

Projekt

**Eissporthalle
Frankfurt am Main
Am Bornheimer Hang 4**

**Energie- und
Wassersparkonzept**

**Bauherrschaft /
Auftraggeber**

Stadt Frankfurt
Stadtverwaltung, Amt 65
Hochbauamt
Gerbermühlstraße 48
60594 Frankfurt am Main

**Konzeption und
Planung**

INGENIEURBÜRO
Raimund Krawinkel
Beratende Ingenieure VBI

Kempener Allee 168 - 170
47803 Krefeld
Telefon: 02151 / 7680-0
Telefax: 02151 / 7680-39

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Aufnahme des IST-Zustandes	3
2.1	Ortsbegehung	3
2.2	Beurteilung der Gebäudesubstanz.....	4
2.3	Beurteilung der techn. Anlagen für Energie und Wasser	5
2.4	Vergleich des IST-Betriebszustands/Auslegungsdaten.....	6
2.5	Nutzungszeiten und Nutzungsverhalten.....	7
2.6	Ermittlung der Gebäudedaten	9
2.7	Ermittlung der Anlagendaten.....	10
3.	Darstellung der Energie- und Wasserverbräuche	11
3.1	Auswertung der Abrechnungsunterlagen	11
3.2	Auswertung der internen Zählerablesungen	11
3.3	Ermittlung der Tages- und Jahresganglinien.....	11
3.4	Messung des Stromlastprofils	12
4.	Aktueller Energiebedarf	13
4.1	Energiebedarf	13
4.2	Bilanzierung der Verbräuche, Flußdiagramm.....	13
5.	Ermittlung des Einsparpotentials.....	14
5.1	Optimierung der Energielieferverträge	14
5.2	Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen.....	15
5.3	Verbesserung der Wärmedämmung	16
5.4	Verbesserung oder Ersatz der Regelungstechnik.....	16
5.5	Optimierung der technischen Anlagen	17
6.	Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen	20
6.1	Verbesserte Nutzung der Abwärme aus der Kältetechnik.....	20
6.2	Erneuerung der Kesselanlage.....	21
6.3	Ausrüstung der raumluftechnischen Anlagen mit Antriebseinheiten für variable Volumenströme	22
6.4	Ersatz der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, Installation eines GLT-Systems	22
6.5	Zusammenfassung der Maßnahmen	23

1. Einleitung

Das Sport- und Badeamt der Stadt Frankfurt am Main betreibt unter der Anschrift „Am Bornheimer Hang 4“ eine Eissporthalle. Das Gebäude und die zugehörigen Außenanlagen wurden 1982 errichtet und werden seitdem intensiv genutzt.

Das Ingenieurbüro Raimund Krawinkel, Beratende Ingenieure VBI, Krefeld wurde durch das Hochbauamt der Stadt Frankfurt Anfang Juli 1999 beauftragt, ein Energie- und Wassersparkonzept für die Eissporthalle zu erarbeiten. Grundlage der Ingenieurleistungen ist dabei das Leistungsprogramm des Hochbauamtes vom 22.01.1999, das als Anlage beigefügt ist. Die hier dokumentierten Ingenieurleistungen beruhen auf dem genannten Leistungsprogramm.

2. Aufnahme des IST-Zustandes

Am 23.08.1999 fand in der Eissporthalle eine Anlaufberatung statt, bei der die Vertreter des Sport- und Badeamtes, des Hochbauamtes und des Ingenieurbüros Krawinkel (IBK) die weiteren Schritte erörterten. Bei dieser Beratung wurden dem IBK die ersten Planunterlagen zur Verfügung gestellt.

2.1 Ortsbegehung

Die Ortsbegehung des IBK mit den Herren Caspers, Hornbergs, Huckschlag und Wingertszahn fand am 12.10.1999 statt. Bei der Begehung konnten die Vertreter des IBK gemeinsam mit den Herren Laopus und Hennig vom Sport- und Badeamt das Gebäude und die technischen Anlagen in Augenschein nehmen. Im Rahmen der Ortsbegehung wurden dem IBK weitere Bestandspläne, Datenblätter und Anlagenbeschreibungen zur Verfügung gestellt. Am 29.10.1999 erhielt das IBK die kompletten Strom-, Gas- und Wasserrechnungen für die Jahre 1996 bis 1998.

Pläne, k-Werte und Aufstellungen zu dem Aufbau der Hüllflächen des Gebäudes existieren nicht und konnten dem IBK daher nicht zur Verfügung gestellt werden.

2.2 Beurteilung der Gebäudesubstanz

Das Gebäude ist als Kubus mit den Außenmaßen von ca. 105 m x 80 m x 12 m (L x B x H) ausgebildet. Hieraus ergibt sich eine umbaute Kubatur von ca. 100.800 m³. Das Gebäude verfügt über zwei Ebenen; die Eislaufebene (UG) und die Eingangsebene (EG). Die Eislaufebene einschließlich Tribünen und Eispiste verfügt über eine Fläche von ca. 8.000 m². Die Fläche der Eingangsebene beträgt ca. 3.300 m² (ohne Tribüne und Eisfläche).

