

# Zum Management der Biodiversität von Tourismus- und Wintersportgebieten in einer Ära des globalen Wandels

von Carmen de Jong

*Keywords: Kunstschnee, Klimawandel, Erosion, Wasserknappheit und Wasserverschmutzung*

Nicht nur als Folge des Klimawandels ist das Management von Biodiversität und Umwelt der Tourismus- und Wintersportorte eine große Herausforderung, sondern auch wegen der erforderlichen Anpassungen an den globalen Wandel und den damit verknüpften infrastrukturellen Entwicklungen. Einerseits ist es wichtig, das erforderliche Wissen über die Einflüsse des globalen Wandels in den Alpen umfassend und interdisziplinär zu entwickeln und andererseits soll dieses Wissen in die neu sich entwickelnden Wintersportorte im Nahen Osten und in Asien transferiert werden. Parallel dazu müssen die Erfahrungen der sich unter den aktuellen Rahmenbedingungen rasch entwickelnden neuen Wintersportorte, auch in den traditionellen alpinen Skiorten, berücksichtigt werden. In den Alpen werden Managementstrategien und Rahmenrichtlinien noch immer zu sehr durch Skiindustrie, Politiker und angepasste Experten dominiert, Argumente von Betroffenen oder unabhängigen Wissenschaftlern finden ebenso wenig Aufmerksamkeit, wie die Umsetzung und Kontrolle von EU-Leitlinien. Erstaunlicherweise besteht zur Auswirkung des Tourismus auf die Biodiversität und die Notwendigkeit seines Managements nur wenig Bewusstsein. Selbst die ökonomischen Kosten und die Grenzen des Umweltmanagements werden nur unzureichend berücksichtigt. Je höher der Grad der Mechanisierung im Wintersport und im Tourismus steigt, desto stärker sind die Umweltfolgen und desto höher wachsen die Sanierungskosten. Es ist eine große Herausforderung für die Wissenschaftler, diesen Teufelskreis zu durchbrechen.

Managing biodiversity and environment of tourism and winter sport resorts poses a major challenge, not only in terms of climate change but also in terms of adaptation to climate change and infrastructural developments. It is important to be able to develop comprehensive, interdisciplinary knowledge on the impacts of global change on tourism in the Alps and vice versa and to transfer it to other newly emerging ski resorts in the Middle East and Asia. Simultaneously, the experiences from emerging ski resorts under present pressures should be taken into account in the traditional resorts. In the Alps, regulations and management strategies are still overly dominated by the ski industry, politics and stream-lined experts, leaving little room for scientists and the implementation and control of European directives. Surprisingly, there is little awareness on the extend of impacts of tourism on biodiversity or the need for its management. Similarly, the economical costs and limits of management are not sufficiently taken into account. The higher the degree of mechanisation in winter sports and tourism, the stronger the environmental impacts and the higher the costs of remediation. It should be the task of scientists to help paving the way to break this vicious cycle.

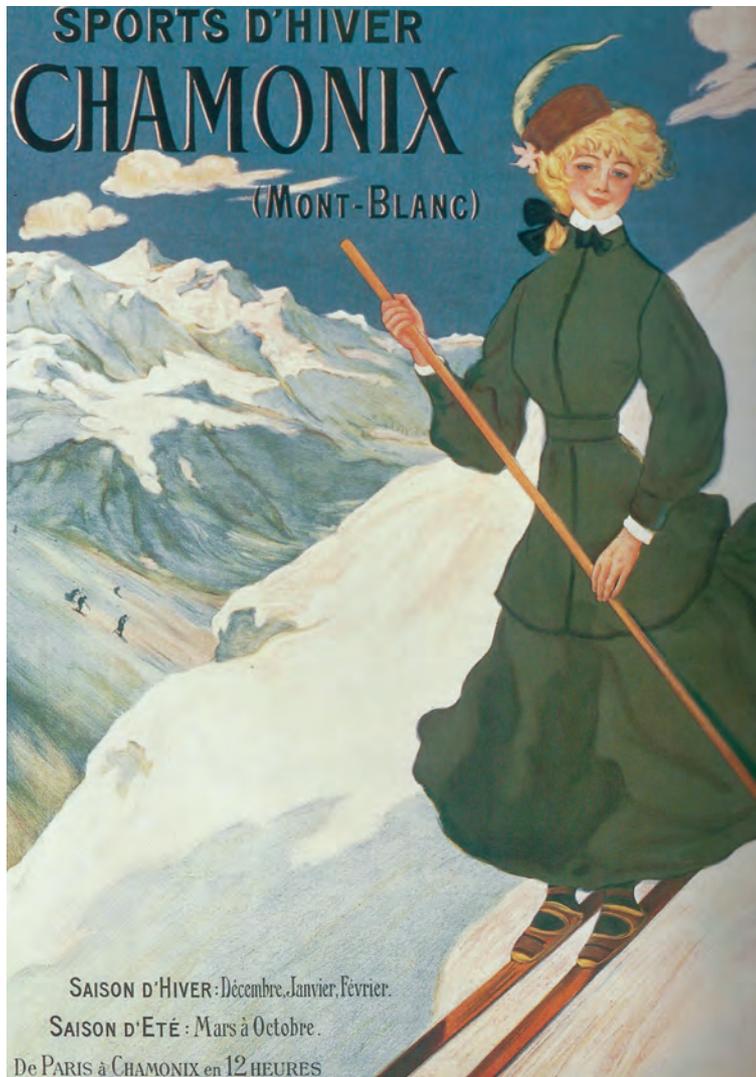


Abb. 1: Skifahren in Chamornix, Frankreich 1905 (Foto: A. Faivre in Gex 2006).

## 1. Herausforderungen von globalem Wandel und Tourismus

### 1.1 Die Alpen

Der Wintertourismus entwickelte sich in den Alpen ab der Jahrhundertwende um 1900 als sportliche Aktivität der Oberklasse und wurde erst nach dem zweiten Weltkrieg zum Massensport. In Frankreich gab es schon vor mehr als hundert Jahren für das höhere Bürgertum einen speziellen Schneezug ("train de neige") von Paris über Lyon nach Chamonix (Mont Blanc). Diese Reise dauerte damals über zwölf Stunden. Die Entwicklung des Wintersports dort ist besonders interessant, denn wie das Plakat (Abb. 1) beweist, beschränkte sich der Wintertourismus auf die drei Monate Dezember bis Februar und der Sommertourismus dauerte von März bis Oktober. In der Schweiz war damals St. Moritz eine entsprechende Elite-Tourismusstation. Bilder aus der Zeit vor dem ersten Weltkrieg zeigen St. Moritz als ein Himmelreich des 'sanften Winter Tourismus' mit Pferdeschlitten, Skiwanderungen und Wanderungen.

Der Skitourismus entwickelte sich damals in Wintern mit verlässlichem Schneeniederschlag und überaus mächtigen Schneedecken. Um die heutige Situation mit den ehemaligen Bedingungen zu vergleichen, gibt es leider aus Wintersportorten nur wenige alte meteorologische Aufzeichnungen. Beispielhaft ist dafür Kitzbühel in Nordtirol. Sowohl für den Talort Kitzbühel (790 m), wie für den Berggrat Hahnenkamm (1760 m), bestehen meteorologische Daten seit dem Jahr 1800 (AUER et al. 2007). Die Talstation ist sehr geeignet zur Analyse der Entwicklung der Niederschläge mit seinen sich verändernden Regen-Schnee Verhältnissen (flüssige und feste Niederschläge) (Abb. 2). Die Schneehöhen nehmen seit den frühesten Aufzeichnungen von 1800 bis 2003 stetig ab, und besonders stark seit der Mitte der 1980er Jahre. Zunehmend dominieren Regenniederschläge auch im Winter und führten zu einem Wandel des Regen/Schnee-Quotienten. Ursprünglich gab es im Winter etwa 66 % Schnee und 34 % Regen, 2003 fielen erstmals 50 % Schnee und Regen und seither dominieren im Talgrund im Winter stets die Regenniederschläge (Abb. 2a). Die Hauptursache für diesen Wandel sind die wärmer werdenden Temperaturen, die immer häufiger den Schnee durch Niederschlag an der Nullgradgrenze umwandeln.

Doch wie die Daten der meteorologischen Station Sonnblick (3105 m)/Hohe Tauern belegen, ist selbst in großen Höhen in Österreich seit 1960 der Prozentsatz an festen Niederschlägen (Schnee) zurückgegangen. Seit 1980 wird dies auch auf dem Weissfluhjoch (2540 m) in Graubünden/Schweiz beobachtet (Abb. 2b, MARTY & MEISTER 2012). Die Autoren belegen eine sehr signifikante Abnahme der festen Niederschläge im Vergleich mit den flüssigen Niederschlägen von 1,25 % pro Dekade. Während auf dem Sonnblick (3105 m) sich die Relation von etwa 90 % Schnee und 10 % Regen zu 84 % Schnee und 16 % Regen veränderte, erniedrigte sich diese Relation auf dem Weissfluhjoch (2540 m) von 79 % Schnee zu 21 % Regen auf 72 % Schnee und 28 % Regen. SERQUET et al. (2011) weisen nach, dass in den Schweizer Alpen in den letzten 30 Jahren in den Wintermonaten in allen Höhenstufen zwischen 200 m bis 2700 m eine deutliche Abnahme des Quotienten zwischen der Zahl der Tage mit Schneefall und der Zahl der Tage mit Regen eingetreten ist. Zu ähnlichen Aussagen kamen LATERNSENER & SCHNEEBELI (2003) bei der Analyse der Daten von 1932 bis 1999. Noch deutlichere Abnahmen ergeben sich bei der Analyse der Frühlingsdaten (März und April). SERQUET et al. (2011) führen dies auf die wärmeren mittleren Basistemperaturen und auf die höhere Zahl von Temperaturschwankungen im Bereich des Schmelzpunktes zurück.

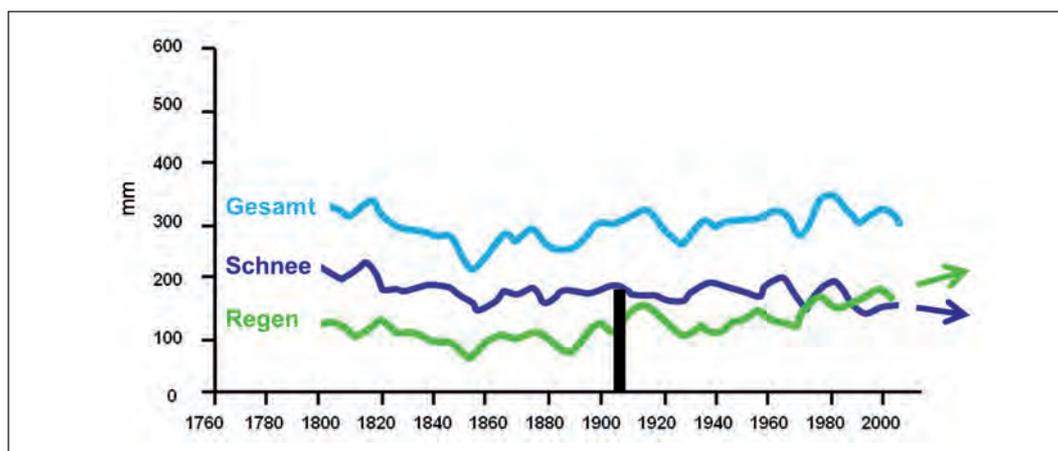


Abb. 2a: Abnahme der Schneeniederschläge (dunkelblaue Linie) im Vergleich zu den Regenniederschlägen (grüne Linie) an der Kitzbühel Talstation (790 m) in Tirol/Österreich (adaptiert von BÖHM et al. 2008). Der Zeitabschnitt (1905) der Skifahrerin im Bild (Abb. 1) ist durch einen schwarzen Balken markiert.

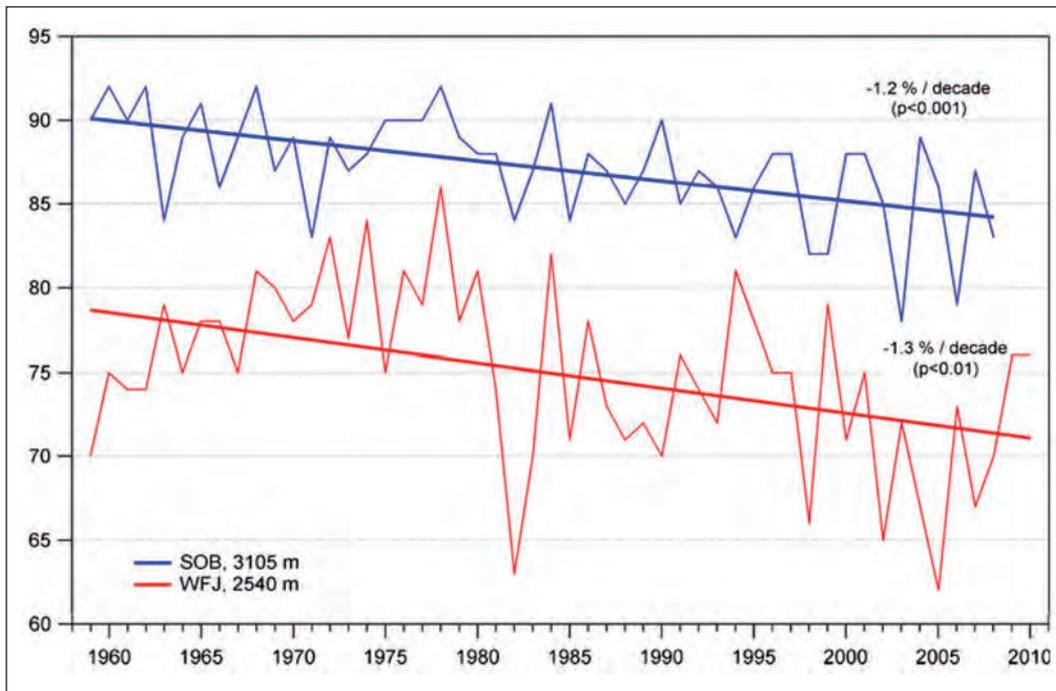


Abb. 2b: Abnahme der Prozentanteile der festen Niederschläge (Schnee) seit 1960 auf dem Sonnblick(SOB) in Österreich(blaue Linie) und dem Weissfluhjoch (WFJ) in der Schweiz (MARTY & MEISTER 2012).

