



A1 - Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen und Großwetterlagen im Klimawandel:

ZUGBAHNEN

ZAMG: *M. Hofstätter, A. Lexer, B. Chimani, M. Ganekind*



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Gliederung

1. Grundlagen Projekt WETRAX
2. Zugbahnanalyse
3. Starkniederschlagsrelevanz
4. Veränderung Auftrittshäufigkeit Vergangenheit
5. Güte der globalen Klimamodelle
6. Auftrittshäufigkeit Klimazukunft

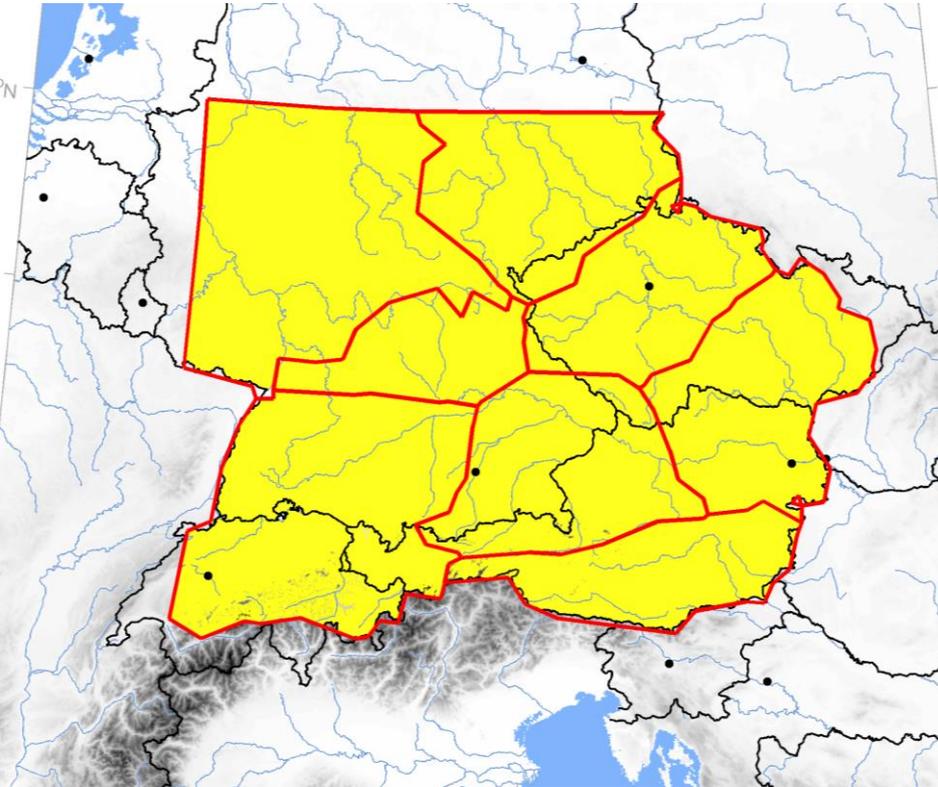
**Verändert sich die Häufigkeit und/oder Intensität
von großflächigen Starkniederschlägen
im Klimawandel
in Österreich und Süddeutschland (Mitteleuropa)**

WARUM?

Beobachtung, Hypothese: Großflächige Niederschlagsereignisse - und als Folge großräumige Hochwasserereignisse - stehen mit **bestimmten Mustern** der atmosphärischen Zirkulation in Zusammenhang.

Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation?

BEGRIFFLICHKEITEN



**Untersuchungsgebiet:
„Mitteleuropa“**

„Großflächig“: Gebiete ähnlicher Variabilität

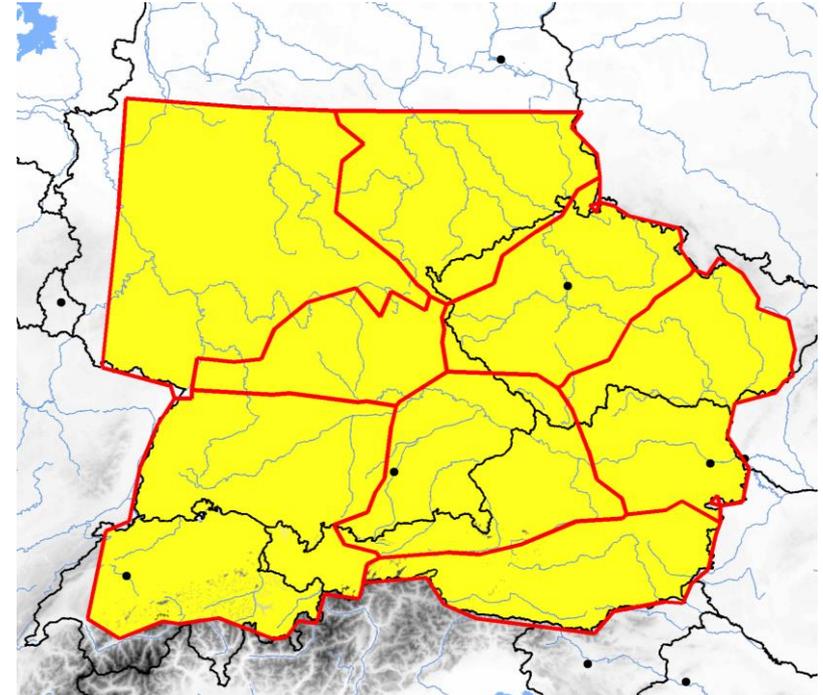
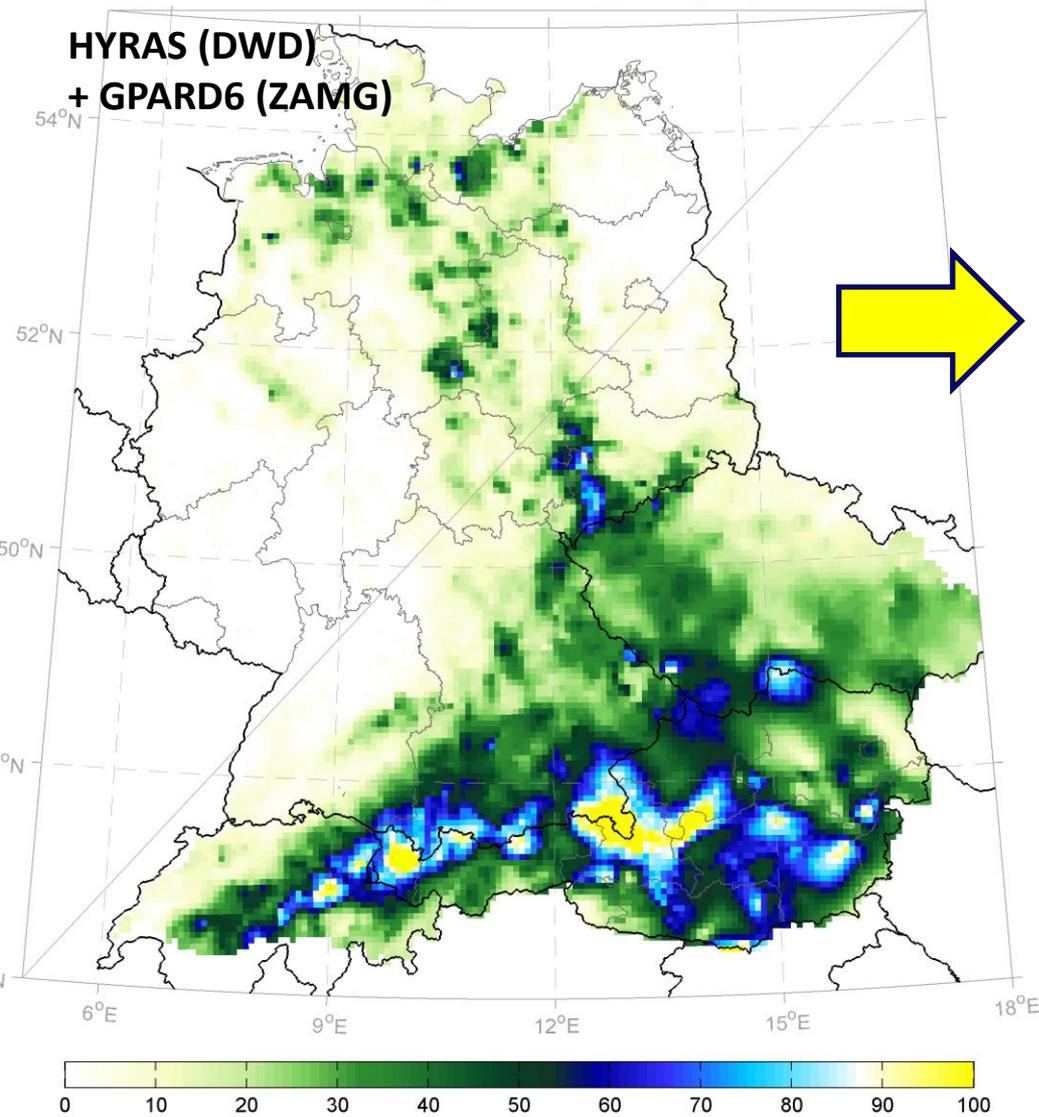
Starkniederschlag: 95. Perzentil, (N=5/100)

