

Wissen

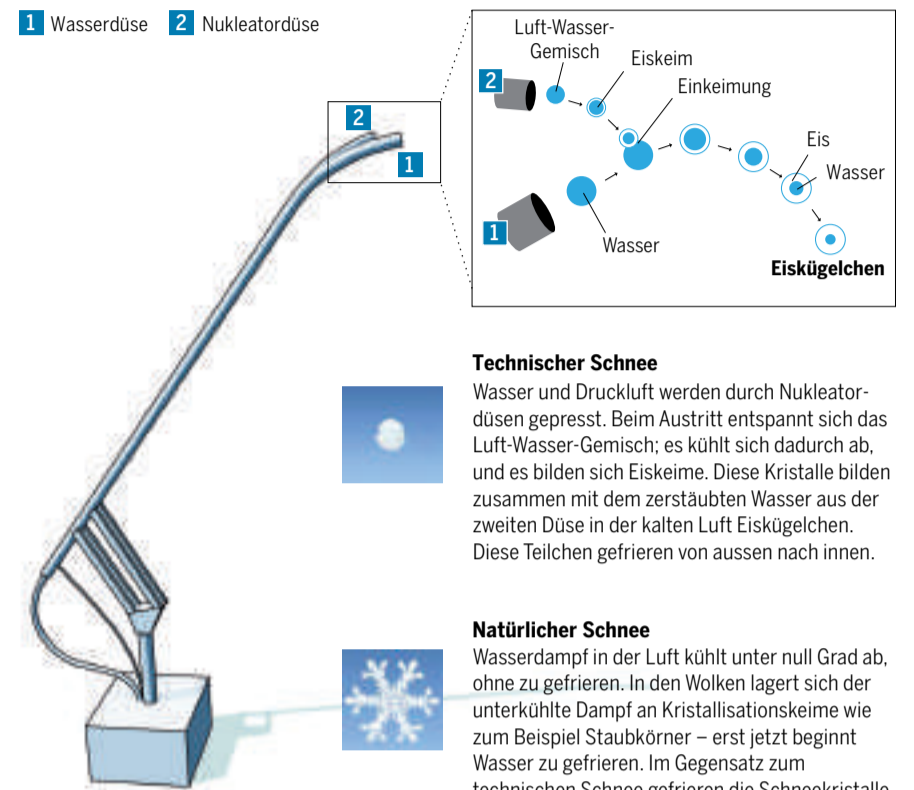
Kunstschnee



Beschneigungssysteme sollen künftig weniger Ressourcen verpulvern. Foto: Michael Gruber (Freshfocus)

Funktion einer Schneilanze

1 Wasserdüse 2 Nukleatordüse



Technischer Schnee

Wasser und Druckluft werden durch Nukleatordüsen gepresst. Beim Austritt entspannt sich das Luft-Wasser-Gemisch; es kühlt sich dadurch ab, und es bilden sich Eiskeime. Diese Kristalle bilden zusammen mit dem zerstäubten Wasser aus der zweiten Düse in der kalten Luft Eiskügelchen. Diese Teilchen gefrieren von aussen nach innen.

Natürlicher Schnee

Wasserdampf in der Luft kühlt unter null Grad ab, ohne zu gefrieren. In den Wolken lagert sich der unterkühlte Dampf an Kristallisationskeime wie zum Beispiel Staubkörner – erst jetzt beginnt Wasser zu gefrieren. Im Gegensatz zum technischen Schnee gefrieren die Schneekristalle von innen nach aussen.

TA-Grafik mt / Quelle: Fachhochschule Nordwestschweiz

Viel Schnee, wenig Energie

Die Rezepte der Schneemacher werden immer besser. Bereits werden Schneilanzten entwickelt, die ohne Stromversorgung auskommen.

Von Walter Jäggi

Die künstliche Erzeugung von Schnee beruhte seit den ersten zufälligen Entdeckungen in den Fünfzigerjahren auf dem Prinzip von Versuch und Irrtum. Man spritzte Wasser in die kalte Winterluft und bekam Schnee – oder auch nicht.

Da Kunstschnee nicht aus Flocken, sondern aus gefrorenen Wassertropfen besteht, machten sich die Schneemeister – die Fachleute an den Schneekanonen – mit der Zeit eine Erkenntnis der Meteorologen zur Entstehung von Regen zu nutze: Ein feiner Nebel aus winzigen Tropfen, nur Tausendstelmillimeter gross, liefert Keime, an denen sich die Wasserteilchen anlagern, die von einer zweiten Düse ausgeschleudert werden. Es bilden sich bis zu zwei Millimeter grosse Tropfen, die auf ihrem kurzen Flug durch die Luft von aussen nach innen vereisen. Die Schneequalität hängt vor allem von der Luftfeuchtigkeit und von der Temperatur ab.

