

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 40: Sonderheft zur Kältetagung in Basel, 13.-16. Oktober 1965

Artikel: Die neue Kunsteisbahn Dolder
Autor: Trechsel, M.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-68269>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Von M. A. Trechsel, dipl. Ing., Küsnacht ZH

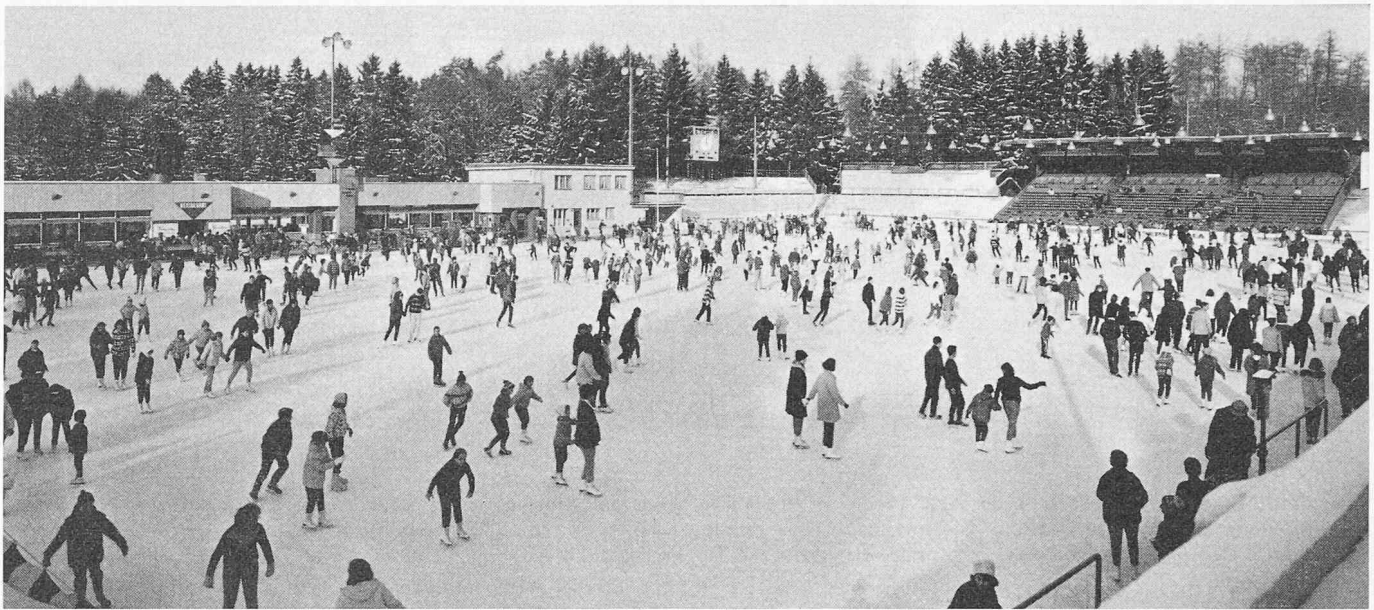


Bild 1. Das Eisfeld von 6000 m² der Kunsteisbahn Dolder, Aufnahme vom Februar 1965

Die Kunsteisbahn, die auf dem Dolder in Zürich 1930 errichtet wurde, ist in der Referenzliste der Escher Wyss-Kunsteisbahnen unter Nr. 3 verzeichnet. Nr. 1 war die Anlage im Palais de Glace in Lyon (1899) und Nr. 2 jene im Admiralspalast in Berlin (1910).

Wer die eingehende Beschreibung der Dolder-Anlage von 1930 in den Escher Wyss Mitteilungen, 1931, Jahrgang IV Nr. 1, durchliest, stösst auf Seite 6 unten auf den Satz: «In diesen Hauptcharakteristiken einer Kunsteisbahn hat die Technik seit dem Erscheinen der ersten Anlage vor 50 Jahren keine grundsätzliche Wandlung geschaffen, und es ist kaum denkbar, dass hier eine Änderung möglich wäre».

Bereits 20 Jahre später jedoch, d. h. seit 1950, baute Escher Wyss nur noch Kunsteisbahnen mit direkter Verdampfung des Kältemittels, weil solche Bahnen bedeutend rationeller arbeiten als die mit Sole betriebenen aus der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg. Erst die Anwendung direkter Ammoniakverdampfung ermöglichte es, dass in der Schweiz zur Zeit rd. 50 Kunsteisbahnen betriebsbereit sind.

Diese Entwicklung liess auch die Dolder-Kunsteisbahn AG nicht unberührt, die danach trachten musste, ihren Betrieb zu rationalisieren, um so mehr als es sich nicht nur darum handelte, die Strom- und Wasserkosten zu senken, sondern weil es immer schwieriger wurde, der Korrosionen, hervorgerufen durch den Kälteüberträger Sole, Herr zu werden. So beschloss denn die Gesellschaft im Jahre 1961, die ganze Anlage, bestehend aus 5600 m² Eisbahnplatte (teils mit Kupferrohren in Sand verlegt, teils mit ovalen einbetonierten Stahlrohren), die Kompressoren, Kondensatoren, den grossen Solebe-

hälter mit Ammoniakverdampfer und die vielen Rohrleitungen auszubauen und an deren Stelle und unter Anpassung an die örtlichen Verhältnisse eine neue Anlage mit direkter Verdampfung von Ammoniak zu errichten. Diese soll nachstehend beschrieben werden, nachdem sie seit dem Winter 1961/62 zur vollen Zufriedenheit der Bauherrschaft im Betrieb steht.

1. Die Eisfelder

Die Eislauf- und Hockeypiste wurde als zusammenhängendes Feld von 100 × 60 m beeister Fläche gebaut, Bild 1. Neben sind zwei überdachte Curlingfelder von 13 × 46 m = 598 m² Fläche erstellt worden. Die Dolderanlage umfasst somit 6598 m² Eisfläche und ist damit eine der grössten in Mitteleuropa.

Zur Kühlung der Pistenplatte dienen einbetonierte Qualitätsstahlrohre von 32 mm Aussendurchmesser. Das Hockeyfeld von 30 × 60 m bildet einen Teil des Feldes von 6000 m². Bei ihm wie auch bei den beiden Curlingbahnen wurde zur Erzielung einer besonders gleichmässigen Eisqualität und im Hinblick auf eine mögliche Verlängerung der Betriebszeit geringere Rohrabstände gewählt als beim restlichen Schlittschuhfeld von 70 × 60 m. Insgesamt sind rund 76,8 km Rohre einbetoniert, was im Mittel auf eine Rohroberfläche von 1,17 m² pro m² Eisfläche führt. Dieses hohe Flächenverhältnis, verglichen mit Kunsteisbahnen anderer Provenienz, trägt bei zur Wirtschaftlichkeit der Anlage und zur guten, gleichmässigen Eisqualität.

