

Schlussbericht

Grundlagen für den Energie-effizienten Betrieb von Eisbahnen



Experten

L. Bertozzi, Ingenieurbüro, Chur
M. Brunner, Bundesamt für Energie, Bern
R. Keller, a. Zentralpräsident GSK, Effretikon
A. Mörikofer, Bundesamt für Energie, Bern
H.P. Nützi, Bundesamt für Energie, Bern
A. Rindisbacher, Sulzer Fritherm, Winterthur
A. Sigrist, Wettstein AG, Gümliigen
D. Wegmüller, Ingenieurbüro, Klosters
H. Zehnder, Geschäftsführer GSK, Sektion D-Schweiz

Moderation

T. Lang, K.M. Marketing, Winterthur

Winterthur 20. Februar 2001

Weitere Informationen:

H. Zehnder, GSK Geschäftsführer 01 – 853 34 00
T. Lang, K.M. Marketing 052 – 213 10 35

Das Projekt wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie ausgearbeitet. Für den Inhalt sind ausschliesslich die Autoren verantwortlich.

EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen – Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 ✉ office@bfe.admin.ch 🌐 www.energie-schweiz.ch

BBL-EDMZ Bestellnummer 805.227d

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Vorgehen	4
2.1	Welches sind die technisch richtigen Lösungen?	4
2.2	Wer macht was?	4
2.3	Erarbeitung der Umsetzungsmittel.....	4
3.	Zusammenstellung der Expertengruppe	5
4.	Expertengespräche	5
5.	Stellenwert des Dokuments	5
6.	Erläuterungen der Massnahmen	6
6.1	Massnahmen und Beschreibung	6
6.2	Energie-Spar-Potential	6
6.3	Kosten.....	6
6.4	Akteure	6
7.	Massnahmen für einen Energie-effizienten Betrieb von Eisbahnen.....	7
1.	Betrieb	7
2.	Technik	14
2.1	Kältetechnik	14
2.1.1	Kälteerzeugung	16
2.1.2	Kältemittel.....	18
2.1.3	Kälteträger	19
2.2	Lüftungstechnik.....	20
2.3	Elektrotechnik	21
3.	Bauliche Massnahmen	22
8	Pistensysteme - Grobklassifizierung	24

1. Einleitung

In der Schweiz gibt es rund 140 Eisbahnen. Es wird geschätzt, dass diese für Wasser und Energie jährlich 19 Millionen Franken ausgeben. Eine Reduktion des Wasser- und Energieverbrauchs von 10% bringt somit beachtliche Kosten- und Ressourcen-Einsparungen mit sich.

Die Energie-Effizienz von Eisbahnen kann einerseits im Betrieb verbessert werden (Betriebsoptimierung), andererseits sind Sanierungen und Neubauten, günstige Momente um diese zu verbessern. Rund die Hälfte der Anlagen ist älter als 20 Jahre alt. Es wird geschätzt, dass von diesen Anlagen – aufgrund der Sanierungs-Intervalle - jährlich zwei bis fünf Anlagen saniert werden.

Die Eisbahnen sind zu 80 – 90% in einer Trägerschaft eingebettet, die durch Betriebsbeiträge der öffentlichen Hand unterstützt wird. Somit hat die öffentliche Hand direkt oder indirekt ein Interesse, die Kosten und den Ressourcen-Verbrauch zu senken.

Da die Eisbahnen ein homogenes Segment bildet (kleine Gruppe, ähnlich gelagerte Energie-Problematik, erheblicher Energieverbrauch), hat das Bundesamt für Energie zusammen mit der Gesellschaft der Schweizer Kunsteisbahnen (GSK) beschlossen, im Bereich der Eisbahnen in enger Zusammenarbeit Lösungen aufzuzeigen, wie ein Energie-effizienter Betrieb aussehen könnte.

Das vorliegende Dokument gilt für alle Eisbahnen (Hallen und Aussenanlagen). Es ist jedoch zu beachten, dass Spezialfälle oder Eigenheiten verschiedener Eisbahnen nicht berücksichtigt werden konnten.

Das Energie-Spar-Potential und die Kosten der Massnahmen können je nach Art, Lage und Zustand der Eisbahn unterschiedlich gross sein.

2. Vorgehen

Das Bundesamt für Energie hat zusammen mit der GSK ein schrittweises Vorgehen gewählt.

2.1 Welches sind die technisch richtigen Lösungen?

In einer ersten Phase sollen zusammen mit einer Expertengruppe die Grundlagen für den Energie-effizienten Betrieb der Anlage geklärt werden.

2.2 Wer macht was?

Mit einer Umfrage bei den Kunsteisbahn-Betreibern wurde 1999 abgeklärt, wer welche Möglichkeiten hat, einen Energie-effizienten Betrieb der Anlage zu schaffen.