In der Haupthalle ist eine Standardeisfläche von 60 m x 30 m vorhanden. Auf der Ostseite des Gebäudes ist im UG eine weitere Eisfläche mit den Abmessungen von 15 m x 45 m angeordnet. Im Außenbereich liegt parallel zum Eishallengebäude eine 400-m-Standardschnellaufbahn. Im Innenbereich der Schnellaufbahn wird im Winterhalbjahr eine mobile Eisfläche mit den Abmessungen von ca. 60 x 30 m errichtet. Die Liegenschaft verfügt somit über folgende Eisflächen:

Eisfläche	Abmessungen	Fläche
große Halle	60 m x 30 m	1.800 m ²
kleine Halle	15 m x 45 m	675 m ²
400-m-Schnellaufbahn	400 m-Ring x 11,5 m	4.600 m ²
mobile Eisfläche	60 m x 30 m	1.800 m ²
Summe Eisfläche		8.875 m ²

Die Eissporthalle ist in konventioneller Stahlbetonbauweise erstellt. Die Flachdachkonstruktion ist als Raumtragwerk - vermutlich System Mero - ausgebildet. Im Dachbereich sind insgesamt vier Dachscheds angeordnet. Die Unterseiten der Dachflächen sowie die Attiken im Außenbereich sind mit Trapezblechen verkleidet. Aufgrund des Erstellungszeitraumes ist davon auszugehen, daß es sich um wärme gedämmte Trapezbleche handelt.

Die Gebäudeaußenwände auf der Süd- und Westseite liegen im UG unterhalb der Geländeoberfläche. Die übrigen Außenwände verfügen über Sichtbetonfassaden, die mit Fenster- und Türkonstruktionen als Pfosten- und Riegelkonstruktion aus Aluminiumprofilen unterbrochen werden. Als Verglasung wurden Thermopane-Glask Scheiben eingesetzt.

Insgesamt befindet sich das Gebäude in einem den Jahren entsprechend guten Erhaltungszustand. Offensichtlich wurden regelmäßig Wartungs- und Instand-

haltungsarbeiten durchgeführt. Die Fassadenoberflächen weisen geringfügige Alterungserscheinungen auf, die auf die Witterungseinflüsse zurückzuführen sind. Auswirkungen auf die bauphysikalischen Eigenschaften der Hüllflächen ergeben sich hierdurch jedoch nicht.

Problematisch erscheint jedoch der Zustand der Flachdachbereiche. Nach Angaben des Betriebspersonals mußte in der Vergangenheit die Dachfläche in Teilbereichen immer wieder neu eingedichtet werden, da durch Undichtigkeiten Niederschlagswasser ins Gebäude drang. Bei der Ortsbegehung konnte stehendes Wasser auf dem Flachdach festgestellt werden. Hier sollte im Rahmen einer eventuell anstehenden Dachsanierung ein Dämmsystem mit Gefälle vorgesehen werden.

Die Balkonkonstruktion an der Ostseite des Gebäudes weist einige Korrosionsschäden auf, die umgehend saniert werden sollten. Die Schäden haben jedoch keinen Einfluß auf den Energiehaushalt der Eissporthalle.

2.3 Beurteilung der techn. Anlagen für Energie und Wasser

Die vorgefundenen technischen Anlagen der Kälte-, Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektrotechnik befinden sich, soweit optisch erkennbar, in einem den Jahren entsprechend guten Zustand. Der Zustand der Anlagen läßt den Rückschluß auf eine regelmäßige und fachgerechte Wartung und Instandhaltung zu.

Funktionale Probleme treten gem. den Schilderungen des Betriebspersonals vor allen Dingen im Bereich der pneumatischen Meß-, Steuer- und Regeltechnik auf. Demnach ist ein automatischer Betrieb der Anlagen in Abhängigkeit der bereitgestellten und benötigten Wärmemengen heute nicht mehr bzw. überwiegend nicht mehr gegeben. Eine große Anzahl der Anlagen wird daher heute im „Handbetrieb“ gefahren.

Weiterhin treten Probleme im Bereich der Wärmeversorgung auf. Ursprünglich wurden die kältetechnischen Anlagen mit drei Gasmotoren betrieben, deren Abwärme für Raumheizzwecke und Warmwasserbereitung genutzt wurde. Weiterhin ist eine Gaskesselanlage vorhanden, die die Restwärme erzeugt.

Im Jahr 1992 wurden die kältetechnischen Anlagen von drei Gasmotoren auf zwei Elektromotoren und einen Gasmotor umgerüstet. Durch den Wegfall der beiden Gasmotoren ist die Wärmeerzeugerleistung derart reduziert, daß bei extremen Außentemperaturen nur noch dann eine ausreichende Wärmeversorgung sichergestellt werden kann, wenn der nun vorhandene Gasmotor und die Kesselanlage unter Vollast betrieben werden. Im Umkehrschluß bedeutet dies, daß bei einem Ausfall des vorhandenen Gasmotors zwar die Kälteproduktion über die beiden Elektromotore sichergestellt werden kann, eine ausreichende Wärmeversorgung über die Kesselanlage jedoch nicht mehr gewährleistet ist. Laut Aussage des Betriebspersonals kann im Winter mit dem Gaskessel ohne gleichzeitigen Betrieb des Gasmotors nur eine Vorlauftemperatur von max. 45 °C erreicht werden. Diese Vorlauftemperatur ist zu niedrig, was auch insofern nachvollzogen werden kann, da die Wärmeleistung der Kesselanlage nicht ausreicht, um den Wärmebedarf des Gebäudes abzudecken.

