

Energiekonzept für den Zoologischen Garten in Frankfurt

ausgearbeitet für das

Hochbauamt der Stadt Frankfurt

Amt 65.B3
Gerbermühlstraße 48
60275 Frankfurt

von Ing.- Büro

Krauss & Brunnengräber

Jahnstraße 4
64285 Darmstadt
Tel: 06151 / 65868 u. 963285
Fax: 06151 / 963286

Darmstadt, Juli 1999

Inhalt:**Die Registernummern entsprechen den Kapitelnummern**

0	Zusammenfassung.....	4
0.1	Wärmeversorgung.....	5
0.2	Stromversorgung.....	8
0.3	Wasserversorgung.....	13
1	Wärmeversorgung.....	17
1.1	Bereich Grzimekhaus.....	18
1.1.1	Grzimekhaus.....	20
1.1.2	Brutstation.....	26
1.1.3	Ponyhaus.....	27
1.1.4	Menschenaffenhaus.....	28
1.1.5	Exotarium.....	28
1.1.6	Nashornhaus.....	32
1.1.7	Straussenhaus.....	33
1.2	Bereich Vogelhaus.....	34
1.2.1	Vogelhaus.....	35
1.2.2	Affenanlage.....	37
1.2.3	Vogelbüsche.....	38
1.2.4	Sozialgebäude.....	38
1.3	Tierkinder u. WC-Gebäude.....	40
1.4	Antilopen und Rundhaus.....	41
1.5	Gebäude mit eigener Brennstoffversorgung.....	42
1.5.1	Gesellschaftshaus.....	42
1.5.2	Max-Schmidt-Anlage.....	43
1.5.3	Kasse.....	44
1.5.4	Nebenkasse.....	44
1.5.5	Bärenhaus.....	44
1.5.6	Raubtierhaus.....	45
1.5.7	Giraffenhaus.....	46
1.6	Wirtschaftshof.....	46
1.7	Abrechnung mit Versorger und Pächter.....	50
2	Stromversorgung.....	51
2.1	Ring 1 (Einspeisung von Grzimekhaus).....	51
2.1.1	Lastmessung Exotarium.....	51
2.1.2	Lastmessung und Bilanz Grzimekhaus.....	52
2.1.3	Strombilanz Ring 1 ohne Exotarium und Grzimekhaus.....	57
2.1.4	Einsparungen in Ring 1.....	60

2.2 Ring 2 (Vogelhaus).....	65
2.2.1 Lastmessung Ring 2.....	65
2.2.2 Strombilanz Ring 2.....	66
2.2.3 Einsparungen in Ring 2.....	67
2.3 Wirtschaftshof.....	70
2.3.1 Strombilanz Wirtschaftshof.....	70
2.3.2 Maßnahmenvorschläge.....	71
2.4 Abrechnung mit dem Versorger.....	73
3 Wasserversorgung.....	74
3.1 Bestandsanalyse, Datenerfassung.....	74
3.2 Trinkwasserversorgung.....	74
3.3 Brunnenwasserversorgung.....	74
3.4 Verbrauchsermittlung.....	75
3.4.1 Trinkwasserverbrauch.....	76
3.4.2 Brunnenwasserverbrauch.....	80
3.5 Tarife.....	83
3.6 Maßnahmen.....	85
3.6.1 Allgemeine Sparvorschläge (ohne Bilanzierung).....	86
3.6.2 Einzelne Maßnahmen.....	86
4 Einsparungen durch verbesserte Versorgungsstruktur.....	96
4.1 Kraft-Wärme-Kopplung.....	96
4.2 Wärme-/ Gasverbund für alle Verbraucher.....	100
4.3 Stromverbund.....	100
4.4 Gebäudeleittechnik.....	101
5 Datengrundlage / Besonderheiten bei der Bearbeitung.....	102

Anhang:

6. Wärmeversorgung	Seite 1 –56
7. Stromversorgung	Seite 1 – 16
8. Wasserversorgung	Seite 1 – 23
9. Zählerlisten	Seite 1 - 3

0 Zusammenfassung

Das Zoogelände umfaßt einschließlich Wirtschaftshof über 30 Einzelgebäude unterschiedlichster Nutzung und einer beheizten Fläche von rd. 26000 m². In 19 Heizzentralen sind insgesamt 31 Kessel mit einer Gesamtleistung von rd. 6,9 MW installiert.

Die Gasversorgung erfolgt über 11 Einspeisestellen, Trinkwasser wird an 8 Stellen in das Leitungsnetz des Zoo eingespeist und der Stromverbrauch wird über 7 Zählstellen eingeführt.

Verbrauchsmengen, Kosten und Durchschnittspreise:

Gas	ca. 9100 MWh/a (Ho)	ca. 400.000,-- DM/a	4,8 Pf/kWh(Hu)
Strom	ca. 3300 MWh/a	ca. 540.000,-- DM/a	16,3 Pf/kWh
Trinkwasser	ca. 100000 m ³ /a	ca. 800.000,-- DM/a	8,-- DM/m ³
Brunnenwasser	ca. 280000 m ³ /a	ca. 400.000,-- DM/a	1,4 DM/m ³

Eine aktuelle Übersicht über die betriebliche Versorgungsstruktur und die interne Aufteilung des Energie- und Wasserverbrauchs liegt der technischen Betriebsführung nicht vor. Unterzähler sind zwar teilweise vorhanden, werden jedoch nicht abgelesen. Anlagentechnische Informationen sind auf zahlreiche Mitarbeiter des Zoo verteilt.

Wir sind der Meinung, daß die technische Betriebsführung deutlich verbessert werden könnte, wenn die Verantwortung an einer Stelle zentralisiert würde.

Die technischen Einrichtungen sind bis auf die Anlagen im Wirtschaftshof und im Gesellschaftshaus veraltet und teilweise in einem nicht mehr zu verantwortenden Zustand. Dies betrifft insbesondere die Nichteinhaltung gültiger VDE-Vorschriften. Teilweise sind keine aktuellen technischen Unterlagen mehr vorhanden.

Maßnahmen am Gebäudebestand sind in soweit berücksichtigt, als sie in Verbindung mit anderen technischen Maßnahmen (zum Teil der Bauunterhaltung zugerechnet) noch in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen durchführbar sind. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß sich die Gebäudesubstanz in weiten Bereichen in einem ebenso desolaten Zustand befindet wie die technischen Einrichtungen.

In der Bewertung der Wirtschaftlichkeit vorgeschlagener Maßnahmen sind daher teilweise auch hohe Anteile für notwendige Bauunterhaltung eingerechnet.

0.1 Wärmeversorgung

Obwohl der Bereich Wärmeversorgung den geringsten Anteil an den Energiekosten im Zoo verursacht, können auch dort bedeutende Einsparungen erzielt werden.

Die Regelung der älteren Anlagen ist durchgängig unzureichend, so daß eine konsequente Sanierung dieses Bereiches zu spürbaren Einsparungen führen wird. Eine zentrale Steuerung und Überwachung der Anlagen über Gebäude-Leittechnik sollte dabei berücksichtigt werden.

Die meist über 20 Jahre alten Kessel besitzen fast alle noch relativ gute Abgaswerte, so daß die Wirtschaftlichkeit des Austausches nur in wenigen Fällen nachgewiesen werden konnte. Im Sinne der Versorgungssicherheit sollten die alten Anlagen jedoch möglichst bald ausgetauscht werden.

Ein weiterer Bereich mit hohem Einsparpotential stellt die Lüftung dar, da für Tierkäfige eine bestimmte Außenluftmenge gewährleistet sein muß und dies bislang ohne Wärmerückgewinnung durchgeführt wird.

Maßnahmen wie Einstellen von Reglern (soweit vorhanden und funktionstüchtig), abschalten von nicht unbedingt benötigten Verbrauchern, Einstellen von Zeitschaltuhren und Reduzierung der Nutzungszeiten von Anlagen auf das notwendige Maß können mit geringen Investitionen durchgeführt werden. Mit den aufgelisteten Maßnahmen lassen sich mit einer hoher Prioritätszahl von 16 etwa 2% an Energie und Brennstoffkosten einsparen.

Durch einen Bündelvertrag für den Gasbezug (wie er für Strom schon realisiert ist) und eine korrigierte Abrechnung mit dem Pächter des Gesellschaftshauses könnten ca. 15% der derzeitigen Gaskosten eingespart werden.

Die Überalterung der vorhandenen Anlagen und der wenigen funktionierenden Regelungen und Steuerungen erfordern jedoch überwiegend investive Maßnahmen.

Das Grzimekhaus gehört mit dem Exotarium zu den beiden, mit Abstand größten Einzelverbrauchern. Das Beheizungskonzept des Grzimekhauses weist grundsätzliche Mängel auf, die trotz (bereits 1974 durchgeführter) umfangreicher Nachrüstungen mit elektrischen Luftherhitzern bis heute nicht beseitigt werden konnten. Ein extrem hoher Heizwärmebedarf von über 900 kWh/m²a ist die Folge (ca. 70 kWh/m²a entspr. Niedrigenergiebauweise im Wohnungsbau).

Durch eine geänderte Lüfterwärmung und Wärmerückgewinnung aus der Abluft unter Einsatz der vorhandenen Kältemaschine als Wärmepumpe könnte der Verbrauch mit vertretbarem Aufwand auf ein annehmbares Niveau von ca. 300 kWh/m²a gebracht werden. Bei etwa gleichem Stromverbrauch könnten ca. 1220 MWh/a (Hu) Erdgas eingespart werden.

Die Erneuerung der Kesselregelung und Steuerung erbringt weitere 81 MWh/a an Gas-einsparung und sollte mit der zuvor beschriebenen Maßnahme durchgeführt werden.

201 MWh/a können im Exotarium durch eine Erneuerung der 25 Jahre alten Kessel, Erneuerung der Regelung und Wärmedämmung des Daches der Vorhalle eingespart werden. Bei der Wärmedämmung des Daches besteht Handlungsbedarf damit die vorhandene Durchfeuchtung nicht zu Schäden an den Dachbalken führt.

Weitere 270 MWh/a können durch die 1994 eingebaute, jedoch noch nicht in Betrieb befindliche Wärmepumpenanlage eingespart werden. Die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe basiert auf der Einsparung von ca. 20.000 m³ Trinkwasser pro Jahr. Der Stromeinsatz dafür beträgt etwa 83 MWh/a. Für die funktionsfähige Fertigstellung der Anlage sind weitere Mittel in Höhe von ca. 70.000,-- DM veranschlagt.

Im Vogelhaus wird zur Zeit, nach unseren Berechnungen zu viel Energie für die Beheizung von Außenluft aufgewendet. Ein verändertes Lüftungskonzept und eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft könnten zusammen mit einer Regelung (auch für die Kessel) ca. 420 MWh/a an Brennstoff (Gas Hu) einsparen.

Einsparmöglichkeiten von rd. 160 MWh/a bestehen im Nashornhaus durch Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und durch eine Erneuerung der Regelung und Steuerung der Wärmeversorgungsanlagen. Damit sollen die hohen Lüftungsverluste durch offenstehende Fenster und Türen, die wegen der Gerüche geöffnet sind, vermieden werden.

Im Giraffenhaus ist die Umstellung von Erdöl auf Erdgas bereits geplant und wird noch in diesem Jahr durchgeführt. Rechnerisch ist damit eine Einsparung von knapp 70 MWh/a verbunden. Ein Schwachpunkt in der Bausubstanz sind die einfach-verglasten Dachfenster, deren Sanierung in das Maßnahmenpaket einbezogen ist.

Die Räume in der Futtertierhaltung im Wirtschaftshof sind sehr hoch und müssen wegen der Tierzucht zur Zeit komplett auf hohem Temperaturniveau gehalten werden. Hier würden sich

Brutkästen für die Tiere anbieten, um den restlichen Raum auf niedrigerer Temperatur belassen zu können und dadurch ca. 50 MWh/a einzusparen.

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Brennstoffeinsparung		Zinsfuß	5%	o.K.: ohne Kosten					
		Energiepreissteigerung	1%	n.k.: nicht kalkuliert					
		alle Kosten inkl. MWSt.							
Ort/Sonstiges	Maßnahme im Wärmebereich	Investition geschätzt	Anteil Bauunterhaltung	Investition ohne Bauunterhaltung	Annuität + Instandhalt.	Brennstoffeinsparung	mittl. Kosteneinsparung	Priorität (=mittl. Einsp./Annuität + Instandhalt.)	Bericht Seite
		DM	%	DM	DM/a	MWh/a	DM/a	DM/DM	
Geringinvestive und organisatorische Maßnahmen									
Bündelvertrag	Verhandlung mit dem Gasversorger über einen Bündelvertrag für alle 11 Gaseinspeisestellen						50.000	o.K.	50
Wärmeabrechnung	Korrektur der Wärmeabrechnung mit dem Pächter im Gesellschaftshaus						9.000	o.K.	50
Menschenaffen	Heizung im Sommer abschalten					12	542	o.K.	28
Brutstation	Nachtabsenkung am Regler einstellen, im Sommer abschalten					12	535	o.K.	27
Wirtschaftshof	Lüftungszeiten für Personalräume im Sozialgebäude reduzieren					17	754	o.K.	49
Tierkinderhaus	Kesselregelung am Gerät einstellen					5	224	o.K.	40
Wirtschaftshof	Garagentore geschlossen halten, bzw. Schließen automatisieren	690		690	91	52	2.255	24,8	49
Wirtschaftshof	Zuluft in Futterküche abschalten, Nachtabsenkung einstellen	345		345	45	14	623	13,7	48
Sozialgebäude	Lüftungszeiten für Personalräume im Sozialgebäude reduzieren	1.380		1.380	182	55	2.159	11,9	39
Max-Schmidt-Anlage	Wassereinsparung im Wasserscheinehaus, dadurch Einsparung an Wasseraufheizung	1.150		1.150	152	14	636	4,2	44
Investive Maßnahmen									
Grzimekhaus	Abdichten der Fugen in der Dachkonstruktion, Kesselregelung (Kesselfolgeschaltung, gleitender Betrieb, Abschaltung)	41.685	80%	8.337	897	81	3.471	3,9	26
Exotarium	Dämmung des Daches der Vorhalle, Kesselerneuerung, Kesselregelung (erf. Heizkreisregelung in Kosten nicht enthalten, da 100% Bauunterhaltung)	125.228	80%	25.046	2.517	201	8.696	3,5	31
Exotarium	Änderungs- und Restarbeiten zur Ingangsetzung der vorhandenen Wärmepumpenanlage. (Bemerkung: Wassereinsparung, Strommehrerbr.)	70.000		70.000	n.k.	270	n.k.	n.k.	29
Vogelhaus	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung einbauen, Kesselregelung,	81.300	35%	52.845	7.191	423	15.233	2,1	36
Giraffenhaus	Dachverglasung erneuern, Kessel erneuern und auf Erdgas umstellen, Regelung erneuern	81.300	80%	16.260	1.866	67	3.258	1,7	46
Nashornhaus	Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Kesselerneuerung, Regelung komplett	83.600	60%	33.440	4.190	158	6.149	1,5	33
Grzimekhaus	Einbau von PWW-Heizregistern vor den Käfigen, Verrohrung der Heizregister, zugehörige Regelung für jeden Käfig, Zusammenfassen von Fortluftkanälen auf dem Dach, Wärmerückgewinnung aus der Abluft mit Einsatz des vorhandenen Kaltwassersatzes	463.583	15%	394.045	44.531	1222	54.163	1,2	25
Wirtschaftshof	Brutkästen für die Tierhaltung /-zucht einsetzen (Kosten geben die wirtschaftliche Grenze an)	17.985		17.985	2.092	53	2.288	1,1	49
Affenanlage	Verbesserung der Regelbarkeit durch Einbau von Zusatzheizflächen in den wärmeren Käfigen (es sind die Grenzkosten der Wirtschaftlichkeit angegeben)	52.000		52.000	4.935	132	5.147	1,0	38
Gesamtaufwand / -Potential		1.020.245		673.523	68.689	2.788	165.133	2,4	
Einsparung bezogen auf Gesamtverbrauch von 8300 MWh/a(Hu) und Gaskosten von 400.000 DM/a:							33,6%	41,3%	

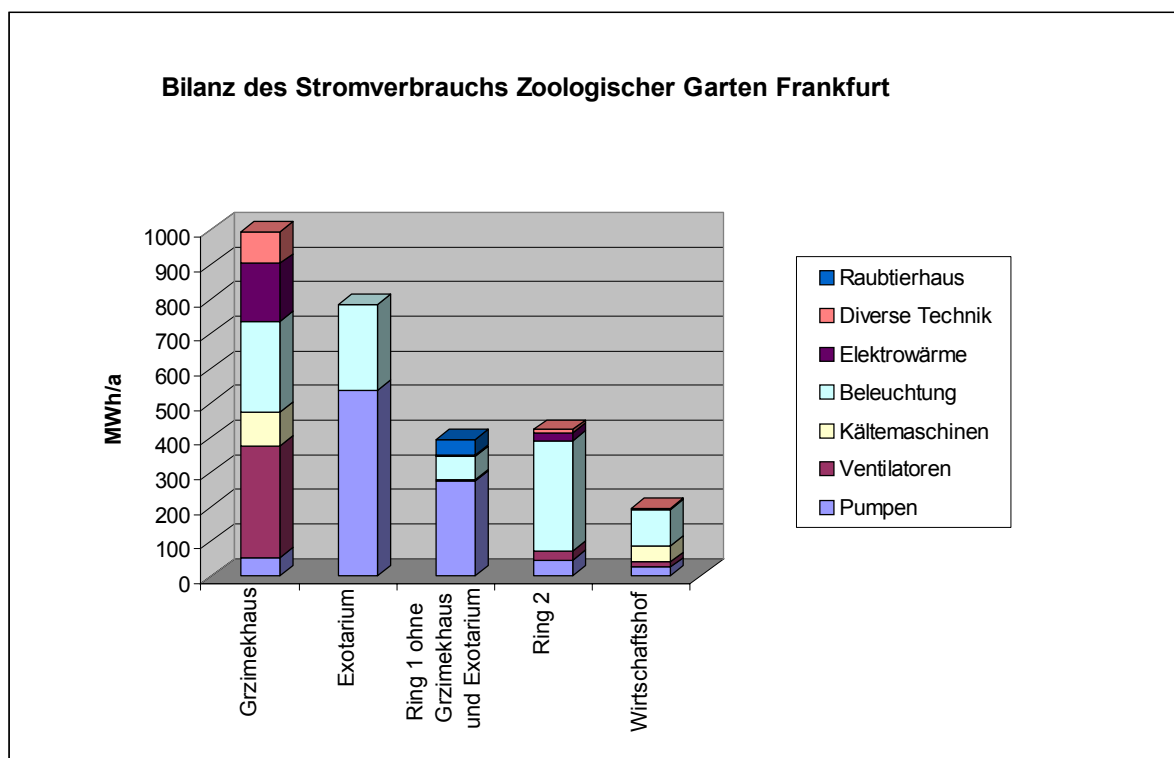
Im Prinzip ähnliche Verhältnisse sind in der Affenanlage gegeben, die mit dem vorhandenen Heizsystem nicht zonenweise geregelt werden kann. Die Installation zusätzlicher Heizkörper in den Gehegen, die eine höhere Temperatur fordern, würde es ermöglichen, die Temperatur der überwiegenden Gebäudeteile abzusenken und dadurch rd. 130 MWh/a an Erdgas zu sparen.

In der Summe können mit den genannten Maßnahmen ca. **33% des Gasbezuges eingespart** werden. Die meisten, der investiven Maßnahmen fallen im Rahmen der Bauunterhaltung ohnehin kurz- bis mittelfristig an.

Die Einsatzbedingungen für Kraft-Wärme-Kopplung sind als eher ungünstig zu bezeichnen, da die Lastgänge von Strom und Wärme wenig synchron verlaufen und der sommerliche Wärmebedarf relativ gering ist. Die Nachrechnung eines BHKW mit 50 kW elektrischer Leistung erwies sich nicht als wirtschaftlich. Auch mit 30 kW und Förderung ist keine Verbesserung zu erzielen.

0.2 Stromversorgung

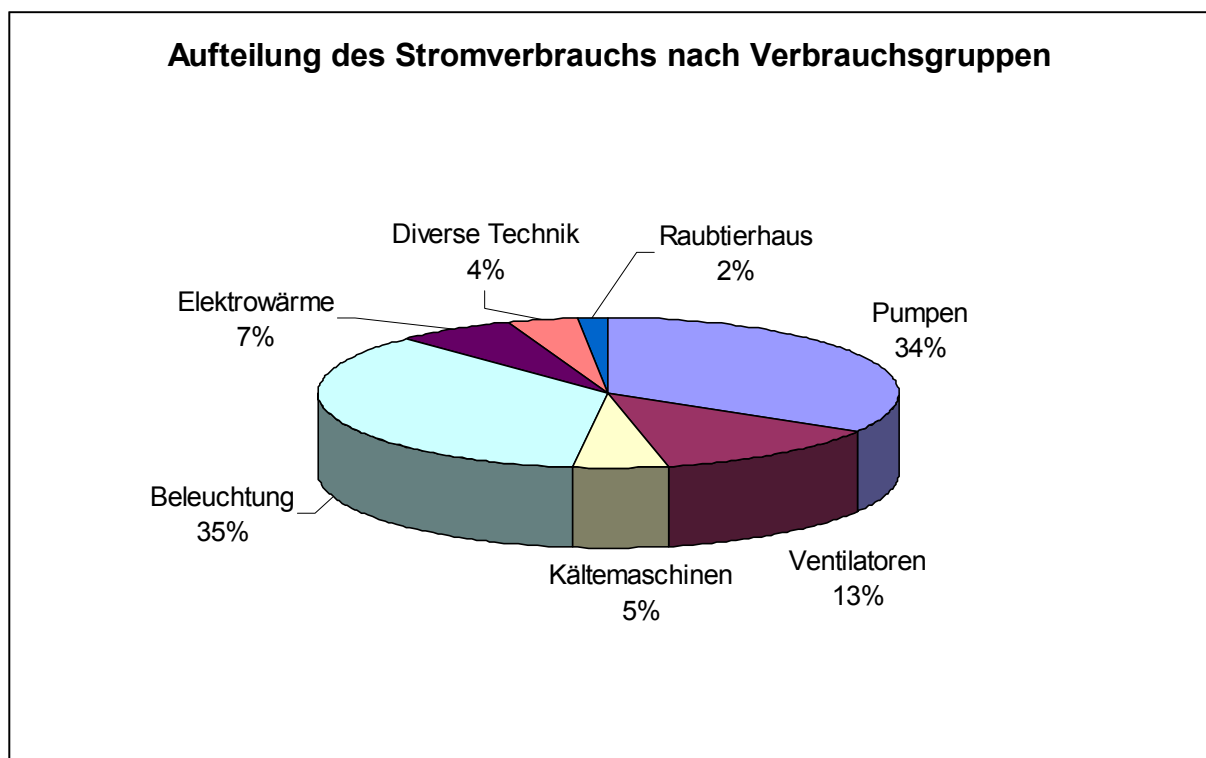
Auch im Strombereich sind die mit Abstand größten Verbraucher das Grzimekhaus und das Exotarium, die zusammen schon etwa 50% des Stroms beanspruchen.



Der Stromverbrauch und die Anteile der einzelnen Verbrauchergruppen variieren in den Gebäuden je nach Zweck des Stromeinsatzes sehr stark.

Der Anteil an Beleuchtung ist in den Bereichen, die überwiegend Schauehege innerhalb von Gebäuden besitzen, wie Grzimekhaus, Exotarium und Vogelhaus sehr hoch.

Der Strombedarf für Pumpen und Ventilatoren ist naturgemäß dort am höchsten, wo mit technischem Aufwand tiergerechte Umgebungsbedingungen geschaffen werden müssen. In der Summe wird mehr als 50% des Strombezuges dafür verwendet, wie die dargestellte Aufteilung des Stromverbrauchs zeigt.



Mit den für die Wärmeversorgung dargestellten Maßnahmen werden durch verkürzte Maschinenlaufzeiten (Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen) bereits eine Vielzahl von Spareffekten im Strombereich bewirkt. In Anlagen, die bereits eine funktionierende Regelung besitzen, oder in kurzfristig abgängigen Anlagen kann durch Prüfen / Einstellen von Reglern und Schaltuhren oder durch manuelle Eingriffe ein weiteres Einsparpotential mit geringen Investitionen erschlossen werden.

Eine Aufstellung der Mitnahmeeffekte und Maßnahmen mit geringen Investitionen ist in nachfolgender Liste dargestellt. Dadurch können etwa 6% des Stromverbrauchs und der Kosten eingespart werden.

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Stromeinsparung Mithnahmeeffekte durch Heizungsregelung			Zinsfuß	5%	o.K.: ohne Kosten n.k.: nicht kalkuliert			
Ort/Sonstiges	Verbraucher	Maßnahme Bereich Stromversorgung	Investition	Annuität +	Strom-	Mittl. Kosten-	Priorität	Bericht Seite
			geschätzt	Instandhalt.	einsparung	einsparung	(=mittl. Einsp./ Annuität + Instandhalt.)	
			DM	DM/a	MWh/a	DM/a	DM/DM	
Menschenaffen	UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer			0,83	97	o.K.	64
Menschenaffen	UP Publikum	Abschaltung im Sommer			1,21	142	o.K.	64
Menschenaffen	UP Rücklaufanhebung 2 x	Abschaltung im Sommer			0,06	6	o.K.	64
Menschenaffen	UP Schnelltrocknung	Abschaltung im Sommer			0,24	28	o.K.	64
Menschenaffen	UP Außensitzplätze 2 Wilo E	Abschaltung im Sommer			0,44	52	o.K.	64
Menschenaffen	UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer			0,83	97	o.K.	64
Menschenaffen	UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer dp-geregelte Pumpe + Heizungsregelung	1.500	199	2,73	357	1,8	64
Nashornhaus	UP Heizung	im Sommer abschalten			0,44	52	o.K.	64
Straußenhaus	UP Heizung 2 St.	dp-geregelte Pumpe + Heizungsregelung	1.500	199	2,73	319	1,6	64
Giraffenhaus	UP Heizung	im Sommer abschalten, Raum- u. Beckenheizg. koordinieren			0,94	110	o.K.	64
Max-Schmidt- Gehege	UP Heizung	im Sommer abschalten			1,32	155	o.K.	64
Bärenanlage	UP Heizung 6 Stück	dp-geregelte Pumpe	2.000	266	0,86	141	0,5	69
Sozialgebäude	UP Heizung	Zeitschaltuhr	250	33	0,44	68	2,0	69
Sozialgebäude	Zirkulation	außer Betrieb setzen			3,50	628	o.K.	69
Sozialgebäude	Lüftung Kleider Trocknung	prüfen, ob Pumpe abschaltet						69
Brutstation	DOP Heizung	außer Betrieb nehmen			0,99	250	o.K.	69
Vogelhaus	Juwelen, Besucher Abluft	außer Betrieb nehmen			3,30	832	o.K.	69
Vogelhaus	Juwelen, Besucher Abluft	nur bei viel Publikum			1,80	366	o.K.	69
Vogelhaus	Haupthalle Vent. 1 (Zu od. Ab)	betreiben			1,80	366	o.K.	69
Vogelhaus	Haupthalle Vent. 2 (Zu od. Ab)	nur noch dp-geregelte			5,91	1.131	o.K.	69
Vogelhaus	UP 1 Affenhaus	Pumpe betreiben			-0,81	-125	o.K.	69
Vogelhaus	UP 2 Affenhaus 100 - 600 W	nur noch dp-geregelte			6,57	1.257	o.K.	69
Vogelhaus	UP 1 Vogelhaus	Pumpe betreiben			-1,30	-200	o.K.	69
Vogelhaus	UP 2 Vogelhaus 120 - 1000 W	im Sommer nur Boilerladung			4,82	922	o.K.	69
Vogelhaus	DOP Fernleitung P1	und dp-geregelte Pumpe	3.500	465	3,99	753	1,6	69
Vogelhaus	DOP Fernleitung P2	Im Sommer abschalten			0,62	96	o.K.	72
Werkstadtgebäude	UP stat. Heizung	Im Sommer abschalten			0,38	59	o.K.	72
Werkstadtgebäude	UP Lüftung	Sommer abschalt. + Autobetr.			0,39	60	o.K.	72
Quarantäne	UP Wärmebeet 1	Sommer abschalt. + Autobetr.			0,41	64	o.K.	72
Quarantäne	UP Wärmebeet 2	Im Sommer abschalten			0,28	44	o.K.	72
Quarantäne	UP Lüftung	Im Sommer abschalten			0,08	12	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	UP-stat. Heizung Wohnungen	Im Sommer abschalten			0,06	10	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	UP-stat. Heizung Sozialräume	Im Sommer abschalten			0,61	93	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	UP Erhitzer Sozialräume	Nutzungszeit verkürzen			4,27	867	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	Zuluftventilator Sozialräume	Nutzungszeit verkürzen			4,27	867	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	Abluftventilator Sozialräume	außer Betrieb nehmen			0,37	107	o.K.	72
Sozialgeb. Wihof	Zuluftvent. Futterküche	Maßn.7 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,11	14		60
Grzimekhaus	Gebälsebrenner, 2 St.	Maßn.7 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,36	159		60
Grzimekhaus	UP RL-Anhebung	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,06	124		60
Grzimekhaus	UP Vorwärmer (Keller)	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,63	74		60
Grzimekhaus	UP Nachwärmer (Keller)	mit UP-Wasserkreis steuern			0,04	5	n.k.	60
Grzimekhaus	UP Wärmetauscher Becken	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,77	90		60
Grzimekhaus	UP Zubringer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,06	124		60
Grzimekhaus	UP Vorwärmer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,68	79		60
Grzimekhaus	UP Nachwärmer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			32,12	3.758		60
Grzimekhaus	Keller)	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			10,51	1.230		60
Grzimekhaus	Abl. Publikum, 3 Dachvent.	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			22,68	3.281		60
Grzimekhaus	Kälteaggregat im UG	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			6,48	937		60
Grzimekhaus	Kälteaggregat in Dachzentrale	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,45	65		60
Grzimekhaus	Kühlturmvent. Stufe 1	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,97	285		60
Grzimekhaus	Kühlturmvent. Stufe 2	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			4,92	712		60
Grzimekhaus	UP Kühlwasser	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			8,42	1.217		60
Grzimekhaus	UP Kaltwasser	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			49,93	5.842		62
Exotarium	Grundlast	10% Einsparung durch Regelung						
Summe			8.750	1.162	199,40	28.175	24,2	
Einsparung bezogen auf Gesamtverbrauch von 3300 MWh/a und Stromkosten von 540.000 DM/a:					6,0%	5,2%		

Der Ersatz von Elektrowärme wird ebenfalls zum größten Teil (Grzimekhaus) durch Maßnahmen im Bereich der Wärmeversorgung bewirkt. Insgesamt können weitere 8% Strom durch die in nachfolgender Tabelle aufgelisteten Maßnahmen eingespart werden:

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Stromeinsparung Ersatz von Elektrowärme			Zinsfuß Energiepreissteigerung alle Kosten inkl. MWSt.	5% 1%	o.K.: ohne Kosten n.k.: nicht kalkuliert			
Ort/Sonstiges	Verbraucher	Maßnahme Bereich Stromversorgung	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Strom- einsparung	mittl. Kosten- einsparung	Priorität (=mittl. Einsp./ Annuität + Instandhalt.)	Bericht Seite
			DM	DM/a	MWh/a	DM/a	DM/DM	
Vogelhaus	E-Lufterhitzer	Strom durch PWW ersetzen	6.000	797	16,00	4.058	5,1	69
Grzimekhaus	E-Nacherhitzer Dunkel	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			65,49	8.568		60
Grzimekhaus	E-Nacherhitzer Hellbereich	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			91,68	11.995		60
Grzimekhaus	Heizstrahler Quarantäne	prüfen, ob Gasstrahler möglich						60
Grzimekhaus	Luftbefeuchter Hellquarant.	gasbefeue. Dampferzeuger	20.000	2.657	92,86	5.004	1,9	60
Summe			26.000	3.453	266,03	29.625	8,6	
Einsparung bezogen auf Gesamtverbrauch von 3300 MWh/a und Stromkosten von 540.000 DM/a:					8,1%	5,5%		

Regelungs- und Steuerungsmaßnahmen außerhalb des Bereichs Wärmeversorgung sind für die Brunnenwasserpumpen, Teichbelüfter und im Exotarium sinnvoll. Dadurch werden weitere 2,3% des Stromverbrauchs eingespart (siehe folgende Tabelle).

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Stromeinsparung Sonstige Regelung / Steuerung			Zinsfuß Energiepreissteigerung alle Kosten inkl. MWSt.	5% 1%	o.K.: ohne Kosten n.k.: nicht kalkuliert			
Ort/Sonstiges	Verbraucher	Maßnahme Bereich Stromversorgung	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Strom- einsparung	mittl. Kosten- einsparung	Priorität (=mittl. Einsp./ Annuität + Instandhalt.)	Bericht Seite
			DM	DM/a	MWh/a	DM/a	DM/DM	
Straußenhaus	Brunnenwasserpumpen	Druckregelung, siehe auch Kapitel Wasserversorgung	6.000	797	31,54	4.126	5,2	64
Weiherr Nord	Belüfter 1	automat. über Messung des O2-Gehaltes	1.500	199	4,40	576	2,9	64
Weiherr Nord	Belüfter 2		1.500	199	3,20	419	2,1	64
Grzimekhaus	Türschleier Sandlager	prüfen ob im Sommer abgeschaltet						60
Grzimekhaus	Türschleier Publ. Ein/Ausgang	prüfen ob im Sommer abgeschaltet						60
Grzimekhaus	UP Wasserkreis Becken	prüfen ob Intervallbetrieb möglich						60
Grzimekhaus	UP Wasserkreis Becken	prüfen ob Intervallbetrieb möglich						60
Grzimekhaus	UP Wasserkreis Becken	prüfen ob Intervallbetrieb möglich						60
Exotarium	nachts abschaltbare Geräte	Geräte konsequent abschalten			37,50	4.042		62
Summe			9.000	1.195	76,64	9.162	7,7	
Einsparung bezogen auf Gesamtverbrauch von 3300 MWh/a und Stromkosten von 540.000 DM/a:					2,3%	1,7%		

Ein bedeutender Verbrauchsanteil besitzt die Beleuchtung. Aufgrund der vorhandenen Datenbasis sind differenzierte Untersuchungen im Grzimekhaus durchgeführt und die Ergebnisse auf andere Gebäude übertragen worden.

Einsparmöglichkeiten eröffnen sich durch den Ersatz von Halogenstrahlern, die fast in allen Bereichen des Zoo in den Gehegen gerne eingesetzt werden, um die Tiere mit Strahlungswärme zu versorgen. Es ist eine verbreitete Meinung unter den für die Tiere verantwortlichen Personen, daß die Strahlungswärme ein bedeutender Faktor für die Lebenserwartung der Tiere sei. Dieser Aussage steht allerdings das in der Dunkelabteilung des Grzimekhauses installierte Lampenspektrum entgegen, das hauptsächlich Leuchtstoffröhren und effiziente Entladungslampen enthält. Mit dem Ansatz, daß Helligkeit möglicherweise Strahlungswärme zu einem Anteil ersetzen kann, ist das Einsparpotential in nachfolgender Tabelle abgeschätzt.