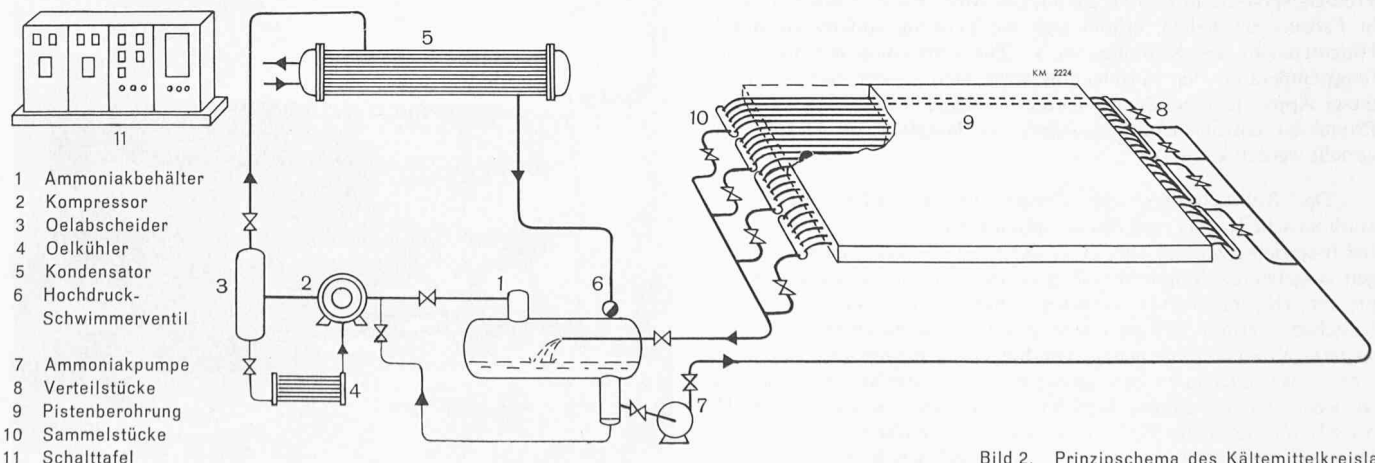
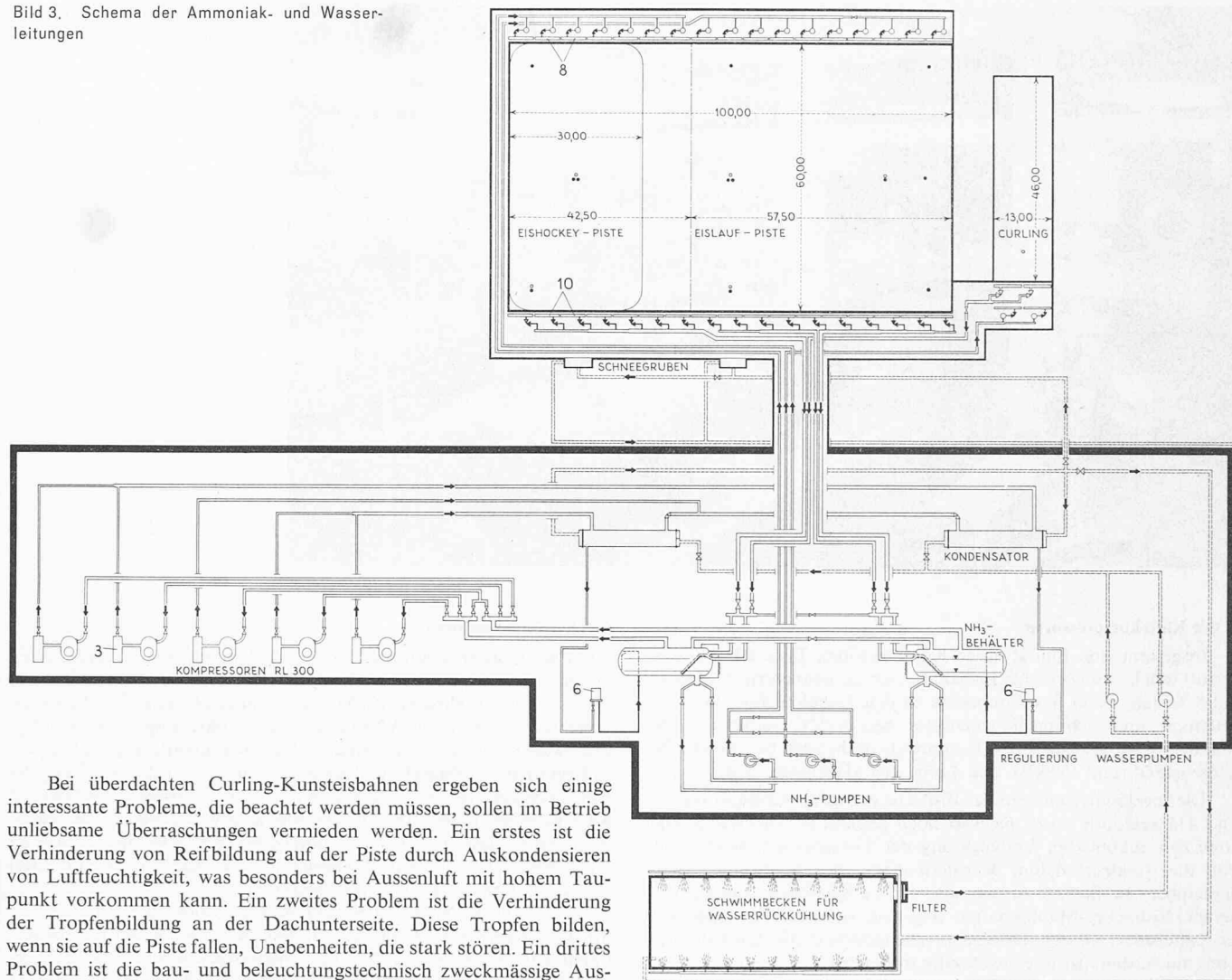


Bild 2. Prinzipschema des Kältemittelkreislaufs

Bild 3. Schema der Ammoniak- und Wasserleitungen



Bei überdachten Curling-Kunsteisbahnen ergeben sich einige interessante Probleme, die beachtet werden müssen, sollen im Betrieb unliebsame Überraschungen vermieden werden. Ein erstes ist die Verhinderung von Reifbildung auf der Piste durch Auskondensieren von Luftfeuchtigkeit, was besonders bei Aussenluft mit hohem Taupunkt vorkommen kann. Ein zweites Problem ist die Verhinderung der Tropfenbildung an der Dachunterseite. Diese Tropfen bilden, wenn sie auf die Piste fallen, Unebenheiten, die stark stören. Ein drittes Problem ist die bau- und beleuchtungstechnisch zweckmässige Ausführung der Hallenkonstruktion. Hierüber haben *F. Oezvegyi* und *R. Bollinger* ausführlich berichtet ¹⁾ und zwar im Hinblick auf die Überdachung der Curlingpiste in der Kunsteisbahn Dolder.

