

ANHANG

3.14. Energiekonzept Teil I

Arbeitsstand Energiekonzept I

Vorhaben: Quartier Freiladebahnhof Eutritzscher
Straße/ Delitzscher Straße in Leipzig –
Untersuchung von Varianten der
Energetischen Versorgung

Bauherr/
Auftraggeber: CG City Leipzig Nord GmbH & Co. KG
Haferkornstraße 7
04129 Leipzig

Vertrag-Nr.:

Projekt-Nr. AG: Leipzig 416

Projekt-Nr. S&P GT: H160909

Diese Ausfertigung umfasst 51 Seiten und 6 Anlagen und wird
wie folgt verteilt:

1. Ausfertigung	Bauherr
2. Ausfertigung	Bauherr
3. Ausfertigung	Bauherr
4. Ausfertigung	Büroexemplar

Leipzig, den 31.05.2017

Mario Busch
Geschäftsführer

Liana Hoffmann
Projektbearbeiter

Ansprechpartner
Frau Hoffmann
Telefon
+49 341 45341-30
E-Mail
l.hoffmann@sup-sahlmann.com

S&P Sahlmann
Planungsgesellschaft für
Gebäudetechnik mbH
Zum Harfenacker 9
04179 Leipzig
GERMANY

Tel.: +49 341 45341-30
Fax: +49 341 45341-31

gebaeudetechnik@sup-
sahlmann.com

Zertifiziert nach ISO 9001

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Mario Busch
Dipl.-Ing. Lutz Rebelein

Amtsgericht Leipzig
HRB 15202

Umsatzsteuer-Identifikationsnr.:
DE197762750

Stadt- und Kreissparkasse Leipzig
Konto-Nr. 1100 916 454
BLZ 860 555 92
IBAN DE70860555921100916454
SWIFT BIC WELADE8LXXX

Deutsche Kreditbank AG
Konto-Nr. 139 12 75
BLZ 120 300 00
IBAN DE8812030000001391275
SWIFT BIC BYLADEM1001

www.sup-gruppe.com

Vorsitzender der S&P Gruppe
Dr. Mathias Reuschel

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Ziel	7
2	Herangehensweise.....	9
3	Vorabstimmung zu technischen Lösungsansätzen.....	10
3.1	Vorstellung der Maßnahmen zur energetischen Versorgung	11
3.1.1	Wärme	11
3.1.2	Wärme und Elektroenergie.....	18
3.1.3	Elektroenergie.....	19
3.1.4	Wärme- Speicherung	23
3.1.5	Elektroenergie- Speicherung.....	25
3.2	Ergebnisse der Vorabstimmung	25
3.3	Energiestandards/ Energieeffizienzmaßnahmen im Quartier Freiladebahnhof ...	27
3.4	Betreiber- und Vermarktungsmodelle	30
4	Grundlagen.....	31
4.1	Nutzungseinheiten	31
4.2	Wärme	31
4.2.1	Grundlagen für die überschlägige Heizlast- und Wärmebedarfsermittlung	31
4.2.2	Leistungsdaten und Verbräuche - Wärme	32
4.3	Kälte.....	32
4.3.1	Grundlagen für eine überschlägige Kühllast- und Kühlbedarfsermittlung.....	32
4.3.2	Leistungsdaten und Verbräuche - Kälte	33
4.4	Strom	34
4.4.1	Grundlagen für die überschlägige Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung	34
4.4.2	Leistungsdaten - Strom	34
5	Erarbeitung technischer Lösungsansätze	35
5.1	Varianten Wärmeversorgung.....	35
5.1.1	Leistungsdaten entsprechend der Wärmeversorgungsvarianten	36
5.2	Variante Elektroenergieversorgung	36
5.2.1	Leistungsdaten (ELT).....	37
5.3	Variante 1 – Grundlast- und Spitzenlastversorgung über Fernwärme (Grundvariante)	37
5.4	Variante 2 – Grundlast: Solarthermie, Erdwärme; Spitzenlast: Fernwärme (Vergleichsvariante)	37
5.5	ELT-Variante – Grundlast: Photovoltaik; Spitzenlast: EVU	38
6	Ergebnisse.....	38
6.1	Allgemeines	38

6.2	Technikflächen in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energien.....	39
6.3	Variante 1 - Grund- und Spitzenlast über Fernwärme (Grundvariante).....	39
6.4	Variante 2 - Grundlast: Solarthermie, Erdwärme, Spitzenlast: Fernwärme (Vergleichsvariante)	40
6.5	Variante - Liegenschaftseigene Stromerzeugung - Photovoltaik.....	41
7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	41
8	Fazit.....	47
9	Impressum.....	51

Anlagen

I Vorabstimmungen zu den vorgestellten Maßnahmen einer energetischen Versorgung

- Tabelle „Vorabstimmung energetische Versorgung“
- Stellungnahme zur Vorabstimmung energetische Versorgung Freiladebahnhof der Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz vom 19.12.2016

II Lagepläne

- Lageplan Fernwärmeverteilungen entsprechend Variante 1
- Lageplan Fernwärmeverteilungen entsprechend Variante 2

III Tabellen zu den überschlägigen Berechnungen der Leistungsdaten und Verbräuchen

- Leistungs- und Bedarfsdaten Quartier

IV Tabellen zu den überschlägigen Kosten der Varianten

Wärme

- Variante 1 (Grundvariante)
- Variante 2 (Vergleichsvariante)

Strom

- Variante 3

V Tabellen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

VI Zertifikat Fernwärme der Stadtwerke Leipzig

Abbildungen

Abbildung 1:	Lageplan zum Plangebiet	6
Abbildung 2:	Gesamtzahlungen der Varianten nach Kostengruppen	43
Abbildung 3:	Darstellung der CO ₂ - Emissionen der Varianten	45
Abbildung 4:	Darstellung der Amortisation Photovoltaik (Dach und Fassade) mit Batteriespeicher (3% Preissteigerung)	50

Tabellen

Tabelle 1:	weitere Betrachtung der vorgestellten Maßnahmen (EK Teil I)	26
Tabelle 2:	Nutzungsverteilung und Bruttogeschossflächen	31
Tabelle 3:	Heizlast und Wärmebedarfswerte	32
Tabelle 4:	Kühllast und Kühlbedarfswerte	33
Tabelle 5:	Elektrische Anschlussleistung	34
Tabelle 6:	Varianten	35
Tabelle 7:	Heizlast entsprechend der Varianten	36
Tabelle 8:	Variante	36
Tabelle 9:	elektrische Leistung	37
Tabelle 10:	spezifische CO ₂ - Emissionen der Energieträger	45

1 Aufgabenstellung und Ziel

Das Plangebiet „Ehemaliger Freiladebahnhof“, nördlich des Hauptbahnhofes im Stadtbezirk Mitte (Ortsteil Zentrum-Nord) ist zur Bebauung vorgesehen. Das Quartier wird durch die Theresienstraße im Norden, die Gleisanlagen der Deutschen Bahn im Osten, die Berliner- und Roscherstraße im Süden sowie die Eutritzscher- und Delitzscher Straße im Westen begrenzt. Durch die Nutzungsmischung von vorwiegend Wohnen (ca. 47,0 % Flächenanteil), Gewerbe/ Dienstleistungen (ca. 5,2 % Flächenanteil) und sozialer Infrastruktur/ Gemeinbedarf (12,6 % Flächenanteil) des Gesamtflächenanteils von 252.339 m² wird das entstehende Quartier funktional und sozial verzahnt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Quartier des „Ehemaligen Freiladebahnhofs“.

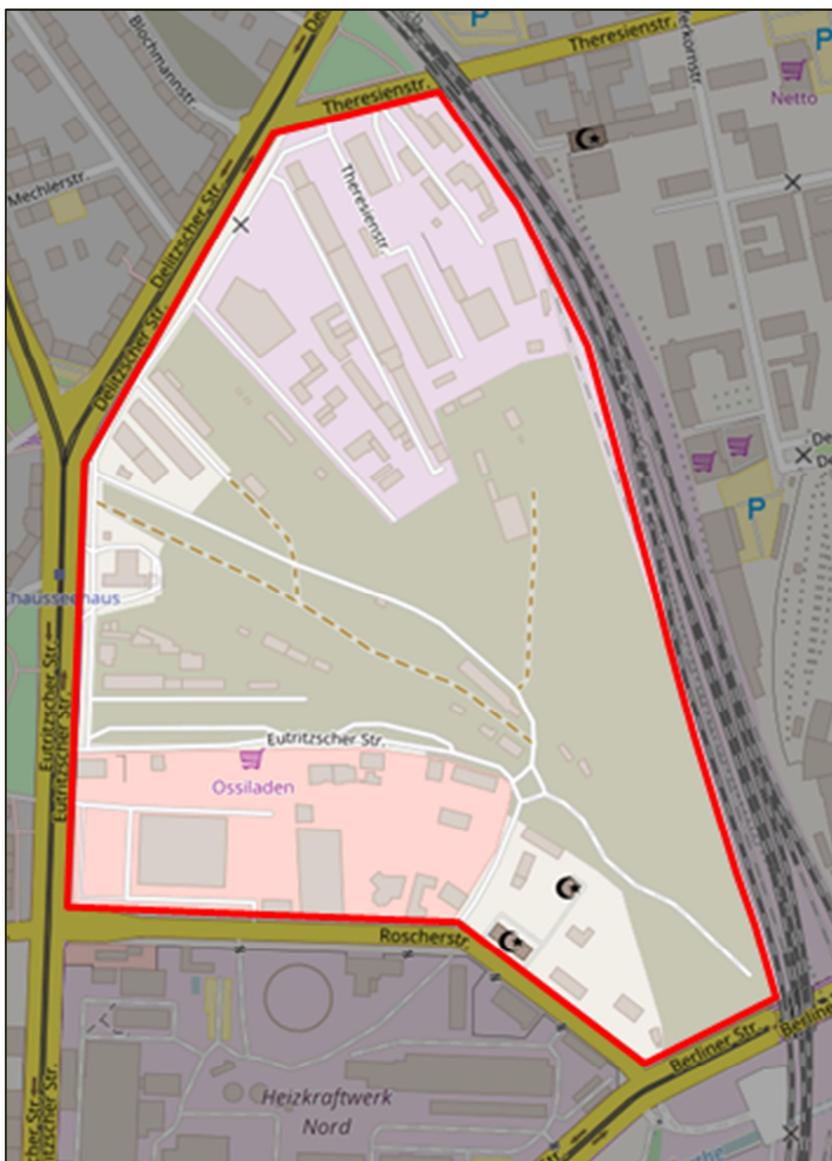


Abbildung 1: Lageplan zum Plangebiet

Diese Anforderung führt dazu, innerhalb des Quartiers Freiladebahnhof, Bebauung mit einer Bruttogeschossfläche von 325.000 m² zu errichten. In diesem Zusammenhang wird folgende Nutzungsverteilung angestrebt:

Wohnen:	ca. 70 %
Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung:	ca. 20 %
Gemeinbedarf:	ca. 10 %

Im Kontext mit der Bebauung des Quartiers sind die aktuellen Gesetzmäßigkeiten, wie die Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), zu berücksichtigen. Zudem besteht im Zusammenhang mit dem EEWärmeG die Pflicht zur Nutzung von Erneuerbaren Energien.

Auf den vorgenannten Gesetzesgrundlagen basierend ist für die künftige Energieversorgung der Nutzungseinheiten eine Untersuchung von Varianten der Energetischen Versorgung mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in einem Energiekonzept (Teil I) zu erarbeiten. Das Konzept soll darüber hinaus konzeptionelle Aussagen zur energetischen Erschließung und Versorgung der Nutzungseinheiten des Quartiers liefern.

Ziel ist, das Quartier „Ehemaliger Freiladebahnhof“ klimagerecht und nachhaltig zu entwickeln. Darüber hinaus besteht die unmittelbare politische Anforderung die sogenannte 2. Miete möglichst niedrig zu halten, da 30 % des Wohnungsbaus geförderte Wohnungen, mit einer Mietobergrenze, sein werden.

Nachfolgend werden insgesamt 3 Wärmeversorgungsvarianten gegenübergestellt, die sich in der Grundlastversorgung unterscheiden.

Unter Zugrundelegung des derzeitigen Kenntnisstandes besteht auf der Gesamtliegenschaft ein eher untergeordneter Bedarf an Kälte. Das Thema Kälteversorgung wird ggf. zu einem späteren Zeitpunkt (Energiekonzept Teil II) beleuchtet.

Im Rahmen der Untersuchung werden die technischen Lösungen auf Machbarkeit geprüft, Investitionskosten hier relevanter Bauteile, Anlagen und verbrauchs- sowie betriebsgebundene Kosten ermittelt, die Vor- und Nachteile gegenübergestellt. Dies erfolgt mit dem Ziel, Tendenzen bei Entscheidungskriterien für die eine oder andere Variante aufzuzeigen.

Im Nachgang der Erarbeitung des folgenden Energiekonzeptes (Energiekonzept Teil I) wird unter Berücksichtigung der ergänzten Aufgabenstellung, d. h. die notwendige Energie für die Heizung und Warmwasserbereitung CO₂- neutral zu gewinnen, für das Quartier Freiladebahnhof - anknüpfend an das Energiekonzept Teil I - ein Energiekonzept mit dem Kerngedanken Klimaneutralität erarbeitet (Energiekonzept Teil II). In diesem Zusammenhang ist u. a. die Betrachtung der Möglichkeiten zur Einbindung von Speichern für die Medien Wärme und Strom sowie der Themen E- Mobilität (Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur) sowie Straßenbeleuchtung vorgesehen. Die Erarbeitung des Energiekonzeptes Teil II ist nach Abschluss des Planungswerkstattverfahrens, auf der Basis der daraus entstandenen Vorplanungsergebnisse, vorgesehen.

2 Herangehensweise

Voraussetzungen für die Erarbeitung des Energiekonzeptes bildeten Abstimmungsgespräche mit dem Auftraggeber, dem Amt für Umweltschutz, dem Stadtplanungsamt und örtlichen Energieversorgern sowie Unterlagen, wie Lagepläne und der Testentwurf (Flächenverteilung und städtebauliche Berechnungen zu einer möglichen künftigen Bebauung) sowie vorhandene Bestandsunterlagen aus der Grundlagenermittlung.

Unter Zugrundelegung der Aufgabenstellung wurde das Energiekonzept Teil I in drei Etappen erarbeitet.

Der erste Schritt beinhaltet zunächst die Klärung der Grundlagen zur geplanten Quartiersbebauung:

- Aufnahme von Bestandsdaten,
- technische, bauliche und gesetzliche Rahmenbedingungen (BImSchG, EnEV, EEWärmeG, Energie- und Klimaschutzprogramm der Stadt Leipzig 2014-2020, Triangulum-Projekt etc.) in aktueller Fassung,
- überschlägige Bruttogeschossflächen der geplanten Bebauung entsprechend Nutzungseinheiten,
- Vorabstimmung von Maßnahmen zur energetischen Versorgung,
- Erarbeiten der Vorzugsvarianten sinnvoller technischer Lösungsansätze,
- Umsetzbarkeit der Varianten und notwendiger Voraussetzungen,
- Abschätzen des erforderlichen Aufwandes,
- Abstimmungsgespräche mit Versorgungsunternehmen.

Auf der Basis der vorgenannten Grundlagen wurden in einem zweiten Schritt die Kenndaten jeder Variante ermittelt:

- Parameter/ Kenndaten der Bebauung/ Nutzungseinheiten (Platzbedarf, Leistungsbedarf, Leistungsumfänge etc.),
- Verbrauchskenndaten,
- Investitionskosten technischer Anlagen, verbrauchsgebundene Kosten und Betriebskosten,
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.

In einem dritten Schritt erfolgte die Darstellung und Präsentation der Ergebnisse mit:

- Erläuterungen zu den einzelnen Varianten,
- Bewertung der einzelnen Varianten,
- Zusammenfassen der Ergebnisse in einem Gesamtbericht mit Empfehlung einer nachhaltigen Variante.

Im folgenden Teil I des Energiekonzeptes werden unter Berücksichtigung der Grundlagen alle Für und Wider für die nachfolgend entwickelten Varianten aufgeführt und im Fazit die wirtschaftlichste Variante beschrieben.

3 Vorabstimmung zu technischen Lösungsansätzen

Maßgeblicher Aspekt für die Entwicklung der Varianten entsprechend des Energiekonzeptes Teil I ist das vorgegebene Ziel, das Quartier klimagerecht und nachhaltig zu entwickeln.

Grundlage für die Vorabstimmung technischer Lösungsansätze bildet in diesem Zusammenhang das vorhandene, gut ausgebaute Fernwärmenetz mit dem Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GUD) in unmittelbarer Nachbarschaft (ca. 300 m von der südlichen Grenze des Quartiers entfernt).

Zudem sind für künftige Versorgungsvarianten entsprechend der Konkretisierung Zielpapier Grün/ Umwelt/ Klima/ Boden der Stadt Leipzig in Verbindung mit den gesetzlichen Vorgaben auszugsweise folgende Kriterien/Ziele relevant:

- hoher Grün-/ Baumanteil im Quartier zur Vermeidung von starker Überwärmung des Quartiers in den Sommermonaten (→ thermischer Ausgleich)
- Begrünung der Innenhöfe, Fassaden- und Dachbegrünung zur Steigerung der Umwelt-, Wohn- und Lebensqualität und zur Verbesserung des Kleinklimas
- Einbeziehung wohnungsnaher Grünflächen und Herstellung ihrer Verbindung zu Parkanlagen und grünen Stellplätzen
- Möglichkeit einer natürlichen Regenwasserversickerung auf dem Areal
- Förderung der CO₂- Reduktion durch energetisch optimierte, kompakte Bauweisen (→ Streben nach energetischem Standard, der über aktueller EnEV liegt)
- Förderung von Fernwärme und dezentralen Versorgungslösungen zur Reduzierung der Betriebskosten („2. Miete“)

Vor diesem Hintergrund wurden für mögliche Varianten der energetischen Versorgung des Quartiers folgende Leitwerte zur Geltung gebracht:

- Ausschöpfung von standortbedingten regenerativen Ressourcen
- Verwertung von nutzungsbedingten Chancen, wie Abwärme, Synergien zwischen verschiedenen Gebäuden und Nutzern,
- Optimierung der Investitions- und der Folgekosten,
- Nachhaltigkeit durch Einsatz von einfachen Detaillösungen sowie schlanker, hocheffizienter Technik mit robusten Regelungskonzepten.

Auf der Basis der vorgenannten Aspekte, der Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz der Stadt Leipzig, dem Stadtplanungsamt, den Stadtwerken Leipzig sowie der gegebenen Gesetzmäßigkeiten, wie Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), wurden auf Grundlage der Tabelle „Vorabstimmung energetische Versorgung“ (s. Anlage I) die Möglichkeiten einer **Grundlastversorgung über** die nachfolgend aufgeführten **regenerativen Energien** betrachtet, verbal bewertet und gemeinsam diskutiert. In Bezug auf die **Spitzenlastversorgung** steht die **Fernwärme** der Stadtwerke Leipzig zur Verfügung und wird entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Die Ergebnisse aus der gemeinsamen Abstimmung werden nachfolgend dargestellt. Fett hervorgehoben wurden in diesem Zusammenhang die im Ergebnis der Vorabstimmung favorisierten Maßnahmen.

3.1 Vorstellung der Maßnahmen zur energetischen Versorgung

3.1.1 Wärme

Solarthermie

➤ **zentrale/ dezentrale Errichtung**

Flächen für die Errichtung von zentralen Freiflächenanlagen für die Grundlastversorgung der Nutzungseinheiten des gesamten Areals stehen unter den Maßgaben aus der städtebaulichen Zielstellung auf dem Areal nicht bzw. nur in einem sehr begrenzten Umfang zur Verfügung (Flächenkonkurrenz).

→ *Vor diesem Hintergrund wurde die Errichtung von zentralen Anlagen zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie im gesamten Quartier innerhalb des Energiekonzeptes (I) nicht berücksichtigt.*

Auf der Basis der vorgesehenen Bebauung des Quartiers sind dezentrale Anlagen auf Dachflächen, solaroptimiert ausgerichteten Gebäuden und Fassaden (im Einklang mit dem vorgesehenen Grünflächenanteil) denkbar.

In Bezug auf die Errichtung von Anlagen zur Gewinnung solarer Strahlungsenergie i. V. m. der geplanten Bebauung sind in Abhängigkeit der Lage/ Ausrichtung der entsprechenden Nutzungseinheit dezentrale Lösungen denk- und realisierbar.

→ *Vor diesem Hintergrund wurde die dezentrale Nutzung von solarer Strahlungsenergie im Rahmen des Energiekonzeptes berücksichtigt.*

➤ **solarthermische Anlagen**

Grundvoraussetzung für die Errichtung von solarthermischen Anlagen ist ein relevanter Verbrauch an warmem Wasser in den Sommermonaten. Erfahrungsgemäß ist diese Möglichkeit, neben einer Eventualität in spezifisch gewerblich genutzten Gebäuden, insbesondere in Gebäuden mit Wohnnutzungen gegeben. Unter Berücksichtigung der Dachflächen- und Fassadengestaltung dieser Gebäude sowie i. V. m. der Verkehrsanlagenplanung (s.o.) sind dezentrale Solarthermie-Anlagen umsetzbar.

Generell sind solarthermische Anlagen mit einem Spitzenlastzeuger zu kombinieren. Als Spitzenlastzeuger dient das Fernwärmeverbundnetz.

Um das energetische Potential möglichst ganzjährig nutzen und von Synergien der Nutzungseinheiten profitieren zu können und damit die solare Deckung zu erhöhen, ist eine zentrale Wärmeverteilung und Speicherung in Betracht zu ziehen.

→ *Vor diesem Hintergrund wurde die Nutzung von solarer Strahlungsenergie über solarthermische Anlagen im Rahmen des Energiekonzeptes berücksichtigt.*

Biomasse

- Für die Wärmeversorgung der Liegenschaft wurde in Bezug auf die Nutzung von erneuerbaren Energien entsprechend der geltenden Gesetzmäßigkeiten im Rahmen der Vorabstimmung Biomasse als Brennstoff in Betracht gezogen. Wesentliche Nachteile der Technik, die diese Brennstoffe einsetzt, sind die erfahrungsgemäß hohen Investitions- und Wartungskosten sowie der große Platzbedarf für das Brennstofflager. Stehen für das Brennstofflager nur geringe Flächen zur Verfügung, generieren kleinere Brennstofflager ein erhöhtes Verkehrsaufkommen im Quartier.

Auch unter Berücksichtigung der relativ niedrigen Verbrauchskosten sowie des mit dieser Technik verbundenen, sehr geringen Primärenergiefaktors, der Nutzung eines CO₂-neutralen Brennstoffs, ist die Betrachtung einer Wärmeversorgung des Quartiers über diesen Brennstoff - insbesondere vor dem Hintergrund möglicher hoher Belastungen der Luftqualität im Innenstadtbereich - im Rahmen des Energiekonzeptes nicht vorzusehen.

