

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

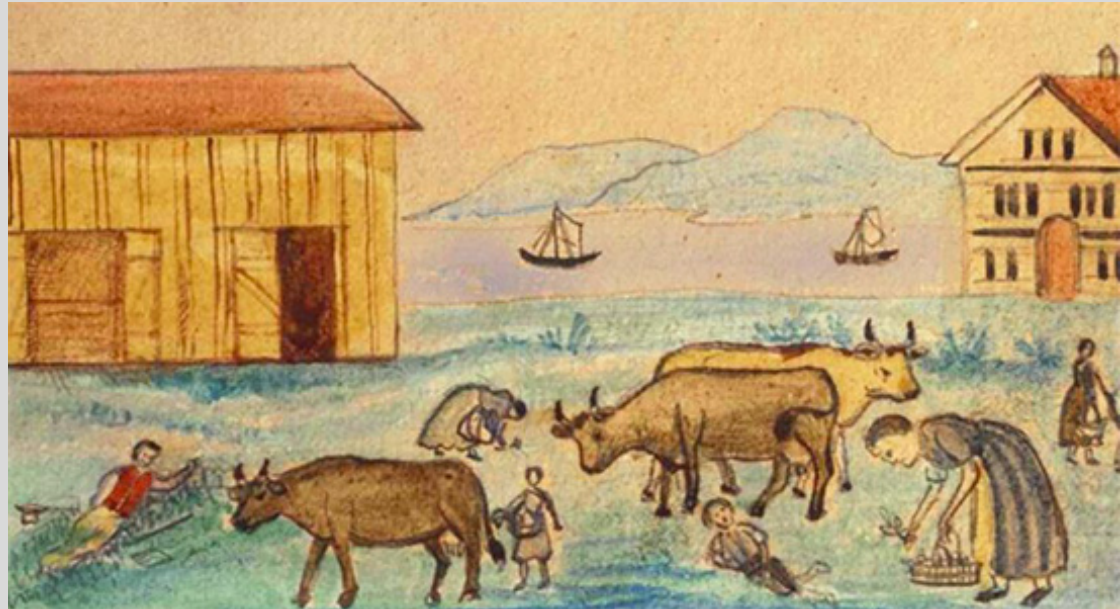
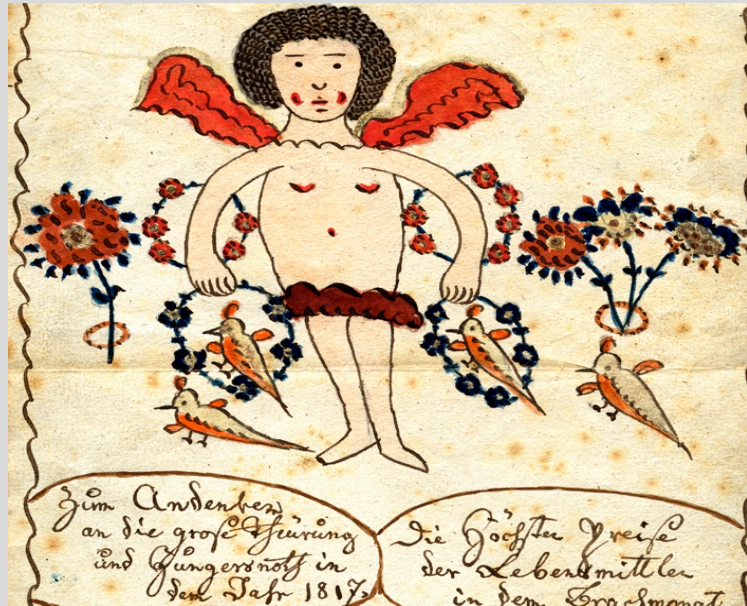


FONDS NATIONAL SUISSE
SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS
FONDO NAZIONALE SVIZZERO
SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

Aufbau

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

Schweiz, vor 204 Jahren

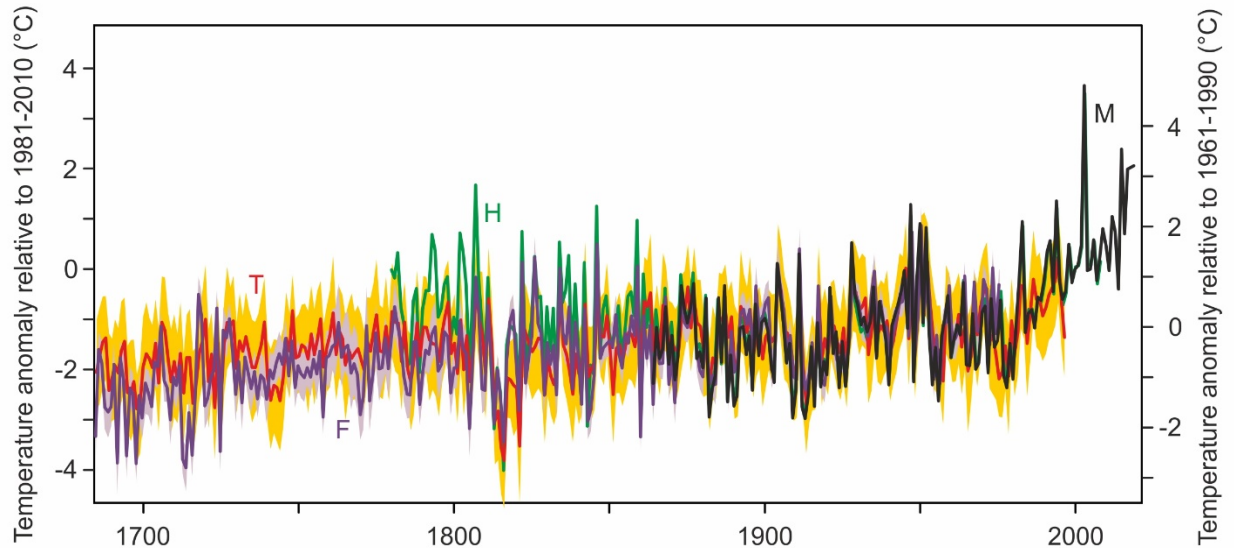


Sommertemperatur

Letzte 330 Jahre

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

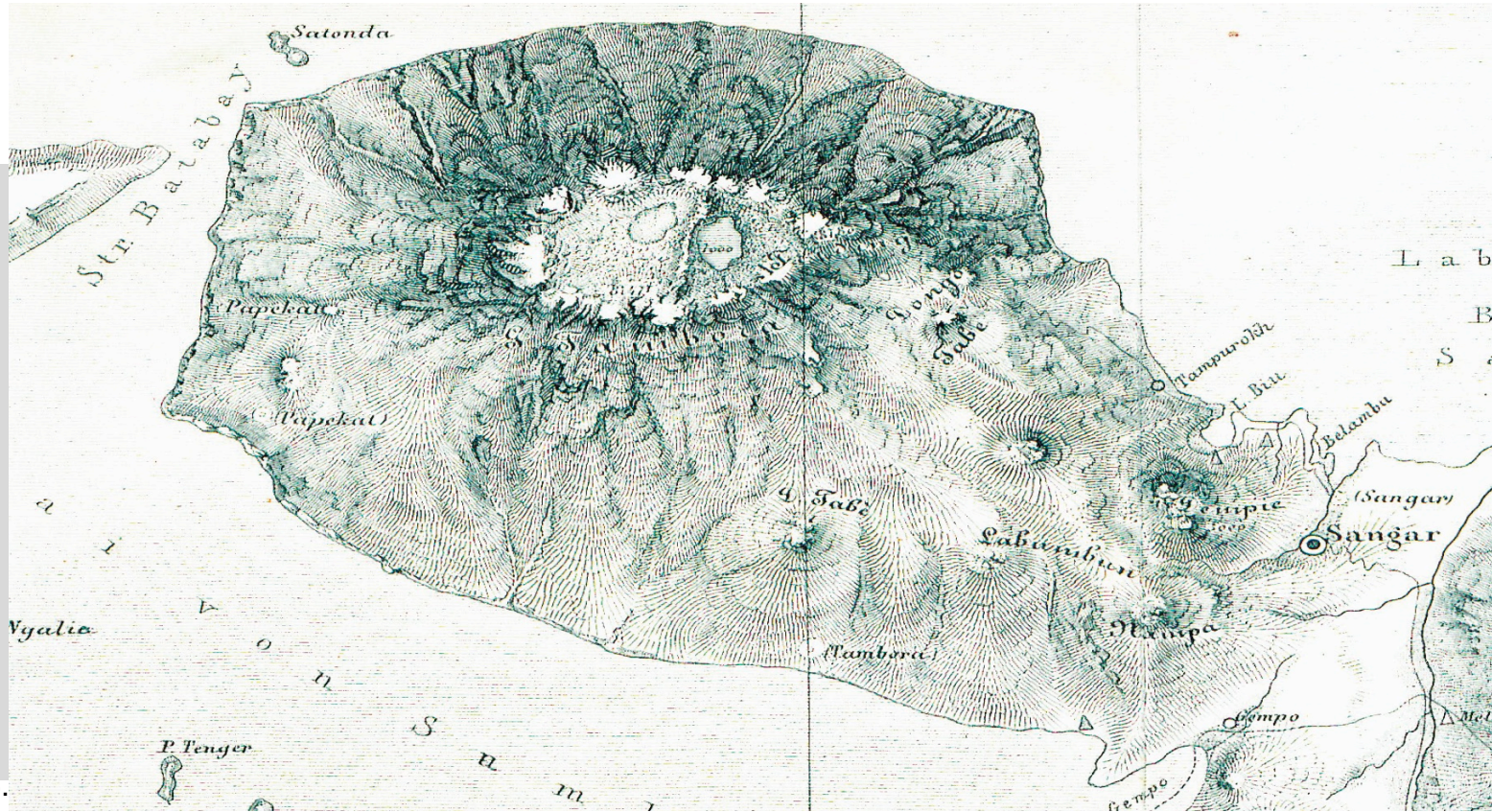
Observations and multi-proxy reconstructions: Annual series



