

## Schnee und Erwärmung: die Zukunft für Skisport und Wintertourismus

Meinhard Breiling

Technik.Tourismus.Landschaft  
TU Wien

Präsentation TMC der freien Universität Bozen  
Veranstaltung: Kalte Füße im warmen Schnee  
Klimawandel und die touristischen Alternativszenarien  
am 12.11.2007

## Neue Skigebiete in neuen EU Ländern: Ausbau in Borovec, BG, und anderswo



Source: www.bulgariaski.com

## Skigebiet Strbske Pleso, SK, Saisonbeginn 2006/07



Foto: 5.11.2006

## Shiga-ken, JP, gute Schneeverhältnisse.....



Foto: 6.2.1999

## ..... aber Skigebiete aufgrund von Unwirtschaftlichkeit aufgelassen



Foto: 14.10.1998

## Skigebiete stehen in veränderten Kontext wie in Chimgan, Usbekistan, auch ohne Erwärmung

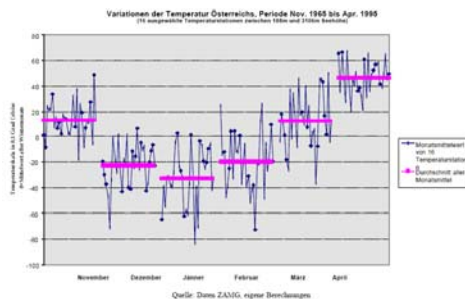


Foto: 21.9.2006

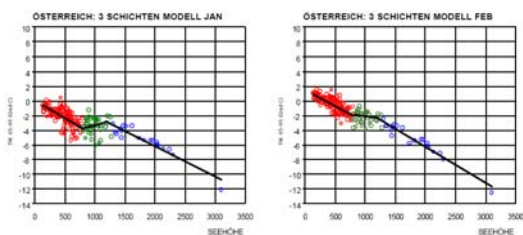
## Herausforderung Erwärmung

- Weniger Naturschnee
  - Die festgestellte Situation (1)
  - Alternativen basierend auf Naturschnee (2)
- Mehr Kunstschnee
  - Umweltbelastung durch Kunstschnee (3)
  - Kosten des Kunstschnee (4)
  - (Kunst-) Schneeforschung (5)

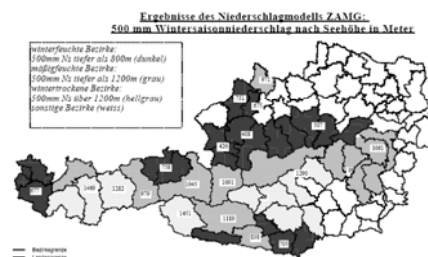
## Die regionale Situation von Österreich: Temperatur



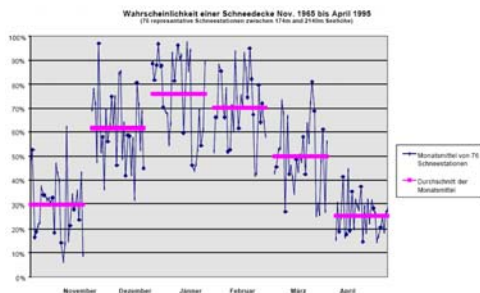
## Die regionale Situation von Österreich: Temperaturinversion



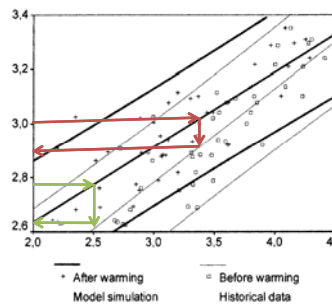
## Die regionale Situation von Österreich: Winterniederschlag



## Die regionale Situation von Österreich: Schneedecke

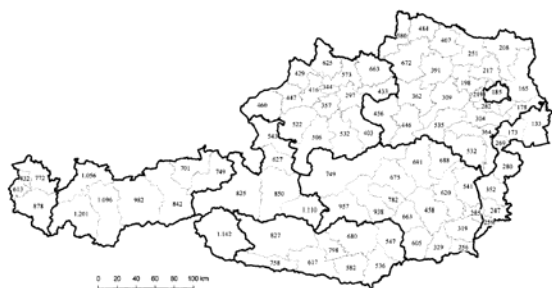


## Beziehung Seehöhe und Schnee

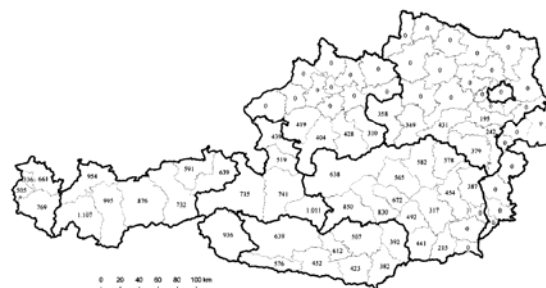


- Je höher desto geringer der Effekt auf die Schneedecke
- Mehr Schnee bei Erwärmung über 2°C über 2000m Seehöhe
- Touristen wohnen tiefer
- Infrastruktur startet zumeist unter 1000m

