

# **Stadt Frankfurt am Main**

**Hochbauamt - Abteilung Energiemanagement**

## **Energiestudie**

**Stadt- und Universitätsbibliothek**

## INHALT

<b>1. Aufgaben- und Zielstellung</b>	<b>4</b>
<b>2. Kurzübersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>5</b>
2.1 Bestand	5
2.2 Energiekosten und deren Entstehung	6
2.3 Vorschläge zur Senkung der Energiekosten	7
2.4 Durchführung der Maßnahmen und Auswirkungen von Sanierungen	8
2.5 Kostensenkungspotentiale	8
2.6 Umweltaspekte	9
<b>3. Bedarfs- und Verbrauchsstrukturen (Ist-Zustand)</b>	<b>10</b>
3.1 Wärme	10
3.2 Strom	10
3.3 Wasser	13
3.4 Resultierender Primärenergieverbrauch	14
<b>4. Analyse des Bestands</b>	<b>14</b>
4.1 Gebäudenutzung	14
4.2 Vorhandene Bausubstanz und Technik	16
4.2.1 Bausubstanz	16
4.2.2 Wärmebedarf des Gebäudes	16
4.2.3 Kühllast	17
4.3 Lehrbuchsammlung B-Ebene	17
4.4 Regelung	17
4.5 Klima- und Lüftungsanlagen	18
4.5.1 Außenluftaufbereitung	19
4.5.2 Klimaanlage Verwaltung	19
4.5.3 Klimaanlage Zwischenbau	19
4.5.4 Klimaanlage Magazin Alt und Magazin Neu	20
4.5.5 Klimaanlage Lesesäle	20
4.5.6 Nebenanlagen	20
4.6 Kälteanlagen	20
4.7 Heizungsanlage und Verteilung	20
4.8 Beleuchtungseinrichtungen	21
4.9 Sanitäre Einrichtungen	21
4.10 Messungen an technischen Anlagen	22
4.10.1 Außenluftansaugung	22
4.10.2 Klimaanlage Verwaltung	22
4.10.3 Klimaanlage Zwischenbau	23
4.10.4 Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu	23
4.10.5 Klimaanlage Lesesäle	24
4.10.6 Lichtmessungen	24
<b>5. Vorschläge zu energiesparenden Maßnahmen</b>	<b>25</b>
5.1 Organisatorische Maßnahmen (Optimierung ohne Änderung der vorhandenen Technik)	25
5.2 Vertragsprüfung	26
5.3 Verbesserungen an der Dämmung der vorhandenen Gebäudesubstanz	26

5.4	Optimierung der Regelungstechnik	27
5.5	Optimierung der vorhandenen Klima- und Lüftungsanlagen	27
5.5.1	Außenluftansaugung	28
5.5.2	Anlage Verwaltung	28
5.5.3	Klimaanlage Zwischenbau	29
5.5.4	Klimaanlage Magazin Alt und Magazin Neu	30
5.5.5	Klimaanlage Lesesäle	31
5.6	Optimierung der Kälteerzeugung	32
5.7	Optimierung der Wärme- und Kälteverteilung	33
5.8	Optimierung der Beleuchtung	33
5.8.1	Lesesäle	33
5.8.2	Magazine (1.UG - 3.UG)	34
5.8.3	Öffentliche Magazine (EG - 3. OG)	34
5.8.4	Verwaltungsbau	34
5.8.5	Treppenhäuser	35
5.9	Optimierung der Wasseranwendung (ohne technisches Wasser für Klimatisierungsprozesse)	35
5.10	Neubauten	35
<b>6.</b>	<b>Zusammenstellung der Maßnahmen</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>Maßnahmenplan</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>Primärenergieeinsparung und Umweltentlastung</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>Rationelle und umweltfreundliche Versorgung des Verbrauchsschwerpunktes</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>Anhang</b>	<b>43</b>
10.1	Gebäudedatenblätter	43
10.2	Berechnung des Wärmebedarfs Ist-Zustand	46
10.3	Berechnung des Wärmebedarfs Soll-Zustand (Dämmung Verwaltungsgebäude)	47
10.4	Lastgangmessung Haupteinspeisung	48
10.5	Kühllastverlauf	49
10.6	Datenblätter des Landes Hessen; Aufnahme Ist-Zustand	50
10.7	Datenblätter des Landes Hessen; Soll-Zustand nach Umsetzung der Beleuchtungsmaßnahmen	65
10.8	Meßwerte Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten	73
10.9	Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Optimierung der Betriebszeiten und Volumenströme	75
10.10	Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Ventilatoroptimierung	76
10.11	Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Durchführung aller Maßnahmen	77
10.12	Klimamessung Feuchte und Temperatur - Klimaanlage Verwaltung	78
10.13	Klimamessung Feuchte und Temperatur - Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu	79
10.14	Klimamessung Feuchte und Temperatur - Magazingebäude 2.UG	80
10.15	Klimamessung Feuchte und Temperatur 2.UG und 2.OG	81
10.16	Eisspeicherbetrieb	82
10.17	Strombezug unter Berücksichtigung des Eisspeichers	83

## 1. Aufgaben- und Zielstellung

Die Stadt- und Unibibliothek weist über Jahre hinweg auffallend hohe Energieeinsätze und Energiekosten auf.

1997 lag der Energieeinsatz für Stromanwendung bei rund 2.929 MWh, für die Beheizung bei 2.952 MWh. Der Wasserverbrauch belief sich auf rd. 8.000 m<sup>3</sup>. Die resultierenden Energie- und Wasserkosten lagen 1997 bei 930 TDM brutto.

Bezogen auf die Nutzfläche ergeben sich damit spezifische Kosten von rd. 58 DM/m<sup>2</sup> \*a.

Als Grundlage für Einsparmaßnahmen ist deshalb eine systematische Erfassung der Schwachstellen auf der Verbraucherseite erforderlich.

Zum größten Teil liegen die hohen Energieeinsätze in einem hohen Anteil mechanisch belüfteter Bereiche ohne ausreichendes Tageslicht begründet. Wichtigste Ansatzpunkte für die Verbrauchs- und Kostenoptimierung sind daher Klimatisierung und Beleuchtung des Gebäudes.

Die dargestellten Ausgangsbedingungen, auf die in den folgenden Kapiteln detailliert eingegangen wird, lassen ein erhebliches Strom- und Wärmeeinsparpotential erkennen.

Für die Bearbeitung wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

- Bestandsanalyse
- Erfassung relevanter Energieverbraucher
- Auswertung vorliegender Zählerablesungen und technischer Unterlagen
- Messungen des elektrischen Lastgangs und einzelner Verbrauchergruppen
- Ermittlung des Wärme- und Kältebedarfs
- Bewertung des derzeitigen Strom- und Wärmeverbrauches
- Ermittlung von Strom-, Wärme- und Wassereinsparpotentialen
- Wirtschaftliche und ökologische Bewertung der vorgeschlagenen Maßnahmen
- Entwicklung eines Maßnahmen- und Umsetzungskonzeptes

Die Erfassung, Berechnung und Bewertung des Ist-Zustandes sowie von Sanierungsvorschlägen orientiert sich an der SIA 380/ und dem Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung i.d.F. vom August 1996 (HMUEB).

Ziel dieser Energiestudie ist die Ermittlung von Einsparpotentialen und deren wirtschaftliche und ökologische Bewertung. Dabei stehen die Möglichkeiten der Energieeinsparung auf der Verbraucherseite im Vordergrund.

Für die Unterstützung durch die Mitarbeiter der Bibliothek, insbesondere die technischen Mitarbeiter, möchten wir uns ausdrücklich bedanken.

## 2. Kurzübersicht und Zusammenfassung der Ergebnisse

### 2.1 Bestand

Das Gebäude ist im Prinzip gegenüber dem Eröffnungsjahr 1964 unverändert. Es wird ausschließlich als Bibliotheks- und Verwaltungsgebäude, einschließlich der notwendigen Lagerung von Büchern genutzt.

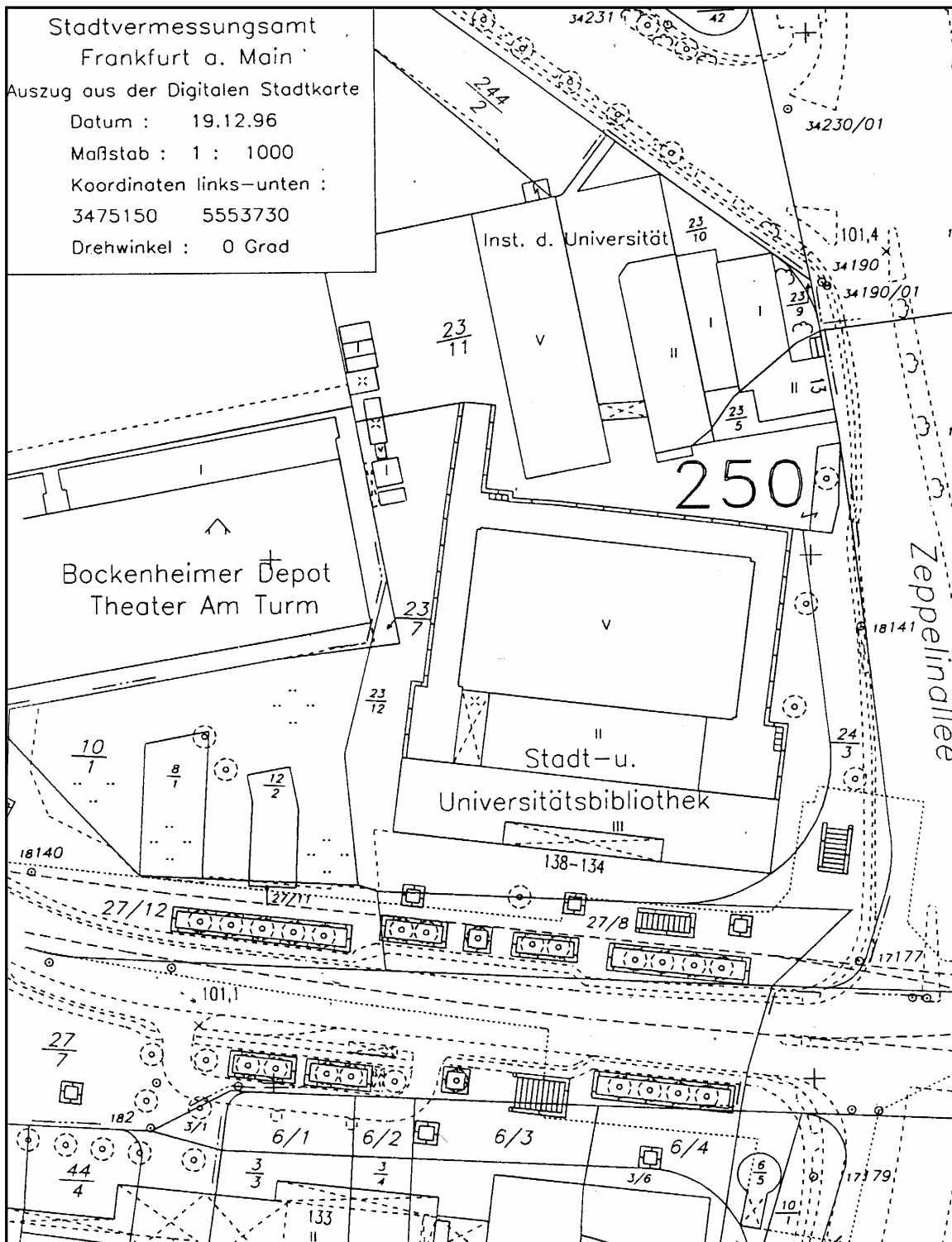


Abb. 2.1: Lageplan

Das Gebäude läßt sich in die Bereiche Verwaltungsgebäude, Zwischenbau und Magazingebäude gliedern.

Die Bausubstanz ist in einem dem Alter entsprechenden Zustand. Besondere Bauschäden lassen sich nicht erkennen.

Die technischen Anlagen entsprechen im wesentlichen dem Ursprungszustand. Lediglich eine Klimaanlage wurde 1983 zur Versorgung des Magazingebäudes neu installiert.

Alle technischen Anlagen haben damit die gewöhnliche Nutzungsdauer deutlich überschritten.

Der Zustand der Anlagen ist, gemessen am Alter, relativ gut. Altersbedingte Ausfälle der Anlagen sind aber nicht auszuschließen. Die Optimierung einzelner Anlagen beinhaltet daher immer auch Sanierungsanteile.

Mit den Optimierungsvorschlägen und dem daraus abgeleiteten Maßnahmenkatalog, kann daher die Sanierung unter Kostengesichtspunkten optimiert werden.

## 2.2 Energiekosten und deren Entstehung

Die Energiekosten liegen mit rd. 936 TDM/Jahr für ein Gebäude dieser Größe (rd. 16.500 m<sup>2</sup>) relativ hoch.

Energieeinsatz Strom	Energieeinsatz Fernwärme	Wasserverbrauch
2.929.810 kWh	2.953 MWh	8.209 m <sup>3</sup>

Tab. 2.1: Energieeinsatz und Wasserverbrauch 1997

Hauptanteil daran haben die Stromkosten mit rd. 59%. Die Wasserkosten liegen bei weniger als 10%. Der Anteil der Wärmekosten ist für ein Gebäude dieser technischen Ausstattung relativ groß.

Die große Zahl von innenliegenden Räumen bedingt eine Beleuchtung während des ganzen Tages.

Da die außenliegenden Räume eine feststehende Verglasungen haben (Ausnahmen nur im 3.OG des Magazingebäudes), sind alle Räume der Bibliothek mechanisch zu belüften.

Alle Räume der Bibliothek werden wegen der besonderen Anforderungen an die Bücherlagerung und des gewählten Komfortkonzepts für die Arbeits- und Leseräume vollklimatisiert. In den gesamten Außenzonen sind dazu 2-Leiter-Induktionsanlagen vorgesehen.

Alle Klimaanlage laufen rund um die Uhr. Für die Magazine ist dieser Betrieb angezeigt, um die notwendigen Raumluftkonditionen (z.Zt. 50% r.F., 22°C) einzuhalten. In den anderen Bereichen ist ein durchgehender Betrieb eigentlich nicht notwendig.

Die Effizienz der Anlagen ist z.T. sehr schlecht. Diese Aussage bezieht sich im wesentlichen auf die Beleuchtung des Gebäudes und die Luftförderung.

Die Regelungstechnik ist ebenfalls nicht mehr zeitgemäß und zumindest in Teilbereichen defekt.

Die Auswirkungen der Regelungstechnik auf den Energieverbrauch sind allerdings nicht so gravierend, da durch die 2-Leiter-Technik bei der Verrohrung der Induktionsgeräte und der Zonnachwärmer/ -kühler ein gleichzeitiges Heizen und Kühlen vermieden wird.

Schwerwiegender ist die mangelnde Einhaltung der gewünschten Raumparameter in Arbeits- und Leseräumen sowie die Überschreitung der geforderten Werte für die Bücherlagerung.

In der geringen Effizienz der Anlagen, den langen Anlagenlaufzeiten aber auch der speziellen Nutzung des Gebäudes liegen die Hauptursachen für die relativ hohen Energiekosten.

## 2.3 Vorschläge zur Senkung der Energiekosten

Alle vorgeschlagenen Maßnahmen sind in Tab. 2.3 (Seite 9) aufgeführt.

Im nicht-investiven Bereich sollten kurzfristig Verhandlungen über eine Änderung des Wärmelieferungsvertrages und die Absetzmengen bei der Berechnung der Kanalgebühren geführt werden.

Die Nutzungszeit der Beleuchtung in Räumen mit Tageslicht sollte so weit wie möglich reduziert werden. Dies trifft vor allem auf die Büroräume im Verwaltungsgebäude und die Lesesäle zu.

Hier haben sich in ähnlich gelagerten Fällen das Verteilen von Informationsmaterial an die Nutzer und persönlich erläuterte Hinweise als erfolgreich gezeigt.

In den Magazinbereichen können die Nutzungszeiten der Beleuchtung durch Bewegungsmelder mit geringen Investitionen verringert werden.

Ebenfalls mit geringen Investitionen wäre die Laufzeitreduzierung der Klimaanlage Verwaltung und Zwischenbau durchführbar. Die Klimaanlage für das Verwaltungsgebäude und den Zwischenbau sollten außerhalb der Nutzungszeiten abgeschaltet werden, soweit dies die Außentemperaturen zulassen.

Eine Reduzierung der sehr großen Luftmengen kann wegen der speziellen Anforderungen von Induktionsanlagen nur in Teilbereichen realisiert werden.

Mit geringen Investitionen lassen sich auch die Kosten für den Wasserverbrauch durch den Einsatz von Sparperlatoren senken.

Im investiven Bereich lassen sich eine Reihe von Maßnahmen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten realisieren.

An erster Stelle sind dies Sanierungen der vorhandenen Beleuchtungsanlagen.

Wegen der hohen Benutzungsstunden läßt sich ein Austausch, bei gleichzeitiger Optimierung der Anordnung und Anzahl der Leuchten, in fast allen Bereichen der Bibliothek wirtschaftlich durchführen.

Die Ventilatoren in fast allen Klimaanlage bieten sich für einen Austausch an. Bei einem Ausfall der Ventilatoren muß wegen der Anforderungen an die Raumluftzustände kurzfristig Ersatz beschafft werden. Durch einen geplanten Austausch der Ventilatoren ließen sich zum einen Energiekosten sparen zum anderen die Marktmechanismen nutzen, die bei kurzfristiger Ersatzbeschaffung meist nicht greifen.

Für die Kälteerzeugung bietet sich sowohl unter Sanierungs- als auch unter Kostengesichtspunkten eine Erneuerung der vorhandenen Anlage an.

Mit dem Einsatz eines Eisspeichers ließen sich die Energiekosten deutlich senken. Die Mehrinvestitionen gegenüber einer Ersatzvornahme der vorhandenen Maschine lassen sich wegen der deutlichen Senkung der Energiekosten wirtschaftlich darstellen.

Energieeinsatz Strom	Energieeinsatz Fernwärme	Wasserverbrauch
1.803.000 kWh	1.985 MWh	5.730 m <sup>3</sup>

**Tab. 2.2: Energieeinsatz und Wasserverbrauch nach Umsetzung aller Maßnahmen**

## 2.4 Durchführung der Maßnahmen und Auswirkungen von Sanierungen

Da alle Anlagen die normale Nutzungsdauer überschritten haben, enthält jede Optimierung mit Einbau neuer Komponenten auch Sanierungsanteile.

Ein Maßnahmenkonflikt tritt bei einer Fassadensanierung des Verwaltungsgebäudes mit Entfall der Klimaanlage auf. Sollte diese Maßnahme mittelfristig durchgeführt werden, sollte keine Optimierung der entsprechenden Klimaanlage erfolgen. Unter energetischen und Komfortgesichtspunkten wäre eher die Sanierung der Fassade mit Entfall der Klimaanlage zu empfehlen.

Ein weiterer Ausschluß ergibt sich, wenn die Klimaanlage im Magazinbereich saniert werden sollten. In diesem Fall sollte keine Investition in die Regelungstechnik und Ventilatoroptimierung erfolgen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sollten in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden.

Dabei ist neben der Wirtschaftlichkeit zu beachten, daß mögliche Änderungen an der Regelung nicht nur eine Energiekosteneinsparung, sondern gleichzeitig auch einen höheren Komfort und verbesserte Raumluftkonditionen zur Folge haben.

Besonders für die Substanzerhaltung der archivierten Bücher ist dies ein entscheidender Faktor.

Wegen der höheren Funktionalität und der aktuellen Marktsituation ist dabei die Verwendung einer DDC-Regelung zu empfehlen.

## 2.5 Kostensenkungspotentiale

In der Stadt- und Universitätsbibliothek können z.T. erhebliche Kostensenkungspotentiale nachgewiesen werden.

Einen großen Anteil daran haben die Möglichkeiten zur Vertragsanpassung. Dadurch müßte sich eine Kostensenkung für den Energiebezug um rd. 100.000 DM/a erreichen lassen.