2.3 Erarbeitung der Umsetzungsmittel

In einem letzten Schritt sollen die Hilfsmittel für die einzelnen Akteure ausgearbeitet werden. Die Hilfsmittel werden aus den Ergebnissen „Welches sind die technisch richtigen Lösungen?“ und „Wer macht was?“ zielgruppengerecht erarbeitet.

Dieses Dokument ist der erste Schritt zur Antwort „Was ist die technisch richtige Lösung?“.

3. Zusammenstellung Expertengruppe

Die Expertengruppe wurde vom Bundesamt für Energie zusammengestellt. In ihr sollten Betreiber und Planer von Eisbahnen sowie wichtige Hersteller von Kältesystemen für Eisbahnen vertreten sein. Die Experten sind sich bewusst, dass sie nur eine Auswahl unter den Fachleuten darstellen. Es ist nie möglich, dass in einer Expertengruppe alle Fachkräfte mit hoher Fachkompetenz vertreten sind. Damit die Kompetenz möglichst vieler Fachleute in die Arbeit einfließen konnte, wurden weitere Fachleute im Rahmen einer Vernehmlassung einbezogen. Das Ergebnis der Vernehmlassung brachte qualitativ gute Anregungen, welche anschliessend in das vorliegende Dokument eingearbeitet wurden.

4. Expertengespräche

Die Expertengespräche zur Frage „Welches sind die technisch richtigen Lösungen?“ (Punkt 2.1) hat 1999 stattgefunden. Dabei wurden folgende Fragen geklärt:

- Welche Massnahmen kann man ergreifen, um eine Eisbahn möglichst Energie-effizient zu betreiben?
- Wie gross ist das Energie-Spar-Potential der Massnahme, wie viel kostet die Umsetzung und wer kann das machen?

In verschiedenen Workshops wurden gemeinsam „Massnahmen für einen Energie-effizienten Betrieb von Eisbahnen“ ausgearbeitet. Diese Massnahmen-Liste gliedert sich in drei Teile:

1. Betrieb
2. Technik
3. Bauliche Massnahmen

Die „Massnahmen für einen Energie-effizienten Betrieb von Eisbahnen“ erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr sollen sie eine Zusammenstellung der wichtigsten Massnahmen sein. Speziallösungen und Lösungen, welche erst mit zukünftigen Technologien ermöglicht werden können, sind nicht enthalten.

5. Stellenwert des Dokuments

Das Dokument ist eine Sammlung von technischen Aussagen zur rationellen Energienutzung bei Eisbahnen. Das Dokument ist nicht ein Leitfaden für die Umsetzung und hat auch keinen „Vorschrifts-Charakter“. Vielmehr soll es als Grundlage für allfällige – noch auszuarbeitende - Hilfsmittel dienen, welche im Rahmen von freiwilligen Energie-Spar-Massnahmen eingesetzt werden können.

6. Erläuterungen der Massnahmen

6.1 Massnahmen und Beschreibung

Die Liste enthält verschiedene Energie-Spar-Massnahmen. Mit einer Beschreibung der Problematik werden die einzelnen Massnahmen jeweils genauer erläutert.

6.2 Energie-Spar-Potential

Das Energie-Spar-Potential jeder Massnahme wurde einer der folgenden vier Kategorien zugeordnet:

+	kleines Energie-Spar-Potential
++	mittleres Energie-Spar-Potential
+++	grosses Energie-Spar-Potential
++++	hohes Energie-Spar-Potential

Diese Unterteilung soll eine grobe Übersicht geben, wie gross im Durchschnitt die Energie-Einsparung ist. Das Energie-Spar-Potential bezieht sich auf die effektive Energie-Einsparung (in kWh) und nicht auf die relative Einsparung (in Prozenten).

6.3 Kosten

Damit eine Massnahme hinsichtlich der notwendigen Finanzen für die Umsetzung beurteilt werden kann, wurde die Grössenordnung der erforderlichen Kosten, in vier Gruppen unterteilt, angegeben.

Eine grosses Energie-Spar-Potential garantiert nicht, dass die Massnahme auch wirtschaftlich ist. Darum wird empfohlen, für Investitionen von mehr als Fr. 10'000.- unbedingt einen Kosten/Nutzen-Vergleich zu erstellen.

6.4 Akteure

Wer ist in der Lage, das Potential einer Energie-Spar-Massnahme zu erkennen? Wer kann den Anstoss geben, dass die entsprechende Massnahme realisiert wird?

