

Abklärungen zum Rückgang des Aletsch-Gletschers (Kanton VS)

Thomas Allmendinger, CH-Glattbrugg

1. Einleitung

Am 2. August 2012 erschien in der Schweizer *SonntagsZeitung* ein Artikel mit dem Titel „Das Kreuz mit dem Klimawandel“. Darin wurde auf den dramatischen Rückgang des Aletschgletschers aufmerksam gemacht, was den Präfekten des Bezirks Goms, Herbert Volken, dazu bewogen hatte, in Fiesch einen Prozessionszug zu veranstalten und sogar beim Papst vorstellig zu werden, um auf die Problematik hinzuweisen. Darauf aufmerksam wurde aber auch der Unterzeichnete, wobei der Anlass gegeben schien, sich hier einzubringen und allenfalls einen praktischen Beitrag zur Rettung des Gletschers zu leisten, zumal eine Betätigung in Richtung sog. *Geoengineering* zwecks Beeinflussung des Klimawandels ohnehin geplant und in Form bereits durchgeführter eigener Messungen schon vorbereitet worden war. Dabei geht es im Prinzip darum, durch eine Aufhellung der Erdoberfläche deren Reflexionsgrad (die sog. *Albedo*) zu erhöhen und dadurch die Aufwärmung infolge Sonnenstrahlung zu vermindern.

Nach Kontaktnahme u.a. mit Herrn Volken begab sich der Unterzeichnete in der Woche vom 20. bis 26. August 2012 in die betroffene Region, um sich ein Bild von der Situation machen zu können und auch um erste Kontakte mit Betroffenen anzuknüpfen. Darüber hinaus mussten in der Folge noch weitere Abklärungen gemacht werden, u.a. auch durch Auswerten von öffentlich zugänglichen statistischen Daten. Im Hinblick auf allfällige Massnahmen zur Eindämmung des Gletscherschwundes waren insbesondere die verschiedenen Einflüsse zu ermitteln, welche eine Rolle spielen dürften, wobei lediglich *Nahwirkungen* ins Auge gefasst wurden. Die aufgrund dessen konkret vorgeschlagenen Vorkehren wurden in einem separaten Projektvorschlag festgehalten und sind lediglich in groben Zügen Gegenstand dieses Berichts.

2. Der Klimawandel und seine Erklärungen

Im Jahre 2007 erhielt ein Film mit dem Titel „An Inconvenient Truth“ den Oscar für den besten Dokumentarfilm des Jahres 2006. Der Regisseur hiess Davis Guggenheim, und der Autor war der ehemalige amerikanische Präsidentschaftskandidat Al Gore. Zeitgleich erschien das gleichnamige Buch, das u.a. auch ins Deutsche übersetzt wurde und den Titel trug „Eine unbequeme Wahrheit“ und den Untertitel „Die drohende Klimakatastrophe und was wir dagegen tun können“.¹ Vor allem der Film fand eine weite Verbreitung und sensibilisierte grosse Teile der Bevölkerung für die Klimaproblematik. Auf eindrückliche Weise wurde auf den Rückgang von Eisflächen - namentlich auch von Gletschern -, auf die zunehmende Verwüstung weiter Landstriche sowie auf die Zunahme von Unwettern hingewiesen. Beeindruckt von einer langjährigen Messreihe (erhoben am Mauna Loa Observatorium in Hawaii), welche einen seit 1958 stetig steigenden Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre und somit eine gewisse Parallelität mit der ebenfalls steigenden globalen Durchschnittstemperatur aufzeigte, schien für Al Gore der Beweis erbracht, dass die Erwärmung der Atmosphäre ausschliesslich auf diesen Kohlendioxidgehalt und den damit verbundenen sog. »Treibhauseffekt« (engl. »Greenhouse Effect«) zurückzuführen sei. Andere Einflüsse – wie namentlich der Befund, dass bei Grossstädten erhöhte Temperaturen feststellbar sind und dass somit sog. »Wärmeinseln« vorliegen (»Urban Heat Islands«) -, wurden in Abrede gestellt und in einem Fragenkatalog mit Antworten richtiggehend abgeschmettert. Die einzige Möglichkeit, der Klimaerwärmung entgegen zu treten, bestehe darin, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu vermindern. Spätestens nach Erscheinen dieses Buches hat sich die Klimadiskussion auf diesen Aspekt versteift, und Kohlendioxid ist das Mass aller Klima-Angelegenheiten und somit zu einer Art „Klimawährung“ geworden. Diese Einschätzung hatte den kontraproduktiven Effekt, dass seitdem so gut wie nichts Effizientes zur Bekämpfung des Klimawandels unternommen worden ist und dass die Gletscher weiter schrumpfen, ja sogar in erhöhtem Tempo.

Natürlich war Al Gores Argumentation nicht auf dem eigenen Mist gewachsen. Viel mehr richtete er sich nach Prof. Roger Revelle, den er als „Held der Wissenschaft“ verehrte und der schon lange vorher entsprechende Publikationen gemacht hatte.² Es spricht indessen vieles dafür, dass hier ein klassischer *Trugschluss* vorliegt. Die Feststellung, dass der Kohlendioxid-Gehalt parallel zur Temperatur angestiegen ist, entspricht vermutlich lediglich einer *Koinzidenz*, nicht aber einer *Korrelation* bzw. einem *Kausalzusammenhang*. Zugleich mit der Temperatur ist nämlich nicht nur der Kohlendioxid-Gehalt der Luft angestiegen (der übrigens mit ca. 0,4 Promille äusserst gering ist); vielmehr wurde während derselben Zeit zivilisatorisch bedingt auch die *Erdoberfläche* massiv verändert – und zwar meistens verdunkelt -, sei es durch den Bau von Häusern und Strassen, sei es aber auch durch landwirtschaftlich bedingte Veränderungen wie das Anlegen von (braunen) Äckern oder durch industrielle Eingriffe wie etwa die Ausbeutung von Steinbrüchen. Dadurch hat sich die sog. *Albedo* (lat. „Weissheit“) und damit das Reflexionsvermögen der Erdoberfläche verringert. Einmal in Gang gebracht, kann die Erwärmung insofern zu einer positiven Rückkopplung führen, als weniger Schnee fällt und die Eisflächen kleiner werden, was zu einer weiteren Erwärmung führt. Während dieser Effekt jedoch genau messbar ist (siehe Kap. 5), so ist der Treibhauseffekt empirisch nicht überprüfbar, sondern bleibt hypothetisch, wie überhaupt die zahlreich publizierten Modellrechnungen nicht unumstritten sind und keine Beweiskraft haben.