„Intensität“: Niederschlagsmenge R_x^{95}

„Häufigkeit“: Anzahl Ereignisse $> R_x^{95}$

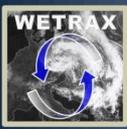
Niederschlagssumme 11.Aug 2002 (24h)

HYRAS (DWD)
+ GPARD6 (ZAMG)



**AGGREGATION in charakteristische
Niederschlagsregionen**

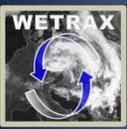
- Flächenmittel der 24h- und 6h-Summen
- 4 Saisonen, 1 Gesamtjahr



Datengrundlage

Beobachtungsperiode: 1951-2006 (NCEP1)
(Reanalysedaten) 1961-2002 (ERA-40)

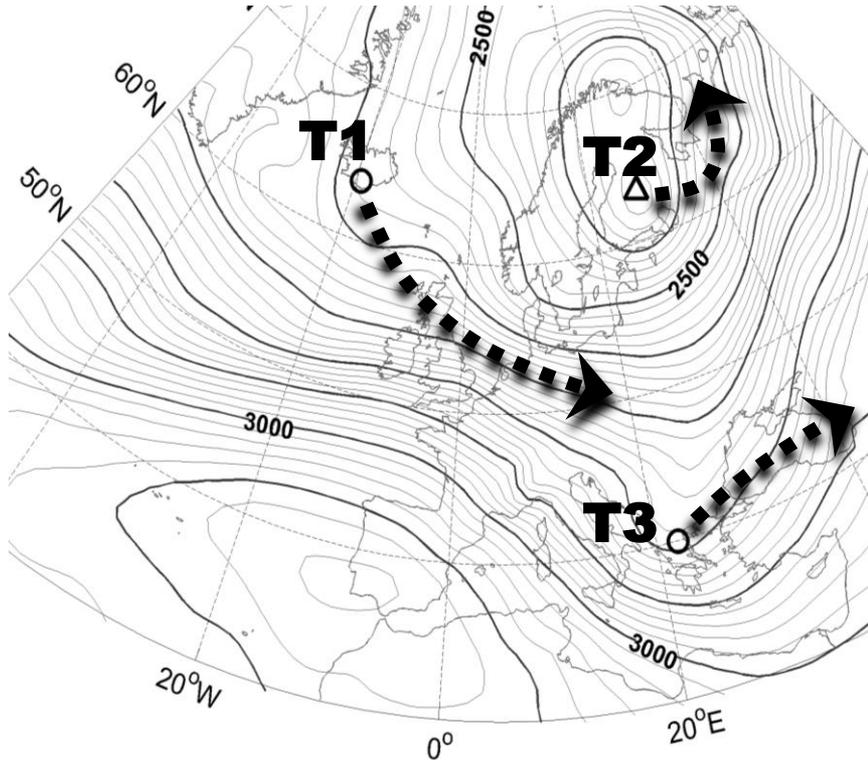
Zeitscheiben	IPCC	1971-2000	2021-2050; 2071-2100		
			Historisch	RCP 4.5	SRES A1B
Echam5	AR4 / 2007	1 & 3		1 & 3	
EC-Earth	AR5 / 2014	1	1		1
ECHAM6	AR5 / 2014	1-3	1-3		1-3



