

Integriertes Planungskonzept für Energieoptimiertes Bauen für den Erweiterungsneubau des Technologiezentrums Erfurt



Forschungsvorhaben 0335007A

SolarBau TK3

tze

Technologiezentrum Erfurt GmbH

Konrad - Zuse - Straße 5

99099 Erfurt

Integriertes Planungskonzept für Energieoptimiertes Bauen für den Erweiterungsbau des Technologiezentrums Erfurt

Inhaltsverzeichnis

Teil I	4
1. Aufgabenstellung	4
2. Voraussetzungen	5
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	6
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
5. Zusammenarbeit	7
 Teil II	 8
1. Ergebnisse	8
1.1. Projekt	8
1.1.1. Projektanstoß	8
1.1.2. Architektur	8
1.1.3. Baukonstruktion	10
1.1.4. Bauphysik	10
1.1.5. Bauökologie	10
1.1.6. Innovative Maßnahmen zur Energieeinsparung	11
1.2. Gebäudetechnik	12
1.2.1. Wärmebedarf	12
1.2.2. Heizleistung der RLT-Anlagen:	12
1.2.3. Warmwasserbereitung	13
1.2.4. Wärmeversorgung	13
1.2.5. Kältetechnik	14
1.2.6. Raumlufttechnik	15
1.2.7. Sanitärtechnik	16
1.2.8. Stromversorgung	16
1.2.9. Regelungs- und Gebäudeleittechnik	16
1.3. Energiebedarf	17
1.3.1. Wärmebedarf	17
1.3.2. Kältebedarf	18
1.3.3. Elektroenergiebedarf	19
1.4. Messtechnik	22
1.4.1. Ziele	22
1.4.2. Messkonzept	22

2. Voraussichtlicher Nutzen	24
3. Fortschritte auf dem Vorhabensgebiet	24
4. Veröffentlichungen	24

Teil I

1. Aufgabenstellung

Auf Grund der derzeitigen Gebäudesituation und der Auslastung des Technologiezentrums Erfurt wurde ein Neubau vorgesehen. Über eine öffentliche Ausschreibung konnte das Planungsteam gewonnen werden. Gegenstand der Ausschreibung war neben der Architektur auch das Energiekonzept. Beides sollte den innovativen Anspruch des Bauherren unterstreichen. Im Rahmen eines integrierten Planungsprozesses wurden Architektur und Energiekonzept des Gebäudes weiterentwickelt.

Dabei wurde im Rahmen des integrierten Planungsprozesses unter Leitung des Bauherren ein integriertes Fassaden- und Technikkonzept entwickelt, dass möglichst ganzjährig unter Ausnutzung der natürlichen Ressourcen belüftet, beheizt, gekühlt und belichtet werden kann. So konnte der Jahres-Heizwärmebedarf zur Deckung des Gebäudewärmebedarfes von anfänglich $60,1 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2_{\text{BGF}})$ auf $52,3 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2_{\text{BGF}})$ und der Jahres-Heizwärmebedarf einschließlich der Lüftungsanlagen von $66,2 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2_{\text{BGF}})$ auf $57,2 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2_{\text{BGF}})$ gesenkt werden. Folgende Maßnahmen sind vorgesehen und wurden durch Simulationsrechnungen untermauert:

- Die Ausrichtung der Büroflügel ist solartechnisch günstig.
- Große Glasflächen und der Einsatz von Elementen Transparenter Wärmedämmung (TWD) dienen zur passiven Solarnutzung im Winter und in den Übergangszeiten.
- Ein im Scheibenzwischenraum liegender Sonnenschutz führt zur Reduzierung der Kühllast im Sommer.
- Nutzung des natürlichen Tageslichtes zur Belichtung.
- Erhöhung der passiven Speicherkapazität mittels Betonkernaktivierung
- Erdkälte- /Erdwärmenutzung durch Einsatz von Erdsonden
- Thermische Solarkollektoren zur Brauchwarmwasserbereitung
- Einsatz von Photovoltaik zur Eigenstromerzeugung
- Lüftungsanlagen nur als Mindestaußenluftanlagen in Sonderbereichen.
- Einsatz von Luft-Erdregistern zur Vorkonditionierung der von Lüftungsanlagen angesaugten Luft.
- Regenwassernutzung zur Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs

Für eine energetische und ökonomische Optimierung sollten noch folgende Aufgaben als Gegenstand des Forschungsvorhabens gelöst werden:

- Erdsonden zur Nutzung von Erdwärme: Insgesamt sind zu einer energieoptimierten Nutzung ca. 60 Sonden mit einer Gesamtleistung von 270 kW erforderlich. Eine Probebohrung und Untersuchungen zur thermischen Ergiebigkeit der Bodenstruktur zur Nutzung von Geothermie sind notwendig.
- Eine Optimierung der Erd-Luft-Register zur Außenluftansaugung der RLT- Anlagen und die Untersuchung zur Ergiebigkeit von Erdregistern zur Konditionierung von Außenluft für RLT- Anlagen soll erfolgen.
- Zur Visualisierung der energetischen Verbrauchswerte und zur laufenden Optimierung des Anlagenbetriebes ist ein Meßsystem zu entwickeln und später zu installieren.
- Erstellung eines Messkonzeptes über die nutzerabhängige Verbrauchserfassung hinaus.
- Entwicklung von Regelszenarien zur optimierten Nutzung der regenerativen Energien sowie der Primärenergie in Einbindung in die offene Gebäudeautomation
- Untersuchung zu den Varianten der Wärmeversorgung: entweder elektrisch betriebene Wärmepumpe und Fernwärme oder mit Fernwärme betriebene Absorptionswärmepumpe und Fernwärme

Ziel war es, den Jahres-Heizwärmebedarf einschließlich Lüftungsanlagen auf unter 40 kWh/(a*m²_{NGF}) zu senken und den Anteil fossiler Energieträger an der Deckung dieses Jahres-Heizwärmebedarfes minimal zu halten. Der Gesamtverbrauch fossiler Energieträger für das Gebäude soll unter 100 kWh/(a*m²_{NGF}) betragen.