Die Skistationen der Alpen in niederer bzw. mittlerer Höhenlage (unter 2500 m) erleiden diese Grenzbedingungen immer häufiger und über immer längere Zeiten. Seit der Jahrtausendwende befinden sich die meisten der niederen Skistationen der Alpen – selbst im Winter – im Bereich des regendominierten Niederschlagsregimes. Wenn die Erwärmung anhält, ist zu erwarten, dass der Schneeeanteil der Niederschläge weiter abnehmen wird. Selbst die Gebiete, die sich heute noch in schneedominierten Niederschlagsregionen befinden, werden zunehmend mehr Regenniederschläge erhalten und der Schnee auf den Pisten wird schneller schmelzen (MARTY 2011).

Dieser Wechsel vom Schnee- zum Regenniederschlag hat große Folgen für Skiindustrie und Wintersportereignisse in den Alpen, die beide sehr stark abhängig von einer minimalen Schneebedeckung auf den Pisten sind. Gegenüber den Bedingungen vor 100 Jahren wird heute, trotz der deutlichen Kürzung der Wintersaison und der steigenden Ungewissheit über die Schneefallbedingungen, versucht, die Wintersaison auf möglichst 7 Monate (Oktober bis April) zu steigern und die Sommersaison auf nur 5 Monate (Mai bis September) zu verringern. Um die Wintersaison zu verlängern, ist die Produktion von Kunstschnee zu Beginn und am Ende unumgänglich (DE JONG 2011). Dies führt zu einer künstlichen Veränderung des Winter- zu Sommerverhältnisses, von etwa 0,38 auf 1,4.

Es ist fraglich, ob das heutige Schnee-Regen-Verhältnis auch in Zukunft erhalten werden kann, da in den vergangenen 10 Jahren die Schneesicherheit zunehmend mehr sowohl bei Saisonbeginn, in der Saisonmitte, sowie gegen Ende der Saison bedroht ist. Abb. 3a und 3b zeigen den Auftrag von Kunstschnee in einer Landschaft ganz ohne natürlichen Schnee im späten November 2011. In dieser Phase lag die Nullgrad-Isotherme in den Westalpen in etwa 2200 m Höhe, es war unmöglich Kunstschnee

**Abb. 3:** Versuche der Anpassung an den Klimawandel durch Kunstschneeproduktion. Die Beispiele zeigen Versuche der Kunstschneeproduktion unter zu warmen Bedingungen Ende November 2011, um die Eröffnung der Skisaison termingerecht zu erzwingen. In beiden Fällen musste der Beginn der Saison um zwei Wochen verschoben werden.



**Abb. 3a:** Verbier/Wallis/Schweiz. Piste Attelas nach Ruinettes in 2300 m Höhe, 28. November 2011. (Foto: Vebinet.com).



**Abb. 3b:** La Plagne/Savoyen/Frankreich. Pisten am Dos Rond in 2200 m Höhe, 23. November 2011. (Foto: Carmen de Jong).



Abb. 3c: Vollkommen mit Kunstschnee bedeckte Skipiste, Madonna di Campiglio/I (© Gesellschaft für ökologische Forschung/Oswald Baumeister, 29.3.1997).



Abb. 3d: Pistenverhältnisse von Val Thorens/Savoyen/Frankreich am Ende der Saison 2011. Die Skisaison musste wegen der warmen Temperaturen 2 Wochen früher beendet werden. (Foto: Kees Wolthoorn).

unter 2400 m Höhe zu erzeugen und zu unterhalten. Der Beginn der Skisaison musste in vielen größeren Skiorten in Frankreich, Italien, Schweiz und Österreich, die sonst Ende November die Saison eröffneten, um zwei Wochen verschoben werden. Mehrere Wintersportereignisse mussten annulliert werden. Selbst der für das Wochenende vom 10. zum 11. Dezember geplante Beginn der World Cup-Wettbewerbe in Val d'Isère wurde abgesagt und in die USA verschoben. Auch das für Ende Januar 2012 geplante traditionelle World Cup-Rennen in Kitzbühel/Tirol (Start-Ziel: 1665 m-805 m) musste nach Regen und wegen Nassschnee aus Sicherheitsgründen umorganisiert werden. Infolge der hohen Frühlingstemperaturen und der dadurch verursachten Schneeschmelze musste in vielen alpinen Skiorten das Ende der Saison 2011 um mehrere Wochen vorverlegt werden (Abb. 3d).

## **1.2 Rocky Mountains**

Wie in den Alpen, so ist auch in den Rocky Mountains der USA und Kanada eine Abnahme des Niederschlagsquotienten zwischen Schnee und Regen zu beobachten (LAPP et al. 2005, KNOWLES et al. 2006). In der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ergab sich über weite Teile der Rocky Mountains im westlichen Nord-Amerika eine immer geringere Schneehöhe im Frühling und die Schneeschmelze begann immer früher (KNOWLES et al. 2006). Temperaturerhöhungen in den Wintermonaten Dezember bis März haben den größten Einfluss auf die Schneeablagerung, während die Temperaturerhöhungen in den Monaten April bis Juni einen schnelleren Abbau der Schneedecke verursachen. Auch NAYAK et al. (2010) beobachten einen späteren Beginn des Aufbaus der winterlichen Schneedecke und einen früheren Beginn der Schneeschmelze. In den Hochlagen der Rocky Mountains wird im Sommer ein Wandel vom täglichen Frostwechsel hin zur Dominanz oberhalb des Gefrierpunktes beobachtet. Im Winter trat ein Wandel von anhaltenden Temperaturen unter dem Gefrierpunkt hin zum täglichen Frostwechsel ein. Im Vergleich zur Mitte der 1960er Jahre ist auf Grund dieser Veränderungen heute die Schneesaison um etwa einen Monat kürzer. Wie in den Alpen haben diese Veränderungen schwerwiegende Folgen für die Skiindustrie: die Wintersaison beginnt später, während der Saison gibt es zunehmend weniger Schneeniederschläge und die Schneeschmelze beginnt auf den Pisten früher im Frühling und somit endet die Skisaison auch früher.

In der Sierra Nevada in Kalifornien mit typischen Höhendifferenzen in den Einzugsgebieten von bis zu 600 m bedeutet die Erhöhung der Mitteltemperaturen um 1 °C einen früheren Frühlingsabfluss um 7 bis 10 Tage (HUNSAKER et al. 2012). Nach Meinung dieser Autoren erniedrigt sich das jährliche Abflussverhältnis bei 2 °C Temperaturerhöhung um 10 %. Außerdem folgt dann durch die Verlängerung der Wachstums- und Vegetationsperiode in Einzugsgebieten mit gemischten Schnee-Regen-Verhältnissen eine Erhöhung der Evapotranspiration und Interzeption und damit natürlich auch eine geringere Wassereignigkeit für das Gebirgsvorland.

## **1.3 Anatolien als Beispiel für asiatische Gebirgsstationen**

Wie in den Alpen und in den Rocky Mountains sind auch in Anatolien die Schneedecken seit einigen Jahrzehnten gering mächtiger geworden. Beispielsweise sind die 5-jährigen gleitenden Mittelwerte (Abb. 4) der Schneehöhen zwischen Dezember und Februar in den letzten 36 Jahren in der Nähe des Skiorts Palandoeken in Erzurum (Ostanatolien/Türkei; 40° nördl. Breite) um 45 % gesunken (das Wasseräquivalent sinkt von 82 mm auf 44 mm). Die Ursache für diese Abnahme ist hier allerdings weniger die Zunahme der Temperaturen, sondern die Abnahme der Winterniederschläge. Die Tagestemperaturen sind im Winter stetig unter dem Gefrierpunkt und somit wird der Schnee nicht in Regenniederschlag umgewandelt. Die Abnahme der Schneemächtigkeit steht in direktem Zusammenhang mit einer Ver-

kürzung der Wintersaison im Herbst und im Frühling. Die Wasserführung des oberen Euphrat-Einzugsgebietes wird stark durch die Schneeschmelze beeinflusst. 65 bis 70 % des jährlichen Abflusses des Euphrat entstehen durch die Schneeschmelze und Regen-auf-Schnee-Ereignissen während der Monate März bis Juli (SORMAN et al. 2009). In diesem Einzugsgebiet wirkt sich der Klimawandel mit der früheren Schneeschmelze direkt auf die Abflüsse aus (YILMAZ et al. 2012). YILMAZ & IMTEAZ (2011) nehmen allerdings an, dass es durch den Klimawandel im oberen Euphrat-Einzugsgebiet zu einer Abnahme der Winterniederschläge von nur etwa 5 % kommt, während im mittleren und unteren türkischen Einzugsgebiet des Euphrat eine deutlich höhere Abnahme zu erwarten ist.

Im Vergleich mit anderen meteorologischen Stationen in den Gebirgen des Mittleren Ostens und von Zentral- und Ostasien (Abb. 5a) hat Erzurum die höchsten Beträge für Schneeniederschläge (170 mm Schnee Wasseräquivalent). Schnee ist dominant in den Monaten November bis März und in den Monaten Januar und Februar gibt es wie in Harbin (China; 45° nördl. Breite) – unter extrem kalten Bedingungen – überhaupt keinen Regen. Der Regenfall in Erzurum ist bi-saisonal verteilt und erreicht im Mittel eine Summe von über 280 mm. Der Frühling hat die höchsten Regenfälle, besonders im Monat Mai, das zweite Maximum wird im Herbst erreicht (KOTLAKOV 1997). Die höchsten Niederschläge, besonders in den Sommermonaten, werden in Harbin (China) aufgezeichnet. Beim Vergleich der Stationen in Abb. 5a ist das Schnee/Regen-Verhältnis wie folgt:

Ankara: 0,18—Erzurum: 0,33—Teheran: 0,10—Kabul: 0,23—Harbin: 0,10.

Zum Vergleich: für Chamonix ergibt sich im langjährigen Mittel für dieses Verhältnis ein Betrag von 0,36 (Abb. 5 b). In Erzurum ergibt sich ein Quotient von 0.79 – 1 für die Wintermonate zwischen Dezember bis März.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Schneeverhältnisse in Erzurum sicherer sind als in den anderen kontinentalen asiatischen Gebirgen. Dank der niederen Temperaturen ist der Schnee vor allem im Hochwinter sicher vor Regeneinflüssen. Doch auch hier haben in den vergangenen vier Dekaden die Länge des Winters und die Höhe der Schneeniederschläge abgenommen, so dass mit einer weiteren Verkürzung der Skisaison zu rechnen ist.

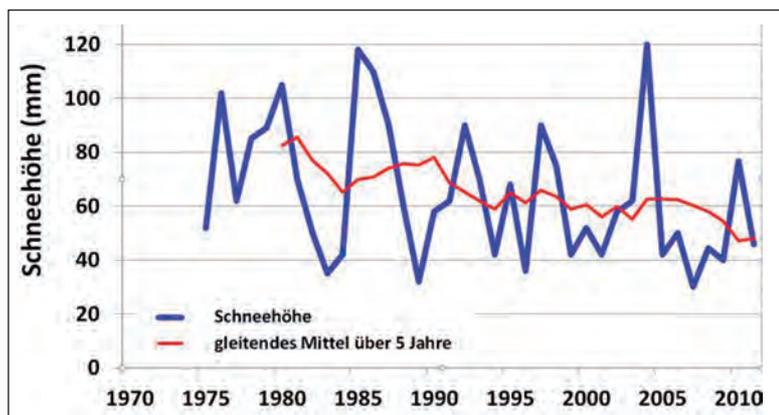


Abb. 4: Abnahme der Schneehöhen bei der Meteorologischen Station Erzurum, Höhe 1758 m (Ostanatolien, Türkei). Schneeniederschläge (Schmelzwasser-Äquivalent in mm in blau) für die Monate Dezember bis Februar für die Jahre 1975 bis 2011 (in blau) und das gleitende 5 jährige Mittel (in rot). (Zusammengestellt durch DE JONG nach YILMAZ et al. (2011) und SORMAN, pers. Mitt. (2012)).

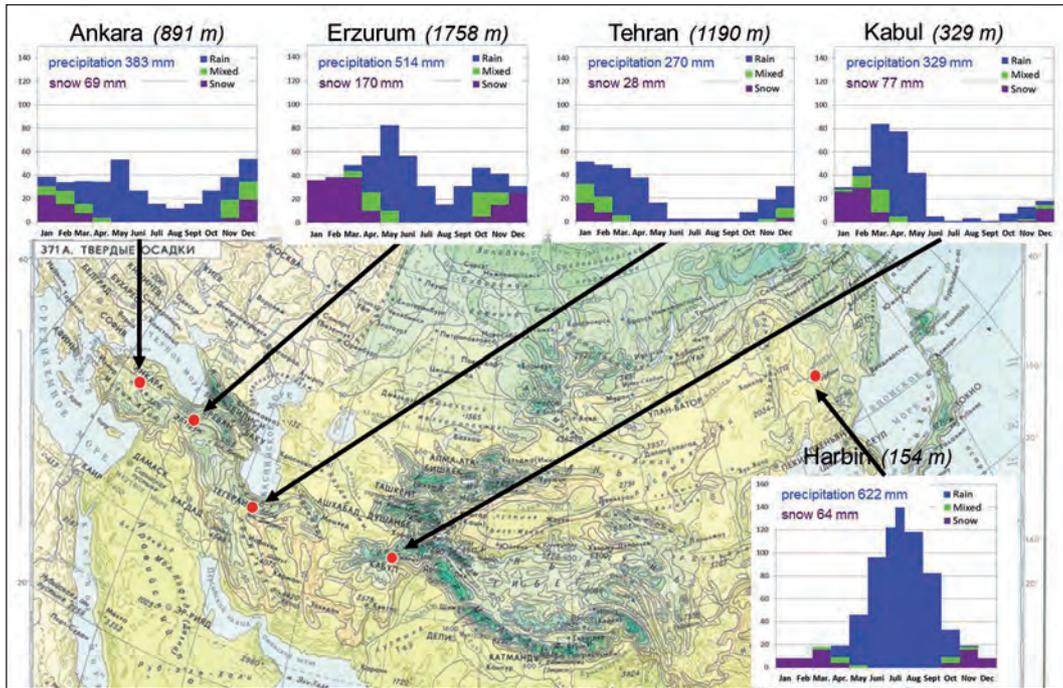


Abb. 5a: Schnee-Klimatologie von Mittlerem Osten und Asien mit den Stationen Ankara und Erzurum (Türkei), Teheran (Iran), Kabul (Afghanistan) und Harbin (China). Jedes Diagramm zeigt die monatlichen Niederschlagshöhen, differenziert nach Regen (lila), Schnee (blau) und Schneeregen (grün) (modifiziert nach KOTLYAKOV 1997).

