



WASSERBEZOGENE ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN DES WALDES:

GRUNDWASSERNEUBILDUNG UND OBERFLÄCHENABFLUSS IM BIOSPHERENRESERVAT PFÄLZERWALD

von Dr. EVA V. MÜLLER

UNTERSUCHUNGSGEBIET UND FORSCHUNGSANSATZ

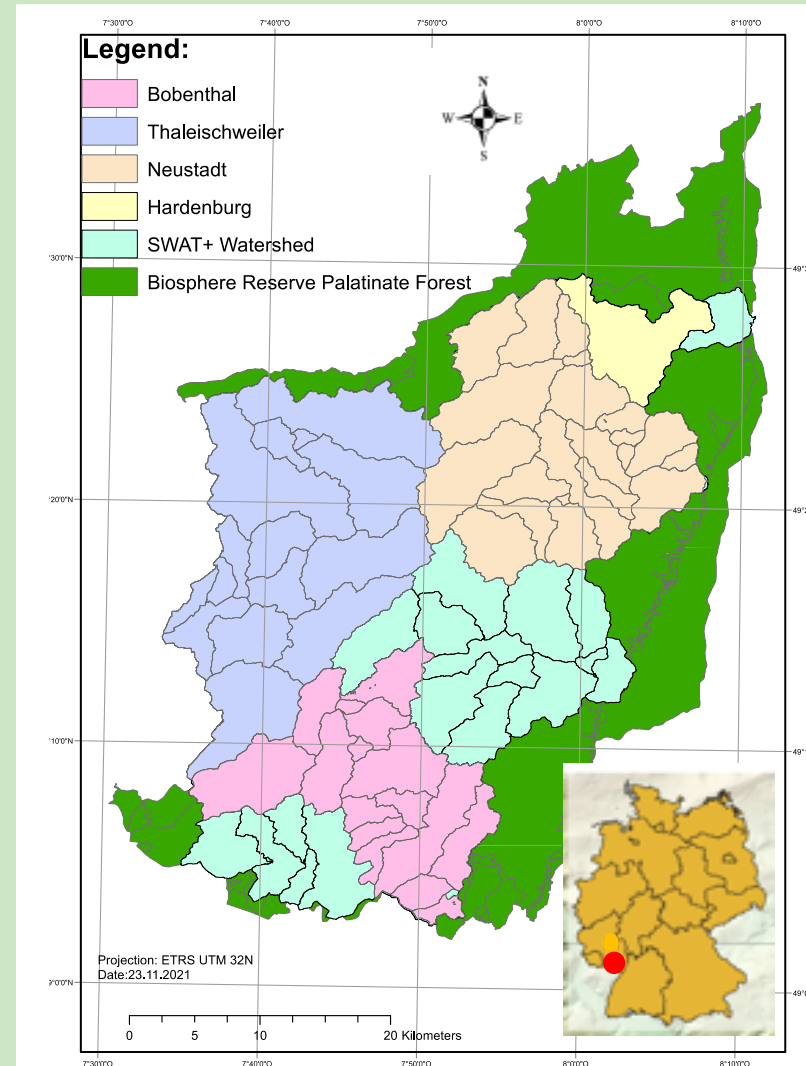


Rheinland-Pfalz

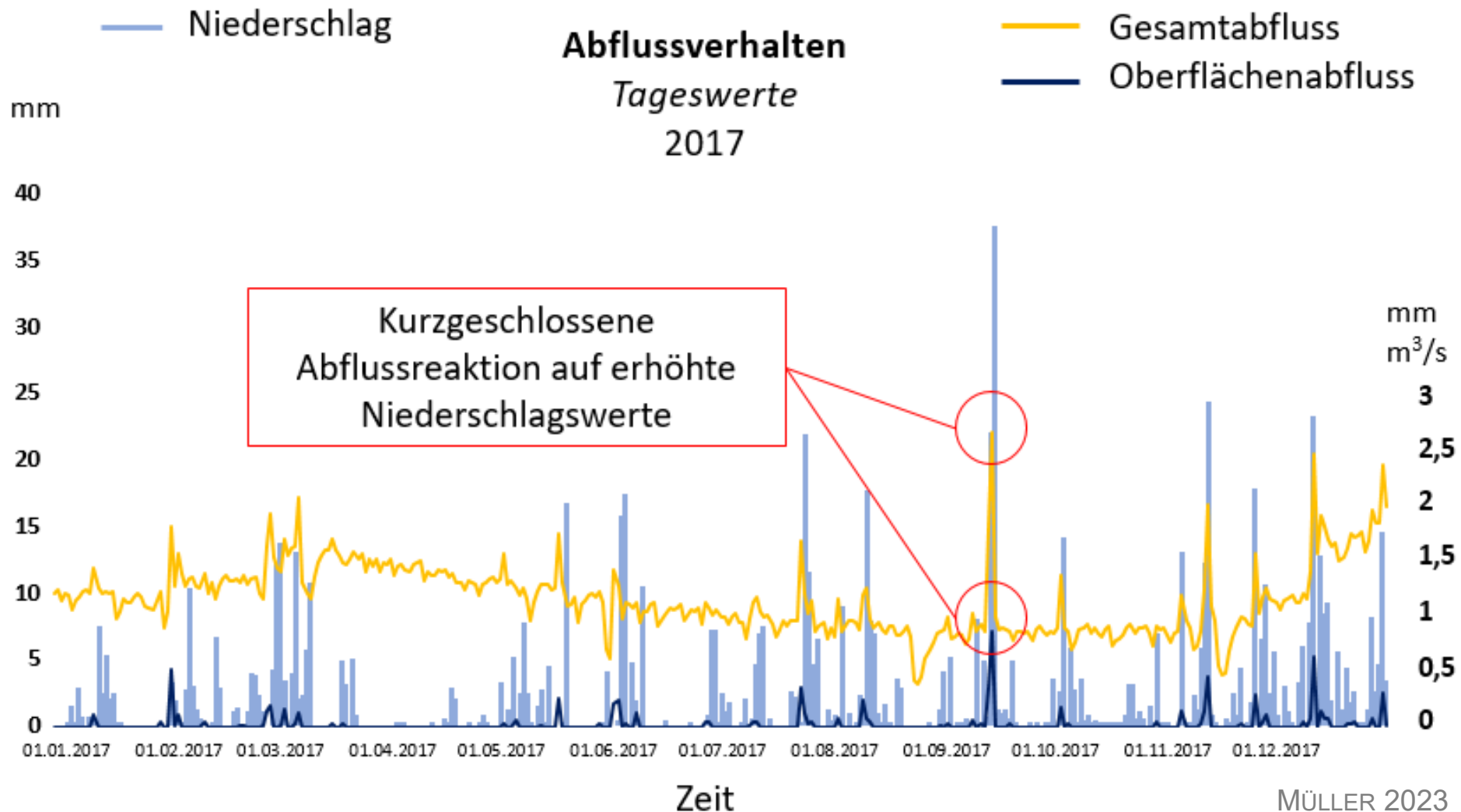
DVFFA 24.04.2024

- Analyse der Waldfunktionen wasserbezogener Ökosystemleistungen (ÖSL) GWNB und OB Abfluss
- Analyse von Steuerungsgrößen, die direkt damit verbunden sind (Bodenfunktionen, Wasserretentionsfunktion, Klima)
- Veränderungen/Verluste wasserbezogener ÖSL in Zusammenhang mit anthropogenen Einflüssen (forstl. Praxis, Klimawandel)
- Ableitbare Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis

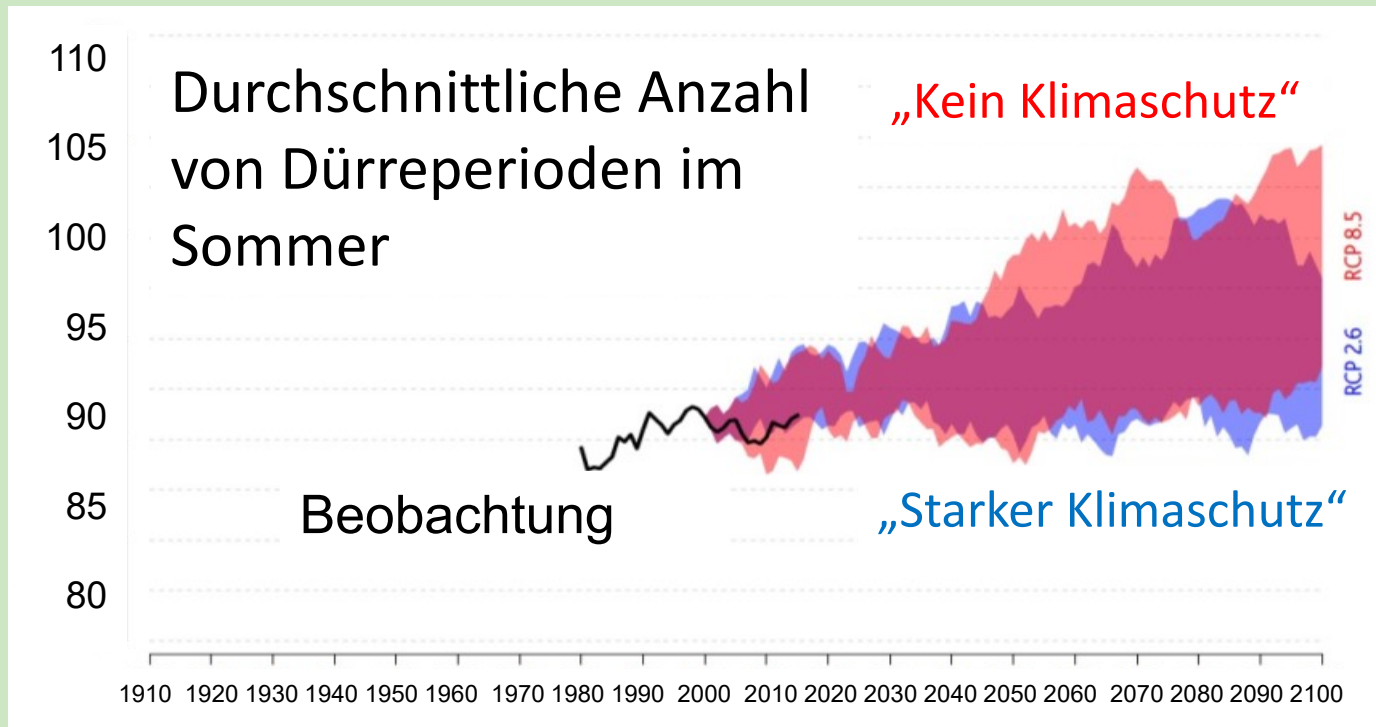
MÜLLER 2023



ABFLUSSVERHALTEN IM PFÄLZERWALD

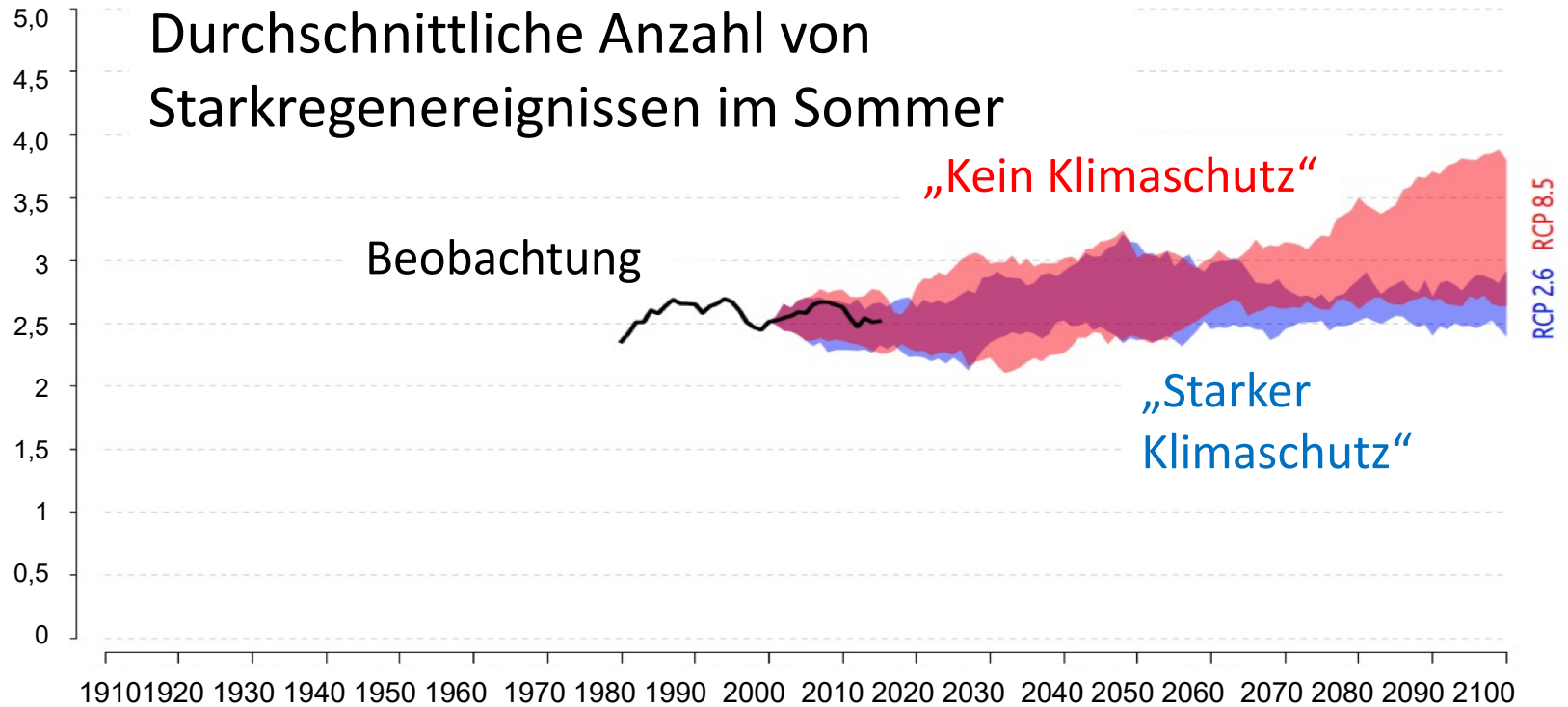


MÜLLER 2023



Trockenperioden:

- stark ausgetrocknete, hydrophobe Böden
- schlechtere Infiltration
- Erhöhung Oberflächenabfluss und Erosionsrisiko und die
- Erhöhte Gefahr von Sturzfluten



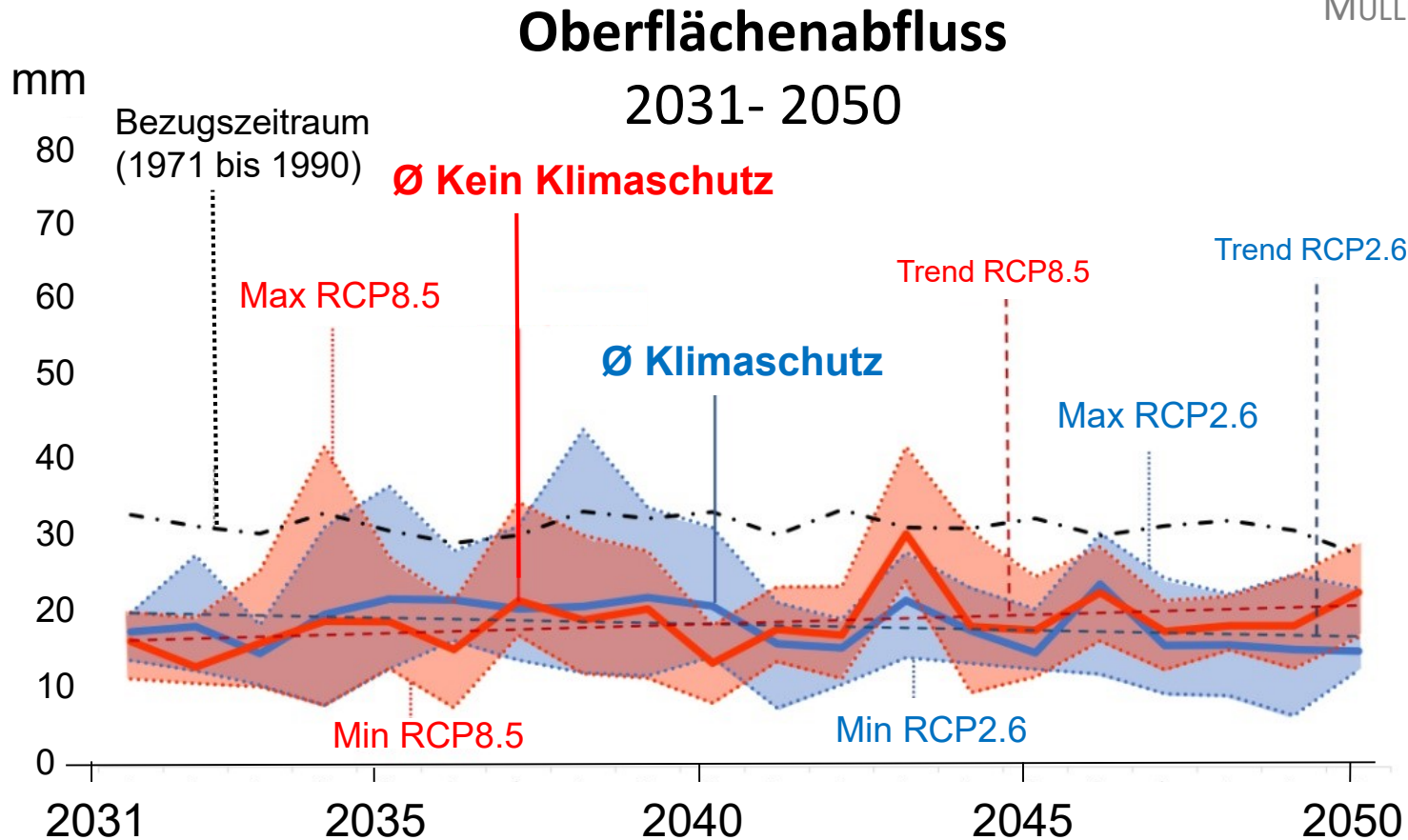
Starkregen-Ereignisse:

