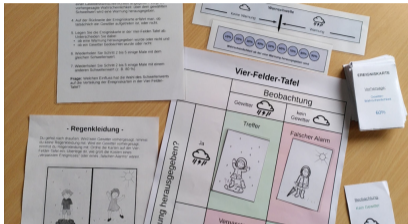




UPAS

University Partnership for  
Atmospheric Sciences



Kompetent entscheiden bei Wetterrisiken  
Lernen mit Wahrscheinlichkeitsvorhersagen umgehen

D. Kruppke-Hansen, D. Schoster  
Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung  
Freie Universität Berlin

11. November 2024

Gibt es morgen Regen?

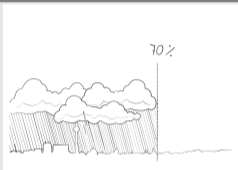
Was sagt Ihre App dazu?

# Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?



# Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?

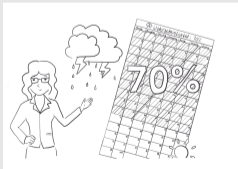
a) 70% Fläche?



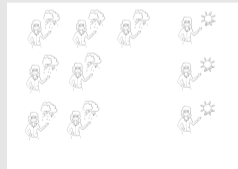
b) 70% Zeit?



c) 70% Vorhersagen?

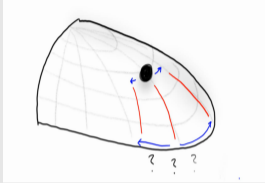


d) 70% Meteorologen?

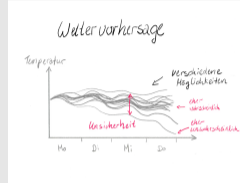




## Warum?



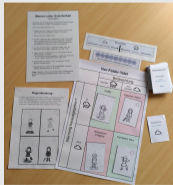
## Wie?



## Was?



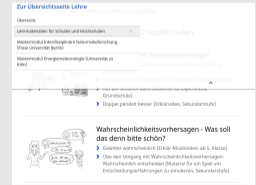
## Verstehen



## Spiele



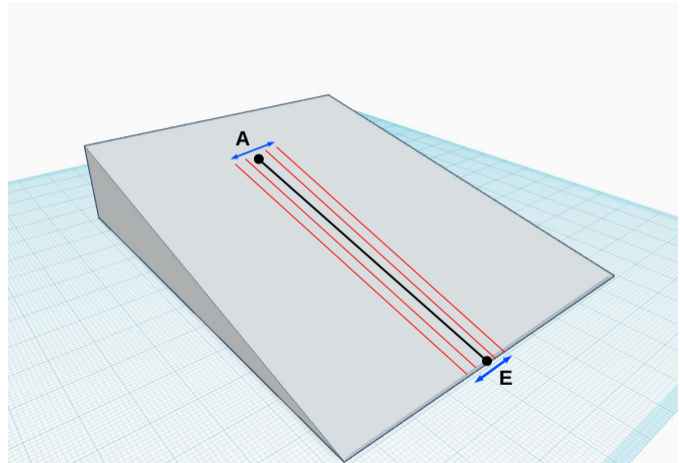
## Material



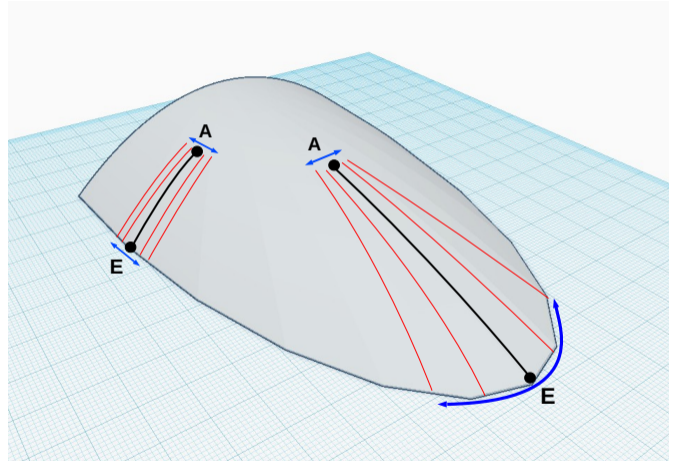
Warum sind Wettervorhersagen unsicher?