2. Das Arbeitsprinzip

Das Prinzip der Kälteanlage der neuen Dolder-Kunsteisbahn ist grundsätzlich das selbe, wie jenes, das von Escher Wyss schon im Jahre 1950 zum ersten Mal in Europa für das Hallenstadion Zürich angewendet wurde. Es hat sich seither allgemein eingebürgert. So ist es bei den 46 nach dem zweiten Weltkrieg bis heute in der Schweiz erstellten Kunsteisbahnen angewendet worden. Es soll an Hand des vereinfachten Schemas Bild 2 erläutert werden.

Der Kompressor 2 saugt aus dem Ammoniakbehälter 1 das in der Pistenberohrung 9 verdampfte Ammoniak an und fördert es durch den Ölabscheider 3 in den Kondensator 5, wo es durch Wärmezug mittels Kühlwasser verflüssigt wird. Das verflüssigte Ammoniak wird im Schwimmer-Reguliertank 6, das wie ein Kondensatortank arbeitet, auf den Druck im Ammoniakbehälter 1 entspannt, wobei infolge des Drosselvorganges rund 10 % ausdampfen. Im Behälter 1 werden Dampf und flüssiges Ammoniak aufgefangen und getrennt. Das im Abscheider 3 vom Ammoniakdampf abgetrennte Öl durchströmt den Ölkühler 4 und fliesst infolge des höheren im Abscheider 3 herrschenden Druckes den einzelnen Schmierstellen zu. Eine Ammoniakpumpe 7 entnimmt dem Behälter 1 flüssiges Ammoniak und fördert es im Überschuss über die Verteilstücke 8 in die Pistenberohrung 9, wo ein Teil verdampft. Die hierfür nötige Wärme wird der Umgebung, also der Piste, entzogen und diese somit gekühlt. Über die Sammelstücke 10 strömen der in der Berohrung gebildete Dampf sowie die überschüssige Flüssigkeit in den Behälter zurück, wo sich Dampf und Flüssigkeit voneinander trennen. Der in der Piste entstandene Dampf sowie der vorstehend erwähnte Drosseldampf werden vom Kompressor 2 angesaugt, während die Flüssigkeit von der Pumpe wieder zur Berohrung 9 gefördert wird.

¹⁾ SBZ 1964, H. 45, S. 788-792

Kältetechnisch stellt eine Kunsteisbahn mit direkter Verdampfung, wie aus dem Schema Bild 2 ersichtlich, eine sehr einfache Anlage dar, die sich weitgehend automatisch steuern lässt, und sich durch einfache Bedienung und hohe Betriebssicherheit auszeichnet. Die einzige Aufgabe, die gegenüber andern Kälteanlagen eine Besonderheit darstellt und die namentlich bei der Inbetriebsetzung eine gewisse Sorgfalt erfordert, besteht in der gleichmässigen Verteilung der Kältemittelflüssigkeit auf alle Pistenrohre. Sie lässt sich durch richtiges Einstellen von Drosselorganen lösen. Dabei bedeutet das Umwälzverfahren eine grosse Erleichterung, in dem im Hinblick auf den grossen Überschuss an umgewälzter Flüssigkeit sehr wohl gewisse Unterschiede in den Durchflussmengen zugelassen werden dürfen.

Bild 3 zeigt das Schema der Kältemittel- und Wasserleitungen, sowie die Schaltung der kältemittelführenden Apparate. Auf den Pisten, die massstäblich im Grundriss dargestellt sind, geben eingezeichnete Kreise die Temperaturmessstellen an, und zwar bezeichnen ausgefüllte Kreise Stellen im untersten Teil des Kieskoffers und leere Kreise solche in der Rohrplatte. Weiter ist zu erwähnen, dass die Kühlwasserpumpen das im Schwimmbecken rückgekühlte Wasser über ein Filter ansaugen und es durch die Kondensatoren des Kältemittels fördern, wo es sich erwärmt. Das erwärmte Kühlwasser wird über dem Teich zerstäubt und damit rückgekühlt. Ein Teil des erwärmten Kühlwassers kann jedoch in die Schneegrube am Pistenrand gegeben werden, zum Schmelzen des in die Gruben geschobenen Pistenabriebs und allfälligen Neuschnees. Das Schmelzwasser fliesst in die Kanalisation ab.

Schliesslich wird noch darauf hingewiesen, dass in die Ammoniak-Flüssigkeitsleitungen unmittelbar vor den Verteilstücken längs den Pisten Filter eingebaut sind, wodurch jegliche Verstopfungsgefahr ausgeschlossen ist. Diese Filter sind in Bild 3 durch Kreise angedeutet.

