

Was geht der Klimawandel die Strukturverbesserungen an?

Jürg Fuhrer

VSVAK-Fachtagung, Olten

19. Juni 2008



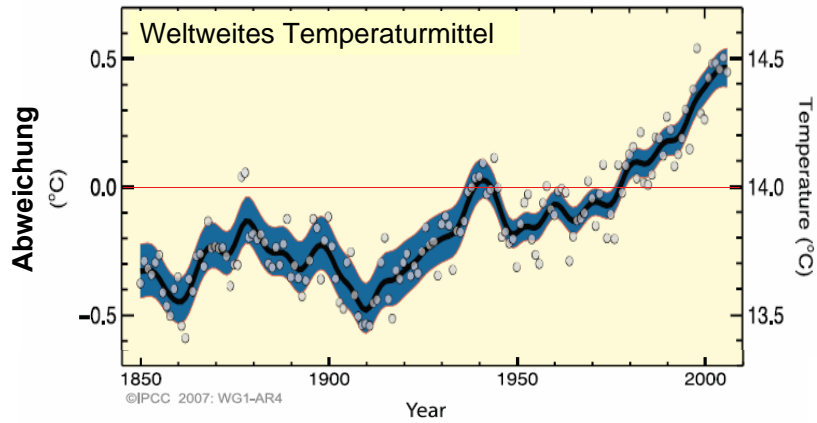
Übersicht

- **Klimatrends – heute und in Zukunft**
- **Witterungsextreme und -risiken**
- **Technische Massnahmen**



Die Welt wird wärmer

IPCC, 2007



100 Jahre linearer Trend (1906-2005): 0.74 [0.56 to 0.92] °C

19.06.2008

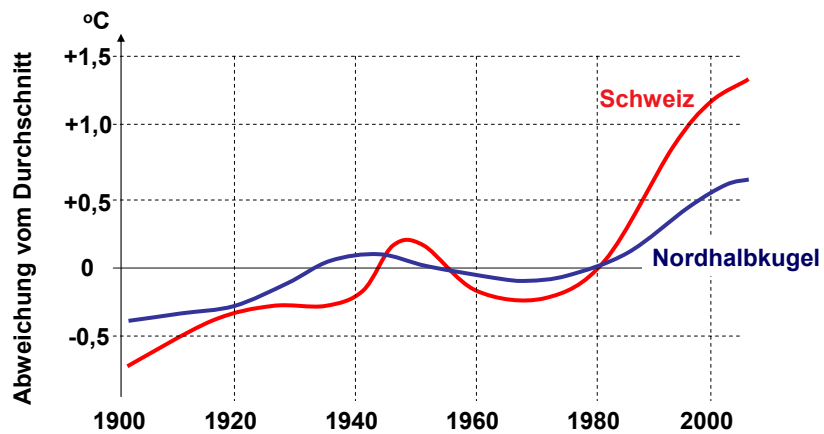
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



3



Die Schweiz erwärmt sich schneller



1901-2000: +1,35 °C in 100 Jahren
1975-2004: +0,57 °C in 10 Jahren

Rebetez und Reinhard 2008

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

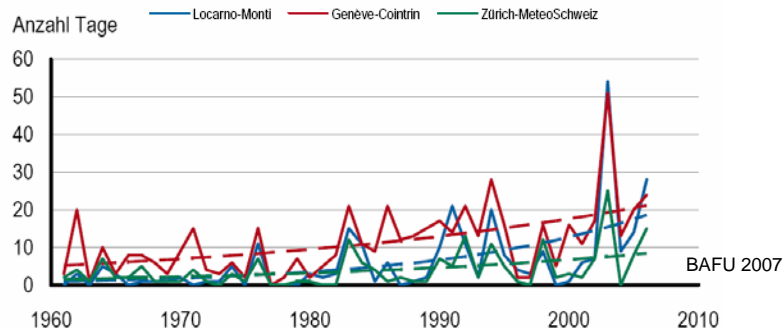


4



Trend

Anzahl Tage pro Jahr mit einer Tageshöchsttemperatur über 30 °C sowie Trend 1961–2006.