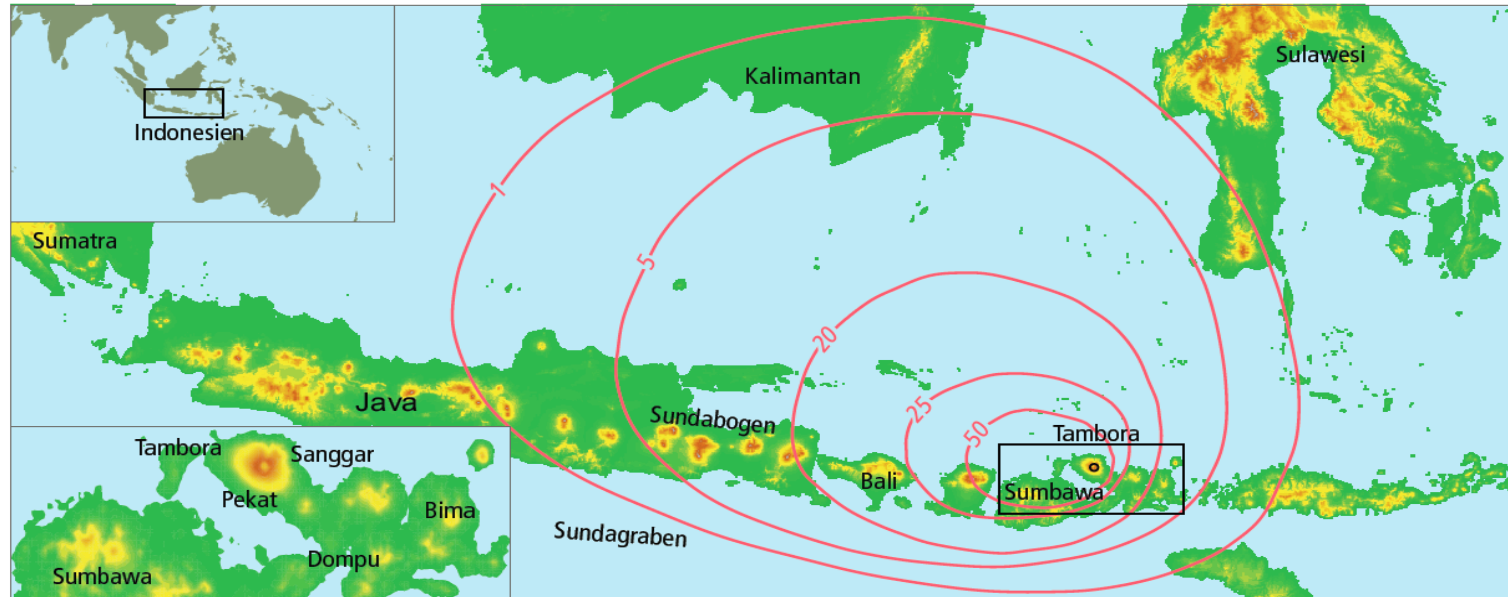
Indonesien, vor 204 Jahren



Schweizer Bezug



Der Ausbruch



Nach einem Ausbruch

Ausbruch



Tambora stösst Gase
und Asche aus

2 Wochen



Schwefelgase umkreisen die
Tropen in der Stratosphäre

8 Wochen



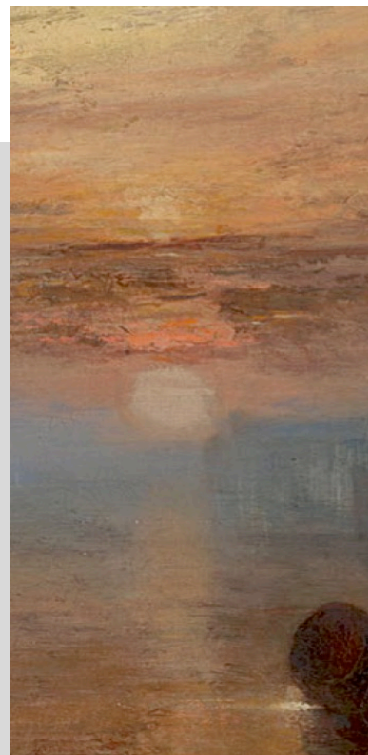
Sie werden rasch zu Sulfat-
aerosolen umgewandelt

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

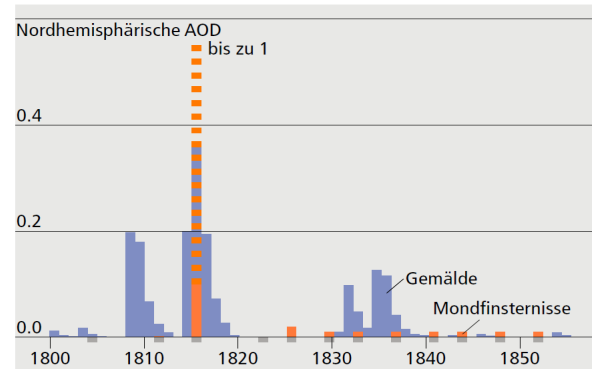
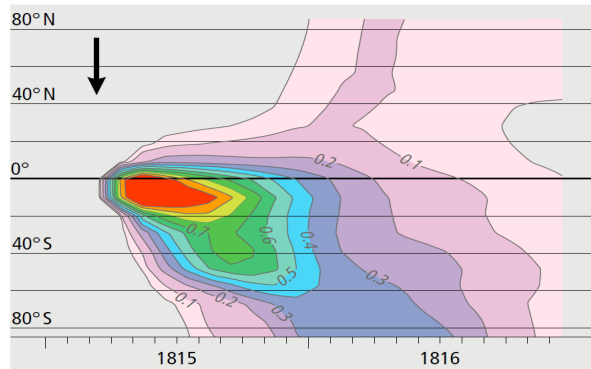
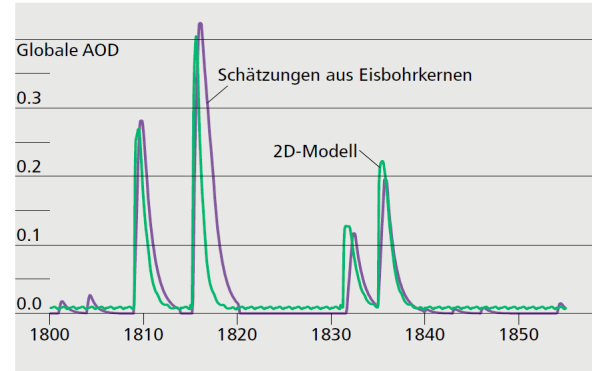
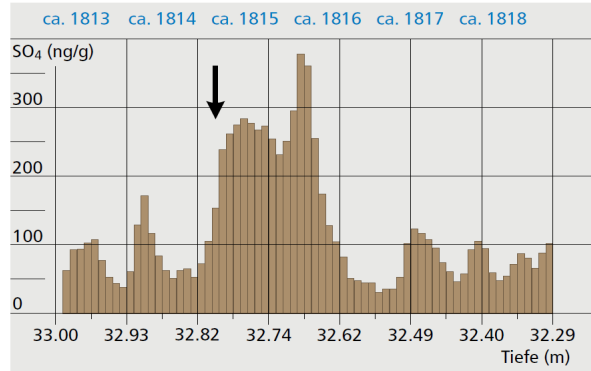
parallel : $(OBJS) $(OBJDIR)
    $(CC) $(OBJS) $(OBJD
    -lm -lnetcdf -lpv
    $(STRIP) meteochem

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

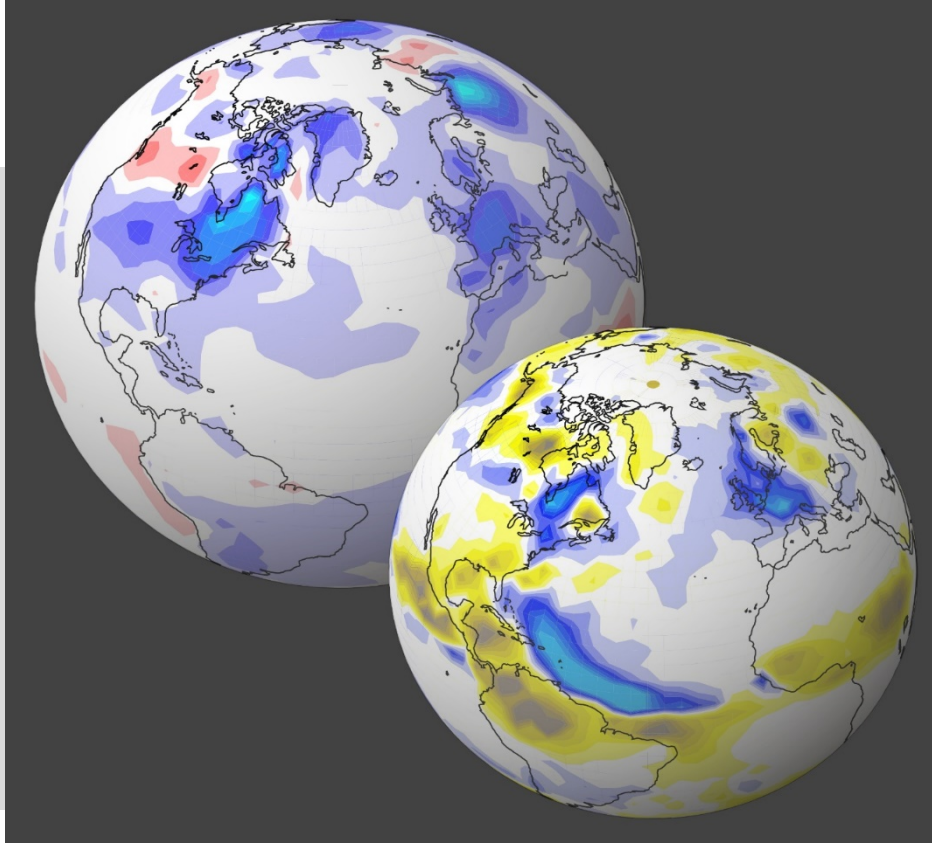
mcinp.c : mcinp.l
    flex -P mci -+ -o $@ $