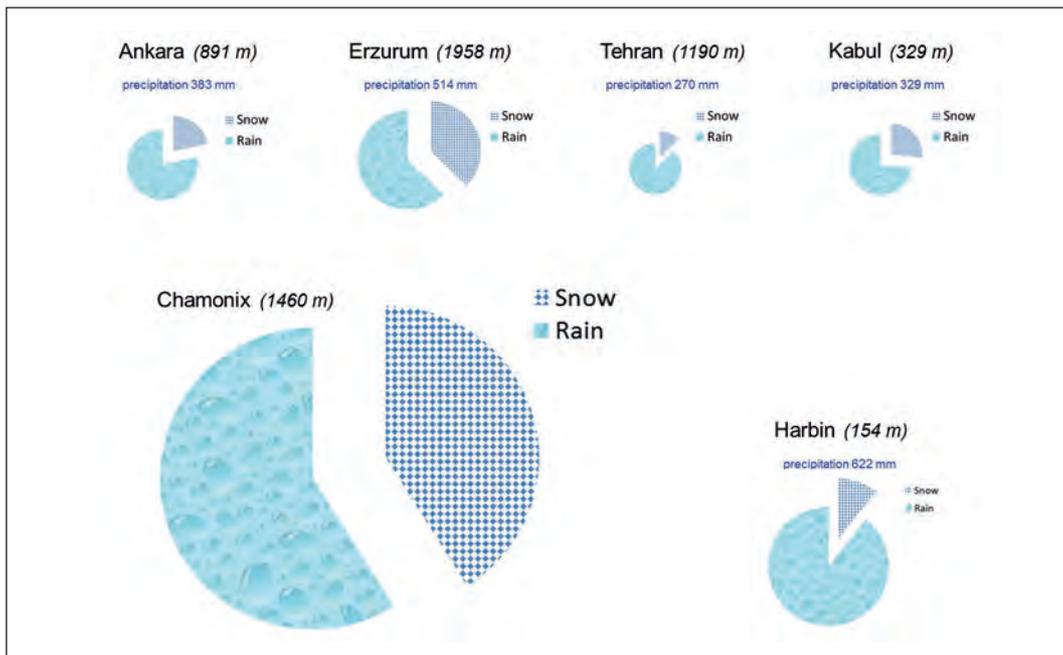


Abb. 5b: Kreisdiagramme für das Schnee/Regen-Verhältnis der Stationen in Abb. 5a und Chamonix (Frankreich). Der Durchmesser der Kreise korrespondiert mit der mittleren Niederschlagshöhe der Station.

## 2. Einflüsse des Tourismus auf Biodiversität und Umwelt

Der Tourismus in den Alpen wird heutzutage gedanklich meist verknüpft mit dem Wintertourismus und den Skistationen (DE JONG 2009 b). Wintertourismus und Skistationen haben jedoch durch den hohen Grad ihrer technischen und infrastrukturellen Entwicklungen gravierende Einflüsse auf Biodiversität und Umwelt. Als Beispiele seien die folgenden typischen Einrichtungen genannt, die sich zunehmend in hohen Höhenlagen und in verletzlichem Milieu befinden:

- Unterkünfte, Restaurants und Unterhaltung
- Straßen und Parkplätze
- Schwimmbäder
- Pisten und Skilifte
- Pistenunterhaltung
- Kunstschneefabrikation (Wasserspeicherbecken, Pumpen, Rohrleitungen und Sprühanlagen).

In den Alpen reichte die lokale Wasserversorgung vor dem Beginn des Tourismus für die Almwirtschaft im Sommer. Im Winter gab es keine Wasserverbraucher. Die heutige hohe Dichte von Touristen (zwischen 30 – 50 000 Touristen für große Skigebiete) konzentriert sich auf kurze Zeiträume (Weihnachten und Winterschulferien) im Winter und führt dann immer wieder zu Problemen von Wasserübernutzung und Engpässen in der Abwasserreinigung. Obwohl die entsprechenden Probleme schon seit langem bekannt sind und sie beispielsweise 1998 nachdrücklich durch WEISS et al. dargestellt wurden, gibt es seither kaum wissenschaftliche Literatur über Tourismus-Folge-Forschungen. Durch die Arbeitsgruppe WEISS wurden in österreichischen Wintersportorten Befragungen zu Vorstellungen von Umweltproblemen im Zusammenhang mit Fauna, Flora und Schneekanonen durchgeführt. Es zeigte sich, dass die belgischen und österreichischen Touristen gegenüber den Einheimischen, die von der Skiindustrie abhängig sind, sich viel mehr Gedanken über Umweltfolgen machten. Die Einheimischen übernehmen gerne Argumente der sogenannten Arbeitgeber. Trotz der exponentiellen Zunahme der technischen und infrastrukturellen Anpassungen an den Klimawandel und seine zunehmenden, unumkehrbaren Einflüsse auf die Umwelt (DE JONG 2010) gibt es in den Alpen fast keine Versuche zur Sensibilisierung, um die Erwartungen oder das Konsumverhalten der Kunden und der Einheimischen zu beeinflussen. Viele Betroffene fangen gerade erst an, sich über Umweltkultur Gedanken zu machen und an Prozeduren zu beteiligen (ARCUSET 2009).

Touristen, Reiseveranstalter und die Planer von Wintersportereignissen erwarten alle einen sehr hohen Grad an Schneesicherheit für die gesamte Feriensaison bzw. für die Sportereignisse. Jedoch hat – wie im vorigen Abschnitt angeführt – die Klimaerwärmung dazu geführt, dass sowohl die Wintersaison, wie die Schneemächtigkeit und die Dauer der Schneedecke abnehmen und die Zahl der Tage mit geringer Schneedecke bzw. ohne Schnee zunimmt. Die Skistationen versuchen den Mangel an Schnee durch die Produktion von Kunstschnee über immer mehr Pisten und über immer längere Zeitdauer auszugleichen (DE JONG 2011). Bei der Kunstschneeproduktion wird Wasser über Kompressoren zu den Schneekanonen oder den Schneelanzern gefördert, unter hohem Druck gekühlt und versprüht, wo es dann im Kontakt mit der Luft kondensiert und gefriert. Anschließend wird es durch Pistenraupen auf den Skipisten verteilt. In Zermatt/Schweiz und im Pitztal/Österreich wurden für den Skibetrieb im Sommer in Gletschnähe sogenannte IDE-Schneefabriken errichtet, die noch bei +20 °C Kunstschnee unter Beimischung von großen Salzmengen produzieren können und damit für die Schneesi-

cherheit auf den Gletschern im Sommer und spätem Winter sorgen. Von der Skiindustrie wird der Kunstschnee zwar als Anpassung an den Klimawandel schön geredet, doch viele Fachleute und Expertengruppen (EEA, CIPRA, OECD, Alpenkonvention) bezeichnen dies als Fehlanpassung. Dies wird mit ökonomischen, umweltbedingten (besonders hydrologischen), klimatologischen (vornehmlich Temperaturbedingungen), strukturellen (Puder- gegen Betonschnee) und qualitativen (Gesundheit und Unfälle) Einschränkungen begründet.

Die Ambivalenz gegenüber dem Kunstschnee drückt sich besonders deutlich in seiner unterschiedlichen Nomenklatur in den Alpen und weltweit aus. Um das Produkt gegenüber den Umweltproblemen schön zu reden und seinen Marktwert zu steigern, wurde es mehrmals umbenannt. So wandelte sich der Namen in Österreich und in der Schweiz von 'Kunstschnee' zu 'technischem Schnee' und 'mechanischer Schnee' und man spricht auch von 'synthetischer Schneeproduktion' oder 'mechanischer Schneeproduktion' an Stelle von 'Kunstschneeproduktion'. In Frankreich ging man sogar so weit von 'Kulturschnee' (neige de culture) oder noch besser von 'Schneekultur' (culture de neige) zu sprechen.

Ebenfalls werden die künstlichen Speicherbecken fälschlicherweise als "Speicherseen" gekennzeichnet. Der Zweck der naturnahen Namensgebung ist die Konfusion mit natürlichen Bergseen, die jedoch in dieser Größe und Tiefe, sowie wegen ihrer Durchlässigkeit, natürlich nicht in diesen Lagen vorkommen würden. Um die extremen Dimensionen der Speicher klein zu reden und sie mit Parkanlagen positiv in Verbindung zu bringen, bezeichnet man sie in der Zwischenzeit sogar offiziell als "Speicherteiche". Typisch für die "Speicherteiche" ist auch, dass sie von bis zu 10 m hohen Zäunen umgeben sind, und dass nach der Planungsphase der Zutritt weder für Badende noch für Angler gestattet ist, während der Planungsphase wird aber stets von "Multizweckanlagen" gesprochen.

Zwischen 2005 und 2011 hat sich in den Alpen die Fläche der mit Kunstschnee bedeckten Pisten schlicht verdoppelt (vgl. Tabelle 1). Dabei ist die Produktion von Kunstschnee ausgesprochen wasserintensiv. Die exponentielle Zunahme der beschneiten Pisten geht einher mit einer ebenfalls exponentiellen Zunahme an Wasserentnahme. Das verfügbare Wasservolumen in den Alpen erreicht jedoch im Winter sein Minimum. Somit hat sich durch den gesteigerten Ausbau der Kunstschneeproduktion der Druck auf die lokalen Wasserressourcen stark erhöht (de Jong 2012). In Österreich und Frankreich übertreffen in den Alpen die mit Kunstschnee belegten Pistenflächen die bewässerten landwirtschaftlichen Anbauflächen! Dabei ist aber zu beachten, dass die für den Kunstschnee benötigten Wasservolumina pro Hektar (4000 m<sup>3</sup>) mehr als doppelt so groß sind, wie das Wasservolumen zur Bewässerung pro Hektar Mais (1700 m<sup>3</sup>) (Abb. 6).

**Tabelle 1:** Vergleich der Zunahme der mit Kunstschnee bedeckten Flächen (nach ABEGG 2011) und das für die Kunstschnee Produktion benötigte Wasservolumen (Schätzung DE JONG).

| <b>Jahr</b>   | <b>2005</b> | <b>2011</b> |
|---|-------------|-------------|
| <b>mit Kunstschnee bedeckte Flächen</b><br>(ha)               | 25 000      | 50 000      |
| <b>Wasserverbrauch für KS-Produktion</b><br>(m <sup>3</sup> ) | 95 million  | 190 million |



Abb. 6a: Kunstschneproduktion entlang einer Piste in Les Menuires in Savoyen/Frankreich im Oktober 2007. Beachtlich ist die Intensität der Wassernutzung über große Höhenunterschiede. (Foto: Kees Wolthoorn 2007).



Abb. 6b: Wasserspeicherbecken' Adret les Tuffes (2300 m ü. NN) für die Kunstschneproduktion bei Les Arcs 2000 über Bourg St. Maurice in Savoyen/Frankreich im Monat Mai 2011 während einer langanhaltenden Dürreperiode. Bemerkenswert ist, dass der Speicher mit einem Füllvolumen von 400 000 m<sup>3</sup> auch nach der Schneeschmelze nur zu einem Viertel gefüllt ist (Foto: Carmen de Jong).

In großen Höhen und während des Winters ist generell nicht viel Wasser verfügbar. Deshalb werden die wachsenden Ableitungen von Grund- oder Oberflächenwasser aus lokalen Einzugsgebieten zur Kunstschnee-Produktion immer schwieriger (DE JONG 2009a). Infolge der unzureichenden Winterabflüsse der Bäche kommt es häufig zu Engpässen bei der lokalen Wasserversorgung. Die Entscheidung für den Kunstschnee hat nach kurzer Zeit zu einer weiteren Anpassungsstrategie geführt: der Bau von Wasserspeicherbecken für die Kunstschneeproduktion (Abb. 7). Diese Speicher befinden sich in den Alpen meist in Höhen zwischen 1000 und 2500 m. Seit kurzem gibt es aber auch Speicher in der Nähe der Gletscher in etwa 3000 m Höhe. Das Fassungsvermögen der Speicher reicht von 10 000 bis über 400 000 m<sup>3</sup>. Einige der großen Skigebiete bauten auf ihrem Einzugsgebiet in der vergangenen Dekade bis zu fünf Speicherbecken. Während die großen Speicherbecken ein- bis zweimal pro Jahr gefüllt werden, erfordern die kleineren Becken meist fünf bis sechs Füllungen pro Jahr. Nach Plan sollen die Speicher in den niederschlags- und abflussreichsten Monaten im Sommer gefüllt werden, um mit diesem Wasser zu Beginn der Wintersaison – vor dem Einsetzen der Schneeniederschläge – eine Kunstschnee Grundschrift zu erzeugen. Die exponentielle Zunahme der Speicherbecken führt nicht nur zu einem exponentiell wachsenden finanziellen Aufwand, sondern verursacht auch zahlreiche Umweltprobleme und Eingriffe in den Wasserkreislauf und daraus resultieren lokale Wasserknappheit oder Hochwässer.

**Abb. 7:** Bau eines neuen Wasserspeicherbeckens (2007) in Ariondaz (Volumen 125 000 m<sup>3</sup> in 2500 m ü. NN) für die Kunstschneeproduktion auf den Pisten von Courchevel/Frankreich in 2007.



a) bis zu 20 m tiefer Aushub von Boden und Gestein,



b) Parkplatz mit Transportlastwagen, Bagger und Planiertraupen auf dem hochgelegenen Bauplatz,



c) Gesamte Dimension des Aushubs des Speicherbeckens.



d) Zum Abdichten des Beckens wird undurchlässige Plastikfolie verlegt (alle Fotos von Damelet, 2007).

