

# Katastrophen und wie sie Geschichte machen

## Der Ausbruch des Tambora 1815

**Stefan Brönnimann, Oeschger Centre and Institute of Geography**

Colloquium in Climatology, Climate Risks and Remote Sensing, Univ. Bern



**European Research Council**

Established by the European Commission

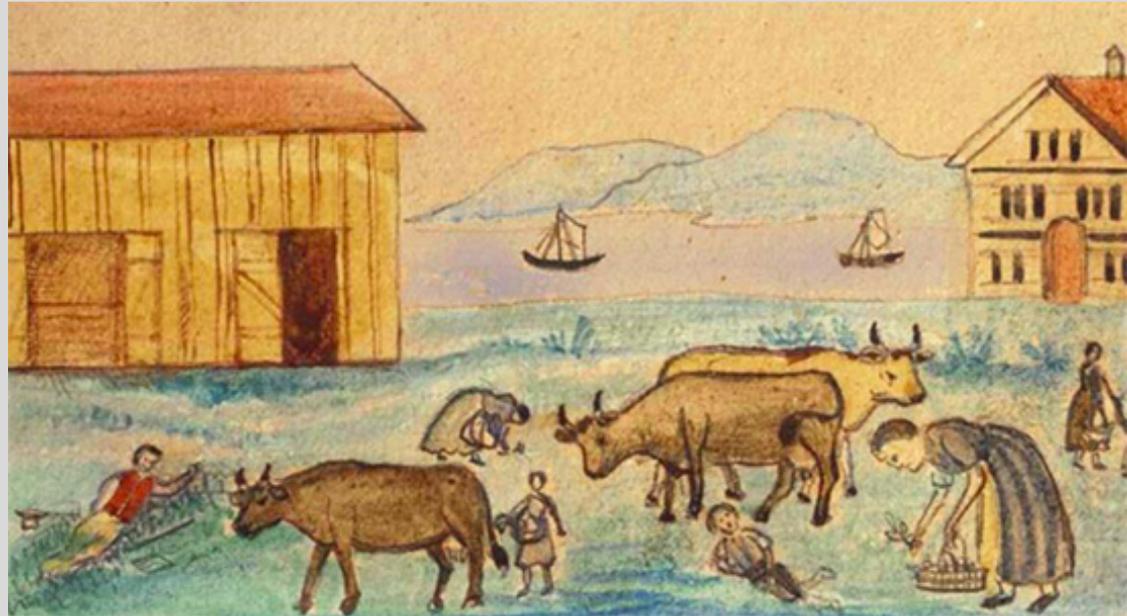
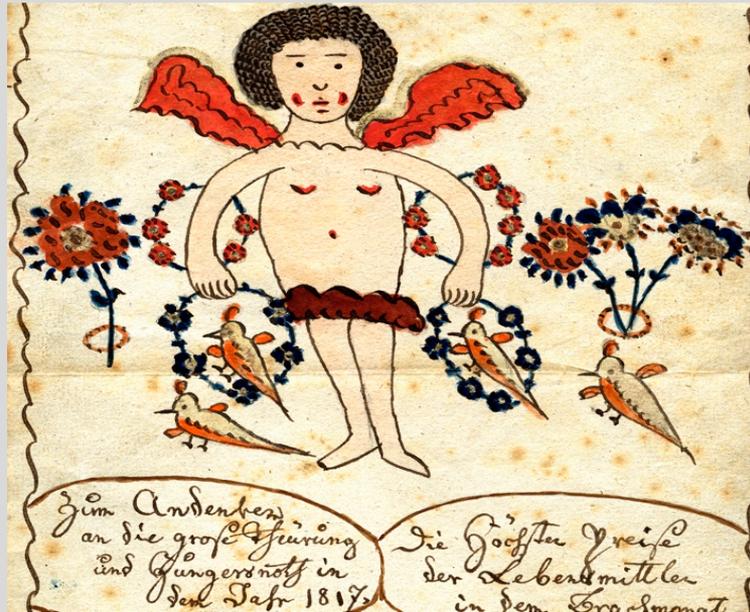


FONDS NATIONAL SUISSE  
SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS  
FONDO NAZIONALE SVIZZERO  
SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

# Aufbau

- **Einleitung/Relevanz für die Schweiz**
- **Der Ausbruch**
- **Wetter und Klimarekonstruktion**
- **Klimafolgen**
- **Folgen für die Gesellschaft**
- **Langfristige Folgen**
- **Schlussfolgerungen**

# Schweiz, vor 204 Jahren

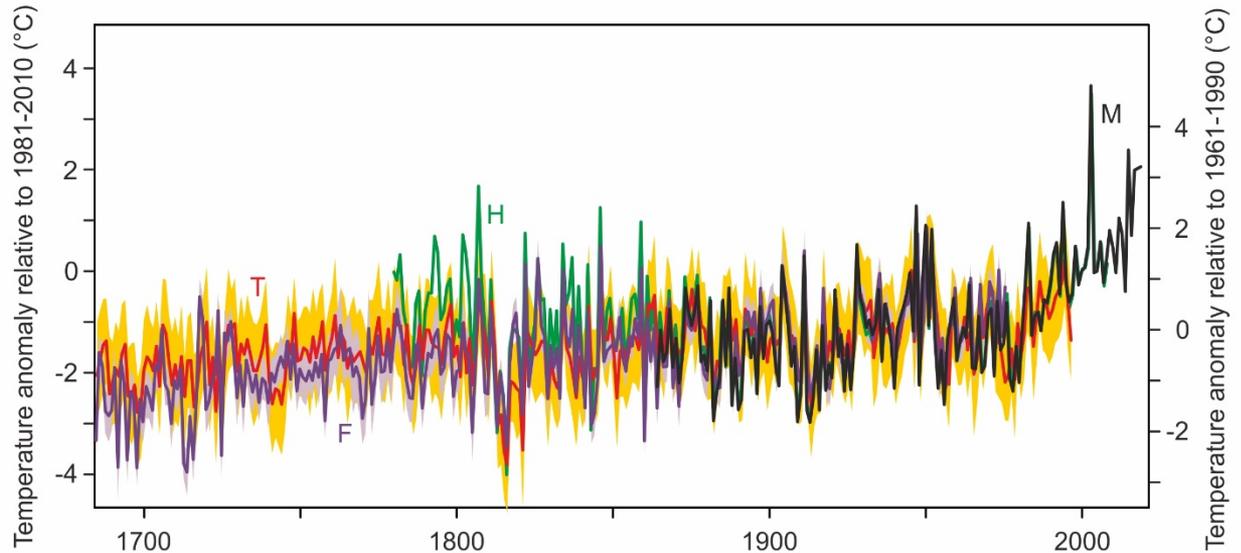


# Sommertemperatur

## Letzte 330 Jahre

- „Jahr ohne Sommer“ 1816
- Schneller Anstieg seit 1970

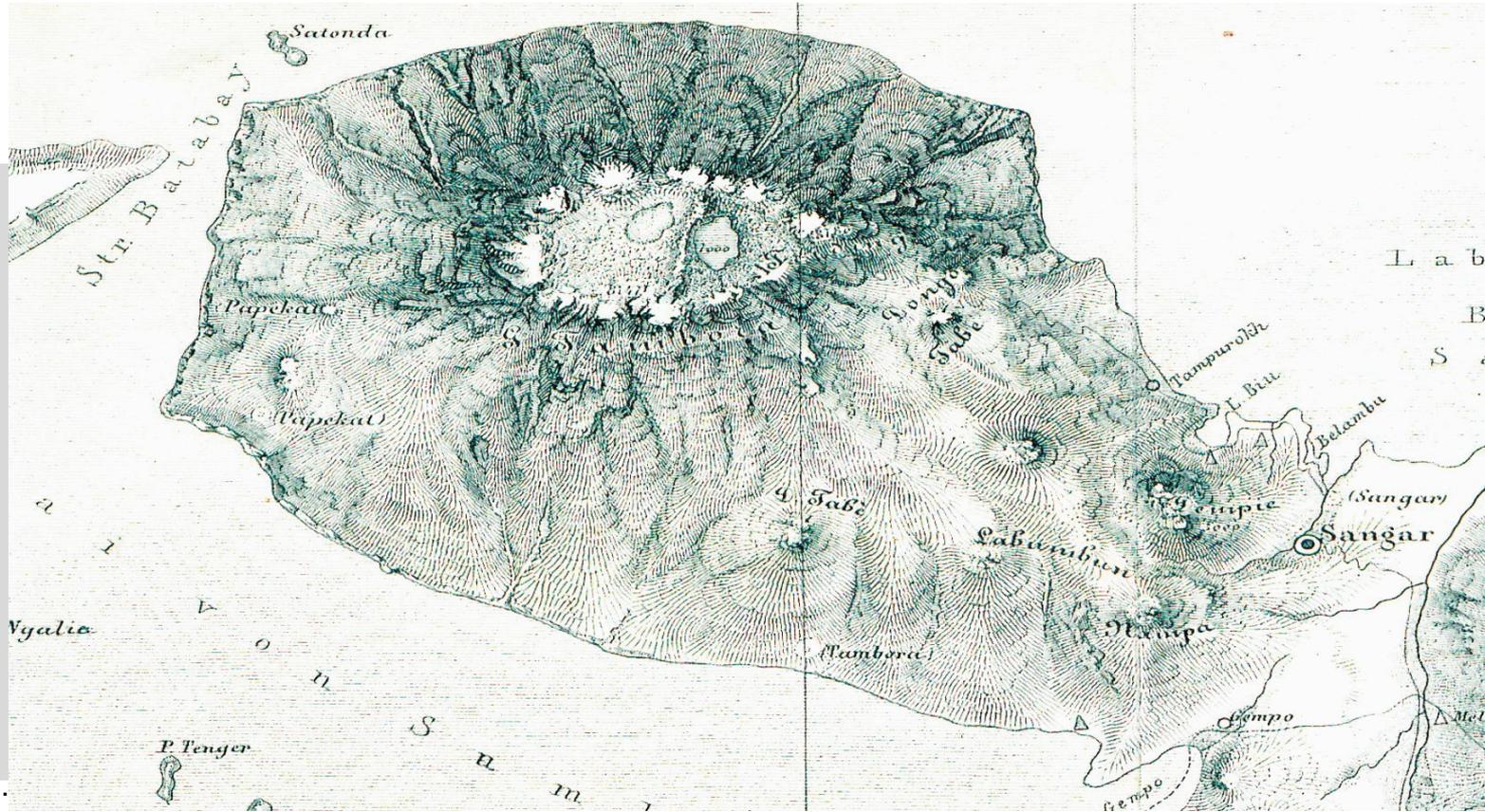
Observations and multi-proxy reconstructions: Annual series