Beschneit werden kann mit mobilen Propellermaschinen oder mit stationären Schneilanzten. Da immer mehr Pisten mit Kunstschnee besprüht werden,

ist das Interesse der Pistenmacher an effizienten Schneekanonen gross. Die physikalischen Vorgänge beim Übergang vom Wasser zum Eiskorn wurden weltweit erstmals mit wissenschaftlichen Methoden an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch untersucht. Kurt Heiniger, Professor für Thermodynamik und Fluid-Engineering, ein Experte für die Wasserstrahltechnologie, entwickelte zusammen mit Fachleuten des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) eine Schneilanze, die gegenüber den konventionellen Modellen nur ein Fünftel der Druckluft und damit des Stroms verbraucht. Unter dem Namen Nussy wird sie vom kleinen Schweizer Hersteller Bächler angeboten und verkaufte sich ganz gut, wie Bruno Koch, einer der Geschäftsführer, sagt.

Die Energie des Wassers nutzen

Kurt Heiniger war mit Nussy noch nicht zufrieden. In seinem Labor wurde die sparsame Schneilanze weiterentwickelt bis zu einem Nullenergetyp, der ganz ohne Stromversorgung auskommt. «Wir nutzen die Energie, die im Wasser

steckt», erklärt Heiniger. Wenn das Wasser aus einem mehrere Hundert Meter höher gelegenen Reservoir oder Speicherbassin kommt, ist genügend Druck vorhanden, um die Schneilanze stromlos zu betreiben. Das spart Betriebskosten, vor allem aber erübrigt sich das aufwendige Verlegen von Leitungen für Druckluft und für Strom. Im Einsatz ist die zweite Schneilanzengeneration allerdings noch nicht.

Die Entwicklung von Kunstschneeanlagen ist nicht nur in der Schweiz von Interesse. Der grosse Südtiroler Seilbahn- und Pistenmaschinenhersteller Leitner ist am europäischen Forschungsprojekt EcoArtiSnow beteiligt, an dem auch ein Fraunhofer-Institut und die Toggenburger Bergbahnen mitarbeiten. Erste Prototypen sind im Toggenburg schon gelaufen, das Projekt dauert bis 2014.

Die Leitungsnetze für Wasser, Druckluft und Strom sind der kostspieligste Teil jeder Beschneigungsanlage. Pro Kilometer beschneiter Piste ist mit Investitionen von rund einer Million Franken zu rechnen. Die teuren Speicherseen, Reservoirs, Pumpen und Wasserrohre

könnten auch im Sommer genutzt werden. Es liessen sich Kleinwasserkraftwerke oder sogar kleine Pumpspeichersysteme in die bestehenden Infrastrukturen integrieren. Leider, sagt Roland Zegg, Chef des Beratungsbüros Grischconsulta, werden diese Chancen in der Schweiz noch kaum genutzt. Ganz im Gegensatz zu Österreich, wo einige Skigebiete bereits mehr Strom produzieren, als sie selber brauchen, und damit ihre stark vom Winterwetter abhängige Bilanz aufpolieren können.

Wasser wird zwischengelagert

Die Bereitstellung von Wasser ist bei der Schneeherstellung das grössere Problem als die Stromversorgung. Ohne Quellfassungen, Sammelbecken, Reservoirs, Pumpstationen und Leitungen geht es nicht. Für zwei bis zweieinhalb Kubikmeter Schnee wird ein Kubikmeter Wasser benötigt, daran lasse sich mit aller Technik nichts ändern, sagt Bruno Koch vom Schneilanztenhersteller Bächler, betont aber auch: «Verbraucht wird das Wasser nicht, es wird sozusagen zwischengelagert bis zur Schneeschmelze.»

Geografisch wären Skigebiete für die Nutzung erneuerbarer Energien prädestiniert: Gefälle für die Wasserkraft, Sonnenschein für die Fotovoltaik, Wind für Windräder und elektrische Installationen sind vorhanden. Die Hindernisse seien politischer und nicht technischer Natur, sagt Zegg. Einige Schweizer Beispiele gibt es immerhin mit den Wasserwerken von Flims und von Samnaun oder mit dem kleinen Solarskilift von Tenna GR und dem von Solarzellen versorgten Bergrestaurant Klein Matterhorn in Zermatt. «Möglich wäre viel mehr», meint Zegg.

Ausser Propellermaschinen und Schneilanzten gibt es für die Schneeherstellung noch andere Verfahren, die aber zu teuer sind. Eine israelische Firma beispielsweise baut den Snowmaker, der in einzelnen Skigebieten zum Einsatz kommt. Er kann auch bei hohen Temperaturen Schnee produzieren. In Zermatt wird er benötigt, um vor dem Wintereinbruch die Piste am zurückweichenden Theodulgletscher bis zur Station Trockener Steg zu verlängern.

Pistenbauer ziehen Kunstschnee dem Naturschnee vor

Bergbahnbetriebe haben Potenzial, mehr Energie zu sparen.

Von Walter Jäggi

Die Winter sind schneearm geworden, Schneegarantie gibt es auch in höheren Lagen oft nur noch mit technischer Hilfe. Die Pistenfläche, die künstlich beschneit wird, wächst in der Schweiz von Jahr zu Jahr. Von 5 Prozent der Pisten im Jahr 2000 auf 39 Prozent im letzten Winter. Damit dies bei gleichbleibendem Einsatz von Energie und Betriebskosten möglich ist, müssen die Schneemeister – die Fachleute an den Schneekanonen – immer effizienter arbeiten.