Weiterhin ist anzumerken, daß das hydraulische Heiz- und Abwärmesystem für drei Gasmotoren ausgelegt ist. Durch den Wegfall von zwei Gasmotoren ist das gesamte System hydraulisch nicht mehr abgeglichen. Eine einwandfreie Funktion ist daher nicht mehr gegeben. Dieser Sachverhalt hat insbesondere negative Auswirkungen auf den vorhandenen 50-m³-Pufferspeicher. Die erforderlichen Wassermengen – in Verbindung mit dem Wärmeangebot – haben sich derart verschoben, daß das daraus resultierende Temperaturniveau teilweise nicht genutzt werden kann. Bei der TWW-Bereitung (2 x 3.500 Liter) zeigten die abgelesenen Temperaturen, daß sich hier die Richtung des Energieflusses umgekehrt hat. Im ungünstigsten Fall wird der Speicher nicht mehr über die Abwärme aufgeladen, sondern entladen!

2.4 Vergleich des IST-Betriebszustands/Auslegungsdaten

Die Auslegungsdaten in den vorgefundenen Bestandsunterlagen stimmen überwiegend mit den vorgefundenen betriebstechnischen Anlagen überein. Veränderungen und Abweichungen gegenüber den Anlagenschemata konnten für folgende Anlagen festgestellt werden:

- Abwärmenutzung Gasmotoren

Durch die Umrüstung der Kältetechnik von drei Gasantriebsmotoren auf einen Gasantriebsmotor und zwei E-Motoren ergaben sich entsprechende Änderungen innerhalb des Anlagensystems. Diese sind in den vorliegenden Anlagenschemata jedoch nicht dokumentiert.

- Abwärmenutzung Enthitzer

Der nachträglich eingebaute Enthitzer zur Warmwasserbereitung Eispflege ist in den vorhandenen Heizungsschemata nicht eingetragen, sondern lediglich im Kälteschema.

- Warmwasserbereitung Eispflege

Die nachträglich installierten Warmwasserspeicher für die Eispflege sind in den vorhandenen Schemata nicht eingetragen.

Insgesamt ist festzustellen, daß durch die Änderung der Kälteerzeugung das gesamte hydraulische Anlagensystem der Abwärmenutzung heute nicht mehr den Auslegungsdaten entspricht. Da die Abwärmenutzung im direkten Zusammenhang mit dem Heizsystem der Eishalle steht, ist hier dringend Abhilfe zu schaffen.

2.5 Nutzungszeiten und Nutzungsverhalten

Die Hallennutzung kann grundsätzlich in die zwei Kategorien Winter- und Sommerbetrieb eingeteilt werden. Während im Sommer die Eishalle nur in einem sehr geringen Umfang genutzt wird, erfolgt im Winter die eigentliche intensive Nutzung. Nach den Angaben des Betriebspersonals und den vorliegenden Unterlagen „Publikumslauf- und Trainingspläne“ ergeben sich für die beiden Betriebsarten folgende Nutzungszeiten:

Betriebsart	Nutzung	von	bis	Betriebszeiten		
				Monate	Tage	Stunden
Winterbetrieb I	große Eishalle	Mitte August	Mitte April	ca. 8	243	5.832
Winterbetrieb II	alle Eisflächen	Ende Oktober	Mitte März	ca. 4,5	135	3.240
Sommerbetrieb		Mitte April	Mitte August	ca. 4	122	2.928
Summe					365	8.760

Der Winterbetrieb I beinhaltet nur die Nutzung der innenliegenden Eisflächen. Bei dem Winterbetrieb II sind zusätzlich zum Winterbetrieb I auch die außenliegenden Eisflächen in Betrieb.

Im Winterbetrieb erfolgt eine tägliche Nutzung der Halle für Training und Publikums-
lauf von 7:00 Uhr bis 23:30 Uhr jeweils an 7 Tagen in der Woche. Somit ergeben
sich je Saison Hallenbetriebszeiten 243 Tagen x 16,5 h = 4.010 h.

Das Nutzerverhalten im Winterbetrieb stellt sich wie folgt dar:

jährliche Besucher der Eishalle	700.000 Personen
davon Publikumsläufer	250.000 Personen
DEL-Heimspiele (mit jeweils ca. 6.000 Zuschauer)	35 Stück
Profimannschaft	1 Verein
Amateurmannschaften mit regulärem Spielbetrieb	15 Vereine
Eiskunstlaufvereine	3 Vereine
Eisstockschießverein	1 Verein
Eisschnelllaufverein	1 Verein

Im Sommerbetrieb wird der Außenbereich der Liegenschaft für den Tennissport
genutzt. In der Halle findet keine Nutzung statt.