2. Voraussetzungen

Bereits mit der Ausschreibung des Vorhabens wurde besonderer Wert auf eine ressourcen schonende Energieversorgung und innovative Gebäudetechnik gelegt. Unter Leitung des Bauherren wurde eine integrierte Planung unter Einbeziehung aller beteiligten Planer durchgeführt. Diesem Planungsteam gelang es, das Gebäude- und Energiekonzept unter dem Blickwinkel einer maximalen Solarenergienutzung zu entwerfen und zu planen.

Gegenstand des Forschungsprojektes war eine weitere Optimierung des Gebäude- und Energiekonzeptes. Auf Grund des bereits vorhandenen Planungsstandes existierten für das Vorhaben besonders gute Voraussetzungen. Eine Evaluierung des Gesamtkonzeptes wurde angestrebt.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Realisierungszeitraum des Vorhabens war auf Grund der bereits vorhandene Grundlagen relativ kurz und erstreckte sich über ein halbes Jahr bis zum 31.12.2000. Die Planung und Überwachung des Projektes wurde durch den Bauherren und Zuwendungsempfänger durchgeführt. Dafür wurden entsprechende Teilaufgaben und Teiltermine festgelegt. Nach Vergabe der Unteraufträge an die beteiligten Partner wurde der Bearbeitungsstand regelmäßig kontrolliert und die Ergebnisse sowie auftretende Fragen im Bearbeitungsteam besprochen. Somit konnte ein planmäßiger Ablauf des Forschungsvorhabens gewährleistet werden.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Zur breiteren Anwendung der Methoden und Verfahren des energieparenden Bauens und der Solarenergienutzung insbesondere für Nichtwohngebäude wurde das Förderprogramm Solaroptimiertes Bauen entwickelt. Hierbei sollen die für kleinere Wohngebäude entwickelten Konzepte auf große Nichtwohngebäude übertragen, erprobt und weiterentwickelt werden.

Bei dem Forschungsprojekt Technologiezentrum Erfurt wurde auf die Forschungsergebnisse insbesondere bei Niedrigenergie- und Passivhäusern aufgebaut. Die Ergebnisse früherer Forschungsprogramme der Bundesrepublik Deutschland wurden gesichtet und angewendet. Berücksichtigt wurden auch die im Forschungsprogramm SolarBau umgesetzten Konzepte.

Auf der Basis dieses technischen Standes wurden erprobte Einzelkomponenten zu einem Gesamtkonzept verbunden:

- Solartechnisch günstiges Ausrichten der Büroflügel;
- Einsatz großer Glasflächen und Transparenter Wärmedämmung (TWD) zur passiven Solarnutzung;
- Fenster mit beweglichem Sonnenschutz zur Kühllastreduzierung;
- Tageslichtnutzung zur Beleuchtung;
- Gebäudekonditionierung mittels Betonkernaktivierung (Erhöhen der passiven Speicherkapazität) und energieeffizienten Kühldecken;
- Erdkälte-/ Erdwärmenutzung durch Einsatz von 30 Erdsonden mit einer Gesamtleistung von 270 kW;
- Warmwasserbereitung mittels Sonnenkollektoren und Photovoltaik zur Stromversorgung;
- Lüftung als Mindestaußenluftanlage nur in Sonderbereichen;
- Erdkanäle zum Vorkonditionieren der Außenluft für die RLT - Anlagen;
- Wärmerückgewinnung im RLT - Bereich;

- Wärme-/Kältespeicher zur bedarfsoptimierten Energieversorgung;
- Regenwassernutzung, Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs;
- Kompressions-Wärmepumpe für die Niedertemperaturheizung (Nutzen der Erdwärme, Funktion als Thermo-Elektro-Verstärker);
- Gebäudeleittechnik mit Energie- und Lastmanagement.

5. Zusammenarbeit

Zur Bearbeitung des Forschungsvorhabens wurde ein Bearbeitungsteam gebildet.

Dieses Team setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

<u>Bauherr:</u>	tze Technologiezentrum Erfurt GmbH Herr Peter Beckus Konrad - Zuse - Straße 5 99099 Erfurt
<u>Architekt:</u>	Pohl Architekten + Stadtplaner Herr Dipl.-Ing. Göran Pohl Wilhelm-Külz-Straße 23 99084 Erfurt
<u>Planung Heizung/Lüftung:</u> <u>Sanitär/Fördertechnik/</u> <u>Gebäudeleittechnik</u>	Himmen Partner GbRmbH Ingenieurgesellschaft für Technische Gebäudeausrüstung Herr Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. Jürgen Drolshagen Spielbergtor 23 99096 Erfurt
<u>Wissenschaftliche Einrichtung:</u>	FH Erfurt FB Versorgungstechnik Herr Prof. Dr.-Ing. Michael Kappert PF 683 99013 Erfurt

Innerhalb des Förderprogramms Solaroptimiertes Bauen erfolgte eine Mitarbeit durch die FH Erfurt. Die Erkenntnisse, Ergebnisse und Erfahrungen aus dieser Mitarbeit wurden im Bearbeitungsteam besprochen und berücksichtigt.

Teil II

1. Ergebnisse

1.1. Projekt

1.1.1. Projektanstoß

Die aktuelle Gebäudesituation und die hohe Auslastung fordern einen Erweiterungsneubau der Technologiezentrum Erfurt GmbH. Das Gebäude mit einem kammförmigen Grundriss entsteht auf einer Fläche von 13.154 m² in einem zu rekultivierenden Industriegebiet in Erfurt Ost.

