

## **Klimasystem und Wasserkreislauf**

**Christoph Schär**

Institut für Atmosphäre und Klima

ETH Zürich

<http://www.iac.ethz.ch/people/schaer>



**TEIL 4**

**Extremereignisse**

2

### **TEIL 4: Extremereignisse**

---

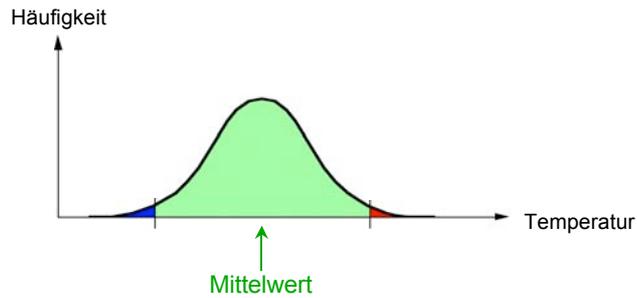
**Kapitel 15. Einleitung und Definitionen**

**Kapitel 16. Beispiele**

**Kapitel 17. Schäden und Folgen**

## Definition 1: Klima

**Klima: statistische Verteilung der Wetterelemente über eine längere Zeitperiode**



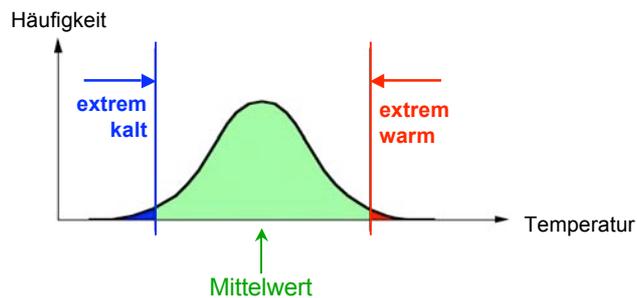
### Bemerkungen:

- **Einfache Beschreibung:** mit Mittelwert, Standardabweichung
- **Vollständige Beschreibung:** mit Häufigkeitsverteilung
- **Bezugsperiode:** mehrere Jahrzehnte (z.B. 30 Jahre)

Schär, ETH Zürich

## Definition 2: Extremereignis

**Extremereignis: Seltenes Wetter- und Naturereignis, welches markant vom statistischen Durchschnitt abweicht**



### Bemerkungen:

- **Extremereignisse sind Teil jeder Wahrscheinlichkeitsverteilung**
- **Nicht jedes Extremereignis verursacht Schäden!**

Schär, ETH Zürich

5



Schär, ETH Zürich

6



Schär, ETH Zürich

### Definition 3: Naturkatastrophe

**Naturkatastrophe:** ein Schadenereignis, dessen Folgen die Kräfte der betroffenen Bevölkerung übersteigt



20.-23. August 2005



Weesen

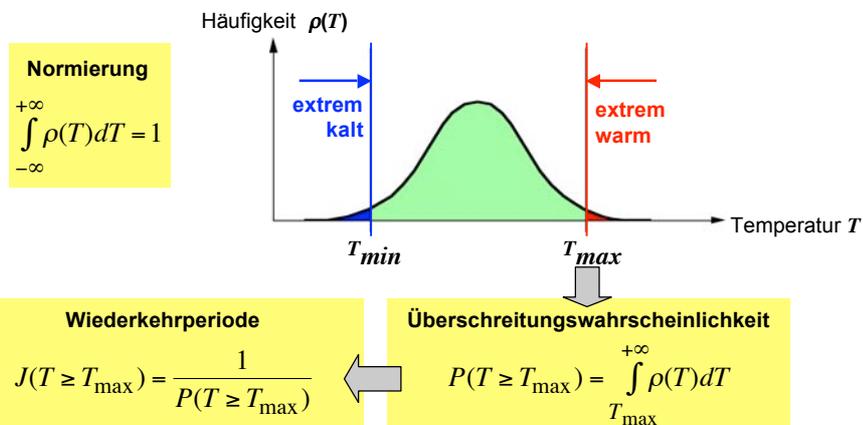


Bern, Mattequartier

Ob ein Extremereignis zur Naturkatastrophe wird hängt von der betroffenen Region, der dort vorliegenden Bevölkerungsdichte und Wertekonzentration, und auch der Vorbereitung (z.B. Hochwasserschutz) und Reaktion (z.B. Katastrophenschutz) ab.

### Definition 4: Wiederkehrperiode

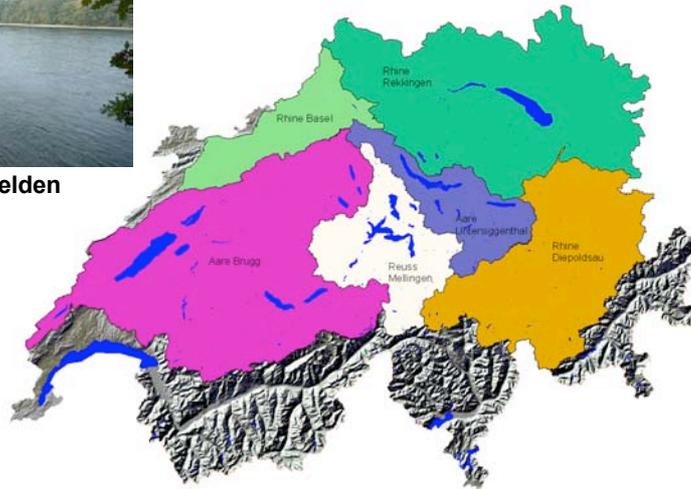
Ein Ereignis, das statistisch betrachtet alle 10 Jahre zu erwarten ist, hat eine **Wiederkehrperiode** von 10 Jahren.  
(Wiederkehrperiode = Rückkehrperiode = Jährlichkeit)