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



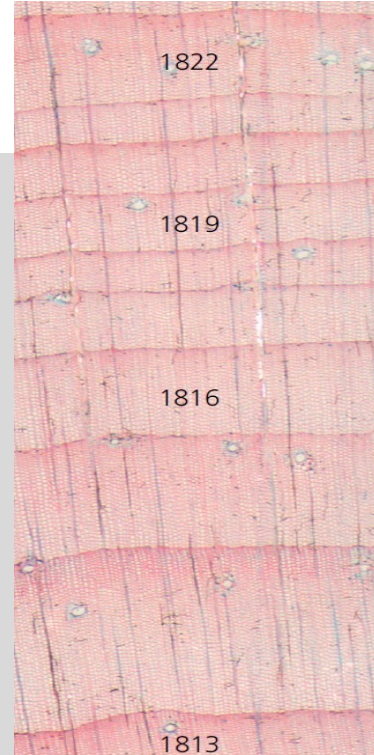
Auswirkungen auf das Klima



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

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

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

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

$(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)



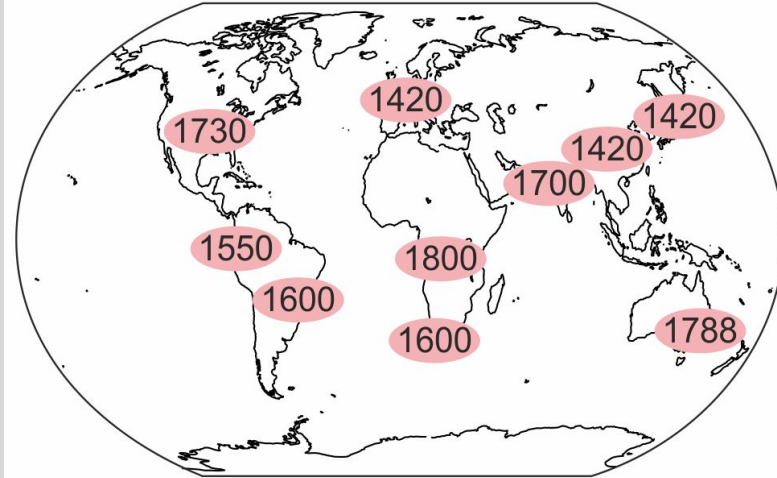
Kirschblüte
(seit 9. Jh.)



Weinlese
(seit 14. Jh.)

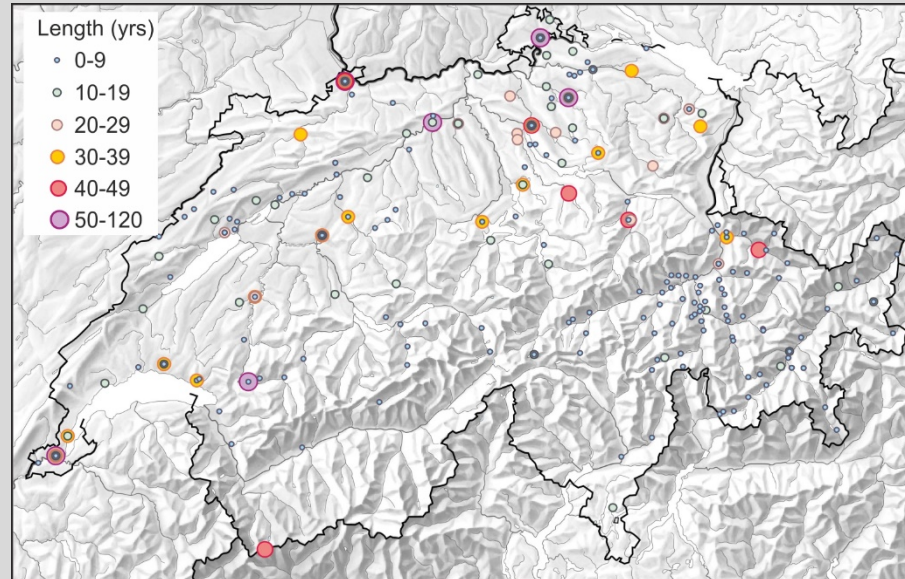
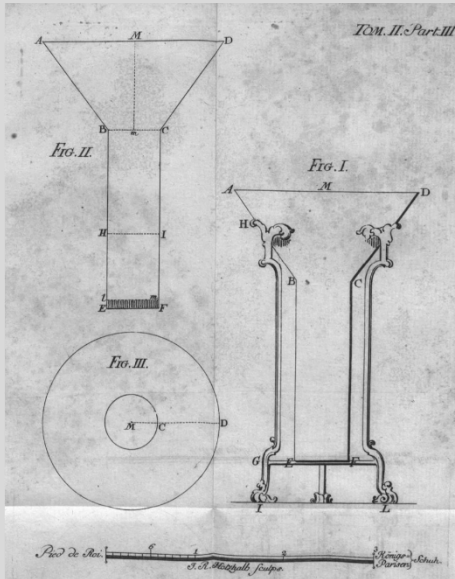


Abdeckung



Frühinstrumentelle Daten in der Schweiz

Mehr als man denken würde!



	Wind	Barom	Thermom	Hy			
	Zuſſen	Nom	Zuſſen	Nom	W. II	Wind	Nom
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			22

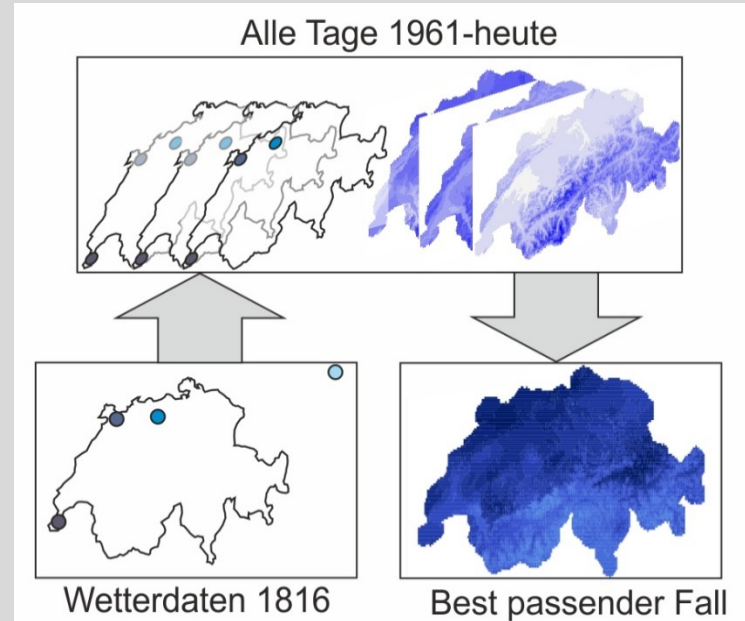
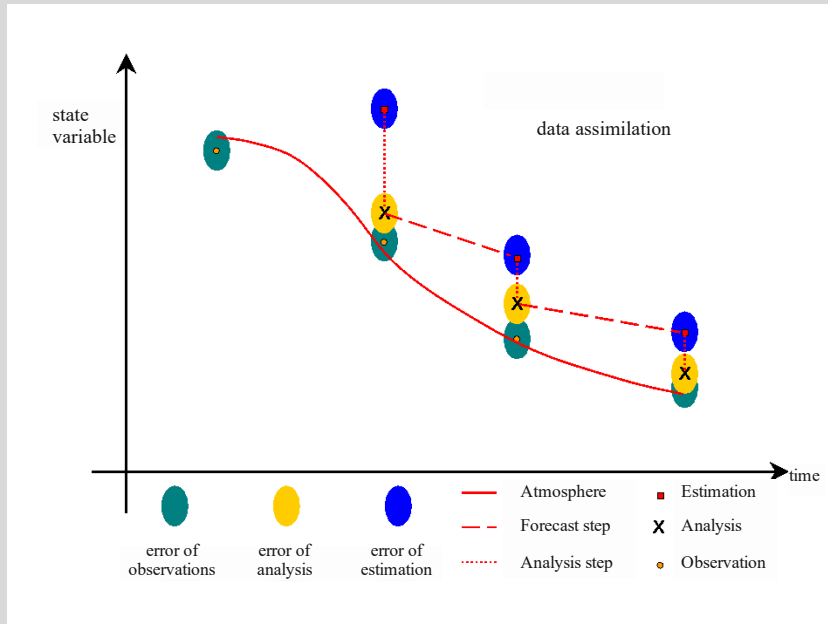
Frühinstrumentelle Daten weltweit