Durch ein integriertes Fassaden- und Technikkonzept soll das Gebäude möglichst ganzjährig unter Ausnutzung natürlicher Ressourcen belüftet, klimatisiert und beleuchtet werden. Der Gesamtbedarf von nicht regenerativen Energien für den Betrieb des Gebäudes (Heizung, Lüftung, Klima, Beleuchtung) soll unter 70 kWh/(a*m²_{NGF}) liegen. Der maximale Heizwärmebedarf beträgt dabei weniger als 40 kWh/(a*m²_{NGF}).

Das Projektteam wurde durch eine öffentliche Ausschreibung gewonnen. Im Rahmen der integrierten Planung wurde durch das Planungsteam das Gesamtkonzept entwickelt. So entstand ein optimiertes Gebäude- und Energieversorgungskonzept.

Die Fachhochschule Erfurt übernimmt in der zweiten Phase des Projektes die Koordination und Durchführung der energetischen Evaluation, inklusive Messungen, Simulation, Auswertung und Präsentation der Resultate.

1.1.2. Architektur

Der Gebäudekomplex ist für eine sehr flexible Nutzung ausgelegt und besteht aus einem länglichen Produktionsriegel, drei quer dazu angeordneten Gebäuderiegeln mit multivalenten Nutzungsflächen sowie dem Eingangsbereich unter dem westlichen Gebäuderiegel. Die Bruttogrundfläche des Gebäudes (Ebene 1) beträgt 13.154 m².

Der Standort des Neubaues liegt im ehemaligem Mikroelektronik-Areal Erfurt-Südost. Die zahlreichen, vor Ort ansässigen Unternehmen, haben ein sehr hohes technologisches Niveau. Enge Kooperationen mit technologieorientierten Firmen und ein gut ausgebauter Nahverkehr lassen eine schnelle Entwicklung und hohe Synergieeffekte der Technologiezentrum Erfurt GmbH erwarten.

Der parallel zur Straße liegende Produktionsriegel enthält die weniger stöempfindlichen Produktions-, Labor- und Lagerräume. Er fungiert als Schallabsorber für die senkrecht angeordneten Querriegel mit flexiblen Büro-, Labor- und Seminarräumen.



Bild 1: Neubau TZ Erfurt

Der Neubau gliedert sich in folgende Nutzungsbereiche:

Kellergeschoss:	Technik- und Hausanschlussräume
Erdgeschoss:	Eingang (Infodesk, Wartebereich, Büro), Lager und Werkstätten im nördlichen Querbau
1. Obergeschoss:	Konferenzräume, Medienräume, Küche und Versorgung im westlichen Riegel, Büros/Labore in den anderen Riegeln, Labore und Werkstätten im nördlichen Teil des Querbaues
2. Obergeschoss:	Büro und Labore in den Riegeln
3. Obergeschoss:	Büro/Labor in den Riegeln mit zusätzlichen Seminarbereichen an den Südenden

Tabelle 1: Nutzungsbereiche TZ Erfurt

Die Gebäuderiegel sind teilweise aufgeständert, um eine aufwendige Tiefgarage zu vermeiden. An die untere Geschossdecke schließt sich eine Technik-Verteiler-Ebene an. Das Eingangsbauwerk liegt an der westlichen Grundstücksecke und ist unterkellert.

Die hohe Flexibilität des Gebäudes, verbunden mit der intelligenten Nutzung technischer Strukturen und bauphysikalischer Zusammenhänge, bewirkt seinen besonders innovativen Charakter.

1.1.3. Baukonstruktion

Das Gebäude wurde monolithisch in Stahlbeton errichtet. Decken und Außenwände (Querbau) werden aus Halbfertigteilen errichtet. Die Fassadenteile sind zu fast 100 % und die Rohbauelemente (Außenwände, Decken) zu ca. 20 % vorgefertigt.

Das Tragwerk besteht aus Stützen und Flachdecken, sowie teilweise Unterzugsdecken im Querbau. Zusätzlich werden aussteifende Erschließungskerne eingesetzt.

Für die Fassaden werden hochwärmedämmende innovative Werkstoffe eingesetzt:

- Riegel Nord- und Westseiten: Stahl-Membran-Glas-Fassade;
- Riegel Süd- und Ostseiten, Eingangsbau: Aluminium-Glas-Fassade;
- Querbau, Eingangsbau Ebene 2: Metallfassade
- Eingangsbau Ebene 1: Putzfassade (WDVS)

1.1.4. Bauphysik

Nachfolgend sind die Wärmedurchgangskoeffizienten k_N [W/(m²*K)] der Gebäudeaußenflächen dargestellt (Angaben durch Statiker: Fa. Krebs & Kiefer):

Außenwand:	0,318 - 0,493
Außenwand UG:	0,319
Außenfenster:	1,3
Außentüren:	1,3 - 2,0
Dach, bekiest:	0,272
Fußboden gegen Erdreich:	0,33
Fußboden (EG) unbeheizt:	0,345
Innenwand:	2,15

Angaben zu den Fugendurchlaßkoeffizienten a [m³/(m*h*Pa^{2/3})]:

Außenfenster:	0,6
Außentüren:	1,0

1.1.5. Bauökologie

Es werden nur umweltfreundliche Baustoffe mit hoher Recyclingfähigkeit eingesetzt. Eingesetzt werden: Stahlbeton, Porenbeton, Leichtbeton, Stahl, Aluminium, Glas, Glasfasern, Zinkblech, Gipskarton, Estrich, Keramik und Werkstein.