2.6 Ermittlung der Gebäudedaten

Die wichtigsten Gebäudedaten der Eishalle stellen sich wie folgt dar:

Umbauter Raum	ca.	100.800 m ³
BGF Untergeschoß	ca.	8.000 m ²
BGF Erdgeschoß	ca.	3.300 m ²
Summe BGF	ca.	11.300 m ²
Eisfläche große Halle		1.800 m ²
Eisfläche kleine Halle		675 m ²
Eisfläche Schnellaufbahn		4.600 m ²
Eisfläche mobile Außenbahn		1.800 m ²
Summe Eisfläche		8.875 m ²
Transmissions- und Lüftungswärmebedarf	ca.	2.300 kW
Maximale Außenluftleistung der RLT-Anlagen		215.100 m ³ /h
Kesselleistung der Gaskesselanlage		950 kW
Transformatorenleistung		1.430 kW
Kälteleitung Verdichter 1 (Elektro)		850 kW
Kälteleitung Verdichter 2 (Elektro)		850 kW
Kälteleitung Verdichter 3 (Gas)		800 kW
Summe Kälteleistung		2.500 kW

2.7 Ermittlung der Anlagendaten

In der nachfolgende Tabelle sind die Nenn- und die Anschlußleistungen der vor-gefundenen betriebstechnischen Anlagen gegenübergestellt.

Betriebstechnische Anlage	abgegebene Nennleistung		Anschlußleistung	
	mech. [kW]	therm. [kW]	Elt [kW]	Gas [kW]
1. Kältetechnik	980	0	760	815
1.1 Verdichter 1, E-Motor	250		270	
1.2 Verdichter 2, E-Motor	250		270	
1.3 Verdichter 3, Gas-Motor	280			815
1.4 Ölkühler	9		10	
1.5 Verdunstungskondensatoren	73		80	
1.6 Kühlturmkreislauf	72		79	
1.7 NH3-Kreislauf	46		51	
2. Heizungstechnik	22	942	25	1.100
2.1 Kesselanlage		942		1.100
2.2 Heizungsanlage	22		25	
3. Raumluftechnik	210	25	259	
3.1 Antriebsaggregate	210		231	
3.2 Elektronacherhitzer		25	28	
4. Beleuchtung und Sonstige	260		286	
4.1 Hallenbeleuchtung	60		66	
4.2 Außenbeleuchtung	120		132	
4.3 Sonstige Beleuchtung	50		55	
4.4 Sonstige Verbraucher	30		33	
5. Gesamtsummen	1.472	967	1.330	1.915

Die Elektroversorgung der Liegenschaft erfolgt aus dem 10-kV-Ortsnetz der Mainova AG. Für die Einspeisung in das Niederspannungsnetz sind zwei Transformatoren mit einer Gesamtleistung von 1.430 kVA (800 kVA + 630 kVA) vorhanden. Die Gasversorgung erfolgt aus dem Gasnetz der Mainova AG.

3. Darstellung der Energie- und Wasserverbräuche

3.1 Auswertung der Abrechnungsunterlagen

Die Energie- und Wasserverbräuche wurden an Hand der zur Verfügung gestellten Abrechnungsunterlagen der Kalenderjahre 1996 bis 1998 untersucht, ausgewertet und in diversen Grafiken dargestellt. Weiterhin wurde für die Analyse der Energieverbräuche und –kosten die Gesamtaufstellung des HBAs vom 22.01.1999 für die Jahre 1993 bis 1995 berücksichtigt.

3.2 Auswertung der internen Zählerablesungen

Die internen Zählerablesungen für Strom, Gas und Wasser decken sich mit den Messungen der Energieversorger. Zählerablesungen über weitere Untermessungen dieser Energiearten liegen nicht vor. Für die Betrachtung der bisherigen Energieverbrauchsdaten können daher nur die Abrechnungsunterlagen der Energieversorger herangezogen werden (siehe Punkt 3.1).

Die vorliegenden Zählerablesungen der neu installierten Wärmemengenzähler zeigen die Verbrauchsdaten für den Zeitraum 24.09.1999 bis 12.10.1999. Aufgrund des Meßzeitraumes sind diese Daten nicht repräsentativ. Hier ist ein längerer Meßzeitraum erforderlich, um fundierte Aussagen treffen zu können.

3.3 Ermittlung der Tages- und Jahresganglinien

Die Tagesganglinien für die Stromenergie ergeben sich aus der Messung des Stromlastprofils (siehe nachfolgenden Punkt 3.4). Tagesganglinien für den Gasverbrauch können nicht erstellt werden, da entsprechende Messungen und Aufzeichnungen nicht vorliegen.

Die Jahresganglinien für alle Energien einschließlich des Wasserverbrauchs ergeben sich aus den Auswertungen der Energieabrechnungen. Die Grafiken sind unter Register 2 als Anlage beigefügt.

3.4 Messung des Stromlastprofils

Das Stromlastprofil bzw. das Tagesbelastungsprofil wird kontinuierlich mit der vorhandenen E-Maximum-Anlage ermittelt. Die Anlage vom Typ „Last-Control-System“, Fabrikat Borer ist seit 1992 in der Niederspannungshauptverteilung installiert. Laut Aussage des Betreibers wird die E-Maximum-Anlage heute lediglich zur Erfassung des Strombezugs genutzt. Ein automatischer Lastabwurf von verschiedenen Verbrauchern ist bislang nicht vorhanden. Als Anlage sind unter Register 3 exemplarisch die Ausdrücke der Tagesbelastungskurven für den Zeitraum 08.11.1998 bis 05.12.1998 beigefügt.

Zu den Ausdrucken ist anzumerken, daß die Anlage offensichtlich nicht kalibriert ist. Die ausgewiesenen 15-Minuten-Werte spiegeln sich in der prozentualen X-Achse nicht korrekt wider. Inwiefern die Zeitdaten mit der tatsächlichen Tageszeit übereinstimmen, kann nicht beurteilt werden.