¹ Al Gore: „Eine unbequeme Wahrheit“, Riemann Verlag München, 4. Aufl. 2006

² Roger Revelle: „Carbon Dioxide and World Climate“, *Scientific American*, August 1982, Vol. 247, p. 33-41

Abklärungen zum Rückgang des Aletsch-Gletschers (Kanton VS)

Der Begriff der Albedo ist in der Fachliteratur indessen durchaus geläufig, und das Phänomen, dass es über grösseren Städten in der Regel wärmer ist als über der entsprechenden Umgebung, wurde schon vor langem beobachtet. Die Literatur hierzu ist umfangreich, wobei der Ton augenscheinlich von Hashem Akbari und Mitarbeitern angegeben wird. An der Concordia Universität in Montreal (Kanada) existiert sogar eine von ihm geleitete „Heat Island Group“, welche vor kurzem eine Modellrechnung publiziert hat.³ Darin wird ein möglicher Kühleffekt infolge einer allfälligen globalen Aufhellung der urbanen Oberflächen von lediglich 0,01 bis 0,07 Grad vorausgesagt, was nicht gerade zuversichtlich stimmt. Doch nur schon die Spannweite dieser Voraussage macht stutzig und stellt die Zuverlässigkeit dieser Rechnung in Frage. Darüber hinaus fällt auf, dass Akbari stets in Kohlendioxid umrechnet, welches – infolge Kühlung der Dächer - zum Betrieb von Kühlanlagen eingespart werden könne. Dadurch stellt er aber eigentlich in Abrede, dass auf diese Weise das Klima nachhaltig beeinflusst werden kann. Dennoch sind verschiedenerorts Bestrebungen im Gange, mit der Devise „White Roofs“ bzw. „Cool Roofs“ in dieser Richtung eine Kampagne zu starten, welche sogar vom US Statement of Energy seit 2010 unterstützt wird.⁴ Diese hat aber zumindest in der europäischen Öffentlichkeit bisher noch kein Aufsehen erregt.

Bei einer Beurteilung zu berücksichtigen ist namentlich aber noch folgender Aspekt: Das Wort »Klima« kommt aus dem Lateinischen und bedeutet eigentlich »Gegend«. In der Tat trifft man ja weltweit auf ganz unterschiedliche Klimata wie beispielsweise ein kontinentales, ein maritimes, ein tropisches oder ein arktisches Klima. Bedingt durch die topologischen Verhältnisse, können selbst in kleinen Ländern wie etwa in Israel und namentlich auch in der Schweiz unterschiedliche Klimazonen vorkommen. Man spricht in diesem Zusammenhang mitunter auch von »Mikroklima«. Der gemeinhin benutzte Begriff des »globalen Klimawandels« ist also im Grunde zu pauschal und daher wenig sinnvoll, auch wenn sich natürlich die einzelnen Klimabereiche gegenseitig beeinflussen. Insbesondere weisen einzelne Regionen wie in unserem Fall das Wallis hinsichtlich Klima besondere Charakteristika auf, welche es zu berücksichtigen gilt.

Ebenfalls zu pauschal ist eine Kennzeichnung des Klimas allein aufgrund der *Temperatur*, erst recht aufgrund einer Durchschnittstemperatur, denn Temperaturschwankungen spielen eine wesentliche Rolle, sei es beim Tag-/Nachtzyklus oder sei es beim saisonalen Verlauf. Die in der Klima-Diskussion oftmals herangezogenen globalen Temperaturmittelwerte sind daher fragwürdig – auch wenn sie von der NASA stammen wie das *Diagramm 1* -, zumal kein regelmässiger Messraster vorliegt, die Anzahl der Mess-Stationen im Verlaufe der Zeit zugenommen hat, und die einzelnen Messwerte noch höhenmässig rechnerisch korrigiert worden sind.

Ein hinsichtlich der Temperatur besonders wichtiger Fixpunkt ist der *Nullpunkt*, denn dieser entscheidet darüber, ob Schnee bzw. Eis oder Wasser vorliegt respektive wo die Schneegrenze liegt. Zusätzlich zur Temperatur gehören zum Klima aber auch Charakteristika wie Niederschläge, Sonnenschein-Dauern sowie Windstärken und Windrichtungen. Angesichts der Vielfalt dieser Einflüsse ist eine exakte Definition des Klimas gar nicht möglich. Kommt hinzu, dass für langjährige Betrachtungen etliche dieser Daten gar nicht zur Verfügung stehen, d.h. dass keine Statistiken dazu existieren. Am aufschlussreichsten sind noch langjährige Statistiken, welche an ein und demselben Ort erhoben worden sind, in unserem Falle in Sion (siehe Kap. 3).

³ H. Akbari, H. D. Matthews and D. Seto: "The long-term effect of increasing the albedo of urban areas", Environ. Res. Lett. 7 (2012), 1-10, online at atacks.lop.org/ERL/7/024004

⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Cool_roof ; siehe auch z.B. <http://whiteroofproject.org/>

Abklärungen zum Rückgang des Aletsch-Gletschers (Kanton VS)