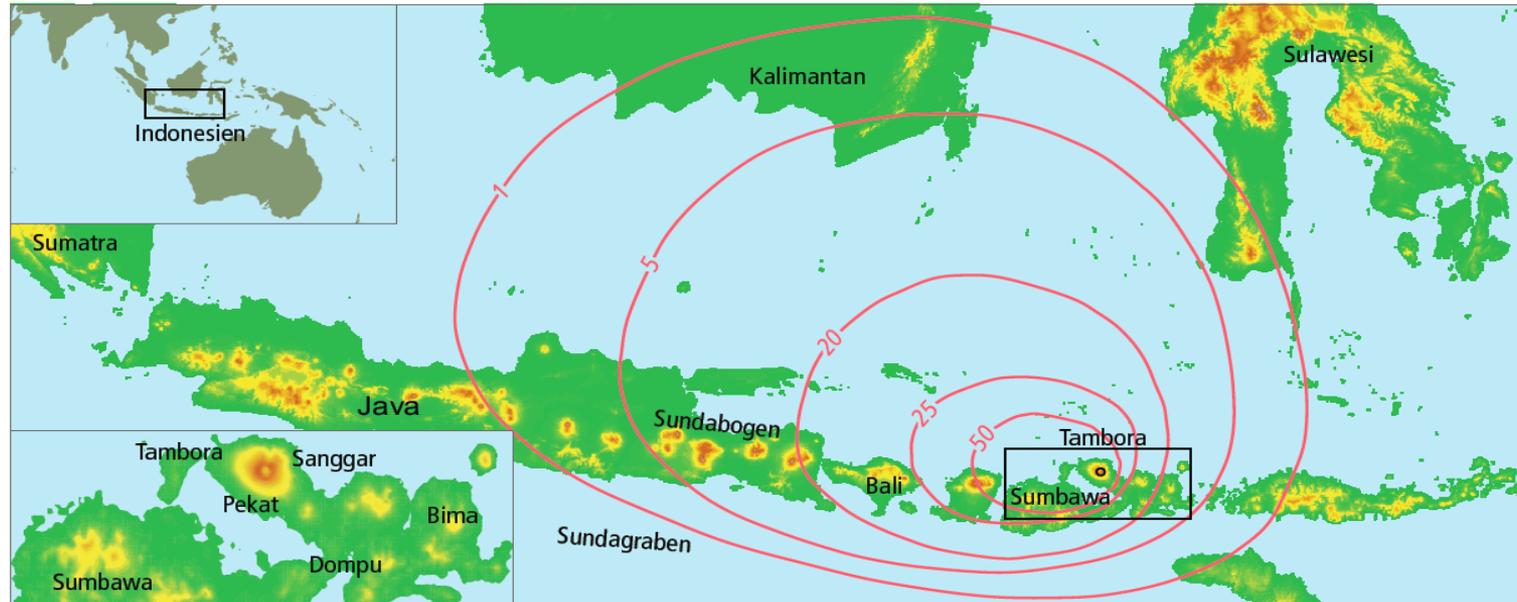
# Indonesien, vor 204 Jahren



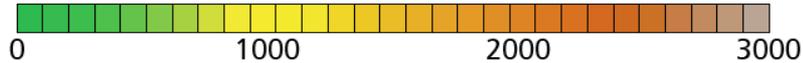
# Schweizer Bezug



# Der Ausbruch



Höhe über Meer



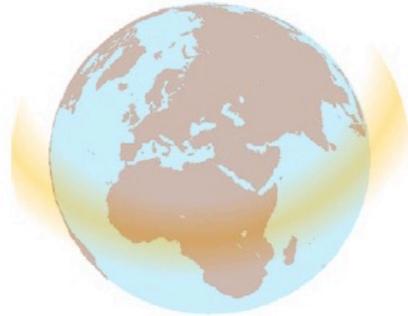
# Nach einem Ausbruch

**Ausbruch**



Tambora stösst Gase  
und Asche aus

**2 Wochen**



Schwefelgase umkreisen die  
Tropen in der Stratosphäre

**8 Wochen**



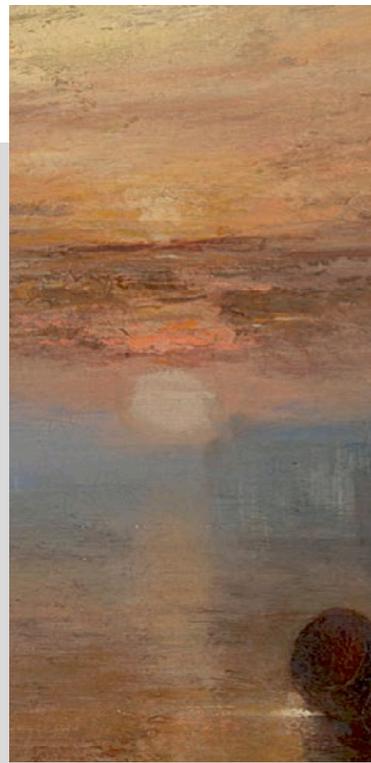
Sie werden rasch zu Sulfat-  
aerosolen umgewandelt

**1 Jahr**



Die Aerosole breiten sich  
langsam polwärts aus

# Woher wissen wir das?



```
LIBS = mctwostream/libmctwos
SRC = mcmain.c mcglobal.c mc
sunpos.c mcground.c mc
mcsyntax.c mcinp.c mcd
mcadvect.c mpdata.c mc
matrix.c mcclouds.c mc
mcpm.c \
mc_module.cc mc_variab
puffemit.cc

#vvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvv kee
depend :
    makedepend $(INCLUDE)
    (cd mctwostream; make

$(OBJDIR)/%.o : %.c
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(C

$(OBJDIR)/%.o : %.cc
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(C

$(OBJDIR)/%.o : %.f
    f77 -c $(FFLAGS) $*.f

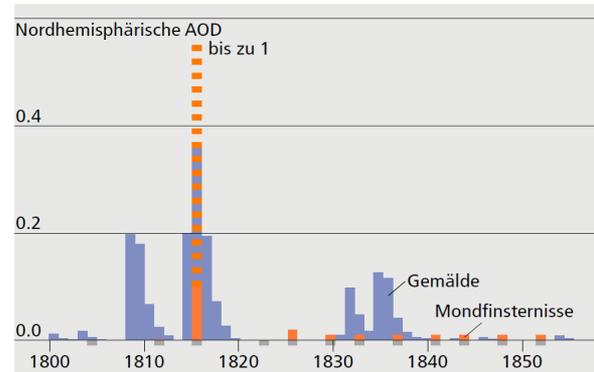
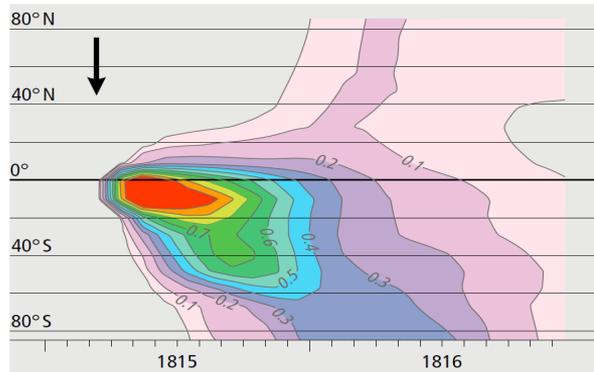
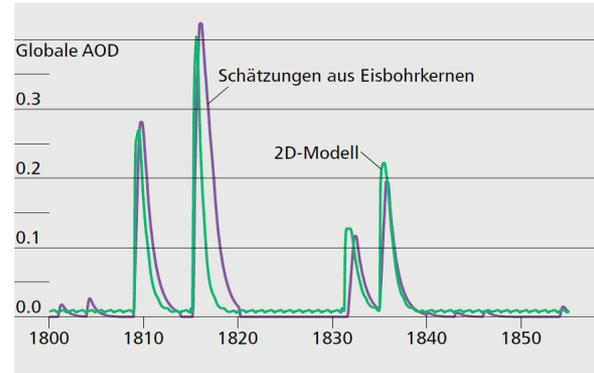
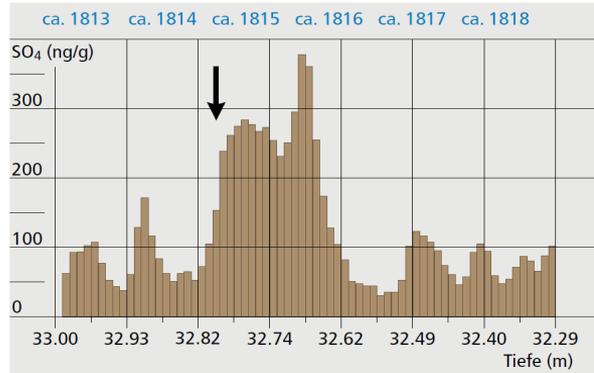
parallel : $(OBJS) $(OBJDIR)
    $(CC) $(OBJS) $(OBJD
    -lm -lnetcdf -lpv
    $(STRIP) meteochem

meteochem : $(OBJS) $(LIBS)
    $(CC) $(OBJS) -L/usr/
    $(STRIP) meteochem

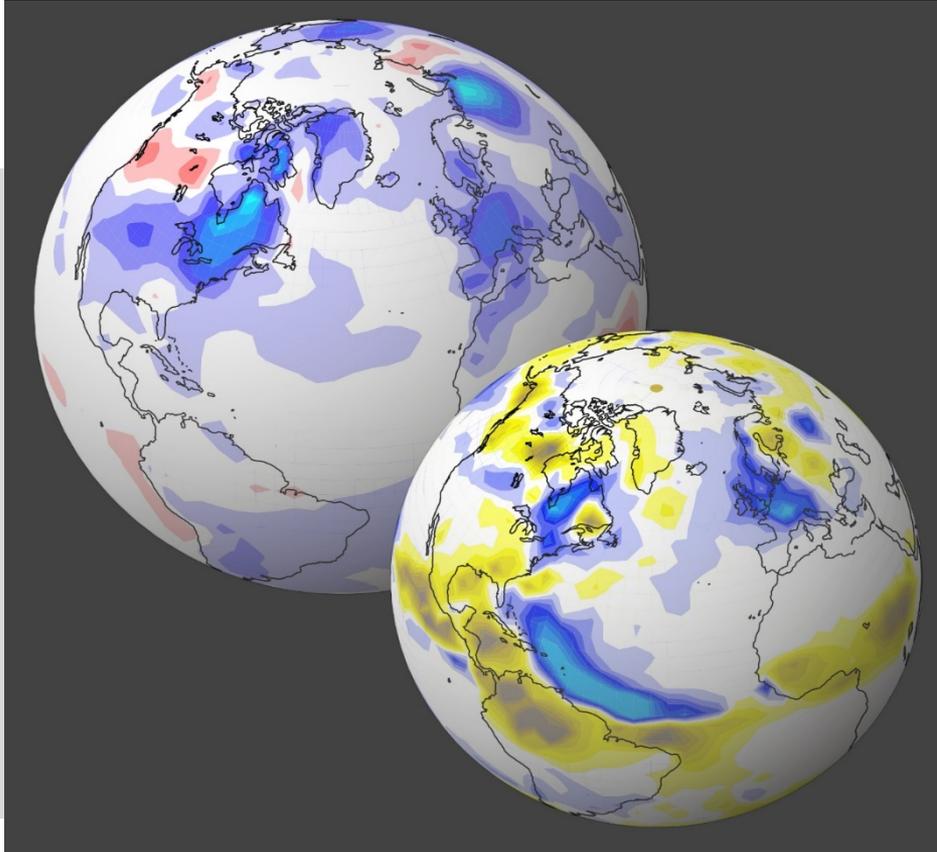
mcinp.c : mcinp.l
    flex -P mci -+ -o $@ $

mcsyntax.c mcsyntax.h : mcsy
    bison -y -d mcsyntax.
    sed 's/yy/mci/g' y.ta
    rm y.tab.c
    sed 's/yy/mci/g' y.ta
    rm y.tab.h
```