1.1.6. Innovative Maßnahmen zur Energieeinsparung

Mit dem Technologiezentrum Erfurt wurde ein Gebäude geplant und gebaut, das den Ansprüchen an ökologische Energiekonzepte einer neuen Generation gerecht wird. Im Vordergrund standen dabei Aspekte wie natürliche Lüftung, Tageslichtbeleuchtung, Nutzen der Umgebungsenergie zur Gebäudeklimatisierung und Aktivieren der Gebäudespeichermassen. Integrale Lösungen mit einer Einheit aller Möglichkeiten von Architektur, Bauphysik und Versorgungstechnik sollen ein neues gesamtheitliches Gebäudekonzept entstehen lassen, dafür sind neue Denkansätze sind dringend erforderlich.

Für das TZ Erfurt galt es folgende Forderungen einzuhalten:

- geringe Investitionskosten;
- Realisierbarkeit (vor allem im architektonischen Bereich);
- Komfort und thermische Behaglichkeit im Gebäudeinneren;
- Benutzerfreundlichkeit und Ergonomie der Ausrüstungen;
- niedriger Energiebedarf, kleine Energiekennzahl des Gebäudes und geringe Schadstoffemissionen;
- Vollständiges Ausnutzen aller Umweltressourcen.

Vorgesehen sind nachfolgende technische Maßnahmen:

- Solartechnisch günstiges Ausrichten der Büroflügel;
- Einsatz großer Glasflächen und Transparenter Wärmedämmung (TWD) zur passiven Solarnutzung;
- Fenster mit beweglichem Sonnenschutz zur Kühllastreduzierung;
- Tageslichtnutzung zur Beleuchtung;
- Gebäudekonditionierung mittels Betonkernaktivierung (Erhöhen der passiven Speicherkapazität) und energieeffizienten Kühldecken;
- Erdkälte-/ Erdwärmenutzung durch Einsatz von 30 Erdsonden mit einer Gesamtleistung von 270 kW;
- Warmwasserbereitung mittels Sonnenkollektoren, Photovoltaik zur Stromversorgung;
- Lüftung als Mindestaußenluftanlage nur in Sonderbereichen;
- Erdkanäle zum Vorkonditionieren der Außenluft für die RLT - Anlagen;
- Wärmerückgewinnung im RLT - Bereich;
- Wärme-/Kältespeicher zur bedarfsoptimierten Energieversorgung;
- Regenwassernutzung, Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs;
- Kompressions-Wärmepumpe für die Niedertemperaturheizung (Nutzen der Erdwärme, Funktion als Thermo-Elektro-Verstärker);
- Gebäudeleittechnik mit Energie- und Lastmanagement.

1.2. Gebäudetechnik

1.2.1. Wärmebedarf

Der Wärmebedarf wurde nach DIN 4701 mit folgenden Innentemperaturen t_i [°C] ermittelt:

Büro- und Verwaltungsräume:	20
Flure/Eingangsbereiche:	18
Treppenhäuser:	15
Lager/Technik:	15 (unbeheizt)
Werkstätten:	17/20 (je nach Tätigkeit)
Labore:	20
Technikzentralen:	unbeheizt

Mit vorstehenden Angaben wurde die Heizleistung bzgl. der einzelnen Gebäudebereiche ermittelt (Tab. 2). Die Werte sind unterteilt nach dem Anteil der statischen Heizflächen inklusive Umlufterhitzer, der vorwiegend durch Fernwärme gedeckt wird, und der Heizleistung der Betonkernaktivierung. Letztere wird durch die Erdsonden und die Wärmepumpe zur Verfügung gestellt.

Bereich	Bezeichnung	Heizleistung [kW]		
		gesamt	Fernwärme	Betonkernaktivierung/ Flächenheizung
1	Querbau	40	40	0
2	Empfang	35	31	4
3	Riegel nord	80	48	32
3	Riegel mitte	97	56	37
3	Riegel süd	32	20	12
1	Querbau LH	36	36	0
3	Riegel südost	65	36	29
	Summe	385	267	114

Tabelle 2: Heizleistungen

Die Betonkernaktivierung sind wasserdurchflossene, in der Rohbetondecke verlegte Kunststoffrohre.

1.2.2. Heizleistung der RLT-Anlagen:

Bezüglich der RLT-Anlagen ergeben sich folgende Leistung der Lufterhitzer (Vorerhitzer [VE] und Nacherhitzer [NE]):

Versorgungsbereich	Gebäudebereich	Einbauort	Erhitzerart	Heizleistung [kW]
Küche	1	RLT-Zentrale	VE	36
Versorgung	2	RLT-Zentrale	VE	34
Konferenz 1	3	RLT-Zentrale	VE	34
Konferenz 2	3	Decke	NE	4
Konferenz 3	3	Decke	NE	4
Medien	3	Decke	NE	2
Netzwerk	4	RLT-Zentrale	VE	3,5
RLT-Anlage des südöstlichen Riegels				20
Summe				ca. 138

Tabelle 3: Heizleistung RLT – Anlagen

1.2.3. Warmwasserbereitung

Die zentrale Warmwasserbereitung erfolgt in einem Speicherwarmwasserbereiter (Volumen = 300 m³). Zu seiner Beheizung sind Sonnenkollektoren (Gesamtfläche = 6,5 m²) vorgesehen. Bedarfsabhängig ist Nachheizung über den Heizkreislauf möglich. Die Anschlußleistung beträgt 30 kW.

1.2.4. Wärmeversorgung

Es kommt eine bivalente Wärmeversorgung mit Wärmepumpe und hohem Umgebungswärmeanteil zum Einsatz. Als Energieträger werden dem Gebäude Fernwärme und Strom zugeführt. Diese werden durch Kraft-Wärme-Kopplung in einer GuD-Anlage erzeugt.

