

## 4 Maßnahmen im Bereich verbraucher- naher Energieumwandlungs- sektor

### 4.1 Einsatz kleiner und mittlerer BHKW

#### 4.1.1 Definition des Maßnahmeansatzes

Der Ersatz der alten Heizwerke durch den Bau eines neuen gasgefeuerten Heizkraftwerks für das bisherige Fernwärmenetz wird in Potsdam erstmals zu einer Anwendung der Wärme-Kraft-Kopplung (KWK) in großem Maßstab führen. Damit könnte Potsdam einen großen Anteil seines Strombedarfs selbst decken und seine Strombezüge aus weit entfernten Kondensationskraftwerken einschränken. Der bisher hohe Anteil der Fernwärme am gesamten Endenergieverbrauch (34% in 1991)<sup>1</sup> soll gehalten werden, ihre Kostenstruktur durch die Stromproduktion jedoch deutlich verbessert werden. Eine weitere flächenhafte Ausdehnung des Netzes ist wegen der sehr hohen Kosten für den Leitungsbau nicht beabsichtigt, jedoch ist eine Verdichtung und Zusammenlegung von Versorgungsflächen angestrebt, um die wirtschaftliche Auslastung des neuen Heizkraftwerkes zu sichern. Zu diesem Zweck wurde von der Potsdamer Stadtverordnetenversammlung am 6.10.1993 eine Satzung zur öffentlichen Fernwärmeversorgung<sup>2</sup> beschlossen, die einen Anschluß- und Benutzungszwang an (auch zukünftig) vorhandene Leitungen vorsieht und innerhalb der festgelegten Vorranggebiete ein Anschluß- und Benutzungsrecht einräumt (siehe Abbildung 4-1).

Ein weiterer Ausbau der KWK - über die Kapazität des zentralen Versorgungsnetzes hinaus - zur Verbesserung der Effizienz der Energienutzung wäre also nur durch den Einsatz kleinerer und mittlerer BHKW zu erreichen. Diese sollten jedoch nicht in Konkurrenz zur Fernwärme treten und deshalb nur außerhalb des FW-Vorranggebietes errichtet werden, bzw. dort, wo innerhalb des definierten Vorranggebietes noch keine FW-Anschlußmöglichkeit besteht.

Diese von der Stadt Potsdam nach langer Diskussion verfolgte Energiepolitik sollte hier als Vorgabe für die Betrachtung der für BHKW verbleibenden Potentiale angesehen werden.

Der hier zu verfolgende Maßnahmenansatz sollte daher darauf abzielen, außerhalb des FW-Versorgungsgebietes geeignete Objekte bzw. Standorte für den Einsatz von BHKW in Potsdam nach energetischen Kriterien zu ermitteln.

Im Vordergrund der Betrachtung müssen neben den energetisch-technischen Kriterien jedoch auch die wirtschaftlich-organisatorischen Rahmenbedingungen stehen. Dabei sind vor allem zwei Konstellationen zu betrachten:

- BHKW könnten von den EVU, den Stadtwerken oder ihren Tochtergesellschaften betrieben werden, die eigens für diesen Zweck gegründet werden könnten, um das Problem der Rückeinspeisung von Überschußstrom und ihrer Vergütung zu umgehen<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> TÜV Ostdeutschland: Energiepolitisches Konzept für die Stadt Potsdam, Seite 33.

<sup>2</sup> Satzung über die öffentliche Fernwärmeversorgung in der Stadt Potsdam vom 6.10.93.

<sup>3</sup> Nach § 1 Absatz 3 der Fernwärmesatzung kann die Stadt Potsdam die Fernwärmeversorgung

- die Errichtung von BHKW durch Einzelinvestoren wie z.B. Industrie- und Gewerbebetriebe, die das Ziel verfolgen, eine betriebswirtschaftlich günstigere Energieversorgung zu schaffen als mit einem ausschließlichen Bezug von FW und Strom vom EVU.

Im ersten Fall könnte der Einsatz von BHKW dazu dienen, die Strom- und Wärmeversorgung innerhalb des EVU (künftige Stadtwerke) unter Least-Cost-Planning Kriterien zu optimieren und dabei FW-Primärnetze auf ein Minimum zu beschränken.

Im zweiten Fall könnten beträchtliche KWK-gekoppelte Stromerzeugungskapazitäten mit dem Kapital Dritter realisiert werden, die allerdings in Konkurrenz zum städtischen Fernheiznetz treten und dessen wirtschaftlichkeit beeinträchtigen könnte.

#### 4.1.2 Rechtlich-organisatorische Rahmenbedingungen

Obwohl sich die technischen Optionen für den Einsatz der KWK soweit verbessert haben, daß sie bei fast allen Wärmeerzeugungsanlagen angewendet werden könnten und energetisch sinnvoll wären, stellen die rechtlich-organisatorischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von BHKW oftmals unüberwindliche Hindernisse dar:

- Von allgemeiner Bedeutung ist in Potsdam die Entscheidung für ein gasgefeuertes Heizkraftwerk, dem Vorrang in der KWK eingeräumt wird.
- In der nächsten Zukunft ist die Gründung von Stadtwerken beabsichtigt, d.h. die jetzige Organisation der Versorgungsstruktur wird neu gestaltet.
- Der Kompromiß zur Klage der Städte vor dem Bundesverfassungsgericht über die Energieproduktion durch Stadtwerke sieht im Prinzip eine Beschränkung der städtischen Stromproduktion auf 30% vor, wodurch zusätzliche, die Kapazitäten des geplanten Heizkraftwerkes noch erweiternde Stromerzeugung mittels BHKW in Potsdam im Grunde überflüssig oder hinderlich werden.
- Aufgrund zahlreicher Restitutionsansprüche von Alteigentümern sowie der noch nicht absehbaren weiteren Nutzung der Grundstücke und Objekte im Besitz des Bundes ist in vielen Fällen eine Entscheidung zur künftigen Wärme- und Stromversorgung seitens der Abnehmer mittelfristig blockiert.
- Die Privatisierung des Immobilienbestandes wird zu einem verstärkten Druck führen, kurzfristig einzelbetriebswirtschaftlich optimierte Lösungen zur Wärmeversorgung zu finden, d.h. Öl- und Gaskesselanlagen werden weiterhin bevorzugt.

Neben diesen oft unklaren Entscheidungsgrundlagen erschweren zusätzlich einige gesetzliche und organisatorische Rahmenbedingungen den Einsatz von BHKW:

Das Energiewirtschaftsgesetz beschränkt die Lieferung von Strom an Dritte, indem § 2 Abs. 2 den Anlagenbetreiber in den Status eines Energieversorgungsunternehmens erhebt. Nach § 5 Abs. 1 bedarf eine Aufnahme der Versorgung aus Anlagen über 1 MW<sub>e</sub> der Genehmigung des zuständigen Wirtschaftsministers, was die Errichtung von Nahwärmeinseln für mehrere Grundstücke entscheidend behindert.

- Die EVU können den Einsatz von BHKW durch Dritte entscheidend behindern, da sich die Betreiber von Eigenanlagen nicht auf die Anschluß- und Versorgungspflicht (§ 6 Abs. 3 EnWG) zu allgemeinen Bedingungen berufen können. Zusatz- und Reservestrom können sie nur zu Konditionen erhalten, die dem EVU "zumutbar" sind.
- Betreiber von BHKW haben nur die Möglichkeit, Überschußstrom an die jeweiligen EVU mit Gebietsmonopol zu verkaufen, die Erzielung von Vergütungen durch Marktpreise ist damit ausgeschlossen. So beträgt in Potsdam die Vergütung durch die

---

einem oder mehreren Wärmeversorgungsunternehmen übertragen.

MEVAG für eingespeisten Überschußstrom gegenwärtig nur etwa 5 Pf/kWh, was den Einsatz von BHKW von vornherein unwirtschaftlich macht, während sie den Strom für durchschnittlich 25 Pf/kWh weiterverkauft.

- Während überschüssiger Strom, der aus regenerativen Energiequellen stammt, in Deutschland in Leitungsnetze eingespeist werden können muß (lt. Energieeinspeisungsgesetz vom 1.1.91), gibt es eine ähnliche gesetzliche Verpflichtung für Strom aus KWK-Anlagen bisher nicht. Die brandenburgische Landesregierung hat deshalb am 8.3.93 einen Gesetzentwurf in den Bundesrat eingebracht, der die Übernahme-pflicht für KWK-Strom vorsieht, allerdings nur für Anlagen bis 5 MW installierter Generatorleistung, um die Verstromung der Braunkohle im Grundlastbereich nicht zu gefährden. Zudem soll es zu keiner Subventionierung des KWK-Stroms kommen.
- Eine Subventionierung von Strom aus KWK-Anlagen lehnt die Brandenburgische Landesregierung grundsätzlich ab, um keine zusätzliche Konkurrenz zur Braunkohle-verstromung in der Lausitz zu fördern.
- Die Vergütung des eingespeisten Stroms aus KWK wird zur Zeit nach der "Verbändevereinbarung" behandelt, in der 1979 der VDEW, VIK und BDI die "Grundsätze über die Intensivierung der stromwirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Elektrizitätsversorgung und industrieller Kraftwirtschaft" vereinbart worden sind. Diese Vereinbarung ist zuletzt 1988 modifiziert worden. Sie regelt die Einspeisevergütung zwar nach marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten, bezieht jedoch den Aspekt der vermiedenen Kosten unzureichend ein und behindert durch zu niedrige Einspeisevergütungen die angemessene Nutzung der Potentiale.

Aus den zur Zeit bestehenden rechtlich-organisatorischen Rahmenbedingungen ist daher die Schlußfolgerung zu ziehen, das der Betrieb von kleinen und mittleren BHKW in Potsdam nur für folgende Gruppen interessant ist:

- EVU: Werden BHKW durch den Regionalversorger oder die zukünftigen Stadtwerke bzw. ihre Tochterunternehmen selbst betrieben<sup>4</sup>, entfielen die wirtschaftlichen und rechtlichen Behinderungen für deren Einsatz. Durch eine hohe Beteiligung des Regionalversorgers MEVAG an den Potsdamer Stadtwerken könnte auch er an der Errichtung von BHKW interessiert sein..
- Großeigentümer von Immobilien: Grundstückseigentümer großer Flächen (z.B. der Bund), Industriebetriebe und Wohnungsbaugesellschaften können ihre Erzeugungsanlagen zu Einheiten zusammenfassen, die BHKW möglich machen, ohne Dritte in die Versorgung miteinbeziehen zu müssen.
- Verbraucher mit einem hohen synchronen und zeitlich gleichmäßigen Bedarf von Strom und Wärme, der die Einspeisung von unzureichend vergütetem Überschußstrom minimiert und eine hohe Benutzungstundenzahl ermöglicht: z.B. Krankenhäuser, Kaufhäuser, Hotels, Wäschereien etc.

### 4.1.3 Aktuelle Dispositionsmasse

In Potsdam besteht ein weitverzweigtes Fernwärmenetz, das den Endenergiebedarf der Stadt zu ca. 34% deckt (Stand 1991). Die Leitvorstellung, die zur Errichtung dieses Netzes geführt haben, waren von der Autarkiebestrebung im Energiesektor durch den maximalen Einsatz der Braunkohle bestimmt. Dabei ist davon auszugehen, daß Teilbereiche der FW-Versorgung heute unter den neuen Bedingungen des Energiemarktes in ihrer Wirtschaftlichkeit ständig überprüft werden müßten.

<sup>4</sup> In Potsdam füllt die Wärmeunion Potsdam (WUP) diese Funktion aus, sie soll in die künftigen Stadtwerke aufgehen

Hier soll jedoch nicht die Wirtschaftlichkeit des FW-Netzes weiter diskutiert werden, sondern nach Potentialen für kompletär zu errichtende BHKW-Anlagen gesucht werden. Dabei ist sowohl eine räumliche wie sektorale Betrachtung anzustellen.

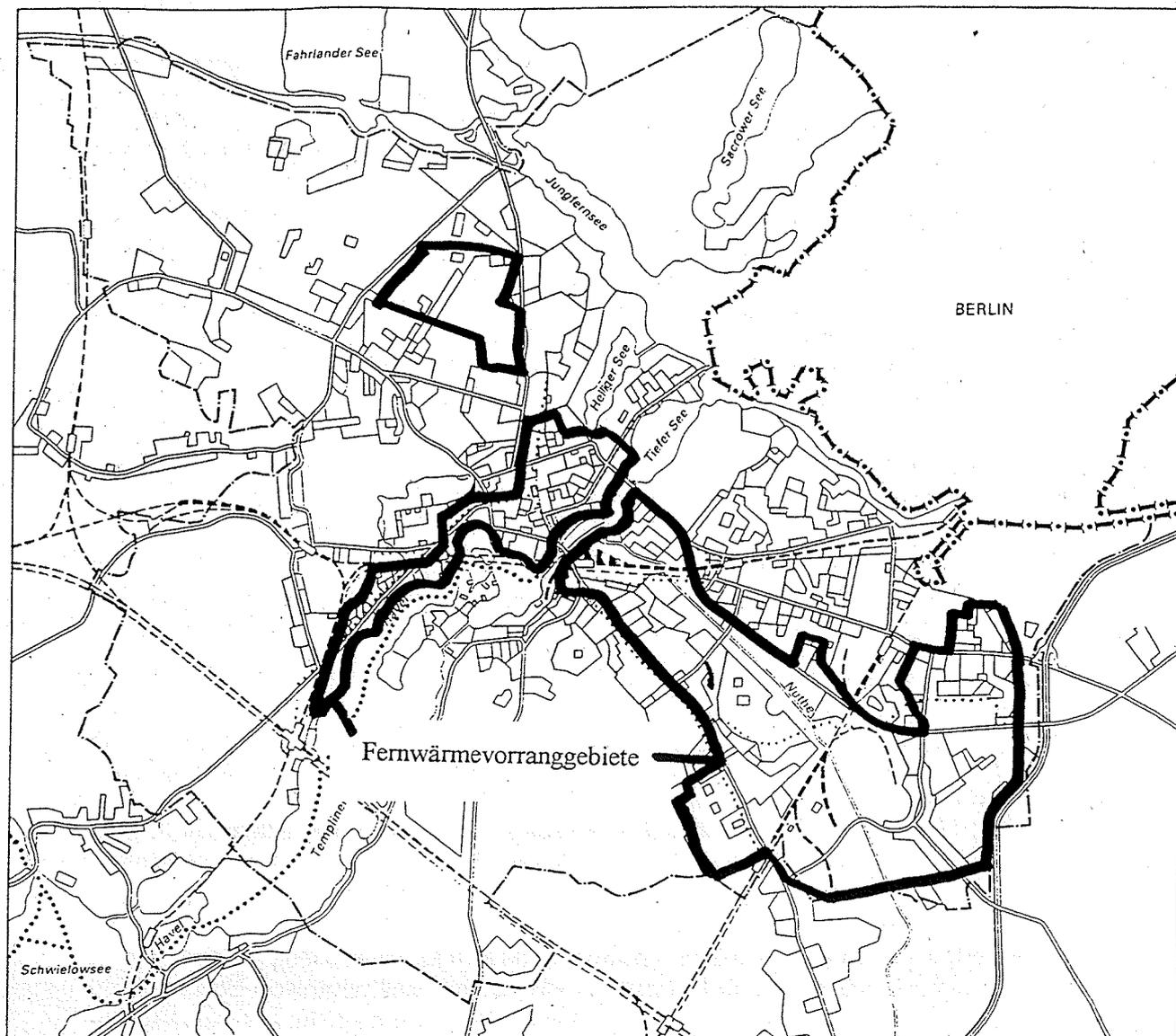


Abb. 4-1: Karte der Fernwärmevorranggebiete in Potsdam

Die aktuelle Dispositionsfläche in Potsdam für den Einsatz von mittleren BHKW außerhalb der FW-Vorranggebiete ist als relativ gering einzuschätzen. Das liegt, neben der weitflächigen Verfügbarkeit von FW, vor allem auch an dem geringen Umfang geeigneter industrieller Strukturen. Die bestehenden Gewerbegebiete sind an die FW angeschlossen bzw. werden in FW-Versorgungsgebieten neu ausgewiesen (z.B. Industriegebiet Potsdam bei Rehbrücke, Bebauungsplan Nr. 26). Die meisten der klassischen Einsatzobjekte für BHKW liegen aber innerhalb der FW-Versorgungs- bzw. Vorranggebiete: Kasernen, Kaufhäuser, Krankenhäuser, Hotels, Gewerbe- und Industriebetriebe.

**Räumliche Betrachtung:**

Für BHKW kommen alle Gebiete in Frage, die nicht über eine bestehende FW-Versorgung verfügen, aber eine relativ dichte Bebauungsstruktur haben. Das sind vor allem

- der Kernbereich von Babelsberg mit einer hohen Wärmedichte und Sanierungsbedarf der bestehenden Heizanlagen, die kleinteilige Eigentümerstruktur begünstigt jedoch eine Erdgasversorgung,
- ehem. Standorte der GUS-Truppen am Voltairweg, in der Pappelallee, in Needlitz, etc., dort ist jedoch z. T. eine relativ extensive Bebauung mit einer GFZ von 0,3 geplant, die für eine Nahwärmeversorgung kaum wirtschaftlich wäre,
- die Brandenburger Vorstadt, wo jedoch ungeklärte Eigentumsansprüche Entscheidungen behindern.