### Beispiel: Abfluss Rhein bei Rheinfelden

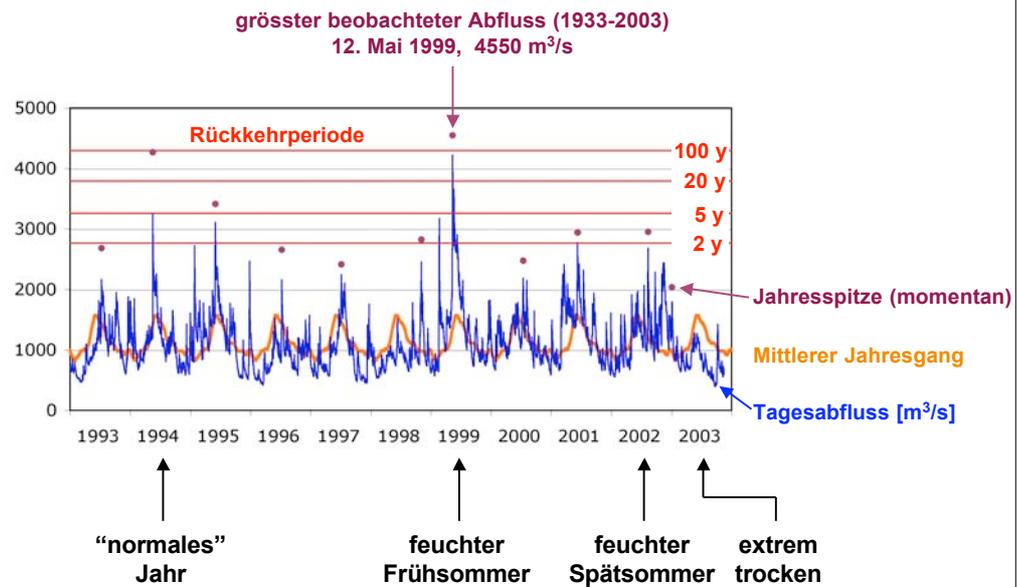


**Abflussmessstelle Rheinfelden**  
 262 m.ü.M.  
 34'550 km<sup>2</sup>



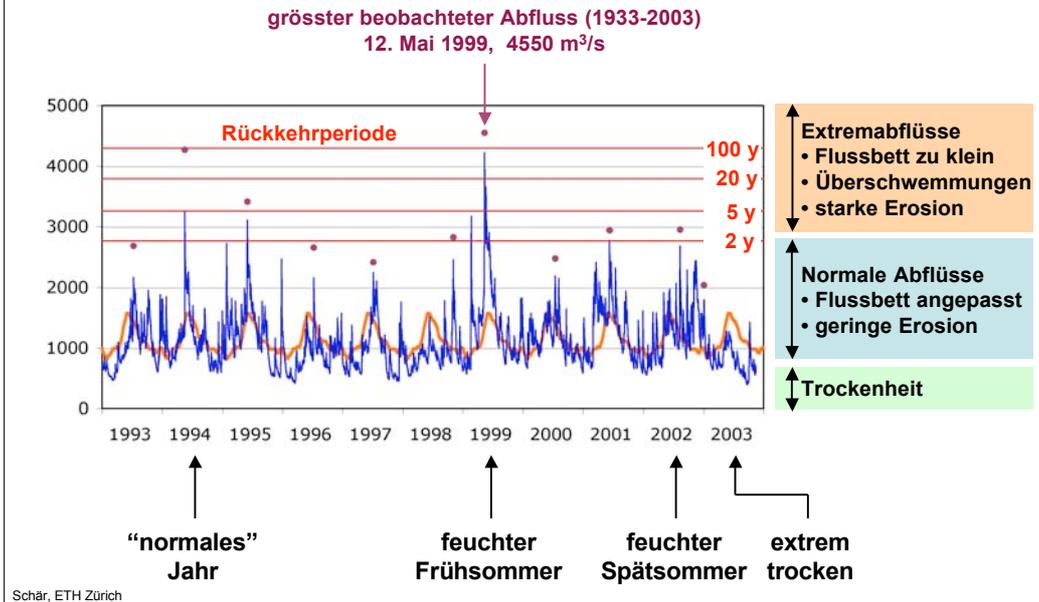
Schär, ETH Zürich

### Abfluss Rheinfelden 1993-2003 [m<sup>3</sup>/s]



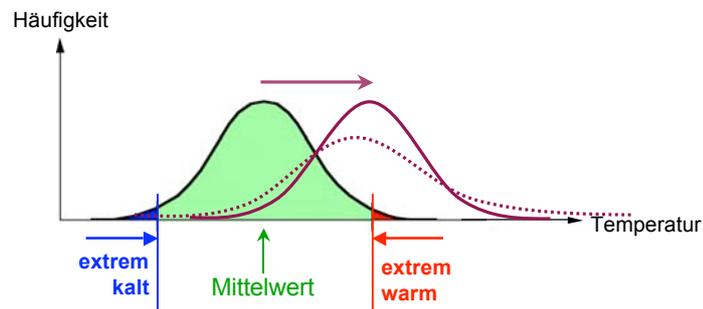
Schär, ETH Zürich

## Abfluss Rheinfelden 1993-2003 [m<sup>3</sup>/s]



## Definition 5: Klimaänderung

**Klimaänderung: eine signifikante Veränderung der Häufigkeitsverteilung des Klimas**



Eine signifikante Klimaänderung führt im Allgemeinen zu einer Veränderung in der Häufigkeit der Extremereignisse

Eine Änderung der Form der Häufigkeitsverteilung (Varianz, Schiefe) kann für Extremereignisse ebenso wichtig sein wie eine Veränderung des Mittels.

## TEIL 4: Extremereignisse

### Kapitel 15. Einleitung und Definitionen

### Kapitel 16. Beispiele

- Überschwemmung Brig (24.09.1993)
- Hurricane Katrina (29.08.2005)
- Europäischer Hitzesommer 2003
- Überschwemmung Alpennordseite (21.08.2005)

### Kapitel 17. Schäden und Folgen

## Überschwemmung von Brig (24. September 1993)



Abb. 1: Geröllablagung in Brig durch die Saltina nach dem Unwetter vom 22.–24. September 1993.  
(Bild: Renato Jordan)

### Überschwemmung 24.9.1993

- 2 Todesopfer
- 650 Mio CHF Schaden
- Folge von kleinräumigen Starkniederschlägen
- unmittelbare Ursache: falsch dimensionierter Durchlass der Saltina-Brücke



FIGURE 1-2. Car buried in mud after the devastating flash flood of the river Saltina in the town of Brig, Switzerland on 24 September 1993. (Photo: Coffrini / Sonntags Zeitung of 26 Sept. 1993)