## Vergleich lineares und nicht-lineares System

- Unsicherheiten (Variationen) des Anfangszustands A führen zu **gleich großen** Unsicherheiten im Endzustand E



- ▶ Unsicherheiten (Variationen) des Anfangszustands A führen zu **größeren** Unsicherheiten im Endzustand E
- ▶ Unterschiedliche Anfangszustände können zu unterschiedlich starkem Wachstum der Unsicherheiten führen



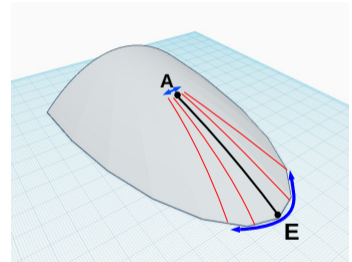
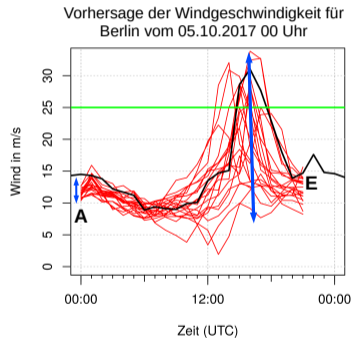
## Wie entstehen Wahrscheinlichkeitsvorhersagen: Beispiel "Xavier"

# Sturmtief "Xavier" am 5. Oktober 2017

- ▶ Höchste Windgeschwindigkeit in Berlin-Dahlem: 112 km/h (31 m/s)
- ▶ Komplette Einstellung des oberirdischen ÖPNVs in Berlin
- ▶ Über 3000 wetterbedingte Einsätze der Berliner Feuerwehr
- ▶ 7 Todesopfer in Deutschland
- ▶ Geschätzte Versicherte Schäden In Deutschland: 250 Mio. €



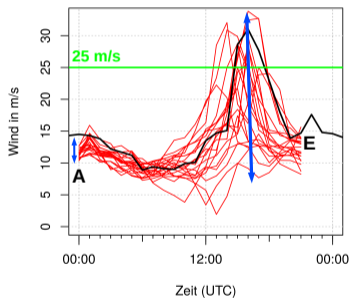
- ▶ Mehreren Vorhersagen mit einem Atmosphärenmodell mit leicht unterschiedlichen Anfangsbedingungen
- ▶ Die einzelnen Vorhersagen nennt man Ensemble-Mitglieder
- ▶ Die Streuung der Ensemble-Mitglieder spiegelt die Unsicherheit der Vorhersage wider



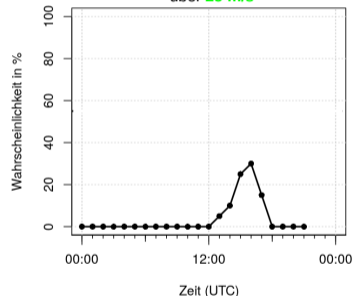


Z.B. über den Anteil der Ensemble-Mitglieder, die innerhalb eines Zeitraums einen Schwellenwert überschreiten

Vorhersage der Windgeschwindigkeit für Berlin vom 05.10.2017 00 Uhr



Wahrscheinlichkeit für Windgeschwindigkeiten über 25 m/s



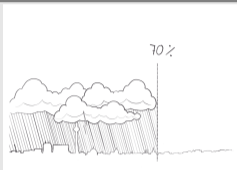
Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?

# Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?



# Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?

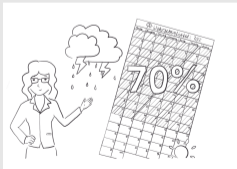
a) 70% Fläche?