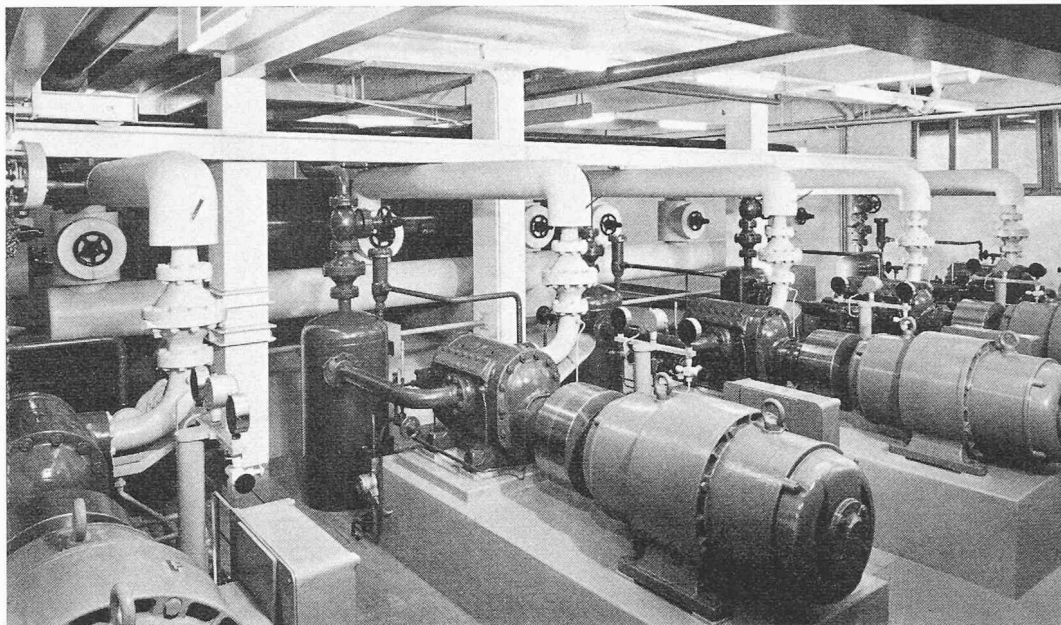


Bild 4. Maschinenraum mit fünf Rotasco-Kompressoren

3. Die Kältekompressoren

Insgesamt sind fünf Rotasco-Kompressoren, Type RL 300, eingebaut, welche im normalen Eisbahnbetrieb zusammen rund 1 550 000 kcal/h leisten, wenn das Ammoniak in den Eisbahnrohren bei -7°C verdampft und sich im Kondensator bei $+25^{\circ}\text{C}$ verflüssigt. Der gesamte Leistungsbedarf der Kompressoren beträgt bei diesem Betriebszustand rund 350 kW. Bild 4 zeigt den Maschinenraum.

Die spezifische, auf 1 m^2 der Eisfläche bezogene Kälteleistung von rund $235\text{ kcal/m}^2\text{h}$ wurde bewusst hoch gewählt in Anbetracht einer möglichen zukünftigen Verlängerung der Eislaufsaison. Bekanntlich geht die Tendenz dahin, Kunsteisbahnen bereits im Frühherbst (September) in Betrieb zu nehmen, um die Spielsaison mit gut trainierten Eishockey-Mannschaften beginnen zu können. Meistens ist der Kältebedarf kleiner. Dementsprechend stehen alle fünf Kompressoren nur ausnahmsweise gleichzeitig in Betrieb.

Die Kälteleistung wird von Pressostaten und Thermostaten, die automatisch einzelne Maschinen nach einem bestimmten Programm zu- oder abschalten, dem tatsächlich benötigten Kältebedarf angepasst, sodass gutes Eis von gewünschter Qualität (weder zu weich, noch zu hart) dauernd gehalten wird. Die Eistemperatur lässt sich nach Bedarf einstellen.

Die Kompressoren sind direkt gekuppelt mit DUO-Kurzschluss-Doppelankermotoren der Firma Schindler & Co. AG, Luzern, welche sich besonders gut für automatisch betriebene Anlagen eignen.

Bild 5. Rückkühlanlage unter Verwendung des bestehenden Schwimmbades



4. Die Kondensatoren

Zur Kondensation der von den Kompressoren verdichteten Ammoniakdämpfe dienen zwei normale Röhrenkessel-Kondensatoren, die aus je einem zylindrischen Mantel mit angeschweissten Rohrplatten bestehen, in welche die Wärmeaustauscherrohre eingewalzt und eingeschweisst sind. Die stirnseitigen Wasserkammerdeckel sind an die Rohrplatten angeflanscht und leicht abnehmbar für den Fall, dass die Rohre wasserseitig gelegentlich gereinigt werden müssen. Grundsätzlich wäre es möglich gewesen, die erforderliche Wärmeaustauscherfläche in einem einzigen Kondensator unterzubringen, aber die gedrängten Platzverhältnisse führten zwangsläufig zur Aufstellung von zwei kleineren, parallel geschalteten Apparaten.

Bei vollem Betrieb aller fünf Kompressoren beträgt die Verflüssigungswärme 1 850 000 kcal/h, was bei einer Kühlwassererwärmung von beispielsweise 5°C eine Wassermenge von $370\text{ m}^3/\text{h}$ erfordert. Diese sehr beträchtliche Menge liesse sich wohl auf die Hälfte verringern, wenn man eine Wassererwärmung um 10°C zulassen würde, was allerdings eine um etwa 5°C höhere Verflüssigungstemperatur des Ammoniaks zur Folge hätte, verbunden mit einem um etwa 20 % grösseren Energieverbrauch der Kompressoren. Man hat somit die Wahl zwischen viel Wasser und wenig Strom, oder viel Strom und wenig Wasser, d. h. man muss, unter Berücksichtigung der Preise von Wasser und Strom rechnerisch den Betriebspunkt mit geringsten Betriebsmittelkosten ermitteln.

Bei der Dolder-Kunsteisbahn befindet sich nun in allernächster Nähe des Maschinenraumes ein grosses Schwimmbad, welches sich im Winter, also während der Betriebszeit der Kunsteisbahn, als Rückkühlteich verwenden lässt. Dazu werden vor der Eisbahnsaison längs des Schwimmbades gelochte Rohre verlegt, durch welche das in den Kondensatoren erwärmte Kühlwasser in Bogen in das Schwimmbad spritzt, Bild 5. Im Kontakt mit der kühlen und meist auch trockenen Winterluft kühlt sich das Wasser über und im Teich ab und lässt sich als Kühlwasser wiederum verwenden. Das dabei verdunstende und allfällig vom Wind fortgetragene Wasser muss ersetzt werden; seine Menge ist klein, sie beträgt nur etwa 5 bis $10\text{ m}^3/\text{h}$.

Im Maschinenraum sind zwei Pumpen für die Wasserzirkulation zwischen dem Teich und den Kondensatoren aufgestellt, eine für etwa $2/3$, die andere für etwa $1/3$ der maximalen Umwälzmenge. Je nach Anzahl der Kompressoren, welche gerade in Betrieb sind, läuft die grössere oder die kleinere Pumpe oder beide zusammen.

5. Die Ammoniakbehälter

Von beiden Kondensatoren fliesst das verflüssigte Ammoniak über zwei Entspannungsstationen mit selbsttätigen Schwimmerregulventilen in zwei Niederdruck-Ammoniakbehälter, welche auf dem Druck des verdampfenden Ammoniaks gehalten werden. Jeder Behälter bildet ein zylindrisches Druckgefäss von 1800 mm Durchmesser und rd. 13 m^3 Inhalt. Beide Behälter zusammen gestatten, die ganze Füllung der Anlage aufzunehmen. Dazu wurden sie in der bestehenden Grube, in welcher die Solebehälter der Anlage von 1930 aufgestellt

waren, untergebracht, sodass das Ammoniak durch natürliches Gefälle aus der Piste in die Behälter zurückfließen kann. Die beschränkten örtlichen Verhältnisse machten die Aufteilung auf zwei Apparate nötig.