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Stromeinsparung Beleuchtung		Zinsfuß Energiepreissteigerung alle Kosten inkl. MWST.	5% 1%	o.K.: ohne Kosten n.k.: nicht kalkuliert				
Ort/Sonstiges	Verbraucher	Maßnahme Bereich Stromversorgung	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Strom- einsparung	mittl. Kosten- einsparung	Priorität (=mittl. Einsp./ Annuität + Instandhalt.)	Bericht Seite
			DM	DM/a	MWh/a	DM/a	DM/DM	
Menschenaffen	Beleuchtung; abgeschätzt mit 13 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	5.625	747	9,38	1.443	1,9	64
Nashornhaus	Beleuchtung; abgeschätzt mit 9 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	1.665	221	2,78	427	1,9	64
Giraffenhaus	Beleuchtung; abgeschätzt mit 9 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	1.935	257	3,23	496	1,9	64
Affenanlage	Beleuchtung; abgeschätzt mit 23 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	8.100	1.076	16,20	4.165	3,9	69
Tierkinderhaus	Beleuchtung; abgeschätzt mit 30 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	1.350	179	2,70	694	3,9	69
Vogelhaus	Beleuchtung; abgeschätzt mit 42 W/m ² benutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 30%	35.460	4.710	70,92	18.233	3,9	69
Werkstadtgebäude	Beleuchtung; abgeschätzt mit 15 W/m ² genutzter Fläche	Flurlicht über Bewegungsmelder	5.451	724	9,08	2.434	3,4	72
Quarantäne	Beleuchtung; abgeschätzt mit 12 W/m ² genutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 15%	972	129	1,94	500	3,9	72
Sozialgeb. Wihof	Beleuchtung; abgeschätzt mit 10 W/m ² genutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 15%	450	60	0,90	231	3,9	72
Tierhaltg. Wihof	Beleuchtung; abgeschätzt mit 10 W/m ² genutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 15%	718	95	1,44	369	3,9	72
Veterenärstation	Beleuchtung; abgeschätzt mit 20 W/m ² genutzter Fläche	Ersatz von Strahlern, Leistungsreduktion 15%	900	120	1,35	371	3,1	72
Grzimek. Hellzone	Strahler	Reduktion Strahler auf 20%						o.K.
Grzimek. Hellzone	Entladungslampen (27 St.)	80% d. Lichtstroms ersetzen	27.000	3.586	47,46	7.303	2,0	61
Grzimek. Dunkel	dimmbare Leuchten	Austausch erfolgt z. Zt.	n.k.		8,84	953	n.k.	61
Exotarium	Beleuchtung Lampenmix	Ersatz von Strahlern durch Entladungslampen			52,56	8.088	n.k.	62
Exotarium	Strahler	Ersatz von Strahlern durch Entladungslampen			53,66	8.257	n.k.	62
Summe			89.625	11.905	282,43	53.964	4,5	
Einsparung bezogen auf Gesamtverbrauch von 3300 MWh/a und Stromkosten von 540.000 DM/a:					8,6%	10,0%		

Weitere Einsparungen entstehen durch den successiven Austausch von Leuchtstofflampen im Grzimekhaus und den Einbau von Flur- und Treppenlichtschaltungen im Wirtschaftshof.

Automatische Tageslichtsteuerungen im Grzimekhaus, Exotarium und Vogelhaus sind noch mit den Verantwortlichen zu prüfen.

Alle Maßnahmen sparen zusammen ca. 25% Strom und Kosten ein.

Weitere Empfehlungen:

Es sollte geklärt werden, weshalb die in der Lastmessung festgestellte Leistungsspitze des Ring 2 wesentlich geringer ist, als die abgerechnete Leistungsspitze.

Für den Wirtschaftshof sollte eine Lastmessung durchgeführt werden.

Die Zählleinrichtungen sollten so umgebaut werden, daß das Grzimekhaus separat erfaßt wird.

Für das Exotarium sollte ein eigener Zähler eingebaut werden.

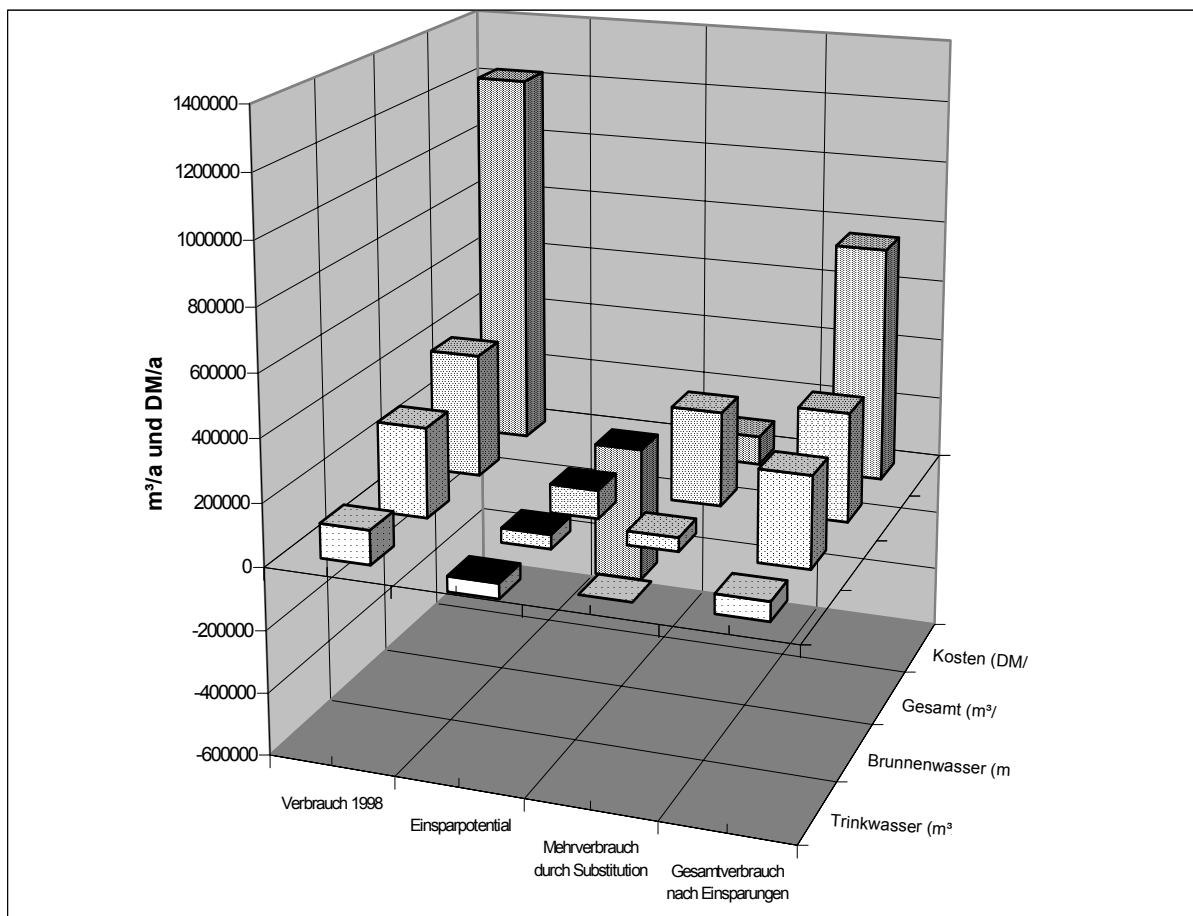
Auch im Strombereich sollten weitere Unterzähler eingebaut und regelmäßig abgelesen werden.

0.3 Wasserversorgung

Die Versorgung mit Trink- und Brunnenwasser im Zoo ist ein bedeutender Kostenfaktor. Das Wasser wird für eine Vielzahl von Nutzungen eingesetzt, die stärksten Verbraucher sind Bewässerung, Reinigung und Frischwasserversorgung für die Tiere. Das Wasser wird sorgsam verwendet, übermäßige Verschwendung ist uns nicht aufgefallen. Bereits in den vergangenen Jahren wurden Einsparbemühungen mit Erfolg durchgeführt, eine grössere Massnahme (Wärmepumpe zur Einsparung von Trinkwasser zu Kühlzwecken im Exotarium) wurde bisher noch nicht abgeschlossen. Auf diese Massnahme gehen wir im Kapitel Wasser nicht mehr ein.

Die von uns vorgeschlagenen Maßnahmen führen zu den in der folgenden Tabelle dargestellten Wasser- und Kosteneinsparungen:

	Stand 1998	Einsparpotential	Mehrverbrauch durch Substitution	Gesamt nach Einsparungen
Trinkwasser (m ³ /a)	109.881	-49205	-	60.676
Brunnenwasser (m ³ /a)	293.803	-46766	45.790	292.827
Wasser gesamt (m ³ /a)	403.684	-95971	45.790	353.504
Kosten (DM/a)	1.227.893 DM	- 461.043 DM	95.052 DM	861.901 DM



Die Maßnahmen zur Wasser- und Kosteneinsparung können in folgende Massnahmenpakete zusammengefasst werden können:

Einsparungen bei Dauerläufern mit Brunnenwasser:

Eine Reihe von Tränken-, Becken- und Gräbenzuläufen werden z.Zt. über 24h am Tag mit Brunnenwasser gespeist. Bei den von uns genannten Einspeisungen sollte die betriebliche Notwendigkeit der Dauereinspeisung überprüft und ggf. reduziert werden, entweder durch Unterbrechung des Zulaufs während der Nacht oder durch Verringerung des Zulaufs. Wir gehen von einem Einsparpotential von 30% des

Wasserverbrauchs bei diesen Verbraucher aus. Durch diese Einsparungen wird Brunnenwasserkapazität frei für Umstellungen von Trink- auf Brunnenwasser.

Umstellung von Trink- auf Brunnenwasser:

Zur Kosteneinsparung können noch eine Vielzahl von Verbrauchern, die z.Zt. mit teurem Trinkwasser betrieben werden, auf Brunnenwasser umgestellt werden.

Insbesondere sind dies in den noch nicht an das Brunnenwassernetz angeschlossenen Häusern Reinigungs- und Spülarbeiten sowie Bewässerungen.

Hierzu ist eine Erweiterung des Brunnenwassernetzes notwendig. Die Brunnen- und Pumpenkapazitäten sowie die zugelassene Fördermenge sind für die vorgeschlagenen Umstellungen ausreichend.

Regenwassernutzung:

Regenwassernutzung kommt wegen der erforderlichen Auffangflächen nur im Bereich Wirtschaftshof / Gewächshäuser in Frage. Hier kann die vorhandene Anlage erweitert werden. Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Massnahme ist ein erheblicher Zuschuss aus öffentlichen Mitteln.

Verschiedene:

Eine Anzahl von weiteren kleinen Maßnahmen, die der Wasser- und Kosteneinsparung dienen, z.B. der Einbau von Wasserzählern, , sind unter "Sonstige Massnahmen" beschrieben.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über alle vorgeschlagenen Maßnahmen sowie den daraus resultierenden Wasser- und Kosteneinsparungen und der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.

Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Energie- und Wassereinsparung			Zinsfuß: 5%	o.K.: ohne Kosten							
Bereich: Wasser			Energiepreissteigen 1%	n.k.: nicht kalkuliert							
			Alle Kosten incl. Mwst.								
Nr.	Ort/Sonstiges Verbraucher	Maßnahme	Investition gesamt DM	Anteil Bauunterhaltung %	Annuität DM/a	In-standhaltung DM/a	Wassereinsparung m³/a	mittl. Kostenersparung DM/a	Priorität		
									(=mittl. Kosteneinsparung / Annuität+Instandh.) DM / DM		
1	Verschiedene	Tränken, Becken etc., die dauernd gespeist werden	Zulauf drosseln od. zeitabhängig schliessen	5.370	0%	627	107	46.766	67.187	91,51	
Paket (Nr. 1)			Dauerläufer reduzieren					46.766	67.187	91,51	
2	Bärenanlage	Reinigung, Bewässerung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	9.855	0%	885	197	0	16.769	15,50	
3	Vogelhaus und Niedere Affen	Reinigung, Bewässerung, Tränken, Grabenfüllung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	64.673	0%	5.538	1.293	2.534	60.122	8,80	
4	Menschenaffen- u. Nashornhaus	Reinigung, Bewässerung, Wasserfall	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	12.500	0%	1.182	250	0	26.585	18,56	
5	Max Schmidt-Anlage	Reinigung, Bewässerung, Wasserbeckenfüllung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	35.223	0%	3.057	704	0	26.930	7,16	
6	Grzimekhaus	Reinigung, Bewässerung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	57.370	0%	5.154	1.147	0	78.397	12,44	
7	Exotarium	Reinigung, Bewässerung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	49.240	0%	4.480	985	0	61.281	11,21	
8	Verschiedene	Reinigung, Bewässerung, Tränken, Grabenfüllung	Trinkwasser durch Brunnenwasser ersetzen	40.880	0%	3.869	818	0	26.658	5,69	
Paket (Nrn. 2-8)			Brunnenwassernetz erweitern					2.534	296.741	10,04	
9	Gewächshäuser	Bewässerung, Waschplatz	Regenwasseranlage für Gewächshäuser erweitern	15.830	0%	1.286	1.583	880	4.495	1,57	
Paket (Nr. 9)			Regenwasseranlage					880	4.495	1,57	
10	Ring-einspeisung	Alle am Ring	Einspeisungen mit höheren Gebühren zugunsten anderen	0	0%	0	0	0	24.703	o.K.	
11	Zapfstelle ausserhalb Station	extern (städt. Grünflächenamt)	Einspeisungen drosseln Wasserabgabe abrechnen	0	0%	0	0	0	n.k.	o.K.	
12	Gartenbewässerung	Gartenbewässerung	Pumpe demontieren, Bewässerung direkt betreiben	0	0%	0	0	0	n.k.	n.k.	
13	Verschiedene	Verschiedene	Zähler einbauen und ablesen	13.800	n.k.	n.k.	n.k.	0	0	0	
14	Brunnen 3 und 4	Pumpen (Strom)	Steuerung mit Frequenzwandler einbauen	s. Kapitel Strom							
15	Brunnen 1		Druckschalter Brunnenpumpe einbauen	0	0%	0	0	0	n.k.	n.k.	
Paket (Nrn. 10-15)			Sonstige			13.800		0	24.703	n.k.	

Die Nummern der einzelnen Maßnahmen entsprechen der Numerierung im Bericht

1 Wärmeversorgung

Vorbemerkungen:

Die Versorgungsstränge für Gas/Wärme wurden ermittelt und den EVU-Zählern zugeordnet. In der Wärmebilanz sind jeweils alle Gebäude eines Gasversorgungsstranges zusammengefaßt, um das rechnerische Ergebnis mit dem gemessenen Verbrauch direkt vergleichen zu können.

Die Berechnung des Nutzwärmebedarfs ist differenziert nach den Transmissionswärmeverlusten des Gebäudes auf der Basis der 1992 durchgeführten Erhebung der Gebäudedaten, dem Lüftungswärmebedarf für freie, sowie für mechanische Lüftung und dem Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung.

Die Transmissionswärmeverluste sind nach dem Kurzverfahren des „Leitfadens Energiebewußte Gebäudeplanung“ (LEG-k) berechnet. Die Lüftungswärmeverluste ergeben sich bei freier Lüftung aus dem angenommenen Luftwechsel und dem beheizten Gebäudevolumen.

Der Wärmebedarf für mechanische Lüftung ist stundenweise anhand der mittleren monatlichen Außentemperaturen für Frankfurt (DIN 4710, bewölkungsunabhängiger Datensatz) berechnet. Dadurch können die Energiemengen in verschiedenen Nutzungszeiten mit unterschiedlichen Solltemperaturen berechnet werden.

Beim Grzimekhaus mußte das Verfahren noch weiter differenziert und die Bilanzen für Vorerhitzer und Nacherhitzer des Dunkelbereiches zusätzlich gebildet werden.

In die Bilanz um den Wärmeerzeuger geht der berechnete Nutzwärmebedarf und die Kesseldaten feuerungstechnischer Wirkungsgrad, Bereitschaftsverlust, Bereitschaftszeit ein. Die Heizzahl ist über die Vollbenutzungsstunden mit den Kesseldaten verknüpft und muß iterativ errechnet werden.

Als Vergleichsbasis für berechnete Verbräuche dient der Mittelwert der gemessenen und witterungsbereinigten Verbräuche der letzten 3 Jahre.

Die vorgesehene Kontrolle der Berechnungen durch umfangreichere Messungen bzw. Zählerablesungen konnte nicht durchgeführt werden.

In den Wirtschaftlichkeitsrechnungen (Anhang Wärmeversorgung) sind die anteiligen Gesamtinvestitionen der Maßnahmen angegeben und der zugehörige Anteil für notwendige Bauunterhaltung abgeschätzt. Die Annuität ist um den jeweiligen Bauunterhaltungsanteil verringert.

Die sinnvollen Gesamtinvestitionen können höher sein als die der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegten Beträge.

Beispiel Regelung: Vielfach ist eine Kesselregelung (Kesselfolgeschaltung, wasserseitige Absperrung, witterungsgeführte Abschaltung) untersucht. Gleichzeitig sind aber die Heizkreisregelungen, Schaltschränke und Feldgeräte im Zoo bis auf wenige Ausnahmen ebenfalls sanierungsbedürftig und würden sinnvollerweise bei einer Erneuerung der Kesselregelung einbezogen werden. Diese Kostenanteile sind in der Maßnahme „Kesselregelung“ dann nicht erfaßt.

Für die meisten Maßnahmen sind die statische Amortisationszeit und die annuitätischen Jahreskosten angegeben. Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn die damit bewirkten Jahreskosten geringer sind als ohne die Maßnahme und die statische Amortisationszeit unterhalb der Lebensdauer der Maßnahme liegt.

1.1 Bereich Grzimekhaus

Menschenaffenhaus, Ponyhaus, Straussenhaus, Exotarium, Grzimek-Haus, Nashornhaus und Brutstation werden gemeinsam über eine Gaseinspeisung versorgt. Daher werden diese Gebäude gemeinsam in der Wärmebilanz betrachtet.

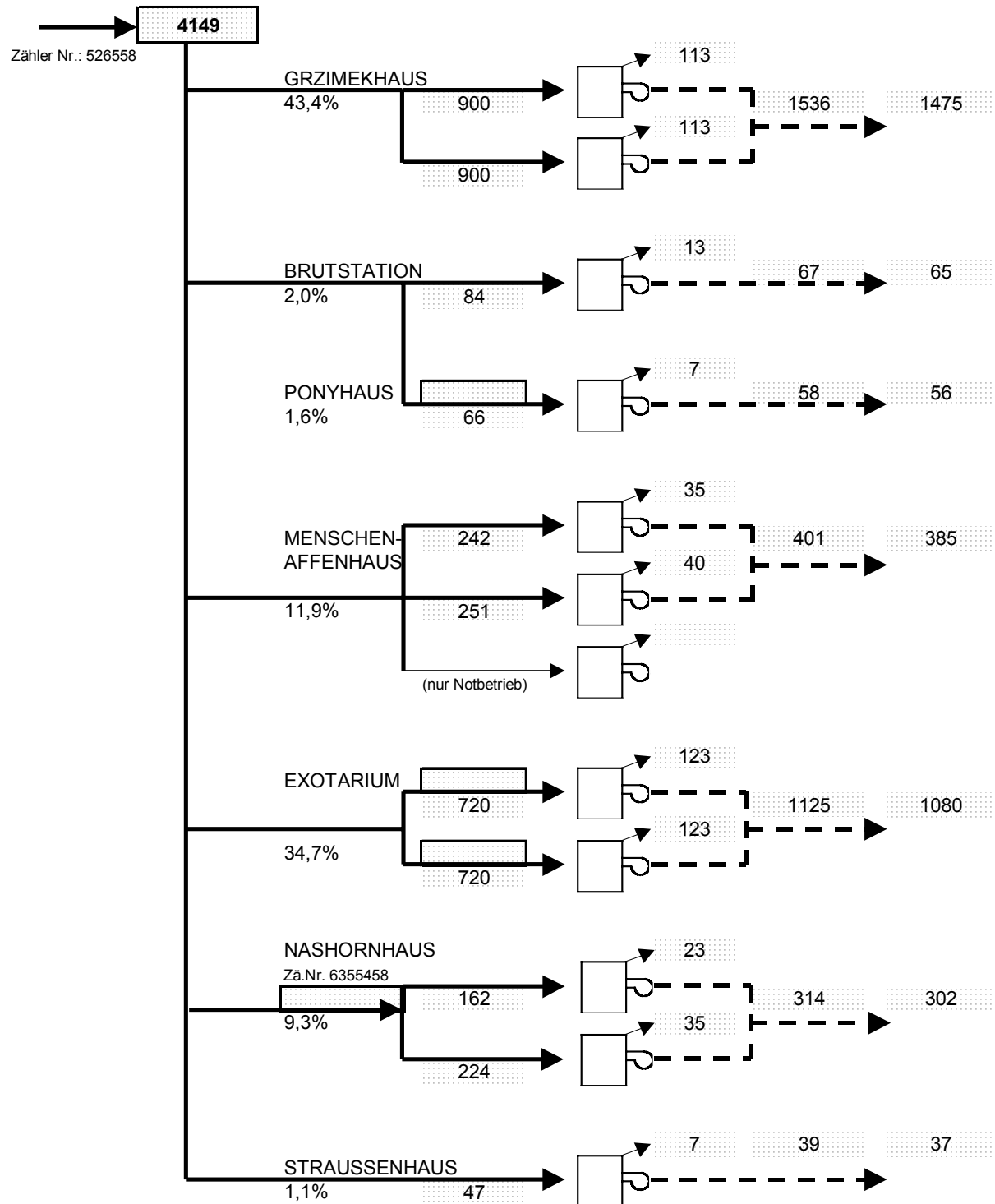
Die Verbrauchswerte sind nachvollziehbar, wenn durchweg die k-Werte gegen Grund von 3,3 auf 1,5 reduziert werden. Die mittleren Raumtemperaturen in Pony-, Nashorn-, Straussenhaus und Brutstation sind gegenüber den Angaben aus der Datenaufnahme 1992 reduziert. An den baulichen Daten sind keine Änderungen vorgenommen worden.

In nachfolgend dargestelltem Schema sind die bilanzierten Verbräuche und Verluste für den Ist-Zustand dargestellt. Die ausführlichen Tabellen dazu befinden sich im Anhang Wärmeversorgung.

Die mit Abstand größten Verbraucher sind Grzimekhaus und Exotarium, die zusammen fast 80% des Gasverbrauchs in diesem Strang aufweisen.

Der flächenspezifische Heizwärmebedarf ist mit über 900 kWh/m²a beim Grzimekhaus am größten, während er im Nashornhaus um 660 kWh/m²a und in Exotarium, Straußenhaus und Menschenaffenhaus um 400 – 450 kWh/m²a liegt. Die günstigsten Verbrauchswerte liegen mit ca. 150 kWh/m²a in der Brutstation vor.

Gas-einspeisung	Gasmenge Hauptstrang (Hauptzähler)	Gebäude	Gasmenge Teilstrang	Umwandlungs-Verluste	Nutzwärme ab Kessel	Nutzwärme
	MWh/a (Hu)		MWh/a (Hu)	MWh/a	MWh/a	MWh/a



Werte gemessen
 Werte berechnet

Gas
 Wärme

SUMMEN:	4149	104,0%	4315		631	3540	3399
----------------	------	--------	------	--	-----	------	------

1.1.1 Grzimekhaus

1.1.1.1 Anlagenbeschreibung

Im Untergeschoß befinden sich die Nachttierkäfige (Dunkelbereich), in denen ein um 12 Stunden verschobener Tagesrhythmus künstlich erzeugt wird. Im oberen Geschoß herrscht normaler Tagesgang.

Die Wärmeverteilung im Grzimekhaus erfolgt ausschließlich durch zwei Lüftungsanlagen im UG und eine Anlage auf dem Dach.

Die Belüftung erfolgt mit 100% Außenluft ohne Wärmerückgewinnung. Die Zuluft wird von den Zentralgeräten in die Wärtergänge geblasen. Ein Teilstrom wird dabei in Kanälen bis vor die Käfige geführt und dort im Wärtergang ausgeblasen. In den Wärtergängen befindet sich je Käfig(gruppe) ein drehzahlregelbarer Zuluftventilator und im Zuluftkanal jeweils ein elektrischer Nacherhitzer. Für besonderen Bedarf sind elektrisch betriebene Befeuchtungsgeräte (nur eines betriebsbereit) bzw. ein vom Kaltwassersatz versorgtes Kühlregister eingebaut.

Insgesamt werden 42 Käfige und einige weitere Räume (Küche, Hellquarantäne, Wärtergänge) von der Lüftungsanlage versorgt. Die Temperaturanforderungen in den einzelnen Käfigen können je nach Tierbesatz auch bei direkt nebeneinander liegenden Gehegen unterschiedlich sein.

Die niedrigste Käfigtemperatur (Kiwi's) im Nachttierbereich beträgt in der „Tiernacht“ ca. 15°C und gibt die Wärtergangtemperatur vor. „Tagsüber“ werden manche Käfige auf etwa 25°C aufgeheizt.

Wegen des Einflusses der Speichermassen der Wärtergänge muß die Zulufttemperatur mit etwa 10-12 °C (gemessen) eingeblasen werden, damit die Durchschnittstemperatur im Wärtergang auf 15°C absinkt und die gewünschte Käfigtemperatur erreicht werden kann.

Zur Kühlung der Nachttierkäfige ist im Keller ein Kaltwassersatz mit einer Kälteleistung von 222 kW und in der Dachzentrale ein Kälteaggregat mit Direktverdampfer von ca. 55 kW Kälteleistung (3-stufig) installiert.

Wegen Vereisung des (dem Kühlregister nachgeschalteten) Heizregisters in der Dachzentrale wurde ein Heißgasbeypass an der Kältemaschine installiert. Dieser bewirkt jedoch nun, daß die Kältemaschine trotz geringerer Kälteabgabe immer in Stufe 3 läuft.

Die im Hellbereich liegenden Käfige und der entsprechende Publikumsbereich werden nicht gekühlt.

Nach der Nachtabenkung muß die Speichermasse mit entsprechend höheren Zulufttemperaturen (vermutlich ca. 28°C) wieder aufgeheizt werden.

Die Abluft aus den Käfig(grupp)en wird über drehzahlgeregelte Dachventilatoren abgesaugt und über Dach geblasen. Die Ablüfter sind auf dem Dach gut zugänglich.

Die Dachverglasungen aus Kunststoff - Stegplatten in den oberen Käfigen weisen erhebliche Spalte (stellenweise 2-3 cm) auf, so daß die mechanische Luftabsaugung in diesen Bereichen an Effektivität verliert und kalte Außenluft nachströmen kann.

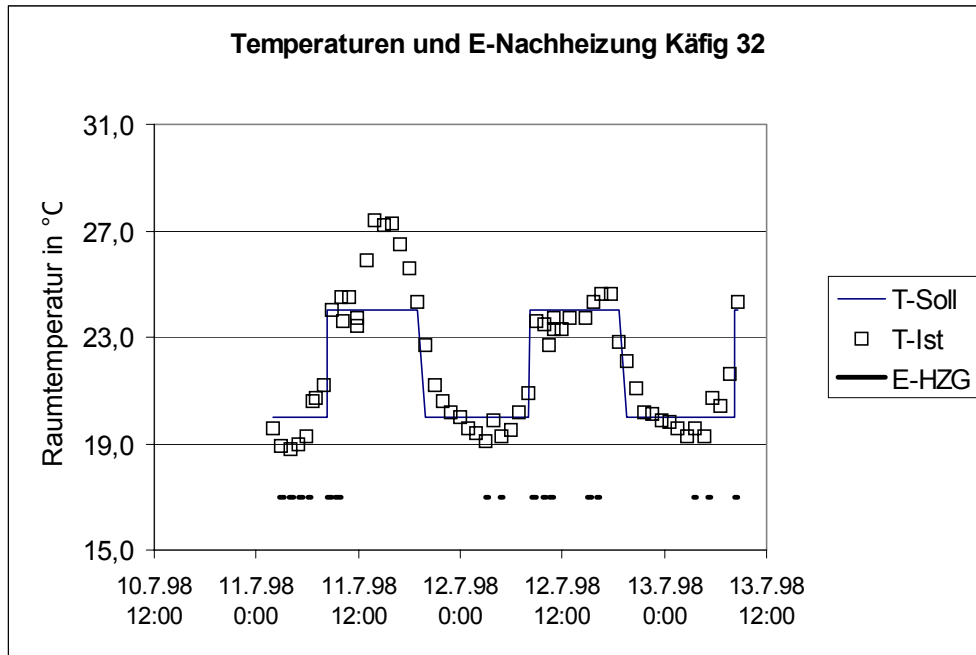
Nach Aussage des Betriebspersonals sind die Zu- und Abluftventilatoren der Käfige nicht auf Vollast eingestellt. Wie hoch der tatsächliche Luftwechsel durch die Käfige ist, läßt sich nicht feststellen.

Welchen Stromverbrauch die elektrischen Nacherhitzer bewirken, läßt sich nur schwer feststellen, da jeder Käfig sein eigenes Temperaturprofil fordert und die Randbedingungen (Wärmeverluste, Wärmegewinne, Luftwechsel) unterschiedlich sind.

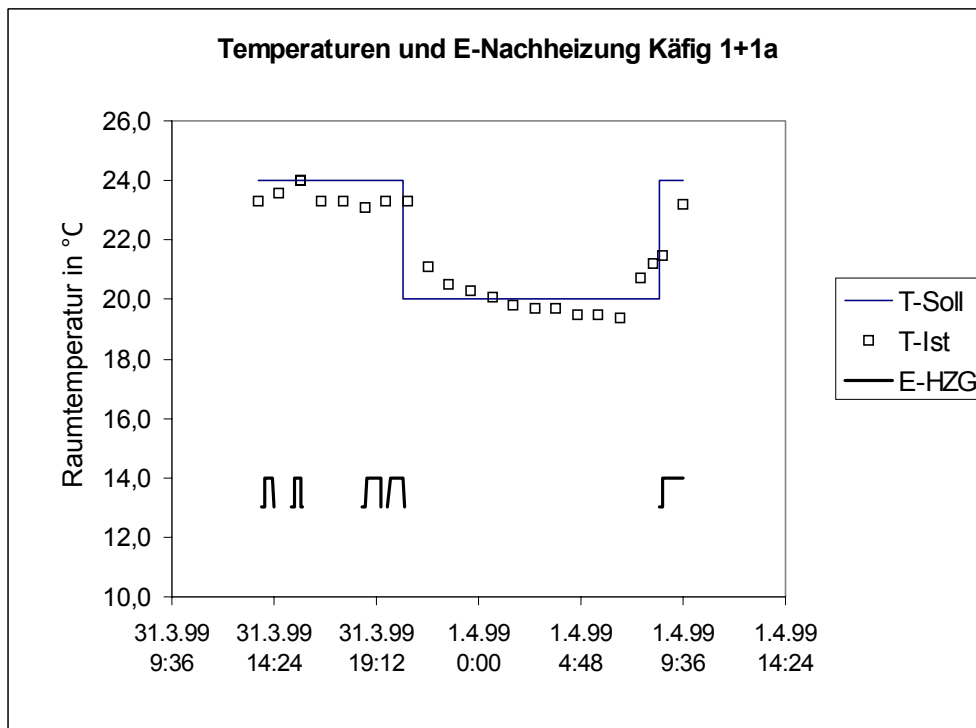
Durch den teilweisen Ersatz von defekten Regelungsgeräten mit modernen DDC-Reglern wurden Messungen der Temperaturen und der Einschaltung der E- Heizregister möglich, die vom Betriebspersonal an einigen Käfigen bereits im Juli 1998 und auf unseren Wunsch an anderen Käfigen im Dunkelbereich im April 1999 durchgeführt wurden. Die nachfolgende Auswertung zeigt, daß auch im Sommer noch Elektrowärme gebraucht wird und der Bedarf insgesamt sehr unterschiedlich ist.

Aufgrund der Betriebszeitenanteile für Elektro- Nachheizung in den ausgewerteten Käfige schätzen wir den Stromverbrauch der E- Nacherhitzer auf ca. 150 MWh/a.

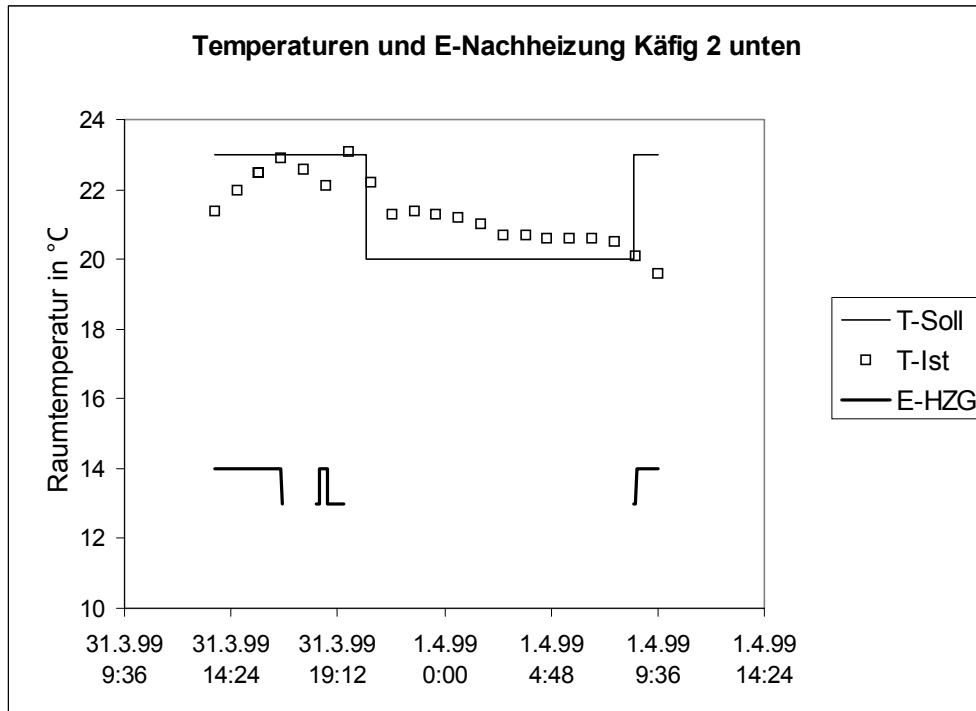
Die Auswirkungen der Dachverglasung in Käfig 32 sind am Temperaturverlauf deutlich zu erkennen.



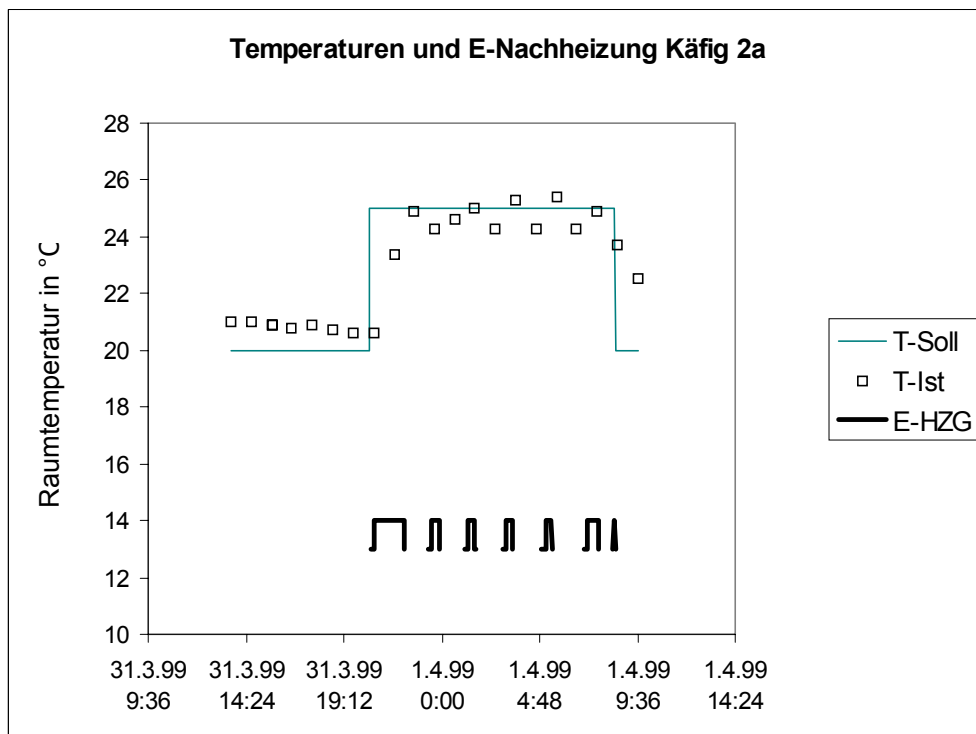
Käfig 1+1a, sowie Käfig 2 unten sind Gehege mit natürlichem Tageslicht und entsprechenden Solltemperaturen, liegen jedoch an einem Wärtergang, der auch Dunkelkäfige bedient. Wir haben dort gegen 10.00 Uhr Einblastemperaturen zwischen 10 und 12°C gemessen.