Die Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Maßnahmen ist in der folgenden Tabelle 2.3 zusammengefaßt. Detailliertere Aufstellungen zu möglichen Kostensenkungen und Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Maßnahmen sind im Kapitel 6 dargestellt.

Stellt man alle Maßnahmen zusammen, deren dynamische Kapitalrückflußzeit kleiner als die normale Nutzungsdauer ist, könnten Einsparungen von rd. 410 TDM/a realisiert werden. Dies entspricht einer Reduzierung der Energiekosten um mehr als 43%.

Dabei wurden mögliche Fördermittel für Stromsparmaßnahmen bei der Berechnung noch nicht berücksichtigt. Sollten entsprechende Fördermittel fließen, würde sich die Wirtschaftlichkeit weiter verbessern.

Bei Optimierungsmaßnahmen an der Beleuchtung kann damit gerechnet werden, daß eine Förderungszusage erteilt wird. Bei den anderen Maßnahmen ist davon auszugehen, daß die Förderungszusage erfolgt, wenn mehr als 50% der Kostenersparnis durch Stromkostenreduzierungen erreicht wird.

Der kalkulatorische Zins wurde mit 7% angenommen. Auf die Berücksichtigung der Energiepreissteigerung wurde verzichtet, da die derzeitigen Kostensenkungen der Energieversorger teilweise durch die geplante Energiesteuer aufgehoben wird. Eine vernünftige Abschätzung von Preissteigerungen ist daher z.Zt. nicht durchführbar.



Kalkulatorischer Zins		7%		Energiepreissteigerung			0%	
Nr	Maßnahme Beschreibung	Investition (DM)	Nutzungs- dauer (a)	Kapital- kosten (DM/a)	aktuelle Kosten (DM/a)	Einspar. Betriebsk. (%)	Einspar. Betriebsk. (DM/a)	Priorität (DM/DM)
<b>Vertragsgestaltung</b>								
5.2.1	Vertragsgestaltung FW-Anschlußleistung	0	-	0	203.271	44,1	89.662	-
5.2.2	Anpassung Berechnung Kanalabgabe	0		0	30.360	33,3	10.100	-
<b>Summe Einsparpotentiale Vertragsanpassung</b>							<b>99.762</b>	
<b>Dämmung Verwaltungsgebäude</b>								
5.3.2	Beheizung Verwaltungsgebäude mit stat. Heizflächen in Verbindung mit Außendämmung und Entfall Klimaanlage (Minderkosten für Entfall Sanierung Klimaanlage 400.000 DM)	570.000	30	45.934	108.275	57,7	62.445	1,4
<b>Wärmerückgewinnung</b>								
5.5.1	Sanierung Wärmerückgewinnung	69.000	15	7.576			22.113	2,9
<b>Klimaanlage Verwaltung</b>								
5.5.2.1	Optimierung der Betriebszeiten	12.000	15	1.318	112.468	16,1	18.098	13,7
5.5.2.2	Ventilator austausch Zuluft	15.000	15	1.647	14.788	18,7	2.760	1,7
5.5.2.4	Maßnahmen 5.5.2.1 - 5.5.2.3	46.000	15	5.051	112.468	20,3	22.807	4,5
<b>Klimaanlage Zwischenbau</b>								
5.5.3.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten	15.000	15	1.647	67.712	11,6	7.867	4,8
5.5.3.2	Ventilator austausch Zuluft	13.000	15	1.427	4.870	66,4	3.233	2,3
5.5.3.3	Ventilator austausch Abluft	12.000	15	1.318	6.578	72,9	4.793	3,6
5.5.3.4	<b>Maßnahmen 5.5.3.1 - 5.5.3.3</b>	<b>40.000</b>	<b>15</b>	<b>4.392</b>	<b>67.712</b>	<b>15,9</b>	<b>10.733</b>	<b>2,4</b>
<b>Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu</b>								
5.5.4.1	Erneuerung der Regelung Zentralgerät und Zonnennachwärmer zur Optimierung der Raumluftkonditionen	170.000	15	18.665	324.684	8,2	26.466	1,4
5.5.4.2	Ventilator austausch Zuluft Magazin Alt	22.000	15	2.415	22.692	12,9	2.936	1,2
5.5.4.3	Ventilator austausch Abluft Magazin Alt	32.000	15	3.513	25.166	63,5	15.969	4,5
5.5.4.4	Ventilator austausch Zuluft Magazin Neu	20.000	15	2.196	34.243	31,9	10.930	5,0
5.5.4.5	Ventilator austausch Abluft Magazin Neu	20.000	15	2.196	23.457	25,2	5.916	2,7
5.5.4.6	<b>Maßnahmen 5.5.4.1 - 5.5.4.5</b>	<b>264.000</b>	<b>15</b>	<b>28.986</b>	<b>324.684</b>	<b>17,4</b>	<b>56.531</b>	<b>2,0</b>
<b>Klimaanlage Lesesäle</b>								
5.5.5.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten	20.000	15	2.196	152.793	15,3	23.422	10,7
5.5.5.2	Ventilator austausch Zuluft	25.000	15	2.745	20.844	13,0	2.712	1,0
5.5.5.3	Ventilator austausch Abluft	22.000	15	2.415	22.463	40,2	9.040	3,7
5.5.5.4	<b>Maßnahmen 5.5.5.1 - 5.5.5.3</b>	<b>67.000</b>	<b>15</b>	<b>7.356</b>	<b>152.793</b>	<b>16,6</b>	<b>25.421</b>	<b>3,5</b>
<b>Kälteerzeugung</b>								
5.6.1	Eisspeicher und Kältemaschine (Inv. abzüglich ersparte Erneuerung vorhandene Kältemasch.)	180.000	15	19.763	78.800	43,5	34.256	1,7
5.6.2	Erhöhung Vorlauftemperatur Kaltwasser	0	-	0	78.800	5,0	3.913	-
5.6.3	Drehzahlregelung Kühlturm 2	15.000	15	1.647	78.800	2,2	1.726	1,0
<b>Summe Einsparpotentiale Klimatisierung und Beheizung 1)</b>							<b>217.138</b>	
<b>Beleuchtung</b>								
<b>5.8.1 Lesesäle</b>								
5.8.1.1	Verringerung der Vollbetriebszeit und Entfernung der Gitter unterhalb Beleuchtung im 3. OG	6.000	15	659	33.446	15,0	5.014	7,6
5.8.1.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlage	90.000	15	9.882	33.446	79,4	26.550	2,7
5.8.1.3	<b>Maßnahmen 5.8.1.1 - 5.8.1.2</b>	<b>90.000</b>	<b>15</b>	<b>9.882</b>	<b>33.446</b>	<b>82,0</b>	<b>27.439</b>	<b>2,8</b>
<b>5.8.2 nicht öffentliche Magazine</b>								
5.8.2.1	Bewegungsmelder installieren	30.000	15	3.294	28.143	16,7	4.699	1,4
5.8.2.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlage	119.000	15	13.066	28.143	52,3	14.720	1,1
5.8.2.3	<b>Maßnahmen 5.8.2.1 - 5.8.2.2</b>	<b>149.000</b>	<b>15</b>	<b>16.359</b>	<b>28.143</b>	<b>59,7</b>	<b>16.812</b>	<b>1,0</b>
<b>5.8.3 Öffentliche Magazine</b>								
	Erneuerung der Beleuchtungsanlage	175.000	15	19.214	42.007	69,3	29.109	1,5
<b>5.8.4 Büroräume Verwaltung</b>								
5.8.4.1	Erneuerung und Reduzierung der Beleuchtungsanlagen getrennte Verschaltung der Leuchten	78.000	15	8.564	20.259	55,8	11.311	1,3
<b>5.8.5.1 Treppenhaus gesamt</b>								
	Erneuerung der Beleuchtungsanlage	13.800	15	1.515	4.537	62,9	2.855	1,9
<b>Summe Einsparpotentiale Beleuchtung</b>							<b>87.525</b>	
<b>Sanitär</b>								
5.9.1	Einbau von Sparperlatoren im gesamt Gebäude	600	4	177	14.900	40,0	5.960	33,6
<b>Gesamteinsparung bei Umsetzung aller wirtschaftlichen Maßnahmen</b>							<b>410.385</b>	

Tab 2.3: Übersicht zur Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen  
(Maßnahmen-Nr. entspricht Kapitelnummerierung)

## 2.6 Umweltaspekte

Neben Kosteneinsparungen können bei Durchführung der Maßnahmen erhebliche Umweltentlastungen erreicht werden.

Das Gesamtpotential zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung beträgt rd. 1.170 t/a, was einer Verringerung von 38% gegenüber dem heutigen Zustand entspricht. Die Reduzierung des Primärenergieaufwands beträgt bei Umsetzung aller Maßnahmen 4.650 MWh/a.

### 3. Bedarfs- und Verbrauchsstrukturen (Ist-Zustand)

#### 3.1 Wärme

Die eingesetzte Wärmearbeit in der Stadt- und Universitätsbibliothek betrug 1997 ca. 2.950 MWh/a. Der spezifische Wert liegt bei 178 W/m<sup>2</sup>.

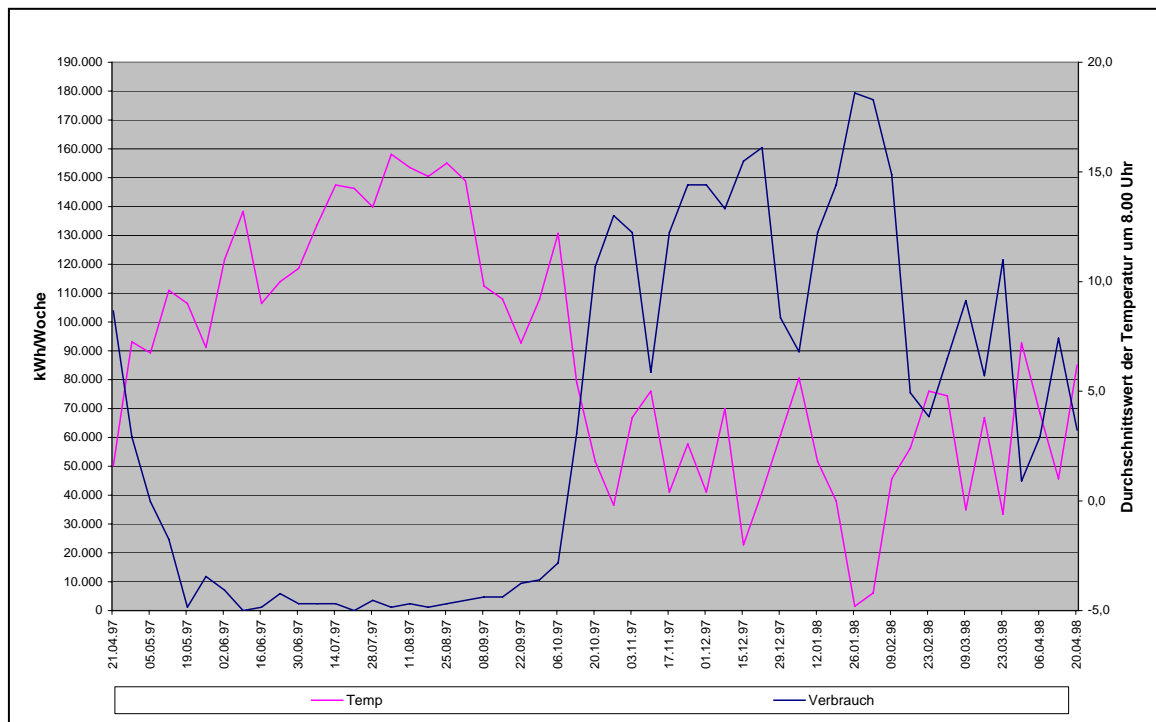


Abb. 3.1: Wöchentliche Wärmearbeit und durchschnittliche Außentemperatur

Die Heizleistung von 4.652 kW, die vom Heizwerk der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zur Verfügung gestellt wird, ist erheblich größer als die tatsächlich erforderliche Heizleistung.

Gemäß der Wärmebedarfsermittlung liegt die erforderliche Heizleistung des Gebäudes bei etwa 2.600 kW (s. Anhang 10.2 Seite 46) und damit um rd. 43% unter dem vertraglich festgesetzten Wert.

Die Kosten allein für die Bereitstellung der Heizleistung werden jährlich mit ca. 203.000 DM abgerechnet. Dazu kommen die Kosten für die Wärmearbeit mit ca. 120.780 DM. Der durchschnittliche Wärmepreis liegt bei der aktuellen Vertragsgestaltung bei 109,76 DM/MWh.

Aus den vom Betriebspersonal täglich abgelesenen Zählerständen und den gemessenen Temperaturen zeigt sich, daß ab einer Außentemperatur von etwa 12°C fast kein Wärmebedarf besteht.

#### 3.2 Strom

Der Energieeinsatz bei elektrischem Strom betrug 1997 rd. 2.900 MWh bei einer abgerechneten Leistungsspitze von 713 kW. Die resultierenden Vollbenutzungsstunden von über 4.000 h und der spezifische Verbrauchswert von 175 kWh/m<sup>2</sup> liegen sehr hoch.

Der spezifische Anschlußwert liegt mit rd.  $44 \text{ W/m}^2$  für ein Gebäude dieser Nutzung über dem Durchschnitt.

Die Bruttokosten für den Strombezug beliefen sich 1997 auf rund 550.000 DM. Dies entspricht einem spezifischen Wert von rd.  $32,80 \text{ DM/m}^2$ .

Die durchschnittlichen Kosten von rd. 18,9 Pfg./kWh sind wegen der hohen Vollbenutzungsstunden relativ gering.

Der NT-Verbrauch ist im Jahresverbrauch annähernd konstant. Nur im August, wenn auch während der Nachtstunden Kühllast für die Außenluftaufbereitung vorliegt, steigen die Werte deutlich an.

Der Tagesverbrauch weist stärkere saisonale Abhängigkeiten auf. Dies ist im wesentlichen auf die zusätzliche Kühllast im Sommer und die Übergangszeit zurückzuführen, wenn die Kältemaschine mit geringer Last fährt und die Beleuchtung seltener benutzt wird.

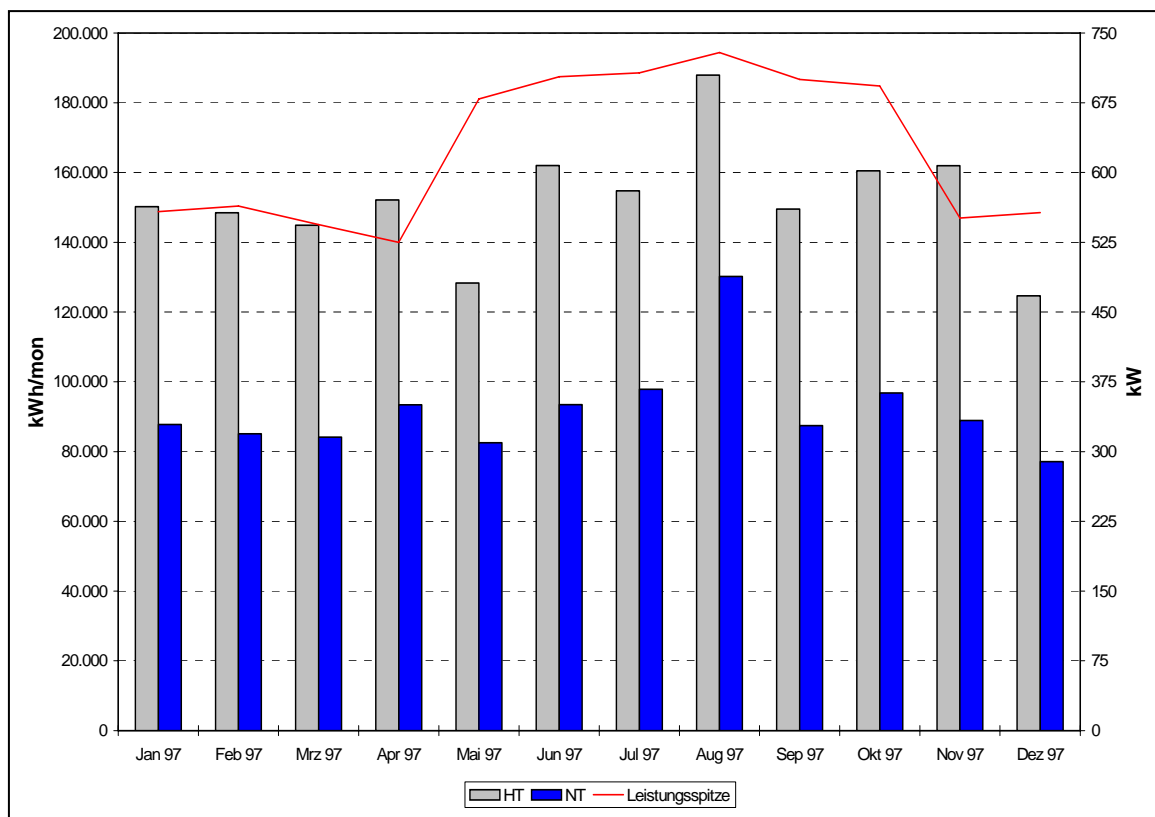


Abb. 3.2: Stromarbeit und Leistungsspitze 1997

Als Grundlage für die Analyse des Strombedarfs wurde durch die Stadtwerke Frankfurt vom 29.10.1998 - 09.11.1998 eine Lastgangmessung am Hauptzähler durchgeführt. Die hohe Grundlast wird von durchgehend betriebenen Klimaanlage und Pumpen ausgelöst. Der Anstieg erfolgt parallel zum Betriebsbeginn im Gebäude.

Daß keine ausgeprägte Leistungsspitze vorliegt, resultiert aus dem hohen Anteil von Räumen ohne oder mit wenig Tageslicht. Dieser Lastverlauf ist typisch für alle Arbeitstage während der Messung. Eine Gesamtdarstellungen des Lastgangs befindet sich im Anhang 10.4, Seite 48.

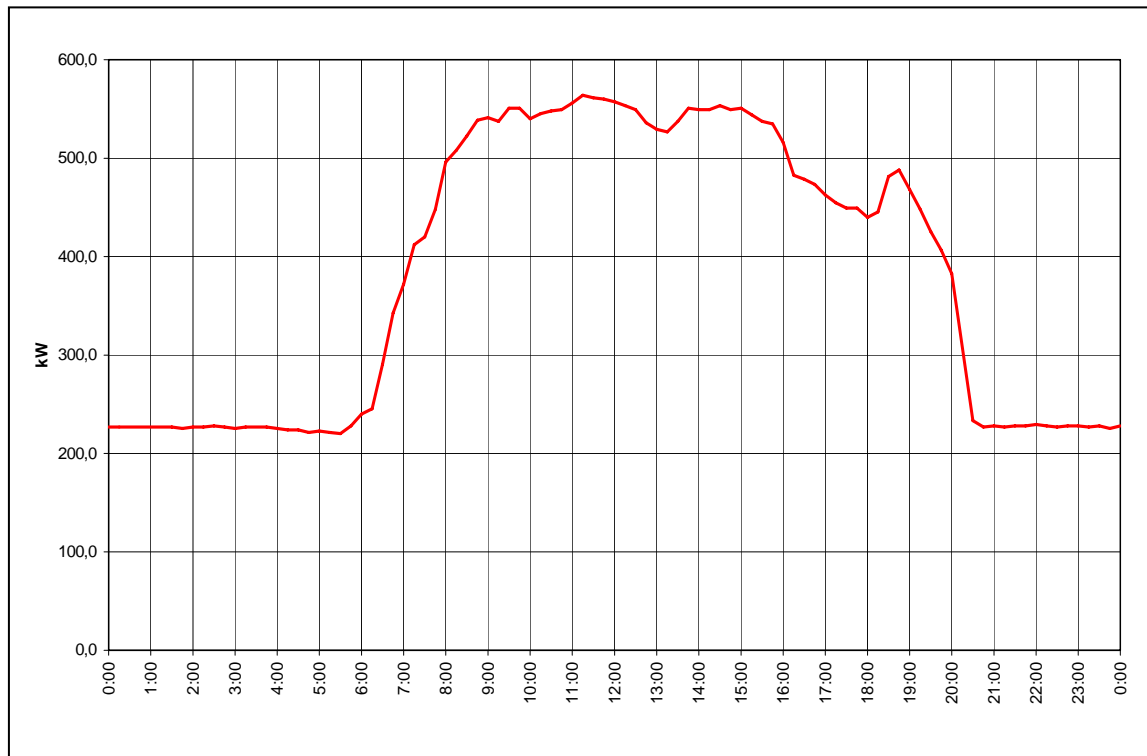


Abb. 3.3: Strombezug am 03.11.98

Zusammen mit den Wirkleistungsmessungen an einzelnen Anlagen konnte folgende Verteilung von Stromarbeit, Spitzenleistung und Stromkosten ermittelt werden.