**Sektorale Betrachtung:**

Grundsätzlich kommen Objekte mit hohem synchronen Bedarf von Wärme und Strom in Betracht, die nicht an die Fernwärme angeschlossen sind:

- Haushalte: ihr Energiebedarf wird bereits zu 40% durch die Fernwärme gedeckt. Zusätzliche Potentiale für BHKW sind daher nur punktuell vorhanden.
- Öffentliche Einrichtungen: hier beträgt der Anteil der FW an der Energieversorgung bereits 63%
- Handel, Handwerk und Gewerbe: bisher geringer FW-Anteil, jedoch wenig Potential für BHKW durch große Fluktuation und Eigentumsverhältnisse
- Industrie: der industrielle Sektor ist in Potsdam nur sehr schwach ausgeprägt, sein Anteil am Endenergieverbrauch beträgt nur unter 10%. Trotzdem kämen einige Betriebe mit relativ sicherer Zukunftsperspektive aufgrund ihrer Energiebedarfsstruktur prinzipiell für BHKW in Frage:
- Brauerei (liegt jedoch innerhalb des FW-Vorranggebietes in Nähe des Heizkraftwerks Süd)
- ehemalige DEFA-Studios (haben jedoch kein Interesse an BHKW geäußert)

Für kleine BHKW böte sich bei angemessener Vergütung der Stromeinspeisung ein großes Potential in der gesamten Stadt, wenn man davon ausgeht, daß sich in naher Zukunft fast alle modernen Gas- und Öl-Heizkessel mit einer kleinen Stromproduktionseinheit ausrüsten lassen. Angesichts der geplanten Stromerzeugung im neuen Heizkraftwerk ist jedoch davon auszugehen, daß die Einspeisevergütung aus diesen Quellen so niedrig bleiben wird, daß sie nicht die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erreichen.

**4.1.4 Energieeinsparung**

Die Energieeinsparung, die durch BHKW gegenüber modernen Heizkesseln erreicht werden kann, bezieht sich nur auf die Bereitstellung von elektrischer Energie. Der Gesamtwirkungsgrad von BHKW kann bis zu 87% erreichen, bei Brennwert-Heizkesseln, die nur der Wärmeversorgung dienen, jedoch über 100%. So wie bei den BHKW der Gesamtwirkungsgrad im Vordergrund steht, müßte bei einer getrennten Versorgung mit eigenproduzierter Wärme und fremdbezogenem Strom eine Gesamtbetrachtung angestellt werden.

Bei der Herstellung von elektrischem Strom in zentralen Kondensationskraftwerken gehen etwa zwei Drittel als Abwärme ungenutzt verloren. Hinzu kommen Verteilungsverluste und Eigenverbrauch bei der Umwandlung und der Förderung der Primärenergie. Die größte Energieeinsparung kann daher durch BHKW's erreicht werden, wenn Strombezüge aus diesen Quellen substituiert werden können. Dies steht jedoch im Widerspruch

zur Politik der Landesregierung, die Braunkohleverstromung im Grundlastbereich nicht zu gefährden.

Da der in Potsdam verbrauchte Strom z.Z. in solchen zentralen Anlagen erzeugt wird, wäre der gegenwärtige Einsatz von BHKW mit einer relativ hohen Energieeinsparung verbunden. Nach der Umstellung der zentralen Fernwärmeversorgung auf ein gasgefeuertes Heizkraftwerk bis 1996 wäre der Effekt jedoch marginal. Die BHKW sollten daher nur in Ergänzung, aber nicht in Konkurrenz zum Fernwärmenetz eingesetzt werden, um die Bezüge von Strom bei regionalen Versorgern weiter zu minimieren.

Eine weitere Möglichkeit der Energieeinsparung durch BHKW ist die Reduktion des Transports des Wärmemediums Heißwasser bzw. Dampf im FW-Primärnetz, was zu einer Verringerung der Transportverluste sowie der eingesetzten Hilfsenergien führen würde.

#### 4.1.5 Umweltentlastung

Würde der Einsatz von kleinen und mittleren BHKW zu einer partiellen Substitution der Stromerzeugung in zentralen Kondensationskraftwerken führen, wäre damit eine erhebliche Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verbunden, insbesondere beim Einsatz von Erdgas in BHKW anstelle von Kohle in Kraftwerken. Außerdem wird der Einsatz von Hilfsstoffen zur Rauchgaswäsche und der Anfall von zu deponierenden Abfallstoffen reduziert.

Im Vergleich zum Ausbau bzw. zur Unterhaltung herkömmlicher FW-Netze entfallen umfangreiche Erdarbeiten, die zu Beeinträchtigungen des Grundwassers, des belebten Bodens, des Baumbestandes etc. führen könnten, oder sie sind von geringerem Ausmaß. Werden Freileitungen des FW-Primärnetzes substituiert, ergäben sich erhebliche Verbesserungen des Stadt- und Landschaftsbildes sowie ein verringerter Flächenverbrauch.

Im Vergleich von BHKW zu konventionellen modernen Heizkesseln können die lokalen NO<sub>x</sub>-Emissionen durch den Einsatz von Verbrennungsmotoren jedoch erhöht sein und eventuell zusätzliche Techniken verlangen (Wassereinspritzung zur Flammenkühlung, Katalysatoren).

#### 4.1.6 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von BHKW wird von einer Reihe von Faktoren bestimmt, die nicht nur von den Kosten der Anlagen und des eingesetzten Brennstoffs abgeleitet werden können:

- Die Vergütung für die Einspeisung von überschüssigem Strom müßte die Erzeugungskosten decken. Z.Z. wird aber in der Regel der Strom nur zu einer geringen Vergütung (ca. 5 Pf/kWh) abgenommen.
- Nach § 5 EnWG bedarf die Belieferung Dritter mit Strom besonderer Bedingungen und Genehmigungen durch das Wirtschaftsministerium, die im Einzelfall schwierig zu bekommen sind.
- Die Auslastung der BHKW müßte während des gesamten Jahres hoch sein. Wärme- und Strombedarf müßten auch im Tagesrythmus angeglichen sein.
- Die betriebswirtschaftliche Organisation von BHKW-Betreiber und Netzinhaber wäre so zu gestalten, daß ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist.
- Externe Einflüsse, die die Wirtschaftlichkeit der Anlagen mitbestimmen, wie Steuervorteile und Förderungsprogramme als auch Belastungen durch z.B. CO<sub>2</sub>-Steuer etc., müssen berücksichtigt werden.

- Die Landesenergiepolitik in Brandenburg befürwortet zwar den Betrieb von BHKW, gleichzeitig soll jedoch die Verstromung von heimischer Braunkohle in zentralen Kraftwerken aus arbeitsmarktpolitischen Gründen nicht gefährdet werden.

Im Vergleich zu einfachen Kesselanlagen haben BHKW höhere Investitionskosten, die aber mittel- und langfristig durch die Erlöse bzw. Gutschriften durch die Stromerzeugung überkompensiert werden könnten. Das Hauptproblem besteht oft darin, daß verschlissene Wärmeerzeugungsanlagen kurzfristig durch den Einsatz geringster Kapitalmittel ersetzt werden müssen, um die Wirtschaftlichkeit von Objekten herzustellen bzw. zu sichern. So wird häufig eine Anlage verwirklicht, die ohne Stromerzeugung langfristig nur zu höheren Gesamtkosten als bei einem BHKW zu betreiben ist.

Aus dieser Situation gibt es jedoch Auswege, die sich vor allem als "Betreibermodelle" verwirklichen lassen. Dabei wird die Erstellung und der Betrieb der Anlage von einer Betreibergesellschaft durchgeführt, die wie bei der Fernwärme dem Kunden nur einen Arbeits- und Leistungspreis in Rechnung stellt, ihm jedoch keine Investitionskosten abverlangt. Diese Betreibergesellschaft könnten durchaus die Stadtwerke Potsdam (bzw. Wärmeunion Potsdam) sein, die auf diese Weise ihr Marktsegment in der Wärmeversorgung zu Lasten der Öl- und Gasheizungen ausbauen könnte.

Aber auch für Dritte, d.h. private Investoren ergäbe sich eine Möglichkeit der Kapitalanlage, die vor allem in öffentlichen Einrichtungen die Heizsysteme modernisieren und den Finanzbedarf der Stadt Potsdam reduzieren könnte.

#### 4.1.8 Zukünftiger Handlungsbedarf

Ein bestimmendes Element für die Wirtschaftlichkeit und damit für die Realisierung von BHKW ist die Vergütung bei der Einspeisung von Überschubstrom in das kommunale (regionale) Netz. Der in Potsdam in BHKWs erzeugte Strom sollte zu dem Preis vergütet werden, zu dem er von den EVU nach eigenen Kosten geliefert würde, soweit damit die Wirtschaftlichkeit der zentralen Fernwärmeversorgung nicht gefährdet würde. Hierzu wäre eine entsprechende Tarifgestaltung der zukünftigen Stadtwerke erforderlich.

Hierbei ist grundsätzlich zu entscheiden, ob die Stadtwerke als Energiedienstleistungsbetrieb fungieren und selbst oder in Form von Tochterunternehmen als "Generalbetreiber" auftreten, um die mit der KWK möglichen Gewinne zu realisieren, oder die Investitionsentscheidung und -Finanzierung Dritten, d.h. privaten Unternehmern überlassen und ihnen ihr Unternehmensrisiko durch eine angemessene Stromvergütung honorieren.

Im ersten Fall wäre eine Betreibergesellschaft zu gründen, die nach dem Prinzip des "Betreibermodells" nach dem Konzept der Third-Party-Finanzierung BHKW errichtet und betreibt. Anteilseigner könnten die Stadtwerke selbst, der Regionalversorger sowie andere private Investoren sein. Über die Einspeisevergütung hätten die Stadtwerke die Möglichkeit, das Energieversorgungssystem insgesamt zu optimieren. Im zweiten Fall würden zu stark monopolistische Strukturen der Energieversorgung vermieden und erheblich größere Kapitalmittel für den energetisch sinnvollen Einsatz von BHKW mobilisiert werden können.

#### 4.1.2.1 Beispiel für einen günstigen BHKW-Standort: Nahwärmeinsel Hoffbauer-Stiftung in Potsdam- Hermannswerder

##### Definition des Maßnahmeansatzes und aktuelle Dispositionsmasse:

Auf der Halbinsel Hermannswerder befindet sich auf einem weitläufigem Areal der Hoffbauer-Stiftung, die dem evangelischen Diakonischen Werk angehört, ein Nahwärmenetz, das verschiedene Gemeinbedarfseinrichtungen mit Heizenergie und Warmwasser versorgt :

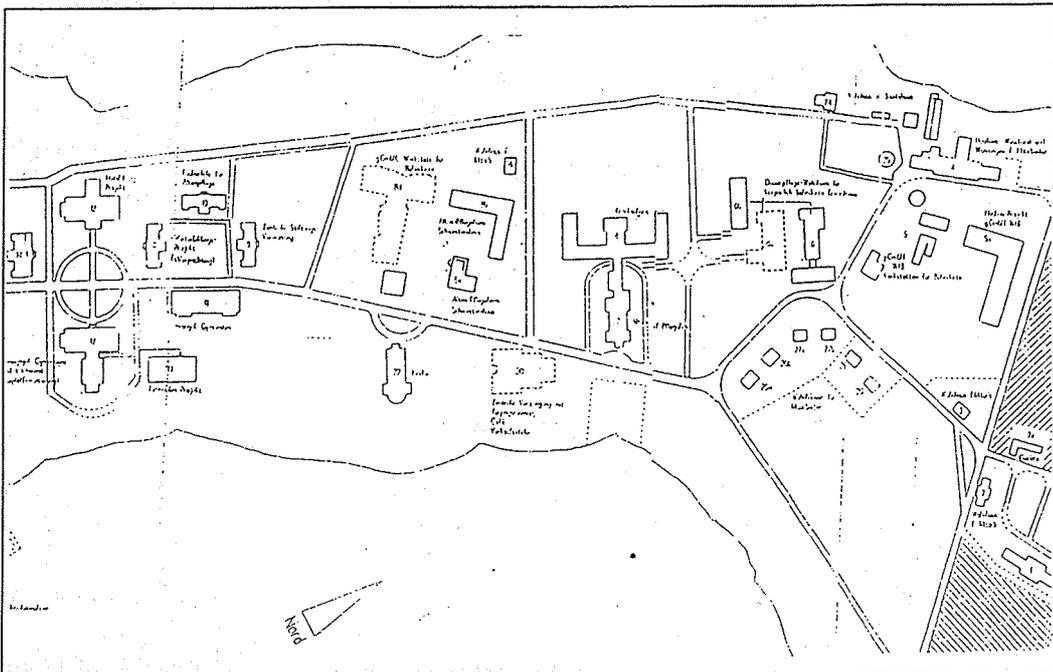


Abb. 4-2 : Lageplan mit den Gebäuden der Hoffbauer-Stiftung auf Hermannswerder

- ein Krankenhaus, das demnächst in ein Alten- und Pflegeheim mit ca. 80 Heimplätzen umgestaltet werden soll,
- ein Heim für geistig Behinderte mit 65 Plätzen,
- ein Heim für Körperbehinderte mit 12 Plätzen,
- ein Freizeitheim mit 30 Plätzen,
- ein evangelisches Gymnasium mit 160 Schülern, das auf eine Kapazität von bis zu 500 Schülern erweitert werden soll,
- ein Internat mit 120 Plätzen,
- eine Fachschule für Altenpflege mit bis zu 150 Plätzen,
- ein Tagungs- und Versammlungsraum mit 350 Plätzen, das mit einer strombetriebenen Küche für einen täglichen Bedarf von 1000 Personen ausgestattet wird,
- eine Wäscherei,
- sowie ca. 30 Betriebswohnungen.

Des weiteren geplant sind:

- der Neubau eines evangelischen Krankenhauses mit einer Kapazität von ca. 210 Betten,
- ein Hotel, sowie

- die Errichtung weiterer Gebäude auf der Südwestspitze der Halbinsel in der Regie privater Investoren.

Die Wärmeversorgung erfolgt z.Z. noch durch ein mit Braunkohlenbriketts betriebenes Heizhaus mit einer installierten Leistung von 5 MW<sub>th</sub>, das aus emissionsschutzrechtlichen Gründen bis spätestens 1996 auf Erdgas umgestellt werden soll. Von der Struktur des Strom- und Wärmeverbrauchs sowie des bestehenden Veränderungsbedarfs ist das Nahwärmenetz der Hoffbauer-Stiftung ein ideales Objekt für den Einsatz eines BHKW.

Die Wärmeleistung des Heizhauses wird gegenwärtig nur bis zu 3 MW ausgelastet. Der Jahresverbrauch beträgt etwa 2000 t Braunkohlenbriketts, das entspricht einem Wärmeäquivalent von 10.820 MWh<sup>5</sup>. Über die Verteilung des Wärmeverbrauchs im Jahresverlauf liegen keine Angaben vor.

Der Jahresstromverbrauch beträgt etwa 612 MWh/a (ermittelt von Oktober 1992 bis September 1993). Der monatliche Verbrauch schwankt zwischen 66 MWh (Dezember) und 35 MWh (Juni/Juli), wobei der Mittelwert von 51 MWh in den anderen Monaten nur in einem engen Rahmen variiert. Der Wert der vereinbarten elektrischen Vertragsleistung beträgt 230 kW<sup>6</sup>. Die beanspruchte Spitzenleistung betrug im vergangenen Dezember 225 kW, der geringste Spitzenwert wurde im Mai mit 155 kW verzeichnet.

Die Stromkosten betragen z.Z. nach dem Arbeitspreis 15 Pf/kWh am Tag und 12 Pf/kWh in der Nacht. Im Sommer wie im Winter beträgt der Anteil des am Tage verbrauchten Stroms etwa 76% und des Nachtverbrauchs 24%, damit ergibt sich ein durchschnittlicher Arbeitspreis von 14,3 Pf/kWh im gewichteten Mittel. Zusätzlich wird ein verbrauchsabhängiger Leistungspreis von 13,75 DM je kW beanspruchte monatliche Spitzenleistung entrichtet. Der durchschnittliche Preis je kWh nach Arbeits- und Leistungstarif beträgt damit zwischen 18,9 Pf/kWh im Dezember und 19,6 Pf/kWh im Juli. Die gesamten Stromkosten pro Jahr belaufen sich damit auf etwa 116.367 DM/a, wovon etwa 87.460 DM als variable und 28.908 DM als fixe Kosten anfallen.

Die Auslegung der Kapazitäten eines BHKWs für diesen Standort sollte sich am Strombedarf orientieren, da dieser im Jahresverlauf relativ gleichmäßig verläuft und die Erzeugung von überschüssigem Strom, der zu sehr niedrigen Vergütungen (ca. 5 Pf/kWh) ins Netz eingespeist werden müßte, vermieden werden könnte. Nach der Fertigstellung der strombetriebenen Küche für 1000 Personen sowie der Errichtung des 210-Betten-Krankenhauses wird sich der Strombedarf tendenziell noch weiter verstetigen. Obwohl zur jährlichen Schwankung des Wärmebedarfs keine genauen Angaben vorliegen, läßt sich auch für die Sommermonate eine zur Auslastung eines BHKW genügende Grundlast annehmen. Warmwasserbedarf in Krankenhaus und Pflegestationen, Wäschereien und Großküche fällt auch im Sommer an, zusätzlich könnte Wärme aus dem BHKW zu Klimatisierungs- und Kühlzwecken mit einer Absorptionskälteanlage genutzt werden.

Erfahrungswerte von BHKW-Herstellern zeigen, daß für Krankenhäuser etc. ein Verhältnis von elektrischer zu thermischer Leistung von 1 : 1,7 günstig ist. Nimmt man an, daß sich der Leistungsbedarf für Strom nach der Fertigstellung von Großküche und Krankenhausneubau um 50% erhöht, wäre eine Leistung des BHKW von 200 kW<sub>el</sub> und 340 kW<sub>th</sub> günstig. Damit könnte der größte Teil des Stromverbrauchs und ein Teil der im gesamten Jahresverlauf vorhandenen Grundlast des Wärmeverbrauchs (ca. 10% des derzeitigen Spitzenbedarfs) gedeckt werden. Ein Wärmespeicher könnte tageszeitliche

<sup>5</sup> Vollaststunden 10820 MWh / 3 MW = 3606 h/a

<sup>6</sup> Vollaststunden 51 MWh / 0,23 MW = 222 h/a

Unterschiede in der Wärmeerzeugung und des Wärmebedarfs soweit ausgleichen, daß eine stromorientierte Fahrweise des BHKW jederzeit möglich wäre. Die optimale Auslegung aller Anlagenteile ist jedoch nur unter genauerer Einbeziehung aller Parameter, vor allem der geplanten Gebäude, zu ermitteln. Die restliche Wärmeerzeugung sollte in gasgefeuerten Heizkesseln erfolgen, die effizient mit hohem Wirkungsgrad und geringer Schadstoffemission zu betreiben sind.

