



# Energieversorgungskonzept Technische Universität Nürnberg (UTN)



Energieversorgungskonzept Technische Universität Nürnberg (UTN)



# 1. Aufgabenstellung

- Darstellung und Aufbereitung in dieser Zusammenfassung dient als Grundlage für die Begründung des Umweltberichts zum B-Plan und zur Nennung einer Vorzugsvariante in der städtebaulichen Vereinbarung
- Es beinhaltet das grundsätzliches Konzept zur Strom-, Wärme- und Kälteversorgung am Areal der Technischen Universität Nürnberg (UTN) mit einer Fläche von ca. 37,5ha. Der Ausbau erfolgt in mehreren Entwicklungsschritten.
- Die Energieversorgung muss wirtschaftlich, möglichst fossilfrei und klimaneutral erfolgen.
- Es wird eine maximale Nutzung von regenerativer Energie angestrebt. Lokale Potentiale sollen größtmöglich genutzt werden.
- Grundlage sind Machbarkeitsstudien durch die Ingenieurbüros Hausladen GmbH (TGA) bzw. Dess+Falk GmbH (E) in Zusammenarbeit mit dem StBA ErN unter Beteiligung der UTN

## 2. Grundlage

### Energetische Potentialanalyse

- Untersuchung und Bewertung verschiedener Energieträgerpotentiale für das Gesamtareal Lichtenreuth (inkl. Standort der UTN)
- Erstellt durch das Ingenieurbüro Hausladen GmbH am 16.06.2014.
- Fokus auf Nutzung als Wohn- und Gewerbeflächen
- Betrachtet wurde dabei vor allem die Wärmeversorgung

## 2. Grundlage

### Energetische Potentialanalyse

- Untersucht wurden
  - Fernwärme
    - Erschließung möglich, guter Primärenergiefaktor (PEF) laut N-ERGIE von 0,24 laut GEG
  - Erdgas
    - Erschließung möglich, PEF 1,1, Nutzung einer Kraft-Wärme-Kopplung zur Senkung des PEF, Emissionen
  - Grundwasser
    - Möglichkeit der Wärme- und Kältenutzung des Grundwassers über Brunnen ist teilweise gegeben, jedoch am Standort nicht in ausreichender Menge vorhanden, Beachten von Grundwasserverunreinigungen
  - Oberflächennahe Geothermie
    - Empfehlung nur für nicht verdichteten Wohnungsbau (Einfamilienhäuser, Doppel- und Reihenhäuser)
  - Gewässernutzung von Teichanlagen (Dutzendteich, Silbersee, Flachweiher)
    - Ökologisch kritisch auf Grund von Erwärmung/Abkühlung der Gewässer
  - Synergie
    - Umleiten von entstehender Abwärme zu Bereichen mit Wärmeanforderung

## 2. Grundlage

### Energetische Potentialanalyse

- Untersucht wurden
  - Solarenergie
    - Grundsätzlich besteht die Möglichkeit zur Nutzung von Solarthermie für Wärmeenergie sowie Photovoltaik für elektrische Energie, bei photovoltaischer Nutzung höhere System- und Flächeneffizienz und Flexibilität
  - Abwärmennutzung
    - Nutzung der Wärme aus Abwasser in geringen Mengen möglich
  - Biomasse
    - Bioabfälle -> Nutzung in einer Biogasanlage, lokalen Emissionen (CO<sub>2</sub>, Staub, Geruch)
    - Landschaftspflegeabfälle -> Lagerung notwendig, Nutzung in Biogasanlagen bzw. Hackschnitzelanlagen
  - Windpotential
    - Großanlagen auf Grund der Unterschreitung von Mindestabständen nicht möglich
    - Kleinwindkraftanlagen -> Grundsätzlich möglich, jedoch auf Grund geringer Windgeschwindigkeiten wahrscheinlich kein wirtschaftlicher Betrieb möglich

## 2. Grundlage

### Energetische Potentialanalyse

Zusammenfassende Bewertung

	Innovation	Erneuerbare-energien	Investition	Betriebs-kosten	Verbrauchs-kosten	Stufenweiser Ausbau	Alleinige Wärme-versorgung	Eigenver-sorgungs-anteil Areal
Fernwärme	■	■	■	■	■	■	■	■
Erdgas	■	■	■	■	■	■	■	■
Grundwasser	■	■	■	■	■	■	■	■
Oberflächennahe Geothermie	■	■	■	■	■	■	■	■
Gewässernutzung	■	■	■	■	■	■	■	■
Solarenergie	■	■	■	■	■	■	■	■
Abwärme Gewerbe	■	■	■	■	■	■	■	■
Abwasserkanal	■	■	■	■	■	■	■	■
Lokale Biomasse	■	■	■	■	■	■	■	■
Kleinwindkraft	■	■	■	■	■	■	■	■
Arealabwärme	■	■	■	■	■	■	■	■

Quelle: Potentialanalyse für den städtebaulichen Wettbewerb auf dem Areal der Aurelis Real Estate in Nürnberg (für Wohn- und Gewerbefläche), Ingenieurbüro Hausladen vom 16.04.2014

