

# Energiekonzept

## Äußere Oststadt

ENDBERICHT 12/2018





# Landeshauptstadt Erfurt

## Energiekonzept Äußere Oststadt

ENDBERICHT 12/2018

## Impressum



### Redaktion

Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung  
Löberstraße 34  
99096 Erfurt  
Tel. 0361 655-3901  
Fax 0361 655 3909

### Verfasser

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU C-S)  
Konrad-Wachsmann-Allee 4  
03046 Cottbus  
Fachgebiet Stadttechnik

Prof. Matthias Koziol  
Dipl.-Ing. Stefan Simonides  
Dipl.-Ing. Jörg Walther  
Dipl.-Ing. Sven Koritkowski  
MA Markus Gräbner  
Tel. 0355 692500  
Fax 0355 692190

### Karten

Amt für Geoinformation  
und Bodenordnung

Bearbeitungszeitraum 12/2016 – 06/2018

**Endbericht: Dezember 2018**

## Inhalt

1.	Zusammenfassung .....	12
2.	Aufgabenstellung und Ziel des Konzeptes .....	15
2.1.	Räumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes .....	15
3.	Grundlagenermittlung und Datenanalyse (AP1).....	18
3.1.	Bestehende Konzepte, räumliche & städtebauliche Planungen, Datengrundlagen.....	18
3.2.	Datenermittlung.....	20
3.3.	Gesetzeslage zu Energiebedarfen von Neubauten.....	22
4.	Städtebauliche Entwicklung der einzelnen Quartiere .....	24
4.1.	Quartier Blumenschmidtstraße .....	25
4.2.	Quartier Posthof .....	27
4.3.	Quartier Iderhoffstraße .....	27
4.4.	Stadtwerkeareal.....	28
4.5.	ICE-City Ost.....	30
5.	Energiebilanz: Bedarfsabschätzung und Potenzialanalyse .....	31
5.1.	Methodik.....	31
5.2.	Analyse der Energieversorgung .....	33
5.3.	Wärmebedarfsabschätzung und Szenarien energetischer Gebäudestandards .....	36
5.4.	Zeitliche Modulierung der Wärmeenergiebedarfe.....	37
5.5.	Strombedarfsabschätzung .....	38
5.5.1.	Gebäudebereich.....	38
5.5.2.	Elektromobilität.....	39
5.6.	Potenzialanalyse erneuerbarer Energien.....	41
5.6.1.	Photovoltaik .....	42
5.6.2.	Solarthermische Nutzung.....	44
5.6.3.	Oberflächennahe Geothermie .....	48
5.6.4.	Weitere energetische Potenziale .....	51

6.	Technische Konzeption der Versorgung .....	53
6.1.	Wärmeversorgung .....	53
6.1.1.	Netzentwicklung.....	53
6.1.2.	Technische Komponenten und EE-Anteil.....	56
6.2.	Kälteversorgung .....	60
6.3.	Stromversorgung .....	61
6.4.	E-Mobilität .....	62
6.4.1.	Energieleuchtturm in der ICE City .....	63
6.4.2.	E-Mobilität in den Teilquartieren.....	65
6.5.	Option Mieterstrommodell.....	67
6.5.1.	Was ist das Mieterstrommodell? .....	67
6.5.2.	Mögliche Modellformen des MSM .....	68
6.5.3.	Wirtschaftlichkeit .....	69
6.5.4.	Vorteil und Relevanz für die Energiewende.....	71
6.5.5.	Nachteile, Hemmnisse und Kritik .....	71
7.	Bewertung der Versorgungsvarianten.....	72
7.1.	Bewertung der Wirtschaftlichkeit.....	72
7.1.1.	Methodisches Vorgehen .....	72
7.1.2.	Verteilung der Wärmebereitstellung auf die Erzeugungsanlagen .....	76
7.1.3.	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsprüfung .....	77
7.2.	CO <sub>2</sub> -Bilanzierung .....	80
8.	Anhang .....	83
8.1.	Alternativvariante: Solarthermie Felder am „Nordhäuser Bahnhof“ .....	83
8.1.1.	Energiebilanz .....	83
8.1.2.	Eckdaten zur Wirtschaftlichkeit der Alternativvariante.....	88
	Abkürzungsverzeichnis .....	91

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vereinfachtes Funktionsschema zum Energieversorgungs-konzept der Äußeren Oststadt; Darstellung: BTU Cottbus Senftenberg, Lehrstuhl Stadttechnik.....	13
Abbildung 2:	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes Erfurt Äußere Oststadt; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt.....	16
Abbildung 3:	Aufteilung des Untersuchungsgebietes in 5 Quartiere; Quelle: Büro für urbane Projekte i. A. Landeshauptstadt Erfurt, „Bürgerdialog zum Integrierten Rahmenkonzept Äußere Oststadt“ am 10.03.2015.....	17
Abbildung 4:	Städtebauliches Struktur des Integrierten städtebaulichen Rahmenkonzeptes Äußere Oststadt (Oktober 2017); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	24
Abbildung 5:	Rahmenplanung mit Nutzungen für das Quartier Blumenschmidtstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	25
Abbildung 6:	Modernisierungszustand und Geschossigkeit der Bebauung im Quartier Blumenschmidtstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	26
Abbildung 7:	Rahmenplan mit Nutzungen, Bezeichnung der Neubauten und Geschossigkeit im Quartier Posthof; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	27
Abbildung 8:	Nutzungsplan und Bezeichnung der Neubauten im Quartier Iderhoffstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	28
Abbildung 9:	Stadtwerkequartier mit Bezeichnung der Neubauten und der Geschossigkeit (Stand 12/2017); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt.....	29
Abbildung 10:	Zwischenlösung für das Stadtwerksquartier und den östlichen Bereich der ICE-City Ost (Stand 12/2017); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt .....	29
Abbildung 11:	Überarbeiteter Rahmenplan der ICE-City Ost (Stand 24.09.2018); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt.....	30
Abbildung 12:	Energieversorgungsplan der Bestandsgebäude (Stand 12/2017), Quelle: Stadtwerke Erfurt.....	34
Abbildung 13:	Nutzung erneuerbarer Energien im Bestand (Stand 12/2017), Quelle: Stadtwerke Erfurt.....	35
Abbildung 14:	Übersicht der Gebäudeenergieszenarien .....	36

Abbildung 15: Wärmebedarf der 3 Gebäudeszenarien .....	37
Abbildung 16: Übersicht zur zeitlichen Entwicklung der Neubebauungen in den einzelnen Quartieren der Äußeren Oststadt, Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage des „Integrierten städtebaulichen Rahmenkonzepte Äußere Oststadt – Realisierung der Bebauung – Horizont 2030“, Stadt Erfurt .....	38
Abbildung 17: Künftiger Strombedarf der Äußeren Oststadt .....	39
Abbildung 18: Abschätzung des künftigen Strombedarfs für Elektromobilität in der Äußeren Oststadt in Abhängigkeit von jährlicher Fahrleistung und Antriebsleistung der Fahrzeuge .....	41
Abbildung 19: Strombedarf (nur Gebäude) und Stromerträge (Deckungsgrad des Bedarfes in %) aus Photovoltaikanlagen auf verschiedenen Dachformen .....	42
Abbildung 20: Strombedarf (Gebäude + E-Mobilität) und Deckungsgrad durch Stromerträge aus Photovoltaikanlagen auf verschiedenen Dachformen .....	43
Abbildung 21: Vergleich des Solarthermie Potenzials mit den Wärmebedarfen der Gebäudeszenarien	44
Abbildung 22: Wärmebedarf (Neubau) und Solarthermie Potenzial (Dachfläche Neubau) der einzelnen Quartiere in MWh.....	45
Abbildung 23: Konzept EE-Potenzialflächen (orange) für die Errichtung von Solarkollektoren im Gleisdreieck (Alternativflächen in blau), Eigene Darstellung auf Grundlage der „Städtebaulichen Studie "Quartier Stadtwerke“, SWE Energie GmbH Erfurt .....	46
Abbildungen 24 a) – d): Bilanzielle Abbildung von Gesamtwärmebedarf und EE-Wärmepotenzialen in den einzelnen Ausbaustufen der Äußeren Oststadt unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden sowie Leitungs- und Anlagenverlusten .....	47
Abbildung 25: Beispiel zur Nutzung von geothermischen Erdsonden in den Quartieren Blumenschmidtstraße und Posthof. ....	49
Abbildung 26: Geothermie Potenzial – Vergleich zwischen der Heizlast der Neubauten und der Wärmeentzugsleistung der Erdsonden je Quartier in kW.....	50
Abbildung 27: Standort der Großwäscherei zwischen Geschwister-Scholl- und Iderhoffstraße .....	51
Abbildung 28: Netzausbau Stufe 1 bis 2022.....	54
Abbildung 29: Netzausbau Stufe 2 bis 2026.....	54
Abbildung 30: Netzausbau Stufe 3 bis 2030.....	55
Abbildung 31: Netzausbau Stufe 4 nach 2030.....	55
Abbildung 32: Technisches Konzeption des "NT-Wärmenetz Oststadt", Quelle: Eigene Darstellung.....	57
Abbildung 33: Fernwärme-Anbindung der ICE-City. Aufgrund der Errichtung des neuen Parkhauses ist eine Neuverlegung der bestehenden Anschlüsse zu den Gebäuden „Zum Güterbahnhof 7 +8“ erforderlich. ....	58
Abbildung 34: Satzungsgebiete der Fernwärmesatzung der Stadt Erfurt. Hier sollte eine rechtzeitige Festlegung der Anschlussbedingungen für Fernwärme erfolgen; Quelle: Anlage zur Fernwärmesatzung der Stadt Erfurt vom 07.06.2005 .....	59

Abbildung 35: Abschätzung des Kühlungsbedarfes der Neubauten in der ICE-City nach aktuellem Wärmestandard, berechnet aus Kühlgradtagen (Annahme: max. 1 kWh/m <sup>2</sup> a BGF Kühlbedarf), Quelle: Eigene Berechnung/Darstellung .....	60
Abbildung 36: Gegenüberstellung der EE-Stromerträge aus PV-Modulen und -Bedarfe aus der Kühlung mit Kompressionskältemaschinen (KKM) .....	60
Abbildung 37: Versorgungskonzept EE-Strom: Übersicht und optimale Ausformung der Dachflächen (Neubau) für PV-Module in der Äußeren Oststadt.....	62
Abbildung 38: „Energie-Leuchtturm ICE-Parkhaus“ als markantes Auftaktgebäude am südwestlichen Beginn der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme in der Äußeren Oststadt .....	64
Abbildung 39: Standorte für E-Mobilität in der Äußeren Oststadt: „Energie-Leuchtturm“ ICE–Parkhaus und private Tiefgaragen mit Ladesäulen Infrastruktur, Quelle: Landeshauptstadt Erfurt, Integriertes städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt, Verkehrliche Erschließung, geändert durch BTU Cottbus Senftenberg, LS Stadttechnik .....	66
Abbildung 40: Funktionsschema des Mieterstrommodells, Quelle: Bundesnetzagentur 2017, S.4.....	68
Abbildung 41: Vergleich der Kostenbestandteile zwischen Lokal-(Mieter-) und Netzstrom, Quelle: Polarstern 2018, S.6.....	69
Abbildung 42: Grundsätzliche Unterschiede beim Mieterstrom, Quelle: Bundesnetzagentur 2018.....	69
Abbildung 43: Renditenvergleich verschiedener Mieterstromprojekte, Quelle: BMWi 2017, S.4.....	70
Abbildung 44: NT-Wärmenetz Oststadt – Grundnetz (grün) einschließlich angeschlossener EE-Erzeuger (Solarthermie) sowie Abwärmequelle Wäscherei, Eigene Darstellung nach SW Erfurt ...	75
Abbildung 45: Grafische Gegenüberstellung der Einsparpotenziale der einzelnen Versorgungslösungen .....	82
Abbildung 46: Wärmeversorgungskonzept Äußere Oststadt, Maximaler Ausbauzustand mit Solarthermie-Alternativstandort entlang der Straße "Am Alten Nordhäuser Bahnhof", Darstellung: BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Stadttechnik auf Basis der Städtebaulichen Rahmenplanung Äußere Oststadt, Erfurt.....	83
Abbildung 47: Quartiersszenario Blumenschmidtstraße, Vergleich zwischen EnEV 2016-Standard (links) und Niedrigsthausstandard (rechts) .....	84
Abbildung 48: Quartiersszenario Posthof, Bedarf nach EnEV 2016-Standard und Deckungsgrad des Wärmeüberhangs aus dem Quartier Blumenschmidtstraße .....	85
Abbildung 49: Quartiersszenario Posthof, Bedarf und Deckungsgrad des Solarthermie Wärmeüberhangs nach EnEV 2016-Standard: links ohne und rechts mit Nutzung des Abwärme Potentials der Großwäscherei .....	85
Abbildung 50: Quartiersszenario Posthof, Gegenüberstellung der Bedarf und Potentiale der Solarthermie sowie Abwärme der Großwäscherei: links EnEV-2016 Standard, rechts Niedrigsthausstandard .....	86

Abbildung 51: zusätzliche Solarthermie Potentialflächen am Standort Iderhoffstraße, Darstellung: BTU  
Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Stadttechnik auf Basis der Städtebaulichen  
Rahmenplanung Äußere Oststadt, Erfurt .....87

Abbildung 52: Quartiersszenario Stadtwerke, Gegenüberstellung von Wärmebedarfs und Solarthermie  
Potential: links EnEV-2016 Standard, rechts Niedrigsthausstandard.....87



## 1. Zusammenfassung

Die städtebauliche Neuordnung der Äußeren Oststadt in Erfurt stellt die einmalige Chance dar, Ver- und Entsorgungssysteme in Verbindung mit einem umfangreichen Gebäudeneubau gemeinsam technisch aufeinander abgestimmt zu entwickeln. Dies ebnet den Weg für den Einsatz hocheffizienter und klimaschonender Versorgungstechnik unter Einbeziehung erneuerbarer Energien. Gleichsam wird die Erweiterung der Versorgungsangebote, beispielsweise im Bereich der Kühlung von Gebäuden oder in der Bereitstellung von Strom für Elektrofahrzeuge, ermöglicht. Mit dem vorliegenden **Energiekonzept Äußere Oststadt** trägt die Landeshauptstadt Erfurt substantiell zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzkonzeptes und des Handlungskonzeptes Klimaschutz bei.

Ziel und **Markenzeichen** der Versorgung in der Äußeren Oststadt ist die weitgehende **Nutzung lokal verfügbarer energetischer Potentiale aus Erneuerbaren Quellen (Solarthermie und Photovoltaik) und gewerblicher Abwärme**. Das Versorgungskonzept trägt damit zur Umsetzung des angestrebten **Erfurter Energiemodells** bei. Darauf aufbauend ergänzt ein Konzept zur Integration von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge das Ziel, **CO<sub>2</sub>-Emissionen und Lärm im Stadtgebiet zu reduzieren** und den Anteil an E-Mobilität zu erhöhen.

Die vorliegenden Überlegungen zur Wärme-, Kälte- und Stromversorgung des zentrumsnahen Stadtteils wurden unter der Maßgabe entwickelt, dass die bauliche Umsetzung in der geplanten Größenordnung nicht in einem Schritt, sondern zeitlich gestaffelt erfolgt. Die jeweils benötigten technischen Anlagen und Versorgungsnetze bauen sukzessiv aufeinander auf und können bei Bedarf erweitert werden. Die Entwicklung der Versorgungsnetze erfolgt von zwei separaten Standorten: zum einen vom bereits bestehenden Heizwerk in der Iderhoffstraße und zum anderen vom Parkhaus der zukünftigen ICE-City im Südwesten. Langfristig sollen beide Netze miteinander verknüpft werden.

Die **Wärmeversorgung** erfolgt über ein lokales Niedertemperatur-Fernwärmenetz (NTFW) mit Vorlauftemperaturen von ca. 70°C unter Einbindung und vorrangigen Nutzung Erneuerbarer Energie (Solarthermie) und gewerblicher Abwärme. Grundlage für die NTFW sind die heutigen und zukünftig hohen energetischen Anforderungen an den Neubau (weniger Wärmebedarf, hohe Anteile an regenerativen Energien zur Deckung des Bedarfes) und das durch die bestehende Fernwärmesatzung für das Quartier geltende Nutzungsgebot der örtlichen Fernwärme.

Bei der **Stromversorgung** besteht die Möglichkeit, einen hohen Anteil durch Solarstrom (bilanziell bis zu 84% des haushaltsbezogenen Bedarfes bei vorhandenen Batteriespeicherlösungen) zu decken. Dies wird möglich, wenn sämtliche geeigneten Dachflächen im Neubau für die Nutzung von PV-Modulen genutzt werden und die Dachformen für solare Nutzungen optimiert ausgestaltet sind. Investoren, Eigentümer und Mieter können hierbei durch die von der Bundesregierung ins Leben gerufene Option „Mieterstrommodell“ aktiv in die Entwicklung dieses innovativen und klimaschonenden Stadtteils einbezogen werden.

Dies fördert die Identifikation mit dem Standort. Die zukünftigen Bewohner der Äußeren Oststadt werden als sogenannte Prosumer<sup>1</sup> zu Gestaltern der Energiewende!

Die **Kälteversorgung** (sommerlicher Raumkühlungsbedarf) kommt in der ICE-City (überwiegend Büro- und Gewerbenutzungen) zum Tragen und wird durch aktive (PV-Strom getriebene Kompressionskältemaschinen) und passive Systeme (Verschattung, Erdwärmetauscher) realisiert. Der Strombedarf für die Kühlung wird bilanziell vollständig über die solaren Erträge der PV-Module an den Gebäuden der ICE-City gedeckt.

Die nachfolgende Abbildung stellt schematisch die wesentlichen Komponenten des Energie-Versorgungssystems in der Äußeren Oststadt dar.

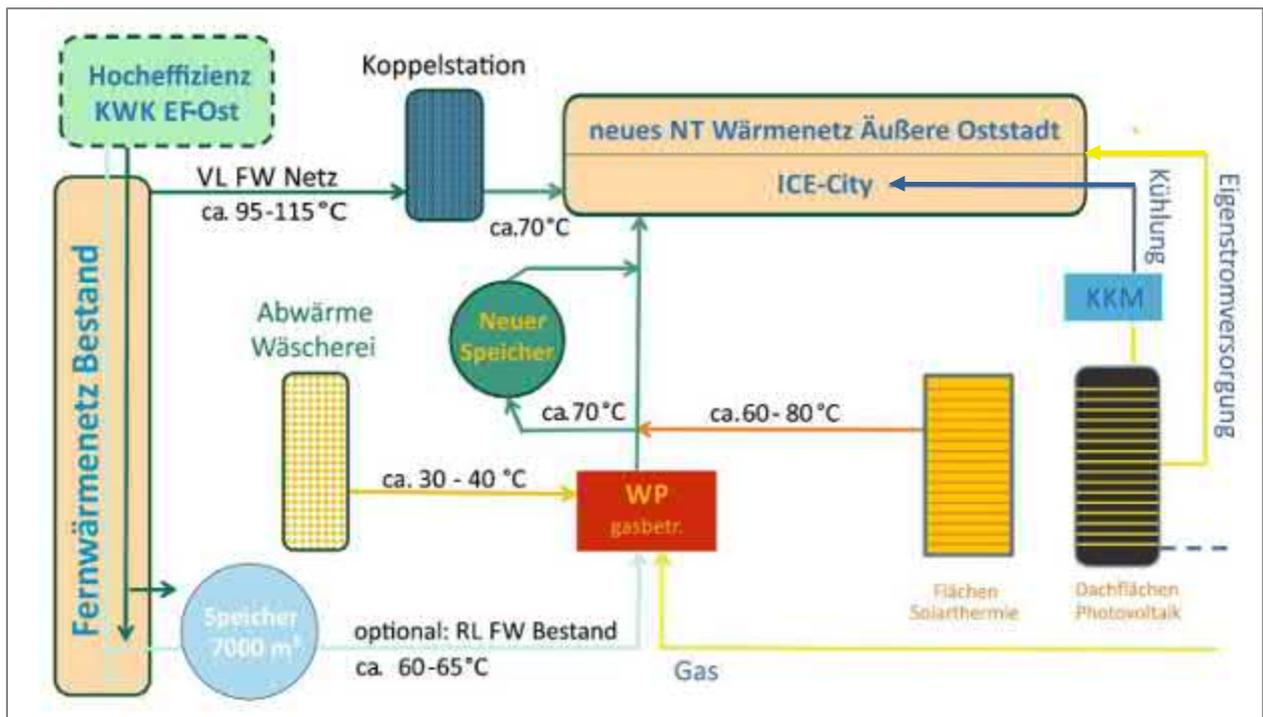


Abbildung 1: Vereinfachtes Funktionsschema zum Energieversorgungsorganisationskonzept der Äußeren Oststadt; Darstellung: BTU Cottbus Senftenberg, Lehrstuhl Stadttechnik

Im Bereich der **Mobilität** kann durch den sukzessiven Ersatz von Verbrennungsmotoren durch Elektroantriebe ein erheblicher Beitrag zum lokalen Klimaschutz geleistet werden. Das Energiekonzept Äußere Oststadt schlägt dahingehend die Bereitstellung von Ladeinfrastrukturen auf mindestens 10% der zukünftig zu errichtenden (nutzungsbedingt erforderlichen) Stellplätze, einschließlich in Tiefgaragen, Parkhäusern, etc., vor. Die Erzeugung des benötigten Stroms kann bilanziell über PV-Dachanlagen der neuen Wohngebäude klimaschonend erfolgen. Darüber hinaus kann durch die Anwendung planerischer Maßnahmen auf Basis des Elektromobilitätsgesetzes des Bundes, wie z.B. Bevorrechtigungen beim Parken, Zufahrtsbeschränkungen für Nicht-E-Mobile oder geringere (bis keine) Parkgebühren für E-Mobile, die Steigerung dieses Anteils positiv beeinflusst werden.

<sup>1</sup> Prosumer: Mieter/Eigentümer sind Stromerzeuger und –verbraucher zugleich. Definition der Bundesnetzagentur unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/NetzanschlussUndMessung/MsBG/FAQ\\_Prosumer.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/NetzanschlussUndMessung/MsBG/FAQ_Prosumer.html), aufgerufen am 12.11.2018

Als weithin sichtbarer „**Energie-Leuchtturm**“ steht das in der ICE-City entstehende Parkhaus symbolhaft für die Entwicklung des neuen Stadtteils. Als intermodale Schnittstelle mehrerer Verkehrsmittel, als E-Mobilitätsstation, als EE-Erzeuger, EE-Speicher und Energieverteiler vereint das Bauwerk alle Facetten der neuen nachhaltigen Stadtentwicklung in Erfurt.

Die Errichtung des vorgeschlagenen Niedertemperatur Fernwärmenetzes unter Nutzung lokaler Erneuerbarer Energien und Abwärme ist aufgrund der Einsparungen bei Brennstoffkosten gegenüber einem auf konventionellem Temperaturniveau betriebenen Fernwärmenetz **wirtschaftlich von Vorteil**. Der wirtschaftliche Betrieb ist wie bei einer Versorgung mit herkömmlicher Fernwärme ohne EE-Anteile ohne eine Förderung der Investition allerdings nicht gegeben. Es wird daher empfohlen, entsprechende Förderinstrumente in Anspruch zu nehmen.

Bei der Umsetzung des vorgeschlagenen Versorgungskonzeptes kann in der Wärmeversorgung der Gebäude (mit energetischen Gebäudestandards nach Szenario 2, vgl. Kap. 5.3) ein **CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial** von > 700 t pro Jahr gegenüber einer herkömmlichen Versorgung mit Fernwärme ohne EE-Anteile erschließen. In der Stromversorgung kann durch eine größtmögliche Nutzung von Erneuerbarem Strom eine CO<sub>2</sub>-Minderung von bis zu 1.700t gegenüber einer reinen Versorgung aus dem bundesdeutschen Strom-Mix erreicht werden.

#### Hinweis:

Die Stadtentwicklung ist ein dynamischer Prozess, der sich an sich verändernde Rahmenbedingungen, Anforderungen und Bedarfe anpassen können muss. Das vorliegende Konzept stellt eine langfristige Strategie zur Energieversorgung des Stadtteils Äußere Oststadt in Erfurt dar, ausgehend von den im Bearbeitungszeitraum bekannten Stadtentwicklungszielen, Strukturkonzepten sowie Mengen- und Massenanahmen. Alle Untersuchungen und Bilanzierungen sowie die daraus entwickelten Teilkonzepte, Berechnungen und Empfehlungen beziehen sich daher explizit auf den im Bearbeitungszeitraum vorgefundenen Bestand, die zu diesem Zeitpunkt bekannten städtebaulichen und zeitlichen Planungen für die Äußere Oststadt sowie Informationen aus den Abstimmungsrunden im Jahr 2017 und 1.Halbjahr 2018. Veränderungen der vorgenannten Planungen und Annahmen, hervorgerufen durch zukünftige Anpassungen der geplanten Stadtentwicklung, können daher zu Abweichungen der vorliegenden Bilanzierungen, Berechnungen und Aussagen führen. Diese sind dann nochmals zu überprüfen und ggf. zu justieren.

**Das Energiekonzept sollte regelmäßig fortgeschrieben werden.**

## 2. Aufgabenstellung und Ziel des Konzeptes

Die Äußere Oststadt hat für die städtebauliche Entwicklung der Landeshauptstadt Erfurt eine große Bedeutung. Das Areal ist die letzte große zusammenhängende Fläche die es erlaubt, innenstadtnah eine umfassende städtebauliche Neuordnung und eine bauliche Entwicklung in der Größenordnung eines Stadtteiles zu vollziehen. Aus dieser Entwicklung wird ein Impuls für die Stärkung der Innenstadt als modernes und lebenswertes Zentrum der Landeshauptstadt erwartet.

Im integrierten städtebaulichen Rahmenkonzept Äußere Oststadt werden Wege und Maßnahmen aufgezeigt, wie aus dem derzeit gewerblich-industriell und von Brachflächen geprägten Areal ein attraktives Innenstadtquartier mit vielfältigen Funktionen und Nutzungsstrukturen entwickelt werden kann.

Mit der Entwicklung des Gebietes bietet sich die einmalige Chance, Ver- und Entsorgungssysteme mit dem Gebäudeneubau gemeinsam technisch aufeinander abgestimmt zu entwickeln. Dies ebnet den Weg für den Einsatz hocheffizienter, klimaschonender Versorgungstechnik unter Einbeziehung erneuerbarer Energien und ermöglicht die Erweiterung der Versorgungsangebote, beispielsweise im Bereich der Kühlung von Gebäuden oder in der Bereitstellung von Strom für Elektrofahrzeuge.

Die Landeshauptstadt Erfurt will diese Potenziale für den kommunalen Klimaschutz nutzen und hat deshalb die Erarbeitung eines Energiekonzeptes für den Stadtteil beauftragt. In diesem Fachkonzept sollen auf Basis städtebaulicher Szenarien frühzeitig die Grundzüge der Energieversorgung für Wärme/Kälte und Strom für das Untersuchungsgebiet und seine einzelnen Quartiere entwickelt werden. Damit soll eine Grundlage geschaffen werden, die es erlaubt, die bauliche Entwicklung im Stadtteil auf die Versorgungsstruktur auszurichten.

Gegenstand der Aufgabe ist die Erstellung eines Energiekonzeptes für das dargestellte Bearbeitungsgebiet und die einzelnen darin enthaltenen Quartiere speziell für die Versorgung mit Wärme/Kälte und Strom. Dabei sind die Versorgungsstrukturen so aufzubauen, dass eine Entwicklung der Netze und der Abnahmestellen getrieben vom Baufortschritt und unabhängig von der Reihenfolge der Erschließung der einzelnen Quartiere erfolgen kann. Die Möglichkeit der Integration erneuerbarer Energiequellen ist jederzeit zu gewährleisten.

Die Entwicklung des Stadtteils Äußere Oststadt ist für die Landeshauptstadt eine Chance, aber aufgrund der Größe auch eine Herausforderung. Entwicklungsschritte werden sich an den realen Möglichkeiten der Akteure vor Ort orientieren müssen. Das Energiekonzept muss bzgl. der zeitlichen Abfolge der quartiersweisen Entwicklung flexibel sein und den zeitlich schwer absehbaren Bauphasen innerhalb der Quartiere Rechnung tragen.

### 2.1. Räumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet wurde durch den Auftraggeber räumlich festgelegt. Es umfasst eine Fläche von ca. 60 ha. Im Osten und Süden wird das Gebiet durch die bestehenden Gleisanlagen abgeschlossen. Im Westen führt die Untersuchungsgrenze entlang der Halleschen Straße, Iderhoffstraße, südlich der Gebäude in der Rathenau- und Raiffeisenstraße bis zur Stauffenbergallee. Im Norden wird das Gebiet durch

die Leipziger Straße abgeschlossen. Die Grenzen des Untersuchungsgebietes werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

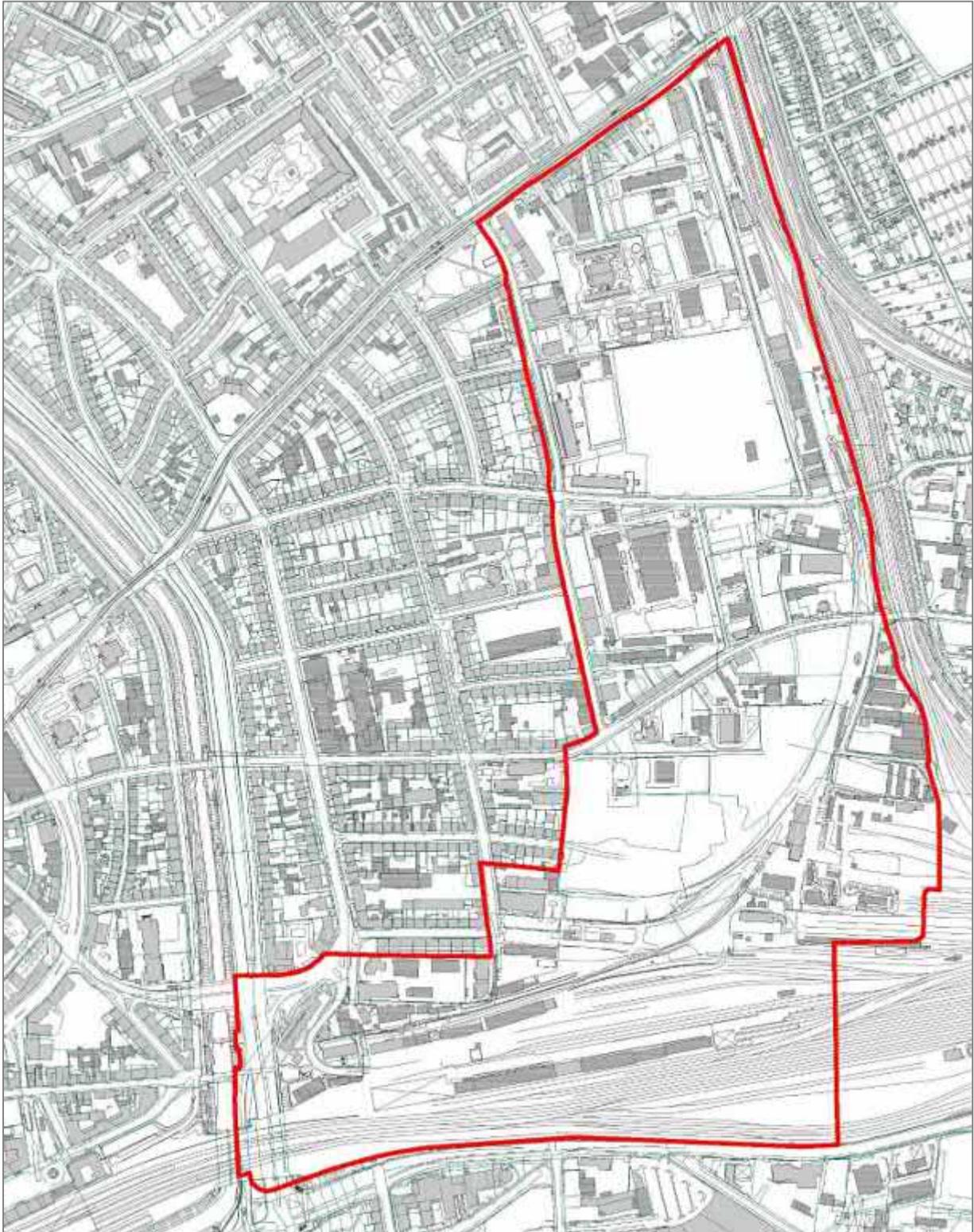


Abbildung 2: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes Erfurt Äußere Oststadt<sup>2</sup>; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

<sup>2</sup> Stadtgrundkarte, Anlage 1 der Aufgabenstellung

Das Untersuchungsgebiet wird in der Aufgabenstellung in 5 Quartiere unterteilt. Im Norden das *Quartier Blumenschmidtstraße*, südlich anschließend das *Quartier Posthof*, südlich folgend das *Quartier Iderhoffstraße*. Daran anschließend das *Quartier Stadtwerke* und abschließend das *Quartier ICE-City* (s. Abbildung 3).

