

Projekt

**Panoramabad Bornheim
Frankfurt am Main
Inheidener Straße 60**

**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.....	5
2.3	Beurteilung der techn. Anlagen für Energie und Wasser	6
2.4	Vergleich des IST-Betriebszustandes / Auslegungsdaten.....	8
2.5	Nutzungszeiten und Nutzungsverhalten.....	8
2.6	Ermittlung der Gebäudedaten	10
2.7	Ermittlung der Anlagendaten.....	11
3.	Darstellung der Energie- und Wasserverbräuche	12
3.1	Auswertung der Abrechnungsunterlagen	12
3.2	Auswertung der internen Zählerablesungen	12
3.3	Ermittlung der Tages- und Jahresganglinien.....	12
3.4	Messung des Stromlastprofils	13
4.	Aktueller Energiebedarf	14
4.1	Energiebedarf	14
4.2	Bilanzierung der Verbräuche, Flußdiagramm.....	15
5.	Ermittlung des Einsparpotentials.....	17
5.1	Optimierung der Energielieferverträge	17
5.2	Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen.....	17
5.3	Verbesserung der Wärmedämmung	18
5.4	Verbesserung oder Ersatz der Regelungstechnik.....	18
5.5	Optimierung der technischen Anlagen	19
6.	Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Einzelmaßnahmen	21
6.1	Erneuerung der Software Badewasseraufbereitungstechnik	22
6.2	Anpassung der Steuer- und Regeltechnik RLT-Anlagen.....	23
6.3	Einbau einer KWK-Anlage	25
6.4	Einbau einer Wasseraufbereitung für das Rückspülwasser	27
6.5	Ertüchtigung der vorhandenen Abwasser-WRG	28
6.6	Ersatz der Regeltechnik, Installation eines DDC/GLT-Systems.....	30
6.7	Blindstromkompensationsanlage	31
6.8	Sonstige Maßnahmen	31
6.9	Zusammenfassung der Maßnahmen	32

1. Einleitung

Das Sport- und Badeamt der Stadt Frankfurt am Main betreibt unter der Anschrift „Inheidener Straße 60“ ein Hallen- und Freibad. Das Gebäude und die zugehörigen Außenanlagen wurden in zwei Abschnitten errichtet bzw. umgebaut. Der erste Abschnitt wurde 1970 als Hallenbad mit einem Sport- und einem Nichtschwimmerbecken errichtet. In den Jahren 1987 bis 1990 wurde eine Überplanung vorgenommen und das Bad im Rahmen einer Attraktivierung auf den heutigen Stand um- und ausgebaut.

Das Ingenieurbüro Raimund Krawinkel, Beratende Ingenieure VBI, Krefeld wurde durch das Hochbauamt der Stadt Frankfurt Ende Oktober 2000 beauftragt, ein Energie- und Wassersparkonzept für das Panoramabad zu erarbeiten. Grundlage der Ingenieurleistungen ist dabei, das Leistungsprogramm des IBK gemäß Schreiben vom 12.07.2000. Die hier dokumentierten Ingenieurleistungen beruhen auf dem genannten Leistungsprogramm.

2. Aufnahme des IST-Zustandes

Am 11.12.2000 fand im Panoramabad 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 Hornbergs, Krebbers und Wingertszahn fand ebenso am 11.12.2000 statt. Bei der Begehung konnten die Vertreter des IBK das Gebäude und die technischen Anlagen gemeinsam mit den Herren Schink und Hübinger vom Sport- und Badeamt in Augenschein nehmen. Im Rahmen der Ortsbegehung wurden dem IBK weitere Bestandspläne, Datenblätter und Anlagenbeschreibungen zur Verfügung gestellt. Am 22.01.2001 erhielt das IBK die wesentlichen Strom-, Gas- und Wasserrechnungen für die Jahre 1996 bis 2000.

Aufstellungen und k-Werte zu dem Aufbau der Hüllflächen des Gebäudes existieren nicht und konnten dem IBK daher nicht zur Verfügung gestellt werden. Für die weitere Bearbeitung wurden daher die zur Verfügung gestellten Grundrißpläne der technischen Gewerke herangezogen. Für die Bestimmung der k-Werte werden in den nachfolgenden Betrachtungen typische Größenordnungen, die dem jeweiligen Baustil zugeordnet werden können, genutzt.

2.2 Beurteilung der Gebäudesubstanz

Das Gebäude besteht aus mehreren ineinander verschachtelter Kuben und einem großflächig angebautem Wintergartenbereich. Die wesentlichen Außenmaße betragen ca. 70 m x 50 m x 10 m (L x B x H). Aus einer überschlägigen Berechnung der Einzelräume ergibt sich eine umbaute Kubatur von ca. 37.000 m³.

Das Gebäude verfügt über zwei Ebenen: Der öffentliche Bereich mit Umkleiden, Schwimmhalle, Sauna, Gastronomie usw. befindet sich im Erdgeschoß. Im Kellergeschoß sind im wesentlichen die kompletten technischen Anlagen sowie ein kleiner Verwaltungs- und Wirtschaftsbereich untergebracht.

Das EG verfügt über eine Nutz- und Funktionsfläche von ca. 3.500 m² und das KG über eine Nutzfläche von ca. 3.000 m².

In der Haupthalle ist ein Sportbecken mit einer Wasserfläche von 432 m² und ein Nichtschwimmerbecken mit 160 m² vorhanden. Im Hallenbereich befinden sich zudem noch zwei Warmwasserbecken mit einer Wasserfläche von jeweils 6,7 m² und ein Planschbecken mit einer Wasserfläche von 12,3 m². Im Außenbereich ist an der östlichen Seite des Bades ein Außenbecken mit einer Wasserfläche von 332 m² angeordnet. Das Außenbecken und das Sportbecken sind über einen Schwimmkanal miteinander verbunden. Die Liegenschaft verfügt somit über folgende Wasserflächen und Beckenwasserinhalte:

Becken	Abmessungen	Inhalt	Fläche
Sportbecken	16 2/3 m x 25 m	948 m ³	432 m ²
Nichtschwimmer	9,70 m x 10,80 m	151 m ³	160 m ²
Warmwasserbecken 1	ca. 3 m (Durchmesser)	5 m ³	7 m ²
Warmwasserbecken 2	ca. 3 m (Durchmesser)	5 m ³	7 m ²
Planschbecken	ca. 3,8 m (Durchmesser)	2 m ³	12 m ²
Tauchbecken	ca. 2,0 m (Durchmesser)	3 m ³	3 m ²
Außenbecken	ca. 28 m x 9,5 m (Hauptachsen)	367 m ³	332 m ²
Summen		1.481 m ³	953 m ²

Das Panoramabad ist in konventioneller Stahlbetonbauweise und Stahlbetonfertigteilbauweise erstellt. Die Flachdachbereiche sind als Trapezblechkonstruktion mit Dampfsperre, Wärmedämmung, Dachdichtung und Kiesschüttung ausgeführt.

Die Gebäudeaußenwände auf der Süd-, West- und Nordseite verfügen über Fertigbetonfassaden mit Waschbetonoberfläche, die mit Fenster- und Türkonstruktionen als Pfosten- und Riegelkonstruktion aus Aluminiumprofilen unterbrochen werden. Als Verglasung wurden Isolierglasscheiben eingesetzt.