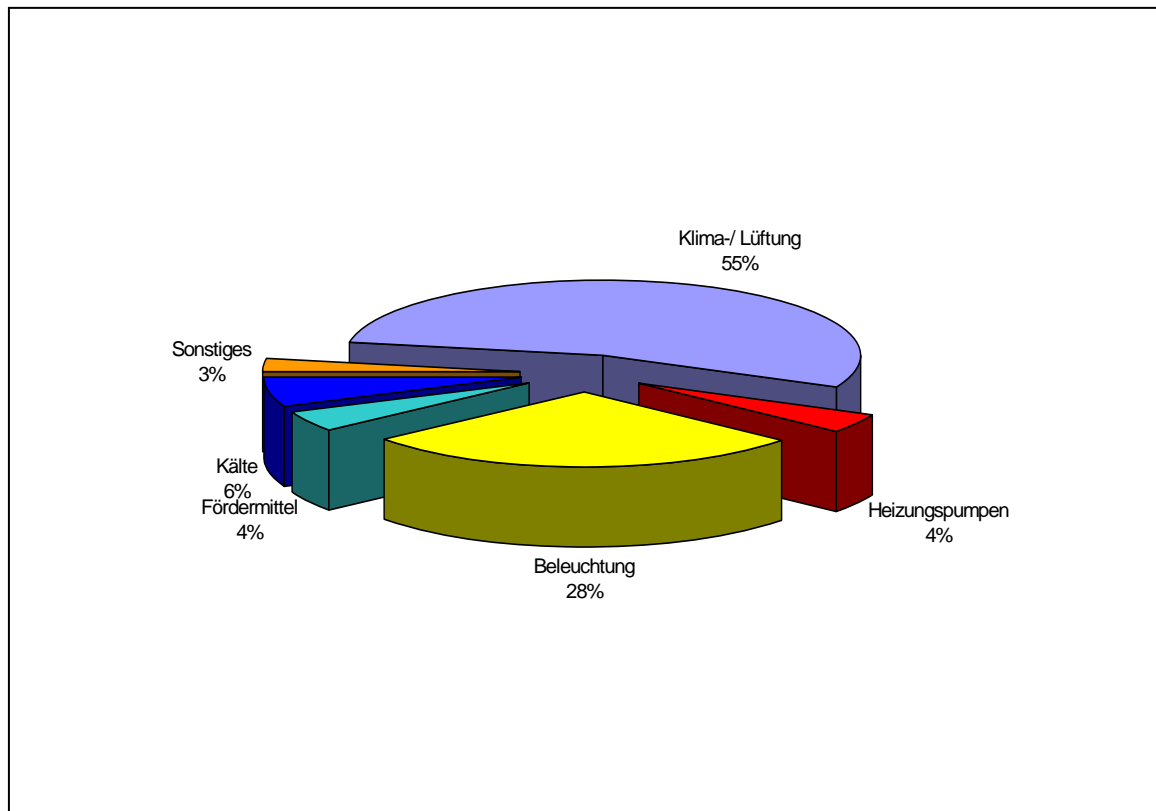


Abb. 3.4: Aufteilung der Stromarbeit nach Verbraucherguppen

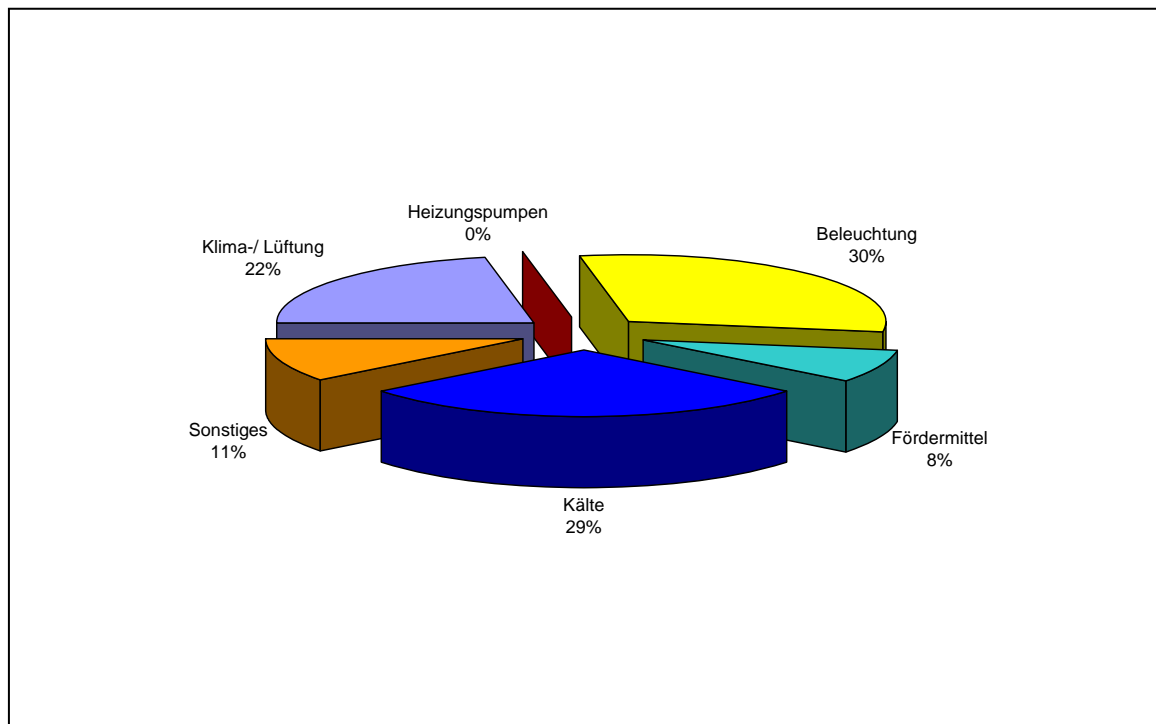


Abb. 3.5: Aufteilung der Leistungsspitze nach Verbrauchergruppen

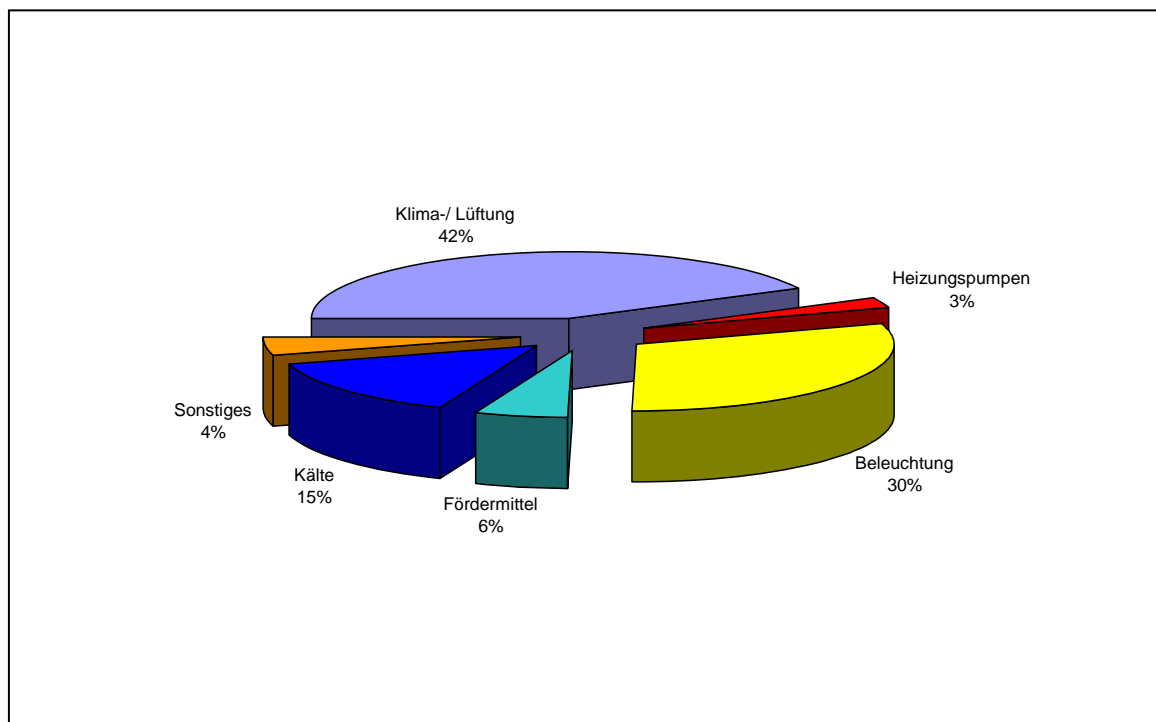
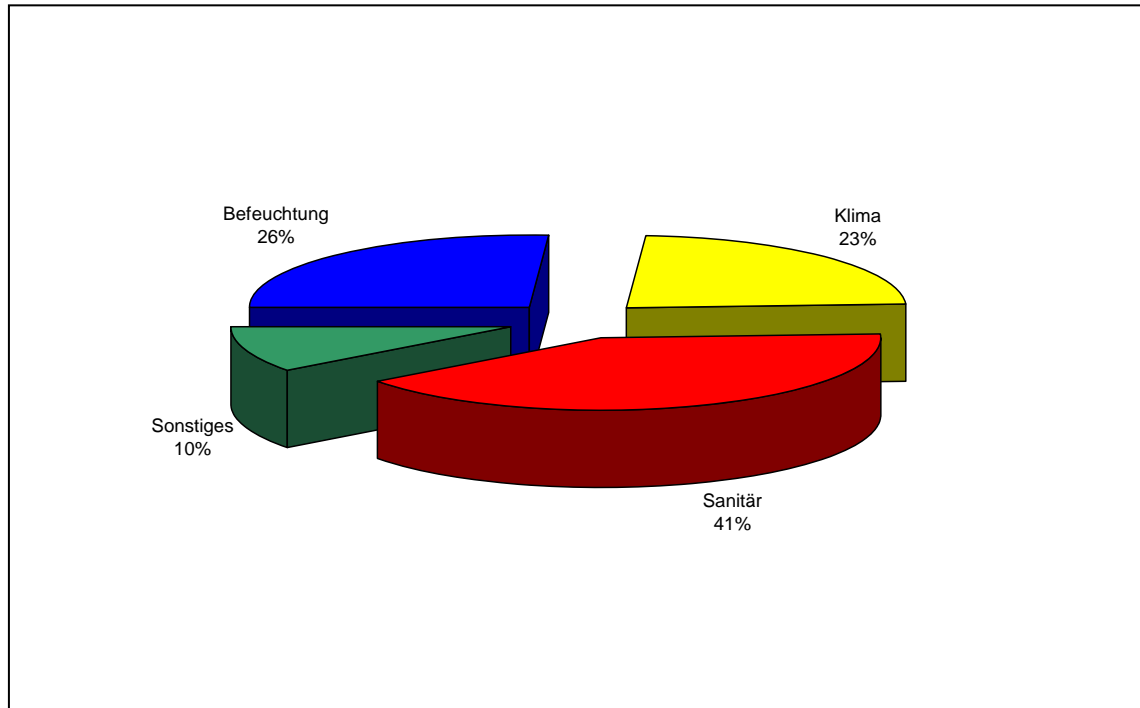


Abb. 3.6: Aufteilung der Stromkosten nach Verbrauchergruppen

### 3.3 Wasser

Der Gesamtwasserverbrauch des Bibliotheksgebäudes erreichte 1997 etwa 8.800 m<sup>3</sup>. Das Trinkwasser wird zu ca. 49% als technisches Wasser verwendet. Dieses Wasser wird für die Rückkühlung der Kältemaschinen und für die installierten Luftwäscher in den Klimaanlage eingesetzt.



**Abb. 3.7: Aufteilung des Trinkwasserverbrauches nach Verbrauchergruppen**

Der restliche Wasserverbrauch wird vorwiegend in den sanitären Einrichtungen sowie zu einem geringen Anteil in den Teeküchen und Reinigungszwecken verursacht. Durch regelmäßige Ablesung des Hauptwasserzählers und des zusätzlichen Wasserzählers nach der Enthärtungsanlage für die Kühltürme und Luftwäscher ist eine genaue Zuordnung des Verbrauches möglich.

Eine zentrale Warmwasserversorgung im Bibliotheksgebäude existiert nicht. Die Warmwassererzeugung erfolgt in den Teeküchen, der Werkstätte und der Technikzentrale dezentral mit elektrischen Warmwasserbereitern.

Insgesamt ist der Warmwasserverbrauch gegenüber dem Kaltwasserverbrauch zu vernachlässigen.

### 3.4 Resultierender Primärenergieverbrauch

Aus den vorliegenden Energieeinsätzen ergibt sich nach GEMIS ein Primärenergieaufwand von  $13.540 \text{ MWh}_{\text{prim.}/\text{a}}$ .

Der Primärenergieaufwand für die Nutzung der Fernwärme (Fernwärmeeinsatz  $2.953 \text{ MWh}_{\text{Fernwärme}/\text{a}}$ ) beträgt  $4.164 \text{ MWh}_{\text{prim.}/\text{a}}$ . Dieser resultiert aus einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 85% für die Fernwärmeezeugung, einem Verteilungswirkungsgrad von 90% für die Fernwärmeleitungen und einem spezifischen Energieaufwand von  $1,08 \text{ MWh}_{\text{primär}}/\text{MWh}_{\text{Fernwärme}}$ .

Der Primärenergieaufwand für die Stromnutzung (Stromeinsatz  $2.930 \text{ MWh}/\text{a}$ ) beträgt  $9.376 \text{ MWh}_{\text{prim.}/\text{a}}$ . Basis ist dabei ein spezifischer Primärenergieaufwand von  $3,2 \text{ MWh}_{\text{primär}}/\text{MWh}_{\text{Strom}}$ .

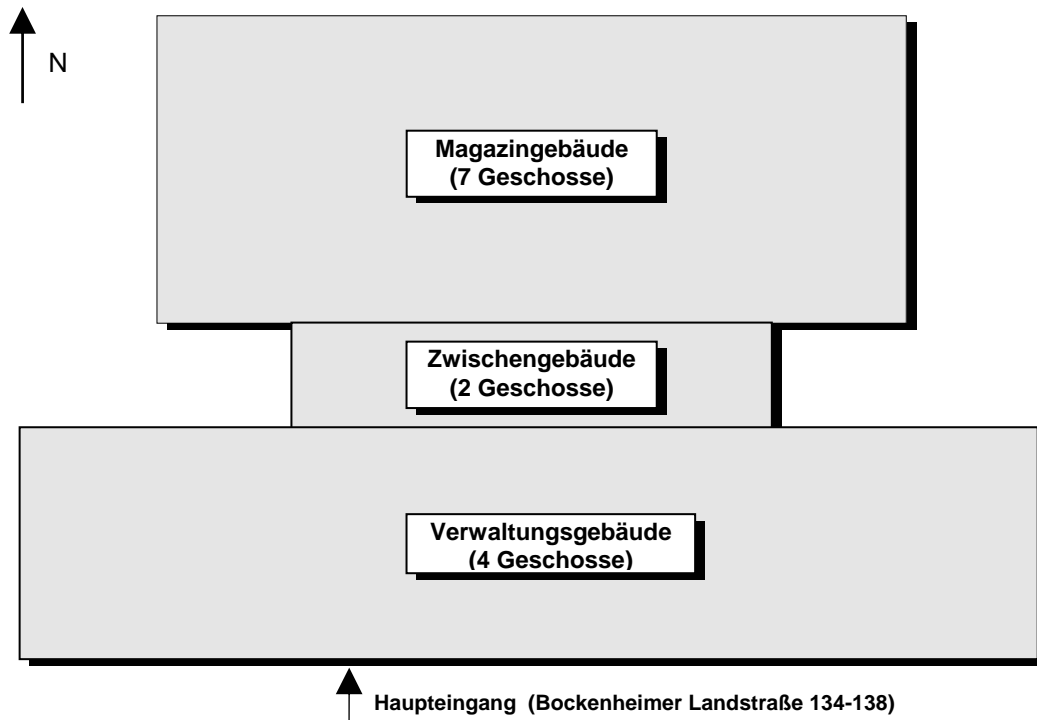
## 4. Analyse des Bestands

### 4.1 Gebäudenutzung

Das Gebäude der Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main ist freistehend, mit klarer Nord-Süd-Ausrichtung.

Es läßt sich in 3 Gebäudeabschnitte gliedern:

- Verwaltungsgebäude (Haupteingang, Information, Verwaltung)
- Zwischengebäude (Informationshalle, Umkleidebereich, Technikzentrale)
- Magazingebäude (Lesesäle, Magazine, Büroräume)



**Abb. 4.1: Übersichtsplan Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt a. M.**

Das Verwaltungsgebäude umfaßt drei oberirdische und ein unterirdisches Stockwerk. Es wird hauptsächlich als Bürogebäude genutzt. Im Untergeschoß befinden sich Poststelle, Versand und Buchbinderei. Der Haupteingang des Objektes sowie die Information sind im Erdgeschoß des Verwaltungsbaus untergebracht.

Der Zwischenbau verbindet das Verwaltungs- mit dem Magazingebäude. Im Erdgeschoß des Zwischenbaus finden sich die Eingangs- bzw. Informationshalle und die Ausleihe. Im ersten Untergeschoß sind die Garderobenschränke sowie die Kantine, im zweiten und dritten Untergeschoß die Heizungs- und Klimazentrale angesiedelt.

Das Magazingebäude hat vier ober- und drei unterirdische Geschosse. In den oberen Etagen sind 3 Zwischengeschosse eingezogen. Im Erdgeschoß sowie den drei Obergeschossen befinden sich Lesesäle und öffentliche Handmagazine, interne Büroräume und nicht öffentliche Magazine. Die Untergeschosse werden ausschließlich als Bücherlager genutzt und sind nicht öffentlich.

In der Nachbarschaft befinden sich die Johann-Wolfgang-Goethe-Universität sowie die Institute der Universität und die städtischen Bühnen (Theater). Aus dem Heizwerk der Universität wird die Stadt- und Unibibliothek mit Fernwärme versorgt.

Das Gebäude wird von Personal und Besuchern montags bis freitags von 6:30 -20:30 Uhr und samstags von 9:00-18:00 Uhr genutzt. In den Semesterferien sind die Öffnungszeiten Montag bis Freitag von 6:30-19:00 Uhr und am Samstag von 9:00-13:00 Uhr. Verwaltung und Ausleihe Bibliothek sind samstags geschlossen.

Die Öffnungszeiten für Publikum der Stadt- und Unibibliothek richten sich nach den unterschiedlichen Nutzungen:

Kataloge	Montag - Freitag	8:00 - 20:00	Uhr
	Samstag	9:00 - 18:00	Uhr
Information	Montag - Freitag	8:30 - 19:00	Uhr
	Samstag	9:00 - 13:00	Uhr
Anmeldung/ Ausleihe	Montag - Mittwoch - Freitag	10:00 - 16:30	Uhr
	Donnerstag	10:00 - 20:00	Uhr
Lesesaal 1 (EG)	Montag - Freitag	8:30 - 20:00	Uhr
	Samstag	9:00 - 18:00	Uhr
Lesesäle (1.OG-2-OG)	Montag - Freitag	8:30 - 20:00	Uhr
	Samstag	9:00 - 13:00	Uhr
Speziallesesäle (3.OG)	Montag - Freitag	11.00 - 19:00	Uhr

**Tab. 4.1: Öffnungszeiten der Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt a. M.**

Die Darstellung des Ist-Zustandes und die Berechnung von Maßnahmen erfolgt nach Zonen. Die Zoneneinteilung orientiert sich an der unterschiedlichen Nutzung und Benutzungszeiten. Es werden jeweils Zonen gleicher Nutzung und Charakteristik gebildet.

