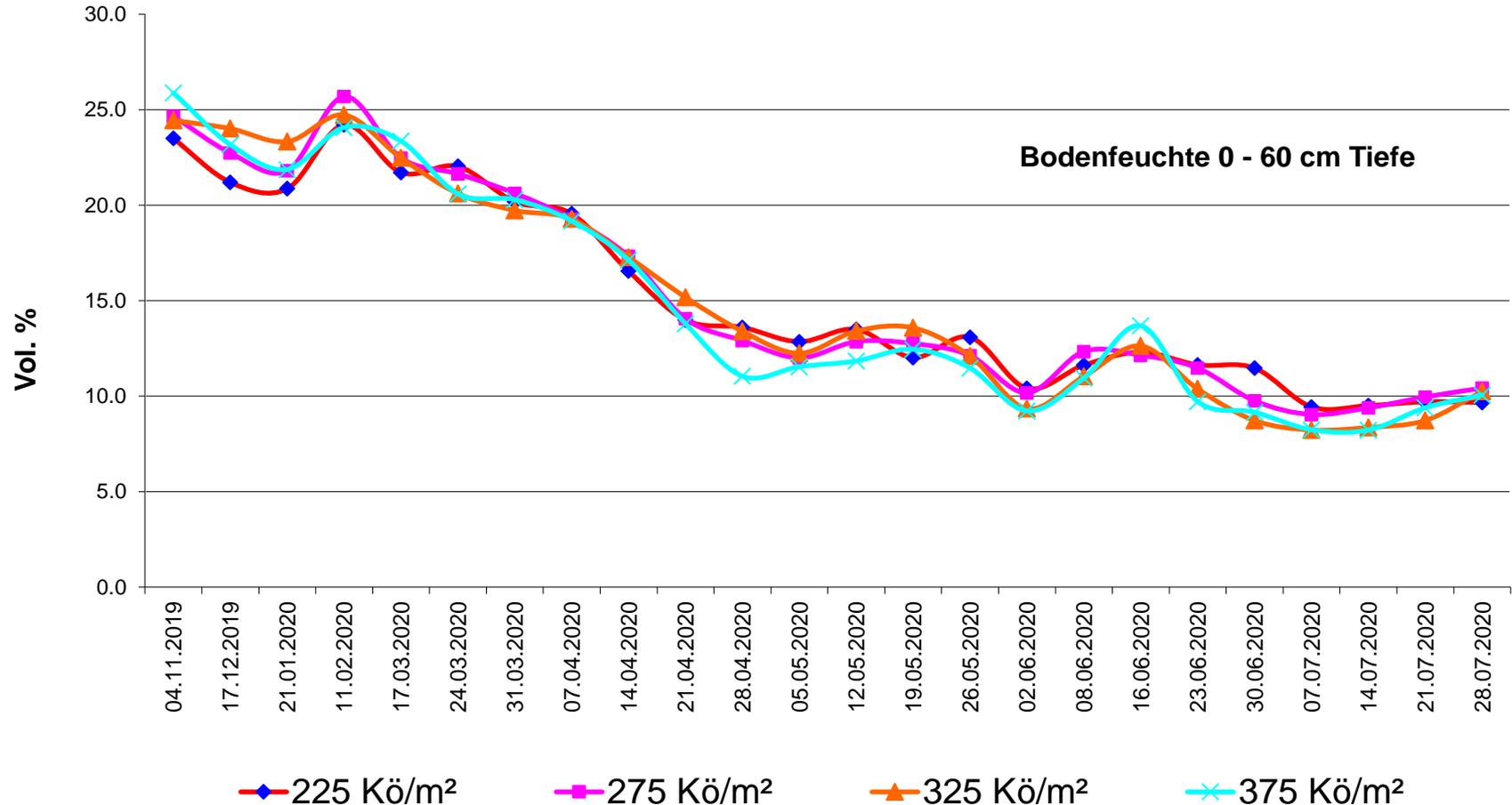


08.01.2023, Versuch Cunnersdorf, Frank Hertwig

Verlauf der Bodenfeuchte in Vol.% nach der Ernte von Winterweizen in Abhängigkeit der Durchführung oder des Unterlassens der Stoppelbearbeitung in Cunnersdorf bei Leipzig seit 2014