Im Osten und Westen des Gebäudes ist ein großräumiger Wintergartenbereich mit Schrägfassade als Pfosten- und Riegelkonstruktion aus Aluminiumprofilen ausgebildet. Für die Verglasung wurden ebenso Isolierglasscheiben vorgefunden. Die großflächigen Glasfassaden sind zudem mit umfangreichen außenliegenden Verschattungsanlagen ausgerüstet.

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

Nach Angaben des Betriebspersonals werden jedoch immer wieder Undichtigkeiten an den Fensterdichtungen des Wintergartens festgestellt. Die Beseitigung der Undichtigkeiten erfolgt im Rahmen der üblichen Bauunterhaltungsmaßnahmen.

Im Rahmen der Ortsbegehung konnte festgestellt werden, daß die Baukonstruktionen der einzelnen Badewasserbecken keine Undichtigkeiten aufweisen. Problematisch erscheint dagegen der Duschbereich zwischen dem Umkleidetrakt und der Schwimmhalle. Hier kommt es - gemäß den Angaben des Betriebspersonals - immer wieder zu Wasserdurchdringungen ins Kellergeschoß, wodurch medienführende Leitungen teilweise bereits Korrosionserscheinungen aufweisen.

2.3 Beurteilung der techn. Anlagen für Energie und Wasser

Die vorgefundenen technischen Anlagen der Badewasser-, 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 - gemäß den Schilderungen des Betriebspersonals - vor allen Dingen im Bereich der Meß-, Steuer- und Regeltechnik der Badewasser-aufbereitungsanlagen auf. Demnach ist ein automatischer Betrieb der Anlagen in Abhängigkeit der erforderlichen Filterspülungen heute nicht mehr bzw. überwiegend nicht mehr gegeben. Dies ist auf eine nicht mehr funktionsfähige SPS-Steuerung zurückzuführen. Die ehemals für das Bad programmierten Steuerungen sind nur noch in Teilbereichen funktionsfähig. Ein überwiegender Teil der Filterrückspülung muß heute im Handbetrieb gefahren werden.

Zur Abwärmenutzung aus dem Filterrückspülwasser ist eine Wärmepumpe vom Fabrikat Menerga vorhanden. Das anfallende Filterrückspülwasser wird aufgefangen und zwischengespeichert. Bevor die Einleitung in die Kanalisation erfolgt, wird dem Abwasser die Wärmeenergie entzogen und mit einem höheren Temperaturniveau (Wärmepumpe) dem zu erwärmenden Kaltwasser übertragen. Die Anlage wurde ca. 1990 in Betrieb genommen. Der Betriebsstundenzähler der Wärmepumpe dokumentierte eine Laufzeit von 3.192 Stunden. Die Wärmepumpe ist somit in den 11 Jahren durchschnittlich 290 Stunden/Jahr in Betrieb gewesen. Die geringen Laufzeiten wurden seitens des Betriebspersonals bestätigt und mit einer außerordentlich hohen Störanfälligkeit im Kältekreislauf begründet.

Im Rahmen der Ortsbegehung wurde festgestellt, daß die Anlage heute wegen eines Defektes gänzlich außer Betrieb ist. Dem Bauherrn liegt zur Behebung des Defektes ein Angebot des Systemherstellers in Höhe von ca. 26.000 DM (brutto) vor.

Bei der Ortsbegehung konnte eine Raumtemperatur von ca. 26 °C bei Beckenwassertemperaturen von ca. 29 °C im Sportbecken und ca. 35 °C im Nichtschwimmerbecken gemessen werden. Die Raumfeuchte konnte nicht gemessen werden. Der Sollwert der Raumfeuchte war auf 50 % r. F. und der Sollwert der Raumtemperatur auf 25 °C eingestellt.

Der Istwert der Raumtemperatur entspricht unter Berücksichtigung von üblichen Regeltoleranzen somit dem eingestellten Sollwert. Aufgrund nicht vorhandener Meßsysteme kann allerdings keine Aussage zur tatsächlichen Raumfeuchte gemacht werden. Hierzu ist ggf. eine kontinuierliche Messung über einen längeren Zeitraum vorzunehmen.

Die Temperaturdifferenz – insbesondere beim Nichtschwimmerbecken – von ca. 9 °C zwischen Beckenwasser und Raumtemperatur ist jedoch zu hoch, so daß mit einer hohen rel. Raumfeuchte zu rechnen ist. Der Sollwert der Raumtemperatur

sollte gem. Richtlinien auf mind. 2 bis 3 K über der Beckenwassertemperatur im Sportbecken von 29 °C eingestellt werden, d. h. auf ca. 31 bis 32 °C.

Nach den Angaben des Betriebspersonals gibt es zudem häufiger Beschwerden der Badegäste, daß nach dem Ausstieg aus dem Becken die Haut schnell auskühlt und sie sich unwohl fühlen. Dieser Zustand wird durch die vorstehenden Meßwerte bestätigt.

Darüber hinaus treten – gemäß den Schilderungen des Betriebspersonals – verhältnismäßig hohe Temperatur- und Feuchtwerte in der angrenzenden Cafeteria auf. Dieses ist auf den Wärme- und Feuchteaustausch mit der Hallenluft über die ca. 3,00 m x 3,00 m große Zugangsöffnung zurückzuführen. Die vorhandene Luftschleieranlage kann dabei nur zu einer geringfügige Verbesserung dieses Zustandes beitragen. Eine tatsächliche Abhilfe ist sicherlich nur mit einer baulichen Abtrennung mittels einer Türanlage, im günstigsten Falle mit einer Schleuse, zu erzielen. Letztlich wird mit dieser Maßnahme zwar keine Energie eingespart, wohl aber eine Komfortgewinn für den Bereich der Cafeteria erzielt.

2.4 Vergleich des IST-Betriebszustandes / Auslegungsdaten

Die Auslegungsdaten in den vorgefundenen Bestandsunterlagen stimmen - soweit prüfbar - mit den vorgefundenen betriebstechnischen Anlagen überein. Veränderungen und Abweichungen gegenüber den Anlagenschemata konnten in wesentlichen Punkten nicht festgestellt werden.

2.5 Nutzungszeiten und Nutzungsverhalten

Die Hallennutzung kann grundsätzlich in drei Kategorien eingeteilt werden. Während bislang im Sommer – in der Freibadesaison - das Bad nur für den Schul- und Vereinssport genutzt wird, erfolgt in der übrigen Zeit die eigentliche intensive Nutzung auch für die Öffentlichkeit. Eine komplette Schließung erfolgt in den Sommerferien sowie in den Zeiträumen 24.12. bis 26.12. und 31.12. bis 01.01.

Nach den Angaben des Betriebspersonals und den vorliegenden Unterlagen „Öffnungszeiten Sommer 2000“ und „Öffnungstage der Hallenbäder im Vergleich“ ergeben sich für die beiden Betriebsarten folgende Nutzungszeiten:

Betriebsart	Nutzung	von	bis	Betriebszeiten		
				Monate	Tage	Stunden
Vollnutzung	komplettes Bad	Anfang Jan.	Mitte Mai	ca. 4,5	135	1.688
		Anfang Sept.	Ende Dez.	ca. 4	120	1.500
Teilnutzung	nur Halle	Mitte Mai	Ende Aug.	ca. 1,8	57	570
Summe Schwimmbadbetrieb					312	3.758

Die Vollnutzung beinhaltet die Nutzung aller Wasserflächen. Bei der Teilnutzung erfolgt lediglich die Nutzung der Wasserflächen in der Halle, ohne das Außenbecken.