Die Grundlast wird über eine elektrische angetriebene Kompressionswärmepumpe gedeckt (Antriebsleistung, elektrisch: ca. 31 kW, Heizleistung, thermische: 154 kW, tv/tr = 34/29 °C). Diese kann bei Bedarf im Sommer als Kältemaschine genutzt werden. Als Wärmequelle wird Erdwärme über die Erdsonden genutzt.

Zur Spitzenlastversorgung und zum Erhöhen des Temperaturniveaus wird Fernwärme eingesetzt.

Eine Probebohrung und Untersuchungen zur thermischen Ergiebigkeit der Bodenstruktur zur Nutzung von Geothermie wurden durchgeführt. Als Ergebnis kommen dreißig Erdsonden gleichmäßig verteilt zwischen Baukörper und Fernwärmetrasse zum Einsatz. Diese werden

über sechs Verteilerkreise im Tichelmann verlegt hydraulisch angebunden. Ihre gesamte Entnahmeleistung liegt bei ca. 300 kW.

Im Sommer dienen die Erdsonden als Kältespeicher bzw. zur Nutzung der Erdkälte.

Die Wärmeversorgung erfolgt durch zwei Heizwasserkreisläufe:

- a.) dem Wärmepumpenkreislauf ($t_v/t_r = 28/23 \text{ } ^\circ\text{C}$)
 - Beheizen der Betonkernaktivierung und Grundlastversorgung.
- b.) dem Hochtemperaturkreislauf ($t_v/t_r = 65/50 \text{ } ^\circ\text{C}$ bzw. $50/35 \text{ } ^\circ\text{C}$)
 - zum Versorgen der statischen Heizflächen, Lufterhitzer und Nachheizung des Warmwasserbereiters.

Zum Abdecken der Versorgungssicherheit und der Spitzenlast sind beide Kreisläufe über einen Plattenwärmetauscher verbunden.

Die Wärmeversorgung ist so gestaltet, dass Fernwärme nur zur Spitzenlastversorgung oder Erhöhung des Temperaturniveaus genutzt wird.

Das Gebäude erhält einen Fernwärmeanschluss, da es sich im Fernwärmesatzungsgebiet befindet. Es ist eine indirekte Anbindung über Plattenwärmetauscher vorgesehen.

1.2.5. Kältetechnik

Der Kältebedarf des Gebäudes wird überwiegend durch die Betonkernaktivierung gedeckt. Die RLT-Anlagen übernehmen zum Teil den Abtransport der Wärme aus den Räumen.

Lokal auftretende höhere Kühllasten werden mittels Kühldecken abtransportiert (Bereiche mit verglasten Außenflächen). Die Kühldecken arbeiten als statischer Kühlkörper mit geringer Oberflächentemperatur. Sie sind im Vergleich zu den RLT-Anlagen um den Faktor vier günstiger.

Ihre Regelung erfolgt in Anbindung an die Heizungs- und Lüftungsregelung mit Taupunktregelung.

Die Kälteversorgung ist in zwei Kaltwasser-Kreisläufe unterteilt:

- a.) *Vor-/Rücklauftemperatur = 6/ 12 ° C*
 - Versorgung der RLT-Anlagen (Umluftkühler);
 - Kältebereitstellung durch eine elektrisch angetriebene Kompressionskältemaschine (elektrische Leistung ca. 30 kW, Kälteleistung lt. Auslegung: ca. 140 kW, $t_v/t_r = 4/ 7 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- b.) *Vor-/Rücklauftemperatur = 12/ 18 ° C*
 - Versorgung der Kühldecken und Betonkernaktivierung;

- Kälte wird durch die Erdsonden bereit gestellt (Nutzung von Erdkälte im Sommer)

Beide Kreisläufe sind über einen Wärmetauscher verbunden. Vorrangig gilt es die Kälte der Erdsonden zu nutzen. Zur bedarfsoptimierten Kälteversorgung ist ein Kältespeicher (Pufferspeicher mit einem Volumen von 4 m³) vorhanden.

Zum Rückkühlen der Kältemaschine sind wahlweise die Erdsonden (Erdspeicher) oder ein Glykol-Freikühler vorgesehen.

Der Glykol-Kühler ($t_v/t_r = 12/17\text{ °C}$) ist über einen Plattenwärmetauscher mit dem Kühlkreislauf ($t_v/t_r = 12/18\text{ °C}$) verbunden. Diese "Freie Kühlung" unterstützt die Erdsonden und verringert die Laufzeit der Kältemaschine.

Durch hohen Anteil der Umweltkühlung dient die Kältemaschine vorwiegend nur zur Spitzenlastabdeckung in den Sommermonaten.

Während der Sommermonate wird die Stromversorgung der Kältemaschine teilweise über die Photovoltaik abgedeckt.

1.2.6. Raumluftechnik

Mechanische Be- und Entlüftung ist nur vorhanden, wo sie zum Erhalten der Raumluftkondition notwendig ist. Die Lüftungsanlagen dienen nur zum Einbringen des erforderlichen Raumluftanteils.

In den anderen Bereichen (Büro- und Kleinlaborbereich) erfolgt natürliche Be-/ Entlüftung durch die Außenfenster.

Die Außenluft wird zur Vorkonditionierung über zwei Edelstahltürme und Erdwärmetauscher zum Sammelkanal in der Zentrale bis hin zu den einzelnen Geräten gleitet.

Im Sommer wird die Außenluft durch die Erdkälte vorgekühlt und im Winter analog vorgewärmt.

In den Übergangszeiten wird die Außenluft direkt über Wetterschutzgitter angesaugt. Die Umschaltung erfolgt automatisch über Klappensteuerung.

Die nicht belastete Fortluft wird über einen Schacht ins 1.OG geleitet und dann ausgeblasen.

Die Fortluft aller belasteten Räume (WC, Küche, Batterieraum) wird oberhalb der Dachfläche ins Freie abgeführt.