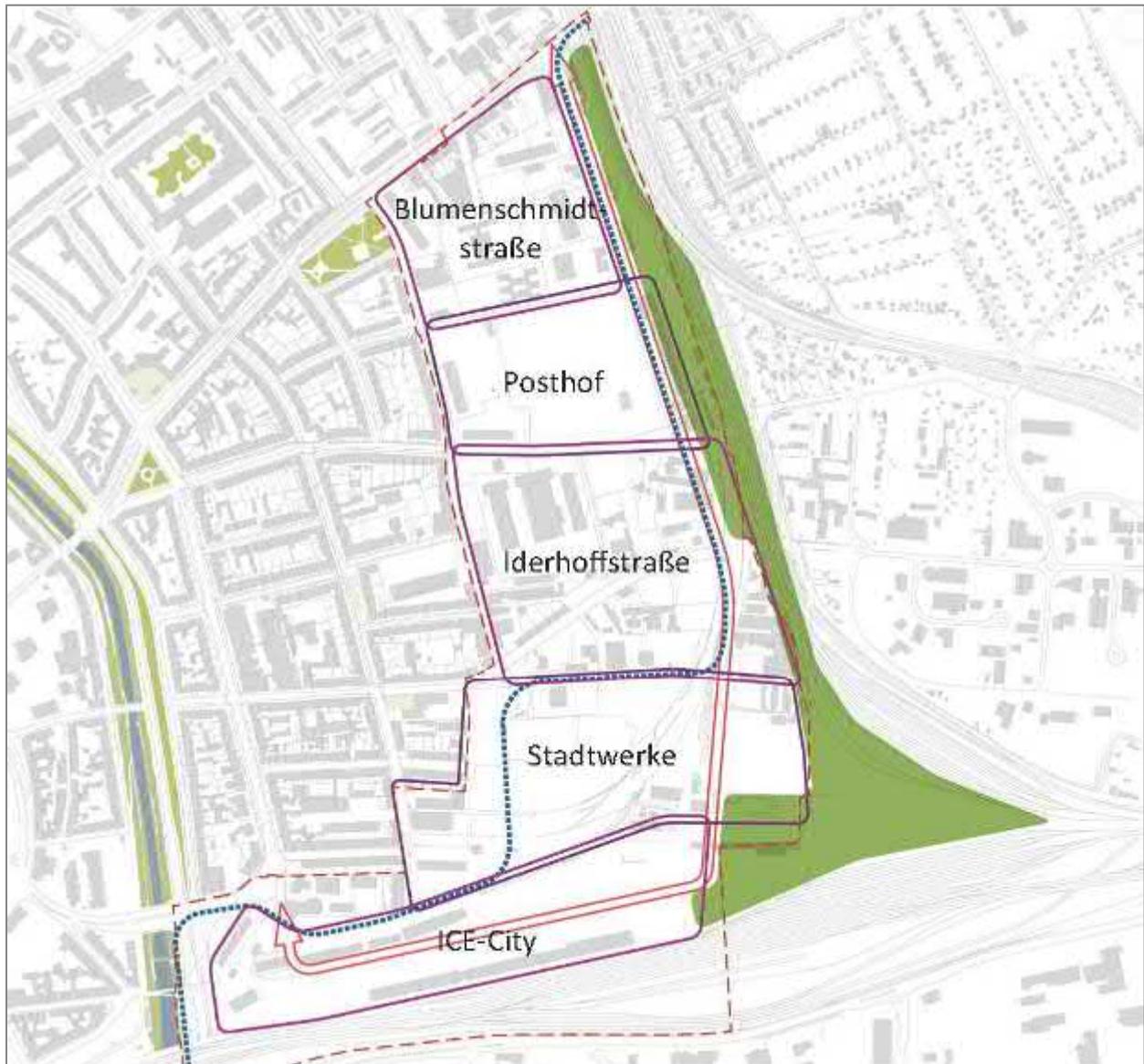


Abbildung 3: Aufteilung des Untersuchungsgebietes in 5 Quartiere; Quelle: Büro für urbane Projekte i. A. Landeshauptstadt Erfurt, „Bürgerdialog zum Integrierten Rahmenkonzept Äußere Oststadt“ am 10.03.2015

### 3. Grundlagenermittlung und Datenanalyse (AP1)

#### 3.1. Bestehende Konzepte, räumliche & städtebauliche Planungen, Datengrundlagen

Das Gebiet der Äußeren Oststadt verfügt durch seine Zentrumsnähe und die zahlreichen Brachflächen über ein hohes städtebauliches Entwicklungspotenzial. Seit einigen Jahren werden formelle und informelle Planungen durchgeführt, deren derzeitiger Arbeitsstand Grundlage zur Erstellung dieses Energiekonzeptes ist. Im Folgenden werden die derzeitigen Planungen kurz dargestellt.

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes entspricht dem seit 14.12.1996 förmlich festgelegten **Sanierungsgebiet** KRV 421 „Äußere Oststadt“, abzüglich der Fläche nördlich der Leipziger Straße. Die Sanierungsaufgaben und -ziele wurden 2014 überarbeitet. Das am 12.02.2016 veröffentlichte **Integrierte städtebauliche Rahmenkonzept Äußere Oststadt** dient als Arbeitsgrundlage für dieses Energiekonzept, da „die Rahmenplanung einen verbindlichen und dennoch flexiblen Rahmen für die geordnete und schrittweise Entwicklung des Gebietes“<sup>3</sup> bildet und als Arbeitsgrundlage für die Verwaltung bestätigt wurde. Im Stadtwerkequartier sind z.T. noch vertiefende Untersuchungen zum Immissionsschutz und zu Altlasten durchzuführen. Es wurde zwar in das städtebauliche Gesamtkonzept einbezogen, war jedoch nicht im Detail Gegenstand des Beschlusses<sup>4</sup>.

Am 24.04.2013 wurde der **Rahmenplan „ICE-City. Teilbereich Ost / Neues Schmidtstedter Tor“** als Grundlage aller weiteren formellen und informellen Planungen durch den Erfurter Stadtrat beschlossen. Eine letzte Aktualisierung beschloss der Stadtrat am 03.03.2016. Er dient als Basis der weiteren städtebaulichen Entwicklung im Gebiet.

Am 03.03.2016 beschloss der Stadtrat der Stadt Erfurt den Einleitungs- und Aufstellungsbeschluss, Vorwurf und frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung für den vorhabenbezogenen **Bebauungsplan KRV684 "Alter Posthof"**.

Im **Untersuchungsauftrag Sanierungsgebiet äußere Oststadt**<sup>5</sup> beschloss der Stadtrat der Stadt Erfurt bei der Aufstellung formaler Planungen eine vertiefende Untersuchung zu folgenden Themen:

- Autofreies Quartier
- Wohnquartier mit energetisch besonderen Anforderungen wie Passivhausbauweise u.a.
- Quartiersentwicklung durch Bauherrngemeinschaften

Bis zur Auftragsvergabe dieses Energiekonzeptes wurden keine konkreten Teilgebiete bzw. Quartiere benannt, für die eine der oben genannten Ergänzungen zutrifft. Die ersten beiden Themen sind relevant für dieses Energiekonzept und werden bei der Szenarienbetrachtung berücksichtigt.

<sup>3</sup> Stadtverwaltung Erfurt, Aufgabenstellung zum Energiekonzept

<sup>4</sup> ebenda

<sup>5</sup> Beschluss des Stadtrates der Stadt Erfurt, weiterführende Sitzung am 03.03.2016

Darüber hinaus wird ein zusätzlicher Bedarf an Gemeinbedarfs- und Folgeeinrichtungen prognostiziert.<sup>6</sup> Im integrierten städtebaulichen Rahmenkonzept Äußere Oststadt wird vorgeschlagen, den Schulstandort auf das Gelände des jetzigen Einzelhandelsstandortes (Norma) östlich der Schule zu erweitern. Der Einzelhändler könnte künftig in den Bereich Iderhoffstraße integriert werden. Zudem empfiehlt das Jugendamt den Bau zweier Kindertageseinrichtungen mit jeweils 80-100 Plätzen.

### **Klimaschutzkonzept Erfurt**

Das Integrierte Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt wurde vom 01.08.2009 bis 31.08.2010 erstellt. Ziel des Konzeptes ist es, in den Bereichen Energieerzeugung, Gebäudeenergiebedarf und Verkehr aufzuzeigen wie bis 2020 mindestens 20 % Kohlendioxid gegenüber 2008 einzusparen sind.

Zudem wurde am 29.02.2012 das Handlungskonzept Klimaschutz vom Stadtrat beschlossen, mit dem Ziel bis 2020 mindestens 30% Kohlendioxid gegenüber 2008 zu reduzieren. Weiterhin sollen die Anteile von KWK- und erneuerbarem Strom gesteigert und die Fernwärme ausgebaut werden.

Laut Rahmenplanung sollen im Entwicklungsgebiet Äußere Oststadt über 2.000 Wohneinheiten gebaut werden. Diese neuen Gebäude erzeugen einen zusätzlichen Wärme-/Kälte- und Strombedarf und könnten, je nach Energieversorgungskonzept, weiteres Kohlendioxid emittieren. Dies kann Einsparmaßnahmen in anderen Stadtteilen Erfurts konterkarieren.

Grundlagen dieses Energiekonzeptes sind:

- Klimaschutzkonzept Erfurt – Leitbild, Ziele und Handlungskonzept (29.03.2012)
- Klimaschutzkonzept Erfurt – Teil Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung (07/2010)
- Klimaschutzkonzept Erfurt – Teil Mobilität und Verkehr (10/2010)

Zu den gebietsbezogenen formellen und informellen Planungen wurden zur Bearbeitung dieses Energiekonzeptes folgende kommunale Konzepte und Pläne genutzt:

- Flächennutzungsplan der Äußeren Oststadt (25.06.2016)

---

<sup>6</sup> Stadtverwaltung Erfurt, Aufgabenstellung zum Energiekonzept

### 3.2. Datenermittlung

Folgendes Vorgehen zur Datenermittlung und Auswertung wurde umgesetzt.

Schwerpunkt	Analysedetails	Vorgehen
Städtebaulich-räumliche Situation	Lage, Stadtkörper, Stadtstruktur, Struktur des öffentlichen Raumes (Freiflächen, Brachflächen)	Auswertung von Karten, Luftbildern, Vor-Ort-Begehung
Bisherige Planungen und Konzepte	Inhalte, Ziele und Maßnahmen Bereits umgesetzte Maßnahmen	Auswertung von Unterlagen, z.B. Bebauungspläne, den Stand des Untersuchungsauftrages Sanierungsgebiet, das kommunale Energie- und Klimaschutzkonzept
Stadttechnische Infrastruktur	Detaillierte Erschließungssituation im Quartier, Lage und Kapazität sowie Einschätzungen zur Qualität der Fernwärme- und Gasversorgung.  Grobmaßstäblich die Abwasserentsorgung und weitere Infrastrukturen, soweit diese für energetische Potenziale relevant ist.	Auswertung von Daten und Informationen der Stadtwerke Erfurt und der Wasserbetriebe
Verkehr	Anzahl, Lage und Zustand der Stellplätze Lage der ÖPNV Haltestellen und Taktzeiten Allgemeine Wegebeziehungen	Vor-Ort-Begehung Auswertung von Netz- und Fahrplänen

Tabelle 1: Schwerpunkte und Methodik der Datenermittlung

Zur Datenermittlung im Bereich der Bestandsgebäude wurden 4 Untersuchungsbausteine vorgeschlagen, um belastbare, d.h. qualitativ vergleichbare Daten zu generieren. Inwieweit diese umgesetzt werden konnten, wird nachfolgend kurz beschrieben. Die inhaltlichen Ergebnisse werden im Kapitel 4 erörtert.

#### *Baustein 1: Auswertung der Daten des kommunalen Klimaschutzkonzeptes*

Im Klimaschutzkonzept der Stadt Erfurt – Teilbereich Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung konnten folgende Informationen zur Berechnung von Energiebedarfen der Bestandsgebäude entnommen werden:

Gebäudety- pologie	Baujahr	Durchschnittlicher Energiebedarf In kWh/m <sup>2</sup> a		Spezifische Modernisie- rungskos- ten	Durchschnittliche Wohnfläche	Relative Energieein- sparung
		Vor Moderni- sierung	Nach Moderni- sierung			
Industrieller Wohnungs- bau	Vor 1990	130,9	80	500	57	Ca. 61 %
Konventio- nelle MFH (Baujahr vor 1990)	Vor 1990	231,2	120	500-750	64,5	Ca. 52 %
EFH/ ZFH	Vor 1990	291	160	100	113	Ca. 55 %

Tabelle 2: Modernisierungskennwerte aus dem Klimaschutzkonzept Erfurt<sup>7</sup>

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionsziele der Bundesregierung bis 2050 zu erreichen, müsste der Wärmebedarf auf 50 – 60 kWh/m<sup>2</sup>a sinken.<sup>8</sup> Daraus lässt sich für die Äußere Oststadt schließen, dass sich durch eine alleinige Konzentration auf die energetische Gebäudemodernisierung die Zielstellungen nicht erreichen lassen. Es sind weitere Maßnahmen im Bereich der Wärmeversorgung der Gebäude erforderlich.

Bestandteil des Klimaschutzkonzeptes Erfurt ist die Potenzialstudie „Oberflächennahe Geothermie der Stadt Erfurt am Beispiel Kerspleben und Krämpfervorstadt“. Das Untersuchungsgebiet Äußere Oststadt ist Teil der Krämpfervorstadt. Die im Klimaschutzkonzept dargestellten Werte und Informationen bezüglich der Nutzung oberflächennaher Geothermie können demnach sehr gut in diesem Konzept Anwendung finden. Folgende Aussagen werden berücksichtigt:

Auf der Basis der Gebäudeanalyse wird für die Innere Krämpfervorstadt ein Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung von 167 kWh je m<sup>2</sup> beheizte Nutzfläche pro Jahr und für die Äußere Krämpfervorstadt ein Heizwärmebedarf von 154 kWh/(m<sup>2</sup>a) geschätzt.

Die durchschnittliche Wärmeentzugsleistung im Erdreich der Krämpfervorstadt beträgt 57 W/m (vgl. Kapitel 5.6.3). Für die Potenzialermittlung werden 100 m tiefe Erdsonden mit 2.000 Betriebsstunden angenommen. Daraus ergibt sich eine jährliche Arbeit von 11,4 MWh je Erdsonde.

Als Rahmenbedingung für die technisch mögliche Erdsonden Bohrung gilt: 3 m Abstand zur Bebauung und 10 m Abstand der Bohrungen untereinander.

#### *Baustein 2: Gebäudetypisierung auf Basis des auf europäischer Ebene abgestimmten Konzeptes für Gebäudetypologien*

Eine Vor-Ort-Begehung wurde im Juni 2017 durchgeführt, jedes Gebäude fotografiert und der energetische Zustand (Wärmedämmung an der Fassade, neue Fenster) aufgenommen.

<sup>7</sup> Klimaschutzkonzept Erfurt – Teil Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung

<sup>8</sup> ebenda

Neben den Mehrfamilienhäusern befinden sich ein Schulgebäude mit Turnhalle und Kindertageseinrichtungen im Norden des Untersuchungsgebietes. Im Süden sind überwiegend gewerblich genutzte Gebäude und einige Bürogebäude vorhanden. Im zentralen Bereich befinden sich eine Großwäscherei und einige leerstehende und teilweise ruinöse Gewerbebauten.

Die Ableitung von Energiebedarfen erfolgt detailliert im 2. Kapitel.

#### *Baustein 3: Ermittlung der realen System- und Verbrauchsdaten*

Die Stadtwerke Erfurt konnten für einige Gebäude und Nutzungen reale Verbräuche zusammenstellen. Diese Informationen umfassen die Art des Energieträgers (Fernwärme, Erdgas oder Heizöl), die Leistung und den Absatz. Diese Werte fließen klimabereinigt in die Ausgangsenergiebilanz ein.

#### *Baustein 4: Datenabfrage bei Verbrauchern bzw. Eigentümern*

Insbesondere für den gewerblichen Bereich standen keine belastbaren Daten zur Verfügung und allgemeine Benchmarks sind im konkreten Fall nicht ausreichend. Deshalb wurde das Unternehmen Bardusch - Textil-Mietdienste zu ihren Energiebedarfen und Abwärme Potenzialen befragt.

### **3.3. Gesetzeslage zu Energiebedarfen von Neubauten**

Die zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung wurde am 21. November 2013 im Bundesgesetzblatt verkündet und ist am 1. Mai 2014 in Kraft getreten. Anlässe für die Novellierung waren die Umsetzung der neu gefassten EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) sowie die Kabinettsbeschlüsse zum Energiekonzept und zur Energiewende vom September 2010 beziehungsweise Juni 2011, soweit sie das Energieeinsparrecht für Gebäude betreffen.

Die letzte Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV), die am 1. Mai 2014 in Kraft getreten ist, enthält unter anderem eine Anhebung der Neubauanforderungen, die bereits zum 1. Januar 2016 wirksam geworden ist. Der erlaubte Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten wird um durchschnittlich 25 Prozent und der Wert für die Mindestwärmedämmung der Gebäudehülle um durchschnittlich 20 Prozent gesenkt. Die energetischen Anforderungen an Neubauten sind somit seit dem 1. Januar 2016 entsprechend strenger.

Im Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) ist geregelt, dass öffentliche Neubauten ab 1.1.2019 und alle sonstigen Neubauten ab 1.1.2021 als „Niedrigstenergiegebäude“<sup>9</sup> zu errichten sind. Dies stellt die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie 2010/31/EU<sup>10</sup> vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden dar, wo das Niedrigstenergiegebäude eingangs begründet, in Artikel 2.2 definiert und die Detailforderungen in Artikel 9 beschrieben sind. Wie weit die Anforderungen an das Niedrigstenergiegebäude gehen werden, ist Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen zur wirtschaftlichen Machbarkeit.

---

<sup>9</sup> [http://www.gesetze-im-internet.de/eneg/\\_2a.html](http://www.gesetze-im-internet.de/eneg/_2a.html)

<sup>10</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>

Auch wenn es noch keine gesetzlich geregelte Definition gibt, wird im vorliegenden Konzept "KfW-Effizienzhaus 40" als Referenzstandard für eine Bebauung in den Quartieren nach 2021 herangezogen. Dieses Vorgehen deckt sich mit Szenario-Analysen, die im Auftrag der Bundesregierung für den deutschen Gebäudesektor durchgeführt wurden, in denen das „Effizienzhaus 40“ bereits als Synonym für den künftigen deutschen Niedrigstenergiehausstandard verwendet wurde<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Diefenbach, Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzeptes im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario, Studie im Auftrag des BMVBS, Online unter: [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL\\_ON032013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON032013.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

#### 4. Städtebauliche Entwicklung der einzelnen Quartiere

Das Untersuchungsgebiet Erfurt Äußere Oststadt ist ein städtebauliches Sanierungsgebiet. Quartiersweise soll das Gebiet von seiner bisherigen Nutzung als Gewerbe- und Bahnstandort zu einem Wohn- und Dienstleistungs- und Büroquartier umgebaut werden. In den folgenden Unterkapiteln wird der derzeitige Stand der Planungen dargelegt und Rahmenbedingungen festgelegt. Diese dienen später als Grundlage für die Versorgungsszenarien und für die Berechnungen des künftigen Energiebedarfes.



Abbildung 4: Städtebauliches Struktur des Integrierten städtebaulichen Rahmenkonzeptes Äußere Oststadt (Oktober 2017);  
Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

Als Grundlage der Ermittlung der städtebaulichen Rahmendaten einzelner Quartiere wird das Integrierte städtebauliche Rahmenkonzept vom September 2015 verwendet. Dieses wird ggf. ergänzt durch aktuellere B-Plan-Aufstellungen für einzelne Quartiere oder weitere Informationen der Stadtverwaltung oder der Flächenentwickler.

In der Äußeren Oststadt wurde in den letzten 15 Jahren ein Teil der Gebäude voll oder teilweise modernisiert. In einigen Fällen wurden an einzelnen Gebäuden Wärmedämmmaßnahmen durchgeführt. Umfangreiche Verbesserungen wurden in vielen Fällen im Bereich der Fenster vorgenommen. Der energetische Zustand der Gebäudehüllen entspricht im Wesentlichen noch dem Zustand der Erbauungszeit.

#### 4.1. Quartier Blumenschmidtstraße

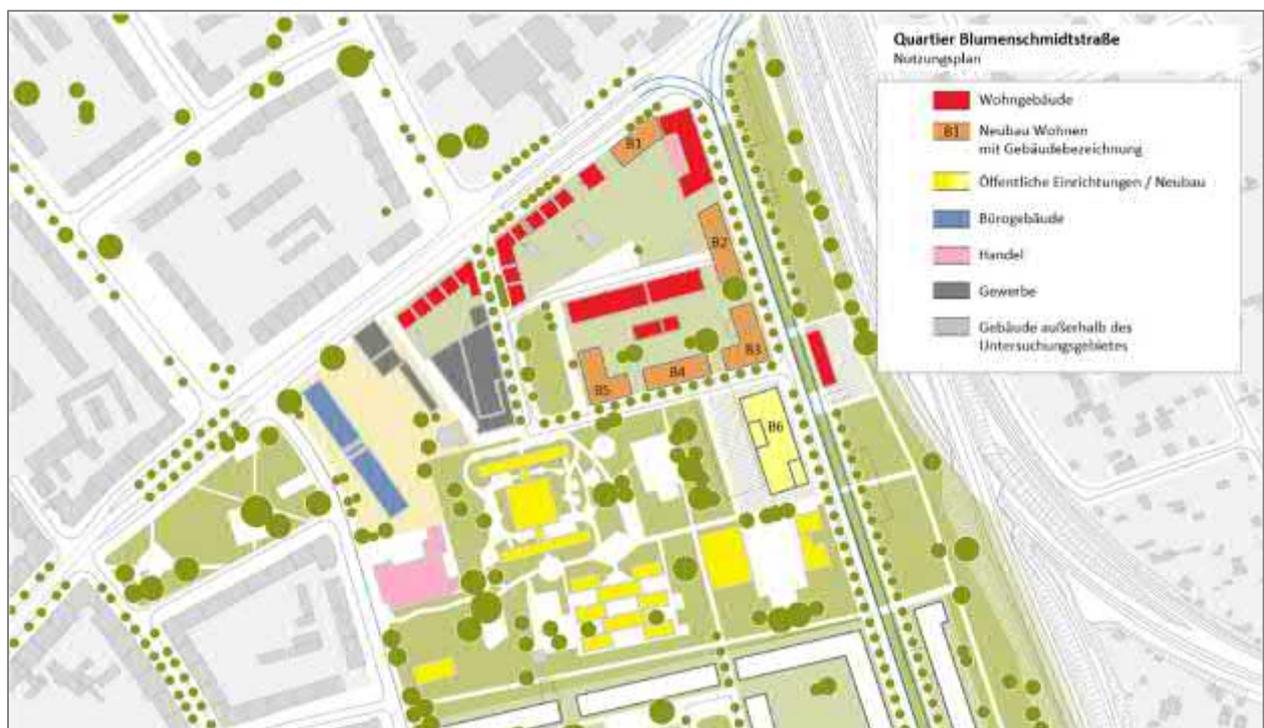


Abbildung 5: Rahmenplanung mit Nutzungen für das Quartier Blumenschmidtstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

Für das Quartier Blumenschmidtstraße prägend sind die kleinteilige Wohn- und Gewerbebebauung mit gemischten Nutzungsstrukturen entlang der Leipziger Straße sowie der Flächen für den Gemeinbedarf zwischen Hallesche Straße und der Straße Am alten Nordhäuser Bahnhof mit den verschiedenen Sozial- und Bildungseinrichtungen. Dieses Raum- und Nutzungsgefüge soll grundsätzlich erhalten und durch ergänzende Bau- und Nutzungsstrukturen arrondiert werden.<sup>12</sup> Nach Aussagen der Stadtverwaltung haben neue Wohngebäude im Quartier Blumenschmidtstraße 4 Geschosse zuzüglich einem Staffelgeschoß. Dessen Ausmaß wird mit 2/3 der Grundfläche des Gebäudes angenommen. Im Bereich der Straße Am alten

<sup>12</sup> Landeshauptstadt Erfurt, Integriertes städtebauliches Rahmenkonzept, 09/2015

Nordhäuser Bahnhof wird eine Fläche zur Entwicklung einer weiteren öffentlichen Einrichtung vorgehalten.

Bei der Vor-Ort-Begehung wurde der Modernisierungszustand und die Geschossigkeit ermittelt. Die Gebäude wurden in drei energetische Modernisierungskategorien unterteilt:

1. Umfassend energetisch modernisiert, d.h. die Außenwände, Dach und Keller sind gedämmt und die Fenster wurden erneuert.
2. Teilweise modernisiert, entweder die Fassade wurde gedämmt oder die Fenster wurden erneuert.
3. Gebäude, die zwischen 1990 und 2017 mit entsprechenden Vorgaben der jeweiligen EnEV gebaut wurden.

In Abbildung 6 werden die Ergebnisse der Analyse dargestellt.

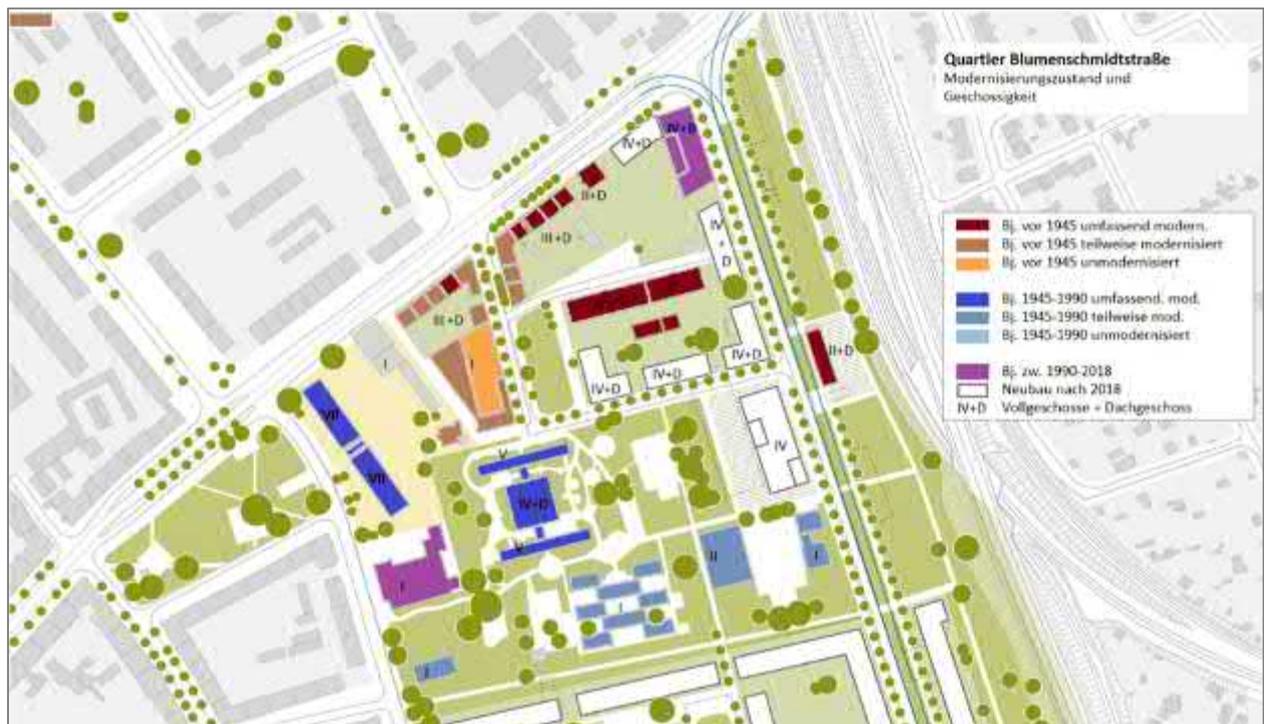


Abbildung 6: Modernisierungszustand und Geschossigkeit der Bebauung im Quartier Blumenschmidtstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

## 4.2. Quartier Posthof



Abbildung 7: Rahmenplan mit Nutzungen, Bezeichnung der Neubauten und Geschossigkeit im Quartier Posthof; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

Das Masterkonzept des Bauherrn sieht im Quartier Posthof die Realisierung von ca. 500 Wohneinheiten bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von 80 - 85 m<sup>2</sup> vor.<sup>13</sup>

Daraus ergeben sich ca. 42.500 m<sup>2</sup> Wohnfläche im Quartier. Zuzüglich der Verkehrs- und Konstruktionsflächen (Annahme ca. 30% der Wohnfläche = 12.750 m<sup>2</sup>) ergibt sich eine beheizte Nutzfläche von maximal 55.250 m<sup>2</sup>.

## 4.3. Quartier Iderhoffstraße

In diesem Quartier ist eine Vielzahl verschiedener Eigentümer und unterschiedlicher Nutzungen anzutreffen - eine historisch gewachsene Gemengelage ungeordneter gewerblicher Ansiedlungen, Wohnstrukturen (z.T. mit Denkmalstatus) und mittlerweile brachgefallener Flächen.

Mittel- bis langfristiges Ziel ist es, die Gemengelage zu entflechten, beeinträchtigende Nutzungen zu verlagern und eine grundstücksbezogene Entwicklung von Wohnen und nicht störendem Gewerbe zu ermöglichen. Neben den bereits städtebaulich geplanten Gebäuden im östlichen Teil des Quartiers, soll die Fläche ID 12 ebenfalls mit 100 Wohneinheiten bebaut werden.

Erhaltenswerte Bausubstanz und stabile Nutzungen im Quartier sind zum einen die geschlossene Wohnzeile aus gründerzeitlicher Zeit entlang der Iderhoffstraße, die zwei einzelnen Kulturdenkmale Geschwister-Scholl-Straße 39 a und b (Fabrikantenvillen), die Wäscherei sowie einige weitere kleinere Nutzungseinheiten.

<sup>13</sup> Aufgabenstellung der Stadt zum Energiekonzept



Abbildung 8: Nutzungsplan und Bezeichnung der Neubauten im Quartier Iderhoffstraße; Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

#### Planziele:

- Orientierung des Bebauungskonzepts bezüglich Struktur und Geschossigkeit an den städtebaulichen Vorgaben des Rahmenkonzepts sowie an den städtebaulich-architektonischen Maßgaben der angrenzenden Inneren Oststadt
- Begrenzung der Geschossigkeit der Wohnbebauung auf maximal 4 Vollgeschosse unter Berücksichtigung und Integration der zu erhaltenden Gebäude
- Ruhender Verkehr vorrangig in Tiefgaragen, Ausschluss ebenerdiger separater Garagen

#### 4.4. Stadtwerkeareal

Auf den Flächen des ehemaligen Gaswerkes und des Güterbahnhofes ist ein neues Wohnquartier geplant. Durch Kontaminierungen der vorangegangenen Nutzungen muss zum Teil Erdreich ausgetauscht und die Bebauung angepasst werden. Der zentrale Grünraum soll als Stadtteilpark entwickelt werden. Einige Hofbereiche und auch ein Teil des Stadtparkes sollen mit Tiefgaragen versehen werden.

Die Fläche mit den Baublöcken SW 17 und SW 18 sowie die Fläche P ICE02 wird zurzeit noch von der Deutschen Bahn genutzt und steht nur mittel- bis langfristig für die geplante Nutzung zur Verfügung.



Abbildung 9: Stadtwerksquartier mit Bezeichnung der Neubauten und der Geschossigkeit (Stand 12/2017); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

In der folgenden Abbildung wird die Zwischenlösung bis zur Nutzungsübergabe der Bahnflächen dargestellt.



Abbildung 10: Zwischenlösung für das Stadtwerksquartier und den östlichen Bereich der ICE-City Ost (Stand 12/2017); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

#### 4.5. ICE-City Ost

Am 24.04.2013 wurde der Rahmenplan „ICE-City. Teilbereich Ost / Neues Schmidtstedter Tor“ als Grundlage aller weiteren formellen und informellen Planungen durch den Erfurter Stadtrat beschlossen. Eine letzte Aktualisierung beschloss der Stadtrat am 03.03.2016. Er dient als Basis der weiteren städtebaulichen Entwicklung im Gebiet. Zwischenzeitlich wurde festgestellt, dass Bereiche östlich des Zughafens noch von anderen Verträgen und Nutzungsrechten betroffen sind und diese erst mittel- bis langfristig für die geplante Umgestaltung zur Verfügung stehen (Vgl. Abbildung 10).

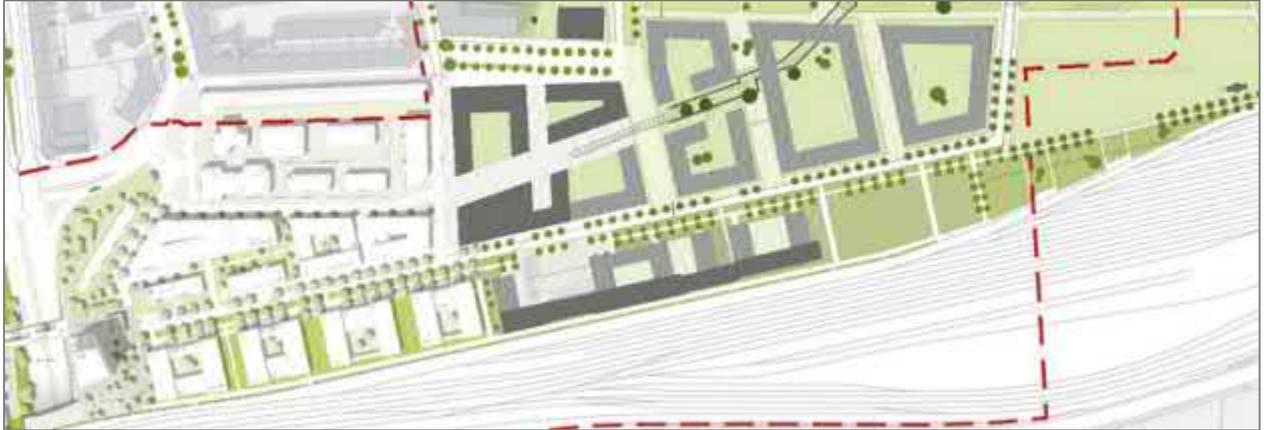


Abbildung 11: Überarbeiteter Rahmenplan der ICE-City Ost (Stand 24.09.2018); Quelle: Stadt Erfurt, Städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt

## 5. Energiebilanz: Bedarfsabschätzung und Potenzialanalyse

### 5.1. Methodik

Aus der Analyse der Bestandsgebäude konnten folgende Kennwerte oder Informationen ermittelt werden.

Für Bestandsgebäude:

- Die bebaute Fläche (BF) entsprechend DIN 3277 aus dem CAD-Plan oder dem Geoportal der Stadt Erfurt
- Baulicher Zustand und Nutzungen durch Ortsbegehung und Online-Recherche
- Energiebedarf und Energieträger durch Zuarbeit der Stadtwerke Erfurt
- Nutzung von erneuerbaren Energien durch Zuarbeit der Stadtverwaltung Erfurt und der Stadtwerke Erfurt
- Als Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser für Bestandswohngebäude in der inneren Krämpfervorstadt wird 167 kWh/m<sup>2</sup>a beheizte Nutzfläche (A<sub>N</sub>) verwendet.<sup>14</sup>
- Für andere Gebäude wurden Kennwerte aus der Datenbank „Tabula“ herangezogen<sup>15</sup>.

