

Vergabe-Nr: 2025-56-00028

Kurzbezeichnung: Smartes Energiemodell - Modul 2 - Energiesystemmodell

## Leistungsbeschreibung

### 1 Einleitung und Motivation

#### 1.1 Projektbeschreibung

Das städtische Krankenhaus Dresden Friedrichstadt (SKDF) schreibt als Auftraggeber (AG) die Erstellung eines smarten modularen Energiemodells aus, welches zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, zur Minimierung des Energieverbrauchs und zur Reduzierung der Betriebskosten entwickelt werden soll. Das Energieversorgungsmodell bietet die Grundlage für das Transformationskonzept und die optimierte Auslegung von Neuanlagen. Weiterhin soll mithilfe einer theoretischen Optimierung der Regelung und der Integration eines intelligenten Messsystems der effiziente und gleichzeitig sichere Anlagenbetrieb sichergestellt werden.

Das smarte Energiemodell wird aktuell in die folgenden Module unterteilt, welche getrennt voneinander ausgeschrieben werden: das Intelligente Messsystem für das Monitoring, das Energiesystemmodell sowie notwendige erweiterte Schnittstellen-APIs zur Gebäudeleittechnik (GLT) für extern optimierte Sollwerte und die erweiterte Systemkommunikation für das Messsystem, z. B. auch über ein prototypisches 5G-Netz. Das Gesamtkonstrukt des smarten Energiemodells mit allen auch peripheren, optionalen Modulen wird in der folgenden Abbildung 1 schematisch dargestellt, um die Wechselwirkungen zwischen den Modulen aufzuzeigen. Dieser modulare Ansatz dient einer schnellen Umsetzung der Kernmodule 1 bis 4 und ermöglicht eine sukzessive Erweiterung um weitere Bestandteile.

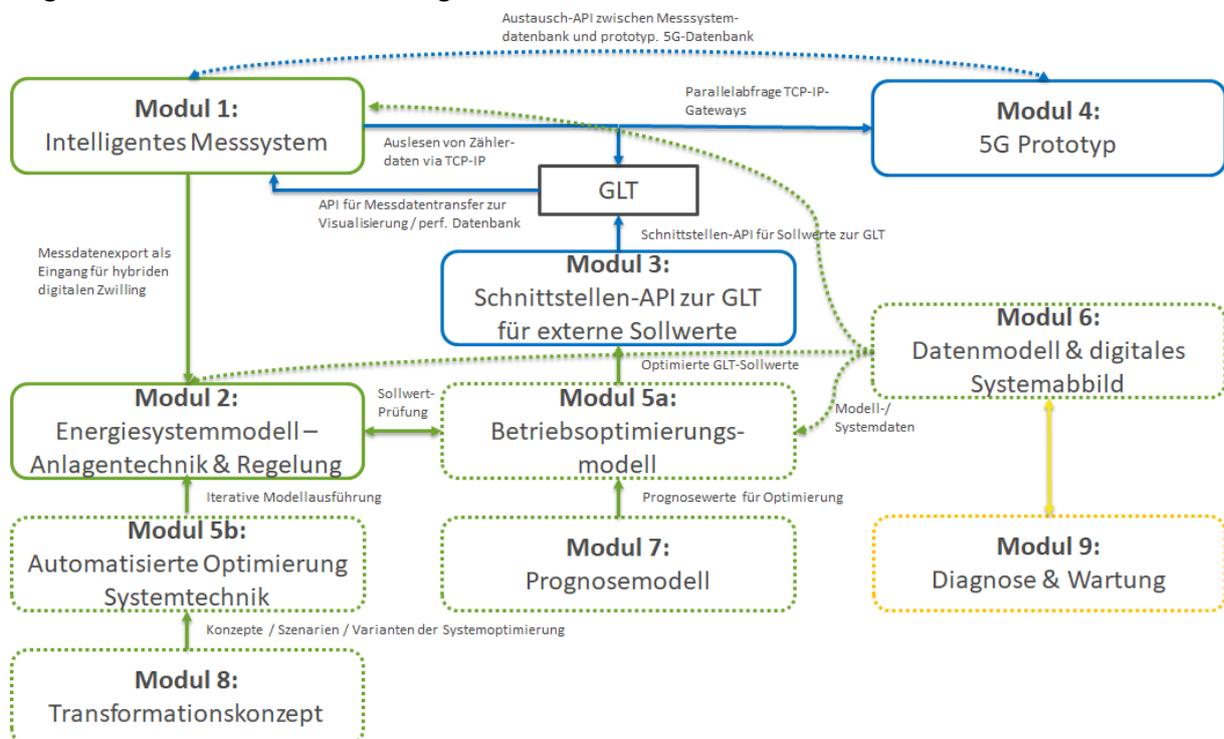


Abbildung 1: Modularer Aufbau des smarten Energiemodells

Für die künftige Weiterentwicklung des smarten Energiekonzepts sollen bereits die gestrichelt umrandeten Module Betriebsoptimierungsmodell & automatisierte Optimierung der Systemtechnik, Datenmodell & digitales Systemabbild, Prognosemodell, Transformationskonzept, sowie Diagnose und Wartung mitgedacht werden.

## 1.2 Modulbeschreibung

Das Energiesystemmodell ist ein zentraler Baustein des ganzheitlichen, smarten Energiemodells. Das Ziel ist die Entwicklung eines Simulationsmodells, mit dem die Abbildung des real vorhandenen Energieversorgungssystems möglich ist. Hierzu gehört die Bestandsaufnahme des Energiesystems sowie deren Regelung. Eine Modellierung hinsichtlich einer vollständigen Systembetrachtung als auch ein grafisches Modellierungs- und Steuerungsinterface (GUI) sind notwendig, um das Systemverhalten durch den AG bewerten zu können.

Im Hinblick auf die Modulwechselwirkungen (vgl. Abb. 1) wird die Bedeutung der Schnittstellen zu den Modulen Intelligentes Messsystem und Schnittstellen-API und ein geplantes Optimierungsmodell sowie das Transformationskonzept hervorgehoben, um die sichere Funktionsweise des ganzheitlichen smarten Energiemodells zu gewährleisten.

Der AG wird das Energiesystemmodell aktiv nutzen und zukünftige Änderungen der (technischen) Rahmenbedingungen ggf. selbstständig anpassen, weshalb die Simulationssoftware inkl. Solver und Ausführungsplattform für den AG verfügbar sein muss. Die Auftragsvergabe erfolgt entsprechend einer Bewertungsmatrix.

## 1.3 Begriffsdefinition

Die nachfolgenden Definitionen erläutern Begriffe im Bereich der Modellierung von Energiesystemen für Simulationen. Diese werden teilweise in der Leistungsbeschreibung verwendet und hier definiert, um ein einheitliches Verständnis sicherstellen und Missverständnissen vorbeugen zu können.

### 1.3.1 Simulationsmodell

Ein Simulationsmodell ist die mathematische Darstellung wesentlicher Charakteristiken eines realen Systems oder eines realen Prozesses, welches bzw. welcher zur Vorausberechnung zukünftigen Verhaltens unter einer Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen genutzt werden kann. Dieses wird in einer Simulationsumgebung ausgeführt.

### 1.3.2 Simulationsumgebung

Eine Simulationsumgebung ist die Gesamtheit aller technischen und methodischen Komponenten, die benötigt werden, um ein oder mehrere Simulationsmodelle auszuführen, zu steuern, zu beobachten und auszuwerten.