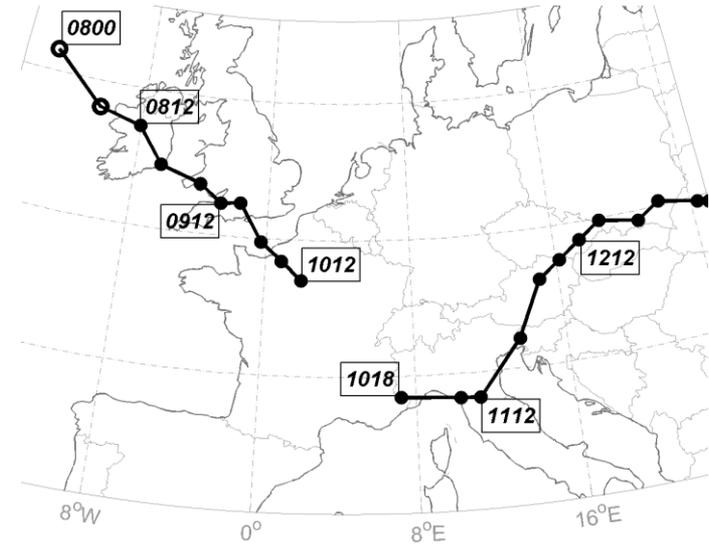
Zugbahnanalyse

ZUGBAHNANALYSE

„Verlagerung der Tiefdruckgebiete“



Ergebnis: MSLP August 2002



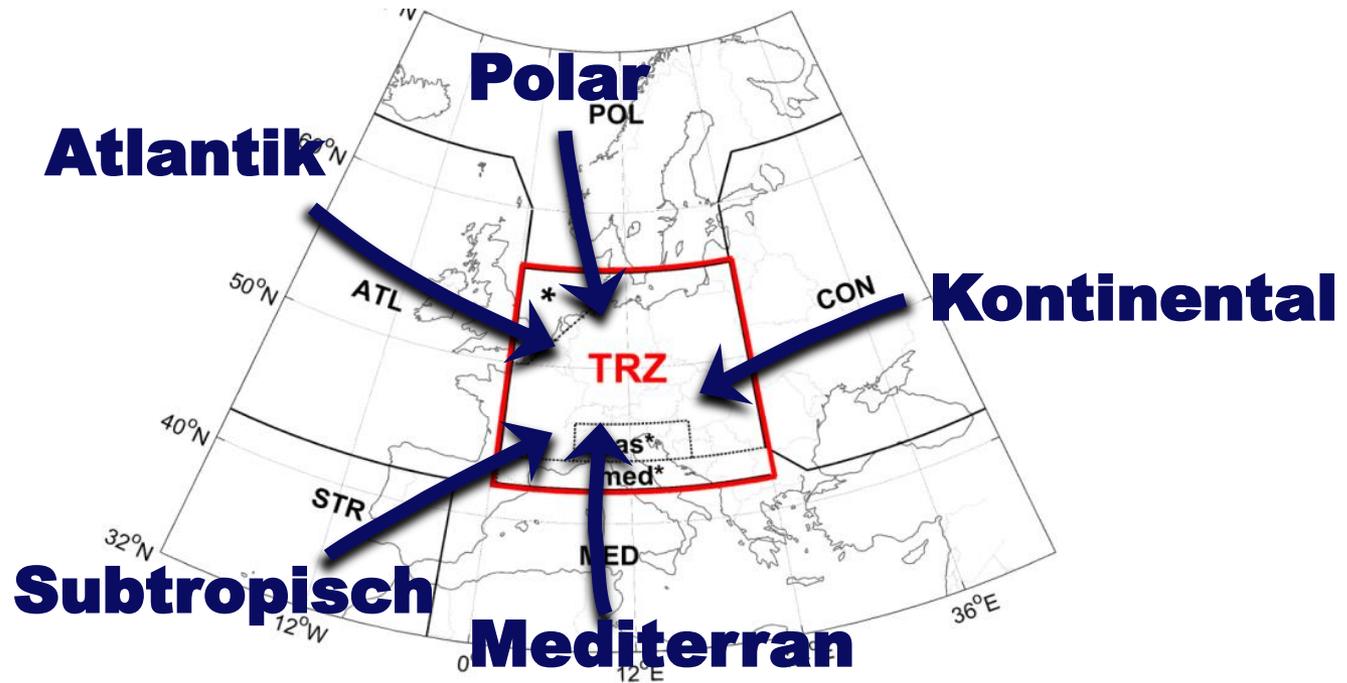
Analyse auf 2 unterschiedlichen Niveaus

MSLP (Luftdruck Meeresniveau)

700hPa (~3000m Seehöhe)