# Geschätzte Aerosolmengen



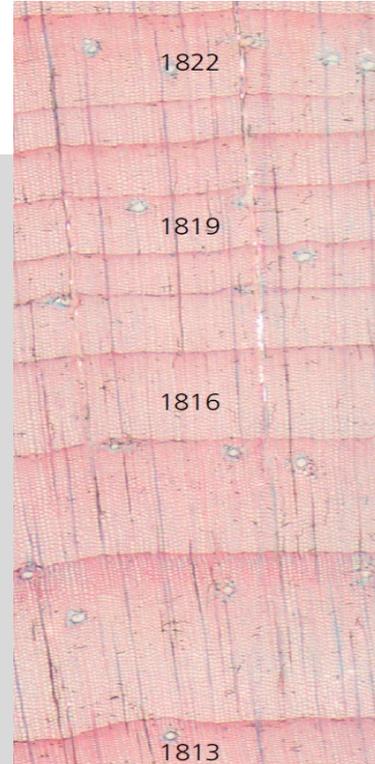
# Auswirkungen auf das Klima



# Woher wissen wir das?



Schnee oder Regen.		
Nachts.	Vormittag.	Nachmittag.
—	—	Reg. 3
Regen	Regen	Regen
Regen	—	Regen
Regen	Regen	Regen
—	Regen	Regen
Regen	—	—
—	—	Reg. 3
Regen	Regen	—
—	—	Erbr. 7
—	Reg. 12	—
Regen	Reg. 11	Regen
Regen	Regen	Regen
Regen	Regen	Regen
—	—	—
—	—	Reg. 4
—	—	Regen
Regen	Regen	Regen



```
LIBS = mctwostream/libmctwos
SRC = mcmain.c mcglobal.c mc
sunpos.c mcground.c mc
mcsyntax.c mcinp.c mcc
mcadvect.c mpdata.c mc
matrix.c mcclouds.c mc
mcppm.c \
mc_module.cc mc_variab
puffemit.cc

#vvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvv kee
depend :
    makedepend $(INCLUDE)
    (cd mctwostream; make

$(OBJDIR)/%.o : %.c
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(C

$(OBJDIR)/%.o : %.cc
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(C

$(OBJDIR)/%.o : %.f
    f77 -c $(FFLAGS) $*.f

parallel : $(OBJS) $(OBJDIR)
    $(CC) $(OBJS) $(OBJD
    -lm -lnetcdf -lpv
    $(STRIP) meteochem

meteochem : $(OBJS) $(LIBS)
    $(CC) $(OBJS) -L/usr/
    $(STRIP) meteochem

mcinp.c : mcinp.l
    flex -P mci -+ -o $@ $

mcsyntax.c mcsyntax.h : mcsy
    bison -y -d mcsyntax.
    sed 's/yy/mci/g' y.ta
    rm y.tab.c
    sed 's/yy/mci/g' y.ta
    rm y.tab.h
```

# Dokumentendaten

## Phänologie, Erntedaten, Indizes

Omi-watari  
(seit 1397)



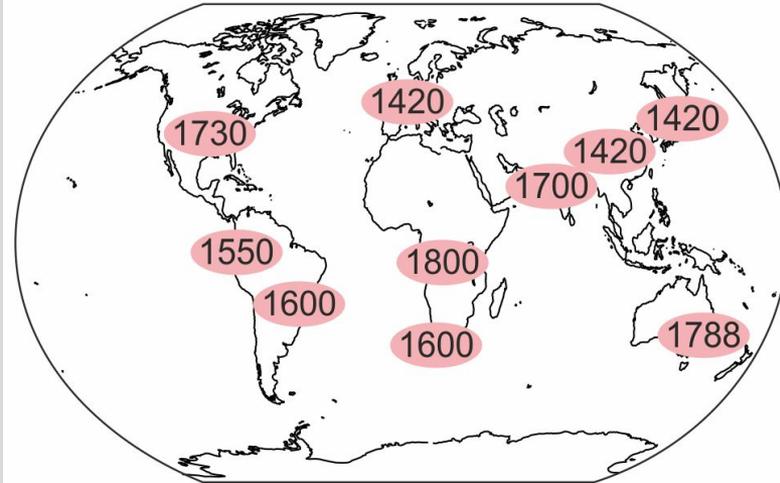
Kirschblüte  
(seit 9. Jh.)



Weinlese  
(seit 14. Jh.)

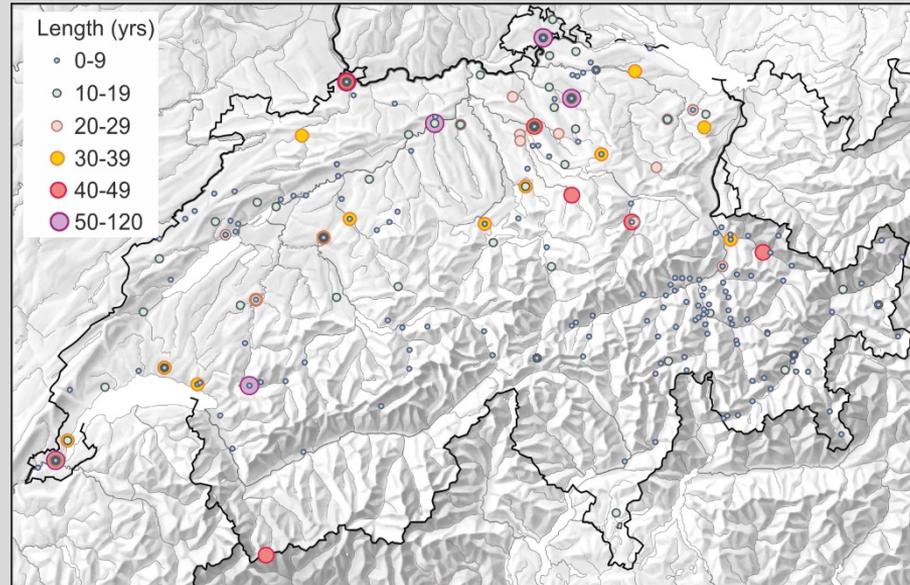
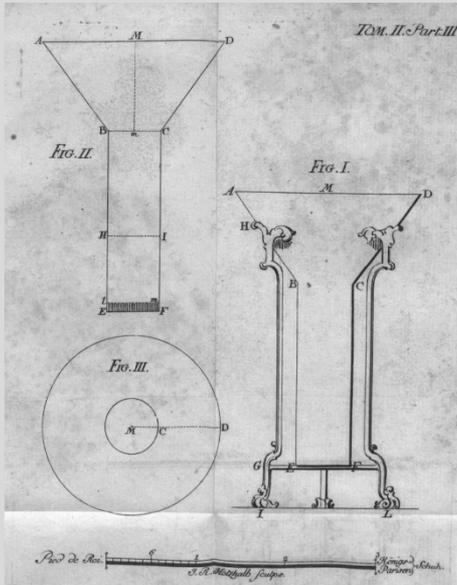


Abdeckung



# Frühinstrumentelle Daten in der Schweiz

Mehr als man denken würde!