Unter jedem Behälter befindet sich ein Pumpensack mit den Abgangsstutzen, an denen die Leitungen zu den Ammoniakpumpen angeschlossen sind. Der Pumpensack ist nach unten verlängert, damit sich das im Ammoniak mitgenommene Öl, welches schwerer ist als flüssiges Ammoniak, unten sammeln und von dort zu den Kompressoren zurückgezogen werden kann.

Jeder Ammoniakbehälter ist mit einer Niveauanzeigevorrichtung versehen, welche im Betriebszustand den unteren, im Stillstand der Anlage, wenn die ganze Pistenberohrung sich in die Behälter entleert hat, den oberen Ammoniak-Flüssigkeitsspiegel anzeigt. An Hand dieser Instrumente lässt sich feststellen, ob die Ammoniakfüllung der Anlage richtig eingestellt ist.

Da die Ammoniakbehälter zum kalten Kreislauf der Anlage gehören (-7 bis -12°C), sind sie entsprechend mit Korkschalen isoliert, nicht nur um die Kälteverluste klein zu halten, sondern auch um die Bildung von Reif und Kondenswasser an ihrer Oberfläche zu verhindern, was der Anlage ein schlechtes Aussehen geben würde.

Drei Ammoniakflüssigkeitspumpen der Maschinenfabrik an der Sihl sind unter den Behältern aufgestellt, eine für den östlichen und eine für den westlichen Teil der Bahn mit den Curlingfeldern. Die mittlere Pumpe dient als Reserve.

6. Der Unterbau der Piste

Zu den wichtigsten Aufgaben des Ingenieurs, der eine Kunsteisbahn projektiert, gehören Untersuchung und Beurteilung des Untergrundes sowie das Festlegen der Konstruktion des Unterbaues. Dabei ist er auf die Mitarbeit von Fachleuten auf dem Gebiet der Bodenkunde angewiesen. Über die dabei zu beachtenden Probleme sowie die Berechnungsverfahren hat Dr. L. Bendel, Luzern, an Hand von ausgeführten Pisten und dort durchgeführten Messungen ausführlich berichtet²⁾. Er hat auch die entsprechenden Arbeiten für die neue Anlage im Dolder durchgeführt. Die Ingenieurarbeiten lagen in den Händen des Ingenieurbureau Dr. E. Staudacher und Dr. R. Siegenthaler, Zürich.

Der geologische Aufbau des für eine Kunsteisbahn vorgesehenen Grundstückes bestimmt weitgehend die Art des Unterbaues. Das Gefrieren von Wasser im Untergrund muss auf jeden Fall vermieden werden, weil die monolithisch gegossene Betonplatte der Kunsteisbahn sonst ungleichmässig angehoben würde und dadurch Risse entstehen könnten. Bei der Projektierung des Unterbaues ist die geplante jährliche Betriebsdauer zu berücksichtigen, denn je länger eine Bahn in Betrieb ist, desto tiefer verlagert sich die 0° -Grenze nach unten. Der definitiven Auswahl des Grundstückes muss somit eine gründliche geologische Untersuchung vorangehen.

Der Untergrund soll folgende Bedingungen erfüllen: 1. tiefe Lage des Grundwasserspiegels, 2. geringe hygroskopische Wirkung,

²⁾ SBZ 1961, H. 18, S. 293-299, H. 19, S. 309-317.

3. Fehlen von Taschen und Linsen aus wasserhaltigem und somit frostgefährlichem Material, 4. gleichmässige Beschaffenheit in vertikaler und horizontaler Richtung, 5. genügende und gleichmässige Tragfähigkeit, 6. geringe Wärmeleitfähigkeit.

Da sämtliche Bedingungen nur selten erfüllt sind, müssen die Mängel des Untergrundes in der Regel durch einen Unterbau beseitigt werden. Kieskoffer als Unterbau sind am häufigsten. Genügende Tragfähigkeit des gewachsenen Bodens vorausgesetzt, wird diese Methode angewendet, wenn die Kapillarität des gewachsenen Bodens unzulässig gross ist oder durch Vorhandensein von Lehm-linsen die Gefahr von Gefrierschäden besteht. Der natürliche Untergrund wird ausgehoben und durch einen künstlichen Unterbau ersetzt. Im Falle der neuen Kunsteisbahn Dolder ist eine Kofferstärke von rd. 1,65 m gewählt worden, wozu 12000 m³ Erde ausgehoben, weggeführt und durch ein gleiches Volumen Kies ersetzt werden mussten. Bild 6a zeigt den Aufbau des Unterbaues. Der aus gewaschenem Flusskies 50/100 mm bestehende Kieskoffer hat die Aufgabe, Gefrierschäden (Anheben der Betonfläche) zu verhindern und ausserdem als Kälteisolation nach unten zu wirken, damit die 0° -Grenze am Ende der Betriebszeit nicht tiefer liegt als die kapillarbrechende Zone zuunterst im Kieskoffer.

Beim Aushub für den Unterbau wurde Oberflächenwasser festgestellt, was die Bauleitung veranlasste, Drainagegräben auszuheben, die rings um das ganze Eisbahnfeld verlaufen und ausserdem auch innerhalb des Feldes als Netz mit Haupt- und Zweiggräben angeordnet wurde. Diese Gräben wurden mit Kies ausgefüllt. Auf diese Weise konnte ein trockener Untergrund erhalten werden. Über diesem wurde eine rd. 5 cm dicke Kiesschicht 30/50 mm eingewalzt und mit einem Teer-Bitumen-Anstrich versehen, um eine kompakte Unterlage zu erhalten, die bei allfälligem Wasseranfall mit Sicherheit nicht ausgespült werden kann. Bei einer Sandunterlage, wie sie sonst üblich ist, hätte im vorliegenden Fall ein Ausspülen befürchtet werden müssen.