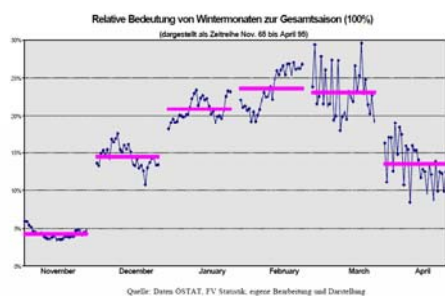
### Mittlere Seehöhe der Bevölkerung



### Mittlere Seehöhe bei Erwärmung



### Verteilung der Touristen nach Wintermonaten



### Veränderung von kalten und warmen Wintermonaten

Monat	1965 to 1995		2° C wärmer		3° C wärmer	
	kälter	wärmer	kälter	wärmer	kälter	wärmer
November	15	15	3	27	1	28
Dezember	15	15	4	26	0	30
Januar	17	13	7	23	2	28
Februar	14	16	7	23	3	27
März	14	16	8	22	5	25
April	15	15	1	29	0	30

Quelle: Temperaturdaten ZAMG, eigene Berechnungen

- Skisport ist auch in wärmerer Umwelt möglich, aber nicht so oft wie gewohnt
- Maß der Erwärmung bringt Veränderung in der Wirtschaftlichkeit
- Zahlungsverpflichtungen bleiben trotz warmer Winter aufrecht
- Der Ausweg seit 1980 ist Kunstschnee

### Natschnee als Alternative: Skigebiet Unterberg, NÖ



### Natschnee als Alternative:

- Einige Skigebiete können oder wollen keinen Kunstschnee anbieten
  - Unterberg liegt im Karstgebiet 60 km von Wien entfernt
    - Wasser für Beschneigung ist nicht verfügbar
    - Aus der Not wurde eine Tugend gemacht
    - Analog zu Biobauernhöfen wird mit Natschnee ein Ökoimage aufgebaut
  - Als Alternative für großstadtnahe Skigebiete
    - Kein internationaler Wintertourismus
    - Bei guten Natschneebedingungen kommen Großstädter flexibel
    - Keine 100 Tage Regel oder sonstige Saisonlängenvorgabe sind entbehrlich
    - Man profitiert von höheren Preisniveaus ohne Anpassungskosten selbst zu tragen
  - Keine Alternative für internationale Skigebiete
    - Wichtig zwischen Skisport als Freizeit und Skisport als Wintertourismus zu unterscheiden

## Gletscherskigebiete: Eiserne Reserven



Foto: Kaprun, Salzburg, am 30.10.2004

## Gletscherskigebiete: Eiserne Reserven

- Gletscher sind Schnee von Jahrhunderten
  - Wird benutzt um Ausfälle in warmen Wintern zu vermeiden
  - Es gibt nur wenige Skigebiete auf Gletschern
- Symbolwert ist sehr wichtig
  - Keine breite Möglichkeit für viele aber Signal, daß Skisport auch in warmen Wintern möglich ist
- Rückgang der Gletscher durch festgestellte Erwärmung
  - ist besonders in den Alpen feststellbar
  - Gletscher sind Puffer, nicht nur für Wintertourismus
- Konflikte mit anderen Nutzungen
  - Wasserversorgung
  - Naturschutz generell

Foto: Kaprun, Salzburg, am 30.10.2004

## Kunstschnee im Einsatz

- Erster Kunstschnee in 30iger Jahren in Japan entwickelt
  - Kriegseinsatz in Bergregionen war ein entscheidendes Motiv
  - Künstliches Auslösen von Lawinen
  - Kam zu Kriegszwecken nie zum Einsatz
- Im Wintertourismus vereinzelt ab 50iger Jahren im bescheidenem Maß eingesetzt
  - Das Vorhandensein der Möglichkeit von Kunstschnee wurde wahrgenommen
  - Entwicklung leistungsfähiger Schneekanonen
- Ab ca. 1980 erste flächendeckende Beschneigungssysteme
  - Man will Unsicherheiten durch das Wetter ausweichen
  - Durch die jährlichen Schwankungen bei höherem Temperaturniveau wurde der Einsatz stark ausgeweitet