→ *Die Nutzung von Pellets für die Wärmeversorgung der Liegenschaft wurde im Rahmen des Energiekonzeptes daher nicht betrachtet.*

Wärmepumpe über Erdsonden

- Diese Wärmeversorgungsvariante beschreibt eine Grundlastversorgung der Liegenschaft/ von Liegenschaftsteilen über oberflächennahe Geothermie und Verteilung der mittels Wärmepumpe bereiteten Wärme über ein örtliches Nahwärmenetz (Sekundärnetz der Fernwärme). Das Quartiers- Nahwärmenetz wird in diesem Zusammenhang vom Fernwärmeverbundnetz getrennt, d.h. es erfolgt eine hydraulische Entkopplung und Betreibung des Netzes auf einem niedrigeren Temperaturniveau. Folglich macht sich der Einsatz von Niedertemperatur- und Flächenheizungen in den zu versorgenden Gebäuden erforderlich.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie erfolgt in dieser betrachteten Variante über abzuteufende Erdsonden. Die Anzahl der Bohrmeter ist dabei von der sich ergebenden Leistungsanforderung der Liegenschaft/ der Liegenschaftsteile abhängig. Erfahrungsgemäß schlagen die Kosten für die Bohrungen investiv sehr stark zu Buche. Zudem beschränkt bei einer konventionellen Nutzung des Sondenfeldes die Überbauung von großen Flächen die zur Verfügung stehenden, nutzbaren Flächen für die Bohrungen.

Der wesentliche Vorteil einer Erdwärmenutzung liegt in einer kombinierten Nutzung quartierseigener Ressourcen. Durch integrierte Speichertechnologien kann eine hohe Grundlastversorgung des Quartiers erreicht werden. Zudem besteht die Möglichkeit, Anteile des Strombedarfs für die Betreibung der Wärmepumpen über regenerativ erzeugten Strom (aus Ressourcen der Liegenschaft) zu decken.

Als Spitzenlastherzeuger dient das Fernwärmeverbundnetz.

→ Vor diesem Hintergrund wurde die Nutzung von Geothermie im Rahmen des Energiekonzeptes Teil I berücksichtigt.

Wärmepumpe Entzugsmedium Umgebungsluft

- Zur Ergänzung des energetischen Konzepts auf der Basis einer Nutzung von Ressourcen der Liegenschaft ist im Rahmen der Vorabstimmung der Einsatz von strombetriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen diskutiert worden.

Vor dem Hintergrund, dass Luftwärmepumpen bei tieferen Außentemperaturen ($< 5\text{ °C}$) weniger effizient arbeiten und im Betreiben dieser Wärmepumpen mit für Wohnbebauung i. d. R. störenden Geräuschentwicklungen zu rechnen ist, stehen mit diesen beiden Fakten bedeutende Nachteile zu Buche. Daher ergeben sich in der Gesamtbewertung dieser Versorgungsvariante maßgebliche Kriterien, die zunächst gegen die Wärmeerzeugungsanlage Luft-Wasser-Wärmepumpe sprechen.

→ Vor dem Hintergrund der dargestellten Nachteile von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist im Rahmen des ersten Teils des Energiekonzeptes eine Betrachtung nicht vorgesehen.

In Kombination mit weiteren Wärmeerzeugern, die die Ressourcen der Liegenschaft nutzen, ist eine effiziente Betreibung von Luft-Wasser-Wärmepumpen denkbar. In diesem Fall wären die Wärmepumpen zu betreiben, sobald die Außentemperatur über 10 °C liegt. Zur weiteren Steigerung der Effizienz könnte im Quartier regenerativ erzeugte Elektroenergie zum Antrieb der Wärmepumpe dienen. Effiziente Einsatzmöglichkeiten könnten sich in der Einleitung der Umweltenergie in beispielsweise saisonale Erdspeicher oder aber zur Regeneration von Erdsondenfeldern, die in den Wintermonaten der Erdwärmenutzung dienen.

→ Die Möglichkeiten, die sich in einer Kombination mit weiteren Wärmeerzeugern zur Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen bieten, sollten im Blick auf eine klimaneutrale Versorgung des Quartiers aufgegriffen und näher betrachtet werden. Vor diesem Hintergrund sollten Luft-Wasser-Wärmepumpen im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II weiter betrachtet werden.

Wärmepumpe Abwärme Abwasser

- **Grundlage für die Beurteilung einer Abwärmenutzung aus Abwässern ist die Ermittlung des mittleren Trockenwetterabflusses auf der Basis einer prognostizierten Einwohnerzahl. Darauf aufbauend sind ein genügendes Wärmeangebot in einem Kanalisationsabschnitt, die Möglichkeit des Einbaus von Wärmetauschern und der Einsatz einer Wärmepumpe grundlegende Voraussetzungen.**

Im Optimum befindet sich die zu versorgende Nutzungseinheit/ das Gebäude in der Nähe eines großen Abwassersammlers.

Eine Klärung der Randparameter vorausgesetzt, ist Abwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen sehr gut geeignet. Die Temperaturen des Abwassers, als liegenschaftseigene Ressource, ermöglichen einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen.

Geeignete Wärme- Abnehmer können größere Gebäude bzw. Quartiersteile in der Nähe der Wärmequelle sein. Für einzelne kleine Gebäude und die Bereitstellung von Prozesswärme (i. d. R. hohe Vorlauftemperaturen nötig) sind Abwasser-Wärmepumpen hingegen nicht geeignet.

→ Aufgrund dessen, dass für diese Technologie in der Untersuchungsregion derzeit wenig Betriebserfahrung vorliegt, ist eine Betrachtung als separate Variante im Rahmen des Energiekonzeptes Teil I nicht vorgesehen.

→ Im Hinblick auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung (Energiekonzept Teil II) des Quartiers ist die dargestellte Wärmepumpentechnologie jedoch anhand eines Referenzprojektes innerhalb der geplanten Bebauung näher zu beleuchten.

Wärmepumpe gewerbliche Abwärme

- **Als weitere Möglichkeit zur Nutzung von liegenschaftseigenen Ressourcen ist die Verwertung von beispielsweise Abwärme zu nennen. Hintergrund ist die Herstellung und Nutzung von Synergien zwischen verschiedenen Gebäuden und Nutzern innerhalb des Quartiers bzw. ggf. unmittelbar angrenzender Liegenschaften.**

Aufgrund der Tatsache, dass die Frischluftversorgung gewerblich genutzter Bereiche/ teilweise der Wohnbebauung über mechanische Zu- und Abluftanlagen i. d. R. mit Wärmerückgewinnung realisiert wird, besteht lediglich dezentral die Möglichkeit, die Energiemengen für die Wärmeherzeugung zu reduzieren.

Darüber hinaus ist nicht davon auszugehen, dass wirtschaftlich sinnvoll nutzbare Abwärme „produziert“ wird, die auf dem Areal verbraucht werden könnte. Mögliche Synergien sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu erkennen.

→ Die Nutzung von Abwärme für die Wärmeversorgung des Areals wurde im Rahmen des Energiekonzeptes (Teil I) daher nicht weiter betrachtet.

Wärmepumpe Nutzung Abwärme „Cloud & Heat“/ Server- Abwärme SWL

- Neben den vorgenannten Varianten besteht die Möglichkeit einer Abwärmenutzung aus dem Betrieb von Servern.

Statt Abwärme beim Rechnen teuer weg zu kühlen, nutzen die Server von Cloud & Heat diese Energie, um Gebäude zu beheizen und mit Warmwasser zu versorgen. Miteinander vernetzt, bilden sie große Cloud-Rechenzentren. Dafür werden Hochleistungscomputer feuerfest und abgeschottet umhaust und in Wohn- und Bürohäuser gestellt. In den Gebäuden ist der Platz für die Server-Räume zur Verfügung zu stellen. Mit einer speziell für Serverhardware entwickelten Heißwasserkühlung ist es möglich, die entstehende Abwärme nutzbar zu machen.

Durch die Nutzung der Serverwärme werden Heiz- und Kühlenergie und in der Folge eine große Menge an CO₂ eingespart.

Diese dargestellte Möglichkeit der Wärmeversorgung offenbart ein Konzept, welches derzeit wenig erprobt ist. Es liegt wenig Betriebserfahrung vor. Die Nutzung von Abwärme aus der Betreibung von Rechenzentren trägt derzeit noch Pilotcharakter.

→ Vor diesem Hintergrund wird eine Betrachtung der dargestellten Möglichkeit als Wärmeversorgungsvariante im Rahmen des Energiekonzeptes daher nicht erfolgen.

Auf der Basis von geführten Abstimmungsgesprächen mit den Stadtwerken Leipzig wurde die Möglichkeit einer Abwärmenutzung aus dem Betrieb von Servern auf dem benachbarten Gelände der Stadtwerke Leipzig offenbart. Aus dieser Tatsache heraus ergibt sich somit die Aussicht einer Herstellung von Synergien zwischen vorhandenen Ressourcen benachbarter Nutzer und künftiger Quartiersnutzer.

→ Vorbehaltlich einer Prüfung, in welchem Umfang wirtschaftlich sinnvoll nutzbare Abwärme „produziert“ wird, die künftig auf dem Quartier des Freiladebahnhofes verbraucht werden könnte, ist eine weitere Betrachtung im Hinblick auf eine klimaneutrale Versorgung des Quartiers, somit als Baustein im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II, sinnvoll.

Erdgasversorgung der Stadtwerke Leipzig

- **Im Rahmen der Vorabstimmungen zu möglichen Wärmeversorgungsvarianten wurde die Möglichkeit eines Anschluss des Quartiers Freiladebahnhof an das Gasversorgungsnetz zur Betreibung von dezentralen Anlagen untersucht.**

Entsprechend¹ sind auf dem Gelände Gasversorgungsanlagen vorhanden. Zudem ist derzeit der gesamte südliche Betrachtungsbereich an die Gasversorgung angeschlossen. Entlang der Eutritzscher und Delitzscher Straße verläuft im Erschließungsgebiet eine Gashochdruckleitung. Es wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Gasversorgungsleitungen zukünftig nicht genutzt werden können. Daher ist die Neuverlegung von Gasversorgungsleitungen im Bereich der öffentlichen Straßen und Wege vorzusehen. Inwiefern die Versorgungsleitungen des südlichen Bereiches erhalten werden können, ist in der weiteren Planung zu klären. Entsprechend dem derzeit vorliegenden Städtebau- und Nutzungskonzept wird eine Trassenverlegung der Gashochdruckleitung H25 DN 500 St erforderlich werden.

Diese Maßnahmen sind mit erheblichen Investitionen verbunden.

Aufgrund des höheren Primärenergiefaktors, der mit diesem Brennstoff einhergeht, sind entsprechend der aktuellen Gesetzmäßigkeiten für die Wärmeversorgung der Neubauten Varianten zu berücksichtigen, die maßgeblich mit regenerativer/ hocheffizienter Technik kombiniert werden.

→ Die Nutzung von Erdgas in hocheffizienten Anlagen i. V. m. dezentralen Versorgungsvarianten ist im Energiekonzept zu betrachten.

- **Erdgas-Brennwert-Anlage**

Für die Wärmeversorgung der Liegenschaft wurde ebenso die Nutzung konventioneller Technik auf der Basis eines fossilen Brennstoffes im Rahmen der Vorabstimmung zur Diskussion gebracht. Als wesentlicher Nachteil ist der mit dieser Technik verbundene Primärenergiefaktor zu benennen. Darüber hinaus ist es im Kontext mit der Erfüllung der aktuellen Gesetzmäßigkeiten (EEWärmeG, EnEV) nur möglich, Gas-Brennwert-Anlagen in Kombination mit regenerativen Energien zu betreiben.

Auch vor dem Hintergrund, dass bei Einsatz dieser Technik wenig technische Flächen, geringe Investitionskosten und hohe Systemtemperaturen als wesentliche Vorteile zu benennen sind, schlagen die klimapolitischen Nachteile maßgeblicher zu Buche.

→ Die Wärmeversorgung der Liegenschaft wurde über Erdgas-Brennwert-Technik, auch in einer kombinierten Variante, im Rahmen des Energiekonzeptes aus den vorgenannten Gründen nicht betrachtet.

¹ Grundlagenermittlung Freiladebahnhof Eutritzscher Straße/ Delitzscher Straße, Arbeitsstand 17.06.2016 (seecon Ingenieure)

Fernwärme der Stadtwerke Leipzig

- **Motivation für die Betrachtung einer Wärmeversorgungsvariante über Fernwärme ist primär, dass diese in direkter Nähe anliegt und mit Hilfe von Investitionszuschüssen der Stadtwerke für die Erschließung kostengünstig in das Quartier gelegt werden kann. Das unmittelbar südlich des Quartiers Freiladebahnhof gelegene GUD-Heizkraftwerk in der Eutritzscher Straße bildet den Grundstock der Strom- und Fernwärmeversorgung der Stadt Leipzig. Gemäß dem Übersichtsplan Fernwärme der Stadtwerke Leipzig ist das Quartier „Freiladebahnhof“ als Fernwärmegebiet ausgewiesen. Vor diesem Hintergrund ist eine sichere Wärmeversorgung des Quartiers über kurze Distanzen mit Fernwärme möglich.**

Für das Fernwärmeversorgungssystem der Stadtwerke Leipzig wird mit einem Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)- Anteil von 99,6 Prozent ein sehr niedriger Primärenergiefaktor (0,31) zertifiziert (s. Anlage VI). Um eine Dekarbonisierung der Fernwärme perspektivisch zu erreichen, wird seitens der Stadtwerke die Möglichkeit benannt, liegenschaftseigene Ressourcen und Technologien, wie z. B. Power to Heat oder Solarthermie, zu integrieren und zu nutzen. Infolgedessen gehen mit einer Fernwärmeversorgung des Quartiers derzeit und künftig sehr niedrige CO₂-Emissionen einher, was eine Beförderung der Klimaschutzziele der Stadt Leipzig generiert.

Entsprechend Masterplanentwurf sind auf dem Gelände konkret im südöstlichen Bereich Fernwärmeversorgungsleitungen vorhanden. Diese queren in Ost-West-Richtung parallel zur Berliner Straße. Gegenwärtig werden Bestandsgebäude der Liegenschaft aus Richtung Roscherstraße mit Fernwärme versorgt. Im Masterplan ist die Neuverlegung von Fernwärmeversorgungsleitungen im Bereich der öffentlichen Straßen und Wege benannt.

Für den Anschluss des Areals an die Fernwärmeversorgung sind, wie dargestellt, insgesamt relativ kurze Distanzen (→ geringe Leitungsverluste) zu überbrücken. Die über Kraft-Wärme-Kopplung bereitete Fernwärme der Stadtwerke Leipzig bietet damit eine optimale Grundlage, um neben der Erfüllung der aktuellen Gesetzmäßigkeiten (EnEV, EEWärmeG), das Quartier flexibel bzw. in Kombination mit Ressourcen der Liegenschaft mit Wärme zu versorgen. Verhältnismäßig geringe Investitions- und Wartungskosten, ein geringer Platzbedarf der erforderlichen Technik sowie der Verzicht auf einen Schornstein sind darüber hinaus wesentliche Vorteile, die definitiv für die Nutzung der Fernwärme sprechen.

→ **Die Versorgung der Liegenschaft über Fernwärme (als Grund- und Spitzenlastversorgung oder aber als Spitzenlastversorgung in Kombination mit regenerativen Liegenschaftsressourcen) wurde daher im Energiekonzept betrachtet.**

3.1.2 Wärme und Elektroenergie

Kraft-Wärme-Kopplung über Erdgas

- Unter Zugrundelegung einer Erdgasversorgung des Areals wird mit dieser Variante die Möglichkeit einer Grundlastversorgung über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), als dezentrale Versorgung einzelner Objekte (→ als Referenzprojekt) avisiert.

Die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bietet sich bei einem größerem Wärmebedarf grundsätzlich an und ermöglicht eine sehr effiziente Brennstoffumsetzung. Zudem besteht die Möglichkeit die über das Blockheizkraftwerk erzeugte Elektroenergie auf der Liegenschaft zu verwenden. Aufgrund der hohen Vorlauftemperaturen, die mit KWK erreicht werden können, ist die Verteilung der Wärme – in Abhängigkeit der zu versorgenden Gebäude - über eine örtliche Nahwärmeleitung technisch problemlos möglich.

Im Zusammenhang mit dem Betrieb von KWK- Anlagen zur dezentralen Versorgung einzelner Objekte im Quartier ist der Vorbehalt der Fernwärmeverdrängung zu prüfen.

→ ***Die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung im Zusammenhang mit dem Betrieb eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) ist als dezentrale Versorgungsvariante (→ Referenzprojekt) im Energiekonzept zu betrachten.***

Kraft-Wärme-Kopplung über Bio-Erdgas

- Wie in der Variante ‚KWK über Erdgas‘ ist bei dieser Versorgungsvariante für eine dezentrale Grundlastversorgung eines Referenzobjektes mittels KWK über Bio-Erdgas eine Erdgasversorgung erforderlich.

Im Gegensatz zur vorgenannten Variante wird die erzeugte Elektroenergie komplett in das Netz des Energieversorgers eingespeist und nach EEG vergütet. Die Verwendung von selbst erzeugter Elektroenergie auf der Liegenschaft entfällt. Als negativer Aspekt dieser Versorgungsvariante stellt sich folglich der hohe Bezugspreis für das Bio-Erdgas dar. Darüber hinaus ergibt sich rein ökologisch betrachtet kein höherer Nutzen.

→ ***Vor dem Hintergrund der gesamtökologischen Bewertung dieser Variante wurde im Hinblick auf eine avisierte klimaneutrale Versorgung des Quartiers diese Variante der energetischen Versorgung im Energiekonzept nicht betrachtet.***

Brennstoffzelle

- Unter Zugrundelegung einer Erdgasversorgung des Areals wird mit dieser Variante die Möglichkeit einer Grundlastversorgung über Brennstoffzellentechnik, als dezentrale Versorgung einzelner Objekte (→ Referenzprojekt), avisiert.

Eine hohe Effizienz, eine gute Regelbarkeit der Leistungen und eine als umweltschonend und wartungsarm bezeichnete Technik werden als wesentliche Vorteile einer Grundlastversorgung über Brennstoffzellentechnik benannt.

Demgegenüber stehen relativ hohe Investitionskosten, eine geringe Lebensdauer (→ Wirkungsgradabnahme mit zunehmender Lebensdauer) und Technik, die sich insbesondere in den größeren Leistungsbereichen derzeit erst in der Markteinführung befindet.

→ Vor dem Hintergrund, dass die Markteinführung der Brennstoffzellen weiter voranschreiten wird und damit die dargestellten Nachteile perspektivisch in den Hintergrund treten werden, ist vorgesehen, die Variante als dezentrale Versorgungsvariante im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II (Energiekonzept zur klimaneutralen Wärmeversorgung) – als einen Baustein in der Gesamtversorgung des Quartiers - zu betrachten.

3.1.3 Elektroenergie

Photovoltaik

- **Dachanlage**

Im Rahmen der Vorabstimmung zum Energiekonzept wurde die Möglichkeit einer Grundlastversorgung über zu errichtende Photovoltaikanlagen dezentral auf den Dächern geplanter Gebäude diskutiert. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass etwaige Dachanlagen mit der beabsichtigten anteiligen Dachflächenbegrünung zu korrelieren haben. Zudem ist den im Kontext mit der Wärmegrundlastversorgung genannten Solarthermie- Anlagen Beachtung zu schenken.

Existierende Praxisbeispiele zeigen, dass sich eine Kombination aus Photovoltaik und Dachbegrünung nicht ausschließen muss. In diesem Zusammenhang bildet die flächig aufgebraute Dachbegrünung die Möglichkeit, die Aufständigung für die Module sturmfest und durchdringungsfrei auf der Dachfläche zu verankern. Darüber hinaus wird in der Literatur² erwähnt, dass Dachbegrünung durch die Kühlung der Solarmodule die Leistung der Photovoltaikanlage verbessern kann (bis 3 %).

² Energetische Nutzung von Regenwasser, Herausgeber: Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung, Darmstadt 2013

Dem potenziellen Mehrertrag steht gegenüber, dass die Vegetation nur dann erfolgreich wächst, wenn das Regenwasser von den Modulen kleinräumig auf die Begrünung geleitet wird und auch ausreichend Sonnenstrahlung übrig bleibt. Hier bieten sich semitransparente Solarmodule an.

In Verbindung mit der Errichtung von PV- Anlagen ist es aus der gesamtökologischen Betrachtung heraus sinnvoll, die erzeugte Elektroenergie überwiegend auf der Liegenschaft zu verbrauchen. In der Folge ist es – natürlich in Abhängigkeit des Anteils der Eigenstromnutzung - möglich, das Risiko der Entwicklung der Strompreise zu verringern. Mit der Eigennutzung der regenerativ erzeugten Elektroenergie lassen sich zudem, wie erwähnt, im Quartier hohe CO₂- Reduzierungen generieren.

Unter Zugrundelegung des derzeitigen Kenntnisstandes ist erfahrungsgemäß eine wirtschaftliche Betreibung der Anlage aufgrund der rückläufigen Einspeisevergütung bei einer Eigenstromversorgung eher als bei einer Einspeisung in das öffentliche Netz gegeben.

→ *Auf der Basis der vorgenannten umweltökologischen und wirtschaftlichen Aspekte wurde die Nutzung von solarer Strahlungsenergie zur Eigenstromversorgung über auf den Dächern zu planender Gebäude im Rahmen des Energiekonzeptes berücksichtigt.*

➤ **Nachbar- Dachanlage auf dem Gelände der Stadtwerke Leipzig**

Unter Zugrundelegung der Abstimmungsgespräche mit den Stadtwerken Leipzig wurde die Möglichkeit der Nutzung des über eine Bestandsanlage (260 kW_p auf dem Dach einer Kabelhalle (Nachbargrundstück SWL)) generierten Stromes genannt. Aus dieser Tatsache heraus ergibt sich die Aussicht einer Herstellung von Synergien zwischen vorhandenen Ressourcen benachbarter Nutzer und künftiger Quartiersnutzer.

→ *Vorbehaltlich einer Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist eine weitere Betrachtung im Hinblick auf eine klimaneutrale Versorgung des Quartiers, somit als Baustein im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II, sinnvoll.*

➤ **fassadenintegrierte Photovoltaikanlage**

In Ergänzung/ im Austausch zu dezentralen Photovoltaikanlagen auf den Dächern der geplanten Bebauung ist innerhalb des energetischen Konzeptes eine Betrachtung von fassadenintegrierten PV- Anlagen vorzunehmen. Hintergrund ist, maximale solare Erträge zu generieren, ohne der vorgesehenen Dachbegrünung maßgeblich Rechnung tragen zu müssen. Zudem können fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen aufgrund ihrer Farben- und Formenvielfalt darüber hinaus als Gestaltungselement dienen.

Wesentlicher Nachteil ist, dass mit fassadenintegrierten Anlagen Wirkungsgradeinbußen verbunden sind, die die Wirtschaftlichkeit dieser Photovoltaikanlagen in Frage stellen können. Diese Tatsache gilt es, im Rahmen des Energiekonzeptes zu untersuchen.

→ Vor dem Hintergrund maximale solare Erträge erzielen und auf der Liegenschaft verbrauchen zu können, wurde die Betrachtung von fassadenintegrierter Photovoltaik im Rahmen des Energiekonzeptes berücksichtigt.

➤ **Solar Tree**

In Ergänzung zu dezentralen Photovoltaikanlagen auf bzw. an zu errichtenden Gebäuden wurde im Zusammenhang mit der Erarbeitung des energetischen Konzeptes die Gewinnung von Solarenergie über sogenannte „Solarbäume“ diskutiert.

Diese Anlagen sind aufgrund ihrer Signalwirkung nach außen eher als ein architektonisches Gestaltungselement zu sehen. Solar Trees sind wenig verbreitet und tragen daher noch Modellcharakter. Die Erreichung der Wirtschaftlichkeit stellt damit ein Risiko in einer Realisierung dieser Variante dar.