Damit die richtige Person (Akteur) beigezogen wird, zeigt die Massnahmen-Liste, welcher Akteur den Anstoss geben kann, resp. etwas machen müsste. Folgende Akteure sind aufgelistet:

B	= Betrieb (Betriebsleiter, Eismeister)
P	= Planer
K	= Kältespezialist
GSK	= Gesellschaft der Schweiz. Kunsteisbahnen
BFE	= Bundesamt für Energie

7. Massnahmen für einen energieeffizienten Betrieb von Eisbahnen

1. Betrieb

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
1.1	Ausbildung Eismeister verbessern	Eismeister verfügen meist nicht über einschlägige Vorkenntnisse in grundlegenden physikalischen, energetischen und regeltechnischen Kenntnissen. Dieses Basiswissen ist aber eine Voraussetzung, um eine Anlage selbständig zu führen und auch in energetischer Hinsicht zu optimieren.	+++	Förderung des Energiebewusstseins des Eismeisters, da dieser einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch der Gesamtanlage hat.	X			Betrieb GSK BFE
1.2	Energiestandards ermitteln, als Incentives benutzen	Generelle Kennziffern - besser aber noch individuelle Vorgaben für eine spezifische Anlage - erlauben es, bei neuen Führungssystemen die Energiekosten zu einem Beurteilungskriterium zu machen.	+++	1. Energieverbrauch detailliert erfassen 2. Mehrjahresvergleiche der Energieverbräuche und Energiekosten erstellen 3. allfällige Abweichungen mit dem Planer diskutieren und Ursachen suchen.	X			Betrieb BFE GSK Planer
1.3	Eisdicke minimieren	Je nach Anlage ist eine Eisdicke zwischen 3 - 4 cm das betrieblich notwendige Minimum. Höhere Eisdicken, wie sie oft aus Vorsichtsgründen üblich sind, bringen pro cm einen um 10 - 15 % höheren Energieverbrauch. Pro 1 cm übermässige Eisdicke verdampft die Anlage ~1K tiefer. Die Ziele sind je nach Pistenaufbau und klimatischer Exposition unterschiedlich auszuarbeiten.	+++	Automatisierte Eisdickenmessgeräte (direkt oder indirekt), würden hier eine wesentliche Hilfe und damit Energieeinsparungen bringen. Einbau von Massstäben in der Sockelleiste (pro Bahn 8 Stück) zur Visualisierung der Eisdicke.		X		Betrieb

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
1.4	Eistemperatur optimieren	<p>Optimale Eistemperaturen liegen zwischen -3.5 und -4.5°C. Viele Anlagen werden immer noch, auch wegen fehlender Mess- und Steuerungsmöglichkeiten, mit viel zu tiefen Temperaturen gefahren.</p> <p>Pistentemperaturen dem jeweiligen Tagesprogramm und Nichtbetriebszeiten anpassen</p>	+++	<p>Direkte oder indirekte Eistemperaturmessgeräte können hier die Aufgabe wesentlich erleichtern.</p> <p>Je nach Nutzungsart werden unterschiedliche Oberflächentemperaturen verlangt: Eisstock: -5°C Eishockey: -5 bis -3°C Eiskunslauf: -4 bis -1°C</p>	X			Betrieb
1.5	Optimierung der Wassertemperatur bei der Eisaufbereitung	Die Temperatur des Wassers, welches für die Eisaufbereitung eingesetzt wird, soll möglichst tief gehalten werden. Optimierte Wassertemperaturen bei der Eisaufbereitung bedeuten einen geringeren Energieverbrauch, da der Energieaufwand für das Erwärmen wie das Abkühlen des Wassers eingespart resp. reduziert wird.	++	Das zur Eisaufbereitung benutzte Wasser kann in der Regel bei geeigneten Eismaschinen direkt ab Netz bezogen werden und muss nicht nachgewärmt werden (die Wassertemperatur muss mindestens 20°C betragen).	X			Betrieb Planer

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
1.6	Betriebs- Öffnungszeiten	Gespräche mit sämtlichen Beteiligten in Bezug auf sinnvolle Öffnungszeiten.	++++	Bei ungünstigen Witterungen können sich Änderungen der Öffnungszeiten ergeben. Im Mittelland sind aus Sicht der Energie folgende Betriebszeiten sinnvoll: Ende Oktober bis Mitte März Vorgesehene Betriebszeiten vor Ende Oktober sollten bei warmer Witterung nach hinten verschoben werden (enormes Sparpotential) Werden von Beteiligten Betriebszeiten, zwischen Mitte März und Ende Oktober gefordert, empfiehlt es sich zusammen mit dem Planer auszurechnen, was das betriebswirtschaftlich bedeutet.	X			Betrieb Planer
1.7	Wasserqualität	Analyse und Bewertung der Rohwasserqualität	+	Ev. Wassermineralisierung oder der Einsatz von speziellen Zusätzen prüfen.	X			Betrieb
1.8	Betriebsgeräte	Alle Geräte zur Pflege und Unterhalt der Anlage.		Vor der Beschaffung von Betriebsgeräten ist ein entsprechendes Pflichtenblatt zu erstellen. Darin sind neben den technischen Eigenschaften, den Ansprüchen des Betreibers, auch Angaben zum direkten und indirekten Energieverbrauch zu machen.				