In Abhängigkeit von der Witterung kann die RLT zur Raumheizung oder -kühlung dienen. Dabei erfolgt überwiegend Umluftkonditionierung.

1.2.7. Sanitärtechnik

Für die Küche im 1.OG ist eine zentrale Warmwasserbereitung vorgesehen. Der Speicherwarmwasserbereiter mit einem Volumen von 350 l befindet sich in der Technikzentrale im 1. UG (Nähe Konferenzbereich).

Die Trinkwassererwärmung (TWE) erfolgt trivalent, d. h. primär über eine Solaranlage und sekundär über das Heiznetz bzw. eine elektrische Nachheizung.

Die zentrale TWE ist mit einer Zirkulation ausgerüstet.

Alle anderen Verbraucher (Teeküchen) erhalten eine dezentrale TWE mit Elektrogeräten.

Zum Reduzieren des Trinkwasserverbrauchs ist für WC-Spülungen und Außenbewässerung ein Brauchwassernetz zur Regenwassernutzung mit Speicher und Druckerhöhung vorhanden.

1.2.8. Stromversorgung

An den Süd-West-Fassaden der Gebäuderiegel sind Photovoltaik-Anlagen mit horizontal und vertikal optimierter Ausrichtung installiert (Gesamtfläche: 64 m²). Sie dient zur Eigenversorgung des Gebäudes. Bei Bedarf ist Stromangabe und -bezug an das bzw. aus dem kommunalen Netz möglich.

1.2.9. Regelungs- und Gebäudeleittechnik

Für den automatisierten und wirtschaftlich optimierten Gebäudebetrieb sind programmierbare Regelungen (DDC) mit übergeordneter Gebäudeleittechnik (GLT) in LON-Technologie vorgesehen. Das System gliedert sich in Management-, Automations- und Feldebene. Folgende technische Anlagen werden geregelt:

- Lüftungs- und Klimaanlage;
- Kälteanlage;
- Heizungsanlage;
- Solaranlage;
- Erdsonden-/ -wärmetauschanlage.

Die Messtechnik der Fachhochschule Erfurt wird über einen Datenserver an die GLT angebunden.

1.3. Energiebedarf

1.3.1. Wärmebedarf

Der Wärmebedarf wurde mit dem Programm HELENA 3.0 ermittelt. Das Gebäude unterschreitet die laut WSchVO geforderten Werte, wie in der Tabelle 5 dargestellt.

Gebäudeteil	A/V in 1/m	Heizwärmebedarf in kWh/m³a	Maximaler Heizwärmebedarf in kWh/m³a	(Ist-Soll)/Soll in %
TZ/Querbau	0,32	15,32	19,35	- 21
TZ/Empfangsgebäude	0,28	9,02	18,72	- 52
TZ/Westlicher Riegel	0,35	14,54	19,87	- 27
TZ/Mittlerer Riegel	0,31	12,60	19,17	- 34
Gesamt	0,32	13,50	19,35	- 30

Tabelle 4: Wärmebedarf nach WschVO95

Der Wärmeschutznachweis nach WSchVO 1995 ist erbracht.

Der Gesamtwärmebedarf beträgt 616.363,00 kWh/a.

Mit Berücksichtigung der Energiespartechnologien ergibt sich der in Tabelle 5 dargestellte Wärmebedarf.

Wärmebedarf lt. WSchVO:	616.363,00 kWh/a
- Wärmegewinn durch Erdsonden/WP:	335.088,00 kWh/a
- Wärmenutzung mit Erdkanälen:	5.800,00 kWh/a
- Wärmeabgabe des Sonnenkollektors:	3.100,00 kWh/a
= Gesamtwärmebedarf des Gebäudes:	272.375,00 kWh/a

Tabelle 5: Gesamtwärmebedarf

Die Gewinne der Energiesparmaßnahmen wurden durch statistisches Betrachten von Referenzanlagen und Vollbenutzungsstunden (ca. 1.500 bis 2.500 h/a) bestimmt. Es wurden durchschnittliche Nutzungsbedingungen zu Grunde gelegt. Zur Leistungsermittlung diente die Ausführungsplanung.

Der endgültige Wärmebedarf des Gebäudes beträgt 272.375,00 kWh/a bzw. spezifisch auf die Nettogrundfläche bezogen **29,36 kWh/(a*m²_{NGF})**.

1.3.2. Kältebedarf

Der Kältebedarf des Gebäudes wurde nach den VDI-Richtlinien VDI 2067 Teil 3 und VDI 2078 unter Berücksichtigung der DIN 4701 und DIN 1946 ermittelt.

Bei der RLT wurden die Luftbehandlungsfunktionen Lufterwärmung, Luftkühlung und Entfeuchtung berücksichtigt. Für den jährlichen Kältebedarf Q_{KB} des Bauteils gilt folgendes:

$$Q_{KB} = V_L * f_{MK} * \rho_L * b_d / 24 \text{ (h/d)} * f_a * \tau_K * Z_6 * (h_{a6} - h_{TP})$$

mit: V_L – Volumenstrom;

f_{MK} – Minderungsfaktor der Kälteenergie nach VDI 2067;

ρ_L – Dichte der Luft;

b_d – Betriebszeit;

f_a – Korrekturfaktor für Betriebstage/Gesamtstage;

τ_K – Korrekturfaktor bzgl. Lage der Betriebszeit bei Kühlung;

Z_6 – jährliche Stundenzahl in Abhängigkeit vom Außenluftzustand;

h_{a6} – mittlere Außenluftenthalpie in der Zeit Z_6 ;

h_{TP} – Taupunktenthalpie.