→ Aufgrund des gegebenen Risikos hinsichtlich der Erreichung einer Wirtschaftlichkeit erfolgt auf der Basis der gemeinsamen Abstimmung keine weitere Betrachtung im Rahmen des Konzeptes zur energetischen Versorgung des Quartiers.

Kleinwindkraftanlagen

➤ **horizontale Achse**

Im Rahmen der Vorabstimmung zum Energiekonzept wurde ebenfalls die Möglichkeit einer regenerativen Erzeugung von Elektroenergie über Windkraft auf der Liegenschaft diskutiert. Mit dem verminderten Wirkungsgrad aufgrund der Geländerauhigkeit (innerstädtische Lage) und der erfahrungsgemäß geringen Akzeptanz der Horizontalläufer in der Bevölkerung sind zwei wesentliche Nachteile benannt, die maßgeblich gegen eine Betreibung von Windkraftanlagen – auch in einem kleineren Leistungsbereich – im Quartier sprechen.

Vorteile, wie tagesunabhängige Elektroenergieerzeugung bzw. die Erreichung hoher spezifischer CO₂- Reduzierungen, können die vorgenannten Nachteile an dieser Stelle nicht wesentlich kompensieren.

→ Aufgrund der genannten negativen Aspekte erfolgt keine weitere Betrachtung von Windkraftanlagen mit horizontaler Achse im Rahmen des Energiekonzeptes.

➤ **vertikale Achse**

Erfahrungsgemäß genießen vertikale Windkraftanlagen gegenüber den Horizontalläufern bei Einwohnern und Bevölkerung eine größere Akzeptanz. Nachteile, wie Schattenwurf und Geräuschentwicklungen werden, im Gegensatz zu horizontalen Anlagen, mit dem Betrieb von Vertikalläufern nicht in Verbindung gebracht.

Als eindeutige Nachteile werden im Vergleich beider Anlagentypen für vertikale Anlagen jedoch geringere Wirkungsgrade und Erträge genannt.

→ Vor dem Hintergrund einer größeren Akzeptanz sowie einer weniger störenden Wahrnehmung vertikaler Kleinwindkraftanlagen ist im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II eine weitere Betrachtung – z. B. als Modellanlage auf dem/n Dach/Dächern der Sporthalle/n - vorgesehen.

➤ **Windbäume**

Über diese Variante besteht die Möglichkeit, dezentrale Anlagen zur regenerativen Erzeugung von Elektroenergie über sogenannte „Windbäume“ zu ergänzen. Bei diesen Anlagen handelt es sich um künstliche Bäume, die mit kleinen, vertikalen Windkraftanlagen bestückt sind und Elektroenergie erzeugen.

Wie die „Solar Trees“ sind die Windbäume aufgrund ihrer Signalwirkung nach außen eher als ein architektonisches Gestaltungselement zu sehen. Windbäume sind derzeit noch wenig verbreitet und tragen daher Modellcharakter.

Die erzielbaren Wirkungsgrade sind nicht mit denen der vorgenannten Anlagen vergleichbar. Die Erreichung der Wirtschaftlichkeit stellt damit ein Risiko dar.

→ Aufgrund des gegebenen Risikos hinsichtlich der Erreichung einer Wirtschaftlichkeit erfolgt entsprechend der gemeinsamen Abstimmung keine weitere Betrachtung im Rahmen des Energiekonzeptes.

➤ **Windrail**

Diese „Kleinkraftwerke“ verwenden die liegenschaftseigenen Ressourcen Solar- und Windenergie in einer Anlage. Sogenannte Windrail- Anlagen nutzen zum einen die durch Druckunterschiede entstehenden Luftströmungen entlang der Fassade zum Dach am Gebäude. Zum anderen sind Windrail- Module mit Solar-PV Panels bestückt, mit der die Sonneneinstrahlung in Elektrizität umgewandelt wird. Es ist davon auszugehen, dass die Errichtung an hohen Gebäuden eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Windrail- Anlagen generiert. In diesem Zusammenhang ist jedoch

zu berücksichtigen, dass bei einer Anbringung an höheren Gebäuden mit höheren Windlasten/ dynamischen Lasten zu rechnen ist, die in der Regel statische Gebäudeertüchtigungen nach sich ziehen.

Aufgrund der guten Kühlung über die natürliche Windströmung ist davon auszugehen, dass der Wirkungsgrad der PV- Panels in den Sommermonaten steigt.

Mit Windrail- Anlagen ist es nicht nur möglich, dezentrale Anlagen zur regenerativen Erzeugung von Elektroenergie weiter zu ergänzen, sie sind darüber hinaus wirksam für die Repräsentation von Gebäuden: sie bieten Möglichkeiten für Werbe- und Beleuchtungsoptionen.

Dennoch ist in diesem Zusammenhang zu bemerken, dass aufgrund der derzeit noch sehr geringen Verbreitung von Windrail- Anlagen, diese Technik gegenwärtig noch Modellcharakter trägt und damit investiv relativ hoch zu Buche schlagen wird.

→ *Vor dem Hintergrund der weiteren Entwicklung dieser Technik und der damit voranschreitenden Etablierung auf dem Markt, soll eine weitere Betrachtung im Rahmen des Energiekonzeptes erfolgen.*

3.1.4 Wärme- Speicherung

Power to Heat

- Über Power to Heat- Speicherung (PtH) ist die Möglichkeit gegeben, überschüssige elektrische Energie aus regenerativen Energieträgern als Wärme zwischen zu speichern und für die Wärmeversorgung ergänzend zur Verfügung zu stellen.

Mit PtH- Speichern ist eine hohe Eigenstromnutzung möglich, darüber hinaus besteht die Möglichkeit, überschüssige Regenergie aus dem Stromnetz im Quartier zu nutzen. In der Folge kann über PtH das Stromnetz entlastet und stabilisiert werden.

Jedoch steht dieses Potential einer Wärmegrundlastversorgung nicht kontinuierlich zur Verfügung. Darüber hinaus ist die EEG- Umlage für selbstgenutzten Strom (aktuell 40 %) abzuführen. Klärungsbedarf besteht hinsichtlich der Bezugspreise für überschüssige Strommengen aus dem Netz des Energieversorgungsunternehmens, die maßgeblich über die Wirtschaftlichkeit dieses Systems entscheiden.

→ *Vor dem Hintergrund der benannten Vorteile ist im Hinblick auf eine klimaneutrale Versorgung des Quartiers eine weitere Betrachtung im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II avisiert.*

Eisspeichertechnologie

- Auf der Basis der nachfolgend beschriebenen Technologie wurde der Ansatz, die Wärmegrundlastversorgung von Gebäuden/ Quartiersteilen über weitere innovative, zukunftsweisende Anlagentechnik zu realisieren, diskutiert. Die in diesem Fall zur Verfügung stehende Eisspeichertechnologie kombiniert mit einer Wärmepumpe nutzt im Falle der Wärmeversorgung die Kristallisationswärme, die frei wird, wenn ein Stoff seinen Aggregatzustand von flüssig nach fest ändert. Darüber hinaus kann bei vollständiger Vereisung am Ende der Heizperiode der Speicher unterstützend zur Kühlung genutzt werden.

Die Eisspeichertechnologie ist insbesondere in größeren Leistungsbereichen noch wenig erprobt und trägt folglich noch Modellcharakter. Vor diesem Hintergrund sind bei einer Realisierung der Eisspeichertechnologie mögliche Hindernisse relevant. Da diese Anlagentechnik darüber hinaus in den derzeitigen Gesetzesvorschriften (EEWärmeG, EnEV) noch keine Berücksichtigung findet, sind auf der Basis des derzeitigen Kenntnisstandes ebenso gesetzliche Barrieren einzuplanen.

→ Vor diesem Hintergrund wurde eine dezentrale Wärmegrundlastversorgung über diese innovative, zukunftsweisende Technologie in einem bi-/ multivalenten System im Energiekonzept nicht berücksichtigt.

saisonalen Erdwärmespeicher

- In der Vorabstimmung und konzeptionellen Phase des Energiekonzeptes wurde die **Möglichkeit einer Speicherung überschüssiger thermischer Energie in einem Erdspeicher³, der i.d.R. unter der Bodenplatte gebaut wird, diskutiert. Der Erdspeicher besteht aus mehreren Schichten Erdreich, durch die ein Leitungssystem verlegt wird. Gefüllt mit einem Wärmeträgermedium dient es zur Wärmeübertragung in das Erdreich. Überschüssige und niedrige Temperaturerträge von verschiedenen Wärmequellen (Solaranlage, Abwärme,...) können zwischengespeichert werden und bei Bedarf über eine Wärmepumpe dem Heizsystem zugeführt werden. Aufgrund der Tatsache, dass der Speicher über das Jahr eine Temperatur zwischen +5 °C und +23 °C aufweist, steht der Wärmepumpe damit eine deutlich höhere Quelltemperatur zur Verfügung.**

Wesentlicher Vorteil des Speichersystems ist die ganzjährige Nutzbarkeit (Heizen, Kühlen). Darüber hinaus können aufgrund der höheren Quelltemperatur eine höhere Effizienz in der Betreibung der Wärmepumpe und vergleichsweise geringere Verbrauchskosten erreicht werden. Zudem wird durch die permanente Abnahme der Wärme aus den Kollektoren (→ Einleitung in den saisonalen Speicher) deren Verschleiß vermindert.

Im Sommerfall ist über dieses System die Einbindung einer passiven Kühlung, als Grundlastversorgung, möglich.

³ Produktbeschreibung deematrix Energiesysteme GmbH

Mit der Errichtung eines saisonalen Erdwärmespeichers sind relativ hohe Investitionskosten verbunden, die damit an dieser Stelle als wesentlicher Nachteil genannt werden müssen. Die Speicherfähigkeit des Erdspeichers ist insbesondere bei offenen Systemen maßgeblich von den Untergrundverhältnissen abhängig, sodass ungünstige Untergrundverhältnisse den Wirkungsgrad maßgeblich verschlechtern können. Zudem ist für die Errichtung des Speichers ein hoher Platzbedarf erforderlich, der ggf. in Konkurrenz zu der zu bebauenden Fläche steht.

→ *Um die nur temporär zur Verfügung stehenden, regenerativen Liegenschaftsressourcen dem Quartier im Bedarfsfall möglichst kontinuierlich bereitstellen zu können, ist eine Speicherung unumgänglich. Mit einem Erdwärmespeicher ist es möglich, diese un stetigen Energieerträge so zu speichern, dass sie nahezu zu jeder Zeit abgerufen werden können. Vor diesem Hintergrund wurde dieses System im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II berücksichtigt.*

3.1.5 Elektroenergie- Speicherung

Batteriespeicher

- Hintergrund des Einsatzes von Batteriespeichern auf der Liegenschaft ist, einen Großteil der aus dem Betrieb von Photovoltaikanlagen, von Kleinwindkraftanlagen und/oder der aus Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Elektroenergie auf der Liegenschaft selbst zu verwenden. Damit kann nicht nur ein hoher Nutzungsgrad liegenschaftseigener Ressourcen erreicht, sondern darüber hinaus kann das Risiko der Strompreisentwicklung für die Nutzer im Quartier verringert werden. Darüber hinaus kann mit Batteriespeichern das Stromnetz entlastet werden.

Um die aus dem Betrieb der vorgenannten Anlagen erzeugte Elektroenergie überwiegend auf der Liegenschaft verwenden zu können und nur geringe Anteile einspeisen zu müssen, ist eine Speicherung unumgänglich. Jedoch sind Batteriespeicher derzeit noch mit relativ hohen Investitionskosten verbunden. Aufgrund begrenzter Haltbarkeiten sind darüber hinaus mittelfristig Reinvestitionen vakant, die damit die Wirtschaftlichkeit eines Batteriespeichersystems in Frage stellen können.

→ *Aufgrund der Tatsache, dass die Entwicklung der Batteriespeicher weiter voranschreiten und damit auch eine Entwicklung hinsichtlich Technik und Kosten einhergehen wird, ist eine Berücksichtigung im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II damit unumgänglich.*

3.2 Ergebnisse der Vorabstimmung

In der nachfolgenden Tabelle sind die dargestellten Maßnahmen zusammengefasst dargestellt und im Hinblick auf ihre weitere Berücksichtigung bewertet:

Tabelle 1: weitere Betrachtung der vorgestellten Maßnahmen (EK Teil I)

Maßnahme	Energiekonzept Teil I	Energiekonzept Teil II	keine weitere Betrachtung
Solarthermie	X	X	
Biomasse			X
Wärmepumpe über Erdwärme	X	X	
Wärmepumpe über Umgebungsluft		X	
Wärmepumpe Abwärme Abwasser		X	
Wärmepumpe Abwärme Server		X	
Erdgasversorgung		X	
Erdgas-Brennwert-Anlage			X
Fernwärme	X	X	
Kraft-Wärme-Kopplung über Erdgas		X	
Kraft-Wärme-Kopplung über Bio-Erdgas			X
Brennstoffzellentechnik		X	
PV- Anlage (Dach)	X		
PV- Anlage (Fassade)	X		
Solar Tree			X
Kleinwindkraftanlage horizontal			X
Kleinwindkraftanlage vertikal		X	
Windbäume			X
Windrail		X	
Power to Heat		X	
Eisspeicher			X
saisonalen Erdwärmespeicher		X	
Batteriespeicher		X	

Im Ergebnis der Vorabstimmung zu den technischen Lösungsansätzen sind unter Berücksichtigung der vorgenannten Kriterien sowie zusammengefasst entsprechend Tabelle 1 folgende Versorgungsvarianten für die Nutzungseinheiten des Quartiers im Rahmen des Energiekonzeptes Teil I hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu vergleichen:

A - Wärme

Variante 1: Grund- und Spitzenlastversorgung über Fernwärme

Variante 2: Solarthermie/ Wärmepumpe über Erdwärme in Kombination mit Fernwärme

B - Strom

Variante: Photovoltaik (Dach und Fassade) zur Eigenstromversorgung sowie Einspeisung von Überschüssen in das Netz des EVU

Motivation dieser Varianten zur energetischen Quartiersversorgung ist darüber hinaus die Möglichkeit der Weiterentwicklung und Überführung des Energiekonzeptes (Teil I) in ein Klimaneutrales Energiekonzept (Teil II). Die Erarbeitung des Klimaneutralen Energiekonzeptes (Teil II) ist nicht Gegenstand der Untersuchungen zum Teil I.

Auf der Basis der dargestellten Grundlagen der relevanten Varianten erfolgt im folgenden Energiekonzept Teil I die Erläuterung aller Für und Wider und im Kapitel „Fazit“ die Beschreibung der wirtschaftlichsten Variante.

Im Rahmen der Erarbeitung des Klimaneutralen Energiekonzeptes Teil II werden Kombinationen aus den in obiger Tabelle aufgeführten Maßnahmen sowie den vorgenannten Varianten gegenüber gestellt werden.

3.3 Energiestandards/ Energieeffizienzmaßnahmen im Quartier Freiladebahnhof

Energiestandard

Die Realisierung des Bauvorhabens ist nach derzeitigem Kenntnisstand entsprechend dem Anforderungsniveau der zum Zeitpunkt der Einreichung der Bauantragsunterlagen gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) vorgesehen. Die Erzielung des Primärenergiekriteriums wird in diesem Zusammenhang maßgeblich von den verwendeten Energieträgern für Heizung und Warmwasserbereitung sowie von der Qualität der thermischen Hülle bestimmt. Da es sich um die Errichtung von Neubauten handelt, sind neben der EnEV auch die Forderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) einzuhalten, welches die Nutzung erneuerbarer Energien vorschreibt. Dies wird mit den im Rahmen des Energiekonzeptes betrachteten Versorgungsvarianten umgesetzt.

Mit der EnEV und dem EEWärmeG gelten für die energetischen Anforderungen an Gebäuden damit aktuell zwei Regelwerke, die, aufgrund der nicht vollständigen Abstimmung untereinander, bei Anwendung und Vollzug in der Vergangenheit zu Problemen führten. Daher wird für die Errichtung neuer Gebäude künftig ein einheitliches Anforderungssystem (Gebäudeenergiegesetz (GEG)), in dem Energieeffizienz und Erneuerbare Energien integriert sind, avisiert. Entsprechend dem Referentenentwurf folgen die ordnungsrechtlichen Vorgaben weiterhin dem Ansatz, den Primärenergiebedarf von Gebäuden gering zu halten und dazu den Energiebedarf eines Gebäudes von vorneherein durch einen energetisch hochwertigen baulichen Wärmeschutz (insbesondere durch gute Dämmung, gute Fenster und Vermeidung von Wärmebrückenverlusten) zu begrenzen sowie den verbleibenden Energiebedarf zunehmend durch erneuerbare Energien zu decken. Hintergrund ist, durch einen hochwertigen baulichen Wärmeschutz sicherzustellen, dass auch Erneuerbare Energien so effizient wie möglich genutzt werden.

Der derzeit vorliegende Entwurf zum GEG enthält keine Verschärfung der energetischen Standards für den privaten Neubau. Der Entwurf setzt die EU-Gebäuderichtlinie für öffentliche Nichtwohngebäude um. Diesen kommt eine Vorbildfunktion zu, d.h. öffentliche Nichtwohngebäude müssen ab 2019 als Niedrigstenergiegebäude ausgeführt werden. Der Standard für Niedrigstenergiegebäude für den privaten Neubau ist in der nächsten Legislaturperiode avisiert, um die EU-Gebäuderichtlinie bis 2021 umzusetzen. Wie dieser Standard aussehen wird, ist derzeit offen.

Der konkrete Termin der Verabschiedung des Gesetzes liegt derzeit noch nicht vor.

Smart home/ Gebäudeautomatisierung

Für das Quartier „Freiladebahnhof“ wird die Struktur für ein intelligentes bedarfsgerechtes und energieeffizientes Automatisierungssystem im Hinblick einer optimalen Regelung und Überwachung der technischen Anlagen zur Verfügung gestellt. Hintergrund ist, alle energetischen Bereiche des jeweiligen Gebäudes (→ Optimierung des Energieverbrauches) automatisiert zu vernetzen. Durch das Zusammenspiel von individueller Raumautomation und einer zentral gesteuerten Automation des Objektes ist eine maximale Effizienz erzielbar.

Wärmeverteilung

Für die optimale Wärmeversorgung in den Gebäuden wird energieeffiziente Technik eingesetzt, die jedes Heizungssystem auf ein optimales Leistungsniveau steuert. An dieser Stelle werden dezentrale Pumpensysteme genannt, die die Wärmeverteilung in den Gebäuden genau an den Bedarf der jeweiligen Raumnutzer anpassen (→Thermostatventile, zur Regelung des Massenstroms in konventionellen Heizsystemen verwendet, erübrigen sich). Im Ergebnis kann Wärme genau dann zur Verfügung gestellt werden, wenn sie tatsächlich gebraucht wird. Die zu beheizenden Räume werden so individuell und exakt zum richtigen Zeitpunkt auf ihre Wunschtemperaturen gebracht und bei wechselnden Bedingungen präzise gehalten (z.B. im Fall zusätzlicher Wärmequellen).

Lüftung

Die Frischluftversorgung der relevanten Gebäude wird entsprechend Erfordernis über eine mechanische Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung vorgenommen. Mit diesem System ist es möglich, die Energiemengen für die Wärmeerzeugung im Winter zu reduzieren. Zum Einsatz kommen in diesem Zusammenhang Lüftungsanlagen mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung von mindestens 80%.

Beleuchtung

Unter Zugrundelegung einer maximalen Ausnutzung des Tageslichtes werden die Beleuchtungskonzepte der Nutzungseinheiten des Quartiers den aktuellsten Energiestandards angelehnt. Denkbar ist der Einsatz von LEDs oder hocheffizienten Leuchtstoffröhren. Durch eine intelligente Bussteuerung wird über entsprechende Sensoren die Beleuchtung tageslicht- und präsenzabhängig geregelt. Damit kann man in den Nutzungseinheiten dem Beleuchtungsbedarf optimal und zweckentsprechend und vor allem energiesparend gerecht werden.

Für öffentliche Bereiche ist eine intelligente Lichtsteuerung avisiert. Überall dort, wo in den Nachtstunden Straßen, Radwege oder Plätze wenig frequentiert sind, können LED-Straßenleuchten mit einem energieeffizienten intelligenten Lichtsteuerungssystem ausgestattet und damit ereignisgesteuert gedimmt werden: LED Leuchten werden auf eine sehr geringe Grundhelligkeit eingestellt. Passieren Fußgänger, Zweirad- oder Autofahrer die Straße, werden sie von den an den Leuchten angebrachten Sensoren erfasst, die Beleuchtung verstärkt sich automatisch und fährt in

das zuvor programmierte Beleuchtungsniveau hoch. Das Signal wird an die nächste Leuchte weitergegeben, die ebenfalls hochfährt. Das Licht begleitet so den Verkehrsteilnehmer auf seinem Weg. Nach der vom Betreiber eingestellten Haltezeit fahren die Leuchten wieder zurück, bis sie ihre programmierte Grundhelligkeit erreicht haben.

Thermische Hülle

Die Ausbildung der thermischen Hülle ist entsprechend den Vorgaben/ dem Anforderungsniveau der entsprechend gültigen EnEV avisiert. Es ist in diesem Zusammenhang vorgesehen, die thermische Hülle so auszubilden, dass im Winter das Gebäudeinnere warm gehalten und im Sommer die Zufuhr von Wärme über die Gebäudehülle reduziert wird.

Diese Möglichkeit einer dauerhaften Erzielung eines angenehmen Raumklimas in den Gebäuden ist durch die Verwendung von Putz mit klimaregulierender Wirkung zu erreichen. Bei dem Putz handelt es sich um einen Gips-Maschinenputz mit integriertem Wärmespeicher. Als Wärmespeicher fungieren Phasenwechselmaterialien (PCM - phase change material). Der Klimaputz nutzt mikroverkapseltes Paraffin (Wachs) als PCM. Dieses Material schmilzt bei 23 bis 26 °C und nimmt dabei größere Mengen an Wärme aus dem Raum auf. Da dieser Vorgang keine fühlbaren Temperaturänderungen im Putz zur Folge hat, spricht man auch von „latenter Wärme“. Der latente Wärmespeicher ist erschöpft, wenn sämtliches Material in den PCM-Kapseln geschmolzen ist.

Damit der Klimaputz seine Wirkung jeden Tag entfalten kann, muss er sich während der kühlen Nachtstunden entladen. Dann gibt das Paraffin seine gespeicherte Wärme wieder ab und erhärtet dabei erneut. Dafür sollten die Räume ausreichend belüftet sein.

Das Zusammenspiel einer bedarfsgerechten Regelung und der energetisch optimal gedämmten Außenhüllen der Gebäude stellt ein sehr effizientes und damit nachhaltiges System dar, welches hilft, erheblich Heizenergie und damit Kosten zu sparen und darüber hinaus maßgeblich die Umwelt zu schonen.

Für das Quartier Freiladebahnhof wird im Folgenden ein Energiekonzept (Teil I) mit Gegenüberstellung von möglichen, energetischen Versorgungsvarianten erarbeitet, welches auf der Basis der dargestellten energieeffizienten Maßnahmen optimal an die Gegebenheiten und Nutzungseinheiten angepasst sein wird. Übergeordnete Gebäudeleittechnik wird ein optimales Energiemanagement, angepasst an die Bedürfnisse der jeweiligen Nutzungseinheit, ermöglichen. Damit kann ein energetischer und umwelttechnischer Standard erreicht werden, welcher sich durch einen hohen Stand an Wissenschaft und Technik bei gleichzeitig wirtschaftlich vertretbarem Aufwand auszeichnet. Dies bildet die Basis für die Entwicklung eines modernen und effizienten Quartiers.