### 1.3.3 Regelung

Die Regelung bzw. das Regeln ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße, erfasst, mit (einer) anderen Größe(n), der/n Führungsgröße(n), verglichen und im Sinne einer Angleichung an diese Führungsgröße(n) beeinflusst wird.

### 1.3.4 Co-Simulation

Bei der Co-Simulation werden die verschiedenen Teilsysteme, die ein gekoppeltes Problem bilden, verteilt modelliert und simuliert. Daher erfolgt die Modellierung auf Subsystemebene. Abhängigkeiten zu anderen beteiligten Systemen/Komponenten werden lediglich in Form von Schnittstellen formuliert.

### 1.3.5 Monitoring

Monitoring ist die Überwachung von Vorgängen. Es ist ein Überbegriff für alle Arten von systematischen Erfassungen, Messungen oder Beobachtungen eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme.

### 1.3.6 Lastprofil

Das Lastprofil oder der Lastgang bezeichnet den zeitlichen Verlauf der abgenommenen Leistung über eine zeitliche Periode.

### 1.3.7 Programmierschnittstelle (API)

Eine Programmierschnittstelle, häufig nur kurz API genannt, ist ein Programmteil, der von einem Softwaresystem anderen Programmen zur Anbindung an das System zur Verfügung gestellt wird.

### 1.3.8 Gebäudeleittechnik (GLT)

Die Gebäudeleittechnik bezeichnet die Software, mit der Gebäude überwacht und gesteuert werden.

### 1.3.9 Key-Performance-Indicator (KPI)

KPIs sind Kennzahlen, die sich auf den Erfolg, die Leistung oder Auslastung des Betriebs, seiner einzelnen organisatorischen Einheiten oder einer Maschine beziehen.

## 2 Ausgangszustand des Energieversorgungssystems

Der Krankenhauskomplex besteht aus 24 Einzelgebäuden und verfügt bereits über 13 Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Die Kindertagesstätte mit der Gebäudebezeichnung „KH“ soll nicht mit in das Energiesystemmodell eingebunden werden. Die Integration eines Eis- und Batteriespeichers steigert die Systemflexibilität. Im Hinblick auf die Erweiterung um eine Photovoltaik-Anlage mit volatiler Stromerzeugung rückt die Gesamtsystemsimulation in den Vordergrund. Damit können z.B. Optimierungspotenziale erschlossen und Maßnahmen zur Steigerung der Systemeffizienz bzw. weitere Umbaumaßnahmen analysiert und bewertet werden („Was-Wäre-Wenn-Analyse“). Der Übersichtsplan des Krankenhauses befindet sich im Anhang A1.

Im Folgenden werden alle notwendigen Komponenten der zentralen Versorgungstechnik und Energieverteilung inkl. der Speicher beschrieben. Abbildung 2 zeigt dabei eine strukturelle Übersicht der modellinternen Komponenten. Das Energiesystemmodell soll dabei für die Medien Wärme, Kälte und Strom alle relevanten Komponenten im Bereich Erzeugung, Verteilung, Speicher und Verbraucher beinhalten.

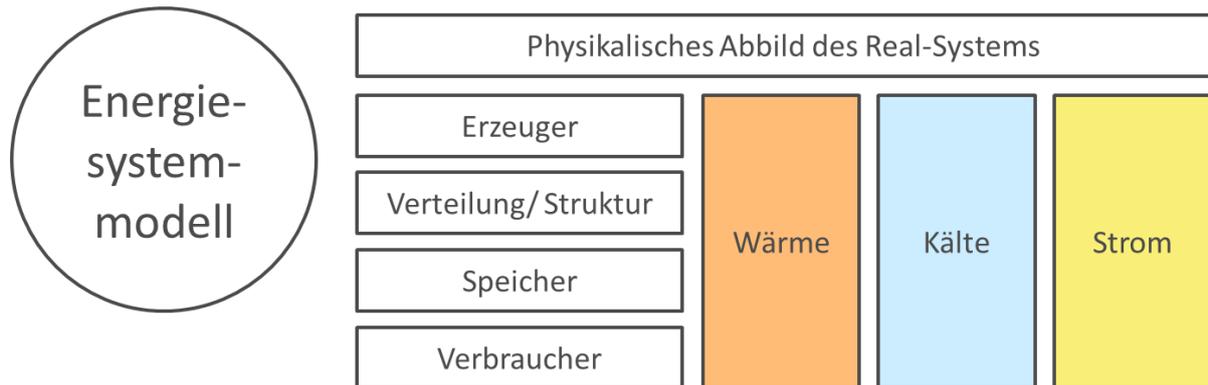


Abbildung 2: Übersicht Energiesystemmodell

## 2.1 Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung des Campus erfolgt bisher monovalent mithilfe von sechs Fernwärmeübergabestationen und soll in Zukunft ggf. um ein Wärmepumpensystem mit Geothermie als Wärmequelle erweitert werden. Das SKDF ist direkt an das Primärnetz der Fernwärme angeschlossen. Auf dem Campus wird die Wärme über ein eigenes Sekundärnetz des Fernwärmenetzes zwischen den Gebäuden verteilt.

In Tabelle 1 werden die aktuellen Fernwärmeübergabestationen aufgelistet. Die Kita als separates Objekt soll von den Betrachtungen im smarten Energiemodell ausgeschlossen werden, wodurch die hier vorliegende Messstelle nicht weiter betrachtet wird.

Tabelle 1: Übersicht über Fernwärmeübergabestationen

Haus	Anschlussleistung [kW]	Versorgungsbereich ggf. über Nahwärmenetz
B	280	Haus B
C	1.600	Häuser C und M
G	650	Häuser A-West, G, U, W
Q	175	Haus Q, Mehrzweckgebäude (MZG)
V	2.512	Häuser A-Ost, A-Mitte, Ärztehaus (ÄH), E1 (=E-Ost), H, I, K, L, N, P, R, S, V, V1, Z
Kita	50	Kita (Friedrichstraße 46)

Der Gesamtwärmebedarf resultiert in allen Gebäuden aus dem Heizbedarf für statische Heizflächen und raumluftechnische Anlagen sowie dem Bedarf der Warmwasserbereitung. In Haus ÄH (Ärztehaus), H, I, M, N, P und R erfolgt die Warmwasserbereitung nach dem Durchflussprinzip. In allen anderen Gebäuden kommt das Speicherladeprinzip zum Einsatz.

## 2.2 Kälteversorgung

Die Kälteversorgung am Standort ist aktuell noch eher dezentral organisiert. Jedoch werden über die zentrale Kälteversorgung in den Häusern C und H die Gebäude C, H, A, AH (Ärztehaus), R, K, I, L, N, G, W, B, M und P versorgt (siehe Abbildung 3).

Die Kälteerzeugung wird mehrheitlich über die großen Kompressionskälteanlagen in den Häusern C und H vorgenommen. Aber auch dezentrale Klima-Split-Geräte kommen zum Einsatz. Kältemessungen über die GLT erfolgen bisher für Teile der zentralen Kälteerzeugung und -verteilung. Die Klima-Split-Geräte sind nicht mit Zählern ausgestattet. Des Weiteren existiert eine Kältemaschine in Haus V für die RLT-Anlagen und die Kühlung der Batterieversorgung im Rechenzentrum. Für eine Spitzenlastreduktion wird ein Eisspeicher eingesetzt.