- Erhöhtes Risiko für Sturzfluten und Überschwemmungen

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: OBERFLÄCHENABFLUSS

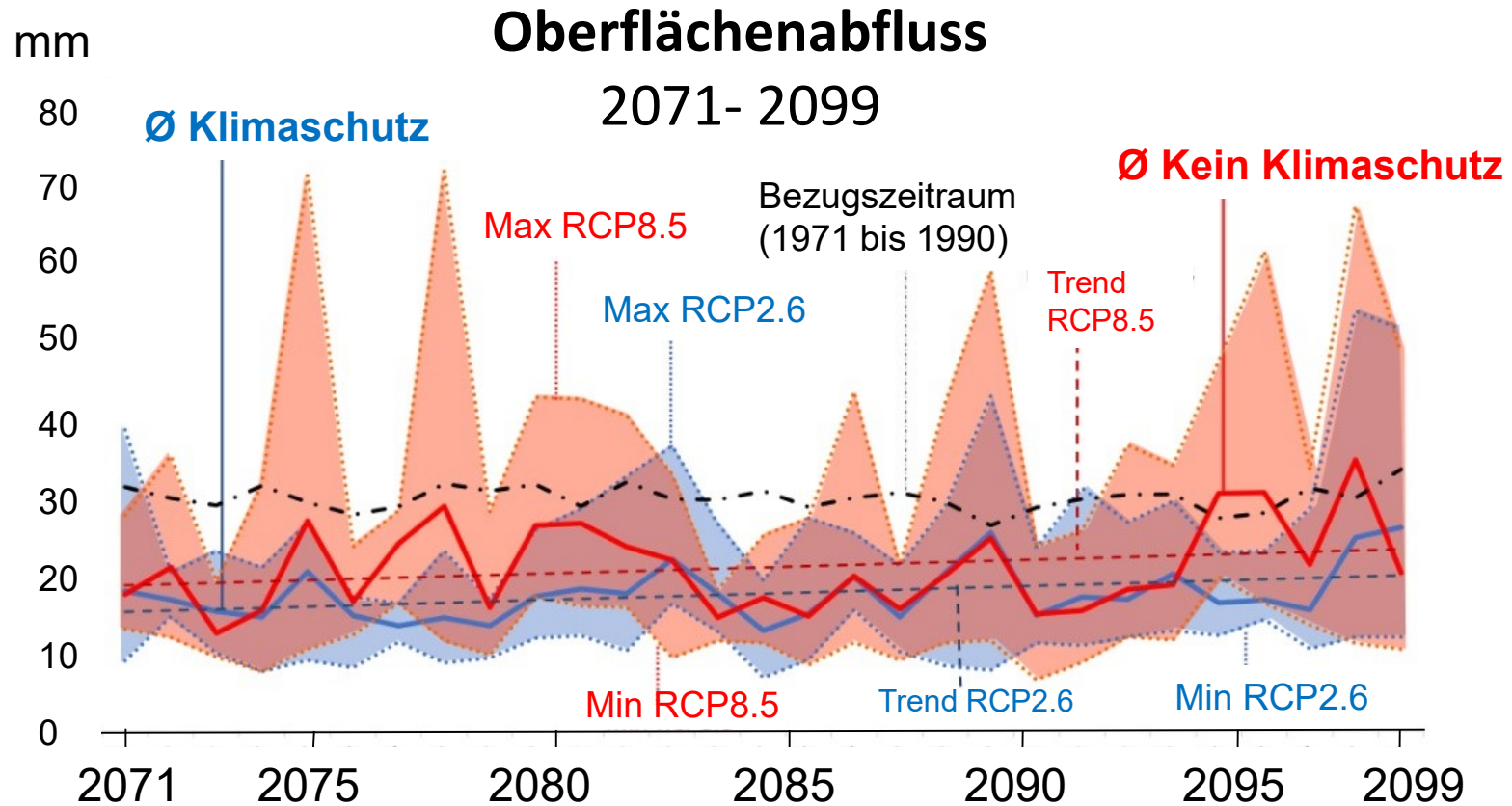


MÜLLER 2023



Insgesamt geringerer OB Abfluss als im Bezugszeitraum durch weniger Niederschlag, größere Dynamik

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: OBERFLÄCHENABFLUSS



MÜLLER 2023

Zunehmende Intensivierung von Abflussspitzen durch Starkregen
und/oder Sättigungsabfluss