Vor dem Hintergrund der stetigen Steigerung der Energiekosten werden im Rahmen des nachfolgenden Energiekonzeptes Varianten gegenübergestellt, die die späteren Betriebskosten nachhaltig positiv beeinflussen. In Verbindung mit den aufgezeigten energieeffizienten Maßnahmen wird den globalen politischen Forderungen nach zukunftssicherer und klimafreundlicher Energiegewinnung maßgeblich Rechnung getragen.

Unter Zugrundelegung der Aufgabenstellung die notwendige Energie für die Heizung und Warmwasserbereitung CO₂-neutral zu gewinnen, wird das im Folgenden erstellte Energiekonzept

(Teil I) in einem Energiekonzept Teil II mit dem Schwerpunkt Klimaneutralität fortgeschrieben werden.

3.4 Betreiber- und Vermarktungsmodelle

Contracting

- Im Zusammenhang mit dem Erwerb der technischen Anlagen und der Veräußerung der erzeugten Energie stehen verschiedene Contracting- Modelle zur Verfügung.

Im Energieliefer- Contracting übernimmt der Contractor die Investitionskosten für die jeweilige Energieversorgungsanlage. Über einen festgelegten Vertragszeitraum liefert der Contractor erzeugte Nutzenergie wie Wärme, Strom und/ oder Kälte zu fest vereinbarten Preiskonditionen. Zudem übernimmt der Contractor Betrieb, Wartung und Instandhaltung der Anlage. Die Vergütung des Contractors erfolgt über das Entgelt für die gelieferte Nutzenergie. Das wirtschaftliche Interesse des Contractors besteht in einer energieeffizienten Betreuung der Anlage. Am Ende einer vereinbarten Vertragslaufzeit kann der Auftraggeber die Heizanlage in den eigenen Betrieb übernehmen oder das Energieliefer- Contracting neu ausschreiben⁴.

Mieterstrommodelle

- Bei einem Mieterstrommodell wird in Abhängigkeit der Anlage z.B. das Dach vom Gebäudeeigentümer an ein Unternehmen, eine Energiegenossenschaft oder ein Stadtwerk verpachtet, welches beispielsweise eine Photovoltaikanlage errichtet, betreibt und die Mieter mit dem günstigeren Strom beliefert. Somit bleibt der von der Solaranlage erzeugte Strom im Gebäude und wird weitestgehend dort verbraucht. Hierdurch entfallen die Netznutzungsgebühren, sodass für dezentralen und ökologischen Strom ein Preisvorteil erzielt werden kann. Um die in Summe eingesparten Netznutzungsentgelte für Strom von außen zu ermitteln, verfügt die errichtete Anlage über einen zentralen Zähler an der Übergabestelle, somit als Schnittstelle zum öffentlichen Versorgungsnetz.

Solarstromüberschüsse werden eingespeist und im Rahmen des EEG vergütet. Liefert die Solaranlage bei bedecktem Himmel nicht genug Elektrizität, bekommen die Mieter automatisch Strom aus dem Netz. Die Abrechnung des bezogenen Stromes erfolgt ebenfalls nur über eine Stromrechnung.

Diese Modelle verhelfen, Mieter von Mehrfamilienhäusern aktiv an der Energiewende partizipieren zu lassen und die Akzeptanz für nachhaltige und ökologische Energiegewinnung zu erhöhen.

⁴ siehe auch „Kompetenzzentrum Contracting für Gebäude“, dena

4 Grundlagen

4.1 Nutzungseinheiten

Für die Darstellung der Quartiersgrundlagen dienen die Städtebaulichen Berechnungen des Testentwurfes (Stand 29.11.2016). Wie im Kapitel 1 dargestellt, ist im Plangebiet eine Nutzungsmischung aus Wohnen (ca. 70 %), Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung (ca. 20 %) und Gemeinbedarf (ca. 10 %) angestrebt.

Auf der Basis einer angenommenen Bruttogeschossfläche (BGF) ergeben sich entsprechend der vorgenannten Unterlage folgende Anteile:

Tabelle 2: Nutzungsverteilung und Bruttogeschossflächen

Nutzung	Nutzungsverteilung, überschlägig [%]	BGF, ca. [m ²]
Wohnen	70	228.000
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	65.000
Gemeinbedarf	10	32.000
Summe	100	325.000

Gemäß einer Abstimmung mit den Stadtwerken Leipzig/ der Netz Leipzig GmbH wurde für die Fernwärmeerschließung eine dezentrale Variante für die Versorgung der einzelnen Nutzungseinheiten des Quartiers (Grundvariante) und eine weitere dezentrale Versorgungsvariante (Vergleichsvariante) als Spitzenlast zu einer regenerativen Grundlastversorgung der Nutzungseinheiten des Quartiers vorgestellt. Die Fernwärme- bzw. Fernwärme-kombinierte Variante sind in den Lageplänen in Anlage II dargestellt.

Die Kosten der vorgenannten Erschließungsvarianten sind den Tabellen in Anlage IV zu entnehmen.

4.2 Wärme

4.2.1 Grundlagen für die überschlägige Heizlast- und Wärmebedarfsermittlung

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Liegenschaftsdaten bildeten zunächst entsprechend dem vorgenannten Testentwurf die geplanten Nutzungen relevanter Gebäude des Quartiers.

Für die überschlägige Ermittlung der Heizlast wurde eine durchschnittliche spezifische Heizlast von 40 W/m² angenommen. Dieser spezifische Flächenansatz setzt sich aus einer spezifischen Heizlast bezogen auf die BGF, dem Anteil für Lüftung (mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung) sowie einem Anteil für die Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Für die überschlägige Ermittlung der Wärmebedarfsdaten wurden folgende geschätzten Volllaststunden/ Jahr zugrunde gelegt:

Die Volllaststunden der Heizung werden sich schätzungsweise auf 2000 Stunden für Wohnen, auf 1700 Stunden für Gewerbe, auf 1300 Stunden für die Kita und 1200 Stunden für Schulen aufsummieren.

4.2.2 Leistungsdaten und Verbräuche - Wärme

Für die Erarbeitung der Wärmebedarfsdaten wurden entsprechend der vorgesehenen Nutzungen (entsprechend vorliegendem Testentwurf) Volllaststunden (Erfahrungswerte bzw. in Anlehnung an VDI 2067) zugrunde gelegt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Heizlasten und die Wärmebedarfswerte des Areals auf der Basis der anteiligen Bruttogeschossflächen aufgeführt:

Tabelle 3: Heizlast und Wärmebedarfswerte

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF, ca. [m ²]	Heizlast Gebäude, ca. [kW]	Wärmebedarf, ca. [MWh/a]
Wohnen	70	228.000	9.000	18.000
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	65.000	3.000	5.000
Gemeinbedarf	10	32.000	1.000	2.000
Summe	100	325.000	13.000	25.000

Unter Zugrundelegung der o. a. Tabelle wurde überschlägig eine **Gesamtwärmeleistung von rd. 13 MW** ermittelt. Entsprechend der o. a., angenommenen Volllaststunden ergibt sich ein **jährlicher Wärmebedarf von rd. 25.000 MWh**.

In Anlage III befinden sich die benötigten Leistungen und Energiemengen des Areals im Detail.

4.3 Kälte

4.3.1 Grundlagen für eine überschlägige Kühllast- und Kühlbedarfsermittlung

Wie bereits in Kapitel 1 dargestellt, besteht unter Zugrundelegung des derzeitigen Kenntnisstandes auf der Gesamtliegenschaft ein eher untergeordneter Bedarf an Kälte. Vor diesem Hintergrund ist vorgesehen, das Thema Kälteversorgung zu einem späteren Zeitpunkt (ggf. Energiekonzept Teil II) näher zu beleuchten und aus den Untersuchungen zum Energiekonzept Teil I zunächst auszuklammern.

Um im Rahmen dieses frühen Planungsstadiums in der Gesamtbetrachtung des Quartiers einen überschlägigen Ansatz wählen zu können, wurden für das Thema Kälte grob abgeschätzte Leistungs- und Bedarfsdaten ermittelt. Für die überschlägige Ermittlung einer Kühllast wurde auf der Basis der geplanten Nutzung der Gebäude ein prozentualer Anteil gekühlter Flächen angenommen. In diesem Zusammenhang wurden sowohl Flächen mit Nichtwohnnutzung (Gewerbe: Anteil überschlägig 50 %, Schulgebäude: Anteil überschlägig 3 %) berücksichtigt, als auch anteilig 10 % der Flächen mit Wohnnutzungen im höherwertigerem Wohnungsbau.

Grundlagen bildeten damit zum einen der angenommene prozentuale Ansatz möglicher zu kühlender Flächen sowie zum anderen eine abgeschätzte durchschnittliche spezifische Kühllast von 50 W/m². Etwaige Prozesskühlung im Rahmen der gewerblichen Nutzung ist an dieser Stelle nicht berücksichtigt worden.

Für die überschlägige Ermittlung der Kühlbedarfe wurden folgende geschätzten Volllaststunden/Jahr zugrunde gelegt (Erfahrungswerte bzw. in Anlehnung an VDI 2067):

Gewerbe mit 400 Volllaststunden, Wohnen mit 100 Volllaststunden und Schulen, (Schulgebäude) mit 300 Volllaststunden.

4.3.2 Leistungsdaten und Verbräuche - Kälte

In der nachfolgenden Tabelle sind etwaige Kühllasten und Bedarfswerte des Quartiers auf der Basis der anteiligen Bruttogeschossflächen aufgeführt:

Tabelle 4: Kühllast und Kühlbedarfswerte

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF gekühlt, angen. [m ²]	Kühllast Gebäude, ca. [kW]	Kühlbedarf, ca. [MWh/a]
Wohnen	70	16.000	800	80
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	11.000	600	250
Gemeinbedarf	10	1.000	100	20
Summe	100	28.000	1.500	350

Unter Zugrundelegung der o. a. Tabelle wurde überschlägig eine **Gesamtkühlleistung von rd. 1,5 MW** ermittelt. Entsprechend der o. a., angenommenen Volllaststunden ergibt sich ein **jährlicher Kühlbedarf von rd. 350 MWh**. Die vorgenannte Leistung basiert auf der Annahme, dass Kälteanlagen der Raumluftkühlung dienen. Prozesskühlung wurde nicht berücksichtigt.

In Anlage III sind die überschlägig ermittelten Leistungsdaten und Energiemengen im Quartier im Detail aufgeführt.

4.4 Strom

4.4.1 Grundlagen für die überschlägige Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung

Basis für die Ermittlung der Liegenschaftsdaten bildeten zunächst entsprechend dem vorgenannten Testentwurf die aufgeführten Wohneinheiten gemäß den Wohngebäuden des Quartiers. Darauf aufbauend wurde eine durchschnittliche Wohnungsgröße von 75 m² „definiert“. Zudem wurde für die Wohnflächen folgende Annahme für die Aufteilung der Flächen vorgenommen:

20 % Allgemeinflächen (Flure, Keller, Technik)

80 % Wohnungen

Für die überschlägige Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung der gewerblich genutzten Flächen wurden 15 kW Anschlussleistung pro gewerbliche Fläche (ca. 400 m²) angenommen.

4.4.2 Leistungsdaten - Strom

In der nachfolgenden Tabelle ist die elektrische Anschlussleistung des Quartiers auf der Basis der anteiligen Bruttogeschossflächen aufgeführt:

Tabelle 5: Elektrische Anschlussleistung

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF, ca. [m ²]	Anzahl WE, überschlägig	elektrische Anschlussleistung, überschlägig [kW]
Wohnen	70	228.000	2.600	8.000
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	65.000	-	1.000
Gemeinbedarf	10	32.000	-	500
Summe	100	325.000	2.600	9.500

zzgl. Leistung für Kälte

5 Erarbeitung technischer Lösungsansätze

5.1 Varianten Wärmeversorgung

Wesentliche Grundlage für die Erarbeitung energetischer Wärmeversorgungsvarianten des Quartiers bildete das vorhandene, gut ausgebaute Fernwärmenetz der Stadtwerke Leipzig. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Kapitel 3 (Tabelle 1) erfolgt die Kombination durch dezentrale Versorgungslösungen, bestehend aus erneuerbaren Energien (Grundlastversorgung). Bestandteil des nachfolgenden Energiekonzepts ist die Gegenüberstellung von Wärmeversorgungsvarianten, die sich damit in der Grundlastversorgung unterscheiden.

Tabelle 6: Varianten

Variante	Grundlast	Spitzenlast	Energieverteilung
Wärme			
1 (Grundvariante)	Fernwärme		dezentrale Wärmeversorgung der Nutzungseinheiten über eine neue Haupttrasse
2 (Vergleichsvariante)	Solarthermie, Wärmepumpe über Erdwärme	Fernwärme	dezentrale Wärmeversorgung „definierter“ Nutzungseinheiten (lokale Nahwärmelösungen) in Kombination mit 1

5.1.1 Leistungsdaten entsprechend der Wärmeversorgungsvarianten

In der nachfolgenden Tabelle 7 sind die Varianten mit den Leistungsdaten dargestellt:

Tabelle 7: Heizlast entsprechend der Varianten

Variante	Erzeugertechnik/ Versorgung über	Wärmeleistung ca. [kW]
1	Fernwärme	13.000
2	Solarthermie Wärmepumpe über Erdwärme Fernwärme	1.500 – 2.000 1.200 11.800

5.2 Variante Elektroenergieversorgung

In Bezug auf die Elektroenergieversorgung des Quartiers steht das Versorgungsnetz des örtlichen Energieversorgers zur Verfügung. Ergänzend zu der Wärmeversorgungsvariante 2 ist die dezentrale Grundlastversorgung mit regenerativ erzeugter Elektroenergie, als Elektroenergieversorgungsvariante im Rahmen des 1. Teils des Energiekonzeptes, vorgesehen. In der nachfolgenden Tabelle 8 ist die Variante zur Elektroenergieversorgung des Quartiers dargestellt.

Tabelle 8: Variante

Variante	Grundlast	Spitzenlast
Elektroenergie		
Variante	Photovoltaik (dezentral)	EVU

5.2.1 Leistungsdaten (ELT)

Die im Folgenden aufgeführte Tabelle 9 zeigt die Leistungsdaten zur Elektroenergieversorgung sowie den maximal möglichen Gesamtleistungsanteil von regenerativ erzeugter Elektroenergie über Photovoltaikanlagen im Quartier:

Tabelle 9: elektrische Leistung

Erzeugertechnik/ Versorgung über	elektrische Anschlussleistung ca. [kW]
Photovoltaik (dezentral) EVU	2.205* 9.500

*Aufteilung in Dachanlagen bzw. fassadenintegrierte Photovoltaik

5.3 Variante 1 – Grundlast- und Spitzenlastversorgung über Fernwärme (Grundvariante)

Motivation der Variante 1 ist die komplette Fernwärmeversorgung des Quartiers in der Grund- und Spitzenlast über dezentrale Fernwärmestationen der Nutzungseinheiten.

Die Versorgung des Areals basiert in diesem Zusammenhang auf der Gebietserschließung über eine neue Hauptleitung. Die im Bereich der Roscherstraße bestehende Fernwärme-Infrastruktur ist in diesem Zusammenhang auf die zu versorgenden Nutzungseinheiten/ Gebäude des Quartiers auszuweiten.

Die Wärmeverteilung an die relevanten Nutzungseinheiten erfolgt über die neue Hauptversorgungsleitung, an die die Gebäudezentralen angeschlossen werden.

5.4 Variante 2 – Grundlast: Solarthermie, Erdwärme; Spitzenlast: Fernwärme (Vergleichsvariante)

Die Versorgung des Areals entsprechend der Variante 2 basiert prinzipiell auf dezentralen Fernwärmestationen für die Nutzungseinheiten über die neue Hauptleitung wie in Variante 1 dargestellt. Die Fernwärme wird als Spitzenlast zur Verfügung stehen.

Mit einer Umsetzung dieser Vergleichsvariante erfolgt die Grundlastversorgung anteilig über Liegenschaftsressourcen aus erneuerbaren Energien.

Vor diesem Hintergrund wird die zur Verfügung stehende solare Wärme der Liegenschaft genutzt. Die Grundlastversorgung basiert im Zusammenhang mit der Betrachtung zum Energiekonzept Teil 1

auf der Errichtung von solarthermischen Anlagen auf Dachflächen der Schulgebäude/ Sporthallen. In der Betrachtung dieser Variante wird unter Berücksichtigung möglicher zur Verfügung stehender Dachflächen von einer Bruttokollektorfläche von 3.000 m² ausgegangen.

Es ist vorgesehen, Nutzungseinheiten in räumlicher Nähe zur Solarthermie- Anlage anteilig mit solarer Wärme zu versorgen. Darüber hinaus soll überschüssig erzeugte Wärme ins Fernwärmenetz eingebunden werden.

Weitere Grundlasterzeuger stellen in dieser Variante elektrisch betriebene Sole-Wasser-Wärmepumpen, dezentral für prädestinierte Nutzungseinheiten, dar.

Die Spitzenlastversorgung wird, wie dargestellt, dezentral über Fernwärme in den einzelnen Gebäuden realisiert. In diesem Zusammenhang ist für die Wärmeversorgung der Gebäude die Errichtung von dezentralen Fernwärmeanschlüssen für jedes Gebäude erforderlich.

5.5 ELT-Variante – Grundlast: Photovoltaik; Spitzenlast: EVU

Mit der Umsetzung dieser Variante wird anteilig Elektroenergie über Photovoltaik erzeugt. Damit wird die Elektroenergieversorgung des Quartiers anteilig über Liegenschaftsressourcen aus erneuerbaren Energien realisiert.

Die Grundlastversorgung basiert im Zusammenhang mit der Betrachtung zum Energiekonzept Teil 1 auf der Errichtung von Photovoltaik- Anlagen auf Dachflächen und an Fassaden der geplanten Gebäude. In der Betrachtung Elektroenergieversorgung in der Grundlast über erneuerbare Energien wird unter Berücksichtigung möglicher zur Verfügung stehender Flächen von einer Gesamtbruttomodulfläche von rd. 17.700 m² ausgegangen.

6 Ergebnisse

6.1 Allgemeines

Für die Erarbeitung der Versorgungsvarianten im Rahmen des Energiekonzeptes und die Aufteilung der Nennleistungen zwischen der Grundlast und der Spitzenlast wurden wesentliche Grundlagen berücksichtigt:

- Entfernung zu den anliegenden Medien
- Untergrundverhältnisse
- bauliche Voraussetzungen
- erforderliche technische Voraussetzungen (Systemtemperaturen) (→ Verteilleitung, Heizanlage)
- gesetzliche Bestimmungen wie EEWärmeG und EnEV

6.2 Technikflächen in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Technik für die Wärmeversorgung der zu versorgenden Areale/ Nutzungseinheiten wird in Technikräumen der entsprechenden Gebäudekomplexe untergebracht.

In Bezug auf eine Erdwärmenutzung von rd. 10 % der überschlägig ermittelten Heizlast der Nutzungseinheiten im Quartier wird für rd. 400 Erdsonden (Teufe 100 m) eine Fläche von ca. 51.100 m² benötigt.

Für die Nutzung von solarer Wärme ist auf den Dächern der Schulgebäude und Sporthallen die Aufstellung einer Solarthermie- Anlage avisiert. Die Bruttokollektorfläche wird rd. 3.000 m² betragen.

Unter Berücksichtigung einer angedachten Dachflächenbegrünung ist auf Dächern und an Fassaden der Gebäude des Quartiers die Errichtung von Photovoltaik- Anlagen zur anteiligen Eigenstromversorgung sowie Einspeisung von Überschussströmen in das Netz des öffentlichen Energieversorgers geplant. Für das Gesamtquartier ist im Rahmen der Betrachtungen zum Energiekonzept Teil I damit auf den Dächern eine Gesamtfläche von rd. 16.200 m² und an Fassaden eine Gesamtfläche von insgesamt rd. 1.500 m² vorgesehen.

6.3 Variante 1 - Grund- und Spitzenlast über Fernwärme (Grundvariante)

Hintergrund der Variante 1 ist die komplette Fernwärmeversorgung des Quartiers in der Grund- und Spitzenlast über dezentrale Fernwärmestationen mit einer Gesamtanschlussleistung von rd. 13 MW. Die im Bereich der Roscherstraße bestehende Fernwärme-Infrastruktur ist dabei auf die zu versorgenden Gebäude der künftigen Bebauung auszuweiten. In diesem Zusammenhang ist die Neuverlegung von Fernwärmeanschlüssen für die Gebäude des Areals erforderlich. In Anlage II ist eine mögliche Trassenführung auf der Basis Testentwurfs dargestellt.

Die Technik zur Wärmeversorgung (Fernwärmestation) wird im jeweiligen Gebäude/ Nutzungseinheit untergebracht.

Die über KWK bereitete Fernwärme der Stadtwerke Leipzig mit einem Primärenergiefaktor von 0,31 bietet eine optimale Grundlage für die Erfüllung der aktuellen EnEV- Standards für die künftige Bebauung.

Entsprechend EEWärmeG ist es erforderlich, die Wärme- (ggf. relevant im Rahmen des Energiekonzeptes Teil II auch Kälte-) bereitstellung anteilig über erneuerbare Energien abzudecken.

Da durch die Wärmegrund- und Spitzenlastversorgung der Liegenschaft mit Fernwärme bei einer Umsetzung dieser Variante das EEWärmeG „übererfüllt“ wird, kann dieser Überschuss in der Wärmeerzeugung - perspektivisch betrachtet - (Energiekonzept Teil II) für die Kältebereitung angerechnet werden. Der Einsatz weiterer erneuerbarer Energien für die Versorgung der Liegenschaft ist daher nicht erforderlich.

Die Verteilung der Wärme erfolgt über neu zu errichtende Verteilleitungen im Quartier (s. Anlage II).

6.4 Variante 2 - Grundlast: Solarthermie, Erdwärme, Spitzenlast: Fernwärme (Vergleichsvariante)

In der Umsetzung der Variante 2 wird die Wärme für die Grundlastversorgung relevanter Nutzungseinheiten des Quartiers über eine Solarthermie-Anlage mit einer Leistung von maximal 2 MW zur Verfügung gestellt.

Bei der Solarthermieanlage wird von südlich ausgerichteten Kollektoren mit einem Aufstellwinkel von ca. 45° ausgegangen. Für die Errichtung der Anlage/n wurden zur Verfügung stehende Dachflächen der geplanten Schulgebäude und Sporthallen in Betracht gezogen. Die nachfolgenden Darstellungen berücksichtigen eine Kollektorfläche von insgesamt ca. 3.000 m². Es ist vorgesehen, die durch Solarthermie gewonnene Wärme in der Nutzungseinheit bzw. in unmittelbar angrenzenden Gebäuden zu verwenden. Darüber hinaus ist geplant, überschüssige Wärme ins Fernwärmenetz einzubinden.

Mit der Errichtung von Solarthermie-Anlagen zur dezentralen Versorgung relevanter Nutzungseinheiten ist damit der Vorteil gegeben, die Ressourcen der Liegenschaft kostengünstig zu nutzen. Da dieser Grundlasterzeuger nur temporär zur Verfügung steht, ist der Leistungspreis für Fernwärme in der Umsetzung dieser Variante in vollem Umfang zu entrichten.