Für Neubauten des Geschosswohnungsbaus:

- Die bebaute Fläche (BF) entsprechend DIN 3277 aus dem CAD-Plan und der städtebaulichen Rahmenplanung
- Nutzungen entsprechend den Informationen der Rahmenplanung für die Äußere Oststadt.
- Energiekennwerte z.B. aus KfW-Hauswerten, oder A++-Häusern

---

<sup>14</sup> Klimaschutzkonzept Erfurt, S. 49/50

<sup>15</sup> Episcopo/ Tabula online im Internet: <http://episcopo.eu/building-typology/country/de.html>

Als Primärenergiefaktoren werden, mit Ausnahme der Fernwärme aus KWK (der **PE-Faktor der Stadtwerke Erfurt beträgt 0,17**), Werte nach DIN V 18599-1: 2011-12 verwendet:

Energieträger <sup>a)</sup>		Primärenergiefaktoren PEF	
		gesamt	nicht erneuerbar
Fossile Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Biogene Brennstoffe	Biogas	1,5	0,5
	Biöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK <sup>b)</sup>	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	2,4 (ab 2016: 1,8) <sup>c)</sup>
	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
Umweltenergie	Solarenergie	1	0
	Erdwärme, Geothermie	1	0
	Umgebungswärme	1	0
	Umgebungskälte	1	0
Abwärme innerhalb des Gebäudes	aus Prozessen <sup>d)</sup>	1	0

a) Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H<sub>i</sub>  
b) Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %  
c) Klammerwert für 2016 ist nicht Bestandteil der DIN V 18599, sondern abweichend davon in der EnEV 2014 definiert.  
d) definiert in DIN V 18599 Abschnitt 3.1.32 (S. 15)

Tabelle 3: Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1: 2011-12; EnEV 2014: Quelle Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH<sup>16</sup>

Der Primärenergiebedarf ( $Q_P$ ) wird aus dem Produkt der erforderlichen Endenergie ( $Q_E$ ) und dem zum Energieträger passenden nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiefaktors ( $f_P$ ) ermittelt:

$$\text{Formel: } Q_P = Q_E \cdot f_P, \quad Q_{P,\max} = 0,75 \cdot Q_{P,\text{ref}}$$

<sup>16</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2015). Konsistenz und Aussagefähigkeit der Primärenergie-Faktoren für Endenergieträger im Rahmen der EnEV. Diskussionspapier unter Mitarbeit von Dietmar Schüwer, Thomas Hanke und Hans-Jochen Luhmann (im Auftrag von Zukunft ERDGAS e.V., Berlin und Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), Bonn). Wuppertal, Dezember 2015. S. 29. Links: <http://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/6267> (zuletzt aufgerufen am 9.12.2016); [http://www.dvgw-innovation.de/fileadmin/innovation/pdf/g5\\_01\\_15.pdf](http://www.dvgw-innovation.de/fileadmin/innovation/pdf/g5_01_15.pdf) (zuletzt aufgerufen am 9.12.2016).

Die Berechnung der Primärenergie erfolgt in der Regel auf Grundlage des Heizwertes  $H_i$ <sup>17</sup> der eingesetzten Energieträger. Auch die in der DIN V 18599 angegebenen Primärenergiefaktoren sind heizwertbezogen. Werte für Primärenergiefaktoren sind je nach kalendarischem Zeitpunkt, Energieträger und spezifischer Anwendung teilweise Einzelnormen (DIN V 18599, DIN 4108-6, DIN V 4701-10), teilweise direkt der EnEV zu entnehmen. Ab dem 1. Januar 2016 wird der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil für elektrischen Strom auf den Wert 1,8 reduziert. Für den durch Anlagen mit Kraft-Wärmekopplung (KWK) erzeugten und nach Abzug des Eigenbedarfes in das Verbundnetz eingespeisten Strom gilt weiterhin der dafür in der DIN V 18599-1: 2011-12 angegebene Wert von 2,8.

Die energetische Bewertung von Gebäuden zielt auf eine umfassende Bewertung des Primärenergiebedarfs ab. Neben dem Endenergiebedarf eines Gebäudes gehen auch die *Energie-Vorketten* aus der Bereitstellung der verwendeten Energieträger bis zur Gebäudebilanzgrenze, z.B. am Zähler oder am Einfüllstutzen des Heizöltanks, ein. Als Vorketten werden üblicherweise „Förderung, Aufbereitung, Energietransport, Umwandlung zu Sekundärenergien sowie Sekundärenergietransport“ berücksichtigt. In der DIN V18599 sind die Vorketten in den Primärenergiefaktoren bereits enthalten.

### Neubauten

Grundlagen zur Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfes ist das beheizte Gebäudevolumen ( $V_e$ ) und die Gebäudenutzfläche ( $A_N$ ), die wie folgt ermittelt wird:  $A_N = 0,32(m^{-1}) \cdot V_e$

Voraussetzung ist, dass die Geschosshöhe zwischen 2,5 und 3,0 m liegt. Für die Energiebilanzierung wird eine durchschnittliche Geschosshöhe von 2,75 für alle Neubauten in der Äußeren Oststadt angenommen.

### Trinkwasser

Bei Wohngebäuden wird gemäß EnEV, Anlage 1, bei Berechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 der nutzflächenbezogene Jahreswärmebedarf für die Trinkwassererwärmung angesetzt

$$q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) \text{ (für Wohngebäude)}$$

Der Jahreswärmebedarf für die Trinkwassererwärmung ( $Q_{tw}$ ) errechnet sich dann mit der Gebäudenutzfläche

$$(A_N): Q_{tw} = q_{tw} \cdot A_N$$

## 5.2. Analyse der Energieversorgung

Die Wärmeenergieversorgung in der Krämpfervorstadt erfolgt über Fernwärme oder Erdgas. Der Hauptstandort der Wärme- und Stromerzeugung befindet sich in Erfurt Ost. Die GuD-Anlage hat eine Feuerungs-wärmeleistung von 270 MW thermisch und 108 MW elektrisch. Im Quartier Iderhoffstraße befindet sich ein weiteres Heizwerk mit 60 MW thermischer Leistung. Beide Standorte werden mit Erdgas betrieben. Das noch vorhandene Dampfnetz wurde bis auf ein Rumpfnetz Jahren zurückgebaut und durch die Heißwasserversorgung ersetzt. Die Vorlauftemperatur im Heißwassernetz beträgt 110 – 135°C. Die Rücklauf-

<sup>17</sup> mit  $H_i$  für „inferior“, ehemals unterer Heizwert

temperatur liegt maximal bei 65 °C. Im Quartier Iderhoffstraße befindet sich zudem ein druckloser Wärmespeicher mit einem Volumen von 7.000m<sup>3</sup> und einer Speicherkapazität von 250 MWh sowie einem maximalen Be- und Entladestrom von 25 MW.<sup>18</sup>

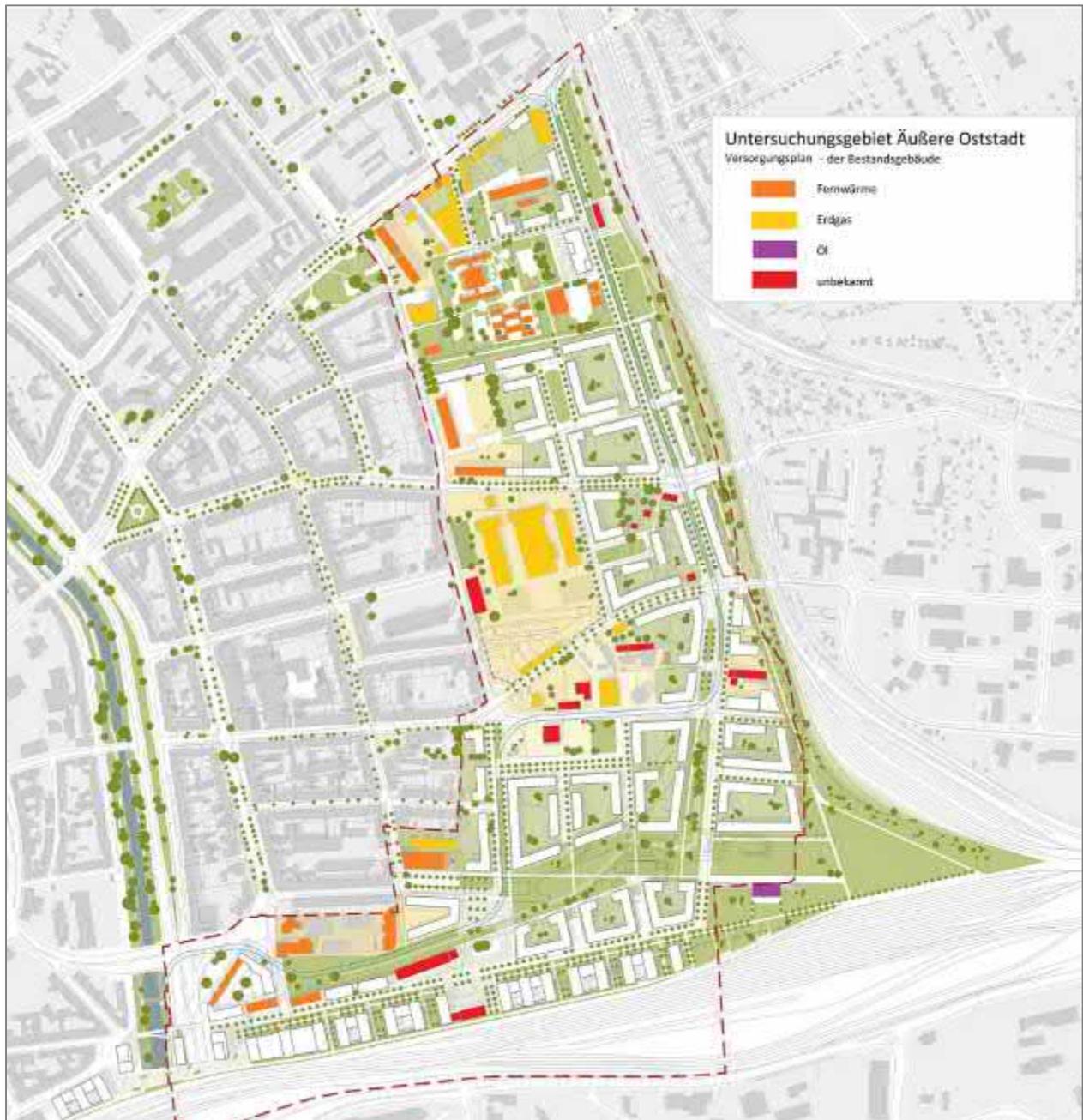


Abbildung 12: Energieversorgungsplan der Bestandsgebäude (Stand 12/2017), Quelle: Stadtwerke Erfurt

In der Äußeren Krämpfervorstadt sind an die Fernwärmeversorgung Gewerbegebiete und ein Teil der Wohnbebauung und ca. ¼ des Hanseviertels angeschlossen. In der Inneren Krämpfervorstadt sind wenige Gebäude in der Leipziger und Halleschen Straße an die Fernwärme angeschlossen. Neben der Fernwärme durchlaufen noch Netzabschnitte des Gashochdrucknetzes das Quartier. Viele gewerbliche und Wohngebäude sind an das Gasniederdrucknetz im Quartier angeschlossen. Aus Abbildung 12 wird deutlich, welche

<sup>18</sup> Quelle: Stadtwerke Erfurt

Bestandsgebäude wie versorgt werden. Der Schwerpunkt der Fernwärmeversorgung liegt dabei im Norden und Süden des Untersuchungsgebietes. Zum einen sind öffentliche Einrichtungen wie Schule, Kindergarten und Verwaltungsgebäude angeschlossen zum anderen Gewerbebauten der Deutschen Bahn. Wohngebäude privater Kleineigentümer werden überwiegend durch Erdgas mit Wärme versorgt. Von einigen Gebäuden konnte der Energieträger nicht ermittelt werden.

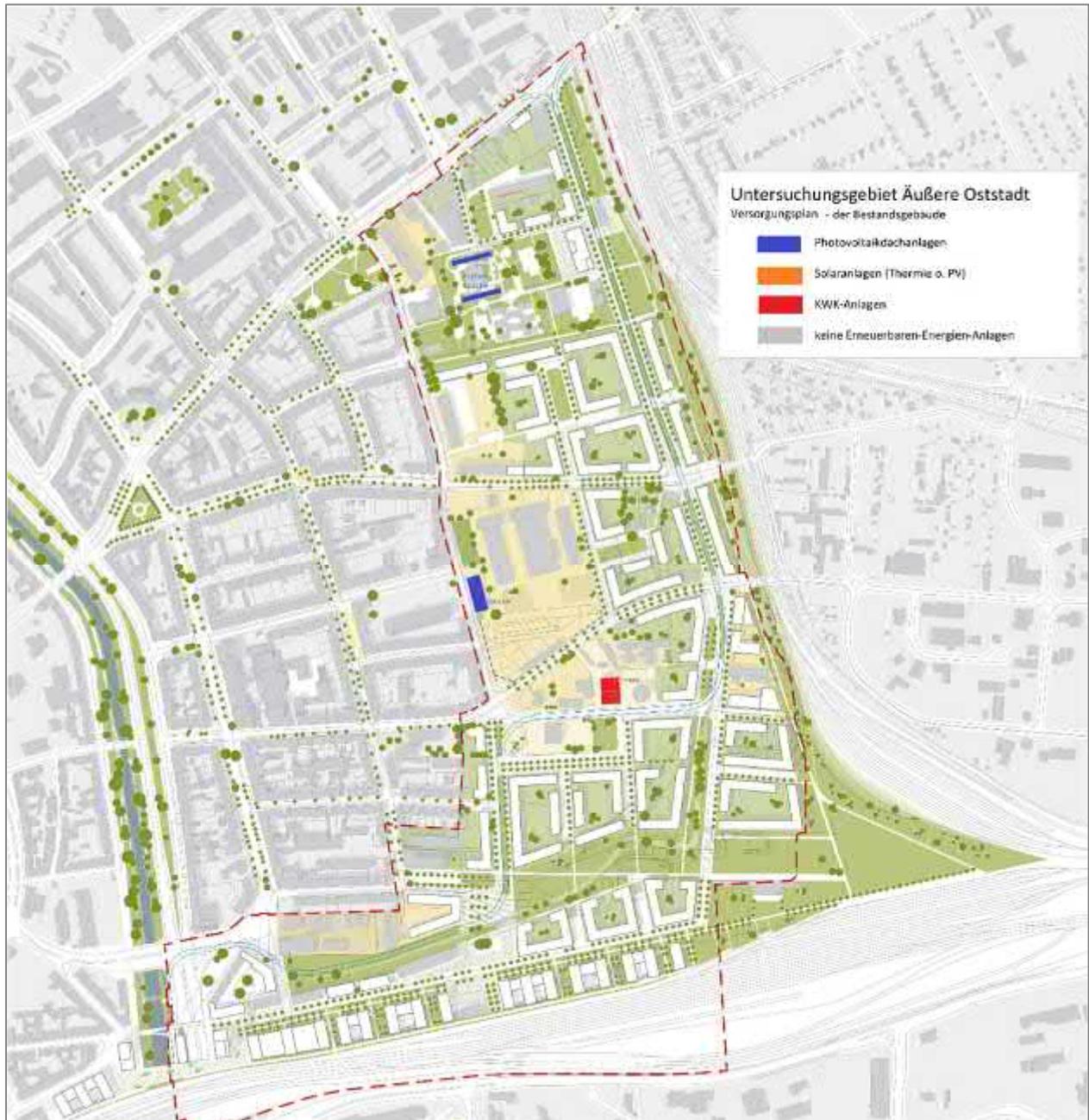


Abbildung 13: Nutzung erneuerbarer Energien im Bestand (Stand 12/2017), Quelle: Stadtwerke Erfurt

Die Nutzung erneuerbarer Energien im Quartier ist derzeit nur sehr gering. Auf wenigen Dächern wurden Photovoltaikanlagen installiert. Die installierte Leistung beträgt 184 kW mit einem hochgerechneten jährlichen Stromertrag von 222 MWh. Bei wenigen Wohngebäuden konnten Solarthermie Anlagen aus der

Luftbildanalyse vermutet werden. In Abbildung 13 werden die Standorte dieser Photovoltaik und solarthermischen Anlagen dargestellt.

### 5.3. Wärmebedarfsabschätzung und Szenarien energetischer Gebäudestandards

Aufgrund der unklaren politischen Entwicklung (neue Bundesregierung seit Oktober 2017) bezüglich der Verschärfung gesetzlicher Normen für energetische Standards von Neubauten auf der einen Seite und den schneller voranschreitenden Klimawandel mit den daraus abzuleitenden Handlungsbedarfen auf der anderen Seite wurden 3 Verbrauchsszenarien auf der Grundlage energetischer Gebäudestandards entwickelt.

**Das erste Szenario** geht davon aus, dass der aktuelle energetische Mindeststandard (EnEV 2016) auch bei Neubauten nach 2020 beibehalten wird. Dieser Standard entspricht ca. dem KfW-Effizienzhausstandard 70 mit einem jährlichen Heizwärmebedarf von 45 kWh/m<sup>2</sup> und stellt damit die obere Grenze des zu erwartenden Wärmebedarfes in der äußeren Oststadt dar.

**Das zweite Szenario** berücksichtigt den aktuellen Rechtsrahmen. Das heißt, alle Gebäude die bis 2021 gebaut werden, bzw. für die bis dahin ein Bauantrag eingereicht wurde, behalten den derzeitigen energetischen Gebäudestandard der EnEV 2016 bei. Ausnahme bilden öffentliche Gebäude, die nur bis 2019 diesen Standard nutzen können. Alle Gebäude die nach 2021 bzw. 2019 (öffentliche) gebaut werden, werden im Niedrigstenergiehaus Standard errichtet. Dieser Standard entspricht einem KfW-Effizienzhaus 40 mit einem jährlichen Heizwärmebedarf von 25 kWh/m<sup>2</sup>. Dieses Szenario stellt somit den derzeitigen rechtlichen Status quo dar.

**Im dritten Szenario** wird die untere Grenze des Energiebedarfes ausgelotet. Es wird unterstellt, dass sämtliche Neubauten als Passivhaus mit einem jährlichen Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup> gebaut werden.

In der folgenden Grafik sind die drei Szenarien kurz zusammengefasst:

Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktueller Mindeststandard (besteht auch nach 2020)</li> <li>• (EnEV 2016)</li> <li>• Entspr. ca. KfW Eff.-Haus 70</li> <li>• 45 kWh/m<sup>2</sup>a Heizwärmebedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2020 gilt EnEV 2016</li> <li>• Ab 2021 alle Neubauten als Niedrigstenergiehaus</li> <li>• Entspr. ca. KfW Eff.-Haus 40</li> <li>• 25 kWh/m<sup>2</sup>a Heizwärmebedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehobener energetischer Standard</li> <li>• Alle Neubauten werden als Passivhaus gebaut</li> <li>• 25 kWh/m<sup>2</sup>a Heizwärmebedarf</li> </ul>

Abbildung 14: Übersicht der Gebäudeenergieszenarien

Für Bestandsgebäude wurde je nach energetischem Ausgangszustand angenommen, dass diese im Laufe der Zeit ebenfalls energetisch ertüchtigt und entsprechende Standards eingehalten werden. Der künftige Energiebedarf ist abhängig vom derzeitigen Modernisierungsstand und von der Gebäudetypologie. So hat ein unmodernisiertes Gebäude höhere Einsparpotenziale als ein bereits nach EnEV 2009 modernisiertes.

Gleiches gilt für ein Gebäude mit glatter Lochfassade im Vergleich zu einer stark gegliederten und mit Stuck gestalteten Fassade. Zur Abschätzung des künftigen Wärmebedarfes für Heizung und Warmwasser wurden entsprechende Benchmarks aus der Tabula-Datenbank genutzt.

Auf dieser Grundlage wurde der Wärmeenergiebedarf der 3 Szenarien berechnet (Abbildung 15). Es wird deutlich, dass der Wärmebedarf der Bestandsgebäude im Vergleich zum Neubau in den einzelnen Szenarien nur gering abnimmt (ca. 3 GWh). Dagegen weist der Neubau eine deutliche Differenzierung auf. Die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Wärmebedarf des Neubaus beträgt ca. 8 GWh.

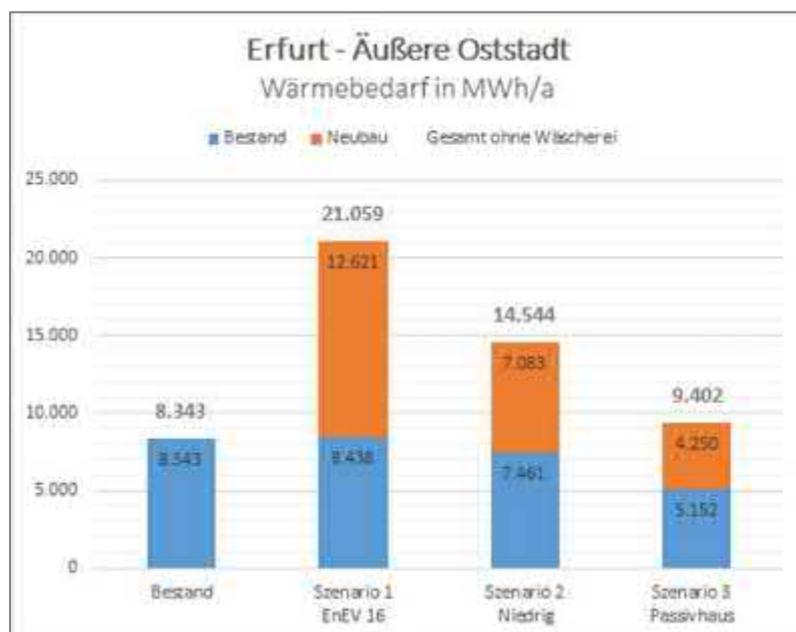


Abbildung 15: Wärmebedarf der 3 Gebäudeszenarien

#### 5.4. Zeitliche Modulierung der Wärmeenergiebedarfe

Abweichend von der quartiersweisen Betrachtung stellen sich die Energiebedarfe im Hinblick auf die tatsächliche zeitliche Einordnung der baulichen Umsetzung der einzelnen Gebäude und Quartiere dar. Hierfür wurden seitens der Stadt Erfurt Entwicklungsabschnitte angenommen, welche für die Auslegung von Netzen und Anlagen eine wichtige Rolle spielen. Die Auswirkungen dieser Entwicklungsabschnitte werden nachfolgend für den Wärmeenergiebedarf (Heizung und Warmwasserbereitung) quartiersunabhängig abgebildet.

##### Methodik:

Der Energiebedarf für Warmwasser und Heizung ist abhängig von der baulichen Umsetzung der Gesamtmaßnahme. Anhand der bis zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Konzeptes vorliegenden Planungshorizonte wurden die Gebäude und die jeweiligen Verbrauchsannahmen, gemäß den dann vorliegenden Wärmerstandards - EnEV 2016 oder Niedrigsthausstandard (vgl. Kapitel 5.3), zugeordnet und bilanziert. Anhand der Heizgradtage des langjährigen Mittels wurde monatliche Verteilung der Bedarfe vorgenommen.

Es wurden folgende zeitliche Ausbauschritte für die Ermittlung zu Grunde gelegt:

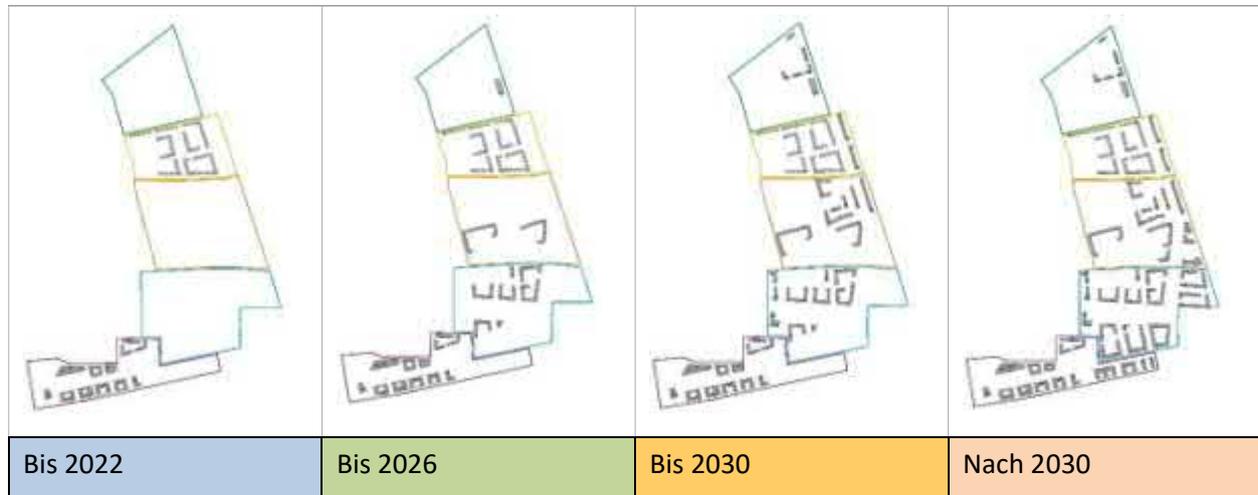


Abbildung 16: Übersicht zur zeitlichen Entwicklung der Neubebauungen in den einzelnen Quartieren der Äußeren Oststadt, Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage des „Integrierten städtebaulichen Rahmenkonzepte Äußere Oststadt – Realisierung der Bebauung – Horizont 2030“, Stadt Erfurt

Zu erkennen ist, dass die Quartiere nicht gleichmäßig und vollständig je Planungsabschnitt wachsen, sondern der Gebäudezuwachs stark verteilt ist. Mit jedem Ausbauschritt erhöht sich der Energiebedarf für Heizwärme und Warmwasserbereitung. Dementsprechend wurden die Energiebedarfe neu zugeordnet.

Folgende Kennwerte lassen sich in den einzelnen Ausbaustufen abbilden:

	Ausbaustufe	Ausbaustufe	Ausbaustufe	Ausbaustufe
	1	2	3	4
Bedarf an	<b>bis 2022</b>	<b>bis 2026</b>	<b>bis 2030</b>	<b>nach 2030</b>
- Heizung	<b>5.801 MWh/a</b>	<b>7.319 MWh/a</b>	<b>7.816 MWh/a</b>	<b>8.750 MWh/a</b>
- Warmwasser	<b>2.452 MWh/a</b>	<b>4.395 MWh/a</b>	<b>5.455 MWh/a</b>	<b>6.846 MWh/a</b>

Tabelle 4: Energiebedarfe für Heizung und Warmwassererzeugung im Neubau in den einzelnen Ausbaustufen

## 5.5. Strombedarfsabschätzung

### 5.5.1. Gebäudebereich

Zur Strombedarfsabschätzung wurden Benchmarks verwendet. Die durchschnittliche Haushaltsgröße wurde entsprechend der aktuellen Wohnungs- und Haushaltserhebung der Stadt Erfurt<sup>19</sup> auf 2,0 Personen pro Haushalt angenommen. Benchmarks für Ein- bis Zweipersonenhaushalte weisen einen Strombedarf von 1.582 – 2.742 kWh/Jahr aus<sup>20</sup>. Um den höheren Anteil von Mehrpersonenhaushalten zu berücksich-

<sup>19</sup> Landeshauptstadt Erfurt, 2015, Erfurter Statistik, Wohnungs- und Haushaltserhebung 2015

<sup>20</sup> Statistisches Bundesamt, DESTATIS, Online im Internet: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/MaterialEnergiefluesse/Tabellen/StromverbrauchHaushalte.html>, Zugriff am 10.10.2017

tigen, wird ein durchschnittlicher Verbrauch von 2.500 kWh/Haushalt für Haushaltsgeräte und Beleuchtung ohne elektrische Warmwasserbereitung angenommen. Für Bürogebäude wurde ein durchschnittlicher Strombedarf von 40 kWh/m<sup>2</sup> Bürofläche gewählt. Als Bürofläche wurden 50% der Bruttogrundfläche angesetzt, die anderen 50% sind Verkehrs-, Konstruktions- und Technikflächen.

Der hochgerechnete Strombedarf für Elektrogeräte und Beleuchtung für das gesamte Untersuchungsgebiet liegt bei ca. 9,76 GWh/Jahr. Die Aufteilung des Strombedarfs auf die einzelnen Quartiere kann der Abbildung 17 entnommen werden.

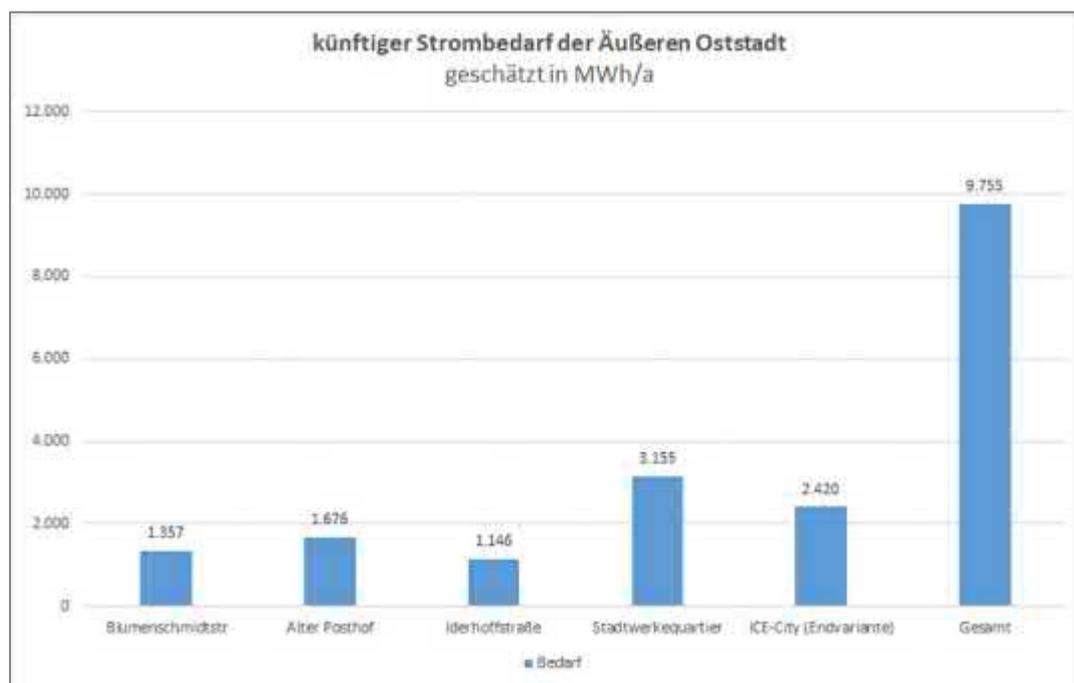


Abbildung 17: Künftiger Strombedarf der Äußeren Oststadt

### 5.5.2. Elektromobilität

Die Landeshauptstadt Erfurt strebt zum Erreichen der selbstgesteckten Klimaschutzziele im Klimaschutz-Handlungskonzept 2012 neben der Verbesserung der Effizienz des motorisierten Verkehrs und der Verlagerung des MIV auf öffentliche Verkehrsangebote sowie nichtmotorisierte Mobilitätsalternativen (Stärkung des Umweltverbundes) u. a. auch die Ausweitung der Erfurter Elektromobilität über die Stadtbahn hinaus auch auf den Individual- und den Wirtschaftsverkehr an. Ein konkretes Ziel ist hierbei, bis 2020 5% des städtischen Güterverkehrs mit Elektrofahrzeugen durchzuführen. Mit Beschluss des Stadtrates der Stadt Erfurt zur 'Förderung der Elektromobilität' am 16.11.2016 wurde die Stadtverwaltung weiterhin aufgefordert, bei zukünftigen städtebaulichen Verträgen für Bauvorhaben mit mehr als 10 Tiefgaragenstellplätzen dafür Sorge zu tragen, das mindestens 10% der Stellplätze über die technische Infrastruktur für einen Ladeanschluss für Elektroautos verfügen und die Infrastruktur der Elektrizitätsversorgung dafür ausgelegt ist. Weiterhin soll die Möglichkeit geprüft werden, den dafür notwendigen Strom durch Eigenverbrauchsmodelle für Strom aus regenerativer Energieerzeugung zu decken.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Stadt Erfurt, Beschluss des Stadtrates Nr. 1117/16 vom 16.11.2016

Im Untersuchungszeitraum waren, abgesehen von individuell einzeln vorhandenen Elektrofahrzeugen und privaten Ladeinfrastrukturen, keine (öffentlichen) Elektromobilitätsangebote in der Äußeren Oststadt vorhanden. Der Strombedarf für Elektromobilität ist daher in der Ausgangslage unter dem normalen Haushalts- und Gewerbebedarf der örtlichen Wohngebäude und Gewerbebebauungen einzuordnen und in der Gesamtmenge vernachlässigbar. Für eine im Zuge der Förderung und Erreichung der Klimaziele und der Umsetzung des Stadtratsbeschlusses einsetzende Steigerung des Anteils der Elektromobilität auch im privaten Sektor wurden im Folgenden Kennzahlen zugrunde gelegt, um belastbare Annahmen für den Strombedarf und die daraus benötigte Bereitstellung von Netz- und Ladeinfrastrukturen abzuleiten. Die Kennzahlen wurden in zahlreichen Studien zum Strombedarf der Elektromobilität (Öko-Institut (2011), ifeu/infras et al (2015, 2016)) ermittelt<sup>22</sup>:

- Jahresfahrleistung PKW: durchschnittlich **12.000 km** (bis max. 20.000 km)
- Stromverbrauch: je nach Leistung (15 bis) **20 kWh/100 km**
- 2/3 der E-Fahrzeuge als Plug-In-Hybrid (75% Elektrisch)
- Stromverbrauch E-Fahrzeug (rein batterieelektrisch):  $\varnothing$  **2.400 kWh/a** (1.800 – 4.000 kWh/a)

Die fett gedruckten Zahlenwerte sind Angaben aus der Kurzinformation „Elektromobilität bzgl. Strom- und Ressourcenbedarf“ des BMU, die jeweils um einen Wertebereich aus anderen Studien ergänzt wurden und somit einen Verbrauchsspielraum des Jahresstrombedarfes in kWh/a abbilden. Der Strombedarf ergibt sich aus dem jeweiligen Produkt von Jahresfahrleistung und Stromverbrauch/100km. Je nach Leistung des Antriebs und gefahrenen Jahreskilometern ergibt sich ein Anforderungsprofil für den Strombedarf zwischen 1.800 – 4.000 kWh/PKW \* Jahr.

Zur Abschätzung des zukünftigen Strombedarfs der privaten E-Mobilität in der Äußeren Oststadt orientiert sich das Konzept an der Anzahl der im maximalen Ausbauzustand der Äußeren Oststadt prognostizierten PKW. Es wird zunächst der für Erfurt durchschnittliche PKW-Schlüssel von 465 PKW/1000 Einwohner bzw. 0,96 ~ 1 PKW/Haushalt<sup>23</sup> mit den jeweiligen Planungsgrößen für Einwohner bzw. Haushalte in den einzelnen Quartieren multipliziert. Für Nichtwohnnutzungen (Gewerbe, Dienstleistung, öffentliche Einrichtungen) wird vereinfacht ein Stellplatz je 50m<sup>2</sup> Nutzfläche angenommen. Bei der sich daraus ergebenden PKW-Anzahl wird unterstellt, dass, wie im Stadtrat beschlossen, mindestens 10% der PKW-Flotte E-Mobile sind. In Abbildung 18 ist der daraus resultierende jährliche Korridor für E-Mobilitätsbezogenen Strombedarf in den einzelnen Quartieren und in Summe dargestellt.