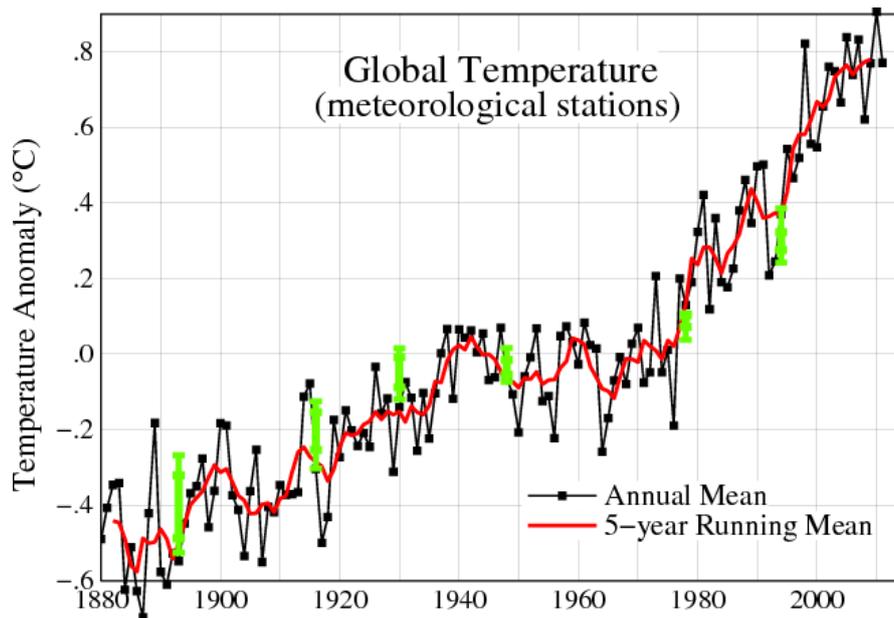


Diagramm 1: Globaler Temperaturverlauf seit 1880, gemäss NASA⁵

Den doch wohl deutlichsten Hinweis auf für den allgemeinen Klimawandel ergibt sich aus dem weltweit beobachteten *Gletscherschwund*, welcher in letzter Zeit noch zugenommen hat. Eine Übersicht hierzu findet man in ⁶. Wie gross die insgesamt betroffene Fläche ist, lässt sich erahnen, wenn man die allein im Hindukusch-Himalaja-Gebiet vorhandene Gletscherfläche kennt: Sie beträgt nämlich rund 60'000 Quadratkilometer! ⁷ Auch in den südamerikanischen Anden sind die Ausmasse riesig, ist doch allein die „Cordillera Blanca“ etwa 180 km lang und weist 50 Berge auf, davon etliche Sechstausender. Angesichts dessen erscheint es ziemlich aussichtslos, dort durch Weiss-Bemalen von 70 Hektar = 0,7 Quadratkilometern Felsen einen signifikanten Effekt erzielen zu können, wie dies Eduardo Gold in Peru versucht hat (bzw. immer noch versucht?).⁸

Betroffen von der Gletscherschmelze ist seit längerem auch der *Grosse Aletsch-Gletscher*, wo die Situation indes überblickbarer ist. Insbesondere sind die Verhältnisse nicht bei allen Gletschern gleich. So ist beispielsweise der Montblanc-Gletscher in letzter Zeit sogar gewachsen.⁹ Auch ist zu unterscheiden zwischen verschiedenen Gletscherarten, namentlich zwischen Hang- und Tal-Gletschern. Ferner spielt die Ausrichtung gegenüber der Sonne sowie die Richtung des vorherrschenden Windes eine Rolle. All dies lässt sich nicht beeinflussen. Auch wenn letztlich sämtliche Einwirkungen auf die Sonnenstrahlung zurückzuführen sind, so können die *Ablauf-Mechanismen* unterschiedlich sein und zu unterschiedlichen Einflussfaktoren führen. Daher kann es sich lohnen, diese einzelnen Einflussfaktoren genauer zu analysieren und zu studieren, um darauf aufbauend geeignete Abhilfemassnahmen vorschlagen zu können. Vorab soll jedoch einerseits die klimarelevante Situation in dieser Region durch Auswertung bereits existierender statistischen Daten so gut wie möglich beschrieben und andererseits die Situation auf sowie rund um den Gletscher anhand von vorwiegend eigenen Fotos dokumentiert werden.

⁵ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/

⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Gletscherschmelze>

⁷ S. R. Bajracharya and B. Shrestha: "The Status of Glaciers in the Hindu Kush-Himalayan Region", International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Kathmandu, Nepal, published 2011

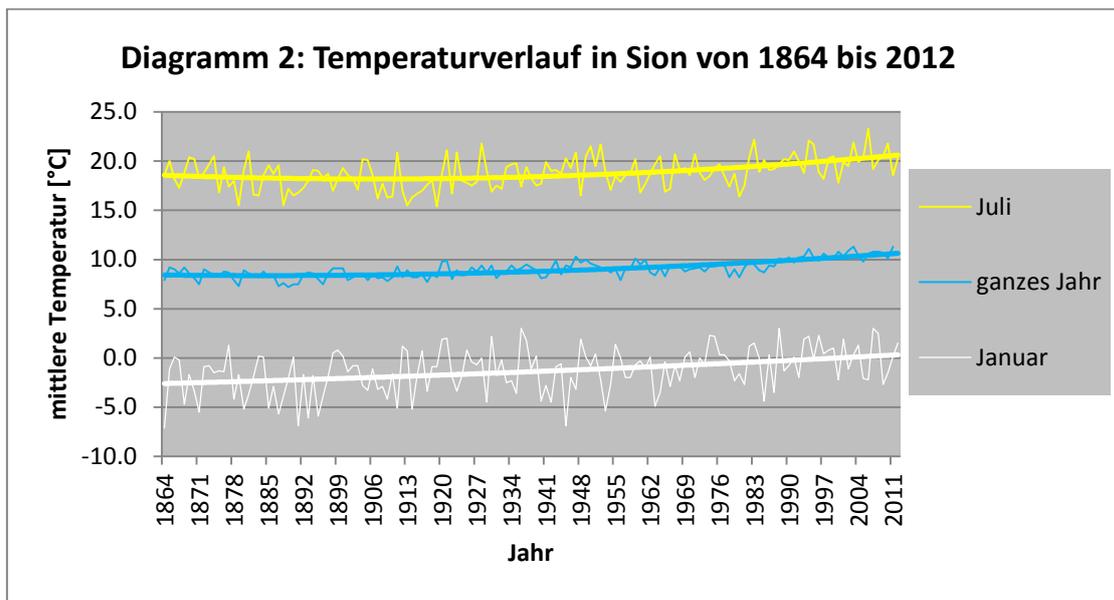
⁸ <http://m.ftd.de/artikel/50135229.wml?v=2>

⁹ http://news1.orf.at/071013-17609/?href=http%3A%2Fnews1.orf.at%2F071013-17610txt_story.html

3. Die klimarelevanten Verhältnisse im Wallis, speziell im Oberwallis

Wie bereits erwähnt, existieren für Sion langjährige statistische Monatsdaten - und zwar seit dem Jahr 1864 - sowohl hinsichtlich Temperaturen als auch hinsichtlich Niederschlägen¹⁰. Zwar liegt Sion relativ weit weg vom Aletsch-Gletscher und befindet sich ausserdem nicht auf gleicher Höhe, dürfte aber ziemlich repräsentativ für die Verhältnisse im Wallis sein.