Die Wärmeversorgung in der Grundlast entsprechend der Variante 2 wird darüber hinaus über einen weiteren Grundlasterzeuger, d.h. durch dezentrale Sole/Wasser- Wärmepumpen, ergänzt.

Die überschlägige Dimensionierung erfolgte auf Basis der Machbarkeitsprüfung vom 03.03.2017 sowie der Machbarkeitsstudie Geothermie vom 17.03.2017 der geoENERGIE Konzept GmbH.

Unter Berücksichtigung einer Grundlastversorgung von rd. 10 % des künftigen Liegenschaftswärmebedarfs wird - überschlägig dimensioniert - von 400 Erdsonden à jeweils 100 m Bohrteufe – betrachtet für das Gesamtquartier - ausgegangen.

Die vorgesehenen Erdsonden werden jeweils über einen Solekreis mit der Wärmepumpe verbunden. Die dezentral in den jeweiligen Nutzungseinheiten errichteten Wärmepumpen dienen dabei als Grundlasterzeuger. Die überschlägige Dimensionierung erfolgte so, dass bei Umsetzung dieser Variante ca. 10 % der überschlägigen jährlichen Heizenergie über die Sole/Wasser-Wärmepumpen abgedeckt werden können. Um ein häufiges Takten der Wärmepumpe zu vermeiden und damit einen effektiveren Betrieb zu gewährleisten, werden die Wärmepumpen mit Pufferspeichern ausgestattet. Die Aufstellung erfolgt im Technikraum des jeweiligen Gebäudes.

Im Hinblick auf mögliche Kälteanforderungen im Quartier (ggf. Berücksichtigung im Energiekonzept Teil II) können reversibel betriebene Sole/Wasser-Wärmepumpen als mögliche Grundlastversorger für die Kältebereitstellung fungieren. In diesem Zusammenhang kann die im Kühlbetrieb anfallende Abwärme der Regeneration der Erdsonden dienen.

Ergänzt werden die Wärmeversorgungsanlagen, die die Liegenschaftsressourcen nutzen, durch dezentrale Fernwärme als Spitzenlasterzeuger. Diese wird in der Umsetzung der Variante 2 entsprechend der Gesamtheizwärmelast der Liegenschaft über Fernwärme mit einer Leistung von 11,8 MW abgedeckt.

6.5 Variante - Liegenschaftseigene Stromerzeugung - Photovoltaik

Motivation der Errichtung von Photovoltaikanlagen zur dezentralen Elektroenergieversorgung relevanter Nutzungseinheiten ist, weitere Ressourcen der Liegenschaft kostengünstig zu nutzen.

Daher ist in Ergänzung zur Variante 2 in Verbindung mit der Quartiersbebauung auf zur Verfügung stehenden Dachflächen sowie an nach Süden gerichteten Fassaden geplanter Gebäude die Errichtung von Photovoltaikanlagen avisiert. In diesem Zusammenhang ist vorgesehen, die auf der Liegenschaft erzeugte Elektroenergie im Quartier zu nutzen sowie überschüssige Energie in das Netz des Energieversorgers einzuspeisen. Dieser regenerativ erzeugte Strom dient mit einer Gesamtleistung von rd. 2.200 kW_p (\sum Dachanlagen: überschlägig 2.025 kW_p; \sum Fassaden: überschlägig 180 kW_p) damit der Grundlastversorgung des Quartiers.

Bei den auf den Dächern der Gebäude zu errichtenden Photovoltaikanlagen wird von südlich ausgerichteten Modulen mit einem Aufstellwinkel von 45° ausgegangen. Unter Berücksichtigung des Anteils einer jeweiligen Dachflächenbegrünung von 50 % wird den nachfolgenden Betrachtungen eine Dachfläche der Nutzungseinheiten von insgesamt 16.200 m² zugrunde gelegt. Für eine überschlägige Dimensionierung der fassadenintegrierten Photovoltaik wurde von nach Süden ausgerichteten Flächen von insgesamt rd. 1.500 m² ausgegangen.

Um den Eigennutzungsanteil des Photovoltaikstromes im Quartier zu erhöhen, wurde die Möglichkeit der Stromspeicherung über Batteriespeicher – als Untervariante zu Variante 2 – betrachtet (s. Anlage IV).

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung soll aufgezeigt werden, welche der beiden Varianten über einen Zeitraum von 20 Jahren die höchste Rentabilität aufweist. Des Weiteren soll dargestellt werden, über welche Zeit sich die Investition amortisiert. Die Ausführung der Berechnung erfolgte nach VDI 2067-1/ VDI 6025 mittels Software SOLAR-COMPUTER. Innerhalb der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden die Kosten für Investitionen, Wärmeverbrauch, Service, Wartung und Instandhaltung sowie ggf. Gewinne durch die Stromproduktion in Abhängigkeit der Inflationsrate und der Energiepreissteigerungen für die untersuchten Varianten gegenüber gestellt.

Eine zusammengefasste Darstellung der nachfolgend erläuterten Kosten ist den anliegenden Tabellen „Variantengegenüberstellung“ (Anlage V) zu entnehmen.

Investitionskosten:

Für die Kostengruppe „kapitalgebundene Kosten“ sind entsprechend VDI 2067 die Investitionen für betriebstechnische Anlagenteile und die zugehörigen Bauteile zu ermitteln.

Eine Aufgliederung der Investitionskosten ist in Anlage IV dargestellt.

A - Wärme – Varianten 1 und 2

Werden zunächst die geschätzten Investitionskosten verglichen, so lässt sich erkennen, dass die Kosten für die Variante 1 (vollständige Wärmeversorgung des Quartiers in der Grund- und Spitzenlast über Fernwärme) gegenüber den Kosten für die Variante mit der Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen (Variante 2) wesentlich geringer ausfallen. Als Ursache werden hier maßgeblich die hohen Kosten für die Anlagentechnik der beiden Grundlasterzeuger Solarthermie- und Wärmepumpenanlage entsprechend Variante 2 gesehen.

Basierend auf überschlägig kalkulierten Kosten der Stadtwerke Leipzig sowie den geschätzten Kosten für die Anlagentechnik liegen die Investitionskosten für eine Versorgung entsprechend Variante 2 damit mehr als 2,5fach über denen der Variante 1.

In Anlage IV sind die betrachtungsrelevanten Investitionskosten für die Varianten 1 und 2 hinsichtlich der Hauptkomponenten aufgeführt.

B – Strom – Varianten Photovoltaik

In Bezug auf die Variante zur anteiligen Elektroenergieversorgung (Strom – B) über Photovoltaik wurden die überschlägigen Investitionskosten für die Dach- und Fassadenanlagen mit und ohne Batteriespeicher geschätzt. Demnach betragen die quartiersbezogenen Kosten für eine Anlage mit Batteriespeicher rd. das 1,6fache einer Anlage ohne Stromspeicher.

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden für die Wechselrichter sowie ggf. für die Batterieanlage Reinvestitionskosten nach 12 bzw. 10 Jahren berücksichtigt.

Betriebsgebundene Kosten für ein Jahr:

Entsprechend VDI 2067 gehören zu den betriebsgebundenen Kosten u.a. die Kosten für Instandhaltung und Bedienen der Anlagen. Unter Instandhaltung fallen insbesondere die Kosten für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Schwachstellenbeseitigung.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in diese Kostengruppe die sonstigen Kosten integriert. Hierunter fallen im Allgemeinen die Kosten für Versicherungen, allgemeine Abgaben, noch nicht erfasste Steuern sowie anteilige Verwaltungskosten.

A - Wärme – Varianten 1 und 2

Niedrigste betriebsgebundene Kosten sind erwartungsgemäß bei der Variante 1 (komplette Fernwärmeversorgung) festzustellen. Wie die Gegenüberstellung dieser Kosten zeigt (s. Anlage V), liegen diese rd. 25 % unter denen der Variante 2.

Vor dem Hintergrund der Integration der Solarthermie- sowie Wärmepumpenanlagen – zur Nutzung regenerativer Liegenschaftsressourcen als Grundlastversorgung - ergeben sich in Verbindung mit der Realisierung der Variante 2 damit vergleichsweise höhere betriebsgebundene Kosten.

Im Variantenvergleich sind für die Variante 2 hinsichtlich Service, Wartung und Instandhaltung damit die höchsten Kosten zu erwarten. Die entsprechend Tabelle V (Anlage) aufgeführten Kosten liegen somit rd. 1,4-fach über denen der Variante 1 (vollständige Fernwärmeversorgung).

B – Strom – Varianten Photovoltaik

Im Betrieb der Photovoltaikvarianten stehen ebenso betriebsgebundene Kosten zu Buche. In diesem Zusammenhang ist der Aufwand für Wartung/ Instandhaltung, Reinigung und Versicherung für die Anlagen zu nennen.

Der Variantenvergleich der Anlagen mit und ohne Batteriespeicher zeigt für die Anlagen, die eine Stromspeicherung vorsehen, rd. 20 % höhere Kosten in der laufenden Betreuung. Geschuldet ist diese Tatsache der Batterieanlage.

Verbrauchsgebundene Kosten für ein Jahr:

A - Wärme – Varianten 1 und 2

Brennstoff- und Energiepreise

Eine weitere Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bilden, neben den Investitions- und den betriebsgebundenen Kosten, die verbrauchsgebundenen Kosten.

Diese Kosten wurden an die aktuellen Bezugspreise für Fernwärme der Stadtwerke Leipzig (Preisinformation Leipziger wärme.komfort vom 1. Januar 2017) angelehnt.

In Bezug auf den Verbrauchspreis für Elektroenergie wurde ein aktueller Durchschnittspreis entsprechend eines bekannten Internetportals (verivox.de) zugrunde gelegt.

Innerhalb dieser Preise wird im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zwischen den nicht leitungsgebundenen Brennstoffen und den leitungsgebundenen Energien unterschieden. Bei den beiden betrachteten Varianten werden leitungsgebundene Energien (Fernwärme (Variante 1) bzw. Elektroenergie mit Fernwärme (Variante 2)) bezogen. Im Rahmen der wirtschaftlichen Betrachtungen wurde für diese Energien jeweils eine Aufteilung in Leistungs- und Arbeitspreis vorgenommen.

Verbrauchskosten Varianten

Im Vergleich der verbrauchsgebundenen Kosten, d.h. Kosten für den Wärmebezug, ergeben sich für die Variante 1 (Grund- und Spitzenlastversorgung über Fernwärme) geringfügig höhere Kosten (rd. 2 %) pro Jahr.

Die Variante 2 (Grundlastversorgung über Solarthermie und Wärmepumpe in Kombination mit Fernwärme als Spitzenlastversorgung) weist im Vergleich zur Variante 1 auf der Basis der aktuellen Grundlagen etwas geringere Verbrauchskosten auf. Geschuldet ist diese Tatsache dem Anteil der regenerativ erzeugten Wärme auf der Basis liegenschaftseigener Ressourcen (solare Wärmeerträge sowie Erdwärme unter Berücksichtigung einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 4).

B - Strom – Varianten (Photovoltaik)

Erlöse durch liegenschaftseigene Stromerzeugung

In Verbindung mit der Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen stehen auf den Dachflächen sowie an den Fassaden Photovoltaikanlagen zur Verfügung, die Elektroenergie für die Liegenschaft/ zur Einspeisung in das Netz des öffentlichen Versorgers erzeugen. In diesem Zusammenhang wird überschlägig von einer jährlichen Stromproduktion von rd. 1.933 MWh ausgegangen werden.

Unter der angenommenen Voraussetzung, dass sich bei der Variante ohne Batteriespeicher ein Verhältnis von Eigenverbrauch/ Einspeisung von überschlägig ca. 20% / 80 % für das Quartier ergibt, ist bei Nutzung dieser Liegenschaftsressource eine „Kosteneinsparung“ für den Einkauf von Elektroenergie auf der Basis von insgesamt rd. 387 MWh im Quartier erzielbar.

Zudem wurde die Ergänzung der PV- Anlagen durch Batteriespeicher betrachtet. Hierbei lassen sich, unter Berücksichtigung der Annahme, dass hierüber weitere 50 % auf der Liegenschaft verwendet werden können, (angenommen Allgemeinstrom, Elektroenergie Wärmepumpen (angen. rd. 40 %), spezielle Mieterstrommodelle), auf der Basis der vorgenannten jährlichen Stromproduktion insgesamt somit überschlägig 1.160 MWh reduzieren.

In Verbindung mit dem Eigenverbrauch von Solarstrom wurde vom Gesetzgeber eine Abgabe von derzeit 2,75 ct./kWh (40 % der EEG- Umlage von 6,88 ct./kWh) festgelegt. Diese wurde in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für den Eigenstromanteil berücksichtigt.

Vor dem Hintergrund der Novellierung des EEG in 2016 wurde in Bezug auf die Einspeisevergütung von Strom aus Photovoltaik eine Deckelung der Fördersätze bestimmt. Das bedeutet, dass die Fördersätze unterschiedlich schnell zurückgehen können, je nachdem, wie viele neu zu fördernde Projekte hinzukommen oder nicht. Die konkreten Sätze sind daher nicht fix definiert. In den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde unter Mitberücksichtigung der aktuellen Einspeisevergütungen daher eine Einspeisevergütung von rd. 10 ct./kWh zugrunde gelegt.

Summe verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten für ein Jahr:

A - Wärme – Varianten 1 und 2

Auf der Basis der Summen aus verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten ergibt sich im Vergleich der beiden Varianten folgende Wertung:

Mit einer Grundlastversorgung über liegenschaftseigene Ressourcen, wie Solarthermie und Erdwärme (Variante 2), sind in der jährlichen Betreuung der Anlagen sowie hinsichtlich der verbrauchsgebundenen Kosten insgesamt geringfügig niedrigere Kosten verbunden, die entsprechend der überschlägigen Betrachtungen unter 1 % liegen. Ein signifikanter Unterschied ist in der jährlichen Betreuung entsprechend der Versorgungsvariante 2 damit nicht erkennbar. Diese Tatsache ist maßgeblich der schlanken technischen Wärmeversorgungslösung entsprechend der Variante 1 (vollständige Versorgung über Fernwärme) und den damit verbundenen relativ geringen Wartungskosten geschuldet. Darüber hinaus kompensieren relativ niedrige Wärmebezugspreise nahezu die Einsparungen, die sich durch die Nutzung aus liegenschaftseigenen Ressourcen ergeben.

In der nachfolgenden Abbildung sind die zusammengefassten Kostengruppen der Varianten 1 (Fernwärme) und 2 (Solarthermie und Wärmepumpe in Kombination mit Fernwärme) für die Preissteigerungen 1,5 und 3 % vergleichend dargestellt:

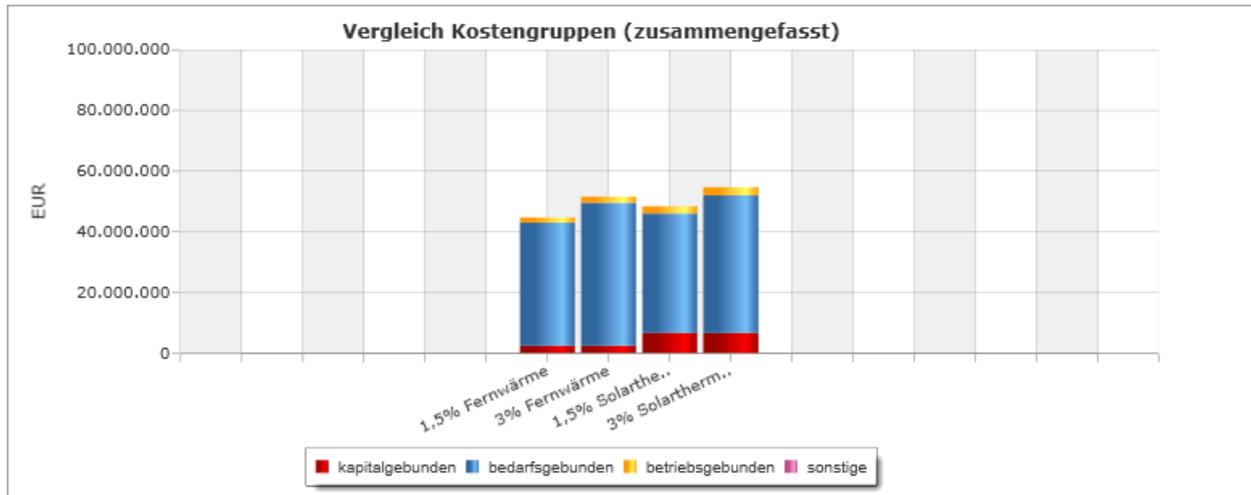


Abbildung 2: Gesamtzahlungen der Wärmeversorgungsvarianten nach Kostengruppen

CO₂- Emissionen

Für die betrachteten Varianten wurden die entsprechend Anlage III dargestellten Energiemengen der relevanten Medien Wärme und Strom ermittelt.

Für die Ermittlung der CO₂- Emissionen wurde die Zusammenstellung des Umweltbundesamtes von 2014 (Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, CLIMATE CHANGE 29/2014 bzw. Strom 09/2015) genutzt. Dementsprechend fassen die Emissionsfaktoren für die Energieträger die Gesamt- Emissionen über die jeweilige Energiebereitstellungskette zusammen. Neben den direkten Emissionen aus dem Anlagenbetrieb beinhalten sie auch die indirekten (Vorketten-) Emissionen, d.h. alle relevanten Emissionen von der Gewinnung, der Aufbereitung und dem Transport der Brennstoffe über die Herstellung der Anlagen bis zum Einsatz von Hilfsenergie und Hilfsstoffen im Anlagenbetrieb einschließlich deren Vorketten. Die Emissionsfaktoren spiegeln dabei den durchschnittlichen Anlagenbestand in Deutschland wider.

In der nachfolgenden Tabelle sind die spezifischen CO₂- Emissionen der relevanten Energieträger für die gegenübergestellten Varianten aufgeführt:

Tabelle 10: spezifische CO₂- Emissionen der Energieträger

Energieträger	Spezifische CO ₂ -Emissionen
Solarthermie (Flachkollektor)	23,3 g/kWh
Photovoltaik (multi-kristallin)*	51,9 g/kWh
Fernwärme SWL	154,0 g/kWh
Strom (inkl. Netzverluste)	593,4 g/kWh

*multi-kristalline Zellen besitzen derzeit den größten Marktanteil

Der o. a. Emissionsfaktor für **solarthermische Kollektorsysteme** basiert auf der Ökobilanzdatenbank GEMIS 4.8. Das Ergebnis repräsentiert in diesem Zusammenhang jeweils ein vollständiges Vakuumröhrenkollektor- bzw. Flachkollektorsystem zur Erzeugung von Warmwasser, inklusive Warmwasserspeicher und Steuerungsstation.

Als relevante Lebenszyklusphasen ist zum einen die Herstellungsphase inklusive der Gewinnung von Kupfer als wichtigster metallischer Bestandteil und zum anderen die Betriebsphase inklusive dem Stromverbrauch der Kreislaufpumpe zu nennen. Hier beruhen die Datensätze in GEMIS auf einem im Vergleich zu anderen Datenquellen (z. B: Ecoinvent) niedrigen Eigenstromverbrauch von 2 kWh_{el} je 100 kWh_{th}.

Hinsichtlich des Emissionsfaktors für **Photovoltaik** wird nur die Emission auf der Herstellungsseite (aus den Vorketten) berücksichtigt, da der Betrieb der PV-Anlage selbst emissionsfrei ist. Eingerechnet wurde in diesem Zusammenhang der stoffliche Aufwand für die Rahmen und die Aufständigung. Aufwendungen für die Wechselrichter und die Verkabelung wurden nicht einbezogen.

Der entsprechend der oben aufgeführten Quelle dargestellte Emissionsfaktor für den **Strom** umfasst in Summe fossile, nukleare und erneuerbare Energieträger.

Die spezifische CO₂- Emission für **Fernwärme** wurde von den Stadtwerken Leipzig zugearbeitet.

Auf der Basis der Energieverbräuche und der spezifischen CO₂- Emissionen konnten für die Variante 2 erwartungsgemäß geringere CO₂- Emissionen festgestellt werden. Wie die nachfolgende Darstellung zeigt, können mit der Umsetzung der Variante 2 rd. 2% der CO₂- Emissionen gespart werden.

Darüber hinaus ermöglicht die Realisierung der Photovoltaik mit Batteriespeicher zur anteiligen Liegenschaftsversorgung eine CO₂- Reduzierung von rd. 6 %.

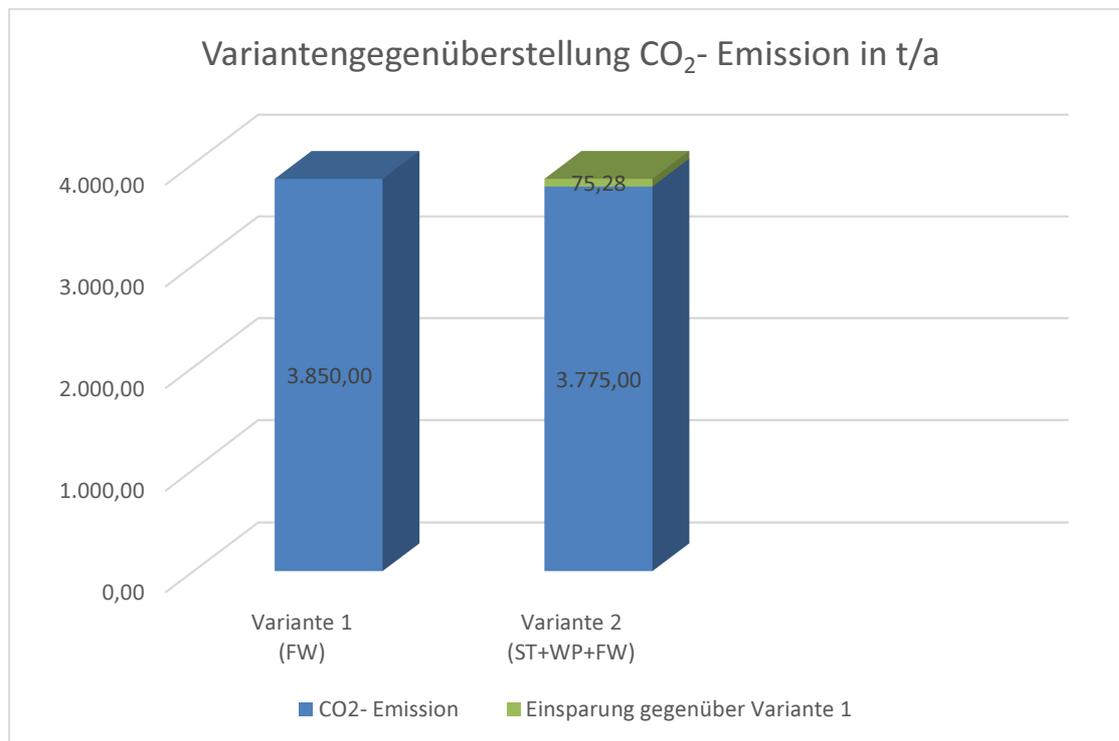


Abbildung 3: Darstellung der CO₂- Emissionen der Varianten

8 Fazit

Unter Berücksichtigung der Investitions- sowie verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten wurde für die vorgenannten Varianten ein Wirtschaftlichkeitsvergleich (dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung) durchgeführt. Neben den wirtschaftlichen Betrachtungen wurden darüber hinaus alle Für und Wider der gegenübergestellten Varianten dargestellt. Im folgenden Fazit des Energiekonzeptes werden alle betrachteten Varianten auf der Basis des Wirtschaftlichkeitsvergleiches sowie ihrer Vor- und Nachteile bewertet und die sowohl aus wirtschaftlicher als auch fachlicher Sicht favorisierte Versorgungsvariante benannt. Die Ergebnisse zu den Varianten der energetischen Versorgung des Quartiers Freiladebahnhof stellen sich wie folgt dar:

Unter Zugrundelegung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird deutlich, dass die mit der **Variante 2 (Solarthermie und Erdwärme in Kombination mit Fernwärme)** verbundenen Mehrinvestitionen von ca. 4.220.000,- € für die Solarthermie- und Wärmepumpen- Anlage gegenüber einer vollständigen Fernwärmeversorgung des Areals in der jährlichen Betreibung im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren nicht zurückfließen. Die Wirtschaftlichkeit der „reinen“ Fernwärmevariante (Variante 1) gegenüber dieser Variante wird damit untermauert.