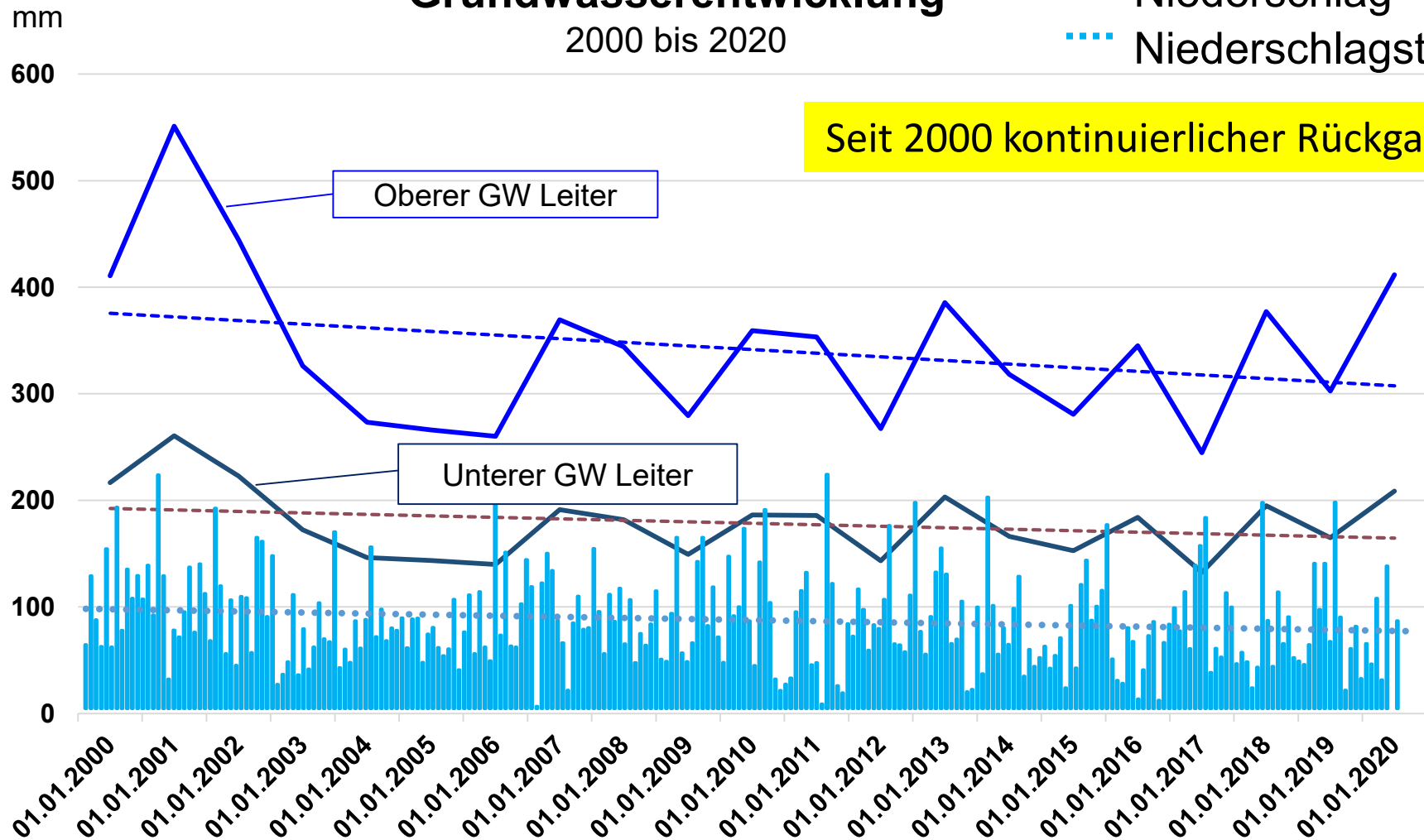
GRUNDWASSERDYNAMIK IM PFÄLZERWALD

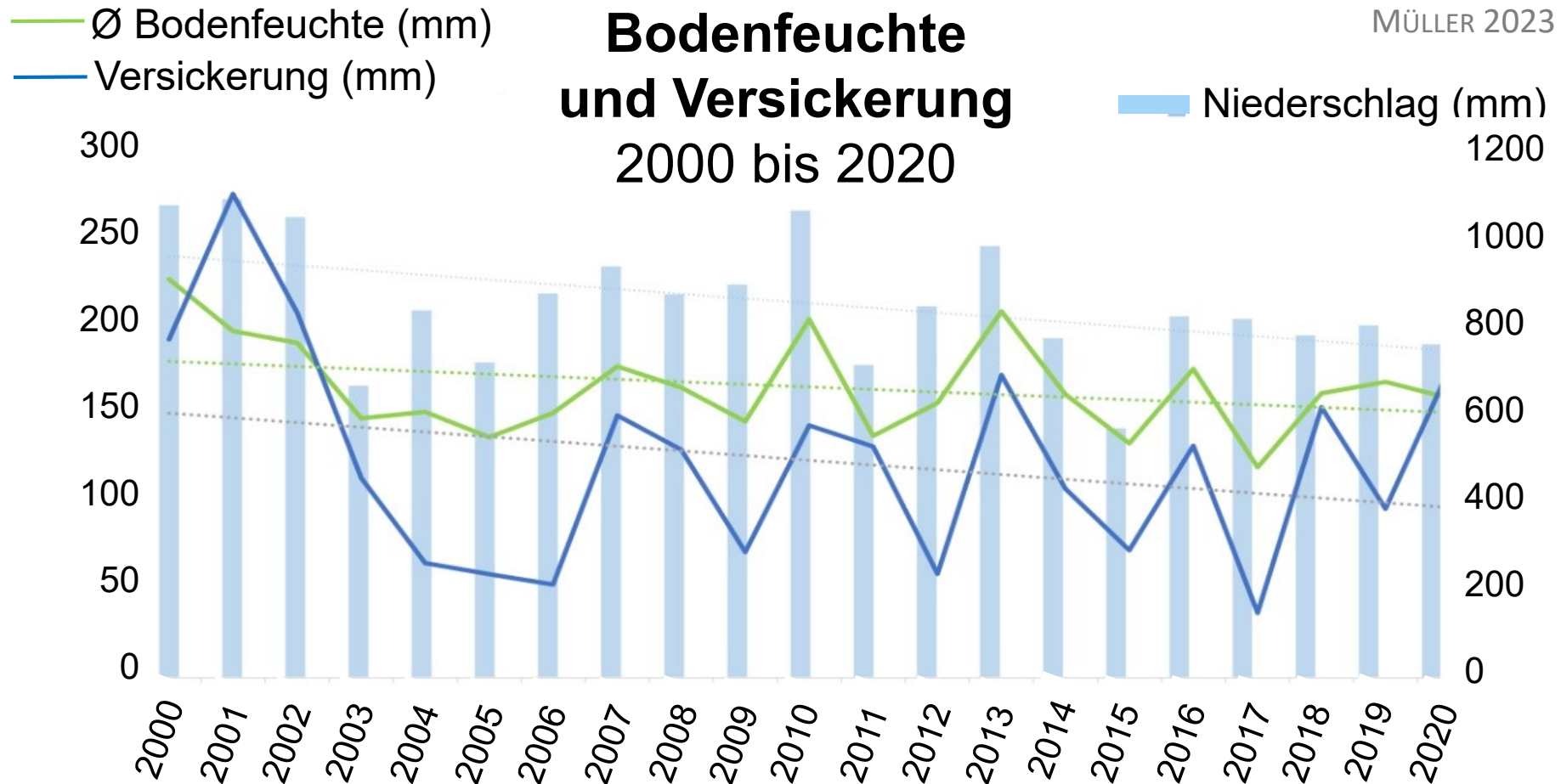


Grundwasserentwicklung

2000 bis 2020

- Niederschlag
- Niederschlagstrend



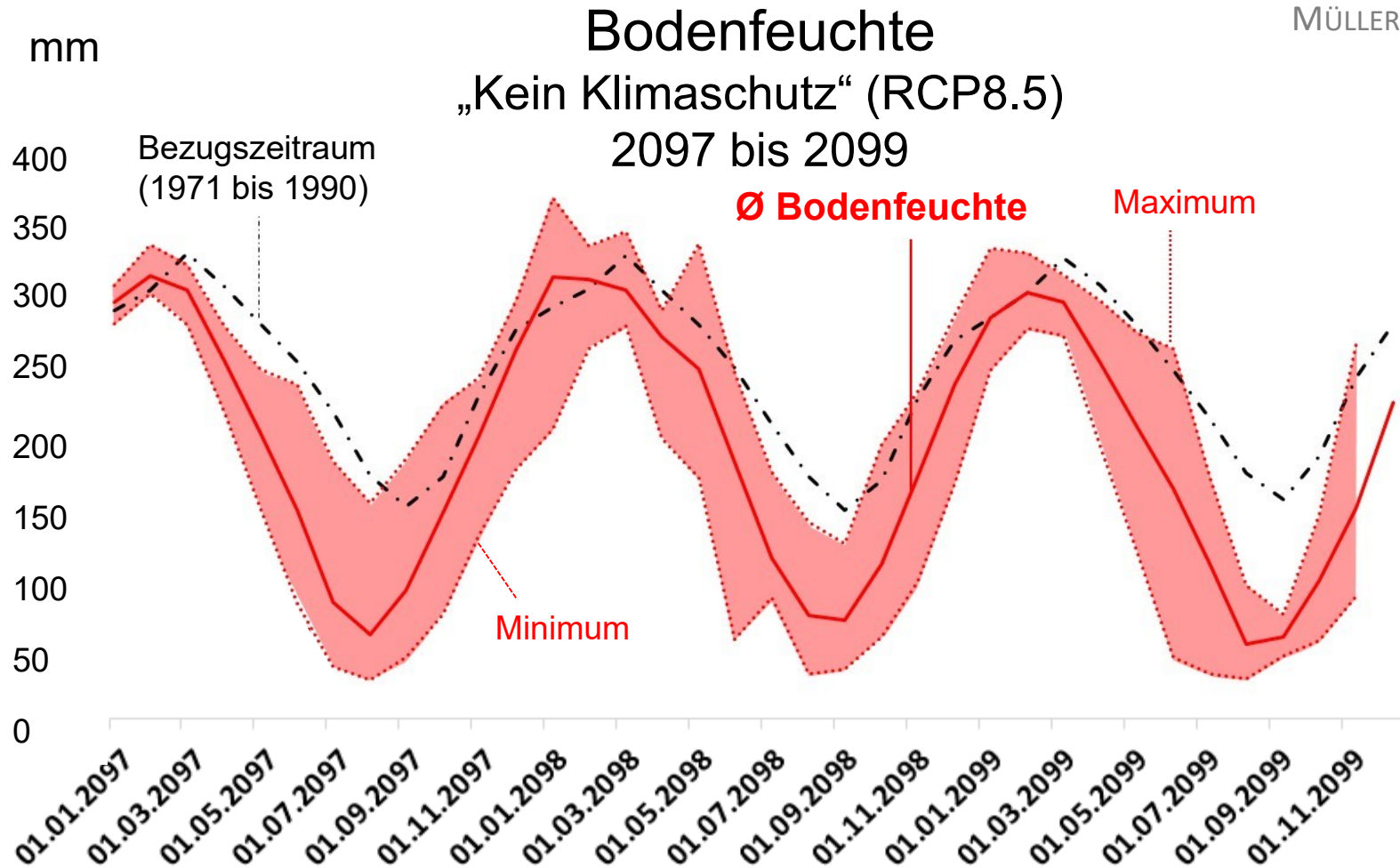


Seit 2000 kontinuierlicher Rückgang Bodenfeuchte und Versickerung

KLIMAPROJEKTIONEN: BODENFEUCHTE

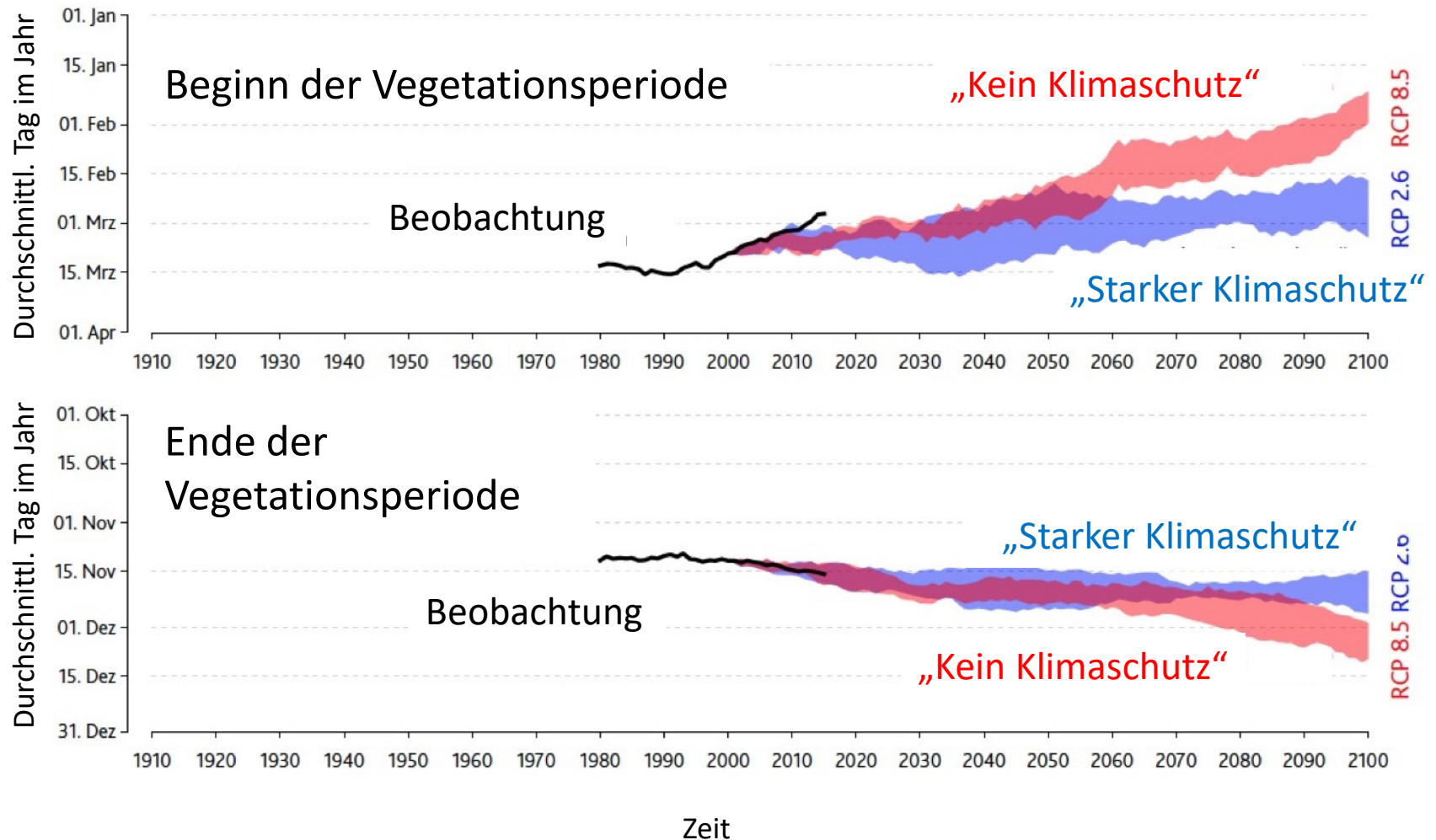


MÜLLER 2023



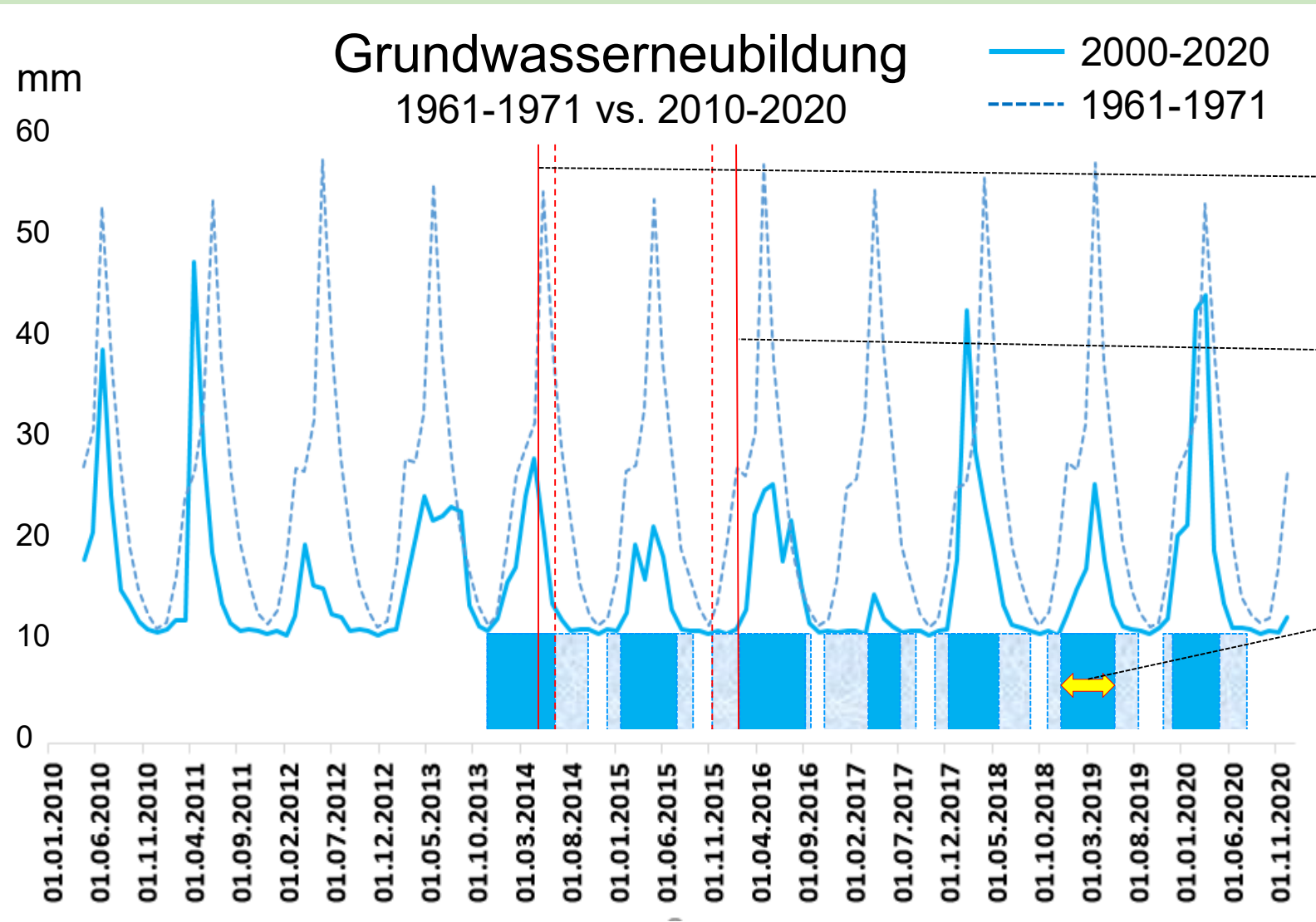
Trend verschärft sich zum Ende des Jahrhunderts zeitlich und mengenmäßig

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: VEGETATIONSPERIODE



REITER et al. 2020

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: GRUNDWASSERSPENDE



Vorzeitiger Beginn der Vegetationsperiode

Späteres Einsetzen der Tiefensickerung

Verkürzte Phase der Wiederauffüllung

MÜLLER 2023

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: GRUNDWASSERSPENDE