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.- mehr als 100'000.-	
1.8.1		Eisbearbeitungsgeräte	+	<p>In energetischer Hinsicht sind u.a. folgende Punkte speziell zu beachten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeiten zur Konstanthaltung der Eisdicke, u.a. Möglichkeiten zur Steuerung des Hobelmessers, des Wasserauftrags. • Notwendige Temperatur (möglichst tiefe Temperaturen) des Aufbereitungswassers für normale Pflegearbeiten. • Mögliche Zusatzfunktionen und Anbaugeräte, u.a. zum Eiswaschen, zur Randbearbeitung, zum Eisaufbau oder zur Eisoberflächenveränderung. • Kraftstoffart und durchschnittlicher Verbrauch. 				
1.9	Grundeis			<p>Mit Grundeis bezeichnet man die Eisschicht, welche nach dem Anlegen während der gesamten Betriebszeit nicht mehr bearbeitet wird.</p>				

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
1.9.1	Grundeisaufbau	Aufbau einer kompakten Grundeisschicht ohne Luftfinschlüsse und Verschmutzung.	++	Der Grundeisaufbau muss auf die Anlagenkonzeption abgestimmt werden. Es sind u.a. folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen: Witterungsverhältnisse, Exposition, Laubfall oder andere Verschmutzungsquellen, Art des Einfeldsystems (wasserdurchlässig/wasserundurchlässig, Art des Berührungssystems, Kälteübertragbarkeit, Art und Farbe des Deckbelages, Art und Dimensionierung des Unterbaus).	X			Betrieb
1.9.2	Weissen der Eisfläche.	Erstellen einer weissen, möglichst reflektierenden Eisfläche.	++	Für das weissen der Eisfläche können unterschiedliche Techniken und Materialien eingesetzt werden. Die angewendete Methode ist unter den oben erwähnten Gesichtspunkten zu bestimmen. Erfahrungen zeigen, dass der Detailpflege sehr grosse Bedeutung zukommt. Es empfiehlt sich, Erfahrungen mit Betreibern vergleichbarer Anlagen auszutauschen.	X			Betrieb

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
1.9.3	Markierung und Werbeeinlagen	Abstimmen auf die Rahmenbedingungen der jeweiligen Anlage.	+	Bei stark besonnten Aussenfeldern sind dunkle Eisenlagen zu vermeiden. In der Praxis haben sich bei der Spielfeldmarkierung für Eishockey folgende Massnahmen bewährt: Verwenden von speziellen Anspielunkten für Ausseneisbahnen (ohne rot ausgefülltem Mittelteil). Entlang der sonnenexponierten Banden Markierungen ca. 50 bis 100 cm vor der Bande absetzen. Markierungslinien sollten bei Überschneidungen mit einem Abstand von ca. 5 cm gegeneinander abgesetzt werden.	X			Betrieb
1.10	Deckeis			Mit Deckeis bezeichnet man die Eisschicht, welche durch die regelmässige Eisflächenpflege bearbeitet wird.				
1.10.1	Deckeisaufbau	Auf die jeweilige Anlage (u.a. Rahmenbedingungen und Vorgaben durch Benutzung) angepasster Aufbau des Deckeises.	+	Erfahrungen zeigen, dass der Detailpflege sehr grosse Bedeutung zukommt. Es empfiehlt sich, Erfahrungen mit Betreibern vergleichbarer Anlagen auszutauschen.	X			Betrieb
1.10.2	Eisflächenpflege	Auf die jeweilige Anlage (u.a. Rahmenbedingungen und Vorgaben durch Benutzung) angepasste Pflege des Deckeises.	++	Erfahrungen zeigen, dass der Detailpflege sehr grosse Bedeutung zukommt. Es empfiehlt sich, Erfahrungen mit Betreibern vergleichbarer Anlagen auszutauschen.		X		Betrieb
1.10.3	Qualitätskontrolle Eisaufbau und Eisflächenpflege	Qualitätskontrollen in Bezug auf den Zustand der Eisfläche (u.a. Eisdicke, Ebenheit, Oberfläche, Rissbildung, Reinheit).	++	Systematisches Erfassen der Eispflegemassnahmen in einem Journal. Um mögliche Verbesserungen für die nächste Saison zu erzielen, sind die Aufzeichnungen nach Abschluss der Betriebszeit auszuwerten.		X		Betrieb