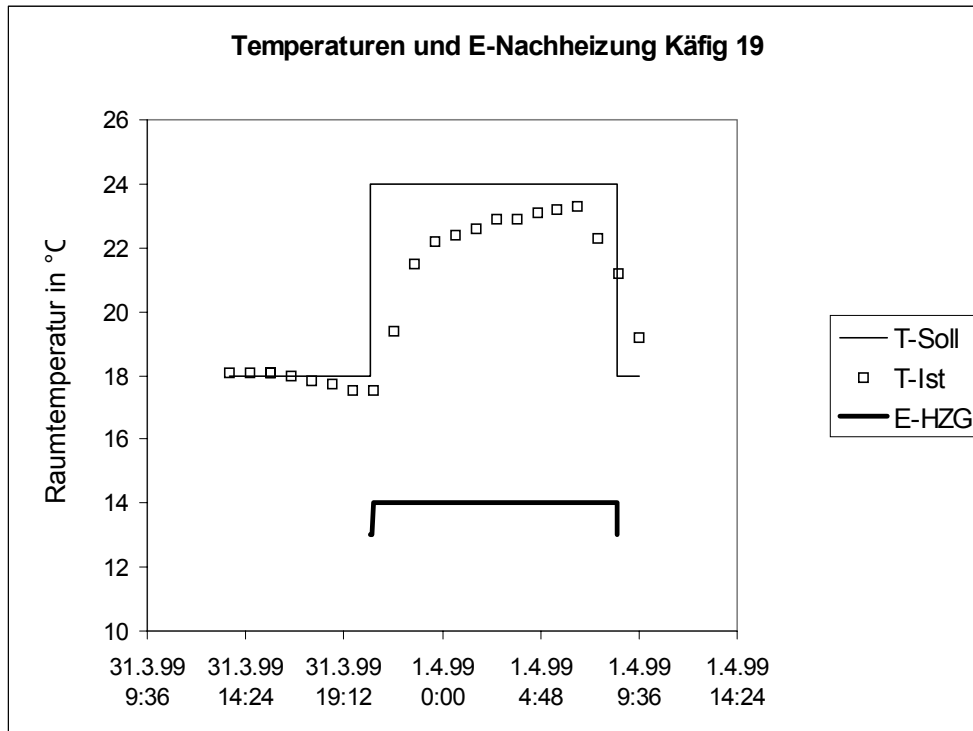


(Elektroheizung ist zweistufig; unmaßstäblich dargestellt)



Käfig 2a und Käfig 19 sind Gehege im Dunkelbereich. In Käfig 19 muß die Elektroheizung auf Stufe 2 durchlaufen, um die Solltemperatur nur annähern zu erreichen. Offensichtlich wird die Zulufttemperatur in den Wärtergang noch vor dem Ende des „Tiertages“ reduziert, so daß die Käfigtemperatur trotz laufender Elektroheizung abfällt.





1.1.1.2 Maßnahmenvorschläge

Ersatz der elektrischen Nachheizregister und Einsatz von PWW- Registern (Maßn. 1) mit höherer Leistung als die vorhandenen E- Register. Die Heizregister werden über neu zu verlegende Rohrleitungen, die in den Wärtergängen untergebracht werden können, versorgt. Die bestehenden Lüftungsanlagen übernehmen lediglich noch die witterungs- und bedarfsgeführte Vorkonditionierung der Zuluft auf eine kontinuierliche Temperatur in den Wärtergängen von ca. 14°C (im Winter) – 18°C (im Sommer). Die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur in den Wärtergängen sollen unterbunden werden, so daß der Einfluß der Speichermassen möglichst gering wird.

Sofern von den Pflegern und Biologen gestattet, kann die Außenluftmenge über die drehzahlregelbaren Zuluftventilatoren reduziert werden (Maßn.2). Nach Rücksprache mit Dr. Dmoch wurde die Luftwechselrate damals nach Erfahrungen aus der Tierhaltung festgelegt. Ob und wie weit der Außenluftanteil reduziert werden kann, läßt sich nur durch den Versuch herausfinden. Bei dem im Bau befindlichen Raubtierhaus wurde eine Luftwechselrate von 4,5 – 5,5 pro Stunde geplant. Auf das Grzimekhaus übertragen, könnte die Luftwechselrate um ca. 30% gesenkt werden. Die untersuchten Maßnahmen wurden auch mit reduziertem Luftbedarf geprüft.

Beim Umbau eines Geheges könnte probeweise auf einen Teil- Umluftbetrieb umgestellt werden. Dabei könnte der erforderliche Abluftkanal auf der Innenseite des Geheges angebracht werden und die Abluft von der Käfigdecke zum Ventilator führen.

Ein Zusammenführen der Außen- und Fortluftkanäle ist wegen der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich, so daß der Einsatz von Plattenwärmetauschern zur Wärmerückgewinnung ausscheiden muß. Ein Kreislauf-Verbund-System (KVS) könnte jedoch nachgerüstet werden (Maßn. 3). Die vorhandenen Kühlwasserleitungen könnten dabei genutzt werden, solange keine Wärme über den Kühlturm abgeführt werden muß. Wegen der unterschiedlichen Heizzeiten des Hell- und Dunkelbereiches wurde in der Berechnung unterstellt, daß jeweils das höchste Ablufttemperaturniveau zur Wärmerückgewinnung genutzt wird. Der Rückwärmegrad beträgt dabei rechnerisch etwa 24%. Die Kälteerzeugung wurde in dieser Variante wie bisher angenommen.

Eine Wärmerückgewinnung aus der Fortluft unter Benutzung der vorhandenen Kälteanlage als Wärmepumpe (Maßn. 4) könnte eine wesentlich größere Wärmeeinsparung erzielen, fordert jedoch einen höheren Strombedarf und dämpft dadurch die Energie- und Kosteneinsparung.

Grzimekhaus Maßnahmen an der Lüftungsanlage	Investition (geschätzt) DM	Anteil Bau- unterhalt. %	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung DM/a	Priorität
			Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a		
1 neue PWW Heizregister an Käfigen	347.635	20%	296	183	36.948	1,2
2 Maßn. 1 + reduzierte Luftmenge	347.635	20%	676	190	54.385	1,7
3 Maßn. 1 + WRG m. KVS	447.783	16%	659	178	52.001	1,2
4 Maßn. 1 + WRG m. vorh. Kältemasch.	463.583	15%	1222	4	54.163	1,2
5 Maßn. 4 + reduzierte Luftmenge	463.583	15%	1338	58	66.570	1,5
6 Maßn. 1 + WRG m. Ad-sorptions KM	801.283	9%	553	146	43.240	0,5

Im Hinblick auf den Einsatz einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung wurde eine Adsorptions-Kältemaschine (AdKM) untersucht (Maßn. 6). Diese bietet den Vorteil niedriger Antriebstemperaturen ab 55°C bis 90°C und stellt damit keine Einschränkung für übliche BHKW dar. Solche Geräte werden heute jedoch noch selten als Wärmepumpe eingesetzt, da ihre Leistungsziffer relativ ungünstig ist. Die Nachrechnung hat gezeigt, daß die hohen Investitionskosten durch Verbrauchskosteneinsparungen nicht ausgeglichen werden können. Insbesondere die Stromkosten verringern sich trotz des wesentlich geringeren Anschlußwertes wegen der längeren Betriebszeit nicht.

In den zuvor dargestellten Maßnahmen sind keine Kostenanteile der Bauunterhaltung zugerechnet !

Maßnahme 7:

Die Kessel werden heute auf maximaler Kesseltemperatur betrieben, weil die Lüftungswärme über die vorhandenen Heizregister und die Temperaturdämpfung durch die Speichermassen in den Wärtergängen nicht schnell genug in die Gehege gebracht werden kann. Mit den neuen Heizregistern vor den Käfigen entspannt sich dieser Engpaß, so daß eine Kesselregelung (Anpassen der Vorlauftemperatur an die Anforderungen, Kesselfolgeschaltung, Kesselabschaltung) sinnvoll wird.

Obwohl die Kessel schon 33 Jahre alt sind, lohnt es sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht, diese als Energiesparmaßnahme auszutauschen. Als Bauunterhaltungsmaßnahme steht der Austausch jedoch an. Die Versorgungssicherheit sollte generell jedoch auch bedacht werden.

Eine Verbesserung der Luftdichtheit an den Dachverglasungen wäre wirtschaftlich sinnvoll.

Grzimekhaus Maßnahmen	Investition	Anteil Bau- unterhalt.	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM		%	Brennstoff MMWh/a (Hu)		
7 Kessel-regelung	34.130	80%	58		2.494	3,3
8 Kessel-erneuerung + Regelung	87.130	80%	68		2.899	1,6
9 Maßn. 7 + Verbesserg. Luftdichtheit	41.685	80%	81		3.471	3,9

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist der Anteil der Bauunterhaltung mit 80% angesetzt worden.

1.1.2 Brutstation

Im Gebäude der Brutstation befinden sich, außer dem eigentlichen Brutraum, der zum Zeitpunkt der Begehung eine leicht höhere Raumtemperatur von 21,5°C aufwies, und einem Gehegebereich mit wechselndem Tierbesatz und wechselnden Anforderungen an die Raumtemperatur nur normal beheizte Verwaltungs- und Abstellräume.

Die Beheizung erfolgt durch einen atmosphärischen Gaskessel mit witterungsgeführter Kesselregelung. Eine Nachtabsenkung ist am Regelgerät nicht eingestellt.

Eine Aktivierung der Nachtabsenkung ist ohne Kosten durchführbar und würde die in folgender Tabelle aufgeführte Einsparung erbringen. Zwischenzeitlich wurde die Nachtabsenkung aktiviert. Die Funktion sollte jedoch gelegentlich geprüft werden.

Brutstation Maßnahme	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a		
1 Nachtabsenkung einstellen	0	0%	12		535	o.K.

1.1.3 Ponyhaus

Der Ponystall (Tierbesatz: Straußen und Rappen) wird mit einer direkt befeuerten Umluftanlage beheizt und über ein Raumthermostat auf 17°C geregelt. Die Tierpfleger schalten nach eigenen Angaben die Anlage aus, solange die Stalltüren geöffnet sind.

Rechnerisch ergibt sich auf der Datengrundlage der Erhebung von 1994 ein Wärmeleistungsbedarf, der höher als die installierte Kesselleistung ist. Es wurde daher angenommen, daß das im Winter gelagerte Heu auf dem Heuboden den k-Wert der Geschoßdecke entsprechend verbessert.

Der rechnerisch ermittelte Gasbedarf könnte durch den vorhandenen Gaszähler überprüft werden (wenn er regelmäßig abgelesen würde).

Maßnahmen:

Ein Austausch der einfachverglasten Fenster wurde überprüft, wäre jedoch betriebswirtschaftlich nicht sinnvoll.

Maßnahme Ponyhaus	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a		
1 Stallverglasung	10.200	90%	5		234	2,4

Zur Verringerung von Lüftungsverlusten könnten Endschalter an den Türen installiert werden, die die Lüftungsanlage sperren, solange die Türen offen sind.

1.1.4 Menschenaffenhaus

Das Gebäude wurde 1966 errichtet und soll in den kommenden Jahren durch ein neues ersetzt werden. Große Bereiche des Daches sind mit Doppelstegplatten verglast. In Giebelwänden sind Fortluftventilatoren eingebaut, die von Hand bedient werden. Vor allem morgens, wenn die Gehege ausgespritzt werden, werden die Lüfter nach Angaben des Personals für ca. ½ Stunde in Betrieb genommen. Außerdem immer dann, wenn die Wärter zu schlechte Luft in den Gehegen feststellen.

Die Gehege werden auf 25°C gehalten. Im Keller sind an der Decke Heizrohre verlegt, die den Fußboden der Gehege erwärmen. Durch Luftschlitze gelangt im Keller erwärmte Luft in die Gehege. Im Keller herrschten während der Begehung über weite Bereiche Temperaturen von ca. 27°C.

Die Bodenabdichtung der Gehege ist teilweise defekt, so daß Fäkalien in manchen Bereichen in die Baukonstruktion eingedrungen sind.

Zur Beheizung sind zwei atmosphärische Gaskessel mit jeweils 2 Blocks installiert. Die Anlage läuft nach Angaben des Personals ganzjährig.

Maßnahmenvorschlag:

Bis zum Neubau des Menschenaffenhauses sollte der Kessel mit dem schlechteren Abgaswert in Abhängigkeit von der Außentemperatur von Hand außer Betrieb genommen und wasserseitig abgesperrt werden.

Menschenaffen Maßnahme	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a	Einsparung DM/a	
1 Heizung im Sommer abschalten	0	0%		12	542	o.K.

1.1.5 Exotarium

1.1.5.1 Anlagenbeschreibung

Das Gebäude stammt weitgehend aus dem Jahr 1885. Weite Bereiche des Daches sind mit Doppelstegplatten verglast (Gewächshaustechnik) und besitzen Dachfenster für die Außenluftzuführung und Kühlung im Sommer.

Die Raumtemperatur wurde bei der Begehung mit 23°C gemessen.

Einige Käfige von Reptilien sind mit Elektro- Fußbodenheizung ausgestattet. Teilweise sind PWW- Fußboden oder Wandheizungen installiert.

Beide Kessel sind ganzjährig mit konstanter Kesseltemperatur von 80°C in Betrieb.

Die Heizgruppen Büroheizung, Seewasser- Arbeitsraum, Haupthalle und Vorhalle werden über Handmischer im Kesselhaus eingestellt.

Die anderen Heizgruppen werden über elektromotorische Mischer raumtemperaturabhängig geregelt.

Im OG wurde 1990 eine Sanierung der Regelung durchgeführt, bzw. Einzelraumregelungen (System Danfoss) für die Regelgruppen Mäusezucht, Insektenzucht, Besucher, Fassade, Schildkröten, Schaubrüter/Aufzucht, Insektarium, 2 Vitrinenbereiche, Warane, und Riesenschlangen eingebaut.

Wärme für die (Warm-) Aquarien wird über einen Wärmetauscher von der Heizungsanlage bereitgestellt. Gleichzeitig wird Kälte benötigt, um die Kaltwasserbecken (Karpfen, Bachlauf, Löffelstör) auf 15°C zu halten. Zur Zeit geschieht die Kühlung durch Trinkwasserzusatz.

Wasserkreislauf:

Der Trinkwasserzulauf erfolgt überwiegend in die Kaltwasserbecken, die ausschließlich mit Trinkwasser gespeist werden. Die Überläufe der Warm- (25°C) und Kaltwasseraquarien (15°C) erfolgen gemeinsam mit einer Mischtemperatur von 23°C in ein Sammel- /Vorratsbecken von 1250 m³ Inhalt unter dem Exotarium (Zisterne genannt). Aus der Zisterne wird Wasser über 2 parallele Wärmetauscher in die Warmwasserbecken geleitet.

Zisternenwasser wird auch zur Reinigung benutzt. Fehlendes Zisternenwasser wird über einen Neveaufühler und Magnetventil nachgespeist.

Es bestehen zwei Trinkwassereinführungen in das Gebäude, die nicht gemessen werden.

1994 wurde zur Wassereinsparung eine Wärmepumpenanlage installiert, die die Kühlung der Kaltwasserbecken übernehmen sollte. Bei der Inbetriebnahme stellten sich jedoch folgende Probleme heraus:

- Der Wasserkreislauf von Zisternenwasser durch die schwarzen Rohrleitungen und Wärmetauscher aus Kupfer führten zu Rost- und Kupfereintrag in die Aquarien und störten das chemische Gleichgewicht in den Becken.
- Die unterschiedlichen Druckniveaus von gekühltem Wasser (Pumpe) und Zisternenwasser aus dem Hochbehälter konnten von den Mischventilen an den Becken nicht bewältigt werden.

Weiterer Kältebedarf (Temperaturniveau ca. 15°C) besteht zur Kühlung von kleineren Aquarien und wird zur Zeit mit dezentralen Kälteaggregaten abgedeckt.

Kälteaggregate sind auch für die Lüftung der Polarlandschaft (3500 m³/h, hauptsächlich Umluft) und das Beckenwasser, sowie für die Eiskappe vorhanden. (Luft- und Wassertemperatur 9°C.)

Eine abgesicherte Wasserbilanz konnten wir wegen der fehlenden Meßeinrichtungen nicht erstellen.

1.1.5.2 Maßnahmenvorschläge

Da vor der Beurteilung von Sparmaßnahmen im Bereich der Wärmeerzeugung (sekundäre Maßnahmen) die Einsparpotentiale an Nutzwärme ermittelt werden müssen, wurden von uns die Möglichkeiten der Verbesserung der vorhandenen Wärmepumpenanlage mit folgendem Ergebnis untersucht:

Die Anlage sollte in ein geschlossenes System umgebaut werden. Dazu sind neue Wärmetauscher und eine neue Rohrleitung (Vor-/Rücklauf) zum Aggregat im Turm notwendig. Die Wasserkreise auf der Kondensator- (Kühlwasser) und Verdampferseite (Kaltwasser) werden separat aufgebaut. Die Pumpen müssen an die neuen Durchflusssmengen angepaßt werden. Es soll ein Kaltwassernetz aufgebaut werden, wobei vorhandene Rohrleitungen benutzt werden. Die Kaltwasser-Wärmetauscher sollen an den jeweiligen Bedarfsorten installiert werden. Die Kaltwassertemperatur wird dort geregelt und individuell eingestellt.

Die beiden parallel geschalteten Wärmetauscher zur Beheizung des Zisternenwassers werden in Reihe geschaltet; der erste Wärmetauscher wird vom Kühlwasser der Wärmepumpe beheizt, der Nachheizer wird von der Kesselanlage bedient.

Unter der Annahme, daß die Menge an Zisternenwasser später etwa gleich der derzeit zugespeisten Trinkwassermenge sein wird (ca. 2,5 m³/h), ist die Leistung der Wärmepumpe (Auslegung 93 kW) etwa 4-fach überdimensioniert.

Die aus den 3 Kaltwasserbecken zurückgewonnene Wärme beträgt etwa **270 MWh/a** und reduziert den Nutzwärmebedarf, der durch die Kessel abgedeckt werden muß. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe liegt bei ca. 86 MWh/a.

Es bietet sich an, die Überkapazität der Wärmepumpe dazu zu benutzen, bestehende Kältemaschinen (deren Abwärme nicht genutzt wird) zu ersetzen.

Wegen der Notwendigkeit zusätzlicher Wärmetauscher auf der Kaltwasserseite verschlechtert sich die Leistungsziffer (Kälte) mit steigender Auslastung der Wärmepumpe, da sich die Verdampferemperatur gegenüber der Auslegung dann reduzieren muß.

Maßnahme 1:

Der hohe Anteil an verglasten Dachflächen verursacht einen bedeutenden Anteil der Transmissionsverluste (Nutzwärme). Ein Austausch steht derzeit nicht an, so daß diese Maßnahme wegen hoher Investitionskosten wirtschaftlich nicht begründet werden kann. Sollten zukünftig Doppelstegplatten erneuert werden müssen, so sollte ein Material mit besserem k-Wert (wenigstens Wärmeschutzverglasung) eingesetzt werden.

Der ca. 190 m² große Dachbereich über dem Vorraum besteht aus einem leicht geneigten Satteldach mit einer Dachhaut aus Dachpappe auf einer Brettschalung. Zwischen Dachboden und Besucherraum befindet sich eine abgehängte Decke ohne Wärmedämmung. Feuchte Luft kondensiert an der Brettschalung, führte jedoch bislang offensichtlich nicht zu Bauschäden.

Eine bauliche und wärmetechnische Verbesserung würde durch eine Wärmedämmung auf der abgehängten Decke erzielt. Der Dachraum müßte dann belüftet werden (Kaltdach). In nachfolgender Tabelle (Maßnahme 1) sind Energieeinsparungen und Kosten angegeben.

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich sekundärer Sparmaßnahmen wurde eine Reduktion des Nutzwärmebedarfs um die oben genannte rückgewonnene Wärme aus der Wärmepumpe unterstellt.

Maßnahme 2 und 3:

Eine Erneuerung der vorhandenen Kessel (Maßn. 2) und der Regelung ist aus Sicht der Bauunterhaltung geboten und wird in naher Zukunft ohnehin fällig.

Als Energiesparmaßnahme ist die Sanierung der Kesselregelung als Einzelmaßnahme wirtschaftlich interessanter.

Exotarium Maßnahmen	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a	Einsparung DM/a	
1 Dachdämm. Vorhalle	8.648	80%	27		1.159	7,0
2 Maßn. 1 + Kessel-erneuerung	125.228	80%	201		8.696	3,5
3 Kessel-regelung	38.580	80%	99		4.326	5,1
4 Maßn 3 + teilw. neue Fenster	715.728	50%	357		15.641	0,5

Die Fenster können nur als reine Bauunterhaltungsmaßnahme erneuert werden.

1.1.6 Nashornhaus

Das Nashornhaus beherbergt in einem nicht unterteilten, ca. 7 m hohen Raum Nilpferde und Nashörner. Wegen der Gerüche steht die Eingangstür meist offen und die Fenster unterhalb des Daches sind geöffnet. Die Gebäudetemperatur wird über Raumfühler konstant auf 19°C gehalten. Am Regelgerät ist „nur Tagbetrieb“ eingestellt.

Die Beheizung des Gebäudes und der Wasserbecken erfolgt durch zwei Gaskessel (Wechselbrandkessel, 99 + 134 kW) aus den Jahren 1974/75 ohne gegenseitige wasserseitige Verriegelung, mit Kesselregelung über Kesselthermostat. Der Notausstieg im Heizraum ist immer offen (vermutl. wegen der hohen Temperatur im Heizraum). Die Vorlauftemperatur wird über Raumfühler geregelt und durch die offenstehenden Türen beeinflusst. Auch bei hohen Außentemperaturen im Mai, als die Tiere schon im Freien waren und das Innenbecken leer, lief die Heizung bei offenstehenden Türen und Fenstern wie im Winter.

Die Warmwasserbereitung erfolgt über 3 liegende Warmwasserbereiter (2 x 48°C, 1 x 60°C) mit je ca. 1000 l Inhalt mit Reglern ohne Hilfsenergie.

Sobald die Temperaturen nachts nicht mehr unter 10°C fallen, bleiben die Tiere draußen und die Innenbecken der Nilpferde leer.

Der rechnerisch ermittelte hohe spezifische Heizwärmebedarf von rd. 660 kWh/m²a konnte meßtechnisch nicht überprüft werden, ist aber auch, trotz unnötig hohen Verbrauchs, durch die große Raumhöhe begründet.

Maßnahmen

Der hohe Lüftungswärmebedarf ließe sich durch den Einbau einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung reduzieren. Erwärmte, frische Außenluft wird dabei über Luftgitter in den Besucherraum eingeblasen und geruchsbelastete Luft unter der Decke abgesaugt, so daß die Eingangstüren und Fenster geschlossen gehalten werden können.

Mit der Annahme einer 60%-igen Wärmerückgewinnung und einem etwas geringeren freien Luftwechsel ließen sich 105 MWh Gas pro Jahr einsparen.

Die Regelungsmaßnahme umfaßt eine bedarfsgeführte Absenkung der Kesseltemperatur, die Abschaltung und Verriegelung eines Kessels bei Teillast, die Absenkung der Raumtemperatur nachts und die witterungsgeführte Abschaltung der Anlage (einschl. der Lüftung). Die Beheizung soll unterbrochen werden, wenn die Tiere draußen sind.

Nashornhaus Maßnahme	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a	Einsparung DM/a	
1 Lüftungs-Gerät	31.600	0%	105		3.533	1,0
2 Maßn. 1 + Fenster Sanierung	49.700	20%	116		4.298	0,9
3 Maßn. 1 + Regelung komplett	64.350	40%	146		5.632	1,2
4 Maßn. 3 + Kessel-erneuerung	83.600	60%	158		6.149	1,5
5 Wand-dämmung	105.000	0%	75		3.320	0,3

Eine Kombination aus Maßnahme 1, einer kompletten Erneuerung der sanierungsbedürftigen Kesselanlage und Regelung könnte wirtschaftlich durchgeführt werden, wenn ein Anteil von 60% der Investition der Bauunterhaltung angelastet wird.

Eine Wärmedämmung der großen Wandflächen mit einem schlechten k-Wert von 1,7 W/m²K ist als Energiesparmaßnahmen nicht wirtschaftlich.

1.1.7 Straussenhaus

Das Straußenhaus ist ein relativ kleines Gebäude von 82 m² beheizter Fläche und relativ großer Raumhöhe. Die Dachfläche ist größtenteils mit Einfachglas gedeckt und teilweise defekt. Zur Beheizung ist ein Gaskessel mit Gebläsebrenner installiert, der seine Wärme über Heizkörper und Fußbodenheizung abgibt.

Als Solltemperatur wurde vom Personal 20 – 22°C genannt. Die aktuelle Raumtemperatur zum Zeitpunkt der Begehung lag jedoch bei 16,5°C und das Raumthermostat ist auf 12°C eingestellt.

Der spezifisch hohe Brennstoffverbrauch wird hauptsächlich durch das ungünstige Oberflächen zu Volumen – Verhältnis in Verbindung mit schlechten k-Werten, sowie die Undichtigkeiten des Gebäudes verursacht.

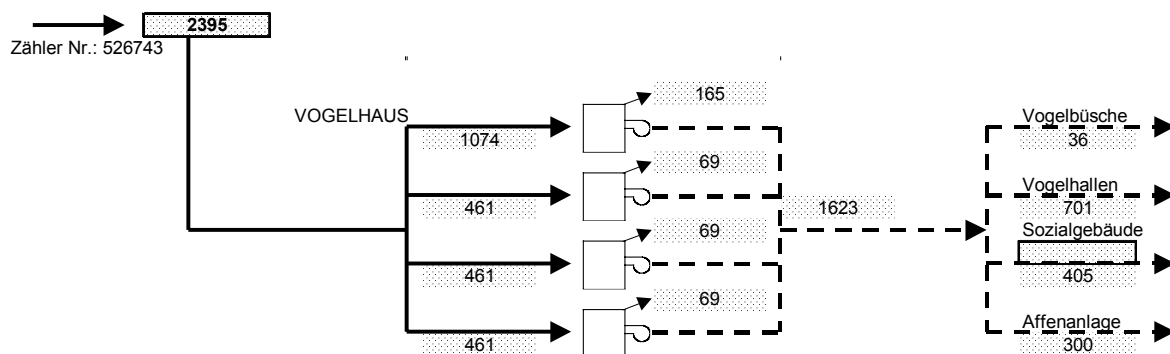
Durch den Ersatz der einfachverglasten Dachflächen durch eine (möglichst luftdichte) Eindeckung mit Doppelstegplatten könnten etwa 20% an Brennstoff eingespart werden. Die Maßnahme sollte im Rahmen der Bauunterhaltung durchgeführt werden. Als reine Energiesparmaßnahme ist sie nicht wirtschaftlich.

Straußenhaus Maßnahme	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten	Priorität
	(geschätzt)	unterhalt.	Brennstoff	Strom	Einsparung	
	DM	%	MWh/a (Hu)	MWh/a	DM/a	
1 neue Dach- verglasung	15.800	90%	10		437	2,9

1.2 Bereich Vogelhaus

Vom Vogelhaus werden die Vogelbüsche, das Sozialgebäude und die Affenanlage mit Wärme versorgt.

Gas- einspeisung	Gasmenge Hauptstrang (Hauptähler)	Gebäude	Gasmenge Teilstrang	Umwand- lungs - Verluste	Nutzwärme ab Kessel	Nutzwärme
	MWh/a (Hu)		MWh/a (Hu)	MWh/a	MWh/a	



Achtung: Die Kesselanlage wird z. Zt. umgebaut, das gezeigte Schema entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand! aktuell (Mai. 1999): nur noch 1 alter Kessel in Betrieb, 2 neue Kessel bereits eingebaut

 Werte gemessen
 Werte berechnet

Gas
 Wärme

SUMMEN:	2395	2456	372	1623	1441
----------------	------	------	-----	------	------

Der spezifische Heizwärmebedarf liegt für alle Gebäude zwischen 110 und 280 kWh/m²a. Der bilanzierte Gasverbrauch stimmt in der Summe gut mit dem gemessenen (klimakorrigierten) Durchschnittsverbrauch überein.

1.2.1 Vogelhaus

1.2.1.1 Anlagenbeschreibung

Das Vogelhaus wurde 1961 erbaut und besitzt ausgedehnte Glasflächen über den Gehegen und komplett über der Freiflughalle, die in Gewächshaustechnik aus Doppelstegplatten mit Klappfenstern (ohne besondere Luftdichtheit) hergestellt sind.

Im Publikumsraum sind im Eingangsbereich („Juwelenraum“) ein Dachventilator und ein Wandventilator für Abluft eingebaut, die auch Luft aus den Gehegen spürbar angesaugen, so daß der Eingangsbereich deutlich mehr mit Gerüchen belastet ist, als die Halle. In der Halle wird mit 2 Ventilatoren unkonditionierte Außenluft eingeblasen, die an anderer Stelle über eine Dachöffnung entweichen kann. Diese Ventilatoren können von Hand auf Zu- oder Abluft umgeschaltet werden.

In der Freiflughalle sind 3 Abluftventilatoren und ein Zuluftventilator in den Außenwänden eingebaut.

Alle Ventilatoren werden von Hand geschaltet.

Die Kessel sind (außer einem) erneuert. 1998 wurde ein Buderus-Kessel G 605 mit 600 kW und 1999 ein Tieftemperaturkessel des Typs SB 615 eingebaut. In der Berechnung des Ist-Zustandes sind die alten Kessel berücksichtigt, um das rechnerische Ergebnis mit den gemessenen Gasverbräuchen vergleichen zu können. Für die Berechnung von Einspareffekten wird der Zustand nach Kesselsanierung als Bezugsbasis benutzt.

Die Kessel bleiben für die Warmwasserbereitung im Sozialbau ganzjährig in Betrieb.

Das Hochbauamt plant auch den Umbau der Verteilung und vermutlich die Erneuerung der Regelung.

Alle Bereiche des Vogelhauses werden derzeit noch über einen Heizkreis bedient und über einen Raumfühler geregelt. Eine Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur um 8 K ist von 20 – 6 Uhr eingestellt.

Die Temperaturregelung in den Gehegen erfolgt nach Angaben des Personals manuell über die Betätigung der Dachfenster. Im Sommer treten Probleme mit hohen Temperaturen durch Sonneneinstrahlung auf.

Bei fehlender Raumwärme werden Elektrostrahler (oder Lampen) aufgestellt.

1.2.1.2 Maßnahmenvorschläge

Ansatzpunkte für Einsparmaßnahmen sind der hohe Lüftungswärmebedarf und die Regelung, bzw. Steuerung der Kessel und die fehlende Regelung der Gehege.

Maßnahme 1:

Die Kesseltemperatur sollte in Abhängigkeit der Außentemperatur (besser noch zusätzlich in Abhängigkeit von Anforderungen) heruntergefahren werden können und nicht benötigte Kesselleistung abgeschaltet und hydraulisch abgekoppelt werden. Dafür muß die entsprechende Regelausstattung noch eingebaut werden. Die Investitionen sind in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu 90% der Bauunterhaltung zugerechnet.

Maßnahme 2:

Die großen Dachventilatoren und Dachöffnungen im Publikumsbereich der Halle können den Außenluftbedarf von über hundert Besuchern sicherstellen. Obwohl sich eine solche Anzahl von Menschen nur selten in der Halle aufhält, laufen die Dachventilatoren wesentlich häufiger (zumindest an den Begehungsterminen). Im Vorraum wird die Luftqualität durch nachströmende Luft aus den Gehegen beeinträchtigt.

Abhilfe könnte erreicht werden, indem in den Besucherraum nur Zuluft eingebracht wird und die Lüfter über Luftqualitätsfühler oder Präsenzmelder bedarfsabhängig geschaltet werden.

In den Publikumsräumen sollte ein leichter Überdruck, bzw. in den Tiergehegen und Wärterbereichen ein Unterdruck erzeugt werden. Die Dachöffnung in der Halle sollte verschlossen werden.

In der Freiflughalle sollten die Wandventilatoren so abgestimmt werden, daß die Zuluftmenge etwa gleich der Fortluftmenge ist und diese Ventilatoren nur dann laufen können, wenn nicht gleichzeitig geheizt wird. Die Be- und Entlüftung während der Heizzeit sollte mit Wärmerückgewinnung (WRG) erfolgen.

In der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind zwei Dachlüftungsgeräte mit WRG und Regelungsmehrkosten für die entsprechende Steuerung und Überwachung kalkuliert.

Für Lüftungsanlage und anteilige Regelung ist kein Bauunterhaltungsaufwand angesetzt.

Vogelhaus Maßnahmen	Investition (geschätzt) DM	Anteil Bau- unterhalt. %	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung DM/a	Priorität
			Brennstoff	Strom		
			MWh/a (Hu)	MWh/a		
1 Kessel-Regelung	29.300	90%	207		8.096	21,3
2 Maßn. 1 + WRG Lüftung	81.300	35%	423		15.233	2,1
3 Maßn. 2 + Käfig-regelung	161.450	18%	479		17.416	1,0

Maßnahme 3:

Um die Regelbarkeit der Raumtemperatur in den einzelnen Käfigen verbessern zu können, müßten die Heizflächen in den einzelnen Käfigen jeweils hydraulisch zusammengeschlossen und über ein Ventil geregelt werden, oder Regelventile in alle Heizkörperanschlüsse eingebaut werden und die Ventile aller Heizkörper eines Geheges gemeinsam geregelt werden. Welche Art der Einzelraumregelung eingesetzt wird, muß in der Detailplanung festgelegt werden. Für die Abschätzung des Einspareffektes wurde eine Absenkung der mittleren Gebäudetemperatur um 1 K angenommen.

1.2.2 Affenanlage

Das Gebäude stammt aus dem Jahr 1958. Die Fenster sind überwiegend einfach verglast, nur im Dach wurden teilweise Doppelstegplatten eingebaut.

Alle Gebäudebereiche werden von einem Heizstrang versorgt. Die Regelung der Vorlauftemperatur erfolgt witterungsgeführt und mit Nachtabsenkung zwischen 19 – 7 Uhr vom Vogelhaus aus. Die Temperaturen der Käfige sollen in Teilbereichen bis zu 25°C betragen und können nur durch Änderung der Heizmitteltemperaturen im Vogelhaus eingestellt werden. Die Besucherbereiche sollen ca. 18°C warm sein und können über Thermostatventile an den Heizkörpern eingestellt werden.

Wünschenswert für die Tierhaltung wäre nach Angaben der Wärter eine bessere Regelungsmöglichkeit, da manche Tierarten eine höhere Raumtemperatur benötigen als andere. Bei fehlender Heizleistung werden zusätzliche Heizstrahler im Affenhaus eingesetzt.