Darin spiegelt sich Weltgeschichte



Wetterrekonstruktion mit Modellen

Wetterrekonstruktion mit Analogfällen



Schnee-oder Regen.			W i n d e .		Thau oder Meif.	N e b e l .	Himmels- beschaffenheit.	
Stads.	Vormittags.	Nachmittags.	Vormittags.	Nachmittags.			Vormittags.	Nachmittags.
—	—	Reg. 3	SS.	SS. *	Thau	Vorm.	halbh.	bewölkt
Regen	Regen	Regen	SS.	SS.	—	—	bewölkt	bewölkt
Regen	Regen	Regen	SS.	SS.	—	—	halbh.	halbh.
Regen	Regen	Regen	SS.	SS.	Thau	Vorm.	bewölkt	bewölkt
Regen	—	—	SS.	SS.	Thau	Vorm.	halbh.	heiter
Regen	Regen	Reg. 3	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	halbh.
—	—	—	SS.	SS.	—	—	bewölkt	halbh.
—	Reg. 12	Erdr. 7	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	heiter
Regen	Reg. 11	Regen	SS. *	SS.	Thau	—	halbh.	bewölkt
Regen	Regen	Regen	SS.	SS.	—	—	bewölkt	bewölkt
Regen	Regen	Regen	SS. *	SS.	—	—	bewölkt	halbh.
Regen	Regen	—	SS.	SS.	—	—	bewölkt	heiter
—	—	Reg. 4	v. d. SS.	v. d. SS.	Thau	Vorm.	bewölkt	bewölkt
Regen	Regen	Regen	v. d. SS.	v. d. SS.	Thau	Vorm.	heiter	bewölkt
Regen	Regen	—	SS.	SS.	—	—	bewölkt	halbh.
Regen	—	—	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	heiter
Regen	—	—	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	heiter
Regen	—	Regen	SS.	v. d. SS.	Thau	Vorm.	halbh.	halbh.
Regen	—	—	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	halbh.
Regen	Reg. 12	Regen	SS.	SS.	—	—	halbh.	bewölkt
Regen	—	Reg. 6	SS. *	SS. *	—	—	halbh.	halbh.
Regen	—	Reg. 1	SS.	SS.	—	—	bewölkt	halbh.
Regen	—	—	SS.	SS.	—	—	halbh.	halbh.
Regen	—	—	SS.	SS.	Thau	Vorm.	heiter	halbh.
Regen	Regen	Erdr. 7	SS.	SS.	Thau	Vorm.	bewölkt	bewölkt
Regen	Regen	Reg. 11	SS.	SS.	—	—	bewölkt	bewölkt
Regen	Regen	Regen	SS.	SS.	—	—	bewölkt	bewölkt

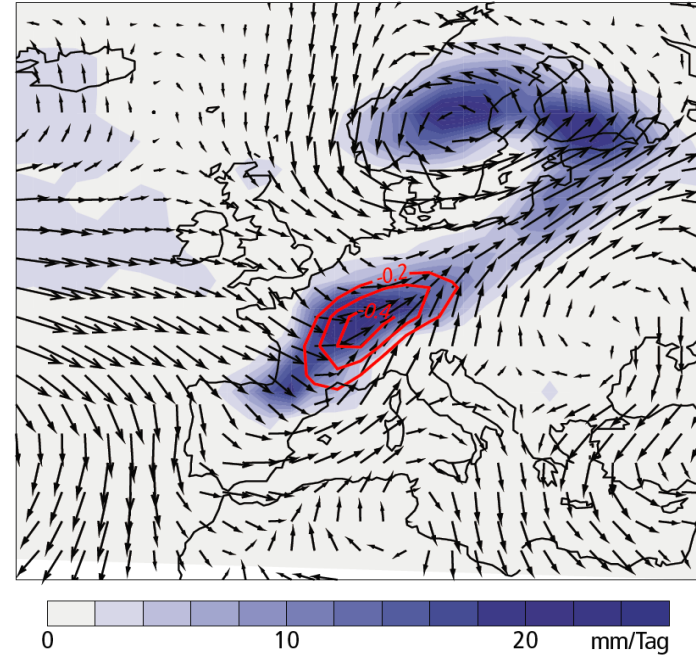
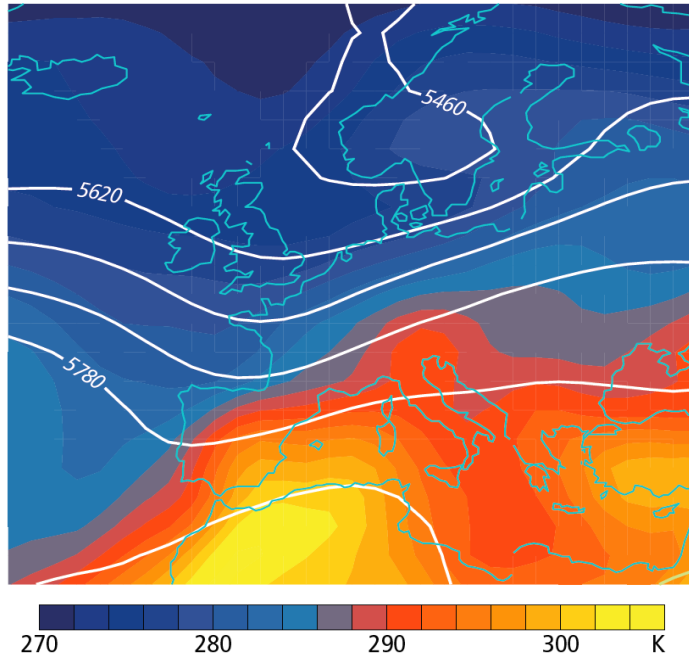
*Sesenen Gaben ist so gewas...
Lied mit... augn...
ab...
Zweij...
so...
Lied...
mein...
Lied...
Lied...*

Ausstrawnt
Sua... August.

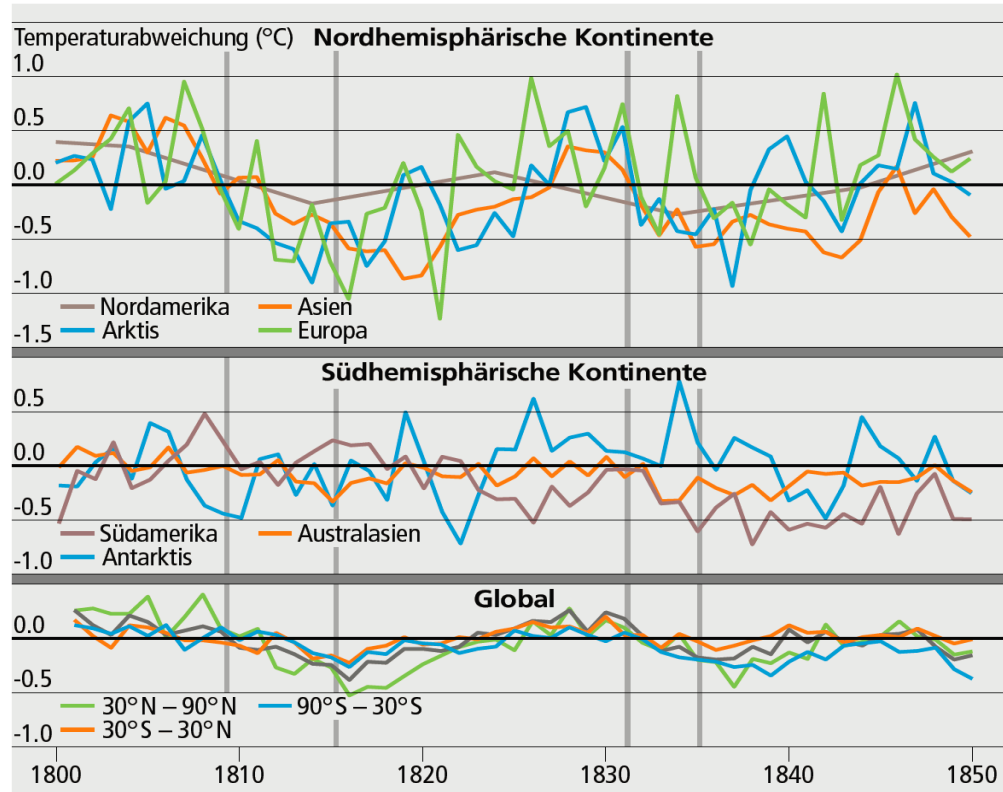
*Jesus Christus...
Ist...
Herr...
Herr...*