Bei der Vollnutzung erfolgt eine tägliche Öffnung des Bades für die Öffentlichkeit sowie für den Schul- und Vereinssport an 7 Tagen in der Woche. Die Öffnungs- und Nutzungszeiten variieren in der Zeit von 6:30 Uhr bis maximal 22:00 Uhr. Je nach Wochentag ergeben sich Öffnungszeiten von 8 bis 13,5 Stunden je Tag. Als Mittelwert ergibt sich eine durchschnittliche Öffnungsdauer von 12,5 Stunden/Tag.

Somit ergeben sich jährliche Öffnungszeiten - während der Vollnutzung - von 255 Tagen x 12,5 h = 3.188 h. Weiterhin sind Zeiten der Teilnutzung mit ca. 57 Tagen x 10 h = 570 h hinzuzurechnen. Insgesamt ergibt sich eine Gesamtnutzungszeit von ca. 3.758 h im Jahr.

Unter Zugrundelegung der zur Verfügung gestellten Unterlagen ergibt sich ein durchschnittliches Besucheraufkommen für die Kalenderjahre 1995 bis 1999 von ca. 260.000 Besuchern pro Jahr. Im Jahr 2000 wurde sogar ein Spitzenaufkommen von ca. 300.000 Besuchern verzeichnet.

Bei insgesamt 312 Öffnungstagen entspricht dies einem spezifischen Besucheraufkommen von 833 Besucher/Tag bzw. 961 Besucher/Tag.

Anzumerken ist, daß in den vorgenannten Besucheraufkommen auch die Gäste enthalten sind, die lediglich die Saunaanlagen besuchen und dabei das eigentliche Bad nicht nutzen.

2.6 Ermittlung der Gebäudedaten

Die wichtigsten Gebäudedaten des Panoramabades stellen sich wie folgt dar:

Umbauter Raum	ca.	37.000 m ³
BGF Untergeschoß	ca.	2.900 m ²
BGF Erdgeschoß	ca.	3.500 m ²
Summe BGF	ca.	6.400 m²
Wasserfläche Sportbecken		432 m ²
Wasserfläche Nichtschwimmerbecken		160 m ²
Wasserfläche Außenfläche		332 m ²
Wasserfläche Warmwasserbecken		14 m ²
Wasserfläche Planschbecken		12 m ²
Summe Wasserflächen		950 m²
Kesselleistung Kessel 1		835 kW
Kesselleistung Kessel 2		835 kW
Abgas WRG		155 kW
Summe Kesselleistung		1.825 kW
Wärmepumpenleistung Abwasser		114 kW
Wärmepumpenleistung RLT		118 kW
Summe Wärmepumpenleistung		232 kW
Wärmebedarf Transmission und Lüftung	ca.	1.000 kW
Wärmebedarf Trinkwarmwasser	ca.	240 kW
Wärmebedarf Beckenwassererwärmung	ca.	1.210 kW
Summe Wärmebedarf		2.450 kW
Elektrische Anschlußleistung NSHV	ca.	500 kW
Vorhalteleistung EVU		320 kW
gemessener Maximalbezug		300 kW

2.7 Ermittlung der Anlagendaten

In der nachfolgenden Tabelle sind die Nenn- und die Anschlußleistungen der vorgefundenen betriebstechnischen Anlagen gegenübergestellt:

Betriebstechnische Anlage	Anschlußleistung	
	elektrisch [kW]	thermisch [kW]
1. Badewassertechnik	120	1207
1.1 Sportbecken	28	300
1.2 Außenbecken	32	725
1.3 Warmwasserbecken	25	50
1.4 Nichtschwimmer/Planschb.	25	132
1.5 Tauchbecken	4	0
1.6 Sonstige Aggregate	6	0
2. Wasserattraktionen	85	0
2.1 Wasserattraktionen (z. Z. ca. 20 kW aktiv)	85	0
3. Heizungstechnik	25	1.200
3.1 Trinkwarmwasserbereitung		240
3.2 statische Heizflächen		400
3.3 Luftherhitzer RLT		560
4. Raumluftechnik	140	
4.1 Antriebsaggregate	96	
4.2 Wärmepumpen	44	
5. Beleuchtung und Sonstige	55	
5.1 Beleuchtung	35	
5.2 Sonstige Verbraucher (Sauna etc.)	20	
5. Gesamtsummen	425	2.407

Die Elektroversorgung der Liegenschaft erfolgt aus dem Niederspannungsnetz der Mainova AG. Die im KG vorhandene Trafostation befindet sich im Eigentum des EVUs. Eine eigene Trafostation ist daher nicht erforderlich. Die Gas- und Wasserversorgung erfolgt ebenfalls aus dem Versorgungsnetz 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 2000 untersucht, ausgewertet und in diversen Grafiken dargestellt.

Monatsabrechnungen zum Wasser- und Abwasserverbrauch durch den Versorger liegen nur für das Kalenderjahr 1996 vor. Ab 1997 fand keine monatliche Ablesung mehr statt, so daß die Bewertung der Verbräuche für die Folgejahre auf der Grundlage der Jahresabrechnungen und des Verbrauchsprofils von 1996 beruhen.

3.2 Auswertung der internen Zählerablesungen

Eine Überprüfung der internen Zählerablesungen für Strom und Wasser auf Übereinstimmung mit den Abrechnungsmengen der Versorger konnte nicht vorgenommen werden, da die Aufstellungen zum Teil unvollständig sind.

Für die Betrachtung der bisherigen Energieverbrauchsdaten können daher nur die Abrechnungsunterlagen der Energieversorger herangezogen werden (siehe Punkt 3.1).

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 vorgenommen wurden. Die Jahresganglinie Wärme kann jedoch hilfsweise aus den Ausarbeitungen des Energierates 79.A.2 der Stadt Frankfurt aus dem Jahre 1992 übernommen werden. Nach der Überprüfung der vorhandenen Anlagen- und Gebäudedaten kann davon ausgegangen werden, daß diese normierte Jahresdauerlinie vom Grundsatz her nach wie vor gültig ist.

3.4 Messung des Stromlastprofils

Zur Bestimmung des Stromlastprofils bzw. des Tagesbelastungsprofils wurden seitens des Nutzers für den Zeitraum 17.11.1999 bis 23.11.1999 kontinuierliche Messungen vorgenommen.

Die Messungen weisen für diesen Zeitraum eine Grundlast von ca. 150 kW aus. In der Spitze wird eine Leistung von ca. 280 kW gemessen. Die Spitzenleistung deckt sich in der Größenordnung mit den Messungen des EVUs. Die monatlichen Abrechnungsunterlagen weisen hierzu Spitzenlasten von 280 bis 300 kW aus.

Ein automatischer Lastabwurf von verschiedenen Verbrauchern ist bislang nur für die Wasserattraktionen im Außenbecken vorhanden. Nach Angabe des Betriebspersonals ist diese Anlage jedoch nicht in Betrieb, da die angeschlossenen Wasserattraktionen aufgrund von Anwohnerbeschwerden (Lärmbelästigung) ohnehin nicht genutzt werden.