In der Zeit von 1880 bis 2005 hat sich die Häufigkeit von Hitzetagen (über ca. 30°C) verdreifacht, die Länge der Hitzeperioden verdoppelt. (Della-Marta, P.M. et al., JGR, 2007)

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



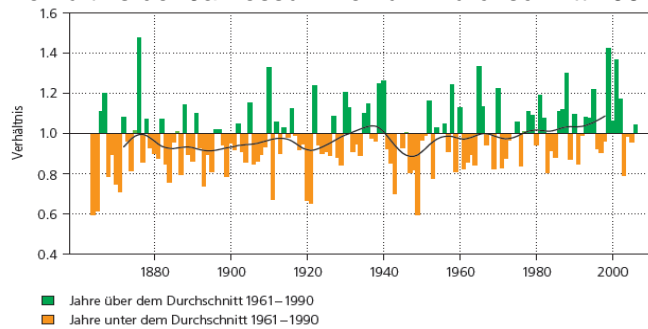
5



Entwicklung des Niederschlags

Niederschlag in Zürich 1864 – 2006

Verhältnis der Jahressumme zum Durchschnitt 1961-1990



Der Jahresniederschlag stieg in 100 Jahren um 10%

Winter/Frühling: Zunahme
Sommer/Herbst: leicht sinkende Tendenz

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

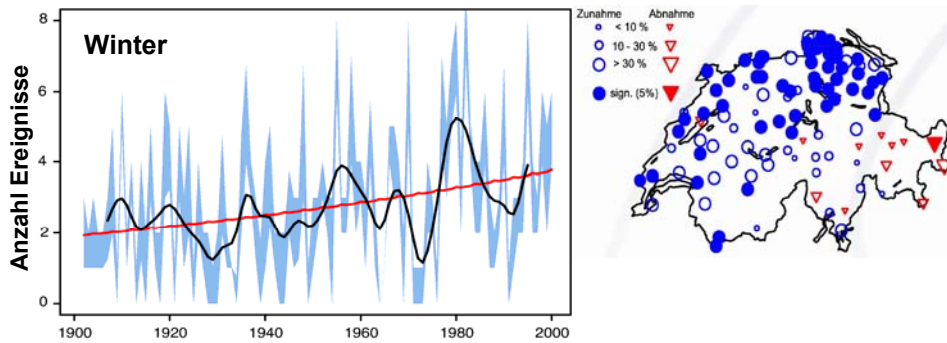


6

Meteoschiweiz und Proclim, 2007



Mehr Starkniederschläge im Winter



Interquartil Bereich von 35 Stationen nördlich der Alpen

Schmidli, J. ETHZ in Fuhrer J. et al., 2006

Die Häufigkeit im Winterhalbjahr hat um 20-30% zugenommen.
Ende des Jahrhunderts: Zunahme um Faktor 3!

19.06.2008

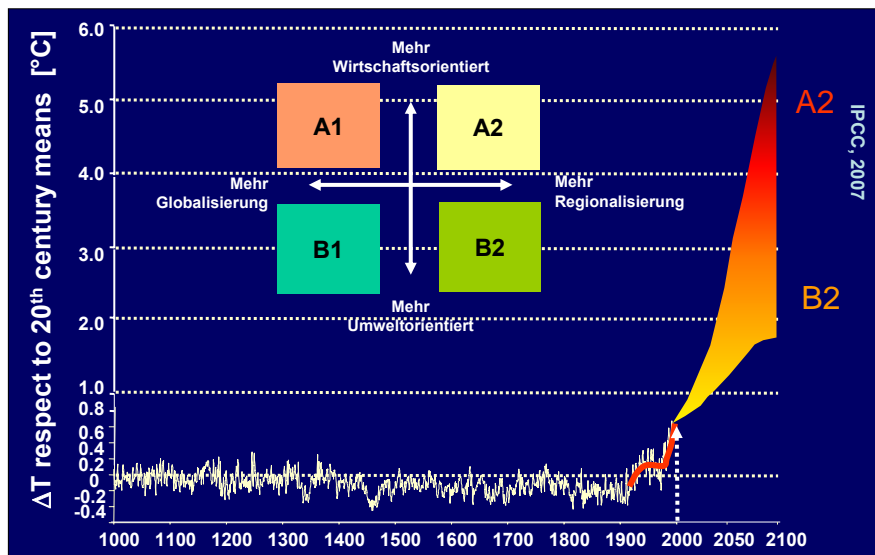
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



7



Klima-Projektionen



19.06.2008

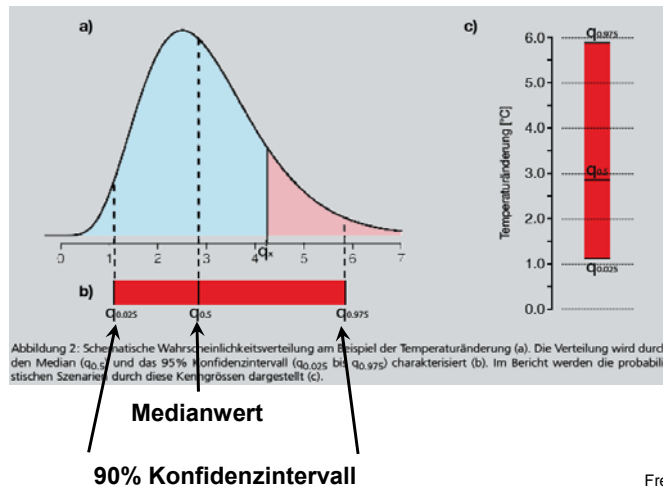
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