15 Prozent unnötiger Verbrauch

Bei den Bergbahnen liege ein Energiepotenzial von rund 15 Prozent brach, sagt der Ingenieur Roland Zegg, Inhaber des Beratungsbüros Grischconsulta. Seine Firma führt dieses Jahr im Auftrag des Bundesamtes für Energie erstmals das Programm Prokilowatt

durch, das den Bergbahnen zu einer Senkung des Stromverbrauchs verhelfen soll. 250 Förderanträge von Bahnunternehmen seien eingegangen, womit sich pro Jahr 2 Gigawattstunden Strom einsparen lassen, so viel, wie 600 Haushalte verbrauchen.

Die 1749 Seilbahnen und Skilifte in der Schweiz konsumieren jährlich etwa 180 Gigawattstunden Strom. Das sieht nach viel aus, entspricht aber nicht einmal 3 Promille der Schweizer Stromproduktion. Auch wenn der Verbrauch an Dieseltreibstoff für die Pistenfahrzeuge dazugezählt wird, gehört der Sektor nicht zu den ganz grossen Energieverbrauchern. Gut die Hälfte des Stromverbrauchs geht auf das Konto der Bahnen, ein Drittel beanspruchen die Beschneigungssysteme, den Rest vor allem die Gastronomie.

Beschneigung ist heute Standard in den Wintersportgebieten. Wobei an vielen Orten lieber von technischem Schnee als von Kunstschnee gesprochen wird. Im Gegensatz zum künstlichen Schaufenster- oder Theaterschnee aus

Kunststoff sei der technische Schnee echt, weil aus reinem Wasser, lautet die Erklärung.

Naturschnee leistet weniger

Schnee zu produzieren, wie ihn die Natur liefert, ist auch möglich. Am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) steht ein Gerät, das sogenannten naturidentischen Schnee erzeugt. Allerdings nur in kleinen Mengen für Forschungszwecke. Grosstechnisch kann kein solcher Schnee hergestellt werden. «Das ist auch gar nicht gewünscht, technischer Schnee eignet sich für den Bau einer Skipiste besser als Naturschnee und erfordert einen geringeren Einsatz der Pistenmaschinen, was Betriebskosten, Energieaufwand und auch den CO₂-Ausstoss senkt», sagt Hansueli Rhyner, Leiter der Forschungsgruppe Industrie- und Schneesport des SLF.

Der maschinell hergestellte Schnee hat eine Dichte von rund 500 Kilogramm pro Kubikmeter und ist mehr als doppelt so schwer wie ein lockerer Neuschnee. Wenn die Schneedecke dann einige Zeit

gelegen ist und von den Pistenmaschinen traktiert wurde, nähert sich die Dichte des Naturschnees derjenigen des technischen Schnees an. Die beiden Schneearten lassen sich auch gut mischen, wenn schon genug Schnee gefallen ist, braucht es die Beschneigung nur noch zum Schliessen von Lücken. Wie viel Energie für das Beschneien letztlich aufgewendet werden muss, hängt schlicht und einfach vom Wetter ab. «Der Unterschied kann von Winter zu Winter 300 bis 400 Prozent ausmachen», sagt Roland Zegg.

Einfluss auf Vegetation

Der Boom der Beschneigungsanlagen in den letzten Jahren rief auch Kritik hervor. Mit mehreren Studien haben die Forscher des SLF den Einfluss auf Vegetation und Boden untersucht. «Der grösste Eingriff sind die Planierungsarbeiten des Untergrundes, gleichgültig ob dann die Piste aus Naturschnee oder aus Kunstschnee gebaut wird», sagt Hansueli Rhyner. Die zusätzliche Schneelaufgabe der Kunstschneepiste kann für

die Vegetation eher ein Schutz als ein Schaden sein. Wenn nämlich die Skifahrer über apere Stellen auf Naturschneepisten rutschen, können sie Pflanzen und Boden beschädigen. Einen Einfluss auf die Natur hat die künstliche Beschneigung im Frühling. Da beschneite Pisten später abtauen, verändert sich unter Umständen die Zusammensetzung der lokalen Pflanzengesellschaft.

Weiterhin umstritten – und in vielen Ländern verboten – ist der Einsatz von Hilfsmitteln. Bekannt wurde vor allem Snomax, das aus inaktiviertem Bakterienmaterial besteht und die Schneeherstellung auch bei höheren Temperaturen sicherstellen soll. Während die einen Schneemeister drauf schwören, haben andere keinen Nutzen dieses Zusatzstoffs festgestellt. «Möglicherweise liegt es an der Wasserzusammensetzung, aber untersucht hat das noch niemand», sagt Hansueli Rhyner. Einen starken Einfluss auf die Vegetation sieht das SLF in Snomax nicht, Eiskristalle seien aber ohnehin die besseren Nukleationskeime.