Die ausgedruckten Tageshöchstwerte (Leistungsspitzen) weichen zudem von den Lastspitzen, die der Energieversorger abrechnet ab. Auch dies ist ein Indiz dafür, daß die Anlage nicht korrekt kalibriert ist. Es wird daher dringend empfohlen, die E-Maximum-Anlage umgehend zu kalibrieren und die dann aufgezeichneten Tagesbelastungsprofile für weitere Untersuchungen und Energieoptimierungen zu nutzen.

4. Aktueller Energiebedarf

4.1 Energiebedarf

Wie aus den beiliegenden Aufstellungen und Grafiken zu entnehmen ist, stellt sich der aktuelle jährliche Energiebedarf der Eissporthalle im Mittel wie folgt dar:

Verbrauch			
Strom	2.820.000 kWh		
Gas	6.560.000 kWh		
Wasser/Kanal	24.200 m ³		
Kosten (netto)			
Strom	520.000 DM		57 %
Gas	230.000 DM		25 %
Wasser/Kanal	170.000 DM		18 %
Summe	<u>920.000 DM</u>		
Spezifische Kosten (netto)			
Strom	0,184 DM/kWh		
Gas	0,035 DM/kWh		
Wasser/Kanal	7,025 DM/m ³		
Preisstand 1998			

4.2 Bilanzierung der Verbräuche, Flußdiagramm

Die Bilanzierung der Energieverbräuche ist in dem beiliegenden Flußdiagramm dargestellt. Grundlage der dort dargestellten Verbrauchsdaten sind gemittelte Verbrauchswerte der vorliegenden Abrechnungsunterlagen aus den Kalenderjahren 1996 bis 1998. Es ist zu berücksichtigen, daß je nach Nutzerverhalten, Auslastung, Witterung und Anlagenbetriebsweise die Energieströme variieren können.

5. Ermittlung des Einsparpotentials

5.1 Optimierung der Energielieferverträge

Die im Rahmen der Liberalisierung der Energiemärkte eingetretenen Veränderungen der Energiebezugskosten sind nach den vorliegenden Unterlagen für die Eissporthalle offensichtlich noch nicht genutzt worden. Hier sollten mit dem heutigen Energielieferanten umgehend entsprechende Verhandlungen geführt werden. Zum Vergleich und zur Stärkung der eigenen Verhandlungsposition sollten Vergleichsangebote weiterer Energielieferanten eingeholt werden.

Die Ermittlung der Leistungsspitze erfolgt gem. Punkt 8. der aktuellen Vertragsunterlagen bereits als Sonderregelung lediglich in der Zeit von Montag bis Freitag von 6:00 Uhr bis 13:00 Uhr. Die außerhalb dieser Zeit anfallenden Lastspitzen bleiben daher kostenmäßig unberücksichtigt.

Durch eine optimierte und automatisierte Betriebsweise der technischen Anlagen könnte eine Lastspitzenoptimierung realisiert werden. Dies bedingt jedoch eine entsprechend vorgerüstete Meß-, Steuer- und Regeltechnik der betriebstechnischen Anlagen.

Mit dem Energieversorger ist zur Zeit eine max. Lieferleistung von 700 kW vertraglich vereinbart. Im Maximum treten jedoch Leistungsspitzen in Höhe von 850 kW auf (vergl. Tabelle Stromverbrauchsdaten 1996 bis 1998, Monat Nov. 1998).

Die Jahresabrechnungen weisen für die Sommermonate Mai, Juni und Juli Lastspitzen von 130 bis 210 kW aus. Berechnet wird jedoch auch hier der Mittelwert aus den drei höchsten Monatslastspitzen mit einer Höhe von 649 bis 700 kW. Dieser Sachverhalt bietet sicherlich auch die Möglichkeit, mit dem Energieversorger in Verhandlung zu treten.

Der Gasliefervertrag lag nicht vor und kann daher nicht bewertet werden. Grundsätzlich ist jedoch festzustellen, daß aufgrund des spezifischen Gaspreises von 0,034 bis 0,039 DM/kWh (netto) günstige Gasbezugskonditionen vorliegen. Hinsichtlich der berechneten Leistungspreise für die Sommermonate Mai, Juni und Juli sollte ebenso mit dem Energielieferanten verhandelt werden (sinngemäß wie für den Strombezug).

Die Wasser- und Kanalkosten beinhalten auch die Wassermenge, die als Wasserdampf über die Kühltürme an die Umgebung abgegeben werden und die Wassermengen, die für die Pflege der Tennisplätze verwendet werden. Kosten für die Kanalisation können für diese Wassermengen real nicht anfallen. Hier ergibt sich die Möglichkeit, die Kanalisationskosten einzusparen. Ob eine Verrechnung heute bereits vertraglich vereinbart ist, konnte aufgrund der nicht vorliegenden Lieferverträge nicht festgestellt werden. Die Rückerstattungsbeträge in den Monatsrechnungen Januar 1997 in Höhe von 8.207,55 DM und Juni 1998 in Höhe von 23.308,20 DM weisen jedoch darauf hin, daß eine derartige Vereinbarung bereits existiert.