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.-	
1.11	Föhnprogramm	Kältespeicherung vor Föhnbruch. Bei kürzeren Föhnphasen kann Abschmelzen kurzzeitig verhindert werden.	+	Manuelle Auslösung. Kann ohne SPS auch von Hand gefahren werden.	X			Betrieb
1.12	Regenprogramm	Ausnutzung der nassen Oberfläche als Isolation. Verhindern von unerwünschtem Eisaufbau.	+	Manuelle Auslösung. Kann ohne SPS auch von Hand gefahren werden.	X			Betrieb
1.13	Regelmässiger Unterhalt	Regelmässige Kontrollen/Unterhalt durch Fachfirma hält die Anlage in einwandfreiem Zustand.	++	Werterhaltung, optimale Ausgangslage für Betrieb.	X	X		Betrieb
1.14	Regelmässige Kontrollen der Anlage. Erfassen und Auswerten der Schlüsselwerte	Regelmässige Kontrollen der Eisqualität, der Betriebsparameter und der Kälteanlage.	+++	Unregelmässigkeiten werden frühzeitig erkannt.	X			Betrieb
1.15	Windschutz	Bandentore geschlossen halten, eventuell bauliche Massnahmen in Hauptwindrichtung	+	Wind = hoher Kälteverlust.	X			Betrieb
1.16	Bonus für Eismeister und Betriebsleiter für Energie-effizienten Betrieb der Anlage	Förderung des Energiebewusstseins.	+++	Der Bewertungsschlüssel muss ausgearbeitet werden. (Schwierigkeiten: viele unbeeinflussbare Faktoren, die eine korrekte Bewertung behindern).	X			Betrieb Planer
1.17	Jährliche Auswertung der Betriebsjournale	Anlagenveränderungen werden festgestellt und Massnahmen können ergriffen werden. Verdampfungstemperatur, Kondensationstemperatur, Stromaufnahme der Elektro Verbraucher.	++	Hochhaltung der Anlagenleistungszahl, Kondensatorenreinigung, etc. Bei Neuanlagen wird empfohlen, im Pflichtenheft des Planers festzulegen, dass dieser einen Vorschlag ausarbeiten muss, wie die unterschiedlichen klimatischen und betrieblichen Einflüsse bewertet werden sollen.	X			Betrieb Planer

2. Technik

Die Haustechnik (Heizung, Lüftung, Kälte, Sanitär, Elektro) ist im Zusammenhang des gesamten Energiebedarfs zu betrachten, damit eine effiziente Energienutzung und somit Kostenreduktionen gewährleistet bzw. garantiert werden können.

2.1 Kältetechnik

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.-	
2.1.1	Leitsystem zur Optimierung und Überwachung	Die meisten bestehenden Anlagen weisen nur eine sehr rudimentäre regel- und überwachungstechnische Ausrüstung auf. Moderne Leitsysteme gestatten es, die Eisemperatur zu optimieren, unnötige Vorkühlungen zu vermeiden und den Einsatz der Kühlaggregate zu optimieren.	+++	Die Handhabung eines Leitsystems ist zu schulern. Nur bei richtiger Handhabung erfolgt ein optimaler Betrieb.			X	Planer Kältespezialist
2.1.2	Kühlwassertemperatur reduzieren	Für den Wirkungsgrad der gegebenen Kühlaggregate ist die Temperatur des verfügbaren Kühlwasserkreislaufes entscheidend. Diese ist bei einer Anlage oft gegeben, kann in Einzelfällen jedoch gesenkt werden.	+++			X		Planer Kältespezialist
2.1.3	Maschinenkühlwasser nutzen	Viele Kühlaggregate sind wassergekühlt, das Kühlwasser kann in einem geschlossenen Kreislauf gekühlt werden. Meist billiger und einfacher ist die Verwendung des ca. 25°C warmen Wassers, z.B. für das Waschwasser der Eismaschinen.	+			X		Planer Kältespezialist

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.- mehr als 100'000.-	
2.1.4	Abwärmennutzung über Enthitzer / Ölkühler	Enthitzerwärme kann meist direkt, ohne grossen finanziellen oder technischen Aufwand genutzt werden, zur Einspeisung in den Heizkreislauf oder die Warmwasseraufbereitung.	++	Mit dem Enthitzer/Ölkühler kann in der Regel bis zu 60°C warmes Warmwasser gemacht werden. Ca. 10% der gesamten Abwärme kann vom Enthitzer/Ölkühler genutzt werden.	X			Planer Kältespezialist
2.1.5	Abwärmennutzung mit Wärmepumpe	Die Nutzung der reichlich anfallenden Abwärme ist eine Frage der verfügbaren Abnehmer, der Temperaturniveau und der Gleichzeitigkeitsfaktoren. Generelle Aussagen sind damit nicht möglich. Bei neuen Anlagen oder bei grösseren Sanierungen sollte immerhin erreicht werden, dass der Eigenbedarf der Anlage zumindest solange die Aussentemperaturen über 0°C liegen, aus der Abwärme gedeckt werden kann.	+ bis ++++		X			Planer
2.1.6	Einsatz von mindestens zwei Kompressoren	Teillastbetrieb von Kompressoren ist zu vermeiden, da Kompressoren, die im Teillastbetrieb arbeiten, tiefe Leistungszahlen haben. Durch eine Aufteilung des Leistungsbedarfs auf mindestens 2 Verdichter wird ein Teillastbetrieb minimiert.	++	Werden statt einem grossen Kompressor zwei kleine eingesetzt, erhöht sich auch die Betriebssicherheit.			X	Planer Kältespezialist