	Wind	Barom	Thermom	Hy			
	Zuſen	Norn	Zuſen	Norn	W. II	W. III	Norn
2708	2708	2704 + 11	+ 17	+ 15			18
	2700	2712 + 13	+ 19	+ 15			24
	2715	2709 + 10	+ 22	+ 16			20
	2701	26104 + 14	+ 21	+ 14			20
(C)	2705	26112 + 12	+ 10	+ 12			25
	2702	2710 + 11	+ 16	+ 13			25
	2713	2702 + 11	+ 20	+ 15			20
	2709	2705 + 12	+ 17	+ 11			23
	2708	2706 + 10	+ 21	+ 19			20
	2700	2704 + 14	+ 21	+ 18			20
	2706	2706 + 15	+ 24	+ 22			21
	2706	2702 + 13	+ 19	+ 13			22
	2709	2710 + 11	+ 19	+ 15			26

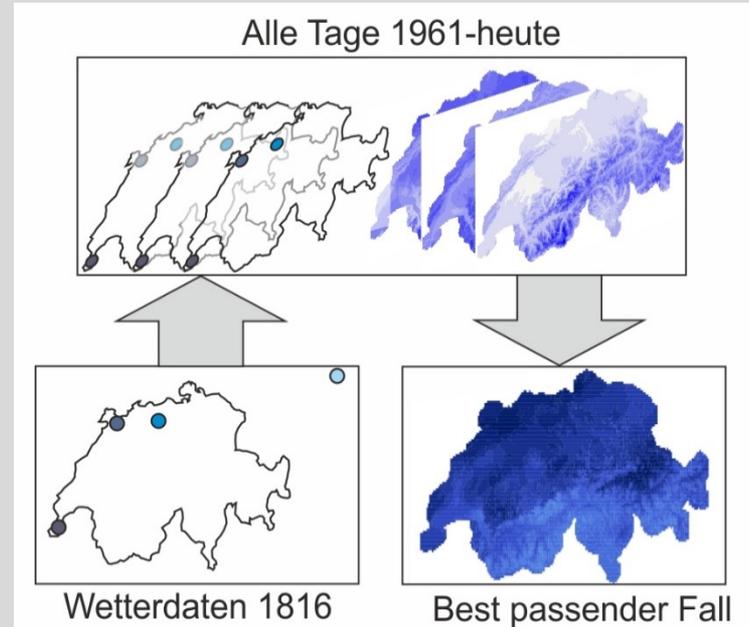
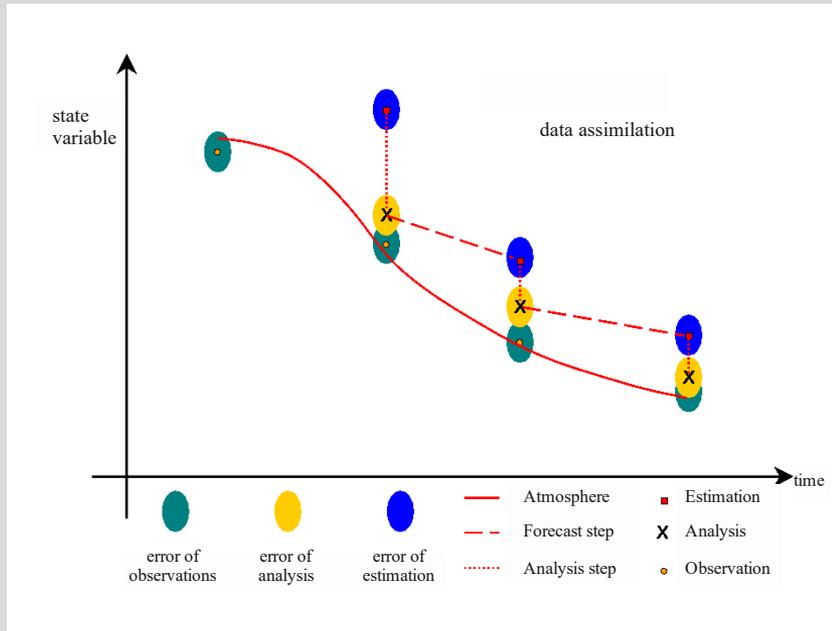
# Frühinstrumentelle Daten weltweit

## Darin spiegelt sich Weltgeschichte



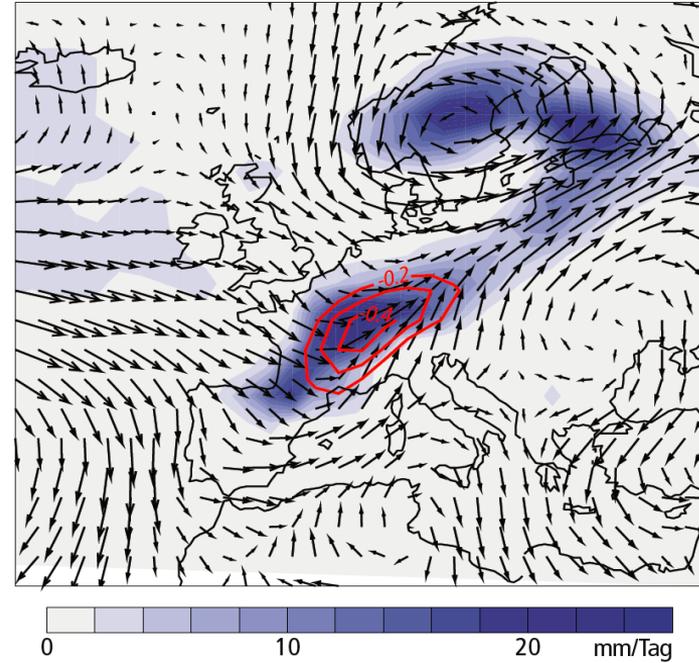
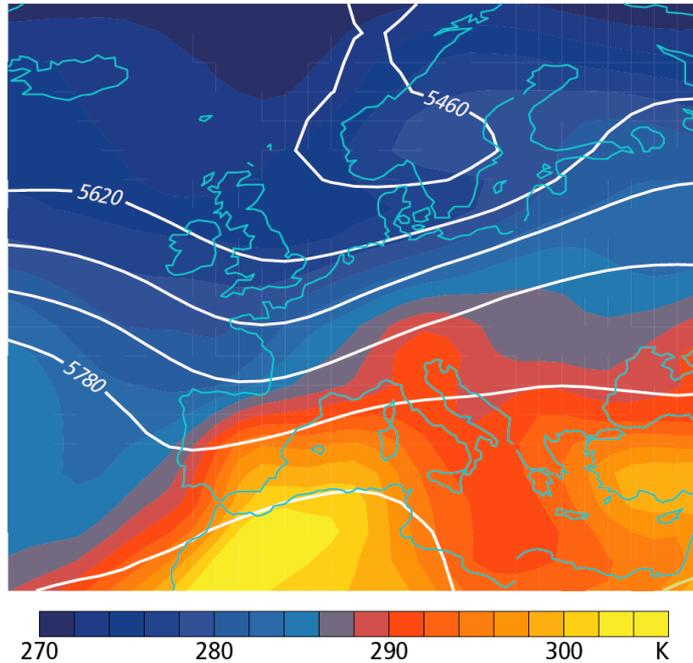
# Wetterrekonstruktion mit Modellen