Nr.	Bauteil	Q _{ka} (VDI) [kWh/a]	Q° _k [kW]
BT 1	Querbau	Keine Kühlung durch RLT	
BT 2	Eingang	22.596	101
BT 3	Riegel West	3.782	17
BT 4	Riegel Mitte	3.782	17
BT 5	Riegel Ost	809	4
	Summe	30.969	140
	- Kältegewinn Erdkanäle	1.800	
	Gesamtkältebedarf	29.169	

Tabelle 6: Gesamtkältebedarf

Der Kälteverbrauch wurde nach dem Bauteilverfahren errechnet und ist mit Angabe der installierten Leistung in Tabelle 6 dargestellt. Die Kälte der RLT wird im Regelfall durch die Wärmepumpe, die im Sommer als Kältemaschine betrieben werden kann, bereitgestellt.

Der Kältebedarf der Betonkernaktivierung (119 kW und 41600 kWh/a) und der Kühldecken (17 kW und 6 kWh/a) wird nur durch die Erdsonden bzw. im Bedarfsfall durch Freikühlung abgedeckt. Daher ist er vorab nicht genauer zu betrachten.

Es ergibt sich ein Gesamtbedarf an Kälte von 29.169 kWh/a bzw. spezifisch von **3,1 kWh/(a*m²_{NGF})**.

1.3.3. Elektroenergiebedarf

Der Elektroenergiebedarf wurde ausgehend von der Ausführungsplanung über die Vollbenutzungsstundenzahl ermittelt.

Es gelten die Voraussetzungen nach Tabelle 7.

Wärmepumpe:	Heizleistung: Jahreswärmearbeit: Arbeitszahl: (Hilfsenergiebedarf ca. 10 %)	154 kW 335.088 kWh/a ca. 4,5 bis 4,8
Kältemaschine:	Kälteleistung: Jahreskältearbeit: Arbeitszahl: (Hilfsenergiebedarf 20 % mit Rückkühlung und Enteisung)	140 kW 29.200 kWh/a ca. 3,0 bis 3,5
Raumlufttechnik/Sanitär:	elektrische Gesamtleistung:	28 kW
Heizung:	elektrische Leistung (Pumpen usw.): (inkl. Betonkernaktivierung)	2 kW
Kältetechnik:	elektrische Leistung (Pumpen usw.):	0,9 kW
Beleuchtung:	Anschlußleistung: 18,3 kW	(Ermittlung nach VDI 3807 Blatt 1 und 2)

Tabelle 7: Voraussetzungen für Ermittlung des Elektroenergiebedarfes

Den sich damit ergebenen Elektroenergiebedarf zeigt Tabelle 8.

Verbraucher	elektrische Arbeit [kWh/a]	spez. elektrische Arbeit [kWh/(a*m²_{NGF})]
Raumluftechnik	55.813	6,00
Heizung (mit WP)	69.810 (davon 2.400 Hilfsenergie)	7.50
Kältetechnik (mit KM)	13.450 (davon 3.720 Hilfsenergie)	1,45
Beleuchtung	64.932	5,50
Gesamtstromverbrauch	204.005	20,50

Tabelle 8: Elektroenergiebedarf

Elektroenergiebedarf der Beleuchtung

Der jährliche Stromverbrauch der Beleuchtung Q_{Ba} wurde nach DIN 3807 Blatt 1 und 2 ermittelt und beträgt 64.932 kWh/a. Im Gebäude werden nur hocheffiziente Leuchstofflampen, Kompaktleuchten oder vereinzelt für Reklamezwecke Halogen-Strahler eingesetzt. Bei gegebener Anschlußleistung Q_B von ca. 18 kW ist dieser Wert vergleichsweise hoch. Die Vollbenutzungsstundenzahl für diesen Fall beträgt 3.607 h/a.

Durch die innovative Architektur des Gebäudes ist der Anteil des Tageslichtes bei der Beleuchtung sehr hoch. Kunstlicht wird nur im Winter bzw. am Abend genutzt.

Eine Vergleichsrechnung mit einer täglichen Vollbeleuchtungsdauer $h_{Bd} = 4$ h/d (Herstellerangabe) und einer nominellen Beleuchtungszeit $\tau_B = 145$ d/a (Aussage vom Energieversorger) ergibt:

$$Q_{Ba} = Q_B * h_{Bd} * \tau_B = 18 \text{ kW} * 4 \text{ h/d} * 145 \text{ d/a} = 10.440 \text{ kWh/a} .$$

Der spezifische Strombedarf beträgt 1,13 kWh/(a * m²_{NGF}) und ist fast fünf mal geringer als das Resultat der ersten Rechnung.

Aus Sicherheitsgründen wird der höhere Wert zu Grunde gelegt. Genauere Daten folgen nach der Evaluierung des Gebäudes. Das Benutzerverhalten wird starken Einfluß haben.

1.3.4. Gesamtenergieverbrauch

Abschließend lässt sich der Gesamtenergiebedarf des Gebäudes folgendermaßen in Tabelle 9 darstellen:

		Jahresverbrauch [kWh/a]	spez. Bedarf [kWh/(a*m ² _{NGF})]
Nutzenergie Gebäude	gesamt	429.108	46,26
	Wärme gesamt	287.185	30,96
	- Heizung	272.343	29,36
	- Warmwasser	14.842	1,60
	Klimakälte	28.756	3,10
	Strom gesamt	113.167	12,2
	- RLT	55.656	6,00
	- Beleuchtung	51.018	5,50
	- Hilfsenergien	6.493	0,70
Endenergie gebäude	gesamt	479.198	51,66
	Wärme gesamt	356.754	38,46
	- aus Strom	69.570	7,50
	- Fernwärme (KWK)	287.185	30,96
	Kälte aus Strom	9.276	1,00
	Strom	113.167	12,20
Primär- energie	gesamt	824.822	88,92

Tabelle 9: Gesamtenergiebedarf TZ Erfurt

Vergleich mit den Zielwerten des Projektes

spez. Jahresenergiebedarf	Ist-Wert [kWh/(a*m ² _{NGF})]	Zielwert Solarbau TK 3 [kWh/(a*m ² _{NGF})]
Heizwärmebedarf Gebäude	29	40
Endenergie Gebäudes	52	70
Primärenergiebedarf	89	100

Tabelle 10: Vergleich mit den Zielwerten

Die vorstehende Werte zeigen, dass die Zielwerte von SolarBau TK 3 vollständig erfüllt sind.