Erstens gilt generell, dass es in großen Höhenlagen in den Alpen nur wenige günstige Plätze – mit bis zu 14 ha Fläche und im Untergrund leicht abbaufähiges Material von etwa 20 m Mächtigkeit – für die Anlage von Speicherbecken gibt (EVETTE et al. 2011). Meist werden daher zum Bau natürliche topographische Hohlformen genutzt. Diese sind aber stets Stellen der lokalen Wasserkonzentration und daher zwangsläufig Orte von ökologisch höchst wertvollen Feuchtgebieten oder kleinen Seen. Durch den Bau der Wasserspeicher werden die Feuchtgebiete oder die kleinen Seen und damit "hotspots" der Biodiversität zerstört, Zusammenhänge zwischen Oberflächen- und Grundwasserabfluss unterbrochen, Filterfunktionen beseitigt, Hochwasserpufferzonen zerstört und wichtige natürliche Speicher von Kohlendioxid vernichtet und durch Schwertransporter versetzt! Auf der Fläche der neuen Speicher summiert sich der CO<sub>2</sub>-Abbau durch die Beseitigung alter Böden, von Seesedimenten oder Moormaterialien sicherlich auf mehr als 4200 t CO<sub>2</sub>. Das Adret les Tuffes-Speicherbecken bei Les Arcs 2000 (Abb. 6b) ist ein bemerkenswertes Beispiel für die Zerstörung eines ehemaligen Feuchtgebietes mit gravierenden Folgen für die Biodiversität. Nach GAUCHERAND (2009) war dies nicht nur ein Standort für die gefährdete Froschart *Rana temporaria* (Grasfrosch), sondern auch ein Standort für die seltene alpine Primel *Primula pedemontana* (Piemonteser Primel).

Wasserspeicher für die Schneeproduktion haben zahlreiche Einflüsse auf die lokale Oberflächenhydrologie und die Grundwasserverhältnisse. Wenn kleine Bäche vollständig in die Speicherbecken umgeleitet werden, trocknen sie weiter unterhalb aus. In einigen Skigebieten sind die Böden unterhalb der Speicherbecken derart ausgetrocknet, dass die dort agrarisch genutzte Böden an Fruchtbarkeit verlieren und Feuchtgebiete austrocknen. Dies kann in vielen Skigebieten beobachtet werden. Als Beispiel seien die Verhältnisse bei Val Thorens in Savoyen/Frankreich (Abb. 8) angeführt, wo GAUCHERAND & ISSELIN-NONDEDEU (2011) nachweisen, dass bis zu 70 % der Feuchtgebiete für den Ausbau der Skistation geopfert wurden. Einige dieser Feuchtgebiete wurden schon vollständig zerstört. Generell ist für die Wasserspeicher zur Schneeproduktion der Einbau von undurchlässigen Plastikfolien – von der Skiindustrie fälschlicherweise als sogenannten "Membranen" definiert! – verhängnisvoll. Einerseits kommt es zu einer vollständigen Trennung von Oberflächen- und Grundwasser und zu Grundwassersenkung und andererseits weiß niemand, wie lange diese Folien unter Stress ihre Funktion behalten.

Viele dieser Entwicklungen stehen im Widerspruch zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Es interessiert die Planer und Bauherren nicht, dass danach bis 2015 die europäischen Wasserkörper in gutem ökologischem und geomorphologischem Zustand sein sollen!

Zweitens ist das klassische Argument der Skiindustrie, dass in den Einzugsgebieten der Skistationen genügend Wasser durch Regen und Schnee zusammenkommt, um die Speicher zu füllen, und das meiste Wasser für die Speicher den lokalen Bächen während der niederschlagsreichen Sommermonate entzogen wird. Aus hydrologischer Sicht sind beide Argumente sehr fragwürdig. Die Speicher befinden

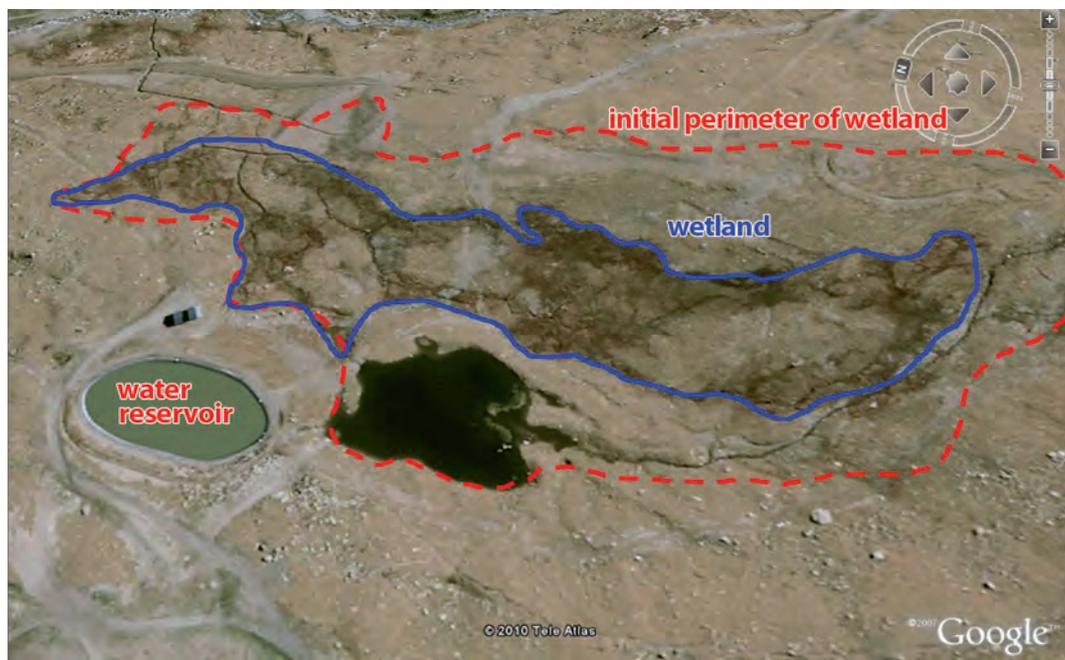


Abb. 8: Einflüsse der Konstruktion eines Speicherbeckens für die Kunstschneeproduktion auf das benachbarte Feuchtgebiet in 2380 m Höhe bei Val Thorens in Savoyen/Frankreich. Seit dem Bau des Speicherbeckens im Vordergrund links hat das Feuchtgebiet bis 2011 bereits etwa 45 % seiner vormaligen Fläche verloren. (Google Earth Image 2006, ergänzt).

den sich meist in großer Höhe und in Einzugsgebieten mit einer Fläche von oft weniger als 5 km<sup>2</sup>. Die Schneeschmelze am Ende des Winters reicht nur unter sehr günstigen Bedingungen für eine Füllung des Speichers. Auch die Sommerniederschläge liefern oft nur 5 % des Gesamtbedarfs für die Schneeproduktion. In Wirklichkeit muss aus benachbarten Einzugsgebieten Wasser zugeführt oder aus dem tieferliegenden Vorfluter teuer und energieaufwendig heraufgepumpt werden. Damit wird das Problem nur in ein anderes Einzugsgebiet oder in den unteren Teil eines Einzugsgebietes verlagert. Das Wasser für die Speicherbecken wird hauptsächlich dem örtlichen Trinkwasser, den Speichern der Wasserkraftanlagen, den Bächen oder dem Grundwasser entnommen. Die Transportwege für das Wasser werden immer länger, heutzutage werden dabei schon Strecken von mehr als 15 km überwunden mit lokalen Höhenunterschieden von 500 bis 1500 m. Das Hauptproblem des Füllens und Nachfüllens der Speicherbecken für die Kunstschneeproduktion ist, dass es zeitlich mit der Winter- und Frühlingsaison, zu Zeiten der niedrigsten Wasserabflüsse, zusammenfällt und im allgemeinen nur etwa 10 % im Voraus während der Sommermonate gewonnen werden können. Damit ist nur die erste Kunstschneelage im Spätherbst gesichert. Die Wasserspeicher müssen dann zur Vorbereitung für die Weihnachtsferien wieder gefüllt werden. Die verfügbare und bewilligte Wassermenge ist meistens bis Anfang Januar verbraucht, aber es müssen für die Schulferien Februar/März unter allen Bedingungen im wasserarmen Winter die Wasserspeicher wieder gefüllt werden. Ironischerweise werden dabei oft größere Wasservolumen benötigt als in der Zeit ohne Speicherbecken. Für die Planungen wurden meistens derartige Wassermengen weder angedacht, noch bewilligt, ganz abgesehen vom höheren Beschneigungsbedarf in Folge des schnelleren Abbaus der Schneedecke als Auswirkung des Klimawandels.

Die kritischsten Monaten Januar und Februar werden durch den Bau der Speicherbecken nicht von der Wasserentnahme verschont (Direction Departementale des Territoires de la Savoie 2011). Obwohl in den Wintermonaten weniger Wasser direkt aus den Bächen entnommen wird, hat die Suche nach dem Wasser zum Füllen der Speicherbecken dazu geführt, dass dreimal mehr Wasser aus den Trinkwassernetzwerken entnommen wird. Der zunehmende Bedarf an Trinkwasser führte bereits in der Vergangenheit zu Trinkwasserkonflikten und es ist wahrscheinlich, dass diese Konflikte in Zukunft gravierender werden und letztlich auch wieder die Mindestabflüsse negativ beeinflussen. Die Konstruktion von neuen Speicherbecken weckt falsche Erwartungen. Weder der Umfang der winterlichen Entnahmen wird eingeschränkt, noch wird die Herkunft des Wassers verbessert im Zusammenhang mit dem Klimawandel.

Drittens müssen die vielfachen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf und auf die Wasserversorgung bei der Bewirtschaftung der Skistationen und der Schneeproduktion beachtet werden. Die Abnahme von Schneeniederschlägen, frühere Schneeschmelze, Zunahme von Dürren im Frühling und höhere Verdunstung verringerten, vor allem in der letzten Dekade, die Winter- und Frühlingsabflüsse in den südlichen und westlichen Alpen. Da dieser Zeitraum zeitgleich ist mit dem höchsten Wasserbedarf in den Skistationen, müssen dort viele Wasserprobleme von Tag zu Tag bewältigt werden. Dies ist eine schwierige Aufgabe, zumal es kein oder kaum Wassermanagement in Skigebieten auf Einzugsgebiets- oder Sub-Einzugsgebietsebene gibt. Wenn der Wasserbedarf die Wasserentnahme übertrifft, ist es nicht mehr möglich, den lokalen Mindestwasserabfluss einzuhalten, d.h. der minimale Abfluss der benötigt wird, um ein gesundes Flussökosystem zu erhalten. Nach POFF et al. (2010) haben hydrologische Veränderungen die Flussökosysteme weltweit beeinträchtigt. Die Geschwindigkeit und Intensität des Wandels durch menschliche Einflüsse übertrifft bei weitem die Möglichkeiten der Wissenschaftler, sie von Fluss zu Fluss zu verfolgen.

Während der Frühlingsdürre 2011 war nicht genügend Wasser auf Einzugsgebietsebene vorhanden, um die Wasserspeicher in den Schweizer, französischen und italienischen Alpen nachzufüllen. Viele Flüsse haben in den letzten 50 Jahren ihre niedrigsten Wasserstände erreicht und viele Quellen trockneten aus (DE JONG & BIEDLER 2012). Im Februar 2011 waren in den französischen Alpen wegen der fehlenden Niederschläge und Abflüsse einige Wasserspeicher beinahe leer. Abb. 6b zeigt den fast leeren Speicher Adret des Tuffes bei Les Arcs 2000 im Mai 2011 nach der anhaltenden Dürre. Es war in zahlreichen Skistationen wegen des Wassermangels oder der warmen Temperaturen bei über  $-3^{\circ}\text{C}$  nicht mehr möglich, Schnee zu produzieren. Als Folge bekamen die Verantwortlichen der Skiindustrie in Frankreich von den Präfekten der Departements spezielle Erlaubnisse, um über den höchst zulässigen Mengen Wasser zu entnehmen und die Mindestabflüsse weit zu unterschreiten.

Einige große alpine Skistationen wurden während des letzten Jahrzehnts mit der Übernutzung der lokalen Wasserreserven infolge des extremen Verbrauchs durch Kunstschnee, Hotels, Schwimmbädern und Wellnessbereichen konfrontiert (DE JONG 2009). In manchen Skigebieten liegt hier das prozentuale Verhältnis zwischen dem Wasserbedarf und der Wasserverfügbarkeit zwischen 110 und 150 %. Es wird zunehmend Wasser von anderen Einzugsgebieten zugeleitet und der Wettbewerb zwischen Wasserkraft und der Skiindustrie nimmt zu (als Beispiel sei Crans-Montana im Wallis/Schweiz angeführt). In anderen Einzugsgebieten, z.B. in Morel in der Tarentaise in Savoyen/Frankreich, wurde die Skistation im Zusammenhang mit der Eröffnung des neuen Club Med im Dezember 2011 mit einer derartigen Wasserknappheit konfrontiert, dass sie die Wasserversorgung ausbauen mussten. Dies erforderte für die Erweiterung der Trinkwasserversorgung und den Erhalt der Kunstschneeproduktion die Zuleitung von Wasser aus zwei unterschiedlichen benachbarten Einzugsgebieten. Sie haben unterschiedliche Wasserqualitäten und werden entsprechend einerseits zur Kunstschneeproduktion und andererseits als Trinkwasser genutzt. Auch in Verbier im Wallis/Schweiz überforderte der Wasserbedarf der Beschneiungseinrichtungen das örtlich verfügbare Wasservolumen. 2012 werden auf der gegenüberliegenden Talseite zwei neue Wasserspeicher gebaut. Durch Rohrleitungen wird zukünftig Wasser über etwa vier Kilometer mit 1200 m Höhenunterschied gefördert.

Viertens kann die Wasserqualität des in den Speichern stagnierenden Wassers stark abnehmen, wenn es über längere Zeiträume gespeichert wird. Vor allem beim Einspeichern von Wasser nach längeren Transportwegen aus verschiedenen Einzugsgebieten mit unterschiedlichen bakteriellen und mineralogischen Zusammensetzungen, kann es zur Kontamination des Wasserspeichers und sogar des gesamten Beschneiungsgebietes kommen. Selbst in den Rohrleitungen des KunstschneeNetzwerkes können sich Biofilme entwickeln, wenn Wasser über längere Zeit stagniert. Die dabei auftretenden Mikroorganismen können selbst bei niederen Temperaturen lange überleben und zum Gesundheitsrisiko für die Skifahrer und die Beschäftigten werden (LAGRIFFOUL et al. 2010).