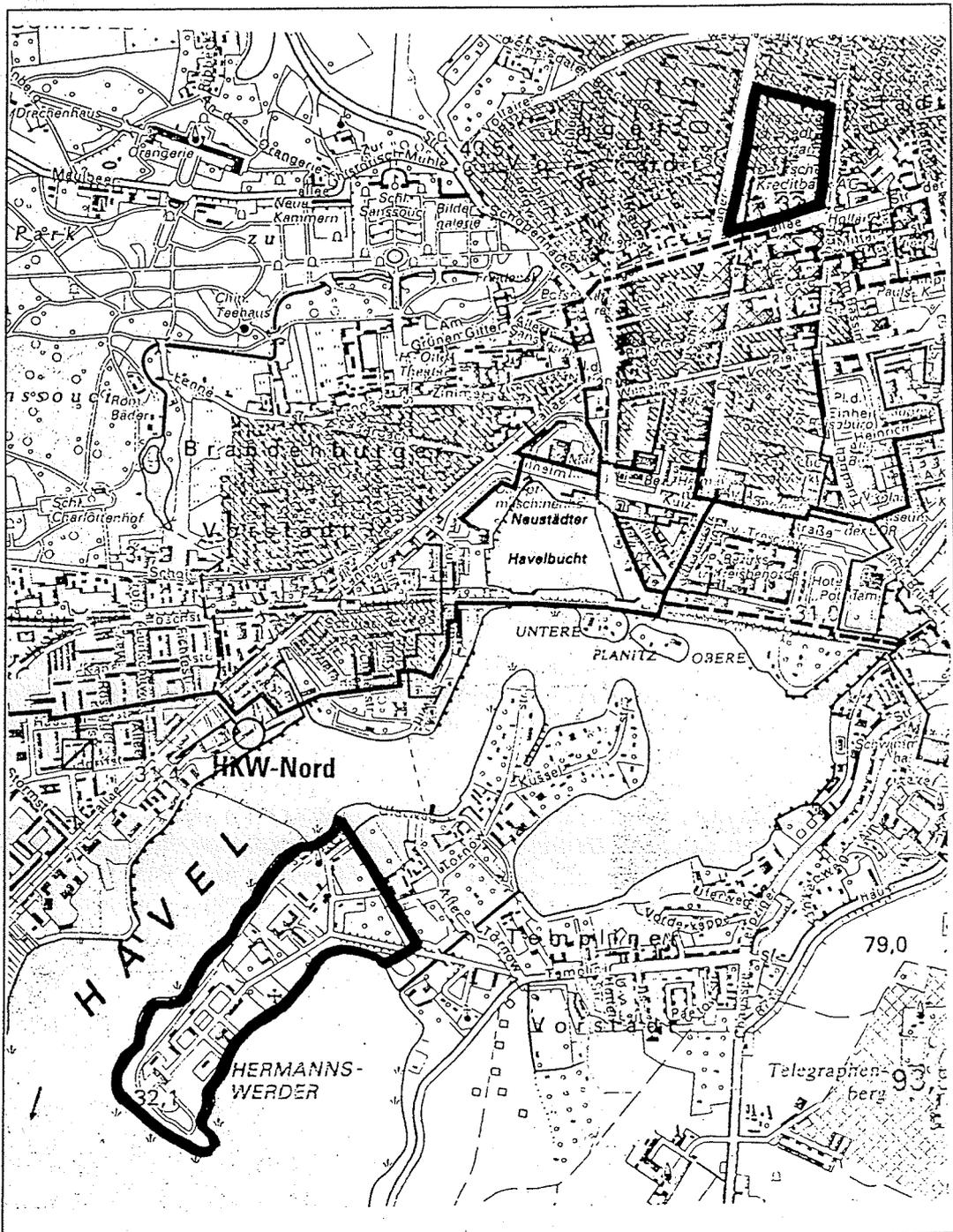


Abb. 4-3: Lage der Beispielobjekte Hoffbauer-Stiftung und Magistrat/Hegelallee

### Energieeinsparung

Die Energieeinsparung wäre bei einer Substitution der Stromerzeugung in zentralen Kondensationskraftwerken bei 1.200 MWh<sub>el</sub> unter einer Annahme eines Wirkungsgrades von 33% mit etwa 2.400 MWh<sub>th</sub> vermiedener Umwandlungsverluste zu veranschlagen. In Potsdam ist jedoch ab 1996 mit einer partiellen Substitution von KWK-erzeugtem Strom auszugehen, sodaß die tatsächliche Energieeinsparung real weit geringer sein würde, weil dann nur die Leitungsverluste von etwa 8% vermieden werden würden.

### Umweltentlastung

Da die bestehenden Kohleheizanlagen ohnehin durch erdgasgefeuerte Anlagen ersetzt werden müssen, entstände durch die Errichtung eines BHKW am Standort selbst keine direkte Umweltentlastung. Wie bei der Energieeinsparung wäre nur bei einer Substitution des Strombezuges aus zentralen Kondensationskraftwerken von einer Minderung der Umweltbelastung auszugehen.

### Wirtschaftlichkeit

Wird ein stromorientierter Einsatz des BHKW angestrebt, so ist bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit den Stromerzeugungskosten eine Wärmegutschrift anzurechnen. Die bei der Stromerzeugung im BHKW vermiedenen Brennstoffkosten, die sonst beim Betrieb der Spitzenlastkessel angefallen wären, sind dabei von den Gesamtkosten pro erzeugter kWh Strom abzuziehen. Der hier gewählte Berechnungsansatz kann jedoch aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Parameter nur eine erste grobe Abschätzung darstellen.

Kostenart	Berechnungsansatz	Kosten
Investitionskosten	200 kW * 2300 DM/kW	460.000 DM
Abschreibung	460.000 DM/15 Jahre	30.670 DM/a
Zinskosten	6%, bei ERP-Darlehen 3%	13.800 DM/a
Instandhaltung	11% der Investitionssumme pro Jahr	50.600 DM/a
Personal, Verwaltung	5% der Investitionssumme pro Jahr	23.000 DM/a
Brennstoffkosten	2,6 Pf je kWh Erdgas * 3,55 GWh	92.300 DM/a
Jahreskosten für Stromerzeugung in BHKW	Summe	210.370 DM/a
Wärmegutschrift	3000 * 340 kW <sub>th</sub> = 1,04 GWh/a * 3,0 Pf/kWh	- 30.600 DM/a
Kosten insgesamt		= 179.770 DM/a
Kosten je kWh Strom	Kosten insgesamt / produzierte kWh el	= 15,0 Pf/kWh

Abb. 4-5: Kostenberechnung Stromerzeugung durch ein BHKW

Geht man von einer Jahresvollbenutzungszahl des BHKW von 6000 Std/a bei 200 kW<sub>el</sub> aus, so könnten in dem veranschlagten BHKW 1200 MWh/a Strom und 2.040 MWh/a Wärme produziert werden. Bei einem Erdgaspreis von 2.6 Pf/kWh, jährlichen Abschreibungs- und Betriebskosten von insgesamt 196.570 DM/a und Finanzierungskosten von 13.800 DM/a ergäbe sich ein Preis von 17,5 Pf/kWh erzeugter Strom. Verrechnet man die Energiekosteneinsparung in den übrigen Heizkesseln durch

die parallele Wärmeerzeugung im BHKW in Höhe von etwa 30.600 DM/a, so ergibt sich ein Strompreis von 15,0 Pf/kWh. Dieser Preis läge um ca. 4 Pf/kWh niedriger als die derzeitigen durchschnittlichen Kosten von 19 Pf/kWh. Unter der Annahme, daß das Verhältnis von Arbeits- zu Leistungspreis konstant bleibt, könnten die jährlichen Stromkosten um ca. 48.000 DM/a niedriger liegen als bisher. Die Investitionskosten für das BHKW würden sich damit innerhalb von 11 Jahren amortisieren. Bei einer angenommenen Lebensdauer der Anlage von 15 Jahren wäre der Einsatz eines BHKW in diesem Fall wirtschaftlich.

#### 4.1.2.2 Beispiel für einen ungünstigen BHKW-Standort: Nahwärmeinsel Magistrat - Hegelallee

Im Straßenblock zwischen Friedrich-Ebert-Str., Hegelallee, Jägerstr. und Helene-Lange-Str. befinden sich eine Vielzahl von Gebäuden in öffentlicher Nutzung, wie z.B. der Potsdamer Magistrat, das Landratsamt, das Arbeitsamt etc., die an eine dezentrale Wärmeversorgung im Blockinneren angeschlossen sind. Der Block liegt zwar innerhalb des FW-Vorranggebietes, Anschlußleitungen sind jedoch nicht vorhanden. Der Betrieb der Heizhäuser wird durch die WUP<sup>7</sup> durchgeführt. Von den organisatorischen Bedingungen her ist daher der Einsatz von BHKW grundsätzlich möglich, d.h. die Fernwärmeversorgung stünde dem nicht entgegen.

Die Wärmeversorgung erfolgt in einem Gasheizhaus mit einer installierten Leistung von 5,8 MW, sowie in einem Ölheizhaus mit einer installierten Leistung von 2,21 MW.

Der Anschlußwert der zur Zeit versorgten Häuser beträgt 7,20 MW. Durch einen Verbund der beiden Heizhäuser wäre eine Erweiterung der angeschlossenen Häuser möglich:

- Musikschule (Hegelallee 5)	ca. 0,15 MW
- Nebenhaus (Hegelallee 4)	ca. 0,15 MW
- GUS-Bereich (Jägerallee)	ca. 0,56 MW
- Jägerallee 12/13	ca. 0,16 MW
- Eckhaus (Jägerallee)	ca. 0,10 MW
- Schule und Hort (Helene-Lange-Str.)	ca. 0,35 MW
- Kindergarten (Hegelallee)	ca. 0,12 MW

Insgesamt betrüge der Anschlußwert für die Erweiterung 1,59 MW<sup>8</sup>. Die Länge der nötigen Trassenverlängerungen wäre insgesamt 810 m.

Die Anlagen in den bestehenden Heizhäusern wurden bereits modernisiert und sollen langfristig erhalten bleiben. Für die zusätzlichen benötigten Kapazitäten wäre jedoch zu erörtern, ob der Einsatz eines BHKW sinnvoll wäre.

Der Strom- und Wärmeverbrauch im Jahresverlauf ist jedoch sehr unterschiedlich.: Während der Stromverbrauch nur zwischen 132 MWh im Januar und 120 MWh im Juli schwankt, steht dem Wärmeverbrauch im Februar von 1817 MWh ein sehr geringer Verbrauch von 142 MWh im Juni gegenüber, was nur 8% des Verbrauchs im Februar entspricht<sup>9</sup>.

Da die Verbrauchscharakteristika von Strom und Wärme im Jahresverlauf derart unterschiedlich sind, könnte die BHKW-Anlage nur für einen geringen Teil des benötigten

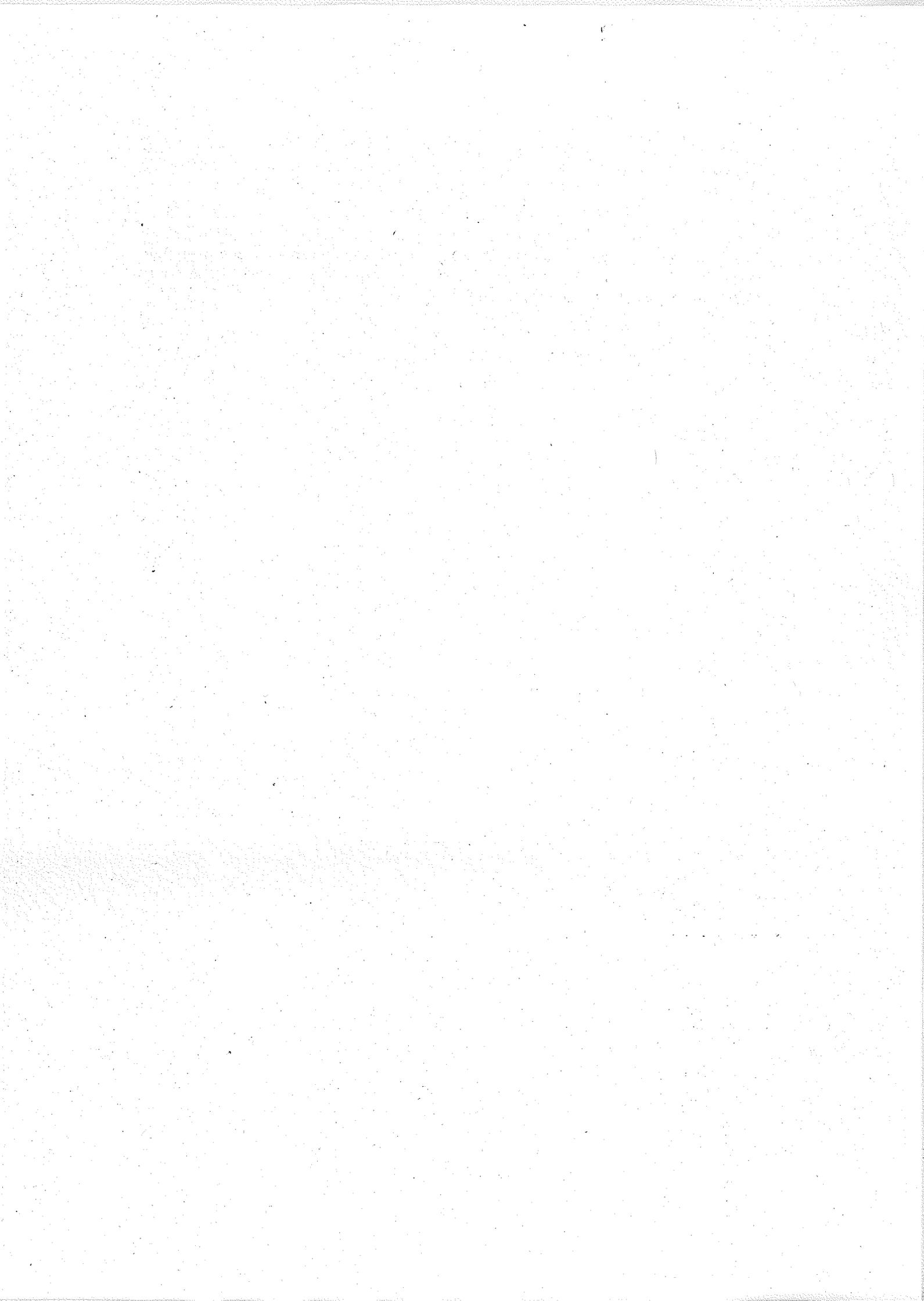
<sup>7</sup> Wärmeunion Potsdam GmbH, soll zum Kernbereich der zukünftigen Potsdamer Stadtwerke entwickelt werden.

<sup>8</sup> Nach einem Gutachten der Firma Ingenieurbüro Lebrecht & Partner GmbH

<sup>9</sup> Angaben für 1993

Wärmeerzeugung ausgelegt werden, um die Kapazität für die Deckung eines Grundlastbereichs zu beschränken, der durch eine Jahresvollbenutzungsstundenzahl von über 6000 Std/a die nötigen Investitionen wirtschaftlich gestalten könnte.

Eine solche kleine BHKW-Anlage würde jedoch nur einen relativ unbedeutenden Beitrag zur Stromerzeugung und damit zur Stromkostensenkung des Standorts liefern. Angesichts der durch den Bau des neuen GuD-Heizkraftwerks in Potsdam bald verfügbaren Stromerzeugungskapazitäten erscheint daher die Verwirklichung eines BHKW an diesem Standort als nicht sinnvoll.



## 5 Maßnahmen im Bereich "Öffentliche Einrichtungen"

Für Maßnahmen im Bereich "Öffentliche Einrichtungen" sind in Abstimmung mit dem Magistrat für konkrete Untersuchungen zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten für den Einsatz von Thermosolar- und von Photovoltaikanlagen bestimmt worden. Die Ergebnisse hierzu sind in den folgenden beiden Abschnitten 5.1 für Thermosolaranlagen und 5.2 für Photovoltaikanlagen wiedergegeben.

### 5.1 Verstärkter Einsatz von Thermosolaranlagen

#### 5.1.1 Definition des Handlungsansatzes

Für die Auswahl von öffentlichen Einrichtungen für den verstärkten Einsatz von Thermosolaranlagen wurden folgende Gebäude- und Nutzungsarten berücksichtigt:

- Freibäder und Hallenbäder, da bei höheren Besucherzahlen bei schönem Wetter auch die auszutauschenden Beckenwasser- und vorzuwärmenden Duschwassermengen zunehmen,
- Duscheinrichtungen von Sportanlagen,
- andere kommunale Freizeiteinrichtungen,
- Duscheinrichtungen des kommunalen Gartenbauamts, des Bauhofs usw.,
- Kinderkombinationen, Kindergärten oder -krippen.

Für alle diese Einrichtungen zeigen die Nachfrage- sowie die Angebotskurve von Thermosolaranlagen (viel Warmwasser bei starker Sonneneinstrahlung) eine gute Übereinstimmung, was für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen von großer Bedeutung ist.