1.4. Messtechnik

1.4.1. Ziele

Über einen Zeitraum von 2 Jahren soll der Energieverbrauch des Technologiezentrums erfasst und bewertet werden. Dadurch soll der Nachweis erbracht werden, dass mit entsprechender integrierter Planung die Verbrauchsziele bei den Energieträgern erreicht werden können. Die gewonnenen Erfahrungen und Kenntnisse sollen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden und finden Eingang in die Lehre an der FH Erfurt.

1.4.2. Messkonzept

Zur Visualisierung der energetischen Verbrauchswerte und zur laufenden Optimierung des Anlagenbetriebes ist ein Meßsystem zu entwickeln und später zu installieren. Dafür ist die Erstellung eines Meßkonzeptes über die nutzerabhängige Verbrauchserfassung hinaus erforderlich.

Für die messtechnische Erfassung der Energieströme wurde ein Messkonzept entwickelt, die Planung dafür ist abgeschlossen Für die zu erfassenden Daten ist ein separater Server vorgesehen. Ein Teil der interessierenden Daten wird mit der geplanten Leittechnik zusätzlich erfasst und dem Datenserver übergeben. Zusätzlich werden mobile Datenlogger für Temperaturen, Feuchte und Beleuchtungsstärke zeitweise zum Einsatz kommen.

Daten für folgende Auswertungen sollen erhoben werden:

- Untersuchen der Sonden zur Erdwärmenutzung; Messen der Leistungsabgabe;
- Messen der Temperaturen in repräsentativen Bereichen in Abhängigkeit von Fassadenkonzepten und Konditionierung;

- Untersuchen der natürlichen Be- und Entlüftung in verschiedenen Räumen;
- Betrachten innovativer Heiz-/Kühlsysteme, z. B. Flächenheizung, Kühldecken, Betonkernaktivierung;
- Energiebilanz der Erdkanäle zur Außenluftkonditionierung für die RLT;
- Bilanzieren der Wärmerückgewinnung;
- Untersuchen und Optimieren des Systems Sonnenkollektor und Warmwasserbereitung;
- Wärmepumpe zur Erdwärmenutzung und als Thermo-Elektro-Verstärker untersuchen;
- Erstellen einer vollständigen Energiebilanz des Gebäudes;
- Öko-Bilanz der Regenwassernutzung mit Energieverbrauch;
- Untersuchen der Primärenergieeinsparung durch den Einsatz regenerativer Energien;
- Entwickeln neuer Regelszenarien zur energieoptimierten Fahrweise der versorgungstechnischen Anlagen und Einbinden dieser in die Gebäudeautomation;
- Befragen von Eigentümer und Nutzern des Technologiezentrums.

Außerdem sollen die Beleuchtungsverhältnisse in unterschiedlichen Räumen bei unterschiedlichen Tageslichtverhältnissen erfasst und bewertet werden.

Folgende Größen sollen gemessen werden:

Wärmemengen / Kältemengen incl. Volumenströme, Vorlauf- und Rücklauftemperaturen ...

Raumtemperaturen aller belüfteten Räume ...

Elektroenergieverbrauch ...

Einschaltzeiten der Beleuchtung ...

u. s. w. Angabe mit Stückzahl und Messort, evtl. Zeichnung

2. Voraussichtlicher Nutzen

Durch das Forschungsprojekt konnte das Konzept des Gebäudes und der Energieversorgung wesentlich weiter entwickelt werden. Durch Optimierungen wurde der voraussichtliche spezifische jährliche Gesamtverbrauch an fossilen Energieträgern für das Gebäude gesenkt, so dass dieser unter $100 \text{ kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2_{\text{NGF}})$ betragen wird. Ohne eine Förderung wäre dieser Ergebnis nicht erzielt worden.

Durch die Entwicklung, Erprobung und Evaluierung von energiesparenden Gebäudekonzepten werden wesentliche Erfahrungen gewonnen. Mit entsprechenden Schlussfolgerungen für Planung und Betrieb von Gebäuden und einer entsprechenden Propagierung kann eine breitere Anwendung erfolgen. Damit ist es möglich, den Verbrauch an fossilen Energieträgern für den Gebäudebetrieb zu minimieren.

Die Investitionskosten für die Umsetzung innovativer Gebäudekonzepte ist heute noch höher als der Bau „normaler“ Gebäude. Durch die Förderung der Evaluierung kann die Senkung der Betriebskosten nachgewiesen werden und so die breitere Anwendung innovativer Gebäudekonzepte auch wirtschaftlich dargestellt werden.

3. Fortschritte auf dem Vorhabensgebiet

Im Rahmen des Förderprogramms SolarBau werden mehrere innovative, solaroptimierte Gebäudekonzepte erprobt. Erste Erkenntnisse für die Planung und den energiesparenden Gebäudebetrieb wurden im Konzept für den Neubau des Technologiezentrums Erfurt berücksichtigt.

Weitere Erkenntnisse werden insbesondere im Vergleich aller Projekte erwartet.

4. Veröffentlichungen

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes werden mit Beginn der zweiten Phase – Evaluierung – veröffentlicht. Dafür werden sowohl die Möglichkeiten im Rahmen des Monitorings SolarBau als auch die einschlägige Fachpresse genutzt werden