Wie im Menschenaffenhaus werden die Fußböden der Gehege durch Rohrschlangen unter der Kellerdecke beheizt. Im Keller aufgeheizte Luft strömt durch Öffnungen in den Sitzpodesten in die Käfige. Unter den Dachverglasungen sind an der Wand weitere Heizrohrschlangen verlegt. Außensitzbänke werden zur Zeit nicht beheizt.

Maßnahmenvorschläge

Der Austausch der einfachverglasten Fenster wurde nur hinsichtlich des Einspareffektes untersucht und ist in nachfolgender Tabelle dokumentiert.

In den Käfigen, die erhöhte Temperaturen erfordern, könnten zusätzliche Heizflächen installiert werden, so daß insgesamt die restliche Gebäudetemperatur abgesenkt werden kann. Bei gleichen Jahreskosten könnte der in nachstehender Tabelle angegebene Betrag investiert werden, wenn eine Absenkung der mittleren Gebäudetemperatur von 3 K

unterstellt wird. (Zu beachten ist, daß nach Realsierung dieser Maßnahme die Einsparung durch bessere Fenster sinkt.)

Affenanlage Maßnahme	Investition	Anteil Bau-	Einsp./Jahr		mittl. Kosten	Priorität
	(geschätzt) DM	unterhalt. %	Brennstoff MMWh/a (Hu)	Strom MMWh/a	Einsparung DM/a	
1 Fenster-Erneuerung	nicht ermittelt	nicht ermittelt		88	3.430	o.K.
2 Verbesserung Regelbarkeit m. Heizkör	52.000	0%		132	5.147	1,0

Die Heizrohrschlangen unter der Dachverglasung sollten nur bei niedrigen Außentemperaturen und nicht gleichzeitig mit den Abluftventilatoren oder bei geöffneten Dachfenstern betrieben werden.

1.2.3 Vogelbüsche

Die Vogelbüsche grenzen unmittelbar an die Vogelhalle an und bilden zum einen den Durchgang zu den Außenvoliere. Zum anderen ist damit das Gebäude hinter der Vogelhalle gemeint, in dem sich die Futterküche und weitere Käfige (nicht öffentlich) befinden.

Die Futterküche wird mit Heizkörpern beheizt und durch eine elektrisch beheizte Lüftungsanlage belüftet. Im Kapitel Stromversorgung ist der Ersatz des Stromheizregisters durch ein mit Pumpenwarmwasser beheiztes Register beschrieben.

1.2.4 Sozialgebäude

Das Sozialgebäude in der Waldschmidtstraße 98 beinhaltet im EG eine Gaststätte, im OG Umkleide- und Duschräume für die Zoo-Belegschaft und Wohnungen in den Geschossen darüber. In den Wohnungen treten Probleme wegen Schimmelbildung auf, die trotz durchgeführter Sanierungsversuche noch nicht beseitigt werden konnten.

Es ist daher vorgesehen, die Fassade des Gebäudes noch in diesem Jahr zu dämmen. Die Fenster sind bereits (mit Ausnahme des Serengetisaals) erneuert.

In der Heizungsübergabestation fiel die hohe Raumtemperatur von knapp 25°C und die geringe Spreizung der Heizwassertemperaturen auf.

Nach Angaben des Betriebspersonals ist die Lüftungsanlage für die Sozialräume (Kleidertrocknung) 2 Std. am Tag und 2 Std. in der Nacht in Betrieb. Die zugehörige Schaltuhr konnte nicht benannt werden. Zum Zeitpunkt der Begehung war die

Lüftungsanlage nicht in Betrieb. Die statische Heizung lief jedoch, während die Fenster offen standen.

In einer zweiten Begehung wurde die Schaltuhr gefunden und festgestellt, daß die Lüftungsanlage von 20.00 Uhr bis 8.00 Uhr eingeschaltet ist.

Maßnahmenvorschlag:

Die Lüftung für die Kleider-trocknung sollte abgeschaltet, oder zumindest zeitlich weiter eingeschränkt werden. Möglich wäre auch, die Belüftung über Hygrostate in den Räumen abhängig vom tatsächlichen Bedarf zu steuern.

Sozialgebäude Maßnahmen	Investition	Anteil Bau- unterhalt.	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM		%	Brennstoff MMWh/a (Hu)		
1 red. Kleider-trocknung	1.380	0%	55		2.159	11,9
2 Maßn. 1 + Wand-dämmung	184.000	80%	155		6.073	1,7

Die Wärmedämmung der Außenwand ist als reine Energiesparmaßnahme nicht wirtschaftlich, jedoch zur Erhaltung der Bausubstanz und Verbesserung des Feuchteproblems sinnvoll.

Der Regler für den Heizkreis des Gebäudes ist defekt, so daß die Heizmitteltemperaturen nur von der Vorlauf-temperatur der Fernleitung bestimmt werden. Diese besitzt keine Spreizung, so daß selbst bei Einsatz einer drehzahlgeregelten Fernleitungspumpe kaum eine Stromeinsparung erzielt werden kann und die angehobene Rücklauf-temperatur zu einem niedrigeren Wirkungsgrad der Kesselanlagen führt. Ebenso ist der Wärmezähler am Gegenstromapparat defekt. Diese Maßnahmen werden ganz der Bauunterhaltung angelastet und sind im Einspareffekt nicht untersucht.

1.3 Tierkinder u. WC-Gebäude

Gas-einspeisung	Gasmenge Hauptstrang (Hauptzähler)	Gebäude	Gasmenge Teilstrang	Umwand-lungs - Verluste	Nutzwärme ab Kessel	Nutzwärme
	MWh/a (Hu)		MWh/a (Hu)	MWh/a	MWh/a	MWh/a
	126					
		TIERKINDER	72	11	58	56
		WC-GEBÄUDE	17	2	15	15
SUMMEN:			89	12	74	71

Zähler Nr.: 981891

sehr starke Verbrauchsschwankung / Anstieg

Gebäudedaten abgeschätzt

Die rechnerische Bilanz konnte nicht in ausreichendem Maß mit dem gemessenen Verbrauch in Übereinstimmung gebracht werden, da der Verbrauch in den letzten Jahren beträchtlich schwankte, was möglicherweise auf die Benutzung der Lüftungsanlage hinweist. Der Gasverbrauch hat sich von 1997 auf 1998 verdoppelt.

Anlagenbeschreibung

Das Tierkinderhaus wurde 1969 gebaut und beherbergt zur Zeit lediglich in einem Teilbereich des EG Keas. Die geforderte Raumtemperatur beträgt 24°C. Im OG sind Gästezimmer eingerichtet. Die Raumtemperatur wird über Heizkörper-Thermostatventile geregelt, bzw. von Hand eingestellt.

Im EG sind Konvektoren, im OG Radiatoren eingebaut.

Zur Beheizung ist ein atmosphärischer Gaskessel (Buderus G 224 LP) eingebaut.

Die Lüftungsanlage für die ehemaligen Affenkäfige (reiner Außenluftbetrieb eingestellt) wird zur Zeit nicht benutzt.

Die Vorlauftemperatur lag am Begehungstag bei 80°C und die Rücklauftemperatur bei 37°C. (Außentemperatur bei 12-13°C)

Maßnahmenempfehlung:

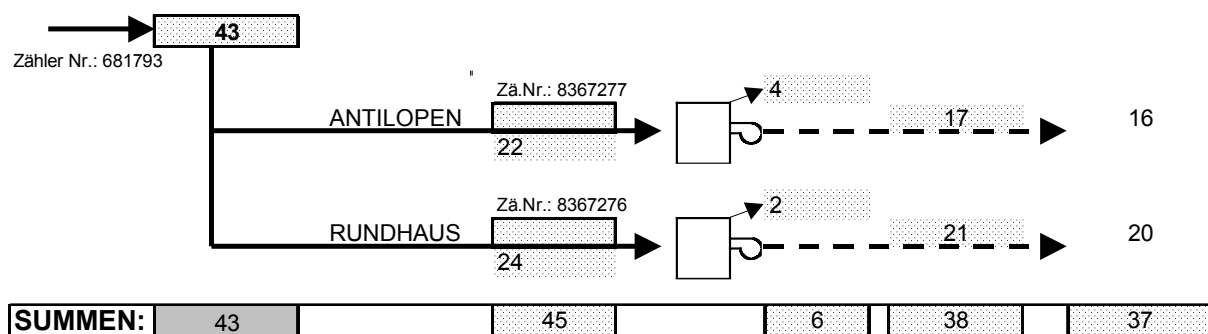
Die Vorlauftemperatur, bzw. die Heizkurve ist sehr hoch eingestellt, was zu sehr geringen Wasserdurchsätzen im Verteilnetz und zu höheren Bereitschaftsverlusten des Kessels führt. Ein Grund dafür könnten die Konvektoren im Erdgeschoß sein, die nur mit hohen Vorlauftemperaturen genug Wärme abgeben. In jedem Fall sollte der Betrieb mit einer flacheren Heizkurve getestet werden.

Tierkinderhaus Maßnahmen	Investition (geschätzt) DM	Einsparungen pro Jahr			Einsparung Verbr.Kosten DM/a	Amortisation (statisch) Jahre
		Brennstoff MWh/a (Hu)	Strom MWh/a	Wasser m³/a		
1 Kessel-regelung	0	5			208	0,0

1.4 Antilopen und Rundhaus

Antilopen (Hirschhaus) und Rundbau werden über einen gemeinsamen Gaszähler bedient.

Die bilanzierten Gasmengen stimmen gut mit den Verbrauchsabrechnungen überein. Der ermittelte Heizwärmebedarf in Rundhaus und Hirschhaus liegt mit 90 – 100 kWh/m²a sehr günstig.



Anlagenbeschreibung

Im Rundbau sorgt ein direktbefuerter Luftherhitzer im Umluftbetrieb für Wärme. Die Steuerung erfolgt über ein Raumthermostat.

Die Gehege besitzen Öffnungen nach draußen. Die Dachfenster können elektrisch von Hand geöffnet werden.

Die Wärmebilanz stimmt mit den Gasverbäuchen überein, wenn die mittlere Raumtemperatur auf 12°C reduziert wird.

Der Rundbau wird in diesem Jahr abgerissen und erneuert, so daß keine Maßnahmen zu untersuchen sind.

Im Hirschhaus erfolgt die Beheizung auf gleiche Weise. Zusätzlich ist eine transportable elektrische Wärmeplatte und eine el. Fußbodenheizung von etwa 8 m² installiert. Die Regelung ist saniert. Es ist ein Regelgerät des Typs DDC 3200 von Fa. Kieback & Peter eingebaut. Die Gehege können damit einzeln geregelt werden.

Weitere Einsparmaßnahmen scheinen uns nicht sinnvoll zu sein.

1.5 Gebäude mit eigener Brennstoffversorgung

Die nachfolgenden Gebäude werden separat mit Gas versorgt, so daß die rechnerisch ermittelte Wärmebilanz des Ist-Zustandes jeweils direkt mit dem gemessene Verbrauch verglichen werden kann. (Die Anlagenschemata sind im Anhang enthalten)

1.5.1 Gesellschaftshaus

Die Rechenergebnisse sind nach Korrektur des beheizten Volumens auf einen plausiblen Wert von 50% des in der Datenerhebung von 1994 angegebenen Wertes, sowie des k-Wertes gegen Grund und der mittleren Gebäudetemperatur auf 18°C nachvollziehbar. Im Schornsteinfegerprotokoll wurden falsche Angaben der Kesselleistung festgestellt.

Die meisten Bereiche des Gesellschaftshauses sind an einen Gastronomiebetrieb (Fa. Kofler) verpachtet. Wärme- und Stromverbrauch werden über Unterzähler mit dem Pächter abgerechnet (siehe auch Kapitel Abrechnung /Verträge).

Lediglich die Zoo-Verwaltung im 2. und 3. OG und die öffentliche Toilette muß vom Zoo unterhalten werden.

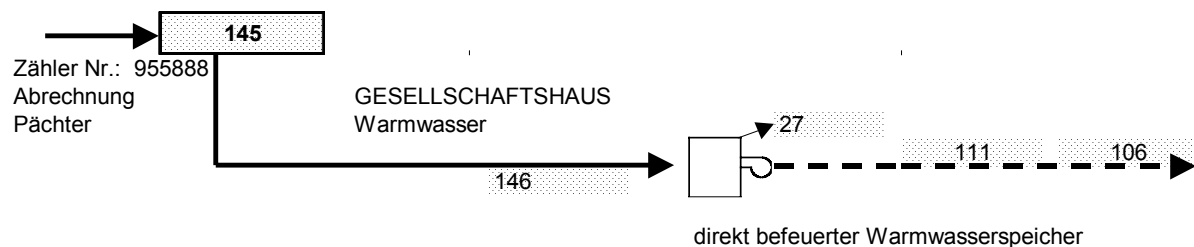
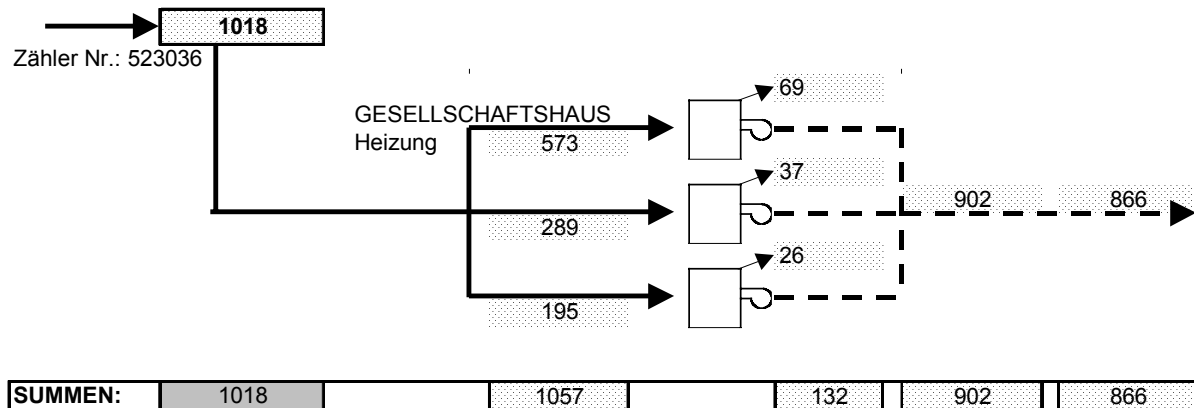
Die großen Lüftungsanlagen für den Bereich des Pächters sind mit Wärmerückgewinnung ausgestattet und selten in Betrieb. Die Regelungsanlagen sind relativ neu und scheinen sparsam eingestellt.

Der Energieverbrauch des gesamten Gebäudes liegt daher trotz hoher installierter Leistungen relativ niedrig. Der Heizwärmebedarf beträgt ca. 100 kWh/m²a.

Der Warmwasserverbrauch (Pächter) ist über die Bilanz am Warmwasserbereiter rückgerechnet.

Einsparmaßnahmen wurden wegen des vergleichsweise niedrigen Energieverbrauchs und der guten technischen Ausstattung nicht untersucht.

Gas-einspeisung	Gasmenge Hauptstrang (Hauptähler)	Gebäude	Gasmenge Teilstrang	Umwand-lungs - Verluste	Nutzwärme ab Kessel	Nutzwärme
	MWh/a (Hu)		MWh/a (Hu)	MWh/a	MWh/a	MWh/a



1.5.2 Max-Schmidt-Anlage

Im Gebäude der Max-Schmidt-Anlage befinden sich Stall und Wasserbecken der Wasserschweine. Das Wasserbecken wird stetig mit frischem Trinkwasser gespeist und beheizt.

Zur Beheizung dient ein Kessel mit Gas-Gebläsebrenner.

Das Gebäude ist in der Datenerfassung von 1992 nicht enthalten. Die Erfassungsbögen wurden von uns bearbeitet, wobei die k-Werte geschätzt sind.

Die Wärmebilanz stimmt dann mit dem gemessenen Verbrauch überein, wenn ein täglicher Durchsatz von etwa 6 m³ Wasser mit einer Temperatur von 20°C durch das Wasser-schweinebecken angenommen wird. Der hohe Durchsatz deckt sich auch mit dem augenscheinlichen Eindruck.

Als Einsparmaßnahme wäre zu prüfen, ob statt der kontinuierlichen Befüllung des Beckens ein Mehrmaliges tägliches Füllen und Entleeren möglich ist. Schon eine geringfügige

Einsparung von Wasser und Erdgas würde ein zeitgesteuertes Magnetventil wirtschaftlich durchführbar machen. Die Berechnung geht von einer Wassereinsparung von 50% aus.

Max-Schmidt-Anlage Maßnahmen	Investition	Einsparungen pro Jahr			Einsparung	Amortisation
	(geschätzt)	Brennstoff	Strom	Wasser	Verbr.Kosten	(statisch)
	DM	MWh/a (Hu)	MWh/a	m ³ /a	DM/a	Jahre
1 Wasserein-sparung	1.150	14			592	1,9

1.5.3 Kasse

Der Gasverbrauch des Kassengebäudes ist aus der vorliegenden Datenaufnahme von 1992 rechnerisch gut nachvollziehbar. Trotz der relativ guten k-Werte liegt der Heizwärmebedarf aufgrund des ungünstigen A/V- Verhältnisses und des zwangsläufig hohen Luftwechsels doch bei rd. 265 kWh/m²a.

Einsparmaßnahmen wurden nicht untersucht.

1.5.4 Nebenkasse

Das Gebäude ist in der Datenerfassung von 1992 nicht enthalten.

1.5.5 Bärenhaus

Die Hüllflächen des Gebäude waren in der Bestandserhebung von 1992 nicht erfaßt. Unterlagen waren jedoch in der Plankammer des Zoo zu finden und wurden von uns ausgewertet. Die Bärenanlage stammt danach etwa aus dem Jahr 1967 und besteht aus einem zweigeschossigen Bauwerk mit Flachdach. Die k-Werte wurden der Bestandserhebung von 1992 entnommen. Die Fenster sind noch nicht saniert, einfach verglast und in einem schlechten Zustand.

Die Gehege im EG besitzen Öffnungen nach außen. Zusätzlich sind zur Entlüftung der Gehege an einigen Stellen gemauerte Schächte eingebaut.

Bedingt durch den Tierbesatz müssen heute im OG wesentlich höhere Raumtemperaturen (ca. 23°C) eingehalten werden, als früher. Im EG sind 18 – 20°C ausreichend.

Die Heizung ist in die Heizkreise Fußbodenheizung, Wandheizung, stat. Heizung Bärenzwinger EG und stat. Heizung Bärenzwinger OG, sowie Vogellaufstall aufgeteilt.

Der Kessel ist ganzjährig mit konstanter Kesseltemperatur in Betrieb. Die Regelung der Heizkreise soll die Raumtemperatur und die Vorlauftemperaturen der Fußbodenheizungen konstant halten.

Im Heizsystem sammelt sich häufig Luft an und es wird über Leckagen und Wasserverlust berichtet. Bei mehreren Begehungen war der Anlagendruck auf unter 0,5 bar abgesunken. Die Heizkreisregelung ist noch original und sanierungsbedürftig. 3 Regelventile sind festgefressen. Pumpen sind teilweise ausgetauscht.

Sparmaßnahmen sind aus bauunterhalterischen Gesichtspunkten (Ansatz 100%) zwar notwendig, jedoch nicht wirtschaftlich.

Durch eine Sanierung der Fenster könnten je nach Standard der Verglasung etwa 13 – 17% Brennstoff eingespart werden. Mehrkosten für Wärmeschutzverglasung zahlen sich aus.

Bärenhaus Maßnahme	Investition	Anteil Bau- unterhalt.	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM		%	Brennstoff MWh/a (Hu)		
1 Fenster-Sanierung k=2,6	54.150	100%	28		1.308	o.K.
2 Fenster-Sanierung k=1,3	4.830 (Mehrkosten)	0%	9		429 (Mehreinsparung)	1,0
3 Maßn. 1 + Regelung	98.825	95%	33		1.545	2,8

Eine Erneuerung der Regelung ist im Rahmen der Bauunterhaltung (Anteil mit 95% angesetzt) sinnvoll, jedoch nicht wirtschaftlich. Es sollte zumindest darauf geachtet werden, daß der Kessel von Hand abgeschaltet wird, sobald eine Beheizung nicht mehr notwendig ist.

1.5.6 Raubtierhaus

Wird zur Zeit neu aufgebaut. Eine konzeptionelle Einbeziehung des benachbarten Exotariums und Grzimekhauses ist uns nicht bekannt.

Das neue Katzenhaus soll nach Auskunft des planenden Ingenieurs mit einem Brennwertkessel (130 kW Wärmeleistung) und mit einer Lüftungsanlage (10000 m³/h) mit Wärmerückgewinnung als Plattenwärmetauscher ausgestattet werden.

1.5.7 Giraffenhaus

Das Giraffenhaus wird hauptsächlich durch Heizkörper und Konvektoren beheizt. Drei Gehege mit höherem Temperaturbedarf am Eingang besitzen zusätzlich noch eine Fußbodenheizung. Zwischen diesem Bereich und den Giraffengehegen ist derzeit eine Abtrennung provisorisch eingebaut, damit die Raumwärme dort für Jungtiere gehalten werden kann.

Die Wärmebereitstellung erfolgt als einzige im Zoo noch mit Heizöl (22000 Liter Tank). Die Kessel besitzen 2-sufige Brenner und sind wasserseitig nicht gegeneinander verriegelbar.

Die Regelung des einzigen Heizkreises erfolgt raumtemperaturabhängig ohne Nachtabsenkung.

Maßnahmenvorschläge:

Die Einsparungen einer neuen Dachverglasung (130 m²) wurden berechnet. Die Kosten sind der Bauunterhaltung angelastet, bzw. nicht ermittelt.

Weiterhin wurde eine neue Regelung und Kesselsanierung untersucht.

Unter Anrechnung von 80% der Investitionskosten zur Bauunterhaltung ist die Kombination von Kesselerneuerung und Regelungssanierung wirtschaftlich vertretbar.

Giraffenhaus Maßnahme	Investition	Anteil Bau- unterhalt.	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM		%	Brennstoff MWh/a (Hu)		
1 neue Dach-verglasung	26.000	100%	6		290	o.K.
2 Maßn. 1 + Regelung	57.600	80%	28		1.363	1,0
3 Maßn. 1 + Regelung + neue Kessel	81.300	80%	67		3.258	1,7

1.6 Wirtschaftshof

Anlagenbeschreibung

Der Wirtschaftshof, erbaut 1988, unterteilt sich in die Gebäudeteile Futterküche mit Veterenäräumen, Tierhaltung, Sozialgebäude mit Garagen im EG und Wohnungen ab dem 3. OG, Quarantänegebäude, Werkstattgebäude, Wärmebeet (6°C) und Gewächshaus (22°C).

Im Veterenärbereich sind Temperaturen für Wohn- und Büroräume erforderlich. Die Futterküche wird nach Aussage der Bediensteten auf etwa 16-18°C gehalten (bei einer zweiten Begehung lag die Raumtemperatur bei 21°C) und hat durch die installierte Lüftungsanlage (1000 m³/h) einen höheren Luftwechsel. Die Abluft wird über eine Dunst-abzugshaube abgeführt. Von der Belegschaft wird gewünscht, daß Zu- und Abluftanlage getrennt schaltbar sein sollte.

Die Heizkörper im Flur des 1.OG besitzen keine Thermostatventile.

Im Dachgeschoß des Futterküchen- und Veterenärbereiches werden Ratten, Mäuse und Küken für die Verfütterung im Zoo herangezogen. Die Räume müssen auf 25 – 26 °C erwärmt werden. Die Lüftung erfolgt über elektrisch verstellbare Dachflächenfenster. Brutkästen sind keine vorhanden, so daß das gesamte Raumvolumen auf hoher Temperatur gehalten werden muß.

Die Garagen im EG des Sozialgebäudes werden über Heizkörper beheizt. Die Segment-Tore standen während der Begehung meist offen.

Umkleiden und Duschen werden mechanisch be- und entlüftet. Die Lüftungsanlage läuft von 6.00 – 18.00 Uhr.

Im Quarantänegebäude befindet sich die Unterstation für die statischen Heizflächen und die Lüftungsanlage (Zu- und Abluft, auf ca. 1500 m³/h geschätzt) des Gebäudes, sowie für die Wärmebeete (Gewächshaus kalt). Für die 4 Heizkreise sind Regelgeräte eingebaut. Die Wärmebeete sind auf Handbetrieb eingestellt.

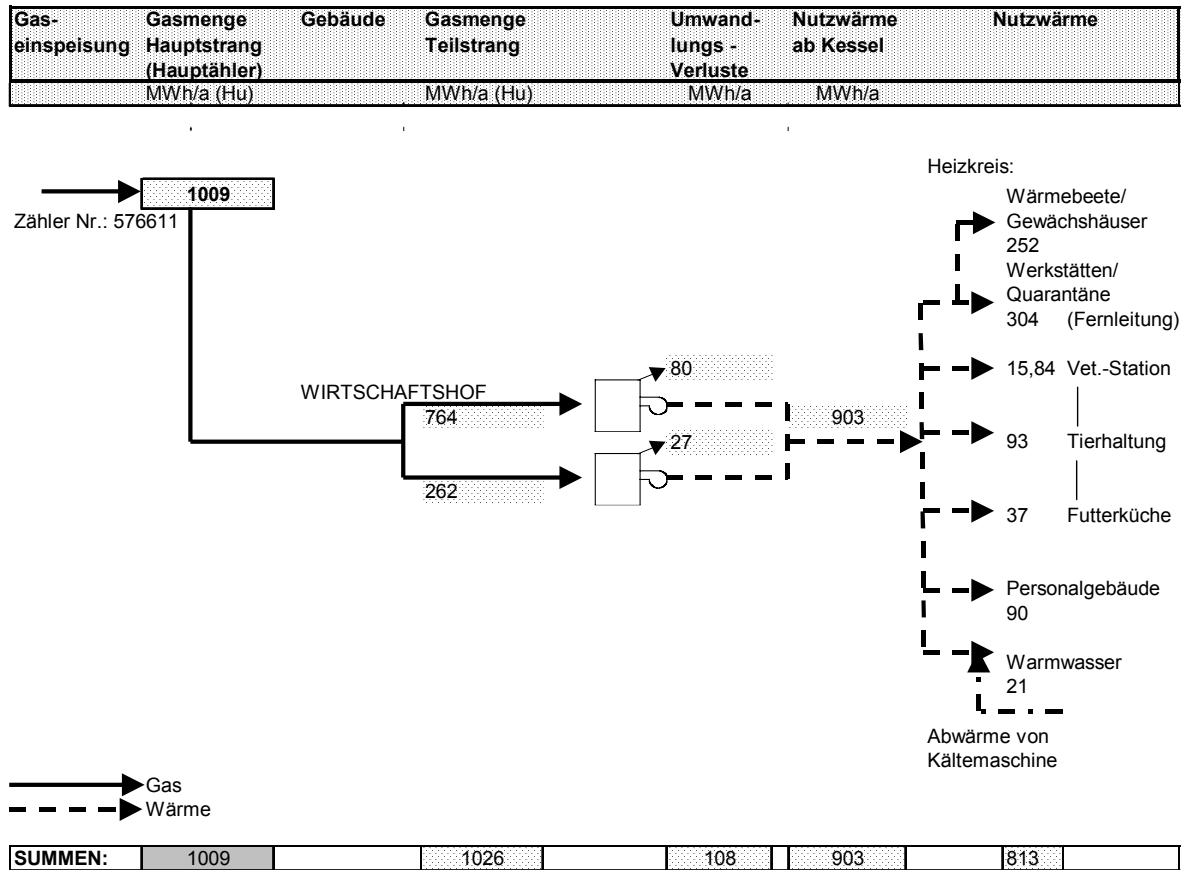
Im Quarantänegebäude befindet sich weiterhin ein gasbetriebenes Hochdruck-Dampfreinigungsgerät, dessen Verbrauch unberücksichtigt blieb.

Die Rohrleitungen zu den Luftheizgeräten im Gewächshaus (kalt, 6°C) sind ständig durchströmt und nicht wärme gedämmt. Eine Strahlungsabschirmung ist im Gewächshaus nicht eingebaut. Die Verglasung des Gewächshauses besteht aus Einfachglas.

Das Warmgewächshaus (22°C) ist separat an die Fernleitung angeschlossen und besitzt eine eigene Regelung. Die Verglasung besteht aus Doppelstegplatten. Ein Strahlungsschutz ist ebenfalls nicht vorhanden.

Das Werkstattgebäude wird überwiegend mit Heizkörpern beheizt. Zusätzlich sind in der Schlosserwerkstatt, im Spritzraum, in der Schreiner- und Kunststoffwerkstatt jeweils Lüftungsgeräte installiert, die jedoch nicht durchgängig (bei Bedarf von Hand) benutzt werden und deshalb in der Wärmebilanz nur zu einem Viertel angerechnet sind.

In der Bilanz des Ist-Zustandes sind die Wärmemengen ermittelt und in nachfolgendem Schema dargestellt:



Die spezifischen Werte des Heizwärmebedarfs sind in den einzelnen Verbrauchsbereichen sehr unterschiedlich. Werkstattgebäude, Personalgebäude und Wärmebeete liegen um 100 kWh/m²a, während das Gewächshaus und die Garagen bis zu 400 kWh/m²a verbrauchen.

Maßnahmenvorschläge

Maßnahme 1 u. 2:

Die Zuluftanlage in der Futterküche wird unseres Erachtens nicht benötigt und sollte zumindest elektrisch so angeschlossen werden, daß sie von der Abzugsanlage getrennt schaltbar ist.

Der Bereich Futterküche sollte nachts außentemperaturabhängig abgeschaltet werden. In der Einsparberechnung ist eine Absenkung der mittleren Gebäudetemperatur um 1 K ange-

nommen. Es sollte überprüft werden, ob an der vorhandenen Regelung eine Abschaltung eingestellt werden kann.

Maßnahme 3:

Das auf hohe Temperatur zu haltende Raumvolumen in der Tierhaltung sollte durch den Einsatz von Brutkästen verringert werden. Bei etwa gleichen Jahreskosten könnten dafür rd. 18.000,-- DM investiert werden.

Maßnahme 4:

Die Garagentore im EG des Sozialgebäudes sollten möglichst nur kurzzeitig geöffnet werden. Falls sich das Nutzerverhalten nicht ändern läßt, könnte das Tor z.B. über eine Lichtschrankensteuerung automatisch wieder geschossen werden.

Maßnahme 5:

Unseres Erachtens reicht es aus, die Lüftungsanlage für Duschen und Umkleieräume nur während der Kernzeiten der Raumnutzung (einschl. Vor- und Nachlaufzeit) zu betreiben.

Schaltuhren sind vorhanden, so daß keine Investitionen erforderlich sind.

Die Schaltuhren sollten regelmäßig kontrolliert und nachgestellt werden.

Maßnahme 8:

Da die Gewächshäuser nach der Wärmebilanz einen Anteil von fast 30% am Brennstoffbedarf des Wirtschaftshofes haben, wurde der Einsatz eines Energieschirmes im Wärmebeet untersucht. Die Einsparung ist grob abgeschätzt. Für die Maßnahme liegt ein Angebot der Fa. Gabler vor, die das Gewächshaus gebaut hat.

Wirtschaftshof Maßnahmen	Investition	Anteil Bau- unterhalt.	Einsp./Jahr		mittl. Kosten Einsparung	Priorität
	(geschätzt) DM		%	Brennstoff MWh/a (Hu)		
1 Lüftung Futterküche abschalten	345	0%	9		410	9,0
2 Maßn. 1 + Nachtabsenkung	345	0%	14		623	13,7
3 Brutkästen in Tierhaltung	17.985	0%	53		2.288	1,1
4 Garagentore geschlossen halten	690	0%	52		2.255	24,8
5 reduzierte Lüftung Personalgeb.	0	0%	17		754	o.K.
8 Energie-schirm Wärmebeet	58.750	0%	46		1.992	0,3

1.7 Abrechnung mit Versorger und Pächter

Die Versorgung des Zoogeländes einschl. Wirtschaftshof erfolgt über 11 Einspeisestellen für Erdgas, die mit jeweils eigenem Tarif abgerechnet werden. Die spezifischen Gaskosten liegen entsprechend zwischen 4,2 und 8,1 Pf/kWh (bez. Hu, inkl. MWSt.) mit einem Durchschnittstarif von rd. 4,8 Pf/kWh.

Würde für alle Verbraucher der günstigste Tarif gelten, könnten jährlich ca. 50.000,-- DM an Gaskosten eingespart werden.

Bezogen auf die installierte Kesselleistung ergeben sich teilweise sehr unterschiedliche Leistungspreise (Grundpreis als LP betrachtet), wobei ein Zusammenhang mit der Vollbenutzungsstundenzahl nicht festgestellt werden konnte. Im Vogelhaus ist der Leistungspreis sehr hoch und sollte insbesondere auch wegen der kürzlich reduzierten Kesselleistung angepaßt werden.

Teilweise entsprechen die Vertragsleistungen nicht mehr den installierten Leistungen und führen in manchen Anlagen zu Mehrkosten für den Zoo. In anderen Bereichen wird erheblich günstiger abgerechnet, so daß im Mittel ein üblicher Leistungspreis von netto 12,60 DM/a, bezogen auf die installierte Kesselleistung entsteht.

Der Wärmeverbrauch des Pächters im Gesellschaftshaus wird bislang nach einer Methode abgerechnet, bei der die Verluste der Wärmeerzeugung komplett vom Zoo getragen werden. Zukünftig sollte daher folgender Modus angewandt werden:

Gesamtkosten für Gas (Jahresrechnung Mainova) dividiert durch die Summe aller Wärmemessungen multipliziert mit der Wärmemessung des Pächters = in Rechnung zu stellende Heizkosten.

Eine korrekte Abrechnung führt zu Einsparungen (Mehreinnahmen) von ca. 9.000,-- DM pro Jahr:

Gesellschaftshaus, Abrechnung mit Pächter	
Gasverbrauch (Ho) im Mittel, klimakorr.	1037 MWh/a
Gaskosten im Mittel brutto	56.489 DM/a
Wärmeanteil Pächter 54% von Gas Ho	560 MWh/a
bisher abgerechneter Anteil Pächter 54%	30.504 DM/a
Nutzwärme bei eta = 85%	801 MWh/a
korrekter Anteil für Pächter	70%
korrekte Abrechnungssumme	39.476 DM/a
Mehreinnahmen	8.972 DM/a

2 Stromversorgung

Wie im Bereich der Wärmeversorgung, wurde zunächst die Struktur der Stromversorgung aus Unterlagen und Angaben des Zoo ermittelt, so daß festgestellt werden konnte, welche Gebäude und Anlagen von welcher Einspeisung versorgt und von welchem Zähler gezählt werden.

Die Stromverteilung im Zoogelände erfolgt überwiegend in zwei Ringen. Über die Trafostation im Grzimekhaus und die dortige NSHV wird in Ring 1 eingespeist. Die Trafostation und NSHV des Rings 2 ist im Sozialgebäude in der Waldschmidtstraße 98 untergebracht. Das Gesellschaftshaus mit Kassengebäude und Nebenkasse, sowie der Wirtschaftshof werden jeweils über eine weitere Einspeisung versorgt (siehe Lageplan Stromversorgung im Anhang).