8



Probabilistische Szenarien



Frei et al. (2007)

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

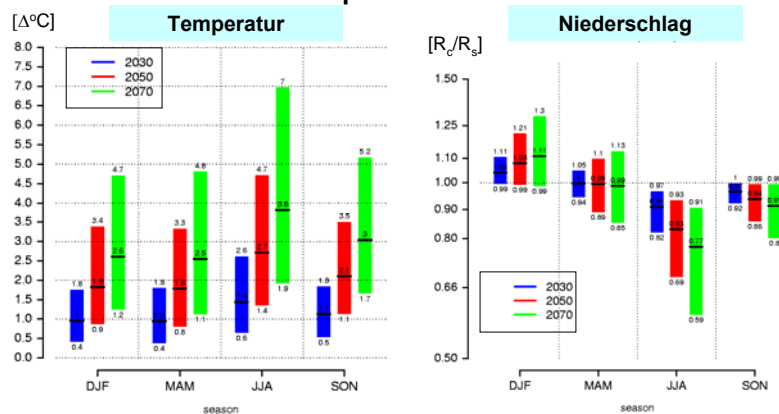


9



OcCC Szenarien für die Schweiz

Alpennordseite



OcCC 2005: Die Klimazukunft der Schweiz - Eine probabilistische Projektion (Autor: Christoph Frei). Kapitel in "Die Schweiz im Jahr 2050".
http://www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klimaaenderung/klimaszenario_schweiz_2050.Par.0002.DownloadFile.tmp/ch2050klimaszenario.pdf

19.06.2008

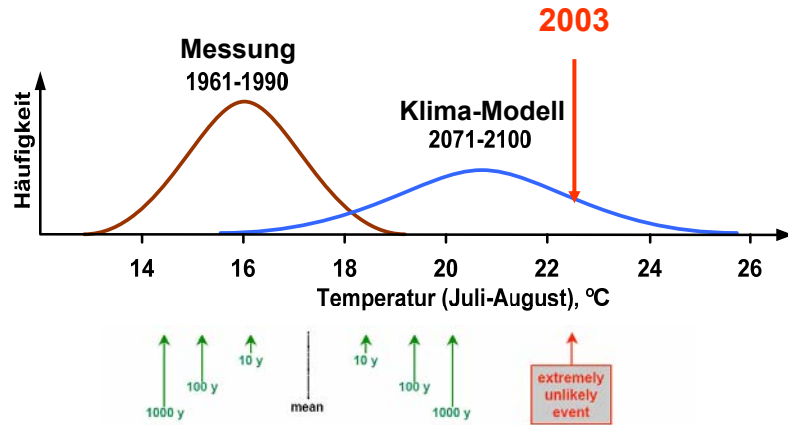
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



10



Mittelwert und Extreme



In 70-100 Jahren: Zunahme der Variabilität um 100%
Jeder 2. Sommer wie 2003

Schär C. et al., 2004

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



11



Witterungsextreme

■ Hitze

Längere Perioden mit max Temperaturen über 35°C

■ Starkniederschläge

Einzelereignisse hoher Intensität

■ Trockenheit/Dürre

Perioden mit Niederschagsdefiziten und starker Verdunstung → Mangel an Bodenfeuchte

■ Starkwinde/Orkan

Einzelereignisse hoher Intensität

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



12



Hitze



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

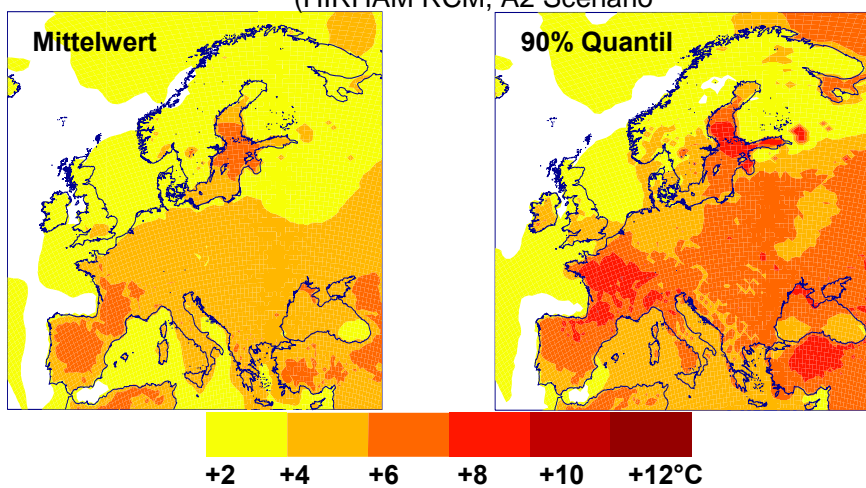


13



Änderung in den Hitzetagen (Juni-Aug)