Eine besonders tückische Verschmutzungsquelle sind die teils behandelten Abwässer der Skiorter im Winter, die über das Gewässernetz in die Talflüsse übergehen. Wenn Flusswasser aus den tiefer gelegenen Tälern hang aufwärts zurück in die Wasserspeicher gepumpt wird, können diese durch die Abwasseranteile und andere Unreinheiten kontaminiert werden. Das gespeicherte Wasser hat dann keine Trinkwasserqualität mehr, wie es sonst in diesen Höhenlagen üblich ist. LAGRIFFOUL et al. (2012) betonen die Präsenz von humanpathogenen Gruppe 2 – Noroviren, total coliforme Keime (Bakterien der Enterobactergruppe), E. coli, Enterokokken und anaerobischen Bakteriensporen in den Wasserspeichern. Sie weisen auf die Gefahren hin und fordern regelmäßige Wasser- und Gesundheitsunter-

suchungen. Das Wasser zur Schneeerzeugung wird ungefiltert genutzt, deshalb können Verunreinigungen eingeführt und auf den Pisten über große Höhenunterschiede (mehrere 100 bis 1000 Höhenmeter) weitflächig verbreitet werden. Im Frühling bei der Schmelze des Kunstschnees können die potentiell pathogenen Mikro-Organismen die zahlreichen Trinkwasser führenden Einzugsgebiete gefährden. In einer Gemeinde in der Nähe von Bourg St. Maurice in der Tarentaise in Savoyen/Frankreich führte ein derartiger Kurzschluss von kontaminiertem Wasser aus einem Kunstschneespeicher und der Trinkwasserversorgung zu Magen-Darm-Erkrankungen bei der lokalen Bevölkerung. Obwohl seit diesen Erkrankungen bereits mehr als 8 Jahre vergangen sind, trinkt man hier auch heute noch kein Leitungswasser, sondern nur Flaschenwasser (pers. Mitt. von Vaysierre).

Auch in den Bayerischen Alpen wird die Wasserqualität in vielen Speicherbecken im Sommer durch die erhöhten Temperaturen und das stagnierende Wasser stark beeinträchtigt. Es kommt wegen Eutrophierung zu intensiver Algenbildung und zur massenhaften Laichbildung von Amphibien. Wie am Beispiel des Bödele-Speicherbeckens/Garmisch-Partenkirchen ersichtlich, kommt es beim Ablassen des Wassers im Sommer (Reparaturarbeiten) zu einem regelrechten Amphibienlaich-Massaker (Abb. 9). Das Speicherbecken Bödele westlich der Kandahar-Abfahrt bei Garmisch-Partenkirchen auf 1250 m liegt im Wald und benötigt im Winter gleich drei Kühltürme, um das Wasser aus dem Speicherbecken ausreichend abzukühlen, bevor es in das Kunstschneesystem eingespeist und zu Kunstschnee umgewandelt werden kann.



**Abb. 9** Starke Algenbildung (links) und Amphibienlaich-Massaker (rechts) im Bödele-Speicherbecken der Kandahar-Abfahrt bei Garmisch-Partenkirchen. Das Speicherbecken liegt auf einer Höhe von 1250 m, ist 12 m tief und hat eine Kapazität von 45 000 m<sup>3</sup>. Es wurde 1999 gebaut und 2010 durch drei Kühltürme ergänzt. (Fotos: Axel Doering/Gesellschaft für ökologische Forschung).

Das Einmischen von Additiven (z.B. Snomax, sterilisierte *Pseudomonas syringae*-Bakterien) in das Wasser zur Kunstschneeproduktion erlaubt die Schneeerzeugung bei Lufttemperaturen von mehr als -3° C. Dieser Einsatz ist umstritten, er kann nach LAGRIFFOUL et al. (2010) zu Gesundheitsproblemen führen. Zwar werden die Snomax-Bakterien vor dem Ausbringen sterilisiert, doch sie sind ein guter Nährboden für andere pathogene Bakterien. Darüber hinaus werden durch die starken kryogenen Eigenschaften von Snomax empfindliche Pflanzen durch Frost stark beschädigt (HARRISON 1988). Von der Schweiz bis nach Slowenien (mit Ausnahme von Deutschland) erlauben alle alpinen Länder den Einsatz von Snomax. Bemerkenswert ist die Haltung von Frankreich: die Produktion von Snomax ist verboten, doch die Einfuhr von Snomax ist erlaubt! Nach den Regeln der FIS werden bei allen großen Skisportveranstaltungen Additive bei der Schneeproduktion eingesetzt und weitere Substanzen in den Schnee gespitzt, um diese Unterlage hart und dauerhaft zu machen.

### **3. Zum Management von Tourismus und Biodiversität – gute und schlechte Beispiele**

#### **3.1 Beispiele für schlechte Praxis**

Eines der größten Probleme im Zusammenhang mit dem Management von Biodiversität in Skiorten ist die Degradation der Skipisten und Straßen durch Erosion und Massenbewegungen und ihr Einfluss auf Hydrologie und Erosion. Die Degradierung dieser Flächen wird besonders schlimm, wenn die Pisten durch Pistenraupen häufig bearbeitet werden (Abb. 10 Bau des Snowparks) und/oder seit mehr als etwa 10 Jahren durch Kunstschnee belegt sind (Abb. 11 Foto Erosionsspuren, Pistenraupen). Ein weiterer schwerer Eingriff ist das Nivellieren der Pisten, um bei geringerer Rauheit weniger Kunstschnee ausbringen zu müssen und die Produktionskosten zu minimieren. Andererseits werden die Pisten verbreitert, um mehr Skifahrer anzulocken und mehr Skipässe zu höheren Preisen zu verkaufen. Durch diese Maßnahmen wird der natürliche Boden zerstört und das Relief der Piste straßenähnlich umgebaut. Beides führt zu verstärkter Erosion und zu einer deutlichen Erhöhung von Sediment- und Schadstoffeintrag in die betroffenen Bäche und Flüsse (RISTIC et al. 2012). Langfristig werden durch dieses Vorgehen die Funktionalität der Ökosysteme und die ökonomischen Aktivitäten der lokal Betroffenen, vor allem auch die agrarische Nutzung, beeinträchtigt. Eine Degradation der visuellen und ästhetischen Eigenschaften der Landschaft ist eine weitere schwerwiegende Folge, die das Potential für den Sommertourismus begrenzen kann.

In der Tarantaise in Savoyen/Frankreich haben der Bau und die Entwicklung von Skiorten in vielen kleinen Einzugsgebieten verstärkt zu Hochwässern und Muren unterhalb der Skiorte geführt. Die hydrologischen Eigenschaften wurden verändert durch die Entwaldung und die Entfernung von Vegetation auf den Pisten und die Pistenplanung. Die Verstärkung der Skiorte durch Gebäude, Straßen oder Parkplätze führt zur erhöhten Versiegelung der Oberflächen. Die Kombination dieser Effekte führt zu einer deutlichen Erhöhung der Oberflächenabflüsse und folglich auch zur Erhöhung der mittleren Hochwässer in den steilen Gerinnen unterhalb der Skiorte (TARANTAISE AVENIR 2009). Kunstschneesmelze im späten Frühling und im frühen Sommer kann in kleinen Bächen die Hochwasserspitzen durchaus um bis zu 30 % erhöhen, wenn sie durch Regenereignisse überlagert werden (DE JONG & BARTH 2009). Die Ursache dafür ist der Zufuhr von mehreren Millionen Kubikmetern Wasser zur Schneeproduktion aus benachbarten Einzugsgebieten. Selbst kleine Wildbäche ohne große Erosion oder Akkumulation in der Zeit vor dem massiven Ausbau von Skiorten in den 1960er Jahren, wie zum Beispiel unterhalb von Les Arcs bei St. Maurice, haben in den vergangenen Jahren infolge der Erhöhung des maximalen Abflusses plötzlich große Muren entwickelt. Die Gerinne der Wildbäche unterhalb der Skigebiete werden wegen des erhöhten Durchflusses und der Erosion destabilisiert.

Durch die spät schmelzende Kunstschneedecke und das anhaltende Präparieren und Einebnen der Pisten mit tonnenschweren Raupenfahrzeugen wird der Untergrund der Pisten hochgradig verdichtet und verursacht Oberflächenabfluss und Erosion (zum Beispiel in Val Thorens, Frankreich, Abb. 12). Der langanhaltende Schnee auf den Skipisten verkürzt die Vegetationsperiode und das Nivellieren der Pisten verursacht direkt Erosion und zerstört dabei die Böden und die Vegetationsdecke. Bemerkenswert sind die immer neuen Versuche, mit Hilfe von Grasmischungen die erodierten Hänge zu begrünen. Allerdings hat dies nur wenig Erfolg, da sich nur die flachen Teilgebiete stabilisieren lassen. Der Grassamen sammelt sich immer wieder auf den weniger geneigten Flächen, auf den dazwischen auftretenden steileren Pisten wird das Saatgut abgeschwemmt. Da keine einheimische Vegetation für das

Begrünen verwendet wird, ergibt sich langfristig ein Problem mit invasiven Arten. Erosion kann auch durch nicht asphaltierte Feldstraßen und unter Seilbahnen verursacht werden, besonders in der Nähe von Liftfeilern und Liftstationen (Abb. 12b). Die Bodenerosion ist im Gebirge unumkehrbar, da es tausende von Jahren braucht, um die Böden zu entwickeln. In nur wenigen Jahren werden sie für die Wintersportentwicklung geopfert. Die Abflüsse werden sich entlang der neuen vegetationsarmen Bahnen auf den Hängen konzentrieren. Sie begünstigen durch veränderte Hangneigung und Oberflächenrauheit die Entwicklung von neuen Wildbächen und/oder verwildern existierende Bäche. In vielen Gebieten oberhalb von 1200 m wurde die Vegetation komplett durch steinige Landschaften ersetzt und weiterhin der Erosion ausgesetzt (Abb. 13a). Überall zeigt sich, dass auf den Pisten von der ehemaligen Biodiversität kaum etwas übrig bleibt und die erosionsresistenteren Gebirgssträucher durch erosionsanfällige Gräser ersetzt wurden (Abb. 13b). Derartige Tendenzen und Entwicklungen sind heutzutage in den Alpen vielfältig verbreitet.



**Abb. 10:** Umbau alpiner Steilhänge zu Snow Parks im Sommer (hier am Beispiel Val Thorens). Sie wurden entwickelt nach dem Vorbild von städtischen Skateboard-Anlagen. Es wird eine Sequenz von Querwellen mit lokalem Material aufgeschüttet (Bild hinten Mitte). Im Winter müssen diese Strukturen mit großen Schneemengen hochgebaut werden und dazu wird bevorzugt Kunstschnee benutzt. Das Verlegen der Druckluft- und Wasserleitungen für den Kunstschnee ist als dunkles Band im Mittelgrund zu sehen. Diese Kunstlandschaften sind sehr erosionsgefährdet und müssen deshalb mit viel Aufwand von Jahr zu Jahr unterhalten werden. Um die starke Bodenerosion zu mindern, wird ein komplexes System mit tiefen Drainagegräben angelegt. (Foto: Kees Wolthoorn).



Abb. 11: Tiefe parallele Hangfurchen auf einer Skipiste bei Val Thorens, verursacht durch etwa 9 Tonnen schwere Pistenfahrzeuge (das halbe Gewicht eines leichten Panzers). Während der Skisaison wird der Natur- und Kunstschnee nächtlich auf der gesamten Pistenfläche bearbeitet. Die größten Einwirkungen verursachen die Pistenfahrzeuge beim Hangaufwärtsfahren auf steilen Pisten. Besonders erosionsgefährdet ist die Außenkurve der Skipiste, da die Pistenfahrzeuge bevorzugt die Spuren mit dem Minimalgefälle suchen. Bei geringer Schneedecke ist die Belastung besonders groß. Die extreme Kompaktierung des Bodens unter den Raupen führt zu linearem parallelem Abtrag durch fließendes Wasser. Die klassische diagonale Drainage der Pisten ist hier wirkungslos. (Foto: de Jong, Oktober 2011).

Auch in Garmisch-Partenkirchen wurden als Vorbereitung für die mittlerweile fehlgeschlagene Bewerbung um die olympischen Winterspiele 2018 alte Pisten erweitert, neue Pisten angelegt, Kunstschneeeinrichtungen erstellt und obwohl die Nordalpen zu den niederschlagsreichsten Teilen der Alpen gehören, Speicherbecken (einer mit bereits 100 000 m<sup>3</sup>) gebaut. Für die Speicherbecken wurden Bäche abgeleitet und Grundwasser zugeführt, was zu Engpässen führen wird. Mit sämtlichen Methoden wurde gegen die alpinspezifische Natur gearbeitet: Bäume, Vegetation, Böden, Topographie, Hütten und Almwiesen werden weitgehend als Hindernisse gesehen, verändert oder entfernt. Beim Speicherbau wurde tief in den Untergrund bis in die Felsen eingegriffen und hunderttausende Kubikmeter Böden versetzt. Auf den Pisten wurden die Oberböden maschinell abgetragen, nivelliert und verdichtet, und sind nun der Erosion und dem Kunstschnee ausgesetzt. Jeder Eingriff verursacht auch hier CO<sub>2</sub>-Emissionen und Verluste an CO<sub>2</sub>-Speicherfunktionen. Wie in Abb. 14 zu sehen ist, wurde beispielsweise zwischen August und November, auch ein Heustadl abgerissen, die Mähwiesen und Wald samt Boden beseitigt und in eine leicht erodierbare, schräge Fläche umgebaut. Die Ökoproduktivität des Gebietes ging weithin verloren. Aus einer Mähwiese mit hoher Biodiversität und Habitatvielfalt wird eine monotone Grünfläche mit ortsfremden Gräsern. Die neue Fläche ist viel anfälliger für die Erosion als die alte Wiese.



Abb. 12a: Intensive Erosion von Pisten und Bächen auf den Skipisten, verursacht durch langanhaltenden Kunstschnee in Val Thorens/Savoyen/Frankreich in etwa 2400 m Höhe. Bemerkenswert sind die dunkelgrünen Zonen mit Begrünungsversuchen. (Foto: de Jong Oktober 2011).



Abb. 12b: Satellitenaufnahme des Skigebiets von La Rossière bei Bour St. Maurice/Savoyen/Frankreich. Es ist eine hohe Dichte an stark erosiven Pisten, Straßen, Liftspuren und Liftstationen in Höhen zwischen 2000 und 2200 m zu sehen. Beachtenswert ist die neu angelegte Skipiste an der oberen rechten Ecke der Aufnahme (Google Earth Image 2006).