## Wetterrekonstruktion mit Analogfällen

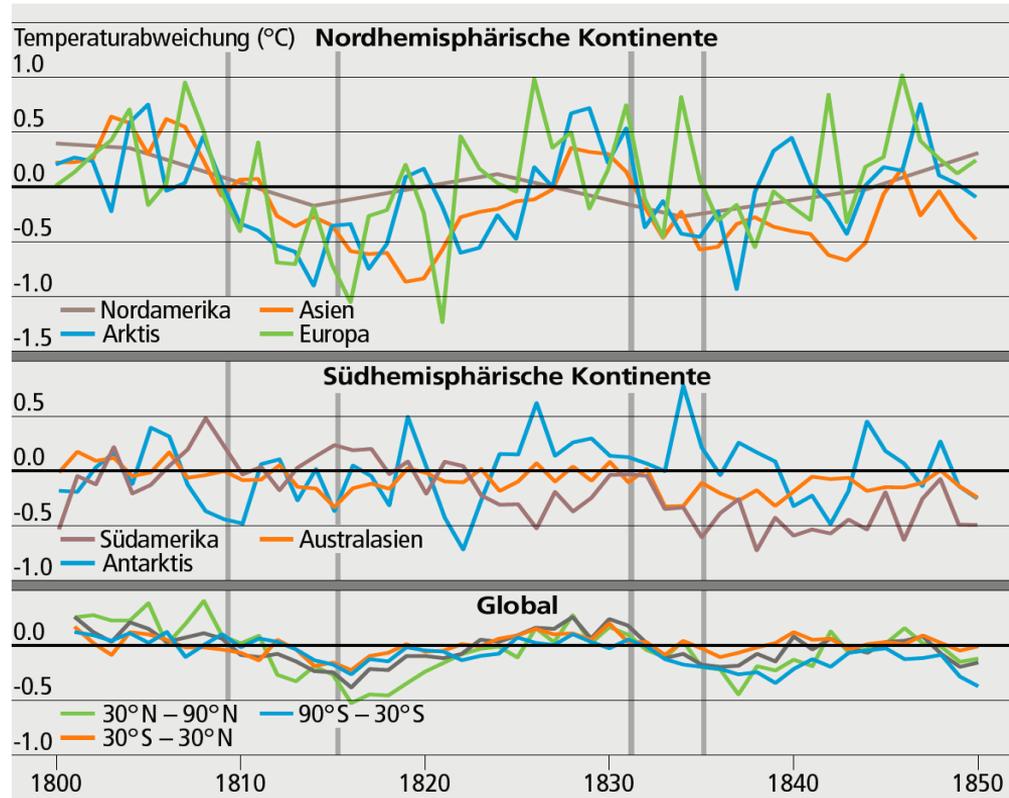




# Das Wetter am 29. Juli 1816

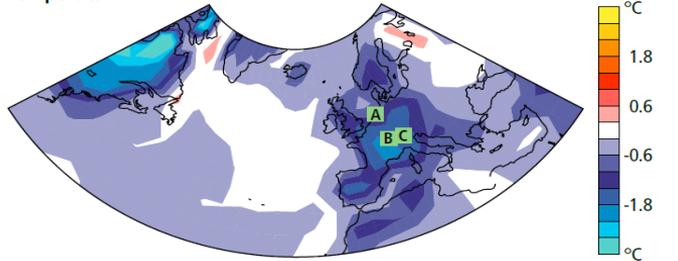


# 1816 in Rekonstruktionen

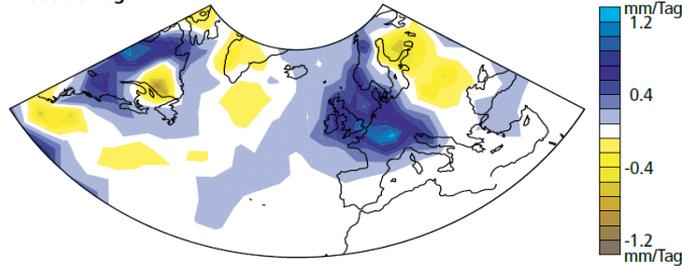


# Der Sommer 1816 in Europa

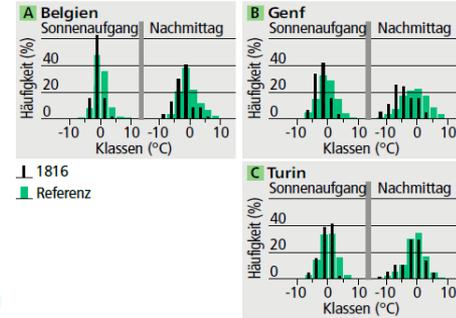
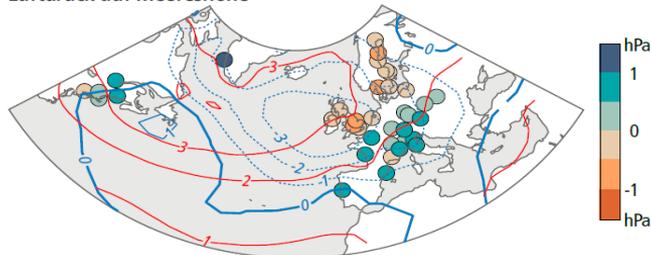
Temperatur



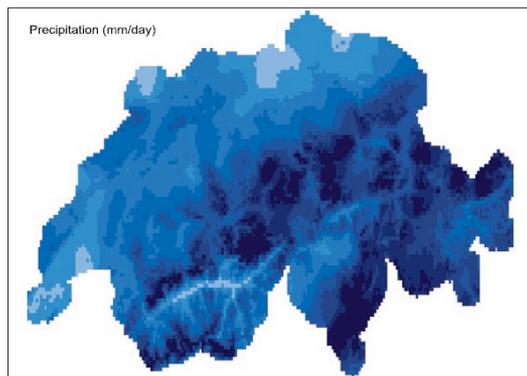
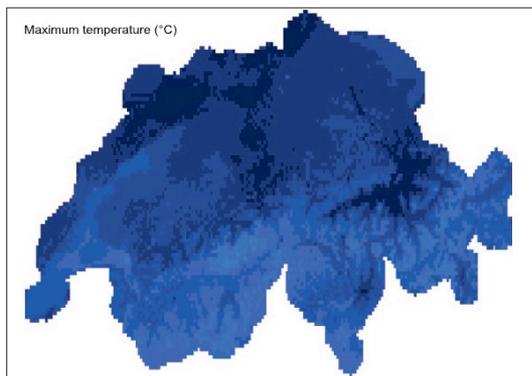
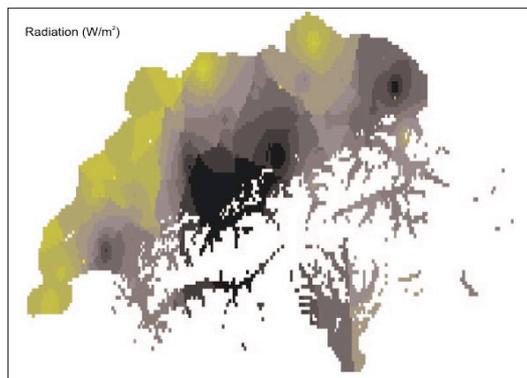
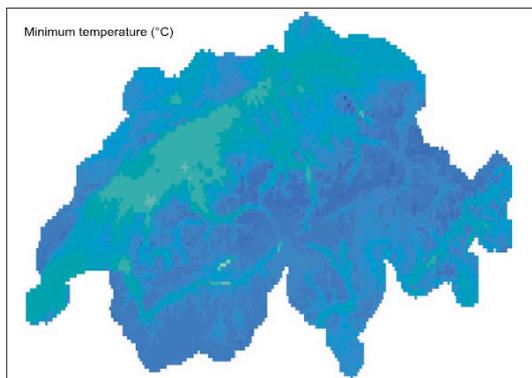
Niederschlag