## TEIL 4: Extremereignisse

### Kapitel 15. Einleitung und Definitionen

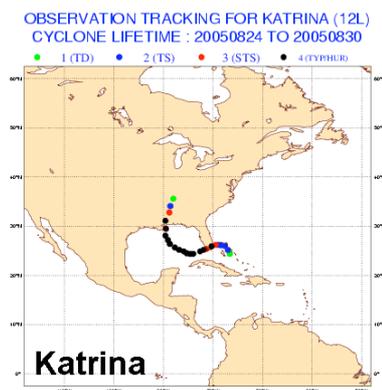
### Kapitel 16. Beispiele

- Überschwemmung Brig (24.09.1993)
- **Hurricane Katrina (29.08.2005)**
- Europäischer Hitzesommer 2003
- Überschwemmung Alpennordseite (21.08.2005)

### Kapitel 17. Schäden und Folgen

Schär, ETH Zürich

## Atlantische Hurrikane des Jahres 2005



#### Folgen von Katrina (SwissRe)

Tote: 1836

Schäden versichert:  
66.3 Milliarden US\$

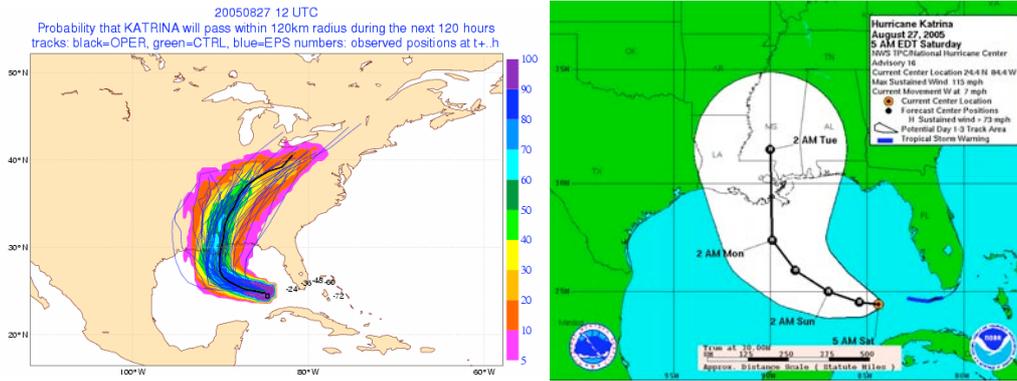
Schäden total:  
> 135 Milliarden US\$

#### Benannte Tropische Stürme im Atlantik:

Arlene  
Bret  
Cindy  
Dennis  
Emily  
Franklin  
Gert  
Harvey  
Irene  
Jose  
**Katrina**  
Lee  
Maria  
Nate  
Ophelia  
Philippe  
**Rita**  
Stan  
Tammy  
Vince  
**Wilma**  
Alpha  
Beta  
Gamma  
Delta  
Epsilon

Schär, ETH Zürich

## 2-Tages-Prognose von 05/08/27 12 UTC



Landfall: 2005/08/29, about 12 UTC

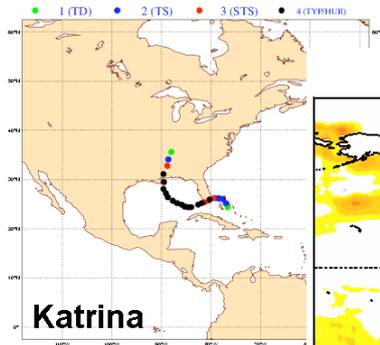
Schär, ETH Zürich



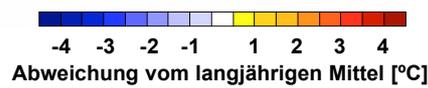
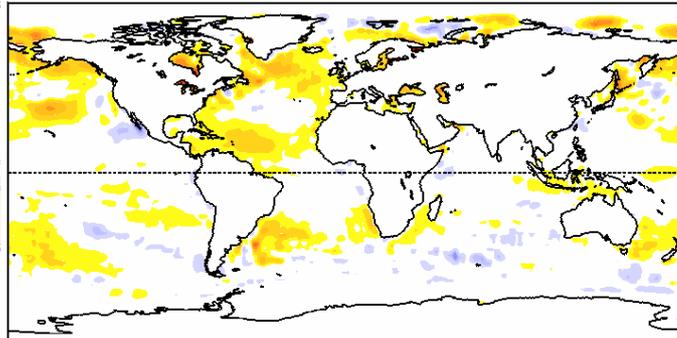
Schär, ETH Zürich

## „Klimafrage“ – Folge der globalen Erwärmung?

OBSERVATION TRACKING FOR KATRINA (12L)  
CYCLONE LIFETIME : 20050824 TO 20050830



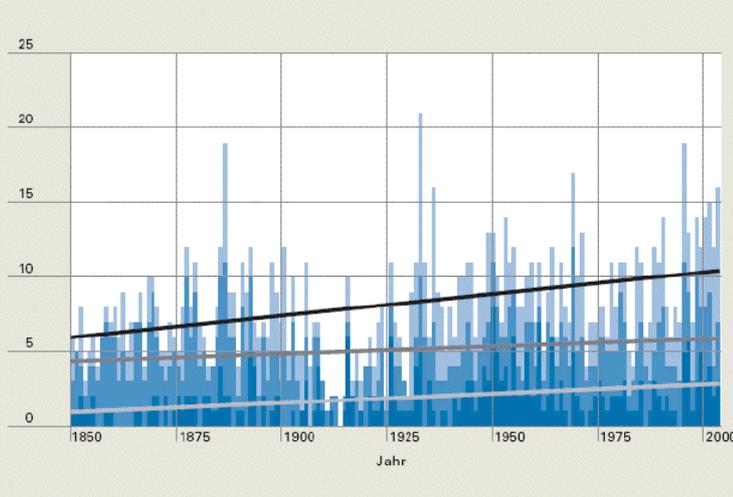
Meerestemperatur (Juli-September 2005)



Schär, ETH Zürich

## Häufigkeit von Hurrikanen

Abb. 5 Jährliche Anzahl von tropischen Stürmen und Hurrikanen im Atlantik 1850–2004



- Hurrikan und tropischer Sturm
- Hurrikan
- Hurrikan (SS 3, 4, 5)
- Trend Hurrikan und trop. Sturm
- Trend Hurrikan
- Trend Hurrikan (SS 3, 4, 5)

„Klimafrage“ noch nicht vollständig geklärt:

- Erwärmung führt tendenziell zu einer Intensivierung
- Veränderung der Zirkulation tendenziell zu einer Reduktion der Anzahl Hurrikane
- Hinweise auf dekadische Variabilität natürlichen Ursprungs
- Beobachtete Zeitreihe ist inhomogen

Schär, ETH Zürich

## TEIL 4: Extremereignisse

### Kapitel 15. Einleitung und Definitionen

### Kapitel 16. Beispiele

- Überschwemmung Brig (24.09.1993)
- Hurricane Katrina (29.08.2005)
- **Europäischer Hitzesommer 2003**
- Überschwemmung Alpennordseite (21.08.2005)

### Kapitel 17. Schäden und Folgen

## Extreme Sommer: 2002 ... 2003 ... 2005 ...



August 2002, Dresden



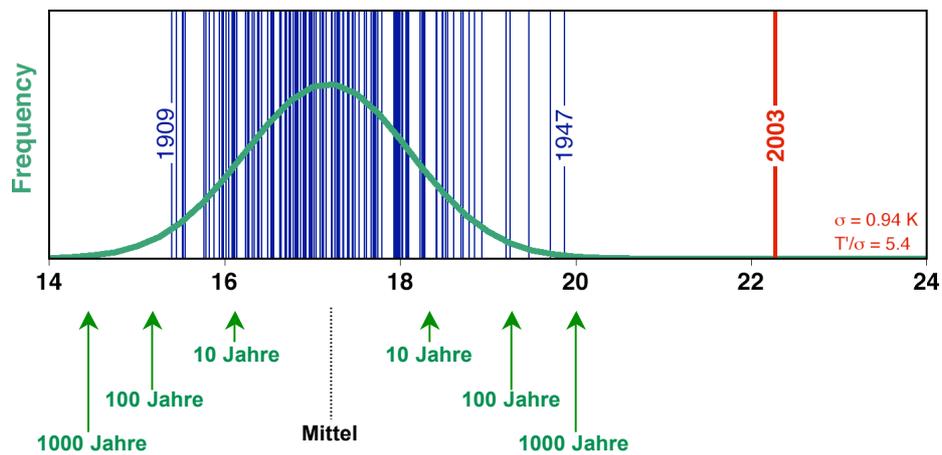
August 2003, Töss



August 2005, Brienz

## Schweizer Sommertemperaturen 1864-2003

Durchschnitt der Stationen Zürich, Basel, Bern, Genf

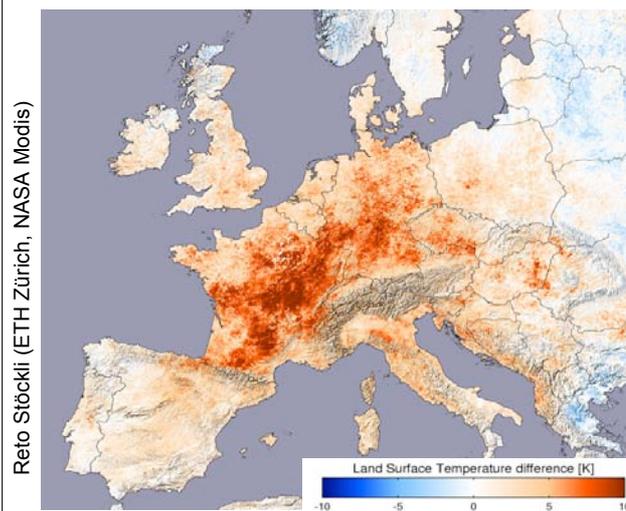


Schär, ETH Zürich

Schätzung der Rückkehrperiode

(Schär et al. 2004, *Nature*, 427, 332-336)

## Auswirkungen des Sommers 2003 in Europa

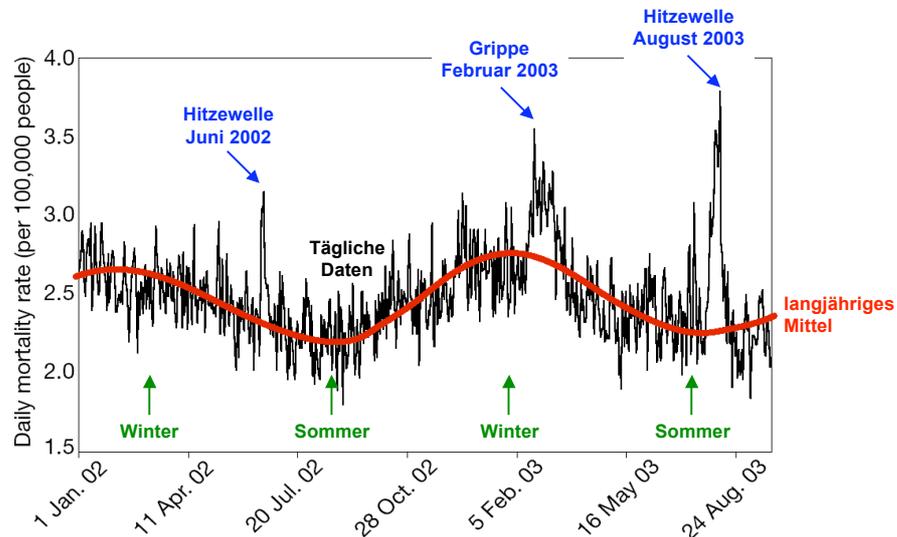


Temperaturen August 2003, relativ zum Mittel 2000-2004

Schär, ETH Zürich

- **Ernteverluste:**  
12.3 Milliarden US\$ (SwissRe)
- **Stromverknappung, Spitzenpreise am Spotmarkt (EEX, Leipzig)**
- **Teilweise ernsthafte Problem mit Frischwasserversorgung (Italien), Fischsterben (Schweiz), Waldbränden (Portugal)**
- **Hitzetote:**  
Europaweit zwischen 22'000 und 35'000 vorzeitige Todesfälle (sogenannte "excess mortality").  
In der Schweiz cirka 1'000 Fälle.