4. Aktueller Energiebedarf

4.1 Energiebedarf

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

Verbrauch		
Strom (Allgemein)	1.550.000 kWh	
Strom (Wärmepumpe)	200.000 kWh	
Gas	4.350.000 kWh	
Wasser/Kanal	58.000 m ³	
Kosten (brutto)		
Strom (Allgemein)	288.000 DM	30,4%
Strom (Wärmepumpe)	28.000 DM	3,0%
Gas	200.000 DM	21,1%
Wasser/Kanal	430.000 DM	45,5%
Summe	946.000 DM	100,0%
Spezifische Kosten (brutto)		
Strom (Allgemein)	0,186 DM/kWh	
Strom (Wärmepumpe)	0,140 DM/kWh	
Gas	0,046 DM/kWh	
Wasser/Kanal	7,414 DM/m ³	
Preisstand (Mittelwerte 1996 - 2000)		

Bei der Betrachtung der spezifischen Kosten je Einheit ist zu berücksichtigen, daß es sich hierbei um Mittelwerte aus den vergangenen 5 Jahren handelt. Aufgrund der zum Teil erheblichen Energiepreisänderungen in den letzten beiden Jahren (Öl- und Gaspreisentwicklung, liberalisierter Energiemarkt für Strom) werden für nachfolgenden Betrachtungen die spezifischen Energiepreise aus dem Abrechnungsjahr 2000 herangezogen. Gemäß den Auswertungen ergeben sich somit folgende spezifischen Kosten (brutto):

Strom (Allgemein):	0,162 DM/kWh
Strom (Wärmepumpe):	0,138 DM/kWh
Gas:	0,057 DM/kWh
Wasser:	7,400 DM/m ³

4.2 Bilanzierung der Verbräuche, Flußdiagramm

Die Bilanzierung der Energieverbräuche ist in dem beiliegenden Flußdiagramm (siehe Register 5) dargestellt. Grundlage der dort dargestellten Verbrauchsdaten sind gemittelte Verbrauchswerte der vorliegenden Abrechnungsunterlagen aus den Kalenderjahren 1996 bis 2000. Es ist zu berücksichtigen, daß - je nach Nutzerverhalten, Auslastung, Witterung und Anlagenbetriebsweise - die Energieströme mitunter erheblich variieren können.

Für die Ermittlung der Jahresenergieverbräuche der einzelnen Verbrauchsgruppen wurden die Energieverbrauchsabrechnungen und die vor Ort installierten Anlagenleistungen herangezogen. Mittels der anzusetzenden Laufzeiten der Einzelanlagen konnten die jeweiligen Energieverbräuche unter Anwendung von Erfahrungswerten im einzelnen wie folgt ermittelt werden:

Elektro	Leistung [kW]	Laufzeit [h]	Gleich- zeitigkeits- faktor	Jahresenergie [kWh]	Jahresenergie [kWh] gerundet
Badewassertechnik	120	8700	0,60	626.400	630.000
Wasserattraktionen	85	3000	0,20	51.000	50.000
Heizungstechnik	25	8700	0,20	43.500	40.000
Beleuchtung und Sonstiges	55	4000	0,80	176.000	170.000
Raumluftechnik	96	8700	0,80	668.160	670.000
Wärmepumpe, Entfeuchtung	44	8700	0,70	267.960	270.000
Summe Gesamtverbrauch:					1.830.000

Gas	Leistung [kW]	Laufzeit [h]	Gleich- zeitigkeits- faktor	Jahresenergie [kWh]	Jahresenergie [kWh] gerundet
Raumluftechnik	560	8700	0,15	730.800	730.000
Statische Heizung	400	3000	0,55	660.000	660.000
TWW-Bereitung	240	8700	0,65	1.357.200	1.350.000
Beckenwasser	1200	4000	0,20	960.000	960.000
Abgas- und Kesselverluste	pauschal				280.000
Verteilverluste	pauschal				370.000
Summe Gesamtverbrauch:					4.350.000

Werden die vorgenannten Einzelverbräuche je Verbrauchsgruppe mit den spezifischen Energiekosten aus dem Jahr 2000 gem. Punkt 4.1 bewertet, so ergibt sich das nachfolgende Kostenbild (siehe auch Flußdiagramm unter Register 5):

Elektro	Jahresenergie [kWh] gerundet	spezifischer Energiepreis [DM/kWh]	Jahresenergie- kosten [DM]	Jahresenergie- kosten gerundet [DM]
Badewassertechnik	600.000	0,162	97.200	97.000
Wasserattraktionen	50.000	0,162	8.100	8.000
Heizungstechnik	50.000	0,162	8.100	8.000
Beleuchtung und Sonstiges	200.000	0,162	32.400	32.000
Raumluftechnik	650.000	0,162	105.300	105.000
Wärmepumpe, Entfeuchtung	280.000	0,138	38.640	39.000
Summe Gesamtverbrauch:	1.830.000		289.740	289.000

Gas	Jahresenergie [kWh] gerundet	spezifischer Energiepreis [DM/kWh]	Jahresenergie- kosten [DM]	Jahresenergie- kosten [DM]
Raumluftechnik	900.000	0,057	51.300	51.000
Statische Heizung	600.000	0,057	34.200	34.000
TWW-Bereitung	1.400.000	0,057	79.800	80.000
Beckenwasser	850.000	0,057	48.450	48.000
Abgas- und Kesselverluste	230.000	0,057	13.110	13.000
Verteilverluste	370.000	0,057	21.090	21.000
Summe Gesamtverbrauch:	4.350.000		247.950	247.000

5. Ermittlung des Einsparpotentials

5.1 Optimierung der Energielieferverträge

Die im Rahmen der Liberalisierung der Energiemärkte eingetretenen Veränderungen der Energiebezugskosten sind nach den heutigen Erkenntnissen und vorliegenden Angaben für das Panoramabad bereits genutzt worden. Nach Angaben des Hochbauamtes wurden für sämtliche Liegenschaften der Stadt Sammelverträge für die Energieart Strom abgeschlossen, so daß weitergehende Ansätze zur Einsparung hierzu wohl nicht zu erzielen sind.

Die Möglichkeit für weitergehende wesentliche Vertragsanpassungen der Energieart Gas sowie für Wasser und Abwasser lassen sich nach heutiger Einschätzung nicht ohne weiters erzielen. Seitens des Hochbauamtes war hierzu zu erfahren, daß bereits Gespräche mit dem Energieversorger über günstigere Bezugsbedingungen geführt werden. Der Ausgang dieser Gespräche bleibt daher zunächst abzuwarten.

Der Gaslieferung liegt heute ein Vertrag gem. VG 1 zugrunde. Grundsätzlich ist festzustellen, daß aufgrund des spezifischen Gaspreises von 0,042 bis 0,057 DM/kWh (brutto) normale Gasbezugsbedingungen vorliegen.

Die Wasser- und Kanalkosten beinhalten auch die Wassermenge, die als Wasserdampf über die Wasseroberflächen der Becken an die Umgebung abgegeben werden. Kosten für die Kanalisation können für diese Wassermengen real nicht anfallen. Hier wurde bereits die Möglichkeit genutzt, die Kanalisationskosten um die Verdunstungsmenge zu reduzieren. Gemäß den vorliegenden Abrechnungen und dem Schriftverkehr wurde ein pauschaler Nachlaß von 5 % auf die bezogene Wassermenge vereinbart. Der genannte Nachlaß in Höhe von 5 % ist - bezogen auf die errechneten Verdunstungsmengen - als angemessen einzustufen.