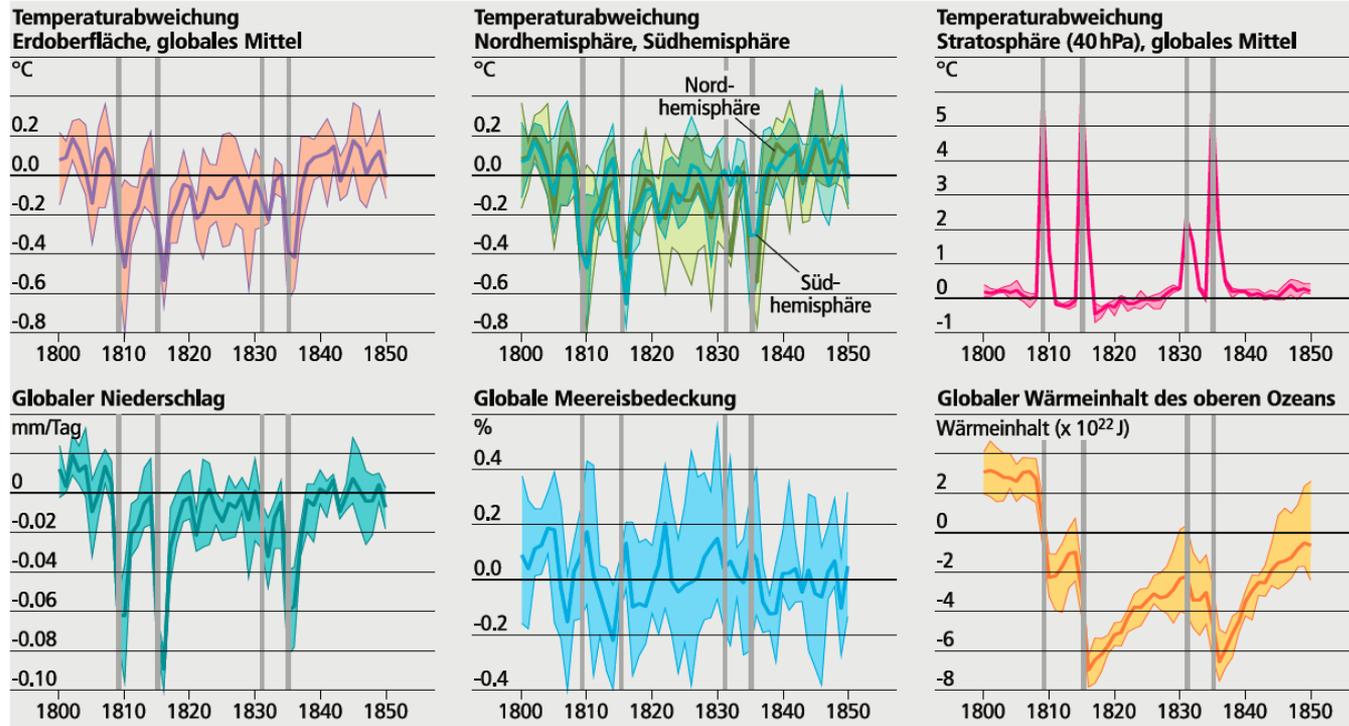
Luftdruck auf Meereshöhe



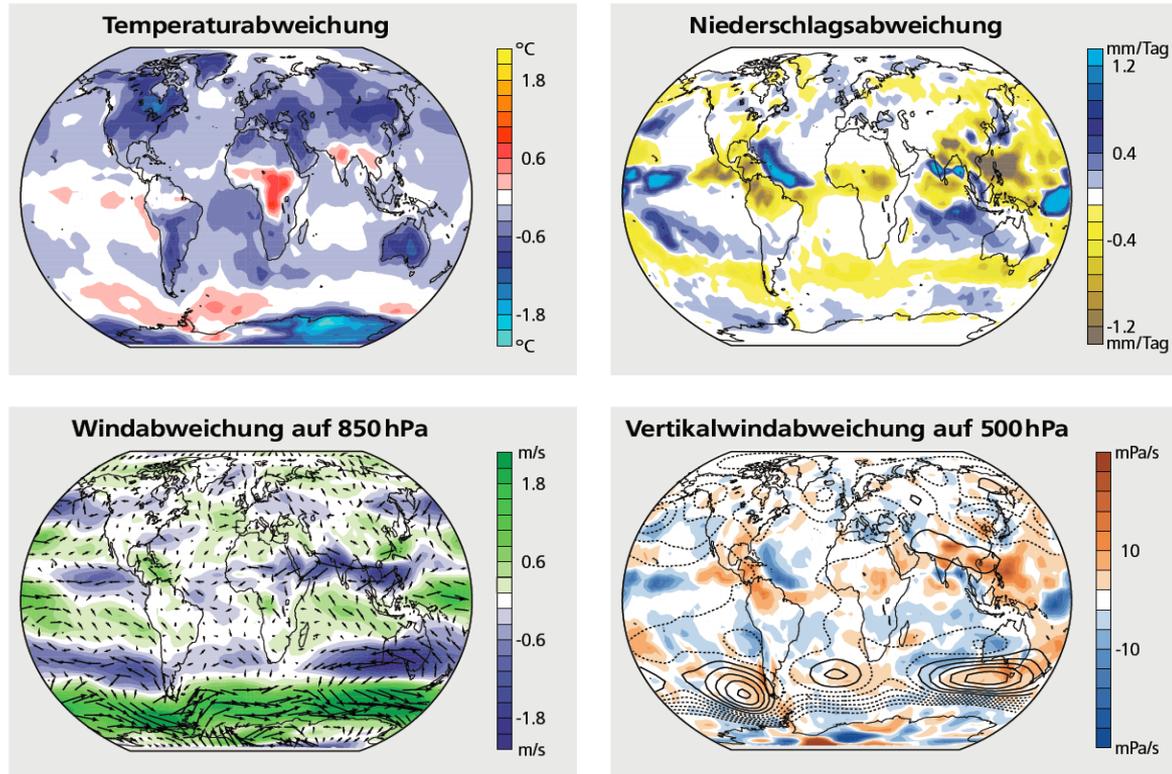
# Der Sommer 1816 in der Schweiz



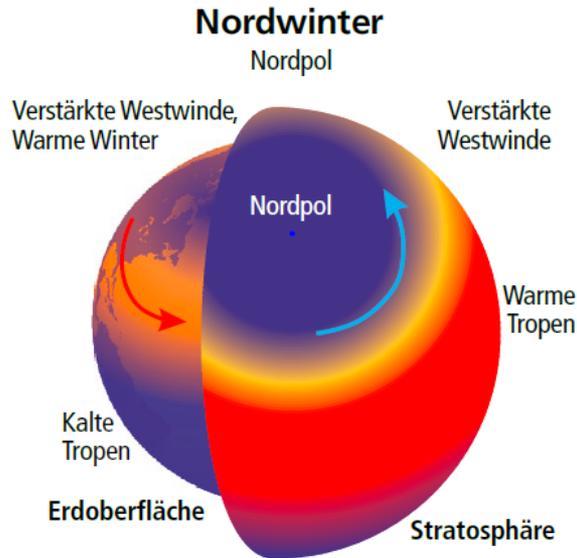
# «Jahr ohne Sommer» in Klimamodellen



# «Jahr ohne Sommer» in Klimamodellen



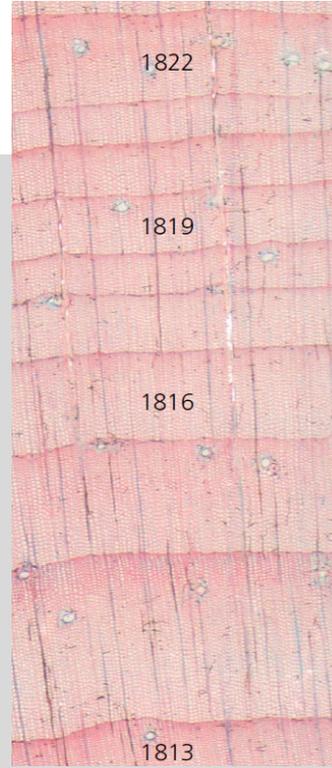
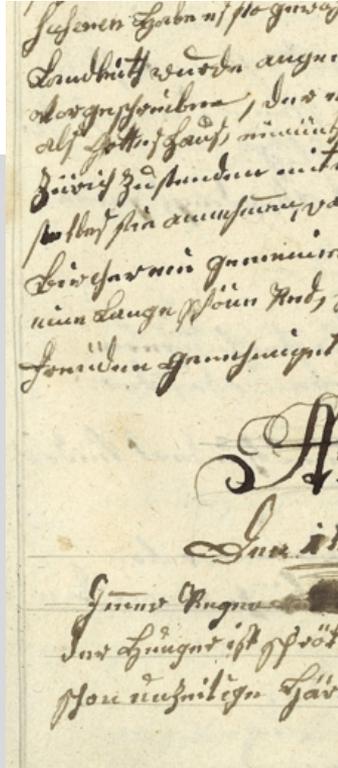
# Auswirkungen auf das Klimasystem



# Auswirkungen auf Mensch und Gesellschaft



# Woher wissen wir das?



```
LIBS = mctwostream/libmctwos
SRC = mcmain.c mcglobal.c mc
sunpos.c mcground.c mc
mcsyntax.c mcinp.c mcc
mcadvect.c mpdata.c mc
matrix.c mcclouds.c mc
mcpm.c \
mc_module.cc mc_variab
puffemit.cc

#vvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvvv kee
depend :
    makedepend $(INCLUDE)
    (cd mctwostream; make

$(OBJDIR)/%.o : %.c
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(

$(OBJDIR)/%.o : %.cc
    $(CC) -c $(CFLAGS) $(

$(OBJDIR)/%.o : %.f
    f77 -c $(FFLAGS) $*.f

parallel : $(OBS) $(OBJDIR)
$(CC) $(OBS) $(OBJD
    -lm -lnetcdf -lpv
$(STRIP) meteochem

meteochem : $(OBS) $(LIBS)
$(CC) $(OBS) -L/usr/
$(STRIP) meteochem

mcinp.c : mcinp.l
flex -P mci +- -o $

mcsyntax.c mcsyntax.h : mcsy
bison -y -d mcsyntax.
sed 's/yy/mci/g' y.ta
rm y.tab.c
sed 's/yy/mci/g' y.ta
rm y.tab.h
```

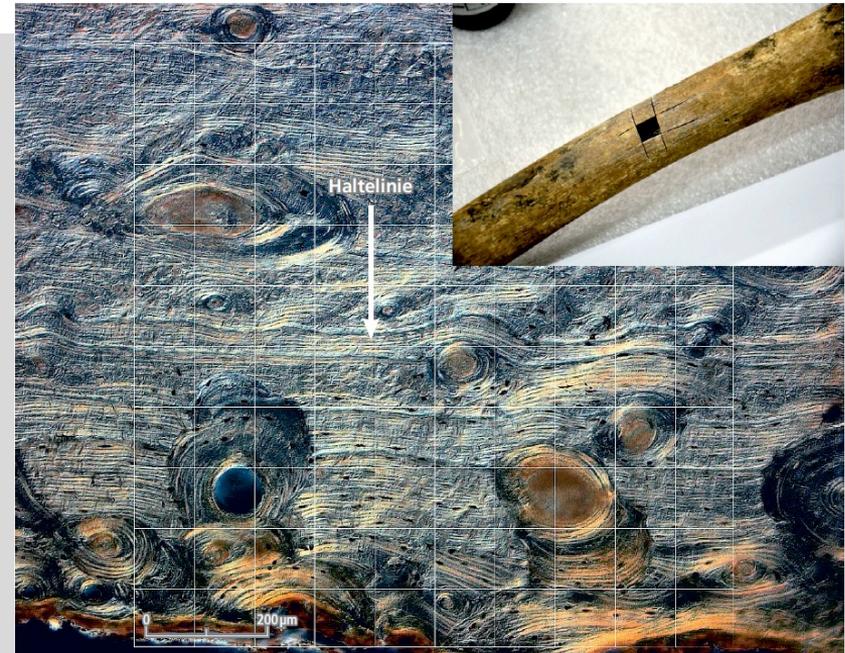
# Letzte Hungerkrise in der Schweiz



# Mangelernährung

Oberschenkelknochen einer Person,  
welche die Hungersnot überlebt hat.

Spuren der Mangelernährung 1817  
zeigen sich im Knochenbau

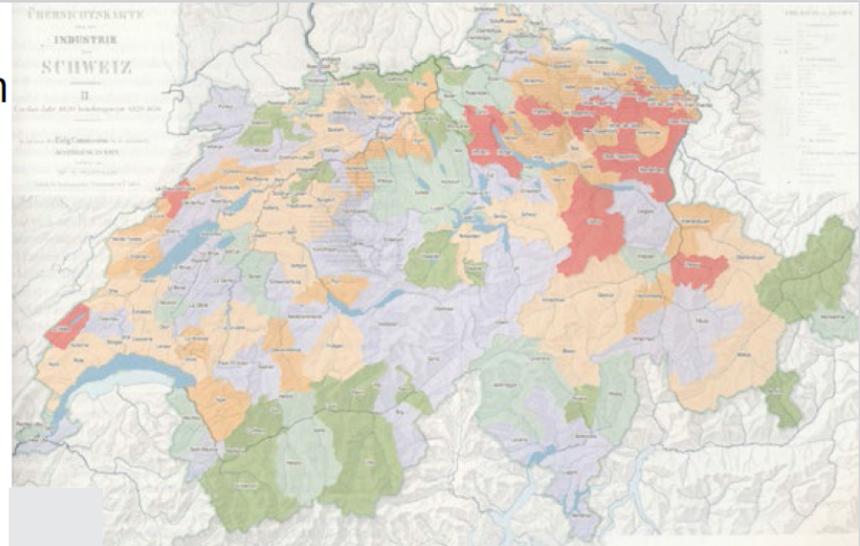
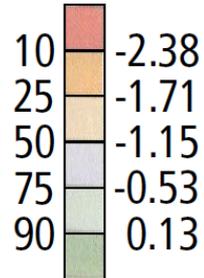


# Geburtenrückgang

Häufigkeit des Jahrgangs 1818 im Vergleich zum Erwartungswert, aus der Volkszählung 1860.