## Mortalität in Baden-Württemberg



Schär, ETH Zürich

(Koppe und Jendritzky 2004; Schär and Jendritzky 2004)

## TEIL 4: Extremereignisse

### Kapitel 15. Einleitung und Definitionen

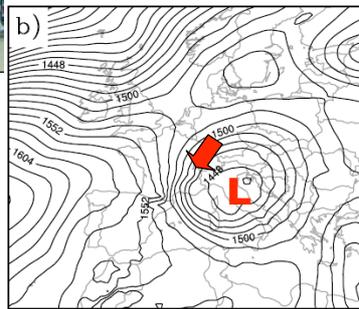
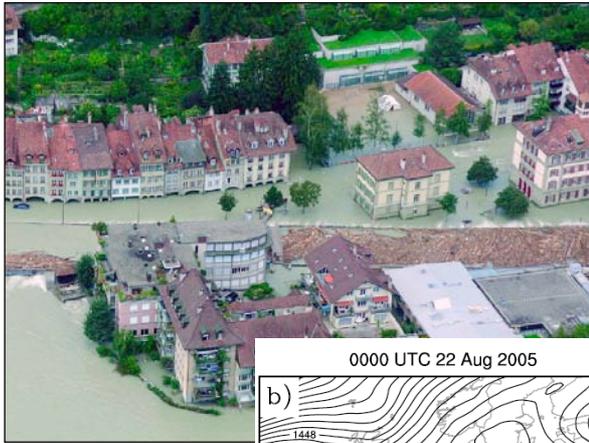
### Kapitel 16. Beispiele

- Überschwemmung Brig (24.09.1993)
- Hurricane Katrina (29.08.2005)
- Europäischer Hitzesommer 2003
- Überschwemmung Alpennordseite (21.08.2005)

### Kapitel 17. Schäden und Folgen

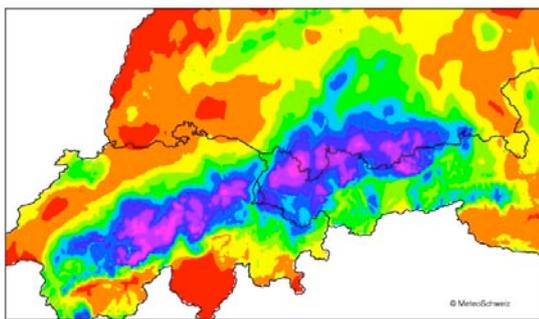
Schär, ETH Zürich

# Bern, August 2005

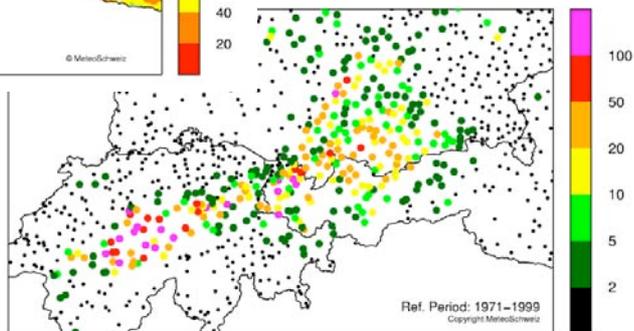


Schär, ETH Zürich

# Beobachtete Niederschläge



Niederschlagssumme  
21.-24.08.2005 (06 UTC-06 UTC)



Rückkehrperiode  
der 3-Tages-Summe

Ref. Period: 1971-1999  
Copyright MeteoSchweiz

Schär, ETH Zürich

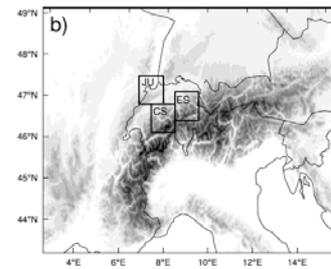
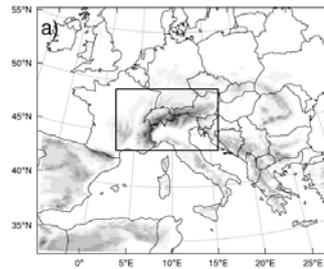
(Frei 2005, Bericht MeteoSchweiz #213)

## Vorhersage mit hochauflösenden Wettermodellen

ECMWF EPS  
 $\Delta x=120$  km

COSMO-LEPS  
 $\Delta x=10$  km

HR-EPS  
 $\Delta x=2$  km

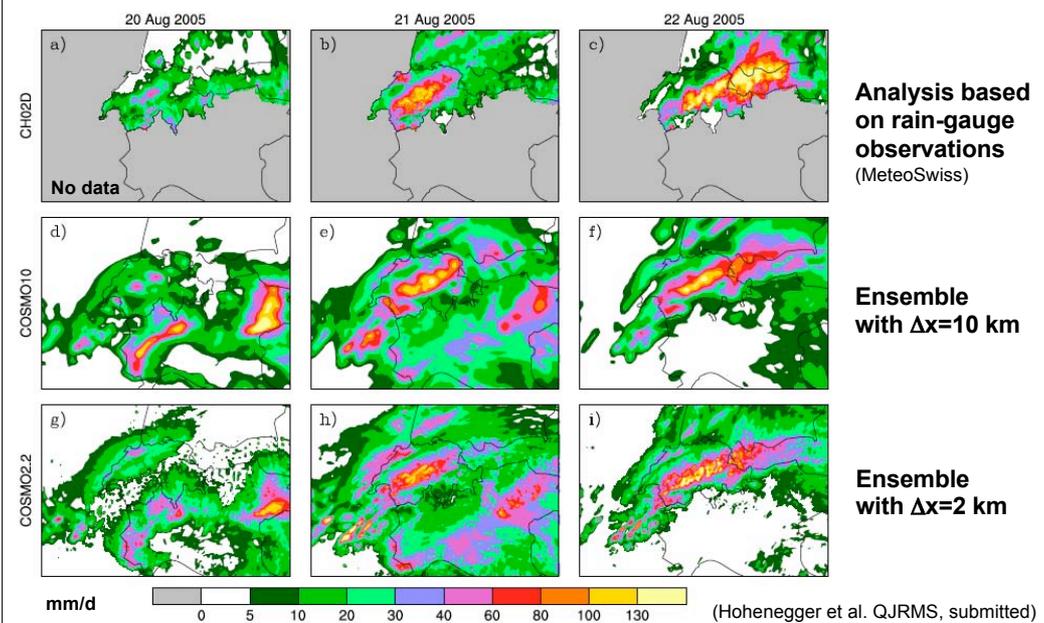


Probabilistische Ensemble-Vorhersage mit 10 Simulationen

Schär, ETH Zürich

(Hohenegger et al. QJRMS, submitted)