Abb. 13a: Stark erodierte Skipiste im Gipfelbereich der Ski Station Isola in den Hautes Alpes/Frankreich (2400 m Höhe). In Bildmitte befindet sich eine Person als Maßstab. (Foto: Mountain Wilderness).



Abb. 13b: Starker Kontrast zwischen der mangelnden Biodiversität auf der Skipiste und auf den umliegenden Hängen in La Plagne (2200 m Höhe)/Savoyen/Frankreich. (Foto: de Jong November 2011).



Abb. 14: Konstruktion einer neuen Skipiste für die ursprünglich angestrebte Winter-Olympiade 2018 in Garmisch-Partenkirchen/Obb.

a) 27. Juli 2007, intakter Heustadl mit Mähwiese,



b) 25. August 2007, einige Bäume und die Heuschober wurden entfernt und Beginn mit Abbau des Daches,



c) gleicher Tag, zwei Stunden später Heustadl entfernt,



d) 19. November, Pistenbau mit Entfernung von Vegetation und Oberboden. (Fotos: Axel Doering / Sammlung Gesellschaft für ökologische Forschung).

Am Brauneck/Lenggries/Obb. (Höhenlage des Skigebietes: ca. 700 – 1600 m; liegt in der Erschließungszone A des bayerischen Alpenplans) im Bereich der Garland-Abfahrt läuft infolge aufgeweichter bayerischer Genehmigungsauflagen für Beschneiungsanlagen derzeit der umstrittene Ausbau der Kunstschneeanlagen mit einem sehr grossen Speicherbecken (100 000 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen)<sup>1</sup>. Wie in Garmisch-Partenkirchen, werden auch hier vor dem Bau des Speicherbeckens die Wirtschaftsgebäude samt Wald und Moränen der Garlandalm abgerissen (Abb. 13). Die reizvolle Kulturlandschaft wird durchwühlt, durch ein über 10 m tiefes Bauwerk ersetzt und die hydrologischen Verhältnisse werden dadurch zerstört.

Bei Redaktionsschluss dieses Artikels ist noch nicht über die umstrittene Planung des massiven Sudelfeld-Ausbau/Bayrischzell/Obb. (Höhenlage des Skigebietes: 860 – 1500 m; naturschutzrechtlich geschütztes Gebiet; liegt in der Erschließungszone A des bayerischen Alpenplans) mit flächendeckenden Beschneiungsanlagen einschließlich eines noch größeren Speicherbeckens (175 000 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen) entschieden<sup>2</sup>. Die Petition von der Gesellschaft für ökologische Forschung, dem Verein zum Schutz der Bergwelt u.a. gegen diesen Ausbau wurde abgelehnt. Aus Platzgründen kann hier nicht auf die weiteren zahlreichen Skigebiete mit umfangreichen Beschneiungsanlagen in den restlichen Alpen eingegangen werden. Allen genannten Skigebieten liegen die gleichen grundsätzlichen Probleme zugrunde.

Neue Skientwicklungen beschränken sich nicht nur auf die Alpen. Selbst im Harz sind nahe der Landesgrenze zwischen Braunlage (Niedersachsen) und Wernigerode/Schierke (Sachsen-Anhalt) am Wurmberg bzw. Winterberg neue Skigebiete mit voll ausgestatteter künstlicher Beschneiung geplant (BUND 2012). Die Planungen verlaufen dabei unmittelbar am und im Grünen Band Deutschlands – einem großflächigen Naturschutzprojekt mehrerer deutscher Bundesländer zur Schaffung eines Grüngürtels auf dem Gebiet des früheren Grenzstreifens zwischen BRD und DDR. Die maximale Höhe der geplanten Skipisten am Wurmberg beträgt nur 870 m, die am Winterberg geplante Skipiste würde sogar runter bis zu einer Höhe von etwa 625 m beschneit werden. Wie in den Alpen, macht auch hier die Klimaerwärmung nicht halt. Seit 1970 stiegen die Temperaturen bereits um beinahe 1 °C, wodurch der winterliche Schneefall erkennbar abgenommen hat. Damit verringern sich von Jahr zu Jahr die Anzahl der Wintertage mit der Sicherheit zur künstlichen Beschneiung. Auch die hydrologischen Verhältnisse haben sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert – so kam es beispielsweise zu einer Ausweitung der Trockenperioden. Trotz dieser Einschränkungen hat der Stadtrat von Wernigerode im Juni 2012 beschlossen, weitere Planungen für den Ausbau eines neuen, künstlich beschneiten Skigebietes am Kleinen Winterberg auf der östlichen Seite des Wurmberges zu beauftragen. Das zweite Skiprojekt am Wurmberg auf Seiten der Stadt Braunlage ist bereits weiter fortgeschritten: im September 2012 soll hier mit der Anlage neuer Pisten begonnen werden. Für dieses Projekt werden mehr als 16 Hektar Wald auf einer Fläche gerodet, die bis vor kurzem noch unter Landschaftsschutz stand, der eigens für den weiteren Ausbau der Skiinfrastruktur verkleinert und aufgehoben wurde. Vorgesehen ist zudem die Anlage eines Speicherbeckens mit einer Wasserkapazität von beinahe 50 000m<sup>3</sup> in un-

<sup>1</sup>Süddeutsche Zeitung (28.6.2012): "Der schwer verletzte Berg – Der Ausbau der Beschneiung am Brauneck reißt zum Entsetzen der Naturschützer tiefe Wunden" von Heiner Effern.

<sup>2</sup>Der Widerstand wird vor allem vom Bund Naturschutz in Bayern, Deutscher Alpenverein, Verein zum Schutz der Bergwelt sowie anderen Organisationen geleistet; hierzu u.a.: Offener Brief vom 5.2.2012 dieser Vereine an den Miesbacher Landrat Jakob Kreidl mit der Bitte um Erhalt des naturschutzrechtlich geschützten Sudelfelds und um Ablehnung der geplanten massiven Ausweitungen mit Errichtung eines riesigen Speicherbeckens im Skigebiet Sudelfeld.



Abb. 15 a: Abwechslungsreiche alpine Moränenlandschaft mit Wald und Almwiesen bei der Garlandalm (1300 m) am Brauneck/Lenggries/Obb.; Bereich der Garland-Abfahrt vom Brauneck. (Foto: Franz Speer, 12.10.2006).

mittelbarer Nähe eines Wasserschutzgebietes (EGGERS 2012). Die Planungen der Wasserversorgung für die künstliche Beschneigung wirft im Harz ähnliche kritische Fragen auf wie in den Alpen.

Es besteht nur ein Beispiel außerhalb der Alpen am Feldberg im Schwarzwald, wo die deutschen Banken und Versicherungsfirmer sich verweigerten, Geld in einen neuen Lift (Ahornbühlift im Liftverbund Feldberg), zu investieren. Sie begründeten ihre Entscheidung mit den ökonomischen und klimatologischen Grenzen des Skifahrens und Kunstschnees und stützten dies auf wissenschaftliche Untersuchungen. Der lokale Ansatz, mit gutem Beispiel voranzugehen und nicht mehr in den Wintertourismus zu investieren, wurde mit Hilfe der österreichischen Lift- und Bankenlobby verworfen. Die Tiroler und Vorarlberger Bank, mit Unterstützung der Österreichischen Exportbank, investieren in den neuen Lift, leasen ihn an den lokalen Liftbetreiber, das sogenannte Alpincenter. Die drei benachbarten Gemeinden Feldberg, Todtnau und St. Blasien müssen in den kommenden Jahren mehr als 7 Millionen Euro abzahlen.



Abb. 15 b: Tiefgründig zerstörte Landschaft nach der Entfernung der Garland-Almhütte während des Baus des neuen Speicherbeckens für die Garland-Abfahrt des Brauneck-Skigebietes (ca. 700-1600 m; liegt in der Erschließungszone A des bayerischen Alpenplans)/Lenggries/Obb.; Vergleichsaufnahme zu Abb. 12a. (Foto: Franz Speer, 27.7.2012).

Ein geradezu groteskes Beispiel der Skientwicklung und Fehlanpassung ist auf der Sommerferien-Insel Bornholm/Dänemark zu beobachten. Hier wurde ein Lift, eine Kunstschneeanlage und eine Schneerupe mit Hilfe von EU-Investitionsmitteln auf einem 40 m hohen Hügel, dem kleinen "Bornholm Ski Hill" gebaut (EU 2012). Somit wird das Skifahren einer Handvoll lokaler Einwohner in einem Gebiet, das noch nie Skibetrieb hatte und weder klimatologisch noch topographisch dafür geeignet ist, ermöglicht. Es wurde durch EU-Strukturfonds aus der Kategorie "Nachhaltige Diversifikation von landwirtschaftlichen Aktivitäten" finanziert. Die Fehlinvestition wurde ohne Berücksichtigung der sozialen, wirtschaftlichen und klimatologischen Bedingungen fabriziert.

In leicht erodierbaren Materialien kann es bei Starkregen vor allem in der Bauphase von Pisten zu katastrophalen Erosionen kommen (Abb. 16). Ist die Vegetationsdecke gelichtet oder beseitigt, genügen bereits geringe Niederschläge, um exzessive Erosion in Gang zu setzen. Diese Vorgänge steigern sich schnell bis zur Entwicklung von tiefen Kerbtälchen oder Gullies. Im Hochgebirge vervielfältigen sich

diese Prozesse durch die Dominanz von steilen Hängen, intensiver Schneeschmelze und Sommerniederschläge, Hangwasser- sowie durch schnelle Oberflächenabflüsse. In Stara Planina in Serbien (RISTIC et al. 2012, Abb. 16a) entstanden während eines Sommers hier auf Pisten bis zu 4 m tiefe Kerbtäler mit einer Breite von 7 m. Der Sedimentaustrag erreicht hier über  $5000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{Jahr}$ . Die Abtragung auf den Pisten ist etwa 10 mal so groß im Vergleich mit ungestörten Hängen in der Nachbarschaft. Auf den olympischen Hängen von Sestriere/Italien erreicht die Gully-Erosion selbst im anstehenden Gestein (Abb. 16b) eine Tiefe bis zu zwei Metern. In anderen Skigebieten gibt es im Zusammenhang mit den Skipisten auch Vorgänge der Massenbewegung, hauptsächlich Hangrutschungen. Die Hangrutschungen werden meist verursacht durch die mechanische Nivellierung um Skipisten zu vergrößern oder einzuebnen. Wenn die Hänge ausgeräumt werden, sammelt sich vorübergehend Material an und es genügt ein intensiver kurzer Starkregen, um Massenbewegungen auszulösen. Unter diesen Bedingungen entstehen Hangrutschungen oder auch Muren. Sie bewegen sich oft mehrere hundert Meter mit ähnliche Geschwindigkeiten, wie natürliche Muren (Abb. 17a). Mehrere tausende von Kubikmetern Sedimente können so transportiert werden. Selbst bei der Konstruktion von Wasserspeichern kann es zu entsprechenden Muren kommen (Abb. 17b). Um auf dem Bergrücken des Mont Lachat/Crest-Voland/Hochsavoyen/Frankreich eine Hohlform zu kreieren, wurden für den Speicher mehrere hundert Kubikmeter des anstehenden Gesteins abgebaut. Ein sommerlicher Starkregen erodierte das Ma-



Abb. 16a: Tiefe Gully Erosion (max. 4 m!) auf einer neuen Piste in Konjarnik 2, Stara Planina (1500m ü. N.N.) in Serbien. (Foto: Ristic 2007).



**Abb. 16b:** Gully Erosion von bis über 2 m Tiefe im anstehenden Kalkstein auf dem Slalom Hang der olympischen Winterspiele 2006 in Sestriere/Italien. (Foto: de Jong August 2009).

terial und transportierte es als Mure etwa 150 m weit den Hang hinunter. Auf allen Skipisten gibt es wie in Crest-Voland genügend mechanische Hilfen, um derartige Spuren von menschlichen Fehleingriffen noch vor der nächsten Wintersaison wieder auszugleichen und verschwinden zu lassen.

Inzwischen gibt es über mehrere vergangene Dekaden Studien von Bio-Ingenieuren zur Wiederbegrünung und zur Restoration von erodierten Skipisten in den Alpen und vielen anderen Gebirgen der Welt (KRAUTZER & WITTMANN 2006). Nach FLORINETH (2011) ist das Wiederbegrünen zwar eine der wichtigsten Maßnahmen zur Restoration der Pisten, doch es sind dabei einige wichtige Grenzen zu beachten:

- Erstens ist die Begrünung von porösem Kalkstein sehr schwierig.
- Zweitens sollte wegen der erforderlichen hohen Düngergaben die Begrünung in der Nähe von Trinkwasser-Einzugsgebieten nicht vorgenommen werden.
- Drittens liegt die Obergrenze der Begrünung heute in den Alpen bei etwa 2700 m, über 2400 m Höhe ist eine Wiederbegrünung kaum möglich.
- Viertens benötigt die Begrünung in größeren Höhen zur Wiederherstellung 25 bis 30 Jahre, in einigen Fällen dauerte es auch beinahe 50 Jahre.
- Fünftens beschränkt sich auf den Skipisten die Restoration der Biodiversität auf etwa 40 Arten.
- Sechstens war die Wiederherstellung der Biodiversität nur auf Flächen abseits der Skipisten erfolgreich. Experimente auf den Skipisten selbst müssen noch validiert werden.



Abb. 17a: Mehrere tieferreichende Hangrutschungen in Höhen zwischen 1900 und 2100 m in Les Menuires/ Frankreich als Folge der durch den Pistenbau veränderten Topographie und Hangwasserverhältnisse für die steilen Slalom-pisten. Das gesamte Gebiet ist gekennzeichnet durch zahlreiche ältere Hangrutschungen. (Foto: Kees Wolthoorn 2007).



Abb. 17b: Während der Bauphase des Gipfelspeichers zur Kunstsneeproduktion auf dem Mont Lachat nahe Crest-Voland/Hochsavoyen/Frankreich in 1500 m Höhe kam es im Zusammenhang mit einem Starkregen zu einer Mure. Die Sedimente lagerten sich in typischen Loben auf den Almwiesen darunter ab. Die Spuren des Geschehens wurden anschließend weitgehend planiert. (Google Earth Image 2006).