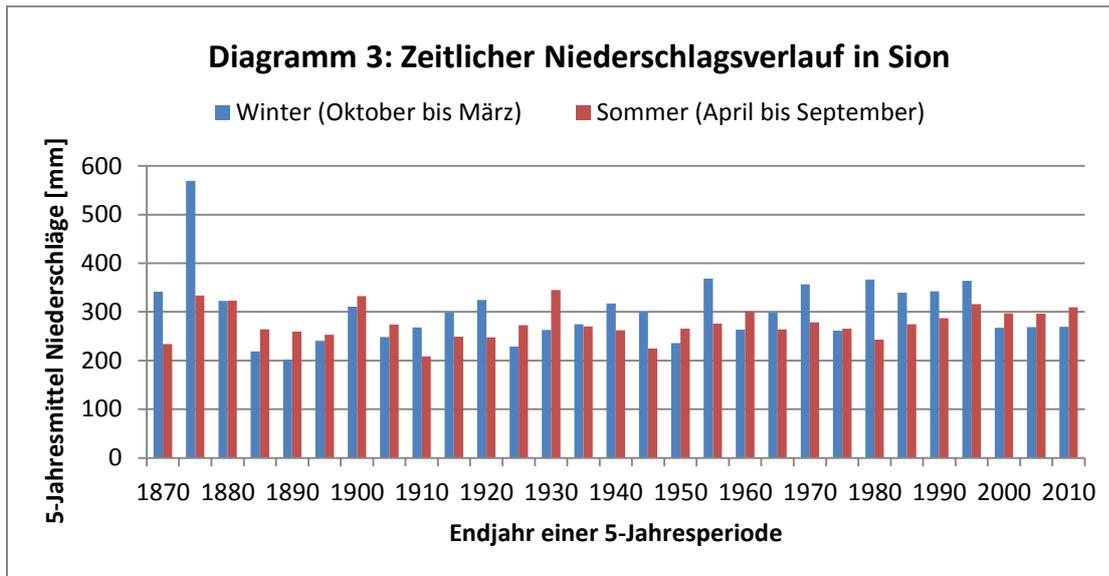
Um einen Eindruck von den *Temperaturen* im Winter wie auch im Sommer zu erhalten, wurden zur Auswertung einerseits die Mittelwerte vom Januar und andererseits diejenigen vom Juli herausgegriffen. Zusätzlich wurden im *Diagramm 2* noch die Jahresmittelwerte aufgezeichnet.



Die Unterschiede zwischen Sommer und Winter sind offensichtlich gering, wobei der Temperaturanstieg im Sommer (Juli) etwas grösser war als im Winter (Januar) und insgesamt etwas mehr als **2,5 Grad** betrug. Betrachtet man *Diagramm 1*, so fällt der *fast doppelt so grosse Temperaturanstieg in Sion im Vergleich zum globalen Mittelwert* auf.

Um den zeitlichen Verlauf der *Niederschläge* übersichtlich darstellen zu können, wurde unter Zuhilfenahme derselben Quelle¹⁰ jeweils das *5-Jahresmittel* berechnet, und zwar im Winterhalbjahr (Oktober bis März) wie auch im Sommerhalbjahr (April bis September), siehe *Diagramm 3*. Ein eindeutiger Trend ist hier auf den ersten Blick nicht erkennbar. Immerhin scheint signifikant, dass die Niederschlagswerte *im Sommer* im Vergleich zu denjenigen im Winter seit den letzten 15 bis 20 Jahren *grösser* geworden sind. Dies bestätigt auch der Vergleich mit den *langjährigen Mittelwerten*, betragen sie doch – umgerechnet auf 1-Jahresmittel – im Winter 60,3 mm, während sie im Sommer mit 55,4 mm tiefer liegen. Dieses Verhältnis könnte insofern eine Rolle spielen, als der Gletscher im Winter aufgrund der Niederschläge ja eher wächst, während er im Sommer eher schwindet. Freilich beziehen sich die vorhandenen Werte wie gesagt auf Sion und nicht auf die eigentliche Gletscherregion. Auch geben die Niederschlagswerte keine Auskunft über die Sonnenschein-Dauern. Ferner ist nicht ersichtlich, in welcher Form die Niederschläge erfolgten – als Regen oder als Schnee. Dennoch scheint auch dieser Befund den Gletscherschwund zu erklären.