- Verwaltungsgebäude mit normaler Büronutzung
- Zwischenbau mit Publikumsverkehr
- Magazine zur Lagerung von Büchern
- Lesesäle

## 4.2 Vorhandene Bausubstanz und Technik

### 4.2.1 Bausubstanz

Das Objekt ist in der bestehenden Form 1964 in Betrieb genommen worden und zeigt einen baulich normalen Erhaltungszustand. Relevante Bauschäden konnten bei der Bestandsaufnahme nicht festgestellt werden.

Für die Wärme- und Kältebedarfsbestimmung lagen folgende Werte aus Projektordnern zur Dimensionierung der Klimaanlage Magazin Neu vor:

Bauteil	k-Wert in W/m <sup>2</sup> K
Fenster (Thermoverglasung)	3,30
Brüstungselemente	1,16
Außenwände	1,57
Dach Verwaltung	1,50
Dach Zwischenbau	0,49
Oberlichte Zwischenbau	3,30
Scheddach Magazin	0,81
Scheddach Verglasung	3,30
Glasbausteine Untergeschoß	2,90

**Tab 4.2: k-Werte der Bauteile**

### 4.2.2 Wärmebedarf des Gebäudes

Die Ermittlung des Wärmebedarfs erfolgt nach dem Hüllflächenverfahren, d.h. über die wärmeabgebenden Außenflächen des Gebäudes. Grundlage der Berechnungen sind DIN 4701 und die VDI -Richtlinie 2067.



Die zu Grunde gelegten Innentemperaturen orientieren sich an der derzeitigen Nutzung. Aus der Berechnung ergibt sich der Normwärmebedarf, der sich aus Transmissionswärmebedarf und angesetzten Spaltverlusten durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle zusammensetzt.

Zusätzlich wurde der Wärmebedarf für die Beheizung und Befeuchtung der Außenluft mit den aus den Messungen resultierenden Volumenströmen ermittelt.

Die ermittelte Gesamtwärmeleistung liegt bei rd. 2.660 kW. Die Ergebnisse sind im Anhang 10.2, Seite 46 zusammengestellt.

### 4.2.3 Kühllast

Mit den Werten für die Gebäudesubstanz und den ermittelten inneren Lasten wurde für das Gebäude eine Kühllastberechnung durchgeführt. Die maximale Kühlleistung wurde dabei mit 860 kW ermittelt.

Dabei sind die Werte für die Außenluftaufbereitung berücksichtigt.

Der Verlauf der Kühllast am Tag der maximalen Last ist im Anhang 10.5, Seite 49 dargestellt.

Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an die VDI 2078 bei folgenden Lastannahmen:

- Max. 450 Personen im Gebäude
- Innere Lasten nach Ist-Aufnahme Beleuchtung und Arbeitsmittel
- Sonnenschutz gezogen bei direkter Einstrahlung
- Bauteildaten aus Projektunterlagen

### 4.3 Lehrbuchsammlung B-Ebene

Zu der Bibliothek gehört auch die Lehrbuchsammlung in der B-Ebene der U-Bahnstation. Dieser Bereich wird versorgungstechnisch von den Stadtwerken Frankfurt betreut. Auf Betrieb und Zustand der Anlagen hat die Bibliothek keinen Einfluß.

Da die Anlagen nicht in den Einflußbereich der Bibliothek fallen, werden sie bei dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

Die Stadtwerke berechnen ihre Dienstleistung über die Weiterleitung der Stromrechnung an die Bibliothek.

Der auf die Fläche bezogene Wert für abgerechnete Stromarbeit und Stromspitze entspricht genau den Durchschnittswerten des Gesamtgebäudes.

### 4.4 Regelung

Für alle Anlagen ist die Regelung in den Technikräumen installiert. Sie wurde bei der Erweiterung der Klimatisierung 1983 in wesentlichen Teilen erneuert.

Die Vorlauftemperaturen werden in Abhängigkeit der Außentemperatur mit Nachtabsenkung geregelt. Die Regelung der Luftfeuchte erfolgt über den Taupunkt mit Sommerkompensation.

Zum Zeitpunkt der Erstellung war eine Verschiebung der Regelparameter auf Laständerungen nur mit hohem Aufwand zu realisieren. Entsprechende Funktionen sind daher bei der Regelung nicht installiert.

Insbesondere bei den komplexen Induktionsanlagen werden daher die Einflußgrößen Primärlufttemperatur, Primärluftvolumen, wasserseitige Vorlauftemperatur und Wasserdurchsatz in der Regel nach festen Werten gefahren. Eine Verschiebung dieser Pa-

parameter in Abhängigkeit von inneren oder äußeren Lasten könnte zu einer Verminderung der Schwingungsvorgänge bei den Raumtemperaturen führen.

Darüber hinaus ist die Regelung zumindest in Teilbereichen nicht funktionsfähig oder defekt (s. Kapitel 4.10).

Wegen des hohen Alters sind Ersatzteile nur noch in Verbindung mit Einbau der Teile durch die Herstellerfirma Samson erhältlich. Hier ist in der Zukunft mit steigenden Preisen zu rechnen, ohne daß ein ausreichender Wettbewerb zur Vergabe der Leistungen stattfinden kann.

## 4.5 Klima- und Lüftungsanlagen

Das gesamte Gebäude ist vollklimatisiert. Aufgabe der Klimaanlage ist die Sicherung des Komforts von Personal und Besuchern sowie die Einhaltung der geforderten Parameter zur Bücherlagerung. Ursprünglich versorgten vier Vollklimaanlagen das Gebäude.

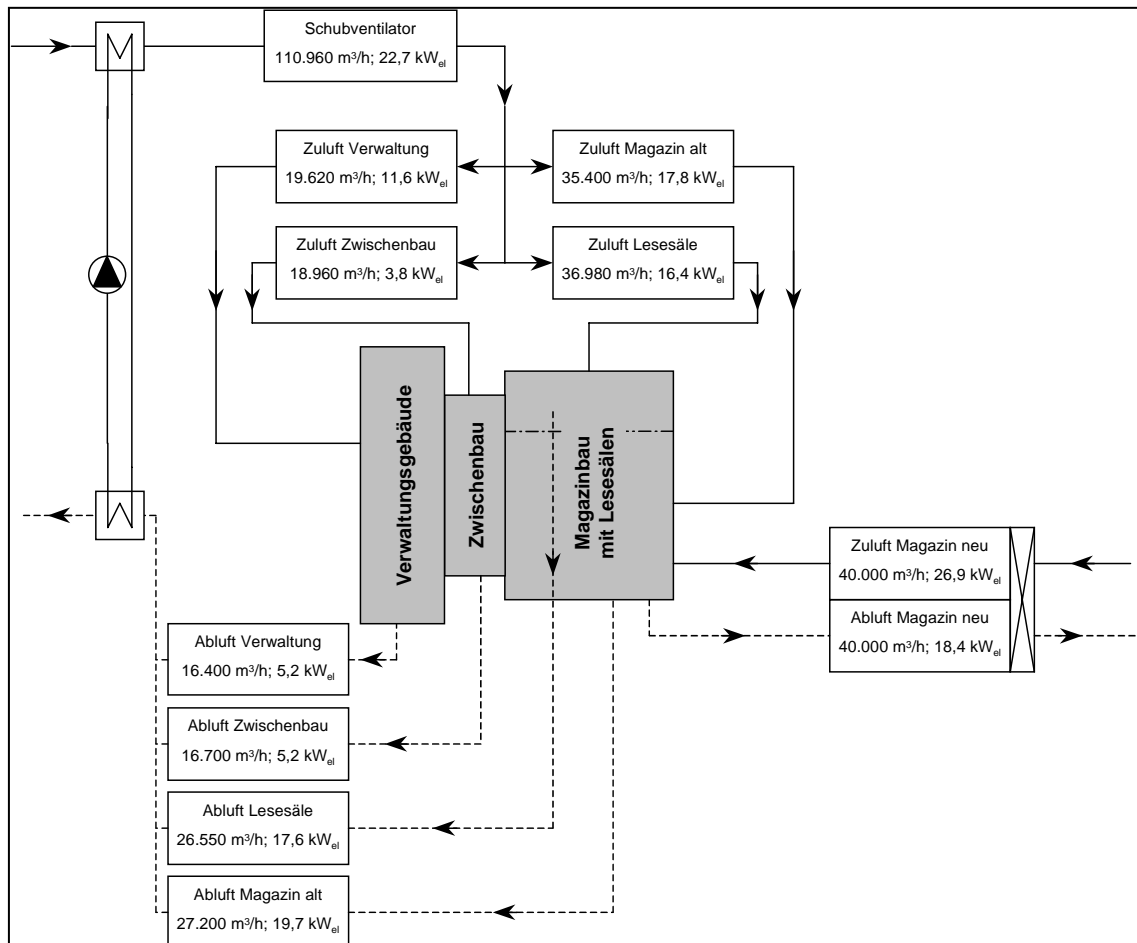


Abb. 4.2: Prinzipschaltbild der Klimaanlage

Da die geforderten Luftzustände im Magazin nicht eingehalten werden konnten, wurde 1983 eine weitere Klimaanlage für diesen Bereich installiert. In diesem Zuge wurden auch die Leistungen der Abluftventilatoren erhöht. Ein ebenfalls 1983 installiertes Klimagerät für die Versammlungsräume im 3. OG des Magazingebäudes ist inzwischen wieder außer Betrieb genommen.

Die vier Altanlagen sind im 2. und 3. UG, die Neuanlage ist im 1. Zwischengeschoß des Verwaltungsgebäudes installiert. Die alten Zuluftanlagen sind als gegossene Be-

tonkammern ausgeführt. Die zugehörigen Abluftventilatoren (einseitig saugende Radialventilatoren mit direktem Kanalanschluß) sind auf diesen Kammern aufgebaut.

Alle alten Klimaanlage werden in der Regel mit 100% Außenluft betrieben. Der vorgesehene Umluftbetrieb wird nur bei extremen Außentemperaturen genutzt, da die Leistung der Register bei diesen Bedingungen nicht ausreichend ist.

## 4.5.1 Außenluftaufbereitung

Für die vier Altanlagen gibt es eine zentrale Außenluftansaugung mit Taschenfilter und Vorwärmer. Zur Überwindung der Druckverluste im Ansaugbauwerk ist ein Schubventilator installiert. Die Regelung des Ventilators erfolgt über verstellbare Leitschaufeln.

Die im Ansaugbauwerk installierte Wärmerückgewinnung wurde nach einem Frostschaden teilweise demontiert.

## 4.5.2 Klimaanlage Verwaltung

Die Klimaanlage stellt die Primärluft für die in der Verwaltung installierten Induktionsgeräte zur Verfügung.

Die Induktionsgeräte gehören noch zur ersten Generation dieses Gerätetypus. Die Erwärmung und Kühlung der Sekundärluft erfolgt über ein Register, das über ein 2-Leiter-System im change-over Betrieb gefahren wird.

An den Induktionsgeräten gibt es eine Verstellmöglichkeit für die Bypass-Klappe. So kann eingestellt werden, wie groß der Anteil der Sekundärluft ist, der über das Register geführt wird. Im Sommer kann auf diese Weise die Kühl-, im Winter die Heizleistung beeinflusst werden.

Eine Raumtemperaturregelung ist nicht vorhanden. Deshalb kann die Temperatur in den Räumen nicht konstant gehalten werden. Ein weiteres Problem ist die Anbindung der Geräte im 2-Leiter-System. Wenn in der Übergangszeit gleichzeitig auf der Südseite Kühllast und auf der Nordseite Heizlast vorliegt, kann nur auf eine Seite reagiert werden. Der Energieverbrauch erhöht sich zwar nicht, aber es können auch keine befriedigenden Raumluftzustände hergestellt werden.

Die Induktionsgeräte werden mit relativ großen Primärluftvolumenströmen beaufschlagt. Auf Grund von Zugscheinungen sind an den Zuluftgittern Schirme zur Luftlenkung nachgerüstet worden.

Zu den Geräten sind keine technischen Unterlagen mehr erhältlich. So konnte nicht überprüft werden, ob die großen Primärluftvolumenströme zum Abfahren der Heiz- und Kühllasten erforderlich sind.

## 4.5.3 Klimaanlage Zwischenbau

Der Zwischenbau wird über Deckenauslässe bzw. in Teilbereichen über Induktionsgeräte versorgt. Daß diese Systeme an eine gemeinsame Anlage angeschlossen sind, ist zumindest unüblich.

Bei den Induktionsgeräten sind die Stellknöpfe demontiert. Die Temperatur kann nur noch über die wasserseitige Vorlauftemperatur geregelt werden, da die Primärlufttemperatur durch die Luftzustände in den mit Deckenluftauslässen versorgten Bereichen vorgegeben ist.

## 4.5.4 Klimaanlage Magazin Alt und Magazin Neu

Die beiden Klimaanlage versorgen zusammen die Magazinbereiche im Verwaltungsgebäude. Aus diesem Grund werden diese Anlagen im weiteren in einem Abschnitt behandelt.

Die Zuluft von beiden Anlagen wird in den Klimaanlage aufbereitet und in den einzelnen Geschossen mit Registern in den Zuluftkanälen nacherwärmt bzw. nachgekühlt.

Die Luftverteilung erfolgt über Rundrohre mit Auslaßgittern. Wegen der sehr engen Anordnung der Regale, die z.T. bis zur Decke mit Büchern belegt sind, werden einige Bereiche nicht optimal mit Luft durchströmt.

## 4.5.5 Klimaanlage Lesesäle

Wie bei der Anlage Zwischenbau sind in dieser Anlage Induktionsgeräte und Deckenluftauslässe kombiniert. Wegen der großen Raumtiefen ist die ausschließliche Versorgung über die Induktionsgeräte nicht ausreichend.

An den Induktionsgeräten sind die Stellknöpfe ebenfalls demontiert. Die Temperatur kann daher nur über die wasserseitige Vorlauftemperatur geregelt werden. In einigen Räumen werden die Induktionsgeräte gruppenweise über Ventile geregelt.

## 4.5.6 Nebenanlagen

Für die Entlüftung der Toiletten und Sanitärräume sind kleine Abluftanlagen installiert. Lediglich die Dusch- und WC-Räume im 1. Untergeschoß des Verwaltungsbaues erhalten Zuluft aus dem Primärluftnetz der Klimaanlage Verwaltung. Die Zuluft zu den Duschräumen kann über Elektro-Nachwärmer zusätzlich erwärmt werden.

Für die Lüftung der Trafo-Räume sind Axialgebläse installiert, die über Thermostate geschaltet werden.

## 4.6 Kälteanlagen

Für die Versorgung der alten Klimaanlage und der Induktionsgeräte mit Kaltwasser ist eine Schraubenkältemaschine (YORK) mit einer Kälteleistung von etwa 1 MW installiert. Die Rückkühlung der Kältemaschine erfolgt über zwei im offenen Kreis geschaltete wassergekühlte Kühltürme (GOHL) im Hinterhof bzw. Parkplatz des Bibliotheksgebäudes. Die Kühlleistung der Kühltürme beträgt etwa 640 kW je Kühlturm.

Die Maschine arbeitet mit R11 als Kältemittel. R11 ist nach dem Verbot von R12 das Kältemittel mit dem höchsten Ozonzerstörungspotential. Für R11 ist z. Zt. noch kein Ersatzkältemittel benannt, so daß die Maschinen weiter betrieben werden dürfen.

Auf Grund der geringer werden Nachfrage sind die Produktionskapazitäten stark eingeschränkt worden. Es ist daher mittelfristig mit stark steigenden Preisen zu rechnen.

Um die Klimaanlage Magazin Neu mit Kaltwasser zu versorgen, wurde ein neuer Kolbenkaltwassersatz (BBC-YORK) installiert. Die Kühlleistung beträgt etwa 382 kW. Für die Rückkühlung wurde ein zusätzliches Rückkühlwerk (GOHL) mit einer Rückkühlleistung von 480 KW installiert.

Die beiden Kaltwassersysteme sind vollständig voneinander getrennt.

## 4.7 Heizungsanlage und Verteilung

Die Wärmelieferung erfolgt aus dem Heizwerk der Johann-Goethe-Universität über eine Heißwasserleitung. Das Heizmedium ist Heißwasser mit einer Vorlauftemperatur von max. 130°C Die Umformung des Heißwassers erfolgt in zwei Gegenstrom-

Wärmeaustauschern. Die Messung der gelieferten Wärmemenge erfolgt über einen Wärmemengenzähler in der Hauptleitung.

Sekundärseitig wird die Heizungsanlage mit einer gleitenden Vorlauftemperatur von max. 80°C betrieben.

Der Anteil statischer Heizflächen zur Deckung der Wärmelast ist gering, da sich die Aufstellung auf Nebenräume, Treppenhäuser und WC-Anlagen beschränkt. Die Heizkörper sind an das Netz der Induktionsgeräte angeschlossen. Aufgrund der niedrigen Vorlauftemperaturen sind die Heizflächen entsprechend größer dimensioniert.

Der größte Teil der Räume wird über die Zuluft bzw. die installierten Induktionsgeräte beheizt.

Für die Wärme- und Kälteverteilung sind jeweils getrennte Verteiler und Sammler installiert. Nach diesen werden die Leitungen für die jeweiligen Bereiche zusammengeführt.

Die Versorgung von Endgeräten erfolgt über ein 2-Leiter-System.

Zwischen Kalt- und Warmwassernetz liegen Undichtigkeiten vor. Während der örtlichen Aufnahme konnten Temperaturen im Kaltwassernetz von bis zu 50°C gemessen werden.

## 4.8 Beleuchtungseinrichtungen

In den meisten Räumen des Bibliotheksgebäude sind veraltete Leuchtstofflampen (58 W) mit konventionellen Vorschaltgeräten (13 W) eingesetzt. Die installierte Beleuchtung ist in weiten Bereichen des Gebäudes überdimensioniert.

Im Verwaltungsgebäude sind z.T. Rasterleuchten vorhanden, aber nicht optimal installiert und verschaltet. Die Rasterleuchten befinden sich parallel zu den Fenstern und mitten im Raum. Somit werden die Arbeitsplätze, die zum größten Teil zwischen der installierten Leuchten liegen, nicht optimal beleuchtet.

In den Lesesälen sind ebenfalls Rasterleuchten in ca. 6 m Höhe installiert. Der Wirkungsgrad dieser Leuchtenanordnung ist sehr schlecht.

In den Magazinbereichen existieren meist dunkelfarbige Metallreflektoren für die Leuchtstofflampen oder freistrahkende Leuchtstofflampen ohne Reflektoren. Der Wirkungsgrad der Beleuchtung in diesen Bereichen liegt bei ca. 30%.

Die Beleuchtungsanlagen in den Fluren und Treppenhäusern im gesamten Objekt sind zum Teil als Wannenleuchten und zum Teil freistrahlend ausgeführt.

Die Werte für die Beleuchtungsanlagen sowie Arbeitshilfen sind in den Datenblättern des Landes Hessen im Anhang 10.6, Seiten 50 - 64 zusammengefaßt.

## 4.9 Sanitäre Einrichtungen

Im Magazinegebäude sind in allen Toiletten 9-Liter-Spülkästen mit Stopptaste installiert. Die meisten Waschbecken sind wegen Diebstahlproblemen nicht mit Wasserspar-Perlatoren ausgerüstet. In den Herrentoiletten sind Trockenurinale als Reihenurinale installiert. Die Luftqualität in den öffentlich zugänglichen Toilettenräumen ist sehr schlecht.