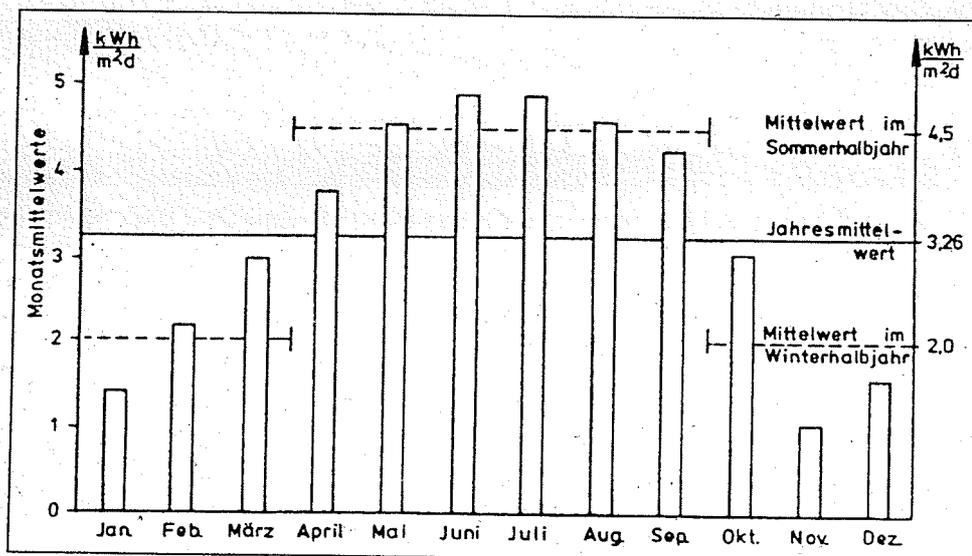


Abb. 5-1: Jahresganglinie des Sonnenenergieangebots (Höb, 1990, S. 48)

Das Kriterium für die weitere Auswahl war der Demonstrationscharakter für eine große Zahl von potentiellen Folgeprojekten, die auch durch Private realisiert werden

können. In Zusammenarbeit mit dem Amt für Stadtwirtschaft des Magistrats, dem Amt für zentrale Verwaltung und dem Amt für Tourismus und Erholung wurden aus der o. g. Liste folgende zwei Einrichtungen ausgewählt:

- 1) Die Auswahl einer Kinderkombination erlaubt nicht nur die gute Ausnutzung sowohl der Tagesspitze (zum Kochen und Abwaschen) als auch der Jahresspitze im Sommer (zum Erwärmen des Duschwassers und ggf. eines Planschbeckens) des solarthermischen Leistungsangebots (siehe Abbildung 5-1). Aus der Gestaltung als Typenbau ergibt sich ein hohes Wiederholungspotential für alle anderen Bauten gleichen Typs in der öffentlichen wie auch privaten Hand. Als geeignetes Objekt wurde die städtische Kinderkombination Potsdam-Ost I in der Lotte-Pulewka-Straße ausgewählt (siehe Abbildung 5-2).
- 2) Als zweites Untersuchungsobjekt wurde das Freibad Templiner See bestimmt. Dieses Bad ist das am stärksten frequentierte Freibad, das der Stadt Potsdam untersteht<sup>1</sup> (z. Z. bis zu 3.000 Besucher pro Tag). Zudem bietet es sich durch seine Bungalowbauweise für die Installation einer Thermosolaranlage an.

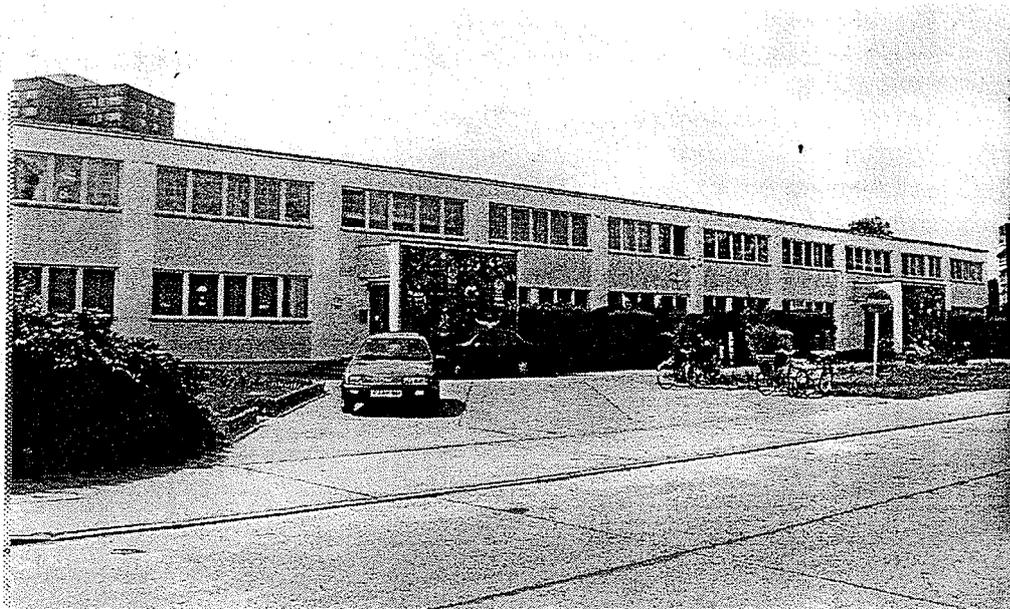


Abb. 5-2: Foto der städtischen Kinderkombination Potsdam-Ost I in der Lotte-Pulewka-Straße vom 12. 7. 1993. Ansicht von Osten

### 5.1.2 Aktuelle Dispositionsmasse

Für die beiden im folgenden beschriebenen Objekte, die Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße und das Freibad Templiner See, wird jeweils die Installation eines sog. "Euro-Kollektors" vorgeschlagen<sup>2</sup>. Dieser Flachkollektorentyp zeichnet sich durch eine

<sup>1</sup> Das Bad Babelsberg untersteht der Stiftung "Schlösser und Gärten" und wird von der Stadt Potsdam bis zur Jahrtausendwende federführend betrieben (Aussage des Amts für Tourismus und Erholung am 12. 7. 1993).

<sup>2</sup> Eine Produkt- und Preisübersicht über Thermosolaranlagen ist in der "solaren Förderfibel für solarthermische Anlagen in Wohngebäuden" des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten enthalten. Hierin sind auch andere Kollektoren

solide Verarbeitung aus, die bei den Materialbeanspruchungen in mitteleuropäischen Breitengraden von Vorteil ist: Die Temperaturdifferenz zwischen der höchsten Kollektorbetriebstemperatur und der kältesten Winternacht kann bis zu 200 °C betragen, was i.a. zu Frost- und Fugendichtigkeitsproblemen führt. Vom "Euro-Kollektor" kann dennoch eine Lebensdauer von 20 Jahren erwartet werden.<sup>3</sup>

### 5.1.2.1 Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße

In der Kinderkombination in der Lotte-Pulewka-Straße werden 250 Kinder betreut. Der Warmwasserverbrauch hat im Tagesverlauf folgende Charakteristika:

- a) Die Kinder werden ab 6h<sup>30</sup> gebracht. Vor dem Frühstück, d.h. vor 7h<sup>30</sup>, wird Warmwasser zum Händewaschen benötigt.
- b) Nach 8h<sup>00</sup> wird das Frühstücksgeschirr abgewaschen.
- c) Um 11h<sup>30</sup> wird das Mittagessen eingenommen; vorher werden die Kinder gewaschen bzw. (wenn sie bei schönem Wetter im Freien gespielt haben) geduscht; bei schönem Wetter (insbesondere im Sommer) kann das Warmwasser aus der Thermosolaranlage bezogen werden.
- d) Ab 12h<sup>00</sup> wird das Mittagsgeschirr abgewaschen.
- e) Bevor die Kinder wieder abgeholt werden, werden sie ca um 15h<sup>00</sup> gewaschen oder geduscht.



Abb. 5-3: Foto der städtischen Kinderkombination Potsdam-Ost I in der Lotte-Pulewka-Straße vom 12. 7. 1993. Ansicht von Norden.

Für die Kinderkombination in der Lotte-Pulewka-Straße wird eine sog. Pufferanlage mit einem 10.000-l-Speicher<sup>4</sup> vorgeschlagen. Bei der Benutzung des "Euro-Kollektors"

beschrieben.

<sup>3</sup> Information von Herrn Vargas-Koch, Fa UFE-Solar, am 21. 10. 1993.

<sup>4</sup> Der Speicher ist für einen Bedarf von 250 Kinder \* 20 l/Duschvorgang\*Kind und 2

(wie oben beschrieben) werden etwa 70 Kollektoren benötigt, was einer Kollektorfläche von rund 160 m<sup>2</sup> entspricht (2,3 m<sup>2</sup>/Kollektor). Die Kollektoren müssen auf dem Dach aufgestellt werden, hierzu ist etwa der dreifache Flächenbedarf auf dem Dach<sup>5</sup>, d.h. rund 500 m<sup>2</sup> Dachfläche, notwendig. Die beiden Gebäudeteile der Kinderkombination bieten hierfür mit insgesamt 1000 m<sup>2</sup> Dachfläche auf ihrem Flachdach ausreichend Platz. Das Dach ist nicht verschattet (siehe Abbildung 5-3).

### 5.1.2.2 Freibad Templiner See

An Tagen mit schönem Wetter werden im Freibad Templiner See rund 500 l Warmwasser zum Duschen benötigt<sup>6</sup>, das auf 40° C aufgeheizt wird.<sup>7</sup> Das geschieht bisher mit zwei 80-l-Elektroboilern.

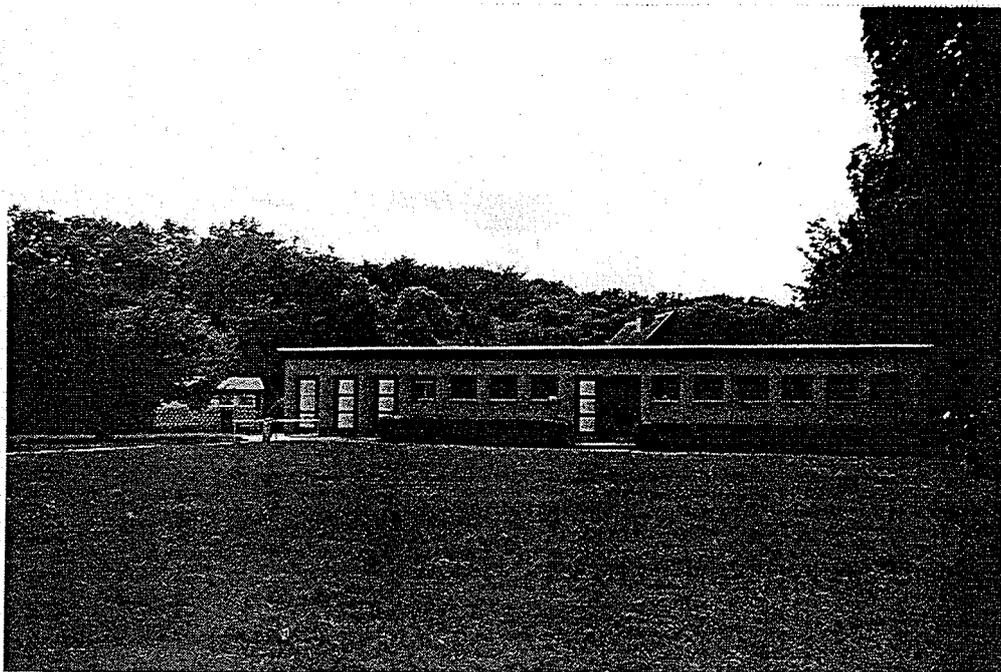


Abb. 5-4: Duschgebäude des Freibades Templiner See. Links neben dem Gebäude sind die im Text angesprochenen Bungalows zu sehen. Foto vom 12. 7. 1993.

Die Dachfläche des "Duschbungalows" von rund 5 m \* 25 m = 125 m<sup>2</sup> erlaubt die Installation einer Thermosolaranlage, die weit mehr als 500 l Warmwasser mit 40° C an schönen Sonnentagen erzeugen kann. Es bietet sich daher an, die vier Bungalows, die

---

Duschvorgängen/d\*Kind ausgelegt. Die Warmwassermengen, die zum Abwaschen benötigt werden, sind nicht berücksichtigt, da sie zum einen mengenmäßig irrelevant sind und zum anderen zum Abwaschen eine Temperatur von >40° C erreicht werden muß. Hier kann der Kollektor aber Vorwärmung des Wassers zum Abwaschen (z. B. von 15° C auf 35° C) leisten.

<sup>5</sup> Incl. Abstand zum Verhindern der gegenseitigen Verschattung.

<sup>6</sup> Dieser (in Anbetracht von bis zu 3.000 Besuchern täglich) relativ geringe Warmwasserbedarf ist sicherlich auch auf den Preis zurückzuführen, der z. Z. für das Warmduschen verlangt wird (DM 2,50 für 5 min). Die Alternative ist das Duschen mit kaltem Wasser bzw. nicht im Bad zu duschen.

<sup>7</sup> Aussage von Herrn Hartwig am 12. 7. 1993.

zum Komplex des Freibades Templiner See gehören und derzeit auch elektrisch ihr Warmwasser erhitzen, durch diese Anlage mitzuversorgen. Diese Bungalows liegen in einer Entfernung von rund 10 bis 25 m vom Duschaum (siehe Abbildung 5-4).

Es wird vorgeschlagen, auf dem Dach des "Dusch-Bungalows" 12 "Euro-Kollektoren" aufzustellen, die eine Kollektorfläche von knapp 28 m<sup>2</sup> und einen Flächenbedarf von rund 84 m<sup>2</sup> haben. Auf dem Dach sind sie gegen Verschmutzung (z. B. durch vom Wind aufgewirbelten Sand) und mutwillige oder fahrlässige Beschädigungen relativ geschützt. Zudem weist das Dach nur eine geringe Verschattung auf.

Die Speicher sollten ein Volumen von insgesamt 1500 l haben, um über zwei Tage die Bungalows und die Freibad-Duschen zu versorgen.<sup>8</sup> Der Speicher sollte aus einem 500-l-Behälter, der vorrangig beladen wird, und einem 1000-l-Behälter bestehen.<sup>9</sup>

### 5.1.3 Energieeinsparung

#### 5.1.3.1 Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße

Die erzielbare Energieerzeugung für eine Pufferspeichereinrichtung kann mit bis zu 400 kWh/a/m<sup>2</sup> Kollektorfläche angegeben werden<sup>10</sup> Bei einer Kollektorfläche von 160 m<sup>2</sup> ergibt sich daraus eine Energieerzeugung für Warmwasser von 64.000 kWh/a.

#### 5.1.3.2 Freibad Templiner See

Durch eine Anlage, wie sie in Abschnitt 5.1.2.2 beschrieben ist, können bei einer Leistung von 350 kWh/a/m<sup>2</sup> Kollektorfläche<sup>11</sup> rund 10.000 kWh/a für die Warmwasserbereitung zur Verfügung gestellt werden. Diese genügen, um das gesamte benötigte Warmwasser sowohl für die Bungalows als auch zum Duschen im Freibad bereitzustellen.

### 5.1.4 Umweltentlastung

#### 5.1.4.1 Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße

Zur Quantifizierung der Umweltentlastung werden behelfsweise die Angaben des GEMIS-Gutachtens für Fernwärme benutzt (Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, 1989, S. 279).

Danach beträgt die Emission pro 100 MWh Nutzwärme einschließlich Wärmenetzverlusten insgesamt 10 kg Stickoxide, 0,7 kg Staub und 11.300 kg Kohlendioxid.<sup>12</sup>

<sup>8</sup> Tatsächlich wird das Speichervolumen für eine längere Zeit reichen, da bei schönem Wetter (und hohem Duschwasserverbrauch durch viele Badegäste) die Kollektoren Warmwasser nachliefern, bei schlechtem Wetter (und geringerem Kollektorwirkungsgrad) der Duschwasserverbrauch zurückgeht und damit mehr Warmwasser den Bungalows zur Verfügung steht. - Bei korrekter Installation der Speicher und der Isolationen beträgt der Wärmeverlust des Warmwassers im Speicher zwei bis vier Grad Celsius pro Tag.

<sup>9</sup> Für diese relativ kleine Anlage ist die Installation eines Pufferspeichers nicht ratsam, da die relativ hohen Festkosten für die Regelung des Pufferspeichers die Anlage überproportional verteuern würden.

<sup>10</sup> Information von Herrn Vargas-Koch, Fa UFE-Solar, am 21. 10. 1993.

<sup>11</sup> Information von Herrn Vargas-Koch, Fa UFE-Solar, am 21. 10. 1993.

<sup>12</sup> Da die Werte für Steinkohle-Heizkraftwerke angegeben sind, wird auf die Quantifizierung der

Bei einer Warmwassererzeugung durch Solarkollektoren von 64 MWh/a entfällt somit eine jährliche Emission von 6,4 kg Stickoxide, 0,5 kg Staub und 7.200 kg Kohlendioxid.

#### 5.1.4.2 Freibad Templiner See

Zur Quantifizierung der Umweltentlastung werden die Angaben des GEMIS-Gutachtens für Strom aus Braunkohlekraftwerken benutzt, da im Freibad Templiner See das Duschwasser elektrisch beheizt wird. Diesen Werten werden sich die Kraftwerke in den fünf neuen Bundesländern nach 1995 sicherlich annähern müssen (Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, 1989, S. 279).

Danach beträgt die Emission für ein Braunkohlekraftwerk am Standort pro 100 MWh Strombereitstellung frei Netz 64 kg Schwefeldioxid, 84 kg Stickoxide, 10,5 kg Staub und 115.600 kg Kohlendioxid. Bei einer Warmwassererzeugung durch Solarkollektoren von rund 10 MWh/a entfällt somit eine jährliche Emission von 6,4 kg Schwefeldioxid, 8,4 kg Stickoxide, 1 kg Staub und 11.500 kg Kohlendioxid<sup>13</sup>.

#### 5.1.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

In den beiden folgenden Abschnitten werden Kosten und wirtschaftlicher Nutzen der Maßnahmevorschläge analysiert. Es bleibt festzuhalten, daß sich neben dem direkt meßbaren finanziellen Nutzen auch ein nicht finanzieller Vorteil durch die Vorbildfunktion der Stadt Potsdam für die Verbreitung von Technologie-Know-how ergibt.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Thermosolaranlagen wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- einer erwarteten Lebensdauer von 20 Jahren,
- zwei Prozent Betriebskosten pro Jahr incl. Wartung, Versicherung usw.

##### 5.1.5.1 Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße

Eine betriebswirtschaftliche Analyse der Thermosolaranlage für die Kinderkombination in der Lotte-Pulewka-Straße ist in den Blättern 2.0 bis 2.2 im Anhang wiedergegeben. Die Anlagekosten werden auf 270.000 DM geschätzt (incl. 10.000 DM für den Speicher). Laufenden Kosten ergeben sich durch den Stromverbrauch der Umwälzpumpe, der auf max. 300 DM/a angesetzt wird.