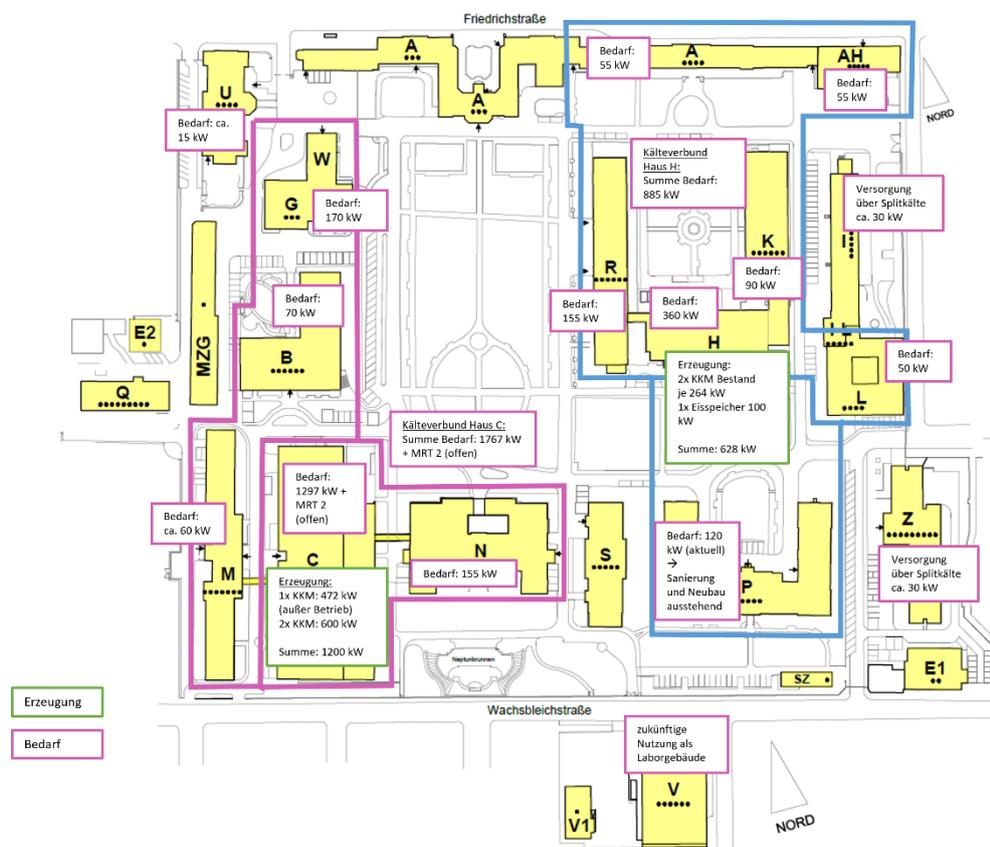


Abbildung 3: Übersicht Kälteversorgung

## 2.3 Elektroenergieversorgung

Die Stromversorgung des Campus erfolgt direkt aus einem Mittelspannungsringnetz durch mehrere Trafostationen, die ein Niederspannungsnetz aufbauen. Das Niederspannungsnetz wird in eine Allgemein- und eine redundante Sicherheitsstromversorgung mit Notstromgeneratoren unterteilt. Im Energiesystemmodell soll aufgrund der geringen Ausfallzeiten des Basissystems ausschließlich die Allgmeinstromversorgung berücksichtigt werden. Zur Steigerung der Systemsicherheit wird ein Batteriespeicher genutzt. Weiterhin werden bis einschließlich 2026 auf insgesamt vier Gebäuden Photovoltaik-Anlagen errichtet (d.h. grün markierte Anlagen in Tabelle 2 gehen 2025 ans Netz). Zu den Stromverbrauchern zählen die einzelnen Gebäude, die Ladestationen für die Elektrofahrzeuge, Medizintechnik und die elektrischen Bestandteile der Wärme- bzw. Kälteerzeuger.

Tabelle 2: Geplante und bereits errichtete PV-Anlagen am Standort

Liegenschaft und Gebäude	Geplante Leistung in kWp	Prognostizierte jährliche Stromerzeugung in kWh	Voraussichtliche Inbetriebnahme
SKDF Haus H + K	175	168.000	2024
SKDF Haus I + L	125	130.000	2024
SKDF Haus Z	90	43.000	2025
SKDF Haus B	100	102.000	2026
<b>Summe</b>	<b>490</b>	<b>443.000</b>	

## 2.4 Anlagenregelung

Teil des Energiesystemmodells ist neben der Modellierung der Erzeuger, Verbraucher, Speicher und Infrastruktur auch die Regelung der Systemkomponenten. Die heuristische Regelung im Energiesystemmodell soll zunächst den Ist-Stand der Anlagenautomation für die Bereiche Wärme, Kälte und Strom abbilden und gleichzeitig Schnittstellen für eine künftige Optimierung der Regelung bereithalten.

Die aktuell implementierte Regelung wird in einem zentralen Gebäudeautomationssystem mit einer GLT betrieben. Aktuell existieren zwei Versionen der GLT. Unterschiedliche Gebäude laufen hier auf den beiden bestehenden Systemen auf. Eine perspektivische Integration in die aktuelle GLT oder Übertragung auf ein neues gemeinsames System ist geplant. Außerdem ist der hydraulische Abgleich noch nicht in allen Gebäuden vorgenommen worden.

Die temperaturgeführte Regelungslogik der Heizkreise basiert auf Sollwerten für die Vorlauftemperatur, welche über Heizkurven in Abhängigkeit von der Außentemperatur ermittelt werden. Als Regelungsparameter sind meist Ist- und Sollwerte des Vor- und Rücklaufs, die Außentemperatur und im Bereich der Wärme-Konfigurationsparameter der Heizkurve (Verschiebung KH und Steilheit EF) hinterlegt. Außerdem sind verschiedene komponentenspezifische Betriebszustände (Rücklaufbegrenzung, Not-Aus, Tagesbetrieb, Nachtbetrieb) und Schaltzustände (Ein, Aus, Automatik, Manuell, Aufheizen, Zwischenheizen)

und Standby) möglich. Im Kältebetrieb kann zwischen dem Kältemaschinenbetrieb (KMB) und der Freien Kühlung basierend auf der Außentemperatur umgeschaltet werden.

Um den stabilen Regelbetrieb zu gewährleisten, ist die Mess-, Sensor- und Regelungstechnik in der Feldebene notwendig. Neben Sensoren sollen ggf. auch die Aktoren (Umwälzpumpen und Ventile) im Energiesystemmodell berücksichtigt werden, um das reale Systemverhalten abzubilden. In Absprache mit dem Hersteller der GLT Kieback&Peters und mit dem AN für das Modul „Intelligentes Messsystem“ sind alle weiteren Details (Messstellen, Art der erfassten Messwerte etc.) abzustimmen.

Während die Bereiche Wärme und Kälte bereits gut in der übergeordneten Regelung der GLT berücksichtigt sind, liegt aktuell keine zentrale Regelung des Stromnetzes vor. Im Hinblick auf die Erweiterung der Ladestationen und des Batteriespeichers um die Photovoltaik-Anlagen wird eine übergeordnete Regelung notwendig, um die Effizienz der Stromversorgung zu steigern.