5.2 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen, die einen direkten Einfluß auf den Energiehaushalt der Eissporthalle haben, sind vor allen Dingen in der Länge der jährlichen Eissaison zu finden. Eine Verkürzung der Eissaison um einige Tage oder Wochen würde zu einer direkten und merklichen Einsparung führen, insbesondere in den Monaten August, September und/oder April. Überschlägige Ermittlungen zeigen, daß bei einem späteren Beginn der Eisbereitung um z. B. eine Kalenderwoche im August eine Energiekostenminderung von ca. 11.000 DM (netto) zu erzielen ist.

Da die Verkürzung der Eissaison jedoch auch zu einer Reduzierung der Nutzungszeiten führt und hier insbesondere auch die Nutzungszeiten für den Leistungssport (DEL, usw.) reduziert werden, ist diese Maßnahme sicherlich auch eine politische Frage und daher im Rahmen dieser Konzeptentwicklung nicht zu bewerten.

Weitere organisatorische Maßnahmen wie z. B. die kontinuierliche Anpassung der betriebstechnischen Anlagen an den tatsächlichen Bedarf oder die unter Punkt 5.1 erläuterte Lastspitzenoptimierung scheitern heute an der nicht mehr voll funktionsfähigen Meß-, Steuer- und Regeltechnik (MSR-Technik). Bevor hier weitergehende Maßnahmen ergriffen werden können, ist die komplette MSR-Technik in einen funktionsfähigen und dem Stand der Technik entsprechenden Zustand zu bringen.

5.3 Verbesserung der Wärmedämmung

Die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehüllflächen führt grundsätzlich zu einer Verringerung der Transmissionswärmeverluste sowie zu einer Verminderung der Kondensatbildung in der Halle. An dieser Stelle sei angemerkt, daß die Wärmedämmung der Gebäudehülle bei einer Eissporthalle nicht in erster Linie einen Wärmeverlust von innen nach außen verhindern soll, sondern vorrangig die Kondensationsbildung und den anschließenden Abtropfvorgang von der Hallendecke auf die Eisfläche vermeiden soll.

Die Eissporthalle verfügt in weiten Teilen bereits über Wärmedämmeigenschaften, die entsprechend dem damaligen Stand der Technik ausgeführt wurden (z. B. gedämmtes Dach, Termopane-Verglasung). Die vorhandene Wärmedämmung der Halle ist aus unserer Sicht gut und dem Zweck entsprechend. Ein Handlungsbedarf ergibt sich daher nicht. Die Investitionskosten für zusätzliche Dämmmaßnahmen an den Außenfassaden und des Daches würden ohnehin nicht in einem wirtschaftlichen Verhältnis zu dem erzielbaren Nutzen stehen.

Laut Aussage des Betriebspersonals ist beabsichtigt, die Dachfläche wegen vorhandener Undichtigkeiten zu sanieren. Bei diesen Arbeiten ist darauf zu achten, daß die Wärmedämmung vollflächig und bündig aufliegt.

5.4 Verbesserung oder Ersatz der Regelungstechnik

Wie bereits mehrfach zuvor festgestellt, ist die MSR-Technik in weiten Teilen nicht mehr funktionstüchtig. Nach den Angaben des Betriebspersonals führten diverse Versuche, die MSR-Technik durch Fachfirmen wieder instand setzen zu lassen, zu keinem befriedigenden Ergebnis.

In Anbetracht der heute verfügbaren und dem Stand der Technik entsprechenden Systeme ist daher dringend der Ersatz der vorhandenen Meß-, Steuer- und Regelungstechnik zu empfehlen, um überhaupt einen automatisierten Betrieb gewährleisten zu können. Hierzu bieten sich frei programmierbare DDC-Systeme an, die über einen Systembus zu einem Gesamtsystem zusammengeführt werden können, um eine gewerkeübergreifende Automation realisieren zu können. Mit Hilfe einer übergeordneten PC-Bedienstation sollte ein GLT-System installiert werden, welches dem

Betriebspersonal eine optimierte Betriebsführung und Kontrolle der betriebstechnischen Anlagen erst ermöglicht.

5.5 Optimierung der technischen Anlagen

Nach Prüfung aller Kriterien erscheinen folgende Maßnahmen zur Optimierung der technischen Anlagen als sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar:

1. Verbesserte Nutzung der Abwärme aus der Kältetechnik

Durch die Umstellung der Kältetechnik von drei Gasmotoren auf einen Gas- und zwei E-Motoren hat sich das gesamte Wärmeangebot der Kältetechnik verändert. Mit der Umstellung der Kältetechnik ist jedoch das hydraulische Netz der Heizung und Abwärmenutzung nicht angepaßt worden. Aufgrund der teilweise zu hohen Volumenströme wird die zur Verfügung stehende Wärmeenergie mit einem zu niedrigen und somit nicht nutzbaren Temperaturniveau angeboten. Für eine sinnvolle Nutzung der anfallenden Abwärme aus der Kältetechnik sollte ein zusätzlicher Kondensator/Enthitzer mit einer Leistung von 980 kW auf der NH₃-Seite installiert werden. Die hier entzogene Wärme kann sowohl für die TWW-Bereitung der Eispflege als auch zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs (TWW, Lüftung, statische Heizung) genutzt werden.