Regen Regen Regen

Das Wetter am 29. Juli 1816

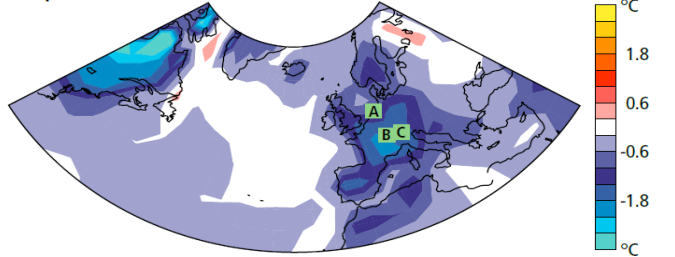


1816 in Rekonstruktionen

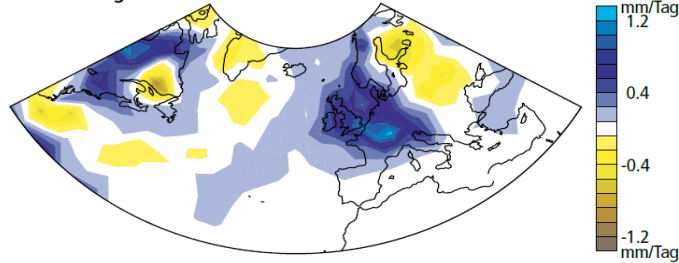


Der Sommer 1816 in Europa

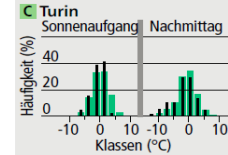
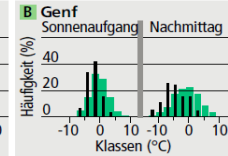
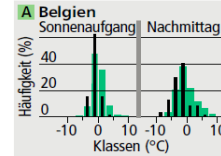
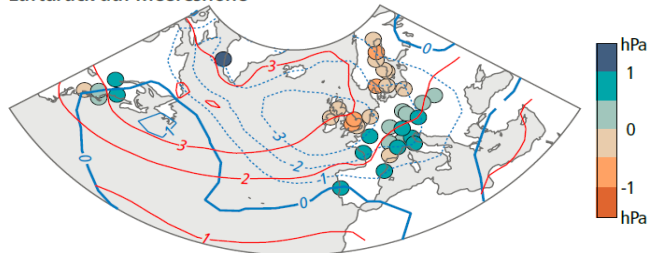
Temperatur



Niederschlag

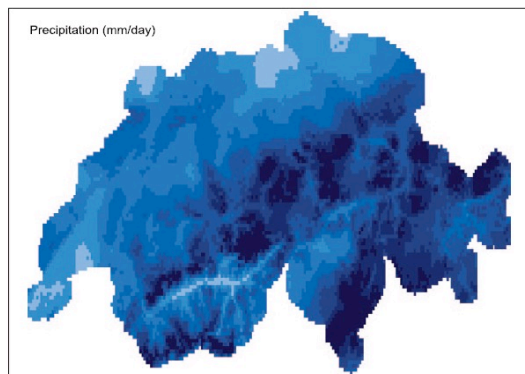
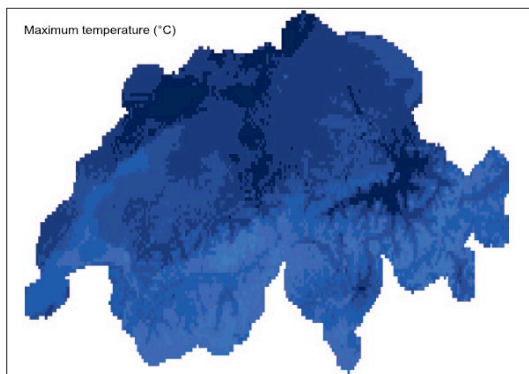
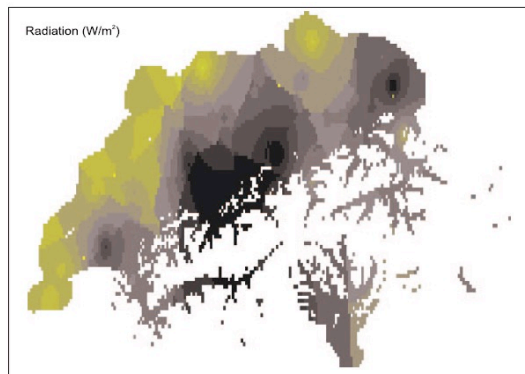
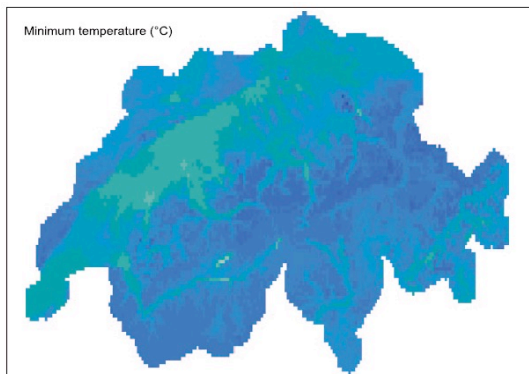