In den Obergeschossen des Verwaltungsgebäudes (Bürobereich) sind an den WCs überwiegend 6-Liter-Spülkästen, in den Untergeschossen (Garderobe, Personal) WCs mit 9-Liter-Spülkästen installiert.

Die Waschbecken in den Obergeschossen besitzen mit wenigen Ausnahmen keine Wasserspar-Perlatoren. Die Luftqualität im Verwaltungsgebäude ist erheblich besser

als Magazingebäude. Dies ist dadurch bedingt, daß die Toiletten in den Außenzonen liegen und diese meistens geöffnet sind.

Die Waschbecken in den Untergeschossen des Verwaltungsgebäudes (Garderobe, Personal) haben keine Wasserspar-Perlatoren. In den Herrentoiletten sind Trockenurinale als Reihenurinale installiert. Die Luftqualität ist hier trotz Versorgung mit Frischluft durch die Klimaanlage Verwaltung nicht ausreichend. Die WC-Abluftanlagen für das gesamte Gebäude sind zu klein dimensioniert.

## 4.10 Messungen an technischen Anlagen

Neben der Erfassung der Anlagen wurden umfangreiche Messungen an den Klimaanlagen durchgeführt. Bei den kritischen Anlagen, die Probleme im Betrieb zeigen, erfolgten über eine Woche mit Datenloggern Messungen von relativer Feuchte und/oder Temperatur.

Bei den Ventilatoren wurden der Volumenstrom, die Pressung und die Wirkleistungsaufnahme (s. Anhang 10.8, Seite 73) gemessen. Wegen der komplizierten Kanalführung mußten z.T. nicht optimale Meßorte in Kauf genommen werden, insbesondere bei den Abluftanlagen. Auf die Messung von Pressung und Volumenstrom mußte bei der Klimaanlage Magazin Neu ganz verzichtet werden, da kein geeigneter Meßort ohne Umbauten erreichbar war.

Wo keine Meßbohrungen vorhanden waren, wurde auf eine Beschädigung der Isolierung verzichtet, da nicht klar war, ob die Isolierung mit gebundenem Asbest ausgeführt ist. Solange eine solche Isolierung nicht beschädigt wird, ist sie nicht kritisch. Wenn Bohrungen durch die Isolierung in den Kanal eingebracht würden, könnte es jedoch zu Übertritten von Fasern in die Zuluft kommen.

Die meßtechnische Erfassung der Kälteerzeugung war nicht möglich, da die Kältemaschinen bei Beginn der Studie bereits außer Betrieb genommen waren.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen zum Teil gravierende Mängel an der vorhandenen Regelungstechnik auf (s. Anhang 10.12 -10.15, Seiten 78 - 81).

Bei der Wirkungsgradbestimmung der Ventilatoren ergaben sich z.T. sehr schlechte Werte. Von der Herstellerfirma Kessler + Luch waren leider keine Kennlinienfelder und technischen Unterlagen mehr erhältlich. Es konnte deshalb nicht geprüft werden, ob die Ventilatoren außerhalb der Kennlinien laufen.

### 4.10.1 Außenluftansaugung

Die Außenluftansaugung wurde für die Messung der Außenluftkonditionen verwendet.

Die Volumenstrommessung ergab einen Wert von 110.000 m<sup>3</sup>/h was etwa der Summe der Volumenströme der Einzelanlagen entspricht. Daher kann der Fehler bei der Volumenstrommessung der Zuluftanlagen als relativ klein angesehen werden.

Mit der eingeregelter Pressung und der gemessenen Wirkleistung ergeben sich für den Schubventilator Wirkungsgrade von weniger als 45%.

### 4.10.2 Klimaanlage Verwaltung

Der Wirkungsgrad der Ventilatoren ist relativ gering. Aus den Meßwerten wurden Wirkungsgrade von 63% für den Zuluftventilator und 60% für den Abluftventilator bestimmt.

Die gemessenen Volumenströme weichen im Rahmen der Meßgenauigkeit von den projektierten Werten ab.

Die Feuchteregelung der Anlage scheint nach den vorliegenden Meßwerten defekt oder falsch justiert. Die Zuluft wird mit einer absoluten Feuchte von z.T. mehr als  $10 \text{ g}_{\text{Wasser}} / \text{kg}_{\text{tr. Luft}}$  in die Räume eingebracht (s. Anhang 10.12, Seite 78). Dieser Wert entspricht bei einer Raumtemperatur von  $20^\circ\text{C}$  einer relativen Feuchte von mehr als 65%.

Eine weitere Befeuchtung wird wegen der geringen Zulufttemperaturen scheinbar nur durch das Erreichen der Sättigungsgrenze verhindert.

Dies führt zu einem unnötig hohen Energieeinsatz für die Befeuchtung der Zuluft. Die Raumluft kondensiert schon bei Außentemperaturen um  $0^\circ\text{C}$  an den ungedämmten Fensterrahmen. Es sind daher Bauwerksschäden auf Dauer nicht auszuschließen.

Darüber hinaus kommt es bei der Anlage zum Wasserdurchschlag an den Tropfenabscheidern nach dem Wascher mit Korrosionserscheinungen am Zuluftventilator.

### 4.10.3 Klimaanlage Zwischenbau

Der Wirkungsgrad der Ventilatoren liegt etwas besser als bei der Anlage Verwaltung. Aus den Meßwerten wurden Wirkungsgrade von 63%, für den Zuluftventilator und 54% für den Abluftventilator bestimmt.

Die gemessenen Volumenströme weichen im Rahmen der Meßgenauigkeit von den projektierten Werten ab.

Besondere Auffälligkeiten konnten an der Anlage nicht beobachtet werden.

### 4.10.4 Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu

Da die beiden Anlagen auf die gleichen Räume arbeiten, sollen sie in einem Abschnitt behandelt werden.

Der Wirkungsgrad des Abluftventilators Magazin Alt ist sehr schlecht. Aus den Meßwerten wurden Wirkungsgrade von 73% für den Zuluftventilator und 31% für den Abluftventilator bestimmt.

Der Wirkungsgrad der Anlage Magazin Neu ist ebenfalls schlecht. Es konnte allerdings nur eine Abschätzung des Wirkungsgrades mit den an der Anlage angebrachten Daten für Volumenstrom und Pressung vorgenommen werden. Wegen der vorliegenden Kanalführung konnten keine geeigneten Meßorte definiert werden.

Mit den vorliegenden Daten für Volumenstrom und Pressung und der gemessenen Wirkleistungsaufnahme betragen die Wirkungsgrade der Anlage Magazin Neu 41% für den Zuluftventilator und 45% für den Abluftventilator.

Gravierend sind die Ergebnisse der Messungen. Da beide Anlagen auf die gleichen Räume fahren, müßten bei beiden Anlagen Zulufttemperatur und -feuchte ähnliche Werte zeigen, was zu keinem Zeitpunkt der Messung der Fall war. Da beide Anlagen entweder im Heiz- oder Kühlbetrieb fahren, ist dieser Zustand sicher nicht optimal, aber unkritisch.

Die eingestellte relative Feuchte wird an den gemessenen Orten im 2.UG und 2.OG im Rahmen der Regelgenauigkeit eingehalten. Da im 2.OG die Raumtemperaturen durchweg höher sind, fällt die relative Feuchte geringer als im 2.UG aus.

An beiden Meßorten ist festzustellen, daß die Raumtemperatur-Regelung nicht funktioniert. Am Verlauf der Raumlufttemperatur ist die Nutzungszeit der Etagen exakt ablesbar. Während der Nutzung heizen sich die Räume um bis zu  $3^\circ\text{C}$  auf. Diese Aufheizung ist durch die eingeschaltete Beleuchtung und die anwesenden Personen zu erklären. Gleichzeitig wird die Zulufttemperatur der Hauptanlagen aber in den Zonnach-

wärmern noch erhöht, obwohl mit der geringeren Zulufttemperatur eine Temperaturregelung auf dem eingestellten Sollwert möglich wäre (s. Anlage 10.13 -10.15, Seiten 77 - 79).

Die Regelung der beiden Klimaanlage mit den angeschlossenen Zonnennachwärmern ist daher als defekt oder ungeeignet anzusehen.

#### 4.10.5 Klimaanlage Lesesäle

Bei dieser Anlage wurden für den Zuluftventilator mit 68% noch relativ gute Wirkungsgrade bestimmt. Der Abluftventilator liegt bei einem Wirkungsgrad von 54%.

Der gemessene Zuluftvolumenstrom weicht nur gering von den projektierten Werten ab. Bei dem Abluftventilator werden nur 80% des projektierten Wertes erreicht.

#### 4.10.6 Lichtmessungen

Zu Überprüfung der Beleuchtungsanlage wurden Messungen der Lichtstärke in ausgewählten Räumen durchgeführt. Die Lichtmessungen wurden in den Hauptnutzungszonen durchgeführt.

In den großen Lesesälen im EG bis 2.OG des Magazingebäudes wird die Normbeleuchtungsstärke von 500 Lux nur in wenigen Meßpunkten an den Außenfenstern erreicht. Die Meßwerte liegen überwiegend zwischen 200 bis 380 Lux.

In den Spezial-Lesesälen im 3. Obergeschoß können ebenfalls die Richtwerte nicht erreicht werden, weil die komplette Beleuchtung oberhalb eines Gitters installiert ist. Dieses Gitter wirkt wie eine Sperre und läßt dementsprechend weniger Licht durch.

Außerdem sind nur freistrahkende Leuchtstofflampen ohne Reflektor installiert. Es wurden Lichtstärken zwischen 210 bis 290 Lux gemessen. In einem Bereich des Lesesaals Orient ist die Abdeckung entfernt worden; dadurch erhöht sich die gemessene Lichtstärke auf 330 Lux. Die Leseplätze müssen eine Lichtstärke von 500 Lux erreichen.

In den Magazinen treten sehr unterschiedliche Lichtstärken auf. Es sind Lichtstärken zwischen 240 Lux bis 500 Lux unter den zum größten Teil freistrahlegenden Leuchtstofflampen meßbar. Zwischen den Leuchtstofflampen liegen die Lichtstärken zwischen 50 Lux und 210 Lux.

Die nicht effiziente Anordnung der Leuchtstofflampen und die Freistrahlung der Lampen in alle Richtungen bzw. die dunkelfarbigen Metallreflektoren in einigen Bereichen führen zu einer schlechten Lichtverteilung in diesen Zonen. Es ergeben sich dadurch Bereiche, die sehr hell beleuchtet sind und wiederum Bereiche, in denen nicht die Normlichtstärke erreicht wird. Die Magazine benötigen eine Lichtstärke von mindestens 200 Lux.

Die Büroräume des Verwaltungsgebäudes weisen ein sehr hohen Tageslichtanteil auf. Im ersten Obergeschoß war es möglich, Messungen sowohl mit und als auch ohne künstliches Licht durchzuführen. Das Ergebnis zeigt, daß während eines großen Anteils der Arbeitszeiten ausreichend Tageslichtanteil zur Verfügung steht. Die installierten Rasterleuchten sind nicht effizient angebracht und nicht geeignet für Bildschirmarbeitsplätze.

In den Großraumbüros im 2. Obergeschoß sind überwiegend Wannenleuchten installiert. Die gemessenen Lichtstärken liegen bei ausgeschalteter Beleuchtung zwischen 690 bis 950 Lux. Selbst in Bereichen mit heruntergelassenen Jalousien liegen die Meßwerte ohne Beleuchtung um 500 Lux. Trotzdem wird in diesen Bereichen z.T. die Beleuchtung durch die Nutzer eingeschaltet.



Die falsche Anordnung von Arbeitsmitteln (PCs) führt in den meisten Büroräume dazu, daß die Sonnenschutzvorrichtungen schon bei geringem Lichteinfall benutzt werden, um Blendeffekte auf den Bildschirmen zu vermeiden. Das Zimmer wird so verdunkelt und das Licht eingeschaltet.

## 5. Vorschläge zu energiesparenden Maßnahmen

Eine grundsätzliche Unterteilung zwischen Maßnahmen zur Einsparung von Wärme bzw. Strom scheint bei den komplexen Zusammenhängen in der Stadt- und Universitätsbibliothek nicht sinnvoll. Viele der vorgeschlagenen Maßnahmen haben einen Einfluß sowohl auf den Strom- und Wärmebedarf als auch auf den Wasserverbrauch.

Die Maßnahmen sollen daher nach Anlagen aufgeführt und bewertet werden. Die resultierenden Energieeinsparungen werden dann für Strom, Wärme und ggf. Wasser separat ausgewiesen.

Die Aufteilung der Unterkapitel zur Optimierung der Anlagentechnik ist so gewählt, daß die Beschreibung des Ist-Zustands der entsprechenden Anlagen im Kapitel 4 im gleichen Unterkapitel zu finden ist (Bsp. Optimierung der Klimaanlage Verwaltung im Kapitel 5.5.2; Beschreibung des Ist-Zustands im Kapitel 4.5.2).

Die Numerierung der Maßnahmen folgt dann diesem Schema (Beispiel: Maßnahme 5.5.2.1 ist in Kapitel 5.5.2 beschrieben).

### 5.1 Organisatorische Maßnahmen (Optimierung ohne Änderung der vorhandenen Technik)

Die wichtigste organisatorische Maßnahme ist, den jeweiligen Nutzern die Verantwortung für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung zu übertragen.

Die bisher zentral eingeschalteten Bereiche sollten so weit reduziert werden, daß nur noch die Beleuchtung eingeschaltet wird, die notwendig ist, um gefahrlos den Arbeitsplatz zu erreichen.

Der Pförtner würde die Beleuchtung zentral zu Arbeitsbeginn nur noch freigeben; und, nach Schließung der Bibliothek, diese Freigabe wieder zurücknehmen. Die Beleuchtung an den Arbeitsplätzen, in den Lesesälen und Magazinräumen ist dann in voller Verantwortung durch den Nutzer zu bedienen. Dabei sollten entsprechende Hinweise und Tips für die Nutzer zur Verfügung gestellt werden.

Ergänzendes Informationsmaterial zum richtigen Umgang mit Beleuchtung und elektrischen Arbeitsmitteln kann hier das notwendige verantwortungsbewußte Handeln fördern.

Die Arbeitsplatzgestaltung in den Büroräumen sollte so optimiert werden, daß die Bildschirmarbeitsplätze in einem Winkel von 90° zur Fensterfront stehen. In einigen Büroräumen sind die Monitore z.Zt. so aufgestellt, daß wegen großer Blendwirkung selbst bei normalem Tageslicht ohne direkte Einstrahlung die Außenjalousien heruntergefahren werden.

Die Schreibtische sollten so aufgestellt werden, daß eine möglichst große Tageslichtnutzung erreicht wird. Wegen der vorhandenen Leuchtenanordnung würde dies auch zu einer besseren Ausleuchtung der Arbeitsplätze führen.

Die Türen zu den Treppenhäusern sollten geschlossen sein. Bei offenstehenden Türen kommt es zu unkontrollierten Überströmungen aus den klimatisierten Bereichen in die Treppenhäuser.

Mit Umsetzung dieser Maßnahmen sollte sich eine Reduzierung des Energieeinsatzes um ca. 2% erreichen lassen.

**Notwendige Investition:** 0 DM    **Mögliche Kosteneinsparung:** 18.000 DM/a

## 5.2 Vertragsprüfung

Die Stromverträge für die Versorgung des Gebäudes sind im letzten Jahr vom Hochbauamt überprüft und den aktuellen Bedingungen angepaßt worden. Es wurde, im Rahmen der veröffentlichten Sonderverträge der Mainova, die z.Zt. günstigste Variante gewählt. Der durchschnittliche Strompreis beträgt bei der heutigen Verbrauchsstruktur brutto ca. 18,2 Pfg./kWh.

Die Versorgung mit Fernwärme könnte deutlich günstiger gestaltet werden. Der bestehende Versorgungsvertrag mit der Universität geht von einer Anschlußleistung von 4.652 kW aus.

Durch die Ermittlung des tatsächlichen Wärmebedarfs von rd. 2.600 kW (s. Kap. 3.1.3) könnte die Anschlußleistung entsprechend angepaßt werden. Die Kostenersparnis durch Vertragsanpassung beträgt 89.662 DM/a (aktueller Leistungspreis 43,69 DM/kWh). Verhandlungen mit dem Wärmelieferanten sollten daher umgehend aufgenommen werden.

### Maßnahme 5.2.1: Anpassung Wärmelieferungsvertrag

**Notwendige Investition:** 0 DM    **Mögliche Kosteneinsparung:** 89.662 DM/a

Der durchschnittliche Preis für die Wärme würde sich dann auf 80,04 DM/kWh brutto reduzieren, was bei Fernwärmeversorgung einen sehr günstigen Wert darstellt.

Bei den Wasserverbräuchen wird die Möglichkeit zur Absetzung von Verdunstungswassermengen z.Zt. nicht genutzt.

Das Frischwasser für die Befeuchtung und Rückkühlung wird heute schon über einen separaten Zähler dokumentiert (1997 rd. 4.200 m<sup>3</sup>). Da rd. 70% dieser Wassermenge verdunsten und nicht in den Kanal eingeleitet werden, sollte ein entsprechender Antrag auf Absetzmengen gestellt werden.

Es sollte daher beantragt werden, mindestens 70% des Frischwassers für technische Zwecke bei der Abwasserberechnung nicht zu berücksichtigen. Die Abwasserrechnung ließe sich bei entsprechender Umsetzung um rd. 10.100 DM/a reduzieren.

### Maßnahme 5.2.2: Anpassung Berechnung der Kanalabgabe

**Notwendige Investition:** 0 DM    **Mögliche Kosteneinsparung:** 10.100 DM/a

## 5.3 Verbesserungen an der Dämmung der vorhandenen Gebäudesubstanz

Die vorhandene Gebäudesubstanz ist zum Teil aus wärmetechnischer Sicht verbesserungsbedürftig.

Die vorliegenden k-Werte sind zwar für das Baujahr relativ gut, aus heutiger Sicht aber sicherlich verbesserungsbedürftig.

Die Gebäudehülle ist nach optischer Prüfung in gutem Zustand, so daß keine größeren Leckagen zu erwarten sind.

Dagegen würde sich die Fassade des Verwaltungsgebäudes für eine Optimierung anbieten. Hier können mit einem Wärmeverbundsystem k-Werte von 0,5 realisiert werden. Bei gleichzeitig empfehlenswertem Austausch der Fensteranlage mit einem k-Wert von 1,3 und verbesserter Dämmung des Daches könnte die notwendige Wärmeleistung für das Verwaltungsgebäude von rd. 210 auf 113 kW (jeweils ohne Lüftungswärme) abgesenkt werden (s. Anhang 10.3, Seite 47).

Der Jahresenergiebedarf verringert sich dadurch um 230.000 kWh/a.

Für die Abschätzung der notwendigen Investitionen wurden folgende Ansätze gewählt:

- Fassade: 140 DM/m<sup>2</sup>
- Dach: 110 DM/m<sup>2</sup>
- Fenster: 800 DM/m<sup>2</sup>

### **Maßnahme 5.3.1: Dämmung Verwaltungsgebäude**

**Notwendige Investition: 850.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 10.417 DM/a**

Größere Vorteile könnten dann erzielt werden, wenn im Rahmen der Fassaden-sanierung die Fensteranlage offenbar ausgeführt wird. In diesem Fall könnte man auf die vorhandene Klimatisierung verzichten und Heizkörper in den Räumen nachrüsten.

Vorteile sind die individuelle Temperaturregelung und, gegenüber der heutigen Anlage voraussichtlich eine subjektiv höhere Behaglichkeit.

Nachteile dieser Lösung wären eine höhere Temperatur in den Räumen während der Sommermonate, ein höherer Geräuschpegel bei geöffnetem Fenster und die fehlende Aufbereitung der Außenluft (Filterung, Befeuchtung).