Ohne Bezuschussung ergäbe sich beim Betrieb einer zusätzlich zu den bestehenden Versorgungseinrichtungen für Warmwasser zu errichtenden Thermosolaranlage Kosten in Höhe von 62 Pfg/kWh, was rund dem fünffachen des derzeitigen Preises entspricht (siehe Blatt 2.0).<sup>14</sup>

---

Schwefeldioxid-Emission verzichtet, da für Schwefeldioxid die Emissionsfaktoren zwischen Braun- und Steinkohle sehr unterschiedlich sind.

<sup>13</sup> Zum Vergleich: Dieser Betrag entspricht der Kohlendioxid-Emission eines PKW bei der Fahrt eineinhalbmal um die Erde.

<sup>14</sup> Der Preis für die Warmwasserbereitstellung aus der Fernwärme läßt sich nur schwer ermitteln, da das Warmwasser aus dem Rücklauf des Heizwassers für die Raumheizung erhitzt wird (mündl. Information von H. Grellmann am 21. 10. 1993). Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Thermosolaranlage wird von einem Mischpreis (Arbeits- und Leistungspreis) von 0,12 DM/kWh Warmwasser ausgegangen.

Programm	Förderfähige Maßnahmen	Zuwendungsempfänger	Art der Förderung	Anmerkungen	Ansprechpartner
<b>Landesprogramme</b>					
Rationelle Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Thermosolaranlagen	Natürliche sowie juristische Personen des öffentlichen oder privaten Rechts mit Ausnahme des Bundes sowie regionaler und überregionaler Unternehmen der Wirtschaft mit einem Umsatz von mehr als 300 Mio DM/a	bis zu 30% nicht rückzahlbarer Zuschuß	Maßnahmen mit zuwendungsfähigen Ausgaben unter DM 5.000,- sind von der Förderung ausgeschlossen. Reparatur oder Ersatzteilbeschaffung sowie gesetzlich vorgeschriebene oder behördlich angeordnete Maßnahmen werden nicht gefördert.	Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Referat 43 Heinrich-Mann Allee 107, 14473 Potsdam Tel: 0331-364 34 bzw. 368 261
<b>Bundesprogramme</b>					
ERP-Energiesparprogramm Deutsche Ausgleichsbank	Investitionen zur Energieeinsparung, rationellen Energieverwendung oder Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Kleinere und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Freiberufler	Darlehen bis zu 50% der förderungsfähigen Kosten. Zinssatz 7,5% p.a., Laufzeit 15 Jahre, bei Bauvorhaben 20 Jahre, 5 Jahre tilgungsfrei, Auszahlung 100%, Höchstbetrag 1 Mio DM (ggf. mehr).	Mehrfachförderung möglich; ausgeschlossen ist die Förderung mit anderen ERP-Mitteln oder aus dem Bundeshaushalt	Deutsche Ausgleichsbank Wielandstraße 4 53173 Bonn Tel: 0228-831-398, -451, -587 Niederlassung Berlin: Sarrazinstraße 11-15 12159 Berlin Tel: 030-85 08 50
<b>EG-Programme</b>					
THERMIE/Energie-technologien	Demonstrationsvorhaben zur Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Gefördert werden Innovationsprojekte für neue Technologien.	Unternehmen, Institutionen, öffentliche Körperschaften, private Anwender	40% Zuschuß für innovative Vorhaben; 35% für Vorhaben zur Verbreitung	Die Summe aller Zuschüsse der öffentlichen Hände darf 49% der Gesamtkosten nicht überschreiten. Laufzeit von 1990 bis 1994 mit jährlichen Ausschreibungen	Kommission der Europäischen Gemeinschaften Generaldirektion Energie (GD XVII)-Programm THERMIE- 200, Rue de la Loi, B-1049 Brüssel Tel: 0032-2-235 74 71 OPET Potsdam Feuerbachstraße 24-25, 14471 Potsdam Tel.: 0331-96 45 02/24
ALTENER/Erneuerbare Energien	ALTENER ist ein nicht-technologisches Programm zur Förderung von erneuerbaren Energien und deren Markterschließung.	Unternehmen, Institutionen, öffentliche Körperschaften, private Anwender	30-50% Zuschuß	Die Ausschreibung wird jährlich zu wechselnden Themen wiederholt.	Kommission der Europäischen Gemeinschaften Generaldirektion Energie (GD XVII) Referat "Begleitende Maßnahmen" 200, Rue de la Loi, B-1049 Brüssel Tel: 0032-2-235 39 78

Abb. 5-5: Förderprogramme für Thermosolaranlagen in Brandenburg. Angaben aus Brandenburgische Energiesparagentur, o. J., S. 2ff.

Wird bei der Errichtung der Anlage eine Bezuschussung aus den Mitteln des Programms "Rationelle Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen" des Landes Brandenburg gewährt (siehe Abbildung 5-5) und werden die restlichen Investitionsmittel zu 9% Zins bei einer Kreditlaufzeit von 10 Jahren beschafft, so betragen die Kosten 42,6 Pfg/kWh (siehe Blatt 2.1). Sind die Kreditkonditionen ein Zinssatz von 7% und eine Laufzeit von 20 Jahren (Lebenszeit der Anlage), so reduzieren sich die Kosten auf 24,5 Pfg/kWh (siehe Blatt 2.2).

Es bleibt aber festzuhalten, daß für die Kinderkombination in der Lotte-Pulewka-Straße eine Warmwassererzeugung mit Hilfe einer Thermosolaranlage derzeit gegen den bestehenden Fernwärmepreis wirtschaftlich nicht bestehen kann.

### 5.1.5.2 Freibad Templiner See

Bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse der Thermosolaranlage zur Duschwassererwärmung im Freibad Templiner See wird davon ausgegangen, daß

- die Thermosolaranlage einschl. der Verrohrung in den Gebäuden 50.000 DM kostet,
- die Leitungen zu den Bungalows in Eigenarbeit gegraben werden, so daß sich keine Tiefbaukosten ergeben,
- bei Kosten für die Leitungen von 70 bis 80 DM/m die Leitungskosten max. 5000 DM betragen (konservative Schätzung),
- die Investitionskosten somit 55.000 DM nicht überschreiten und
- die Stromkosten für die Umwälzpumpe 30 DM/a betragen.

Wird die Anlage ohne Bezuschussung errichtet, so ergeben sich bei einer Finanzierung zu 9% Zins bei einer Kreditlaufzeit von 10 Jahren Kosten in Höhe von rund 71 Pfg/kWh (siehe Blatt 1.0).

Durch eine 30%ige Bezuschussung durch das Land Brandenburg (siehe Abschnitt 5.1.5.1) reduzieren sich die Kosten auf rund 44 Pfg/kWh (siehe Blatt 1.1).

Geschieht die Finanzierung zu einem Zinsfuß von 7% und einer Kreditlaufzeit, die der erwarteten Lebensdauer der Anlage entspricht (20 Jahre), so betragen die Kosten 19,9 Pfg/kWh (siehe Blatt 1.2). In diesem Fall ist die Wassererwärmung durch eine Thermosolaranlage wirtschaftlich günstiger als die bisherige Erwärmung durch Elektroboiler. (Dies gilt auch schon bei einer Kreditlaufzeit von 15 Jahren, siehe Blatt 1.3).

Die vorgeschlagene Thermosolaranlage deckt allein den gesamten Warmwasserbedarf. Muß nun die bestehende Warmwasserbereitungsanlage erneuert werden, kann auf die Installation von neuen Elektroboilern verzichtet werden, da die Installation einer Kollektoranlage ausreicht. Betrachtet man also die Thermosolaranlage als Ersatzinvestition und setzt man die Investitionseinsparung mit 15.000 DM an, so ergeben sich rechnerisch wirtschaftliche Daten wie in Blatt 1.4.

Interessant ist die Berechnung für eine konventionelle Anlage als Ersatzinvestition zum Vergleich: Berechnet man die Wirtschaftsdaten einer konventionellen Anlage nach dem gewählten Schema, um sie überhaupt direkt mit der Thermosolaranlage vergleichen zu können, so müssen zum dem Strombezugspreis von 29,7 Pfg/kWh noch die Finanzierungs- und Wartungskosten addiert werden. Die Kosten pro Kilowattstunde erhöhen sich damit auf über 47 Pfg (siehe Blatt 1.5). Im Falle einer Ersatzinvestition ist eine bezuschusste Thermosolaranlage in jedem Falle günstiger als eine konventionelle Elektroboileranlage.

Im Gegensatz zur Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße muß die Duschwasser-

versorgung für ein Freibad nicht *unbedingt* gewährleistet sein. Wird also eine Thermosolaranlage installiert, kann eine Unterbrechung der Warmwasserversorgung im Falle des Versagens der Thermosolaranlage für das Bad akzeptiert werden. Die Duschwasserversorgung kann vom Stromnetz entkoppelt werden, sodaß auch der an das EVU zu zahlende Arbeitspreis eingespart wird. Nimmt man diesen mit 4.500 DM/a an (siehe Blatt 1.6), so wird dadurch die Installierung einer Thermosolaranlage wirtschaftlich, auch wenn keine Zuschüsse zum Bau der Anlage gewährt werden und auch wenn zusätzlich unter ungünstigeren Finanzierungsbedingungen investiert werden muß (9%, 10 Jahre Laufzeit). Bei Bezuschussung und/oder günstigerer Finanzierung stellt sich die Wirtschaftlichkeit entsprechend günstiger dar.

Das zusammengefasste Ergebnis ist, daß für die vorgestellte Thermosolaranlage für das Bad Templiner See

- ohne Bezuschussung eine Wirtschaftlichkeit bei Entkoppelung vom Stromnetz und Berücksichtigung des damit eingesparten Leistungspreises in jedem Fall zu erreichen ist,
- bei einer Bezuschussung durch das Land in Höhe von 30% und Finanzierungsbedingungen von 7% Zins und einer Laufzeit von 15 bzw. 20 Jahren eine Wirtschaftlichkeit auch bei einer Netzkopplung und damit einem weiterhin zu zahlendem Leistungspreis an das EVU deutlich gegeben ist,
- eine Anwendung als Ersatzinvestition bei der Erneuerung der Warmwasserbereitungsanlage unbedingt geboten ist (siehe Tabelle 5-6).

Bezuschussung	Finanzierung	Preis	siehe Anhang Blatt
nein, Netzkopplung	100% zu 9%, 10 J.	0,707 DM/kWh	1.0
nein, keine Netzkopplung	100% zu 9%, 10 J.	0,296 DM/kWh	1.6
30%, Netzkopplung	70% zu 9%, 10 J.	0,444 DM/kWh	1.1
30%, Netzkopplung	70% zu 7%, 20 J.	0,199 DM/kWh	1.2
30%, Netzkopplung	70% zu 7%, 15 J.	0,261 DM/kWh	1.3
als Ersatzinvest.: 30%	70% zu 7%, 20 J.	0,052 DM/kWh	1.4
derzeit:	Arb.pr. + Wart. + Finanz.kosten	0,474 DM/kWh	1.5

Abb. 5-6: Zusammenfassung der Schlüsseldaten bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Thermosolaranlage zur Duschwassererwärmung im Freibad Templiner See.

## 5.1.6 Zukünftiger Handlungsbedarf

### 5.1.6.1 Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Thermosolaranlage für die Kinderkombination Lotte-Pulewka-Straße hat ergeben, das eine solche Anlage zur Zeit nicht mit den

bestehenden Fernwärmepreisen konkurrieren kann. Dies ist insbesondere deshalb bedauerlich, da durch die 17 Kikos gleicher Bauart in Potsdam in privater und öffentlicher Hand sich ein großes Wiederverwendungspotential ergeben würde. Umweltfreundliche Energieformen haben aber solange einen (volks)wirtschaftlichen Nachteil, wie die Kosten der Umweltbelastung durch umweltbelastende Energieformen externalisiert, d.h. ihnen nicht direkt zugerechnet werden. Der Bund ist daher gefordert, diese "Wettbewerbsverzerrung" zwischen verschiedenen Energieformen zw. -technologien durch einen Bonus für umweltfreundliche bzw. einen Malus für umweltbelastende Energieformen zu korrigieren.

### 5.1.6.2 Freibad Templiner See

Die Analyse in den vorherigen Abschnitten hatte wirtschaftliche Varianten für die Installation einer Thermosolaranlage zur Duschwassererwärmung im Freibad Templiner See identifiziert. Soll die Anlage errichtet werden, so sind die nächsten Schritte

- die genaue Analyse der Ausgangssituation (z. B. Installation der Thermosolaranlage zusätzlich zur bestehenden Warmwasserbereitung oder Ersatz der alten Anlage?),
- danach die konkrete und detaillierte Projektierung der Anlage einschl. Kostenangeboten,
- Entscheidung zur Realisierung der Maßnahme durch die Verantwortlichen,
- Beantragung der Fördermittel und ggf. Einleitung der notwendigen genehmigungsrechtlichen Schritte,
- Erteilung des Auftrags zum Bau der Anlage.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß weitere erfolgversprechende Anwendungsmöglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energiequellen im Freibad Templiner See zum einen die Installation von modernen, photovoltaisch gespeisten Leuchten für die Bootsstege, die aufgrund der Entfernung von rund 30 m zum nächsten Elektroanschluß noch unbeleuchtet sind, und zum zweiten die Errichtung einer Windkraftanlage zur Elektrizitätserzeugung in der Nähe des Bades sind.

### 5.1.7 Rechtlich-organisatorische Rahmenbedingungen

Die Installation der vorgeschlagenen Thermosolaranlagen ist genehmigungsfrei, da sie auf Flachdächern geschieht. Wenn die Anlagen nicht in der Fassade, nicht in der Dachfläche oder nicht auf Flachdächern errichtet werden, muß eine Genehmigung vom zuständigen Bauordnungsamt eingeholt werden.

Weitere Einschränkungen können sich aus den örtlichen Bebauungsplänen oder aus denkmalschützerischen Aspekten heraus ergeben. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

## 5.2 Verstärkter Einsatz von Photovoltaik

### 5.2.1 Definition des Handlungsansatzes

Für einen breiteren Einsatz von Photovoltaik in öffentlichen Einrichtungen als derzeit schon vorhanden<sup>15</sup> wurden folgende Gebäude- und Nutzungsarten berücksichtigt:

<sup>15</sup> Beispiel: Parkscheinautomaten gegenüber dem Magistratsgebäude in der Friedrich-Ebert-Straße.

- zu klimatisierende bzw. zu belüftende Bürogebäude der öffentlichen Verwaltung,
- andere zu klimatisierende Räume wie etwa Museen oder der Leichenkeller im Krematorium,
- kommunale Freizeiteinrichtungen wie Bootshäuser,
- Parks und Gärten mit ihren elektrischen Antrieben für Springbrunnen bzw. Belüftungs- und Umwälzpumpen für Teiche<sup>16</sup>.
- Das Sprengwassernetz der Freundschaftsinsel, in dem Havelwasser für Bewässerungszwecke in die Parkanlagen der Insel gefördert wird ("Hydrophor-Anlage"). Zudem werden durch die Anlage die Springbrunnen auf der Insel versorgt.

Für alle diese Einrichtungen zeigen die Nachfrage- sowie die Angebotskurve von Photovoltaik (viel Elektroenergie bei starker Sonneneinstrahlung) eine gute Übereinstimmung, was für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen von großer Bedeutung ist.

In Zusammenarbeit mit dem Amt für Stadtwirtschaft des Magistrats und dem Grünflächenamt wurden aus der o. g. Liste folgende zwei Einrichtungen zur weiteren Bearbeitung ausgewählt:

- 1) Für das Sprengwassernetz auf der Freundschaftsinsel wird seit Jahren an eine Erweiterung gedacht. Eine Untersuchung, ob eine Photovoltaikanwendung wirtschaftlich sei und wenn ja, wie diese technisch und landschaftspflegerisch verträglich zu installieren sei, sind in diesem Zusammenhang sehr willkommen. Besonders günstig für die Wirtschaftlichkeit ist bei dieser Demonstrationsanlage der zeitliche Zusammenhang zwischen Stromangebot aus der Photovoltaik-Anlage und Stromnachfrage durch die Pumpen (siehe Abbildung 5-7).

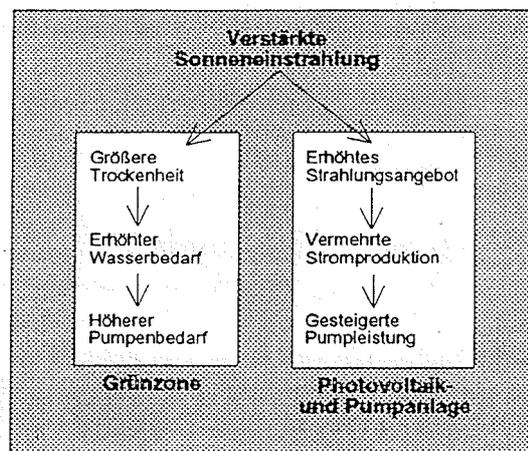


Abb. 5-7: Darstellung des zeitlichen Zusammenhangs zwischen vermehrtem Stromangebot aus der Photovoltaik-Anlage einerseits und erhöhtem Pumpbedarf andererseits für das Sprengwassernetz auf der Freundschaftsinsel bei Leistungsspitzen ("erhöhte Sonneneinstrahlung")

- 2) Das zweite untersuchte Objekt ist das Krematorium in der Heinrich-Mann-Allee 106. Bei schönem Wetter, d. h. starker Sonneneinstrahlung und damit einem größeren Stromangebot aus der Photovoltaikanlage, wird aufgrund der höheren Temperaturen

<sup>16</sup> Da der Schloßpark Sanssouci und der Park Babelsberg der Stiftung "Schlösser und Gärten" und nicht dem Magistrat Potsdam unterstehen, wurde diese Nutzung in diesem Projekt nicht weiter untersucht.

auch vermehrt Elektrizität zum Kühlen des Leichenkellers benötigt. Zwar reicht die erzeugte Strommenge aus der Photovoltaikanlage nicht aus, sie kann jedoch u. U. helfen, eine gewisse Energieeinsparung, Umweltentlastung und Energiekostensenkung zu erreichen. Das soll in den folgenden Abschnitten analysiert werden.