Zur Erfassung der Laststruktur und zur Ermittlung von Einsparmaßnahmen wurden Lastmessungen von Mainova vom 23.2. – 9.3.1999 durchgeführt. Das Programm sah vor, möglichst die großen Verbraucher Grzimekhaus, Exotarium und Vogelhaus zu messen. Da jedoch über den Zähler im Grzimekhaus sowohl der komplette Ring 1, als auch das Exotarium und zur Zeit noch die Baustellen Raubtierhaus und Robben-, bzw. Seebärenanlage versorgt werden, mußten das Exotarium und der Baustrom separat über Zangenmessungen erfaßt werden und später von der Gesamtmessung wieder abgezogen werden. (Die Zangenmessungen wurden vom Bauamt separat beauftragt.) Von Mainova konnten zu Beginn der Messung nicht genug Meßgeräte zur Verfügung gestellt werden, so daß sich die Anzahl der Tagesgänge für Grzimekhaus und Exotarium im Ergebnis auf den Zeitbereich beschränkt, in dem alle Meßgeräte gleichzeitig aufzeichneten.

Wie aus den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich ist, sind die Unterschiede in den Tagesgängen verschiedener Tage meist so gering, daß auch die geringere Anzahl von auswertbaren Tagesgängen ausreichend ist.

2.1 Ring 1 (Einspeisung von Grzimekhaus)

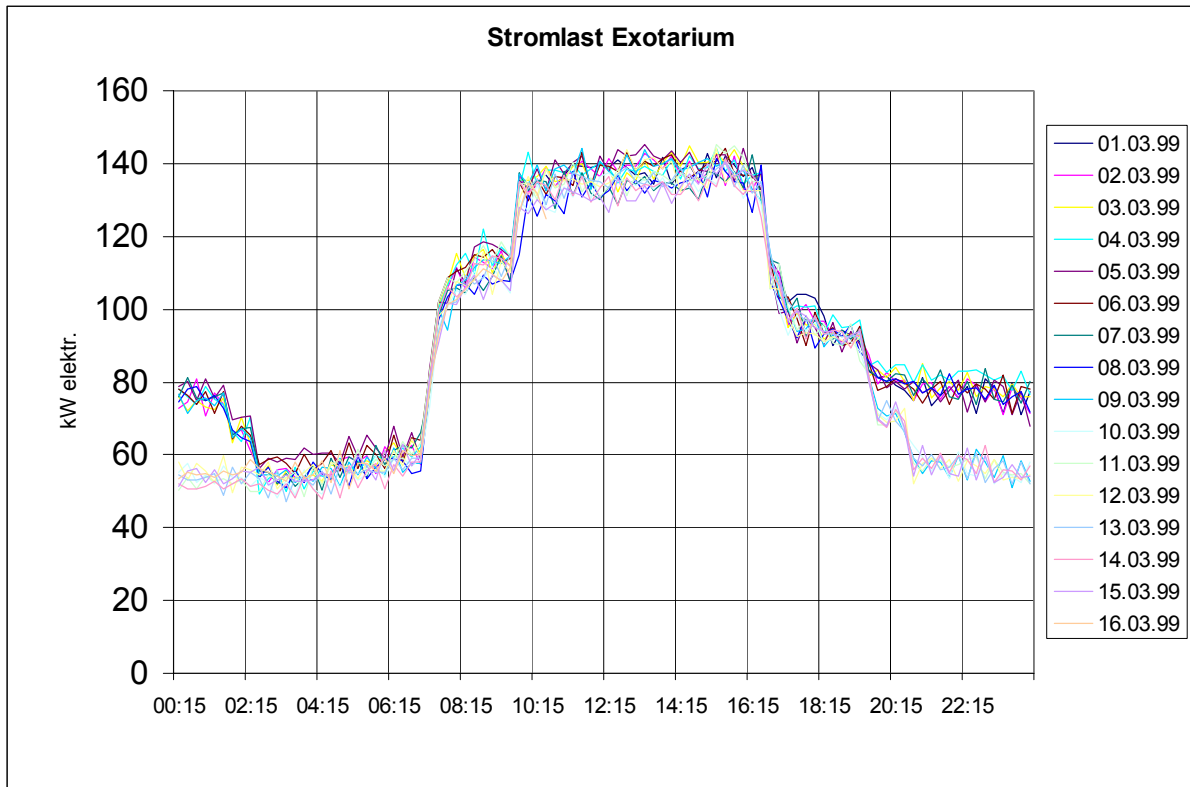
2.1.1 Lastmessung Exotarium

Die Tagesverläufe im Exotarium liegen in einer sehr engen Bandbreite. Offensichtlich sind jedoch während der Nacht zwei unterschiedliche Betriebsweisen möglich (unabhängig vom Wochentag), die sich in einem unterschiedlichen Abschaltzeitpunkt von Verbrauchern mit einer Gesamtleistung von etwa 25 kW ausdrücken. Die Ursache dafür konnte vom Betriebspersonal nicht benannt werden. Der Anstieg des Stromverbrauchs ab ca. 7.00 Uhr entsteht vermutlich hauptsächlich durch die Beleuchtung. Der Leistungsanstieg gegen 9.30

Uhr ist nach Angaben des Personals auf das Einschalten der Halogenbeleuchtung zurückzuführen.

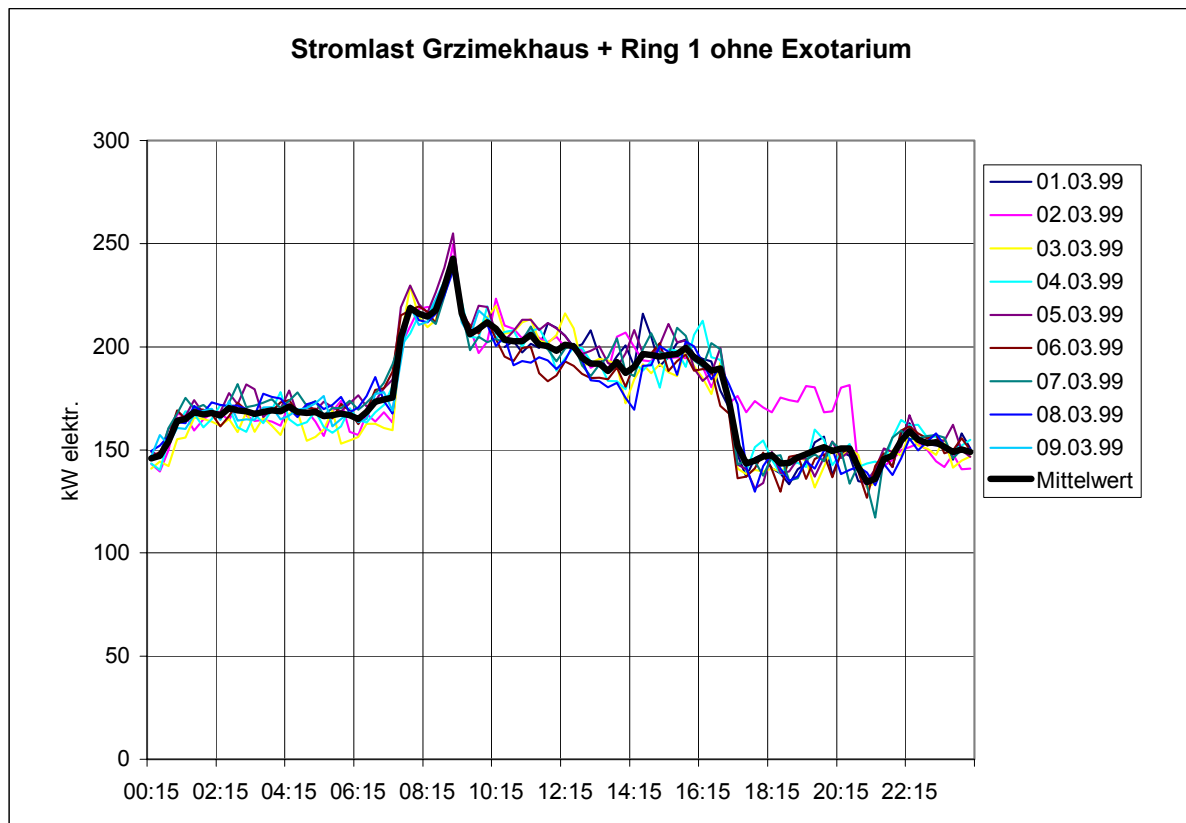
Zur Klärung, welche Verbraucher tatsächlich an der Laststruktur beteiligt sind, sollte von unserer Seite noch ein Begehungstermin zur Erfassung aller Stromverbraucher stattfinden, der jedoch aus Personalmangel beim Zoo nicht mehr stattfinden konnte.

Wird der mittlere gemessene Tagesverbrauch auf das Jahr hochgerechnet, so ergibt sich ein Jahresstromverbrauch für das Exotarium von ca. 813 MWh.



2.1.2 Lastmessung und Bilanz Grzimekhaus

Nach Abzug der viertelstündlichen Meßwerte des Exotariums und der Baustelle ergibt sich für das Grzimekhaus einschließlich aller sonstigen Verbraucher an Ring 1 nachfolgende Struktur des Stromverbrauchs.

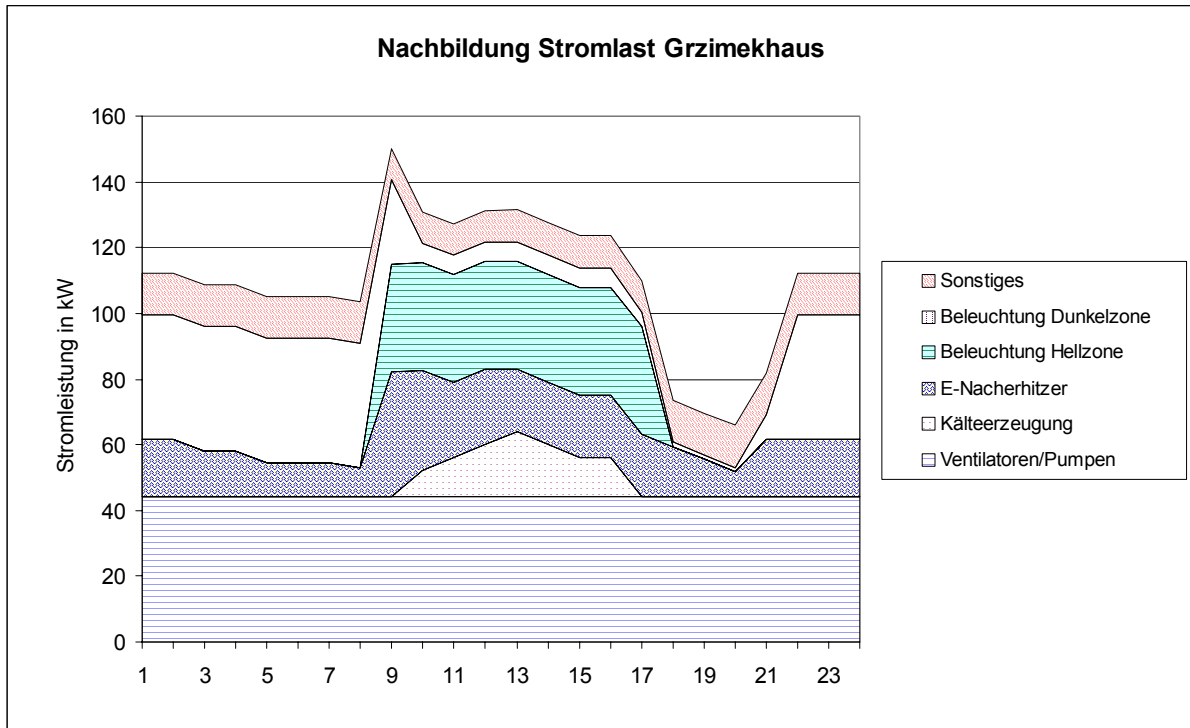


Es sind jeweils die Tagesgänge vom 1.3. – 9.3.1999 übereinander aufgezeichnet. Der Mittelwert ist als dickere Linie dargestellt und ergibt, auf das Jahr hochgerechnet, einen Jahresverbrauch von 1.409 MWh/a.

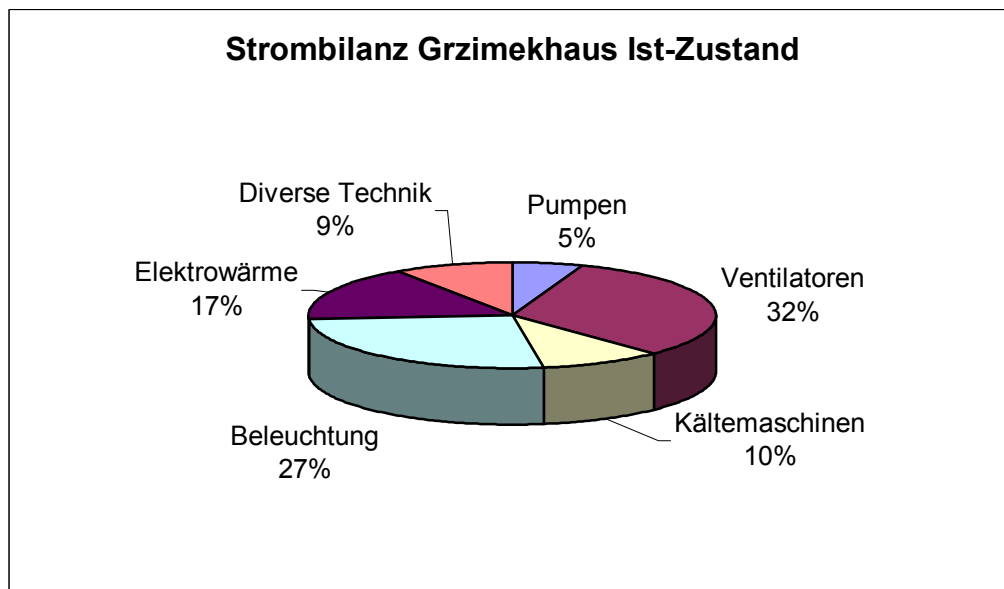
Da der Lastverlauf einerseits sehr klar ist, andererseits aber so viele Verbraucher daran beteiligt sind, daß daraus noch keine Maßnahmen abzuleiten sind, haben wir versucht, den Bedarf des Grzimekhauses nachzubilden.

Dazu wurden alle Elektroverbraucher und die zugehörigen Schaltzeiten ermittelt. Die Betriebszeiten von Verbrauchern, wie Kälteaggregate, Elektro-Nacherhitzer, Befeuchter (1 St.) wurden nach den im Kapitel Wärmeversorgung beschriebenen Erkenntnissen abgeschätzt.

Auch in der Nachbildung ist die charakteristische Spitze um 9.00 Uhr zu erkennen, die offensichtlich durch das Einschalten der Beleuchtung im Hellbereich vor dem Abschalten der Leuchten im Dunkelbereich entsteht.



In der Strombilanz sind die ermittelten Verbraucher mit jährlichen Betriebszeiten bewertet und führen zu einem Gesamtverbrauch von rd. 1000 MWh/a. Die Aufteilung nach Verbrauchergruppen ergibt folgendes Bild (Die Aufstellung ist im Anhang Stromversorgung, „Bilanz und Maßnahmen Grzimekhaus“ dokumentiert):



Die installierte Beleuchtungsleistung im Grzimekhaus wurde differenziert ermittelt und ist in nachstehender Tabelle dokumentiert. Die installierte Leistung je Käfig ist danach sehr unterschiedlich und ist offensichtlich sehr vom jeweiligen Tierbesatz abhängig.

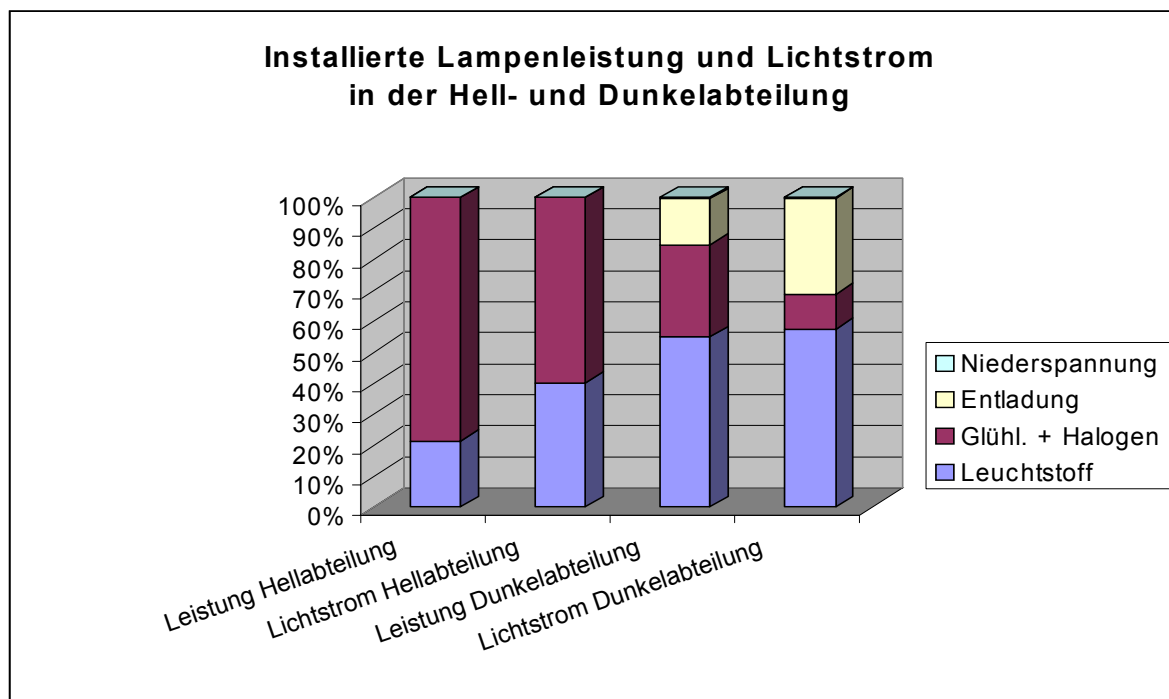
Installierte Lampen im Grzimekhaus	LL 65 W / 25 s 1,5 m	LL 40 W / 25 s 1,2 m	LL 58 W / 25	LL 36 W / 25	dimmbare Glüh- strumpflampe	Monospot 80 W	Halogen 75 W	Concentra PAR 38- EC	Halogen 250 W	Halogen 500 W	Halogen 1000 W	Halogen 2000 W	HQL 125 de Luxe	HQL-E 400 W/D	NAV-E 400 W	12 V Leuchten 50 W	24 V Leuchten 15 W	Leistung je Gehege
Lumen	4000	2500	4100	2600	2500	1040	1050	1240	4200	10000	24000	47500	5700	31000	47000	750	225	
Leistung je Lampe	73	48	66	44	48	80	75	120	250	500	1000	2000	125	400	400	50	15	Watt
Dunkelabteilung:																		
Käfig 1	3							1										339
Käfig 1a		5						1										360
Käfig 2			9								2			2				3394
Käfig 2a		7			5	1				1								1156
Käfig 3	12				7	1									1			1692
Käfig 4	14				11	2					1							2710
Käfig 5	8				4	2					1							1936
Käfig 6	6				4	1				1								1210
Käfig 7		3			1	2				1								852
Käfig 8	11				3	3							1					1312
Käfig 9		12			6	4									2	2		2084
Käfig 10		12			2	4									1			1392
Käfig 11	16				10	3									1			2288
Käfig 12	21	2			13	2					1				1		2	3843
Käfig 13		21			18	2									1			2432
Käfig 14		21			14													1680
Käfig 15	8				3	1									1			1208
Käfig 16		11			3	1									1			1152
Käfig 17		4			2					1								788
Käfig 18		4			1	1				1								820
Käfig 19	1	8			6	2									1		1	1320
Käfig 20	6				2	1												614
Käfig 21		3			2	1												320
Käfig 22		2			1	1				1								724
Käfig 23		3			1	2												352
Käfig 24		3			1	2				1							1	902
Käfig 25		25			13	1	3							2	1			3329
Dunkelquarantäne		8			8													768
Summe Lampen	106	154	9	0	141	40	3	2	0	7	5	0	1	4	11	3	3	
Summe Leistung kW	7,74	7,39	0,59	0,00	6,77	3,20	0,23	0,24	0,00	3,50	5,00	0,00	0,13	1,60	4,40	0,15	0,05	40,98
Summe Kilo-Lumen	424	385	37	0	353	42	3	2	0	70	120	0	6	124	517	2	1	
Hellabteilung:																		
Käfig 26	3							1		1								839
Käfig 27			6								1							1396
Käfig 28	4										1							1292
Käfig 29	10										2							2730
Käfig 30	6								1									688
Käfig 31	6								1		1							1688
Käfig 32	5										1							1365
Käfig 33	4	3									2							2436
Käfig 34	6										1							1438
Käfig 35	2								1									396
Käfig 36	1	2									1							1169
Käfig 37			10								1		1					3660
Käfig 38	6										2							2438
Käfig 39			4							1								764
Käfig 40				8							1							1352
Käfig 41	2								1									396
Käfig 42	10									1	1							2230
Hellquarantäne										10								5000
Summe Lampen	65	5	20	8	0	0	0	1	4	13	15	1	0	0	0	0	0	132
Summe Leistung kW	4,75	0,24	1,32	0,35	0,00	0,00	0,00	0,12	1,00	6,50	15,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,28
Summe Kilo-Lumen	260	13	82	21	0	0	0	1	17	130	360	48	0	0	0	0	0	931
Gesamtsummen:																		
Summe Lampen	171	159	29	8	141	40	3	3	4	20	20	1	1	4	11	3	3	621
Summe Leistung kW	12,48	7,63	1,91	0,35	6,77	3,20	0,23	0,36	1,00	10,00	20,00	2,00	0,13	1,60	4,40	0,15	0,05	72,25

Nach Rücksprache mit verantwortlichen Tierpflegern und Biologen erfolgt die Auswahl der installierten Lampen nach folgenden Kriterien:

- Tierart, Bedarf an Strahlungswärme
- Lichtfarbe und Intensität für den subjektiven optischen Eindruck des Geheges aus Besuchersicht

Die Lebenserwartung der Tiere wird nach Meinung der Betreuer auch wesentlich durch die Beleuchtung, insbesondere die Wirkung der Wärme abstrahlenden Halogenlampen, beeinflusst. Andere zoologische Gärten setzen aus Kostengründen weniger Strahler ein, hätten dafür jedoch eine höhere Sterblichkeit der Tiere.

Allerdings zeigt ein Vergleich der Lampenausstattung im Hellbereich und in der Dunkelabteilung, daß bei etwa gleicher installierter Leistung von 53-55 W/m² der Dunkelbereich mit einem wesentlich geringeren Anteil an Strahlern (30%) auskommt als der Hellbereich (79%), obwohl in den Dunkelkäfigen durch den Einsatz von effizienteren Entladungslampen ein um 75% höherer Lichtstrom (Lumen/m²) erreicht wird.



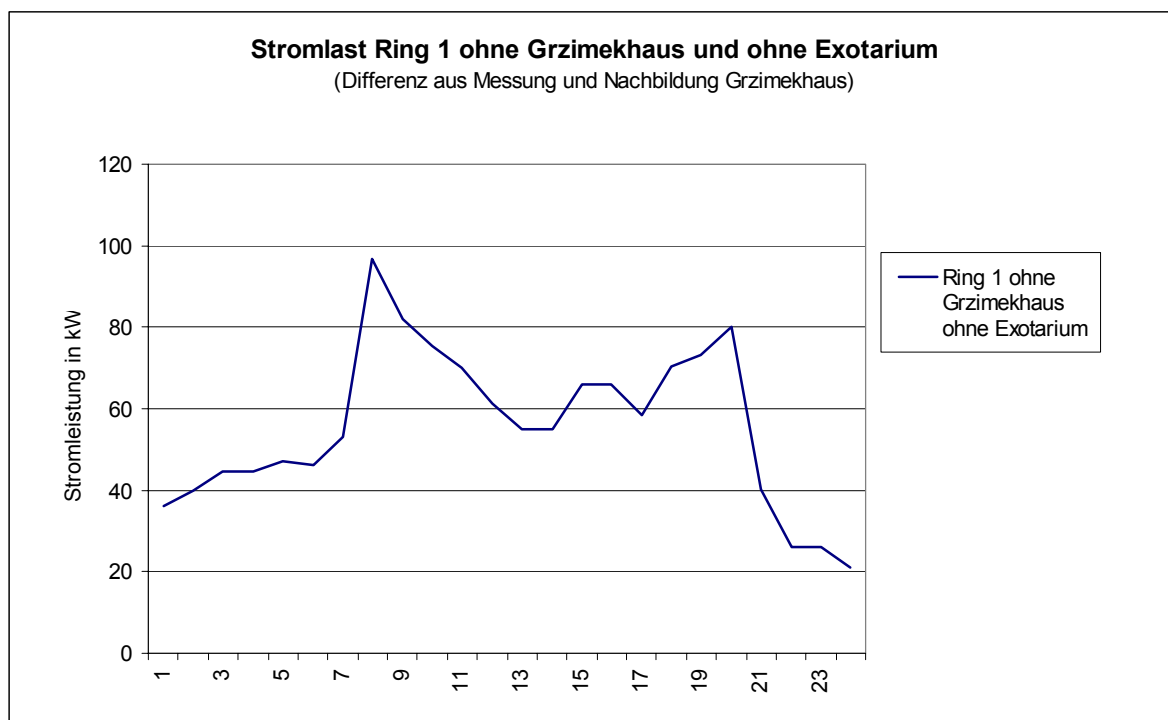
Lampenanteile in den Gehegen:	Hellabteilung 585 m ²						Dunkelabteilung 745 m ²					
	Leistung			Lichtstrom			Leistung			Lichtstrom		
	kW	%	W/m ²	klm	%	lm/m ²	kW	%	W/m ²	klm	%	lm/m ²
Leuchtstoff	6,7	21%	11	375	40%	642	22,5	55%	30	1198	57%	1609
Glühl. + Halogen	24,6	79%	42	556	60%	950	12,2	30%	16	237	11%	318
Entladung	0,0	0%	0	0	0%	0	6,1	15%	8	647	31%	868
Niederspannung	0,0	0%	0	0	0%	0	0,2	0%	0	3	0%	4
Summe	31,3	100%	53	931	100%	1591	41,0	100%	55	2085	100%	2799

Mögliche Ursachen für den Widerspruch zwischen allgemeinen Aussagen und der realisierten Technik könnten sein:

- Fehleinschätzung der Wirkung von Wärmestrahlung für die Tiere; möglicherweise reicht Helligkeit aus.
- Unterschiedliche Wärmeverluste und Behaglichkeit der Käfige im Dunkel- und Hellbereich. Je m² Käfigfläche ist in der Hellabteilung im Durchschnitt die 2,7-fache Leistung an elektrischen Nachheizregistern installiert.
- Grundsätzlich unterschiedliche Bedürfnisse der Tiere.

2.1.3 Strombilanz Ring 1 ohne Exotarium und Grzimekhaus

Zur Abschätzung der Verbraucher in Ring 1 haben wir die Differenz der gemessenen Leistungswerte (Mittelwert Grzimekhaus und Ring 1) und der rechnerisch ermittelten stündlichen Leistungen des Grzimekhauses gebildet (nachfolgende Abbildung). Die Laststruktur stimmt in der Form in etwa mit dem in Ring 2 gemessenen mittleren Tagesgang überein (vgl. mit Mittelwert dort).

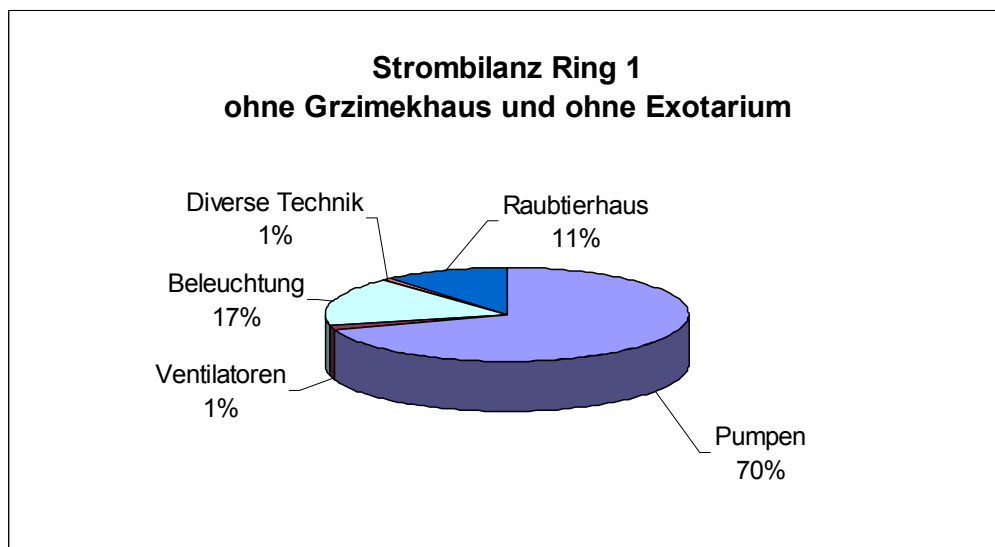


Der hochgerechnete Jahresverbrauch von 445 MWh/a weicht allerdings von der nachfolgend beschriebenen Bilanz der Verbraucher in Ring 1 (ohne Grzimekhaus und Exotarium ca. 350 MWh/a bilanziert) ab.

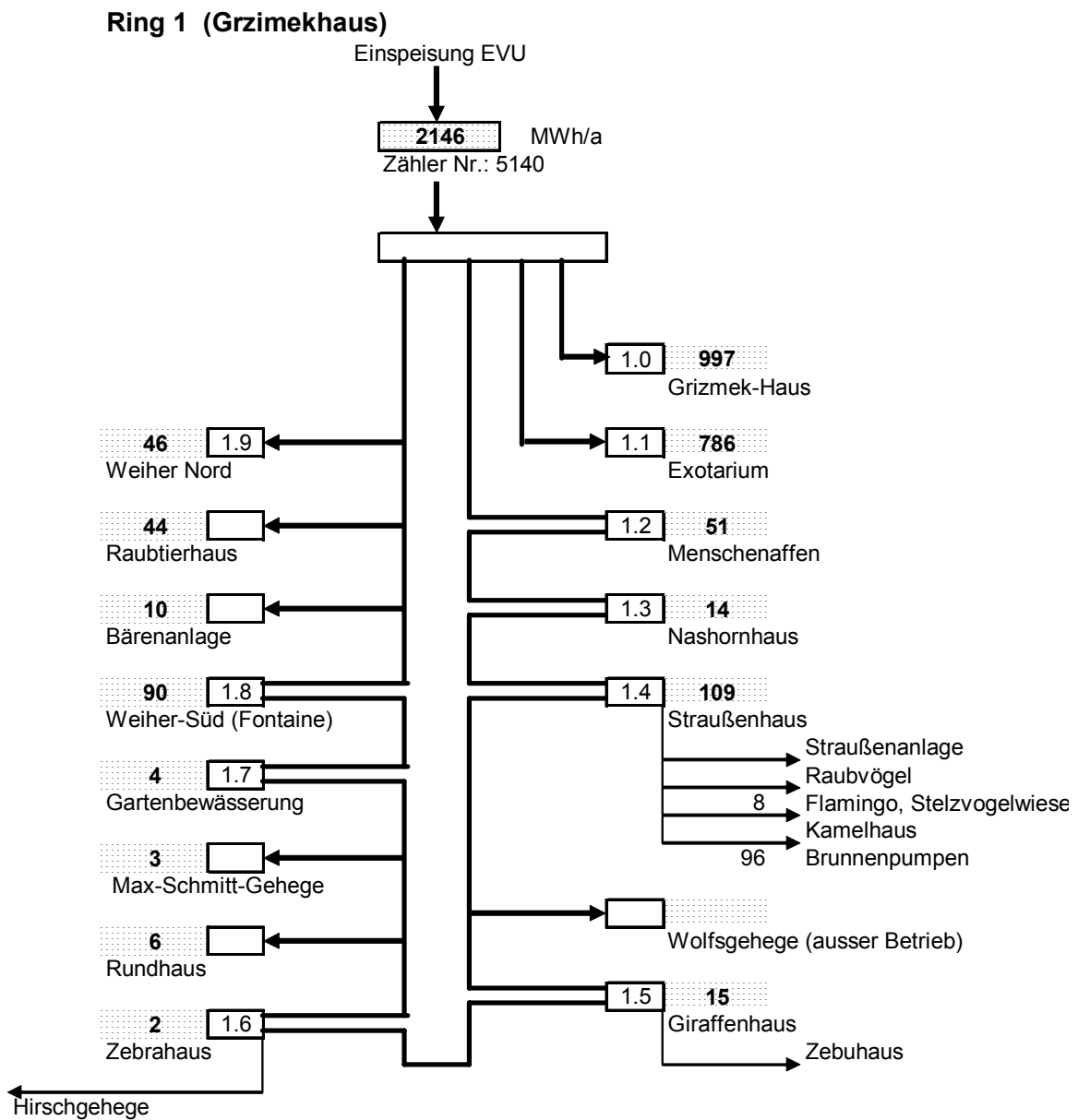
Um die Unsicherheiten der Verbraucher in Ring 1 reduzieren zu können, wurde eine zusätzliche Datenaufnahme der Verbraucher (außer Beleuchtung) durchgeführt und bilanziert (tabellarische Aufstellung der Verbraucher siehe Anhang Stromversorgung). Für die Beleuchtung wurde dabei auf die Leistungsangaben der Datenaufnahme von 1992 zurückgegriffen, wobei diese Werte nach einer Plausibilitätskontrolle teilweise nicht übernommen wurden und statt dessen spezifische Beleuchtungsleistungen angesetzt wurden.

Die Ergebnisse der Bilanz sind in nachfolgender Schemadarstellung des Ring 1 dargestellt. In der Summe aller Verbraucher nähert sich die Bilanz gut dem gemessenen mittleren Verbrauch an.

Die einzelnen Verbrauchergruppen teilen sich dabei wie folgt auf:



Schemadarstellung Ring 1:



Summen (MWh/a):	
gemessen	2146
bilanziert	2177

2.1.4 Einsparungen in Ring 1

Auswirkungen von regelungstechnischen Maßnahmen in der Wärmeversorgung auf den Stromverbrauch im Grzimekhaus

Einsparungen durch den Ersatz der elektrischen Luftheizregister und durch Reduzierung des Kältebedarfs sind im Kapitel Wärmeversorgung beschrieben. Die Stromeinsparungen sind in den Maßnahmen dort zum Teil berücksichtigt. Die zusätzlich entstehenden Einsparungen (z.B. beim Pumpstrom) durch den Einsatz einer neuen Regelung sind in nachfolgender Tabelle abgeschätzt.

Grzimekhaus		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):		143,26			
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):		100,34			
Ort /Verbraucher	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromeinsparung	mittlere Kosteneinsparung	Priorität	Anteil HT-Strom
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a		
Wärmebereitstellung		:					
Gebälsebrenner, 2 St.	Maßn.7 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,11	14		50%
UP RL-Anhebung	Maßn.7 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,36	159		20%
UP Vorwärmer (Keller)	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,06	124		20%
UP Nachwärmer (Keller)	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,63	74		20%
UP Wärmetauscher Becken	mit UP-Wasserkreis steuern			0,04	5	n.k.	20%
UP Zubringer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,77	90		20%
UP Vorwärmer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,06	124		20%
UP Nachwärmer Dach	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,68	79		20%
E-Nacherhitzer Dunkel	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			65,49	8.568		50%
E-Nacherhitzer Hellbereich	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			91,68	11.995		50%
Heizstrahler Quarantäne	prüfen, ob Gasstrahler möglich			0,00	0		50%
Luftförderung		:					
Zul. Käfige (Standort Keller)				0,00	0		
Zul. Publikum (Standort Keller)	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			32,12	3.758		20%
Zul. Käfige (Standort Dach)				0,00	0		
Abl. Maschinenraum (Standort Keller)				0,00	0		
Abl. Käfige, 17 Dachvent.				0,00	0		
Abl. Publikum, 3 Dachvent.	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			10,51	1.230		20%
Zulüfter, 24 St. In Wärtergang				0,00	0		
Türschleier Sandlager	prüfen ob im Sommer abgeschaltet						
Türschleier Publ. Ein/Ausgang	prüfen ob im Sommer abgeschaltet						
Kältebereitstellung		:					
Kälteaggregat im UG	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			22,68	3.281		80%
Kälteaggregat in Dachzentrale	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			6,48	937		80%
Kühlturmvent. Stufe 1	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			0,45	65		80%
Kühlturmvent. Stufe 2	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			1,97	285		80%
UP Kühlwasser	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			4,92	712		80%
UP Kaltwasser	Maßn.1 in Kap. Wärmeversorg. Grzimekhaus			8,42	1.217		80%
Summe Einsparung durch Maßn. in der Wärmeversorgung				250,42	32.717		
In den Maßn. Wärmeversog. bereits berücksichtigte Stromeinsparung:				183,00			
Durch Maßn. Wärmeversorgung zusätzlich erzielte Einsparung:				67,42	8.809		

Die zusätzlichen Stromeinsparungen durch eine neue Regelung ermöglichen den wirtschaftlichen Einsatz von weiteren 40.000,-- DM an Investitionen.