5.2 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

Die bislang durchgeführten Energieverbrauchsaufzeichnungen wurden in mehr oder weniger regelmäßigen Zeitintervallen vorgenommen. Vor kurzer Zeit wurden diverse Energiezähler für die verschiedenen Medien installiert, um die Verbrauchsdaten regelmäßig im HBA erfassen und auswerten zu können.

Als Resultat dieser Betriebsdatenerfassung sollten Optimierungsmaßnahmen abgeleitet und vom Betriebspersonal erprobt werden. Optimierungsmaßnahmen sind z. B. die Reduzierung von Raum- und Wassertemperaturen (ggf. problematisch bezüglich der Akzeptanz der Badegäste), Minimierung von Maschinenlaufzeiten der Badewasser-, Lüftungs- und Heizungstechnik, Drehzahlminimierung von Antriebsaggregaten usw.

Sobald erste Erfahrungswerte über einen repräsentativen Zeitraum (mindestens über 0,5 Jahre) vorliegen, müssen die erprobten Maßnahmen ggf. angepaßt oder erweitert werden.

Ein Einsparpotential läßt sich aus heutiger Sicht bei der Reduzierung der Einschaltdauer der Beleuchtungsanlagen sowie der Laufzeiten der raumluft-technischen Anlagen erzielen. Sofern dieses Einsparpotential nicht mittels organisatorischer Maßnahmen genutzt werden kann, sind ggf. Dämmerungs- und Zeitschaltfunktionen oder weitergehende Automatisierungsfunktionen mittels einer Steuerungstechnik (Dämmerungsschalter, Zeitschaltuhren, Bewegungsmelder) zu realisieren.

Darüber hinausgehende nichtinvestive und/oder organisatorische Maßnahmen, die einen direkten Einfluß auf den Energiehaushalt des Panoramabades haben, sind nicht zu erkennen.

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 Schwimmhalle.

Das Panoramabad verfügt in weiten Teilen bereits über Wärmedämmeigenschaften, die entsprechend dem damaligen Stand der Technik ausgeführt wurden (z. B. gedämmtes Dach von 1990, Isolierverglasung etc.). Die vorhandene Wärmedämmung des Gebäudes ist aus unserer Sicht gut und dem Zweck entsprechend. Ein Handlungsbedarf ergibt sich daher nicht. Die Investitionskosten für zusätzliche Dämmmaßnahmen an den „älteren“ Außenfassaden würden ohnehin in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zu dem erzielbaren Nutzen stehen.

5.4 Verbesserung oder Ersatz der Regelungstechnik

Soweit ersichtlich war die MSR-Technik der technischen Anlagen funktionsfähig. Hiervon ausgenommen sind lediglich die Anlagen der Badewasseraufbereitung (siehe hierzu auch Punkt 2.3). Entsprechend dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlagen sind die damals üblichen MSR-Funktionen vorhanden und heute noch in Betrieb und Funktion.

In Anbetracht der heute verfügbaren und dem heutigen Stand der Technik, könnten weitergehende und gewerkeübergreifende Automatisierungsfunktionen realisiert werden. 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.

5.5 Optimierung der technischen Anlagen

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

1. Erneuerung der Software Badewasseraufbereitungstechnik
2. Anpassung der Steuer- und Regeltechnik RLT-Anlagen
3. Einbau einer KWK-Anlage
4. Einbau einer Wasseraufbereitungsanlage für das Rückspülwasser
5. Ertüchtigung der vorhandenen Abwasser-WRG
6. Ersatz der Regeltechnik, Installation eines DDC-GLT-Systems
7. Blindstromkompensationsanlage
8. Sonstige Maßnahmen

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 Energiekosten-

einsparungen 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 und einschließlich 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 direkte Reduzierung der Anschlußleistungen zunächst unberücksichtigt, da davon auszugehen ist, daß bei einer Spitzennutzung der Liegenschaft für diesen Betriebsfall auch zukünftig alle Anlagen unter Vollast genutzt werden müssen. Eine indirekte Berücksichtigung der eventuellen Spitzenlastreduzierung erfolgt jedoch über die Anwendung der gemittelten spezifischen Preisen von 0,162 DM/kWh (Mischpreis) für Strom, 0,057 DM/kWh für Gas und 7,40 DM/m³ für Wasser/Abwasser.

Bei allen nachfolgenden Betrachtungen werden die ermittelten Ergebnisse zu den möglichen Einsparungen zunächst gerundet. Diese gerundeten Ergebnisse werden zudem mit Sicherheitsab- bzw. aufschlägen, die auf Erfahrungswerten beruhen, gewichtet. Die Einsparungspotentiale werden daher immer mit einer Spanne (von - bis) ausgewiesen, um so mögliche Unwägbarkeiten und/oder Änderungen der Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen.

6.1 Erneuerung der Software Badewasseraufbereitungstechnik

Die Erneuerung der SPS-Software der Badewasseraufbereitungstechnik ist, unabhängig von allen energetischen Gesichtspunkten, ohnehin für den weiteren Betrieb des Bades als Ersatzmaßnahme dringend erforderlich. Das hierzu bereits vorliegende Angebot der Fa. Grau weist lediglich die Kosten zur Programmauslesung und dessen Dokumentation aus. Die erforderliche Anpassung der Software (Instandsetzung) ist darin noch nicht enthalten. Die Kosten für eine derartige Maßnahme werden auf der Grundlage von Erfahrungen vergleichbarer Anlagen mit 30.000 DM bis 60.000 DM geschätzt.

Ob mit einer derartigen Maßnahme auch Energieeinsparungen verbunden sein werden, läßt sich ohne eine aufwendige Ermittlung des heutigen Zustandes der Anlage nicht exakt voraussagen.

Es ist jedoch davon auszugehen, daß sich mit einer neuen und dem tatsächlichen Bedarf angepaßten Software, Einsparungen vornehmlich im Bereich von Wasser und Abwasser erzielen lassen. Zudem sind weitere jedoch geringfügige Einsparungen für die Energiearten Wärme und Strom zu erwarten.

6.2 Anpassung der Steuer- und Regeltechnik RLT-Anlagen

Bei der nachfolgenden Betrachtung ist die Überprüfung und die Anpassung der Steuer- und Regeltechnik der RLT-Anlagen Umkleiden/Duschen, Sauna und Cafeteria berücksichtigt. Dabei sollen insbesondere Schaltmöglichkeiten für jede Anlage vorgesehen werden, damit die Betriebszeiten der RLT-Anlagen den Zeiten der Nutzungsbereiche angepaßt werden können. Des weiteren sollten die Luftvolumenströme bedarfsgerecht gefahren werden können. Als Regelparameter eignen sich z. B. die Raumlufffeuchte im Umkleide- und Duschbereich. Ein Betrieb der RLT-Anlagen (ausgenommen Cafeteria) ist mit einer Abstufung von 100 % auf 66 % mit den vorhandenen Antrieben und Schaltstufen grundsätzlich möglich (Motoren sind polumschaltbar). Hierzu wären lediglich die Messungen (Feuchte und/oder Temperatur) und ggf. zusätzliche Zeitschaltuhren zu installieren sowie die Steuerungstechnik und die Motorverkabelung anzupassen.