## Tägliche Niederschlagssummen



## Abflussvorhersage

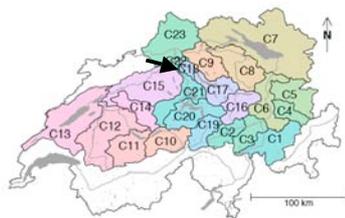
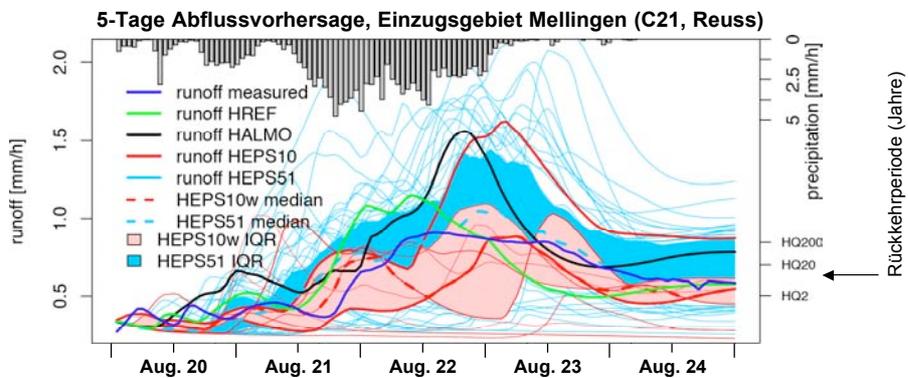


Diagramm zeigt 3 Vorhersagesysteme:

- HALMO: deterministisch, Antrieb durch aLMo ( $\Delta x=7$  km)
- HEPS10: probabilistisches Ensemble mit 10 Mitgliedern (Antrieb: COSMO10)
- HEPS51: probabilistisches Ensemble mit 51 Mitgliedern (Antrieb: COSMO10)

(Jaun et al, submitted)

Schär,

## TEIL 4: Extremereignisse

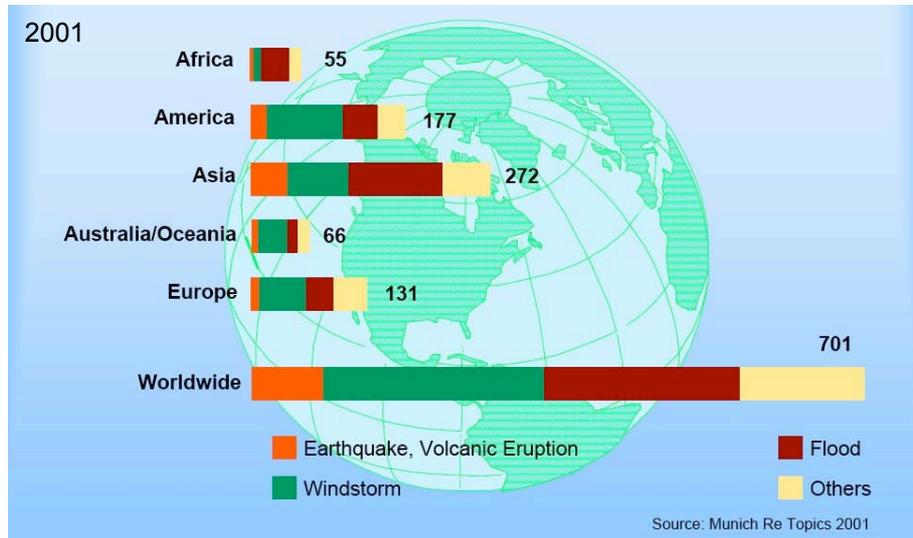
Kapitel 15. Einleitung und Definitionen

Kapitel 16. Beispiele

Kapitel 17. Schäden und Folgen

Schär, ETH Zürich

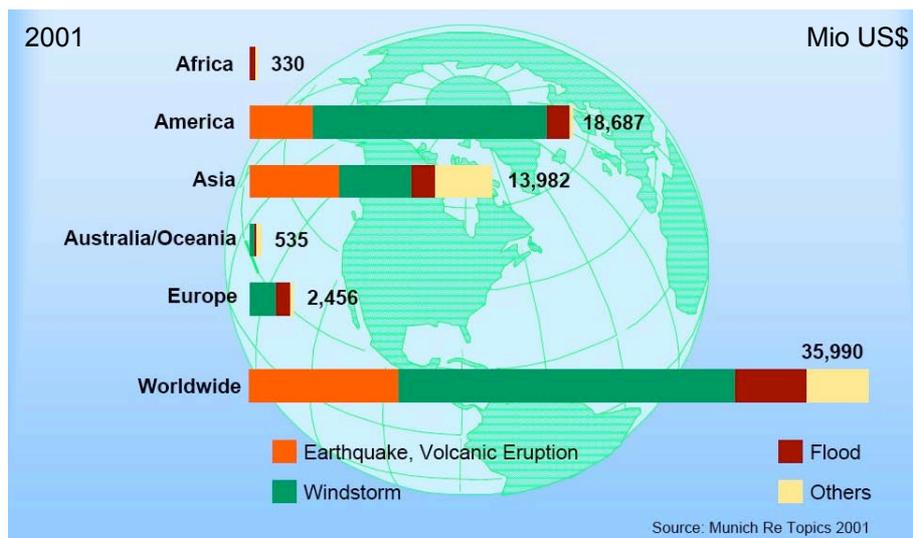
## Naturkatastrophen: Anzahl Ereignisse



Schär, ETH Zürich

(Haresh C. Shah, Stanford University, based on MunichRe Data)