Insgesamt kann der Stromverbrauch durch die im Wärmebereich beschriebenen Maßnahmen um etwa 41% reduziert werden. Zu beachten ist hierbei, daß der empfohlene Einsatz eines Kreislauf-Verbund-Systems und der Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung den Stromverbrauch wieder anhebt. Diese Auswirkungen sind in der Wirtschaftlichkeitsrechnung der Wärmeversorgungsmaßnahmen enthalten.

Beleuchtung im Grzimekhaus

Wie der Vergleich der installierten Leuchten im Hellbereich und Dunkelbereich des Grzimekhauses gezeigt hat (vgl. Kapitel Lastmessung und Bilanz im Grzimekhaus), könnte unter der Annahme, daß Wärmestrahlung durch Helligkeit (Lichtstrom in Lumen) ersetzt werden kann, der Anteil an Strahlern im Hellbereich des Grzimekhauses weitgehend reduziert werden. Diese Annahme scheint uns zunächst nicht abwegig, da die Strahler bei ausreichendem Tageslicht ohnehin zeitweise manuell abgeschaltet werden.

Im untersuchten Fall würde der vorhandene Anteil der Strahler um 80% reduziert und durch Entladungslampen mit höherer Lichtausbeute ersetzt, so daß der Lichtstrom insgesamt nicht verändert wird.

Grzimekhaus		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):		143,26			
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):		100,34			
Ort /Verbraucher	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromeinsparung	mittlere Kosteneinsparung	Priorität	Anteil HT-Strom
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a		
Beleuchtung Hellzone	:						
Leuchtstoffröhren				0,00	0	o.K.	
Strahler	Reduktion Strahler auf 20%				0	o.K.	
Entladungslampen (27 St.)	80% d. Lichtstroms ersetzter	27.000	3.586	47,46	7.303	2,0	100%
Publikum Hellbereich				0,00	0	o.K.	
Summe	!	27.000	3.586	47,46	7.303	2,0	
	!			48%			

Rechnerisch könnten 48% des Stromverbrauchs für Beleuchtung im Hellbereich des Grzimekhauses eingespart werden. Welche Einsparungen jedoch tatsächlich zu erzielen sind, kann nur in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen für jedes Gehege speziell geprüft werden.

Für die Abschätzung des Sparpotentials in anderen Häusern mit ähnlichen Gehegen (Exotarium, Vogelhaus) gehen wir von einer Einsparung von 30% aus.

Die vorhandenen dimmbaren Leuchtstofflampen (Summe Leistung ca. 5,6 kW), die noch nach dem Glühstrumpfprinzip geregelt werden, müssen zur Zeit ausgetauscht werden, da keine Ersatzteile mehr am Markt erhältlich sind. Mit der Erneuerung durch Lampen mit dimmbarem elektronischem Vorschaltgerät wird sich gleichzeitig auch eine Stromeinsparung von etwa 9 MWh/a einstellen.

Im **Exotarium** konnten aus den im Kapitel Lastgangmessung beschriebenen Gründen keine Untersuchung wie im Grzimekhaus durchgeführt werden. Die im Grzimekhaus gewonnenen Erkenntnisse werden jedoch zur Abschätzung des Potentials übertragen.

Die an der Grundlast beteiligten Verbraucher dürften in erster Linie Pumpen für Beckenwasser und Heizung, sowie Kühlaggregate sein. Wir gehen davon aus, daß durch regelungstechnische Maßnahmen mindestens 10% davon eingespart werden kann.

Aus der Lastmessung wurde ersichtlich, daß nachts zwei verschiedene Betriebszustände möglich sind. In der Abschätzung ist angenommen, daß die nachts abschaltbaren Geräte zukünftig immer automatisch ausgeschaltet werden.

Wir gehen davon aus, daß in der ab 7 Uhr eingeschalteten Beleuchtung auch ein Anteil an Halogenstrahlern enthalten ist (Lampenmix). Nach den Erkenntnissen im Grzimekhaus rechnen wir dafür mit einem Einsparpotential von 30%.

Die zwischen 9.30 und 16.30 eingeschalteten Halogenstrahler sollten komplett durch effizientere Entladungslampen ersetzt werden.

Exotarium		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):				143,26		
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):				100,34		
Bilanz aus Lastmessung	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromeinsparung	mittlere Kosteneinsparung	Priorität	Anteil HT-Strom	
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a			
Grundlast	10% Einsparung durch Regelung			49,93	5.842		20%	
nachts abschaltbare Geräte	Geräte konsequent abschalten			37,50	4.042			
Beleuchtung Lampenmix	Ersatz von Strahlern durch Entladungslampen			52,56	8.088		100%	
Strahler	Ersatz von Strahlern durch Entladungslampen			53,66	8.257		100%	
	!							
Summe Exotarium	mögliche Investition ca.	140.000	18.596	193,65	26.228	1,4		
	!			24,6%				

Mit den getroffenen Annahmen ließen sich etwa 25% des Stromverbrauchs im Exotarium einsparen und ca. 140.000,-- DM wirtschaftlich investieren.

Da geplant ist, das **Menschenaffenhaus** in absehbarer Zeit neu zu bauen, wurden keine regelungstechnischen Maßnahmen untersucht. Die Heizungs-Umwälzpumpen sollten jedoch im Sommer von Hand abgeschaltet werden. Halogenstrahler sollten gegen Entladungslampen ausgetauscht werden, wenn das Gebäude noch länger als 5 Jahre genutzt wird. Dabei muß darauf geachtet werden, daß der Lichtstrom nicht erhöht wird (etwa 20% der Halogenleistung als Leistung für Entladungslampen einsetzen).

Im **Nashornhaus** und im **Giraffenhaus** sind regelungstechnische Maßnahmen an der Heizungsanlage vorgeschlagen, die zu kürzeren Laufzeiten der Pumpen führen. Der Einsatz einer nach dem Differenzdruck geregelten Pumpe würde sich in Verbindung mit den kürzeren Laufzeiten lohnen.

Einsparungen in der Beleuchtung sind mit einer Reduktion der Leistung um 30% angesetzt, wobei Halogenstrahler durch effizientere Lampen ersetzt werden sollen. Je 1000 W ersetzter Leistung sind Investitionen von 1.500,-- DM für neue Lampen, Gehäuse, Vorschaltgerät und Montage angenommen.

Die **Brunnenwasserpumpen** laufen bislang ungeregelt und beanspruchen auf diese Weise unabhängig von der momentanen Fördermenge ständig in etwa ihre maximale Leistung. Durch den Einbau einer Differenzdruckregelung und eines Frequenzumformers könnte der Stromverbrauch um ca. 1/3 gesenkt werden. Die erforderlichen Investitionen amortisieren sich in ca. 2 Jahren.

Raumheizung und Beckenwasserbeheizung im Wasserschweinegebäude **der Max-Schmidt-Anlage** sollten so koordiniert werden, daß insgesamt kürzere Pumpenlaufzeiten benötigt werden.

Die Teichbelüfter am **Weiher Nord** könnten durch den Einbau eines Sauerstoff-Meßgerätes von Hand- auf Automatikbetrieb umgerüstet werden. Meßgeräte sind ab etwa 1000,-- DM erhältlich; zuzüglich Montage und MWSt. Unter der Annahme einer Laufzeitverkürzung um ca. 16% würde sich die Investition in etwa 3 – 5 Jahren amortisieren.

Zumindest die Pumpen der im Sommer nicht benötigten Heizkreise im **Bärenhaus** sollten abgeschaltet werden.

Ring 1 ohne Grzimekhaus und ohne Exotarium		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):		143,26			
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):		100,34			
Ort /Verbraucher	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromein-sparung	mittlere Kostenein-sparung	Priorität	Anteil HT-Strom
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a		
Menschenaffen	:						
UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer	0		0,83	97	o.K.	20%
UP Publikum	Abschaltung im Sommer	0		1,21	142	o.K.	20%
UP Rücklaufanhebung 2 x	Abschaltung im Sommer	0		0,06	6	o.K.	20%
UP Schnelltrocknung	Abschaltung im Sommer	0		0,24	28	o.K.	20%
UP Außensitzplätze 2 Wilo E	Abschaltung im Sommer	0		0,44	52	o.K.	20%
UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer	0		0,83	97	o.K.	20%
UP geregelte Heizkreise	Abschaltung im Sommer	0		0,83	97	o.K.	20%
Nashornhaus	:						
UP Heizung	dp-geregelte Pumpe + Heizungsregelung	1.500	199	2,73	357	1,8	50%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 9 W/m ² benutzter Fläche	Leistungsreduktion 30%	1.665	221	2,78	427	1,9	100%
Straussenhaus	:						
UP Heizung 2 St.	im Sommer abschalten			0,44	52	o.K.	20%
Brunnenwasserpumpen	Druckregelung, siehe auch Kapitel Wasserversorgung	6.000	797	31,54	4.126	5,2	50%
Giraffenhaus	:						
UP Heizung	dp-geregelte Pumpe + Heizungsregelung	1.500	199	2,73	319	1,6	20%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 9 W/m ² benutzter Fläche	Leistungsreduktion 30%	1.935	257	3,23	496	1,9	100%
Max-Schmidt-Gehege	:						
UP Heizung	im Sommer abschalten, Raum- u. Beckenheizg. koordinieren	0		0,94	110	o.K.	20%
Weier Nord	:						
Belüfter 1	automat. über Messung des	1.500	199	4,40	576	2,9	50%
Belüfter 2	O2-Gehaltes	1.500	199	3,20	419	2,1	50%
Bärenanlage	:						
UP Heizung 6 Stück	im Sommer abschalten	0		1,32	155	o.K.	20%
Summe Ring 1	!	15.600	2.072	58,14	7.555	3,6	
	!			15%			

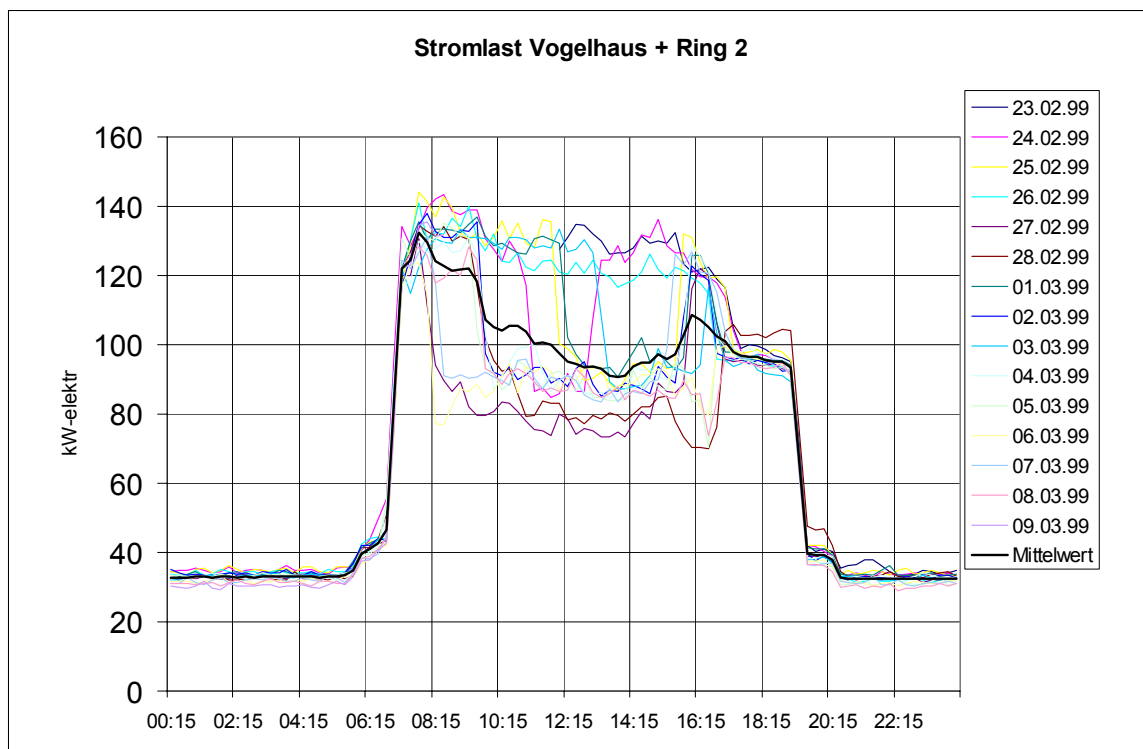
Die Berechnung ergibt eine Stromeinsparung von insgesamt 15% in Ring 1 (ohne Grzimekhaus und ohne Exotarium). In den Kosteneinsparungen sind die geschätzten Anteile HT/NT berücksichtigt. Eine Leistungsgutschrift ist wegen des Grundpreisvertrages nicht angerechnet. Die ausführliche Tabelle befindet sich im Anhang Stromversorgung: „Bilanz und Maßnahmen Ring 1“.

2.2 Ring 2 (Vogelhaus)

2.2.1 Lastmessung Ring 2

Die Tagesgänge des Ring 2 (einschl. Vogelhaus) weisen während des Tagbetriebs sehr starke Lastschwankungen um ca. 40 kW auf. Woher diese Schwankungen rühren, konnte nicht festgestellt werden. Es könnte sich jedoch um Beleuchtung handeln, die je nach Sonneneinstrahlung von Hand geschaltet wird.

Charakteristisch sind Ein- und Ausschaltzeitpunkt, sowie der Leistungswert kurz nach dem Einschalten um 7.00 Uhr und kurz vor dem Abschalten um 19.00 Uhr.



Bemerkenswert ist die große Diskrepanz zwischen der maximalen Leistung an den gemessenen Tagen von ca. 140 kW und der vom Stromversorger berechneten Verrechnungsleistung von 435 kW für Ring 2 und Verwaltungsbereich Gesellschaftshaus. Die hohe Verrechnungsleistung erscheint uns weder von der Vollbenutzungsstundenzahl, noch von dem aus der Messung hochgerechneten Jahresverbrauch, noch aus der nachfolgend beschriebenen Bilanz (ermittelte installierte Leistung = 147 kW) plausibel und sollte überprüft werden.

2.2.2 Strombilanz Ring 2

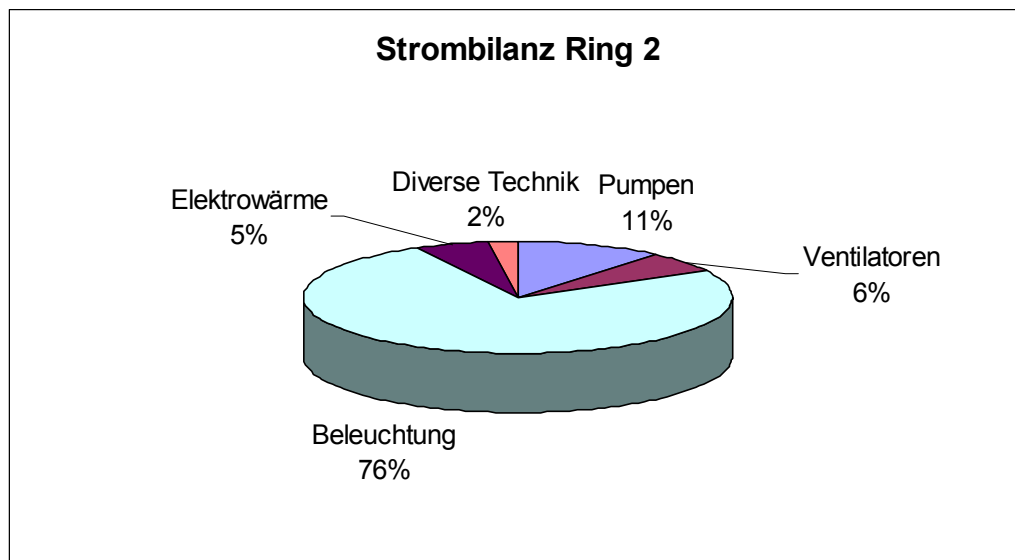
Für die Verbraucher in Ring 2 wurden, wie in Ring 1, Leistungen und Betriebszeiten erfaßt, so daß die Verbräuche bilanziert werden konnten (siehe Anhang Stromversorgung).

Während der aus der Lastmessung hochgerechnete Jahresbedarf hier wesentlich über dem tatsächlichen Verbrauch liegt, stimmt die Summe der bilanzierten Einzelverbraucher relativ gut mit dem gezählten Verbrauch überein (siehe nachfolgendes Schema). Allerdings ist in dieser Bilanz die Beleuchtung des Vogelhauses schon mit rd. 56% beteiligt, was unseres Erachtens noch überprüft werden muß.

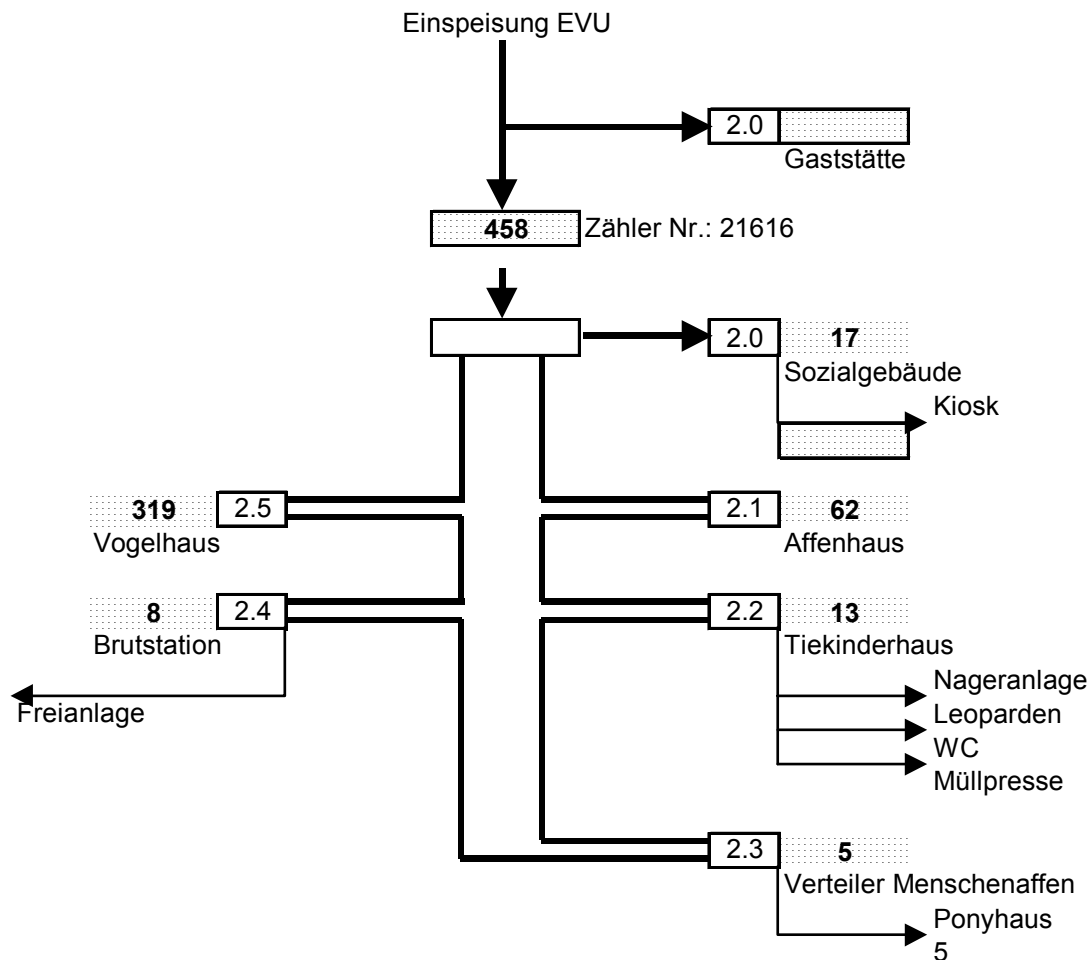
Eine weitere Unstimmigkeit zwischen Bilanz und Lastmessung besteht in der festgestellten Grundlast. Die Messung weist eine Dauerleistung von etwa 30 kW aus, während die Summe aller in der Begehung ermittelten Dauerläufer (≥ 22 Stunden Betriebszeit pro Tag) lediglich 10 kW beträgt.

Eine mögliche Ursache könnte in dem Betrieb von Wärmestrahlern liegen, die zur Zeit der Messung noch in Betrieb waren, in der Bilanz jedoch nicht berücksichtigt wurden. Eine Lastgangmessung im Sommer könnte dies klären. Ein Hinweis, daß es sich um wärmeabhängige Verbraucher handeln könnte, geben auch die monatlichen NT-Verbräuche, die im Sommer etwa 50% der Winterwerte betragen. Der Anteil NT am Monatsverbrauch ist dabei für alle Monate etwa gleich.

Nachfolgend sind die Verbrauchsanteile und das Schema des Ring 2 dargestellt:



Ring 2 (Sozialbau)



Summen (MWh/a):	
gemessen	458
bilanziert	423

2.2.3 Einsparungen in Ring 2

Für ein umfassendes Sparkonzept sind folgende Klärungen noch erforderlich:

- Die installierte Beleuchtungsleistung im Vogelhaus sollte ermittelt werden und geprüft werden, wie die gemessene Laststruktur zustande kommt. Falls die Unterschiede in den Tagesgängen tatsächlich durch Ein- und Ausschalten der Beleuchtung herrühren, sollte eine tageslichtabhängige, automatische Beleuchtungssteuerung in Erwägung gezogen werden.

- Der Betrag der Grundlast sollte im Sommer noch einmal durch eine Messung überprüft werden, damit sichergestellt werden kann, daß keine größeren Dauerläufer übersehen wurden.
- Die Anzahl der elektrischen Wärmestrahler sollte ermittelt werden.

Unabhängig von erforderlichen Klärungen können folgende Maßnahmen empfohlen werden:

In der Wärmeübergabestation des **Sozialgebäudes** könnte eine der Umwälzpumpen durch eine differenzdruckgeregeltere Pumpe ersetzt werden. Die Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn sie im Bündel mit preiswerteren Maßnahmen durchgeführt wird.

Der Einsatz von Zeitschaltuhren für die Zirkulationspumpen ist bereits als Einzelmaßnahme wirtschaftlich.

Nach Ansicht einiger Zoo-Bediensteter wird die Kleidertrocknung eigentlich nicht genutzt, so daß die Lüftungsanlage, die über Zeitschaltuhr nachts betrieben wird, abgeschaltet bleiben könnte. Dies würde neben der Wärmeeinsparung jährlich knapp 600,-- DM Stromkosten einsparen. Denkbar wäre auch, die Lüftung ein oder zweimal täglich für kurze Zeit zum Durchlüften der Räume zu nutzen.

Es sollte überprüft werden, ob die Heizungsumwälzpumpe in der **Brutstation** von der Regelung abgeschaltet wird.

Der Betrieb der Abluftventilatoren im Juwelensaal des **Vogelhauses** bewirkt einen Unterdruck in diesem Raum und fühlbare Nachströmung geruchsbelasteter Luft aus den Käfigen. Vermutlich werden gerade wegen der schlechten Luft die Ventilatoren weiterbetrieben. Unseres Erachtens könnte auf den Betrieb dieser Ablüfter verzichtet werden und die erforderliche Zuluft von den beiden Ventilatoren in der Haupthalle zugeführt werden. Diese sollten in Abhängigkeit der Besucherzahl nur noch als Zulüfter eingesetzt werden.

In der Heizungsverteilung sind für die Heizkreise Affenanlage und Vogelhalle jeweils zwei Pumpen eingebaut, von denen eine drehzahl geregelt ist. Die derzeit stattfindende monatliche Pumpenumschaltung sollte unterlassen werden und nur noch die energie-sparende drehzahl geregelte Pumpe betrieben werden. Die zweite Pumpe kann dann als Reservepumpe bei defekter Hauptpumpe eingesetzt werden. Als Blockierschutz sollte die Reservepumpe monatlich einmal kurz angeschaltet werden. Allein durch diese geänderte Betriebsweise können jährlich ca. 1.800,-- DM Stromkosten eingespart werden.

Die Umwälzpumpe für das Sozialgebäude sollte durch eine leistungsschwächere, drehzahlgeregelte Pumpe ersetzt werden. In den Sommermonaten sollte die Pumpe lediglich in den Zeiten der Boilerladung im Sozialgebäude betrieben werden. Die neue Regelung sollte dies vorsehen, oder über eine Zeitschaltuhr feste Ladezeiten eingestellt werden.

Der elektrische Luftherhitzer für die Futterküche (Vogelbüsche) könnte durch ein mit Pumpenwarmwasser (PWW) betriebenes Register wirtschaftlich ersetzt werden.

Ring 2		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):		189,08			
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):		132,36			
		LP brutto (DM/kW):		150,80			
Beleuchtungsreduktion		30 %			1,07		
Ort /Verbraucher	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromeinsparung	mittlere Kosteneinsparung	Priorität	Anteil HT-Strom
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a		
Sozialgebäude	:						
UP Heizung	dp-geregelte Pumpe	2.000	266	0,86	141	0,5	20%
Zirkulation	Zeitschaltuhr	250	33	0,44	68	2,0	20%
Lüftung Kleiderdrehung	außer Betrieb setzen			3,50	628	o.K.	
Affenanlage	:						
Beleuchtung; abgeschätzt mit 23 W/m ² benutzter Fläche	Leistungsreduktion 30%	8.100	1.076	16,20	4.165	3,9	100%
Tierkinderhaus	:						
Beleuchtung; abgeschätzt mit 30 W/m ² benutzter Fläche	Leistungsreduktion 30%	1.350	179	2,70	694	3,9	100%
Brutstation	:						
DOP Heizung	prüfen, ob Pumpe abschaltet			0,00			
Vogelhaus	:						
Juwelen, Besucher Abluft	außer Betrieb nehmen	0		0,99	250	o.K.	100%
Juwelen, Besucher Abluft	außer Betrieb nehmen	0		3,30	832	o.K.	100%
Haupthalle Vent. 1 (Zu od. Ab)	nur bei viel Publikum	0		1,80	366	o.K.	100%
Haupthalle Vent. 2 (Zu od. Ab)	betreiben	0		1,80	366	o.K.	100%
UP 1 Affenhaus	nur noch dp-geregelte			5,91	1.131	o.K.	20%
UP 2 Affenhaus 100 - 600 W	Pumpe betreiben			-0,81	-125	o.K.	20%
UP 1 Vogelhaus	nur noch dp-geregelte			6,57	1.257	o.K.	20%
UP 2 Vogelhaus 120 - 1000 W	Pumpe betreiben			-1,30	-200	o.K.	20%
DOP Fernleitung P1	im Sommer nur Boilerladung			4,82	922	o.K.	20%
DOP Fernleitung P2	und dp-geregelte Pumpe	3.500	465	3,99	753	1,6	20%
E-Luftherhitzer	Strom durch PWW ersetzen	6.000	797	16,00	4.058	5,1	50%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 42 W/m ² benutzter Fläche	Leistungsreduktion 30%	35.460	4.710	70,92	18.233	3,9	100%
	!						
Summe Ring 2	!	56.660	7.526	138	33.538	4,5	
	!				33%		

Insgesamt ergibt sich ein Einsparpotential von 33%, wobei die Beleuchtung den mit Abstand größten Beitrag dazu liefert. Wie im Kapitel „Einsparungen in Ring 1, Grzimekhaus“ beschrieben, müssen die Sparmaßnahmen im Bereich Beleuchtung noch im Detail geprüft werden.

Allgemein sollte geprüft werden, ob elektrische Wärmestrahler durch andere Maßnahmen, wie z.B. Wärmedämmung oder Abdichten der Gebäudehülle ersetzt werden können.

2.3 Wirtschaftshof

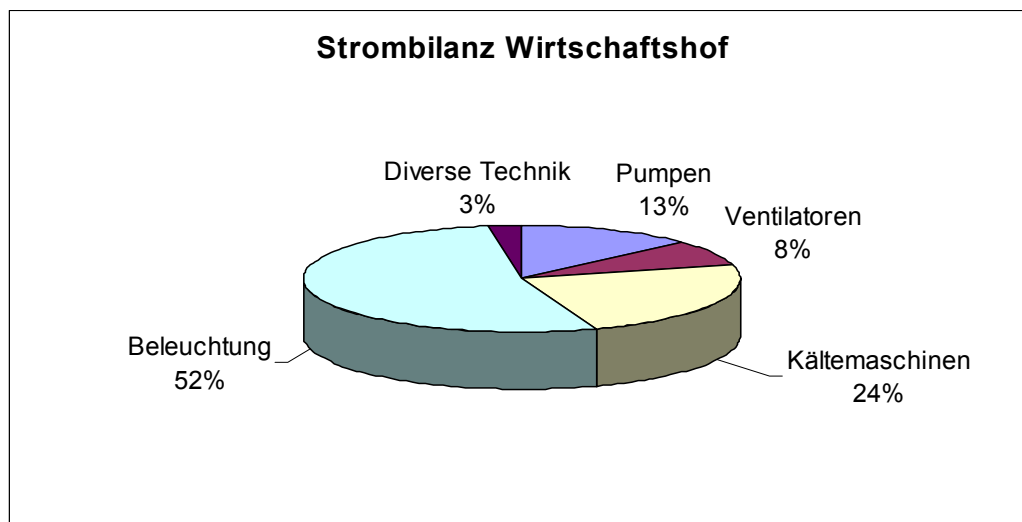
2.3.1 Strombilanz Wirtschaftshof

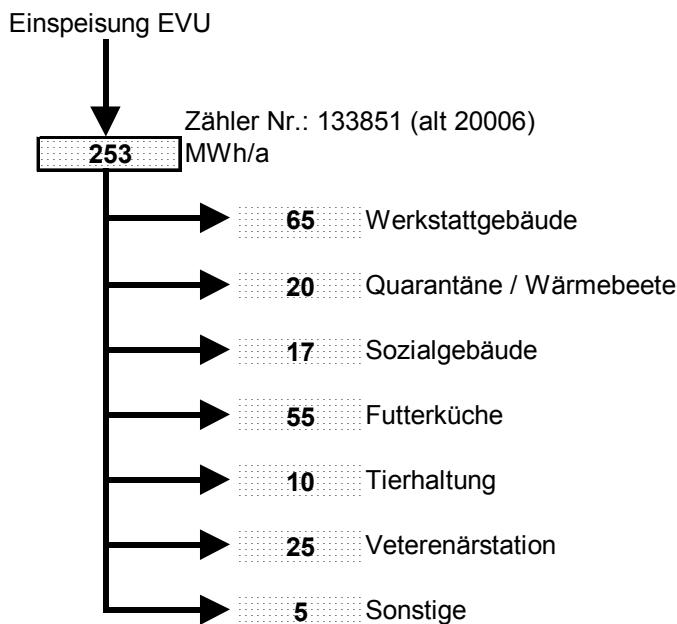
Für die Strombilanz des Wirtschaftshofes wurden ebenfalls gemeinsam mit einem Betriebselektriker die Leistungs- und Betriebsdaten sämtlicher Elektrogeräte, außer Beleuchtung, aufgenommen. Der bilanzierte Jahresverbrauch liegt allerdings um ca. 25% unter dem durchschnittlich abgerechneten Verbrauch. Wegen Überlastung des Zoo-Personals konnte kein Termin zur Abklärung der Unstimmigkeiten mehr stattfinden.

Mögliche Ursachen für die Abweichungen:

- Die bilanzierte Grundlast durch Verbraucher mit einer Einschaltzeit größer 22 Stunden pro Tag beträgt nur 4 kW. Möglicherweise wurden Dauerläufer übersehen.
- Die Beleuchtung wurde lediglich über spezifische installierte Beleuchtungsleistungen abgeschätzt. Der Anteil der Beleuchtung am bilanzierten Gesamtverbrauch beträgt allerdings schon etwa 50%.
- Die Laufzeit der Kühlaggregate kann nur grob geschätzt werden, da der tatsächliche Verbrauch auch von Faktoren, wie der Zeitdauer offener Türen und dem Durchsatz von Kühlgut abhängt.
- Der Stromverbrauch für die Elektrofahrzeuge ist in der Bilanz noch nicht enthalten.
- Der Verbrauch von Maschinen hängt von Menge und Art der durchgeführten Arbeiten ab.

Nachfolgend sind ermittelte Verbrauchsaufteilung und Schema dargestellt:



Wirtschaftshof

Summen (MWh/a):	
gemessen	253
bilanziert	197

2.3.2 Maßnahmenvorschläge

Eine Lastgangmessung wie sie für Ring 1 und 2 durchgeführt wurde, könnte mehr Klarheit über die ständig durchlaufenden Verbraucher und die Beleuchtung erbringen und sollte deshalb noch durchgeführt werden.

Der Verbrauch der Kältemaschinen sollte über einen Unterzähler erfaßt werden, so daß Aussagen über Sparmaßnahmen an der Anlage möglich werden.

Unabhängig von den noch bestehenden Unsicherheiten können folgende Maßnahmen empfohlen werden:

Die Heizungsregelungen sollten dahingehend überprüft werden, ob die Umwälzpumpen automatisch ab einer einstellbaren Außentemperatur abschalten. Wenn dies nicht der Fall ist und mit dem Regelgerät nicht realisiert werden kann, sollten die Anlagen manuell im Sommer abgeschaltet werden. Alle Anlagen sollten im Automatikbetrieb laufen.

Die Nutzungszeit der Lüftung für die Sozialräume sollte auf den unbedingt erforderlichen Bedarf reduziert werden. In der Berechnung ist eine Betriebszeit von je einer Stunde

vormittags und nachmittags kalkuliert. Im Sommer sollte die Lüftung ausgeschaltet und nur über die Fenster gelüftet werden.

Der Zulüfter für die Futterküche muß unseres Erachtens nicht benutzt werden.