Kostenschätzung:	ca.	21.000 DM (brutto)	
Ergänzung u. Änderung Steuerungstechnik einschl. zusätzlicher Messfühler und Neuverkabelung der Antriebsmotoren			
Energieeinsparung Gas:	ca.	80.000 kWh/a bis	100.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	30.000 kWh/a bis	60.000 kWh/a
Eingesparte Energiekosten:	ca.	9.420 DM/a bis	15.420 DM/a
Amortisationsdauer statisch:	ca.	2,23 Jahre bis	1,36 Jahre
Amortisationsdauer dynamisch (6,5%):	ca.	2,49 Jahre bis	1,47 Jahre

Die Ermittlung der o. g. Energieeinsparungen beruhen auf den in den folgenden Tabellen dargestellten Berechnungen zum heutigen Energieverbrauch und dem zu erwartenden Energieverbrauch bei einer anteiligen Minderung der Laufzeiten bzw. abgestuften Betriebsweise der Anlagen.

Zunächst wird der heutige Elektroenergiebedarf anhand der vorhandenen Motordaten und den jährlichen Laufzeiten ermittelt. Bei einer reduzierten Betriebsweise über polumschaltbare Motoren und über Zeitschaltfunktionen reduziert sich die Leistungsaufnahme der Motoren. Mittels einer Laufzeitbewertung ergibt sich

der zu erwartende Elektroenergiebedarf. Die Differenz kennzeichnet die möglichen Einsparungen.

Anlage	IST-Zustand					Soll-Zustand				Differenz KWh/a
	Zu	V _L m³/h	P _M KW	b _d h/a	P _E KWh/a	V _L m³/h	P _M KW	b _d h/a	P _E KWh/a	
Umkleiden/ Duschen	ZU	16.900	12,0	7.000	84.000	16.900	12,0	5.000	60.000	
	ZU					11.300	4,0	2.000	8.000	
	AB	17.700	12,0	7.000	84.000	17.700	12,0	5.000	60.000	
	AB					11.800	4,0	2.000	8.000	
Summe				168.000				136.000	32.000	
Cafeteria	ZU	5.700	3,0	7.000	21.000	5.700	3,0	4.000	12.000	
	AB	3.800	3,0	7.000	21.000	3.800	3,0	4.000	12.000	
Summe				42.000				24.000	18.000	
Sauna	ZU	5.800	3,0	7.000	21.000	5.800	3,0	4.000	12.000	
	ZU					3.900	0,9	3.000	2.700	
	AB	5.800	3,0	7.000	21.000	5.800	3,0	4.000	12.000	
	AB				0	3.900	0,9	3.000	2.700	
Summe				42.000				29.400	12.600	
Gesamtverbrauch				252.000				189.400	62.600	
Ergebnis gerundet und gewichtet: 30.000 bis 60.000 kWh										

Wie bereits für die Elektroenergie aufgezeigt, wird äquivalent bei der Ermittlung der einzusparenden Wärmeenergie vorgegangen. Die Ermittlung des heutigen Verbrauchs wird auf der Basis von Lüftungsgradstunden gem. DIN 4710 vollzogen. Bei einer reduzierten Betriebsweise über polumschaltbare Motoren und Zeitschaltfunktionen reduziert sich auch der Leistungsbedarf zur Lufterwärmung. Mittels einer Laufzeitbewertung ergibt sich somit der zu erwartende Wärmeenergiebedarf. Die Differenz kennzeichnet die möglichen Einsparungen.

Anlage	Betriebsstufe	V _L m³/h	Rho kg/m³	c KJ/kg K	G _L hK/a	Betrieb h/a	f ₁ = 270/365 Tage	Umrech. 3600 s/h	Wärmeenergie KWh/a
Berechnung IST-Zustand									
Umkl./Duschen	100 %	16.900	1,20	1,00	77000	7000	0,74	3.600	320.868
Cafeteria	100 %	5.700	1,20	1,00	77000	7000	0,74	3.600	108.222
Sauna	100 %	5.800	1,20	1,00	77000	7000	0,74	3.600	110.121
Summe									539.211
Berechnung Soll-Zustand									
Umkl./Duschen	100 %	16.900	1,20	1,00	45000	4000	0,74	3.600	187.521
	50 %	11.300	1,20	1,00	37000	3000	0,74	3.600	103.093
Cafeteria	100 %	5.700	1,20	1,00	32000	4000	0,74	3.600	44.975
Sauna	100 %	5.800	1,20	1,00	38000	4000	0,74	3.600	54.345
	50 %	3.900	1,20	1,00	42000	3000	0,74	3.600	40.389
Summe									430.323
Differenz/Einsparung									108.888
Ergebnis gerundet und gewichtet: 80.000 bis 100.000 kWh									

6.3 Einbau einer KWK-Anlage

Die Energieverbrauchsstruktur des Panoramabades eignet sich grundsätzlich für den Einsatz einer KWK-Anlage, da während des gesamten Jahresbetriebs ein verhältnismäßig gleichbleibender Wärme- und Strombedarf vorhanden ist.

Nach der Überprüfung der heute vorhandenen Energieverbrauchsstruktur mit den Annahmen aus den Ausarbeitungen des Energiereferates 79.A.2 der Stadt Frankfurt aus dem Jahre 1992 kann festgestellt werden, daß diese in den Grundzügen weiterhin Bestand hat. Unter Beachtung der Investitionskosten und der heutigen Energiekosten ergibt sich folgende überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

Laufzeit pro Jahr:	7.000 h
elektrische Leistung:	100 kW
thermische Leistung:	152 kW

Gesamtkosten (Invest):	500.000 DM
jährliche Einsparung:	ca. 46.000 DM

statische Amortisation:	ca. 10,8 Jahre
dynamische Amortisation:	ca. 19,5 Jahre (mit Zinssatz von 6,5 %)

Unter Berücksichtigung der anzusetzenden Kapitalkosten von 6,5 % verlängert sich die Amortisationszeit erheblich. In Anbetracht der Standzeit einer derartigen Anlage von ca. 50.000 bis 70.000 Betriebsstunden, was einer Anlagenlaufzeit von ca. 7 bis 10 Jahren bei jährlich 7.000 Stunden entspricht, ist grundsätzlich eine Wirtschaftlichkeit nicht gegeben. Sofern auf öffentliche Förderung zurückgegriffen werden kann, ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu überarbeiten.

Anzumerken ist, daß die Mineralölsteuerrückerstattung in Höhe von 6,80 DM/MWh in der oben aufgeführten Betrachtung bereits berücksichtigt wurde.