Jahr	Vergleichperiode	Kalibrierungsphase	RCP 2.6 / RCP 8.5		RCP 2.6 / RCP 8.5	
			2031-2050	2071-2099	MIN	MAX
	1961-1990	2011-2020				
GW Neubildung [mm/a]	286	178	173	259	168	292

EINFLUSSFAKTOR KLIMA: PROJEKTIONEN



Änderungssignale von Wasserhaushaltsgrößen in der rezenten Periode 2000-20 und in den Klimaszenarien 2031 - 2050 und 2071 - 2099
(Daten aus dem Biosphären-Reservat Pfälzerwald)

		RCP2.6/RCP8.5						
		1961-1990	2000-2020		2031-2050		2071-2099	
		Bezugs- periode	Absolut- werte	% zur Bezugs- periode	Worst case	Best case	Worst case	Best case
[mm]					% zur Bezugsperiode			
Niederschlag		1184.56	821.38	-30.66	-36.37	-3.77	-36.01	2.02
aktuelle ET		707.13	635.7	-10.10	-15.07	3.48	-31.70	4.11
Bodenfeuchte		246.08	164.17	-33.29	-34.52	-7.52	-38.50	-6,90
Grundwasser- Neubildung		285.7	177.6	-37.8	-39.45	-9.23	-41.18	2.07
Oberflächenabfluss		30	12.47	-58.43	-13.30	-62.18	28.90	-63.13