Es werden jeweils drei Verbrauchsmuster abgebildet:

- 1.800 kWh/a: 12.000 km Fahrleistung/Jahr bei 15 kW/100 km
- 2.400 kWh/a: 12.000 km Fahrleistung/Jahr bei 20 kW/100 km und
- 4.000 kWh/a: 20.000 km Fahrleistung/Jahr bei 20 kW/100 km

<sup>22</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Online: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Verkehr/emob\\_strom\\_ressourcen\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_strom_ressourcen_bf.pdf), Zugriff am 12.07.2018

<sup>23</sup> Stadtverwaltung Erfurt, Integriertes Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt, Teil Mobilität und Verkehr, 2010, S.36

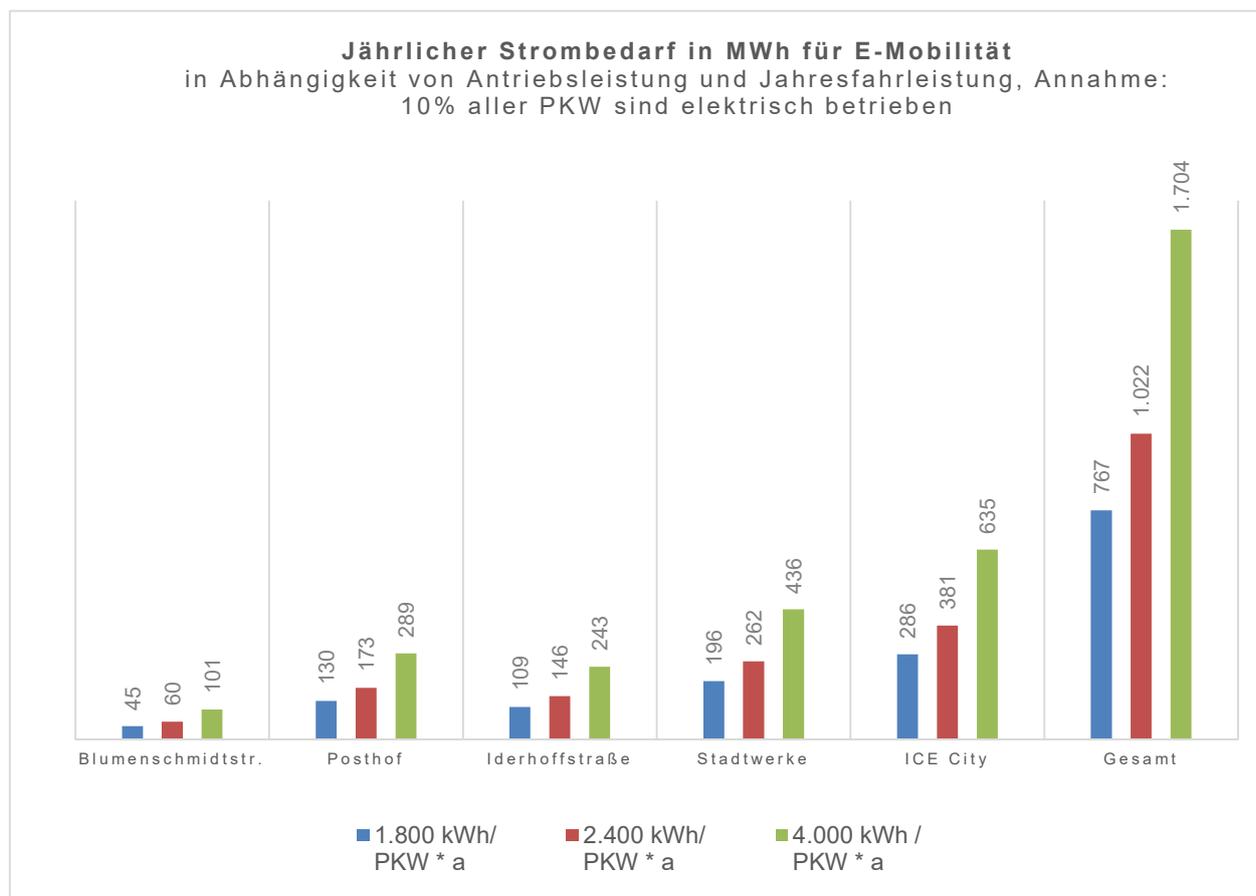


Abbildung 18: Abschätzung des künftigen Strombedarfs für Elektromobilität in der Äußeren Oststadt in Abhängigkeit von jährlicher Fahrleistung und Antriebsleistung der Fahrzeuge

## 5.6. Potenzialanalyse erneuerbarer Energien

In diesem Kapitel werden die Maximalpotenziale verschiedener erneuerbarer Energieträger untersucht, die im Untersuchungsgebiet eingesetzt werden können. Die Analyse der maximalen Potenziale soll aufzeigen, ob und in welchem Umfang ein erneuerbarer Energieträger bilanziell einen Beitrag zur Wärmebedarfsdeckung leisten kann. An dieser Stelle erfolgt noch keine Festlegung für künftige Versorgungsszenarien, es werden jedoch Hinweise zu Handlungsoptionen aufgezeigt.

### Methodik:

Die Potenzialanalyse ist bilanziell erstellt worden und bildet den maximal erzielbaren Ertrag ab. Die Angaben sind als Vorbetrachtung bezüglich der Eignung zunächst unabhängig von der zeitlichen Entwicklung und zur besseren Orientierung wiederum quartiersweise ermittelt und zugeordnet worden.

Das Geoportal der Landeshauptstadt Erfurt stellt als Grundlage ein Solarkataster zur Verfügung, in dem die Eignung von Dachflächen zur Solarnutzung bewertet wird. Die Katasterdaten wurden sowohl für die

solarthermische als auch für die Photovoltaiknutzung der Bestandsgebäude herangezogen. Aus den Ertragsberechnungen des Katasters wurden durchschnittliche Stromerträge pro m<sup>2</sup> ermittelt und diese auf die Dachfläche der Neubauten übertragen. Der durchschnittliche Stromertrag beträgt 150 kWh<sub>peak</sub>/m<sup>2</sup> Modulfläche. Mit der Annahme, dass nicht die gesamte Dachfläche als Modulfläche genutzt werden kann, da sich bei Flachdächern die PV-Module sonst gegenseitig verschatten, wurde ein Modulflächenanteil von 30% der bebauten Fläche angesetzt. Dieser Ansatz berücksichtigt zudem, dass auf den meisten Gebäuden ein zurückgesetztes Dachgeschoss geplant ist, das die nutzbare Modulfläche einschränkt.

Da die Dachform in den meisten Quartieren noch nicht abschließend festgelegt wurde, werden an dieser Stelle die Stromerträge von üblichen „Flachdächern“ und von solaroptimierten Dachformen, die sich nach Süden stärker neigen und somit die Modulfläche vergrößern, verglichen. Dafür wurden nur Gebäude herangezogen, deren Dachflächen nach Süden, Südwesten oder Südosten geneigt werden können.

Für die Berechnung der thermischen Solarerträge wurden zwei technische Modulvarianten differenziert betrachtet. Zum einen Flachkollektoren mit einem durchschnittlichen Wärmeertrag von 350 kWh je m<sup>2</sup> Modulfläche und Jahr und zum anderen Vakuumröhrenkollektoren mit einem höheren Ertrag von 500 kWh je m<sup>2</sup> Modulfläche. Als Grundlage wurden die gleichen Dachflächen wie bei der Photovoltaikberechnung verwendet.

### 5.6.1. Photovoltaik

Der bilanzielle Anteil der jeweiligen Erträge zum Strombedarf wird in Abbildung 19 dargestellt.

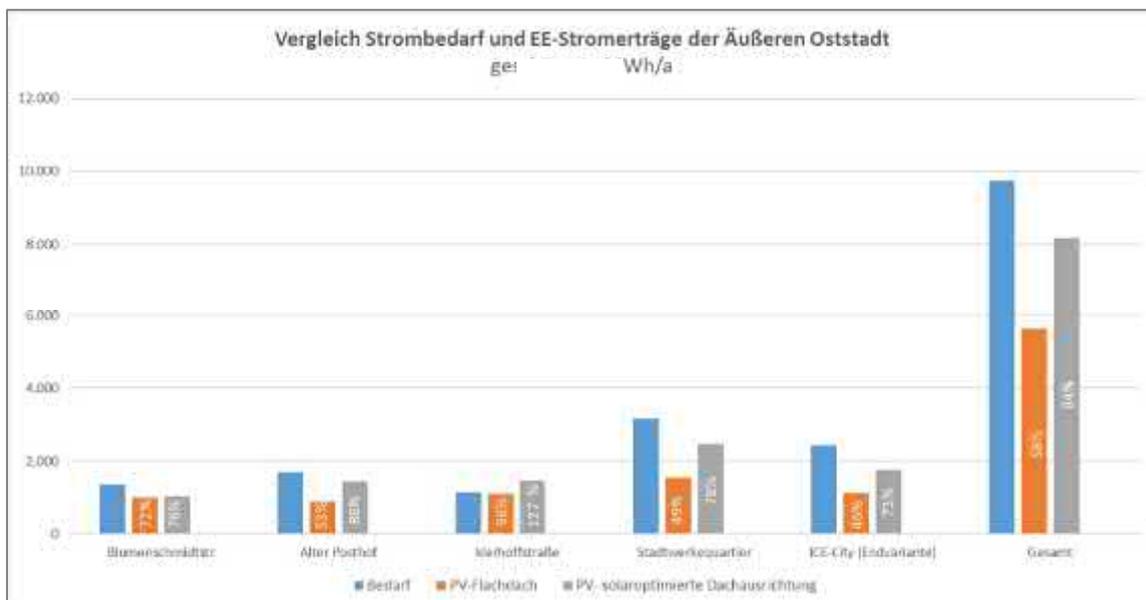


Abbildung 19: Strombedarf (nur Gebäude) und Stromerträge (Deckungsgrad des Bedarfes in %) aus Photovoltaikanlagen auf verschiedenen Dachformen

Die Ergebnisse zeigen, dass der Stromertrag von Flachdächern insgesamt nur zu 58% den Bedarf im Untersuchungsgebiet decken können. Bei Gebäuden mit geneigtem Dach steigt dieser Anteil auf ca. 84%. Im Quartier Iderhoffstraße kann der Strombedarf bilanziell durch Photovoltaikmodule auf Flachdächer erzeugt werden. Bei allen anderen Quartieren steigt der bilanzielle Anteil nur durch Nutzung von solaroptimalen Dächern und Fassadenmodulen.

Wird der Strombedarf für E-Mobilität (vgl. Kap.5.5.2) zum Bedarf der Gebäude hinzugerechnet, so ergibt sich der folgende, geringfügig abweichende bilanzielle Deckungsbeitrag durch Solarerträge aus PV-Modulen.

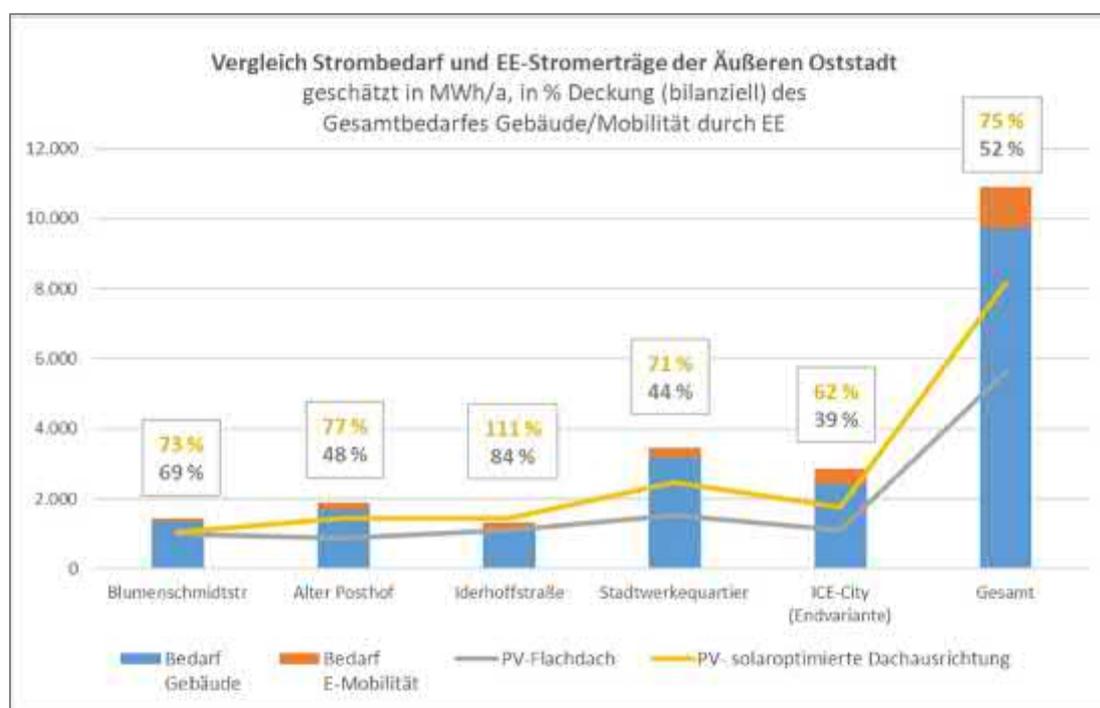


Abbildung 20: Strombedarf (Gebäude + E-Mobilität) und Deckungsgrad durch Stromerträge aus Photovoltaikanlagen auf verschiedenen Dachformen

➤ **Empfehlung:**

**Für die optimale Nutzung von PV-Anlagen zur Stromerzeugung auf neu zu errichtenden Gebäudedächern sind nach Süden orientierte, geneigte Dachebenen am besten geeignet. Geneigte Dachebenen sollten Flachdächern vorgezogen werden. Die Nutzung von PV-Modulen für Haushaltsstrom und E-Mobilitäts-Ladeinfrastrukturen ist möglich.**

## 5.6.2. Solarthermische Nutzung

### 5.6.2.1. Potenzial auf Neubau Dachflächen

Alternativ zur Photovoltaiknutzung können Dächer und Freiflächen auch zur solarthermischen Energieerzeugung verwendet werden.

In der folgenden Grafik ist der bilanzielle Anteil der Solarwärme aus Flach- bzw. Röhrenkollektoren im Vergleich zu den Wärmebedarfen der einzelnen Szenarien dargestellt. Es wird deutlich, dass der Solarertrag im Szenario 1 nur 41 % des Wärmebedarfes bilanziell decken kann. Bei Berücksichtigung der derzeit geltenden oder prognostisch eintreffenden energetischen Gebäudestandards (Szenario 2) steigt der bilanzielle Anteil auf 86% des Wärmebedarfes. Beim ausschließlichen Bau von Passivhäusern (Szenario 3) übersteigt der Ertrag den Bedarf bilanziell um 33%. Bei der Nutzung von Röhrenkollektoren (dargestellt nur im Szenario 3) kann der Wärmebedarf des Szenarios 2 ebenfalls bilanziell komplett bereitgestellt werden (Vergleich Abbildung 21).

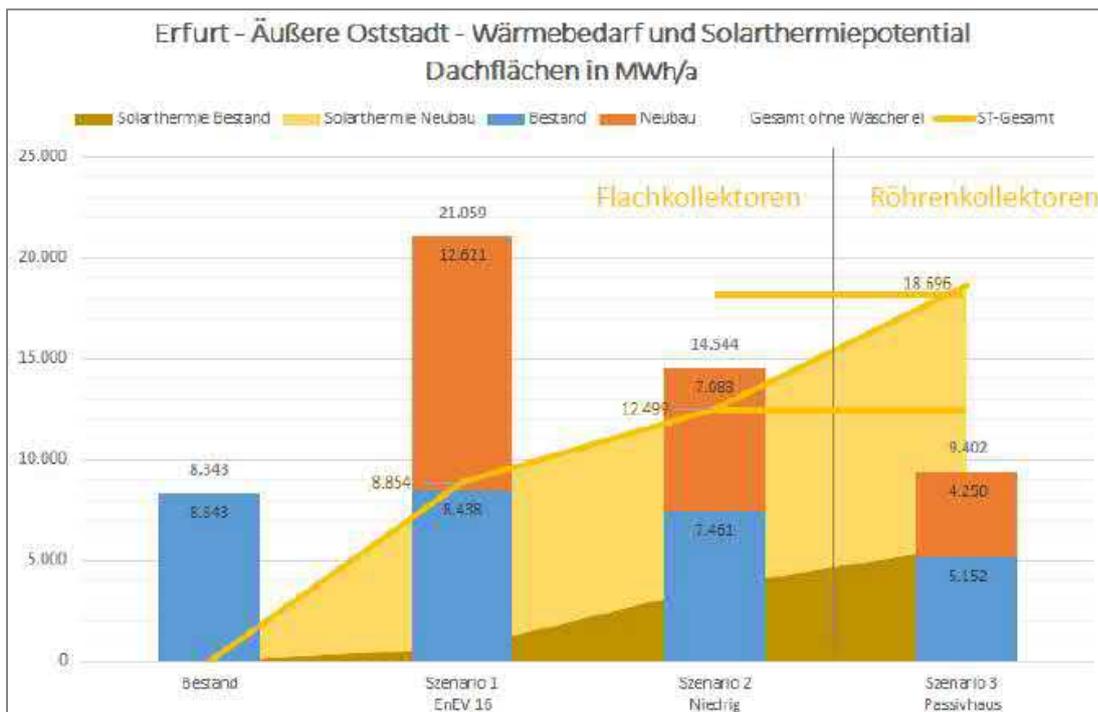


Abbildung 21: Vergleich des Solarthermie Potenzials mit den Wärmebedarfen der Gebäudeszenarien

Für die einzelnen Quartiere stellt sich das jeweilige Solarthermie-Potenzial sehr unterschiedlich dar. In der folgenden Abbildung werden nur für die Neubauten die quartiersbezogenen Wärmeverbräuche der einzelnen Szenarien den Solarerträgen aus Flach- bzw. Röhrenkollektoren gegenübergestellt. Im ersten Szenario kann der Wärmebedarf der Quartiere Blumenschmidtstraße, Alter Posthof und Stadtwerke durch die Verwendung von Röhrenkollektoren bilanziell komplett gedeckt werden.

Für den geringeren Wärmebedarf im Szenario 2 sind in allen Quartieren, bis auf die ICE-City, Flachkollektoren für die Wärmeversorgung bilanziell ausreichend. Durch die zum Teil sehr hohen Gebäude der ICE-

City und dem daraus resultierenden schlechteren Verhältnis von Dachfläche zur beheizten Nutzfläche kann im Szenario 2 der Wärmebedarf der ICE-City Ost nur mit Röhrenkollektoren und im Szenario 3 mit Flachkollektoren gedeckt werden.

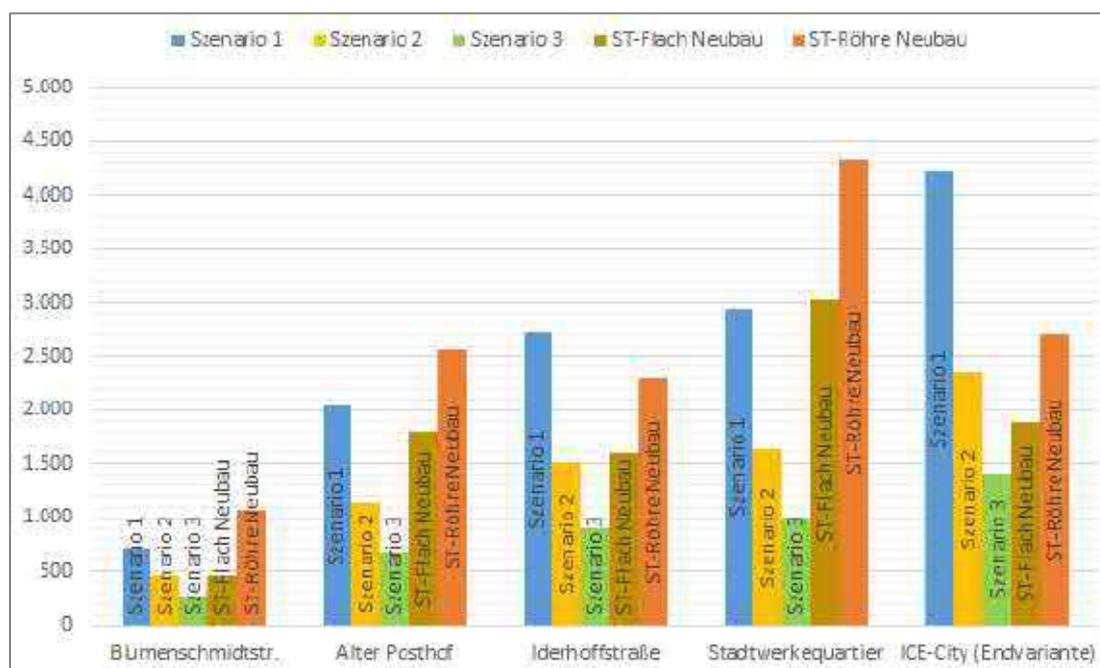


Abbildung 22: Wärmebedarf (Neubau) und Solarthermie Potenzial (Dachfläche Neubau) der einzelnen Quartiere in MWh

### 5.6.2.2. Potenzial auf Freiflächen

Alternativ zu den Dachflächen ist die Nutzung von Freiflächen für die Installation größerer zusammenhängender Kollektorflächen zu betrachten. Zum einen, weil im Vergleich zu vielen „kleinen“ Dachflächen hier größere zusammenhängende, und somit effizienter nutzbare Kollektorflächen realisierbar sind. Zum anderen stellt sich weniger die Frage der Umsetzbarkeit des Gesamtvorhabens, da nicht mit vielen Eigentümern verhandelt werden muss, wenn das oder die Grundstücke erworben worden sind. Auch ist der Zugriff im Falle eines technischen Defektes weniger aufwändig. Voraussetzung ist die Verfügbarkeit solcher Flächen und die Klärung, ob diese für die Nutzung erneuerbarer Energien geeignet sind bzw. nicht in Konkurrenz zu anderen Nutzungen (z.B. Wohnungsbau) stehen.

Das Umfeld der *Gleisanlagen der DB im Gleisdreieck* erscheint für die Installation solarthermischer Großanlagen geeignet, sowohl hinsichtlich der Größe der zusammenhängenden Flächen als auch im Hinblick auf die eher unattraktive Eignung für Wohnnutzungen. Die in Abbildung 23 vorgeschlagenen Freiflächen (orange) können dabei in unterschiedlichen Zeithorizonten, je nach Ausbaugrad und Bedarf, umgesetzt und angeschlossen werden können. Die Flächen haben ein **maximales Flächenpotenzial** von

- Teilfläche 1: ca. 9.900m<sup>2</sup> (Grundstück) bzw. 3.950 m<sup>2</sup> (Kollektorfläche) sowie
- Teilfläche 2: ca. 9.000m<sup>2</sup> (Grundstück) bzw. 3.600 m<sup>2</sup> (Kollektorfläche).

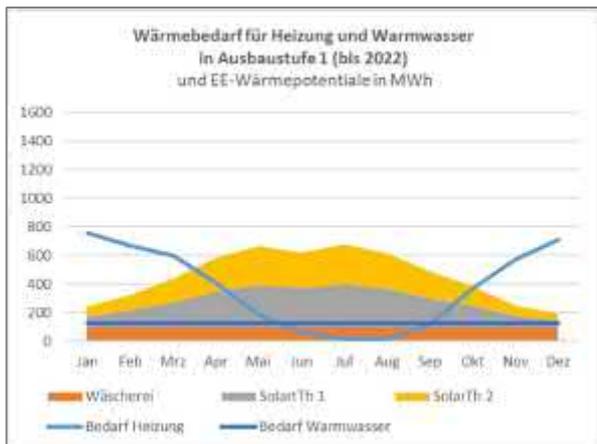
Alternativ und je nach Flächenverfügbarkeit sind im Gleisdreieck auch weitere Flächenpotentiale denkbar (Flächenalternative in blau) die alternativ genutzt oder als Erweiterungsoption herangezogen werden könnten.



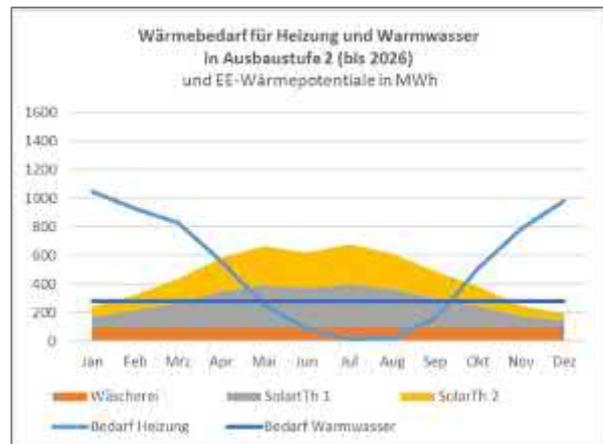
Abbildung 23: Konzept EE-Potenzialflächen (orange) für die Errichtung von Solarkollektoren im Gleisdreieck (Alternativflächen in blau), Eigene Darstellung auf Grundlage der „Städtebaulichen Studie „Quartier Stadtwerke“, SWE Energie GmbH Erfurt

Die Aufstellung der Kollektoren erfolgt in Südausrichtung und verschattungsfrei. In den Abbildungen 24 a-d wurden die erzielbaren EE-Wärmepotenziale aus den vorgeschlagenen Solarthermie Feldern (orange) und der Abwärme aus der Wäscherei (siehe Kapitel 0) bilanziell den Wärmebedarfen in den einzelnen Ausbaustufen (vgl. Kapitel 5.4) gegenübergestellt und im Jahresverlauf abgebildet. Unterstellt wurden dabei Verluste durch den Wirkungsgrad der Kollektoren und bei der Übertragung (40%) sowie während der Speicherung (15%, systemisch wurde mit einem Pufferspeicher bilanziert).

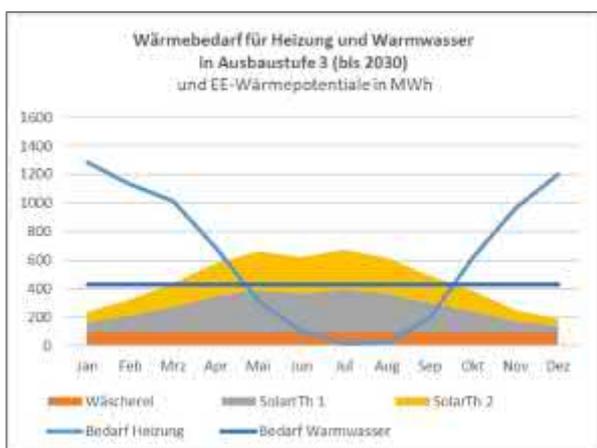
Aufgrund der vergleichbaren Gesamtgröße der Alternativfläche (blau) sind die Ergebnisse der Bilanzierung auch auf diese Fläche übertragbar.



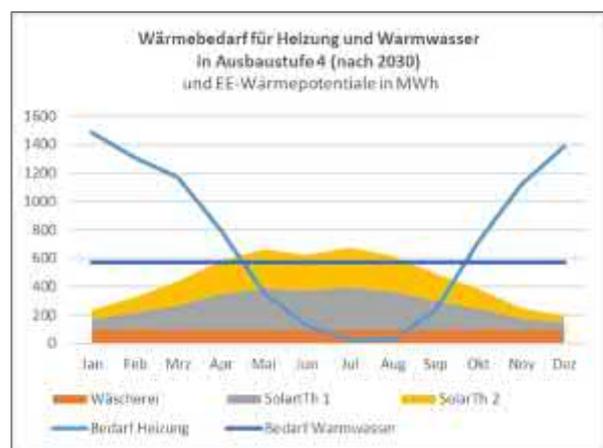
a)



b)



c)



d)

Abbildungen 24 a) – d): Bilanzielle Abbildung von Gesamtwärmebedarf und EE-Wärmepotenzialen in den einzelnen Ausbaustufen der Äußeren Oststadt unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden sowie Leitungs- und Anlagenverlusten

### Aus den Bilanzen der untersuchten maximal verfügbaren Kollektorflächen lassen sich einige wichtige Aussagen treffen:

In **Ausbaustufe 1** decken die Erträge aus der Abwärme der Wäscherei und nur einem Solarthermie Feld den Bedarf der Warmwassererzeugung ganzjährig. In den Sommermonaten liegt der Deckungsgrad bei 300%. Es entsteht in den meisten Monaten ein deutlicher Wärmeüberschuss, der durchschnittliche Deckungsgrad liegt bei 225%! Sinnvoll erscheint die gleichzeitige Unterstützung von Heizung und Warmwasserbereitung. In 7 von 12 Monaten beträgt der Deckungsanteil mindestens 50%. Die durchschnittliche Deckungsrate liegt bei 57%.

Die Nutzung beider Solarthermie Felder und Wäscherei in **Ausbaustufe 1** ist nur sinnvoll, wenn Heizungs- und Warmwasserbereitung unterstützt werden sollen. Werden aufgrund nicht absehbarer städtebaulicher Entwicklungen keine weiteren Abnehmer angeschlossen, kann der Wärmeertrag technisch Langzeitspeicherlösungen (sind nicht Bestandteil dieses Konzeptes) zugeführt werden. Eine Deckungsquote von 50% für Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung wird in 8 von 12 Monaten erreicht. In 5 von

12 Monaten werden mehr als 200% des Bedarfes erzeugt. Die durchschnittliche Deckungsquote beträgt 91%.

In **Ausbaustufe 2** ist die alleinige Warmwasserunterstützung durch ein Solarthermie Feld und die Wäscherei sinnvoll. Ganzjährig werden mehr als 50% des Bedarfes erzielt, die jährliche Deckungsquote liegt bei 102%. Die Nutzung beider Solarthermie Felder ist nur effektiv, wenn Heizung und Warmwasser (Deckungsgrad 57%) unterstützt werden sollen, da ansonsten wiederum ungenutzte Überschüsse anfallen.

Ab **Ausbaustufe 3** leisten ein Solarthermie Feld und Wäscherei einen anteiligen Beitrag sowohl für die reine Warmwasserbereitung (durchschn. 66%) als auch zusätzlich die Heizungsunterstützung (27%). Überschüsse werden nicht mehr erzielt. Ab dieser Stufe ist der Anschluss des zweiten Solarfeldes zu empfehlen. Bei der gleichzeitigen Unterstützung von Heizung und Warmwasserbereitung (Deckungsanteil 43% im Durchschnitt) fallen nur in den Monaten Juni bis August Überschüsse an.

In **Ausbaustufe 4** werden die Solaranlagen optimal ausgelastet. Hier übersteigen die Erträge nur in 2 Monaten den Bedarf der Heizungs- und Warmwasserunterstützung. Allerdings liegt der Deckungsgrad hier nur noch bei 35% ganzjährig. Bei der Nutzung von nur einem Solarthermie Feld und der Abwärme aus der Wäscherei werden 6 von 12 Monate mehr als 50% des Bedarfes zur Warmwassererzeugung gedeckt.

➤ **Empfehlung:**

**Aufgrund der in den einzelnen Quartieren recht unterschiedlichen Potentiale zur Deckung des Wärmebedarfes aus Solarthermischen Dachanlagen und aus Gründen der anzunehmenden heterogenen Eigentümerstruktur liegen die Vorteile hinsichtlich der technischen und rechtlichen Gesamtumsetzbarkeit des Konzeptes einerseits und der Gesamteffizienz andererseits bei einer solarthermischen Großanlage.**

**Im Hinblick auf die Ausbaustufen der Äußeren Oststadt empfiehlt sich der Anschluss vorerst eines Solarthermie Feldes bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme Potentiale der Wäscherei ab Ausbaustufe 1, der Anschluss des zweiten Solarthermie Feldes erscheint ab Ausbaustufe 3 sinnvoll.**

*Alternativ wurden für eine Solarthermische Großanlage Flächen entlang des Nordhäuser Bahnhofs betrachtet und hinsichtlich des Potentials bewertet (siehe Anhang Kapitel 8.1). Die hier maximal zur Verfügung stehenden Flächen sind sehr viel kleiner als im Gleisdreieck. Der Solare Ertrag ist somit deutlich geringer. Diese Variante kann als mögliche Ausweichvariante oder als Fläche für Erweiterungspotenzial im Blick behalten werden.*

### 5.6.3. Oberflächennahe Geothermie

Für die Potenzialuntersuchung der oberflächennahen Geothermie wurden alle relevanten Freiflächen, die nicht durch Tiefgaragen, Bestandsbäume und Erdwälle eingeschränkt werden, herangezogen. Als Berechnungsgrundlage ist das Beispiel aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Erfurt genutzt worden. Die Potenzialanalyse erfolgt mittels 100 m langer Erdsonden, die mit einem Mindestabstand von 3 m zur Bebauung

und von 10 m untereinander in den Freiräumen angeordnet wurden. Die Wärmeentzugsleistung wurde im Klimaschutzkonzept mit 57 W je Meter angegeben. Davon wurden 10 % Energieverluste für den Wärmetransport abgezogen. Die folgende Abbildung stellt beispielhaft die Anordnung der Sonden für die Quartiere Blumenschmidtstraße und Alter Posthof dar.

Zur Überprüfung des Beitrages der Geothermiesonden wurde nicht der absolute Energiebedarf herangezogen, sondern die Heizlast der einzelnen Gebäude mit der Summe der Wärmeentzugsleistung der Sonden im einem Quartier verglichen.



Abbildung 25: Beispiel zur Nutzung von geothermischen Erdsonden in den Quartieren Blumenschmidtstraße und Posthof.

Die Heizlast wurde in Anlehnung an das vereinfachte Verfahren nach DIN EN 12831 Bl 2 berechnet. In Abbildung 26 wird deutlich, dass die Wärmeentzugsleistung der Sonden in den Quartieren Blumenschmidtstraße und Stadtwerke ausreichend für die Heizlast der Gebäude sind. Die Entzugsleistung der Sonden in den Quartieren Alter Posthof und Iderhoffstraße sind nicht ausreichend, um die komplette Heizlast bereit zu stellen.