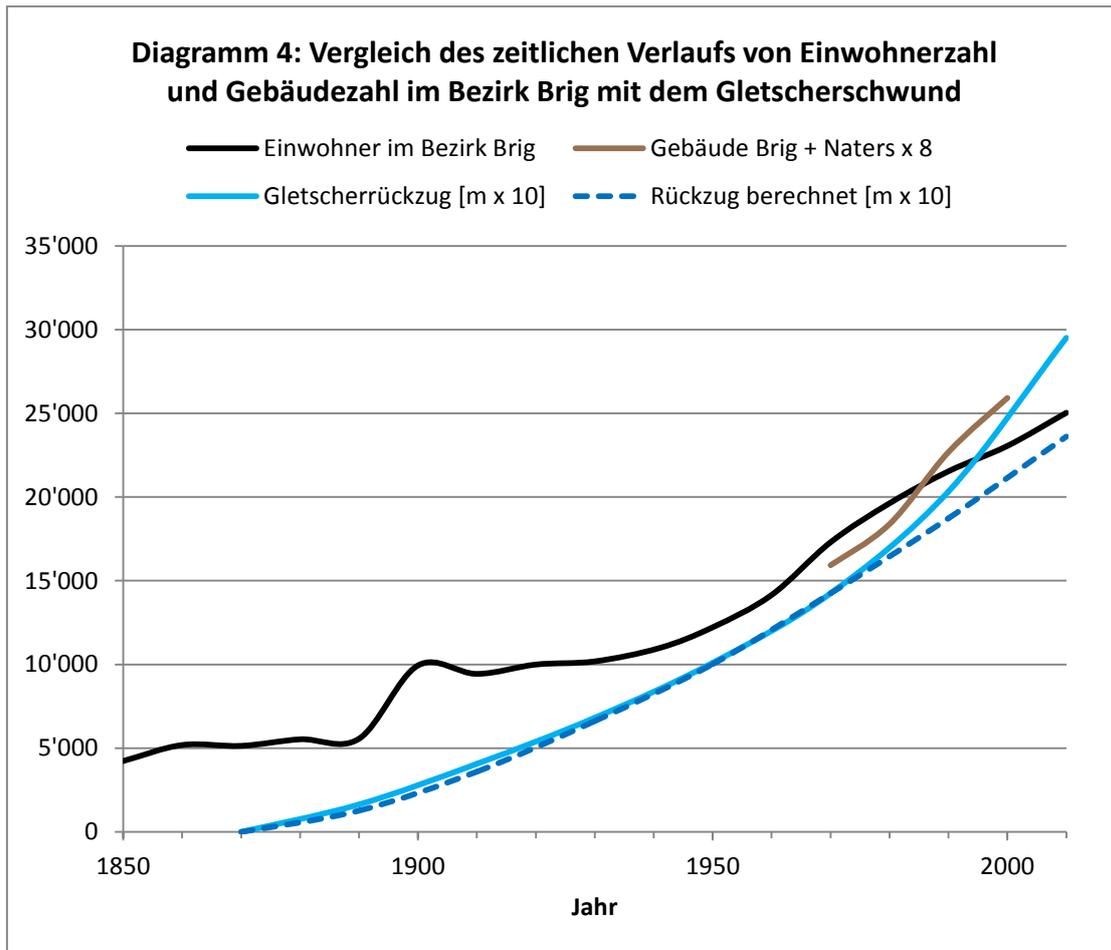
¹⁰ <http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de.html>→Klima heute→Homogene Monatsdaten→sion.txt, 93 KB



Betreffs der *Windverhältnisse* existieren keine statistischen, publizierten Daten. Um im Hinblick auf die Gletscherschmelze einigermaßen brauchbare Werte für das *Schmelzvermögen* zu erhalten, müsste man ohnehin die Windgeschwindigkeit mit der Wirkungsdauer multiplizieren, wobei auch die Windtemperatur eine Rolle spielt. Hinsichtlich des bekannten, auch anlässlich des eigenen Aufenthalts wiederholt festgestellten *Walliser Talwindes* lässt sich aber grundsätzlich folgendes sagen: Laut *Wetter-Lexikon*¹¹ weht dieser Wind nämlich vom oberen Ende des Genfer Sees *talaufwärts* über Martigny bis nach Brig. Dies entspricht einem „normalen“ Talwind, der dadurch zustande kommt, dass sich tagsüber die von der Sonne beschienen Bergwände erwärmen, wobei die dort nach oben steigenden Luftmassen einen Sog und somit einen Wind *talaufwärts* erzeugen. Während des Aufenthalts wurde in Fiesch und insbesondere im Tal des Grossen Aletsch-Gletschers jedoch meist das Gegenteil festgestellt, nämlich ein *talabwärts* wehender Wind. Bei bedecktem Himmel war ersichtlich, dass sich die Wolken *talaufwärts* bewegen, während der Wind in Bodennähe *talabwärts* wehte. Falls man überregionale Fernwirkungen ausschliesst, liegt die Erklärung nahe, dass die Talsohle – wahrscheinlich vorab die Gegend um Brig herum – und damit auch die dortige Luft erwärmt wird und infolgedessen nach oben steigt, während im oberen Gletscherbereich eine Abkühlung und dadurch ein Unterdruck entsteht. Dies führt zu einer *Zirkulation* der Luft. Wenn dem so wäre, so würde die aus dem Tal kommende Luft im Endeffekt ebenfalls zur Gletscherschmelze beitragen, und zwar umso mehr, je dunkler und damit aufwärmer die Oberflächen im Talbereich sind. Somit würde ein Zusammenhang bestehen zwischen der Besiedlung des Tales und dem Abschmelzen des Gletschers.

Ein derartiger Zusammenhang wird in dem aufgrund vorhandener statistischer Daten *Diagramm 4* denn auch nahe gelegt, freilich mit der Randbemerkung, dass es sich aus demselben Grunde wie im Falle des Kohlendioxids nicht um einen Kausalnachweis handelt. Denn die Bevölkerung hat seit den letzten 85 Jahren nicht nur im Bezirk Brig erheblich zugenommen – nämlich um den Faktor 2,5 -, sondern auch weltweit, ja dort noch stärker, nämlich um den Faktor 3,5. Insbesondere hat mit der Bevölkerung noch vieles andere zugenommen, namentlich die Gebäudezahl, und zwar – wie aus dem Diagramm ersichtlich – *überproportional*. Wie der Vergleich mit der berechneten Kurve ergibt, war der Gletscherrückgang seit etwa 30 *markanter* als bis dahin.