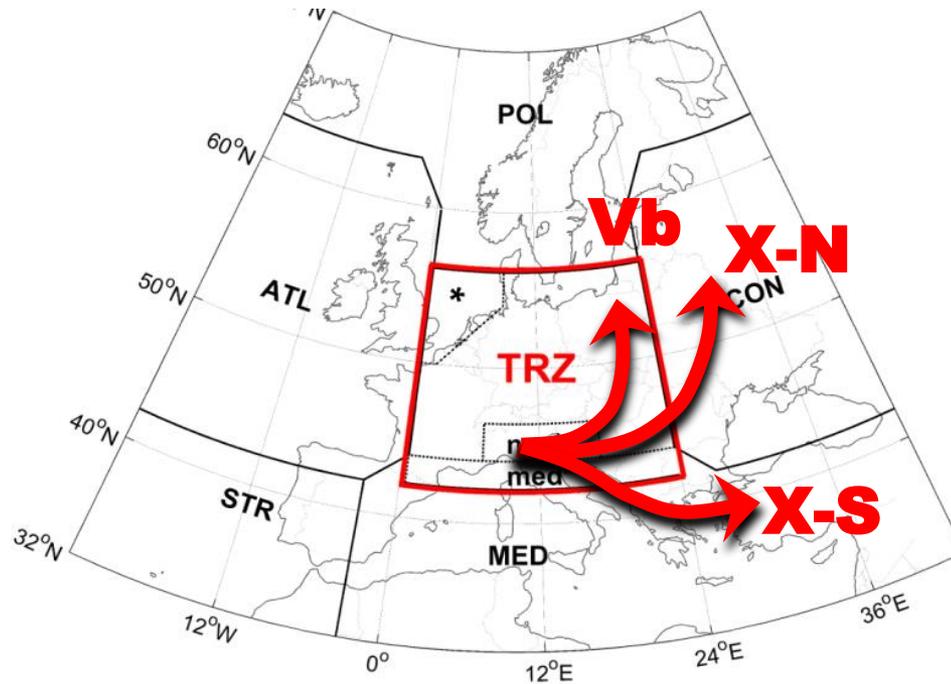
ZUGBAHNANALYSE

„Klassifikation der Zugbahnen nach Herkunftsgebieten“



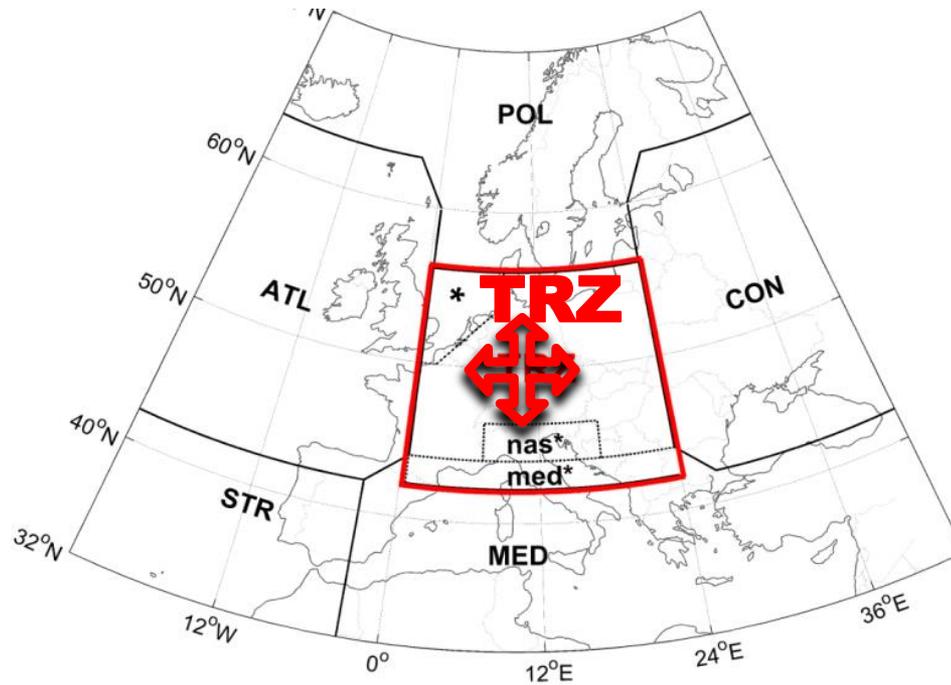
ZUGBAHNANALYSE

„Klassifikation der Zugbahnen nach Herkunftsgebieten“



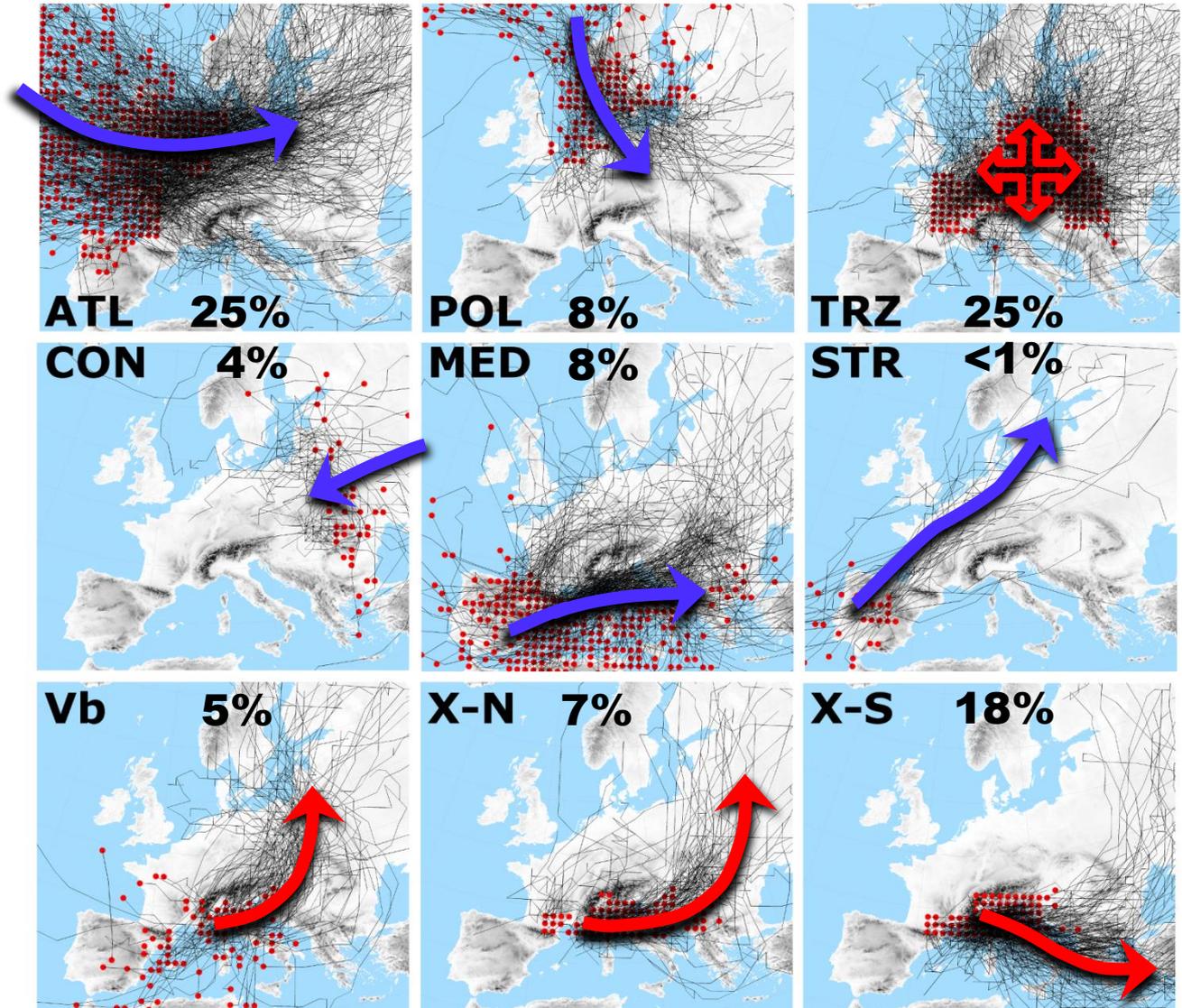
ZUGBAHNANALYSE

„Klassifikation der Zugbahnen nach Herkunftsgebieten“



Zugbahnen/Jahr

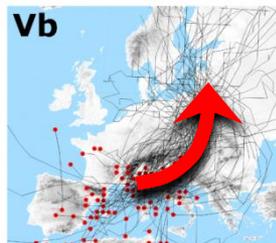
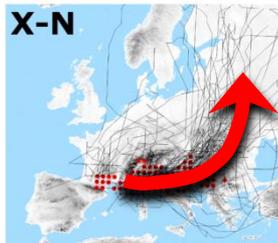
145 Meereshöhe
87 auf 3000m



Auftrittshäufigkeit nach Saisonen für MSLP

		Alle Intensitäten				Die stärksten 10% je Zugbahntyp			
		MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF
MSLP	'Vb'	0,35	0,18	0,26	0,20	0,23	0,46	0,31	0,00
	'X-N'	0,31	0,35	0,20	0,13	0,24	0,09	0,41	0,26
	'X-S'	0,26	0,33	0,20	0,22	0,33	0,08	0,26	0,33
	'MED'	0,28	0,18	0,24	0,30	0,35	0,05	0,27	0,33
	'ATL'	0,25	0,20	0,24	0,31	0,17	0,06	0,32	0,46
	'POL'	0,24	0,12	0,22	0,41	0,07	0,03	0,21	0,69
	'CON'	0,35	0,35	0,11	0,18	0,00	0,29	0,29	0,43
	'TRZ'	0,35	0,25	0,20	0,20	0,42	0,17	0,19	0,23
ALLE TYPEN		0,29	0,25	0,22	0,24	0,24	0,11	0,27	0,38

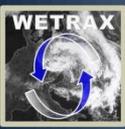
- Schwacher Jahresgang (Min im Herbst)



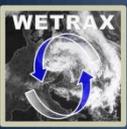
- Starker Jahresgang (WinterMAX, SommerMIN)

- Verschiebung in den Winter: POL, ATL, CON

- Maximum im Herbst: X-N
- **SOMMER-MAXIMUM bei Vb !!!**
46% anstelle 11%



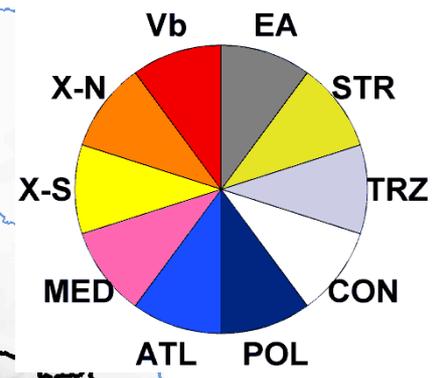
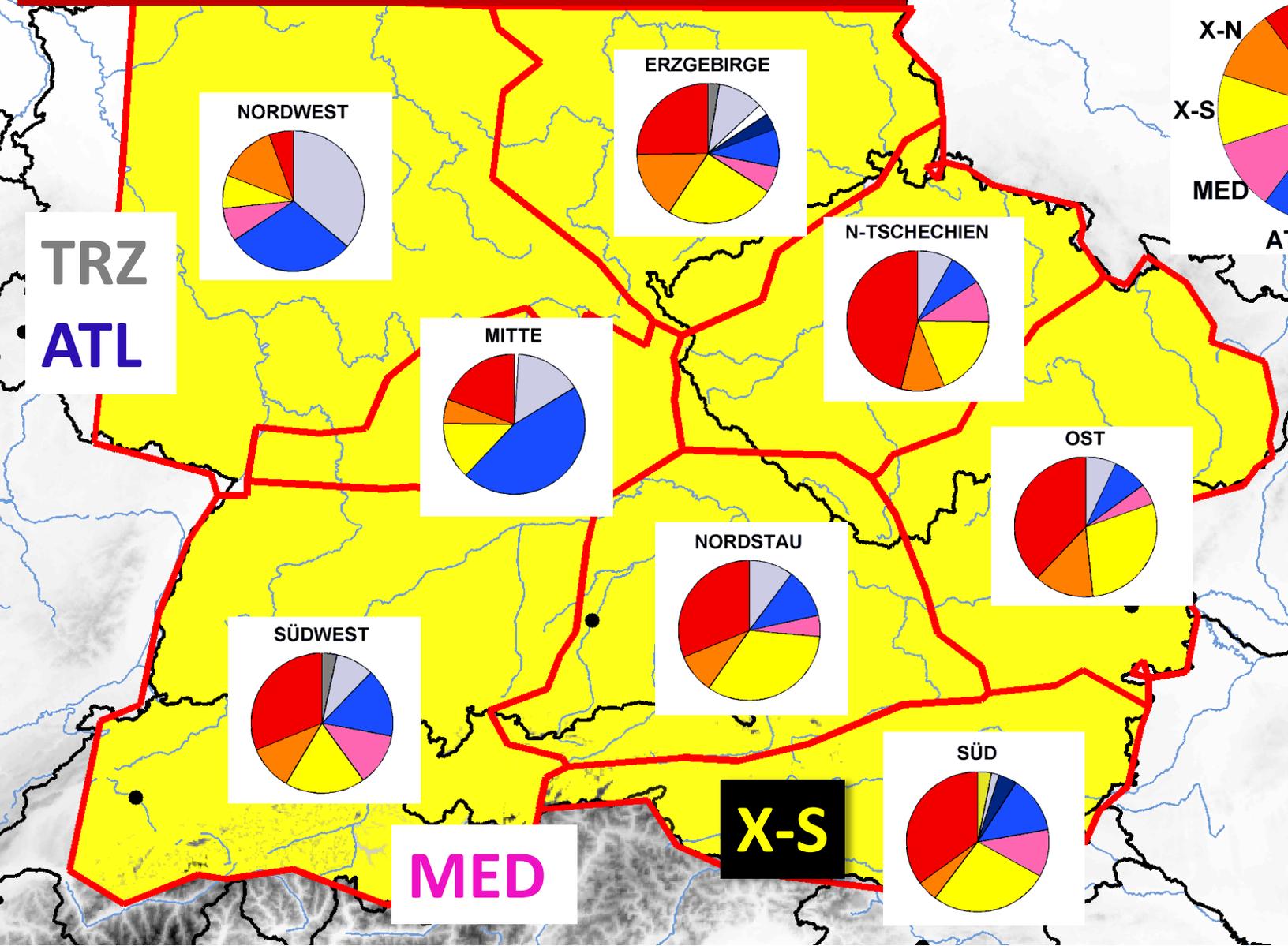
Starkniederschlags- relevanz



Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen im Klimawandel



TOP 20 – NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE (36h-Summe)

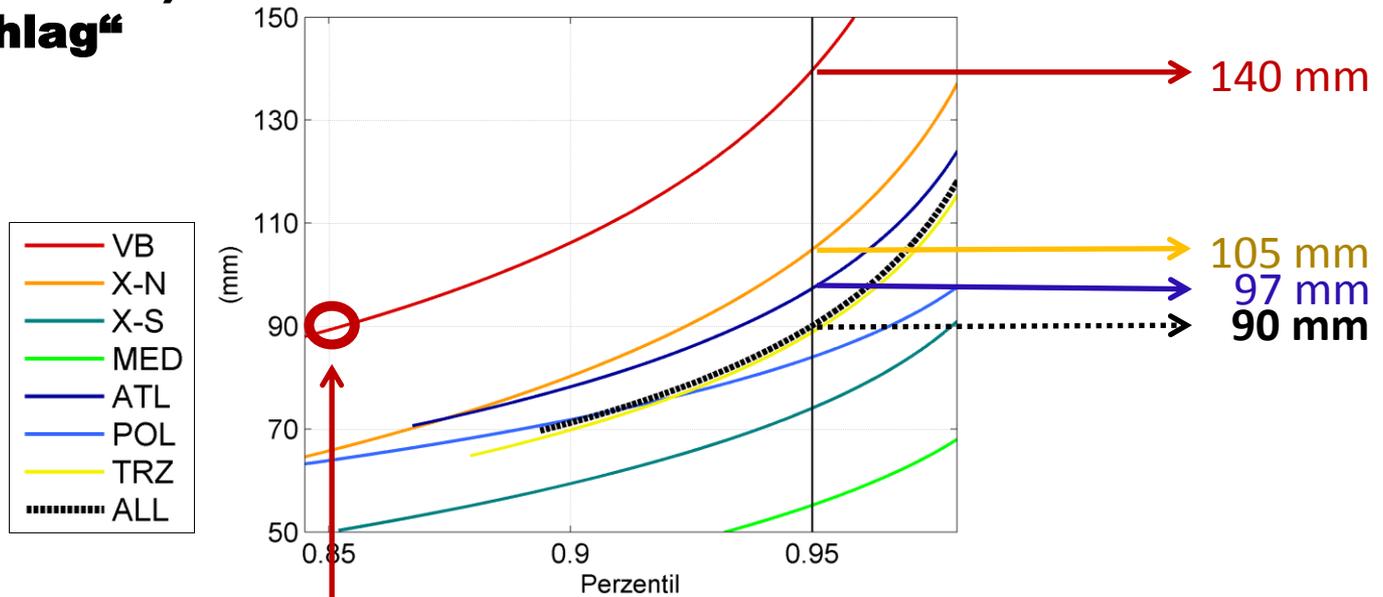


Vb
X-N

Starkniederschlagsrelevanz der Zugbahntypen

95. Perzentil (N=5/100)
„Starkniederschlag“

Region „Nordstau“



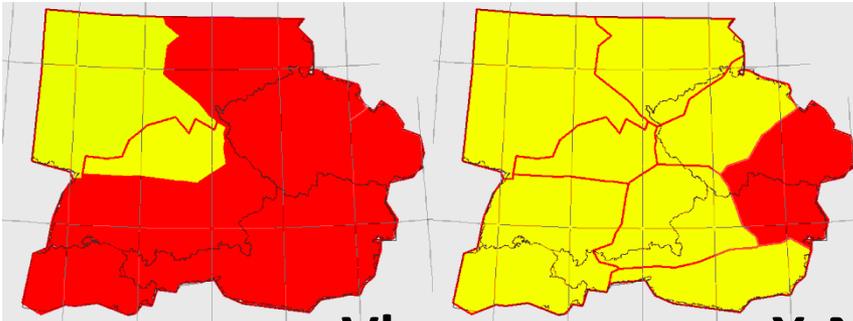
Vb: N=15/100 → starkniederschlagsrelevant

Überschreitungshäufigkeit N/100 Starkniederschlag (RR 95pct)

Mittel über alle Regionen

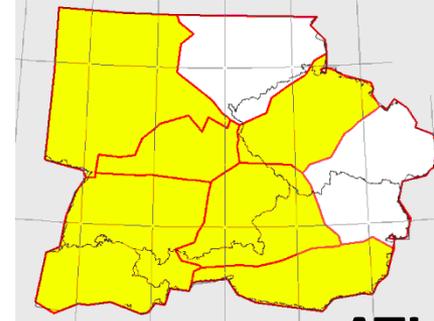
		Vb	X-N	X-S	MED	ATL	POL	CON	TRZ
(1)	Gesamtjahr	13	8	5	3	5	2	2	4
	<i>MSLP</i>	18	6	6	4	5	3	5	4

700



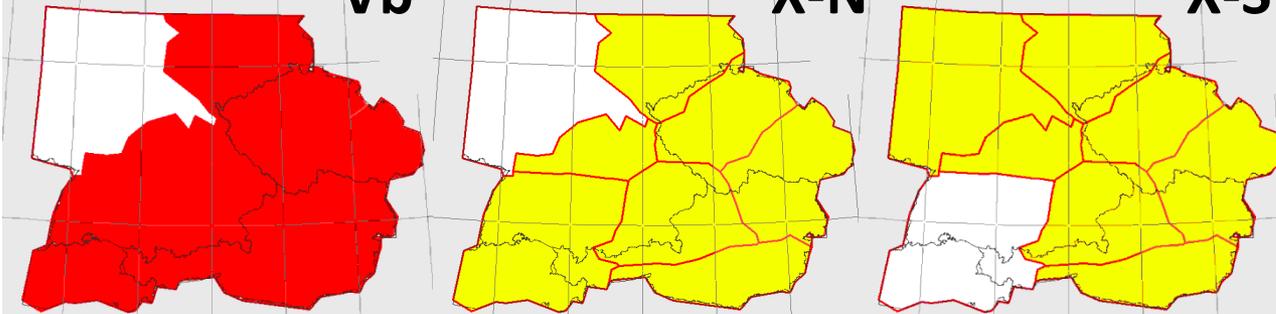
Vb

X-N

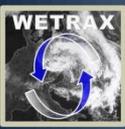


ATL

MSLP



X-S



Überschreitungshäufigkeit N/100 Starkniederschlag (RR 95pct)

Vb saisonal: MSLP

Region	Name	Nov-April	Mai-Okt
Alle	-	10	23
1	Nordwest	1	8
2	Südwest	5	28
3	Erzgebirge	9	28
4	Nordstau	11	23
5	Ost	22	26
6	N-CZ	14	23
7	Süd	18	14
8	Mitte	5	17

Generell sehr hohe RR-Summen im SOMMER

Aber: Süd/Ost/N-CZ auch im Winterhalbjahr!