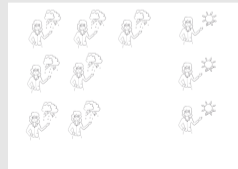
b) 70% Zeit?



c) 70% Vorhersagen?

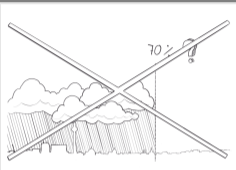


d) 70% Meteorologen?

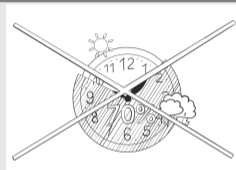


# Was bedeuten Wahrscheinlichkeitsvorhersagen?

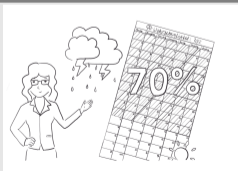
a) 70% Fläche?



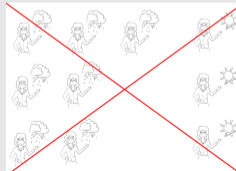
b) 70% Zeit?



c) 70% Vorhersagen?



d) 70% Meteorologen?



# Entscheidungen treffen mit Wahrscheinlichkeitsvorhersagen





## Entscheidungen

- ▶ Regensache oder keinen Regensachen?
- ▶ Schulfest? Oder Absagen?
- ▶ Flugzeug starten? Oder Gewitter abwarten?
- ▶ Picknick oder Kino?
- ▶ Ärzte-Konzert auf dem Tempelhofer Feld? Oder Absagen?





## Wahrscheinlichkeitsvorhersagen







# Wahrscheinlichkeiten werden zu Entscheidungen

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer	Falscher Alarm
	Nein 	Verpasstes Ereignis	Korrektes Nein



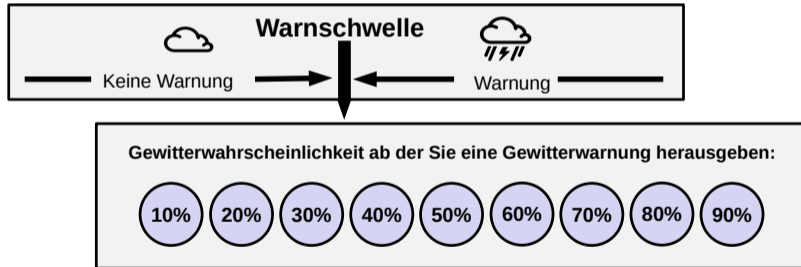
		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer	Falscher Alarm
	Nein 	Verpasstes Ereignis	Korrektes Nein



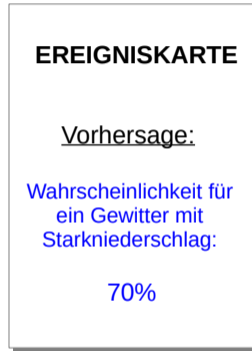
		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer	Falscher Alarm
	Nein 	Verpasstes Ereignis	Korrektes Nein



- ▶ Auf Basis von vorhergesagten Gewitterwahrscheinlichkeiten sollen Gewitterwarnungen herausgegeben werden.
- ▶ Wählen Sie einen Wahrscheinlichkeitswert, ab dem Sie eine Warnung herausgeben wollen (z.B. 40%).



- ▶ Ziehen Sie eine Ereigniskarte
- ▶ Auf der Vorderseite der Ereigniskarte ist die Vorhersage einer Gewitterwahrscheinlichkeit angegeben
- ▶ Liegt die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit über dem gewählten Schwellwert wird eine Warnung herausgegeben
- ▶ Auf der Rückseite der Ereigniskarte erfährt man, ob tatsächlich ein Gewitter aufgetreten ist, oder nicht







Vorderseite



Rückseite





- ▶ Legen Sie die Ereigniskarte in der Vier-Felder-Tafel ab
- ▶ Unterscheiden Sie dabei, ob eine Warnung herausgegeben wurde und ob ein Gewitter beobachtet wurde
- ▶ Wiederholen Sie den Vorgang mit weiteren Ereigniskarten
- ▶ Welchen Einfluss hat die Wahl des Schwellenwerts auf die Häufigkeiten von „Falschen Alarmen“ und „Verpassten Ereignissen“?