## Mangelernährung 1818

%ile std.  
Residuen



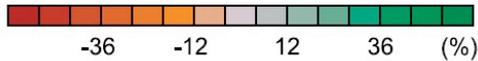
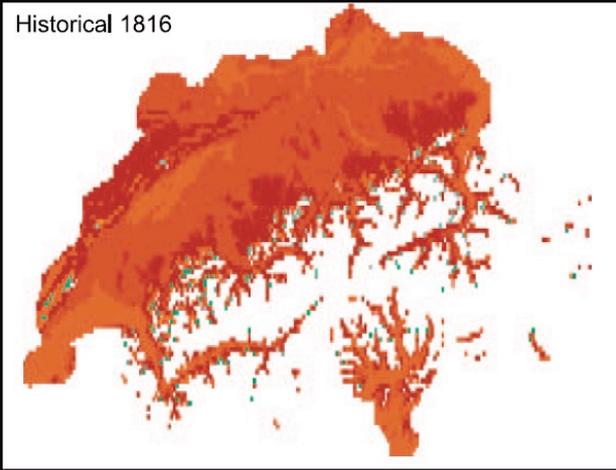
# Mortalität und Auswanderung



# Erntesimulation

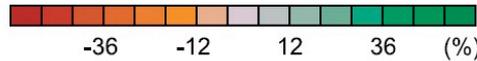
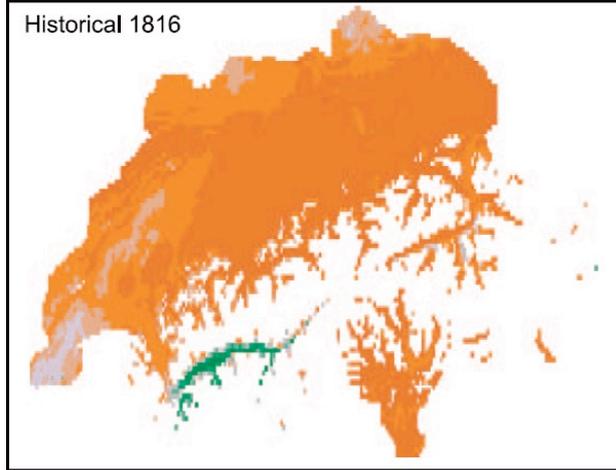
Potato

Historical 1816

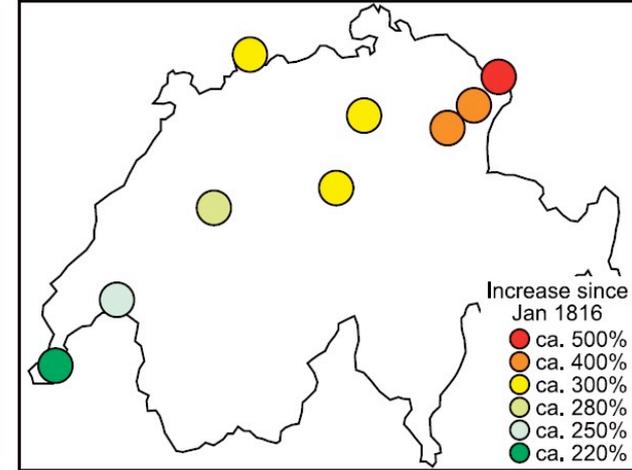


Barley

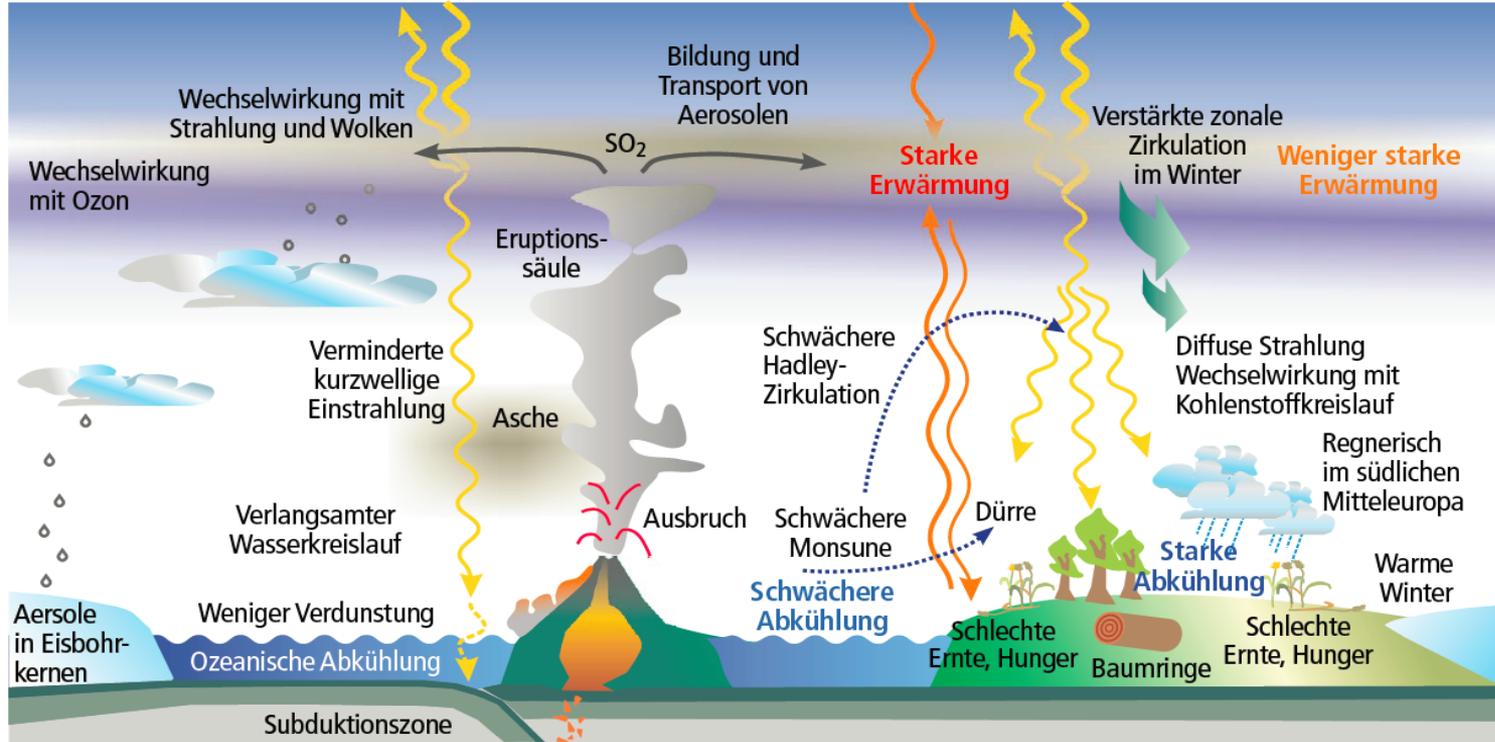
Historical 1816



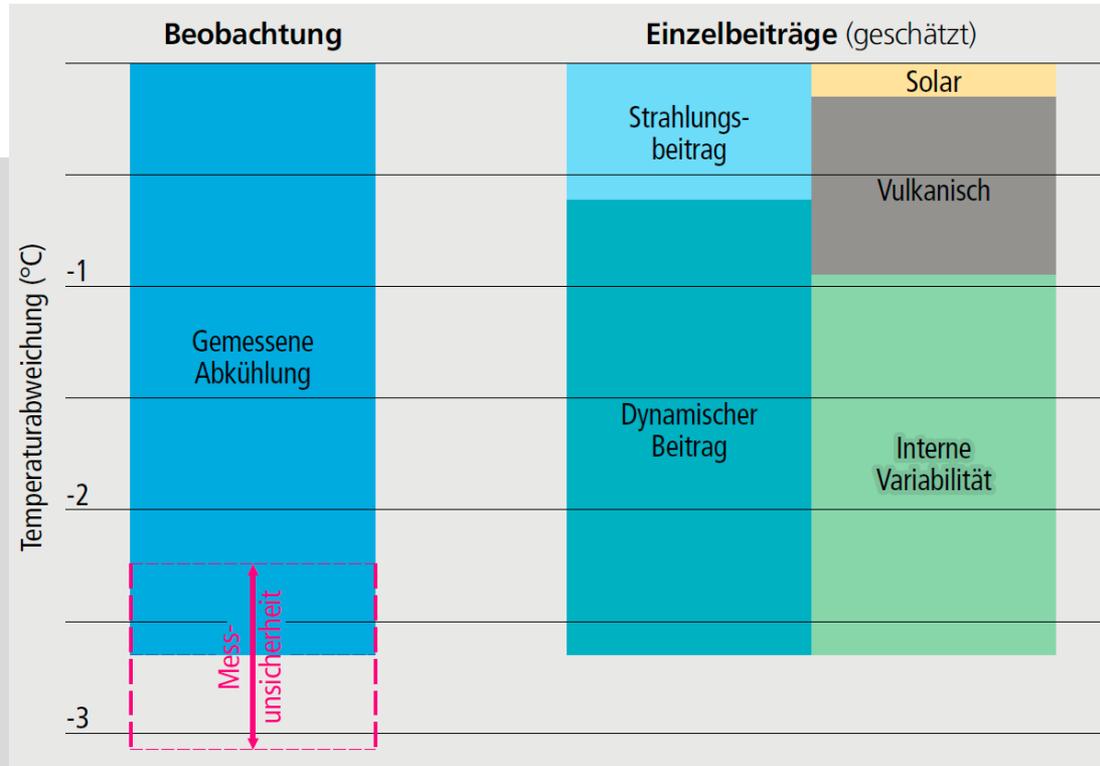
Grain Prices Early Summer 1817



# Auswirkungen auf das Erdsystem



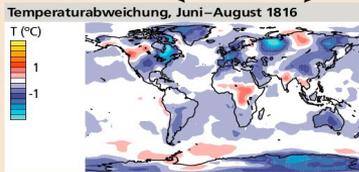
# Alles Vulkan?



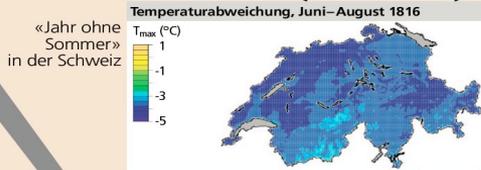
# Tambora



Globale und regionale Abkühlung



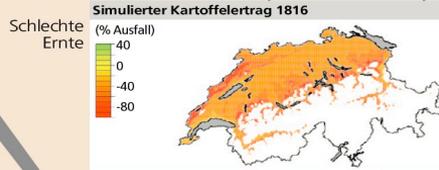
Andere Faktoren (z.B. solares Minimum)



Andere Faktoren (Variabilität der Zirkulation)

- Mitigation**
- Tanzverbote
  - Beten
  - Zerstören von Blitzableitern

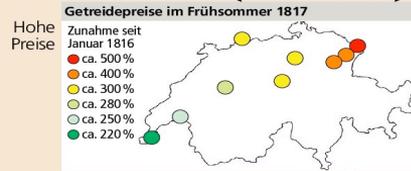
Natürliches System



Andere Faktoren (Form der Landwirtschaft, Schädlinge)

- Adaptation**
- Optimierung der Ernte
  - Reduziertes Risiko

Mensch-Gesellschaft-System



Andere Faktoren (Wirtschaftsstruktur, Politik)

- Politische Optionen**
- Exporteinschränkungen
  - Markteingriff
  - Import

- Stärkung der Belastbarkeit**
- Strassenbau
  - Gründung von Gesellschaften
  - Bildung
  - Forschung
- Andere Faktoren (vorangehende Belastung)