¹¹ <http://www.wetteronline.de/wotexte/redaktion/lexikon/walliser.shtml>



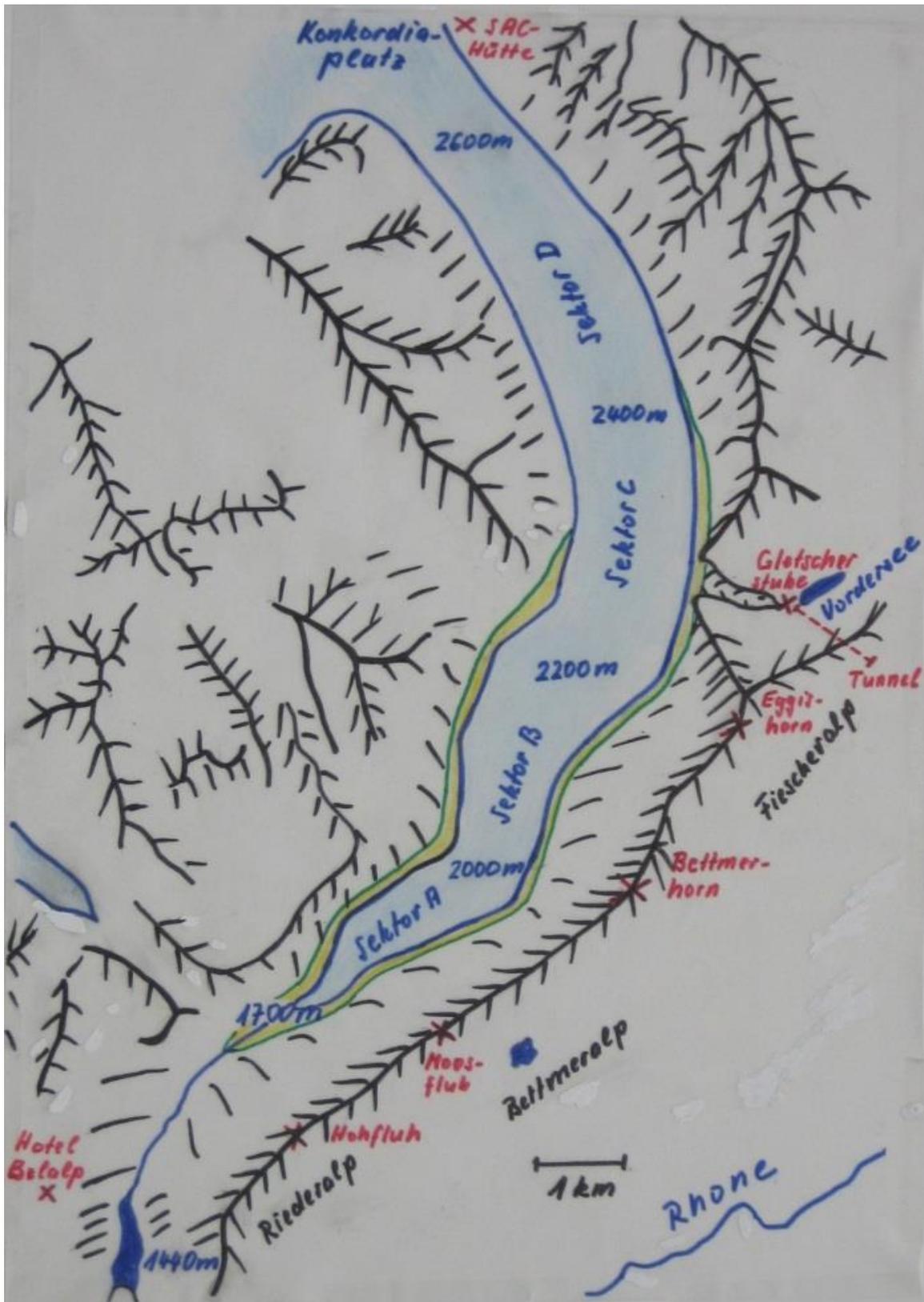
Quellennachweis für die *Diagramm 4* zugrunde gelegten Daten:

- Die Bevölkerungsdaten und Gebäudezahlen stammen vom Eidgenössischen Departement des Innern (EDI), Bundesamt für Statistik (BFS), Sektion Diffusion und Amtspublikationen (DIAM) Espace de l'Europe, 2010 Neuchâtel, aufgrund von Volkszählungen. Seit 2010 gilt eine neue, erweiterte Darstellung
- Die Gletscherdaten stammen aus den Gletscherberichten (1881 – 2009): „Die Gletscher der Schweizer Alpen“, Jahrbücher der Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), herausgegeben seit 1964 durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich, No. 1 – 126

<http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/glaciers/aletsch.html>

4. Die Situation beim Grossen Aletsch-Gletscher

Der Grosse Aletschgletscher kommt vom „Konkordia-Platz“ her (ca. 2700 m ü.M.), welcher vorab von der „Jungfrau“ dem „Mönch“ und dem „Fiescherhorn“ her mit Firneis gespeist wird. Er verläuft zunächst ungefähr in nord-südlicher Richtung, bevor er in südwestlicher Richtung in ein Paralleltal des Wallis abdreht. Er ist ca. 23 km lang und bis zu 900 m dick. Wie aus der Skizze auf Seite 8 ersichtlich, ist sein Verlauf weitgehend schlangenförmig. Und wie bereits im Diagramm 4 vorweggenommen, ist er seit 1870 längenmässig um rund drei Kilometer zurückgegangen. Der – wie gesagt in letzter Zeit verstärkte – Rückgang wird auch aus den beigefügten Bildern 1-1 bis 1-4 auf Seite 9 ersichtlich, wobei die erste Foto aus dem Jahre 1978 stammt. Dem Besucher sticht dabei ins Auge, dass der Gletscher insbesondere im untersten Teil kohlrabenschwarz ist.



Skizze Aletschgebiet

Sektor A: 12 % Steigung Sektor B: 8 % Steigung Sektor C: 7 % Steigung Sektor D: 6 % Steigung