Wirtschaftshof		Arbeitspreis HT brutto (DM/MWh):		189,08			
		Arbeitspreis NT brutto (DM/MWh):		132,36			
		LP brutto (DM/kW):		150,80			
Ort /Verbraucher	Maßnahme	Investition geschätzt	Annuität + Instandhalt.	Stromein- sparung	mittlere Kostenein- sparung	Priorität	Anteil HT-Strom
		DM	DM/a	MWh/a	DM/a		
Werkstattgebäude							
UP stat. Heizung	Im Sommer abschalten		0	0,62	96	o.K.	20%
UP Lüftung	Im Sommer abschalten			0,38	59	o.K.	20%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 15 W/m ² genutzter Fläche	Flurlicht über Bewegungsmelder	5.451	724	9,08	2.434	3,4	100%
Quarantäne / Wärmebeete							
UP Wärmebeet 1	Sommer abschalt. + Autobet.			0,39	60	o.K.	20%
UP Wärmebeet 2	Sommer abschalt. + Autobet.			0,41	64	o.K.	20%
UP Lüftung	Im Sommer abschalten			0,28	44	o.K.	20%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 12 W/m ² genutzter Fläche	Leistungsreduktion 15%	972	129	1,94	500	3,9	100%
Sozialgebäude							
UP-stat. Heizung Wohnungen	Im Sommer abschalten			0,08	12	o.K.	20%
UP-stat. Heizung Sozialräume	Im Sommer abschalten			0,06	10	o.K.	20%
UP Erhitzer Sozialräume	Im Sommer abschalten			0,61	93	o.K.	20%
Zuluftventilator Sozialräume	Nutzungszeit verkürzen			4,27	867	o.K.	100%
Abluftventilator Sozialräume	Nutzungszeit verkürzen			4,27	867	o.K.	100%
Beleuchtung; abgeschätzt mit 10 W/m ² genutzter Fläche	Leistungsreduktion 15%	450	60	0,90	231	3,9	100%
Futterküche							
Zuluftvent. Futterküche	außer Betrieb nehmen			0,37	107	o.K.	100%
Tierhaltung							
Beleuchtung; abgeschätzt mit 10 W/m ² genutzter Fläche	Leistungsreduktion 15%	718	95	1,44	369	3,9	100%
Veterenärstation							
Beleuchtung; abgeschätzt mit 20 W/m ² genutzter Fläche	Leistungsreduktion 15%	900	120	1,35	371	3,1	100%
Summe Wirtschaftshof		8.490	1.128	26	6184	5,5	
				13%			

Die Einsparungen in der Beleuchtung sind mit einem pauschalen Ansatz von 15% abgeschätzt und ergeben sich durch den Einbau von automatischen Abschaltungen der Flur- und Treppenhausbeleuchtung, sowie durch den Ersatz von Halogenstrahlern in Bereichen der Tierhaltung.

2.4 Abrechnung mit dem Versorger

Bis Ende 1998 wurde das Zoogelände einschließlich Wirtschaftshof über 7 Einspeisungen mit Strom versorgt und über 6 Tarife abgerechnet. Ring 2 und Gesellschaftshaus wurden bis dahin in einer Abrechnung zusammengefaßt.

Seit 1999 ist ein neuer Vertrag mit günstigerem Tarif (K130) gültig, in dem Ring 2, Wirtschaftshof, Veranstaltungs- und Theaterzähler am Gesellschaftshaus, sowie die Schaukästen einbezogen sind. Die Einsparung an Stromkosten beträgt dadurch jährlich ca. 47.000,-- DM.

In dem Vertrag wird die Eigenstromerzeugung durch den Zoo ausgeschlossen. Sollte eine Kraft-Wärme-Kopplung in Erwägung gezogen werden, müßte der Vertrag mit dreimonatiger Frist zum Jahresende gekündigt werden.

Im Kapitel Stromversorgung (unter Ring 2) ist bereits darauf hingewiesen, daß die gemessene Lastspitze nur ca. 1/3 der abgerechneten Vertragsleistung beträgt und die Ursache für diese Diskrepanz überprüft werden muß.

Der durchschnittliche Strompreis ist mit rd. 25,7 Pf/kWh auch mit dem neuen Tarif noch nicht besonders günstig. Nach unserer Schätzung müßte die Verrechnungsleistung ca. 180 kW betragen, so daß sich die Stromkosten in diesem Vertrag um etwa 53.000,-- DM/a reduzieren würden. Der durchschnittliche Strompreis läge dann bei etwa 20 Pf/kWh inklusive Mehrwertsteuer.

Der Stromtarif in Ring 1 ist wegen fehlender Leistungskosten und niedriger Arbeitspreise günstig und sollte nicht geändert werden. Der mittlere Strombezugspreis liegt noch unter der Einspeisevergütung für BHKW-Strom in Frankfurt.

Technisch denkbar ist die Ausweitung des Versorgungsbereiches von Ring 1 auf Ring 2 durch die räumliche Nähe der Leitungen im Verteilerschrank am Menschenaffenhaus. Die verlegte Dimension der Ringleitungen von 4 x 50 mm² würde jedoch nicht für die komplette Versorgung beider Ringe aus der Einspeisung von Ring 1 genügen. Ob eine solche Lösung machbar ist, muß insbesondere auch rechtlich geprüft werden.

Bei einer Versorgung von Ring 2 ohne den großen Verbraucher Vogelhaus und das Sozialgebäude (restlicher Ring = ca. 80 MWh/a) könnten durch den günstigeren Tarif, bezogen auf den korrigierten Preis in Ring 2 von 20 Pf/kWh, etwa 5.600 – 6.000,-- DM/a eingespart werden.

3 Wasserversorgung

3.1 Bestandsanalyse, Datenerfassung,

Das Wasserversorgungssystem für den Zoo besteht aus 2 separaten Netzen (s. auch Lagepläne im Anhang):

- Versorgung mit Trinkwasser durch die "MAINOVA"
- Versorgung mit Brunnenwasser aus eigenen Brunnen

3.2 Trinkwasserversorgung

Das Trinkwasser wird an verschiedenen Stellen aus dem öffentlichen Versorgungsnetz in die Verteilnetzte im Zoo eingespeist. Es gibt 8 Einspeisestellen mit insgesamt 12 Zählern. An 3 Einspeisestellen wird in einen weit verzweigten Versorgungsring eingespeist (ca. 73% der Gesamtmenge), die restlichen 5 Einspeisungen (ca. 27% der Gesamtmenge) erfolgen auf einzelne Verbrauchseinheiten oder –gruppen (Wirtschaftshof, Gesellschaftshaus, Nageranlage und Affenhaus, Sozialgebäude, Vogelhallen und Vogelbüsche). Die Verteilung der Trinkwassereinspeisung sowie die absoluten Zahlen sind in den Tabellen im Anhang aufgeführt. Der Versorgungsring ist z.Zt. wegen des Neubaus Raubtieranlage an einer Stelle unterbrochen.

Die Leitungsquerschnitte im Versorgungsring gehen bis DN 150. Über Alter, Material sowie Querschnitte der Leitungen liegen uns nur teilweise Angaben vor. Die hydraulischen Verhältnisse im Versorgungsring und den –leitungen wurden nicht untersucht.

Zwischenzähler sind an den folgenden Stellen vorhanden:

- Menschenaffenhaus
- Nashornhaus
- Bärenanlage

Es war leider nicht möglich, kontinuierliche Ablesungen für diese Zähler zu erhalten (s. auch die allgemeinen Bemerkungen zu der Datengrundlage).

3.3 Brunnenwasserversorgung

Auf dem Zoogelände existieren vier Brunnen aus der Zeit des U-Bahn-Baus, von denen heute noch drei in Betrieb sind und für die Versorgung von Wasserverbrauchsstellen mit reduziertem Qualitätsanspruch im Zoo dienen.

Der erste Erlaubnisbescheid vom Wasserwirtschaftsamt Wiesbaden mit einer jährlichen Fördermenge von 200.000m³ wurde im Januar 1995 erteilt, ein weiterer Bescheid vom November 96 erlaubt die Förderung von zusätzlich 80.000 m³/a.

Verteilung:

Das Brunnenwasser wird über ein separates PE-Leitungssystem verteilt. Die Leitungen wurden in den Jahren 93, 94 und 95 verlegt. Zählerinrichtungen an den Verbrauchsstellen oder innerhalb des Verteilsystems existieren nicht. Die angeschlossenen Verbraucher wurden successive von Trinkwasser auf Brunnenwasser umgestellt, in einem Fall (Fischbecken hinter den Vogelhallen) musste die Umstellung wegen qualitativer Probleme wieder rückgängig gemacht werden (Bei den Massnahmen empfehlen wir einen neuen Versuch mit Mischwasser!).

Die Brunnen sind mit den folgenden Pumpen ausgerüstet (Kennlinien und Daten im Anhang):

Brunnen 1: Grundfoss SP 27-8, 7,5kW	bei Bedarf manuell zugeschaltet.
Brunnen 2:	existiert nicht mehr
Brunnen 3: Grundfoss SP 45-7, 11 kW	monatl. wechselseitig zugeschaltet
Brunnen 4: Grundfoss SP 45-8, 11 kW	monatl. wechselseitig zugeschaltet

Die Brunnen 3 und 4 sind seit April 1998 für den Zoo in Betrieb

Die geförderten Wassermengen werden mittels zweier Zähler erfasst: Ein Zähler für Brunnen 1 (und 2, der nicht mehr in Betrieb ist), ein Zähler für die Brunnen 3 + 4. Zwischenzähler im Netz oder an den Verbrauchsstellen existieren nicht.

Druckverhältnisse:

Bei grossen Zapfmengen (z.B. Füllung Flusspferdbecken) sinkt der Versorgungsdruck im Netz ab. Bisher wird die Pumpe 1 manuell zugeschaltet. Bei einer zukünftigen Erweiterung des Brunnenwassernetzes sollte durch den Einbau einer druckabhängigen automatischen Zuschaltung der Pumpe 1 die Versorgungssicherheit verbessert werden.

3.4 Verbrauchsermittlung

Der Wasserverbrauch im Zoo ist ein erheblicher Kostenfaktor. Im Jahr 1998 wurden folgende Wassermengen genutzt und es entstanden folgende Kosten (Quelle: Abrechnungen):

Wasserverbrauch 1998	Verbrauch m ³	Kosten DM
Trinkwasser	109.881	834.931
Brunnenwasser	293.803	392.962
Gesamt	403.684	1.227.893

Nicht enthalten:

- Regenwasserverbrauch Gärtnerei
- Kosten f. Löschwasservorhaltung
- (Bei den Kosten): Erträge aus Abrechnungen mit Mietern

Über die eingespeisten bzw. geförderten Mengen von Trink- bzw. Brunnenwasser liegen monatliche bzw. jährliche (für Trinkwasser ab 1997) Daten vor. Nicht bekannt sind die Wassermengen, die in den einzelnen Bereichen, Gebäuden oder Zapfstellen verbraucht werden. Obwohl einige Zwischenzähler (im Trinkwassernetz) installiert sind, werden diese nicht abgelesen. Leider konnten wir auch keine Ablesungen über einen befristeten Zeitraum veranlassen. Es erscheint uns wichtig darauf hinzuweisen, dass eine möglichst genaue Kenntnis über die einzelnen Verbräuche Grundlage für eine effiziente Sparpolitik ist. Die vorhandenen Zähler, auch wenn sie nicht internen oder externen Abrechnungen dienen, sollten unbedingt regelmässig abgelesen und ausgewertet werden.

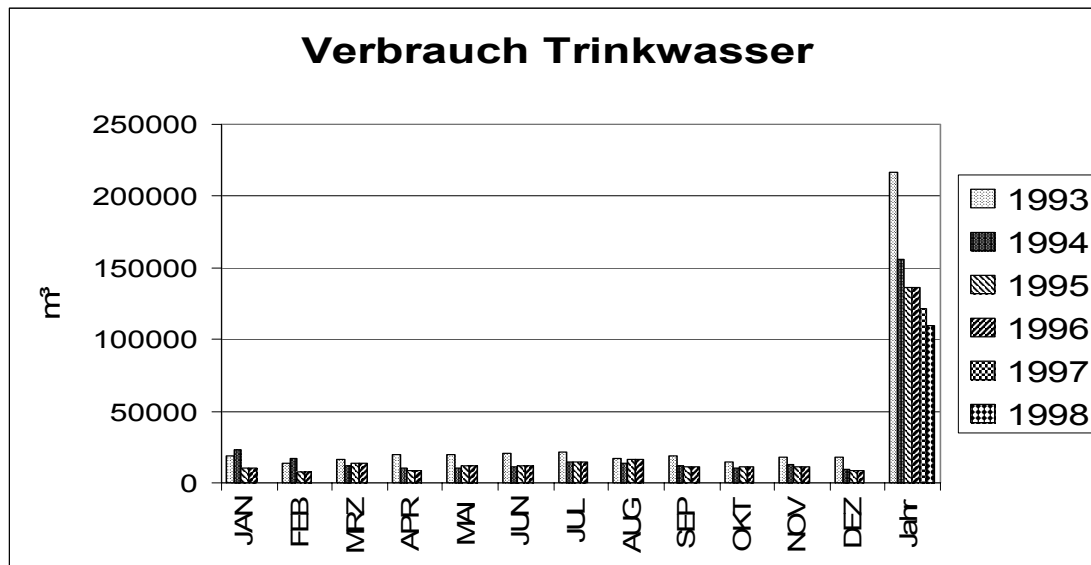
Wir haben versucht, mittels einer Bilanzierung der einzelnen Verbraucher die Gesamtmengen sowohl für Trink- als auch für Brunnenwasser den Verbrauchern zuzuordnen. Zur Bilanzierung der Verbrauchsmengen wurden die einzelnen Verbraucher in Augenschein genommen und die einzelnen Zapfmengen und Zapfdauern zusammen mit dem verantwortlichen Personal bestimmt bzw. geschätzt. Einige Zapfstellen konnten ausgelitert werden.

Die Bilanzierung der verbrauchten Wassermengen erfolgt für das Jahr 1998.

3.4.1 Trinkwasserverbrauch

3.4.1.1 Gesamtverbrauch

Die folgenden Diagramme zeigen den Wasserverbrauch in den vergangenen Jahren (s. auch Tabellen im Anhang).



Für die Jahre 97 und 98 liegen keine Monatswerte vor. Für 1999 gibt es noch keine Verbrauchszahlen. Alle Zahlen sind im Anhang aufgeführt.

Die Entwicklung beim Trinkwasserverbrauch zeigt deutlich eine rückläufige Tendenz seit 1993, ein Ergebnis aus bereits durchgeführten Sparmassnahmen sowie der successiven Umstellung von verschiedenen Verbrauchern von Trinkwasser auf Brunnenwasser.

3.4.1.2 Einzelne Verbraucher

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Verbraucher mit den von uns ermittelten Einzelverbräuchen aufgeführt. Die Verbrauchssummen, die den Hauptzählern entsprechen, wurden den gemessenen Werten gegenübergestellt (s. auch Tabelle im Anhang).

Bilanz Trinkwasser für 1998 (Abschätzung) Verbraucher	Jahresverbrauch, bilanziert	Jahresverbrauch, gemessen
	m³/a	m³/a
Vogelhaus	19.604	20.133
Affenanlage	2.904	1.517
Wirtschaftshof		2.420
Gesellschaftshaus		4.567
Sozialbau		1.297
Am Ring angeschlossen (alle folgenden):	75.712	79.947
Menschenaffenhaus:	3.269	
Nashornhaus	1.386	
Bärenanlage	2.957	
Max-Schmidt-Anlage	4.538	
Grzimekhaus	20.150	
Exotarium	34.425	
Sonstige	8.985	
GESAMTSUMMEN:	108.923	112.301

In der Tabelle im Anhang sind die einzelnen Verbraucher weiter aufgeschlüsselt.

Weitere Erläuterungen:

Vogelhaus, Affenanlage, Gesellschaftshaus und Sozialbau werden jeweils separat versorgt und sind deshalb verbrauchsseitig eindeutig erfassbar.

Für den Wirtschaftshof existieren 2 Einspeisungen:

Einspeisung für die Werkstätten mit eigenem Zähler.

Einspeisung für Futterküche, Gewächshäuser, Waschplatz, Wohnungen

Eine Bilanzierung der Einzelverbraucher Gewächshaus, Futterküche, Waschplatz ist nur schätzungsweise möglich. Wir gehen davon aus, dass die Gewächshäuser den überwiegenden Anteil der eingespeisten Wassermenge verbrauchen. Die installierte Regenwasseranlage mit 10,5m³ Speichervolumen (7 St. Kunststofftanks oberirdisch im Kaltgewächshaus je 1500 Ltr.) deckt nur einen geringen Teil des Wasserbedarfs für die Bewässerung beider Gewächshäuser ab (ca. 10% lt. Aussage des Gartenmeisters). In der

vorhandene Zisternenanlage wird das Wasser nicht gefiltert, eine Verwendung in Sprinklersystemen ist nicht möglich.

Hier sehen wir ein Einsparpotential durch Vergrößerung und Verbesserung der Zisternenanlage mit dem Ziel, einen möglichst hohen Anteil des zur Bewässerung und für den Waschplatz für Fahrzeuge und Maschinen verwendeten Trinkwassers durch Regenwasser zu ersetzen (s. Kapitel Massnahmen).

Die Verbraucher am Trinkwasserring wurden von uns im Einzelnen bilanziert (s. Tabelle im Anhang), so dass eine Gewichtung der Einzelverbraucher möglich ist. Exotarium und Grzimekhaus sind als die stärksten Verbraucher am Ring identifiziert.

Auf die in einer Studie aus dem Jahr 1989 vorgeschlagenen Maßnahmen zur Wassereinsparung im Exotarium und bei den Robbenbecken gehen wir in diesem Kapitel nicht näher ein, denn:

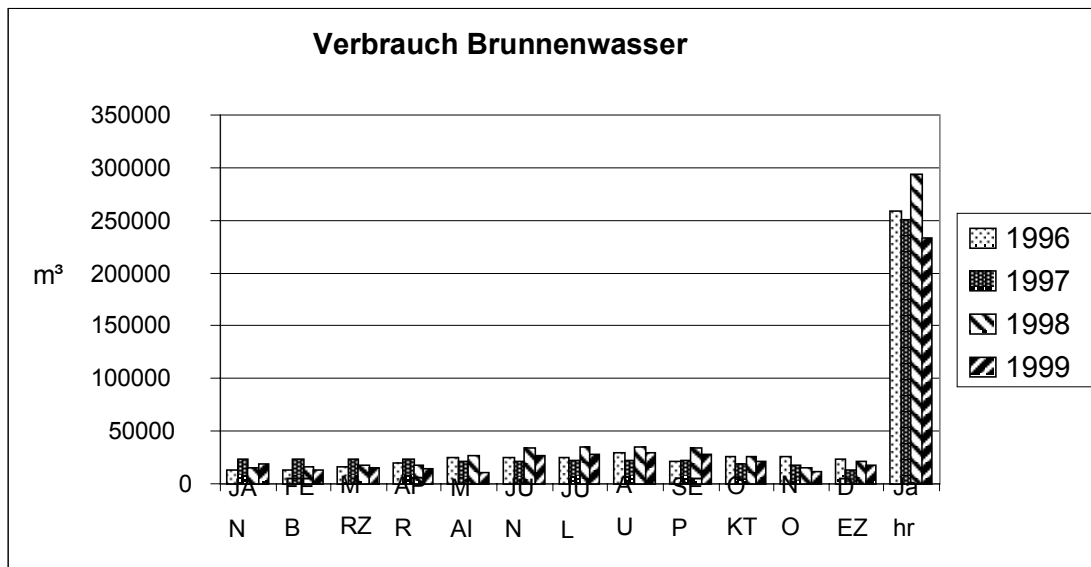
- Der Einbau einer Wärmepumpe im Exotarium, die den Kühlwasserbedarf verringern soll, wurde bereits vorgenommen, wenn auch nicht vollendet. Die erforderlichen Maßnahmen zur Inbetriebnahme der Anlage sollen in Kürze vorgenommen werden
- Das Robbenbecken wird z.Zt. umgebaut und erhält eine komplett neue Wassertechnik.

Sonstige Verbraucher:

Neben der Grünflächenbewässerung mittels Brunnenwasser und einen separaten Leitungs- und Regnersystem werden gelegentlich Grünflächen mit Trinkwasser durch mobile Einrichtungen beregnet. Dies sollte aus Kostengründen möglichst vermieden werden. Jegliche Bewässerung sollte mit Brunnenwasser ausgeführt werden (s. Kapitel Massnahmen). Dasselbe gilt für die Kanalreinigung, die im Schnitt 1 x monatlich mit einem Hochdruckreiniger durchgeführt wird. Die Befüllung des Vorlagebehälters erfolgt mittels Schlauch an einer Trinkwasserzapfstelle.

3.4.2 Brunnenwasserverbrauch

3.4.2.1 Gesamtverbrauch



Der Brunnenwasserverbrauch für 1999 ist bis Mai 1999 abgelesen, die restlichen Monate sind gemäss der monatlichen Entwicklung des Jahres 1998 geschätzt.

Die 1998 geförderten Mengen liegen mit fast 294.000m³ knapp über der zugelassenen Fördermenge von 280.000m³/a. Durch den Wegfall der Einspeisung in das Robbenbecken (Umbaumaassnahmen, später Filteranlage) liegen die Fördermengen im Jahr 1999 deutlich unter denen des Jahres 1998. Wir haben die aktuellen Fördermengen bis zum 31.5.1999 in der Bilanzierung verarbeitet, für den Rest des Jahres haben wir die Fördermengen geschätzt. Demnach wird die Jahresfördermenge mit ca. 233.000m³ wieder deutlich unter der zugelassenen Menge liegen und es besteht die Möglichkeit, zusätzliche Verbraucher anzuschliessen.

Hier sind vorrangig die Verbraucher anzuschliessen, die in der Nähe der Brunnenwasserleitung liegen. Bei der Erweiterung des Netzes sollte darauf geachtet werden, dass im späteren Ausbauzustand ein Ring geschlossen werden kann. Dadurch verbessert sich die hydraulische Charakteristik der Versorgungsleitungen.

3.4.2.2 Einzelne Verbraucher:

Bemerkung zu der Bilanzierung:

Da es keine Zählerleinrichtungen bei den Verbrauchern gibt, mussten die Zulaufmengen vor Ort ermittelt werden. Bei verdeckten Zuläufen mussten die Mengen geschätzt werden (z.B. durch Beobachtung der Überlaufmenge), bei einem freien Zulauf konnte die Menge

ausgelitert werden. Die gelegentlichen Einspeisungen wurden durch Abschätzung der Zulaufmenge und der von dem zuständigen Personal erfragten Zapfzeiten ermittelt.

Grosser Weiher:

Der Grosse Weiher hat einen Brunnenwasseranschluss DN 70. Dieser wird nur im Sommer bei grosser Hitze geöffnet um frisches Wasser nachzuspeisen und damit die Wasserqualität im Weiher zu verbessern.

Gartenbewässerung:

Für die Bewässerung von Grünflächen, Pflanzen etc. im Garten ist ein eigenes Bewässerungssystem installiert worden. Dies wurde zur Zeit des U-Bahn-Baus insbesondere zum Schutz der Bäume installiert und sollte nur vorübergehend während der Bauzeit betrieben werden. Dazu wurde in einer Fertigarage ein Zwischenbehälter und eine Pumpe installiert, die ein Verteilsystem über eine Zeitsteuerung versorgt. Der Zwischenbehälter wird mit Brunnenwasser befüllt.

Die Bewässerung im Zoo erfolgt überwiegend nachts mittels separat verlegter Bewässerungsleitungen und Beregnern, sowie einem Zeitprogramm, das verschiedene Abschnitte im Wechsel einschaltet. An Sonn- und Feiertagen wird nicht bewässert. Auf unsere Veranlassung konnte kurzfristig ein Zähler eingebaut werden, so dass über einen kurzen Zeitraum der Verbrauch ermittelt werden konnte:

Ablesungen Zähler Gartenbewässerung:

Ablesedatum	Zählerstand
01.06.1999	0
02.06.1999	72
10.06.1999	227

Tagesmenge im Schnitt: 25,2 m³

An die Anlage zur Gartenbewässerung ist eine Zapfleitung mit eigener Pumpe installiert, aus der das Grünflächenamt Wasser zu Bewässerungszwecken in der Stadt entnehmen kann (Zapfstelle ausserhalb der Gartenmauer). In dieser Zapfleitung ist ein Zähler installiert, ebenso wird der Strom für die dazugehörige Pumpe gezählt.

Das städt. Grünflächenamt nimmt Ablesungen jeweils zu Beginn und zum Ende der Sommersaison vor.

Folgende Ablesungen wurden vom Grünflächenamt tel. mitgeteilt (weitere liegen dort nicht vor):

Saisonbeginn 1998: 188 m³

Saisonende 1988: 189 m³

Ablesung 1.6.1999: 189 m³

Ablesung 6.6.1999: 189 m³

Folglich wurde in 1998 nur 1 m³ entnommen. Anzumerken ist, dass es für diese Entnahmemöglichkeit keine Abrechnung gibt. In trockenen Sommern wird die Menge vermutlich deutlich höher liegen.

Der Verbrauch wird dem Grünflächenamt nicht in Rechnung gestellt.

Zebragraben:

Der Graben wird ständig mit Brunnenwasser nachgespeist. Die Zapfmenge wurde mit 4 l/min. gemessen. Einmal im Jahr wird der Graben neu befüllt.

Bärengraben:

Hier wird nur gelegentlich Wasser eingefüllt. Die Menge kann nur grob geschätzt werden.

Raubtiergraben:

Diese Zapfstelle wird wegen der Baumassnahme z.Zt. nicht benutzt.

Vogeltränken Greifvögel, Eulen:

Die Tränkbecken werden ganzjährig durchgehend mit Brunnenwasser gespeist. Eine exakte Bestimmung der Zulaufmenge ist nicht möglich, da es keinen offenen Zulauf gibt. Die Zulaufmenge wurde daher geschätzt.

Stelzvogelweiher:

Der Weiher wird über eine Brunnenwasserzapfstelle gespeist, die ganzjährig geöffnet ist. Ein Futterbecken wird zusätzlich permanent und ebenfalls ganzjährig mit frischem Brunnenwasser gespeist. Die Zulaufmengen konnten auch hier nur geschätzt werden.

Schuhschnabelgraben:

Der Graben wird permanent mit Brunnenwasser gespeist, die Zulaufmenge konnte nur geschätzt werden.

Vogelbüsche:

Die Vogeltränkbecken werden permanent mit Brunnenwasser versorgt. Die Zulaufmengen wurden geschätzt.

Flamingobecken:

Das Flamingobecken wird mit einem offenen Einlauf mit Brunnenwasser gespeist. Der Zulauf ist nur im Sommer in Betrieb.

Robbenbecken:

Die Robbenbecken werden z.Zt. umgebaut, eine Filteranlage für das Beckenwasser ist vorgesehen. Bisher wurden die Becken mit Brunnenwasser gespeist. Es ist noch nicht entschieden, wie die Becken nach Umbau gespeist werden, erforderliche Mengen sind uns nicht bekannt. Da zur Zeit wegen der durch die Baumassnahme verursachten Schäden und Undichtigkeiten an den Becken nur eine Noteinspeisung gefahren wird, lässt sich die reguläre Zulaufmenge nicht bestimmen.

Kamelgraben:

Der Graben wird permanent mit Brunnenwasser gespeist, die Zulaufmenge konnte nur geschätzt werden.

3.5 Tarife

Im Jahr 1998 wurden folgende Tarife berechnet (netto):

<u>Art</u>	<u>DM/m³</u>
Trinkwasser	3,60
Grundwasserabgabe	0,50
Brunnenwasser	0,50
Abwasser	3,45

Daraus ergaben sich die folgenden Bezugspreise brutto (s. auch Tabelle im Anhang):

1.	Trinkwasser normal	DM/m ³	8,08
2.	Trinkwasser Ringeinspeisung	DM/m ³	7,60
3.	Trinkwasser Wirtschaftshof	DM/m ³	4,76
4.	Brunnenwasser	DM/m ³	1,34

Bemerkungen zu den Bezugspreisen:

- 1.: Beinhaltet Trinkwasserbezug , Grundwasserabgabe, Abwassergebühr, 7% MWSt.
- 2.: Mittlerer Tarif aus allen Trinkwasserinspeisungen in die Ringleitung im Jahr 1998 incl. Grundwasserabgabe, Abwassergebühr, 7% MWSt. (für einen der drei Einspeisezähler wird keine Abwassergebühr erhoben). Je nach Betriebsbedingungen im Trinkwassernetz kann sich der Anteil des Bezugs über den Zähler ohne Abwassergebühr ändern.
- 3.: Beinhaltet Trinkwasserbezug , Grundwasserabgabe, Abwassergebühr, 7% MWSt. Es wird nur für 10% des Verbrauchs Abwassergebühr erhoben
- 4.: Beinhaltet Brunnenwassergebühr, 20% Abwassergebühr, Förderkosten, Instandhaltung Brunnen und Leitungen

Kanalgebühren:

Für die Einleitung von Schmutzwasser in die Kanalisation werden Kanalgebühren in Abhängigkeit von der bezogenen Trink- oder Brunnenwassermenge erhoben. Da nicht das gesamte bezogene Wasser in den Kanal eingeleitet wird (Versickerung bei Bewässerung, Verdunstung), werden bei dem Ansatz für die Kanalgebühren pauschale Abschläge auf die bezogene Wassermenge gewährt.

1998 wurde die Kanalgebühr wie folgt berechnet:

Für Brunnenwasser: Es werden lediglich für 20% der geförderten Menge Kanalgebühren erhoben. Da mittlerweile ein grosser Teil des Brunnenwassers (mit steigender Tendenz) für Befüllung von Becken, Reinigung etc. verwendet wird, liegt der tatsächliche Anteil des in die Kanalisation geleiteten Wasser deutlich höher. Der Gebührenschlüssel ist also für den Zoo günstig.

Für Trinkwasser: Hier wird generell die volle Bezugsmenge mit der Kanalgebühr belegt, bis auf einen der drei Zähler, die in den Ring einspeisen, bei dem die Kanalgebühr völlig entfällt. 1998 betrug der Anteil dieses Zählers am Ringverbrauch ca. 7%. Hier ist der Gebührenschlüssel insgesamt ungünstig, da nach unseren Kalkulationen der Anteil des nicht eingeleiteten Wassers im Ring ca. 20% beträgt.

Für Trinkwasserbezug Wirtschaftshof: Hier werden lediglich 10% des bezogenen Wassers mit Kanalgebühr belegt. Dies erscheint uns als ein gerechtfertigter Gebührenschlüssel.

3.6 Maßnahmen

Aufgrund unserer Beobachtungen gehen wir davon aus, dass der Verbrauch an Trink- und Brunnenwasser im allgemeinen dem betrieblichen Bedarf entspricht, d.h. dass Wasser i.d.Regel nicht "verschwendet" wird. Dennoch empfehlen wir, dass in den einzelnen Bereichen durch das verantwortliche Personal der Wasserverbrauch auf gezielte Sparmöglichkeiten überprüft wird. Hierzu sollten Zähleinrichtungen vorgesehen werden. Einsparmöglichkeiten zur Reduzierung des Trink- oder Brunnenwasserverbrauchs (Bedarfsverringering) konnten wir nur in einem bestimmten Fall, nämlich bei den permanent laufenden Einspeisungen in Becken, Tränken etc. ausmachen. Diese "Dauerläufer" haben einen erheblichen Anteil am Gesamtverbrauch. Hier sollte streng darauf geachtet werden, dass nicht über den betrieblich bedingten Bedarf hinaus eingespeist wird durch Maßnahmen wie zeitweise Absperrung des Zulaufs oder Durchflussreduzierung. Die Dauerläufer sind bereits fast vollständig an das Brunnenwasser angeschlossen. Einsparungen bewirken hier (wegen des günstigen Brunnenwassertarifs) zunächst keine deutliche Kosteneinsparung, führen aber zu einer Entlastung der Brunnenwasserkapazität, so dass weitere Trinkwasserverbraucher auf Brunnenwasser umgestellt werden können, ohne dass die erlaubten Fördermengen sowie die Brunnen-, Pumpen- und Rohrleitungskapazitäten überbeansprucht werden.

Es lassen sich jedoch erhebliche Einsparungen bei den Kosten durch Ersatz von Trinkwasser durch Brunnenwasser erzielen. Durch die von uns vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich die folgenden Einsparungen erzielen.

	Verbrauch 1998 m ³	jährl. Einsparung m ³ gegenüber 1998	Einsparung % gegenüber 1998	jährl. Kosteneinsparung DM
Trinkwasser	109.881	49.205	44,8%	
Brunnenwasser	293.803	976	0,3%	
Gesamt	403.684	50.180	12,4%	365.991

3.6.1 Allgemeine Sparvorschläge (ohne Bilanzierung)

Allgemeine Sparbemühungen sind zu erkennen. Diese sollten zielstrebig weiterentwickelt und umgesetzt werden.

A. Sensibilisierung des Personals für den sparsamen Umgang mit Wasser.

Wir empfehlen hierzu den Einbau und die regelmässige Ablesung von Wasserzähler (möglichst vor abgeschlossenen Verbrauchs- oder Betriebseinheiten) sowie eine monatliche Bilanzierung des Wasserverbrauchs anhand der abgelesenen Werte. Der Wasserverbrauch sowie Einsparmöglichkeiten in den einzelnen Tierbereichen sollte mit dem Personal besprochen werden.

B. Wasserspararmaturen

Es sind bereits in den öffentlichen und betrieblichen Toiletten und Waschräumen wassersparende Armaturen (Selbstschlussarmaturen an Waschbecken, Spülkästen mit reduziertem Volumen bzw. Spartaste) eingebaut. Dies sollte dort, wo es noch nicht geschehen ist, konsequent fortgesetzt werden.

C. Zählerablesung und -einbau

Für eine genaue Bilanzierung der einzelnen Wasserverbräuche als Voraussetzung für die Durchführung von Sparmassnahmen ist die Erfassung über Unterzähler insbesondere bei den grossen Verbrauchern, die über die Ringleitung versorgt werden, notwendig. Wir empfehlen, weitere Zwischenzähler einzubauen und regelmässige Ablesungen und Auswertungen vorzunehmen.

Wasserzählerablesungen sollten über ein Jahr monatlich, später halbjährlich vorgenommen werden.

3.6.2 Einzelne Maßnahmen

Die einzelnen vorgeschlagenen Maßnahmen sind im folgenden beschrieben, die Ergebnisse der Einspar- und Wirtschaftlichkeitsberechnung (s. auch Tabellen im Anhang) sind in der jeweiligen Übersicht dargestellt.

3.6.2.1 Massnahmen zur Verringerung des Wasserverbrauchs

Massnahme 1: Reduzierung der Dauerläufer mit Brunnenwasser

Übersicht Massnahme 1

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten- Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	DM/DM/a
Dauerläufer reduzieren	Einsparung BW	0	46.766	67.187	5.370	91,5

Eine einfache und ohne grossen Investitionsaufwand durchzuführende Sparmassnahme ist die Reduzierung der permanent laufenden Zapfstellen, die mit Trinkwasser betrieben werden. Dies sind insbesondere Tränken, Zuläufe in Becken und Gräben etc., die nicht zum permanenten Aufenthalt von Tieren dienen und bei denen deshalb die qualitative Anforderung weniger hoch ist. Die Reduzierung kann entweder durch den Einbau von zeitgesteuerten Ventilen in die Hauptleitung (wenn möglich) geschehen (z.B. Vogeltränken Vogelbüsche), oder durch das Verringern der Zapfleistung. Hier ist die Beteiligung der Tierpfleger gefragt, damit die Zapfleistung auf das minimal erforderliche Mass zurückgefahren werden kann. Wir rechnen mit einem Einsparpotential bis zu 50%. In der Bilanzierung der Massnahme haben wir eine Einsparung von 30% im Durchschnitt bei allen u.g. Verbrauchern angesetzt.

Bei folgenden Verbrauchern sind u.E. Einsparungen möglich:

Einspeisung Zebragraben	Zulauf verringern
Vogeltränken Greifvögel/Eulen	Zeitsteuerung einbauen
Stelzvogelweiher	Zulauf verringern
Stelzvogelweiher Futterbecken	Zulauf verringern
Schuhschnabelgraben	Zulauf verringern
Vogeltränken Vogelbüsche	Zeitsteuerung einbauen
Flamingobecken	Zeitsteuerung einbauen
Kamelgraben	Zulauf verringern

Reduzierung von Dauerläufern, die z.Zt. mit Trinkwasser betrieben werden, sind im folgenden Kapitel beschrieben.