- Nothilfe**
- öffentliche Wohlfahrt
  - Almosen
  - Migration

# Globale Auswirkungen



# Längerfristige Folgen



# Hochwasser 1817

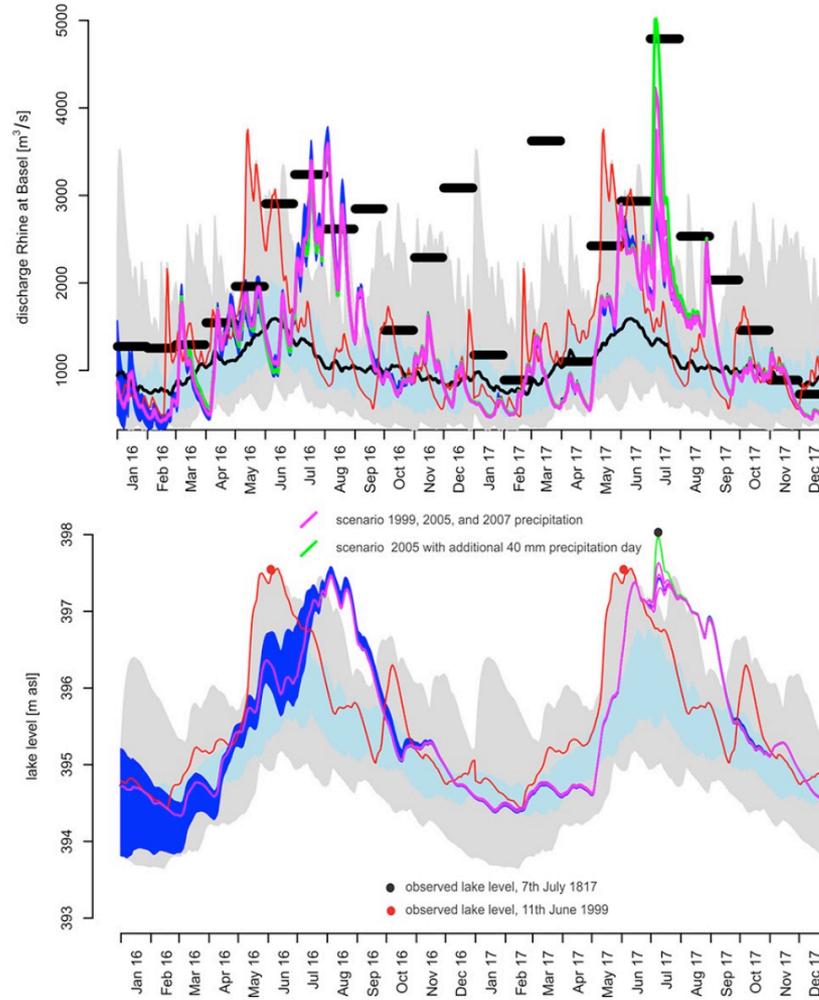


Tambora

# Rhein

$u^b$

<sup>b</sup>  
UNIVERSITÄT  
BERN



Rössler and  
Brönnimann, 2018

# Mehrere Ausbrüche

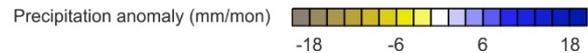
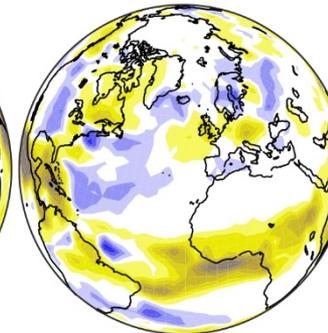
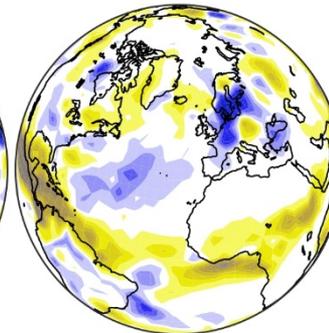
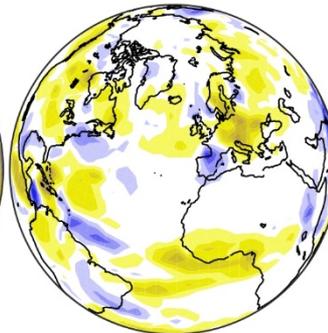
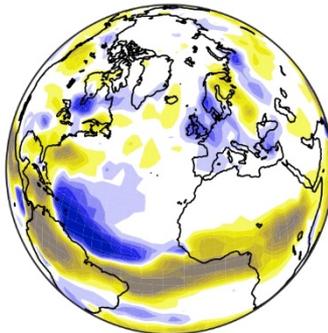
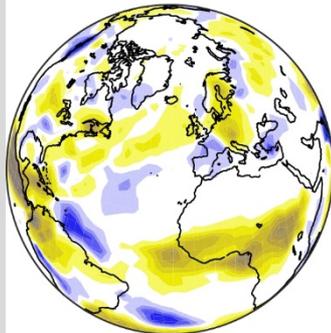
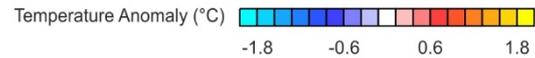
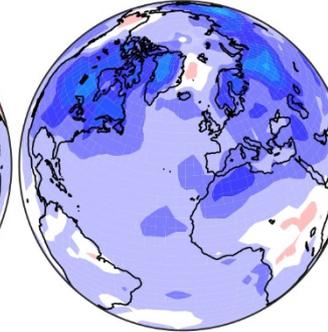
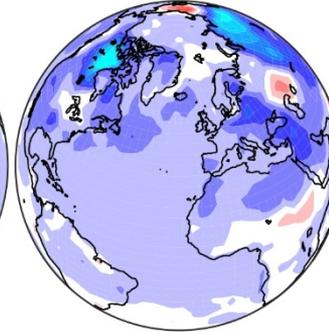
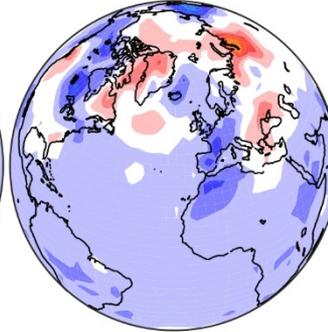
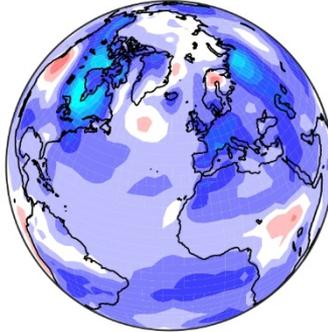
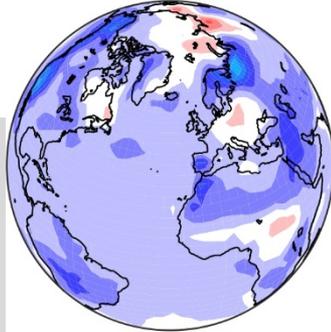
unknown, Dec. 1808  
Apr.-Sep. 1809-1811

Tambora, Apr. 1815  
Apr.-Sep. 1815-1817

Galangung, Oct. 1822  
Apr.-Sep. 1822-1823

Babuyan, Claro Sep. 1831  
Apr.-Sep. 1832-1833

Cosigüina, Jan. 1835  
Apr.-Sep. 1835-1837



# Schlussfolgerungen

Tambora und das «Jahr ohne Sommer» 1816 waren ein Auslöser der letzten Hungersnot in der Schweiz

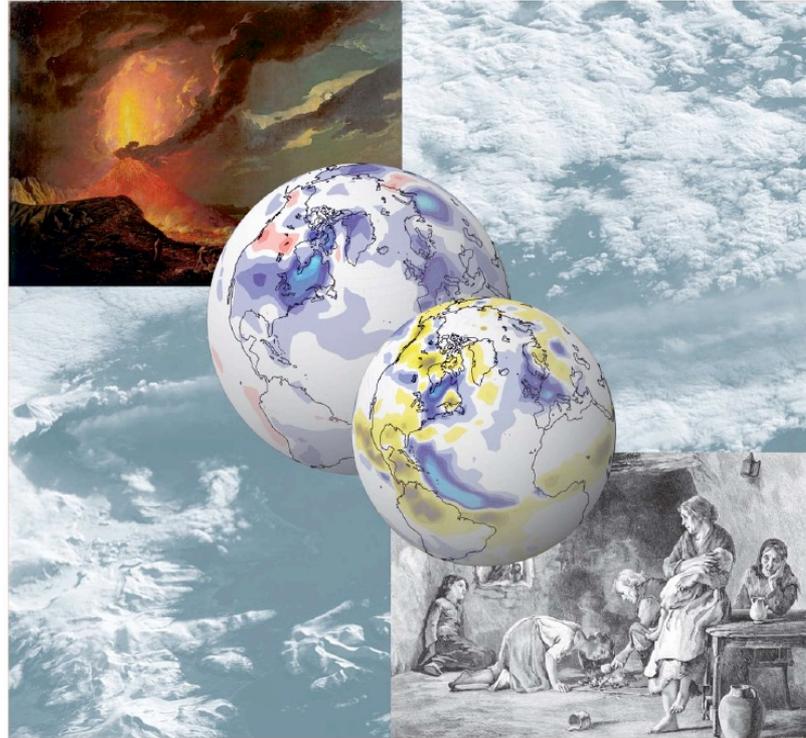
Gesellschaftliche Verletzlichkeit, politische Instabilität, eine ökonomische Krise und Mangel an Erfahrung im Krisenmanagement trugen gleichermassen dazu bei

Das gilt auch heute: Klimaextreme sind ein zusätzlicher Stressfaktor

200 Jahr später: Die Wissenschaft lernt aus diesem Ereignis, es zwingt uns zu einer Erdsystem-Mensch-Perspektive

## Tambora and the “Year Without a Summer” of 1816

A Perspective on Earth and Human Systems Science



Tambora

Film

*u*<sup>b</sup>

---

<sup>b</sup>  
UNIVERSITÄT  
BERN

<https://youtu.be/rcjEkEPX5xE>