2.1.1 Kälteerzeugung

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten				Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.	mehr als 100'000.	
2.1.1.1	Maschinen	Untersuchung Leistungsziffer / Leistung	++	Analyse der älteren Maschinen. Bei neuen Anlagen: Queranalyse mit Punkt 2.1.3.	X				Kälte-spezialist Planer
2.1.1.2	Maschinen / Motoren	Motorenauslegung	++	Wirkungsgrad der Motoren, keine lineare Funktion.	X	X	X		Planer
2.1.1.3	Verdampfer	Auslegung / Temperaturen	+++	Anlagenabstimmung, Wahl der Arbeitstemperaturen. Eine grosszügige Dimensionierung zahlt sich aus (höhere Investitionen, aber geringere Betriebskosten).	X	X	X		Betrieb Kälte-spezialist
2.1.1.4	Absorptions-Anlage	Erzeugung der Kälte aus einer Abwärmquelle, dazu ist jedoch ein Austausch der Kältemaschine notwendig.	+++	Nur sinnvoll, wenn Abwärme von KVA oder Industrie vorhanden ist.		X		X	Planer
2.1.1.5	Kondensation	Auslegung / Temperaturen	+++	Optimieren der Arbeitstemperatur. Unterhalt / Pflege der Anlage. Tieferer Kondensationsdruck der Anlage = kleinerer Kraftbedarf. Eine grosszügige Dimensionierung und regelmässige Reinigung zahlt sich aus (höhere Investitionen, aber geringere Betriebskosten).	X				Betrieb Aus-bildung

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	mehr als 100'000.-	
2.1.1.6	Abwärmennutzung	<p>Einbindung in Nahwärmenetz</p> <p>Einbau eines:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enthitzers (Wasser bis ca. 60°C) - Ölkühlerabwärme (Wasser bis ca. 60°C) - Unterkühlers (Speisung der Frostschutzheizung) - WRG - Kondensators (Wasser bis ca. 30°C) 	<p>++++</p> <p>++</p> <p>++</p> <p>+</p> <p>+++</p>	<p>Niedertemperatur-Systeme mit WP-Nachrüstung bzw. anpassen an die Temperatur-Niveaus der WP.</p> <p>Mögliche Abwärmennutzungen je nach Temperatur für:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Warmwasser - Warmwasservorwärmung - Heizung - Schmelzgrube 		X		Planer
2.1.1.7	Gesamtanlage	<p>Richtige Abstimmung. bzw. Optimierung nach jeder jährlichen Inbetriebsetzung</p>	++++	<p>Datenauswertung und Anpassung mit den Spezialisten, Hilfestellung für Betriebspersonal. Querverweis auf Massnahmen der Aussenbahnen.</p>	X			Planer Aus- bildung

2.1.2 Kältemittel

Als Kältemittel versteht man das Medium, das im Kältekreislauf (Kompressor, Kondensator, Verdampfer und Entspannungsventil) zirkuliert. Das Kältemittel wird bei Eisbahnen in zwei Systemtechniken eingesetzt.

System I Direktverdampfung (Direkte Kühlung der Eisplatte mit Kältemittel in der Pistenbohrung

Bei Eisbahnen mit Direktverdampfung zirkuliert das Kältemittel in der Pistenbohrung (Ist der Verdampfer der Kälteanlage) und kühlt die Eisplatte ab.

System II Indirekte Kühlung der Eisplatte mit Kälte Träger in der Pistenbohrung.

Bei Eisbahnen mit indirekter Kühlung zirkuliert das Kältemittel im oben erwähnten Kältekreislauf im Maschinenraum. Im Verdampfer wird der Kälte Träger gekühlt und in die Pistenbohrung gefördert, wo er die Eisplatte abkühlt.

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.-	
2.1.2.1	Ammoniak (NH3) statt FCKW-Kältemittel	Kälteanlagen mit Ammoniak (NH3) als Kältemittel benötigen weniger Energie als Kälteanlagen mit FCKW - Kältemitteln	++	Kälteanlagen mit Ammoniak als Kältemittel bedürfen einer grösseren Investition.		X	X	Planer Kälte-spezialist
2.1.2.2	Ammoniak-Anlagen	Direktverdampfende Ammoniak-Anlagen benötigen am wenigsten Energie und sind somit – sofern die sicherheitstechnischen Auflagen erfüllt werden können – aus Sicht der Energie die beste Lösung.	++++	Bei der Erstellung oder Sanierung einer direktgekühlten Eispiste sind mit den zuständigen Behörden die Auflagen folgender Punkte zu beachten. - Arbeitssicherheit - Störfallvorsorge - Umweltschutz		X	X	Planer Kälte-spezialist

2.1.3 Kälteträger

Als Kälteträger versteht man das Medium, das in der Kälteanlage im Maschinenraum (Verdampfer) gekühlt wird und in die Pistenberohrung gefördert wird, um die Eispistenplatte abzukühlen.