(2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990)
(HIRHAM RCM, A2 Szenario)



Beniston, 2004: Geophysical Research Letters

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

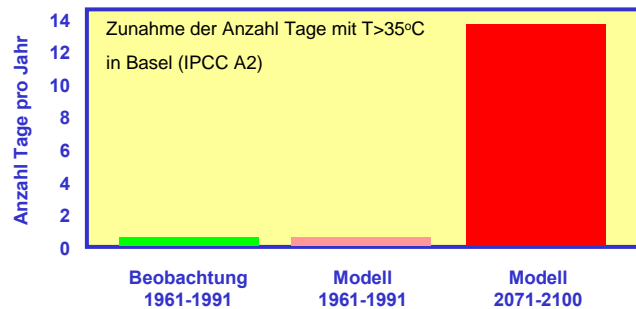


14



Hitzewellen

- Die Häufigkeit extrem warmer Tage (über 35°C) wird bis 2071-2100 weiter stark zunehmen. (PRUDENCE)



Beniston, M pers. Mitt.

- Folge: Häufiger Hitzeschäden an Kulturen und Hitzestress mit Leistungsabfall bei Nutztieren

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



15



Hitzetage – Tiere - Stallklima

- Innentemperatur mehrere Grad über der Aussentemperatur (je nach Standort, Stallkonstruktion und Lüftungssystem)
- Fressaktivität (Dauer, Menge, Häufigkeit) nimmt mit steigender Temperatur ab
- Tierleistung mit nimmt steigender Temperatur ab (Differenz zwischen theoretisch möglicher und tatsächlicher Milchmenge)
- Hochleistende Milchkühe leiden bereits ab ca. 24° C und über 65 % Luftfeuchtigkeit an Hitzestress
- Wasserbedarf der Tiere steigt linear mit der Temperatur
- Höhere Krankheitsanfälligkeit bei höheren Temperaturen
- ...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



16



Starkniederschläge - Erosion und Überschwemmung



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

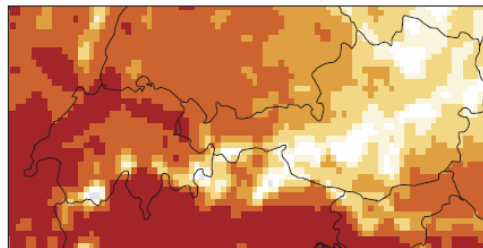


17



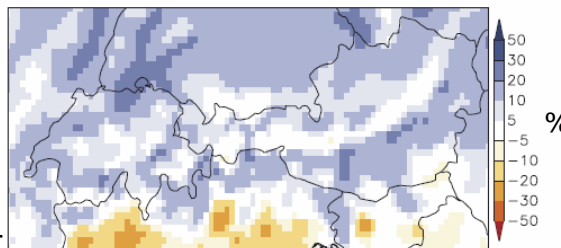
Szenarien für Europa, 2071-2100

Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg



Sommer

Emissions-Szenario
A1B



Winter

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



18

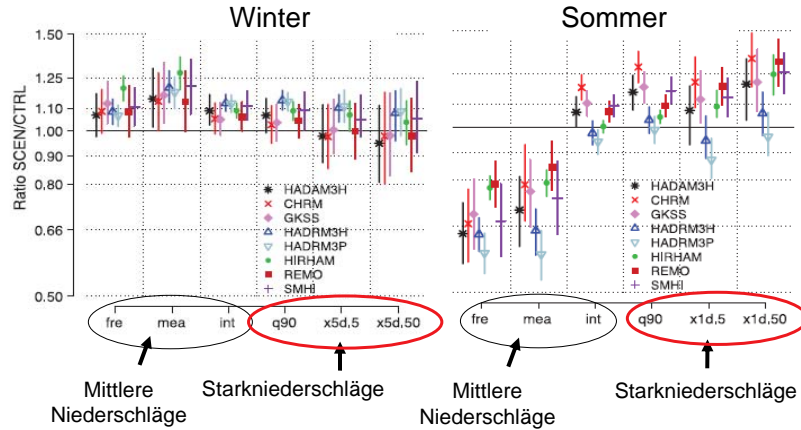


PRUDENCE Szenarien für Europa, 2071-2100

Mittlerer Niederschlag & Starkniederschläge

Emissions-Szenario A1B

IPCC, (2007, WG1-AR4, Ch. 11); Frei et al. (2006)