Der Kieskoffer wurde auch unter den Rohrgräben durchgeführt, Bild 6b. Er erhielt oben eine etwa 5 cm dicke Gröllschicht 30/50 mm als Reinplanie. Darauf wurde eine etwa 7 cm dicke Betonschicht (PC 200) aufgebracht, deren Oberfläche möglichst genau eben lag und die vorgeschriebene Neigung aufwies. Auf dieser Unterlage waren anfänglich, das heisst während den beiden ersten Betriebsperioden, die Kühlrohre in Sand verlegt. Als man dann die Rohrplatte fertigstellen wollte, zeigte sich, dass die Beschaffenheit der Beton-Oberfläche den hohen Genauigkeitsanforderungen nicht genügte, weshalb die Bauleitung einen rd. 2 cm dicken Überzug ausführen liess, dessen Oberfläche nur noch um maximal 5 mm vom genauen Sollmass abwich.

Diese hohe Genauigkeit hat sich sowohl beim Verlegen der Röhren als auch beim Betonieren der Platte sehr günstig ausgewirkt, indem in den Röhren nach dem Abpressen keine Flüssigkeitssäcke zurückblieben und die Betondicke über den Röhren an allen Stellen genau gleich gross ausfiel, was für das Erzielen einer ebenen Eisfläche von überall gleicher Qualität notwendig ist.

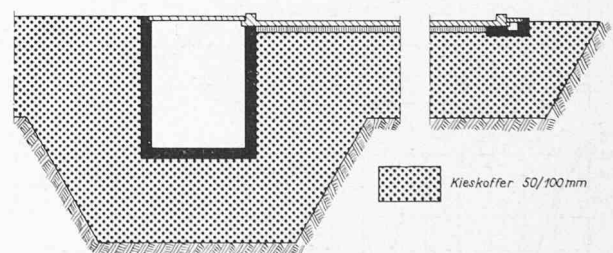
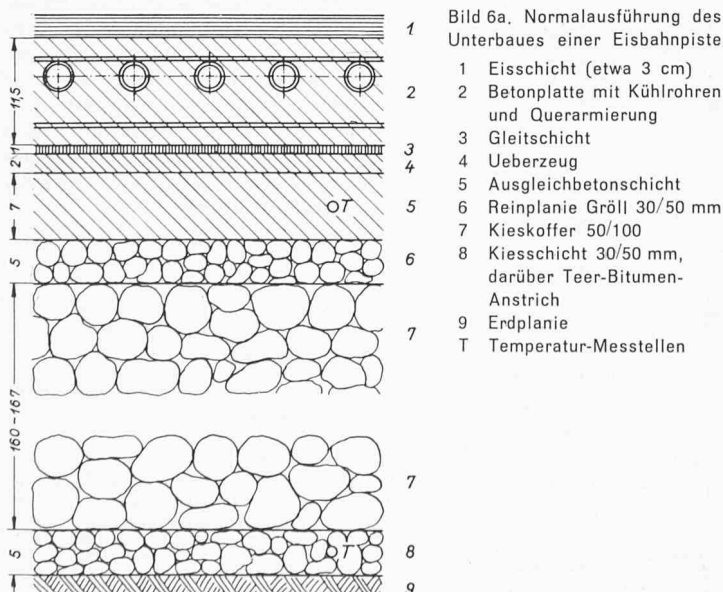


Bild 6b. Querschnitt durch einen Rohrgraben und den Plattenrand mit Kieskoffer, 1:150

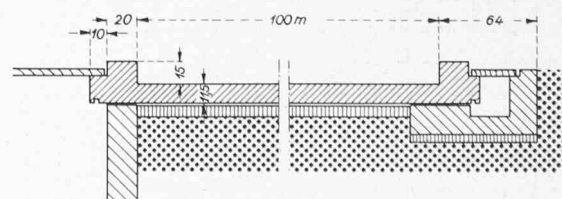


Bild 6c. Querschnitt durch die Pistenplatte mit Ausbildung der Ränder, 1:50



Bild 7. Die Piste von 6000 m² beim Verlegen der Röhren (Juni 1963)

Als Gleitschicht dient ein Gemisch aus Altöl und Naturgraphit, das unten und oben von Polyäthylenfolien und dicht verklebten Dachpappenbahnen eingeschlossen ist. Die Rohrplatte ruht längs ihrem äusseren Rand auf der betonierten Auskleidung der Rohrkäule auf, welche die Platte auf drei Seiten umschliessen. Auf der vierten Seite wurde ein kleiner Kanal gemäss Bild 6c ausgeführt.

7. Die Rohrplatte

Die Rohrplatte, die eine Neigung von 2 ‰ aufweist, enthält die Kühlrohre und überdeckt diese um etwa 2,5 cm. Zum Verlegen der

Röhren wurden, wie bei Escher Wyss üblich, auf die Gleitschicht in bestimmten Abständen Betonschwellen verteilt. Nachdem diese ausgerichtet und nivelliert waren, wurden parallel zu ihnen 6 bis 8 mm dicke Armierungsdrähte in Abständen von etwa 15 cm und dann in die halbzyklischen Kerben der Betonschwellen die Kühlrohre gelegt. Über den Rohren und senkrecht zu diesen ordnete man in den gleichen Abständen nochmals 6 bis 8 mm dicke Armierungsseisen an, die zusammen mit den unteren mittels Draht an den Rohren festgebunden wurden. Es folgte nun das Verschweissen der Kühlrohre mit den Verteil- und Sammelstücken. Zur Prüfung der vielen tausend

Schweisstellen wurde das fertige Rohrnetz mit Petroleum bei 80 ata auf Dichtheit abgepresst.

Die aus dem Beton herausragenden Enden der Kühlrohre wurden zum Schutz gegen Korrosion mit asphaltiertem Juteband umwickelt. Nachdem die Armierungsseisen für die Randaufsätze der Bahn und für die Befestigung der Banden (Umzäunung) angebracht waren, wurde die ganze Betonplatte in einem Zuge gegossen. Dabei sind Streifen von etwa 4 m Breite nacheinander eingebracht worden, die parallel zur Längsaxe der Piste, also quer zur Berührung verliefen. Ein dem Beton beigemischter Verzögerer sorgte dafür, dass jeder Streifen so lange weich blieb, bis der nächste gegossen war, wodurch eine einwandfreie Verbindung erzielt werden konnte. Das Betonieren der Platte erforderte 125 Stunden ununterbrochener Arbeit. Das Abbinden dauerte wie üblich etwa drei Wochen. Bemerkenswerterweise ist die ganze Platte in einem Stück ohne Dilatationsfugen ausgeführt worden.