Vergleicht man insbesondere die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten der beiden Varianten, so ist erkennbar, dass sich die der Variante 2 auf einem geringfügig niedrigerem Niveau bewegen. Eine größere Differenz lässt sich u.a. auch aufgrund der Tatsache, dass wegen des nur temporär zur Verfügung stehenden Grundlasterzeugers „Solarthermie“ der Leistungspreis für Fernwärme in vollem Umfang zu entrichten ist, nicht erzielen. Höhere Investitionskosten können im Zusammenhang mit der Errichtung der Solarthermie-Anlage damit nur durch geringere Wärmeverbräuche kompensiert werden.

In Ergänzung durch den 2. Grundlasterzeuger, Wärmepumpenanlage über Erdwärme, ergeben sich darüber hinaus für diese Wärmeversorgungsvariante insgesamt vergleichsweise höhere jährliche Kosten für Service, Wartung und Instandhaltung, die die Mehrinvestitionen im Betrachtungszeitraum damit nicht zurückfließen lassen.

Betrachtet man diese Wärmeversorgungsvariante jedoch unter klimapolitischem Aspekt, so zeigt sich eine jährliche Einsparung an CO₂- Emissionen von rd. 75 t, die, gemessen am Gesamtausstoß, eine Verminderung von 2 % für das Quartier bedeuten.

Unter Beachtung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird die Versorgung der Liegenschaft unter Zugrundelegung des derzeitigen Kenntnisstandes über die Variante 2 derzeit nicht favorisiert.

Wie dargestellt, fußt dieses Ergebnis auf den Grundlagen und dem Kenntnisstand innerhalb des Energiekonzeptes Teil I. Die Unterbringung und anteilige Nutzung der liegenschaftseigenen Ressourcen, wie Solarthermie und Erdwärme, basiert auf allgemeinen Annahmen und Erfahrungswerten. Ergeben sich in der Kenntnis der perspektivischen Entwicklung des Quartiers klare Synergien zwischen den Nutzungseinheiten, so kann in der Folge dessen ein höherer Anteil an regenerativen Energien untergebracht werden. Erwähnt sei an dieser Stelle ein signifikanter Kühlbedarf von Nutzungseinheiten, der in der Grundlast (über Absorptionskälte) über sommerliche Überschüsse aus dem Betrieb der Solarthermie-Anlage gedeckt werden und ggf. die Wirtschaftlichkeit der Anlagen positiv beeinflussen kann. Aber auch die Betrachtung und Integration saisonaler Speicher hilft, den Anteil der Nutzung von Liegenschaftsressourcen zu erhöhen und die Verbrauchskosten (→ Reduzierung der „2. Miete“) und infolgedessen die CO₂- Emission gegenüber der Grundvariante weiter zu verringern.

In Verbindung mit der Nutzung von Erdwärme besteht über reversibel zu betreibende Wärmepumpen des Weiteren die Möglichkeit, Kältebedarfe relevanter Nutzungseinheiten anteilig (Grundlastversorgung) zu decken. Zudem können in Verbindung mit aktiver Kälte die Erdsonden regeneriert und damit insgesamt Wärmepumpen effizienter betrieben werden.

Vor dem Hintergrund der Erarbeitung des Energiekonzeptes Teil II sollte diese Variante unter Berücksichtigung der vorgenannten Aspekte sowie in Verbindung mit der Kenntnis zur perspektivischen Nutzung der Gebäude daher weiter untersucht und verifiziert werden.

Bei Umsetzung der **Variante 1 (komplette Fernwärmeversorgung)** ist, neben den im Vergleich der beiden Wärmeversorgungsvarianten geringsten Investitionskosten, ebenso der niedrige Primärenergiefaktor in Bezug auf die Einhaltung der Parameter entsprechend der aktuellen Gesetzmäßigkeiten eine sehr gute Basis für die künftige Vermarktung bzw. Bebauung der Flächen. Bei der Fernwärmeversorgung durch die Stadtwerke Leipzig ergibt sich insbesondere infolge des niedrigen Primärenergiefaktors aufgrund geringster Dämmanforderungen Spielraum bei der Planung des optimalen Gebäudewärmeschutzes.

Mit Umsetzung dieser Wärmeversorgungsvariante sind damit nicht nur die geringsten Investitionskosten im Vergleich der betrachteten Varianten verbunden, sondern es ist ebenso zu bemerken, dass die Technik sehr platzsparend ist und die geringsten Technikflächen benötigt. In der Betreibung wird aufgrund der zuverlässigen und wartungsarmen Technik seitens der SWL darüber hinaus eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet.

Aufgrund der dezentralen Versorgung der Nutzungseinheiten entfallen die Kosten für ein Nahwärmenetz zur Wärmeverteilung auf dem Areal. Darüber hinaus sind in der künftigen Betreibung keine Netzwärmeverluste für die Nutzungseinheiten relevant.

Vergleicht man die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten der beiden Varianten, so ist jedoch auch erkennbar, dass sich insbesondere die verbrauchsgebundenen Kosten der Wärmeversorgungsvariante über Fernwärme über denen der Variante 2 bewegen. Wie bereits dargestellt, bilden die entsprechend dem Preisblatt wärme21.komfort der Stadtwerke Leipzig, gültig ab 1. Januar 2017 kalkulierten Preise hierfür die Basis.

Unter Zugrundelegung der vorgenannten Argumentation aus der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung wird die Variante 1, d. h. die vollständige Wärmeversorgung der Liegenschaft über Fernwärme und Fernwärmeerschließung des Areals auf der Basis der Ergebnisse zum Energiekonzept Teil I aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten empfohlen.

Bewertet man diese Wärmeversorgungsvariante aus dem ökologischen Standpunkt heraus, so nimmt diese Variante im Hinblick auf eine klimaneutrale Entwicklung des Quartiers klar den 2. Platz gegenüber Variante 2 ein.

Vor diesem Hintergrund sollte Aufgabenstellung des Energiekonzeptes Teil II „Klimaneutrales Konzept“ sein, ökologische Versorgungsvarianten (d.h. insbesondere Varianten zur Nutzung der Liegenschaftsressourcen) zu finden, die aufgrund von Synergien aus der Nutzung der Gebäude heraus wirtschaftlich zu betreibende Versorgungsmöglichkeiten versprechen. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten heraus bieten spezielle Contracting- und/oder Wärmeverkaufsmodelle sowie Mieterstrommodelle mögliche Ansätze, welche dazu verhelfen, die im Quartier gewonnene Energie an die künftigen Nutzer zu verkaufen und die Investitionskosten in die Richtung des Contractors zu „verschieben“.

Bei einer Grundlastversorgung des Areals über auf der Liegenschaft erzeugtem Strom (B-Strom Varianten Photovoltaik (Dach und Fassade)) ist erkennbar, dass sich in Abhängigkeit des Anteils an eigenverbrauchtem Strom am Ende des Betrachtungszeitraumes Gewinne erwirtschaften lassen. Jedoch ist eine Erhöhung des Eigennutzungsanteils des auf der Liegenschaft erzeugten Stromes auf der Basis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ebenso mit höheren Investitionskosten verbunden. Diese höheren Investitionskosten sind den Ausgaben für Batteriespeicher geschuldet,

die eine Kostenerhöhung von rd. 40 % verursachen. In Abhängigkeit von angenommenen Energiepreissteigerungen (1,5 bzw. 3%) fließen Kosten im Optimum kurz vor Ende des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren zurück. Ein leichter Vorteil lässt sich - trotz der höheren Investitionskosten - aufgrund des höheren Eigennutzungsanteils in diesem Zusammenhang damit bei einer Anlage mit Batteriespeicher bei einer Energiepreissteigerung von 3 % erkennen.

Die folgende Abbildung 4 zeigt die Amortisation dieser Photovoltaik-Anlage mit Batteriespeicher (Preissteigerung 3 %):

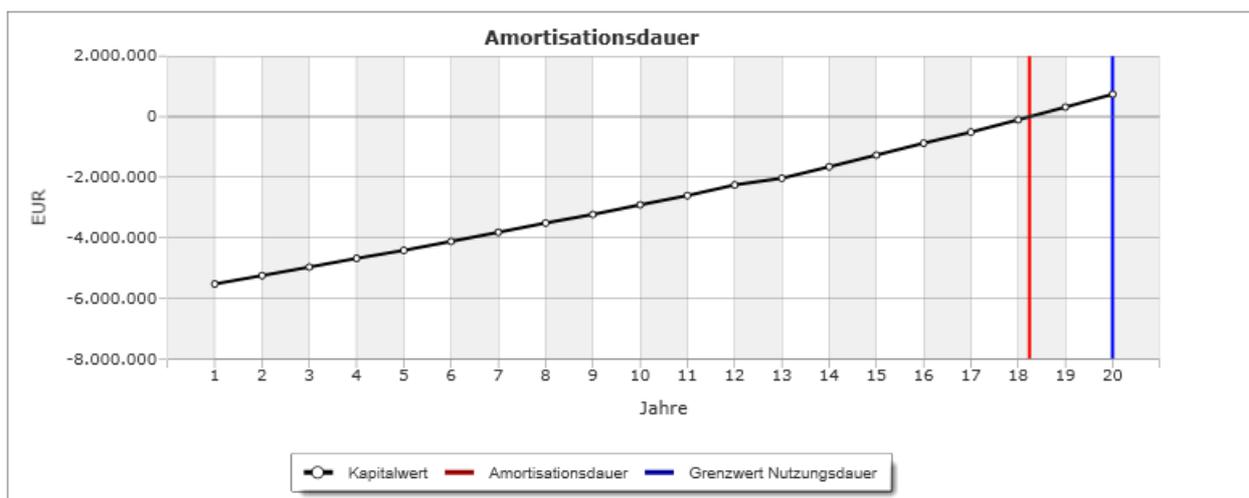


Abbildung 4: Darstellung der Amortisation Photovoltaik-Anlage mit Batteriespeicher (3% Preissteigerung)

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Photovoltaik umfasste Anlagen, die sich aus der Kombination von Dach- und Fassadenanlagen ergeben. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, dass mit vertikal angeordneten Modulen erfahrungsgemäß verminderte Wirkungsgrade einhergehen. In der Gesamtheit (PV- Anlage = Dach- und Fassadenanlage) betrachtet, ergeben sich folglich schlechtere Wirkungsgrade als in der Betrachtung reiner PV- Dachanlagen.

Überschüssige Mengen an über die Photovoltaik-Anlagen erzeugtem Strom werden in das Netz des öffentlichen Energieversorgers eingespeist.

In Anlage V sind die einzelnen Anlagenvarianten zur Photovoltaik tabellarisch dargestellt.

Wie die vorliegenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen, ergibt sich in Abhängigkeit des Anteils an auf der Liegenschaft verbrauchtem Strom sowie der Energiepreissteigerung gegen Ende des Betrachtungszeitraumes eine Amortisation.

Aus dem Blickwinkel einer klimaneutralen Energieversorgung des Quartiers (Energiekonzept Teil II) wird die regenerative Stromerzeugung über Photovoltaik – als eine Möglichkeit der Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen – sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch empfohlen.

9 Impressum

Aussagen innerhalb der Untersuchung stützen sich auf Einschätzung der Kosten und Kennwerte gemäß Erfahrungen und Recherchen von S&P und entsprechen der Planungstiefe Vorplanung gemäß HOAI 2013.

Alle enthaltenen Aussagen werden nach bestem Wissen und Gewissen und unter Berücksichtigung des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik erarbeitet und überprüft.

Das Energiekonzept wird Tendenzen aufzeigen und Unschärfen enthalten. Die tatsächlich zu erreichenden Ergebnisse hängen von mehreren, nicht vorab bestimmbar Faktoren, wie Nutzerverhalten, Eigentümerstruktur, Belegung des Gebäudes und Energiepreisen ab. Haftungsansprüche gegen S&P für „Schäden“ materieller oder ideeller Art, welche durch die Nutzung der dargebotenen Aussagen verursacht werden, sind aufgrund Vorgenanntem ausgeschlossen, es sei denn S&P kann ein vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verhalten vorgeworfen werden. Die im Energiekonzept ausgewiesenen Werte der Verbräuche sind unverbindlich, da über die angestrebte Geltungsdauer des Konzeptes durch Aktualisierungen sich sowohl Rahmenbedingungen als auch Preise verändern werden.

Vor diesem Hintergrund kann keine Garantie, Haftung oder Gewähr dafür übernommen werden, dass alle Angaben zu jeder Zeit vollständig, richtig und in letzter Aktualität dargestellt sind.

**S&P Sahlmann Planungsgesellschaft für
Gebäudetechnik mbH**
Zum Harfenacker 9
04179 Leipzig

Telefon (0341) 4 53 41 30
Telefax (0341) 4 53 41 31
Internet www.sup-sahlmann.com

Inhaltliche Verantwortlichkeit

Liana Hoffmann

Energieberater
Telefon (0341) 4 53 41 54
E-Mail l.hoffmann@sup-sahlmann.com

Sebastian Pein

Fachprojektleiter HLS
Telefon (0341) 4 53 41 59
E-Mail s.pein@sup-sahlmann.com

I Vorabstimmungen zu den vorgestellten Maßnahmen einer energetischen Versorgung

- Tabelle „Vorabstimmung energetische Versorgung“
- Stellungnahme zur Vorabstimmung energetische Versorgung Freiladebahnhof der Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz vom 19.12.2016

Versorgungsanlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
WÄRME					
<u>Solarthermie</u>	anteilige Deckung des Wärmebedarfs (WW, Heizwärme, WW) über solare Erträge (Grundlastversorgung)	anerkannte Technik geringe bis mittlere CO ₂ - Emission geringe Kosten in der Betreuung der Anlage keine Lagerung von Brennstoffen sehr geringer Wartungsaufwand	aufgrund vorgesehener Dachflächenbegrünung stehen nur begrenzt Dachflächen zur Verfügung solare Erträge stehen nicht kontinuierlich zur Verfügung Pufferspeicher erforderlich Wärmeüberschüsse in den Sommermonaten (kostenintensive Wärmespeicherung) Spitzenlasterzeuger notwendig	ausreichende Dachflächen zur Unterbringung der Solarkollektoren WW-Bedarf korreliert nicht immer mit dem Angebot an Sonnenenergie Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
<u>Biomasse</u>	Wärmeversorgung der Gebäude über Pellets, Holzhackschnitzel, Festbrennstoffe)	niedrigere spezifische CO ₂ - Emission niedrige Verbrauchskosten im Grundlastbetrieb in Kombination mit einem Spitzenlasterzeuger erhöht sich der Wirkungsgrad der Biomasse-Anlage → Brennstoffeinsparung flexible Wahl des Brennstofflieferanten hohe Systemtemperaturen (Heizanlage) sind möglich	hohe Investitionskosten große Technikfläche (Lagerfläche für Brennstoffe) sind erforderlich hoher Wartungs- und Betriebsaufwand Schornstein ist erforderlich	Erreichung der Wirtschaftlichkeit Lärm- und Emissionsbelastung Feinstaubentwicklung möglich	
<u>Wärmepumpe</u> <u>Entzugs- medium</u> <u>Erdwärme</u>	Wärmepumpe für die Wärmeversorgung der Gebäude (Grundlastversorgung)	Nutzung Umweltenergie möglicher Verbraucher von auf der Liegenschaft erzeugter Elektroenergie keine Lagerung von Brennstoffen passive und aktive Kühlung (reversible Wärmepumpe) möglich mit saisonaler Wärmespeicherung kombinierbar	niedrige Systemtemperaturen erfordern eine Wärmeverteilung über Flächenheizung strenge Vorgaben lt. EEWärmeG VL ≤ 35°C (JAZ- Nachweis entfällt) hohe Investitionskosten und Platzbedarf bei Erdbohrungen Spitzenlastversorgung ist erforderlich	Unterbringung der erforderlichen Anzahl Erdsonden sofern VL-Temperatur nicht unter 35°C eingehalten werden kann, sind die Forderungen aus EEWärmeG nach Mindest-JAZ nicht sicher einzuhalten Entwicklung der Betriebskosten	

Versorgungsanlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
<u>Wärmepumpe</u> <u>Entzugs-</u> <u>medium</u> <u>Umgebungs-</u> <u>luft</u>	Wärmepumpe für die Wärmeversorgung der Gebäude (Grundlastversorgung)	geringe im Vergleich der Wärmepumpenvarianten Investitionskosten Nutzung Umweltenergie möglicher Verbraucher von auf der Liegenschaft erzeugter Elektroenergie aktive Kühlung möglich (reversible Wärmepumpe) keine Lagerung von Brennstoffen	niedrige Systemtemperaturen erfordern eine Wärmeverteilung über Flächenheizung strenge Vorgaben lt. EEWärmeG VL ≤ 35°C (JAZ- Nachweis entfällt) Spitzenlastversorgung ist erforderlich	Geräuschemission durch Außengerät sofern VL- Temperatur ≤ 35° nicht begrenzt werden kann, sind die Forderungen aus dem EE WärmeG nach der Mindestjahresarbeitszahl nicht sicher einzuhalten Entwicklung der Betriebskosten	
<u>Wärmepumpe</u> <u>Nutzung</u> <u>Abwärme/</u> <u>möglicher</u> <u>liegenschafts-</u> <u>eigener</u> <u>Ressourcen</u> <u>(Abwasser,</u> <u>Gewerbe...)</u>	Anhebung Temperaturniveau zur Verfügung stehender Abwärme über Wärmepumpe (Grundlastversorgung)	geringer Energieverbrauch aufgrund Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen geringere Schadstoffemissionen	neue Technologie (wenig Betriebserfahrung) Kosten i.V.m. dem Anlagenkonzept zur Nutzung möglicher Abwärme	Verfügbarkeit von wirtschaftlich sinnvoll nutzbarer Abwärme (neben Abwärme aus Abwässern)	
<u>Wärmepumpe</u> <u>Nutzung</u> <u>Abwärme</u> <u>"Cloud & Heat"</u>	Nutzung Abwärme durch Bereitstellung von Server-Räumen Anhebung Temperaturniveau zur Verfügung stehender Abwärme über Wärmepumpe (Grundlastversorgung)	geringer Energieverbrauch aufgrund Nutzung liegenschaftseigener Ressourcen geringere Schadstoffemissionen zusätzliche Gewerbe-Mieteinnahmen (Server-Räume) Signalwirkung nach außen/ Werbung für potentielle Mieter	neues Konzept (wenig Betriebserfahrung) Platzbedarf für Server-Räume		

Versorgungs- anlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
<u>Erdgas- Brennwert- Anlage</u>	Deckung des Wärmebedarfs (Heizwärme, WW) über Erdgas-BW- Kessel	anerkannte Technik geringe technische Fläche ist erforderlich geringe Investitionskosten Wärmeenergiebedarf zur WW- Bereitung wird ebenso über den zentralen Wärmeerzeuger gedeckt hohe Systemtemperaturen (Heizanlage) sind möglich keine Lagerung von Brennstoffen	Erdgasanschluss erforderlich Wärmeversorgung über erdgasbetriebene BW-Anlage nur in Kombination mit regenerativen Energien möglich (→ EEWärmeG, EnEV) hohe spezifische CO ₂ - Emission Schornstein ist erforderlich	Entwicklung der Brennstoffpreise zur Erreichung EnEV- Kriterien vermutlich nur sehr geringer Anteil über fossile Brennstoffe möglich	
<u>Fernwärme</u>	Fernwärmeversorgung zur vollständigen Deckung des Wärmebedarfs (Heizwärme, WW)	<i>Wärme aus KWK ist regenerative Wärmeerzeugung nach EEWärmeG</i> <i>zertifizierter Primärenergiefaktor fp=0,31</i> <i>geringe Investitionskosten</i> <i>geringer Platzbedarf</i> <i>keine Kosten für Schornsteinfeger und Abgasprüfung</i> <i>keine Emission vor Ort</i> <i>keine Lagerung von Brennstoffen</i> <i>geringer Wartungsaufwand</i>	<i>wenig Modellcharakter</i> <i>keine Lieferantwahl möglich</i> <i>abhängig vom Energieversorger</i> <i>Grundgebühr ist immer in voller Höhe zu zahlen, d.h. auch bei Nichtnutzung</i>	Entwicklung der Preise für den Bezug von Fernwärme	

Versorgungs- anlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
WÄRME UND STROM					
<u>Kraft-Wärme- Kopplung über Erdgas</u>	Grundlast der Wärmeenergie wird über ein BHKW bereitgestellt (wärmegeführt) ODER Grundlast der elektrischen Energie wird über ein BHKW bereitgestellt (stromgeführt)	Nutzung des über KWK erzeugten Stromes auf der Liegenschaft hohe Energieeffizienz durch gleichzeitige Erzeugung von Wärme- und Elektroenergie ein lokales Nahwärmenetz kann als Pufferspeicher dienen gute Primärenergiefaktoren möglich mit Power-to-Heat kombinierbar	Erdgasanschluss erforderlich relativ hohe Investitionskosten Wartungsaufwand des BHKW bei Kombination mit Spitzenlast (fossiler Brennstoff) ist höhere Gebäudedämmung zur Einhaltung der EnEV wahrscheinlich aufgrund "Verdrängung" bestehender Fernwärme nur in Kombination mit weiteren regenerativen Energieformen sinnvoll Schornstein ist erforderlich	Erreichung der Wirtschaftlichkeit (Betriebsstunden \geq 5000 h) ggf. höherer Dämmstandard zur Erreichung der gesetzlichen Vorgaben erforderlich	
<u>Kraft-Wärme- Kopplung über Bio-Erdgas</u>	Grundlast der Wärmeenergie wird über ein BHKW bereitgestellt (wärmegeführt) ODER Grundlast der elektrischen Energie wird über ein BHKW bereitgestellt (stromgeführt)	hohe Energieeffizienz durch gleichzeitige Erzeugung von Wärme- und Elektroenergie geringere spezifische CO ₂ - Emission gegenüber Erdgas möglich Vergütung des eingespeisten Stroms über EEG möglich	Erdgasanschluss erforderlich relativ hohe Investitionskosten hohe Kosten für den Bezug von Bio-Erdgas Wartungsaufwand des BHKW kein zusätzlicher Nutzen für den Primärenergiefaktor bei der Verwendung von Bio-Erdgas Schornstein ist erforderlich	Erreichung der Wirtschaftlichkeit (Betriebsstunden \geq 5000 h) ggf. höherer Dämmstandard zur Erreichung der gesetzlichen Vorgaben erforderlich EEG Förderung nur möglich, wenn Herkunft des Brennstoffes nachgewiesen	

Versorgungsanlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
<u>Brennstoffzelle</u>	Brennstoffzellentechnik zur kombinierten Erzeugung von Elektro- und Wärmeenergie in der Grundlast (elektrochemische Umwandlung von wasserstoffreichen Gasen mit Hilfe von Sauerstoff zu Wasser)	innovative Technik zur sehr effizienten Erzeugung von Elektro- und Wärmeenergie Nutzung des erzeugten Stromes auf der Liegenschaft Nutzung unterschiedlicher Endenergieträger (Erdgas, Flüssiggas, Biogas, Methan) gute Regelbarkeit der Leistung wartungsarm geringe/ keine Geräuschemissionen durch Brennstoffzelle	Erdgasanschluss erforderlich hohe Investitionskosten, da Brennstoffzellen im größeren Leistungsbereich nicht Stand der Technik geringe Betriebserfahrungen Spitzenlastherzeuger ist erforderlich	Wirtschaftlichkeit schwer erreichbar	
STROM					
<u>PV- Anlage</u> <u>Dach</u>	Elektroenergie aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage als Grundlastversorgung für die Liegenschaft	geringe Investitionskosten aufgrund Nutzung der über PV erzeugten Elektroenergie wird das Risiko der Entwicklung der Strompreise verringert hohe CO ₂ - Reduzierungen lassen sich bei Eigenverbrauch erzielen	aufgrund vorgesehener Dachflächenbegrünung stehen nur begrenzt Dachflächen zur Verfügung solare Erträge stehen nicht kontinuierlich zur Verfügung		
<u>PV- Anlage</u> <u>Fassade</u>	Elektroenergie aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage als Grundlastversorgung für die Liegenschaft	geringe Investitionskosten aufgrund Nutzung der über PV erzeugten Elektroenergie wird das Risiko der Entwicklung der Strompreise verringert hohe CO ₂ - Reduzierungen lassen sich bei Eigenverbrauch erzielen	solare Erträge stehen nicht kontinuierlich zur Verfügung schlechterer Wirkungsgrad aufgrund Anbringung an Fassade	Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
<u>Solar Tree</u>	Solarbaum, der Sonnenenergie "sammelt" und nachts leuchtet	architektonisches Gestaltungselement/ Außenbeleuchtung für freie Flächen, → Dächer, Gebäude werden nicht benötigt Signalwirkung nach Außen	Anlagen bisher noch wenig verbreitet - Modellcharakter	Erreichung der Wirtschaftlichkeit	

Versorgungs- anlage/ Energieträger	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
Windkraft horizontal	regenerative Erzeugung von Elektroenergie	Elektroenergieerzeugung unabhängig von der Tageszeit Erreichung hoher spezifischer CO ₂ - Reduzierungen möglich	Geländerauhigkeit aufgrund Stadtlage vermindert Wirkungsgrad	Genehmigungsfähigkeit Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
Windkraft vertikal	regenerative Erzeugung von Elektroenergie	höhere Akzeptanz gegenüber WKA mit horizontaler Achse Elektroenergieerzeugung unabhängig von der Tageszeit	Geländerauhigkeit aufgrund Stadtlage vermindert Wirkungsgrad geringerer Wirkungsgrad im Vergleich zu horizontalen Anlagen	Genehmigungsfähigkeit Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
Windbäume	Windenergie aus künstlichen Bäumen, bestückt mit kleinen, vertikalen WKA	architektonisches Gestaltungselement für freie Flächen, Dächer, Gebäude werden nicht benötigt Signalwirkung nach Außen	Anlagen bisher noch wenig verbreitet - Modellcharakter	Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
Windrail	Kleinkraftwerk nutzt Solar- und Windenergie; nutzt die durch Druckunterschiede entstehenden Luftströmungen, die entlang der Fassade zum Dach an Gebäuden entstehen	Nutzung der natürlichen Windströmungen sowie thermischen Luftströmungen bei gleichzeitiger Kühlung der Panels (→ Erhöhung Wirkungsgrad) Windenergie infolge Druckunterschiede am Gebäude Windgeschwindigkeit wird bis um Faktor 2 überhöht ganzjährige Energieherstellung	hohe Investitionskosten Anlagen bisher noch wenig verbreitet - Modellcharakter	Erreichung der Wirtschaftlichkeit	
	Empfehlung für eine weitere Betrachtung im Rahmen des Energiekonzeptes				
	für weitere Betrachtung bedingt empfohlen				
	keine Empfehlung für eine weitere Betrachtung				

Maßnahme	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
ENERGIEMANAGEMENT					
<u>smart home/ Gebäudeautomatisierung</u>	intelligente Technologie zur individuellen Steuerung der technischen Anlagen/ Geräte im Gebäude; optimale Regelung und Überwachung der technischen Anlagen über intelligentes bedarfsgerechtes und energieeffizientes Automatisierungssystem; vernetzt automatisiert alle energetischen Bereiche des jeweiligen Gebäudes	hohe jährliche Energieeinsparungen sind möglich Erhöhung Komfort Erhöhung Sicherheit neuester technischer Standard Wertsteigerung Gebäude deutliche Optimierung des Energieverbrauchs maximale Effizienz bei Zusammenspiel von individueller Raumautomation und einer zentral gesteuerten Automation	hohe Investitionskosten Gerätekompatibilität nicht immer gegeben	Nutzerakzeptanz Wirtschaftlichkeit	
HEIZUNG					
<u>Wärmeverteilung in Gebäuden über dezentrale Pumpensysteme</u>	Anpassung der Wärmeverteilung in den Gebäuden genau an den Bedarf der jeweiligen Raumnutzer	Thermostatventile zur Regelung des Massenstromes (wie in konventionellen Heizsystemen verwendet) erübrigen sich Wärme kann genau dann zur Verfügung gestellt werden, wenn sie gebraucht wird zu beheizende Räume werden individuell und exakt zum richtigen Zeitpunkt auf Wunschtemperatur gebracht und bei wechselnden Bedingungen präzise gehalten sehr energiesparendes System	hohe Investitionskosten	Wirtschaftlichkeit	
LÜFTUNG					
<u>Zu- und Abluftanlage mit WRG</u>	Be- und Entlüftung der Räume über zentrales Lüftungsgerät, Luftverteilung über Lüftungskanäle	auf der Liegenschaft erzeugter Strom kann für den Betrieb der Lüftungsanlage verwendet werden hohe WRG möglich (mindestens 75 %) Ergänzung des Wärmebedarfs der Liegenschaft aus Wärmemengen, die sich aus dem Betrieb der Lüftungsanlage über die WR ergeben	Investitionskosten hohe Anforderungen an Brandschutz Wartungsaufwand Lüftungsanlage Platzbedarf für Schächte	Erreichung der Wirtschaftlichkeit	

Maßnahme	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
ELT					
<u>LED-Beleuchtung</u>	Einbau LED- Leuchtmittel	sehr geringe Verbrauchskosten	hohe Investitionskosten	Wirtschaftlichkeit	
<u>präsenz-abhängige Beleuchtung</u>	Steuerung der Beleuchtung über Präsenzmelder zur Reduzierung der Leuchtdauer der Leuchten auf das Notwendigste	geringe Verbrauchskosten werden generiert Steigerung des Komforts	hohe Investitionskosten		
<u>tageslicht-abhängige Beleuchtung</u>	Steuerung der Beleuchtung über Tageslicht zur Reduzierung der Leuchtdauer der Leuchten auf das Notwendigste	geringe Verbrauchskosten werden generiert Steigerung des Komforts	hohe Investitionskosten		
<u>intelligente Lichtsteuerung z.B. Außenbeleuchtung</u>	LED- Beleuchtung wird mit intelligentem Lichtsteuerungssystem ausgestattet, es kann dann eine ereignisgesteuerte Dimmung vorgenommen werden; Licht begleitet z.B. Verkehrsteilnehmer auf seinem Weg	geringe Verbrauchskosten werden generiert	Investitionskosten	Wirtschaftlichkeit	
WÄRME- Speicherung					
<u>power to heat</u>	überschüssige elektrische Energie aus regenerativen Energieträgern wird thermisch zwischengespeichert und dient als Ergänzung der Wärmeversorgung	vergleichsweise geringe Investitionskosten hohe Eigenstromnutzung möglich Nutzung von überschüssiger Regelenergie aus dem Stromnetz Entlastung und Stabilisierung Stromnetz	EEG Umlage für selbstgenutzten Strom (40 %) muss abgeführt werden enge Kooperation mit dem Energieversorger notwendig Potential steht nicht kontinuierlich zur Verfügung	externe Schnittstellen Bezugspreise für überschüssige Strommengen aus dem Netz des EVU Erreichen der Wirtschaftlichkeit	
<u>Eisspeicher</u>	Grundlastversorgung Nutzung der Kristallisationswärme, die frei wird, wenn ein Stoff seinen Aggregatzustand von flüssig nach fest ändert	bei vollständiger Vereisung am Ende der Heizperiode kann der Eisspeicher unterstützend zur Kühlung genutzt werden.	Modellcharakter, in größeren Leistungsbereichen wenig erprobt Flächenheizung wird vorausgesetzt noch nicht vollumfängl. in aktuellen Gesetzesvorschriften abgebildet niedrige Quelltemperaturen aus Eisspeicher	Erreichen der Wirtschaftlichkeit	

Maßnahme	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
<u>saisonalen Erdwärmespeicher</u>	Speicherung überschüssiger thermischer Energie (für solare Erträge sowie Erträge von anderen regenerativen Energiequellen unterschiedlicher Temperaturniveaus) saisonalen, Wärme-Pufferspeichersystem, Anhebung Temperaturniveau über Wärmepumpe	ganzjährig nutzbar (Heizen, Kühlen) durch permanente Abnahme der Wärme aus den Kollektoren wird Überhitzung verhindert, Anlage geschont hohe Effizienz der Wärmepumpe Reduzierung Verbrauchskosten Einbindung passiver Kühlung möglich	Investitionskosten bei offenen Systemen: ungünstige Untergrundverhältnisse können den Wirkungsgrad verschlechtern hoher Platzbedarf	Wirtschaftlichkeit	
STROM- Speicherung					
<u>Batterie-speicher (Speicherung überschüssige Elektroenergie)</u>	Speicherung überschüssiger Elektroenergie aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage, des BHKW zur Verwendung auf der Liegenschaft (→ Vorgabe keine Netzeinspeisung)	Investitionskosten sind förderfähig aufgrund Nutzung der auf der Liegenschaft erzeugten Elektroenergie wird das Risiko der Entwicklung der Strompreise verringert	Haltbarkeit Batterien	Reinvestition nach < 10 Jahren	
WASSER					
<u>Regenwasser-nutzung</u>	Verwendung von Regenwässern	Einsparung Trinkwasserkosten	Aufwand Unterhaltung		
<u>Grauwasser-nutzung</u>	Aufbereitung und Wiederverwendung fäkalienfreier Abwässer	Einsparung Trinkwasserkosten	Kosten für Aufbereitungsaufwand	Wirtschaftlichkeit	

Maßnahme	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Risiko	Vorschlag für weitere Betrachtg.
GEBÄUDEHÜLLE					
<u>begrünte Fassaden "Living wall systems"</u>	Errichtung grüner Gebäudefassaden ("senkrechter Garten")	Windfang, Kühlung Einsparung Energiekosten schalldämpfend luftbefeuchtend Schadstofffilter, Staubbindung Außenwirkung	Nutzerakzeptanz Unterhaltungskosten		
<u>Verwendung von Putz mit klimaregulieren der Wirkung</u>	Gips-Maschinenputz mit integriertem Wärmespeicher (Phasenwechselmaterialien (PCM)) - Putz nutzt mikroverkapseltes Paraffin	einfache Handhabung dauerhafte Erzielung eines angenehmen Raumklimas im Verbund mit WDV- System ist optimaler Wärme- und Kälteschutz möglich	Investitionskosten hoher Anteil organischer Bestandteile → besondere Beachtung Brandschutz		
	Empfehlung für eine weitere Betrachtung im Rahmen des Energiekonzeptes				
	für weitere Betrachtung bedingt empfohlen				
	keine Empfehlung für eine weitere Betrachtung				

Stadt Leipzig • Amt 36.21 • 04092 Leipzig

Herrn Jaschke
enersyngy GmbH
Nikolaistr. 33-37
04109 Leipzig

Amt für Umweltschutz

Technisches Rathaus
Prager Str. 118 - 136
04317 Leipzig
Bearbeiter/-in:
Herr Simowitsch
Raum: A.6028
Tel.: 0341/123-1649
Fax:
E-Mail: johann.simowitsch@leipzig.de

Ihre Zeichen/Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen
36.16.05

Datum

19. Dez. 2010

Stellungnahme zur Vorabstimmung energetische Versorgung Freiladebahnhof

Sehr geehrter Herr Jaschke,

gern möchte ich Ihnen eine erste Stellungnahme zum aktuellen Stand des Energiekonzeptes geben. Um den hohen energetischen Anspruch im Quartier umzusetzen, sehe ich aktuell eine Hauptvariante mit zahlreichen Variationen in der Ausprägung, die im weiteren Verfahren untersetzt und bilanziert werden müssten.

Hauptvariante

Bis zum Baubeginn wird nach EnEV das Niedrigstenergiegebäude definiert sein und somit Vorgaben zu einem geringen Primärenergiebedarf und sehr geringen Transmissionswärmeverlusten existieren. Der Fokus des Energiekonzeptes liegt somit auf der Gewinnung von erneuerbaren Energien im Quartier, um das Ziel der Klimaneutralität erreichen zu können. Ob dieses Ziel in dem urbanen Quartier mit hoher Dichte zu 100 % erreicht werden kann und sinnvoll ist, müssen detailliertere Studien erst noch ermitteln. Innovativ und von zentraler Bedeutung ist dabei die Betrachtung des Wärmebedarfs des Quartiers. Die Betrachtung des Strombedarfs ist nicht nur bilanziell nachgelagert, sondern auch deshalb zweitrangig, weil die Stromerzeugung bereits durch bundesweite Regulierungen und Förderungen mittelfristig auf erneuerbare Energien umgestellt wird.

Unter Ausschluss von fester Biomasse und einem mgl. Verzicht auf Bio-Erdgas (s.u.) ergeben sich für die Deckung des Wärmebedarfs die Schlüsseltechnologien: Solarthermie, Erdwärme und Abwasserwärme. Alle Technologien haben den Einsatz von Niedrigtemperatur- bzw. Flächenheizungen zur Folge. Um das energetische Potential möglichst ganzjährig zu nutzen sind Speichertechnologien einzusetzen.

Zur Ausnutzung der Flächenpotentiale ist explizit ein Quartiersansatz für die Energiegewinnung zu verfolgen, der auf eine zentrale Wärmeverteilung und Speicherung setzt. In seiner Ausprägung könnte das Nahwärmenetz als Sekundärnetz (low-ex) der Fernwärme (Spitzenlast) errichtet werden und auf einem niedrigeren Temperaturniveau gefahren werden. Zur Einspeisung von Solarthermie sollte das Netz mit Temperaturen um 80° C gefahren werden. Zur Einspeisung von weiteren erneuerbaren Energien ist die Temperatur auf 30° C („Kaltes Netz“) weiter abzusenken, die jedoch für Flächenheizungen weiterhin nutzbar sind. Insbesondere Energie aus Erdwärme könnte man im gesamten Plangebiet gewinnen und einspeisen. Für die Erwärmung des Warmwassers wäre in diesem Fall eine zusätzliche Aufbereitung einzuplanen, die durch den Einsatz von Strom bzw. Wärmepumpen erfolgen könnte. Im Rahmen der Bilanzierung sollte ermittelt werden, ob die Vorteile der Einspeisung von Erdwärme und der Einbindung von Abwasserwärme die Nachteile der dezentralen Warmwasserversorgung überbieten.

Die größten Energiegewinne sind beim Einsatz von Solarthermie zu sehen. Hierfür sind erhebliche Flächen zu reservieren. Neben den Dachflächen, solaroptimiert ausgerichteten Gebäuden und Fassaden wäre eine

Anlage entlang bzw. über dem vorzusehenden Rad-/Fußweg und mgl. entlang einer potentiellen Lärmschutzwand einzuplanen. Ein seitlich offen überdachter Radweg zur Errichtung einer Freiflächen-Solarthermieanlage im Sinne der doppelten Innenentwicklung kann dabei effizient und mit geringen Wärmeverlusten an ein Wärmenetz angeschlossen werden. Die überschüssige Energie kann über ein zentrales Wärmenetz in einen Speicher verlagert werden. Eine sinnvolle Dimensionierung des Speichers (saisonaler Speicher) ist zu ermitteln. Der Standort des Speichers könnte entlang des nördlichen Abschnittes der Bahntrasse, der Delitzscher Str., bzw. der Theresienstraße separat oder als Gebäudebestandteil erreicht werden, da hier bereits Lärmprobleme auftreten.

Nicht genutzte/notwendige Dachflächen für die Wärmeversorgung können mit Photovoltaik belegt werden, die direkt ins Stromnetz einspeisen. Ob und wie der Strom direkt oder bilanziell im Quartier genutzt werden kann, bedarf einer rechtlichen Bewertung entsprechend der späteren Nutzung.

Eine Verschneidung mit dem Themenfeld Mobilität ist ohne vorliegendes Mobilitätskonzept nicht möglich. Bereits jetzt sollte das Themenfeld smart home/Gebäudeautomatisierung jedoch in Kombination mit Mobilität gedacht werden (Verfügbarkeit/Planbarkeit E-Auto, Car-Sharing, ÖPNV).

Bewertung der Ausarbeitungen von S&P

Die Ausarbeitungen von S&P sind sehr umfangreich und wurden von uns geprüft und bewertet. Zu einzelnen Teilbereichen der Ausarbeitungen möchte ich Ihnen eine direkte Kommentierung übermitteln.

Solarthermie	Schlüsseltechnologie; Speicherung möglich; hohe Effizienz; Einspeisung in ein Sekundärnetz (< 80° C) möglich.
Biomasse	Feste Brennstoffe werden in dem Quartier auf Grund der bereits vorhandenen hohen Belastungen der Luftqualität ausgeschlossen. Zudem würde ein erhöhtes Verkehrsaufkommen induziert, da erhebliche Mengen an Biomasse benötigt werden.
Wärmepumpe (Erdwärme)	Schlüsseltechnologie; hohe Effizienz; Einspeisung in ein Sekundärnetz (< 30° C) möglich (innovativ).
Wärmepumpe (Umgebungsluft)	Sollte tendenziell ausgeschlossen werden, da häufig Probleme mit Lärm auftreten. Bei niedrigen Außentemperaturen reine Stromheizung!
Wärmepumpe (Abwärme: Abwasser)	Schlüsseltechnologie; Einspeisung in ein Sekundärnetz (< 30° C) möglich (innovativ).
Wärmepumpe (Abwärme: Server)	Es besteht eine hohe Abhängig von der Nutzung bzw. der Art des Gewerbes. In einem multifunktionalen Quartier mit unklaren rechtlichen Abhängigkeiten sollte sie nicht die Basis eines Energiekonzeptes darstellen.
Fernwärme	Liegt an und könnte die Spitzenlastversorgung sicher stellen.
KWK-Anlage	Da das Gebiet direkt im Fernwärmegebiet liegt ist keine höhere Effizienz zu erwarten. Sie ist wirtschaftlich nur aus einer Hand (Anlagenbetreiber und Energieanwender) und bei entsprechenden Lastkurvenverteilungen zu betreiben.
KWK-Anlage Bio-Erdgas	s.o. → positive gesamtökologische Bewertung bei der Nutzung von Bio-Erdgas in urbanen Gebieten ist nicht gegeben.

Mit freundlichen Grüßen

im Auftrag

Heinz
Abteilungsleiter
Umweltvorsorge

Stadt
Leipzig
Gesch.
Abt. 16
1/04

II Lagepläne

- Lageplan Fernwärmeverteilungen entsprechend Variante 1
- Lageplan Fernwärmeverteilungen entsprechend Variante 2

Wärmeversorgungskonzept Freiladebahnhof – Variante 1: 100% Erschließung mit Fernwärme



Legende

- bestehende FW-Leitung
- Neue Hauptleitung zur Gebietserschließung
- Verteilungen (Variante 1 + 2)
- Verteilungen (nur für Variante 2)

Nur zur internen Verwendung!
Kein bestätigter Entwurf der
Trassenführung und -dimensionierung.



Nur zur Information - Keine Planauskunft!

Freiladebahnhof

Maßstab bei DIN A3: 1:3000

Datum: 13.03.2017

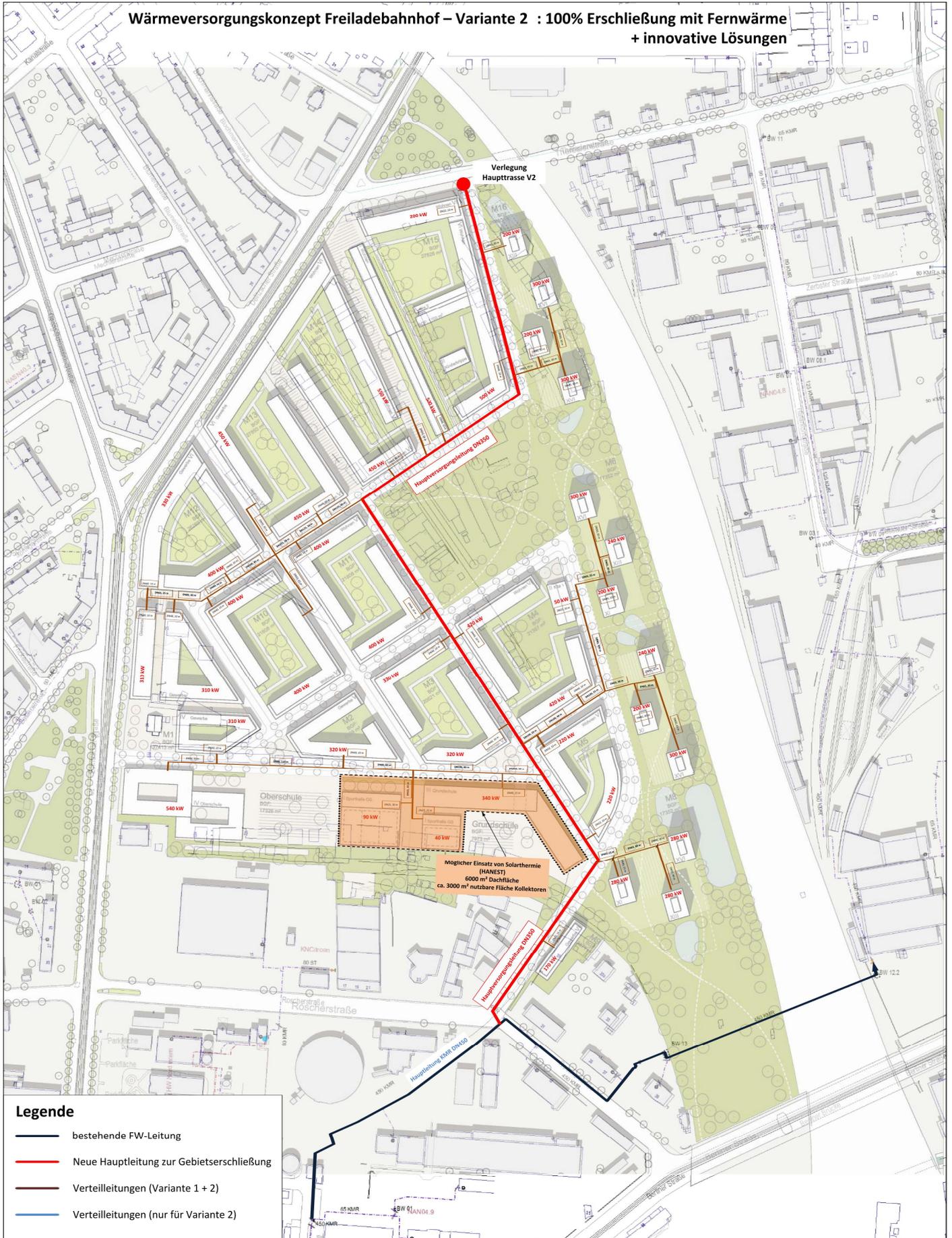
0m 30m 60m 90m 120m



Bearbeiter:

Ausgabe: Eibisch / NT-AW

**Wärmeversorgungskonzept Freiladebahnhof – Variante 2 : 100% Erschließung mit Fernwärme
+ innovative Lösungen**



Legende

- bestehende FW-Leitung
- Neue Hauptleitung zur Gebietserschließung
- Verteilungen (Variante 1 + 2)
- Verteilungen (nur für Variante 2)

**Nur zur internen Verwendung!
Kein bestätigter Entwurf der
Trassenführung und -dimensionierung.**



Nur zur Information - Keine Planauskunft!