### **Maßnahme 5.3.2: Beheizung Verwaltungsgebäude mit statischen Heizflächen bei verbesserter Wärmedämmung des Gebäudes und Entfall der Klimaanlage**

**Notwendige Investition: 970.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 62.445 DM/a**

**(Anteil der verbesserten Dämmung an Investition und Kosteneinsparung gemäß Maßnahme 5.3.1)**

**Minderinvestition, da Sanierung der Klimaanlage entfallen kann: 400.000 DM**

## **5.4 Optimierung der Regelungstechnik**

Wegen der komplexen Zusammenhänge bei Induktionsanlagen und der 2-Leiter-Anbindung wäre eine Regelungstechnik notwendig, welche die verschiedenen Parameter dieser Anlagenkonfiguration entsprechend berücksichtigen kann.

Wegen der Komplexität werden entsprechenden Vorschläge bei den einzelnen Anlagen aufgeführt.

Der zusätzliche Einsatz einer GLT verspricht bei der speziellen Anlagenkonfiguration nur geringe Vorteile, wenn die Regelungen der einzelnen Anlagen erneuert werden. Da alle größeren Anlagen während der Spitzenzeiten in Betrieb sind und nicht abgeschaltet werden können, bieten sich nur wenige Ansatzpunkte für übergeordnete Steuerungs- und Regelungsfunktionen.

Ein Vorteil wäre eine bessere Übersichtlichkeit über die Anlagen und die aktuellen Betriebszustände.

## **5.5 Optimierung der vorhandenen Klima- und Lüftungsanlagen**

Die Optimierungen an den Klimaanlage sind nach Anlagen getrennt aufgebaut. Die Auswirkungen der Luftmengenreduzierungen und Ventilatoroptimierungen sind in den Anhängen 10.9 - 10.11, Seiten 73 - 75 dargestellt.

Generell sollte die vorhandene Umluftschaltung besser genutzt werden. Bei Außentemperaturen unter 10°C und über 25°C sollten die Klimaanlage für die Verwaltung und den Zwischenbau im Mischluftbetrieb gefahren werden. Die verbleibenden Außenluftvolumenströme sind für die Personenzahl in diesen Bereichen auch bei 50% Mischluftanteil ausreichend.

## 5.5.1 Außenluftansaugung

Die z.Zt. defekte Wärmerückgewinnung mit Kreislauf-Verbund-System sollte wieder in Stand gesetzt werden. Die vorhandenen Anlagenteile sollten soweit wie möglich genutzt werden. Die vorhandene Pumpe dürfte wegen der langen Stillstandszeit defekt sein.

Das vorhandene Heizregister sollte nicht demontiert werden, um bei Ausfall der WRG die Betriebssicherheit der Anlage gewährleisten zu können.

Insgesamt ergibt die Sanierung der Wärmerückgewinnung eine Reduzierung der Wärmeleistung gegenüber den heutigen Verhältnissen von ca. 400 kW bei einer Reduzierung der Wärmearbeit von 330 MWh. Die volle Leistung des Wärmetauschers kann bei der Berechnung der Einsparung nicht angesetzt werden, da bei extremen Außentemperaturen die Klimaanlage z. T. im Umluftbetrieb gefahren werden. Für die Berechnung wurde ein max. Temperaturwirkungsgrad des Systems von 40% bei einer Außentemperatur von -5°C angesetzt.

### **Maßnahme 5.5.1: Sanierung Wärmerückgewinnung**

**Notwendige Investition: 69.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 22.113 DM/a**

Auf den vorhandenen Schubventilator kann erst nach Optimierung aller anderen Ventilatoren verzichtet werden.

Bei der Auslegung der Ventilatoren in allen Klimaanlage sollte aber darauf geachtet werden, daß eine ausreichende Leistungsreserve vorhanden ist. Dann könnte nach Sanierung der Ventilatoren der Schubventilator entfallen. Da die Volumenströme im Ansaugbauwerk bei Abschaltung einzelner Anlagen variieren, sollten die neuen Ventilatoren nach Entfall des Schubventilators drehzahl geregelt betrieben werden können.

## 5.5.2 Anlage Verwaltung

Da nicht absehbar war, ob die hohe Zuluftfeuchte nur während unserer Messungen vorlag oder generell auftritt, können Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Anlage nicht beziffert werden. Die Feuchte- und Temperaturregelung der Anlage ist auf jeden Fall zu prüfen und neu einzustellen oder zu sanieren.

Die Anlage wird heute 8.760 Stunden im Jahr betrieben. Aus Nutzersicht ist ein Betrieb der Anlage außerhalb der Bürozeiten nicht notwendig. Wegen der baulichen Substanz und um die Aufheizzeiten zu berücksichtigen, ist bei geringen Außentemperaturen ab ca. 0° C der Betrieb der Anlage auch während der Nacht und am Wochenende erforderlich. Bei extrem hohen Außentemperaturen sollte auch in der Nachtzeit die Anlage durchlaufen, um eine Aufheizung der Bausubstanz bei längeren Hitzeperioden zu vermeiden.

Bei einem Teil der genannten klimatischen Bedingungen kann die Anlage auf der kleinen Drehzahlstufe und im Umluftbetrieb gefahren werden. Genaue Eckwerte zum Nachtbetrieb bei extremen Außentemperaturen der Anlage können aber nur experimentell ermittelt werden, da keine technischen Unterlagen vorliegen, die exakte Aussagen über die Leistung der Induktionsgeräte in Abhängigkeit der Primärluftmenge zulassen. Aus Erfahrungswerten mit anderen Induktionsanlagen dürfte sich die Gesamtbetriebszeit der Anlage auf insgesamt 3.800 Stunden Voll- und Teillastbetrieb reduzieren lassen.

Um diese Fahrweise zu automatisieren, ist regelungstechnisch eine übergeordnete Schaltung zu installieren, die zeit- und außentemperaturabhängig die Klimaanlage und eine Stufenschaltung der Ventilatoren freigibt. Insgesamt sinnvoller wird diese Maßnahme, wenn sie in eine Erneuerung der Regelung integriert wird.

Mit einer neuen Regelung ließen sich auch die speziellen Anforderungen der Induktionsanlage besser berücksichtigen. Durch lastabhängige Temperaturen der Primärluft und des Warm- bzw. Kaltwassers ließe sich das Überschwingen der Temperaturen in einzelnen Räumen deutlich abschwächen.

Insgesamt wäre dadurch ein Komfortgewinn zu erreichen, der aber nur geringe Auswirkungen auf die Energieverbräuche haben wird. Ursache dafür ist die 2-Leiter-Technik, die heute verhindert, daß gleichzeitig geheizt und gekühlt wird.

#### **Maßnahme 5.5.2.1: Optimierung der Betriebszeiten**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>12.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>18.098 DM/a</b>
	<b>45.000 DM</b>	<b>Investition bei Erneuerung der Regelung Zentralgerät</b>	

Da die vorhandenen Ventilatoren mit einem schlechten Wirkungsgrad arbeiten, bietet sich ein Ventilatorentausch als Optimierungsmaßnahme an. Bei Verwendung von Hochleistungsradialventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln sind Wirkungsgrade der Einheit von über 75% bei den Zuluft- und 70% bei den Abluftventilatoren möglich.

#### **Maßnahme 5.5.2.2: Austausch Zuluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>15.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>2.760 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

#### **Maßnahme 5.5.2.3: Austausch Abluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>19.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>1.697 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind aber nur dann sinnvoll, wenn in absehbarer Zeit keine Fassadensanierung mit Entfall der Klimaanlage geplant werden sollte (siehe Kapitel 5.3).

Um die Raumluftkonditionen besser einzuhalten, müßte an den Induktionsgeräten eine Möglichkeit zur Temperaturregelung geschaffen werden. Unter der Voraussetzung, daß die vorhandenen Geräte weiter genutzt werden sollen, müßten wasserseitig Ventile mit Sommer/Winterumschaltung eingesetzt werden.

Das grundsätzliche Problem von Heizlast auf der Nord- und Kühllast auf der Südseite ließe sich aber auch mit einer solchen Nachrüstung nicht eliminieren. Dazu wäre eine komplette Sanierung mit Austausch des Wassernetzes und der Induktionsgeräte erforderlich.

Eine Reduzierung der Energiekosten ergibt sich dann nur aus einer verbesserten Regelgenauigkeit, die im Bereich von etwa 3% liegen dürfte.

#### **Maßnahme 5.5.2.5: Sanierung Induktionsgeräte**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>200.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>2.945 DM/a</b>
--------------------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------------

### **5.5.3 Klimaanlage Zwischenbau**

Wegen der hohen spezifischen Luftleistungen, sollte eine Reduzierung der Luftmengen im Zwischenbau durchgeführt werden. Weder die Heiz- noch die Kühllastabschätzung oder der notwendige Außenluftvolumenstrom geben Anlaß zu einer derartig hohen Luftmenge.

Eine Reduzierung des Zu- und Abluftvolumenstroms um 50% kann mit einfachen Mitteln durch eine Änderung der Übersetzung erreicht werden. Rechnerisch wäre eine weitere Absenkung möglich. In diesem Fall ist aber die notwendige Eindringtiefe im Heizfall nicht mehr gewährleistet.

Da der Anteil der Induktionsgeräte am Gesamtvolumenstrom gering ist, sind hier keine Probleme zu erwarten.

Wie bei der Klimaanlage für den Verwaltungsbau gibt es keine erkennbaren Gründe für einen Betrieb außerhalb der Öffnungszeiten. Zur Aufheizung des Gebäudes sind aber die gleichen Randbedingungen zu beachten. Da der Zwischenbau während der gesamten Öffnungszeiten der Bibliothek genutzt wird, können die Betriebsstunden nur auf insgesamt 4.800 Stunden pro Jahr gesenkt werden.

Die Maßnahme wäre mit den gleichen Installationen verbunden, wie unter 5.5.3 beschrieben.

#### **Maßnahme 5.5.3.1: Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>15.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>7.867 DM/a</b>
	<b>45.000 DM</b>	<b>Investition bei Erneuerung der Regelung Zentralgerät</b>	

Auch bei dieser Anlage bietet sich ein Ventilator austausch für Zu- und Abluftanlage an. Wegen der verringerten Luftleistungen sind die Auswirkungen aber nicht so gravierend wie bei der Klimaanlage für das Verwaltungsgebäude.

#### **Maßnahme 5.5.3.2: Austausch Zuluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>13.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>3.233 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

#### **Maßnahme 5.5.3.3: Austausch Abluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>12.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>4.793 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

Generell sollte darüber hinaus überlegt werden, ob für die spezifische Nutzung des Zwischenbaus eine Luftbefeuchtung notwendig ist. Hier wäre zu entscheiden, ob die gelagerten Kataloge besonders geschützt werden müssen. Da die Besucher sich nur relativ kurz in den Räumen aufhalten, erscheint ein Verzicht auf die Befeuchtung realisierbar. Diese Option sollte über einen Zeitraum von 2 Wochen getestet werden.

### **5.5.4 Klimaanlage Magazin Alt und Magazin Neu**

Da die beiden Anlagen die gleichen Räume versorgen, werden die Optimierungsvorschläge zusammen aufgeführt.

Wegen der speziellen Einlagerungsbedingungen der Bücher kann auf die Klimatisierung der Magazinräume nicht verzichtet werden. Da gleichzeitig die Magazinräume ständige Arbeitsplätze sind und z.T. von Besuchern genutzt werden, sind die speziellen Anforderungen aus dieser Nutzung zu beachten.

Nach der Iso-Vornorm zur Lagerung von Büchern wären möglichst geringe Luftfeuchtigkeit und geringe Lufttemperaturen empfehlenswert. Da bei Arbeitsplätzen Anforderungen an die Luftfeuchte und -temperatur gestellt werden, sollte das Behaglichkeitsfenster an der unteren Grenze voll ausgenutzt werden.

Für den Winterbetrieb würde dies einer Temperatur von 20° C und einer relativen Luftfeuchte von 40% entsprechen. Im Sommerbetrieb sollte aus lagerungstechnischen Erwägungen die Temperatur 22° C und die Luftfeuchte 50% nicht überschreiten. Eine entsprechende Fahrweise der Anlagen ist mit der vorhandenen Regelungstechnik nicht erreichbar.

Um die Bedingungen einzuhalten, wäre eine komplette Erneuerung der Regelungstechnik notwendig, die zum einen die Fahrweise der Anlage den jeweiligen Lasten anpaßt, zum anderen die speziellen Bedingungen der Arbeitsplätze und der Lagerung berücksichtigt.

Die Energiekostensenkung basiert im wesentlichen auf der Reduzierung der Betriebszeiten. Die Reduzierung der besseren Temperaturanpassung wird voraussichtlich

durch die Auswirkungen der Einhaltung der geforderten Raumluftparameter kompensiert.

Durch die Erneuerung der Regelungstechnik würde es aber ermöglicht, die beiden Anlagen wie eine Anlage mit zwei parallel geschalteten Einheiten zu betrachten. Die Regelgüte würde dadurch wesentlich verbessert. Es ergibt sich außerdem die Möglichkeit, zu Schwachlastzeiten und außerhalb der Nutzungszeiten, eine der Anlagen außer Betrieb zu nehmen.

Eine generelle Reduzierung der Luftmengen sollte wegen der problematischen Luftführung in den Magazinräumen nicht vorgenommen werden.

Eine neue Regelung könnte dann auch die unterschiedlichen Anforderungen in den einzelnen Geschossen besser berücksichtigen und die Problematik des 2-Leiter-Netzes z.T. kompensieren. Im Heizfall würde das Geschoß mit der geringsten Wärmelast die Zulufttemperatur der Klimaanlage bestimmen, die größeren Lasten in den anderen Geschossen würden dann mit den Zonenachwärmern abgefahren. Im Kühlfall würde die Zulufttemperatur nach dem Geschoß mit der geringsten Kühllast geregelt. Die heute auftretenden Temperaturschwankungen in den einzelnen Geschossen ließen sich so weitestgehend vermeiden.

#### **Maßnahme 5.5.4.1: Erneuerung Regelung Zentralgerät und Zonnennachwärme etc.**

**Notwendige Investition: 170.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 26.466 DM/a**

Bei beiden Anlagen bietet sich ein Austausch der Ventilatoren an. Die geringen Wirkungsgrade der vorhandenen Ventilatoren lassen diese Maßnahme vor allem für die Klimaanlage Alt wirtschaftlich werden. Die Klimaanlage Neu sollte dann für die Abschaltung genutzt werden.

#### **Maßnahme 5.5.4.2: Austausch Zuluftventilator Magazin alt**

**Notwendige Investition: 22.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 2.936 DM/a**

#### **Maßnahme 5.5.4.3: Austausch Abluftventilator Magazin alt**

**Notwendige Investition: 32.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 15.969 DM/a**

#### **Maßnahme 5.5.4.4: Austausch Zuluftventilator Magazin neu**

**Notwendige Investition: 20.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 10.930 DM/a**

#### **Maßnahme 5.5.4.5: Austausch Abluftventilator Magazin neu**

**Notwendige Investition: 20.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 5.916 DM/a**

Die beste Lösung wäre sicherlich, die versorgten Bereiche auf die beiden Klimaanlagen aufzuteilen. Die überirdischen Magazine könnten dann bspw. von der Anlage Alt, die unterirdischen von der Anlage neu versorgt werden. Wegen der gegebenen Leitungsführung würde dies aber den kompletten Neuaufbau des Kanalnetzes erfordern.

### **5.5.5 Klimaanlage Lesesäle**

Die spezifische Luftleistung liegt für die gegebene Nutzung und die vorliegenden Lasten sehr hoch. Da aber bei den höchsten Lasten die Induktionsgeräte mit dem maximalen Primärluftvolumenstrom beaufschlagt werden müssen, können die Luftleistungen nicht generell reduziert werden. Hier bietet sich im Rahmen einer Erneuerung der Regelung die Anpassung der Volumenströme an die tatsächlich vorliegenden Lasten an. Nach Erfahrungswerten ist aber davon auszugehen, daß der Volumenstrom um 20% reduziert werden kann.

Grundsätzlich kann die Anlage außerhalb der Nutzungszeiten außer Betrieb genommen werden, da keine Bücher in den versorgten Bereichen gelagert werden. Wie

bei den anderen Gebäudeteilen sind die Randbedingungen bei extremen Außentemperaturen zu beachten.

#### **Maßnahme 5.5.5.1: Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>20.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>23.422 DM/a</b>
	<b>55.000 DM</b>	<b>Investition bei Erneuerung der Regelung Zentralgerät</b>	

Der Austausch der Ventilatoren ist aus wirtschaftlicher Sicht nur für den Abluftventilator sinnvoll.

#### **Maßnahme 5.5.5.2: Austausch Zuluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>22.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>2.712 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

#### **Maßnahme 5.5.5.3: Austausch Abluftventilator**

<b>Notwendige Investition:</b>	<b>25.000 DM</b>	<b>Mögliche Kosteneinsparung:</b>	<b>9.040 DM/a</b>
--------------------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------

## **5.6 Optimierung der Kälteerzeugung**

Wegen der angesprochenen Kältemittelproblematik sollte die Turbokältemaschine für die Altanlagen kurzfristig ersetzt werden.

Die bisherige Aufteilung der Kälteerzeugung auf zwei getrennte Kaltwasserkreise sollte bei der anstehenden Sanierung geändert werden. Bei der heutigen Aufteilung ist nicht gewährleistet, daß Gleichzeitigkeitsfaktoren bei der Kältenutzung auch zu einer Reduzierung der Lastspitze führen.

Bei der anstehenden Sanierung der Turbokältemaschine kann nach der Abschätzung der benötigten Kälteleistung eine Maschine mit einer geringeren Leistung gewählt werden. Es ist nicht notwendig, die bisher installierte Leistung beizubehalten. Das Maximum der Kälteleistung für das Gesamtgebäude beträgt nach der Abschätzung rd. 860 kW, was sich auch in etwa mit den Werten aus der Spitze der elektrischen Leistung in den Sommermonaten deckt.

Hier würde sich als Optimierung der Energiekosten die Verwendung einer Eisspeicheranlage anbieten. Während der Kältespitze würden die vorhandene Kolbenkältemaschine und neue Maschine zusammen mit dem Eisspeicher parallel arbeiten. Während der Nachtstunden würde die Kühllast mit der vorhandenen Kolbenkältemaschine abgefahren. Die neue Maschine lädt in dieser Zeit den Eisspeicher.

Neben der Reduzierung der elektrischen Spitze sinken die Kosten der Kälteerzeugung, da ein Teil der tagsüber benötigten Kältearbeit während der Nachtstunden zu den geringeren NT-Kosten gespeichert wird (s. Anhang 10.16 und 10.17, Seiten 82 und 83).

Neben den geringeren Kosten fällt bei dieser Maßnahme vor allem die geringere Investition für die Kältemaschine ins Gewicht, welche die Mehrinvestition für die Eisspeicheranlage in etwa kompensiert.

Als Kältemaschine sollte eine luftgekühlte Variante gewählt werden. Die Reduzierung der Wasserkosten fällt bei dieser Ausführung größer aus als die etwas höheren Stromkosten durch die geringere Kälteziffer der Maschine. Darüber hinaus entfällt der Aufwand für die Wasseraufbereitung.

Die Maschine könnte zusammen mit den Eisspeichern in unmittelbarer Nähe der Technikzentrale aufgestellt werden. Da der vorhandene Kühlturm demontiert werden kann, ergibt sich auch ein Ersatz für die entfallenden Parkplätze.



## **Maßnahme 5.6.1: Eisspeicher und Kältemaschine**

**Notwendige Investition:** 420.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 34.256 DM/a

**Minderinv., da Erneuerung der vorhandenen Kältemaschine entfallen kann:** 240.000 DM

Bei einer überschlägigen Ermittlung müßte die Kühlerleistung in den einzelnen Klimaanlagen auch dann noch ausreichend sein, wenn die Kaltwasser-Vorlauftemperatur um 1°C angehoben wird. Die tatsächlich mögliche Erhöhung der Kaltwasser-Vorlauftemperatur sollte während des nächsten Sommers an heißen Tagen durch eine schrittweise Erhöhung experimentell ermittelt werden.