Luftdruck auf Meereshöhe

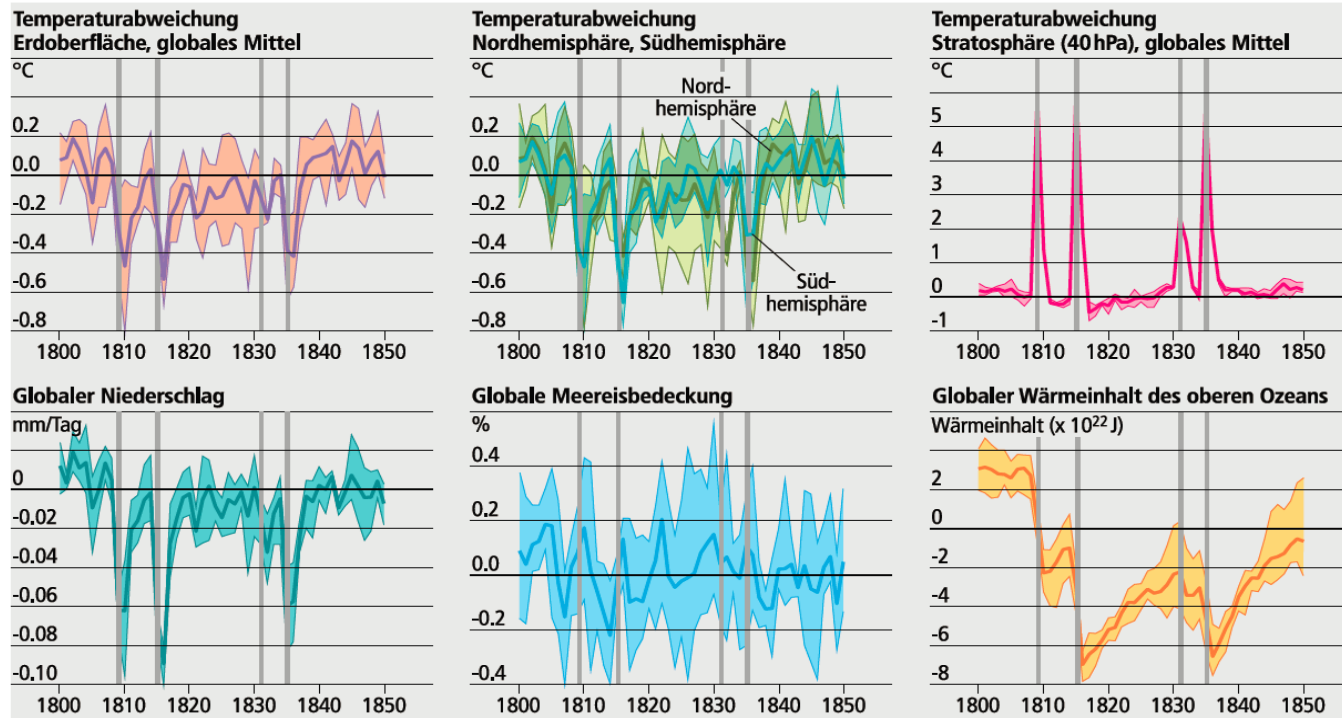


┆ 1816
┆ Referenz

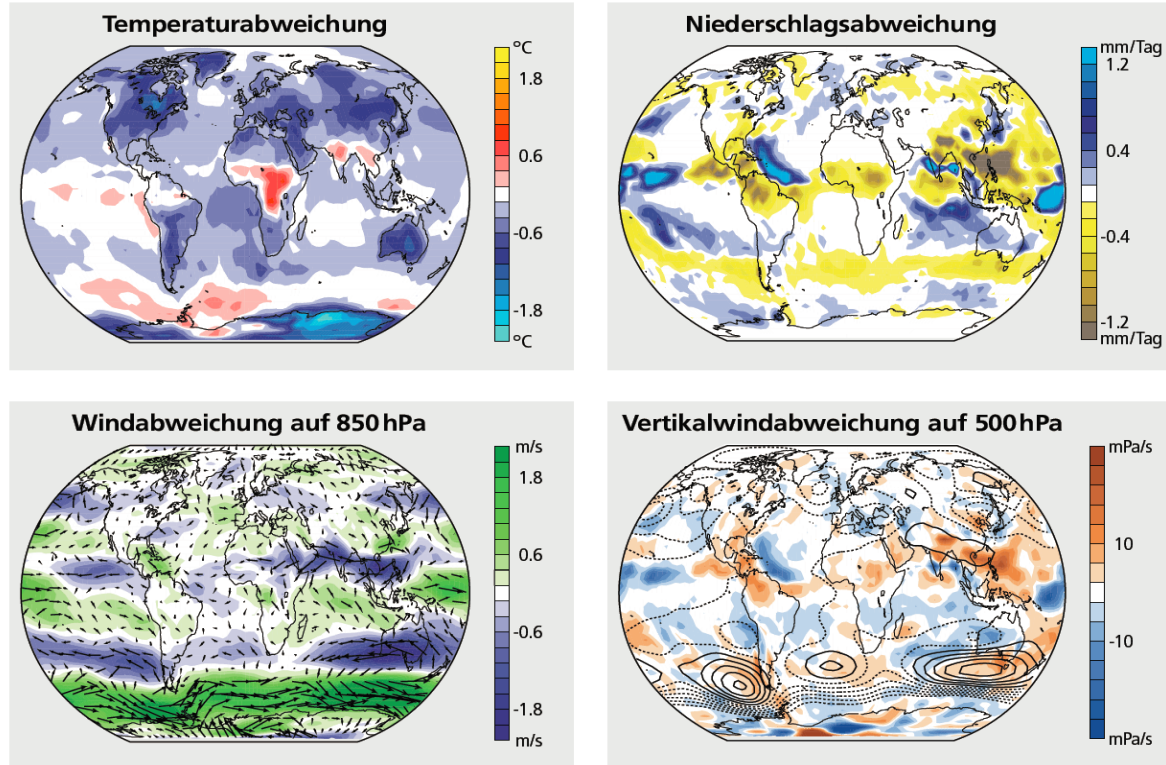
Der Sommer 1816 in der Schweiz



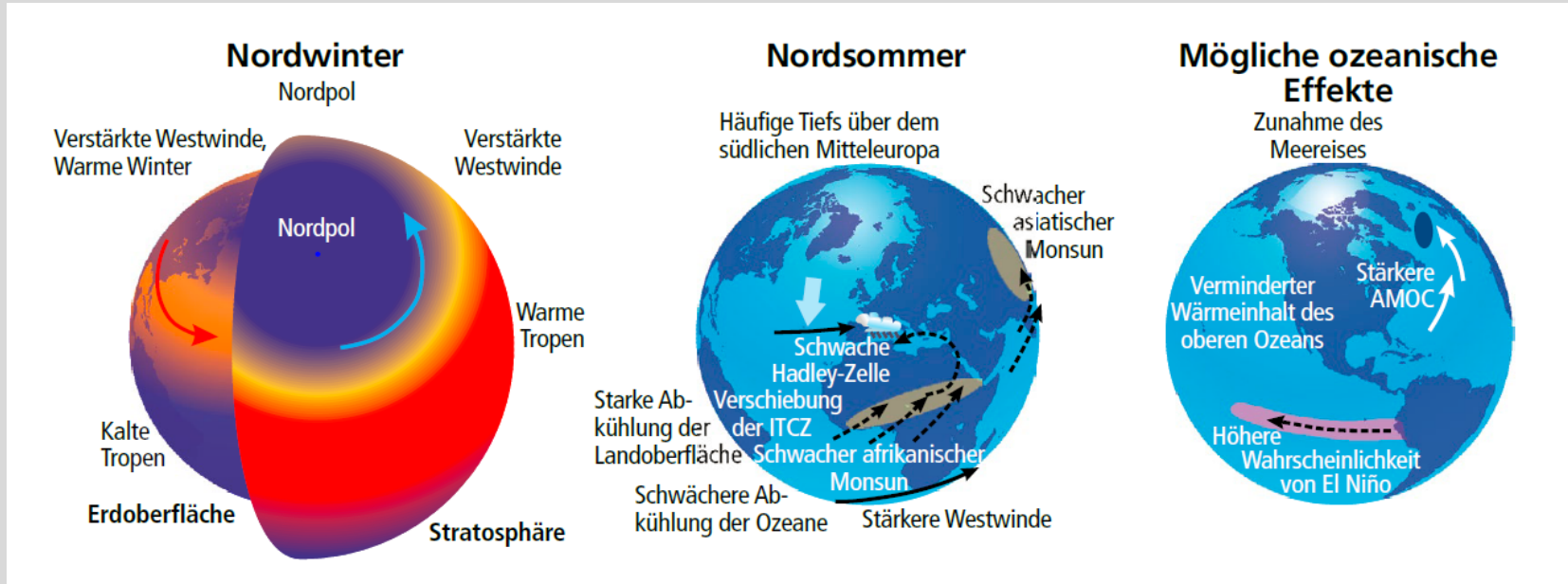
«Jahr ohne Sommer» in Klimamodellen



«Jahr ohne Sommer» in Klimamodellen



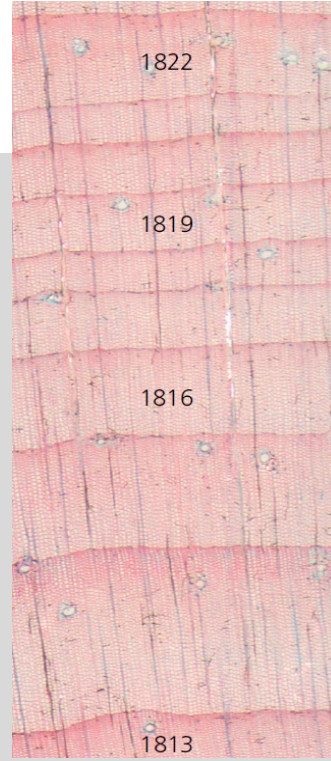
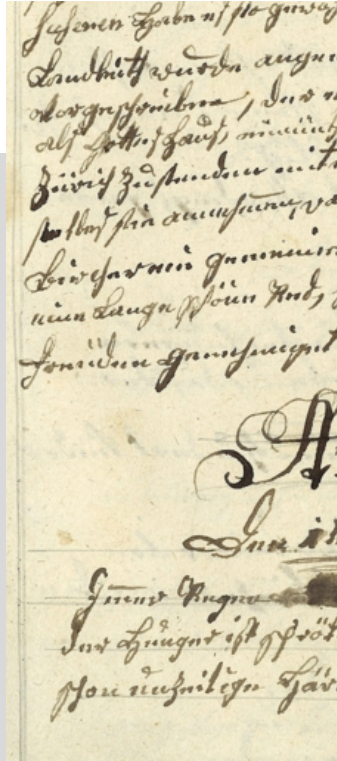
Auswirkungen auf das Klimasystem