## 5.2.2 Aktuelle Dispositionsmasse

Für die Photovoltaik haben sich 5-kW-Anlagen als derzeit wirtschaftlichste Größe herausgebildet. Bei kleineren Anlagen steigen die Kosten pro kW installierter Leistung überproportional an, bei größeren Anlagen nehmen die Kosten für die Technik (z. B. für Wechselrichter) pro Einheit installierter Leistung wieder stärker zu.<sup>17</sup>

### 5.2.2.1 Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel

Die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel läuft nur im Sommer, in dem auch Photovoltaikanlagen ihr maximales Leistungsangebot aufweisen.

Die Pumpenmotoren haben einen Anschlußwert von 30 kW. Die Pumpen der Anlage sollen durch neue ersetzt werden, diese Pumpenmotoren werden aber die gleiche Anschlußleistung haben. Hier bietet sich eine 5-kW-Anlage an, wobei aber zwei Anlagekonzeptionen möglich sind:

- Im Netzparallelbetrieb wird direkt und ohne zeitliche Verzögerung der von der Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom abgegeben und in Pumpleistung umgesetzt<sup>18</sup>. Das heißt, daß die größte Pumpen- und damit Beregnungsleistung zur Mittagszeit erbracht wird, was für die Pflanzen, den Wasserverbrauch und die Wirkung auf die Bevölkerung (wenn beispielsweise bei größeren Trockenperioden im Sommer das Rasensprengen eingeschränkt werden soll) ungünstig ist. Von Vorteil ist bei dieser Konzeption die einfachere und damit kostengünstigere Anlage.
- Wird die elektrische Energie aus der Photovoltaik-Anlage zwischengespeichert (damit die Beregnung abends oder nachts erfolgen kann), müssen die höheren Anlage- und Wartungskosten für die Batterie berücksichtigt werden.

Für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel wird eine batteriegepufferte Anlage vorgeschlagen (siehe Abbildung 5-8). Bei der Auswahl der Batterie gibt es deutliche Unterschiede in Preis und Haltbarkeit. Bei einer sog. "solaren Batterie" kann man von einer Haltbarkeit von fünf Jahren ausgehen. Der Preis pro installierte kW Leistung erhöht sich einschließlich aller Anlagekomponenten auf rund 27.000 DM/kW installierter Leistung, d.h. auf rund 135.000 DM für eine 5-kW-Anlage.<sup>19</sup>

Die Dachfläche des Gebäudes, in dem die Hydrophoranlage untergebracht ist, beträgt insgesamt 87 m<sup>2</sup>, der gesamte Pflegestützpunkt auf der Freundschaftsinsel hat 230 m<sup>2</sup> Dachfläche. Der Flächenbedarf für eine 5-kW-Anlage beträgt etwa 75 m<sup>2</sup> Dachfläche, d.h. eine ausreichende Dachfläche ist vorhanden. Bei der Installation der Anlage muß darauf geachtet werden, daß die Anlage an einer nicht verschatteten Stelle des Daches errichtet wird, da die Anlage sonst die vorgesehene Leistung nicht erbringen kann.

<sup>17</sup> Mündliche Auskunft von Herrn Mar, Fa Energiebiss, Beratung, Installation, Service, Berlin, am 20. 7. 1993.

<sup>18</sup> Eine Netzeinspeisung ist bei Photovoltaik-Anlagen wirtschaftlich nicht sinnvoll.

<sup>19</sup> Mündliche Auskunft von Herrn Mar, Fa Energiebiss, Beratung, Installation, Service, Berlin, am 20. 7. 1993.

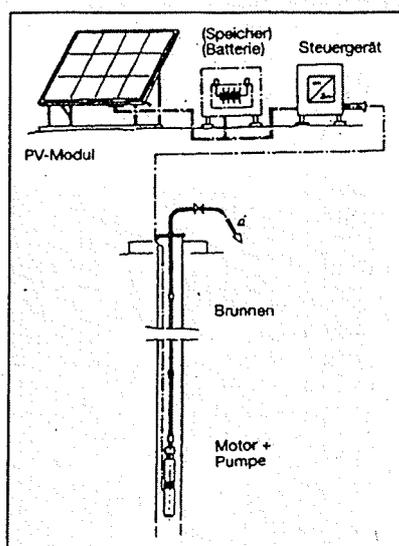


Abb. 5-8: Schematische Darstellung einer Photovoltaik-Pumpenanlage (entnommen aus: Fachverband Sonnenenergie, 1993, S. 47)

Zusammen mit dem Gebäudeteil des Inselcafés würde sich eine Dachfläche von ca 800 m<sup>2</sup> ergeben. Jedoch befindet sich derzeit das Inselcafé nicht im Eigentum oder der Bewirtschaftung des Magistrats. Die derzeitige Rechtslage ist kompliziert, in 10 Jahren wird es jedoch dem Magistrat unterstellt werden.<sup>20,21</sup>

### 5.2.2.2 Krematorium

Für das Krematorium wird die Installation einer 5-kW-Photovoltaikanlage untersucht.

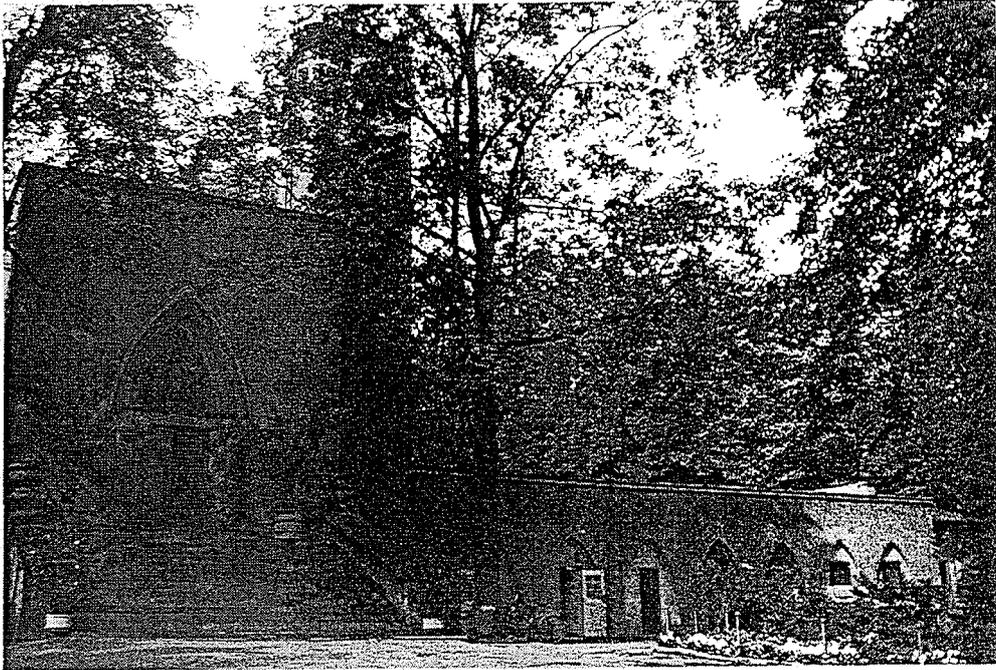
Das Krematorium Potsdam ist stark baufällig, Gebäude und technische Anlagen werden in nächster Zeit rekonstruiert und erweitert. Die Planungen hierzu sind abgeschlossen. Die Dachfläche des Krematorium-Neubaus wird ca 1.140 m<sup>2</sup> betragen, hiervon muß die Fläche der Oberlichter abgezogen werden.

Durch die umliegenden, hohen Bäume tritt eine Verschattung eines Teil des Gebäudes und des Daches ein (siehe Abbildung 5-9). Es muß daher darauf geachtet werden, daß bei der Installation der Anlage ein Teil des Daches gewählt wird, der von den umliegenden Bäumen nicht verschattet ist. Der Flächenbedarf für eine 5-kW-Anlage beträgt etwa 75 m<sup>2</sup> Dachfläche.

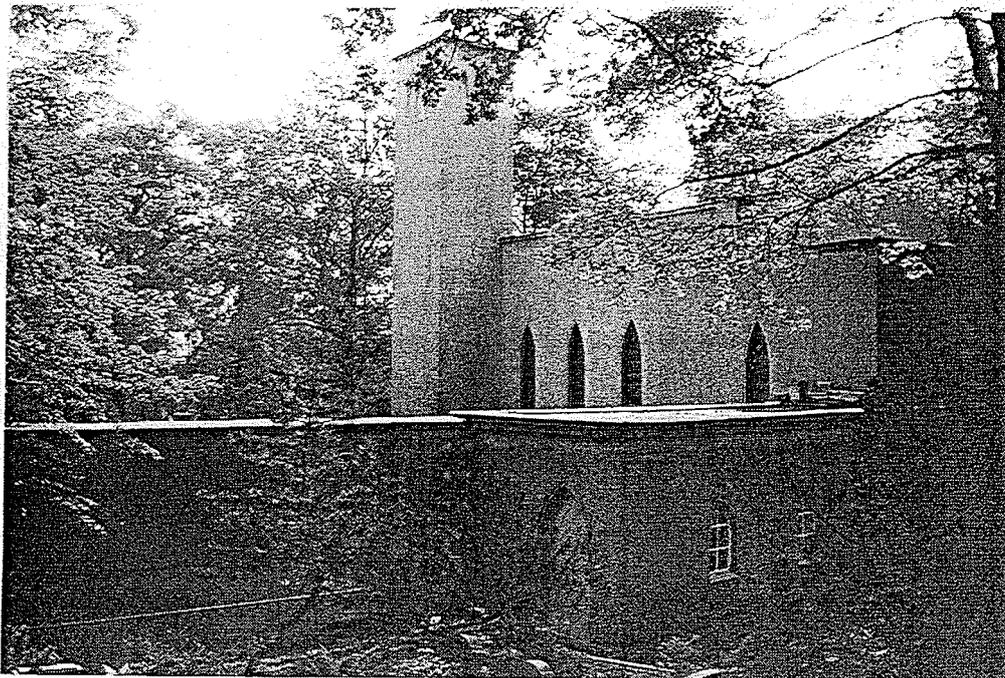
Bei der Errichtung einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Krematoriums ist zu beachten, daß das Gebäude unter Deckmalschutz steht. Da das Dach aber ein Flachdach ist und von einer Attika gesäumt wird, ergibt sich daraus eine gute Möglichkeit, die Photovoltaikanlage von der Auffahrt zum Gebäude oder von Friedhof aus nicht sichtbar zu installieren (siehe Abbildung 5-10).

<sup>20</sup> Eine weitere Möglichkeit zur Installierung der Photovoltaikanlage ist auf dem Dach des Ausstellungspavillons auf der Freundschaftsinsel. Dieser befindet sich jedoch in ca 300 m Entfernung von der Hydrophoranlage.

<sup>21</sup> Aussage von Dr. Voß vom Naturschutz- und Grünflächenamt am 14. 7. 1993.



*Abb. 5-9: Das Krematorium in der Heinrich-Mann-Allee. Foto vom 12. 7. 1993  
(Vorderansicht)*



*Abb. 5-10: Das Krematorium in der Heinrich-Mann-Allee. Foto vom 12. 7. 1993  
(Hinteransicht)*

Für die Anwendung für das Krematorium wird eine sogenannte Netzparallelanlage empfohlen, da bei der vorgeschlagenen Anlagengröße die von der Photovoltaikanlage erzeugte Elektrizität direkt im Krematoriumsbetrieb genutzt werden kann. Ein Zwischenspeicher (mit den daraus resultierenden Kosten) kann dadurch entfallen.

Für eine 5-kW-Photovoltaikanlage im Netzparallelbetrieb muß derzeit mit Kosten von etwa 95.000 bis 100.000 DM incl. Installation gerechnet werden.<sup>22</sup>

### 5.2.3 Energieeinsparung

Mit einer 5-kW-Anlage, wie sie sowohl für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel als auch für das Krematorium vorgeschlagen sind, können pro Jahr etwa 4.000 kWh erzeugt werden, die dann nicht mehr dem Netz entnommen werden müssen.<sup>23,24</sup> Bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch (Elektroenergie) sind das

- 18% für die Hydrophatanlage auf der Freundschaftsinsel (Jahresverbrauch rund 22.000 kWh) und
- ca. 9% für das Krematorium (Jahresverbrauch rund 43.000 kWh; nach der Erweiterung und Rekonstruktion wird sich der Verbrauch etwa verdoppeln)

### 5.2.4 Umweltentlastung

Zur Quantifizierung der Umweltentlastung durch Photovoltaikanlagen werden die Angaben des GEMIS-Gutachtens benutzt, denen sich die Kraftwerke in den fünf neuen Bundesländern nach 1995 sicherlich annähern werden müssen (Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, 1990, S. 279). Danach beträgt die Emission für ein Braunkohlekraftwerk am Standort pro 100 MWh Strombereitstellung frei Netz 64 kg Schwefeldioxid, 84 kg Stickoxide, 10,5 kg Staub und 115.600 kg Kohlendioxid.<sup>25</sup>

Werden 4.000 kWh/a Strom nicht mehr dem Netz entnommen, sondern durch eine Photovoltaikanlage erzeugt, so wird dadurch eine Emission von 2,6 kg Schwefeldioxid, 3,4 kg Stickoxide, 0,4 kg Staub und über 4,6 t Kohlendioxid pro Jahr vermieden.

### 5.2.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlagen wurden von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Für den Wartungsbedarf werden höchstens 2% der Investitionskosten angesetzt (Schmid, 1988, S. 64).
- Die Lebenserwartung der Module wird mit 25 Jahren, die der Batteriespeicher mit 5 Jahren angenommen.

<sup>22</sup> Mündliche Auskunft von Herrn Mar, Fa Energiebiss, Beratung, Installation, Service, Berlin, am 20.7. 1993.

<sup>23</sup> Die Leistungsbezeichnung wird unter Laborbedingungen ermittelt, die genannte Leistung wird in unseren Breitengraden nur zu etwa 85% erreicht. Eine 5-kW-Anlage leistet somit 4250 Wh.

<sup>24</sup> Mündliche Auskunft von Herrn Mar, Fa Energiebiss, Beratung, Installation, Service, Berlin, am 20. 7. 1993.

<sup>25</sup> Für Photovoltaikanlagen werden die Emissionen am Standort mit null angegeben.

### 5.2.5.1 Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel

Für eine Photovoltaikanlage für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt worden. Die entsprechenden Berechnungsblätter sind in Anhang A.5 enthalten.

Wird eine Photovoltaikanlage für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel ohne finanzielle Förderung betrieben, so ergäben sich Stromkosten von über 5,67 DM/kWh bzw. jährliche Kosten von knapp 22.700 DM/a (siehe Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Blatt 3.0 in Anhang A.5).

Dieser hohe Strompreis liegt deutlich über der i.a. in der Literatur angegebenen Bandbreite für Strompreise aus Photovoltaikanlagen von 1,80 bis 3,70 DM/kWh. Der Grund hierfür liegt darin, daß

- zum einen die Finanzierungskosten (d.h. Zinszahlungen) bei diesen Berechnungen häufig unberücksichtigt bleiben<sup>26</sup>, und
- zum anderen die Fördermittel bei der Preiskalkulation oft schon mit eingerechnet sind.

Unter Berücksichtigung der Förderung, wie sie beispielsweise im Programm "Photovoltaische Solarenergieanlagen" des BMFT mit 60% der Investitionskosten geschieht, reduzieren sich die Kosten auf 2,52 DM/kWh bzw. rund 10.000 DM/a (siehe Blatt 3.0 in Anhang A.5).

Einen wesentlichen Einfluß auf die Gesamt- und damit auf die Stromgestehungskosten haben der Zinssatz, zu dem die Finanzmittel beschafft werden, und die Laufzeit der Finanzierung. Da beide zu unterschiedlichen Konditionen abgeschlossen werden können, wurden verschiedene Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Werden beispielsweise der Zinssatz von 9% und die Laufzeit von 10 Jahren<sup>27</sup>, zu denen die o. g. Berechnungen durchgeführt wurden, auf auf 7% bei 10 Jahren verändert, so reduzieren sich die Kosten auf 2,34 DM/kWh bzw. 9350 DM/a<sup>28,29</sup>.

Bei einer Verlängerung der Laufzeit auf 15 Jahre bei 7% Zins ergeben sich nach der Annuitätenmethode, nach der alle diese Berechnungen durchgeführt werden, Kosten von 1,90 DM/kWh und 7590 DM/a<sup>30</sup>, bei einer Laufzeit von 20 Jahren 1,69 DM/kWh und 6758 DM/a<sup>31</sup>. Bei einem Vergleich dieser Zahlen sollte aber berücksichtigt werden, daß nur durch eine Reduzierung des Zinssatzes, nicht aber durch eine Verlängerung der Laufzeit eine Verringerung der Gesamtkosten erreicht werden kann, da auch länger finanziert werden muß:

- Finanzierungskosten bei 7% und 10 Jahren:  $7689,6 \text{ DM/a} \cdot 10 \text{ Jahre} = 76.896 \text{ DM}$ ,
- Finanzierungskosten bei 7% und 15 Jahren:  $5929,2 \text{ DM/a} \cdot 15 \text{ Jahre} = 88.983 \text{ DM}$ ,
- Finanzierungskosten bei 7% und 20 Jahren:  $5097,6 \text{ DM/a} \cdot 20 \text{ Jahre} = 101.952 \text{ DM}$ .

<sup>26</sup> Ohne Berücksichtigung von Zinszahlungen, d.h. bei Finanzierungskosten von 13.500 DM/a, ergäbe sich ein Strompreis von 3,79 DM/kWh (siehe Blatt 3.1 in Anhang A.5).

<sup>27</sup> Diese eher konservativ angenommenen Werte wurden gewählt, um bei den Berechnungen auf der sog. "sicheren Seite" zu liegen.

<sup>28</sup> Siehe Blatt 3.3 in Anhang A.5.

<sup>29</sup> Zum Vergleich: Der Strompreis, der für den Betrieb der Hydrophor-Anlage bezahlt wird, beträgt 0,26 DM/kWh. Der Leistungspreis kann aus Gründen der Versorgungssicherheit nicht verringert werden.

<sup>30</sup> Siehe Blatt 3.4 in Anhang A.5.

<sup>31</sup> Siehe Blatt 3.5 in Anhang A.5.