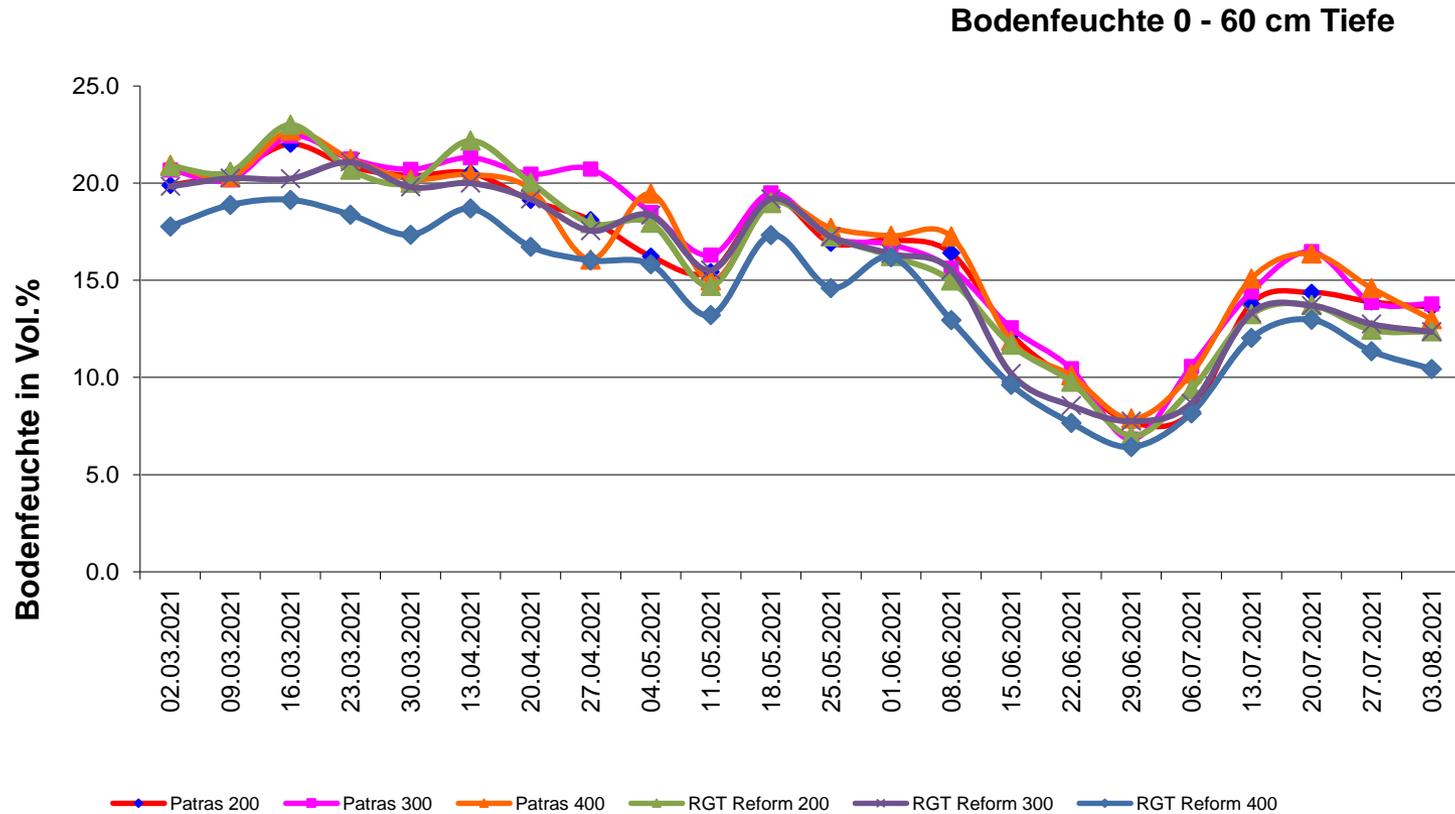


Bodenfeuchte unter Winterweizen (gemessen) 2020 in Cunnersdorf bei unterschiedlichen Aussaatstärken