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
```

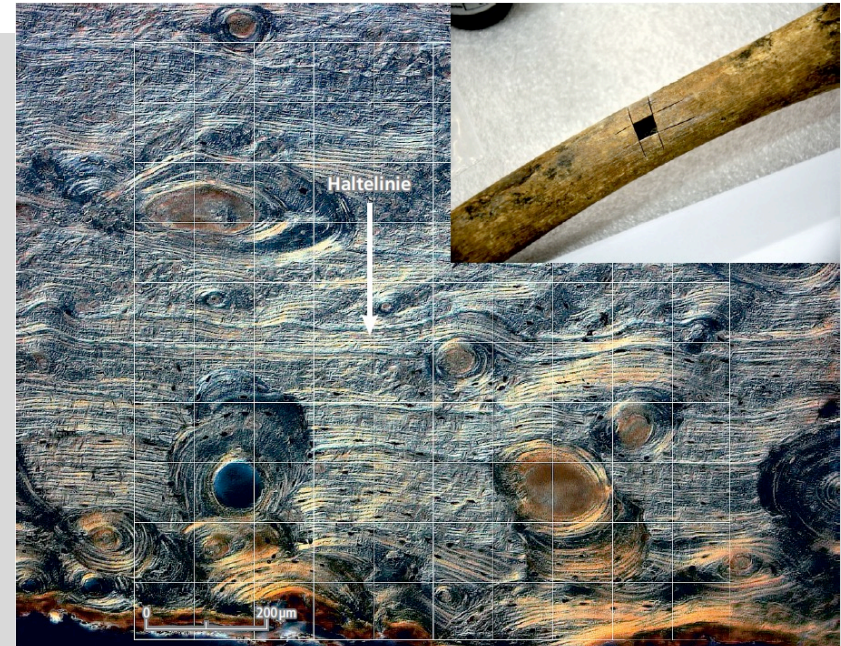
Letzte Hungerkrise in der Schweiz



Mangelernährung

Oberschenkelknochen einer Person,
welche die Hungersnot überlebt hat.

Spuren der Mangelernährung 1817
zeigen sich im Knochenbau

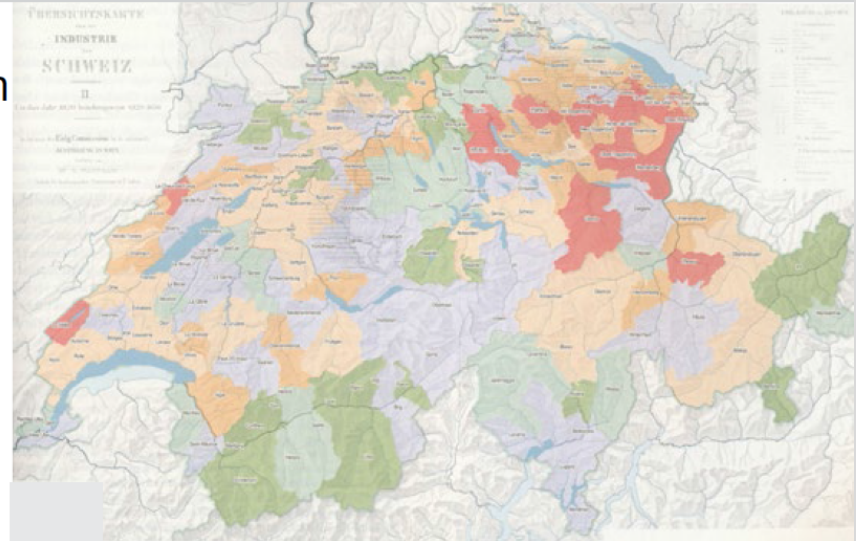
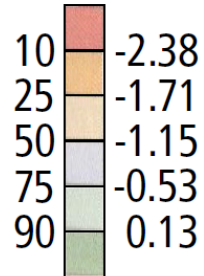


Geburtenrückgang

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

Mangelernährung 1818

%ile std.
Residuen

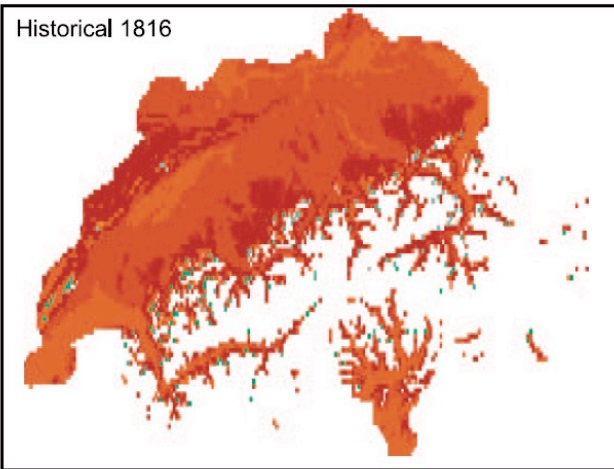


Mortalität und Auswanderung

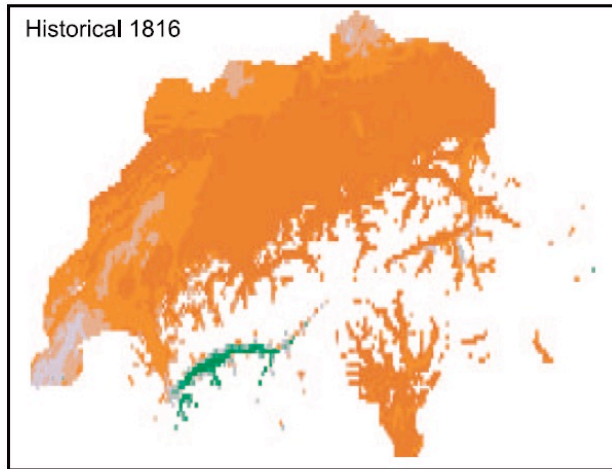


Erntesimulation

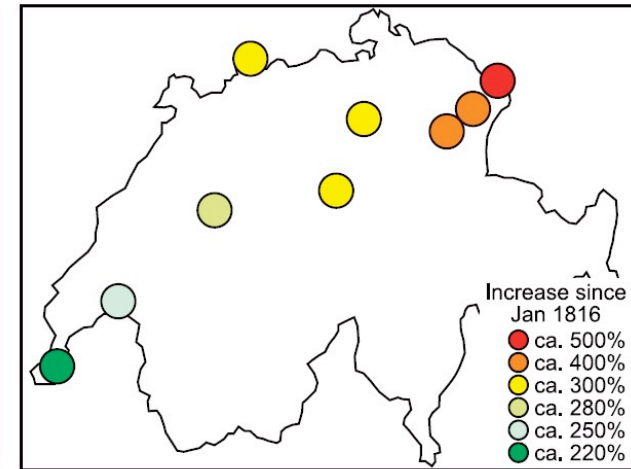
Potato



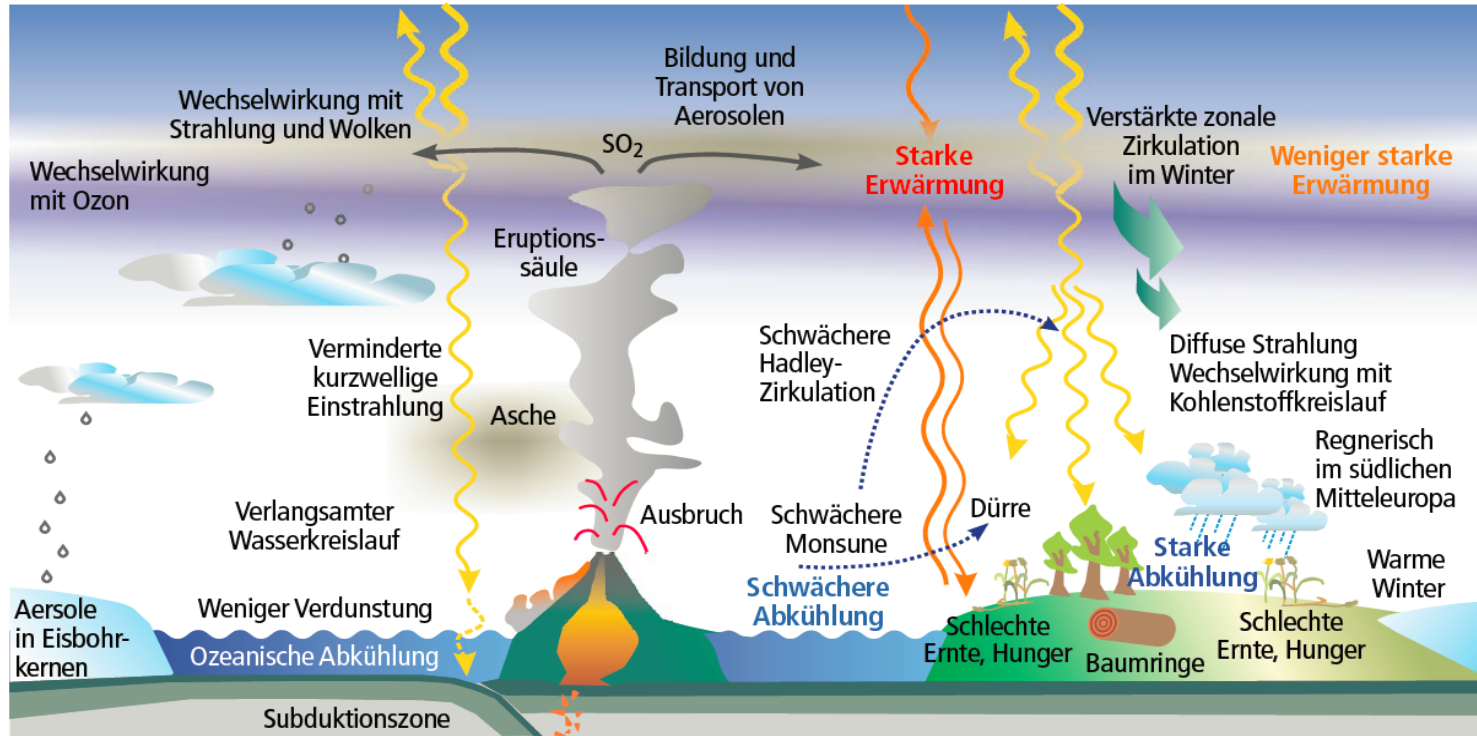
Barley



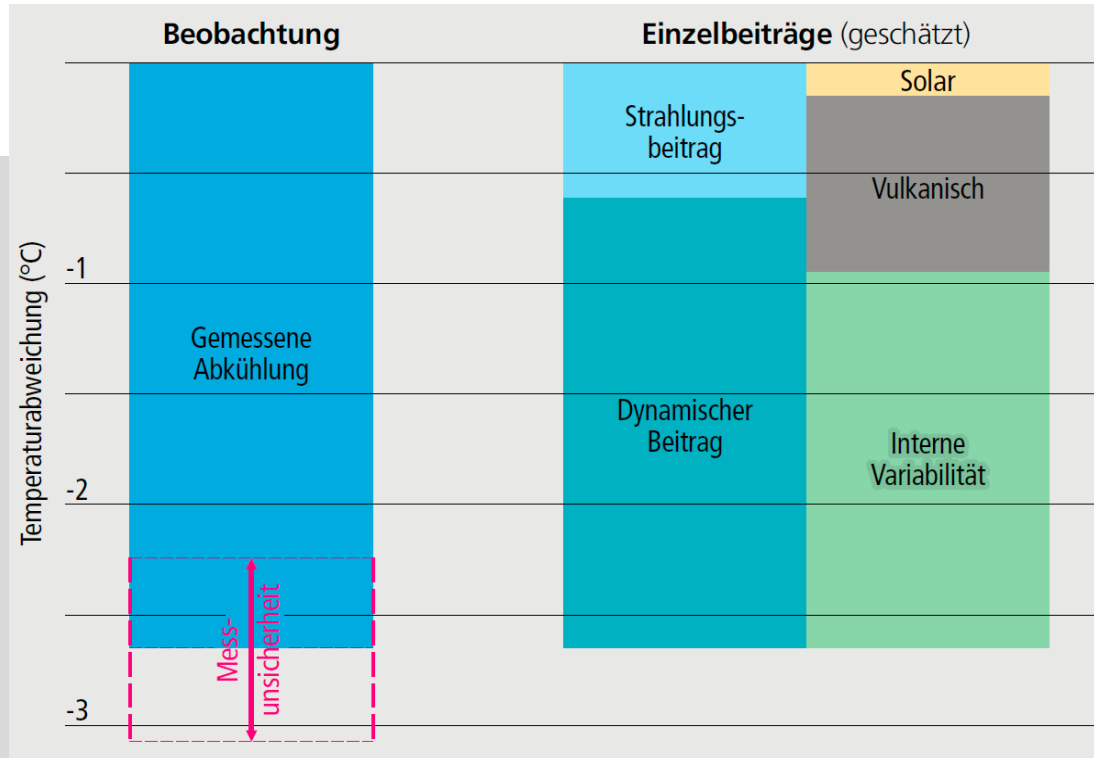
Grain Prices Early Summer 1817



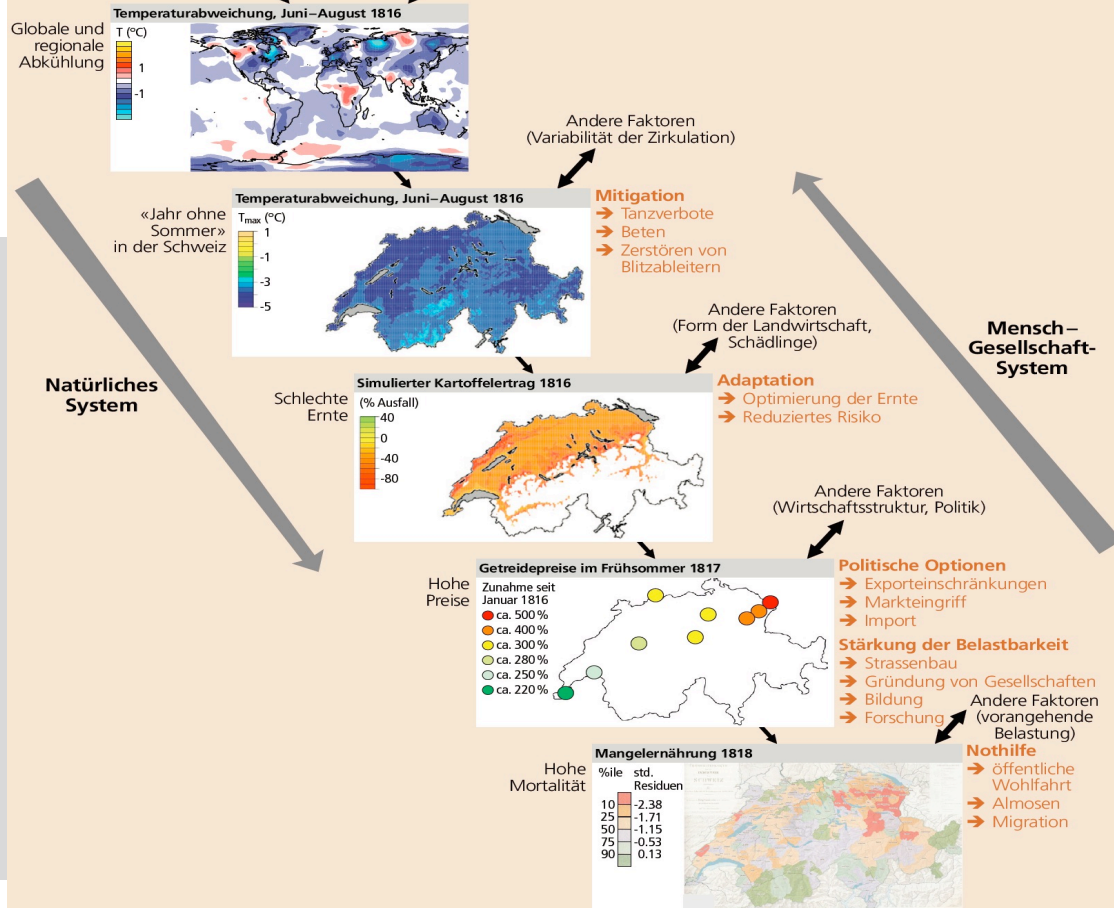
Auswirkungen auf das Erdsystem