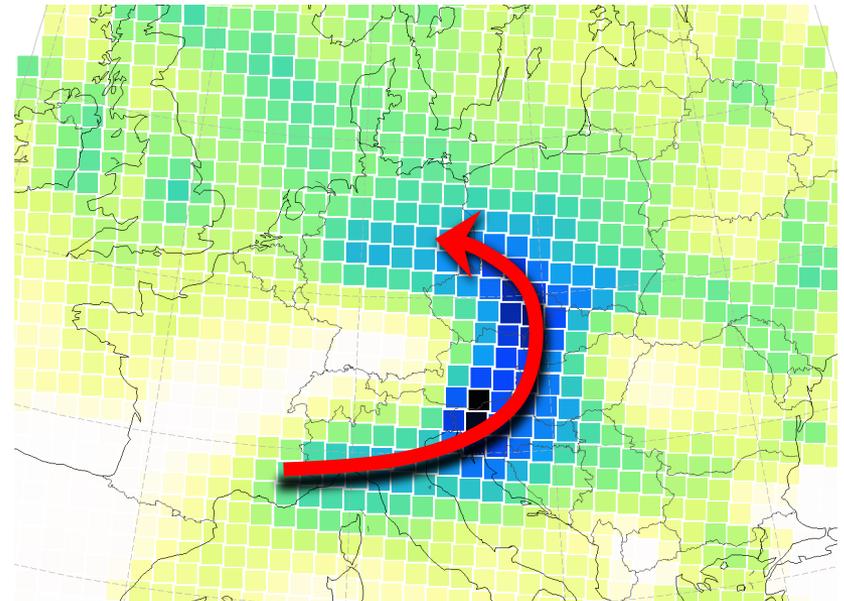
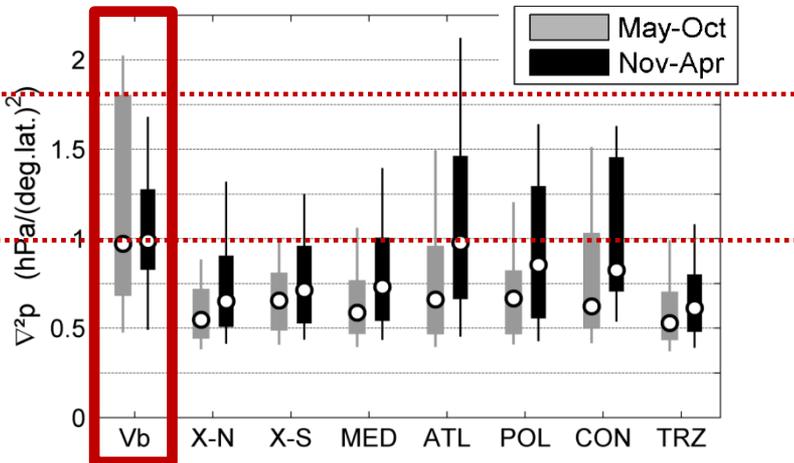
Wieso sind manche (Vb) Ereignisse so stark (RR) und andere nicht?

Niederschlagsmenge hängt stark ab von:

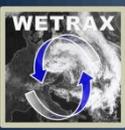
1. Verfügbare **Feuchte** (von der **Temperatur**)
2. **Intensität des Tiefs**
3. **Lage des Tiefs**
4. (Advektion, Konvektion, orogr. Verstärkung, Verweildauer)

Ad 2

INTENSITÄTSMASS

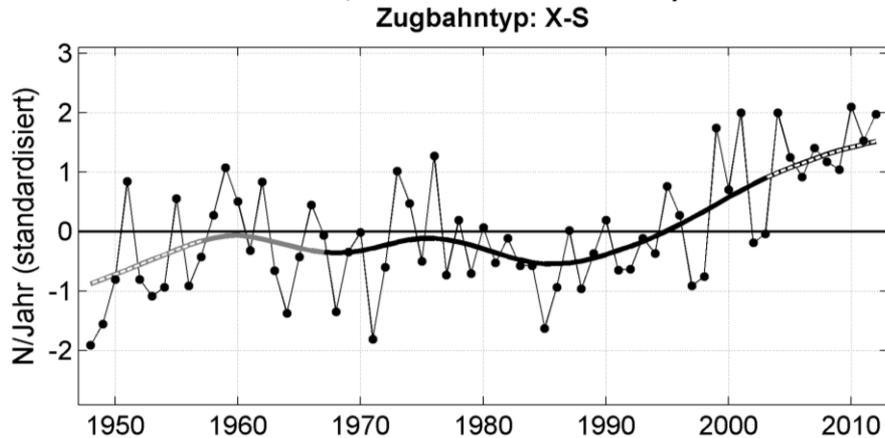


Vb Zugbahn (MSLP) ist Worst-Case Szenario für Mitteleuropa ! (relative Lage)



Trends Zugbahnhäufigkeit

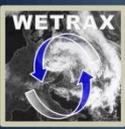
Vergangenheit
1948-2012



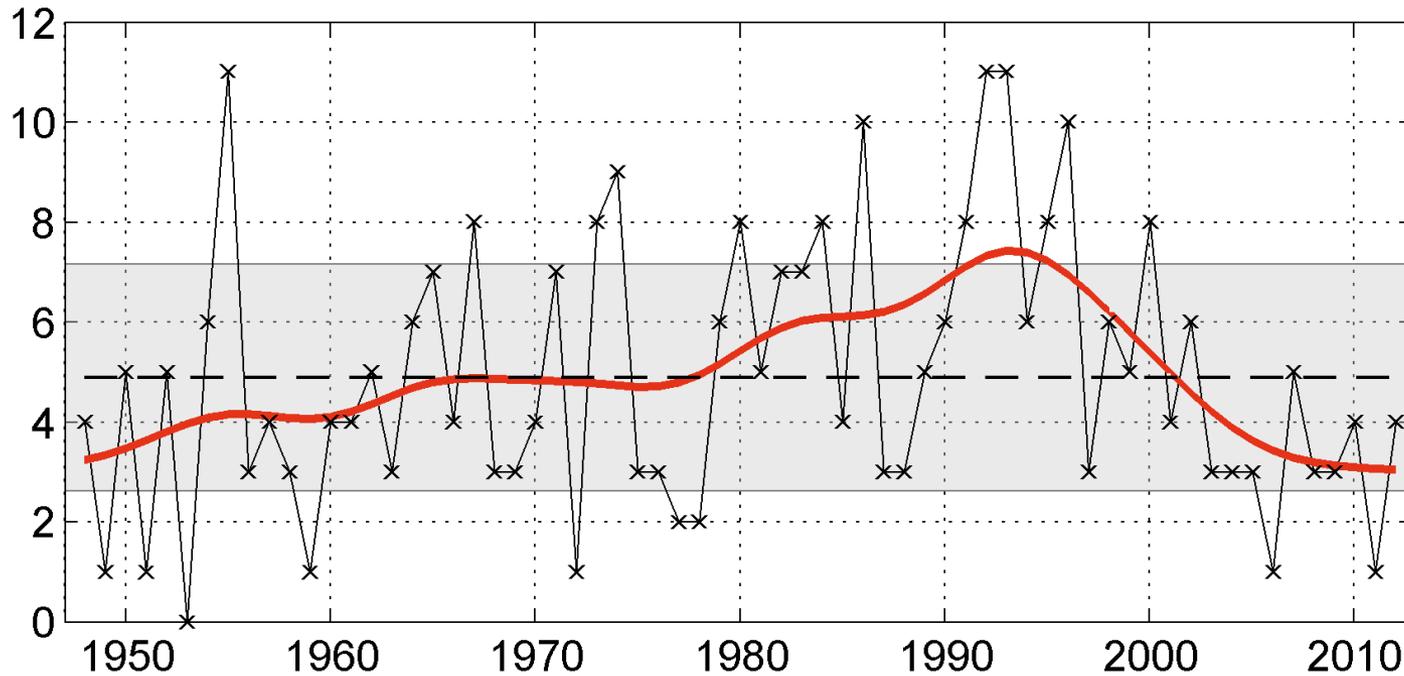
Zugbahntyp X-S:

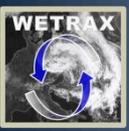
- Starke (sign.) Zunahme
- vor allem WHJ
- alle Intensitäten von Tiefs
- → Konsequenz für Balkan-Raum

Darüber hinaus: **keine statistisch signifikante Veränderung der Zugbahnhäufigkeit.**
 Im Vordergrund steht eine hohe Jahr:Jahr und multidekadische Variabilität



number of strong cyclones (>80pct) in CE
May to November, ATL-tracks



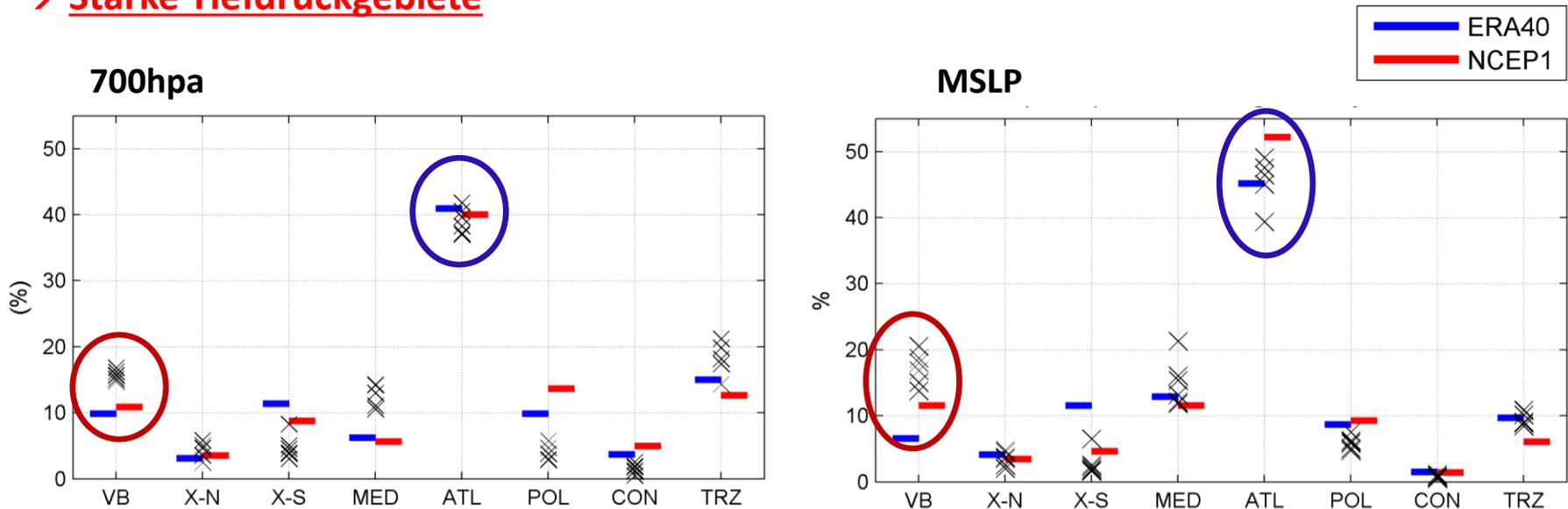


Güte der globalen Klimamodelle

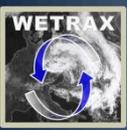
→ Zugbahncharakteristika

Relative Häufigkeit der Zugbahntypen für 1961-2002

→ Starke Tiefdruckgebiete



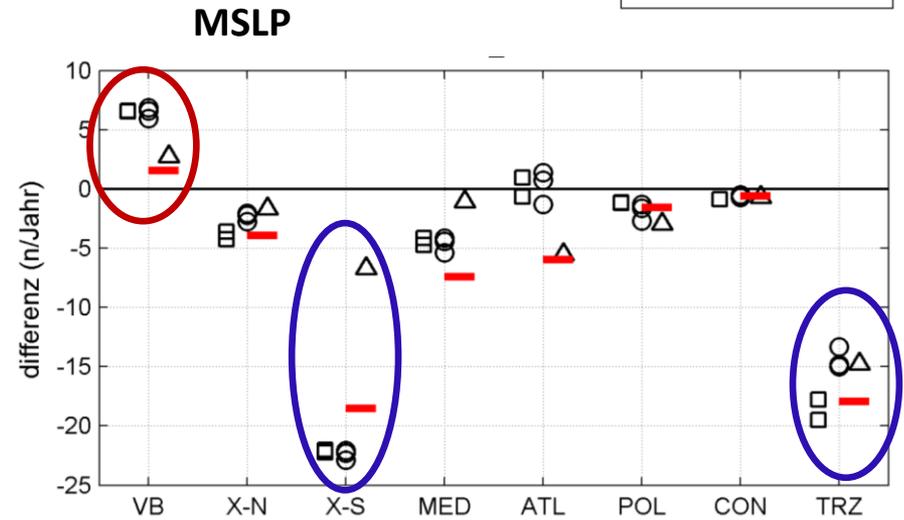
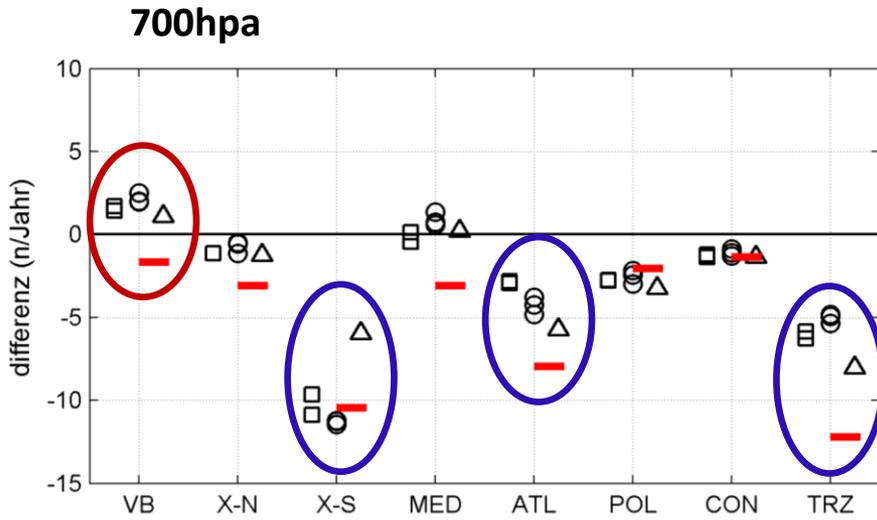
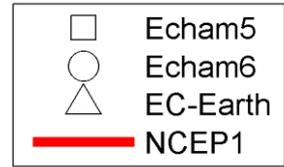
Überschätzung bei Vb generell
(MED, TRZ in 700)



Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen im Klimawandel



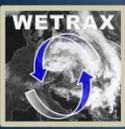
Absolute Abweichung der Anzahl von Zugbahnen
für 1961-2002 (Referenz: ERA-40) → [Alle Intensitäten](#)



Anzahl der Zugbahnereignisse wird gut wieder gegeben (Referenzabhängig!)