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

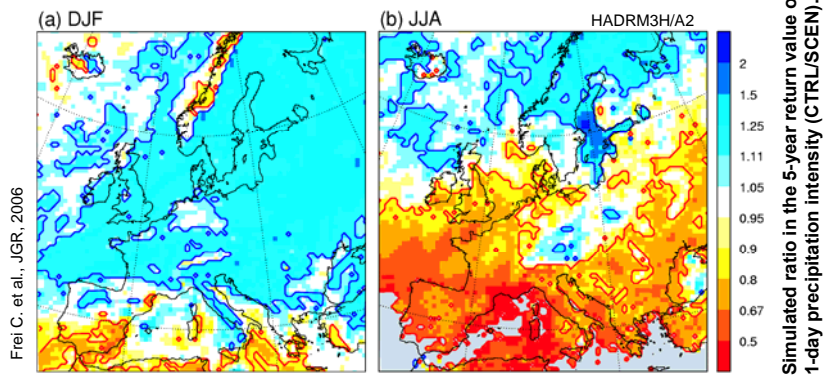


19



Starkniederschläge

- Die Zunahme bis 2070/2100 im Winter beträgt 10-30%; im Sommer ist der Trend für die Schweiz schwach



Frei C. et al., JGR, 2006

Frei C. et al., 2006, Fuhrer J. et al., 2006

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



20



Starkniederschläge - Boden – Gewässer: Massnahmen

■ Überflutung

Hochwasserschutz, Überflutungsräume, Kapazität der Kanalisation,...

■ Vernässung

Erhaltung der Bodenstruktur (Infiltration, Sickerung etc.) durch geeignete Bodenbearbeitung, Vermeidung der Boden-Verdichtung, Drainagen,...

■ Erosion

Bodenbedeckung, Feldanlage, Mulchsaat, Terrassierung,...

■ Nährstoff-Auswaschung

Zeit- und Bedarfsgerechte Düngung, Überschussvermeidung, Lageranpassung,...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



Trockenheit

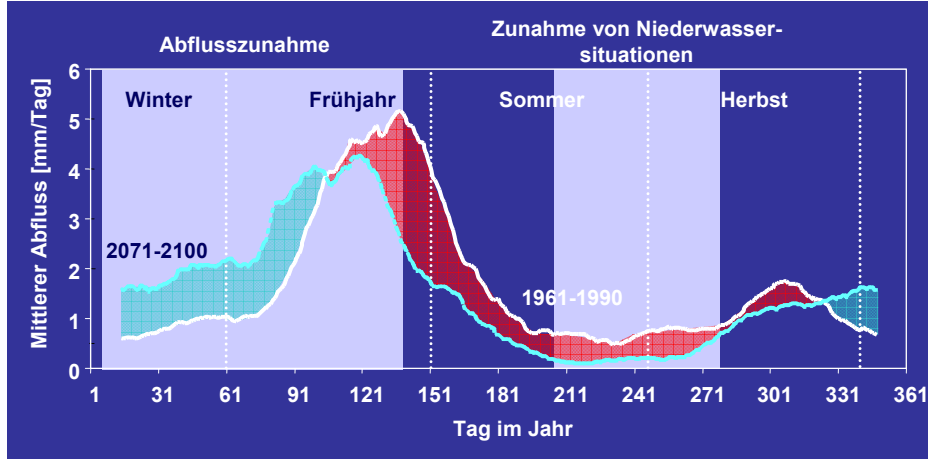


19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



Abfluss aus dem Alpenraum



Beniston, M. 2004

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



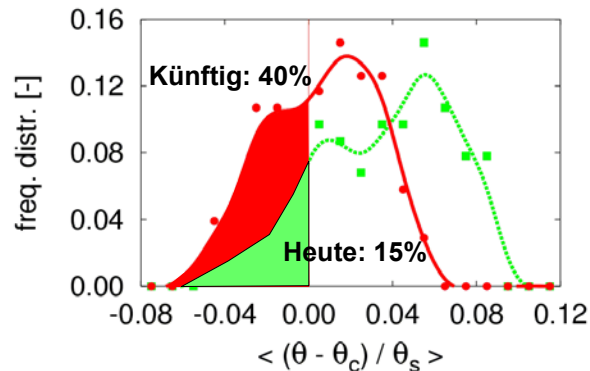
23



Trockenheit im Sommer

Schweizer Mittelland,
sandiger Lehmboden, 30-jährige Periode

Annahmen OcCC-2050:
 $\Delta T = +2 \text{ °C}$ und $\Delta R_f / R_f = -20\%$



Calanca, P.L., 2006

Der kritische Bodenwasser-Gehalt wird künftig häufiger unterschritten.