### 3 Zielstellungen, Regelung und Anforderungen

#### 3.1 Allgemeine Zielstellungen

Mithilfe eines dynamischen Modells der Anlagentechnik inkl. Speicherung und Energieverteilung für den Krankenhaus-Campus Dresden Friedrichstadt soll das Energiesystem langfristig bewertbar gemacht und zukünftig optimal betrieben werden. Hierfür wird ein lauffähiges dynamisches Simulationsmodell, welches den Ist-Zustand des Energiesystems des Krankenhaus-Campus Dresden Friedrichstadt abbildet, benötigt.

Alle relevanten Lasten, wie statische Heiz- und Kühlkreise, Erhitzer und Kühler von Lüftungsanlagen sowie relevante elektrische Verbraucherkreise auf NSHV-Ebene, einschließlich dezentrale Klimageräte, sind vollständig als Lasten im Modell abzubilden. Die Ermittlung dieser Lasten ist durch geeignete Verfahren, beispielsweise über separate, anlagen-/gebäudespezifische Simulationsmodelle oder durch die Integration vorhandener Messzeitreihen, umzusetzen. Die angewandte Methodik zur Lastermittlung ist dabei transparent und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Darüber hinaus wird gefordert, dass das Modell strukturell analog zu bestehenden Planungsunterlagen aufgebaut und für Dritte nachvollziehbar gestaltet ist. Dies schließt eine systematische und verständliche Abbildung der Erzeuger, Verbraucher und Speicher innerhalb des Verteilungsnetzes ein. Zur Unterstützung der Nachvollziehbarkeit ist das Gesamtsystemmodell zudem grafisch darzustellen.

Der Auftraggeber möchte das Modell langfristig nutzen und pflegen sowie lizenzkostenfrei betreiben. Daher ist sicherzustellen, dass das entwickelte Modell sowie die zugehörige Softwarelösung vom Auftraggeber eigenständig bearbeitet und lizenzkostenfrei ausgeführt werden können. Die eingesetzte Modellierungssoftware muss daher einer Open-Source-Lizenz unterliegen, um eine lizenzfreie und nachhaltige Nutzung sicherzustellen. Zudem wird erwartet, dass Wartungsarbeiten sowie umfassendere Weiterentwicklungen oder strukturelle Anpassungen des Modells durch externe Dienstleister, einschließlich des Auftragnehmers, möglich sind.

Ein uneingeschränkter Zugriff auf das Modell ist für Mitarbeitende des Auftraggebers sicherzustellen. Dies umfasst sowohl die Möglichkeit zur Ansicht als auch zur Bearbeitung und Ausführung des Modells im Rahmen der vorgesehenen Nutzung.

Da sich die ausgeschriebene Maßnahme in einen größeren Projektrahmen integrieren muss, besteht ein weiteres Hauptaugenmerk in der Bedienung der bestehenden Schnittstellen zu verschiedenen bereits bestehenden und auch neuen Systemen (siehe Abbildung 1):

- Schnittstellen für den Datenimport vom intelligenten Messsystem zum Energiesystemmodell
- Auslesen der Parameter und Simulationsergebnisse ggf. durch eine separate Datenhaltungsplattform plus Visualisierung
- Externe iterative Modellausführung und Auslesen der Simulationsergebnisse
- Externer Zugriff auf Parameter der Modellkomponenten

## 3.2 Generelle Regelungs- und Anforderungsdefinition

In den Folgeabschnitten erfolgt eine dezidierte technische Beschreibung der Modellierungsnotwendigkeiten des bestehenden Energiesystems am Standort, welches zur Erreichung der allgemeinen Zielstellungen notwendig ist. Im Rahmen dieses Abschnitts werden die allgemeinen Systemanforderungen definiert.

### 3.2.1 Allgemeine Regelung und Anforderungen

**Projektdauer:** Grundsätzlich ist eine Umsetzung der Maßnahme inkl. aller Rest- und Schnittstellenarbeiten zu anderen Modulen bis spätestens zum Auslaufen des Fördervorhabens zum Dezember 2026 abzuschließen. Aufgrund der Verzahnung dieser Maßnahme mit anderen Modulen des smarten Energiemodells wird ein Abschluss der Hauptarbeiten und die Leistungsabnahme bis Q3 2026 gefordert.

**Datenübergabe und Zusammenarbeit mit dem AG:** Zu Projektbeginn sind, die durch den AG, bereitgestellten Daten, die aus Sicht des AN für das Energiemodell notwendig sind, auf Vollständigkeit und Plausibilität zu prüfen.

Der AN hat sein Dienstleistungsteam so aufzustellen, dass während der Projektphase generell (d.h.: online/ telefonisch: Montag bis Freitag in der Zeit von 07:00 Uhr bis 17:00 Uhr) ein entscheidungsbefugter Mitarbeiter des ANs für den AG verfügbar ist. Die Projektleitung ist bei Bedarf in der Lage, kurzfristig einen Standort des AG in Dresden aufzusuchen, um zeitnah erforderliche Abstimmungen mit dem AG realisieren zu können.

Ebenso soll es regelmäßige Treffen (digital oder Präsenz) zum Austausch über den Projektstand zwischen AG und AN geben (zweiwöchentlicher Jour-Fixe). Im Rahmen dieser regelmäßigen Treffen sind unter anderem Umsetzungskonzepte und Zwischenstände zu präsentieren und das weitere Vorgehen mit dem AG abzustimmen. Der AN nimmt an weiteren themenspezifischen Abstimmungen mit dem AG und weiteren Stakeholdern teil. Der AN übernimmt die Ergebnis-Protokollführung zu gemeinsamen Terminen mit Festlegungen, Aufgaben und relevanten Informationen, um auch Dritten einen transparenten Informationsstand zu ermöglichen.

Von Beginn an ist eine strukturierte Arbeitsweise erforderlich. Arbeitsergebnisse sind auf Anforderung des Auftraggebers, mindestens jedoch mit Abschluss jedes Arbeitspakets, zu dokumentieren. Alle Berichte sind in klarer, verständlicher Sprache zu verfassen und sollen die wesentlichen Inhalte kurz und präzise darstellen.

**Schnittstellen zu anderen Modulen:** Im Rahmen der Umsetzung ist eine Vernetzung mit anderen Modulen sowie Absprachen zu anderen ausführenden Unternehmen bzw. dem AG vorzunehmen damit die in Abbildung 1 und Abschnitt 3.1 beschriebene Gesamtfunktionalität inkl. der notwendigen Schnittstellen gewährleistet werden kann.

Ein möglicher Implementierungsansatz sieht vor, dass Lastprofile und Wetterdaten als Zeitreihen aus den Modulen „Intelligentes Messsystem“ und „Prognose“ importiert werden. Soll-Werte sollen langfristig durch das Modul 5a „Betriebsoptimierungsmodell“ und Systemparameter könnten aus dem Modul 5b „Automatisierte Optimierung Systemtechnik“ als Konfigurationsdateien übertragen werden.

Die Simulationsergebnisse aus dem Energiesystemmodell dienen als Entscheidungsgrundlage für Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Betriebsoptimierung oder der Systemtechnik. Für die Betriebsoptimierung werden die Ergebnisse aus Modul 5a im Simulationsumfeld geprüft. Bei der Optimierung der Systemtechnik in Modul 5b werden durch das Energiesystemmodell KPIs ermittelt. In beiden Fällen müssen die Parameter und Ergebnisse zwischen den Modulen automatisiert übertragen werden können. Eine entsprechende Schnittstelle ist vorzuhalten.