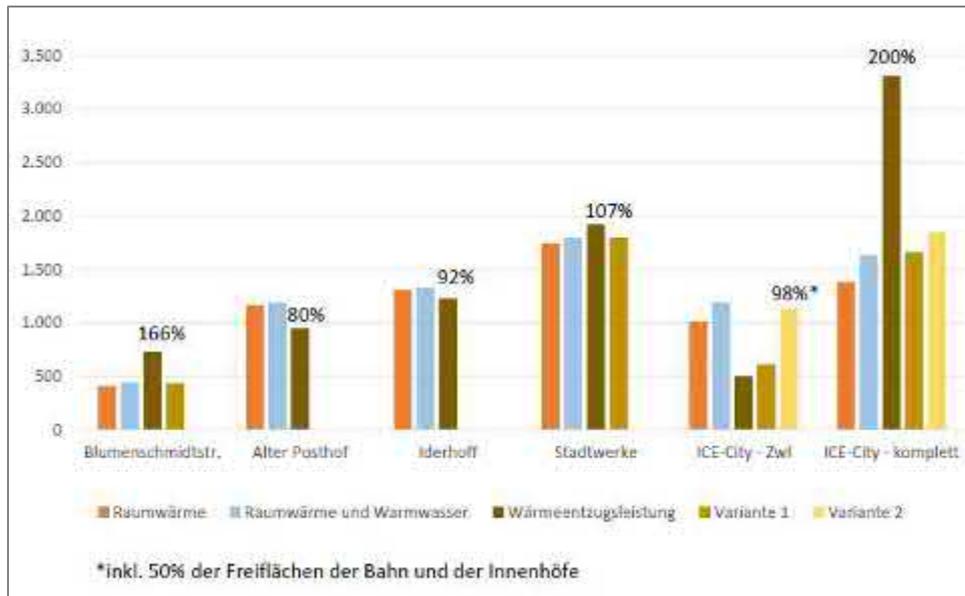


Abbildung 26: Geothermie Potenzial – Vergleich zwischen der Heizlast der Neubauten und der Wärmeentzugsleistung der Erdsonden je Quartier in kW

Das Quartier ICE-City stellt einen Sonderfall dar. Zum einen ist laut Rahmenplanung ein hoher Anteil von Freiflächen geplant, der für eine geothermische Nutzung sehr gut geeignet ist. Das begründet den 200%igen Deckungsanteil in der kompletten Ausbaustufe der ICE-City. In der Zwischenlösungsvariante wird deutlich, dass die Heizlast knapp bereitgestellt werden kann. Interessant kann die Nutzung von Erdsonden dennoch sein, da diese auch den Kühlbedarf in den Sommermonaten decken kann. So könnten mit einem technischen System die Bürogebäude der ICE-City im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden. Voraussetzung zur Nutzung der Geothermie sind Flächenheiz- und Kühlsysteme in den Gebäuden.

➤ **Empfehlung:**

**Die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur Deckung dezentraler Wärmenachfrage ist für die Bestandsbebauung der Äußeren Oststadt sinnvoll und ausreichend. Für den Bedarf des Neubaus hingegen sind die Potentiale überwiegend nicht ausreichend. Auch hinsichtlich der nicht überall verfügbaren Freiflächen (Flächenkonkurrenz) sowie durch den notwendigen technisch hohen Installations- und Betriebsaufwand (Wirtschaftlichkeit/Skaleneffekte) scheint die Nutzung von Geothermie als Lösung für das Gesamtquartier nicht geeignet.**

**Im Bereich der ICE-City hingegen kann das erschließbare Potenzial zusätzlich für die Kühlung der überwiegend gewerblichen bzw. Büronutzung genutzt werden.**

#### 5.6.4. Weitere energetische Potenziale

Neben der Betrachtung von Potenzialen aus erneuerbaren Quellen sind auch Möglichkeiten der Nutzung gewerblicher oder industrieller Prozesswärme bzw. Abwärme in Betracht gezogen worden. Der einzig nennenswerte Standort innerhalb des Quartiers ist die Großwäscherei in der Geschwister-Scholl-Straße (Iderhoff-Quartier). Das Potenzial besteht in dem in der Wäscherei anfallenden Schmutzwasseraufkommen mit einem Temperaturniveau von bis zu 50°C. Dieses muss vor der Einleitung in das städtische Abwassernetz auf weniger als 35°C<sup>24</sup> heruntergekühlt werden. Dies geschieht in örtlichen offenen Kühlbecken. Das nutzbare energetische Potenzial liegt somit in einem durchschnittlichen Entzugsleistungsdelta von 20K. Bilanzell betrachtet ergibt dies bei den üblichen Betriebszeiten der Wäscherei ein monatliches energetisches Potenzial von ca. 100 MWh. Hierbei wurden durchschnittlich 250 Arbeitstage im Jahr (durchschn. 10 Stunden/Tag) angenommen. Das Jahresgesamtentnahmepotenzial beträgt demnach ca. 1.125 MWh. Der Wärmeentzug erfolgt technisch durch den Einsatz von Wärmetauschern (Einbau in Kühlbecken ohne größeren Aufwand möglich).

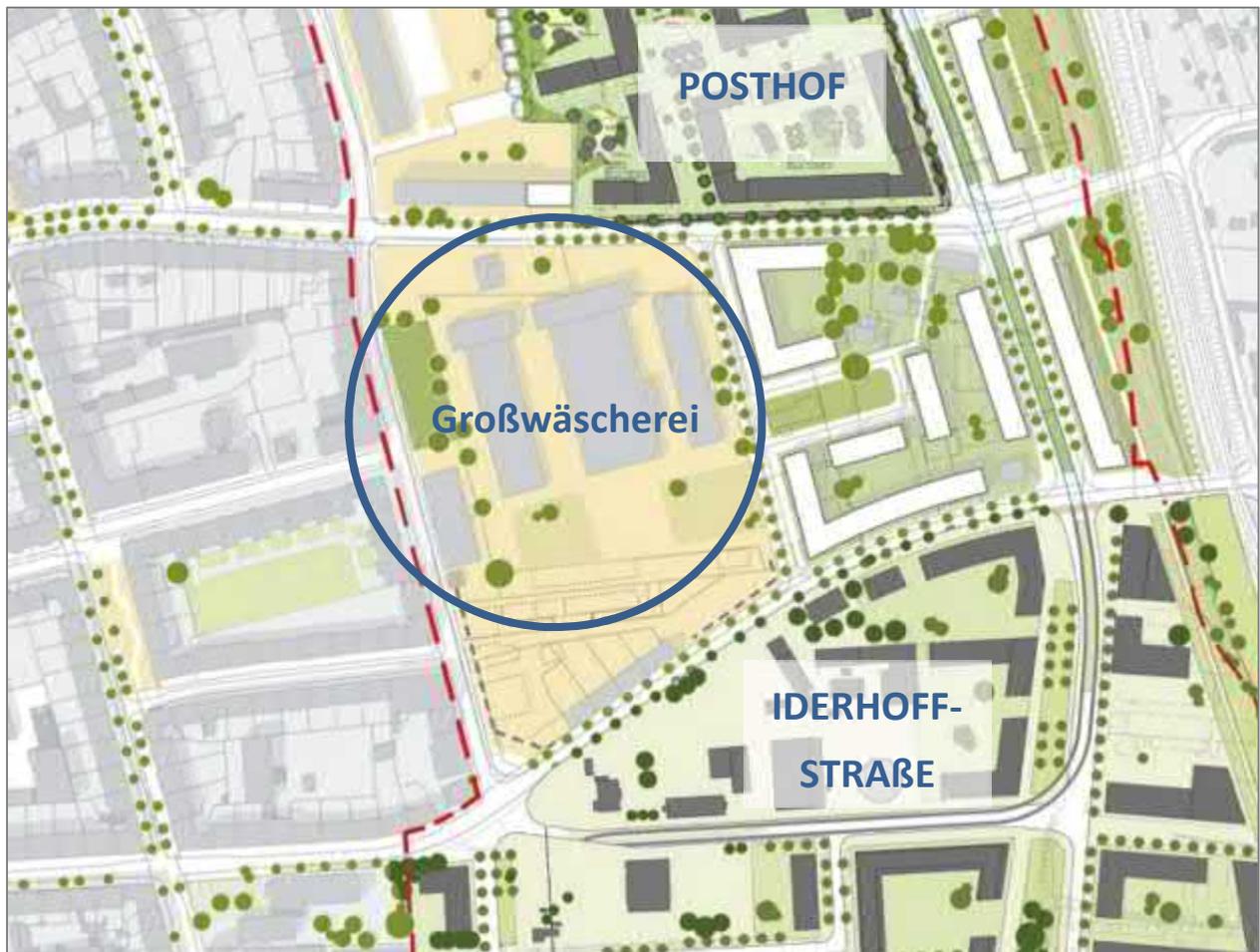


Abbildung 27: Standort der Großwäscherei zwischen Geschwister-Scholl- und Iderhoffstraße

<sup>24</sup> Gemäß Satzung über die Entwässerung der Grundstücke, den Anschluss an die gemeindliche Abwasserbeseitigungseinrichtung und deren Benutzung in der Landeshauptstadt Erfurt (Entwässerungssatzung / EWS-EF) vom 26.06.2013

Durch die Abwärmenutzung der Wäscherei und den Einsatz der bereits beschriebenen Erneuerbaren Energiequellen können bilanziell ca. 77 % des Warmwassers für die Wohngebäude im Quartier Iderhoffstraße bereitgestellt werden kann. Bei einer gleichzeitigen Unterstützung der Heizungsversorgung wird ein Energieanteil von ca. 46% erreicht, ohne saisonale Wärmespeicherung.

➤ **Empfehlung:**

**Die bislang ungenutzten konstanten Abwärmepotenziale der Großwäscherei können einen veritablen Beitrag zur Reduktion des Energiebedarfes bei der Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser darstellen. Der Entzug von Wärme bietet sowohl für die Energieversorgung der Äußeren Oststadt als auch durch die beschleunigte Abkühlung des einzuleitenden Abwassers in die Kanalisation einen Vorteil für Betriebsablauf des Wäschereibetriebes. Eine Nutzung der Potenziale sollte daher in Betrachtung gezogen und näher untersucht werden.**

➤ **Hinweis:**

**Die Potentialbetrachtung unterliegt dem Vorbehalt, dass im Falle einer Unternehmensverlagerung oder –Schließung die aufgezeigten Energieanteile nicht mehr zur Verfügung stehen könnten. In diesem Falle sind die wegfallenden Anteile durch den weiteren Ausbau alternativer (regenerativer) Quellen oder durch Substitution mit herkömmlichen Energiequellen zu ersetzen. Letztere Lösung würde die Klimabilanz des Gesamtkonzeptes jedoch negativ beeinflussen (folglich höhere Anteile fossiler Brennstoffe, ungünstigere CO<sub>2</sub>-Bilanz) sowie die in diesem Konzept gemachten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verändern.**

**Diesbezüglich ist es ratsam, seitens der Stadt rechtzeitig das Gespräch mit dem Unternehmen über mögliche Konzepte einer langfristigen Standortsicherung zu suchen.**

## 6. Technische Konzeption der Versorgung

### 6.1. Wärmeversorgung

**Die Grundlage der Wärmeversorgung bildet ein bipolar gespeistes Niedertemperaturfernwärmenetz mit einem hohen EE-Anteil.**

Die Versorgung erfolgt auf Basis eines lokalen Wärmenetzes, welches in das bestehende Erfurter Fernwärmenetz eingebunden ist und stufenweise entwickelt wird. Wesentliche Merkmale und Unterschiede zur herkömmlichen Betriebsweise sind eine niedrigere Vorlauf- und somit Versorgungstemperatur der angeschlossenen Gebäude (Fernwärme 4.0) sowie der hohe Anteil an lokal verfügbarer regenerativer Energie (Solarthermie) und die Nutzung von gewerblicher Abwärme Potenziale. Für die Solarthermie werden zentrale Flächen im südöstlichen Bereich der Äußeren Oststadt genutzt, die überwiegend von Gleisanlagen umgeben sind und für höherwertigere städtebauliche Nutzungen nicht infrage kommen. Dort können entsprechend des Entwicklungsfortschrittes der Äußeren Oststadt zwei Felder mit jeweils 9.900m<sup>2</sup> (ca. 4.000m<sup>2</sup> effektive Kollektorfläche) und 9.000m<sup>2</sup> (ca. 3.600m<sup>2</sup>) installiert und in Betrieb genommen. Darüber hinaus wird das Abwärme Potenzial der lokalen Großwäscherei in der Geschwister-Scholl-Straße für eine nahezu ganzjährig konstante Grundlastwärme (ca. 100 MWh monatlich) in das Versorgungssystem eingebunden. Für ein ausreichendes und konstantes Temperaturniveau sorgen eine erdgasbetriebene Wärmepumpe sowie ein neuer Pufferspeicher auf dem Gelände des Heizwerkes in der Iderhoffstraße, welches die technische Versorgungszentrale der Äußeren Oststadt darstellt.

#### 6.1.1. Netzentwicklung

Die vorgeschlagene Wärmeversorgung der Äußeren Oststadt erfolgt von zwei Seiten. Zum einen durch den bestehenden zentralen Wärmeversorgungspunkt der Stadtwerke Erfurt in der Iderhoffstraße. Zum anderen werden im Süden die ersten Gebäude der ICE-City an die bereits vorhandene FW-Versorgung in der Thälmannstraße angeschlossen. Mittels einer Koppelstation wird die erforderliche Absenkung der Temperatur auf Niedertemperaturniveau realisiert. Um die beiden Versorgungspunkte werden zunächst zwei getrennte Niedertemperatur Fernwärmenetze sukzessiv aufgebaut und je nach Baufortschritt erweitert mit dem Ziel, in der angestrebten Endausbaustufe beide Netze zu verknüpfen (nach 2030 erwartet). Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die erwarteten vier Ausbaustände der Äußeren Oststadt. Dafür wurden Strangkonzepete entwickelt und mit den Stadtwerken Erfurt abgestimmt. Die Strangkonzepete gliedern sich in

- EE-Erzeugernetze: Alle Anlagen, Komponenten und Leitungen, die Erneuerbare Energien in das Wärmeversorgungsnetz einbinden und
- NW-Verbrauchernetz: Alle Anlagen, Komponenten und Leitungen, die die erzeugte Wärme zu den Verbrauchern bringen.

EE-Erzeugernetz, NW-Verbrauchernetz und städtebauliche Ausbaustufen stellen die Basis für die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub> im Kapitel 7 dar.

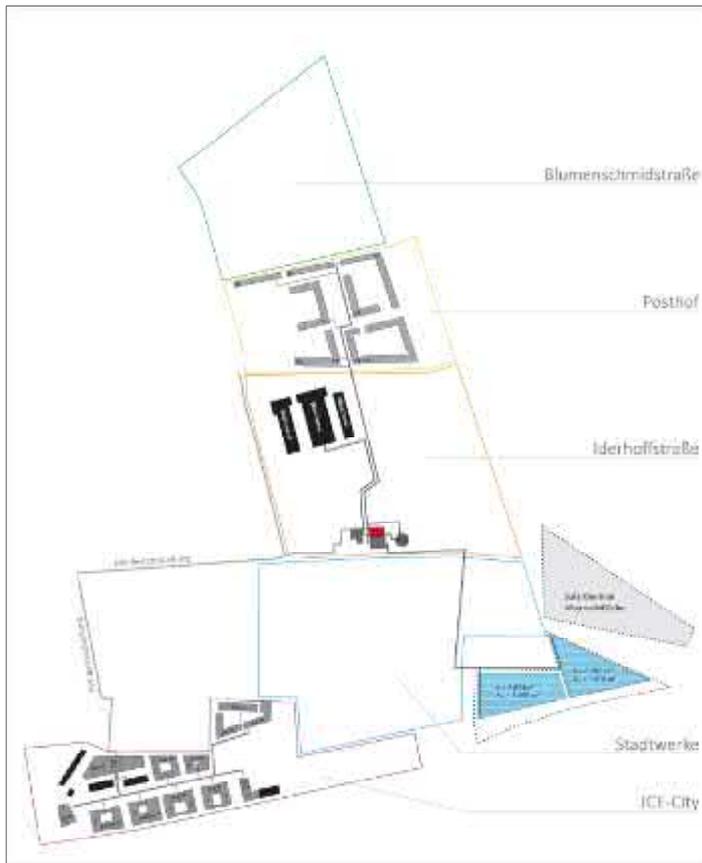


Abbildung 28: Netzausbau Stufe 1 bis 2022

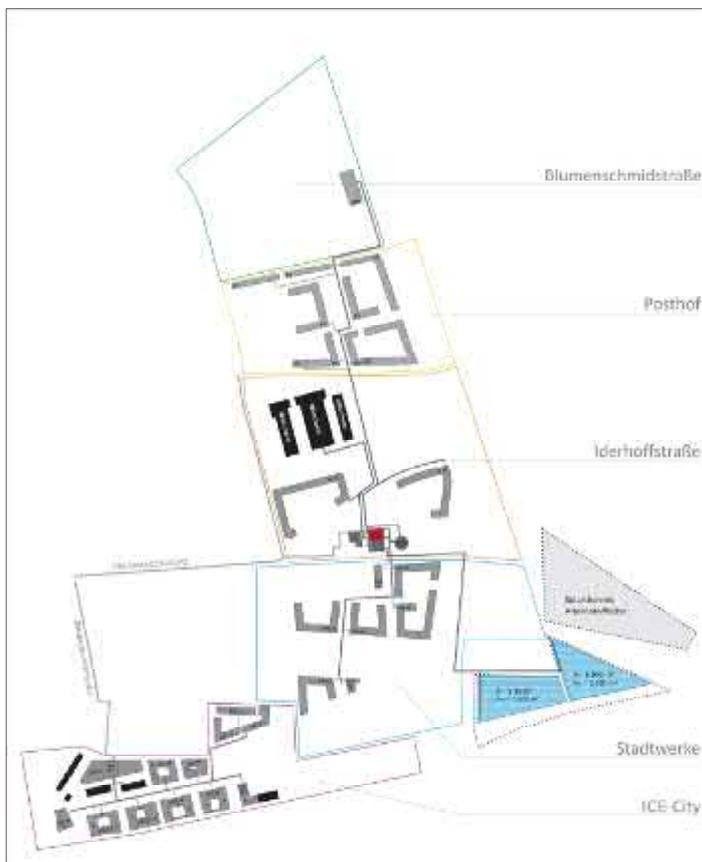


Abbildung 29: Netzausbau Stufe 2 bis 2026

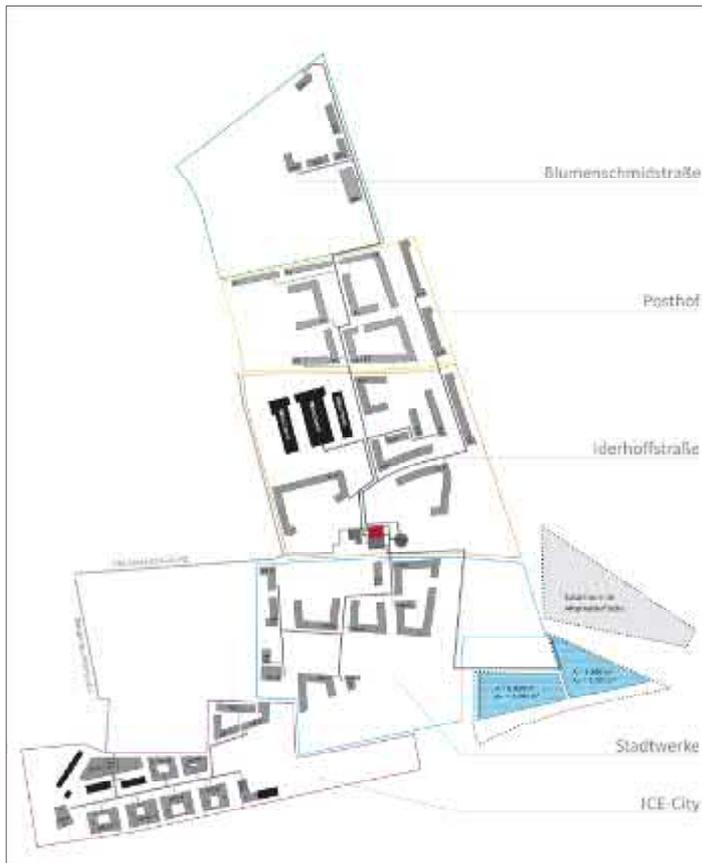


Abbildung 30: Netzausbau Stufe 3 bis 2030

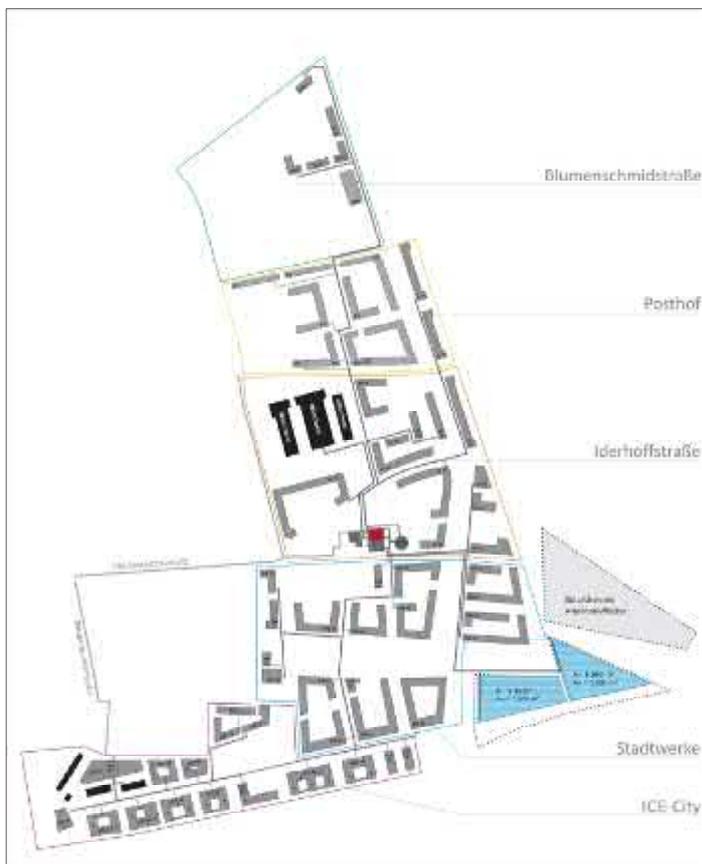


Abbildung 31: Netzausbau Stufe 4 nach 2030

### 6.1.2. Technische Komponenten und EE-Anteil

Die Versorgung der Äußeren Oststadt (Ausnahme bildet das Quartier Posthof<sup>25</sup>) und der ICE-City basiert auf dem Prinzip einer Niedertemperatur Fernwärme. Gemeint ist damit die Versorgung der Gebäude mit einer geringeren Vorlauftemperatur als bei der „klassischen“ Fernwärme (95 – 115°C). Das Niedertemperatur Wärmenetz in der Äußeren Oststadt wird mit einer Vorlauftemperatur von ca. 70°C betrieben. Die Nutzung geringerer Vorlauftemperaturen zur Wärmeversorgung wird durch die erforderlichen aktuellen hohen Wärmestandards im Neubaubereich möglich. Die niedrigere Vorlauftemperatur ermöglicht die Einbindung lokal verfügbarer Erneuerbarer Energien, wie z.B. Solarthermie, mit der im Jahresverlauf durchschnittliche Temperaturen von 50-90 °C bereitgestellt werden können. Die geringere Versorgungstemperatur erfordert gebäudeseitig ggf. die Verwendung von Flächenheizungen (Fußbodenheizung), um die gewünschte Raumwärme zu erzeugen sowie unterstützender Technik zur Sicherstellung der Keimfreiheit der Warmwasserbereitstellung.

Die anteilige Deckung mit Erneuerbaren Energien erfolgt durch die Nutzung solarthermischer Potenziale aus ebenerdigen Kollektorflächen, welche in den städtebaulichen Restflächen im Südosten der Äußeren Oststadt (Gleisdreieck, ehemalige DB-Flächen) installiert werden. Darüber hinaus werden gewerbliche Abwärme Potenziale erschlossen (Großwäscherei). Die erschlossenen Potenziale werden bei Bedarf über eine gasbetriebene Wärmepumpe auf das erforderliche Temperaturniveau von ca. 70°C gebracht. Ein neuer Wärmepufferspeicher stabilisiert kurzfristige Bedarfs- und Ertragsschwankungen. Die Dimensionierung der Leitungen und Komponenten erfolgte auf Basis der Hochrechnung der zu erwartenden Heizlasten und des dafür notwendigen Volumenstroms. Das System ist so ausgelegt, dass in jeder Entwicklungsphase die Versorgung mit Wärme gesichert ist.

Das Potenzial der erneuerbaren Energien (einschl. Abwärme Wäscherei) zur Deckung des Gesamtbedarfes (nach energetischen Gebäudestandards gemäß Szenario 2) im Endausbauzustand der Äußeren Oststadt liegt bei ca.

- 35% bei gleichzeitiger Unterstützung von Heizung und Warmwasserbereitung
- 63% bei alleiniger Heizungsunterstützung oder
- 80% bei alleiniger Unterstützung der Warmwasserbereitung.

Das vorliegende Konzept berücksichtigt das bereits in Planung und Ausführung befindliche Bauvorhaben des 1. Bauabschnittes „Posthof“, in welchem konventionelle FW-Versorgungstemperaturen zum Tragen kommen. Eine Absenkung der Vorlauftemperatur in diesem Quartier ist auch zukünftig möglich und erfordert keine technischen Änderungen in der vorliegenden Netzplanung (Versorgerseite), jedoch ggf. Anpassungen in den Gebäuden.

Nachfolgendes Versorgungsschema skizziert die wesentlichen technischen Bestandteile des Wärmeversorgungskonzeptes der Äußeren Oststadt.

---

<sup>25</sup> Die Planungen für das Quartier Posthof waren zum Zeitpunkt der Erstellung bereits so weit fortgeschritten, dass eine Anpassung der vom Investor bevorzugten Energieversorgungsoption an dieses Konzept nicht mehr möglich war.

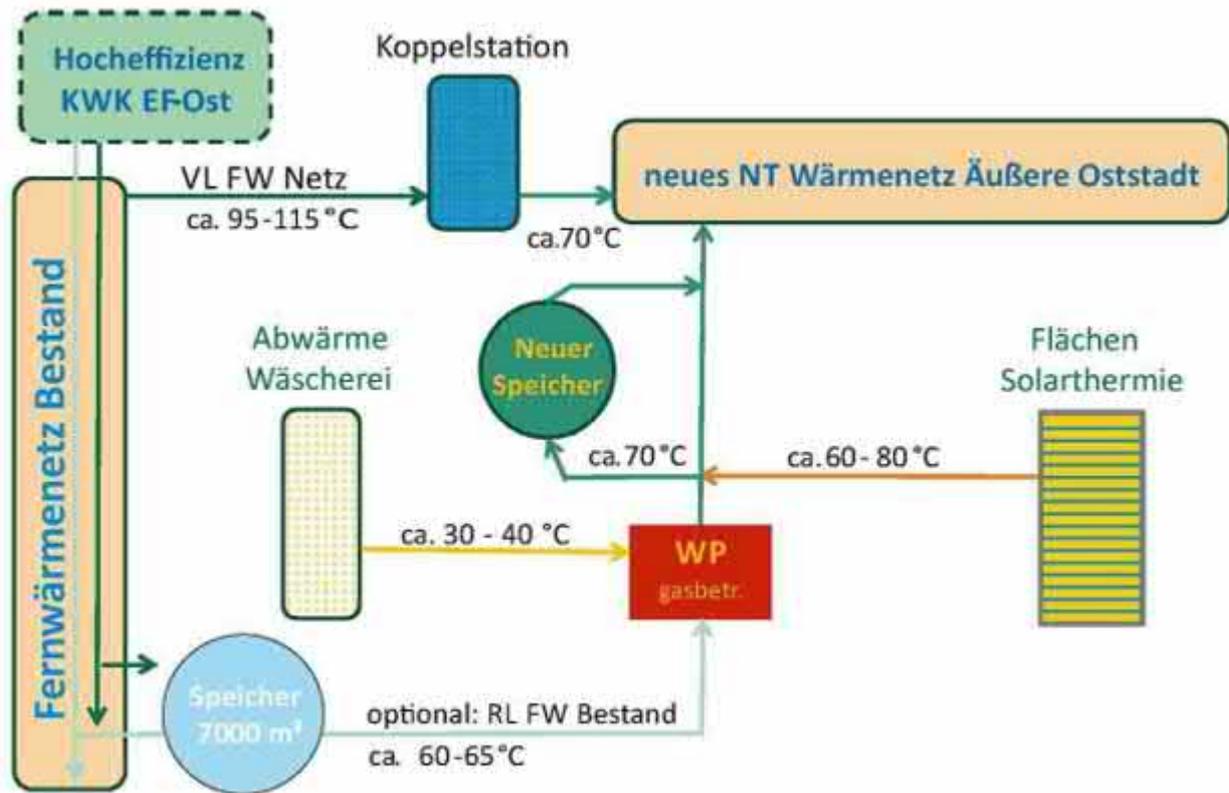


Abbildung 32: Technisches Konzept des "NT-Wärmenetz Oststadt", Quelle: Eigene Darstellung

Das **EE-Erzeugungsnetz** koppelt die EE-Erzeuger (Solarthermie und Wäscherei). Es setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- primäres Niedertemperatur (NT)-Leitungsnetz  $\Delta T$  30K; PN 16
- Wärmeübergabe (WÜ)-Station zur Beladung und ggf. Entladung NT-Wärmespeicher (Bereich HW Iderhoffstraße)
- Abwärme-Übergabestation (Wäscherei) sowie der Wärmepumpenanlage (Bereich HW Iderhoffstraße),  $\Delta T$  30K; PN 16
- Solarthermie Feld(er) Gleisdreieck oder Ersatzfläche,  $\Delta T$  30K; PN 16
- Koppelstation im Bereich Heizwerk (HW) Iderhoffstraße
- NT-Wärmespeicher 70-75°C neu (Bereich HW Iderhoffstraße) zur „Pufferung“ zwischen Erzeugung (Solarthermie, Abwärme) und Abnahme

Das **Verbrauchernetz** setzt sich aus dem Niedertemperatur-Leitungsnetz zu den einzelnen Objekten des Quartiers zusammen und richtet sich in Ausdehnung und Anlagekomponenten nach dem jeweiligen Ausbauzustand der Oststadt. Hier können erfahrungsgemäß heute unvorhersehbare Planungsanpassungen zu einer Änderung und/oder Optimierung des Strangkzeptes führen. Auch die weiteren Verkehrsinfrastrukturplanungen (Straßen, Radwege etc.) im Stadtgebiet sind dahingehend mit der Trassenplanung des Fernwärmenetzes eng abzustimmen.

Durch die nutzungsbedingt deutlich geringeren Heizwärme- und Warmwasserbedarfe der Neubauten nach aktuellem Wärmestandard EnEV 2016 bestünde die Möglichkeit einer Anbindung des ersten Bauabschnitts der ICE – City an den Rücklauf des bestehenden FW-Netzes. Die Prüfung der hydraulischen Werte in diesem Bereich hat allerdings ergeben, dass der Anschluss an den Rücklauf des FW-Netzes technisch nicht realisierbar ist. Alternativ kann durch eine Absenkung der Vorlauftemperatur mittels Kopplungsstation die erforderliche geringere Vorlauftemperatur aus dem Vorlauf der klassischen FW-Versorgung ausgekoppelt werden. Durch den Neubau des ICE-City-Parkhauses wird die bestehende Fernwärmeleitung zu den weiter südlich gelegenen Gebäuden notwendigerweise überbaut. Dies macht eine Neuverlegung erforderlich. Dies sollte zum Anlass genommen werden, die Anbindung des neuen Niedertemperaturwärmenetzes der ICE-City im ICE-City-Parkhaus zu konzipieren und im neuen Parkhaus (Energieleuchtturm, siehe Kapitel 6.4.1) die erforderliche Wärmeübergabestation zu installieren.



Abbildung 33: Fernwärme-Anbindung der ICE-City. Aufgrund der Errichtung des neuen Parkhauses ist eine Neuverlegung der bestehenden Anschlüsse zu den Gebäuden „Zum Güterbahnhof 7 +8“ erforderlich.

➤ **Hinweise:**

**Die vorgeschlagene Versorgungskonzeption beruht auf einem großen Anteil Erneuerbarer Energien. Für die Umsetzung ist die Sicherung der Freiflächen zur Errichtung der Solarthermischen Anlagen Voraussetzung. Die Stadt sollte sich hierbei beim Eigentümer der Grundstücke im Gleisdreieck oder der vorgeschlagenen Alternativfläche am Nordhäuser Bahnhof um den Erwerb oder eine langfristige Pacht bemühen. Ohne die Nutzung der Solarthermischen Potenziale aus Freiflächen blieben alternativ die Nutzung von Dachflächen im Neubaubereich. Dieses Potenzial ist deutlich geringer. Analog ist auch die Nachhaltigkeit des Standortes der Wäscherei zwischen den Beteiligten zu klären, um den gewünschten Energieeintrag aus Abwärme langfristig zu sichern.**

**Die bauliche und infrastrukturelle Entwicklung der Äußeren Oststadt ist eine langfristig angelegte investive Maßnahme, die Planungssicherheit und Verlässlichkeit erfordert. Deshalb sind die weiteren Verkehrsinfrastrukturplanungen (Straßen, Bushaltestellen etc.) im Stadtgebiet im**

Hinblick auf die vorgeschlagene Trassenplanung des Fernwärmenetzes mit den Stadtwerken eng abzustimmen und ggf. Baumaßnahmen vorausschauend zu bündeln.

Das Entwicklungsgebiet Äußere Oststadt liegt im FW Satzungsgebiet (Satzungsgebiet im Bereich der Äußeren Oststadt siehe Abbildung 34). Da hier jedoch in den Quartieren, in denen das Niedertemperaturnetz errichtet wird, geänderte technische Parameter als in anderen Bereichen des FW Satzungsgebietes angeboten werden, ist eine rechtzeitige Information an die potenziellen Investoren und Nutzer erforderlich. Die abweichenden NT-Parameter sind verbindlich, entsprechend zu kommunizieren und bei der Gebäudeplanung mit zu berücksichtigen. Auf Seiten der Stadtwerke sind aus diesem Grund die TAB anzupassen und um die NT-Netzbereiche (Quartiere) zu erweitern.