3.6.2.2 Substitution von Trinkwasser durch Brunnenwasser

Durch den erheblich günstigeren Tarif des Brunnenwassers gegenüber dem Trinkwasser können durch Umstellung von Trinkwasser- auf Brunnenwasserversorgung Kosten eingespart werden. Einige Massnahmen dieser Art sind bereits ausgeführt, hier sollte an einer konsequenten Erweiterung des Brunnenwassernetzes gearbeitet werden. Ziel sollte es sein, möglichst alle grossen Verbraucher, die qualitativ brunnenwassertauglich sind, auch mit Brunnenwasser zu betreiben. Bei der Netzerweiterung sollte darauf geachtet werden, genügend Zapfstellen einzurichten, damit alle Bewässerungsarbeiten mit Brunnenwasser ausgeführt werden können.

Da bei einer weitergehenden Substitution von Trinkwasser durch Brunnenwasser auch der Anteil des in die Kanalisation eingeleiteten Brunnenwassers steigen wird, könnte das Versorgungsunternehmen die Kanalgebühren anheben. Wir haben deshalb bei den Kosten für die vorgeschlagenen Massnahmen den Anteil der zu berechnenden Kanalgebühr von derzeit 20% auf 40% erhöht.

Massnahme 2: Bärenanlage an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 2

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	DM/DM/a
Bärenanlage	Ersatz TW durch BW	2.826	-2.826	16.769	9.855	15,5

Die Bärenanlage ist z.Zt. nicht mit Brunnenwasser versorgt, obwohl die Leitungen direkt bis vor die Gräben geführt sind. Lediglich die gelegentliche Grabenbefüllung wird mit Brunnenwasser betrieben. Eine Verlängerung der Leitung bis in das Gebäude kann es ermöglichen, alle Reinigungsarbeiten sowie Bewässerungen mit Brunnenwasser durchzuführen.

Massnahme 3: Vogelhaus und Niedere Affen an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 3

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	DM/DM/a
Vogelhaus u. Niedere Affen	Ersatz TW durch BW	8.448	-5.914	60.122	64.673	8,8

Im Vogelhaus können Tränken (nicht Zulauf Futterfische!), Reinigung und gelegentliche Bewässerung mit Brunnenwasser betrieben werden, Im Niedere-Affenhaus Reinigung, Grabenfüllung und Bewässerung. Im Vogelhaus müssen dazu im Gebäude zusätzliche Leitungen verlegt, auf die Tränken umgeklemmt sowie Zapfstellen mit Schlauchanschlüssen für Reinigungsarbeiten installiert werden. Bei der Umstellung der Tränken auf Brunnenwasser kann wie in Massnahme 1 beschrieben die Zapfdauer durch ein

Zeitgesteuertes Ventil auf das Mindestmass reduziert werden. Im Aussenbereich liegt die Brunnenwasserleitung bereits vor dem Gebäude.

Im Niedere-Affenhaus müssen ebenfalls Leitungen und Zapfstellen installiert werden, die Aussenleitung muss um ca. 70 Meter verlängert werden.

In der Bilanzierung der Massnahme haben wir eine 100%-ige Substitution des Trinkwassers durch Brunnenwasser für die o.g. Nutzungen sowie eine Einsparung von 30% Brunnenwasser durch die Reduzierung der Dauerläufer angesetzt.

Massnahme 4: Menschenaffen- und Nashornhaus an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 4

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten- Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m³/a	m³/a	DM/a	DM	DM/DM/a
Menschenaffen u. Nashornhaus	Ersatz TW durch BW	4.480	-4.480	26.585	12.500	18,6

Im Menschenaffen- und Nashornhaus können ebenfalls Reinigungs- und Bewässerungsarbeiten mit Brunnenwasser durchgeführt werden. Die Brunnenwasserleitung ist beim Nashornhaus bereits zur Befüllung der Innen- und Aussenbecken für die Flusspferde bis zum Gebäude geführt. Am Menschenaffenhaus führt die Leitung vorbei, so dass ein Anschluss des Gebäudes mit einem kurzen Abzweig möglich ist.

Massnahme 5: Max Schmidt-Anlage an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 5

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten- Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m³/a	m³/a	DM/a	DM	DM/DM/a
Max Schmidt-Anlage	Ersatz TW durch BW	4.538	-4.538	26.930	35.223	7,2

In der Max Schmidt-Anlage wird Wasser ohne Trinkwasserqualität benötigt für das Wasserbecken Freigehege, den Wasserschweine-"Pool", für Reinigung und Bewässerung. Dieser Trinkwasserverbrauch kann durch Brunnenwasser ersetzt werden.

Der Anschluss der Anlage an das Brunnenwassernetz kann entweder von der Hauptleitung am grossen Weiher abzweigen, oder von der Leitung, die der Speisung des Zwischenbehälters für die Beregnungsanlagen dient. Im letzteren Fall muss an dieser Anlage einige Umbaumaassnahmen vorgenommen werden (s. "sonstige Massnahmen"), und es muss geprüft werden, ob diese Leitung für den Netzdruck geeignet ist (ältere Leitung aus PVC).

Massnahme 6: Grzimekhaus an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 6

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m³/a	m³/a	DM/a	DM	DM/DM/a
Grzimekhaus	Ersatz TW durch BW	13.212	-13.212	78.397	57.370	12,4

Im Grzimekhaus werden für Reinigungszwecke nach unserer Bilanzierung erhebliche Mengen an Trinkwasser verbraucht. Dieser Verbrauch sowie gelegentliche Bewässerungen im Aussenbereich können durch Brunnenwasser ersetzt werden. Der Aufwand hierfür ist bei dieser Massnahme höher, da die Brunnenwasserleitung aus einer Entfernung von ca. 70m verlängert werden muss und im Gebäude grössere Leitungslängen für die Verteilung installiert werden müssen.

Mit der Verlängerung der Brunnenwasserleitung zum Grzimekhaus kann ebenfalls das neue Raubtierhaus mit Brunnenwasser versorgt werden.

Massnahme 7: Exotarium an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 7

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m³/a	m³/a	DM/a	DM	DM/DM/a
Exotarium	Ersatz TW durch BW	10.328	-10.328	61.281	49.240	11,2

Im Exotarium wird für vielfältige Zwecke Wasser verbraucht. Hierzu gehören die Beckennachspeisungen für verschiedene Tiere, Beckenneufüllungen, Reinigungsarbeiten. Hier sind sicherlich die unterschiedlichsten Qualitätsanforderungen zu berücksichtigen. Neben den Reinigungsarbeiten werden aber auch einige Beckeneinspeisungen mit Brunnenwasser betrieben werden können. Dies ist von den Tierpflegern zu prüfen. Wenn ein Brunnenwassernetz im Gebäude installiert ist, können dann auch versuchsweise Umstellungen vorgenommen werden.

In der Bilanzierung der Massnahme haben wir eine 30%-ige Substitution des gesamten Trinkwasserverbrauch im Exotarium durch Brunnenwasser angesetzt.

Die Brunnenwasserleitung liegt bereits vor dem Gebäude (Robbenbeckenbefüllung), das Gebäude kann sich, wenn dadurch die Installation der Verteilleitungen im Gebäude leichter wird, von der Ostseite angeschlossen werden.

Massnahme 8: Sonstige Verbraucher an Brunnenwassernetz anschliessen

Übersicht Massnahme 8

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl.Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	Jahre
Sonstige	Ersatz TW durch BW	4.493	-4.493	26.658	40.880	5,7

Bei der Erweiterung des Brunnenwassernetzes lassen sich noch einige weitere Verbraucher, die z.Zt. noch mit Trinkwasser gespeist werden, auf Brunnenwasser umstellen. Auch wenn grössere Leitungslängen in Kauf genommen werden müssen, sind diese Maßnahmen insgesamt wirtschaftlich. Wir empfehlen, folgende Verbraucher umzuklemmen:

Vogeltränken an Brutstation

Vogeltränken Straußenhaus

Wasserbecken Giraffenhaus

Wasserbecken Cosboroba-Gänse

Kanalreinigung

Becken Futterfische (neuer Versuch mit Mischwasser)

Einen neuen "Mischwasserversuch" bei den Futterfischen haben wir nicht bilanziert.

3.6.2.3 Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser

Für viele Nutzungszwecke kann Regenwasser Trinkwasser ersetzen. Zum auffangen, speichern und nutzen des Regenwassers sind jedoch grosse Auffangflächen, Speicher und separate Verteilnetze notwendig. Dies Voraussetzungen sind im Zoo u.E. nicht gegeben, mit Ausnahme des Wirtschaftshofes. Hier ist bereits eine Regenwasseranlage im Gewächshaus installiert. Die Kapazität der Anlage ist jedoch im Verhältnis zum Bedarf für Bewässerung im Gewächshaus zu gering. Nach Aussage der Gärtner werden etwa nur 10% des Bedarfs mit Regenwasser gedeckt, nach unseren Bilanzen sind es etwa 13% am Gesamtverbrauch Futterküche und Gärtnerei.

Eine Vergrößerung der Anlage kann den Anteil deutlich erhöhen und zu einer Kostenreduzierung führen. Es stehen genügend Dachflächen zur Verfügung, um den Regenwasserertrag zu verdreifachen. Für eine unterirdische Zisterne mit etwa 40-50m³ Volumen ist westlich des Kaltgewächshauses u.E. Platz vorhanden.

Eine solche Anlage bedarf jedoch hoher Investitionen. Da auch die eingesparten Kosten wegen der 90%-igen Befreiung von der Kanalgebühr für den Bereich Futterküche und Gewächshaus gering sind, ist die Wirtschaftlichkeit dieser Massnahme gering. Eine deutliche Verbesserung könnte sich dann ergeben, wenn Fördermittel in Anspruch genommen werden können. In den vergangenen Jahren wurden solche Anlagen mit bis zu 80% der Investitionssumme gefördert. Ob nach dem Wechsel der Hessischen Landesregierung noch Fördermittel zur Verfügung stehen, wäre zu überprüfen.

Dringend zu empfehlen ist der Einbau eines Zählers zur Erfassung des Wasserverbrauchs für die Gewächshäuser sowie den Waschplatz. Die Möglichkeit ist vorhanden.

Massnahme 9: Regenwassernutzung für Gewächshäuser, Erweiterung der vorhandenen Anlage

Übersicht Massnahme 9

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten-Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (Dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	DM/DM
Regenwasseranl. Wirtschaftshof	Ersatz TW durch RW	880	0	4.495	79.150	0,6
ditto incl. 80% Fördermittel		880	0	4.495	15.830	1,6

3.6.2.4 Sonstige Maßnahmen

Massnahme Nr. 10: Ringeinspeisung, Tarifsituation Kanalgebühr.

Der Gebührenschlüssel für die Kanalgebühr ist bezüglich des Brunnenwassers für den Zoo günstig, bezüglich des Trinkwassers ungünstig. Deshalb könnte man die Gebührenfestsetzung neu verhandeln mit dem Ziel, einen grösseren Anteil von der Gebühr befreien zu lassen. Da jedoch ein genauer Nachweis über die tatsächlich in die Kanalisation eingeleitete Schmutzwassermenge schwierig ist, wäre das Ergebnis einer solchen Verhandlung weitgehend offen. Bei der Kanalgebühr für Trinkwasser (Befreiung eines Zählers ohne anteilige oder absolute Definition) wäre es möglich, durch Maßnahmen die hydraulische Ringcharakteristik derart zu ändern, dass sich der Anteil des Zählers ohne Abwassergebühr erhöht und der der anderen gleichzeitig sinkt (z.B. Schieber am Einspeisepunkt "Wölfe" permanent drosseln oder nachts schliessen). Dadurch könnte ein Kostenvorteil für den Zoo entstehen.

Bei einer Verringerung des Bezugs an Einspeisepunkt "Wölfe" um 10% und entsprechendem höheren Bezug am Einspeisepunkt "Exo-Wiese" würden die u.g. Kosteneinsparungen entstehen.

Übersicht Massnahme 10

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl. Kosten- Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m³/a	m³/a	DM/a	DM	Jahre
Einspeise- charakteristik	Interne Korrektur	0	0	24.703	0	o.K.

Massnahme Nr. 11: Zapfstelle ausserhalb

Die Zähler (Wasser und Strom) für die Aussenzapfstelle (Nutzung durch Grünflächenamt) sollten in Zukunft abgelesen und abgerechnet werden. Unterzähler für Wasser und Strom existieren. Investitionskosten entstehen hierdurch keine.

Massnahme Nr. 12: Pumpe Gartenbewässerung stilllegen

Die vorhandene zusätzliche Pumpe für die Bewässerung ist nicht notwendig, wenn die Brunnenpumpen direkt in das Bewässerungsnetz einspeisen können. Die Steuerung der Pumpe könnte auf den vorhandenen (oder einen neuen) Motorschieber umgestellt werden. Durch diese Massnahme ergibt sich keine Wassereinsparung, und, wenn die Brunnenpumpen druckabhängig geregelt werden, auch keine nennenswerte Stromeinsparung. Bei einer notwendigen Erneuerung der Pumpe könnten jedoch Investitionen eingespart werden.

Massnahme Nr. 13: Zählereinbau

Zur Besseren Erfassung der Gesamt- und der wichtigsten Einzelverbräuche empfehlen wir das folgende Konzept:

- A. Erfassung und Auswertung der Verbrauchsdaten "on-line" durch eine übergeordnete Stelle (z.B. Hochbauamt). Dazu sind entsprechende Fernzähleinrichtungen nachzurüsten.
- B. Einbau weiterer Zähler, so dass die Erfassungsstruktur der Verbrauchsdaten verfeinert wird
- C. regelmässige Ablesung vorhandener und zusätzlich eingebauter Zähler ohne Fernzähleinrichtung (an Stellen, wo diese Einrichtungen nicht eingebaut werden können), Auswertung zusammen mit den kontinuierlich erfassten Daten durch die übergeordnete Stelle.

Im einzelnen sind folgende Massnahmen erforderlich (in den Lageplänen im Anhang Kap. Wasserversorgung sind die Einbauvorschläge skizziert):

- Ausstattung der Hauptzähler mit Fernzähleinrichtungen, so dass die Verbrauchsdaten kontinuierlich erfasst werden können. Die Zähler des Versorgungsunternehmens sind i.d.R. für den Einbau von Fernzähleinrichtungen vorgerüstet. Es sind alle 8 Einspeisestellen mit insgesamt 12 Zählern (teilweise Haupt- u. Nebenzähler) zu erfassen. Ev. ist das Versorgungsunternehmen dazu bereit, die Fernzähleinrichtungen zu installieren. Auch die 2 internen Brunnenwasserzähler sollten mit Fernzähleinrichtungen ausgestattet werden. Hier ist ein Anschluss eines Modems an eine Telefonleitung etwas aufwendiger, da die Brunnen und Steuerelemente nicht in einem Gebäude plaziert sind. Ggf. müssten Telefonleitungen zum nächstliegenden Gebäude verlegt werden.
- Einbau weiterer Zähler:
Im Trinkwassernetz 4 Zähler mit Fernzähleinrichtungen bei den folgenden Verbrauchern:
 - Exotarium (2 Zähler an beiden Einspeisestellen)
 - Grzimekhaus
 - Dr. Schmidt-Anlage
 - Drei vorhandene Unterzähler (Bären-, Nashorn- u. Menschenaffenhaus) sollten mit Fernzähleinrichtungen ausgestattet werden.

Im Brunnenwassernetz sollten alle angeschlossenen Gebäude und grössere Einspeisungen mit Zählern ausgestattet werden, insgesamt etwa 10 Zähler. Wegen der grösseren Anzahl und der Tatsache, dass die Zähler öfters im Aussenbereich in Schächten eingebaut werden müssten, sollte auf Fernzähleinrichtungen verzichtet werden.

Für temporäre Wasserentnahme an Hydranten, Zapfstellen o.ä. im Aussenbereich sollten Standrohre mit Zählern angeschafft werden. Wir empfehlen je 2 Stück für Brunnenwasser und Trinkwasser.

Wir haben für die Nachrüstung von fernzähleinrichtungen (ohne Telefonanschluss, modem etc.) und Einbau von Zähler die u.g. Kosten kalkuliert.

Übersicht Massnahme 13

Massnahme	Art	Einsparung TW	Einsparung BW	mittl.Kosten- Einsparung	Inv. Kosten	Priorität (dynamisch)
		m ³ /a	m ³ /a	DM/a	DM	Jahre
Sonstige	Zählereinbau	n.k.	n.k.	n.k.	13.800	n.k.

Massnahme Nr. 14 und 15: Pumpensteuerung Brunnenpumpen

Die Brunnenpumpen werden ausschliesslich manuell geschaltet und sind mit einem Trockenlauf-Niveauschalter ausgestattet. Eingeschaltete Pumpen laufen ständig, auch wenn nur wenig Brunnenwasser benötigt wird. Dies führt zu unnötig hohem Stromverbrauch. Nach unserer Kalkulation kann der durchschnittliche Wirkungsgrad der Brunnenpumpe von derzeit 40% auf etwa 60% gesteigert werden, wenn eine druckabhängige Drehzahlregelung (Frequenzumrichter + Sinusfilter) eingebaut wird. Ein Regler für die Pumpen 3 und 4 reicht aus, wenn jeweils immer nur eine Pumpe betrieben wird (Umschaltung nach dem Frequenzumrichter). Die Pumpe 1 kann ohne regler betrieben werden, sollte aber mit einem Druckschalter automatisch zugeschaltet werden. Ein Druckschalter mit Pufferbehälter ist lt. Aussage Des Werkstattpersonals vorhanden, aber nicht eingebaut. (Kalkulation Stromeinsparung s. Massnahme im Kapitel Stromversorgung).

4 Einsparungen durch verbesserte Versorgungsstruktur

4.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Für die mit Abstand größten Einzelverbraucher, Grzimekhaus und Exotarium, ist nachfolgend eine gemeinsame Wärmeversorgung mit BHKW untersucht.

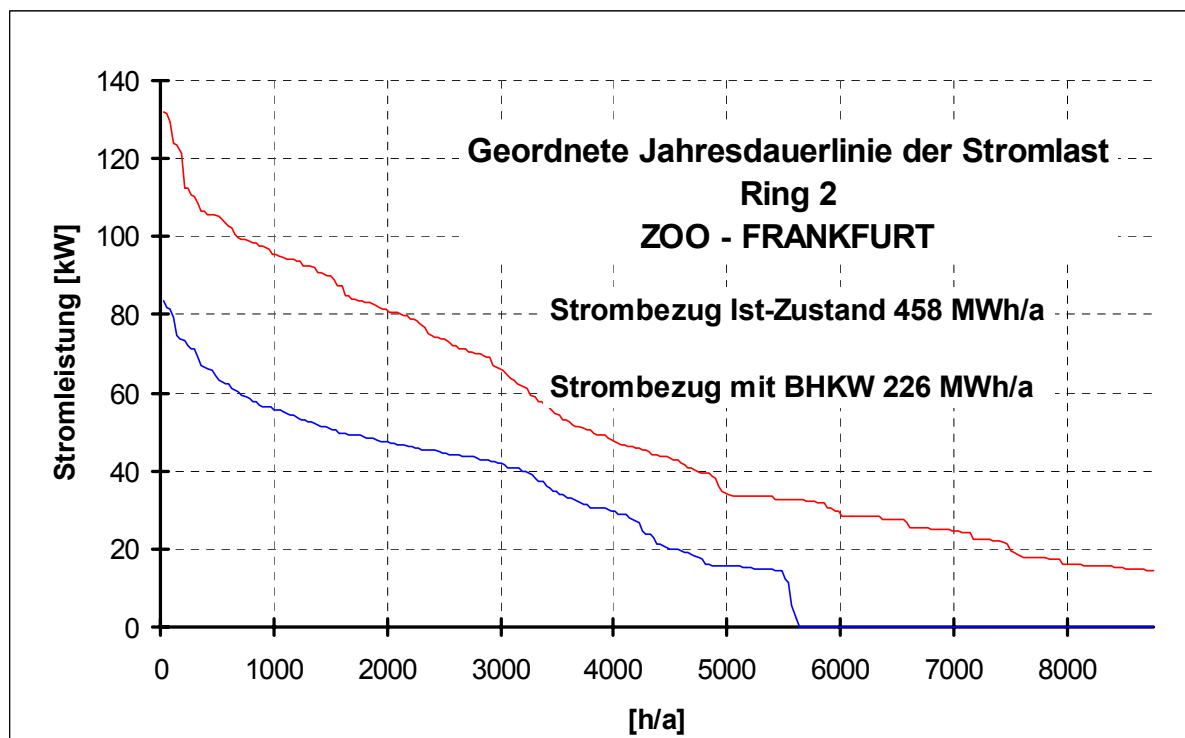
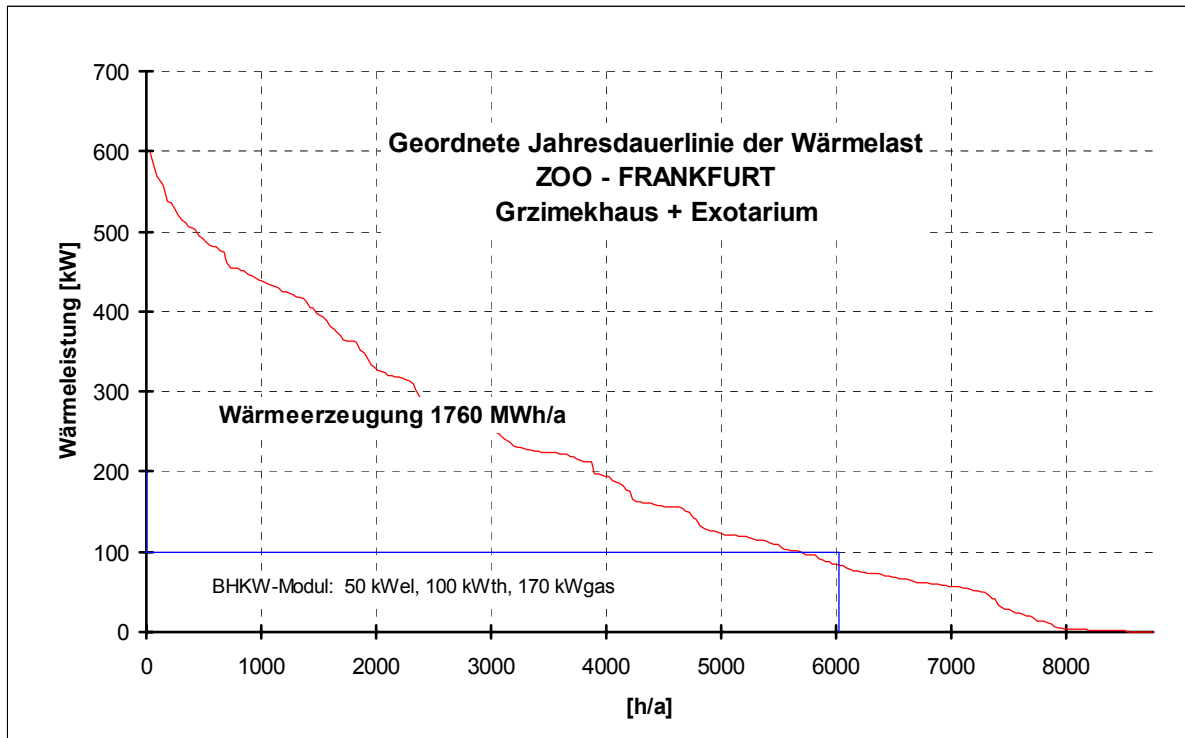
Folgende Randbedingungen liegen vor:

- Die Wärmelast im Grzimekhaus ist wegen des Anforderungsprofils (Nachttiere) und der Beheizung mit Außenluft nachts immer höher als am Tage (liegt rechnerisch ermittelt vor).
- Die Wärmelaststruktur im Exotarium konnte wegen fehlender Zählerablesungen nicht festgestellt werden. Da eine Nachtabenkung lediglich in einem Teilbereich des Gebäudes eingebaut ist und diese möglicherweise nicht zu einer tatsächlichen Reduktion der Raumtemperatur führt, könnte die Wärmelast auch hier (entsprechend der Außentemperatur) nachts höher liegen als am Tage.
- Grzimekhaus und Exotarium werden stromseitig von Ring 1 versorgt, der einen sehr günstigen Tarif aufweist (geringer als die derzeitige Einspeisevergütung von Mainova). Für die Bereiche des Ring 2, Gesellschaftshaus und Wirtschaftshof wurde im Januar 1999 ein neuer Stromlieferungsvertrag abgeschlossen, der die genannten Bereiche in einem einzigen Tarif zusammenfaßt. Obwohl sich der Kunde in diesem Vertrag verpflichtet, keine Stromerzeugungsanlagen zu betreiben, haben wir bei der vorliegenden BHKW-Konzeption wegen der höheren Stromgutschrift eine Einspeisung in diesen Bereich vorgesehen. (Der Stromlieferungsvertrag müßte im Bedarfsfall zum Jahresende mit dreimonatiger Kündigungsfrist gekündigt werden.)
- Die Stromlast des Ring 2 weist gegenüber der Wärmelast eine um ca. 12 Stunden verschobene Struktur auf (siehe gemessener Lastgang im Kapitel Stromversorgung), so daß Wärme- und Stromlast nicht synchron laufen und somit auch mit langen BHKW-Laufzeiten der Strombezug aus dem Netz nur zu einem Teil ersetzt werden kann.

Die Laststruktur des Grzimekhauses wurde für den untersuchten Fall der Wärmerückgewinnung mit einem KV-System anhand der mittleren monatlichen Außentemperaturen und der Bedarfsanforderungen der einzelnen Zonen (Dunkelbereich, Hellbereich Publikum und Hellbereich Käfige) über die Bilanz an den Lüftungsregistern jeweils stundenweise berechnet. Transmissionswärmebedarf, sowie innere und äußere Wärmegewinne wurden stundenweise berücksichtigt.

Die Laststruktur des Exotariums wurde für den Fall realisierter Einsparungen durch den Betrieb der vorhandenen Wärmepumpenanlage anhand eines angenommen Tagesgangs und

einer Aufteilung des rechnerisch ermittelten Gesamtbedarfs auf die einzelnen Monate entsprechend den Anteilen der monatlichen Gasabrechnung gewonnen und stundenweise zur Laststruktur des Grzimekhauses addiert (Summe nachfolgend dargestellt).



Der Wärmebedarf ab Heizzentrale beträgt für beide Objekte zusammen ca. 1760 MWh/a.

Als wirtschaftlichste elektrische BHKW-Leistung wurden ca. 50 kW ermittelt (30 kW und 100 kW sind unwirtschaftlicher). Die Auswirkung auf den Strombezug in Ring 2 ist in der geordneten Jahresdauerlinie der Stromlast dargestellt.

Die Aufstellung eines BHKW und die Einrichtung einer gemeinsamen Heizzentrale könnte im Heizraum des Exotariums erfolgen. Von dort müßte eine Wärmeleitung zum Grzimekhaus verlegt werden. Zur Stromeinspeisung in Ring 2 müßte ein Kabel zum Schaltschrank am Menschenaffenhaus verlegt werden. Die Investitionen für alle Maßnahmen schätzen wir auf 300.000,-- DM

Die interne Stromvergütung orientiert sich in der Berechnung an einem zukünftig günstigeren Tarif (Korrektur der Verrechnungsleistung). Weiterhin ist angenommen, daß nur die Hälfte der elektrischen BHKW-Leistung während des Spitzenbezugs verfügbar ist.

Annahmen und Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind in nachfolgender Tabelle dargestellt. Danach beträgt die dynamische Amortisationszeit ca. 14 Jahre bei einem Kapitalwert von nur rd. 9.600,-- DM, so daß die Realisierung nicht zu empfehlen ist.

Bei diesem Ergebnis ist ein Vollwartungsvertrag mit 5 Pf/kWh (inkl. MWSt.) angesetzt. Eine Teilwartung durch Zoopersonal könnte die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Da in dem neuen Vertrag Ring 2 und andere Verbraucher rechnerisch zusammengefaßt sind, könnte versucht werden, mit dem Stromversorger zu vereinbaren, die BHKW-Einspeisung in diesen Verbund vorzusehen. Dadurch würde weniger Strom an Mainova zurückgespeist und die durchschnittliche Stromvergütung würde steigen.

Der Einsatz einer Adsorptions-Kältemaschine im Grzimekhaus hätte wegen der gleichzeitig verbesserten Wärmerückgewinnung nur eine geringfügige Erhöhung der Wärmearbeit zur Folge und würde die asynchrone Laststruktur von Wärme und Strom kaum verändern.

BHKW für Grzimekhaus und Exotarium (50 kW el)			
Zoo Frankfurt			
(Kosten einschl. 16% MWSt.)			
Betrachtungszeitraum	15 Jahre	Nutzwärme	602 MWh/a
kalkulatorischer Zinssatz	5 %	anlegbarer Wärmepreis	51,00 DM/MWh
Inflationsrate	1 %	Steigerung Wärmepreis	1 %

Kapitalgebundene Kosten	Investition	Lebensdauer	Förderquote	Ersatzwert	jährliche Kosten	
					im 1.Jahr	im Schnitt
	(DM)	(a)	(%)	(DM)	(DM/a)	(DM/a)
BHKW 50 kW el	160000	10		219503	21147	21147
Wärmezentrale	35000	25		24875	2396	2396
Bauteil/Schornstein	20000	25		14214	1369	1369
Elektroanschluß	10000	25		7107	685	685
Fernleitung ca. 50 m	29000	25		20610	1986	1986
Planungskosten	46000	15		46000	4432	4432
Gesamtinvestition	300000	13,09	0,00	332309		
Zu finanzierende Investition	300000	13,09				

Zwischensumme kapitalgebundene Kosten: 32015

Verbrauchsgebundene Kosten und Erlöse	Einheit	Einheiten pro Jahr	Preis/ Einheit	Preissteigerung	Barwert		
						(E)	(E/a)
Gasverbrauch BHKW	MWh(Hu)	1004	35	1	387905	35140	37372
Hilfsenergie	MWh	7	254,23	1	19645	1780	1893
Strombezug ohne BHKW	MWh	458	-215,40	1	-1089018	-98653	-104918
Strombezug mit BHKW HT	MWh	191					
Strombezug mit BHKW NT	MWh	34					
Verrechnungsleistung	kW	110					
Stromkosten bei BHKW Betrie	MWh	225	254,23	1	631449	57202	60835
Vergütung Stromeinspeisung:							
Netzeinspeisung HT	MWh	7	-159,73	1	-12343	-1118	-1189
Netzeinspeisung NT	MWh	62	-159,73	1	-109321	-9903	-10532
Stromerzeugung BHKW	MWh	302					
Durchschnittsvergütung	Pf/kWh	17,37					

Zwischensumme Verbrauchskosten und Erlöse: -15553

Betriebsgebundene und sonstige Kosten	Kosten im 1.Jahr	Preissteigerung	Barwert		
				(DM/a)	(%)
Vollwartungsvertrag BHKW	15100	1	166687	15100	16059
Instandsetzung	1880	1	20753	1880	1999
Versicherungen	1500	1	16558	1500	1595

Zwischensumme Betriebs- und sonstige Kosten: 18480

Jahreskosten in DM/a	34943	35129
Wärmeerzeugungskosten in DM/MWh	58,04	58,35

Kapitalwertrechnung				
BHKW für Grzimekhaus und Exotarium (50 kW el)				
Zoo Frankfurt				
Jahr	Ausgaben	Einnahmen	Überschüsse (abdiskontiert)	Kapitalwert: Überschüsse abzügl. Investition
	(DM)	(DM)	(DM)	(DM)
1	113.728	141.780	26.716	-273.284
2	114.865	143.198	25.699	-247.585
3	116.014	144.630	24.720	-222.865
4	117.174	146.076	23.778	-199.087
5	118.346	147.537	22.872	-176.215
6	119.529	149.013	22.001	-154.214
7	120.725	150.503	21.163	-133.051
8	121.932	152.008	20.357	-112.695
9	123.151	153.528	19.581	-93.114
10	124.383	155.063	18.835	-74.279
11	125.627	156.614	18.118	-56.161
12	126.883	158.180	17.427	-38.734
13	128.152	159.762	16.763	-21.970
14	129.433	161.359	16.125	-5.845
15	130.727	162.973	15.511	9.665

4.2 Wärme-/ Gasverbund für alle Verbraucher

Ein Wärmeverbund wäre dann sinnvoll, wenn dadurch ein höherer Anteil an Kraft-Wärme-Kopplung ermöglicht würde. Dies ist jedoch wegen der vorhandenen Bedarfsstruktur nicht der Fall. Die Vorteile geringerer spezifischer Investitions- und Wartungskosten einer zentralen Wärmeversorgung im Vergleich zu den Kosten des Versorgungsnetzes und seiner Verluste wurden nicht untersucht.

4.3 Stromverbund

Zur Zeit sind die beiden Stromringe (4 x 50 mm²) noch nicht ausgelastet, da die Hauptverbraucher (Grzimekhaus, Exotarium, Vogelhaus) jeweils am Anfang des Ringes sitzen, bzw. separat an der Verteilung angebunden sind. Ein Teil der Gebäude an Ring 2 könnte bei einem Zusammenschluß der Ringe am Menschenaffenhaus noch mit dem günstigeren Tarif versorgt werden. Dies müßte jedoch genauer rechnerisch ermittelt und rechtlich geprüft werden.

4.4 Gebäudeleittechnik

Langfristig sollte angestrebt werden, die einzelnen Energiezentralen über Buskommunikation miteinander zu verbinden und eine zentrale Gebäudeleittechnik zu installieren. Die Vorteile sind eine bessere Kontrolle der betrieblichen Abläufe, frühzeitige Störungserkennung und damit bessere Versorgungssicherheit und Energieeinsparung.

Beim Ausbau, Erweiterung oder Erneuerung von Versorgungsleitungen auf dem Gelände sollte zumindest ein Buskabel verlegt werden.

5 Datengrundlage / Besonderheiten bei der Bearbeitung

- Bestandserhebung von 1992, zur Verfügung gestellt vom Bauamt
- Verbrauchsdaten, vom Bauamt zur Verfügung gestellt
- Planunterlagen aus der Plankammer des HBA nach Auswahl durch K&B
- Besprechungsergebnisse mit den Beteiligten, siehe Protokolle
- Ortsbegehungen
- Strommessungen, von Mainova durchgeführt, von K&B aufbereitet und ausgewertet
- Schornsteinfegerprotokolle, vom Zoo zur Verfügung gestellt
- Abrechnungen, vom Zoo zur Verfügung gestellt, bzw. fehlende Daten von Versorgern beschafft
- Gasnetzstruktur, aus Plänen (teilw. überholt) und Angaben des Zoo
- Stromversorgungsnetz, aus Plänen (teilw. überholt) und Angaben des Zoo
- Wasserversorgungsnetz, aus Plänen und Gesprächen mit Herrn Spahr
- Zählerablesungen vom 7.1. und ? durch Zoo, liegen noch nicht vor

Besonderheiten:

Von der Zoo-Verwaltung muß bei jedem Besuch eine Begleitperson zum Auf- und Zuschließen bereitgestellt werden. Wenn es sich nicht gerade um offensichtlich notwendige Anlagen (z.B. Heizung) handelt, ist es ohne Mithilfe des Zoo-Personals nur schwer möglich, überhaupt auch nur Kenntnis davon zu erhalten, welche Anlagen und Anlagenteile an welchem Ort installiert sind und welchem Zweck sie dienen. Das Betriebspersonal mit Kenntnissen über die Anlagen ist überlastet und kann daher nur eingeschränkt zur Verfügung stehen. Die Zulieferung von benötigten Unterlagen und Informationen ist entsprechend schleppend. Die für die Überprüfung unserer Annahmen notwendigen Zählerablesungen konnten nicht stattfinden (siehe Besprechungsnotizen).