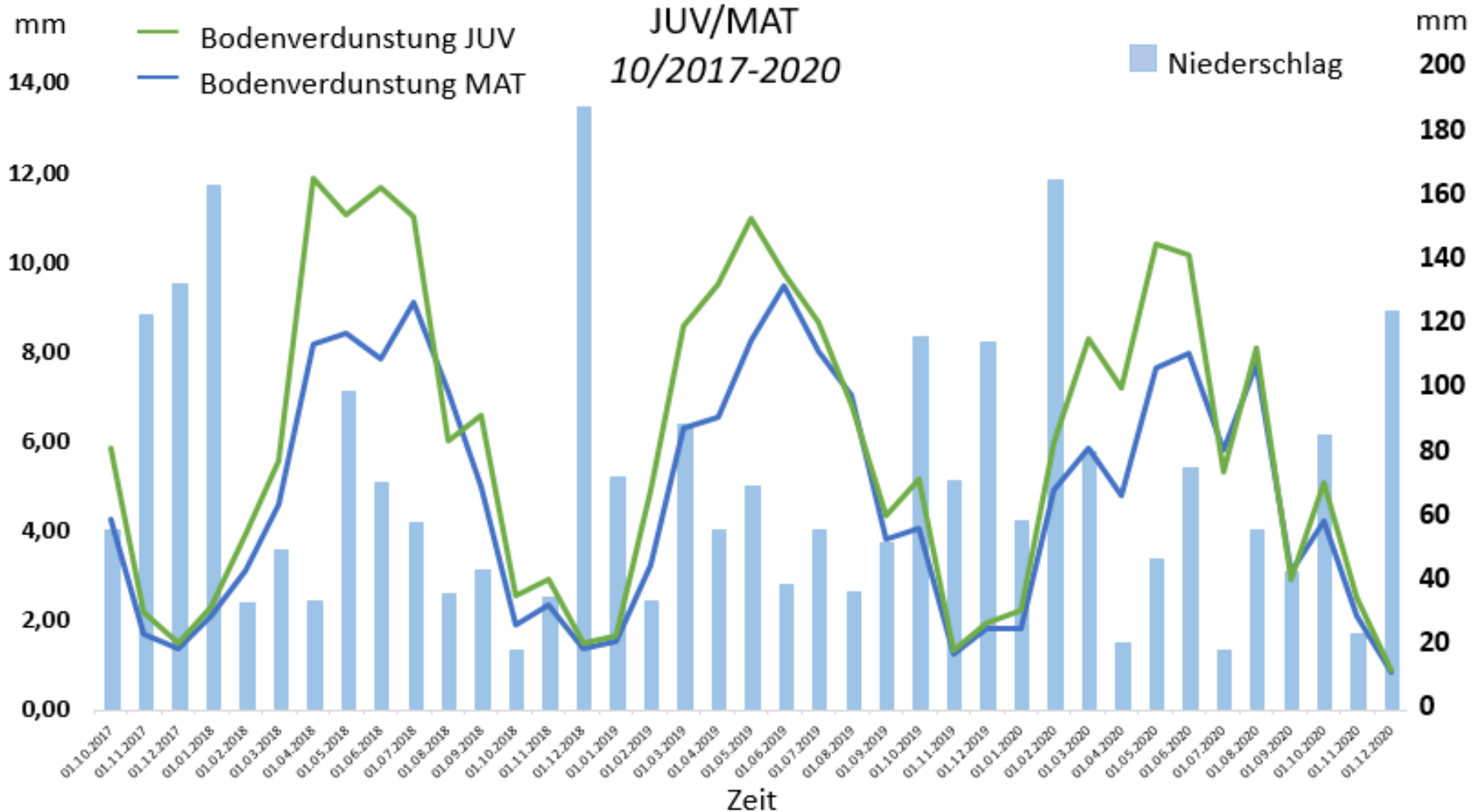
MÜLLER 2023

EINFLUSSFAKTOR BESTANDESSTRUKTUR



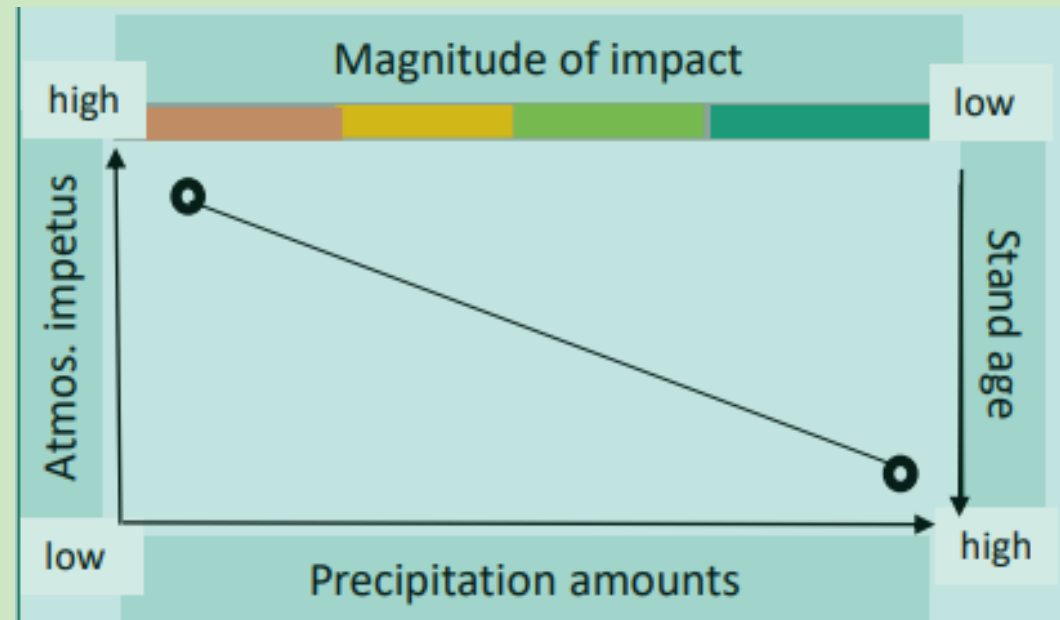
MÜLLER 2023

Bodenverdunstung-Niederschlags-Dynamik



Geringe Kronenüberschirmung:

- Höhere Aufprallenergie Regentropfen (Erosion)
- Höhere Bodenverdunstung
- Höherer OB-Abfluss
- Höhere **quantitative** GW Neubildung



Oberflächenabfluss

Wegenetz
2001-2010
Tägliche Werte

Niederschlag
mm

Verdichtet
Unverdichtet

mm

7

6

5

4

3

2

1

0

242 %
Zuwachs

133 %
Zuwachs

45

40

35

30

25

20

15

10

0

01.01.2001

01.01.2002

01.01.2003

01.01.2004

01.01.2005

01.01.2006

01.01.2007

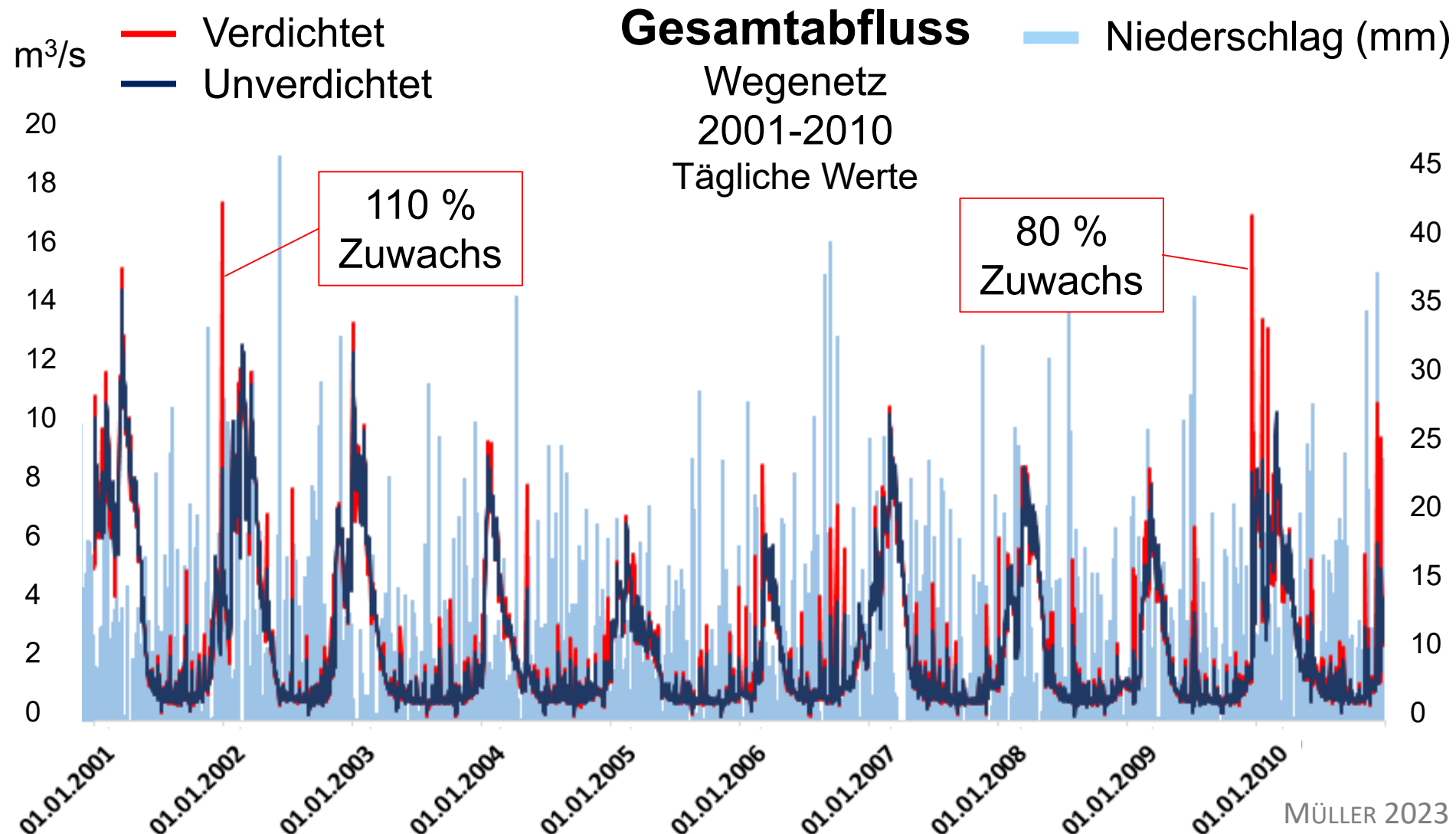
01.01.2008

01.01.2009

01.01.2010

MÜLLER 2023

EINFLUSSFAKTOR INFRASTRUKTUR



Das Waldwegenetz im Biosphärenreservat Pfälzerwald (versiegelt 10,87 % der Gesamtfläche)

Wasserhaushaltsparameter	Änderung in % Bezug zur Waldfläche
Oberflächenabfluss	+36,2 %
Beitrag in den Vorfluter	+12,3 %
Grundwasserneubildung oberes Grundwasser-Stockwerk	-2,0 %
Grundwasserneubildung tieferes Grundwasser-Stockwerk	-1,7 %