## **Maßnahme 5.6.2: Erhöhung Kaltwasser-Vorlauftemperatur**

**Notwendige Investition:** 0 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 3.913 DM/a

Der verbleibende Kühlturm für die Kolbenkältemaschine könnte mit einem Frequenzumformer für den Ventilatormotor nachgerüstet werden. Die 2-stufige Betriebsweise führt zu großen Betriebszeiten in der zweiten Stufe und damit zu höheren Sprühwasserverlusten.

## **Maßnahme 5.6.3: Drehzahlregelung Kühlturm**

**Notwendige Investition:** 15.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 1.726 DM/a

## **5.7 Optimierung der Wärme- und Kälteverteilung**

Eine Verbesserung der Wärme- und Kälte­dämmung an den vorhandenen Rohrleitungen wäre aus energetischer Sicht eine sinnvolle Maßnahme. Die hohen Verluste lassen sich am besten in der Technikzentrale aufzeigen, wo trotz Vorlauf­temperaturen der Heizungsanlage von etwa 50° C Raumlufttemperaturen von 27° C vorliegen.

Wegen des verzweigten Netzes ist eine Verbesserung der Isolierung in keinem Fall wirtschaftlich.

Das angesprochene Problem der nicht vollständigen Abtrennung von Warm- und Kaltwassernetz sollte unverzüglich untersucht werden. Die Undichtigkeit sollte mit schalltechnischen Untersuchungen definierbar sein, da an den Leckstellen i.d.R. Überströmgeräusche auftreten.

Für die Verteilung und die Regelbarkeit der Anlagen wäre ein getrenntes Warm- und Kaltwassernetz sicherlich sinnvoll. Dazu müßte aber das gesamte Rohrnetz erneuert werden. Diese Maßnahme wäre daher nur bei einer Komplett­sanierung der Technik durchführbar.

## **5.8 Optimierung der Beleuchtung**

Die Auswirkungen der Beleuchtungsoptimierung sind im Anhang 10.7, Seiten 65 - 72 detaillierter dargestellt. Die dort angegebenen Daten beziehen sich auf die Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen.

### **5.8.1 Lesesäle**

Für die Großlesesäle (EG- 2. OG) bietet sich eine Reduzierung der Betriebszeiten durch definiertes Einschalten der Beleuchtung bei tatsächlichem Bedarf mittels der örtlich installierten Schaltkästen an.

Die Beleuchtungsanlage in den Lesesälen sollte komplett erneuert werden. Die vorhandenen vierflammigen Rasterleuchten mit den konventionellen Vorschaltgeräten sollen durch einflammige Spiegelrasterleuchten incl. elektronischen Vorschaltgeräten mit 36 W Leuchtstofflampen ersetzt werden. Die Aufhäng­höhe der Lampen sollte durch Abpendeln an die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse angepaßt werden.

Bei den Spezial-Lesesälen im 3. OG sollten auf jeden Fall die Gitter unterhalb der Leuchten entfernt werden. Dies hat zwar keinen Einfluß auf den Energieeinsatz, führt aber zu einer deutlichen Verbesserung der Lichtausbeute.

#### **Maßnahme 5.8.1.1: Vollbetriebszeit verringern**

**Notwendige Investition:** 0 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 5.014 DM/a

Die freistrahrenden Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten sollten durch einflammige Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und 36 W Leuchtstofflampen ersetzt werden. Die Anzahl der Leuchten wird angepaßt.

#### **Maßnahme 5.8.1.2: Erneuerung der Beleuchtungsanlage**

**Notwendige Investition:** 90.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 24.022 DM/a

### **5.8.2 Magazine (1.UG - 3.UG)**

In den nicht öffentlichen Magazinen (1.UG-3.UG) könnten durch Installation von Bewegungsmeldern die durchschnittlichen Benutzungsstunden voraussichtlich von 10 Stunden auf ca. 6 Stunden am Tag reduziert werden. Die Zonierung der Bewegungsmelder würde an die vorhandenen Schaltkreise für die Beleuchtung angepaßt. Dadurch entstehen im 1.UG sieben, im 2.UG elf und im 3.UG acht durch Bewegungsmelder geschaltete Abschnitte.

#### **Maßnahme 5.8.2.1: Bewegungsmelder installieren**

**Notwendige Investition:** 30.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 4.699 DM/a/a

Der Ersatz der freistrahrenden Leuchtstofflampen (teilweise mit Reflektoren) durch einflammige Prismenwannenleuchten mit Spiegel, elektronischen Vorschaltgeräten und 36 W Leuchtstofflampen darf sich nicht an Durchschnittswerten für die Anschlussleistung orientieren.

Wegen der engen Aufstellung der Regale ergibt sich eine relativ hohe Leuchtendichte, so daß die Anzahl der Leuchten trotz deutlich höherem Beleuchtungswirkungsgrad nur in den Hauptgängen geringfügig reduziert werden kann. Die Qualität der Beleuchtung würde sich durch diese Maßnahme deutlich verbessern.

#### **Maßnahme 5.8.2.2: Erneuerung Beleuchtungsanlage**

**Notwendige Investition:** 119.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 14.720 DM/a

### **5.8.3 Öffentliche Magazine (EG - 3. OG)**

Die Optimierung entspricht der in den Magazinen in den Untergeschossen.

Wegen der hohen Nutzerfrequenz entfällt aber die Möglichkeit Bewegungsmelder einzusetzen.

#### **Maßnahme 5.8.3: Erneuerung Beleuchtungsanlage**

**Notwendige Investition:** 175.000 DM **Mögliche Kosteneinsparung:** 29.109 DM/a

### **5.8.4 Verwaltungsbau**

Die vorhandenen 2-flammigen Rasterleuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten sollen durch einflammige Spiegelrasterleuchten incl. elektronischen Vorschaltgeräten ersetzt werden. Die Leuchten werden der tatsächlichen Nutzung angepaßt. Wenn die Aufstellung der Schreibtische fixiert werden kann, könnte für die Arbeitsplatzbeleuchtung auch eine abgependelte Leuchte ausreichend sein. Die Verschaltung der Leuchten soll so geändert werden, daß sie getrennt geschaltet werden können.

## **Maßnahme 5.8.4: Erneuerung Beleuchtungsanlage**

**Notwendige Investition: 78.000 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 11.311 DM/a**

### **5.8.5 Treppenhäuser**

In den Treppenhäusern sollen die vorhandenen Leuchten durch Prismenwannenleuchten mit innerem Spiegel und elektronischem Vorschaltgerät ersetzt werden. Die Anzahl der Leuchten kann bei Einhaltung der geforderten Beleuchtungsstärken deutlich abgesenkt werden.

## **Maßnahme 5.8.5: Erneuerung Beleuchtungsanlage**

**Notwendige Investition: 13.800 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 2.855 DM/a**

### **5.9 Optimierung der Wasseranwendung (ohne technisches Wasser für Klimatisierungsprozesse)**

Bei den installierten Wasch- und Spültischarmaturen beträgt der Durchfluß bei voller Öffnung im Durchschnitt ca. 10 l/min. Eine Reduzierung auf einen ausreichenden Wasserdurchfluß bei verschiedenen Druckverhältnissen läßt sich mit Hochleistungs-Perlatoren erreichen. Im gesamten Gebäude sollten an den Armaturen diebstahlgesicherte Perlatoren nachgerüstet werden.

## **Maßnahme 5.9.1: Wassersparperlatoren**

**Notwendige Investition: 600 DM    Mögliche Kosteneinsparung: 5.960 DM/a**

### **5.10 Neubauten**

Unmittelbar an das Gebäude angrenzend werden z.Zt. weitere unterirdische Magazinflächen ausgebaut. Der Ausbau ist soweit vorangeschritten, daß auf die Planung kein Einfluß mehr genommen werden kann.

Weitere Neubauten oder Erweiterungsmaßnahmen für die Stadt- und Universitätsbibliothek sind z.Zt. nicht absehbar.

## **6. Zusammenstellung der Maßnahmen**

Für die im Kapitel 5 beschriebenen Maßnahmen werden im folgenden die Berechnungsergebnisse für die erreichbare Energieeinsparung und die möglichen Energiekostensenkungen dargestellt.

Die Darstellung erfolgt getrennt nach Wärme, Strom und Wasser. Soweit dies möglich ist, werden für alle Maßnahmen die Einsparungen bei Strom und Wärme nach Arbeit und Leistung aufgeteilt.

Die notwendigen Investitionen wurden an Hand von Daten aus vergleichbaren Projekten und abgefragten Preisen von Herstellerfirmen abgeschätzt. Die Anpassung der Betriebszeiten sollte idealerweise im Zusammenhang mit einer Erneuerung der Anlagenregelung durchgeführt werden. Die Mehrkosten je Anlage belaufen sich auf etwa 32.000 DM.

Bei Sanierungsmaßnahmen an der Beleuchtung wurde ein durchschnittlicher Preis von brutto 190,- DM incl. Entsorgung, Verkabelung und Montage angesetzt. Diese Preise sind im Rahmen von Großbestellungen und anschließender Montage durch Fachfirmen durchaus realisierbar.

Die Numerierung der Maßnahmen entspricht denen der Kapitel, in welchen die Maßnahmen beschrieben werden.

Nr.	Maßnahme Beschreibung	Energieeinsparung gegenüber heutigem Zustand				
		Wärme		Strom		Wasser [m³/a]
		Arbeit [MWh/a]	Leistung [kW]	Arbeit [MWh/a]	Leistung [kW]	
<b>Vertragsgestaltung</b>						
5.2.1	Anpassung Wärmelieferungsvertrag					
5.2.2	Anpassung Berechnung Kanalabgabe					
<b>Dämmung Verwaltungsgebäude</b>						
5.3.1	Dämmung Verwaltungsgebäude	150,0	98,0			
5.3.2	Beheizung Verwaltungsgebäude mit stat. Heizflächen in Verbindung mit 5.3.1 und Entfall Klimaanlage	310,0	280,0	180,0	48,0	490
<b>Wärmerückgewinnung</b>						
5.5.1	Sanierung Wärmerückgewinnung	330,0	400,0	-61,0	-6,0	
<b>Klimaanlage Verwaltung</b>						
5.5.2.1	Optimierung der Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung Zentralgerät	175,0		66,6		125
5.5.2.2	Ventilatortausch Zuluft			16,8	1,9	
5.5.2.3	Ventilatortausch Abluft			10,3	1,2	
5.5.2.4	Maßnahmen 5.5.2.1 - 5.5.2.3	175,0		105,8	6,2	125
5.5.2.5	Sanierung Induktionsgeräte	72,0				
<b>Klimaanlage Zwischenbau</b>						
5.5.3.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung Zentralgerät	137,0		59,6	4,8	140
5.5.3.2	Ventilatortausch Zuluft			20,1	2,0	
5.5.3.3	Ventilatortausch Abluft			30,3	2,8	
5.5.3.4	Maßnahmen 5.5.3.1 - 5.5.3.3	137,0		63,7	5,8	140
<b>Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu</b>						
5.5.4.1	Erneuerung der Regelung Zentralgerät und Zonen- nachwärmer zur Optimierung der Raumluftkonditionen	110,0		194,3		95
5.5.4.2	Ventilatortausch Zuluft Magazin Alt			34,9	2,0	
5.5.4.3	Ventilatortausch Abluft Magazin Alt			97,3	11,1	
5.5.4.4	Ventilatortausch Zuluft Magazin Neu			66,6	7,6	
5.5.4.5	Ventilatortausch Abluft Magazin Neu			36,0	4,1	
5.5.4.6	Maßnahmen 5.5.4.1 - 5.5.4.5	110,0		361,8	24,9	95
<b>Klimaanlage Lesesäle</b>						
5.5.5.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung	81,0		190,3		110
5.5.5.2	Ventilatortausch Zuluft			18,6	2,1	
5.5.5.3	Ventilatortausch Abluft			62,1	7,1	
5.5.5.4	Maßnahmen 5.5.5.1 - 5.5.5.3	81,0		187,0	9,2	110
<b>Kälteerzeugung</b>						
5.6.1	Eisspeicher und Kältemaschie				90,0	750
5.6.2	Erhöhung Vorlauftemperatur Kaltwasser			9,2	11,0	
5.6.3	Drehzahlregelung Kühlturm 2			3,1	2,5	96
<b>Beleuchtung</b>						
<b>5.8.1</b>	<b>Lesesäle</b>					
5.8.1.1	Verringerung der Vollbetriebszeit und Entfernung der Gitter unterhalb Beleuchtung im 3. OG			35,0		
5.8.1.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen			116,8	38,5	
5.8.1.3	Maßnahmen 5.8.1.1 - 5.8.1.2			123,0	38,5	
<b>5.8.2</b>	<b>nicht öffentliche Magazine 1.UG-3.UG</b>					
5.8.2.1	Bewegungsmelder installieren			32,8		
5.8.2.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen			60,0	24,0	
5.8.2.3	Maßnahmen 5.8.2.1 - 5.8.2.2			74,6	24,0	
<b>5.8.4</b>	<b>Öffentliche Magazine</b>					
	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen			137,1	37,1	
<b>5.8.4</b>	<b>Büroräume Verwaltungsgebäude</b>					
5.8.4.1	Erneuerung und Reduzierung der Beleuchtungsanlagen getrennte Verschaltung der Leuchten			36,2	24,0	
<b>5.8.5</b>	<b>Treppenhaus gesamt</b>					
5.8.5.1	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen			12,8	4,0	
<b>Sanitär</b>						
5.9.1	Wassersparperlatoren im gesamten Gebäude					800

**Tab. 6.1: Energieeinsparungen durch die vorgeschlagenen Maßnahmen**

Im folgenden werden Kosteneinsparungen und notwendige Investitionen betrachtet.

Nr.	Maßnahme Beschreibung	Investitionen [DM]	Betriebskosteneinsparung [DM/a]					
			Wärme		Strom		Wasser	Gesamt
			Arbeit	Leistung	Arbeit	Leistung		
<b>Vertragsgestaltung</b>								
5.2.1	Anpassung Wärmelieferungsvertrag			89.662				89.662
5.2.2	Anpassung Berechnung Kanalabgabe						10.100	10.100
<b>Dämmung Verwaltungsgebäude</b>								
5.3.1	Dämmung Verwaltungsgebäude	850.000	6.135	4.282				10.417
5.3.2	Beheizung Verwaltungsgebäude mit stat. Heizflächen in Verbindung mit 5.3.1 und Entfall Klimaanlage Minderinvest. für Entfall Sanierung Klimaanlage	970.000 -400.000	12.679	12.235	21.632	12.250	3.651	62.445
<b>Wärmerückgewinnung</b>								
5.5.1	Sanierung Wärmerückgewinnung	69.000	13.497	17.478	-7.331	-1.531		22.113
<b>Klimaanlage Verwaltung</b>								
5.5.2.1	Optimierung der Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung Zentralgerät	12.000 (45.000)	7.158		10.009		931	18.098
5.5.2.2	Ventilatortausch Zuluft	15.000			2.270	490		2.760
5.5.2.3	Ventilatortausch Abluft	19.000			1.396	301		1.697
5.5.2.4	Maßnahmen 5.5.2.1 - 5.5.2.3	46.000 (79.000)	7.158		13.136	1.582	931	22.807
5.5.2.5	Sanierung Induktionsgeräte	200.000	2.945					2.945
<b>Klimaanlage Zwischenbau</b>								
5.5.3.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung Zentralgerät	15.000 (45.000)			5.604	1.220	1.043	7.867
5.5.3.2	Ventilatortausch Zuluft	13.000			2.718	516		3.233
5.5.3.3	Ventilatortausch Abluft	12.000			4.088	704		4.793
5.5.3.4	Maßnahmen 5.5.3.1 - 5.5.3.3	40.000 (81.000)			8.221	1.469	1.043	10.733
<b>y</b>								
5.5.4.1	Erneuerung der Regelung Zentralgerät und Zonen- nachwärmer zur Optimierung der Raumluftkonditionen	170.000	4.499		21.967			26.466
5.5.4.2	Ventilatortausch Zuluft Magazin Alt	22.000			2.415	521		2.936
5.5.4.3	Ventilatortausch Abluft Magazin Alt	32.000			13.135	2.834		15.969
5.5.4.4	Ventilatortausch Zuluft Magazin Neu	20.000			8.990	1.940		10.930
5.5.4.5	Ventilatortausch Abluft Magazin Neu	20.000			4.866	1.050		5.916
5.5.4.6	Maßnahmen 5.5.4.1 - 5.5.4.5	264.000	4.499		45.687	6.345		56.531
<b>Klimaanlage Lesesäle</b>								
5.5.5.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten; Erneuerung der Regelung	20.000 (55.000)	3.313		20.109			23.422
5.5.5.2	Ventilatortausch Zuluft	25.000			2.169	543		2.712
5.5.5.3	Ventilatortausch Abluft	22.000			7.231	1.810		9.040
5.5.5.4	Maßnahmen 5.5.5.1 - 5.5.5.3	67.000 (102.000)	3.313		19.756	2.352		25.421
<b>Kälteerzeugung</b>								
5.6.1	Eisspeicher und Kältemaschine Minderinvest. für Entfall Sanierung Schraubenkältem.	420.000 -240.000			5.700	22.968	5.588	34.256
5.6.2	Erhöhung Vorlauftemperatur Kaltwasser				1.106	2.807		3.913
5.6.3	Drehzahlregelung Kühlturm 2	15.000			373	638	715	1.726
<b>Beleuchtung</b>								
<b>5.8.1</b>	<b>Lesesäle</b>							
5.8.1.1	Verringerung der Vollbetriebszeit und Entfernung der Gitter unterhalb Beleuchtung im 3. OG				5.014			5.014
5.8.1.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	90.000			16.733	9.825		26.558
5.8.1.3	Maßnahmen 5.8.1.1 - 5.8.1.2	90.000			17.621	9.825		27.446
<b>5.8.2</b>	<b>nicht öffentliche Magazine 1.UG-3.UG</b>							
5.8.2.1	Bewegungsmelder installieren	30.000			4.699			4.699
5.8.2.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	119.000			8.596	6.125		14.720
5.8.2.3	Maßnahmen 5.8.2.1 - 5.8.2.2	149.000			10.687	6.125		16.812
<b>5.8.4</b>	<b>Öffentliche Magazine</b>							
	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	175.000			19.641	9.468		29.109
<b>5.8.4</b>	<b>Büroräume Verwaltungsgebäude</b>							
5.8.4.1	Erneuerung und Reduzierung der Beleuchtungsanlagen getrennte Verschaltung der Leuchten	78.000			5.186	6.125		11.311
<b>5.8.5</b>	<b>Treppenhaus gesamt</b>							
5.8.5.1	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	13.800			1.834	1.021		2.855
<b>Sanitär</b>								
5.9.1	Wassersparperlatoren im gesamten Gebäude	510					5.960	5.960

**Tab. 6.2: Resultierende Energiekostensenkung durch die vorgeschlagenen Maßnahmen**  
(Klammerwerte bei Investition beinhalten Erneuerung der Regelung der Zentralgeräte)

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde nach den Anforderungen des Pflichtenhefts zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung durchgeführt.