Mit dem heute vorhandenen Wärmeverbund wird aus der Kältetechnik lediglich die Energie aus den Ölkühlern und ein weiterer Anteil über den Enthitzer entzogen. Der größte Teil des zur Verfügung stehenden Wärmepotentials aus der Kältetechnik wird über die Kühltürme abgeführt. Mittels des zuvor benannten Kondensators/Enthitzers läßt sich dieses Wärmepotential weitestgehend erschließen. Gleichzeitig reduzieren sich mit dieser Maßnahme die Betriebszeiten der Kühltürme (siehe Punkt 6.1 und beiliegende Prinzipskizze).

2. Erneuerung der Kesselanlage

Der vorhandene Gaskessel ist abgängig, da die Kesselglieder undicht sind. Aus diesem Grund wird der Kessel heute auch in den Sommermonaten auf Betriebstemperatur gehalten werden, was zu unnötigen Energiekosten führt. Bei der Erneuerung des Kessels ist eine Leistungsanpassung nicht erforderlich, wenn der

unter Punkt 1. genannte Kondensator/Enthitzer gleichzeitig installiert wird (siehe Variante 1 unter Punkt 6.2).

Sollte auf die Installation des Kondensators/Enthitzers verzichtet werden, muß zur Sicherstellung einer ausreichenden Wärmeversorgung eine Kesselanlage, bestehend aus zwei Kesseln mit einer Gesamtleistung von ca. 1.900 kW, vorgesehen werden. Nur so kann garantiert werden, daß auch bei Ausfall des Gasmotors immer genügend Heizwärme zur Verfügung steht (siehe Variante 2 unter Punkt 6.2).

3. Anpassung und Optimierung des hydraulischen Heiznetzes

Wie schon mehrfach erläutert, ist die Anpassung des gesamten hydraulischen Wärmeverbundsystems auf die heutigen Verhältnisse (zwei E-Motoren und ein G-Motor) zwingend erforderlich. Nur so ist eine sinnvolle und wirtschaftliche Abwärmenutzung und Beheizung des Gebäudes möglich. Dies bedingt auch, daß in einigen Teilen die Förderleistungen verschiedener Pumpen sowie die Dimensionen einiger Reglventile angepaßt werden müssen.

Die Anpassung des hydraulischen Heiznetzes steht in direktem Zusammenhang mit den beiden zuvor genannten Maßnahmen. Dies bedeutet, daß das hydraulische Netz in jedem Fall angepaßt werden sollte (siehe Punkte 6.1 und 6.2).

4. Ausrüstung der raumluftechnischen Anlagen mit Antriebseinheiten für variable Volumenströme

Zur bedarfsgerechten Luftversorgung der einzelnen Lüftungsbereiche sollten die Lüftungsanlagen 1 bis 6 und 13 mit drehzahlgeregelten Motoren ausgerüstet werden. Hiermit kann die Luftmenge variiert und immer dem tatsächlichen Bedarf angepaßt werden. Für die Bedarfsermittlung eignen sich die Kriterien Innen- und Außenfeuchte, Lufttemperatur und Luftqualität (siehe Punkt 6.3).

5. Ersatz der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, Installation eines GLT-Systems

Die nicht mehr voll funktionsfähige pneumatische Meß-, Steuer- und Regeltechnik sollte komplett demontiert und durch neue DDC-gestützte Anlagen mit einem über-

geordneten GLT-System ersetzt werden (siehe Punkt 6.4 und beiliegende Prinzipskizze).

Weitere Maßnahmen zur Energieeinsparung in den übrigen technischen Anlagen (z. B. der Beleuchtungsanlagen, der Wasseranlage, der Abwasseranlagen usw.) könnten auch zu weiteren Einsparungen führen. Die erzielbaren Energiekosteneinsparungen stehen jedoch in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zu den erforderlichen Investitionen. Weitergehende Optimierungsmaßnahmen für diese Anlagengruppen wurden daher nicht ausgearbeitet.

6. Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen

Die nachfolgenden Kostenschätzungen weisen exemplarisch die zu erwartenden Baukosten einschließlich der anfallenden Nebenkosten, jeweils ohne Mehrwertsteuer aus. Die ausgewiesenen Einsparungen basieren auf der Annahme, daß die heute herrschenden Rahmenbedingungen wie Witterungseinflüsse, Energiebezugskosten Nutzungsart, Nutzungsdauer usw. auch in der Zukunft in vergleichbarer Weise vorgefunden werden. Die Ermittlung der eingesparten Energiemengen erfolgte auf der Grundlage der heute vorgefundenen Nutzungszeiten, der daraus abgeleiteten Laufzeitenreduzierungen und Erfahrungswerten mit vergleichbaren Anlagen sowie der durch die vorgeschlagenen Maßnahmen vorgesehen technischen Anlagenparameter. Bei der Ermittlung der eingesparten Energiekosten blieb eine Reduzierung der Anschlußleistungen weitestgehend unberücksichtigt, da davon auszugehen ist, daß bei einer Spitzennutzung der Liegenschaft, z. B. bei einem DEL-Spiel und gleichzeitiger Nutzung der Außenanlagen, für diesen Betriebsfall auch zukünftig alle Anlagen unter Vollast genutzt werden müssen. Somit erfolgt die Berechnung der eingesparten Energiekosten mit den spezifischen Preisen von 0,1045 DM/kWh für Strom und 0,0315 DM/kWh für Gas.