## Beschneigung ist ressourcenintensiv: Wasser und Energie



Foto: Kölnbrennsperre am 28.8.2004

## Umweltbelastung durch Kunstschnee

- Wintersportregionen tragen überproportional bei, daß Kioto Ziele nicht erreicht werden
  - Symptombekämpfung ist nicht gekoppelt an Ursachenbehebung
  - Mehr Treibhausgase durch Anpassung
  - Dies führt zur weiteren Erwärmung
- Wassermangel
  - Wasser ist ein knappes Gut
  - Oft lokal nicht vorhanden
  - Skigebiete konkurrieren um Wasser
- Energieverbrauch
  - Die Ressourcen werden knapper
  - Speicherbecken können das Landschaftsbild beeinträchtigen

## Beschneigung kompensiert fehlenden Niederschlag, die Temperatur muß stimmen



Foto: Kaprun, Salzburg, am 30.10.2004

## Rechtliche Rahmenbedingungen (1)

- **Kioto Protokoll für Treibhausgase**
  - Stellt den Bezug zur Klimaänderung her
  - Skiregionen müssen den Stand der Emissionen von 1990 erreichen
- **EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)**
  - Verbietet die Verschlechterung
  - Gebietet das Erreichen des guten ökologischen Zustands

## Rechtliche Rahmenbedingungen (2)

- **Naturschutzgesetze der Länder**
  - Werden vielfach geändert um Erschließungen hoher Regionen zu ermöglichen, z.B. Tiroler Naturschutzgesetz
  - Nur mehr bedingt wirksam aufgrund der EU WRRL
- **Ungeregelte und konfliktbeladene Bereiche**
  - Neue Methoden der Kunstschneeherzeugung
  - Kunstschnee bietet reichlich Angriffspunkte, die differenziert betrachtet werden müssen

## Kosten des Kunstschnee

- **Substitution von Naturschnee**
  - Jedes % Verschiebung weg vom Naturschnee und hin zum Kunstschnee bringt überproportionale Verteuerung
  - Eine Strategie zur Bewahrung/Konservierung von Naturschnee wird immer wichtiger
- **Praktizierte Beschneigungstechnik**
  - ist ressourcenintensiv und kann konventionell um einen Wirkungsgrad um 100% und mehr verbessert werden
  - Politische Rahmenbedingungen welche zu Technologiesprüngen führen könnten, fehlen!
- **Preise für Energie und Wasser steigen**
  - Bei einer Ressourcenverteuerung wird Beschneigung nicht mehr finanzierbar
  - Wie robust sind Betriebe um zusätzliche Belastungen zu ertragen?

## Kosten des Kunstschnee am Arlberg



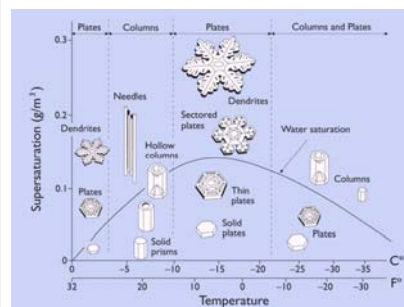
- 560.000 m<sup>3</sup> Wasser
- ca. 1.500.000 m<sup>3</sup> Kunstschnee
- ca. 4.000.000 m<sup>2</sup> oder 400 ha beschneite Pistenfläche
- Je nach Situation und Personaleinsatz Preise von €2,- bis €5,- pro m<sup>3</sup>
- Rund 4 Millionen € Gesamtkosten oder 10,000 € pro ha als ein Richtwert, der lokal schwankt

Quelle: Die Zeit 30.11.2006

## Kunstschnee muß billiger werden

- **Derzeitige Alternativen beruhend auf Naturschnee und Kunstschnee reichen nicht**
  - Skisport und Wintertourismus wird bei Erwärmung zurückgehen
  - Kosten nicht an Konsumenten weitergeben um Skisport als Breitensport zu erhalten
  - Günstigere Alternativen sind möglich
    - bei gleichzeitiger Einhaltung der gegebenen internationalen Regelwerke
- **Intensivierte Forschung auf dem Gebiet Kunstschnee notwendig**
  - Kein Forschungsgebiet alleine kann die Situation verbessern
  - Die Bündelung vieler Ideen ist notwendig
    - Eine reiche Auswahl an Alternativen bringt auch günstige Lösungen