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer	Falscher Alarm
	Nein 	Verpasstes Ereignis	Korrektes Nein

Schwellenwert:  $\geq 10\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 50\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 0\%$





**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 45	Falscher Alarm 45
	Nein 	Verpasstes Ereignis 0	Korrektes Nein 0

Schwellenwert:  $\geq 20\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 45\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 10\%$





**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 44	Falscher Alarm 36
	Nein 	Verpasstes Ereignis 1	Korrektes Nein 9

Schwellenwert:  $\geq 30\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 40\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 15\%$

**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.





		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 42	Falscher Alarm 28
	Nein 	Verpasstes Ereignis 3	Korrektes Nein 17



Schwellenwert:  $\geq 40\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 35\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 20\%$

**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.





		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 39	Falscher Alarm 21
	Nein 	Verpasstes Ereignis 6	Korrektes Nein 24

Schwellenwert:  $\geq 50\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 30\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 25\%$

**Achtung!**





Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 35	Falscher Alarm 15
	Nein 	Verpasstes Ereignis 10	Korrektes Nein 30

Schwellenwert:  $\geq 60\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 25\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 30\%$





**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 30	Falscher Alarm 10
	Nein 	Verpasstes Ereignis 15	Korrektes Nein 35

Schwellenwert:  $\geq 70\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 20\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 35\%$

**Achtung!**  
Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.





		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 24	Falscher Alarm 6
	Nein 	Verpasstes Ereignis 21	Korrektes Nein 39

Schwellenwert:  $\geq 80\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 15\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 40\%$

**Achtung!**

Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.





		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 17	Falscher Alarm 3
	Nein 	Verpasstes Ereignis 28	Korrektes Nein 42

Schwellenwert:  $\geq 90\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 10\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 45\%$

**Achtung!**

Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.





		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 9	Falscher Alarm 1
	Nein 	Verpasstes Ereignis 36	Korrektes Nein 44

Schwellenwert:  $\geq 100\%$

- ▶  $P(\text{kein Gewitter}|\text{Warnung}) = 0\%$
- ▶  $P(\text{Gewitter}|\text{keine Warnung}) = 50\%$

Achtung!

Die Werte gelten nur für das Spiel,  
nicht für reale Warnungen.

		Beobachtung	
		Gewitter 	kein Gewitter 
Warnung herausgegeben?	Ja 	Treffer 0	Falscher Alarm 0
	Nein 	Verpasstes Ereignis 45	Korrektes Nein 45

## Wettervorhersagen sind inhärent unsicher

- ▶ Systemeigenschaft
- ▶ Konsequenz: Wahrscheinlichkeitsvorhersagen



## Wettervorhersagen sind inhärent unsicher

- ▶ Systemeigenschaft
- ▶ Konsequenz: Wahrscheinlichkeitsvorhersagen

## Schwellwert beeinflusst Anzahl verpasster Ereignisse und falscher Alarme

- ▶ kleiner Schwellwert
  - ▶ wenig verpasste Ereignisse
  - ▶ viele falsche Alarme
- ▶ großer Schwellwert
  - ▶ viele verpasste Ereignisse
  - ▶ wenige falsche Alarme

## Wettervorhersagen sind inhärent unsicher

- ▶ Systemeigenschaft
- ▶ Konsequenz: Wahrscheinlichkeitsvorhersagen

## Schwellwert beeinflusst Anzahl verpasster Ereignisse und falscher Alarme

- ▶ kleiner Schwellwert
  - ▶ wenig verpasste Ereignisse
  - ▶ viele falsche Alarme
- ▶ großer Schwellwert
  - ▶ viele verpasste Ereignisse
  - ▶ wenige falsche Alarme