Rückgang der Gletscherzunge beim grossen Aletsch-Gletscher



Bild 1-1: Stand 1978 ¹²

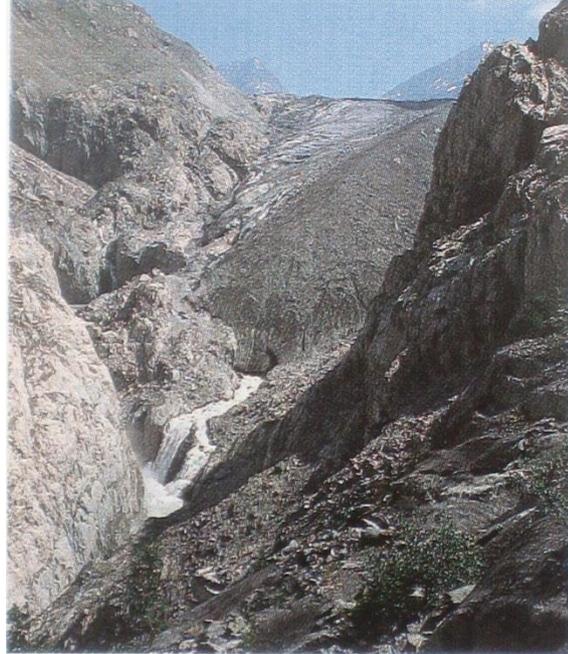


Bild 1-2: Stand 1987 ¹²

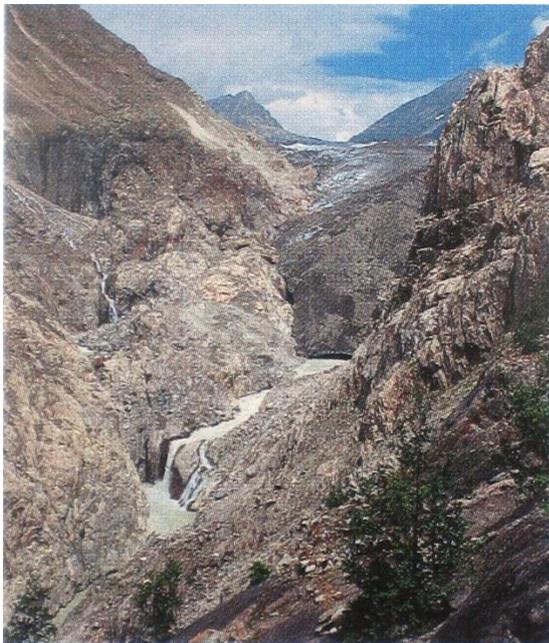


Bild 1-3: Stand 1995 ¹²



Bild 1-4: Stand 2012
(eigene Aufnahme, vom Hotel Belalp aus)

¹² L. Albrecht: Aletsch –Eine Landschaft erzählt. Aus der Reihe „Die Reichtümer der Natur im Wallis“, Departement für Umwelt und Raumplanung des Kantons Wallis, Rotten Verlags AG, Visp (1997), Seite 33

Abklärungen zum Rückgang des Aletsch-Gletschers (Kanton VS)

In der Skizze auf Seite 8 ist der Gletscher in einzelne Sektoren eingeteilt. Der Konkordiaplatz sowie der Bereich unmittelbar darunter liegt oberhalb von Sektor D und fällt für den vorliegenden Projektvorschlag ausser Betracht.

Der geographische Verlauf des Gletschers bringt es mit sich, dass die den Gletscher begrenzenden Seitenhänge in unterschiedlicher Weise der Sonne zugewandt sind. So ist zu erwarten, dass im Sektor A die nördliche Seite des Gletschers – und somit der Südhang des Bergs – einer stärkeren *Sonnenbestrahlung* ausgesetzt ist als die südliche. Was die überregionalen und kontinentalen *Windeinwirkungen* betrifft, so ist mit einem eher geringen Einfluss zu rechnen, da es sich im betrachteten Bereich um einen Talgletscher handelt. Im Quellbereich des Gletschers dürften sie jedoch einen bedeutenderen Einfluss haben, namentlich auch was die Niederschläge und die Schneefallgrenze betrifft.

Die Gletscherschmelze wirkte sich nicht nur längenmässig aus, sondern auch *dickenmässig*, was sich im markanten Absinken der Gletscherränder bemerkbar gemacht hat. So ist der Gletscher von der in Nähe des Vordersees bzw. des Märjelensees befindlichen „Gletscherstube“ aus nicht mehr direkt betretbar, sondern nur über einen ziemlich mühsamen Abstieg. Wie die Bilder 2 – 1 bis 2 – 6 (von unten/westlich nach oben/östlich aufgenommen) respektive 3 – 1 bis 3 – 4 (Grossaufnahmen) zeigen, sind die freigewordenen, einst vom Gletscher bedeckten und bis zu 200 m hohen Hänge von recht unterschiedlicher Natur, findet man doch nebst *massiven, abgeschliffenen Felsen* (Bilder 2 – 1, 2 – 2 und 2 – 3 sowie 3 – 1) auch *Geröllhalden* (Bilder 2 – 4, 2 – 5, 2 – 6 sowie 3 – 2 und 3 – 3). Auch die *Farben* der Felsen sind unterschiedlich, nicht selten aber rot-braun. (Bei den Aufnahmen waren die Lichtverhältnisse nicht immer gleich, da sie an verschiedenen Tagen und aus unterschiedlichen Perspektiven erfolgten, d.h. die Farbechtheit der Bilder ist nicht voll gewährleistet). Die Hänge sind auf der dem Wallis zugewandten Seite (also in Richtung der Riederalp, Bettmeralp und Fiescheralp) meist steiler als auf der Gegenseite. Dementsprechend ist der Abstieg von der Riederfurka zur Hängebrücke steiler als der derjenige von der – von Naters via Blatten zugänglichen - Belalp her. Wie aus den Bildern 4 – 1 bis 4 – 5 ersichtlich, ist das Gebiet unterhalb des Gletschers (wo sich auch die Hängebrücke befindet) meist zerklüftet und mitunter schluchtartig, weist aber auch flachere Felsbereiche auf (Bild 4 – 2). Der Gletscherabfluss mündet weiter unten in den Gibidum-Stausee, der beidseits von steilen Hängen flankiert wird.

Zugänglich ist der Gletscher einzig vom Gebiet des Märjelensees aus, wobei ein Tunnel vom „Oberen Tälli“ aus zur „Gletscherstube“ führt. Allerdings ist die Zufahrtsstrasse von der mit einer leistungsfähigen Seilbahn erreichbaren Fiescheralp her recht holprig.

Die Bilder 5 – 1 bis 5 – 12 zeigen den Gletscher in jenem Gebiet (Sektor C) sowie die Beschaffenheit des angrenzenden Hanges. Anders, als es bei einem Fluss der Fall wäre, fällt der Gletscher gegen den Rand hin augenscheinlich ab, d.h. er wird dünner. Dies lässt den Schluss zu, dass die Hänge einen wesentlichen Einfluss auf das Abschmelzen des Gletschers haben, vermutlich am stärksten in ihrem untersten Bereich. Insbesondere bei der Nahaufnahme der Oberfläche (Bild 5 – 8) wird ferner ersichtlich, dass die dunkle „Gletscherdecke“ hauptsächlich aus Kies besteht, das – also Folge seiner verstärkten Erwärmung – in Vertiefungen des Eises liegt und dessen Oberfläche dadurch entglättet. Sie dürften relativ leicht entfernbar sein, zumindest im Sommer. Wie die Gletscherdecke im untersten Bereich – also namentlich in Sektor A – aussieht und wie die Moränen beschaffen sind, lässt sich derzeit jedoch nicht sagen.