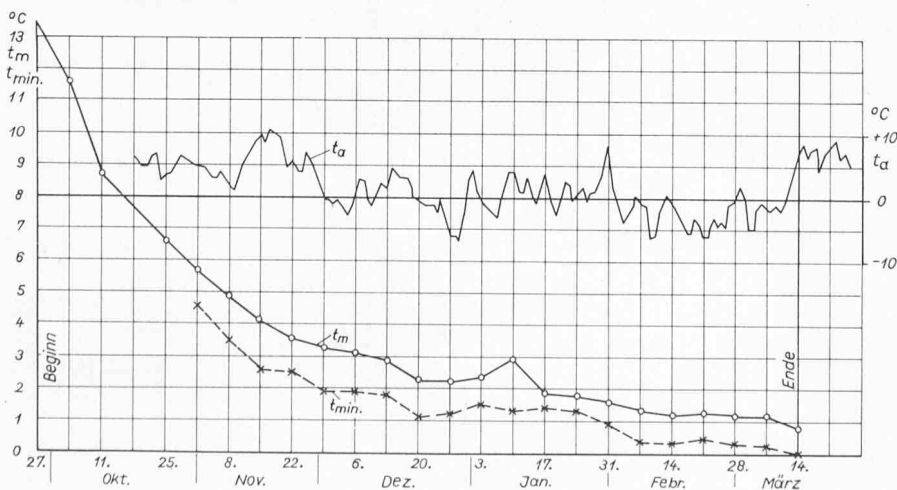
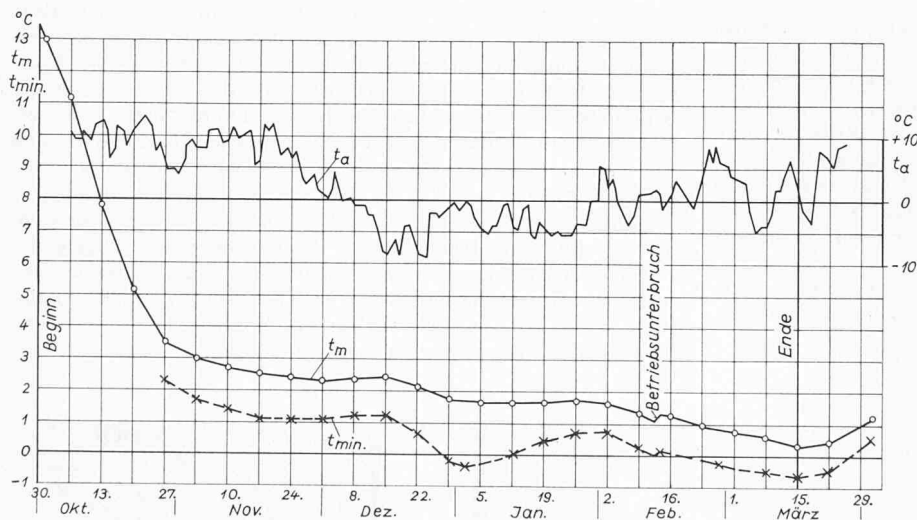


Bild 8a (oben). Temperaturverlauf während der Betriebsperiode 1963/64

Bild 8b (links). Temperaturverlauf während der Betriebsperiode 1964/65

Bild 8. Verlauf der Temperaturen in der Grenzschicht zwischen Kieskoffer und Erdplanie. Die ausgezogene Linie t_m stellt die Mittelwerte der an zehn Stellen gleichzeitig gemessenen Temperaturen dar, die gestrichelte t_{min} die gemessenen Tiefstwerte
 t_a = Temperatur der Aussenluft

Für die Berohrung der Eisfelder sind längsgeschweisste Qualitätsstahlröhren verwendet worden, die in der Schweiz hergestellt wurden und sich für diesen Zweck bestens bewährt haben. Bei dem grossen Feld von 6000 m² wurden die Röhren in geraden Längen von 60 m verlegt. Dementsprechend befinden sich die Verteilstücke, durch welche die Kältemittelflüssigkeit den Pistenrohren zufliesst, in einem Graben, der längs der einen Längsseite der Piste verläuft, während die Sammelstücke zur Rückführung des Kältemittels zu den Niederdruck-Behältern im Maschinenraum im Graben auf der Maschinenhausseite verlegt sind. Bei den Curlingfeldern konnten dank der geringeren Bahnlängen Röhren in Haarnadelform mit 92 m gestreckter Länge verwendet werden, so dass die Verteil- und Sammelstücke im gleichen Graben längs der einen Schmalseite angeordnet werden konnten.

Die Pistenrohre des Feldes von 6000 m² sind durch 5 bis 6 m lange Verteilstücke und Kollektoren an das Ammoniacknetz angeschlossen. Jedes Verteil- und Kollektorstück ist durch Abschlüsse vom Netz abtrennbar, sodass entsprechende Streifen der Bahn ausser Betrieb gesetzt werden können, falls dies aus irgendwelchen Gründen erforderlich sein sollte.

8. Temperaturmessungen

Bei Kunsteisbahnen mit Kieskoffer als Unterbau empfiehlt es sich, Einrichtungen zur Überwachung der Temperatur unter der Piste vorzusehen, denn die Kenntnis der unmittelbar unter der Fahrplatte herrschenden Temperaturen liefert dem Eismeister wertvolle Hinweise für die Einstellung der automatischen Regulierung. Die Anzeige der Temperatur unter dem Kieskoffer bzw. in der Sauberkeitschicht gibt einen sicheren Anhaltspunkt dafür, ob mit Bodengefrorenungen zu rechnen ist. Dies ist vor allem bei einer Verlängerung der geplanten Betriebsdauer wichtig, weil dann die 0°-Grenze bis in den gewachsenen Boden wandern kann. Als Temperaturfühler verwendet man mit Vorteil elektrische Widerstandsthermometer, die genau und zuverlässig sind. Ihre Anzeigen können auf einem Instrument, das in die Schalttafel eingebaut wird, mit Hilfe eines Umschalters einzeln abgelesen werden.

Über die an der neuen Kunsteisbahn Dolder in den Betriebsperioden 1963/64 und 1964/65 durchgeführten Messungen orientieren die Bilder 8a und 8b. Der Winter 1964/65 entsprach angenähert mittleren Verhältnissen. Wie ersichtlich, blieb die tiefste Temperatur während der ganzen Betriebsdauer über dem Gefrierpunkt und erreichte diesen erst am Ende. Auffallend ist der Temperaturanstieg in der Zeit vom 20. Dezember bis 10. Januar. In dieser Zeit lag die

Lufttemperatur so niedrig, dass die Kältemaschinen grösstenteils abgestellt werden konnten, so dass Bodenwärme zur Piste hinaufstieg. Dieser Vorgang dauerte in der Woche vom 10. bis 17. Januar im Bereiche der tiefsten Temperatur (gestrichelte Kurve) noch an, während welcher bereits wieder künstlich gekühlt werden musste. Eine zweite, schwächer ausgeprägte Kälteperiode führte in der Zeit vom 14. bis 22. Februar ebenfalls zu einem leichten Temperaturanstieg.