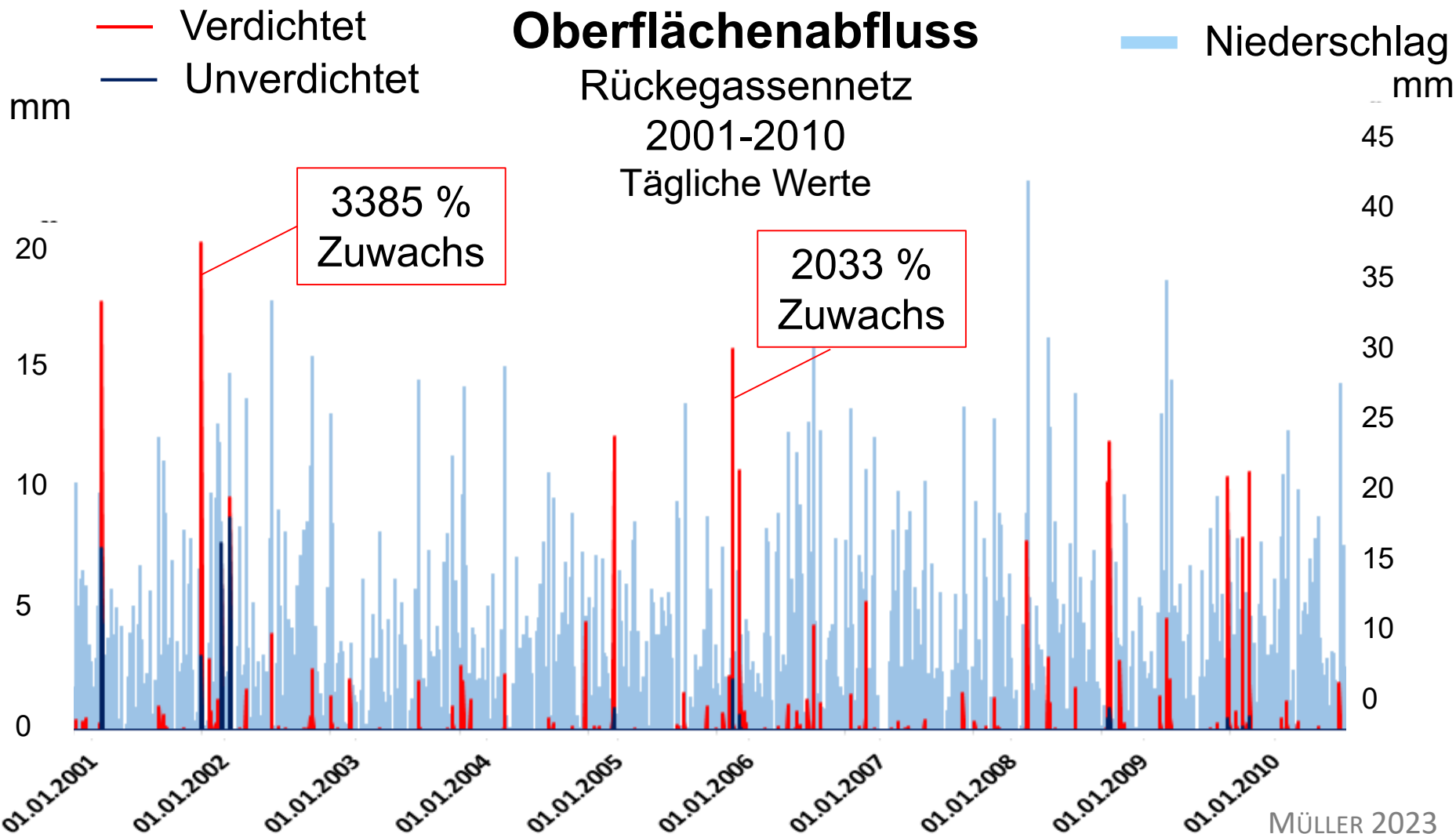
Rückegassennetz

Bodenverdichtung von ... auf ...

	<1,45 g/cm ³ -> >1,65 g/cm ³	<1,45 g/cm ³ -> >1,65 g/cm ³
Bodenart	Wasserleitende Makro- und Mesoporen >50 µm bis >0,2 µm (pF 0,8 bis 4,2)	Mikroporen < 0,2 µm (pF >4,2)
S	38 % -> 28 %	7 % -> 5 %
IS	37 % -> 26 %	9 % -> 7 %
sU	32 % -> 24 %	15 % -> 12 %
L	21 % -> 12 %	28 % -> 23 %

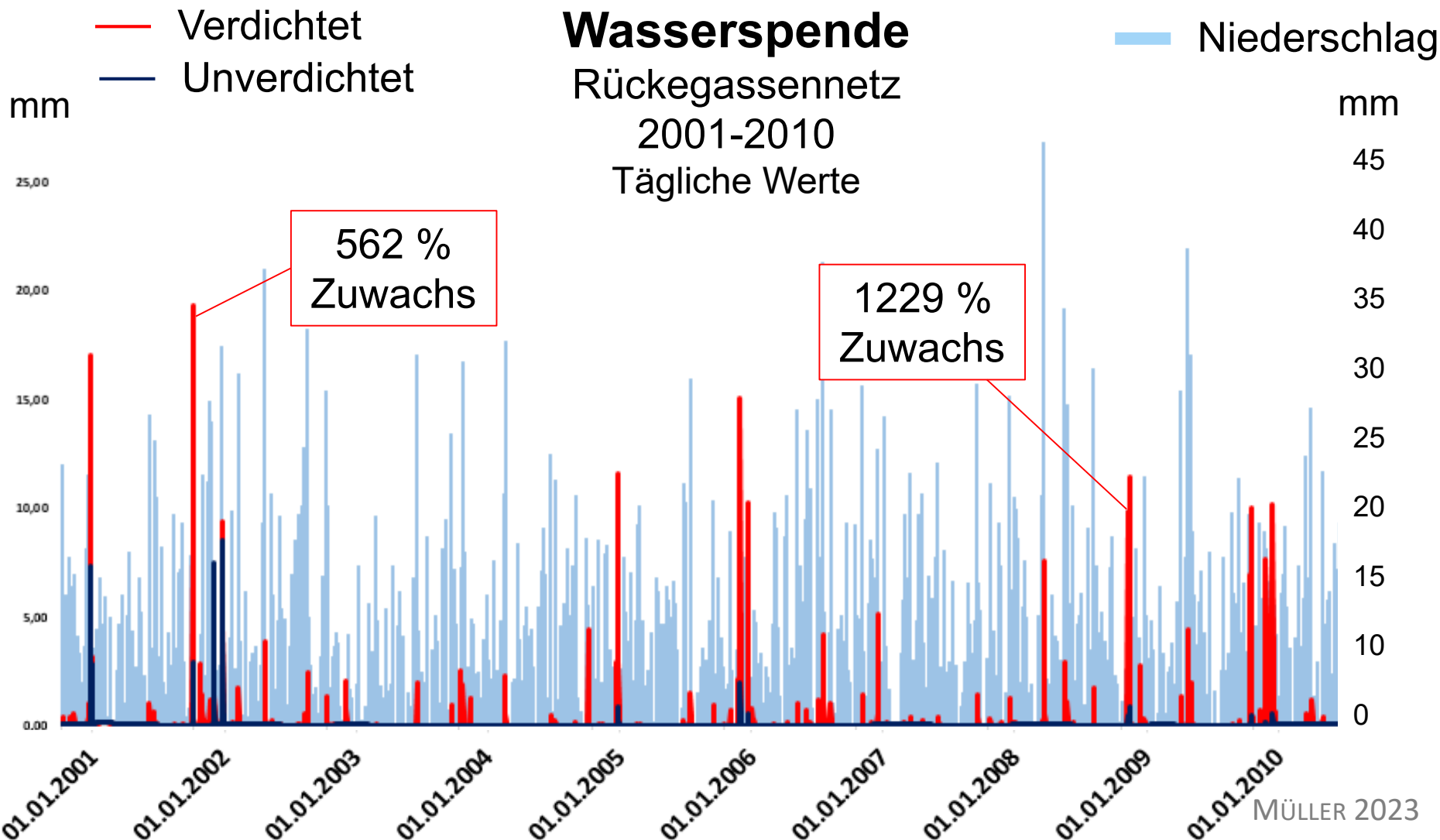
- Abhängig von der Bodenart
- Lehmige Standort sind besonders anfällig für Bodenverdichtung

RÜCKEGASSENNETZ: BODENKLASSE L



MÜLLER 2023

RÜCKEGASSENNETZ: BODENKLASSE L





Vielen Dank
für die
Aufmerksamkeit

G.H.G.