Bilderserie 2 und 3: Nordflanke des Aletschgletschers (unterer Teil)



Bild 2 – 1, Standort Bettmerhorn



Bild 2 – 2, Standort Bettmerhorn



Bild 2 – 3, Standort Bettmerhorn



Bild 2 – 4, Standort Bettmerhorn



Bild 2 – 5, Standort Bettmerhorn



Bild 2 – 6, Standort Bettmerhorn



Bild 3 – 1 (Vergrößerung von Bild 2 – 3, Standort Bettmerhorn)



Bild 3 – 2 (Vergrößerung von Bild 2 – 4, Standort Bettmerhorn)



Bild 3 – 3, Standort auf Gletscher (unterhalb Märjelensee)



Bild 3 – 4, Standort Bettmerhorn

Abklärungen zum Rückgang des Aletsch-Gletschers (Kanton VS)



Bild 4 – 1 (Quelle: Internet)



Bild 4 – 2 (Quelle: Internet)



Bild 4 – 3 (Quelle: Internet)



Bild 4 – 4 (Quelle: Internet)



Bild 4 – 5



Bild 5 - 1



Bild 5 - 2



Bild 5 – 3



Bild 5 - 4



Bild 5 – 5



Bild 5 - 6



Bild 5 - 7



Bild 5 - 8



Bild 5 – 9



Bild 5 - 10



Bild 5 – 11



Bild 5 – 12 (auf Anhöhe)

5. Schlussfolgerungen

Der Haupteinfluss für den beängstigenden und in letzter Zeit noch beschleunigten Gletscher-rückgang ist sicherlich bei der weltweiten Temperaturerhöhung zu suchen, die sich auch im Wallis (Messpunkt Sitten) nachweisen lässt. Sie hat ihre Ursachen zu einem guten Teil in *Fernwirkungen*, welche kurzfristig nicht beeinflussbar sind. Nebst rein natürlichen Schwankungen sind *anthropogene Einflüsse* wahrscheinlich, wobei zu bemerken ist, dass die reine, von der Zivilisation völlig unbehelligte Natur nirgends mehr existiert. Ob der anthropogene Einfluss vorwiegend oder gar ausschliesslich auf den steigenden *Kohlendioxid-Gehalt* der Luft und einen damit in Verbindung gebrachten sog. *Treibhauseffekt* zurückzuführen ist, muss indessen bezweifelt werden. Vielmehr ist anzunehmen, dass auch *die zivilisatorisch bedingte Veränderung der Erdoberfläche* - u.a. gekennzeichnet durch eine tendenzielle Verdunklung und damit eine Verringerung der sog. *Albedo*, d.h. ihres Reflexionsvermögens – einen grossen wenn nicht dominanten Einfluss hat. Ein schlüssiger Nachweis im globalen Rahmen scheint indessen angesichts der Komplexität und der Divergenz der zahlreichen bisher vorgebrachten Rechenmodelle nicht möglich. Ausserdem ist in Frage zu stellen, ob ein globaler Mittelwert der Temperatur - sofern es einen solchen überhaupt gibt – das richtige bzw. einzige Mass zur Erfassung von Klimaveränderungen ist, scheinen doch vielmehr *lokale, zu Druckveränderungen und damit zu vermehrten Turbulenzen führende Temperaturunterschiede* von erheblicher Bedeutung. Immerhin lässt sich am Beispiel des Bezirks Brig zeigen, dass die Bevölkerung wie auch die Überbauung während der letzten hundert Jahre parallel zum Gletscherschwund zugenommen hat. Unbestreitbar und schon länger bekannt ist ausserdem das Vorkommen von »Wärme-Inseln« als Folge von urbanen Überbauungen. Es liegt daher nahe, analoge Effekte im Nahbereich von Gletschern – namentlich von Talgletschern wie im Falle des Aletsch-Gletschers - anzunehmen, auch wenn diese derzeit nicht quantifizierbar sind. Auch hier sind die Einflüsse jedoch komplex und dürfen nicht allein auf die Wirkung der direkten Sonnenstrahlung zurückgeführt werden. Aufgrund der vorgenommenen Abklärungen sind folgende *drei Hauptfaktoren* wahrscheinlich, welche im Prinzip künstlich beeinflussbar sind:

- Vor allem im Bereich der Gletscherzunge sticht die *Schwarzfärbung der Oberfläche* aufgrund von Schmutz und Geröll ins Auge. Sie tritt lediglich im Sommer in Erscheinung, denn im Winter ist sie mit Schnee überdeckt. Diese Schwarzfärbung führt zu einer Erwärmung der Oberfläche und daher zu einem verstärkten Abschmelzen. Nur schon aus ästhetischen Gründen scheint ihre Behebung als vordringlichste Massnahme geboten.
- Wichtige Schmelzfaktoren sind sicher auch *Wind* und *Regen*, wobei letzterer auch als fließendes Gewässer von den seitlichen Hängen her in Erscheinung treten kann. Während sich der Wind wohl kaum beeinflussen lässt, sind beim Wasser die Einwirkungsmöglichkeiten grösser, sei es durch eine Verbesserung der Abflusswege oder sei es durch eine Behinderung der Zuflüsse.
- Die teils *dunkel gefärbten Fels-Flanken* adsorbieren bei Sonnenlicht relativ viel Wärme und strahlen diese anschliessend wieder Richtung Gletscher ab, sei es während des Lichteinfalls selber oder anschliessend auch nachts. Ob es möglich ist - und wie viel es allenfalls bringt -, die exponiertesten Stellen im untersten, gletschernahen Bereich farblich aufzuhellen, müsste noch genauer abgeklärt werden, wobei das natürliche Erscheinungsbild wie auch das Biotop nicht in Mitleidenschaft gezogen werden dürfte.