## Der optimale Schwellwert ist Situationsabhängig

Hängt von den potentiellen Auswirkungen des Ereignisses auf die Situation ab

## Geografie

- ▶ Leben in Risikoräumen (7/8)
- ▶ Klimawandel und Klimaschutz als Beispiel für internationale Konflikte und Konfliktlösungen (9/10)
- ▶ Die Erde als vernetztes System (E-Phase)

## Mathematik

- ▶ Themenbereich Daten und Zufall (SEK I)
- ▶ Stochastik (SEK II)

## Naturwissenschaften

- ▶ Klima im Wandel (7-10)

## Das Spiel mit Spielcharakter

## Sie haben Dienst – als Chef:in der Feuerwehrleitstelle Berlin!

- ▶ Sie bekommen Windvorhersagen für die nächsten 21 Stunden
- ▶ Schätzen Sie ein, wie wahrscheinlich es schwere Sturmböen von 90 Kilometer pro Stunde oder mehr geben wird
- ▶ Dann müssen Straßen und Gleise schnell von umgestürzten Bäumen befreit und Hindernisse beseitigt werden
- ▶ Ihre Aufgabe: Sie müssen an 16 Tagen im Dienst entscheiden, ob Sie mehr Feuerwehrleute für die nächsten 21 Stunden anfordern, um zusätzliche Einsätze zu bewältigen.

Es geht (nur) ums Geld!



<https://1023-demo-vorhersagen-173.exp.arc.mpib.org/startseite.php>

## Sie haben Dienst – als Chef:in der Feuerwehrleitstelle Berlin!

- ▶ Sie bekommen Windvorhersagen für die nächsten 21 Stunden
- ▶ Schätzen Sie ein, wie wahrscheinlich es schwere Sturmböen von 90 Kilometer pro Stunde oder mehr geben wird
- ▶ Dann müssen Straßen und Gleise schnell von umgestürzten Bäumen befreit und Hindernisse beseitigt werden
- ▶ Ihre Aufgabe: Sie müssen an 16 Tagen im Dienst entscheiden, ob Sie mehr Feuerwehrleute für die nächsten 21 Stunden anfordern, um zusätzliche Einsätze zu bewältigen.

Es geht (nur) ums Geld!



<https://1023-demo-vorhersagen-173.exp.arc.mpib.org/startseite.php>

<https://www.hans-ertel-zentrum.de/lehre/Lehrmaterialien/index.html>



NEWS WAS IST HERZ STRUKTUR PUBLIKATIONEN **LEHRE** FESSTVAL KONTAKT

## Zur Übersichtsseite Lehre

[Lehrmaterialien für Schulen und Hochschulen](#)

Übersicht

Lehrmaterialien für Schulen und Hochschulen >

Mastermodul Interdisziplinäre Naturrisikoforschung  
(Freie Universität Berlin)

Mastermodul Energie meteorologie (Universität zu  
Köln)

Hochschulen

Wart Wettervorhersage?

Über die Wettervorhersage (Vortrag)

- [Unsicherheiten \(Erklärvideo, Grundschule & Sekundarstufe\)](#)
- [Wart der Schienenbahn \(Material für Experiment, Grundschule\)](#)
- [Doppel pendelt besser \(Erklärvideo, Sekundarstufe\)](#)



## Wahrscheinlichkeitsvorhersagen - Was soll das denn bitte schön?

- [Gewitter wahrscheinlich \(Erklär-Musikvideo, ab 5. Klasse\)](#)
- [Übe den Umgang mit Wahrscheinlichkeitsvorhersagen: Wahrscheinlich entscheiden \(Material für ein Spiel um Entscheidungserfahrungen zu simulieren, Sekundarstufe\)](#)