Programm	Förderfähige Maßnahmen	Zuwendungsempfänger	Art der Förderung	Anmerkungen	Ansprechpartner
<b>Landesprogramme</b>					
Rationelle Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Photovoltaikanlagen	Natürliche sowie juristische Personen des öffentlichen oder privaten Rechts mit Ausnahme des Bundes sowie regionaler und überregionaler Unternehmen der Wirtschaft mit einem Umsatz von mehr als 300 Mio DM/a	<p>≤ 5 kW<sub>peak</sub> bis zu 50%;</p> <p>&gt; 5 kW<sub>peak</sub> bis zu 30% nicht rückzahlbarer Zuschuß</p>	Maßnahmen mit zuwendungsfähigen Ausgaben unter DM 5.000,- sind von der Förderung ausgeschlossen. Reparaturen oder Ersatzteilbeschaffung sowie gesetzlich vorgeschriebene oder behördlich angeordnete Maßnahmen werden nicht gefördert.	Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Referat 43 Heinrich-Mann Allee 107, 14473 Potsdam Tel: 0331-364 34 bzw. 368 261
<b>Bundesprogramme</b>					
ERP-Energiesparprogramm Deutsche Ausgleichsbank	Investitionen zur Energieeinsparung, rationellen Energieverwendung oder Nutzung erneuerbarer Energiequellen	Kleinere und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Freiberufler	Darlehen bis zu 50% der förderungsfähigen Kosten. Zinssatz 7,5% p.a., Laufzeit 15 Jahre, bei Bauvorhaben 20 Jahre, 5 Jahre tilgungsfrei, Auszahlung 100%, Höchstbetrag 1 Mio DM (ggf. mehr)	Mehrfachförderung möglich; ausgeschlossen ist die Förderung mit anderen ERP-Mitteln oder aus dem Bundeshaushalt	Deutsche Ausgleichsbank Wielandstraße 4 53173 Bonn Tel: 0228-831-398, -451, -587 Niederlassung Berlin: Sarrazinstraße 11-15 12159 Berlin Tel: 030-85 08 50
Photovoltaische Solarenergieanlagen	Errichtung und Erprobung netzverbundener oder autarker photovoltaischer Solarenergieanlagen an geeigneten Standorten	Betreiber, Hersteller	Zuschüsse: - grundsätzlich bis zu 60% bei Anlagen bis 20 kW mit einer Solartechnologie; darüber hinausgehende Leistung mit bis zu 50%. Bei mehreren Solartechnologien im Verbund bis zu 60% für die ersten 20 kW jeder Technologie	Mehrfachförderung zulässig, begleitendes Meß- und Dokumentationsprogramm erforderlich, Laufzeit 1990 bis 1994	Bundesministerium für Forschung und Technologie, Gustav-Heinemann-Str. 2, 53175 Bonn, Tel: 0228-59-1

Bund-Länder-1000-Dächer-Photovoltaikprogramm	Errichtung und Inbetriebnahme netzverbundener, auf Hausdächern montierter Photovoltaikanlagen von 1 bis max. 5 kW <sub>peak</sub>	Natürliche und juristische Personen des privaten Rechts, die Eigentümer des Hauses sind	Zuschuß von 60% der Investitionskosten bis zu einer Obergrenze von DM 27.000,- pro kW <sub>peak</sub> installierter Leistung	Teilnahme am Meß- und Auswertungsprogramm über einen Zeitraum von 5 Jahren notwendig. Pro Antragsteller wird nur eine Anlage gefördert. Antragstellung bis 30.06.1993 für Antragsteller aus den neuen Bundesländern	Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Abt. Energiepolitik und Bergwesen, Heinrich-Mann-Allee 107, 14473 Potsdam, Tel.: 0331-364 02 Ingenieurbüro Bischoff, Niebergallstr. 4, 12557 Berlin Tel.: 030-656 93 04
<b>EG-Programme</b>					
Thermie/Energie-technologien	Demonstrationsvorhaben zur Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Gefördert werden Innovationsprojekte für neue Technologien.	Unternehmen, Institutionen, öffentliche Körperschaften, private Anwender	40% Zuschuß für innovative Vorhaben; 35% für Vorhaben zur Verbreitung	Die Summe aller Zuschüsse der öffentlichen Hände darf 49% der Gesamtkosten nicht überschreiten. Laufzeit von 1990 bis 1994 mit jährlichen Ausschreibungen	Kommission der Europäischen Gemeinschaften Energie (GD XVII) Programme THERMIE-200, Rue de la Loi, B-1049 Brüssel Tel.: 0032-2-235 74 71 OPET Potsdam Feuerbachstraße 24-25, 14471 Potsdam Tel.: 0331-96 45 02/24
ALTENER/Erneuerbare Energien	ALTENER ist ein nicht-technologisches Programm zur Förderung von erneuerbaren Energien und deren Markterschließung.	Unternehmen, Institutionen, öffentliche Körperschaften, private Anwender	30-50% Zuschuß	Die Ausschreibung wird jährlich zu wechselnden Themen wiederholt.	Kommission der Europäischen Gemeinschaften Energie (GD XVII) Referat "Begleitende Maßnahmen" 200, Rue de la Loi, B-1049 Brüssel Tel.: 0032-2-235 39 78

Abb. 5-11: Förderprogramme für Photovoltaikanlagen in Brandenburg. Angaben aus Brandenburgische Energiesparagentur, o.J., S. 2ff.

### 5.2.5.2 Krematorium

Für die Photovoltaikanlage für das Krematorium ist die Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Zuschüsse auf Blatt 4.0 in Anhang A.5 wiedergegeben. Bei einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung ohne externe Kosten bzw. Erlöse (z. B. vermiedene Umweltbelastung) liegt der Preis pro kWh Strom aus der Photovoltaikanlage ohne jede Förderung bei knapp 4 DM. Die zusätzlichen Kosten für den Betrieb der Anlage würden unter dieser Bedingung 15.700 DM/a<sup>32,33</sup> betragen.

Bundesland	bewilligte Anlagen	errichtete Anlagen	Anlagen-Größe (kWp)	durchschnittliche Gesamtkosten [DM / kWp)
BadenWürttemberg	113	62	2,50	24.000
Bayern	104	78	3,05	25.275
Berlin	88	54	2,25	23.730
Brandenburg	22	1	2,84	23.300
Bremen	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
Hamburg	130	102	1,71	27.000
Hessen	150	71	2,66	25.180
Mecklenburg-Vorpommern	1	1	2,90	23.000
Niedersachsen	137	85	2,30	26.200
Nordrhein-Westfalen	108	64	2,10	24.300
Rheinland-Pfalz	166	110	2,48	23.913
Saarland	12	7	1,84	21.372
Sachsen	67	28	3,20	24.065
Sachsen-Anhalt	0	1	3,40	22.975
Schleswig-Holstein	122	50	2,34	26.200
Thüringen	44	15	2,26	25.800

Abb. 5-12: Stand der Bewilligung und Errichtung von Photovoltaikanlagen im Rahmen des "Bund-Länder-1000-Dächer-Photovoltaik-Programms" (Stand November 1992; n.v.: Daten nicht verfügbar)<sup>34</sup>

In Abbildung 5-5 sind die Fördermöglichkeiten, die das Bundesland Brandenburg, der Bund und die EG bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen gewähren, aufgelistet. Die höchste Förderung mit bis zu 60% geschieht im Rahmen des Programms "Photovoltaische Solarenergieanlagen" des BMFT. Legt man diese Förderung zugrunde, dann reduziert sich der Preis pro kWh Strom aus der Photovoltaikanlage auf 1,71 DM<sup>35,36</sup> und die jährlichen Kosten für den Betrieb der Anlage betragen 6856 DM/a (siehe Blatt 4.1 in Anhang 5).

<sup>32</sup> Es wurden ein Zinssatz von 9% und eine Laufzeit der Finanzierung von 10 Jahren angenommen, um auf der "sicheren Seite" zu liegen.

<sup>33</sup> Ohne Berücksichtigung von Zinszahlungen, d.h. bei Finanzierungskosten von 9.500 DM/a, ergäbe sich ein Strompreis von 2,61 DM/kWh.

<sup>34</sup> Entnommen aus: Fachverband Sonnenenergie, 1993, S. 61.

<sup>35</sup> Es wurden ein Zinssatz von 9% und eine Laufzeit der Finanzierung von 10 Jahren angenommen, um auf der "sicheren Seite" zu liegen.

<sup>36</sup> Zum Vergleich: Der Strompreis, der für Elektroenergie vom Krematorium bezahlt werden muß, liegt derzeit bei 0,241 DM/kWh. - Der Leistungspreis kann aus Gründen der Versorgungssicherheit nicht verringert werden.

Auch zu diesem Ergebnis wurde zahlreiche Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Variiert man beispielsweise Laufzeit der Rückzahlung und Zinssatz, so ergibt sich ein Strompreis von

- 1,59 DM/kWh bei einem Zins von 7% und einer Finanzierungszeit von 10 Jahren (Blatt 4.2 in Anhang 5),
- 1,28 DM/kWh bei einem Zins von 7% und einer Finanzierungszeit von 15 Jahren (Blatt 4.3 in Anhang 5) oder
- 1,13 DM/kWh bei einem Zins von 7% und einer Finanzierungszeit von 20 Jahren (Blatt 4.4 in Anhang 5).

### 5.2.5.3 Schlußfolgerungen

In den beiden vorherigen Abschnitten sind Kosten und wirtschaftlicher Nutzen für die beiden vorgeschlagenen Photovoltaikanlagen analysiert. Bei einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung sind die Photovoltaikanlagen auf dem Krematorium und für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel, auch bei Berücksichtigung der maximal möglichen Förderung, nicht rentabel betreibbar.

Es bleibt aber festzuhalten, daß sich aus der Errichtung einer oder beider Anlagen neben den direkt meßbaren Kosten auch ein nicht finanzieller Vorteil durch die Vorbildfunktion der Stadt Potsdam für die Verbreitung von Technologie-Know-how und durch ein daraus resultierendes innovatives Image der Landeshauptstadt Brandenburgs ergeben würde. (So ist in ganz Brandenburg erst eine Photovoltaikanlage im Rahmen des 1000-Dächer-Programmes errichtet worden, siehe Abbildung 5-12). Die Gewichtung dieses Aspekts gegenüber der Kostenseite ist eine politische Entscheidung und kann in dieser Studie nicht geleistet werden.

### 5.2.6 Zukünftiger Handlungsbedarf (Wiederverwendungspotential)

Der Betrieb von Photovoltaikanlagen ist z. Z. nicht wirtschaftlich und somit ein Zuschußprojekt. Daher ist auch das Wiederverwendungspotential für die Anlagen auf der Freundschaftsinsel und für das Krematorium gering.

Der zukünftige Handlungsbedarf liegt

- zum einen bei der Forschung und Entwicklung, um den Wirkungsgrad von Photovoltaikzellen deutlich zu erhöhen, und
- zum anderen bei den fördernden Institutionen wie EG, Bund und Länder, denn durch eine stärkere Verbreitung von Photovoltaikanlagen werden Erfahrungen gesammelt,<sup>37</sup> die in die Forschung und Entwicklung eingehen können, und die Hersteller zu eigenen Entwicklungsarbeiten motiviert. Zudem können durch höhere Stückzahlen bei der Produktion die Preise pro Modul gesenkt werden.

Eine weiterer innovativer, umweltentlastender und energiesparender Ansatz im Bereich des Krematoriums ist die Wärmerückgewinnung aus dem Abgas des Krematoriums, wie er beispielsweise in dem Krematorium in Velsen (Niederlande) schon praktiziert wird. Die Machbarkeit sollte daher auch für des Potsdamer Krematorium untersucht werden.

<sup>37</sup> Ein Beispiel für die erfolgreiche Verbreitung innovativer Energietechnologien ist das THERMIE-Programm der Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

### 5.2.7 Rechtlich-organisatorische Rahmenbedingungen

Soll eine Photovoltaikanlage für die Hydrophor-Anlage auf der Freundschaftsinsel und/oder für das Krematorium installiert werden, so ist als Besitzer bzw. Betreiber beider Anlagen das Naturschutz- und Grünflächenamt als Akteur bei der Umsetzung der folgenden vier Schritte aufgerufen:

- Die Genehmigungsverfahren entsprechend dem Bauordnungsrecht in der Landesbauordnung müssen beantragt werden.
- Die Photovoltaikanlage muß genau geplant und berechnet werden. Hierbei sind auch statische Aspekte zu berücksichtigen. Für das Krematorium muß dies mit den Umbauplänen abgestimmt werden bzw. in den Neubau eingebunden werden.
- Die beabsichtigte Errichtung einer Photovoltaikanlage im Netzparallelbetrieb muß vor Beginn der Baumaßnahme bei dem zuständigen EVU angemeldet werden.
- Die Fördermittel müssen bei den dafür zuständigen Stellen beantragt werden (siehe Abbildung 5-5).

Zusätzlich sollte geprüft werden, ob die beschriebenen und analysierten Ansätze für Photovoltaik-Demonstrationsvorhaben gemeinsam mit dem EVU oder anderen Institutionen realisiert werden können, um die Kosten für die Stadt Potsdam zu reduzieren.

## Literaturverzeichnis zu Abschnitt 5

- Blanke-Jung, Verena, et al.: Rationelle Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen in kommunalen Gebäuden. Ein BINE-Informationspaket. Köln, 1988.
- Brandenburgische Energiesparagentur: Förderprogramme rationelle Energieanwendung, erneuerbare Energiequellen. Potsdam, o. J.
- Commission of the European Communities: Kaw Mountain Relay Transmitter Centre photovoltaic power supply system, Brussels, 1992.
- Commission of the European Communities: Photovoltaic equipment at the Sophia Antipolis Park. Brussels, 1992a.
- Forschungsverbund Sonnenenergie: Photovoltaik 2. Köln, 1993.
- Forum für Zukunftsenergien e.V.: Erneuerbare Energien. Ein Leitfaden für Städte und Gemeinden. Bonn, o.J.
- Forum für Zukunftsenergien e.V.: Förderfibel Energie. 2. Auflage. Köln, 1992.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik: Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Wiesbaden, 1990.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Solare Förderfibel für solarthermische Anlagen in Wohngebäuden. Wiesbaden, 1993.
- HöB, Anton, et al.: Sonnenergie zur Warmwasserbereitung. Ein BINE - Informationspaket. Köln, 1990.
- IEA: Guidelines for the Economic Analysis of Renewable Energy Technology Applications. Quebec, 1991.
- Internationales Centrum für Energie- und Umwelttechnologien GmbH: Der Einsatz neuester Technologien im Energiesektor in den fünf neuen Bundesländern. Materialienband 5: Solarenergie. Leipzig, 1991.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Solarbeheizte Schwimmbäder in Inzell und Uelzen, Band 2. Brüssel, 1988.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Solarbeheizte Schwimmbäder. Energiedemonstrationsprogramm. Brüssel, 1988a.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Rationelle Energieverwendung im Bäderbau: Solarbeheizte Schwimmbäder in Ahaus, Stadtsteinach, Unna und Schwalmtal, Band 1. Brüssel, 1988b.
- Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Baden-Württemberg: Rationelle Energieverwendung in kommunalen Freibädern. Stuttgart, 1990.
- Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen im Rahmen des Programms: Rationelle Energieanwendung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen. O. O., o. J.
- Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg: Gutachten zur Erarbeitung eines Energiekonzeptes für das Land Brandenburg. Berlin, 1993.
- Schmidt, Jürgen: Photovoltaik: Direktumwandlung von Sonnenlicht in Strom. Ein BINE-Informationspaket. Köln, 1988.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz des Landes Berlin: Nutzung der Sonnenenergie in Berlin. Neue Energiepolitik für Berlin, Heft 3. Berlin, 1990.
- TÜV Ostdeutschland: Energiepolitisches Konzept für die Stadt Potsdam. Berlin, 1992.