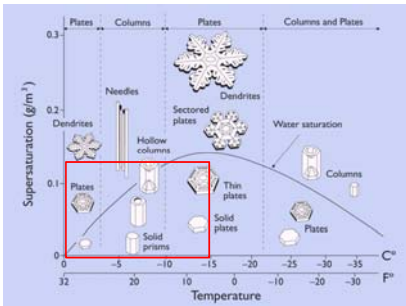
## Schneeforschung



- Erforscht die Zusammenhänge auf der mm Skala
- Der Entstehung und Metamorphose von Schneekristallen
- Die Zusammensetzung und Bildung von Schneeschichten
- Der Aufbau von Schneetypen
- Die Zusammenschau als Schneeklasse

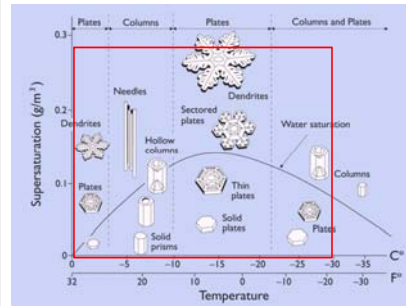
Quelle: NSIDC Colorado

### Die Grenzen von Kunstschnee



- Kunstschnee hat ein „eingeeengtes“ (rotes) Spektrum
- Kunstschnee ist schwerer als Naturschnee
- Die Technologie der Beschneigung steht erst am Beginn

### Die neuen Grenzen von Kunstschnee



- Die Technologie der Beschneigung wird optimiert werden
- Kunstschnee wird billiger und weiter einsetzbar
- Kunstschnee wird umweltfreundlicher produziert als dies heute der Fall ist.

### Schnee Meßstation Arlberg



- Neue Methoden zur Erfassung der Schneestruktur sind notwendig
- Schneemessungen sind für Schneestrukturforschung unzureichend in Raum und Zeit
- High-end automatische Messungen zu teuer für viele Regionen

Quelle: IAN BOKU Wien

### Laserscanning Lech Arlberg



- Erstellen von Massenbilanzen
- Schneehöhenkarten mit Berücksichtigung des Windeinflusses
- Abschätzen des Lawinenrisikos

Quelle: IAN BOKU Wien

### Snowfarming



- Ist eine Alternative zur Beschneigung
- Schnee wird in schneereichen Zeiten konserviert für die nächste Saison
- Textilien kombiniert mit Bodenkühlung ist hierfür notwendig

Quelle: M. Phillips, SLF Davos

### Permafroststudien CH, Fluelapass



- Permafrost kommt nur im Hochgebirge der Alpen vor
- Eine dünne Schneedecke bzw. eine löchrige Schneedecke hat eine andere Thermodynamik als eine geschlossen
- Anomalien des Boden- Schnee Temperaturgradienten sind möglich
- Dies bringt Probleme beim Bau der Infrastruktur im Hochgebirge

Quelle: M. Phillips, SLF Davos

## Mikroorganismen im Schnee



- In jeder Schneedecke befinden sich natürliche Mikroorganismen. Deren Zusammensetzung unterscheidet sich von Ort zu Ort
- Neue Methoden ermöglichen es die typischen Mikroorganismen zu analysieren
- Produkte wie SNOWMAX setzen bereits heute fremde Mikroorganismen ein um den Taupunkt zu erhöhen
- Forschung zur Erfassung von Möglichkeiten und Risiken unterschiedlicher Mikroorganismen im Schnee ist notwendig

Foto vom 22.9.2007

## Cloudseeding: Kunstschnee aus Wolken



- Griffith (2005) behauptet, dass in Kalifornien 1 m<sup>3</sup> zusätzliches Wasser nur 0,05 Euro kostet
- Schneeerzeugung kostet heute mehrere Euro pro m<sup>3</sup> Schnee
- Ein Quantensprung in der Beschneigungstechnologie erscheint möglich
- Doch die Rahmenbedingungen für Cloudseeding zur Beschneigung wurden nie für Bergregionen verifiziert

Quelle: A. Sinkevich, Voichev Laboratory

## Cloudseeding: auch zur Vermeidung von zuviel Schnee und Reduktion der Lawinengefahr



Quelle: [http://air.droessler.at/berichte/Galtuer/Galtuer/galtuer\\_mbilder1.htm](http://air.droessler.at/berichte/Galtuer/Galtuer/galtuer_mbilder1.htm)

## Zusammenfassung

- Kunstschnee und Beschneigung
  - Schnee muß umweltfreundlicher produziert werden
  - Schnee muß billiger werden
- Forschung und Technologie
  - Schneeforschung muß intensiviert werden
  - Derzeitige Beschneigungstechnologie kann wesentlich verbessert werden