Die Ermittlung der vorgenannten Eckdaten beruht auf folgenden Berechnungen und Bewertungen:

Jahresstromverbrauch	1.560.000 kWh
Jahresstromkosten	250.000 DM/a
spezifischer Strompreis	16,20 Pf/kWh
Jahresgasverbrauch	4.050.000 kWh/a
Jahresgaskosten	230.000 DM/a
spezifischer Gaspreis	5,70 Pf/kWh
Gesamtkosten Gas- und Strombezug	480.000 DM/a
<hr/>	
BHKW-Leistung	152 kW _{th}
BHKW-Leistung	100 kW _{el}
Laufzeit pro Jahr	7.000 h/a
spezifische Vollwartungskosten BHKW	3,50 Pf/kW _h _{el}
Jahreswartungskosten BHKW	24.500 DM/a
Investitionskosten BHKW	500.000 DM
<hr/>	
Eigenerzeugung Strom	700.000 kW _h _{el} /a
Eigenerzeugung Wärme	1.064.000 kW _h _{th} /a
Gasbezug BHKW	2.293.200 kWh/a
<hr/>	
Gasbezug Kessel	2.666.800 kWh/a
Gasbezugskosten Kessel	152.008 DM/a
Gasbezugskosten BHKW	130.712 DM/a
abzüglich Mineralölsteuerrückerstattung	6,80 DM/MWh
Rückerstattung	-15.594 DM
Gasbezugskosten BHKW	115.119 DM/a
Gesamtkosten Gasbezug EVU	267.126 DM/a
<hr/>	
Strombezug EVU	860.000 kW _h _{el} /a
Strombezugskosten EVU	139.320 DM/a
<hr/>	
Gas- und Strombezug mit BHKW	
Strombezugskosten EVU	139.320 DM/a
Gasbezugskosten EVU	267.126 DM/a
Jahreswartungskosten BHKW	24.500 DM/a
Summe	430.946 DM/a
<hr/>	
Gas- und Strombezug ohne BHKW	480.000 DM/a
<hr/>	
Kosteneinsparung durch BHKW	49.054 DM/a
Kosteneinsparung gerundet und gewichtet	46.000 DM/a
<hr/>	
statische Amortisation	10,87 Jahre
dynamische Amortisation	19,47 Jahre
Kapitalkosten	6,5 %
Laufzeit	10 Jahre
Annuität relativ	13,9 %
Annuität absolut	69.552 DM/a

6.4 Einbau einer Wasseraufbereitung für das Rückspülwasser

Mit heute zur Verfügung stehenden Techniken bietet sich die Möglichkeit, das Rückspülwasser aus der Filterspülung so weit aufzubereiten, daß es als Betriebswasser bzw. Füllwasser wiederverwendet werden kann. Derartige Anlagen beruhen auf dem Funktionsprinzip der Rückspülwasseraufbereitung mit Voraufbereitungsstufe – Oxidation – Adsorption und Nachdesinfektion.

Würde eine derartige Aufbereitungstechnik für sämtliche Beckenwasserkreisläufe im Panoramabad installiert, ist von Investitionskosten in Höhe von ca. 1.050.000 DM auszugehen. Unter Berücksichtigung der Wasser- und Wärmeersparnis sowie des Strommehrverbrauchs und den zu erwartenden Wartungsleistungen etc. ergibt sich folgende Wirtschaftlichkeitsvorbetrachtung:

Kostenschätzung:	ca.	1.050.000 DM (brutto)	
Energieeinsparung Gas:	ca.	500.000 kWh/a bis	650.000 kWh/a
Energieeinsparung Strom:	ca.	-60.000 kWh/a bis	-80.000 kWh/a
Einsparung Wasser/Abwasser	ca.	25.000 m ³ /a bis	30.000 m ³ /a
Eingesparte Energiekosten:	ca.	203.780 DM/a bis	246.090 DM/a
abzüglich Wartung u. Betriebsmittel:	ca.	40.000 DM/a bis	50.000 DM/a
verbleibende Einsparung:	ca.	163.780 DM/a bis	196.090 DM/a
Amortisationsdauer statisch:	ca.	6,41 Jahre bis	5,35 Jahre
Amortisationsdauer dynamisch (6,5%):	ca.	8,56 Jahre bis	6,79 Jahre

Laut Herstellerangaben können mit einer derartigen Anlagentechnik - bezogen auf die vorhandenen Wasserflächen im Panoramabad Bornheim - ca. 25.000 bis 30.000 m³ Rückspülwasser wieder aufbereitet und den Beckenkreisläufen wieder zugeführt werden. Die Kostenansätze für Wartung und Betriebsmittel beruhen ebenfalls auf Herstellerangaben.

Die Größenordnung der möglichen Wassereinsparungen deckt sich dabei mit unseren Erfahrungen über derartige Anlagen in vergleichbaren Objekten. Die

weiteren Berechnungen basieren daher auf dieser Grundlage. Für die einzusparende Wärmemenge und den zu erwartenden Strommehrverbrauch ergeben sich somit folgende Berechnungen:

Berechnung Wärmeeinsparung					
Masse	c	t1	t2	Umrech.	Wärme
Kg	kJ/kg K	°C	°C	3600 s/h	kWh
25.000	4,20	30	10	3.600	583.333
30.000	4,20	30	10	3.600	700.000
Ergebnis gerundet und gewichtet: 500.000 bis 650.000 kWh					
Berechnung Mehraufwand Stromverbrauch					
P	Laufzeit				Strom
Kg	h				kWh
12	5.000				60.000
12	7.000				84.000
Ergebnis gerundet und gewichtet: 60.000 bis 80.000 kWh					

Ferner wird mit der vorgenannten Anlagentechnik nicht nur Energie eingespart sondern voraussichtlich die Wasserqualität im Panoramabad soweit verbessert, daß die heute vorhandenen hygienischen Probleme sich ggf. beheben lassen. Wie diese ersten Betrachtungen zeigen, ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht der Einsatz einer derartigen Anlage durchaus sinnvoll. Für eine abschließende Entscheidungsfindung sind jedoch in jedem Fall detailliertere Untersuchungen, Berechnungen und Planungen erforderlich.

6.5 Ertüchtigung der vorhandenen Abwasser-WRG

Wie unter Punkt 2.3 dargestellt ist die vorhandene Abwasser-WRG nicht mehr funktionstüchtig. Eine Ertüchtigung der Anlage ist gem. dem vorliegenden Angebot mit einem Aufwand von ca. 26.000 DM (brutto) verbunden. Bezogen auf die unter Punkt 6.4 genannte Wassermenge von 25.000 bis 30.000 m³ pro Jahr, könnte die WRG-Anlage bei der vorhandenen WRG-Leistung von 114 kW eine Jahreslaufzeit von ca. 4.000 bis 5.000 Stunden erreichen. Dies setzt aber auch einen entsprechenden Frischwasserbedarf unter Berücksichtigung einer erforderlichen Gleichzeitigkeit des Abwasseranfalls voraus.

Bei der Überprüfung der vorhandenen Installationen und Anlagenkomponenten wurde festgestellt, daß die installierte WRG gegenüber den vorhandenen Anlagenkomponenten überdimensioniert ist. Zur Sicherstellung eines störungsfreien

Betriebes der WRG sind die erforderlichen Wassermengen anzupassen. Ein Vergleich der Soll-Wassermenge mit der Ist-Wassermenge zeigt, daß die Soll-Wassermenge nicht erreicht werden kann. Es liegt die Vermutung nahe, daß die Anlage aufgrund einer Übertemperatur im Kältekreis auf Störung geht.

Unter der Maßgabe, daß die ohnehin erforderliche Instandsetzung der WRG erfolgt, sollten weitere Anpassungen bei den Installationen vorgenommen werden. Dies betrifft insbesondere die Anpassung der primär- und sekundärseitigen Volumenströme.

Ferner sollten auch die Abwässer aus den Duschen über die Anlage geführt werden, um letztlich eine höhere Auslastung zu erzielen. Neben den ohnehin erforderlichen Reparaturkosten in Höhe von ca. 26.000 DM sind hierzu weitere Investitionen in Höhe von ca. 70.000 DM erforderlich.

Die Energieeinsparungen werden maßgeblich durch die Laufzeiten der Badewasseraufbereitungsanlagen und der Nutzung der Duschen beeinflusst. Je nach Nutzung und Auslastung bewegen sich die Einsparmöglichkeiten für den Wärmebedarf zwischen 15.000 und 19.000 DM/a. Dabei resultieren die Einsparungen aus folgenden Berechnungen.