### 3.2 Beispiele für gute Praxis

Beispiele für gute Praxis des Managements der Biodiversität beinhalten die Erzeugung von Marken und die Einführung von Wettbewerben. Eine derartige Marke ist das 'Alpine Wellness Label' (Abb. 18a). Es wird für alpine Hotels und Restaurants gemäß spezifischer alpiner Kriterien erteilt und ist auf Österreich, Schweiz und Deutschland beschränkt. Als Kriterien werden angeführt: alpin-spezifische Kenntnisse, einschließlich regionaler Spezialitäten, alpine Heilprodukte, Kenntnisse über regionale Mythen und Sagen, Gebräuche und Traditionen, alpine Ausflugsziele, ruhige alpine Atmosphäre, Wellness-Bereiche, länderspezifische Wellness-Kriterien, alpine Wellness-Ernährung, alpine Materialien und Einrichtungen, sanfte alpine Bewegung und Entspannung (meditatives Wandern, Gipfel-Meditation, Berg-Jogging, sanfte Rad- bzw. Schneeschuhwanderungen). Eine weitere Marke sind die "Perlen der Alpen" (Alpine Pearls) die an Tourismusorte mit besonders umweltfreundlichem Tourismus im gesamten Alpenraum vergeben wird (Abb. 18b). Das Ziel ist die Natur zu erhalten und die Umwelt und das Klima zu schützen. Dies beinhaltet das Minimieren von CO<sub>2</sub>-Emissionen, z.B. durch den Einsatz von Elektroautos, und die Förderung von sanftem Tourismus. Bisher sind die "Perlen der Alpen" beschränkt auf kleine Touristenorte. Die "Perlen der Alpen" sollten jedoch unter Vorbehalt gepriesen werden. Zum Beispiel hat Les Gets in Frankreich oder Interlaken in der Schweiz ein voll ausgebautes Kunstschneesystem, mit dementsprechenden negativen Auswirkungen auf die Umwelt und Landschaft, insbesondere im Sommer. In Les Gets war es im warmen Winter 2006/7 eine Entscheidung von Minute zu Minute, ob das Wasser für den Kunstschnee oder als Trinkwasser für die Touristen benutzt wird. Unter derartigen Bedingungen ist die Vergabe des Labels fragwürdig.



Abb. 18a: Die Marke 'Alpine Wellness' umfasst auch sanfte alpine Bewegung, z.B. Schneeschuhwanderungen. (Foto: de Jong 2011).

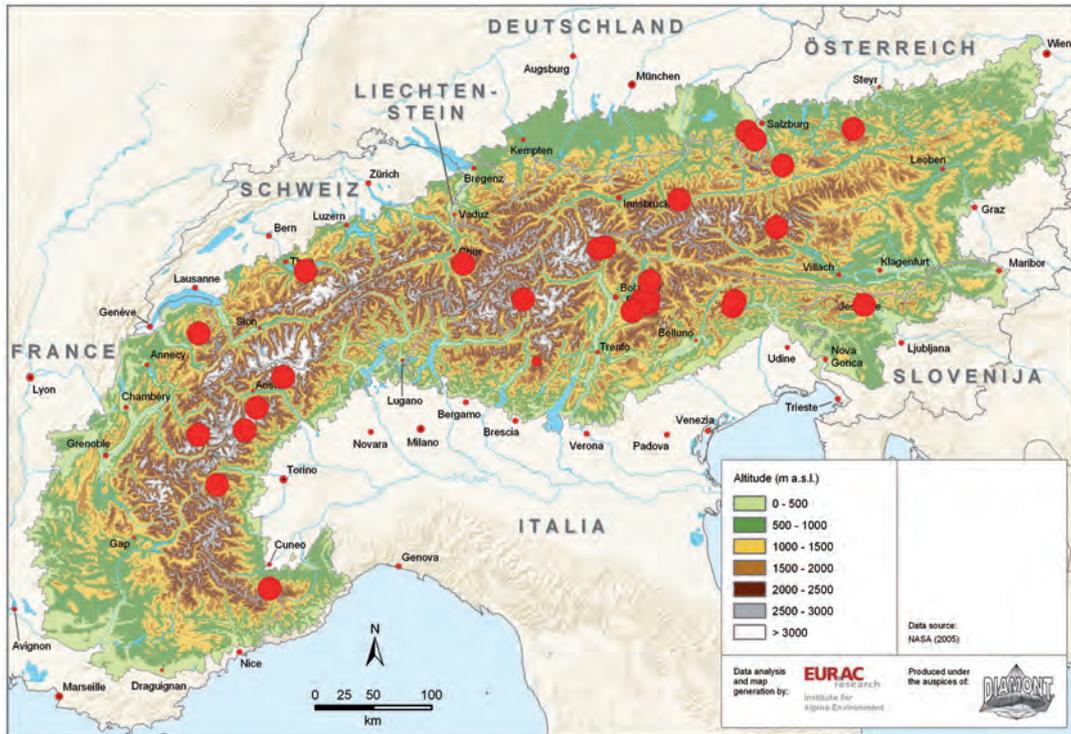


Abb. 18b: Alpen Karte mit der Verteilung der 'Alpine Pearls'(rote Punkte). (Kartengrundlage: Tappeiner, U., Borsdorf, A., Tasser, E. (Hrsg., 2008). Mapping the Alps. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 62 – Topographie).

Pralognan-la-Vanoise (Frankreich), in einer wunderschönen vergletscherten Landschaft gelegen, ist seit 2010 eine Alpine Perle. Seit diesem Jahr wird mit Elektromobilität durch Shuttle-Bussen geworben. Die Busse fahren aber nur im örtlichen Bereich im Umkreis von weniger als 3 km und erreichen noch nicht einmal die Parkplätze im Talgrund für zahlreiche Wanderwege. Im Winter wird zwar für "ski nature" (Skifahren in der Natur) und von "unangetasteter Natur" beim alpinen Skifahren in der Alpen Perle Broschüre gesprochen. In der offiziellen Broschüre wird sogar mit einem "übernatürlichen Skigebiet" geworben. Über die gesamten vollausgebauten Pisten, sind per dato, bis fast an den Gletscher, aber mehr als 70 Schneekanonen im Einsatz. Die Reiseunternehmen werben mit widersprüchlichen Aussagen – einerseits wird die hohe Qualität von natürlichem Schneefall während "der ganzen Saison" gepriesen, andererseits die übliche künstliche "Schneesicherheit" durch Schneekanonen hervorgehoben. Das Wasser für die Schneekanonen wird über Druckleitungen aus dem Doron (über 1000 Höhenmeter) und der Glière direkt entnommen. Um mehr Wasser für die Kunstschneeproduktion zu sichern wurden in der Glière zwei Staubecken angelegt und der Gebirgsbach verbaut. In den vergangenen Jahren kam es bereits zu gravierenden Wasserkonflikten. Nach VIVANT (2007) wurde zu Gunsten der künstlichen Beschneidung die Trinkwasserleitung der Station unterbrochen und die Bevölkerung nur noch über Flaschen mit Trinkwasser versorgt. In einer weiteren Studie (RUGI 2007) wird ebenfalls darauf hingewiesen, dass wegen der übermäßigen Wasserentnahmen für die Beschneidungsanlagen in Pralognan (im Jahr 2006 mit "nur" 60 Schneekanonen!) es in Zeiten des Spitzenbedarfs zu einer extremen Anfälligkeit auf Trinkwasserknappheit kommen kann.

In den Protokollen der Stadträte wird noch 2005 von dem Hauptziel gesprochen, das "touristische Produkt" zu verbessern und damit die Erweiterung von Kunstschnee begründet. Dies beinhaltet eine höhere Wasserdruckleitung, höhere Wasserentnahmen und dementsprechenden nachträgliche Änderungen in den Konventionen zwischen den Kommunen. Auch 2011, nachdem Pralognan eine Alpine Perle wurde, wird eine Erweiterung des Kunstschneesystems einstimmig entschieden. Dazu wurde erneut die Konvention verändert. Es wird dafür nicht etwa mit Mindestwasser argumentiert, sondern ganz im Gegenteil, das zu entnehmende Wasservolumen wird nur nach den jetzigen Bedürfnissen "adaptiert". Scheinheilig wird in diesem Zusammenhang dann von einer "strikten Anwendung" der Wasserrechte gesprochen, die aber mangels Messungen nicht von der Wasserpolizei überwacht werden kann. Die Wasserversorgung für die Schneekanonen wird neu definiert und weder nach den Umweltbedürfnissen noch nach der Wasserrahmenrichtlinie orientiert. Es wird in einem offiziellen Bericht des Stadtrates für die Saison 2010/11 (unter den Bedingungen des schneearmen Winters und der Frühjahrsdürre) sogar von einer "Rekord"-Wassernutzung für die Schneekanonen geprahlt, die aber mit 140 000 m<sup>3</sup> fast 50 % über der erlaubten Menge lag. Gleichzeitig wird die umweltfreundliche Grundlage der "Alpine Perle" mit politischer Propaganda auf den Kopf gestellt und beklagt, dass man den Kunstschnee nicht "verteufeln" soll, wie es "die Ökologen" so gerne "aus Spass" tun, sondern dass man mit der Anzahl von Arbeitsplätzen argumentiert muss.

Es gibt auch andere Maßnahmen, z.B. Wettbewerbe zur Förderung der Biodiversität: der Blumenwiesen-Wettbewerb (2012). Es werden dabei die alpinen Wiesen prämiert, die im Sommer den höchsten Grad an Biodiversität erreichen. Ein weiteres gutes Beispiel zur Erhaltung der Biodiversität von alpinen Wiesen sind Berg-Blumenfeste, beispielsweise das 'Narzissenfest' im Ausseerland/Salzkammergut/Österreich mit zahlreichen Veranstaltungen für Natur und Kultur (Abb. 19).



Abb. 19: Erhaltung der Biodiversität in einem Narzissenfeld in Österreich in Vorbereitung für das Narzissenfest. (Foto: © Tourismusverband Ausseerland – Salzkammergut (Pirker)).

Ein Beispiel für gute Praxis besteht für das Dobratsch-Skigebiet über Villach in Kärnten/Österreich. Die Pläne in Kunstschnee zu investieren, wurden 2002 aufgegeben (KOENIGHOFER 2007). Das Landesgericht hat in seinem Urteil festgelegt, dass die Trinkwasserversorgung der Stadt Villach durch die Wasserentnahme gefährdet ist und die Dobratsch-Quellen geschützt werden müssen. Keine öffentliche Mittel wurden in die Kunstschneefrastruktur investiert, das Skigebiet wurde geschlossen und die Skilifte abgebaut. Vor der Entscheidung gab es heftige Auseinandersetzungen zwischen den Politikern, den Bürgern und den Repräsentanten des Naturparks. Um ihre Meinungen zu verstärken, haben die Politiker mehrfach falsche Informationen über den Stand von Entscheidungen in den Medien verbreitet. Heutzutage ist Villach mit seinem Wassermanagement vorbildlich. Es ist die erste Alpenstadt, die ihren Einwohnern ermöglicht, über Mobiltelefon ihren Wasserverbrauch abzurufen und mit dem landesdurchschnittlichen Wert zu vergleichen. Dies ist ein vorbildlicher Ansatz der Sensibilisierung, um Wassereinsparungen zu unterstützen.

#### **4. Schlussfolgerungen und Perspektiven**

Obwohl die Winter immer kürzer werden, investieren die Skiorte immer weiter in Unterhaltung, Entwicklung und Ausdehnung ihrer Skigebiete. Dabei ist seit langem bekannt, dass die Biodiversitätsverluste auf steilen Skipisten, Pisten oberhalb der Baumgrenze oder auf Pisten, die mehr als 10 Jahre lang benutzt werden, besonders in Kombination mit der langjährigen Anwendung von Kunstschnee, unumkehrbar sind. Trotz dieser Folgen werden von der Öffentlichkeit die Umweltzerstörung und Biodiversitätsverluste nicht oder bewusst nicht anerkannt. Deshalb sollten Wissenschaftler viel proaktiver bei der Sensibilisierung der Öffentlichkeit und bei der Definition von ökologischen und ökonomischen Zielen mitarbeiten, sowie die Manipulation von Daten zu verhindern. Es ist überaus wichtig, die Unabhängigkeit der Umwelt- und Tourismus-Forschung gegen den Druck von Seiten der Politik und Industrie zu bewahren. Dabei gilt als Daumenregel für den Skitourismus, dass der Bau neuer Pisten, Wasserspeicher, Straßen und großer Gebäude in den Alpen oberhalb von etwa 1200 m Höhe verhindert werden soll. Strikte Regeln, Kontrollen und die Beurteilung von Kontrollen sind unabdingbar. Dies muss dort, wo keine oder nur wenig Daten vorhanden sind, möglichst in intensiver Zusammenarbeit mit der betroffenen Bevölkerung geschehen.

Der Vergleich zwischen den Alpen und den Rocky Mountains zeigt, dass das Skifahren, gesteuert durch seine immer teurer werdenden Skipässe in Folge der hohen Kunstschnee- und Pistenbearbeitungskosten und den Aufenthaltskosten, sich zum Elitesport entwickelt. In den USA und Kanada wird heute schon das Skifahren wie Golfspielen vermarktet. Man wird Mitglied in einem Skiclub und der bietet dann Unterkunft und Service inklusive Schneesicherheit an. Um einem eventuellen schlechtem Winter vorzubeugen, werden in Kanada in manchen Skigebieten bis zu 8 Meter Kunstschnee vor Beginn der Saison auf die Pisten gestapelt. Diese Praxis wird sogar in Nationalparks ausgeführt.