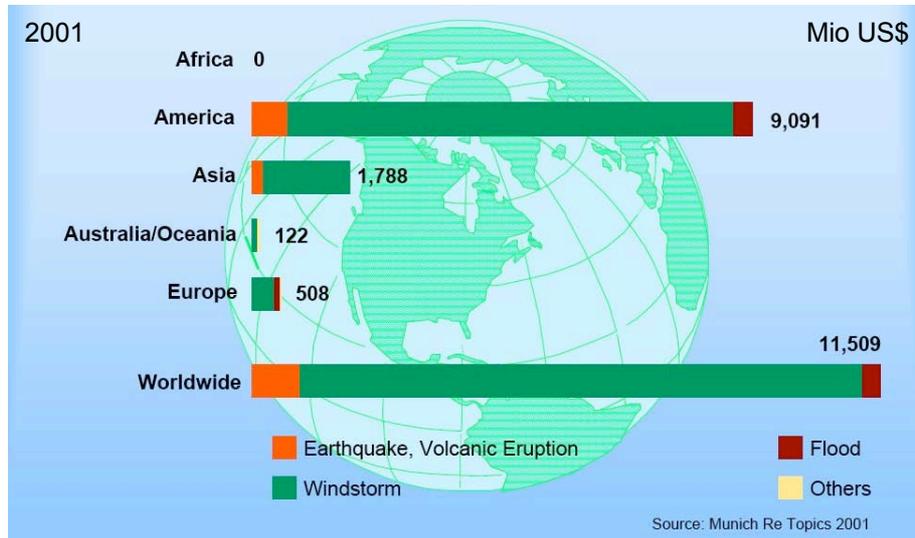
## Naturkatastrophen: Ökonomische Verluste



Schär, ETH Zürich

(Haresh C. Shah, Stanford University, based on MunichRe Data)

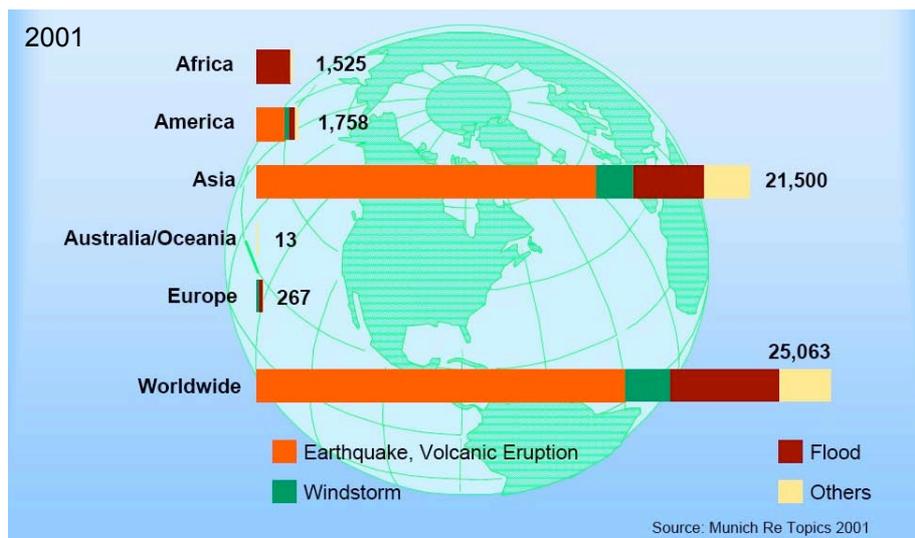
## Naturkatastrophen: Versicherte Verluste



Schär, ETH Zürich

(Haresh C. Shah, Stanford University, based on MunichRe Data)

## Naturkatastrophen: Todesopfer



Schär, ETH Zürich

(Haresh C. Shah, Stanford University, based on MunichRe Data)

## 28 grösste Ereignisse 1970-2006, versicherte Schäden

Insured loss <sup>25</sup> (in USD m, indexed to 2006)	Victims <sup>26</sup>	Date (Start)	Event	Country
66 311 <sup>27</sup>	1836	25.08.2005	Hurricane Katrina; floods, dams burst, damage to oil rigs	US, Gulf of Mexico, Bahamas, North Atlantic
22 987	43	23.08.1992	Hurricane Andrew; flooding	US, Bahamas
21 379	2 982	11.09.2001	Terror attack on WTC, Pentagon and other buildings	US
19 040	61	17.01.1994	Northridge earthquake (M 6.6)	US
13 651	124	02.09.2004	Hurricane Ivan; damage to oil rigs	US, Caribbean: Barbados et al
12 953	35	19.10.2005	Hurricane Wilma; torrential rain, floods	US, Mexico, Jamaica, Haiti et al
10 382	34	20.09.2005	Hurricane Rita; floods, damage to oil rigs	US, Gulf of Mexico, Cuba
8 590	24	11.08.2004	Hurricane Charley	US, Cuba, Jamaica et al
8 357	51	27.09.1991	Typhoon Mireille/No 19	Japan
7 434	71	15.09.1989	Hurricane Hugo	US, Puerto Rico et al
7 204	95	25.01.1990	Winter storm Daria	France, UK, Belgium, NL et al
7 019	110	25.12.1999	Winter storm Lothar	Switzerland, UK, France et al
5 500	22	15.10.1987	Storm and floods in Europe	France, UK, Netherlands et al
5 485	38	26.08.2004	Hurricane Frances	US, Bahamas
4 923	64	25.02.1990	Winter storm Vivian	Europe
4 889	26	22.09.1999	Typhoon Bart/No 18	Japan
4 366	600	20.09.1998	Hurricane Georges; flooding	US, Caribbean
4 100	41	05.06.2001	Tropical storm Allison; heavy rain, floods	US
4 022	3 034	13.09.2004	Hurricane Jeanne; floods, landslides	US, Caribbean: Haiti et al.
3 826	45	06.09.2004	Typhoon Songda/No 18	Japan, South Korea
3 512	45	02.05.2003	Thunderstorms, tornadoes, hail	US
3 415	70	10.09.1999	Hurricane Floyd; heavy rain, floods	US, Bahamas, Colombia
3 409	167	06.07.1988	Explosion on platform Piper Alpha	UK
3 315	59	01.10.1995	Hurricane Opal; flooding	US, Mexico, Gulf of Mexico
3 270	6 425	17.01.1995	Great Hanshin earthquake (M 7.2) in Kobe	Japan
2 905	45	27.12.1999	Winter storm Martin	Spain, France, Switzerland
2 736	246	10.03.1993	Blizzard, tornadoes, flooding	US, Canada, Mexico, Cuba
2 587	38	06.08.2002	Severe floods	UK, Spain, Germany, Austria et al
2 516	26	20.10.1991	Forest fires which spread to urban areas, drought	US

Schär, ETH Zürich

(SwissRe)