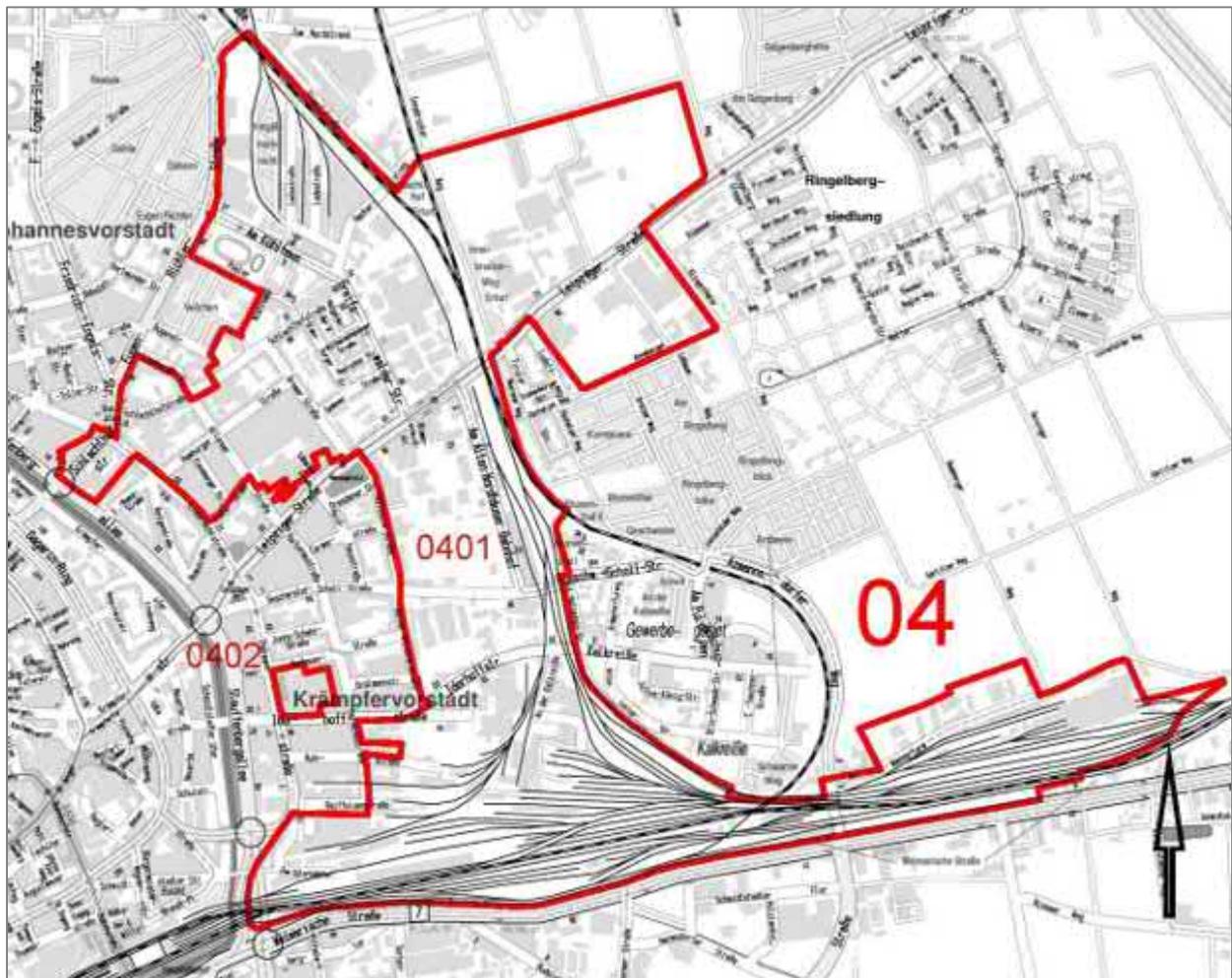


Abbildung 34: Satzungsgebiete der Fernwärmesatzung der Stadt Erfurt. Hier sollte eine rechtzeitige Festlegung der Anschlussbedingungen für Fernwärme erfolgen; Quelle: Anlage zur Fernwärmesatzung der Stadt Erfurt vom 07.06.2005

## 6.2. Kälteversorgung

Über die Wärmeversorgung hinaus besteht auch Kühlungsbedarf für die überwiegende Büro- und Gewerbenutzung in der ICE-City. Der Kühlbedarf wird in Abbildung 35 dargestellt. Ein nennenswerter Bedarf wird in den Monaten Mai bis September nachgefragt.

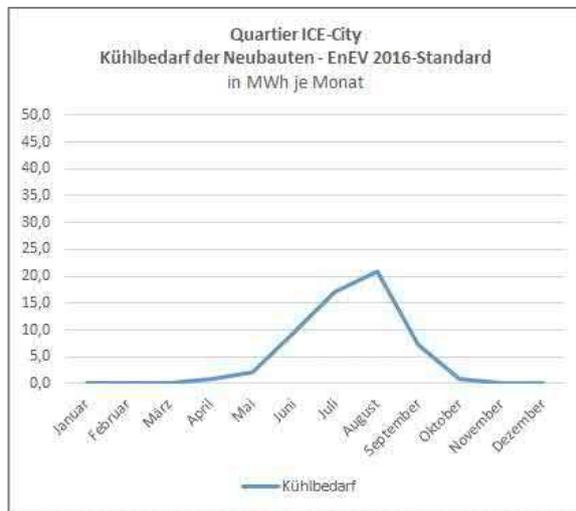


Abbildung 35: Abschätzung des Kühlungsbedarfes der Neubauten in der ICE-City nach aktuellem Wärmestandard, berechnet aus Kühlgradtagen (Annahme: max. 1 kWh/m<sup>2</sup>a BGF Kühlbedarf), Quelle: Eigene Berechnung/Darstellung



Abbildung 36: Gegenüberstellung der EE-Stromerträge aus PV-Modulen und -Bedarfe aus der Kühlung mit Kompressionskältemaschinen (KKM)

Für die aktive Kühlung wird die Nutzung von Kompressionskältemaschinen (KKM), die mit Photovoltaikstrom angetrieben werden, vorgeschlagen. Dafür sind die im Jahresverlauf (hier vor allem in den Sommermonaten) erzielbaren Stromerträge aus den Photovoltaik Schallschutzfassaden der südlich ausgerichteten Gebäude der ICE-City bilanziell ausreichend (vgl. Abbildung 36). Die nicht benötigten Stromerträge können eigengenutzt oder für eine zentrale Elektro-WP verwendet werden. Alternativ können für die aktive Kühlung auch Solarthermie getriebene Adsorptionsmaschinen installiert werden.

Darüber hinaus sind Bauliche Maßnahmen zur optimalen Kälteversorgung und Kühlungsmanagement erforderlich, dazu zählen:

### Passive Kühlung

- Nachtlüftung, PCM, Außenjalousien
- Erdwärmetauscher über:
  - Luftkanal ca. 1.200 m<sup>2</sup>
  - Wasserkanal ca. 900 m<sup>2</sup>
  - Gründungspfähle
  - Bodenplatte

- Flusswasser (Z.B. Gera-Flutkanal, westlich der Stauffenbergallee. Diese Option ist im Zuge der Konzepterstellung nicht weiter vertieft worden und bedarf einer tieferen Überprüfung der Machbarkeit)

Neben der passiven Kühlung können die geothermischen Potenziale zur Kühlung herangezogen werden. Technisch gesehen handelt es sich um eine „umgekehrt“ betriebene Wärmepumpe, mit deren Hilfe das geringere Temperaturniveau des Erdreiches in den Sommermonaten erschlossen und durch Klimaanlage oder Kühldecken in die Gebäude eingebracht wird.

### 6.3. Stromversorgung

Ziel des Konzeptes zur Stromversorgung in der Äußeren Oststadt ist es einerseits, einen veritablen Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Landeshauptstadt - hier in erster Linie der kohlendioxidarmen Erzeugung und Verteilung von Energie<sup>26</sup> - zu leisten und die Erzeugung und Bereitstellung von Elektrizität in möglichst breitem Umfang über verfügbare erneuerbaren Energien<sup>27</sup> sicherzustellen. Darüber hinaus stellt die städtebauliche Gesamtmaßnahme eine große Chance dar, diese Ziele auch gemeinschaftlich durch die zukünftigen Mieter, Eigentümer, Gewerbetreibenden und Investoren durch entsprechende Konzepte und identitätsfördernde Strategien aktiv mitzutragen und somit Verantwortung zu übernehmen. Hierzu schlägt das Konzept vor, Investoren und Eigentümer über geeignete Modelle der Stromeigennutzung (z.B. Mieterstrommodell, siehe auch Kap. 6.5) zu informieren.

Die Grundversorgung in der Äußeren Oststadt soll durch die Einbindung in das örtliche Stromnetz der Stadt Erfurt abgesichert werden. Für den angestrebten Anteil an erneuerbaren Energien am Gesamtstrombedarf sollen auf den Dächern der neu zu errichtenden Gebäude geeignete Photovoltaikanlagen installiert und der erzeugte Strom vorrangig im Eigenverbrauch genutzt werden. Die Bilanzierung der Stromerträge und –Bedarfe zeigt hierbei deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Dachform. Bei Flachdächern wird ein erneuerbarer Stromanteil von ca. 48% erreicht. Bei der Verwendung von solaroptimierten Dachneigungen (ca. 20° Dachneigung) kann, durch die bessere Flächenausnutzung der PV-Module, dieser Anteil auf bis zu 84% (bei maximaler Dachflächenausnutzung) erhöht werden. Dafür infrage kommende Gebäude (Dachausrichtung 50° West bis 50° Ost) sind in der Abbildung 37 dargestellt. Diese Dächer sollten für die Erzeugung von Strom genutzt und nicht als Gründach ausgebildet werden. Auf den verbleibenden Dächern kann eine aufgeständerte Variante mit Gründach umgesetzt werden. Zu berücksichtigen ist bei der Planung stets auch die städtebaulich/räumliche Auswirkung der vorgeschlagenen Dachausprägung. Um den höchstmöglichen Anteil an solarer Energie zu erzielen wird empfohlen, die ermittelten Dachformen bereits in den noch aufzustellenden B-Plänen festzusetzen und Bauherren/Eigentümer frühzeitig darüber zu informieren. Darüber hinaus sind Batteriespeicherlösungen in den Gebäuden nötig, um den erzeugten Strom auch abends/nachts zu nutzen. Im Bereich der ICE-City bieten neben den Flachdächern auch die nach Süden orientierten Schallschutzfassaden/-verglasung das Potenzial, diese mit Photovoltaikmodulen auszuführen und somit für die Erzeugung von Solarstrom zu nutzen. Optional können auch die Südfassade des Hochhauses und weiterer unverschatteter Gebäude mit Photovoltaikmodulen ausgestattet werden.

<sup>26</sup> Landeshauptstadt Erfurt: Leitbild Klimaschutz in Erfurt – Leitbild, Ziele und Handlungskonzept, beschl. am 29.03.2012, S.4 ff.

<sup>27</sup> Ebenda, S. 23 ff.

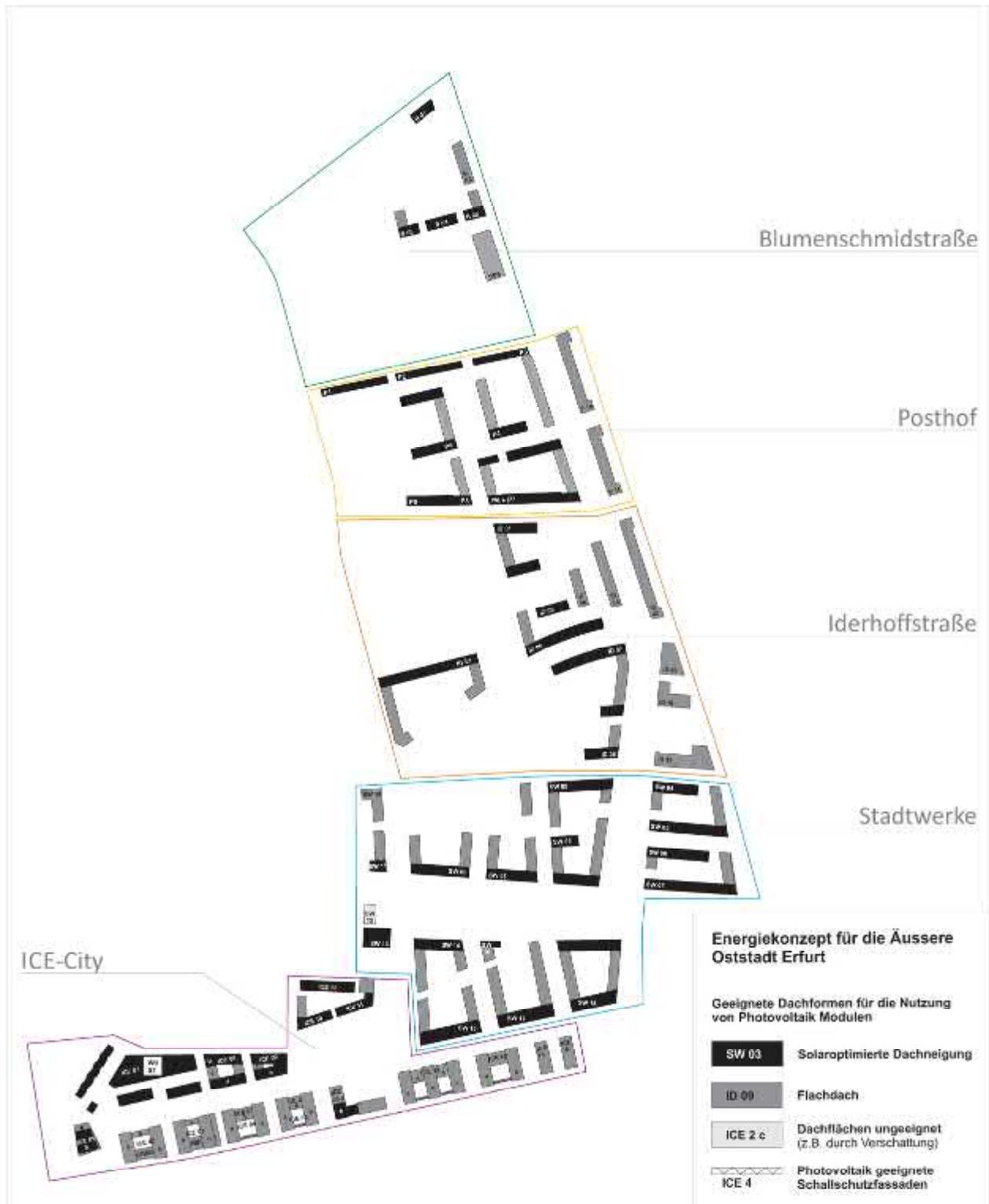


Abbildung 37: Versorgungskonzept EE-Strom: Übersicht und optimale Ausformung der Dachflächen (Neubau) für PV-Module in der Äußeren Oststadt

#### 6.4. E-Mobilität

Zur Erreichung der Ziele einer nachhaltigen Mobilität sind laut Klimaschutzkonzept der Stadt Erfurt neben Projekten und Kooperationen mit Bürgern auch Management- und Öffentlichkeitsmaßnahmen nötig, die durch Angebotsoptimierungen zur gewünschten Verbesserung des Mobilitätsverhaltens beitragen.

Für das Erreichen der Klimaschutzziele zum einen und eine erfolgreiche Umsetzung der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme Äußere Oststadt zum anderen, sollen zwei Ansatzpunkte als Grundlage im Bereich der nachhaltigen Mobilität in der Äußeren Oststadt dienen.

- Ansatz 1: eine optimale, konkurrenzfähige und attraktive Angebotsinfrastruktur im Bereich des ÖPNV, die zu einer Vermeidung von MIV (vor allem innerstädtisch) und Lastverkehr beiträgt. Dies schließt auch eine vergleichbar gute Erreichbarkeit der Angebote, im Hinblick auf die Entfernung von Haltestellen des ÖPNV und von Stellplätzen des MIV, ein.
- Ansatz 2: die Substitution von Verbrennungsantrieben durch reine Elektro-, Hybride oder andere Antriebe auf nicht fossiler Basis.

In der äußeren Oststadt ist durch die Möglichkeit der Nutzung von Dachflächen zur Erzeugung von Solarstrom und durch die noch zu schaffende technische und Verkehrsinfrastruktur die Möglichkeit gegeben, ein breites Angebot an Ladeinfrastrukturen für die Elektromobilität vorzusehen. Hierzu zählen Ladesäulen an Stellplätzen im öffentlichen Raum als auch auf privaten Grundstücken. Letztere sind vor allem Tiefgaragen, die im städtebaulichen Konzept einen großen Anteil der benötigten Stellplätze darstellen. Hierzu ist es erforderlich, dass private Eigentümer bzw. Investoren entsprechende technische Vorrichtungen (einschließlich Batteriespeicher) bei der Planung der Wohngebäude und Tiefgaragen einplanen.

Der Solare Ertrag deckt die benötigte Energie für Ladeprozesse bilanziell (vgl. hierzu Kap. 5.6.1). Ein Lademanagement und Batteriespeicher sind jedoch nötig, um das Laden auch in den sonnenarmen bzw. Nachtstunden zu ermöglichen.

#### 6.4.1. Energieleuchtturm in der ICE City

An der Schnittstelle zwischen DB-Fernverkehr, Städtischem ÖPNV sowie Pendlerverkehr bildet das Parkhaus der ICE-City den südlichen Auftakt der neuen Äußeren Oststadt, einer modernen und zukunftsfähigen Stadtentwicklung der Landeshauptstadt Erfurt. Aufgrund des strategisch wichtigen Standortes und durch die hochfrequente Nutzung ist es prädestiniert, als „Botschafter“ der neuen Stadtentwicklung eine besondere Rolle auszuüben. Gerade die Mobilität stellt in der heutigen und zukünftigen Zeit einen wichtigen Standortvorteil dar. Ihre zukunftsfähige Ausrichtung kann einen wichtigen Anteil am Erfolg der städtebaulichen Gesamtmaßnahme darstellen. Als Energie-Leuchtturm kann das Parkhaus die Aufmerksamkeit auf das Gesamtquartier lenken und in Form einer E-Mobilitätsstationen die Schnittstelle verschiedener Verkehrsmittel dienen. Beispielhaft sei hier die Stadt Leipzig genannt, die über 26 E-Ladestationen verfügt. Dort gibt es die Möglichkeit, Elektro-Autos während des Ladevorgangs für 4 Stunden (Höchstparkdauer) kostenlos zu parken. Die Stationen sind (wie in Erfurt) verkehrsgünstig gelegen und bieten die Möglichkeit einfach zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu wechseln, so zum Beispiel vom ÖPNV auf (E-)Auto oder Fahrrad. Letztere stehen ebenso zur geteilten Nutzung (Sharing) zur Verfügung. Das Parkhaus verfügt über große Dach- und südlich ausgerichtete Fassadenflächen, die für die Installation von PV-Modulen geeignet sind und ganzjährig hohe solare Erträge ermöglicht. Die Dachflächen sind nicht als PKW-Stellflächen vorgesehen, so dass hier von einer vollständig verfügbaren Fläche auszugehen ist. Der Standort ist für die Installation von Ladesäulen für die Elektromobilität, in Verbindung mit Batteriespei-

chern für eine 24h-Versorgung, prädestiniert. Im Zusammenspiel mit der Funktion als „Wärmetauschkzentrale“ (Anbindung des NT- Netz an das Fernwärmenetz inkl. Pufferspeicher) für die Wärmeversorgung der ICE-City, ist das Parkhaus ein Leuchtturmprojekt mit Vorbildfunktion für eine nachhaltige und Klimaschonende Stadtentwicklung.

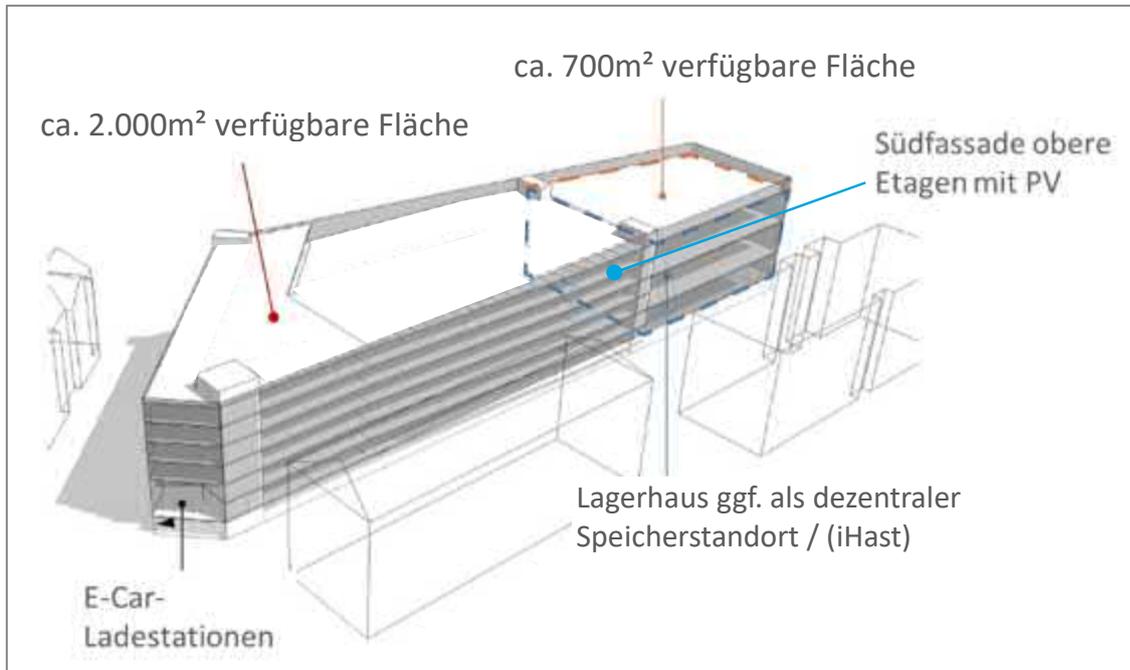


Abbildung 38: „Energie-Leuchtturm ICE-Parkhaus“ als markantes Auftaktgebäude am südwestlichen Beginn der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme in der Äußeren Oststadt

Durch die zur Verfügung stehenden Dachflächen des Park- und Lagerhauses folgende jährliche EE-Erträge erzielt werden<sup>28</sup>:

- **PV-Ertrag: bis zu 320 MWh/a** (geneigtes Dach) bzw. bis zu 214 MWh/a (nicht geneigtes Dach)  
→ **Bis zu 17 %** des Strombedarfes des 1. ICE-City-West Abschnittes

**oder**

- **Solarthermie-Ertrag<sup>29</sup>: ca. 750 MWh/a** (geneigtes Dach) bzw. bis zu 500 MWh/a (nicht geneigtes Dach)  
→ **Bis zu 23 %** des Wärme- und WW-Bedarfes des 1. ICE-City-West Abschnittes

Weiterführend wird vorgeschlagen, Gebäudefassaden der ICE-City zur EE-Nutzung heranzuziehen, so z.B. die geplanten Hochhäuser östlich und westlich der Stauffenbergallee, um die EE-Anteile zu erhöhen. Hier können Solarpaneele als Verschattungselemente (außenliegender Sonnenschutz) in die Fassadengestaltung integriert werden.

<sup>28</sup> Flachdach: ca. 47% der Gesamtfläche als effektive Kollektorfläche bei 45° Aufstellwinkel; Geneigte Dachebene: 20° Dachneigung ergibt 1,1-fache Grundfläche, davon 80% reine Kollektorfläche, Effizienzminderungsfaktor durch flachen Anstellwinkel 0,8.

<sup>29</sup> Annahme: Flachkollektoren, Ertrag 350 kWh/m<sup>2</sup>\*a, Durchschnittsleistung förderfähiger Kollektoren (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle)

#### 6.4.2. E-Mobilität in den Teilquartieren

Gesamtstädtisches Ziel der Stadt Erfurt ist es, den Individualverkehr durch Verlagerung auf den öffentlichen Nahverkehr zu verlagern und langfristig einen Anteil an Elektromobilität von 10% zu erreichen. Dem wird u.a. durch die Planung einer Stadtbahnlinie durch das Quartier Rechnung getragen. Oberstes Ziel sollte stets der Vorrang und die Möglichkeit der Inanspruchnahme des ÖPNV-Angebotes sein, um Verkehrs- und Umweltbelastung zu reduzieren und lebenswerte städtische Räume zu schaffen.

Die Erhöhung der E-Mobilität kann einen Beitrag zur Umweltentlastung leisten, insofern damit gleichzeitig der herkömmliche Individualverkehr mit Verbrennungsmotoren substituiert wird. Um dies zu erreichen, sollten daher auf öffentlichen und privaten Stellflächen sowie in Parkhäusern und Tiefgaragen des Stadtteils (siehe Abbildung 39) die Voraussetzungen für Elektromobilität, in Form von vorhandener Ladeinfrastruktur, geschaffen und leicht zugänglich gemacht werden. Das Angebot sollte sich nicht nur auf einzelne Standorte (z.B. ein weiteres Parkhaus in der Oststadt) konzentrieren, sondern gleichrangig an möglichst allen verfügbaren Stellplätzen (selbstverständlich) nutzbar sein, um eine konkurrenzfähige Alternative zum herkömmlichen MIV zu bilden. Je weiter ein entsprechendes Angebot von der Wohnung oder dem Arbeitsplatz entfernt ist bzw. weiter als gleichwertige Alternativen, desto geringer ist die Akzeptanz und somit die Wahrscheinlichkeit der Inanspruchnahme des Angebotes.

Analog der gesamtstädtischen Zielquote sollten daher 10% der voraussichtlich 4.260<sup>30</sup> nachzuweisenden Stellplätze mit entsprechenden Vorrichtungen für das Beladen von Elektro- oder Hybridfahrzeuge geplant und gebaut werden. Laut Rahmenkonzept Äußere Oststadt sollen Stellplätze für den ruhenden Verkehr im öffentlichen Raum nur in begrenztem Maße zur Verfügung gestellt werden. Auch hier wird vorgeschlagen, 10% dieser öffentlichen Kurzzeitparkplätze mit Ladesäulen auszustatten und die Benutzung Elektrofahrzeugen vorzuzulassen.

Darüber stehen der Stadt auch durch das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) weiterführende planerische Maßnahmen zur Verfügung, die zur Akzeptanz und Durchsetzung der E-Mobilität beitragen können. Hierzu zählen z.B. die Einführung von Bevorrechtigungen („Privilegierung“) hinsichtlich

- des Parkens,
- der Nutzung von für besondere Zwecke bestimmte öffentliche Straßen oder Wegen,
- der Zulassung von Ausnahmen von Zufahrtsbeschränkungen oder Durchfahrtsverboten sowie
- bei Parkgebühren.

Weiterführend (über die Grenzen der Äußeren Oststadt hinaus) stellen intermodale Ansätze im öffentlichen Nahverkehr nutzbringende Angebote zur Reduktion des MIV dar. Somit können Elektrofahrzeuge mit anderen Verkehrsträgern verknüpft werden. Die Nutzer können bequem mit einem Ticket oder einer Karte von einem Verkehrsträger zum anderen wechseln, vom Elektroauto in den elektrifizierten öffentlichen Personennahverkehr, zum E-Car Sharing oder einem E-Bike.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Eigene Schätzung anhand der bis dato bekannten Planzahlen für Wohneinheiten und für Nichtwohnflächen (Gewerbe, Büro, etc.): Ansatz = 1 Stellplatz je WE; 1 Stellplatz je 50m<sup>2</sup> Nichtwohnfläche

<sup>31</sup> Quelle: <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/stadtplanung-intermodalitaet/>; Zugriff am 01.07.2018

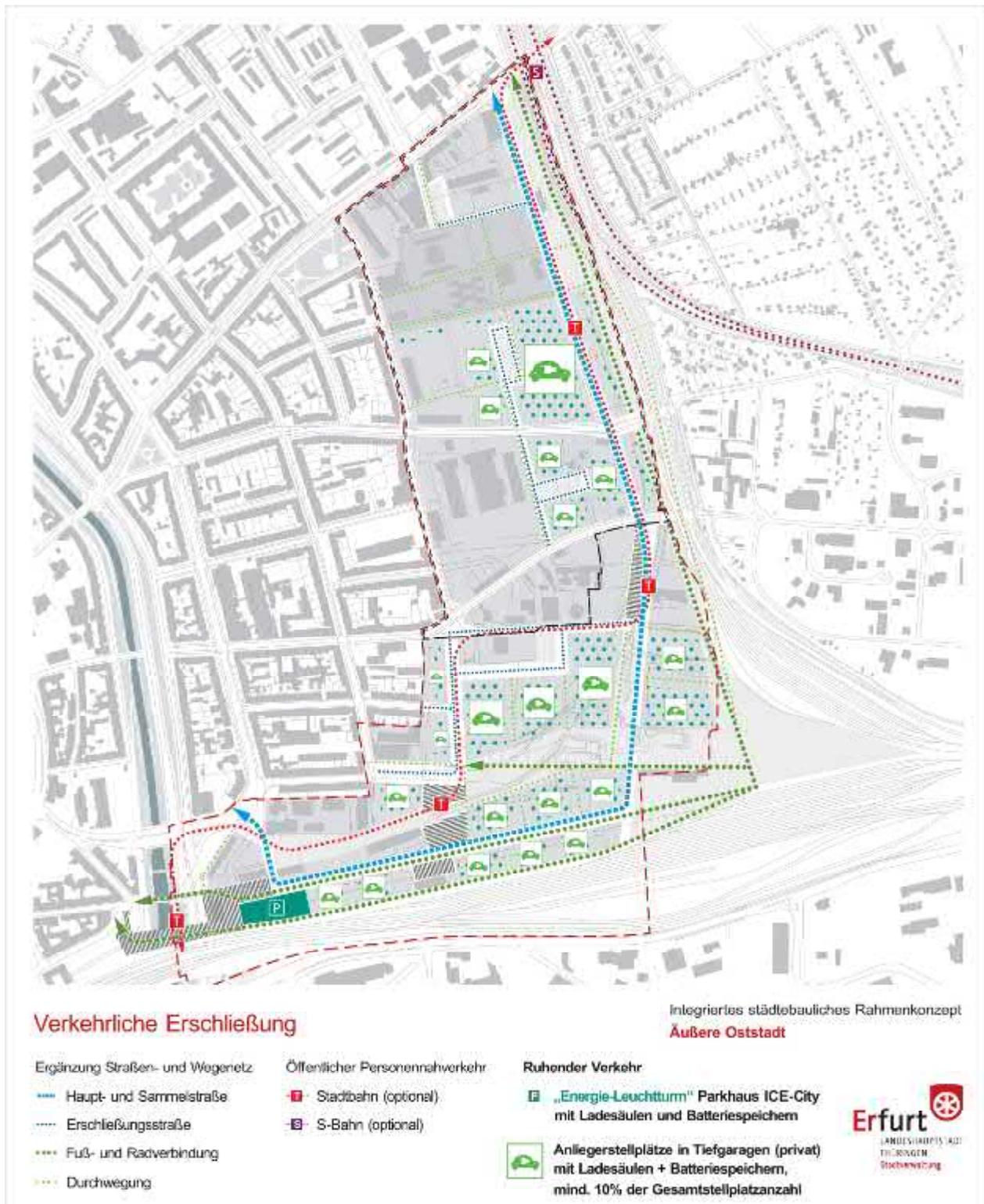


Abbildung 39: Standorte für E-Mobilität in der Äußeren Oststadt: „Energie-Leuchtturm“ ICE-Parkhaus und private Tiefgaragen mit Ladesäulen Infrastruktur, Quelle: Landeshauptstadt Erfurt, Integriertes städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt, Verkehrliche Erschließung, geändert durch BTU Cottbus Senftenberg, LS Stadttechnik

➤ **Hinweis:**

**Mit der Planung einer auskömmlichen und gut nutzbaren Ladeinfrastruktur in der Äußeren Oststadt sollte seitens der Stadtverwaltung bereits frühzeitig begonnen werden. Nach Untersuchungen der Bundesregierung stellen der geltende Rechtsrahmen zur Bauleitplanung, insbesondere das BauGB, kein evidentes Hemmnis bei der Errichtung von Ladeinfrastruktur dar. Vielmehr könnte über eine rechtliche Verankerung über die Bauleitplanung ein Anreiz gegenüber Investoren zur Errichtung von Ladeinfrastruktur gesetzt werden. Die Kommune sind angehalten, bei der Aufstellung von Bauleitplänen die Errichtung von Ladeinfrastruktur mit zu bedenken und, wo notwendig, konkret einzufordern.<sup>32</sup>**

**Konkrete Anreize zur Schaffung von Ladeinfrastrukturen könnten sein:**

- **die Einplanung von E-Car Sharing Plätzen in Neubauprojekten als Umstand, der den notwendigen Stellplatzschlüssel reduziert**
- **Ablösesummen mit Zweckbindung (für z.B. E-Car Sharing Stellplätze)**

## 6.5. Option Mieterstrommodell

Das Mieterstrommodell (MSM) stellt eine Option für die vertragliche Ausgestaltung der Stromlieferung in den Haushalten der äußeren Oststadt von Erfurt dar, welche wirtschaftliche Vorteile für Betreiber der Energieerzeugungsanlagen und Bewohner von Gebäuden mit Mietnutzung bündelt und dadurch die Attraktivität des Untersuchungsgebietes unter gesellschaftlichen Betrachtungspunkten erhöht. Hierdurch können sich erhebliche Vorteile für alle Beteiligten ergeben. So begünstigt es die Nutzung von Dachflächen von zur Vermietung genutzten Gebäuden zum lokalen Eigenverbrauch durch die Mieter. Dies kann dem Ausbauziel der Stadt von Erneuerbaren Energien zu gute kommen und für die angestrebte Photovoltaikkapazität entscheidend sein. Da dies auf den sonst oft ungenutzten Dachflächen von Gebäuden mit vermieteten Wohneinheiten geschieht, erfüllt es außerdem das Ziel des flächenschonenden Ausbaus.

### 6.5.1. Was ist das Mieterstrommodell?

Das MSM verfolgt den Eigenverbrauch von elektrischem Strom durch Mieter. Es kennzeichnet sich durch

- eine dezentrale, regenerative Stromerzeugung wie durch Photovoltaikanlagen oder auch Blockheizkraftwerken,
- einen unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zwischen Erzeugungsort und Wohnort des Kunden, sodass sich die Stromerzeugung auf dem Wohngebäude oder Gelände des Verbrauchers (Mieters) befindet

Mieter werden mit lokalem Strom versorgt, der durch den Betreiber der gebäudeeigenen Energieerzeugungsanlage bereitgestellt wird. Dies ist der Vermieter selbst oder ein Kooperationspartner. Hierfür muss

---

<sup>32</sup> Deutsches Dialog Institut GmbH (Hrsg.): Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (BuW), Ergebnisrapport 11, Frankfurt am Main, 2015

die notwendige Leitungs- und Verteilungsstruktur im Gebäude bereitgestellt werden. Eine besondere Herausforderung dieses Konzepts kann die Ausstattung mit einem geeigneten Messsystem darstellen, um eine korrekte Messung und Abgrenzung der Strommengen zu gewährleisten. Ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz besteht weiterhin, um Überschussstrom an dieses abzugeben bzw. bei Bedarf Zusatzstrom zu beziehen.