Berechnung Wärmeeinsparung							
Leistung WRG	Laufzeit			Wärme	spez. Preis	Preis min	Preis max
kW	h			kWh	DM/kWh	DM	DM
114	4.000			456.000	0,057	25.992	
114	5.000			570.000	0,057		32.490
Berechnung Mehraufwand Stromverbrauch							
P	Laufzeit			Strom	spez. Preis	Preis min	Preis max
kW	h			kWh	DM/kWh	DM	DM
20	4.000			80.000	0,138	11.040	
20	5.000			100.000	0,138		13.800
Differenz Wärmeeinsparung zu Strommehrverbrauch						14.952	18.690
Ergebnis gerundet und gewichtet:				15.000 bis 19.000 DM			

Bezogen auf die angesetzte Investitionssummen von 96.000 DM ergeben sich statische Amortisationszeiten von ca. 5 bis 6,5 Jahre. Unter Berücksichtigung der anzusetzenden Kapitalkosten von 6,5 % verlängert sich die Amortisationszeit auf ca. 6,3 bis 8,5 Jahre.

Es muß jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß eine Reparatur und/oder sogar der Ausbau der Abwasser-WRG dann unwirtschaftlich ist, wenn die unter Punkt 6.4 aufgeführte Wasseraufbereitungstechnik eingesetzt werden sollte. In diesem Fall würden zu wenig Abwässer zur Entwärmung zur Verfügung stehen und damit die Auslastung erheblich verringert werden.

6.6 Ersatz der Regeltechnik, Installation eines DDC/GLT-Systems

Die vorhandenen Regelungstechnik ist mit konventionellen Einzelreglern aufgebaut, wobei die Steuerung der angeschlossenen Aktoren (Ventile, Motoren, usw.) über eine Not-Hand-Ebene mit Koppelrelais realisiert ist.

In Anbetracht der heute verfügbaren und dem Stand der Technik entsprechenden Systeme könnte die vorhandene Regeltechnik ersetzt werden. Hierzu bieten sich wie bereits erwähnt, frei programmierbare DDC-Systeme an, die über einen Systembus zu einem Gesamtsystem zusammengeführt werden können, um letztlich eine gewerkeübergreifende Automation realisieren zu können. Mit Hilfe einer übergeordneten PC-Bedienstation könnte ein GLT-System installiert werden, welches dem Betriebspersonal eine optimierte Betriebsführung und Kontrolle der betriebstechnischen Anlagen erst ermöglicht.

Bei der hier vorgeschlagenen Maßnahme wären zunächst nur die Regelkomponenten zu ersetzen. Die vorhandene Not-Hand-Ebene könnte ggf. weiter verwendet und als Schnittstelle zum neuen System genutzt werden. Die Leistungsteile der Schaltanlagen wären ebenso weiterhin zu nutzen. Inwiefern kleinere Anpassungen an den Schaltanlagen und/oder den Feldgeräten vorgenommen werden müssen, ist in weiteren Planungsschritten zu ermitteln.

Für die Ausrüstung und den Umbau der beiden MSR-Schaltanlagen in der Heizungs- und Lüftungszentrale sowie der Installation einer PC-Bedienstation sind je nach Aufwand Investitionen zwischen 200.000 DM und 280.000 DM erforderlich.

Die zu erwartenden Energieeinsparung können über herkömmliche Berechnungen nicht ermittelt werden. Erfahrungen mit vergleichbaren Bauvorhaben und Anlagen zeigen, daß hier Kostenreduzierungen zwischen 4 und 7 % erzielbar sind. Bezogen auf die heute vorhandenen Gesamtenergiekosten in Höhe von ca. 950.000 DM

würden sich Einsparungen in der Größenordnung von ca. 40.000 bis 70.000 DM ergeben. Dies entspricht einer statischen Amortisation von ca. 3 bis 7 Jahre und bei einem Zinssatz von 6,5 % einer dynamischen Amortisation von ca. 3,5 bis 9,5 Jahre.

6.7 Blindstromkompensationsanlage

Die vorhandenen Abrechnungen für die Energieart Strom weisen Kosten für tatsächlich bezogene Blindarbeit aus. Zur Vermeidung dieser Blindstromkosten wäre eine Blindstromkompensationsanlage zu installieren. Nach den Angaben des SBA ist der Einbau einer derartigen Anlage bereits in Planung und veranlaßt.

6.8 Sonstige Maßnahmen

In der Beratung vom 19.03.2001 wurde seitens des SBA erläutert, daß ggf. auch an eine Nutzung des Freibadbereiches im Sommer gedacht wird. Sofern dies tatsächlich umgesetzt werden sollte, ist der Einsatz von Solartechnik in Form Absorberanlagen zu prüfen. Mittels dieser Anlagentechnik lassen sich bekanntermaßen gute wirtschaftliche Ergebnisse erzielen.

6.9 Zusammenfassung der Maßnahmen

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

- Erneuerung der Software Badewasseraufbereitungstechnik (siehe Punkt 6.1)
- Anpassung der Steuer- und Regelungstechnik RLT-Anlagen (siehe Punkt 6.2)
- Einbau einer Wasseraufbereitung für das Rückspülwasser (siehe Punkt 6.4)
- Ersatz der Regeltechnik, Installation eines DDC/GLT-Systems (siehe Punkt 6.6)

Bei gleichzeitiger Realisierung aller zuvor vorgeschlagenen Maßnahmen ergibt sich hinsichtlich der Investitionen und der zu erwartenden Energieeinsparungen folgende Gesamtbetrachtung:

Kostenansatz

Erneuerung Software Badewasseraufbereitung	30.000 DM bis	60.000 DM
Anpassung MSR-Technik RLT-Anlagen	20.000 DM	20.000 DM
Einbau Wasseraufbereitung für das Rückspülwasser	1.050.000 DM	1.050.000 DM
Installation eines DDC/GLT-Systems	200.000 DM bis	280.000 DM
Kostenschätzung gesamt (brutto):	ca. 1.300.000 DM bis	1.410.000 DM

Einsparung

Erneuerung Software Badewasseraufbereitung	0 DM bis	0 DM
Anpassung MSR-Technik RLT-Anlagen	9.400 DM	15.000 DM
Einbau Wasseraufbereitung für das Rückspülwasser	163.000 DM	196.000 DM
Installation eines DDC/GLT-Systems	40.000 DM bis	70.000 DM
Eingesparte Energiekosten:	ca. 212.400 DM/a bis	281.000 DM/a

Amortisationsdauer statisch:	ca.	6,12 Jahre bis	5,02 Jahre
------------------------------	-----	----------------	------------

Amortisationsdauer dynamisch (6,5%):	ca.	8,05 Jahre bis	6,27 Jahre
--------------------------------------	-----	----------------	------------

Es bleibt dem Leser überlassen, die Bewertung und Gewichtung der aufgeführten und vorgeschlagenen Maßnahmen nach eigenen Gesichtspunkten vorzunehmen.

Die Entscheidung, welche der Maßnahmen letztlich einer weiteren Planung und Realisierung zugeführt werden soll, kann nur den von beteiligten Ämter der Stadt Frankfurt entschieden werden.

Krefeld, den 13.06.2001

Ho/Kb/Wi

INGENIEURBÜRO

Raimund Krawinkel