**Eingesetzte Hardware:** Die Nutzung des Modells soll wahlweise über eine lokale Installation auf einem Windows-basierten Arbeitsplatzrechner oder, sofern die datenschutzrechtlichen Anforderungen gemäß ISO/IEC 27001 erfüllt sind, über einen Cloud-Zugriff ermöglicht werden. Die Einhaltung entsprechender Sicherheits- und Datenschutzstandards ist dabei verbindlich sicherzustellen.

**Einsatz von OpenSource-Software:** Da das Projekt durch öffentliche Mittel gefördert wird, unterliegt es dem Grundsatz der Offenheit. Entsprechend gilt für das Energiesystemmodell sowie das übergeordnete smarte Energiemodell ein Open-Source-Gebot. Dies bedeutet, dass sämtliche entwickelten Konzepte, Skizzen, Schemata sowie der vollständige Software-Code der Modelle und der zugehörigen Ausführungsoftware offenzulegen und auf der Plattform <https://opencode.de/de> hochzuladen sind. Ziel ist es, eine langfristige Wiederverwendbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, insbesondere für andere öffentliche Einrichtungen.

Die konkreten Regelungen an Open Source im Rahmen dieses Projekts sind unter <https://www.smart-city-dialog.de/regelungen-zu-open-source-fuer-modellprojekte-smart-cities> (29.07.2025) verbindlich beschrieben. Der Bieter hat im Rahmen seines Angebots darzulegen, auf welche Weise er diese Open-Source-Vorgaben umzusetzen beabsichtigt.

**Datenbasis:** Für die Erstellung des Simulationsmodells stehen verschiedene Informationsquellen und Bestandsunterlagen zur Verfügung. Nach Komponenten aufgeschlüsselte Informationen über die Erzeuger und Speicher sowie hydraulische Komponenten wie Umwälzpumpen können Datenblättern und Typenschildern entnommen werden. Des Weiteren stehen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata und Übersichtspläne zur Infrastruktur (Strom, Wärme und Kälte) zur Verfügung. Informationen zur implementierten Regelung z. B. in Form einer Regelungsbeschreibung sind von den technischen Mitarbeitern des SKDF und dem Hersteller der GLT einzuholen. Verbraucherspezifische Informationen zur Gebäudekubatur, dem Sanierungsstand sind jedoch teilweise nicht verfügbar. Das gesamte Klinikum Dresden Friedrichstadt unterliegt dem Flächendenkmalschutz.

### 3.2.2 Qualitative Regelung und Anforderungen

**Einhaltung IT-Sicherheit & Datenschutz:** Die Umsetzung und der Betrieb des Energiesystemmodells haben unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik sowie der geltenden gesetzlichen Vorgaben im Bereich Datenschutz und IT-Sicherheit zu erfolgen. Es müssen im Rahmen der Auftragsverarbeitung vertragliche Regelungen vereinbart werden. Hierbei müssen technisch organisatorische Maßnahmen (TOMs) mit dem Auftraggeber abgestimmt werden. Als Kritische Infrastruktur (KRITIS) nach §8a Absatz 2 des BSI-Gesetzes und nach §6 KritisV, gelten besondere Anforderungen an Betreiber kritischer Infrastruk-

turen bzgl. der Sicherstellung der kritischen Dienstleistung stationärer medizinische Versorgung. Relevante Gesetze, Vorschriften und vertragliche Verpflichtungen müssen eingehalten werden. Sofern relevant, sind folgende Vorschriften und Gesetze zu beachten:

- Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI-Gesetz)
- Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-KritisV)
- Zweites Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz 2.0)
- Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2022/2557 und zur Stärkung der Resilienz von Betreibern kritischer Anlagen (KRITIS-DachG ab 10/2024)
- NIS2-Umsetzungsgesetz (NIS2UmsuCG ab 10/2024)
- Branchenspezifischer Sicherheitsstandards (B3S) „Medizinische Versorgung“
- Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)
- BSI Technische Richtlinie TR-03187 „Sicherheitsanforderungen an Urbane Datenplattformen“

Zu beachten gilt weiterhin:

- BSI TR-03187 Sicherheitsanforderungen an Urbane Datenplattformen
- Erfordernis C5 Testat bei Cloud Computing ([https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Cloud-Computing/Kriterienkatalog-C5/kriterienkatalog-c5\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Cloud-Computing/Kriterienkatalog-C5/kriterienkatalog-c5_node.html))

Eine umfangreiche Informationssicherheitsleitlinie wird der Ausschreibung beigelegt. Die Einhaltung dieser Vorgaben ist im Rahmen der Projektumsetzung sicherzustellen und entsprechend zu dokumentieren.

**Echtzeitfähigkeit (perspektivisch):** Das Energiesystemmodell ist so auszugestalten, dass perspektivisch eine Echtzeitfähigkeit in der modellprädiktiven Anlagenregelung ermöglicht wird. Dies umfasst die technische Vorbereitung für sowohl kontinuierlichen als auch diskontinuierlichen Datenaustausch im Rahmen von Simulationen. Die Systemarchitektur ist so vorzusehen, dass eine spätere Integration oder Anbindung externer Module zur Echtzeitregelung über geeignete Schnittstellen ohne grundlegende Anpassungen möglich ist.

**Auflösung und Performance:** Das Energiesystemmodell muss in der Lage sein, die zeitliche Ausgabe-schrittweite flexibel zwischen einer Sekunde und einer Stunde anzupassen. Dadurch sollen unterschiedliche Anforderungen an die Regelung sowie an die Auswertung elektrischer und thermischer Energiekomponenten ermöglicht werden. Die Simulation muss sowohl für kurze Zeiträume, wie einzelne Stunden oder Tage, als auch für vollständige Jahressimulationen zuverlässig durchführbar sein.

Insbesondere ist sicherzustellen, dass eine Jahressimulation mit einer maximalen zeitlichen Auflösung von 60 Minuten innerhalb weniger Stunden, idealerweise innerhalb von Minuten, durch den Auftraggeber durchgeführt werden kann.

### 3.2.3 Funktionsregelung und -anforderungen

**Benutzerfreundlichkeit und Bedienung:** Das Tool muss über eine intuitive Benutzeroberfläche verfügen, die eine einfache Nutzung durch technisch geschultes Fachpersonal (z. B. technische Sachbearbeiter) ermöglicht. Funktionen zur Diagnose und Fehleranalyse sollen integriert sein, um die Nachvollziehbarkeit und Qualität der Simulationen zu sichern.

**Flexibilität und Editierbarkeit:** Das Simulationsmodell muss vom Auftraggeber eigenständig bearbeitet werden können. Dies umfasst das Ergänzen, Variieren und Entfernen von Komponenten sowie die Anpassung der Regelung und somit eine Modellierung und Simulation von Was-Wäre-Wenn Szenarien in Abweichung zum Ist-Zustand. Eine Auswahl potenziell hinzufügbare und editierbare Komponenten wird im Anhang Abbildung A2 bereitgestellt.

Beispielsweise soll im Rahmen der Nutzung durch den AG die Wärmeversorgung durch die Installation einer geothermischen Quelle und einer Wärmepumpe im Modell angelegt, parametrisiert und entsprechend geprüft werden können.