6.1 Verbesserte Nutzung der Abwärme aus der Kältetechnik

Bei der nachfolgenden Betrachtung ist die Installation des Kondensators/Enthitzers und die Anpassung des hydraulischen Systems berücksichtigt (vergleiche 1. und 3. aus Punkt 5.5). Die genannten einzusparenden Energiemengen stehen im direkten Zusammenhang mit der Laufzeit der kältetechnischen Anlagen und dem erforderlichen Wärmebedarf.

Kostenschätzung	ca.	405.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	1.800.000 kWh/a bis	2.300.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	20.000 kWh/a bis	40.000 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca.	0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca.	0 kW bis	0 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca.	58.790 DM/a bis	76.630 DM/a
Amortisationsdauer:	ca.	6,89 Jahre bis	5,29 Jahre

6.2 Erneuerung der Kesselanlage

Bei den nachfolgenden Betrachtungen ist jeweils die Erneuerung der Kesselanlage und die Anpassung des hydraulischen Systems berücksichtigt (vergleiche 2. und 3. aus Punkt 5.5).

Variante 1

Erneuerung der Kesselanlage mit einem Kessel. Diese Variante ist zutreffend, wenn gleichzeitig der Kondensator/Enthitzer installiert wird.

Kostenschätzung:	ca.	180.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	50.000 kWh/a bis	110.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	0 kWh/a bis	0 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca.	0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca.	0 kW bis	0 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca.	1.575 DM/a bis	3.465 DM/a
Amortisationsdauer:	ca.	114,29 Jahre bis	51,95 Jahre

Variante 2

Erneuerung der Kesselanlage mit zwei Kesseln. Diese Variante ist zutreffend, wenn der Kondensator/Enthitzer nicht installiert wird.

Kostenschätzung:	ca.	540.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	50.000 kWh/a bis	110.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	0 kWh/a bis	0 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca.	0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca.	0 kW bis	0 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca.	1.575 DM/a bis	3.465 DM/a
Amortisationsdauer:	ca.	342,86 Jahre bis	155,84 Jahre

Insgesamt ist bei jeder der beiden Varianten die Bewertung der Amortisationsdauer nicht ausschlaggebend, da die Kesselanlage ohnehin abgängig ist und zwingend erneuert werden muß.

6.3 Ausrüstung der raumluftechnischen Anlagen mit Antriebseinheiten für variable Volumenströme

Kostenschätzung:	ca.	220.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	250.000 kWh/a bis	420.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	150.000 kWh/a bis	220.000 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca.	0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca.	0 kW bis	0 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca.	23.550 DM/a bis	36.220 DM/a
Amortisationsdauer:	ca.	9,34 Jahre bis	6,07 Jahre

6.4 Ersatz der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, Installation eines GLT-Systems

Kostenschätzung:	ca.	480.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	550.000 kWh/a bis	720.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	210.000 kWh/a bis	250.000 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca.	0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca.	50 kW bis	120 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca.	50.270 DM/a bis	75.205 DM/a
Amortisationsdauer:	ca.	9,55 Jahre bis	6,38 Jahre

Für die Erneuerung der MSR-Technik ist die alleinige Bewertung der Amortisationsdauer nicht ausschlaggebend, da die Anlagen nicht voll funktionsfähig sind und ohnehin dringend erneuert werden müssen.

6.5 Zusammenfassung der Maßnahmen

In Anbetracht der aufgezeigten Möglichkeiten wird die Realisierung folgender Maßnahmen vorgeschlagen, ohne zunächst eine Wertung der Rangfolge vorzunehmen:

- Verbesserte Nutzung der Abwärme aus der Kältetechnik (siehe Punkt 6.1)
- Erneuerung der Kesselanlage, Variante 1 (siehe Punkt 6.2)
- Ausrüstung der raumluftechnischen Anlagen mit Antriebseinheiten für variable Volumenströme (siehe Punkt 6.3)
- Ersatz der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, Installation eines GLT-Systems (siehe Punkt 6.4)

Aus den vorgenannten Maßnahmen ergibt sich folgende Gesamtbetrachtung:

Kostenschätzung:	ca. 1.285.000 DM (netto)	
Energieeinsparung Gas:	ca. 2.650.000 kWh/a bis	3.550.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca. 380.000 kWh/a bis	510.000 kWh/a
Minderung der Anschlußleistung Gas:	ca. 0 kW bis	0 kW
Minderung der Anschlußleistung Elektro:	ca. 50 kW bis	120 kW
Eingesparte Energiekosten:	ca. 134.185 DM/a bis	191.520 DM/a
Amortisationsdauer:	ca. 9,58 Jahre bis	6,71 Jahre

Da alle genannten Maßnahmen funktional eng miteinander verknüpft sind bzw. in Teilen voneinander abhängig und somit technisch nicht trennbar sind, wird empfohlen, die Realisierung innerhalb eines zusammenhängenden Zeitraumes vorzunehmen. Bei der weiteren Umsetzung der Maßnahmen sind im Rahmen der üblichen Planungs- und Ausschreibungsabläufe insbesondere die genehmigungspflichtigen Änderungen der kältetechnischen Anlagen zu berücksichtigen.

INGENIEURBÜRO
Raimund Krawinkel