Alles Vulkan?



Tambora



Globale Auswirkungen



Längerfristige Folgen



Hochwasser 1817

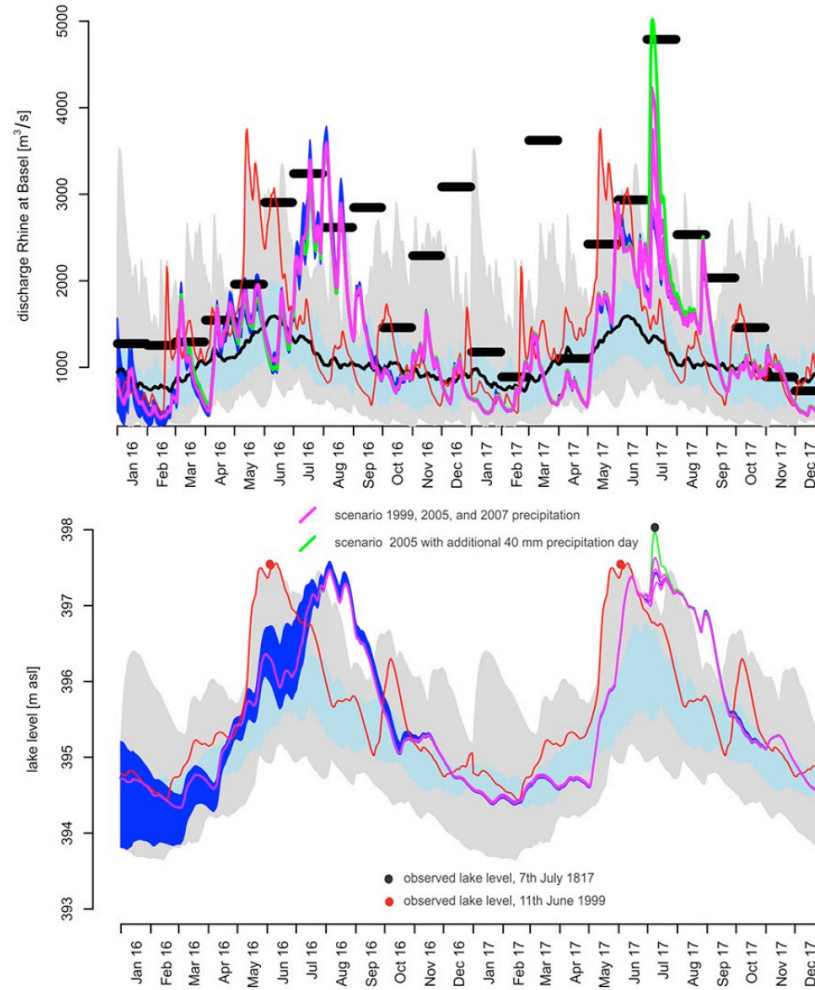


Tambora

Rhein

u^b

^b
UNIVERSITÄT
BERN



Rössler and
Brönnimann, 2018

Mehrere Ausbrüche

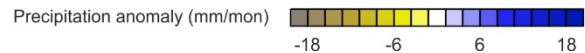
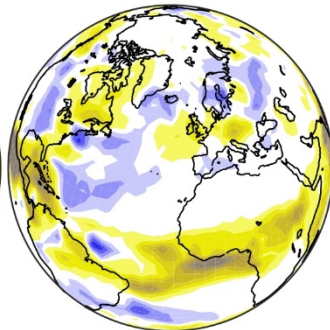
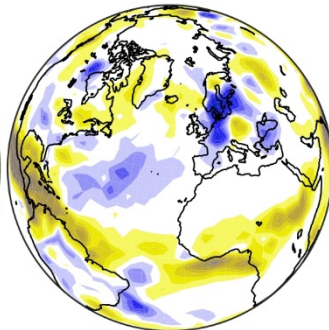
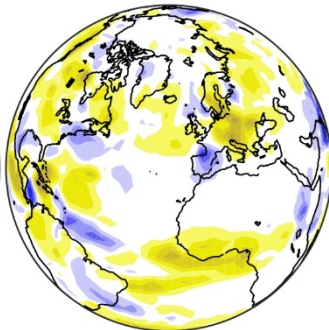
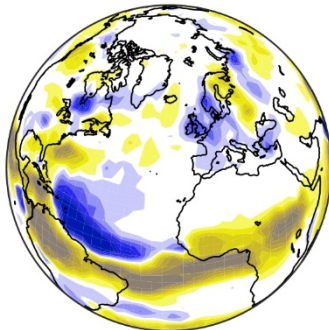
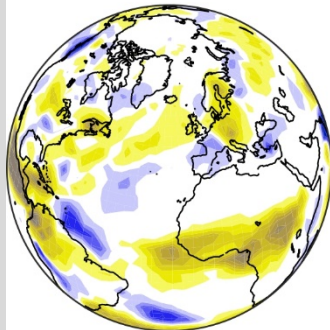
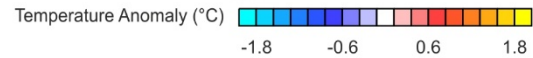
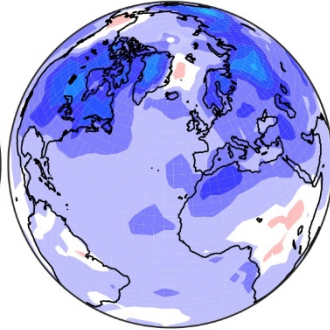
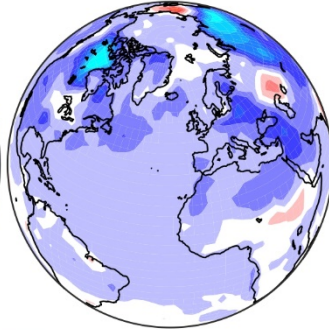
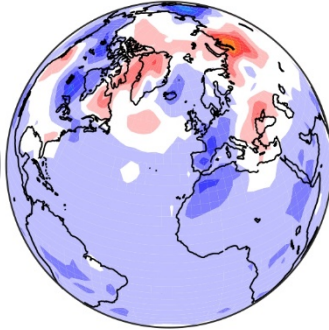
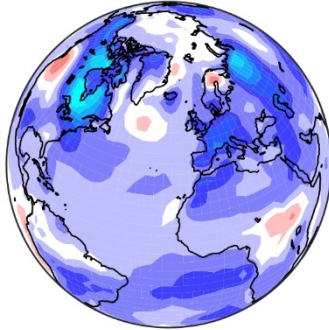
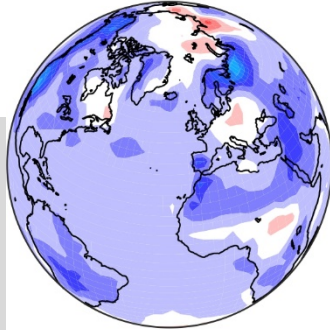
unknown, Dec. 1808
Apr.-Sep. 1809-1811

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^b

^b
UNIVERSITÄT
BERN

<https://youtu.be/rcjEkEPX5xE>