**Ergebnisverarbeitung und Validierung:** Das Simulationswerkzeug muss Funktionen zur strukturierten Ergebnisverarbeitung bereitstellen. Dazu gehört die Bereitstellung relevanter Kennzahlen und Zeitreihen, die sowohl für die technische als auch für die wirtschaftliche Bewertung herangezogen werden können. Zur Unterstützung der Analyse und Interpretation sollen die Simulationsergebnisse in geeigneter grafischer Form visualisiert werden. Darüber hinaus ist eine Exportfunktion zu integrieren, die die Ausgabe der Ergebnisse in gängigen Formaten, wie .csv, json, PDF oder jpg, ermöglicht, um eine Weiterverarbeitung in nachgelagerten Prozessen oder externen Systemen sicherzustellen. Ergänzend sind Funktionen zur Validierung der Simulationsergebnisse sowie zur Kalibrierung der Modellparameter auf Basis realer oder referenzierter Daten bereitzustellen, um die Modellgüte prüfen und optimieren zu können.

**Schnittstellen:** Zur systemseitigen Einbindung des Simulationswerkzeugs ist ein API-Zugriff bereitzustellen. Dieser soll den standardisierten Import und Export von Daten mit externen Modulen und Datenquellen ermöglichen, etwa für Zeitreihen (Lastprofile, Wetterdaten) sowie für Simulationsergebnisse und Kennzahlen. Die Schnittstelle muss gängige Formate (JSON, CSV oder txt) unterstützen und eine einfache, automatisierte Integration in bestehende Systeme ermöglichen.

### 3.2.4 Verhaltensregelung und -anforderungen

**Zugang für Nutzer des AG:** Der AG benennt eine Liste berechtigten Personals für den Zugriff auf das Energiesystemmodell sowie die Diagnosewerkzeuge. Für diese Personen müssen individuelle Zugänge und Zugriffsrechte vergeben werden können. Der AG (d.h. benanntes und geschultes Personal) erhält volle Administratorrechte am System und die Möglichkeit neue Zugänge anzulegen und bestehende anzupassen und zu löschen.

**Schulung für Systemnutzer / Dokumentation:** Der AN wird benanntes Fachpersonal des AG im Rahmen eines Workshops in die Nutzung und den Betrieb des Energiesystemmodells einweisen. Weiterhin ist durch den AN ein Satz Dokumentationsmaterialien in deutscher Sprache zu erstellen, die es dem AG auch weiterhin ermöglichen, weiteres, selbst benanntes Fachpersonal ohne weitere Unterstützung des AN in die Nutzung einzuweisen.

**Support und Wartung:** Für eine langfristige und nachhaltige Nutzung des Energiesystemmodells sind insbesondere in der Anfangsphase der Nutzung Wartungen und Support notwendig. Hierfür hat der AN ein entsprechendes Konzept bzw. eine bestehende Infrastruktur aufzuzeigen.

### 3.2.5 Strukturregelung und -anforderungen

**Modellstruktur und -aufbau:** Der Modellaufbau und die Parametrisierung der Modellkomponenten sollen auf den zur Verfügung stehenden R&I-Schemata und Anlagenplänen basieren. Alle Erzeuger sowie Speicher sollen mithilfe der Datenblätter detailgetreu abgebildet werden, sodass statische und dynamische Zusammenhänge der physikalischen Größen Temperatur, Volumenstrom und thermische & elektrische Leistung simuliert werden können.

Die Infrastruktur der Medien kann ggf. in Clustern vereinfacht werden, insofern nur geringe Abweichungen vom realen Verhalten auftreten würden. Die Netzverluste sollen im Modell berücksichtigt werden.

Die Verbraucher untergliedern sich in die Energieformen Strom, Wärme und Kälte (Abbildung 2). Sie sollen in Gebäude und Großverbraucher unterschieden und bei Bedarf in Abstimmung mit dem AG zusammengefasst werden. Eine separate Modellierung der Warmwasserbereitung und Heizbedarfe auf Gebäudeebene und getrennt nach statischen Heizflächen und Raumluftechnik wird bevorzugt. Die Verbraucher sollen mindestens als Lastprofile in das Energiesystemmodell integriert werden. Hierfür sollen witterungsbereinigte Lastprofile generiert oder gemessene Lastprofile aufbereitet werden. Die Manipulation und die Skalierung der Lastprofile durch Änderungsfaktoren (Wetter, Sanierung, Gebäudenutzung) soll ermöglicht werden. Eine physikalische Detailmodellierung der Gebäude und Großverbraucher ist aufgrund der Zielsetzung und vorhandenen Datengrundlage nicht erforderlich. Eine detaillierte Liste aller relevanten Verbraucher wird dem AN bei Projektbeginn zur Verfügung gestellt.

**Anlagenregelung:** Die Systemkomponenten der Bereiche Wärme, Kälte und Strom sollen übergeordnet durch einen zentralen Controller heuristisch geregelt werden. Der zentrale Controller soll freischneidbare Schnittstellen enthalten, mit denen eine Anbindung des Moduls „Betriebsoptimierungsmodells“ zur Optimierung der Regelung gewährleistet wird. Diese Schnittstellen werden im Vorhinein mit benannten Vertretern des AG abgestimmt.

Die Schnittstellen können in der Form verschiedener Signaltypen umgesetzt werden:

- kontinuierliche Sollwerte wie Temperatur oder Volumenstrom
- binäre Freigabesignale
- Steuer- und Stellsignale für z. B. modulierende Stellventile oder
- Priorisierungslisten für die verschiedenen Erzeugertypen.

Weiterhin ist die prozessnahe (interne) Regelung auf der Feldebene ohne Fernzugriff in Abhängigkeit von den im Controller implementierten Schnittstellen umzusetzen. Die dafür notwendigen Mess- und Sensorwerte sollen in Abstimmung mit dem Modul „Intelligentes Messsystem“ eingebunden werden, sodass ein geschlossener Regelkreis vorliegt.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