Kälteträger werden in zwei Arten unterschieden:

1. Verdampfendes Kälteträgermedium (CO₂)

Das CO₂ wird flüssig in die Eispistenberohrung gefördert. Durch die Aufnahme der Wärme wird das CO₂ verdunstet und in der Kälteanlage (Verdampfer) im Maschinenraum zurückkondensiert.

2. Flüssiger Kälteträger (Frostschutzgemisch)

Der Kälteträger wird flüssig in die Eispistenberohrung gefördert. Durch die Aufnahme der Wärme wird der Kälteträger mit erhöhter Temperatur im Maschinenraum (Verdampfer) wieder abgekühlt.

Bemerkung: Eisbahnen, die von der direkten auf die Indirekte Kühlung mit Kälteträger umstellen müssen, können nach dem Umbau nur annähernd (mit gross dimensionierten Verdampfern und Kondensatoren sowie wirtschaftlicheren Kompressoren) die niedrigen Energieverbrauchsahlen der direkt verdampfenden Kälteanlage beibehalten.

Die folgenden Energie-Spar-Potentiale beziehen sich auf den Vergleich zwischen den Kälteträgern.

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten				Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.-	
2.1.3.1	CO ₂ statt Glykol-Gemisch	CO ₂ -Anlagen können durch kleinere Pumpen, kleinerer Kraftbedarf, mit weniger Energiebedarf betrieben werden.	++	CO ₂ -Anlagen bedürfen einer grösseren Investition Bei der Erstellung einer CO ₂ - gekühlten Eispiste sind mit den zuständigen Behörden die Auflagen folgender Punkte zu beachten. - Arbeitssicherheit - Störfallvorsorge - Umweltschutz				X	Planer Kälte- spezialist
2.1.3.2	Wärmeaustauscher grosszügig dimensionieren	Durch grosszügige Dimensionierung der Verdampfer und Kondensatoren können die Verdampfungstemperaturen hoch und die Kondensations-temperaturen tief gehalten werden.	++				X		Planer

2.2 Lüftungstechnik

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.-	
2.2.1	Lüftung Halle	Mehrstufige Lüftungs- und Entfeuchtungsanlage	++	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz des Gebäudes - Intelligente Regulierung in Abhängigkeit der inneren und äusseren Luftverhältnisse (Feuchte und Temperatur) - Weitwurfdüsen für zugfreie Einblasung unter dem Dach 			X	Planer
2.2.2	Lüftung allgemeine Räume	Steuerung über Bewegungsmelder oder CO-Fühler (z.B. Garderoben, Krafträume, etc.)	+	Mit Intervall- und / oder Nachlaufsteuerung	X			Betrieb Planer

2.3 Elektrotechnik

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten				Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 10'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.-	
2.3.1	Beleuchtung Eisfeld	Beleuchtung der Veranstaltung / dem Spielbetrieb anpassen (wichtig bei polyvalenter Nutzungen)	++	Helligkeitsstufen einführen (z.B.): - Grund- oder Arbeitsbeleuchtung - Trainingsbetrieb - Wettkampf	X				Betrieb Planer
2.3.2	Innenbeleuchtung allgemeine Räume	Energiesparlampen und Steuerung über Bewegungssensoren	+	- Einsatz von Energiesparlampen analysieren - Je nach Zonen, Steuerung über Bewegungssensoren (z.B.: Garderoben, Verbindungs- gänge) kann mit der Lüftung gekoppelt werden	X				Betrieb Planer
2.3.3	Lastmanagement	Spitzenstrombegrenzung; Gesamtanlagespitzen vermeiden. Entsprechend der Tarifordnung gegen Ende Niedertarif Kälte "speichern".	++	Begrenzungsanlage installieren. Achtung: keine Energie-, aber zum Teil grosse Kostenreduktion.		X			Planer