© G. SCHÜLER



LITERATUR



- MÜLLER, E.V. (2023):** *Analysis of forest-specific ecosystem services with regard to water balance components: Runoff and groundwater in the forest.* Dissertation Universität Trier. Verfügbar: [Analysis of forest-specific Ecosystem Services with regard to water balance components: runoff and groundwater recharge in the forest \(rlp.de\)](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-65887-p0011-9)
- REITER, P., SAUER, T., VOIGT, M., ZIMMER, M. (2020):** *Klimawandel in Rheinland-Pfalz. Themenheft Klimawandel – Entwicklungen in der Zukunft.*

ZUSAMMENFASSUNG MASSNAHMEKATALOG



Verbesserung des Wasserhaushalts in Waldbeständen

Waldbau

Regentropfenenergie brechen

- Anpassung Baumarten-zusammensetzung: klimaresistente Arten, hoher Laubbaumanteil
- Verbesserung Waldinnenklima: Vermeidung von Bestandeslücken
- Verjüngung auf Kahlflächen: vielschichtige zeitlich-räumliche Strukturen verbessern, Vorausverjüngung von Mischbaumarten zur Risikovorsorge

Bodenschutz

Versickerung begünstigen

- Verbesserung des Bodenwasservorrats: Humusförderung (günstige Streu, Totholzverbleib im Bestand)
- Identifizierung von kritischen Bereichen für die Abflussbildung (CSA)
- Erhöhung der Wasserrückhaltung: Rückführung von Wasser in Bestände (Rigolen, Mulden, Flutbecken)
- Bodeschutzkalkung: Chem. Pufferkapazitäten erhöhen, strukturbildende Bodenfauna stabilisieren

Walderschließung

Abflusswasser in der Fläche verteilen

- Erhöhung der Wasserrückhaltung: Rückführung von Oberflächenabfluss in Bestände
- Minimierung der Befahrungsintensitäten
- Befahrung nach Gefährdungskarten (Bodensubstrat, Vorbelastung, Hangneigung, Wassergehalt)

Retentionsflächen

Naturräume wiederherstellen

- Auenrenaturierung
- Wiederauffüllung von Draingräben
- Wiedervernässung natürlicher Feuchtgebiete

MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ÖSDL



Rheinland-Pfalz



© G. SCHÜLER

Wegeprofil: statt Trapezform besser Rundprofile mit breitflächiger Entwässerung in angrenzende Bestände



© G. SCHÜLER

Wasserableitung: statt Rohrdurchlässe besser Rigolen, die das Wasserhangabwärts breitflächig in angrenzende Bestände verteilen

MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ÖSDL



Rheinland-Pfalz



© G. SCHÜLER

Keyline Design oder „Kaiser-Wannen“:
Entlang der wasserführenden Vertiefungen wird je nach Geländemorphologie Oberflächenabfluss entlang der Höhenschichtlinien in Versickerungsgräben geleitet und von dort in den Bestand verteilt



© G. SCHÜLER

Renaturierung von Waldmooren: Die Wiedervernässung speichert Wasser in der Landschaft und mildert Abflussspitzen

MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ÖSDL



Rheinland-Pfalz



© G. SCHÜLER

Bachauen: Natürliche
Überflutungsareale = Retentionsräume

Natürliche Bachauen nehmen
Oberflächenwasser aus Sturzfluten und
Hochwasserwellen in der gesamten Fläche auf
und brechen damit Spitzen-Hochwasserwellen.



© G. SCHÜLER

MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ÖSDL

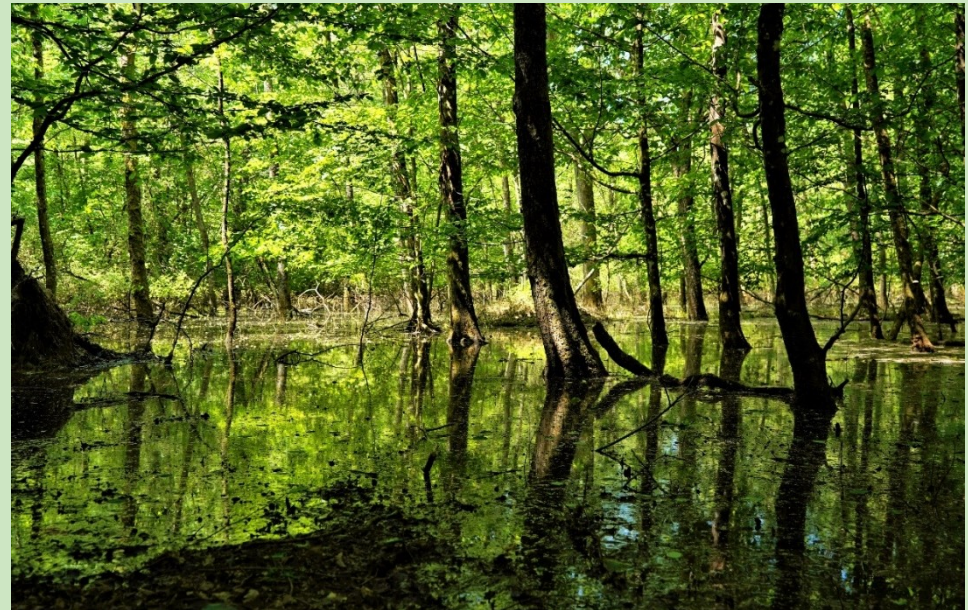


Rheinland-Pfalz



Stammbarrieren vor dem Durchlass mit Raum für den Grundabfluss reduziert den Durchfluss und bricht so Hochwasserspitzen

© G. SCHÜLER



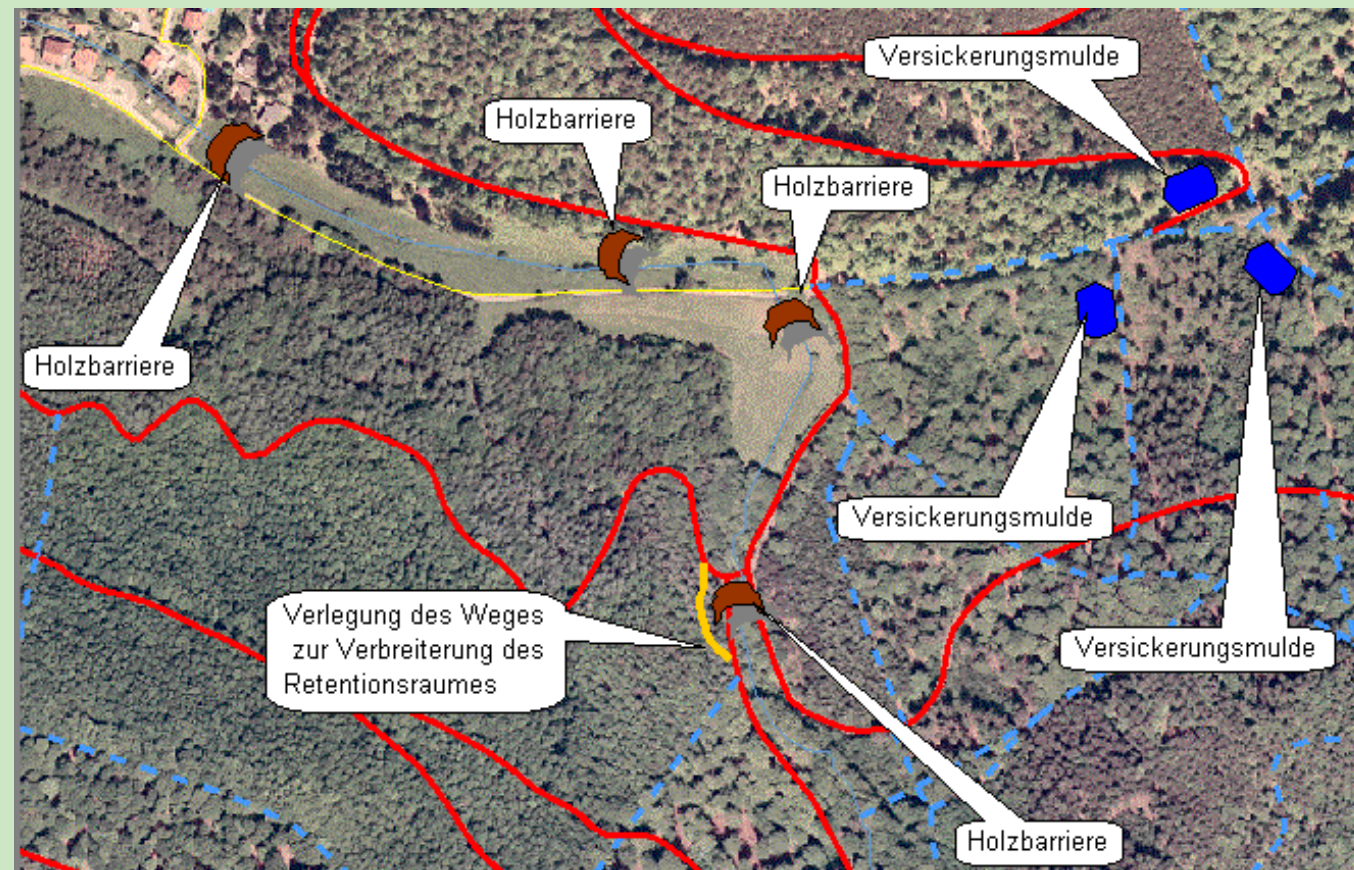
“Schwamm-Wälder”:
Bach- und Talauen nützen als
künstlich angelegte,
ungesteuerte Retentionsräume

© G. SCHÜLER

MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ÖSDL



Rheinland-Pfalz



(SCHÜLER 2006)

Die größte Wirkung haben **viele verschiedene Einzelmaßnahmen**, beginnend nahe am Ort des Abflussgeschehens