Nr.	Maßnahme Beschreibung	Investitionen [DM]			Einsparung gesamt	Amortisations- zeit auf Invest. abzgl. Minderinvest.
		I.) Gesamt	II.) Minder- investition	III.) Möglicher Förderbetrag		
<b>Vetragsgestaltung</b>						
5.2.1	Anpassung Wärmelieferungsvertrag				89.662	
5.2.2	Anpassung Berechnung Kanalabgabe				10.100	
<b>Dämmung Verwaltungsgebäude</b>						
5.3.1	Dämmung Verwaltungsgebäude	850.000			10.417	-
5.3.2	Beheizung Verwaltungsgebäude mit stat. Heizflächen in Verbindung mit 5.3.1 und Entfall Klimaanlage	970.000	400.000		62.445	15,1
<b>Wärmerückgewinnung</b>						
5.5.1	Sanierung Wärmerückgewinnung	69.000			22.113	3,6
<b>Klimaanlage Verwaltung</b>						
5.5.2.1	Optimierung der Betriebszeiten;	12.000		3.600	18.098	0,7
5.5.2.2	Ventilatortausch Zuluft	15.000		4.500	2.760	7,1
5.5.2.3	Ventilatortausch Abluft	19.000		5.700	1.697	22,6
5.5.2.4	Maßnahmen 5.5.2.1 - 5.5.2.3	46.000		13.800	22.807	2,2
5.5.2.5	Sanierung Induktionsgeräte	200.000		60.000	2.945	-
<b>Klimaanlage Zwischenbau</b>						
5.5.3.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten	15.000		4.500	7.867	2,1
5.5.3.2	Ventilatortausch Zuluft	13.000		3.900	3.233	4,9
5.5.3.3	Ventilatortausch Abluft	12.000		3.600	4.793	2,8
5.5.3.4	Maßnahmen 5.5.3.1 - 5.5.3.3	40.000		12.000	10.733	4,5
<b>Klimaanlagen Magazin Alt und Magazin Neu</b>						
5.5.4.1	Erneuerung der Regelung Zentralgerät und Zonen-nachwärmer zur Optimierung der Raumluftkonditionen	170.000		51.000	26.466	8,8
5.5.4.2	Ventilatortausch Zuluft Magazin Alt	22.000		6.600	2.936	11,0
5.5.4.3	Ventilatortausch Abluft Magazin Alt	32.000		9.600	15.969	2,2
5.5.4.4	Ventilatortausch Zuluft Magazin Neu	20.000		6.000	10.930	2,0
5.5.4.5	Ventilatortausch Abluft Magazin Neu	20.000		6.000	5.916	4,0
5.5.4.6	Maßnahmen 5.5.4.1 - 5.5.4.5	264.000		79.200	56.531	5,9
<b>Klimaanlage Lesesäle</b>						
5.5.5.1	Optimierung Volumenstrom und Betriebszeiten	20.000		6.000	23.422	0,9
5.5.5.2	Ventilatortausch Zuluft	25.000		7.500	2.712	15,3
5.5.5.3	Ventilatortausch Abluft	22.000		6.600	9.040	2,8
5.5.5.4	Maßnahmen 5.5.5.1 - 5.5.5.3	67.000		20.100	25.421	3,0
<b>Kälteerzeugung</b>						
5.6.1	Eisspeicher und Kältemaschine	420.000	240.000		34.256	6,8
5.6.2	Erhöhung Vorlauftemperatur Kaltwasser				3.913	
5.6.3	Drehzahlregelung Kühlturm 2	15.000		4.500	1.726	13,9
<b>Beleuchtung</b>						
<b>5.8.1</b>	<b>Lesesäle</b>					
5.8.1.1	Verringerung der Vollbetriebszeit und Entfernung der Gitter unterhalb Beleuchtung im 3. OG				5.014	
5.8.1.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	90.000		27.000	26.558	4,0
5.8.1.3	Maßnahmen 5.8.1.1 - 5.8.1.2	90.000		27.000	27.446	3,9
<b>5.8.2</b>	<b>nicht öffentliche Magazine 1.UG-3.UG</b>					
5.8.2.1	Bewegungsmelder installieren	30.000		9.000	4.699	8,8
5.8.2.2	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	119.000		35.700	14.720	12,3
5.8.2.3	Maßnahmen 5.8.2.1 - 5.8.2.2	149.000		44.700	16.812	14,3
<b>5.8.4</b>	<b>Öffentliche Magazine</b>					
	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	175.000		52.500	29.109	8,1
<b>5.8.4</b>	<b>Büroräume Verwaltungsgebäude</b>					
5.8.4.1	Erneuerung und Reduzierung der Beleuchtungsanlagen getrennte Verschaltung der Leuchten	78.000		23.400	11.311	9,7
<b>5.8.5</b>	<b>Treppenhaus gesamt</b>					
5.8.5.1	Erneuerung der Beleuchtungsanlagen	13.800		4.140	2.855	6,1
<b>Sanitär</b>						
5.9.1	Wassersparperlatoren im gesamten Gebäude	600			5.960	0,1

**Tab. 6.3: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die vorgeschlagenen Maßnahmen**

Bei Optimierungsmaßnahmen an alten Anlagen sind regelmäßig auch Sanierungsanteile enthalten. Diese wurden aber nur dann betrachtet, wenn eine Ersatzmaßnahme vorgenommen werden muß.

Auf die Festlegung eines Preissteigerungsfaktors wurde bewußt verzichtet, da in der aktuellen Marktsituation eher mit einer Stagnation der Preise zu rechnen ist.

Als kalkulatorischer Zins wurde 7% angesetzt.

## 7. Maßnahmenplan

Mögliche Optimierungsmaßnahmen sind immer im Zusammenhang mit der langfristigen Sanierungsstrategie zu betrachten. Wegen des hohen Alters der Anlagen ist eine relativ hohe Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht, auch wenn der Erhaltungszustand noch relativ gut ist.

### Als kurzfristige Maßnahmen sollten sofort angegangen werden:

- Hinweise an alle Nutzer zum sparsamen Umgang mit Energie. Insbesondere die Reduzierung der Nutzungszeiten von Beleuchtungsanlagen können deutliche Einsparungen bewirken. Die zentrale Schaltung von Beleuchtungsanlagen sollte so weit wie möglich reduziert werden.
- Änderung der Anschlußleistung Fernwärme-Vertrag (Maßnahme 5.2.1)
- Änderung der Berechnung Kanalabgabe (Maßnahme 5.2.2)
- Erhöhung Kaltwasservorlauftemperatur (Maßnahme 5.6.2)
- Betriebszeiten- und Volumenstromoptimierung für Klimaanlage Verwaltung, Zwischenbau und Lesesäle (Maßnahmen 5.5.2.1, 5.5.3.1 und 5.5.5.1)
- Einsatz von Sparperlatoren im ganzen Gebäude (Maßnahme 5.9.1)

### Mittelfristige Maßnahmen

- Ersatz Kältemaschine und Integration eines Eisspeichers (Maßnahme 5.6.1)
- Sanierung der Wärmerückgewinnung (Maßnahme 5.5.1)
- Erneuerung Beleuchtungsanlage Lesesäle (Maßnahme 5.8.1.3)
- Erneuerung der Beleuchtungsanlagen Treppenhäuser (Maßnahme 5.8.5)
- Ventilator austausch in folgender Reihenfolge (ggfs. mit Rahmenvertrag):
  - Zuluft Magazin Neu (Maßnahme 5.5.4.4)
  - Abluft Magazin Alt (Maßnahme 5.5.4.3; zwischenzeitlich erfolgt)
  - Abluft Lesesäle (Maßnahme 5.5.5.3)
  - Abluft Zwischenbau (Maßnahme 5.5.3.3)
  - Abluft Magazin Neu (Maßnahme 5.5.4.5)
  - Zuluft Zwischenbau (Maßnahme 5.5.3.2)

Danach sollten die weiteren Maßnahmen in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit umgesetzt werden.

Langfristig sollten folgende Sanierungen angegangen werden:

- Versorgung der ober- und unterirdischen Magazinbereiche mit getrennten Klimaanlagen. Dazu wäre eine komplette Neuinstallation des Kanalnetzes und der Rohrleitungen für die Zonennachwärmer erforderlich. Der Aufwand für eine solche Maßnahme dürfte mehr als 3,5 Mio. DM betragen. Wenn diese Maßnahme innerhalb der nächsten 7 Jahre durchgeführt wird, sollten keine Investitionen in die vorhandene Anlagentechnik zur Klimatisierung der Magazine erfolgen.

Auf die Klimatisierung kann wegen der baulichen Gegebenheiten und der vorliegenden Nutzung nicht verzichtet werden.

- Das Verwaltungsgebäude sollte nicht mehr klimatisiert werden. Um heutigen Ansprüchen an eine Klimatisierung gerecht zu werden, müßte die gesamte Anlage erneuert werden. Günstiger erscheint daher, die Fassade zu sanieren und auf eine Klimatisierung zu verzichten. Wenn diese Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre durchgeführt wird, sollten keine Investitionen in die vorhandene Anlagentechnik zur Klimatisierung des Verwaltungsgebäudes erfolgen.
- Die Klimatisierung des Zwischenbaus ist mit den angesprochenen Optimierungen auch für die Zukunft weiter nutzbar.
- In den Lesesälen sollte langfristig die vorhandenen Induktionsgeräte gegen modernere Ausführungen oder Fan-Coils ausgetauscht werden. Die Umstellung auf eine Nur-Luftanlage mit variablem Volumenstrom ist wegen der baulichen Gegebenheiten wahrscheinlich nicht sinnvoll.

Für eine Komplettsanierung der Klimatisierung in den Lesesälen ist mit einer Investition bis zu 1,8 Mio. DM zu rechnen.

- Die Verteilung sollte langfristig vom derzeitigen 2- auf ein 4-Leiter-System umgestellt werden, um die Anforderungen der einzelnen Bereiche besser zu erfüllen. Mit dieser Maßnahme wäre aber gleichzeitig eine Änderung der Zonnennachwärmer/-kühler der Magazinanlagen und der vorhandenen Induktionsgeräte erforderlich.

Eine entsprechende Umstellung der Verteilung sollte bei einer Erneuerung der Klimaanlage berücksichtigt werden, damit zu einem späteren Zeitpunkt eine Umstellung auf ein 4-Leiter-System erfolgen kann. Eine Änderung der kompletten Verteilung ist mit rd. 1,5 Mio. zu veranschlagen.

- Bei einer Sanierung der Befeuchtung sollten die Möglichkeiten der Hochdruck-Zerstäubung mit geregelter Pumpe geprüft werden. Diese Technik wird seit kurzem von verschiedenen Firmen angeboten. Bei anstehenden Sanierungen müßte sich der Mehrpreis für diese Technik mit den Einsparungen bei Energie- und Wasserkosten amortisieren.

Sollte das Gebäude auch weiterhin in der heutigen Weise genutzt werden, ergeben sich für die anderen Vorschläge zur Optimierung der technischen Anlagen keine Überschneidungen mit anstehenden Sanierungsmaßnahmen.

Die Optimierungen sollten daher in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit umgesetzt werden.

Es wäre zu prüfen, ob Rahmenverträgen über Sanierungsmaßnahmen abgeschlossen werden können.

Dies würde sich insbesondere für den Austausch der Beleuchtungsanlagen und der Ventilatoren anbieten. Damit könnten Optimierungen entsprechend der aktuellen Haushaltslage durchgeführt und gleichzeitig die Vorteile einer größeren Bestellung realisieren werden.

Zur Optimierung der Betriebszeiten wären die aufgeführten Investitionen ausreichend, um den Einspareffekt zu erzielen. Im Sinne einer langfristigen Sanierung sollten die Mehrinvestition für eine Erneuerung der Regelung der Zentralgeräte durchgeführt werden.

## 8. Primärenergieeinsparung und Umweltentlastung

Die mögliche Umweltentlastung wurde nach GEMIS für den Fall berechnet, daß alle Maßnahmen mit einer dynamischen Kapitalrückflußzeit kleiner der gewöhnlichen Nutzungsdauer umgesetzt werden.



Insgesamt ließen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen um rd. 1.684 t/Jahr reduzieren (Jahresnutzungsgrad Fernwärmeerzeugung 85%, Verteilungswirkungsgrad der Fernwärme 90%).

Die zugehörige Primärenergieeinsparung beträgt 4.972 MWh/a oder rd. 37%.

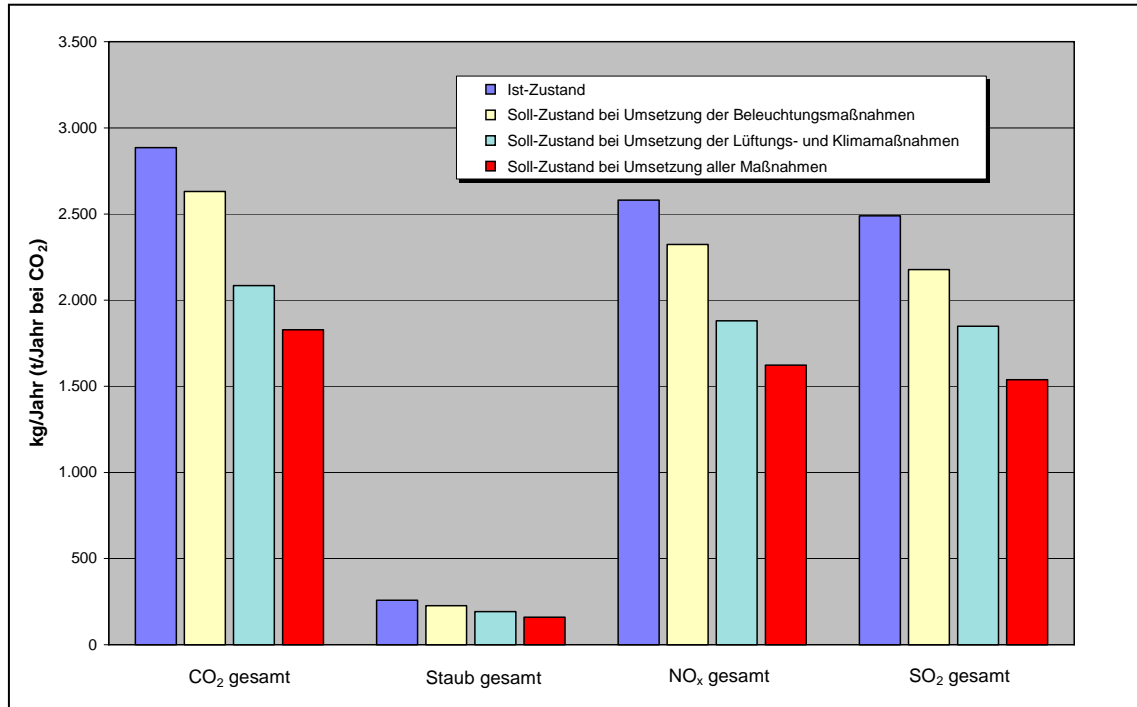


Abb. 8.1: Emissionsvergleich Ist-Zustand und Soll-Zustand für verschiedene Maßnahmengruppen

## 9. Rationelle und umweltfreundliche Versorgung des Verbrauchsschwerpunktes

Das Gebäude wird bereits aus einem Nahwärmenetz versorgt. So entfällt die Prüfung einer entsprechenden Alternative.

Die Vorlauftemperaturen im Heizungsnetz werden gleitend gefahren, was die Bedingungen an eine Niedertemperaturheizung zum Teil erfüllt. Soweit dies aus den technischen Unterlagen ersichtlich ist, kann die Vorlauftemperatur im maximalen Heizfall nicht unter den projektierten Wert von 80°C abgesenkt werden. Eine ausreichende Wärmeabgabe der Heizregister in den Klimaanlage wäre dann nicht mehr gewährleistet.

Ob der Aufbau einer eigenen Wärmeerzeugung wirtschaftliche Vorteile bringt, ist im wesentlichen von den Verhandlungen mit dem Wärmeversorger abhängig. Sollte sich eine Reduzierung der Anschlußleistung nicht realisieren lassen, könnte eine eigene Kesselanlage sinnvoll werden. Aus heutiger Sicht sind keine Gründe vorstellbar, die Anschlußleistung nicht an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen.

Eine eigene Wärmeversorgung würde eine Umweltentlastung bewirken, da die Wärmeverluste im Nahwärmenetz entfallen. Demgegenüber würden die Kessel im Heizwerk der Universität länger im Teillastbetrieb mit geringeren Wirkungsgraden fahren, was die ökologischen Vorteile zum Teil wieder kompensieren würde.

Problematisch wäre bei einer eigenen Wärmeerzeugung der notwendige Aufstellungs-ort. Innerhalb des Gebäudes sind keine ausreichenden Platzreserven vorhanden. Ob eine Aufstellung auf einem der Gebäudedächer möglich ist, ist nur mit einer genaueren statischen Prüfung zu klären. Diese sollte aber nicht vor den Gesprächen mit dem Wärmeversorger veranlaßt werden.

Sollte die statische Prüfung eine Dachaufstellung nicht zulassen, bliebe noch die Möglichkeit, ein eigenes Kesselhaus auf dem Parkplatz zu bauen. Wegen der zusätzlichen Investitionen und dem gleichzeitigen Wegfall von Parkraum erscheint diese Lösung z.Zt. nicht umsetzbar.

Wegen der hohen elektrischen Leistung bei gleichzeitig hoher Grundlast ist auch der Einsatz eines BHKW zu prüfen. Bei einer Auslegung nach der Wärmeleistung wäre eine Anlage mit etwa 400 kW thermischer und 240 kW elektrischer Leistung einsetzbar.

Wegen der Ausführung der Wärme- und Kälteverteilung als 2-Leiter-System kann Wärme aber nur von Mitte September bis Ende Mai im System eingesetzt werden.

Zur Wirtschaftlichkeit einer BHKW-Anlage ist in Frankfurt bei der angewendeten Strompreisregelung G die Reduzierung der abgerechneten Leistungsspitze zwingend erforderlich. Wenn nur die Erlöse aus vermiedenem Bezug von elektrischer Arbeit sowie aus Wärmearbeit und -spitze angesetzt werden können, kann kein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden.

Dies setzt für eine BHKW-Anlage zwingend die Installation einer Absorptionskältemaschine voraus. Da die verbleibende Kolbenkältemaschine zusammen mit der Absorptionskälte die Kältespitze nicht abdeckt, wäre eine zusätzliche Kältemaschine mit einer Leistung von ca. 200 kW erforderlich. Die Lösung mit Eisspeicherung würde entfallen.

Mit den genannten Eckdaten und den zusätzlichen Investitionen für ein separates Maschinengebäude werden die Investitionen bei schätzungsweise 800 TDM liegen. Dabei sind die Minderinvestitionen für die kleinere Kompressionskältemaschine berücksichtigt.

Bei der aktuellen Preissituation müßte, bei einer internen Verzinsung von 7%, eine Mindestlaufzeit von mehr als 5.000 Vollast-Stunden erreicht werden, damit die Anlage überhaupt wirtschaftlich wird.

Die genannte Anzahl von Vollast-Stunden ist bei den vorliegenden Energieverbräuchen und der verteilungsbedingten strikten Trennung von Wärme- und Kälteverbrauch nicht wahrscheinlich. Darüber hinaus ist zu beachten, daß der BHKW-Betrieb während der NT-Zeit negative Deckungsbeiträge erbringt.

Wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller wäre daher wahrscheinlich eine BHKW-Anlage in Verbindung mit dem Heizwerk der Universität.

## 10. Anhang

### 10.1 Gebäudedatenblätter





## 10.2 Berechnung des Wärmebedarfs Ist-Zustand

## 10.3 Berechnung des Wärmebedarfs Soll-Zustand (Dämmung Verwaltungsgebäude)

## 10.4 Lastgangmessung Haupteinspeisung



## 10.5 Kühllastverlauf

## 10.6 Datenblätter des Landes Hessen; Aufnahme Ist-Zustand

































## 10.7 Datenblätter des Landes Hessen; Soll-Zustand nach Umsetzung der Beleuchtungsmaßnahmen

















## 10.8 Meßwerte Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten



## 10.9 Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Optimierung der Betriebszeiten und Volumenströme

## 10.10 Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Ventilatoroptimierung

## 10.11 Klimaanlagen Stromaufnahme und Kosten bei Durchführung aller Maßnahmen

## 10.12 Klimamessung Feuchte und Temperatur - Klimaanlage Verwaltung

## 10.13 Klimamessung Feuchte und Temperatur - Klimaanlage Magazine Alt und Magazin Neu

## 10.14 Klimamessung Feuchte und Temperatur - Magazingebäude 2.UG



## 10.15 Klimamessung Feuchte und Temperatur 2.UG und 2.OG

## 10.16 Eisspeicherbetrieb

## 10.17 Strombezug unter Berücksichtigung des Eisspeichers