3. Bauliche Massnahmen

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.-	
3.1	Exposition verbessern	Sonnen- und Windexposition bestimmen den Energiebedarf von Aussenanlagen massgeblich. Diese Gegebenheiten sind kaum grundsätzlich veränderbar. Sonnendächer sind in Einzelfällen eine Möglichkeit. Eine Verbesserung des Windschutzes in der Hauptwindrichtung kann in Einzelfällen mit einfachen Mitteln erreicht werden.	+					Planer
3.2	Reduktion der Wärmeabstrahlung							
3.2.1	Reduktion der Wärmebelastung	Allseits geschlossene, isolierte und klimatisierte Halle.	++++				X	Betrieb Planer
3.2.2	Reduktion der Wärmebelastung	Offene oder teilweise geschlossene Halle.	+++	Überdachung der Eisfläche			X	Planer
3.2.3	Reduktion der Wärmebelastung	Vollbeschattung der Eisfläche durch mobile Beschattung der ganzen Eisfläche.	++	Mobile Beschattung der ganzen Eisfläche.			X	Planer
3.2.4	Reduktion der Wärmebelastung	Teilbeschattung der Eisfläche	++	Zur Reduktion der Bandenabstrahlung oder Beschattung stark besonnener Flächen (z.B. in Höhenlagen).			X	Planer
3.2.5	Reduktion der Wärmebelastung	Windschutz	++	Bauliche Massnahmen in der Hauptwindrichtung.			X	Planer
3.2.6	Reduktion der Wärmebelastung	Abdecken der Eisfläche während der grössten Wärmebelastung oder Nichtbetriebszeiten. Damit bei Veranstaltungen auf der Eisfläche der Zeit- und Energieaufwand für den Eisab- und -aufbau entfällt, kann die Eisfläche mit einer mobilen Abdeckung belegt werden.	+++	Einsatz von reflektierenden und isolierenden Materialien oder geeigneten Abdeckböden. Sehr effiziente Massnahme, wenn bei Freianlagen während der grössten Wärmebelastung (z.B. starke Sonnenbestrahlung, Föhn) die Eisfläche oder Teile davon (meistens exponierte Teilflächen wie z.B. entlang sonneexponierter Banden) abgedeckt werden.			X	Betrieb Planer

NR.	Massnahme	Beschreibung	Energie-Spar-Potential	Bemerkungen	Kosten			Akteur
					weniger 1'000.-	weniger 100'000.-	mehr als 100'000.	
3.3	Wasserbezugsquelle	Ändern der Bezugsquelle nach ungünstigem Resultat der Bewertung der Rohwasserqualität.	+			X		Betrieb
3.4	Optimierung der Gebäudehülle	Es ist auf folgende Punkte zu achten: <ul style="list-style-type: none"> - Wärmedämmung - Luftdichtigkeit (Konstruktion, Schleusensystem) - Strahlungsaustausch - Hallendecke-Eis 	+++	Es wird empfohlen, diesen Punkt mit einem Bauphysiker zu besprechen.			X	Planer
3.5	Reduktion der Bandenabstrahlung durch die Verwendung von wenig reflektierenden Materialien	Durch weniger Reflexion geringere Erwärmung des Eises im Bandenbereich.	+	Bezieht sich nur auf Banden von Aussen-Anlagen.		X		Planer
3.6	Anpassung der Eisfläche auf Nutzgrösse	Ungenutzte Eisbahnecken hinter den Banden von System abhängen.	+	Wo dies nicht möglich ist, müssen die ungenutzten Eisbahnecken gegen Nässe und Energieverluste geschützt werden.			X	Planer
3.7	Verbesserung des Kälteeintrages im Bereich entlang der sonnenexponierten Banden	Je nach Eisfeldsystem und Exposition besteht die Möglichkeit, in diesen Zonen den Rohrabstand zu verringern und so die Rohroberfläche zu vergrössern.	+	Nur bei neuen Pisten möglich. Bei bestehenden Pisten kann dies durch eine Teilbeschattung der Bereiche gelöst werden.			X	Planer
3.8	Piste auf Ebenheit prüfen	Viele Pisten haben sich im Laufe der Zeit gesenkt und sind nicht mehr eben. Dadurch sind zum Ausgleich notwendige Eisdicken von bis 100 mm keine Seltenheit.	+++	Piste auf Ebenheit prüfen und bei grossflächiger Senkung allenfalls Pistensanierung ins Auge fassen.				

8. Pistensysteme: Grobklassifizierung

Aufbau	Wasserundurchlässig	Wasserdurchlässig	Mobil
Art der Berohrung	Stahlrohre Kunststoffrohre	Kunststoffrohre Mattensysteme	Kunststoffrohre Mattensysteme
Art der Einspeisung	Längs Quer Mittig	Längs Quer Gegenstrom	Längs Quer
Rohrüberdeckung	Hartbelag, undurchlässig	Hartbelag, durchlässig Kunstrasen sandverfüllt Kunststoffrasen Kunststoffbeläge Sand gebunden/ungebunden	keine Rohrüberdeckung
Unterbau	mit/ohne Isolationsschicht mit/ohne Frostschutzheizung	mit/ohne Isolationsschicht mit/ohne Frostschutzheizung	Hartbelag ungebundene Tragschicht mit/ohne Gefälle

EnergieSchweiz
Bundesamt für Energie BFE, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen – Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 office@bfe.admin.ch www.energie-schweiz.ch

BBL-EDMZ Bestellnummer 805.227d