Der aktuelle rechtliche Rahmen des MSM ergibt sich aus verschiedenen gesetzlichen Bestimmungen. Seit Juli 2017 besteht zusätzlich eine Förderung der Erzeugung von Mieterstrom durch das Mieterstromgesetz. Die Reaktion darauf bisher sehr gering ausgefallen, so dass der bisherige Ausbau von Anlagen nach diesem Modell mit unter vier Megawatt in Deutschland nur sehr langsam vorankommt und die jährliche Höchstgrenze von 500 MW deutlich unterschreitet.

Deutschlandweit lassen sich schon einige erfolgreiche Projekte finden. Dennoch ist es noch zu keiner Annahme im großen Stil gekommen, was bestehende Potenziale weiter unbeachtet lässt. Im Folgenden werden zwei emblematische Beispiele gezeigt: Zum einen ist dies eines vom Betreiber Naturstrom in Berlin und zum anderen eines der Mainova in Frankfurt.

### 6.5.2. Mögliche Modellformen des MSM

Durch einen Mieterstromvertrag mit dem Vermieter oder einem Kooperationspartner (z.B. Energieversorgungsunternehmen) wird dem Mieter auf dem Mietgebäude selbst erzeugter Strom angeboten und über einen Zusatzstromvertrag die Versorgung über das öffentliche Netz gesichert.

- Vermieter oder Kooperationspartner
- Enabling (nur erzeugter Strom wird durch Kooperationspartner gekauft und an Mieter weiterverkauft) oder Contracting (Betrieb der Anlage und Risiko bei Kooperationspartner)

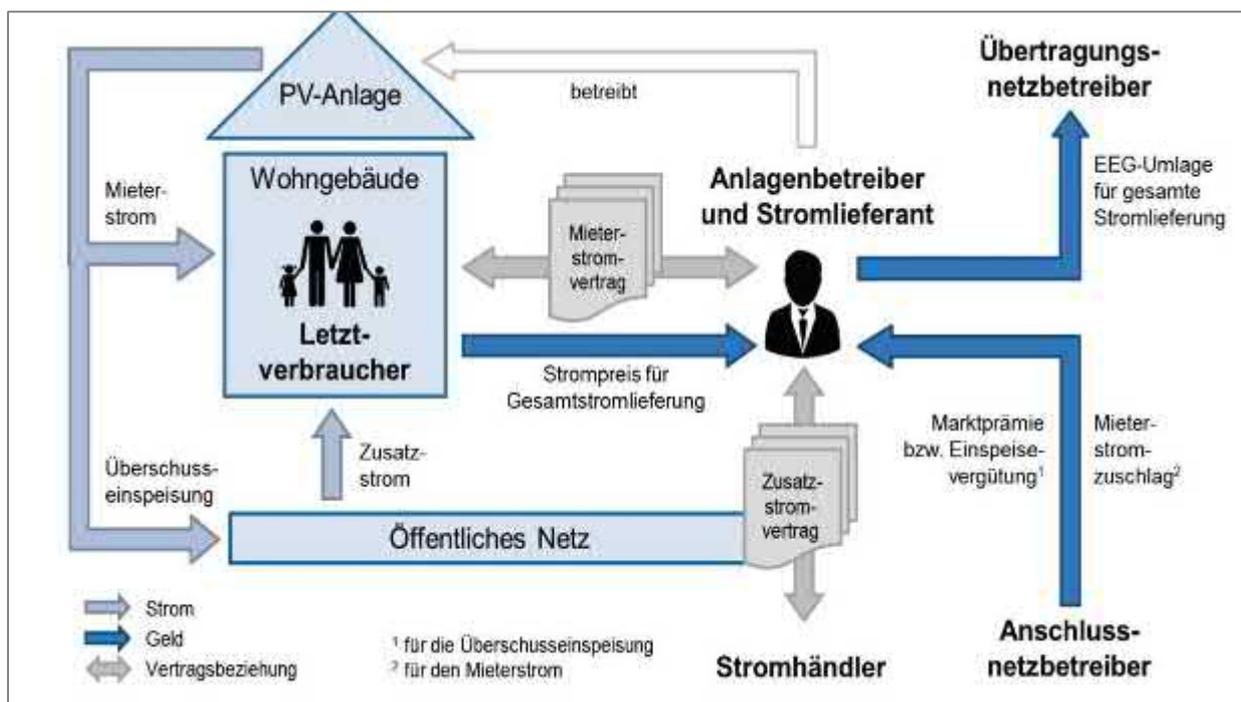


Abbildung 40: Funktionsschema des Mieterstrommodells, Quelle: Bundesnetzagentur 2017, S.4

6.5.3. Wirtschaftlichkeit

Da durch den Eigenverbrauch der Mieter des im Gebäude erzeugten Stroms die Nutzung der öffentlichen Netze nicht in Anspruch genommen wird, entfallen die Stromsteuer und Netznutzungsgebühren wie die Netzentgelte und andere Abgaben und Umlagen. Die EEG-Umlage hingegen bleibt bestehen und muss ebenso auf den selbst erzeugten Strom gezahlt werden.

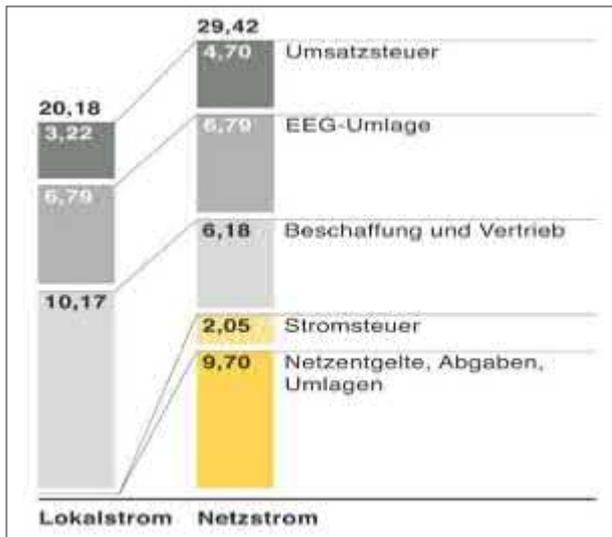


Abbildung 41: Vergleich der Kostenbestandteile zwischen Lokal-(Mieter-) und Netzstrom, Quelle: Polarstern 2018, S.6

Seit der Einführung des Mieterstromgesetzes im Juli 2017 wird ein Mieterstromzuschlag auf durch Photovoltaik eigens erzeugten und an die Mieter gelieferten elektrischen Strom gewährt. Daneben gibt es vor allem historisch gewachsene Modelle ohne Förderung.



Abbildung 42: Grundsätzliche Unterschiede beim Mieterstrom, Quelle: Bundesnetzagentur 2018

### 6.5.3.1. Förderung

Durch das Mieterstromgesetz von 2017 wird ein Mieterstromzuschlag auf den aus Photovoltaikanlagen erzeugten, nach dem MSM gelieferten Strom gewährt. Dieser ist nach Leistungsklassen gestaffelt und ähnelt somit der Einspeisevergütung für Solaranlagen. Dieser Zuschlag ergänzt den Verkaufspreis und liegt dadurch deutlich unter der Einspeisevergütung. Wenn diese insgesamt aber überschritten wird, ist der direkte Verbrauch durch die Mieter vorteilhaft gegenüber der Einspeisung ins öffentliche Netz und somit das MSM eine attraktive Alternative.

Leistungsklasse	Einspeisevergütung für Solaranlagen (Stand 1. Dezember 2017)	Mieterstromzuschlag für Solaranlagen (Stand 1. Dezember 2017)
Bis 10 kW	12,20 ct/kWh	3,70 ct/kWh
Über 10 kW bis 40 kW	11,87 ct/kWh	3,37 ct/kWh
Über 40 kW bis 100 kW	10,61 ct/kWh	2,11 ct/kWh

Tabelle 5: Vergleich Einspeisevergütung und Mieterstromzuschlag für Solaranlagen; Quelle: Bundesnetzagentur 2017, S.6

### 6.5.3.2. Renditen

Das BMWi errechnete 2015 Renditen für potenzielle MSM-Projekte mit verschiedenen Anlagenleistungsklassen und Wohneinheitenzahlen. Als Vergleichsszenario wurde eine Rendite von 4% bei Volleinspeisung gewählt. Alle untersuchten MSM-Projekte wiesen nach diesen Berechnungen Renditen von höher als 4% also über dem Vergleichswert der Volleinspeisung auf und reichen bis zu ungefähr 7% bei großen Anlagen mit vielen Wohneinheiten.

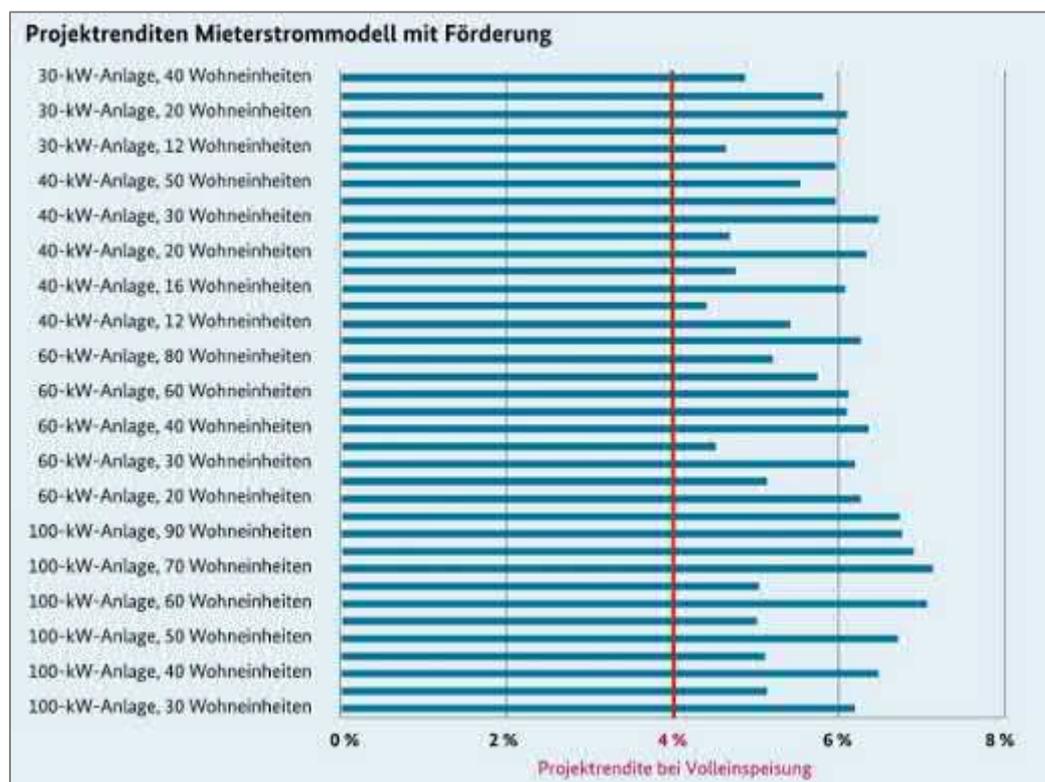


Abbildung 43: Renditenvergleich verschiedener Mieterstromprojekte, Quelle: BMWi 2017, S.4

#### 6.5.4. Vorteil und Relevanz für die Energiewende

Die Ausübung des MSM erzeugt Vorteile vor allem für die Beteiligten, aber auch für die Allgemeinheit. Da durch den lokalen Verbrauch die Zahlung der Netznutzungsentgelte umgangen werden können und für die Erzeugung und Weitergabe des Stroms an die Mieter sogar eine Förderung in Aussicht gestellt werden, ergibt sich eine Kostenersparnis. Wenn diese nun auch an den Endverbraucher weitergegeben wird, entsteht eine Win-Win-Situation, bei der sowohl Mieter als auch Anlagenbetreiber (Vermieter oder Kooperationspartner) von der Vergünstigung profitieren.

**Das Modell liefert eine Möglichkeit, sich auch als Mieter direkt an der Energiewende zu beteiligen. Durch sein nachhaltiges Konzept könnte dies auch ein Kriterium darstellen, das den Mietraum besonders attraktiv werden lässt und gern nachgefragt wird.**

Da in Städten Raum oft knapp ist und die Dachflächen von Mietshäusern ohnehin oft ungenutzt bleiben, wird durch deren Einbezug ein flächenschonender Ausbau von Erneuerbaren Energien erreicht.

Der Einsatz von Photovoltaiktechnologie reduziert Emissionen. Durch lokalen Verbrauch werden die Leitungs- und Speicherverluste möglichst geringgehalten. Die Klimaschutzziele werden durch das MSM unterstützt. Da Mieter durch den Selbstverbrauch eingebunden werden, führt dies zur erhöhten Bürgerbeteiligung in der Energiewende.

#### 6.5.5. Nachteile, Hemmnisse und Kritik

Seit dem Bestehen des Mieterstromgesetzes blieb der große Wachstumsschub bisher aus. Ursache könnte u.a. in der Komplexität der Vertrags-, Betriebs- und Förderungsstrukturen liegen. Drei Hemmnisse sind: Es bedarf eines besonderen Messsystems um die notwendig genaue Absprache mit dem Betreiber des lokalen Versorgungsnetzes zu ermöglichen und die korrekte Messung und Abgrenzung der gelieferten Strommenge bereitzustellen. Zweitens wird der Strom durch die genannten Vergünstigungen bevorteilt, die relativ hohe EEG-Umlage hingegen entfällt jedoch weiterhin. Drittens kann die Aberkennung einer bisher bestehenden erweiterten Gewerbesteuerkürzung drohen, die Vermieter generell entlastet.

Darüber hinaus führt diese, wie andere Fördermaßnahmen auch, dazu, dass Kosten umverteilt und der Strom für Nichtnutzer allgemein verteuert wird, was bisher aufgrund der geringen Ausbauzahlen, aber noch nicht abzusehen ist.

➤ **Empfehlung:**

**Das MSM stellt eine sinnvolle Option für die Äußere Oststadt von Erfurt dar. Es begünstigt den Ausbau von klimaschonender Energieerzeugung in der Stadt ganz im Sinne ihrer Klimaziele. Die Kosteneinsparung und prognostizierte Wirtschaftlichkeit machen das MSM sowohl für Mieter als auch Investoren interessant. Durch die Nutzung dieses Konzepts besteht die Chance, eine engere lokale Verbundenheit der Mieter, Eigentümer und Gewerbetreibende zum Stadtteil zu erzielen und somit zum Gesamterfolg der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme und der Erreichung der Klimaschutzziele beizutragen. Gerade bei der Errichtung von Neubauten ist der gezielte Einbezug des MSM in die Planung als sinnvoll zu erachten und zu empfehlen.**

## 7. Bewertung der Versorgungsvarianten

### 7.1. Bewertung der Wirtschaftlichkeit

#### 7.1.1. Methodisches Vorgehen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung konzentriert sich auf die Ausweisung der für die Investition und den Betrieb des neu zu errichtenden Fernwärmenetzes entstehenden Kosten, die mit dem Betrieb verbundenen Erlöse und die Ermittlung der Wirtschaftlichkeitslücke (Unrentierliche Kosten nach AGFW-Arbeitsblatt FW703).

#### **Investitionskosten**

Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsbewertung ist ein nach Ausbauphasen differenziertes Mengengerüst. Dieses enthält Angaben zu den in der jeweiligen Ausbauphase erforderlichen Leitungen (Länge, Nennweite) und technischen Anlagen wie z.B. Wärmeübergabestationen oder Hausanschluss Stationen (Anzahl, Leistung). Alle Angaben im Mengengerüst sind nach den erforderlichen Übertragungsleistungen bemessen.

Die berücksichtigten Komponenten sind in Kapitel 6.1.2 beschrieben.

- primäres NT-Leitungsnetz  $\Delta T$  30K; PN 16
- Wärmeübergabestation Fernwärme zur Beladung und ggf. Entladung NT-Wärmespeicher (Bereich HW Iderhoffstraße)
- Abwärme-Übergabestation (Wäscherei) sowie Wärmepumpenanlage (Bereich HW Iderhoffstraße),  $\Delta T$  30K; PN 16
- Solarthermie Feld(er) Gleisdreieck,  $\Delta T$  30K; PN 16
- Koppelstation (Bereich HW Iderhoffstraße)

Hintergrund für die Bemessung ist der Lageplan für die Gebäude, der Leitungslageplan mit den Trassenverläufen und die Ergebnisse der Untersuchung zu den Energiebedarfen der geplanten Gebäude. Der Leitungslageplan zeigt über die einzelnen Entwicklungsphasen hinweg den Verlauf der für die Versorgung erforderlichen Rohrleitungen auf und benennt zentrale Komponenten des Versorgungssystems in den Quartieren. Aus diesem wurden weiterhin Leitungslängen und eine sinnvolle Strangeinteilung abgeleitet. Der Plan wurde mit den Stadtwerken Erfurt abgestimmt.

Die Gebäude-Energiebedarfe, im Bemessungsfall die Heizlast, wurden anhand der aus den Lageplan der Gebäude ableitbaren Kubatur der Gebäude nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN 12831 BI2 berechnet. Gebäudeübergreifend wurden gemäß den Bemessungshinweisen der AGFW Gleichzeitigkeitsfaktoren zur Minderung der Gesamtheizlast berücksichtigt. Beide Ergebnisse flossen in die hydraulische Bemessung der Strangabschnitte und der zentralen Komponenten ein.

Der Speicher wurde aufgrund einer Potenzialabschätzung als Kurzzeitspeicher mit einem Volumen von 300m<sup>3</sup> ausgelegt. Damit kann gewährleistet werden, dass der Wärmeertrag der Solarkollektoren gut ausgenutzt wird. Für eine Langzeitspeicherung, die Energieüberschüsse über einen längeren Zeitraum erforderlich macht, sind die Flächenpotenziale für die Solarkollektoren zu gering.

Die 4 Quartiersentwicklungsstufen finden in der Ermittlung der Betriebskosten ebenfalls Berücksichtigung. Vereinfacht werden die Wärmebedarfe durch neu errichtete Gebäude in 4 Ausbaustufen berücksichtigt. Die Energie-Effizienz der Gebäude findet in der Berechnung Berücksichtigung.

In der Wirtschaftlichkeitsbewertung wurde das Mengengerüst mit dem Kostengerüst zusammengeführt. Das Kostengerüst enthält spezifische Kennwerte für Komponenten und größere Bauteile des Fernwärmenetzes, z.B. die Kosten je m Trassenlänge einer bestimmten Nennweite Fernwärmeleitung. Kleinere Komponenten, wie z.B. Biegungen oder Dehnungsbauwerke werden nicht separat erfasst, sondern anteilig als typischer Aufwand über die spezifischen Kennwerte abgebildet. Die Werte stammen primär aus eigenen Erhebungen der Verfasser, die im Rahmen der Begutachtung von Ausbauprojekten in Fernwärmenetzen erfasst wurden. Diese Kosten bilden die für die Herstellung der technischen Anlagen erforderliche Investition.

### **Kosten für Instandhaltung und Betrieb**

Bestimmende Größe für die Betriebskosten sind die Brennstoffkosten bzw. Bezugskosten für die Erzeugung der Wärme. Für das Fernwärmenetz Äußere Oststadt Erfurt wird Erdgas zum Betrieb der Gaswärmepumpe (Erhöhung Temperaturniveau Abwärme Potenzial Wäscherei) eingesetzt. Zusätzlich wird Fernwärme aus dem vorgelagerten Bestandsnetz bezogen. Die in das Netz eingespeiste Solarenergie ist, bezogen auf die Brennstoffkosten, kostenfrei.

Der auf jede Erzeugungsanlage entfallende Anteil der erzeugten Wärme wurde unter Berücksichtigung folgender Rangfolge abgeschätzt<sup>33</sup>:

1. Solaranlage: Höchster Einspeisevorrang
2. Gaswärmepumpe: Bedarfsdeckung, wenn Verbrauch das Angebot aus 1 übersteigt
3. Fernwärme: Bedarfsdeckung, wenn Verbrauch das Angebot aus 1+2 übersteigt.

Durch eine Absenkung der Vorlauftemperaturen (Niedertemperaturnetz) wird der Anteil der aus Solarenergie und Abwärme stammenden Wärme im Netz erhöht. Die Pufferwirkung des Speichers wurde pauschal zugunsten des regenerativen Anteils berücksichtigt.

Aus dem Gesamtwärmebedarf der Gebäude einschließlich Netzverluste, der jeweiligen Anlagennutzungsgrade und der beschriebenen Anteile wurden die Brennstoffkosten berechnet. Die spezifischen Kostensätze Erdgas und Fernwärme wurden den Angaben der SWE entnommen.

Allgemeine Betriebskosten wurden vereinfacht mit 2,0% der Erlöse/a und Instandhaltungskosten mit 1,5% der Investition/a kalkuliert.

<sup>33</sup> Die Angaben beruhen auf monatsgenauen Berechnungen der Verfasser und haben abschätzenden Charakter. Genauere Aussagen kann eine Anlagensimulation liefern. Es wird empfohlen, wenn der Planungsstand weiter fortgeschritten ist, ein derartiges Modell aufzubauen und die Wirtschaftlichkeitsdaten zu überprüfen.

## Erlöse

Für die Berechnung der Erlöse wurde der aktuell gültige Wärmepreis (Mischpreis) auf den prognostizierten Wärmebedarf der Gebäude angewendet.

## Untersuchungsvarianten

In der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden drei Varianten untersucht und einer konventionellen Erschließung gegenübergestellt.

- Die Entwicklung des Netzes als **a) konventionelles Fernwärmenetz Äußere Oststadt** (Variante 1) und als **b) Niedertemperaturfernwärmenetz Äußere Oststadt** (Variante 2) im Zusammenhang mit den Quartiersentwicklungsphasen (gemäß Versorgungskonzept in Kapitel 6.1)
- Die Entwicklung eines **c) „NT-Wärmenetz Oststadt“** (Variante 3), das eine konzentrierte Entwicklung eines Erzeugungsnetzes, eine veränderte räumliche Ausdehnung des künftigen Netzes und eine von der städtebaulichen Entwicklung abweichende Reihenfolge der Netzentwicklung vorsieht.

### *NT-Wärmenetz Oststadt*

Aus unternehmerischen Gründen kann es sinnvoll sein, die bauliche Errichtung des Fernwärmenetzes von den städtebaulichen Entwicklungsphasen der Quartiere abzukoppeln und das Netz und Erzeugungsanlagen als technisch funktionsfähige Basiseinheit vorab zu entwickeln. Damit können die Versorgungsverpflichtungen einschließlich der regenerativen Anteile bzw. Effizienzvorteile ab Errichtungszeitpunkt der Gebäude zugesichert werden. Weiterhin können fördertechnische Rahmenbedingungen die Umsetzungschancen funktionsfähiger Basisnetze erhöhen. Die Stadtwerke Erfurt haben vor diesem Hintergrund diese separate Variante entwickelt. Diese unterscheidet sich durch eine geringere räumliche Ausdehnung und eine veränderte Abfolge der baulichen Umsetzung. Nachfolgende Abbildung zeigt das Grundnetz in seiner räumlichen Ausdehnung.

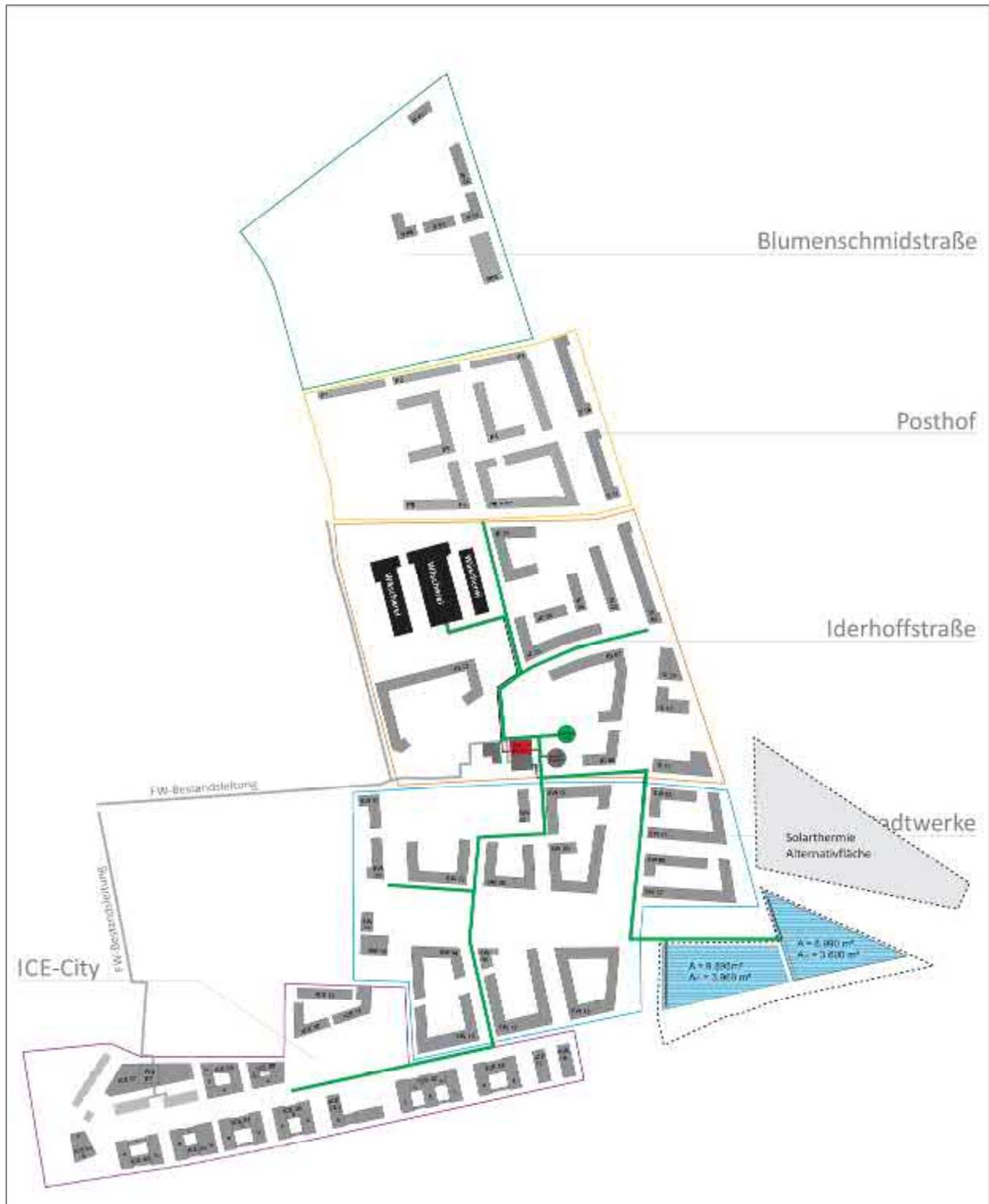


Abbildung 44: NT-Wärmenetz Oststadt – Grundnetz (grün) einschließlich angeschlossener EE-Erzeuger (Solarthermie) sowie Abwärmequelle Wäscherei, Eigene Darstellung nach SW Erfurt

Die zum Vergleich herangezogene konventionelle Erschließung beinhaltet ausschließlich den Netzausbau entsprechend der Quartiersentwicklungsphasen. Die Wärme wird aus dem bestehenden Fernwärmenetz bereitgestellt. Es werden keine EE-Erzeugungsanlagen errichtet.

### 7.1.2. Verteilung der Wärmebereitstellung auf die Erzeugungsanlagen

Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Ermittlung der Deckungsanteile der Erzeugungsanlagen am Wärmebedarf der Quartiere. Folgende Ergebnisse zeigt ausgehend von den identifizierten Potenzialen die Berechnung.

		Wärmebedarf	Wärmebereitstellung		
			Solar	Abwärme <sup>34</sup>	Fernwärme
		[MWh/a]	[%]	[%]	[%]
<b>Variante 1</b>	<b>insgesamt</b>	<b>15.596</b>	<b>22%</b>	<b>16%</b>	<b>62%</b>
davon in Stufe	1	6.001	29%	27%	44%
	2	3.532	35%	18%	48%
	3	3.183	28%	17%	56%
	4	2.879	22%	16%	62%
<b>Variante 2</b>	<b>insgesamt</b>	<b>15596</b>	<b>25%</b>	<b>14%</b>	<b>62%</b>
davon in Stufe	1	6.001	30%	24%	46%
	2	3.532	36%	15%	48%
	3	3.183	30%	14%	56%
	4	2.879	25%	14%	62%
<b>Variante 3</b>	<b>insgesamt</b>	<b>11565</b>	<b>33%</b>	<b>17%</b>	<b>50%</b>
davon in Stufe	1	2.910	70%	24%	5%
	2	3.169	51%	20%	29%
	3	2.607	42%	17%	41%
	4	2.879	33%	17%	50%

Tabelle 6: Deckungsanteile der zum Einsatz kommenden Energieressourcen in den einzelnen Ausbaustufen der untersuchten Versorgungsvarianten

<sup>34</sup> Die Höhe/Verfügbarkeit des Abwärme Potentials ist abhängig vom Bestand des in dieser Betrachtung berücksichtigten abgebenden Unternehmens. Im Falle einer Veränderung des Betriebsablaufes oder einer Unternehmensverlagerung kann sich der bilanzierte Wert stark verändern oder gegen 0 laufen.

### 7.1.3. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsprüfung

Folgende Ergebnisse lassen sich aus der Berechnung der Varianten ableiten:

		Investitionskosten	Unrentierlicher Anteil
		[Euro]	[%]
<b>Variante 1</b>	<b>insgesamt</b>	<b>9.038.875</b>	<b>49%</b>
davon in Stufe	1	4.642.506	
	2	2.665.540	
	3	862.496	
	4	868.333	
<b>Variante 2</b>	<b>insgesamt</b>	<b>9.038.875</b>	<b>45%</b>
davon in Stufe	1	4.642.506	
	2	2.665.540	
	3	862.496	
	4	868.333	
<b>Variante 3</b>	<b>insgesamt</b>	<b>7.649.505</b>	<b>50%</b>
davon in Stufe	1	6.430.024	
	2	132.110	
	3	543.583	
	4	543.789	
<b>FW konventionell</b>	<b>insgesamt</b>	<b>4.298.869</b>	<b>41%</b>
davon in Stufe	1	1.566.610	
	2	1.001.430	
	3	862.496	
	4	868.333	

Tabelle 7: Ergebnis der Ermittlung der unrentierlichen Anteile an den Investitionskosten der Wärmeversorgung in der Äußeren Oststadt

#### Interpretation:

##### Zur Höhe der Investitionskosten in Variante 1 und 2:

Für die Bereitstellung von Fernwärme ist eine bestimmte technische Ausstattung an Erzeugungsanlagen und Leitungen einschließlich peripherer Komponenten erforderlich. Das Temperaturniveau, mit dem das Fernwärmenetz betrieben wird, hat auf den Umfang dieser Anlagen in der hier gewählten Bilanzierung keinen Einfluss auf die Investitionskosten.

Geringe Unterschiede können entstehen, wenn im Niedertemperaturnetz Komponenten verwendet werden, die eine geringere Temperaturbeständigkeit aufweisen (z.B. Kunststoffrohre in der Wärmeverteilung) und die aus diesem Grund kostengünstiger im Erwerb sind. Bei dem konventionell betriebenen Netz können Einsparungen durch eine andere Konzeption erreicht werden, beispielsweise, wenn auf die zusätzlichen Erzeugungsanlagen verzichtet und das neu zu errichtende Netz an das bestehende Fernwärmenetz angeschlossen wird. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen können in dem Fall nicht realisiert werden. Im hier betrachteten Fall wird von einer identischen technischen Ausstattung der beiden Varianten ausgegangen.

Kostenunterschiede können weiterhin in der technischen Ausstattung in den Gebäuden entstehen, die je ggf. an die verringerten Vorlauftemperaturen angepasst werden muss. Diese, dem Gebäudeeigentümer zurechenbaren Kosten liegen außerhalb des in der Kostenermittlung herangezogenen Bilanzkreises.

*Zur Verringerung der unrentierlichen Kosten in Variante 2 in Vergleich zu Variante 1:*

Durch den Betrieb als Niedertemperaturnetz kann in Variante 2 der Anteil der Solarenergie erhöht werden. Dieser Effekt beruht auf einer besseren Nutzung der Solarenergie in den Zeiten geringerer Strahlungsleistung. Die an diesen Tagen in den Kollektoren zu verzeichnenden Energieeinträge sind im Vergleich zu einem Netz mit höherem Temperaturniveau nutzbar. Damit entfallen durch diesen Wärmeeintrag Brennstoff- bzw. Wärmebezugskosten.

Weiterhin werden durch den Betrieb des Netzes auf einem geringeren Temperaturniveau die Netzverluste verringert.

Weitere Kosteneinsparungen werden durch den effizienteren Betrieb der Gaswärmepumpe erreicht. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Jahresarbeitszahl der Gaswärmepumpe aufgrund der geringeren Wärmespreizung zwischen Einspeise und Nutzungsseite erhöht. Damit muss weniger Brennstoff aufgewendet werden, um das im Abwasser der Wäscherei vorhandene Abwärme Potenzial zu erschließen. Zwar nimmt der Gesamtwärmeoutput der Wärmepumpe aufgrund des fest vorgegebenen Potenzials leicht ab, dieser Output kann aber im Vergleich zu einem Netz mit höherem Temperaturniveau effizienter und damit kostengünstiger erschlossen werden.

Ein kostendeckender Betrieb kann auch durch eine Temperaturabsenkung nicht erreicht werden. In der Summe zeigt sich, dass durch die Temperaturabsenkung die Unrentierlichkeit der Investition um rund 310.000 Euro reduziert werden kann.

*Zur geringeren Investitionssumme in Variante 3:*

Variante 3 beschreibt eine geringere räumliche Ausdehnung des Niedertemperaturnetzes. Der Netzausbau im Quartier Posthof und in Teilen des ICE-Quartiers ist nicht Gegenstand der Betrachtung. Die Reduzierung der Investitionskosten ist deshalb (ausschließlich) auf Einsparungen beim Netzausbau zurückzuführen. In Bezug auf die Erzeugungsanlagen und die technische Konzeption ist die Variante 3 mit den Varianten 1 und 2 identisch.