Überschätzung bei Vb, Unterschätzung bei X-S Echam5/6

Bias ist ein Modellspezifikum (runs eines Modells sind sehr ähnlich)



Saisonale Komponente: (ohne Abbildungen)

Echam6: für die Gesamtheit aller Zugbahnen sehr gut! – auch für starke Tiefs!
Zu winterlastig. (2)

Echam5: Für die Gesamtheit aller Zugbahnen sehr gut! – nicht jedoch für starke Tiefs! MSLP besser als 700, runs 1 u.3 sehr unterschiedlich ! (3-)

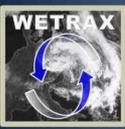
EC-Earth: Beste Abbildung der saisonalen Komponente, alle Intensitäten (1)

Zugbahnspezifisch:

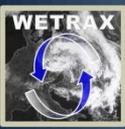
+ Am Besten: Zugbahnen des Typs ATL und POL

- Deutliche Unterschätzung der starken Vb-Tiefs im Hochsommer (MSLP)
- Unterschätzung starker X-N Tiefs im Herbst!

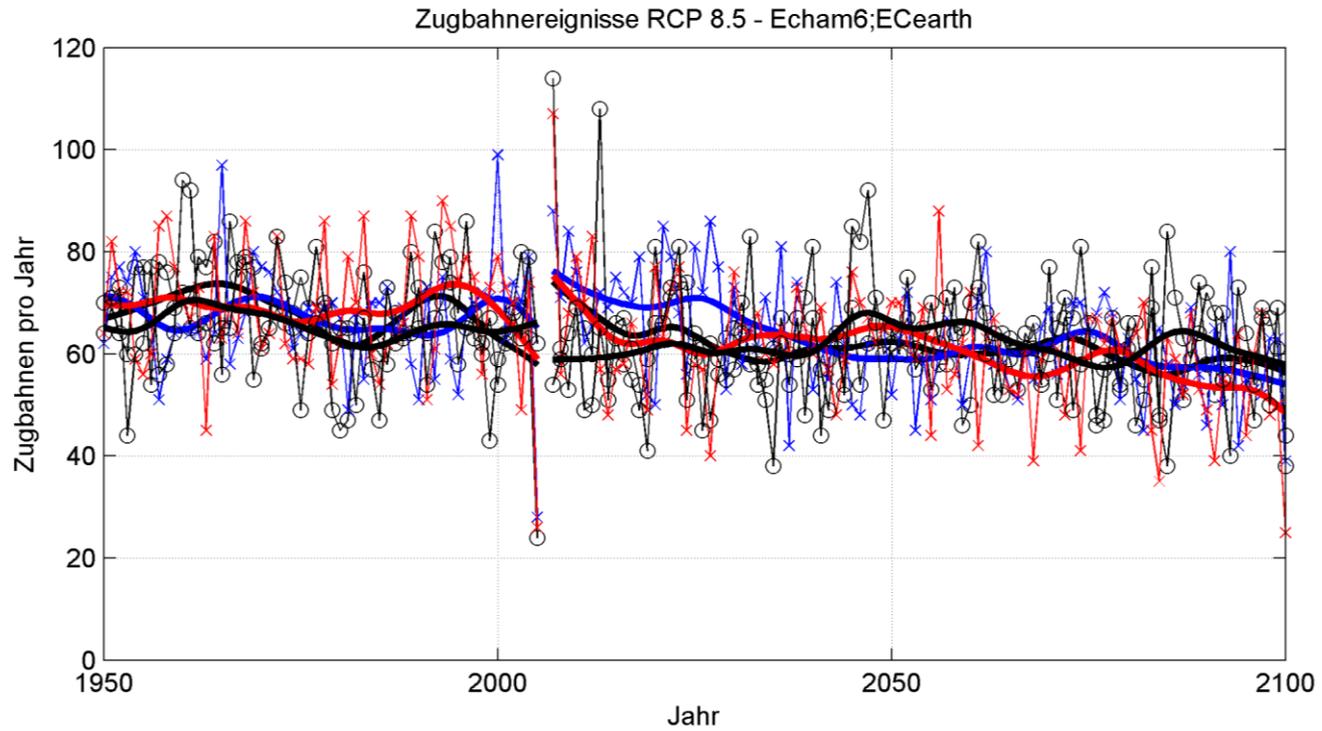
Zugbahnanalyse: Echam6 ist Echam5 überlegen, EC-Earth am Besten.

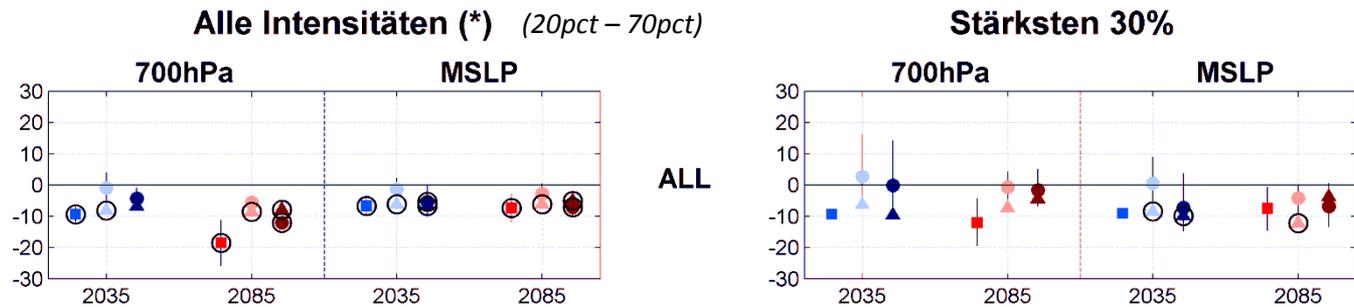
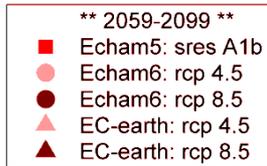
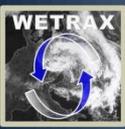


Zugbahnhäufigkeit in der Klimazukunft



Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen im Klimawandel



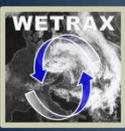


- Alle Intensitäten: Statistisch signifikante Abnahme, beide Niveaus, viele Modelle, alle Emissionsszenarien.
- Allerdings zeigt Echam6 für die starken Tiefs in 700hPa schwache Änderung!

Durchwegs Abnahmen bei den Zugbahntypen Vb, ATL, TRZ zu beobachten, Änderungen sind in Echam5 und EC-Earth am stärksten, Echam6 zeigt schwächste Änderung.

Abnahmen stets aus dem SOMMER-HJ, Winter z.T. sogar leichte Zunahme (Vb)

Andere Zugbahntypen – weniger eindeutig, Unsicherheiten z.T. sehr groß.



CONCLUSIO

1. Großflächige Starkniederschläge werden durch ganz **bestimmte Zugbahntypen verursacht**.
2. Dabei zeigen sich eindeutige **räumliche und saisonale Unterschiede**.
3. Die **Zugbahn Vb** steht bei Starkniederschlägen mit **langer Niederschlagsdauer (36h+)** stark im Vordergrund und ist besonders in der warmen Jahreszeit von hoher Relevanz.
4. Andere Zugbahntypen betreffen nur bestimmte Regionen in gewissen Jahreszeiten.
5. In der Vergangenheit zeigen sich (abseits von X-S) **keine Veränderungen i.d. Häufigkeit** von starkniederschlagsrelevanten Zugbahnen.
6. In der Zukunft wird die Häufigkeit der snr ZB: **ATL, TRZ und Vb im Sommer nicht zunehmen**. Im Winter schwächere (unsignifikante) Änderungen mit uneinheitlichen Klimasignalen.
7. Für **X-N und X-S sind die Aussagen generell unsicher**, unterschiedlich und modellabhängig.



A1 - Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen und Großwetterlagen im Klimawandel:

ZUGBAHNEN

ZAMG: *M. Hofstätter, A. Lexer, B. Chimani, M. Ganekind*



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