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

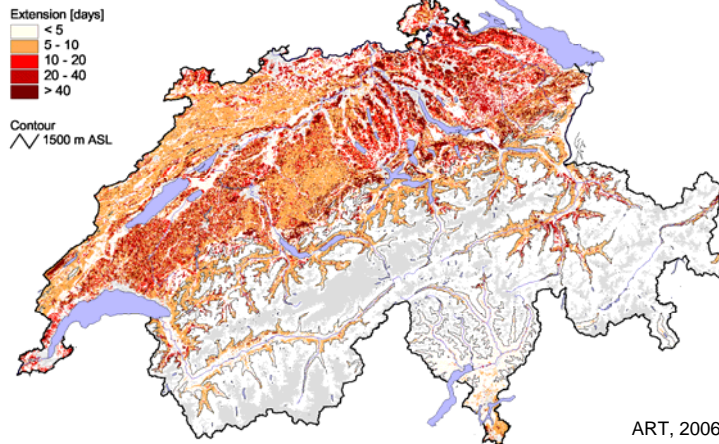


24



Trockenheit im Sommer nimmt zu

Veränderung (in Tagen) der Zeitperiode mit kritischem Bodenwassergehalt (Juni-August) bis 2080/2100



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

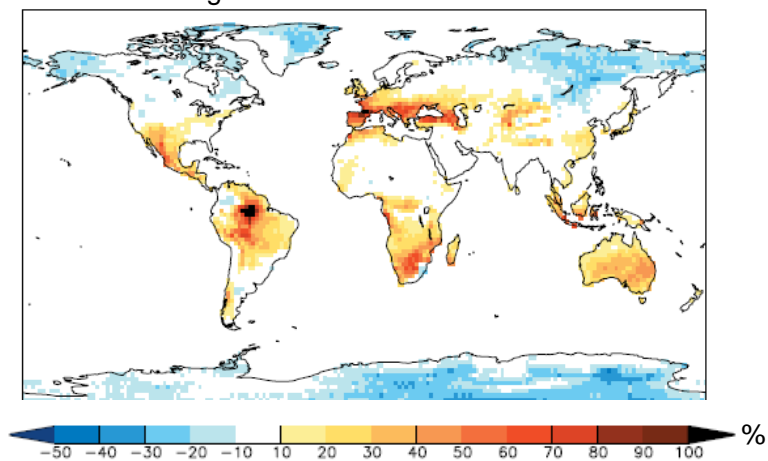


25



Künftige Trockenheit global

Änderung der maximalen Trockenperioden bis 2071-2100 bezogen auf die Jahre 1961-1990



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



26



Präventive Massnahmen

EEA Technical report | No 2/2007

Climate change and water adaptation issues

ISSN 1725-2237

Structural and technological measures (usually dependent on further investment):

- ***Increase reservoir capacity***
- ***Increase transfers of water***
- ***Implement water efficiency schemes***
- ***Install or adopt crop irrigation***
- ***...***

19.06.2008

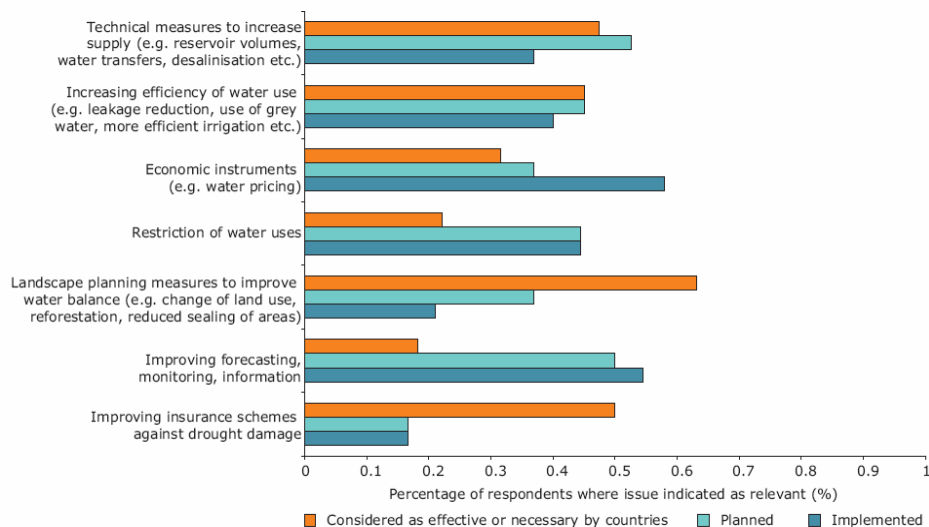
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



27



Trockenheit - Wassermanagement



Source: EEA and German Ministry survey.

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



28



Bewässerung?