Freiladebahnhof

Maßstab bei DIN A3: 1:3000

Datum: 13.03.2017

0m 30m 60m 90m 120m



Bearbeiter:

Ausgabe: Eibisch / NT-AW

III Tabellen zu den überschlägigen Berechnungen der Leistungsdaten und Verbräuche

- Leistungs- und Bedarfsdaten Quartier

Leistungsdaten Quartier Freiladebahnhof

vorläufig; gem. Annahmen Testentwurf

WÄRME

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF, ca. [m ²]	Heizlast Gebäude, ca. [kW]	Wärmebedarf, ca. [MWh/a]
Wohnen	70	228.000	9.000	18.000
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	65.000	3.000	5.000
Gemeinbedarf	10	32.000	1.000	2.000
Summe	100	325.000	13.000	25.000

KÄLTE

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF gekühlt, angen. [m ²]	Kühllast Gebäude, ca. [kW]	Kühlbedarf, ca. [MWh/a]
Wohnen	70	16.000	800	80
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	11.000	600	250
Gemeinbedarf	10	1.000	100	20
Summe	100	28.000	1.500	350

ELEKTRISCHE ANSCHLUSSLEISTUNG

Nutzung	Nutzungs- verteilung, überschlägig [%]	BGF, ca. [m ²]	Anzahl WE	elektrische Anschlussleistung, überschlägig [kW]
Wohnen	70	228.000	2.600	8.000
Gewerbe/Dienstleistung/ Versorgung	20	65.000	-	1.000
Gemeinbedarf	10	32.000	-	500
Summe	100	325.000	2.600	9.500

zzgl. Leistung f. Kälte

IV Tabellen zu den überschlägigen Kosten der Varianten

A - Wärme

- Variante 1 (Grundvariante)
- Variante 2 (Vergleichsvariante)

B - Strom

- Einzelvarianten (Photovoltaik)

Anlagenkosten
A-Wärme
Variante 1
Grund- und Spitzenlast: Fernwärme (dezentral)

Anlagenkosten Heizung (geschätzt)

	Komponenten	Leistung des Wärmereizgerers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
Grund- und Spitzenlasterzeuger	Fernwärme-Kompaktstationen für angen. 42 Gebäude	13 MW	einschließlich Regelung	720.000 €	856.800 €
weiterer Spitzenlasterzeuger			entfällt	- €	- €
Lüftung	Raumluftechnik		entfällt, da ggf. in jeder Variante relevant	- €	- €
Regelung	GLT		entfällt, in Pos. FW- Station enthalten	- €	- €
Abgassystem			entfällt	- €	- €
Erschließungskosten (mit Tiefbau)			Hauptleitungen 2.547.855,- Hausanschlüsse 920.500,- Anschlusskostenbeitrag (Erschließung FW)	1.750.000 €	2.082.500 €
Summe		13 MW		2.470.000 €	2.939.300 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

Anlagenkosten

A-Wärme

Variante 2

Grundlast: Solarthermie, Erdwärme (dezentral)

Spitzenlast: Fernwärme (dezentral)



Anlagenkosten Heizung (geschätzt)

	Komponenten	Leistung des Wärmerezeugers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
1. Grundlasterzeuger					
Solarthermie	Solarkollektoren	ca. 1,5 MW	ca. 3.000 m ² Bruttokollektorfläche (Flachkollektor inkl. Aufständering)	1.100.000,00 €	1.309.000,00 €
2. Grundlasterzeuger					
Erdwärme	Sole/Wasser-Wärmepumpe	ca. 1,2 MW	4 Wärmepumpen (à 290 kW) zur dezentralen Versorgung einschl. Pufferspeicher (nur Heizung)	520.000,00 €	618.800 €
	Erdsonden		ca. 40.000 m Sondenlänge	2.400.000,00 €	2.856.000 €
Spitzenlasterzeuger					
	FW- Kompaktstationen für angen. 42 Gebäude	ca. 11,8 MW	einschließlich Regelung	720.000 €	856.800 €
Lüftung	Raumluftechnik		entfällt, da ggf. in jeder Variante relevant	- €	- €
Regelung	GLT		entfällt, in Pos. FW- Station enthalten	- €	- €
Abgassystem			entfällt	- €	- €
Erschließungskosten (mit Tiefbau)			Hauptleitungen 2.550.000,- Hausanschlüsse 920.500,-		
			Anschlusskostenbeitrag (Erschließung FW)	1.950.000 €	2.320.500 €
Summe		13 MW		6.690.000 €	7.961.100 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

Anlagenkosten
B-Strom
Variante PV (Dach)
Grundlast: Photovoltaik (dezentral)
Spitzenlast: Strom EVU



Anlagenkosten (geschätzt)

	Komponenten	Leistung des Wärmereizers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
Grundlast	Photovoltaik	2025 kWp	16.203 m ² Modulfläche (Dach); inkl. Aufständigung, Kabel, Montage, Wechselrichter	3.037.500,00 €	3.614.625,00 €
	Wechselrichter	27,5 kW je WR	rund 74 Stück: 185.000€; 1. Generation und Summe Re-Invest in Invest PV enthalten		
	Gleichspannungsverkabelung		in Invest PV enthalten	- €	- €
	Stromspeicher		entfällt	- €	- €
Spitzenlasterzeuger	EVU		entfällt	- €	- €
Summe				3.037.500 €	3.614.625 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

Anlagenkosten
B-Strom

Variante PV (Dach) und Batteriespeicher
Grundlast: Photovoltaik (dezentral)
Spitzenlast: EVU
Anlagenkosten (geschätzt)



	Komponenten	Leistung des Wärmereizgers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
Grundlast	Photovoltaik	2025 kWp	16.203 m ² Modulfläche (Dach); inkl. Aufständigung, Kabel, Montage, Wechselrichter	3.037.500,00 €	3.614.625,00 €
	Wechselrichter	27,5 kW je WR	rund 74 Stück: 185.000€; 1. Generation und Summe Re-Invest in Invest PV enthalten		
	Gleichspannungsverkabelung		in Invest PV enthalten	- €	- €
	Stromspeicher	30 kW je Stromspeicher	rund 68 Stück, Austausch nach rund 12 Jahren; Re-Invest 20% günstiger (979.200€) durch Wiederverwendung,	1.224.000,00 €	1.456.560 €
Spitzenlasterzeuger	EVU		entfällt	- €	- €
Summe				4.261.500 €	5.071.185 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

Anlagenkosten
B-Strom
Variante PV (Fassade)
Grundlast: Photovoltaik (dezentral) und Batteriespeicher
Spitzenlast: Strom EVU



Anlagenkosten (geschätzt)

	Komponenten	Leistung des Wärmerezeugers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
Grundlast	Photovoltaik	180 kWp	1.447 m ² Modulfläche (Dach); inkl. Aufständering, Kabel, Montage, Wechselrichter	450.000,00 €	535.500,00 €
	Wechselrichter	27,5 kW je WR	rund 7 Stück: 17.500€; 1. Generation und Summe Re-Invest in Invest PV enthalten		
	Gleichspannungsverkabelung		in Invest PV enthalten	- €	- €
	Stromspeicher		entfällt	- €	- €
Spitzenlasterzeuger	EVU		entfällt	- €	- €
Summe				450.000 €	535.500 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

Anlagenkosten

B-Strom

Variante PV (Fassade) und Batteriespeicher

Grundlast: Photovoltaik (dezentral)

Spitzenlast: Strom EVU



Anlagenkosten (geschätzt)

	Komponenten	Leistung des Wärmerezeugers	Bemerkungen	geschätzte Investitionskosten (Netto)	geschätzte Investitionskosten (Brutto)
Grundlast	Photovoltaik	180 kWp	1.447 m² Modulfläche (Dach); inkl. Aufständering, Kabel, Montage, Wechselrichter	450.000,00 €	535.500,00 €
	Wechselrichter	27,5 kW je WR	rund 7 Stück: 17.500€ ; 1. Generation und Summe Re-Invest in Invest PV enthalten		
	Gleichspannungsverkabelung		in Invest PV enthalten	- €	- €
	Stromspeicher	30 kW je Batteriespeicher	rund 3 Stück, Austausch nach rund 12 Jahren; Re-Invest 20% günstiger (43.200€) durch Wiederverwendung,	54.000,00 €	64.260 €
Spitzenlasterzeuger	EVU		entfällt	- €	- €
Summe				504.000 €	599.760 €

(Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt)

V Tabellen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Variantengegenüberstellung – A-Wärme

- Variantengegenüberstellung – B-Strom
 - Gesamtvarianten Photovoltaik
 - Einzelvarianten Photovoltaik

Variantengegenüberstellung Wärme
- Variante 1 (Grundvariante) vs.
Variante 2 (Vergleichsvariante) -

			Freiladebahnhof Leipzig					
Gebäudedaten			Liegenschaftsdaten					
	Bruttogrundfläche	m ²	ca. 325.000					
	Heizwärmelast	kW	13.000					
	Nutzung		Wohnen, Gemeinbedarf, Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung					
	Jahresenergiebedarf Heizung	MWh/a	25.000					
			↓		↓			
			Variante 1 (Grundvariante) Fernwärme als Grund- und Spitzenlasterzeuger		Variante 2 (Vergleichsvariante) Solarthermie und Erdwärme als Grundlasterzeuger und Fernwärme als Spitzenlasterzeuger			
Anlagendaten	Wärmeerzeuger einschließlich Leistung	kW	Fernwärme mit 13.000 kW		Solarthermie mit 1.500 kW Erdwärme mit 1.200 kW Fernwärme mit 10.300 kW			
	Jahresenergie je Wärmeerzeuger	MWh/a	Fernwärme mit 25.000 MWh/a		Solarthermie mit 480 MWh/a Erdwärme mit 2.280 MWh/a Fernwärme mit 22.240 MWh/a			
	Jahresenergie Strombereitstellung				Wärmepumpe mit 570 MWh/a			
Kosten	Anfangsinvestition*	netto €	FW- Kompaktstationen, Anschlusskostenbeitrag 2.470.000 €		Solarkollektoren, Wärmepumpen, Erdsonden, FW-Kompaktstationen, Anschlusskostenbeitrag 6.690.000 €			
	Re- Investition		keine		keine			
	Gesamtinvestition (geschätzt)	netto €	2.470.000 €		6.690.000 €			
	Differenz gegenüber Grundvariante				4.220.000 €			
	Verbrauchsgebundene Kosten (bezogen auf geschätzten Verbrauch)	netto €/a	Fernwärme 1.754.950 €		Solarthermie 156.060 € Erdwärme 1.568.350 €			
	Service, Wartung, Instandhaltung		74.100 €		101.400 €			
	Gewinne durch Stromerzeugung		- €		- €			
	gesamte Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten	netto €/a	1.829.050 €		1.825.810 €			
Differenz gegenüber Grundvariante	netto €/a			- 3.240 €				
Wirtschaftlichkeit	Preissteigerung	%	1,5%		3%	1,5%		3%
	Verbrauchs- u. betriebsgebundene Kosten (20 Jahre)	netto €	44.764.343 €		51.617.258 €	48.446.495 €		54.732.009 €
	Gesamte Mehrkosten gegenüber Grundvariante (20 Jahre)	netto €				7.902.152 €		7.334.751 €
	Kosten pro eingesparter Tonne CO ₂	netto €/t				5.249 €		4.872 €
CO ₂ -Emission	CO ₂ -Emission	t/a	3.850,00		3.774,72			
	Einsparung CO₂-Emission gegenüber Grundvariante		75,28					

*Planungskosten wurden nicht berücksichtigt

Variantengegenüberstellung Photovoltaik - gesamt: Dach und Fassade -

			Freiladbahnhof Leipzig							
Gebäudedaten			Liegenschaftsdaten							
	Bruttogrundfläche	m ²	ca. 325.000							
	Nutzung		Wohnen, Gemeinbedarf, Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung							
	elektrische Anschlussleistung	kW	9.500							
			↓			↓				
			Variante: Dachanlage, 45° aufgeständert und fassadenintegrierte Photovoltaik			Variante: Dachanlage, 45° aufgeständert und fassadenintegrierte Photovoltaik sowie Batteriespeicher				
technische Daten	Potenzialfläche	m ²	17.650			17.650				
	Nennleistung	kW _p	2.205			2.205				
	Stromerzeugung	kWh	1.932.947			1.932.947				
Kosten*	Anfangsinvest**	€	PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter			PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter, Batteriespeicher				
			3.487.500 €			4.785.500 €				
	Re-Invest	€	Wechselrichter (nach 12 Jahren)			Wechselrichter (nach 12 Jahren)				
			202.500 €			202.500 €				
			Batteriespeicher (nach 10 Jahren)			1.022.400 €				
Gesamtinvest	€	Anfangsinvest+ Re-Invest			Anfangsinvest+ Re-Invest					
		3.690.000 €			6.010.400 €					
laufende Kosten p.a.	netto €/a	PV-Module (Dach+Fassade)			PV-Module (Dach+Fassade)					
		67.800 €			67.800 €					
	netto €/a	Wechselrichter			Wechselrichter, Batteriespeicher					
		4.050 €			21.800 €					
Summe laufende Kosten p.a.	netto €/a	PV-Module, Wechselrichter			PV-Module, Wechselrichter, Batteriespeicher					
		71.850 €			89.600 €					
Einnahmen*	Einsparung	netto €/a	20% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh			60% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh				
			100.513 €			301.539 €				
	Einnahmen	netto €/a	80% Einspeisung bei 0,1 €/kWh			40% Einspeisung bei 0,1 €/kWh				
		154.636 €			77.348 €					
Mehrwert pro Jahr	netto €/a	Eigenverbrauch+ Einspeisung			Eigenverbrauch+ Einspeisung					
		255.149 €			378.887 €					
Wirtschaftlichkeit*	Preissteigerung	%	1,5%		3%		1,5%		3%	
	interner Zinsfuß	%	kein interner Zinsfuß		kein interner Zinsfuß		0,39%		1,61%	
	Kapitalwert aus Wirtschaftlichkeitsberechnung	netto €	- 489.217,00 €		- 303.225,00 €		- 82.804,00 €		743.134,00 €	
	Amortisationsdauer	a	> 20 Jahre		> 20 Jahre		> 20 Jahre		18,2 Jahre	
	Einzahlungen Gesamt	netto €	4.670.001,00 €		5.020.793,00 €		7.748.012,00 €		8.800.389,00 €	
	Auszahlungen Gesamt	netto €	5.059.816,00 €		5.210.691,00 €		7.570.190,00 €		7.734.574,00 €	
	Gesamtüberschuss	netto €	-389.815,00 €		-189.898,00 €		177.822,00 €		1.065.815,00 €	
CO ₂ -Emission	Einsparung CO ₂ -Emission Quartier	t/a	209,57			628,71				

* Anfangsjahr bei 1,5% Preissteigerung

** Planungskosten wurden nicht berücksichtigt

Variantengegenüberstellung Photovoltaik - einzeln Dach, Fassade -

			Freiladbahnhof Leipzig					
Gebäudedaten			Liegenschaftsdaten					
	Bruttogrundfläche	m ²	ca. 325.000					
	Nutzung		Wohnen, Gemeinbedarf, Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung					
	elektrische Anschlussleistung	kW	9.500					
			↓		↓			
			Variante: Dachanlage, 45° aufgeständert		Variante: Dachanlage, 45° aufgeständert, Batteriespeicher			
technische Daten	Potenzialfläche	m ²	16.203		16.203			
	Nennleistung	kW _p	2.025		2.025			
	Stromerzeugung	kWh	1.800.515		1.800.515			
Kosten*	Anfangsinvest**	€	PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter	3.037.500 €	PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter, Batteriespeicher	4.261.500 €		
	Re-Invest	€	Wechselrichter (nach 12 Jahren)	185.000 €	Wechselrichter (nach 12 Jahren) Batteriespeicher (nach 10 Jahren)	185.000 € 979.200 €		
	Gesamtinvest	€	Anfangsinvest+ Re-Invest	3.222.500 €	Anfangsinvest+ Re-Invest	5.425.700 €		
	laufende Kosten p.a.	netto €/a	PV-Module	50.934,25 €	PV- Module	71.100,25 €		
			Wechselrichter	3.700,00 €	Wechselrichter, Batteriespeicher	20.700,00 €		
	netto €/a	Summe laufende Kosten p.a.	54.634,25 €	PV-Module, Wechselrichter, Batteriespeicher	91.800,25 €			
Einnahmen*	Einsparung	netto €/a	20% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh	93.627,00 €	60% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh	280.880,00 €		
	Einnahmen	netto €/a	80% Einspeisung bei 0,1 €/kWh	144.041,00 €	40% Einspeisung bei 0,1 €/kWh	72.051,00 €		
	Mehrwert pro Jahr	netto €/a	Eigenverbrauch+ Einspeisung	237.668,00 €	Eigenverbrauch+ Einspeisung	352.931,00 €		
Wirtschaftlichkeit*	Preissteigerung	%		1,5%	3%		1,5%	3%
	interner Zinsfuß	%		1,04%	0,72%		1,33%	2,57%
	Kapitalwert aus Wirtschaftlichkeitsberechnung	€		168.295,00 €	61.817,00 €		390.121,00 €	1.070.760,00 €
	Amortisationsdauer	Jahre		18,9	19,6		18,8	17,3
	Einzahlungen Gesamt	€		4.670.001,00 €	4.706.200,00 €		7.748.012,00 €	8.642.567,00 €
	Auszahlungen Gesamt	€		4.395.263,00 €	4.544.277,00 €		7.154.125,00 €	7.316.078,00 €
	Gesamtüberschuss	€		274.738,00 €	161.923,00 €		593.887,00 €	1.326.489,00 €
CO ₂ -Emission	Einsparung CO ₂ -Emission Quartier	t/a	195,21		585,64			

* Anfangsjahr bei 1,5% Preissteigerung

** Planungskosten wurden im Vergleich der Varianten nicht berücksichtigt

Variantengegenüberstellung Photovoltaik - einzeln Dach, Fassade -

			Freiladbahnhof Leipzig							
Gebäudedaten			Liegenschaftsdaten							
	Bruttogrundfläche	m ²	ca. 325.000							
	Nutzung		Wohnen, Gemeinbedarf, Gewerbe/ Dienstleistung/ Versorgung							
	elektrische Anschlussleistung	kW	9.500							
			↓			↓				
			Variante: fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage			Variante: fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage, Batteriespeicher				
technische Daten	Potenzialfläche	m ²	1.447			1.447				
	Nennleistung	kW _p	180			180				
	Stromerzeugung	kWh	132.432			132.432				
Kosten*	Anfangsinvest**	€	PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter 450.000 €			PV-Module, Verkabelung, Installation, Wechselrichter, Batteriespeicher 450.000 €				
	Re-Invest	€	Wechselrichter 17.500 €			Wechselrichter (nach 12 ahren) 17.500 € Batteriespeicher (nach 10 Jahren) 43.200 €				
	Gesamtinvest	€	Anfangsinvest+ Re-Invest 467.500 €			Anfangsinvest+ Re-Invest 510.700 €				
	laufende Kosten p.a.	netto €/a	PV-Module 6.748,50 € Wechselrichter 350,00 €			PV- Module 8.231,50 € Wechselrichter, Batteriespeicher 1.100,00 €				
	Summe laufende Kosten p.a.	netto €/a	PV-Module, Wechselrichter 7.098,50 €			PV-Module, Wechselrichter, Batteriespeicher 9.331,50 €				
Einnahmen*	Einsparung	netto €/a	20% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh 6.886,00 €			60% Eigenverbrauch bei 0,26 €/kWh 20.659,00 €				
	Einnahmen	netto €/a	80% Einspeisung bei 0,1 €/kWh 10.595,00 €			40% Einspeisung bei 0,1 €/kWh 5.297,00 €				
	Mehrwert pro Jahr	netto €/a	Eigenverbrauch+ Einspeisung 17.481,00 €			Eigenverbrauch+ Einspeisung 25.956,00 €				
Wirtschaftlichkeit*	Preissteigerung	%	1,5%		3%		1,5%		3%	
	interner Zinsfuß	%	kein interner Zinsfuß		kein interner Zinsfuß		kein interner Zinsfuß		kein interner Zinsfuß	
	Kapitalwert aus Wirtschaftlichkeitsberechnung	€	- 282.837,00 €		- 300.859,00 €		- 197.353,00 €		- 157.079,00 €	
	Amortisationsdauer	Jahre	> 20 Jahre		> 20 Jahre		> 20 Jahre		> 20 Jahre	
	Einzahlungen Gesamt	€	343.486,00 €		346.148,00 €		569.843,00 €		635.678,00 €	
	Auszahlungen Gesamt	€	623.557,00 €		645.459,00 €		755.649,00 €		778.122,00 €	
	Gesamtüberschuss	€	-280.071,00 €		-299.311,00 €		-185.806,00 €		-142.444,00 €	
CO ₂ -Emission	Einsparung CO ₂ -Emission Quartier	t/a	14,36			43,07				

* Anfangsjahr bei 1,5% Preissteigerung
 ** Planungskosten wurden im Vergleich der Varian

Quartier Freiladebahnhof EK I
Projekt-Nr.:H160909

VI Zertifikat Fernwärme der Stadtwerke Leipzig



Zertifikat

Hiermit wird bescheinigt,
dass auf Grundlage der im Zertifizierungsbericht¹ genannten
Planungsdaten

**das Zentrale Fernwärmeversorgungssystem
der Stadtwerke Leipzig GmbH**

durch das

**Institut für Energietechnik der TU Dresden,
Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung**

geprüft und nach AGFW Arbeitsblatt FW 309 - Teil 1
folgendermaßen bewertet wurde.

Primärenergiefaktor des Fernwärmeversorgungssystems:	0,31
Die Wärmebereitstellung erfolgt mit einem Anteil von aus in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugter Wärme.	99,6 %

Diese Bescheinigung ist gültig bis zum 22.11.2020.

Prof. Dr.-Ing. C. Felsmann
Leiter der Professur

Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Institut für Energietechnik
Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung
Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann
01062 Dresden

Dr.-Ing. T. Sander
Bearbeiter

fP-Gutachter-Nr.: FW 609-010

Stempel

Dresden, 23.11.2010

¹ Kurzbericht - Zertifizierung der Primärenergiefaktoren nach FW 309 Teil 1 für die Fernwärmeversorgungssysteme der Stadtwerke Leipzig GmbH, Dresden, 23.11.2010