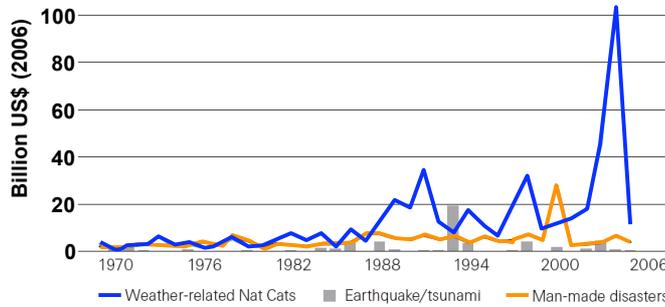
## 28 grösste Ereignisse 1970-2006, Todesopfer

Victims <sup>28</sup>	Insured loss (in USD m, indexed to 2006) <sup>29</sup>	Date (Start)	Event	Country
300 000	-	14.11.1970	Storm and flood catastrophe	Bangladesh
255 000	-	28.07.1976	Earthquake (M 7.5)	China
220 000	2 134	26.12.2004	Earthquake (M <sub>w</sub> 9), tsunami in Indian Ocean	Indonesia, Thailand et al
138 000	3	29.04.1991	Tropical cyclone Gorky	Bangladesh
73 300	-	08.10.2005	Earthquake (M <sub>w</sub> 7.6); aftershocks, landslides	Pakistan, India et al
66 000	-	31.05.1970	Earthquake (M 7.7); rock slides	Peru
40 000	177	21.06.1990	Earthquake (M 7.7); landslides	Iran
35 000	-	01.06.2003	Heat wave and drought in Europe	France, Italy, Germany et al
26 271	-	26.12.2003	Earthquake (M 6.5) destroys 85% of Bam	Iran
25 000	-	07.12.1988	Earthquake (M 6.9)	Armenia, ex-USSR
25 000	-	16.09.1978	Earthquake (M 7.7) in Tabas	Iran
23 000	-	13.11.1985	Volcanic eruption on Nevado del Ruiz	Colombia
22 084	266	04.02.1976	Earthquake (M 7.5)	Guatemala
19 737	114	26.01.2001	Earthquake (M <sub>w</sub> 7.6) in Gujarat	India, Pakistan, Nepal et al
19 118	1 210	17.08.1999	Earthquake (M <sub>s</sub> 7.0) in Izmit	Turkey
15 000	-	11.08.1979	Macchu dam burst in Morvi	India
15 000	-	01.09.1978	Flooding following monsoon rains	India, Bangladesh
15 000	121	29.10.1999	Cyclone 05B devastates Orissa state	India, Bangladesh
11 069	-	25.05.1985	Tropical cyclone in Bay of Bengal	Bangladesh
10 800	-	31.10.1971	Flooding in Bay of Bengal and Orissa state	India
10 000	-	20.11.1977	Tropical cyclone in Andhra Pradesh	India, Bay of Bengal
10 000	266	12.12.1999	Floods, mudflows and landslides	Venezuela, Colombia
9 500	603	19.09.1985	Earthquake (M 8.1)	Mexico
9 475	-	30.09.1993	Earthquake (M 6.4) in Maharashtra	India
9 000	618	22.10.1998	Hurricane Mitch in Central America	Honduras, Nicaragua et al
6 425	3 270	17.01.1995	Great Hanshin earthquake (M 7.2) in Kobe	Japan
6 304	-	05.11.1991	Typhoons Thelma and Uring	Philippines
6 000	-	02.12.1984	Accident in chemical plant; methyl isocyanates released	India
5 778	40	27.05.2006	Earthquake (M <sub>s</sub> 6.3); Bantul almost completely destroyed	Indonesia

Schär, ETH Zürich

(SwissRe)

## Häufen sich Extremereignisse?



“Die Anzahl Naturkatastrophen in den 1990er Jahren ist viermal grösser als in den 1960er Jahren;

Oekonomische Verluste sind acht mal grösser;

Versicherte Verluste sind 15 mal grösser ... .”

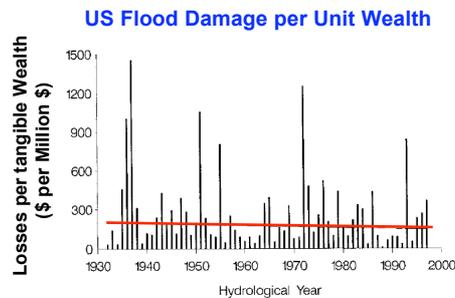
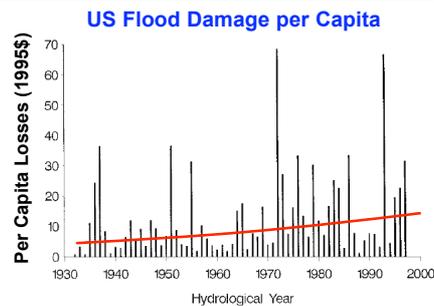
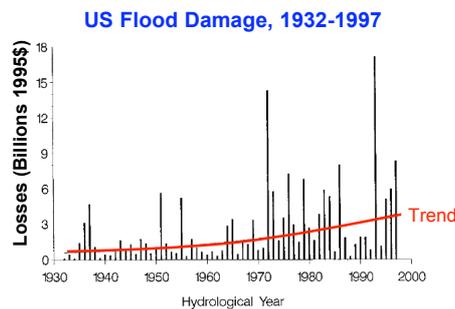
### Ursachen:

- Bevölkerungswachstum und Siedlungsstruktur (demographische Faktoren)
- Lebensstandard (ökonomische Faktoren)
- zunehmende Verletzlichkeit der Infrastruktur (technologische Faktoren)
- Klimawandel (Anteil unbekannt)

## Trends von Schäden durch Naturkatastrophen

### Analyse von Überschwemmungsschäden in den USA

(Pielke and Downton 2000)



Die Zunahme der Überschwemmungsschäden ist primär durch Zunahme des Reichtums bedingt.

## Extremereignisse in der Schweiz

### Schweizer Schadenstatistik (1972-1996)

Insgesamt 1'186 Überschwemmungen, Murgänge, Rutschungen (Lawinen nicht eingerechnet)

50% von Gewittern und kurzen Starkregen  
25% von langandauernden Regenfällen

Durchschnittlich 300 Mio Fr. pro Jahr

Schadenreichste Jahre:	1987	1'230 Mio Fr.	UR, TI, GR
	1993	900 Mio Fr.	VS
	2005	2'500 Mio Fr.	BE, UR, GR, SG, ...

Geschätzter Schaden mit Rückkehrperiode von 100 Jahren: 6 Mia Fr.

(Röthlisberger, 1999)

## Unwetterschäden Schweiz