Zu beachtende Punkte:

- **Kosten – Nutzen Verhältnis (Bedeutung der Preise)**
- **Wasserangebot/Konkurrenz**
- **Technische Einrichtung (fix, mobil)**
- **Bewässerungssystem**
- **Wasserqualität**
- **Umweltwirkungen**
- **...**

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

29



Gebietswasserhaushalt: Modellierung mit WaSim (<http://homepage.hispeed.ch/wasim/>)

- **Deterministisches, flächendifferenziert arbeitendes hydrologisches Einzugsgebietsmodell; physikalisch begründete Modellansätze**
- **Berechnung des Wasserkreislauf für Einzugsgebiete mit Grössen von <1 bis zu mehreren 10000 km², wobei detaillierte Simulationen für Standorte ebenfalls möglich sind.**
- **Zeitliche Auflösung von Minuten bis zu mehreren Tagen**
- **Simulation von Kurzfristereignissen (Hochwasser) wie Langtrends (langjährige Wasserhaushaltssimulationen)**

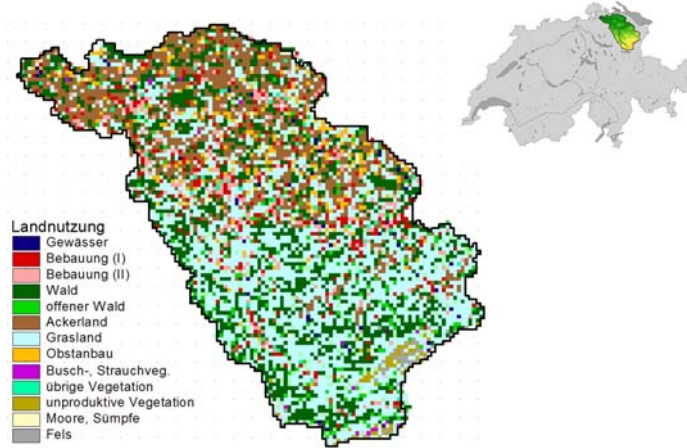
19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

30



Fallstudie Thurgemein



19.06.2008

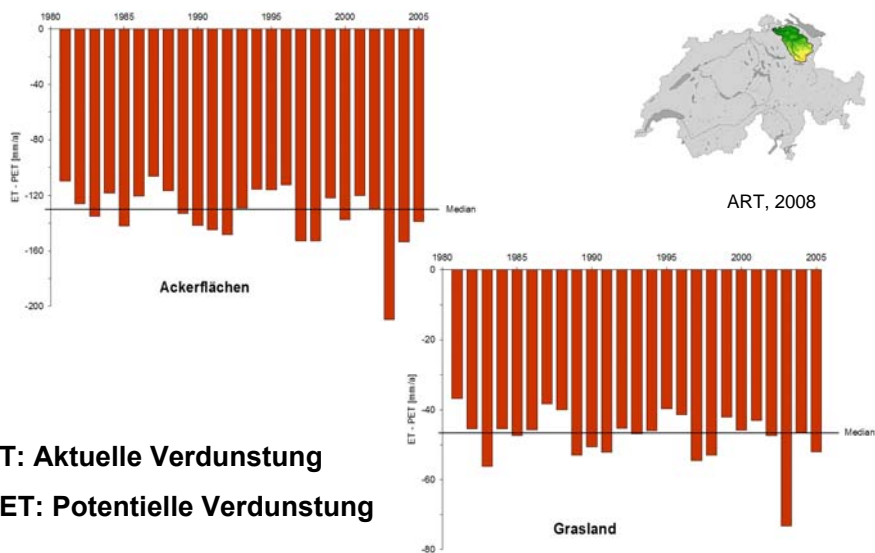
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



31



Differenz ET-PET (1980-2005)



ET: Aktuelle Verdunstung

PET: Potentielle Verdunstung

19.06.2008

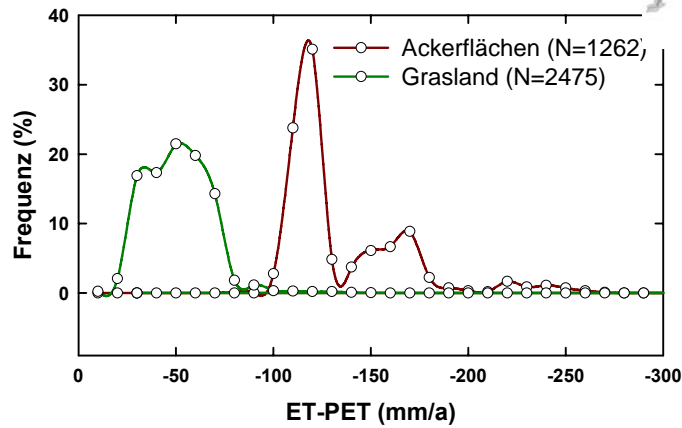
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