Auch in den asiatischen Gebirgen wird Skitourismus als wirtschaftliche Lokomotive zur regionalen Entwicklung vermarktet. Es entstehen überall "kleine Alpen", deren Skipisten von Anbeginn mit Kunstschnee, ganz unabhängig von den klimatologischen Bedingungen, ausgestattet sind. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels werden dabei kaum berücksichtigt. Skiorte werden als Wundermittel der nachhaltigen Entwicklung verkauft, es wird eine heile Welt und Kultur dargestellt und der "Schutz" oder sogar die "Heilung" der Natur angegeben. Die Skiindustrie schafft anscheinend viele neue Ab-

satzplätze und beugt Abwanderung vor. In Wirklichkeit werden aber nur saisonale Arbeitsstellen geschaffen, die dann überwiegend mit aus dem Ausland stammenden billigen Arbeitskräften besetzt werden. Die modische Entwicklung von "Grünen" und "nachhaltigen" Skigebieten (oft für Eliteskiorte) in den Alpen, in den Rocky Mountains und in Japan geht an den gravierenden Umweltauswirkungen, wie Erosion, Wasserknappheit und Wasserverschmutzung, elegant vorbei. Es werden keine Konzepte und Alternativen zur Vermeidung der künstlichen Beschneigung oder zu Wassereinsparungen in den Hotels, Apartments und Restaurants vorgeschlagen. Man konzentriert sich auf nebensächliche "weiche" Faktoren wie Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, Mülltrennung und Müllsammlung, Benutzung von gebrauchten Kochöl und Bioöl, um Pistenfahrzeuge zu betreiben, elektrische Ski-Doos, Regenwassersammlung auf vereinzelt Dächern von Skiliftstationen und bekommt dann auch gleich den grünen Iso-14001 oder das "Perlen der Alpen"-Label dafür. Die Dominanz der Infrastruktur und Mechanisierung wird auf die Spitze getrieben, um den Anschein einer "guten" Klimaanpassung zu geben. Aus ökologischen Gründen ist in Zukunft das Skifahren nur möglich, wenn dieser Sport zurück zu seinen Ursprüngen geht und sich an die Umweltbedingungen anpasst und nicht umgekehrt, die Umwelt an das Skifahren angepasst wird.

## Literaturverzeichnis

- PERLEN DER ALPEN (2012): Innovativer, nachhaltiger und klimaschonender Tourismus im Einklang mit der Natur; <http://www.alpine-pearls.com/en/home.html>.
- ALPINE WELLNESS LABEL (2012): Eine internationale Marke für Hotels und Restaurants in den Alpen mit alpin-spezifischen Produktion und Kriterien: <http://www.alpinewellness.com/>.
- ARCUSET, L. (2009): Possible paths towards sustainable tourism development in a high mountain resort. The case of Valloire, *Journal of Alpine Research*, V. 97-3, p. 1-11.
- ABEGG, B. (Hrsg.) (2011): Tourismus im Klimawandel, *Compact*, Nr. 1, Ein Hintergrundbericht der CIPRA International, 32 S.
- AUER, I., BÖHM, R., JURKOVIC, A., LIPA, W., ORLIK, A., POTZMANN, R., SCHÖNER, W., UNGERSBÖCK, M., MATULLA, C., BRIFFA, K., JONES, P.D., EFTHYMIADIS, D., BRUNETTI, M., NANNI, T., MAUGERI, M., MERCALLI, L., MESTRE, O., MOISSELIN, J.-M., BEGERT, M., MÜLLER-WESTERMEIER, G., KVETON, V., BOCHNICEK, O., STASTNY, P., LAPIN, M., SZALAI, S., SZENTIMREY, T., CEGNAR, T., DOLINAR, M., GAJIC-CAPKA, M., ZANINOVIC, K., MAJSTOROVIC, Z., NIEPLOVA, E. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region 1760 – 2003. *International Journal of Climatology*, 27: 17 – 46.
- BLUMENWIESEN-WETTBEWERB (2012): Deutschland: <http://www.blumenwiesen-alb.de>, Frankreich: <http://prairiesfleuries.espaces-naturels.fr/>, Österreich: Vorarlberger Wiesenmeisterschaft: <http://www.vorarlberg.at/pdf/vorarlbergerwiesenmeister.pdf>.
- BAD AUSSEE (2012): Narzissen-Fest in Österreich; <http://www.narzissenfest.at/>.
- BUND (2012): Massive Zerstörungen am Wurmberg auf Kosten von Natur und Steuerzahlern: <http://goslar.bund.net/presse/wurmberg/>.
- DE JONG, C. & BARTH, T. (2007): Challenges in Hydrology of Mountain Ski Resorts under Changing Climatic and Human Pressures. (Hrsg.) BENVENISTE, J.; BERRY, P.; CALMANT, S.; GRABS, W.; KOSUTH, P, Proceedings of the 2nd Space for Hydrology Workshop *Surface Water Storage and Runoff: Modeling, In-Situ data and Remote Sensing*, ESA Publication WPP-280, Genf.
- DE JONG, C. (2009a): Chapter 5.5. Savoy – balancing water demand and water supply under increa-

- ing climate change pressures. *Regional Climate Change and Adaptation. The Alps facing the challenge of changing Water Resources*. EEA (European Environment Agency) Bericht, 8: 81 – 84.
- DE JONG, C. (2009b): A seasonal solution. *Science and Technology*. PSCA, 4: 234 – 235. [http://www.publicservice.co.uk/article.asp?publication=Science%20and%20Technology&id=397&content\\_name=Geosciences&article=12694](http://www.publicservice.co.uk/article.asp?publication=Science%20and%20Technology&id=397&content_name=Geosciences&article=12694).
- DE JONG, C. (2010): What can the industry do to preserve mountains? The appliance of science. *Environment Issues*. *Winter Sports Technology International, Launch Issue*, 24: 66 – 70. <http://viewer.zmags.com/publication/315f2127#/315f2127/32>.
- DE JONG, C. (2011): Artificial Production of Snow, *Encyclopaedia of Snow, Ice and Glaciers* (Hrsg.). SINGH, V.P, SINGH, P. & HARITASHYA, U.K. Springer: 61 – 66.
- DE JONG, C. (2012): Environmental Change and Winter Sports: Lessons learned from the Alps. 11th FISU Forum, *University Sport: a platform for sustainable development*, Taipei City. FISU: 174 – 181.
- DE JONG, C. & BIEDLER, M. (2012): Shadow of a drought. *European Science and Technology*, 14: 208 – 209.
- DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE LA SAVOIE (2011): Eau et neige de culture en Savoie (Water and Artificial Snow in Savoy, Observatory 2010 – 2011). *Observatoire 2010 – 2011*, Bericht, Chambery, 4 S.
- EGGERS, M. (2012): Am 3. September kommt der Harvester an den Wurmberg. *Goslarsche Zeitung* 27.6.2012, Kurzfassung: [http://www.goslarsche.de/Home/harz/braunlage\\_arid,277876.html](http://www.goslarsche.de/Home/harz/braunlage_arid,277876.html).
- EU-FINANZIERTES SKIGEBIET AUF BORNHOLM (2011): <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2011-010738+0+DOC+XML+V0//DE>.
- EVETTE, A., PEYRAS, L., FRANÇOIS, H. & GAUCHERAND, S. (2011): Environmental risks and impacts of mountain reservoirs for artificial snow production in a context of climate change, *Journal of Alpine Research*, 99 (3): 1 – 12.
- FLORINETH, F. (2011): Chancen & Grenzen der Renaturierung von alpinen Rasen über 2000 m (Chances and risks of renaturalizing alpine pasture above 2000 m). In German. Presentation. [http://www.ski-audit.info/media/files/pdf/5\\_Florineth.pdf](http://www.ski-audit.info/media/files/pdf/5_Florineth.pdf).
- GAUCHERAND, S. (2009): Sport d'Hiver et Zones Humides, Synthèse du Colloque de Grenoble (Massif des Alpes). (Winter Sports and Wetlands. Synthesis of the Grenoble Colloquium (Alps)). [http://www.pole-tourbieres.org/docs/SL\\_PPT\\_SG.pdf](http://www.pole-tourbieres.org/docs/SL_PPT_SG.pdf).
- GEX, J. DE (2006): The art of skiing. *Vintage Posters from the Golden Age of Winter Sport*. Palazzo Editions, 160 S.
- GAUCHERAND, S. & ISSELIN-NONDEDEU, F. (2011): Utilisation du système d'information géographique comme outil de gestion de zones humides d'altitude: le cas du domaine skiable de Val Thorens (GIS as a management tool for high altitude wetlands: a case study of the Val Thorens ski area), *Sciences, Eaux et Territoires*, 5: 60 – 62.
- HARRISON, M.D. (1988): Evaluation of the pathogenic and ecological characteristics of *Pseudomonas syringae* Strain 31A. Department of Plant Pathology and Weed Science, Colorado State University, Fort Collins Colorado.
- HUNSAKER, C.T, WHITAKER, T.W. & BALES, R. C. (2012): Snowmelt runoff and water yield along elevation and temperature gradients in California's Southern Sierra Nevada., *Journal of the American Water Resources Association*, 10-0215-P: 1-12.
- KITZBÜHEL (2012): Kitzbuhel-Super-G-cancelled due to rain: <http://sportinglife.aol.co.uk/other-sports/news/article/22892/7443327/kitzbuhel-super-g-cancelled>.
- KOENIGHOFER, S. (2007): Konflikte in und um den Naturpark Dobratsch, *Institute of Geography*

- and Regional Research, University of Klagenfurt: 27 S.
- KNOWLES, N., DETTINGER, M. D. & CAYANT, D.R. (2006): Trends in Snowfall versus Rainfall in the Western United States, *Journal of Climate*, 19: 4545 – 4559.
- KRAUTZER, B. & WITTMANN, H. (2006): Chapter 15. Restoration of alpine ecosystems. *Restoration Ecology. The new frontier*, (Hrsg.) Van Andel, J. & Aronson, J.: 208 – 222.
- LAGRIFFOUL, A., BOUDENNE, J.L., ABSI, R., BALLEST, J.J., BERJEAUD, J.M., CHEVALIER, S., CREPPY, E.E., GILLI, E., GADONNA, J.P., GADONNA-WIDEHEM, P., MORRIS, C.E. & ZINI, S. (2010): Bacterial-based additives for the production of artificial snow: what are the risks to human health? *Science of the Total Environment*, 408: 1659-1666.
- LAPP, S., BYRNE, J., TOWNSHEND, I. & KIENZLE, S. (2005): Climate warming impacts on snowpack accumulation in an alpine watershed, *International Journal of Climatology*. 25: 521–536.
- LATERNSE, M. & SCHNEEBELI, M. (2003): Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931 - 99), *International Journal of Climatology*, 23: 733-750.
- MARTY, Ch. (2011): Snow cover changes in the Alps. *Encyclopaedia of Snow, Ice and Glaciers* (Hrsg.) Singh, V.P, Singh, P. & Haritashya, U.K. Springer: 1036 – 1038.
- MARTY, CH. & MEISTER, R. (2012): Long-term snow and weather observations at Weissfluhjoch and its relation to other high-altitude observatories in the Alps, *Theoretical and Applied Climatology*, DOI 10.1007/s00704-012-0584-3.
- NAYAK, A., MARKS, D., CHANDLER, D.G. & SEYFRIED, M. (2010): Long-term snow, climate, and streamflow trends at the Reynolds Creek Experimental Watershed, Owyhee Mountains, Idaho, United States, *Water Resources Research*, Vol. 46, W06519: 1-15.
- POFF, N. L., RICHTER, B.D., ARTHINGTON, A.H. , BUNN, S.E., NAIMAN, O.J., KENDY, E., ACREMAN, M., APSE, C. & BLEDSOE, B. P., FREEMAN, M.C., HENRIKSEN, J., JACOBSON, R.B., KENNEN, J.G., MERRITT, D.M, O'KEEFE, OLDEN, J.H.J.D., ROGERS, K., THARME, R. E. & WARNER, A. (2010): The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards, *Freshwater Biology*, 55: 147–170.
- RISTIC, R., KASANIN-GRUBIN, M., RADIC, B., NIKIC, Z. & VASILJEVIC, N. (2012): Land Degradation at the Stara Planina Ski Resort, *Environmental Management*, 49:580–592.
- RUGI, T. (2007): Bilan quantitatif de la ressource en eau sur le bassin versant de l'Isere en amont d'Albertville (Quantitative Bilanz der Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Isere oberhalb von Albertville). Masterarbeit, M2 Professionnel Environnement, Développement Durable, Management Environnemental et Géomatique, Session 2006-2007, Institut für Geographie, Universität Paris 1 für Sepia Consultants und APTV. S. 120.
- SERQUET, G., MARTY, CH., DULEX, J.P & REBETEZ, M. (2011): Seasonal trends and temperature dependence of the snowfall / precipitation day ratio in Switzerland, *Geophysical Research Letters*, Vol. 38, L07703, p. 1 – 5, doi:10.1029/2011GL046976.
- SORMAN, A. A., SENSOY, A., TEKELI, A. E., SORMAN, A. U. & AKYUREK, Z. (2009): Modelling and forecasting snowmelt runoff process using the HBV model in the eastern part of Turkey, Special Issue: Mountain Hydroclimatology and Snow Seasonality (Hrsg.) DE JONG, C, ESSERY, R. & LAWLER, D., *Hydrological Processes*, 23(7): 1031 – 1040.
- TARANTAISE AVENIR (2009): Contrat de basin versant "Isere en Tarantaise". Etats des lieux, diagnostiques. (River basin contract Isere in Tarantaise) 2009 – 2015. APTV, Report, Agence de l'Eau, CG 73, RA, 237 S.
- YILMAZ, A. G & IMTEAZ, M. A (2011): Impact of climate change on runoff in the upper part of the Euphrates basin, *Hydrological Sciences Journal*, 56(7): 1265 – 1279.

- YILMAZ, A. G., IMTEAZ, M. A., GATO-TRINIDAD, S. & HOSSAIN, I. (2011): Climate Change Finger Prints in Mountainous Upper Euphrates Basin, *International Journal of Civil and Environmental Engineering* 3:1: 13 – 21.
- YILMAZ, A. G., IMTEAZ, M. A. & OGWUDA, O. (2012): Accuracy of HEC-HMS and LBRM Models in Simulating Snow Runoffs in Upper Euphrates Basin. *Journal of Hydrological Engineering*: 343–347.
- VANAT, L. (2011): International Report on Mountain Tourism. Overview of the key industry figures for ski resorts, 77 S.
- VIVANT, M. L. (2007): Impact de l'évolution climatique sur les pratiques touristiques en milieu montagnard – Vallée de la Haute-Romanche, Pays de la Meije (Auswirkungen des Klimawandels auf die touristischen Aktivitäten im Gebirge – das Tal der Haute-Romanche, Meije). *Stage Recherche et Innovation*, S. 46.
- WEISS, O., NORDEN, G., HILSCHER, P. & VANREUSEL, B. (1998): Ski tourism and environmental problems; Ecological awareness among different groups. *International Review for the Sociology of Sport*, 33 (4): 367 – 379.

**Anschrift der Verfasserin:**

Prof. Dr. Carmen de Jong  
Pôle Montagne  
Université de Savoie  
73376 Le Bourget du Lac  
Frankreich  
e-mail: [dejong.carmen@neuf.fr](mailto:dejong.carmen@neuf.fr)