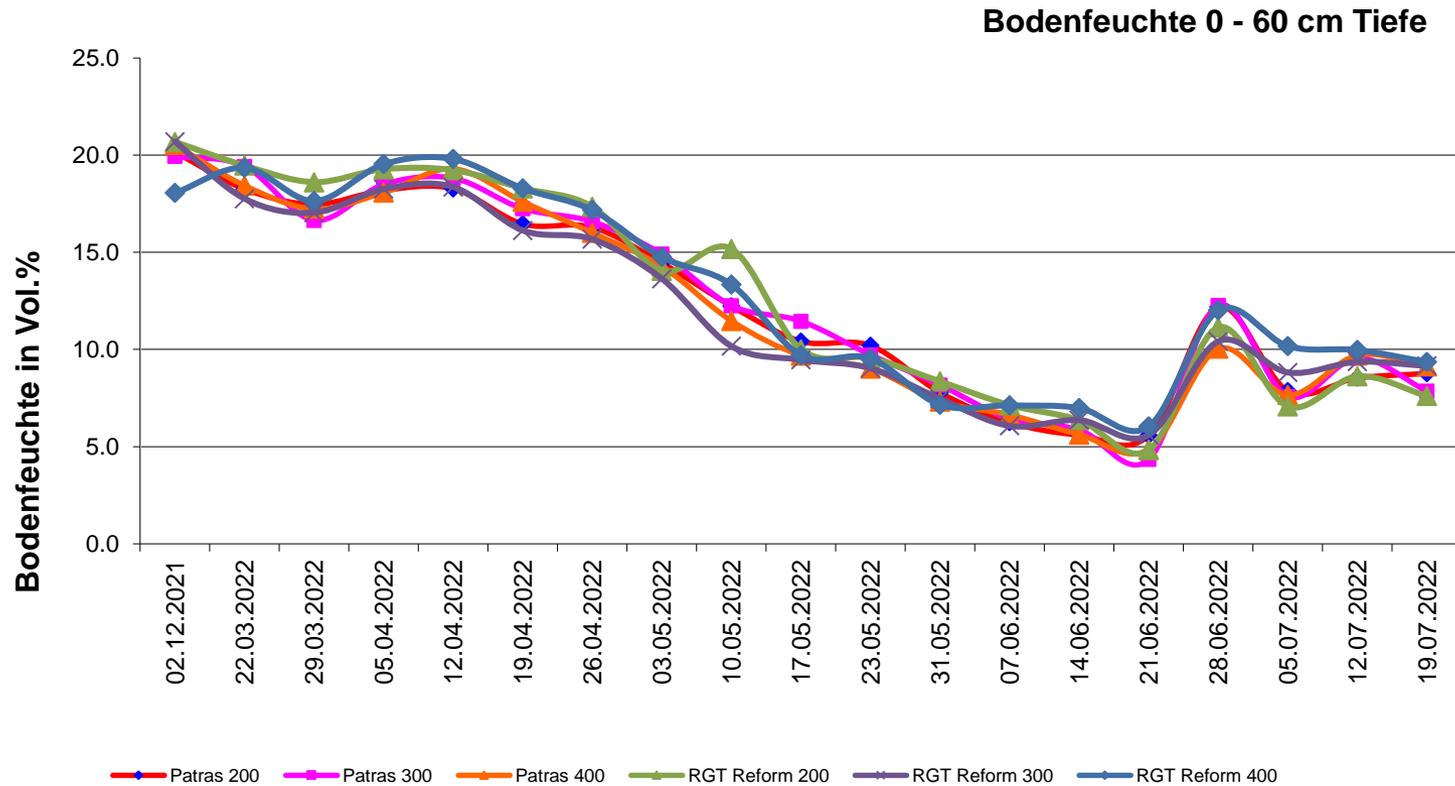


**Der Ertrag war bei allen Varianten nahezu gleich!
ABER VORSICHT: Ergebnisse nur eines Jahres an einem Standort!**

Bodenfeuchte unter Winterweizen (gemessen) 2021 in Cunnersdorf bei unterschiedlichen Aussaatstärken



Bodenfeuchte unter Winterweizen (gemessen) 2022 in Cunnersdorf bei unterschiedlichen Aussaatstärken



Die Erträge unterscheiden sich nicht signifikant!

- abgefrorene bzw. mechanisch zerkleinerte Zwischenfrüchte kein Problem für den Bodenwasserhaushalt (wichtig: Unterscheidung pflanzenbaulich relevant vs. relevant für die Grundwasserneubildung!!!)
- winterharte Zwischenfrüchte können für den Bodenwasservorrat problematisch sein
- Etablierung der Zwischenfrüchte muss gelingen
- Stoppelbearbeitung schont den Bodenwasservorrat nicht
- bedarfsgerechte Kaliumdüngung kostet Wasser bringt aber Ertrag (und Qualität)
- verbrauchsgesteuerte Bewässerung ökologisch und ökonomisch unter Beachtung der Fruchtart und der Marktlage am sinnvollsten
- Aussaatstärken können ohne Ertragsverluste reduziert werden
- Geringe Intensität der Bodenbearbeitung förderlich für den Bodenwasserhaushalt
 - verbesserte Infiltration
 - Verdunstungsschutz
 - u.v.a.m.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Ich bin sehr auf Ihre Fragen gespannt!

Falk.Boettcher@dwd.de

Tel. 069 8062 9890