*Zur geringeren Rentabilität der Variante 3:*

Die im Vergleich geringfügig reduzierte Rentabilität ist auf verringerte Einnahmen und höhere Investitionskosten in der ersten Quartiersentwicklungsphase zurückzuführen. Die Errichtung der Erzeugungsanlagen und eines Basisnetzes erfolgt in Variante 3 konzentriert in der ersten Phase. Diese verringerte Kostendeckung wirkt sich nachteilig auf die Bewertung der Gesamtinvestition aus.

Aufgrund des geringen Wärmebedarfes der Bebauung und der vollständigen Errichtung der Solaranlage in der ersten Entwicklungsphase können in dieser Variante in den ersten Jahren sehr hohe EE-Deckungsanteile erreicht werden. Diese wirken kostenmindernd.

Trotz der höheren prozentualen Unrentierlichkeit sind die unrentierlichen Kosten mit 3,85 Mio. Euro rund 250.000 Euro geringer als in den Varianten 1 und 2, weil die Gesamtinvestition dieser Variante niedriger ist.

#### *Zur zeitlichen Einbindung der Solaranlage in das Gesamtvorhaben (nicht in der Tabelle dargestellt)*

Die Solaranlage reduziert den zur Absicherung der Netztemperaturen erforderlichen Brennstoffeinsatz insbesondere in den Übergangs- und Sommermonaten, in denen systembedingt höhere spezifische Wärmeverluste im Fernwärmenetz eintreten. In Kombination mit einem Niedertemperaturfernwärmenetz liegen die damit verbundene Betriebskosteneinsparung bei aktuellen Energiepreisen oberhalb der Aufwendungen für die Investition. Aufgrund dieses Zusammenhangs reduziert die Verzögerung des Investitionszeitpunktes in die Solaranlage die Rentierlichkeit der Investition. Gesamtbilanziell heben sich Kosteneinspareffekte und Mehraufwendungen in der Investition nahezu auf, sodass dieser Effekt nur geringfügig positiv auf die Rentierlichkeit wirkt (ca. 4 Prozentpunkte bei Verschiebung des Investitionszeitpunktes in die Solaranlage in eine spätere Entwicklungsstufe). Der Errichtungszeitpunkt kann sich deshalb primär an technischen Kriterien (Deckungsrate, Speicherfähigkeit) orientieren.

#### *Zum Vergleich der Varianten mit einer konventionellen Fernwärmeerschließung auf Basis bestehender Erzeugungsanlagen*

Durch den Verzicht auf die Anlagen zur Erzeugung bzw. Nutzung regenerativer Energie und der zur Anbindung und Nutzung notwendigen Komponenten (Kollektoren, Speicher, Netzanbindung, Wärmepumpe etc.) werden die Investitionskosten im Vergleich zur EE-Variante mehr als halbiert. Die Betriebskosten steigen aufgrund des höheren Wärmebezuges aus dem Fernwärmenetz an. Auch diese Investition ist gemäß der Berechnung nach AGFW Arbeitsblatt FW 703 nicht rentierlich. Die unrentierlichen Kosten fallen mit 1,77 Mio. Euro erwartungsgemäß im Variantenvergleich am geringsten aus.

#### *Zur generellen Aussagekraft der Daten*

Die in diesem Konzept verwendeten Kostendaten beruhen auf einer kennwertbasierten Kostenschätzung. Im Detail können die Werte von einer auf Planungsdaten beruhenden Kostenplanung abweichen. Erfahrungsgemäß bildet diese Vorgehensweise Größenordnungen und Entwicklungstendenzen gut ab.

#### *Zur Unrentierlichkeit aller Varianten*

Keine der betrachteten Varianten einschließlich der als Vergleich herangezogenen konventionellen Netzerweiterung ist rentierlich gemäß der Ermittlung nach AGFW-Arbeitsblatt FW703. Alle Varianten erwirtschaften von Beginn an hinreichend Erlöse, damit die Betriebs- und Instandhaltungskosten gedeckt werden können. Zur Deckung der aus der Investition resultierenden Kapitalkosten und der durch Nutzung der Anlagen eintretenden Wertminderung reichen diese Erlöse nicht aus.

### ➤ **Zwischenfazit**

Aus den Berechnungen können zusammenfassend folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Die Errichtung eines Niedertemperaturfernwärmenetzes in der vorliegenden Konzeption ist aufgrund der Einsparungen bei Brennstoffkosten gegenüber einem auf konventionellem Temperaturniveau betriebenen Fernwärmenetz wirtschaftlich von Vorteil.
- Keine der Varianten kann ohne eine Förderung der Investition wirtschaftlich betrieben werden.
- Der Zeitpunkt der Errichtung der Anlagen hat nur geringen Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit der Varianten.

## 7.2. CO<sub>2</sub>-Bilanzierung

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung verschafft neben der Darstellung der Wirtschaftlichkeit eine Einordnung der Energieversorgungskonzeption im Sinne der eigenen Klimaschutzziele der Stadt Erfurt. Dargestellt und verglichen werden in der Wärmeversorgung

- **Variante 1:** herkömmliche Fernwärme mit einem hohen EE-Anteil sowie Nutzung der Abwärme aus der Wäscherei
- **Variante 2:** Niedertemperaturfernwärme mit einem hohen EE-Anteil sowie Nutzung der Abwärme aus der Wäscherei sowie
- **Variante 3:** herkömmliche Fernwärmeversorgung (Stadtwerke Erfurt).

Weiterhin werden durch Strombedarf und –Deckung erzeugte Emissionen bilanziert und abgebildet.

Der Bilanzierung wurden folgende spezifischen Angaben zugrunde gelegt:

	Spezifisch		Quelle:
<b>Wärme</b>			
Fernwärme konventionell	0,188	t/MWh	Angaben SWE
FW konventionell + Erneuerbar	0,147	t/MWh	Eigene Berechnungen
FW NT-Wärmenetz	0,142	t/MWh	Eigene Berechnungen
Erdgas	0,228	t/MWh	GEMIS
Öl**)	0,315	t/MWh	GEMIS
<b>Strom</b>			
Photovoltaik*)	0,028	t/MWh	GEMIS
Strom SWE	0,33	t/MWh	Angaben SWE

Tabelle 8: Verwendete Emissionsfaktoren zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung

CO <sub>2</sub> -Emissionen infolge der Wärmeversorgung der Gebäude					
		Aktuell*)	Nach Quartiersentwicklung		
<b>Wärmebedarf gesamt***)</b>	[MWh]	<b>6.370</b>	<b>21.293</b>		
Gebäudebestand	[MWh]	6.370	5.697		
Neubau	[MWh]		15.596		
<b>Verteilung auf Erzeuger</b>					
			<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>FW konventionell</b>
Fernwärme konventionell	[MWh]	4.574	4.091	4.091	19.686
FW konventionell + Erneuerbar	[MWh]	0	15.596	0	0
FW NT-Wärmenetz	[MWh]	0	0	15.596	0
Erdgas	[MWh]	1.224	1.095	1.095	1.095
Öl**)	[MWh]	572	512	512	512
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärme</b>					
Fernwärme konv.	[t]	860	769	769	3.701
FW konv.+Erneuerbar	[t]	0	2.293	0	0
FW NT-Wärmenetz	[t]	0	0	2.215	0
Erdgas	[t]	279	250	250	250
Öl**)	[t]	180	161	161	161
<b>Summe Wärmeversorgung</b>	<b>[t]</b>	<b>1.319</b>	<b>3.472</b>	<b>3.394</b>	<b>4.112</b>

\*) bei FW und Erdgas Verbrauchsdaten, unbekannt: Eigene Hochrechnungen

\*\*\*) Bei unbekannt Heizöl angenommen

\*\*\*) Endenergie

CO <sub>2</sub> -Emissionen infolge der Stromversorgung der Gebäude					
		Aktuell*)	Nach Quartiersentwicklung		
<b>Strombedarf gesamt</b>	[MWh]	<b>2.340</b>	<b>9.755</b>	9.755	9.755
Gebäudebestand	[MWh]	2.340	2.340	2.340	2.340
Neubau	[MWh]	0	7.415	7.415	7.415
<b>Verteilung auf Erzeuger</b>					
			<b>Max. PV-Anteil</b>	<b>Max. PV-Anteil</b>	<b>Strom konventionell</b>
Photovoltaik*)	[MWh]	222	5.847	5.847	222
Strom SWE	[MWh]	2.118	3.908	3.908	9.533
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Strom</b>					
Photovoltaik*)	[t]	6	164	164	6
Strom SWE	[t]	699	1.289	1.289	3.146
<b>Summe Stromversorgung</b>	<b>[t]</b>	<b>705 €</b>	<b>1.453</b>	<b>1.453</b>	<b>3.152</b>

\*) Maximales Potenzial berücksichtigt.

		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Gesamtemissionen</b>	<b>[t]</b>	<b>2.024</b>	<b>4.925</b>	<b>4.847</b>	<b>5.632</b>

Tabelle 9: CO<sub>2</sub>-Gesamtbilanz der Strom- und Wärmeversorgung in Abhängigkeit der gewählten Versorgungsvariante

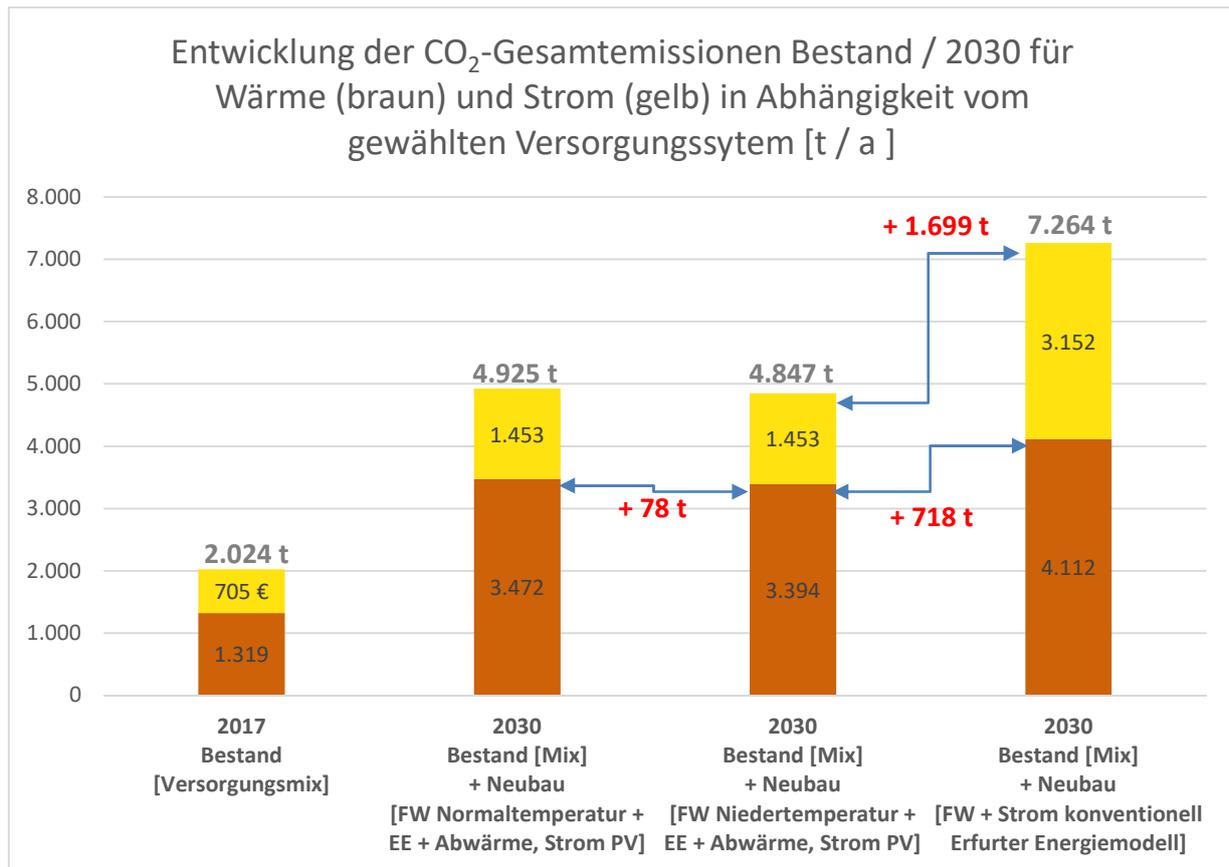


Abbildung 45: Grafische Gegenüberstellung der Einsparpotenziale der einzelnen Versorgungslösungen

Der Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung der Gebäude im Projektgebiet verursacht nach Abschluss der baulichen Entwicklung jährlich CO<sub>2</sub>-Emissionen von bis zu 4.112 t (konventionelle FW unterstellt). Durch die Einbindung von erneuerbarer Energie in das Fernwärmenetz einschließlich der Erschließung von Abwärme Potenzialen können die Emissionen um rund 720 t vermindert werden. Die Einsparung ist bei Absenkung der Systemtemperaturen im Fernwärmenetz am höchsten.

Stromseitig können durch die Ausschöpfung der Flächenpotenziale mit Photovoltaik bis zu 1.700 t CO<sub>2</sub> vermieden werden im Vergleich zu einer herkömmlichen Stromversorgung ohne PV. Diese sind in der oben gezeigten Bilanz bereits unterstellt.

## 8. Anhang

Dieser Abschnitt beinhaltet eine erste Untersuchung zum bilanziellen energetischen Potential von Flächen für die Solarthermienutzung entlang der Straße „Am Nordhäuser Bahnhof“ sowie eine erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des darauf aufbauenden Versorgungsnetzes. Der Standort ist nach Rücksprache mit der Stadtverwaltung nicht favorisiert und daher nicht weiter betrachtet worden. Er ist aber als Alternative bzw. Erweiterungsoption denkbar.

### 8.1. Alternativvariante: Solarthermie Felder am „Nordhäuser Bahnhof“

#### 8.1.1. Energiebilanz

Alternativ zum Standort Gleisdreieck wurde die Verortung von Solarthermie Anlagen im Norden des Bearbeitungsgebietes zwischen der Straße „Am Alten Nordhäuser Bahnhof“ und den Bahngleisen untersucht. Im Ergebnis stehen kleinere Flächen und demzufolge kleinere Erträge zur Verfügung. Die Nutzung der bilanziellen solaren Gewinne wurde quartiersweise ausgewertet und Überschüsse kaskadenartig, beginnend mit dem räumlich am nächsten gelegenen Quartier Blumenschmidstraße, auf das nächstgelegene Quartier übertragen. In jedem Quartier wurden dabei die Bedarfe nach Energiestandard EnEV 2016 und Niedrigsthausstandard (ab 2022) sowie die erzielbaren solaren Erträge gegenübergestellt.

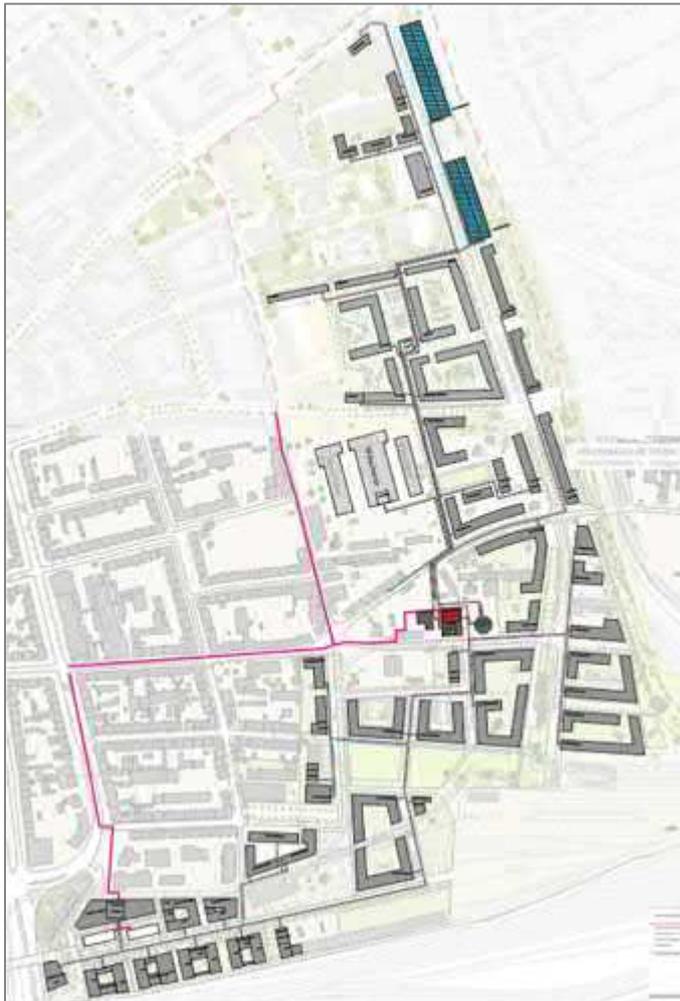


Abbildung 46: Wärmeversorgungskonzept Äußere Oststadt, Maximaler Ausbauzustand mit Solarthermie-Alternativstandort entlang der Straße "Am Alten Nordhäuser Bahnhof", Darstellung: BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Stadttechnik auf Basis der Städtebaulichen Rahmenplanung Äußere Oststadt, Erfurt

Erster Einspeisepunkt mit der höchsten Einspeisemenge aus den Solarthermie Feldern ist das Quartier Blumenschmidstraße. In der nachfolgenden Abbildung werden die Bedarfe (Warmwassererzeugung und Heizung) der beiden Standards sowie die Deckungspotentiale aus den beiden Solarthermie Feldern für dieses Quartier gegenübergestellt.

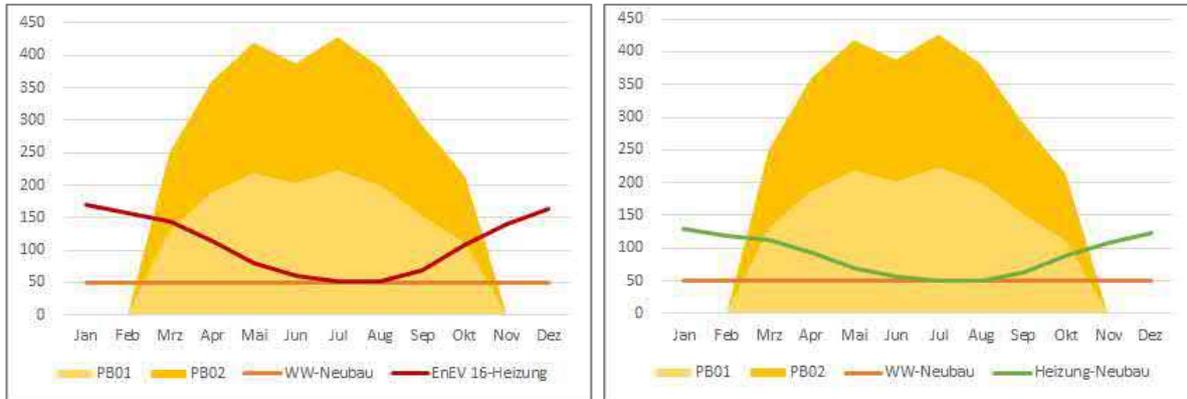


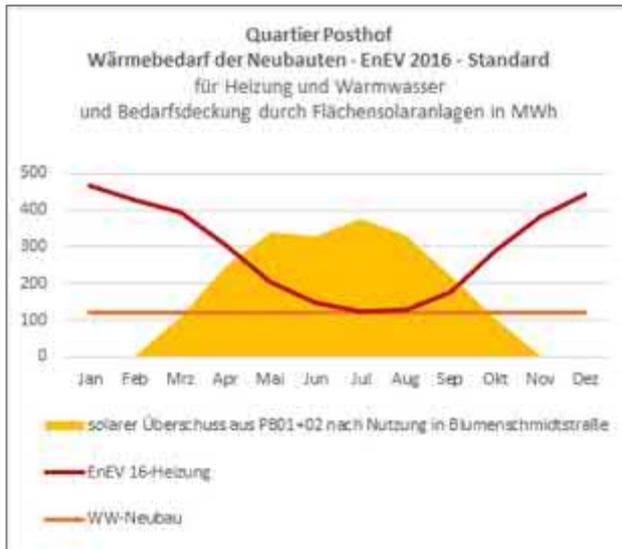
Abbildung 47: Quartierszenario Blumenschmidstraße, Vergleich zwischen EnEV 2016-Standard (links) und Niedrighausstandard (rechts)

Es ergeben sich folgende Deckungsgrade:

ca.	<b>Solarer Deckungsgrad</b>	ca.
<b>67 %</b>	Nur auf Warmwasser bezogen	67 %
<b>52 %</b>	Heizung und Warmwasser	55 %
2.054 MWh/a	<b>Wärmeüberhang der Solarfelder</b>	2.151 MWh/a
629 MWh/a	<b>Benötigte Restwärme für Heizung und Warmwasserbereitung</b>	481 MWh/a

Zu erkennen ist, dass es nur geringfügige Unterschiede zwischen beiden Energiestandards gibt. Es wäre daher sinnvoll sich für den EnEV 2016-Standard zu entscheiden, um Baukosten zu senken. Der Wärmeüberhang wird bilanziell in das Quartier Posthof übertragen.

Das Quartier „Posthof“ ist bereits in der Umsetzung. Daher sind die Planungen hinsichtlich des Energiestandards hier bereits abgeschlossen und es kommt der aktuell gültige Standard zum Tragen. Dementsprechend entfällt der Vergleich in der nachfolgenden Darstellung und es wird nur der aktuell gültige Standard mit dem zur Verfügung stehenden Solarthermie Potential verglichen.



Es ergeben sich folgende Deckungsgrade:

ca.	Solarer Deckungsgrad
65 %	Nur auf Warmwasser bezogen
36 %	Heizung und Warmwasser
2.244 MWh/a	<b>Benötigte Restwärme für Heizung und Warmwasserbereitung</b>

Abbildung 48: Quartiersszenario Posthof, Bedarf nach EnEV 2016-Standard und Deckungsgrad des Wärmeüberhangs aus dem Quartier Blumenschmidtstraße

In der weiteren Bilanzierung schließt sich das Quartier Iderhoffstraße an. Der aus dem Quartier Posthof übertragbare Wärmeüberhang ist hier nur noch sehr gering. Dieses Potential kann jedoch durch die Nutzung der Abwärme aus der Großwäscherei erheblich gesteigert werden. Die nachfolgenden Darstellungen machen die Potentialsteigerung durch die Nutzung der Abwärme gegenüber der reinen Solarthermie Nutzung deutlich. Zum besseren Vergleichbarkeit wurde jeweils derselbe Energie-Standard unterstellt.

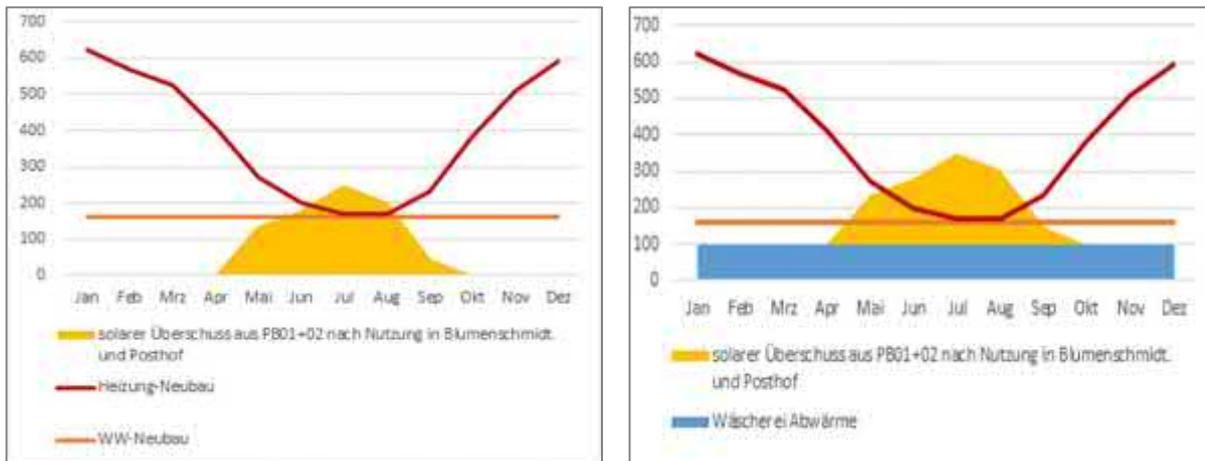


Abbildung 49: Quartiersszenario Posthof, Bedarf und Deckungsgrad des Solarthermie Wärmeüberhangs nach EnEV 2016-Standard: links ohne und rechts mit Nutzung des Abwärme Potentials der Großwäscherei

Deutlich wird der Vorteil der Nutzung der Abwärme in den bilanzierten Werten. Sowohl bei einer ausschließlichen Unterstützung der Warmwasserbereitung (77%) als auch bei einer kombinierten Warmwasser- und Heizungsunterstützung (35%) verdoppelt sich der Deckungsgrad gegenüber der reinen Solarthermie Nutzung (vgl. nachfolgende Tabelle).

Nur Solar	Erneuerbarer Deckungsgrad	Solar + Abwärme
35 %	Nur bei Warmwassernutzung	77 %
15 %	Heizung und Warmwasser	35 %
116 MWh/a	Wärmeüberhang der Solarfelder / ST+AW	394 MWh/a
3.949 MWh/a	Benötigte Restwärme für Heizung und WW	3.027 MWh/a

Noch effizienter wird die zusätzliche Abwärme Nutzung durch die Anwendung des Niedrigsthausstandard durch den geringeren Heizwärmebedarf im Jahresverlauf. Nachfolgenden Abbildungen stellen die Standards EnEV-2016 und Niedrigsthausstandard gegenüber.



Abbildung 50: Quartierszenario Posthof, Gegenüberstellung der Bedarf und Potentiale der Solarthermie sowie Abwärme der Großwäscherei: links EnEV-2016 Standard, rechts Niedrigsthausstandard

Es ergeben sich folgende Deckungsgrade:

ST-Rest + Wäscherei	Erneuerbarer Deckungsgrad	ST-Rest + Wäscherei
77 %	Nur bei Warmwassernutzung	77 %
35 %	Heizung und Warmwasser	46 %
394 MWh/a	Wärmeüberhang Solarthermie	431 MWh/a
3.027 MWh/a	Benötigte Restwärme für Heizung und Warmwasser	1.857 MWh/a

Das anschließende Stadtwerke-Quartier kann nur noch in geringen Anteilen durch das vorhandene Solarthermie Potential versorgt werden. Daher wurde der Anschluss weiterer Solarthermie Kollektoren (ca. 1.120 m<sup>2</sup> effektive Kollektorflächen) unterstellt und deren Erträge in die Simulation einbezogen. Der

Standort für diese Kollektorfelder wurde beispielhaft auf dem Gelände der Heizzentrale der Stadtwerke an der Iderhoffstraße angenommen:



Abbildung 51: zusätzliche Solarthermie Potenti­alflächen am Standort Iderhoffstraße, Dar­stellung: BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Stadt­technik auf Basis der Städtebaulichen Rahmen­planung Äußere Oststadt, Erfurt

Diese Annahmen führen zu folgenden Ergebnissen:

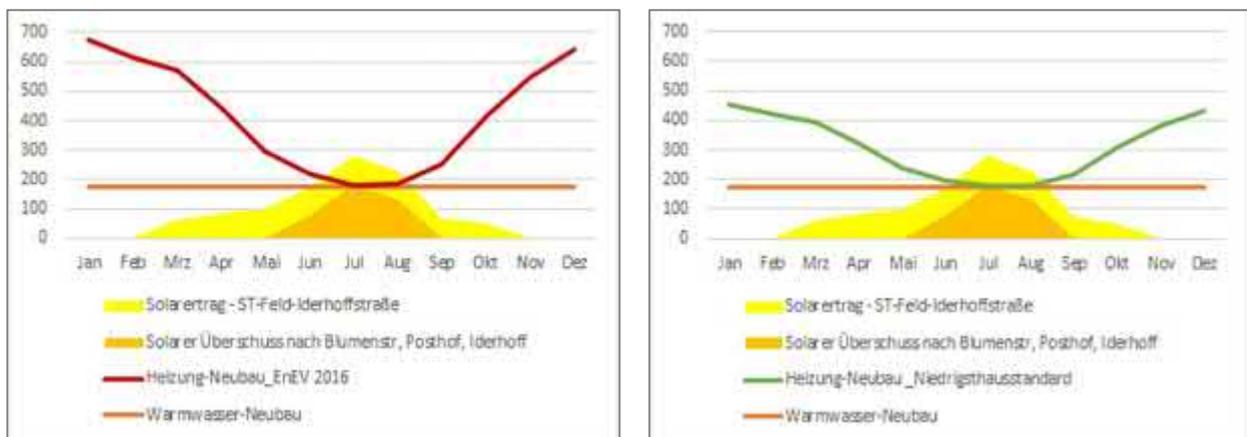


Abbildung 52: Quartierszenario Stadtwerke, Gegenüberstellung von Wärmebedarfs und Solarthermie Potential: links EnEV-2016 Standard, rechts Niedrigsthausstandard

Es ergeben sich folgende Deckungsgrade:

ST-Rest + ST-Iderhoffstraße	Erneuerbarer Deckungsgrad	ST-Rest + ST-Iderhoffstraße
42 %	Nur für Warmwassernutzung	42 %
18 %	Heizung und Warmwasser	<b>24 %</b>
143 MWh/a	Wärmeüberhang Solarthermie	150 MWh/a
4.135 MWh/a	<b>Benötigte Restwärme</b> für Heizung und Warmwasser	2.835 MWh/a

### 8.1.2. Eckdaten zur Wirtschaftlichkeit der Alternativvariante

Auf Basis der in Kapitel 8.1.1 vorausgesetzten Anlagen- und Netzplanungen sowie der in Kapitel 5.4 beschriebenen stufenweisen Bedarfsentwicklung wurden für diese Alternativvariante folgende Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit durchgeführt:

- Überschlägige Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten
- Berechnung der unrentierlichen Kosten in Szenarien
- Prüfung der gegenwärtigen Fördermöglichkeiten

Die Szenarien beruhen auf den unterschiedlichen Ausbaustufen des Netzes (analog zur Annahme der städtebaulichen Entwicklung) in Kombination mit der Wärmeversorgung auf üblichem FW-Temperaturniveau und Niedertemperaturniveau.

Szenarien Normaltemperatur	Szenarien Niedertemperatur
Ausbaustufe 1 2022	Ausbaustufe 1b 2022
Ausbaustufe 2 2022 / 2026	Ausbaustufe 2b 2022 / 2026
Ausbaustufe 3 2026 / 2026 / 2030	Ausbaustufe 3b 2026 / 2026/ 2030
Ausbaustufe 4 2026 / 2026 / 2030 / 2034	Ausbaustufe 4b 2026 / 2026 / 2030 / 2034

Folgende Kennwerte wurden den Berechnungen zugrunde gelegt:

- Berechnungszeitraum 20 Jahre
- Wagnis und Gewinn: 7 %
- Kosten Wärmeerzeugung Erdgas: 41,20 €/MWh<sup>35</sup>
- Kosten Wärmebezugspreis Fernwärme: 53,56 €/MWh<sup>36</sup>
- Kostensteigerung Wärmeerzeugung 2%
- Instandhaltung: 1,5 % der jeweiligen Investition – Preissteigerung 1 %
- Allgemeine Betriebskosten\*<sup>37</sup> 2 % der Erlöse
- Mischpreis Fernwärmepreis: 86,00 €/ MWh – Preissteigerung 2 %
- kalkulierter mittlerer Wärmeverlust: Normaltemperatur 12%, Niedertemperatur 8%

<sup>35</sup> Tarif Erfurt maxi plus netto (28.05.2018) 0,0412 €/kWh, Liste: 4,651 Cent kWh abzüglich 13% Wagnis & Gewinn. Der Abzug wurde vom Nettopreis berechnet, d.h. nach Abzug der Energiesteuer von 0,55 ct/kWh, die anschließend wieder addiert wurde.

<sup>36</sup> Kalkulierter Gaspreis +30% (Kosten für Übertragung, Abschreibung Erzeugungsanlagen + Leitungen, Einnahmen Strom BHKW)

<sup>37</sup> Die allgemeinen Betriebskosten umfassen sowohl die Kosten für den Betrieb der Anlagen inkl. Stromkosten, Kosten für Versicherungen, kalkulatorische Steuern und Kosten für Personal.

Daraus ergaben sich für das Wärmeversorgungskonzept mit Solarthermie Feldern „Am Alten Nordhäuser Bahnhof“ folgende wirtschaftliche Eckdaten:

<b>Ergebnisse Normaltemperatur</b>							
	Jahr	Investition Stand	Investition	Wärmeabgabe MWh/a	Zunahme MWh/a	Unrentierlichkeit %	Wirtschaftlichkeits- lücke €
Stufe 1	2022	4.578.496 €		6.001		41,8	1.916.041 €
			646.187 €		2.480		
Stufe 2	2026	5.224.683 €		8.481		40,6	2.119.093 €
			622.104 €		2.641		
Stufe 3	2030	5.846.787 €		11.122		42,0	2.458.185 €
			498.967 €		2.310		
Stufe 4	2034	6.345.754 €		13.432		44,5	2.825.621 €
<b>Ergebnisse Niedertemperatur</b>							
	Jahr	Investition Stand	Investition	Wärmeabgabe MWh/a	Zunahme MWh/a	Unrentierlichkeit %	Wirtschaftlichkeits- lücke €
Stufe 1	2022	4.578.496 €		6.001		33,8	1.548.787 €
			646.187 €		2.480		
Stufe 2	2026	5.224.683 €		8.481		33,5	1.748.038 €
			622.104 €		2.641		
Stufe 3	2030	5.846.787 €		11.122		35,4	2.070.403 €
			498.967 €		2.310		
Stufe 4	2034	6.345.754 €		13.432		38,5	2.441.846 €



## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
a	Jahr
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> -Äqu.	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
DIN	Deutsche Industrienorm
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Einwohner
FW	Fernwärme
g	Gramm
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
IWB	Industrieller Wohnungsbau
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KKM	Kompressionskältemaschine
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt peak

m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Megawattstunde
MWp	Megawatt peak
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P1	Plattenbautyp: parallel 1
P2	Plattenbautyp: parallel 2
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SWE	Stadtwerke Erfurt
W	Watt
WBS 70	Industrieller Wohnungsbau: Wohnbauserie 70
WE	Wohneinheit
Wfl.	Wohnfläche
WGU	Wohnungsunternehmen