32



Gebietsübersicht - Mittelwerte 1980-2005



ART, 2008

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART

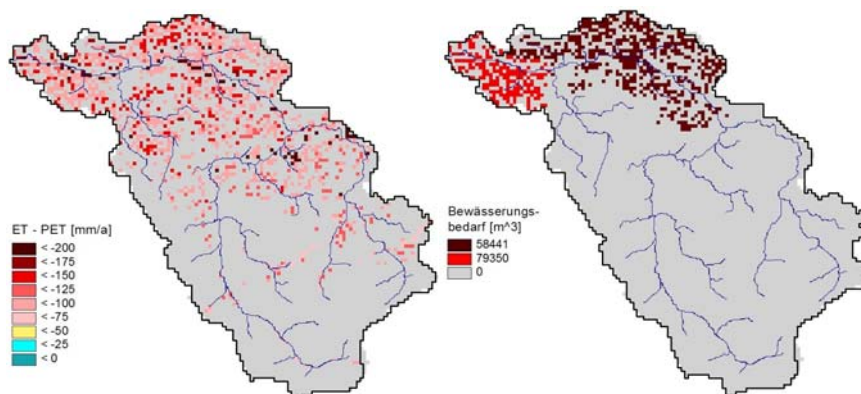


33



Bewässerungsbedarf

Abhängig von Kriterien für Trocken- und Feuchtzustand
(Saugspannung)



ART, 2008

19.06.2008

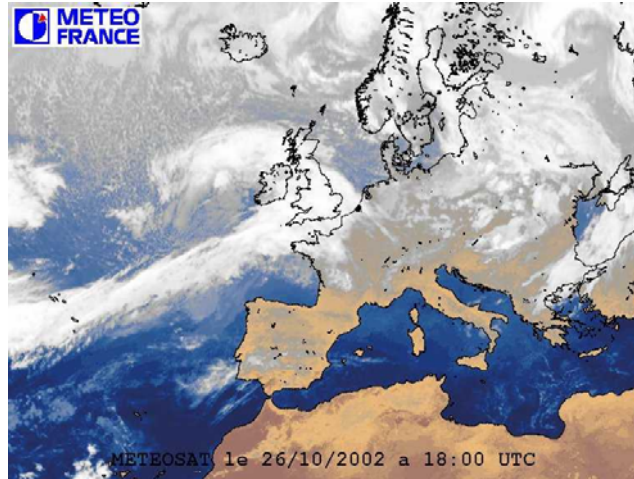
Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



34



Stürme/Orkane



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



35



Stürme

- Über dem Atlantik brauen sich mehr als doppelt so häufig schwere Stürme zusammen wie noch vor 100 Jahren
- Während es zwischen 1900 und 1930 im Durchschnitt jährlich 6 heftige Stürme und Hurrikans gegeben habe, waren es von 1995 bis 2005 im Jahresmittel 15
- Den grössten Einfluss auf die Zirkulationsmuster und somit die Zugbahn von Stürmen hat die Nordatlantische Oszillation (NAO)
- Kein gesicherter Kausalzusammenhang zwischen erhöhter Sturmhäufigkeit und Klimawandel
- Trotz widersprüchlicher Ergebnisse zeichnet sich eine Tendenz zu selteneren mittleren, aber häufigeren heftigen Stürmen hin ab

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



36



Trend der Windspitzen (Winter)

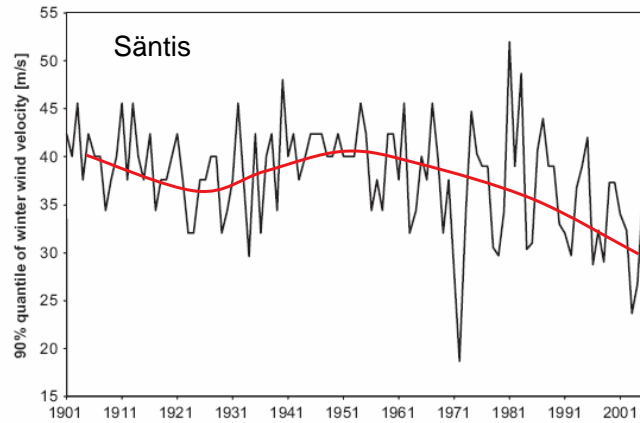


Fig. 4. Annual average peak wind velocities measured at Säntis for the period 1901–2005.

Beniston M, 2007

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



37



Fazit

Mit Blick auf die klimatischen Veränderungen der nächsten Jahrzehnte sind zahlreiche strukturelle Massnahmen zu empfehlen, u.a.:

- Hochwasserschutz und Überlaufbecken
- Schutz vor hohen Temperaturen im Stall
- Genügend Tränken für Tiere im Innen- und Aussenbereich
- Raum für Wasser- und Futterreservoirs
- Bewässerung, sofern ökonomisch sinnvoll und ökologisch tragbar
- Windschutzmassnahmen (u.a. Anpassung der Gebäudenormen)
- ...

19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



38



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



19.06.2008

Prof. Dr. Jürg Fuhrer | © Lufthygiene/Klima, Forschungsanstalt Agroscope ART



39