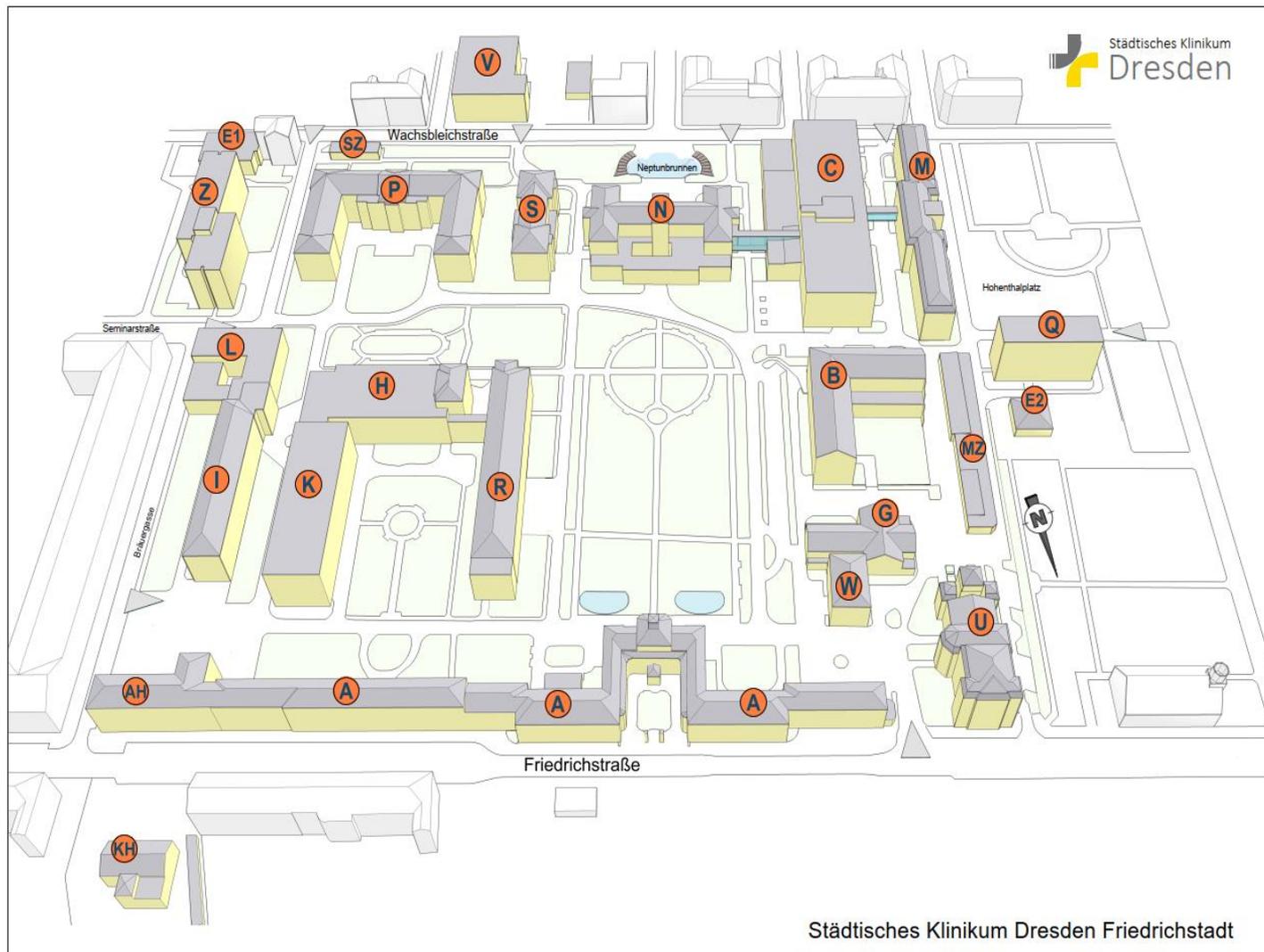


Abbildung A1: Überblick über die Gebäude des Standortes

- Fernwärme-Übergabestation
- BHKW
- Gaskessel
- Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Sole-Wasser-WP mit Geothermie Betrachtung (Flachkollektoren, Sonden)
- Solarthermie
- Wärme-, Kältespeicher
- Batteriespeicher
- Photovoltaik
- Photovoltaisch-thermische Sonnenkollektoren (PVT)
- Kältemaschinen
- Wärmetauscher
- Rückkühler
- Möglichkeit der Rückgewinnung von Abwärme und Abkälte