## A.5 Anhang zu Abschnitt 5:

### Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu den Thermosolar- und Photovoltaikanlagen

<i>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.0:</i>		
<i>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</i>		
<i>(ohne Zuschüsse, 9%, 10 J.)</i>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	55000 DM
2.2	Förderbetrag	0 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	55000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	8569 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	30 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	6859,68 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,7101118 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.1:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(mit Zuschüssen, 9%, 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	55000 DM
2.2	Förderbetrag (30% Förderung)	16500 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38500 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	5998,3 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	30 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	4288,98 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,44399379 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.2:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(mit Zuschüssen, 7%, 20 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1.3	Gesamteneersparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	55000 DM
2.2	Förderbetrag (30% Förderung)	16500 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38500 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	3634,4 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	30 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	1925,08 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,19928364 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.3:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(mit Zuschüssen, 7%, 15 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	55000 DM
2.2	Förderbetrag (30% Förderung)	16500 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38500 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 15 J.)	4227,3 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	30 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	2517,98 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,26066046 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.4:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(mit Zuschüssen, als Ersatzinvestition)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	55000 DM
2. 2	Förderbetrag + Kosten d. Ersatzinvestition	31500 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	23500 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	2218,4 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2*2.6)	30 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	509,08 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,05269979 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.5:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(konventionelle Anlage als Ersatzinvestition zum Vergleich)</b>		
<b>1 Energiebilanz</b>		
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	0 kWh/a
<b>2 Investitions- und Betriebskosten</b>		
2.1	Investitionskosten	15000 DM
2.2	Förderbetrag	0 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	15000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	1416 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	300 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3 Energiekosten</b>		
3.1	Kosten für verbrauchte Energie (1.1*2.6)	2869,02 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	0 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	2869,02 DM/a
<b>4 Gesamtkosten</b>		
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	4585,02 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,47463975 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 1.6:</b>		
<b>Freibad Templiner See, Duschwassererwärmung</b>		
<b>(ohne Zuschüsse, 9%, 10 J. ; verringerter Leistungspreis)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	9660 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	100 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	9560 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	55000 DM
2. 2	Förderbetrag	0 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	55000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung; 9 v.H., 10 J.)	8569 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1100 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,297 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	30 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	2839,32 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-2809,32 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährl. Ges.kosten (2.4 + 2.5 + 3.3 - 4500 DM verr. Leistungspreis)	2859,68 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,29603313 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<i>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 2.0:</i>		
<i>Kinderkombination Lotte-Pulewka-Str.</i>		
<i>(ohne Zuschüsse, 9%, 10 J.)</i>		
1	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzogene / eingesparte Energiemenge	64400 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	1000 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	63400 kWh/a
2	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	270000 DM
2.2	Förderbetrag	0 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	270000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	42066 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.ä. (2% von 2.1)	5400 DM/a
2.6	Preis f. konventionell bezogene Energie (Arbeits- u. Leist.pr.)	0,12 DM/kWh
3	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (s. Text)	300 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	7608 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-7308 DM/a
4	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	40158 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,62357143 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 2.1:</b>		
<b>Kinderkombination Lotte-Pulewka-Str.</b>		
<b>(mit Zuschüssen, 9%, 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	64400 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	1000 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	63400 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	270000 DM
2.2	Förderbetrag (30% Förderung)	81000 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	189000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	29446,2 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	5400 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,12 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (s. Text)	300 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	7608 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-7308 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	27538,2 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,4276118 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 2.2:</b>		
<b>Kinderkombination Lotte-Pulewka-Str.</b>		
<b>(mit Zuschüssen, 7%, 20 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	64400 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	1000 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	63400 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	270000 DM
2.2	Förderbetrag (30% Förderung)	81000 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	189000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	17841,6 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	5400 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,12 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (s. Text)	300 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	7608 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-7308 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	15933,6 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	0,24741615 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

## A.5 Anhang zu Abschnitt 5:

### Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu den Thermosolar- und Photovoltaikanlagen

<i>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.0:</i>		
<i>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</i>		
<i>(ohne Zuschüsse, Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)</i>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag	0 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	135000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	21033 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	22693 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	5,67325 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.1:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</b>		
<b>(ohne Zuschüsse, ohne Zinszahlungen)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag	0 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	135000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	13500 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	15160 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	3,79 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.2:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	81000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	54000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	8413,2 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	10073,2 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	2,5183 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.3:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	81000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	54000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 10 J.)	7689,6 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	9349,6 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	2,3374 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.4:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 15 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	81000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	54000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 15 J.)	5929,2 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	7589,2 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,8973 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 3.5:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Hydrophor-Anlage Freundschaftsinsel</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)</b>		
<b>1 Energiebilanz</b>		
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2 Investitions- und Betriebskosten</b>		
2. 1	Investitionskosten	135000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	81000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	54000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	5097,6 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	2700 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,26 DM/kWh
<b>3 Energiekosten</b>		
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	1040 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-1040 DM/a
<b>4 Gesamtkosten</b>		
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	6757,6 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,6894 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

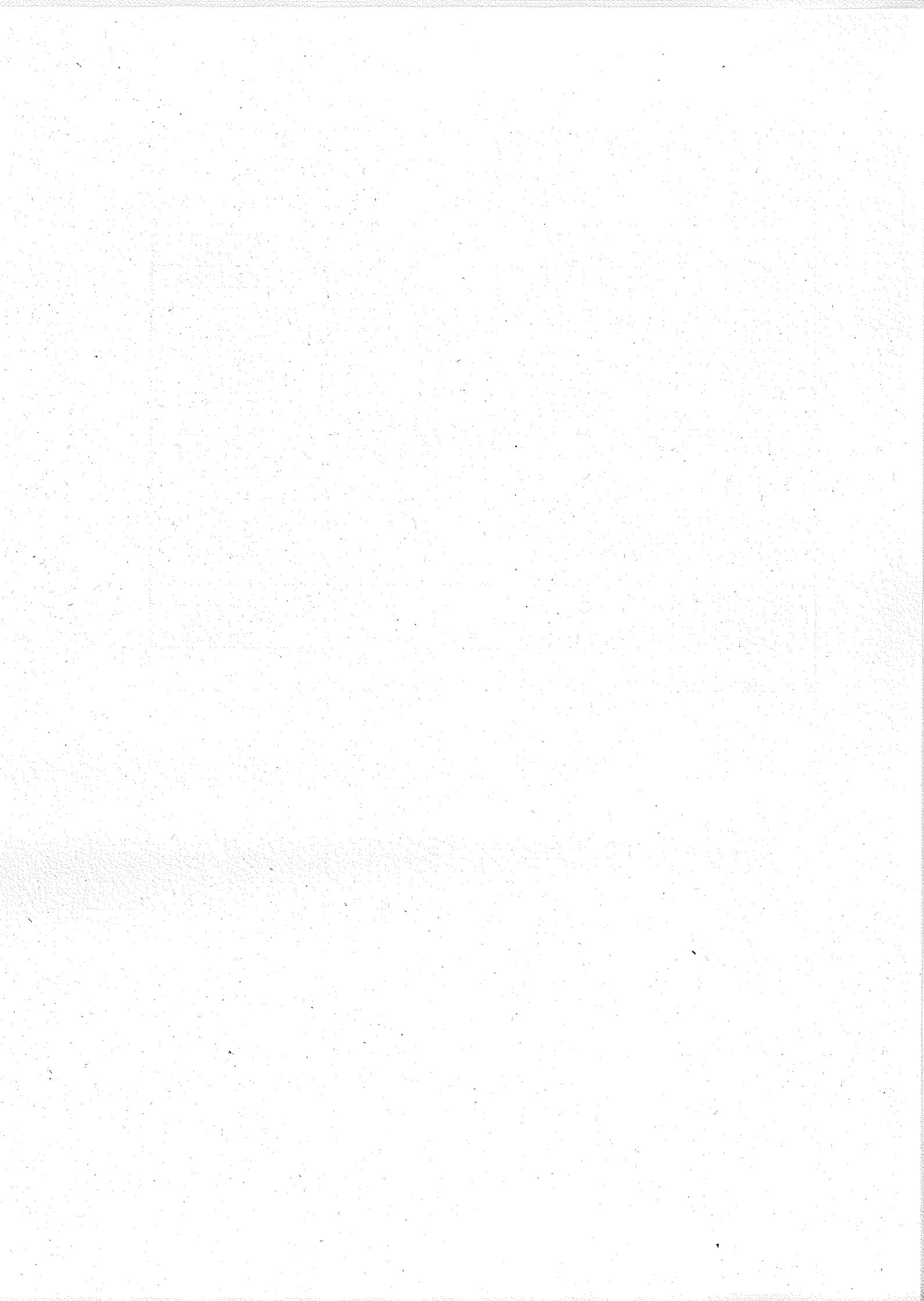
<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 4.0:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Krematorium Potsdam</b>		
<b>(ohne Zuschüsse, Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1.1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1.2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1.3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2.1	Investitionskosten	95000 DM
2.2	Förderbetrag	0 DM
2.3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	95000 DM
2.4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	14801 DM/a
2.5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1900 DM/a
2.6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,241 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3.1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3.2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	964 DM/a
3.3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-964 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4.1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	15737 DM/a
4.2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	3,93425 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 4.1:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Krematorium Potsdam</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	95000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	57000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 9 v.H., 10 J.)	5920,4 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1900 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,241 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	964 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-964 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	6856,4 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,7141 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 4.2:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Krematorium Potsdam</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 10 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	95000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	57000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 10 J.)	5411,2 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1900 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,241 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	964 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-964 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	6347,2 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,5868 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 4.3:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Krematorium Potsdam</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 15 J.)</b>		
<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b>	
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2</b>	<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	
2. 1	Investitionskosten	95000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	57000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 15 J.)	4172,4 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1900 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,241 DM/kWh
<b>3</b>	<b>Energiekosten</b>	
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie ( 1.3 * 2.6)	964 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-964 DM/a
<b>4</b>	<b>Gesamtkosten</b>	
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	5108,4 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,2771 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung Blatt 4.4:</b>		
<b>Photovoltaikanlage Krematorium Potsdam</b>		
<b>(mit Zuschüssen, Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)</b>		
<b>1 Energiebilanz</b>		
1. 1	Erzeugte / eingesparte Energiemenge	4000 kWh/a
1. 2	Verbrauchte Hilfsenergiemenge	0 kWh/a
1. 3	Gesamtenergieeinsparung (1.1 - 1.2)	4000 kWh/a
<b>2 Investitions- und Betriebskosten</b>		
2. 1	Investitionskosten	95000 DM
2. 2	Förderbetrag (60% Förderung)	57000 DM
2. 3	Zu finanzierender Betrag (2.1 - 2.2)	38000 DM
2. 4	Finanzierungskosten (Zins und Tilgung: 7 v.H., 20 J.)	3587,2 DM/a
2. 5	Betriebskosten incl. Wartung, Versicherung u.a. (2% von 2.1)	1900 DM/a
2. 6	Preis für konventionell bezogene Energie (Arbeitspreis)	0,241 DM/kWh
<b>3 Energiekosten</b>		
3. 1	Kosten für verbrauchte Hilfsenergie (1.2 * 2.6)	0 DM/a
3. 2	Wert der eingesparten Energie (1.3 * 2.6)	964 DM/a
3. 3	Energiekostendifferenz (3.1 - 3.2)	-964 DM/a
<b>4 Gesamtkosten</b>		
4. 1	Jährliche Gesamtkosten (2.4 + 2.5 + 3.3)	4523,2 DM/a
4. 2	Gesamtkosten pro erzeugte Energieeinheit (4.1 : 1.1)	1,1308 DM/kWh
<i>N.B.: Negative Werte bedeuten vermiedene Kosten bzw. Erlöse.</i>		



## 6 Priorisierung vordringlicher Maßnahmen und Schlußfolgerungen

Der Gegenstand dieser Studie ist die Untersuchung sehr unterschiedlicher Maßnahmenansätze zur weiteren Verbesserung des Energiesystems in Potsdam. Hierzu zählen Maßnahmen

- zur Energieeffizienzerhöhung im Bereich der Fernwärme (Abschnitt 2.1),
- zur Wärmedämmung von Gebäuden (Abschnitt 2.2) und
- zur Energieeinsparung im Bereich Verkehr (Abschnitt 3)

sowie die Untersuchung von Objekten auf ihre Eignung zur Versorgung

- durch Blockheizkraftwerke (Abschnitt 4) oder
- durch erneuerbare Energien (Abschnitt 5).

Die Analysen hatten unterschiedliche Ergebnisse: Für einige Maßnahmevorschläge konnte eine hohe Wirtschaftlichkeit, Energieeinsparung und Umweltentlastung nachgewiesen werden, für andere Maßnahmen erscheinen diese derzeit nicht gegeben. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß drei Maßnahmevorschläge unter den jeweiligen Randbedingungen als sehr sinnvoll erscheinen und ihre Umsetzung daher vorrangig geboten ist. Diese Maßnahmen sind im einzelnen die folgenden:

### 6.1 Energieeinsparung durch die Beschleunigung des üblichen Personennahverkehrs

Die Attraktivität des üblichen Personennahverkehrs wird vorallem durch seine Schnelligkeit, Punklichkeit und Zuverlässigkeit bestimmt. An zahlreichen Stellen in der Potsdamer Innenstadt bleiben die Busse und Trams jedoch, insbesondere in Zeiten hohen Verkehrsaufkommens, (wie in anderen Städten auch) im Stau des Individualverkehrs stecken. Für zwei Bereiche ist exemplarisch der Effekt

- a) der Reservierung eines eigenen, für den Individualverkehr gesperrten Fahrwegs für Bus und Tram durch Abmarkierungen (Bereich Charlottenstraße) bzw.
- b) der Einebnung des bestehenden Tramgleisbettes für die gleichzeitige Nutzung der Trasse für Tram und Bus (Bereich Lange Brücke)

untersucht worden<sup>1</sup>. Die Kosten werden im ersten Fall mit 400.000 DM berechnet, wovon 90% durch das Land ersetzt werden und 40.000 DM durch die Stadt aufzubringen sind. Im zweiten Fall betragen die Kosten 1,36 Mio DM und sind vollständig durch die Stadt aufzubringen. Diesen Kosten stehen aber schnellere Fahrzeugumlaufzeiten und verringerte Energiekosten gegenüber: Die jährliche Energieeinsparung beträgt 15.200 l Dieselkraftstoff bei den Bussen und 35 MWh Elektroenergie bei der Tram (Beispiel Charlottenstraße) bzw. 34.000 l Dieselkraftstoff (Beispiel Lange Brücke). Diese Energieeinsparung bringt eine bedeutende Umweltentlastung durch die vermiedene Emission, die bei den Bussen (innerstadisch, in den Straßen in 0,5 m Höhe) einen überdurchschnittlichen Beitrag zur Immissionsverringering leistet.

<sup>1</sup> Für Details siehe Abschnitt 3.2.

Ein weiterer Beitrag zur Energieeinsparung und zum Umweltschutz wird durch die Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Personennahverkehrs durch dessen Beschleunigung gegenüber dem Individualverkehr und damit möglichen Umsteigern vom Auto auf Bus und Bahn durch diese, zu priorisierende Maßnahme induziert.

## 6.2 Einsatz einer Thermosolaranlage zur Duschwassererwärmung im Freibad Templiner See

Die Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien in öffentlichen Gebäuden hat gezeigt, daß die Installation einer Thermosolaranlage im Freibad Templiner See sinnvoll und wirtschaftlich ist<sup>2</sup>. Mit einer solchen Anlage könnte das Duschwasser für das Freibad und zudem das Brauchwasser für vier benachbarte, nur im Sommer bewohnte Bungalows erwärmt werden.

Die Nachfrage und das Angebot an Warmwasser sind in diesem Fall synchron (hohes Angebot und auch hohe Nachfrage im Sommer, insbesondere bei schönem Wetter), sodaß die Anlage optimal dem Bedarf angepaßt werden kann. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien und damit der Einsparung fossiler Energieformen wird eine hohe Umweltentlastung erreicht. Die Maßnahme ist aber auch ökonomisch sinnvoll: Die Kosten können von derzeit 47,4 DM/kWh (einschl. Wartungs- und Finanzierungskosten) auf 0,44 bis unter 0,20 DM/kWh (je nach Finanzierungsbedingungen) gesenkt werden. Die drei Argumente "Energieeinsparung", "Umweltentlastung" und "Kosteneinsparung" begründen die Priorisierung dieser Maßnahme.

## 6.3 Einsatz eines Blockheizkraftwerks für die Hoffbauer-Stiftung

Auf der Halbinsel Hermannswerder befindet sich die Hoffbauer-Stiftung, die der evangelische Kirche untersteht. Der Komplex umfaßt verschiedene Heime, Ausbildungs- und Versorgungseinrichtungen, Wohnungen und ein Krankenhaus<sup>3</sup>. Diverse Erweiterungen und Neubauten sind geplant. Die Wärmeversorgung geschieht derzeit durch ein mit Braunkohlebriketts gefeuertes Heizhaus, daß aus emissionsrechtlichen Gründen bis spätestens 1996 stillgelegt oder auf Erdgas umgestellt werden muß. Das erzeugt einen hohen Handlungsdruck bei der Investitionsentscheidung und deren Umsetzung. Durch diese Entscheidung wird aber auch die Versorgungsstruktur für die nächsten Jahrzehnte in diesem Bereich festgeschrieben, weshalb auch die langfristige Perspektive berücksichtigt werden muß.

Eine erste überschlägige Berechnung der Kosten zeigt, daß nach Fertigstellung der Erweiterungen und Neubauten ein stromgeführtes Blockheizkraftwerk mit einer Leistung von 200 kW<sub>el</sub> und 340 kW<sub>th</sub> die wirtschaftlich günstigste Variante wäre: Den Investitionskosten von ca 460.000 DM würden eingesparte Stromkosten von etwa 48.600 DM/a gegenüberstehen. Die Halbinsel Hermannswerder liegt außerhalb des Fernwärmever-

<sup>2</sup> Für Details siehe Abschnitt 5.1.

<sup>3</sup> Für Details siehe Abschnitt 4.2.

ranggebietes, sodaß eine Umweltentlastung und Energieeinsparung zum einen durch den höheren Wirkungsgrad bei der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber der Lösung "Heizhaus und Strombezug aus dem Netz" und zum anderen durch vermiedene Leitungsverluste gegeben ist. Aus der Investitionsnotwendigkeit, dem Beitrag zur Energieeinsparung, zur Umweltentlastung und zur Kostenreduktion ergibt sich die Vorrangigkeit für die Umsetzung dieser Maßnahme.

## 6.4 Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen im Rahmen des Projektes "Rationelle Energienutzung und der Einsatz erneuerbarer Energien in Potsdam" dokumentiert exemplarisch Möglichkeiten zur Energieeinsparung, zum Umweltschutz und nicht zuletzt zur (Energie-) Kostenreduktion. Die jeweils zuständigen Akteure sind aufgerufen, die in dieser Studie aufgezeigten Verbesserungsmöglichkeiten umzusetzen, für andere und ähnliche Objekte die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den analysierten Beispielen zu untersuchen und damit das vorhandene Energieeinspar-, Umweltentlastungs- und Kostensenkungspotential in Potsdam weiter zu quantifizieren und zu konkretisieren. Nur dadurch kann ein umfassender Beitrag zur Sicherung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Stadt als Wirtschaftsstandort und der Attraktivität als Lebensraum für die Zukunft geleistet werden.



Die Energiepolitik für die Stadt Potsdam war in den letzten Jahrzehnten von den allgemeinen energiepolitischen Leitlinien der DDR geprägt. Nach der Wende warfen die energiepolitische, -wirtschaftliche und -versorgungsrechtliche Neuorientierung einerseits und die stärkere kommunale Verantwortung andererseits für den Magistrat Potsdam einige prinzipielle Fragen zur zukünftigen Energieversorgung der Stadt auf. Um den Potsdamer Magistrat bei der Beantwortung dieser Fragen zu unterstützen, werden in diesem Projekt folgende Bereiche detailliert untersucht:

- die Bereiche "Fernwärme" (Übergabestationen, Heizsysteme und Abrechnung) sowie "Gebäudeaußenhülle",
- der Einsatz von kleineren und mittleren BHKW's zur innerstädtischen Energieerzeugung,
- der Einsatz von Thermosolar- und Photovoltaikanlagen in öffentlichen Gebäuden und
- im Bereich Verkehr die Modernisierung des Tram-Fahrzeugparks und sowie Beschleunigungsmaßnahmen für den ÖPNV.

Zusammen mit der Analyse und Prognose der Energiebedarfsentwicklung stellt die Erarbeitung umsetzungsreifer und verorteter Maßnahmevorschläge für den Magistrat zu diesen Punkten den Hauptinhalt dieser Studie dar.