Der Winter 1963/64 zeigte einen abnormalen Temperaturverlauf. Der Herbst war verhältnismässig warm. Anfangs Dezember setzte eine scharfe Kälteperiode ein, die bis Ende Januar anhielt. Zu bemerken ist weiter, dass es der erste Winter war, bei dem mit betonierter Platte gefahren wurde. In den vorhergehenden Betriebsperioden (1961/62 und 1962/63) waren die Kühlrohre nur im Sand verlegt. Dieser Umstand, die noch fehlende Erfahrung und das warme Herbstwetter veranlassten den Eismeister zu forciertem Betrieb der Kälteanlage, wobei mit verhältnismässig niedrigen Verdampfungstemperaturen gearbeitet wurde. Naturgemäss kühlte sich der Kieskoffer dabei rasch aus, wie aus dem steilen Temperaturabfall im Oktober ersichtlich ist. Das führte dazu, dass die Temperatur an der kältesten Stelle (gestrichelter Linienzug) ein erstes Mal schon in der ersten Januarhälfte während rd. 14 Tagen den Gefrierpunkt unterschritt (tiefster Wert -0,4°C) und ein zweites Mal während den letzten drei Betriebswochen (bis -0,7°C), während denen stärker künstlich gekühlt werden musste. Nach Betriebsende stiegen die Temperaturen verhältnismässig rasch an. Diese Unterschreitungen des Gefrierpunktes waren durchaus gefahrlos, da sie nur verhältnismässig kurze Zeit andauerten und ein örtlich beschränktes Gebiet betrafen. Wie der Vergleich mit dem Winter 1964/65 zeigt, hätten sich Temperaturen in der Kofferunterschicht unter 0° sehr wahrscheinlich vermeiden lassen, wenn im Herbst 1963 der Betrieb nach den Erfahrungen der späteren Jahre hätte geführt werden können. Deutlich erkennbar sind wiederum zwei Kälteperioden mit eingeschränktem bzw. eingestelltem Betrieb der Kälteanlagen, eine erste schon während der ersten Dezemberhälfte, eine zweite vom 1. bis 20. Januar.

Obschon die Berechnungsart des Unterbaues einer Kunsteisbahn nach Dr. L. Bendel zu absolut brauchbaren und zuverlässigen Werten führt, kann sie den Klimastreunungen über den Bereich der Jahre nicht Rechnung tragen. Daher sind die von der Dolder Kunsteisbahn AG laufend vorgenommenen Messungen und Temperaturstatistiken eine wertvolle Ergänzung, wofür ihr im Hinblick auf ihre wertvolle Mitarbeit an dieser Stelle besonders gedankt sei.

Die Präzisions-Klimaanlagen in der Metallhalle der EMPA

DK 697.94

Von H. Rickenbach, St. Gallen

I. Aufgabe

In der Metallhalle der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in Dübendorf (EMPA) sind für die Klimatisierung von Laboratorien und Versuchsräumen insgesamt 14 voneinander unabhängige Klimaanlagen installiert worden, die sehr verschiedenen, teils aussergewöhnlich hohen Anforderungen zu genügen haben. Sie sollen nachfolgend beschrieben werden. Zweck dieser Einrichtungen ist entweder das Aufrechterhalten eines bestimmten Raumklimas oder das Anpassen der Klimaverhältnisse an wechselnde Versuchsbedingungen. Im ersten Fall handelt es sich um häufig vorkommende oder sich über Monate oder Jahre erstreckende Versuche in stets gleichbleibendem, durch international vereinbarte Normen vorgeschriebenem Klima, im zweiten Fall eher um sporadisch vorkommende Prüfungen unter verschiedenen, dem Einzelfalle anzupassenden Bedingungen, bei denen also die Klimaanlagen auf die jeweiligen Verhältnisse umgeschaltet werden können. Schliesslich sollen auch Versuche unter bestimmten klimatischen Bedingungen durchgeführt werden, bei denen mehr oder weniger grosse Wärmemengen frei werden oder sich schädliche Gase oder Dämpfe entwickeln, die von der Raumluft aufzunehmen und wegzuführen sind. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die zu klimatisierenden Räume, die geforderten Raumluftzustände und das angewendete Regelsystem, Bild 1 zeigt die Anordnung dieser Räume, soweit sie sich im Kellergeschoss befinden.

II. Grundsätzliche Bemerkungen zur getroffenen Lösung

1. Bautechnische Belange

Um an jeder Stelle des Raumes das geforderte Klima aufrecht

erhalten zu können, ist eine verhältnismässig grosse Luftmenge umzuwälzen. Die in den Raum eintretende Zuluft nimmt im Sommer die durch die Raumumgrenzungen einfallende und die im Raum anfallende Wärme sowie allfällig anfallende Feuchtigkeit auf, wodurch sie den Raumzustand erreicht; sie muss also mit entsprechend geringerem Wärmeinhalt und geringerer absoluter Feuchtigkeit eingeführt werden. Umgekehrt muss im Winter der Wärmeinhalt der Zuluft grösser sein als der der Raumluft, um den Wärmeabfluss nach aussen ausgleichen zu können.

Es liegt im Interesse einer genauen Einhaltung der klimatischen Sollwerte, wenn der Wärmeaustausch mit der Umgebung möglichst klein bleibt. Dies wird einerseits durch eine angemessene Raumheizung und andererseits durch gut wärmedichte Wände erreicht. Niedrige Wärmedurchgangszahlen sind aber auch erwünscht, weil sich dabei die Temperaturen der Innenoberflächen denen der Raumluft nähern und so der Strahlungswärmeaustausch zwischen Prüfobjekt und Wand gering ausfällt. Diesem Wunsch kann ferner durch eine stärkere Bepflanzung der Wand- und namentlich der Fensterflächen mit Zuluft entgegengekommen werden. Vorteilhaft wäre schliesslich eine grosse Wärmespeicherfähigkeit der Wände, wodurch sich die Tagesschwankungen des Aussenklimas ausgleichen liessen. Diese bautechnischen Belange müssen um so eher berücksichtigt werden, je höher die Anforderungen sind, die an das Raumklima gestellt werden. Bei den Versuchs- und Messräumen der EMPA konnten die Wandeinflüsse dadurch weitgehend verringert werden, dass die meisten Räume im Kellergeschoss angeordnet wurden. Nur die Räume 152 und 154 befinden sich im Erdgeschoss.