Abbildung A2: Liste der hinzufügbaren Systemkomponenten - Mindestanforderung

Abbildung A3: Wärmeversorgung und Verteilung

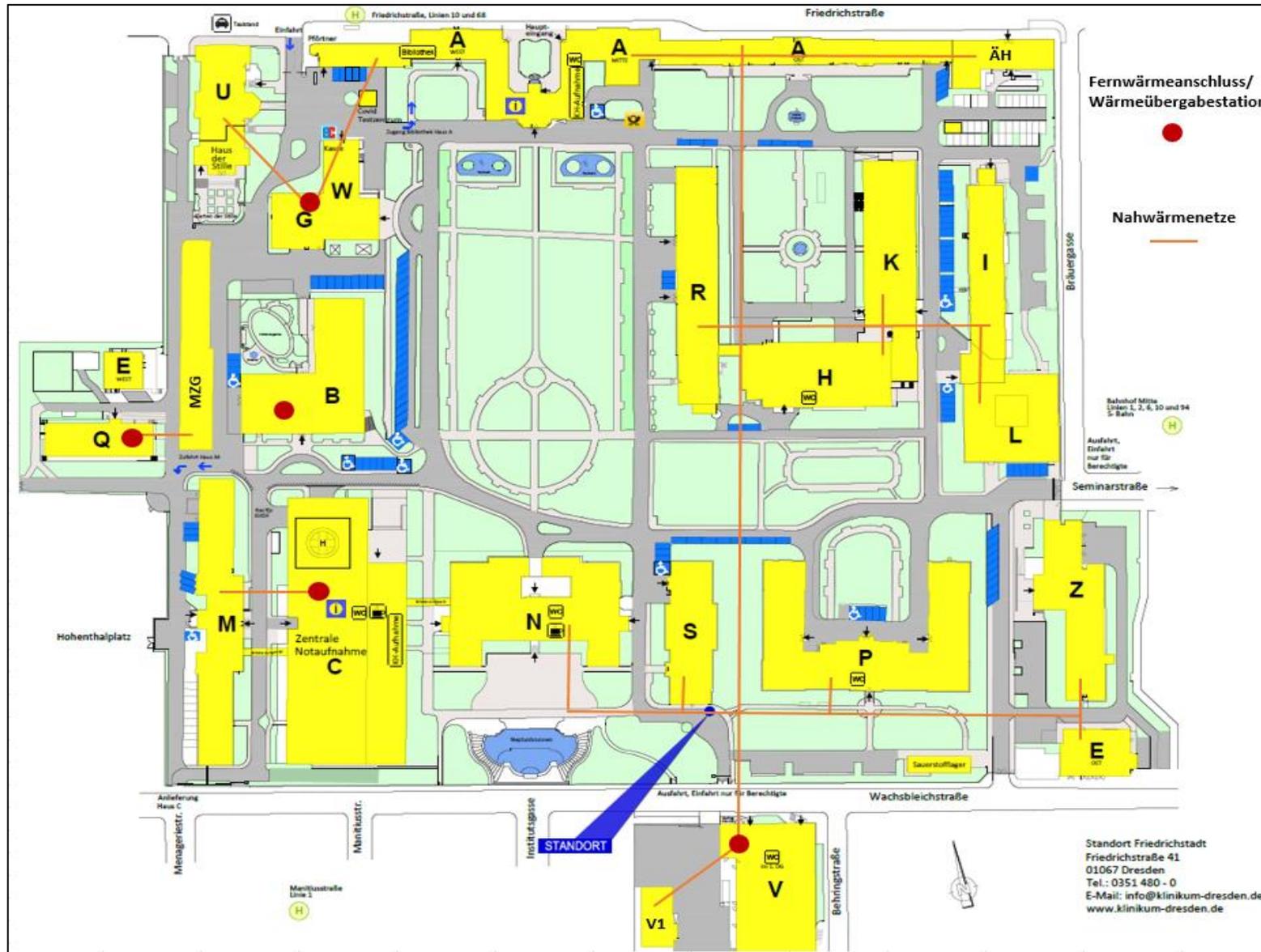


Abbildung A4: Übersicht Kälteverteilung

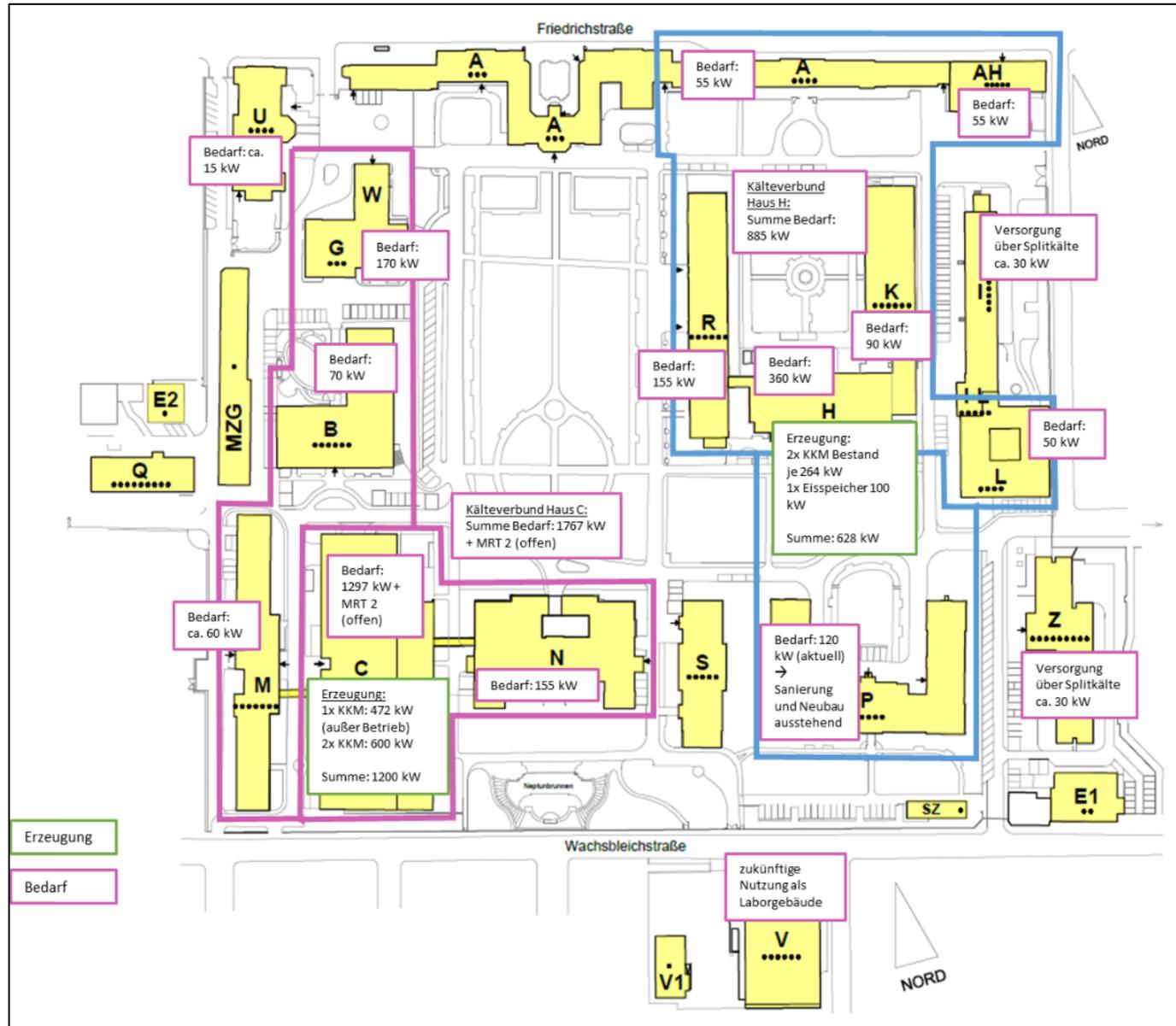


Abbildung A5: Übersicht Stromversorgung

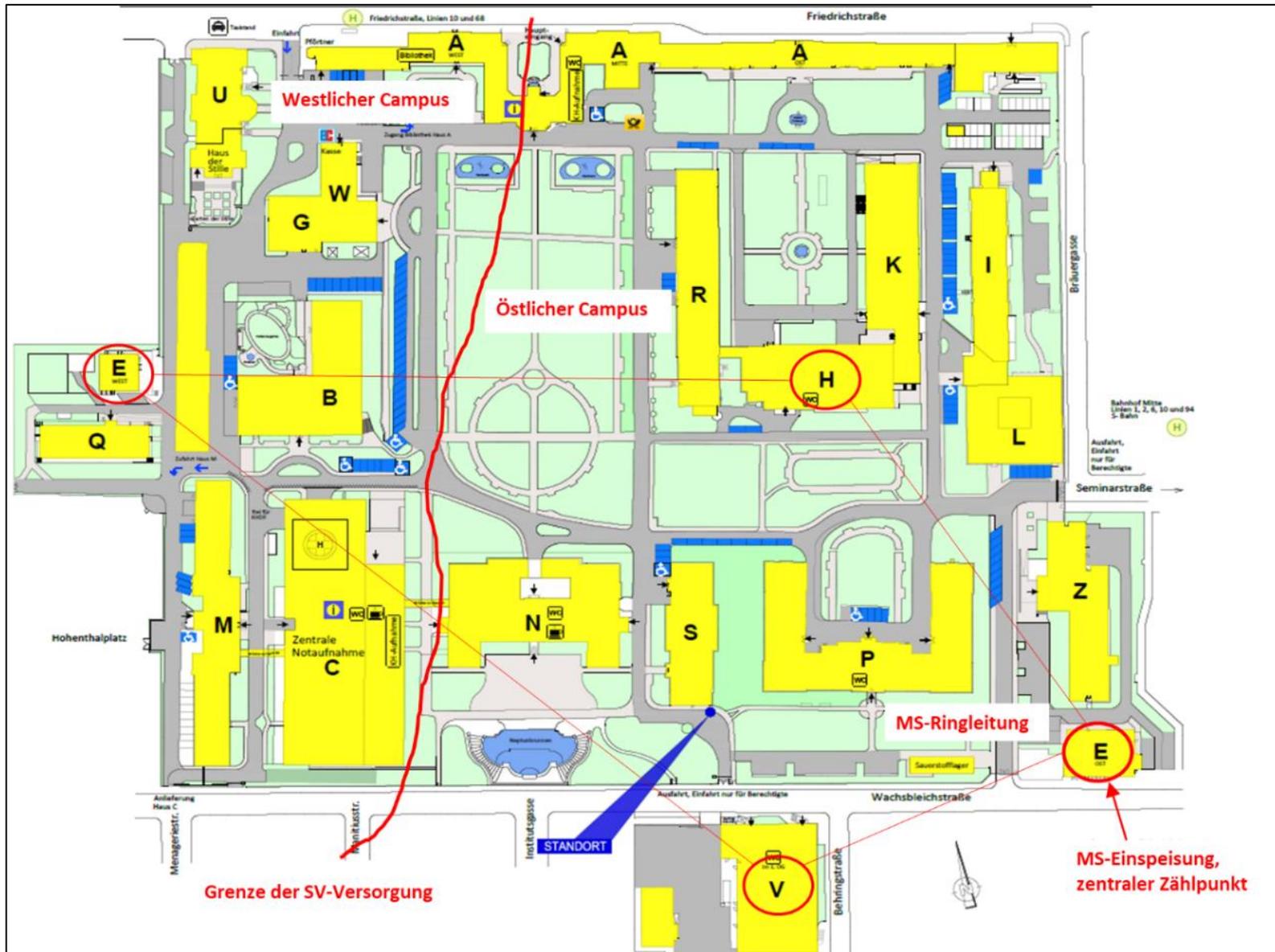


Abbildung A6: Übersicht Ladestationen für E-Fahrzeuge