### 3. Annex

- Das westliche Areal, der sogenannte Annex bietet Flächen zur Errichtung von Gebäuden durch Dritte (z.B. universitätsaffine Institute, Start-Ups etc.)
  - Diese privaten Bauherren unterstehen dem regulären Baugenehmigungsverfahren auf eigenen (Erbbaurechts-)Baufeldern
  - Die Versorgung über die Energiezentrale der UTN ist aus verwaltungsökonomischen und aus Sicht der UTN auch aus rechtlichen Gründen für die Universität nicht sinnvoll umsetzbar. Die UTN wird nicht als Energieversorger auftreten.
  - Es müssen durch die jeweiligen Bauherren eigene, nachhaltige Konzepte zur Energieversorgung in Abhängigkeit zu den jeweiligen Gebäudenutzungen umgesetzt werden. Hierzu gelten die jeweiligen gesetzlichen Mindestanforderungen.
  - Grundsätzlich besteht dabei die Möglichkeit zum Anschluss an die Fernwärme der N-ERGIE



Quelle: Ferdinand Heide Architekt Planungsgesellschaft mbH / TOPOS Landschaftsplanung

# 4. Vertiefte Betrachtung Hauptcampus

## Detaillierung und Vergleich von Varianten zur Versorgung der zukünftigen universitären Nutzungen



Quelle: Ferdinand Heide Architekt Planungsgesellschaft mbH / TOPOS Landschaftsplanung

## 5. Vorgaben/Parameter am Hauptcampus

- Betrachtung Hauptcampus, ohne Annex
- Anforderungen an die Gebäude
  - Die Gebäude orientieren sich am Standard Passivhaus Classic  
-> Übererfüllung der gesetzlichen Vorgaben (GEG) und der Selbstverpflichtung des Freistaats Bayern (Mindeststandards für staatliche Gebäude)
  - Folgende bauliche Kriterien sollen zur Energieeinsparung eingehalten werden:
    - Hoher Dämmwert der verwendeten Bauteile (geringer Transmissionswärmeverlust durch niedrige U-Werte)
    - Wärmebrückenfreiheit und Luftdichtheit
    - Sommerlicher Wärmeschutz durch Sonnenschutzmaßnahmen
  - Zur Verringerung des Strombedarfs sollen energiesparende Ausstattung und energieeffiziente Beleuchtung verwendet werden.

## 5. Vorgaben/Parameter am Hauptcampus

- PV-Nutzung und Dachbegrünung:
  - Für alle Dachflächen ist eine Kombination aus extensiver Dachbegrünung mit aufgeständerten Photovoltaikanlagen vorgesehen. Somit wird die Dachbegrünung nicht behindert
  - Angestrebt wird die maximal mögliche Belegung aller Dächer mit PV-Anlagen, primär zum Betrieb der Anlagentechnik zur Wärme- und Kälteversorgung und zur Deckung des Nutzerstrombedarfs; Überschüsse können in das öffentliche Netz eingespeist werden
- Versorgungstechnik:
  - Einsatz von Flächenheiz-/kühlsystemen, Auslegungstemperatur 35/30°C bzw. 18/22°C
  - Lüftungsanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, Heiz- und Kühlregistern, Auslegungstemperatur 35/20°C bzw. 12/18°C
  - Warmwassergewinnung elektrisch dezentral (Optimierung Trinkwasserhygiene)

## 5. Vorgaben/Parameter am Hauptcampus

- Ermittlung des Wärme- und Kältemengenbedarfs:
  - Gesamtfläche der beheizten Fläche im Endausbau ca. 90.000 m<sup>2</sup>
  - Aufteilung der Flächen nach Nutzungsarten (Büros, Labor, Hallen, Servicebereiche, Hörsaal, Lager, Seminar, Bibliothek und Mensa), Berücksichtigung üblicher Großverbraucher (z.B. Speisenbereitung, Rechnerkapazitäten...)
  - Ansatz spezifischer Energieverbrauchszahlen je Flächenart
  - Die Wärme- und Kältebedarfe für die einzelnen Nutzungstypen ergeben sich aus Literaturwerten aus EnEV, VDI 3807, PHPP, empirischen Daten aus Forschungsprojekten der RWTH Aachen und der ETH Zürich sowie aus Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der energetischen Projektvorgaben
  - Ebenso wurden den verschiedenen Nutzungen spezifische Nutzungsdauern/Vollaststundenzahlen aus Erfahrungswerten zugewiesen.

## 5. Vorgaben/Parameter am Hauptcampus

- Ermittlung des Wärmemengenbedarfs:
  - Es ergibt sich eine **Heizlast von ca. 6.000 kW** (durchschnittliche spezifische Heizlast 70 W/m<sup>2</sup>) Heizenergiebedarf 10.000 MWh/a (100 kWh/m<sup>2</sup>a)
- Ermittlung des Kältemengenbedarfs
  - Es ergibt sich eine **Kühllast von ca. 11.000 kW** (durchschnittliche spezifische Kühllast 120 W/m<sup>2</sup>) und 8.500 MWh/a (90 kWh/m<sup>2</sup>a)

## 5. Vorgaben/Parameter am Hauptcampus

- **Ermittlung des elektrischen Strombedarfs**
  - Vorgehen vergleichbar zu Wärme- und Kältebedarf
  - Ansatz von verschiedenen Flächenarten und spezifischen Werten, Vergleich mit Literatur- und Erfahrungswerten zu Verbrauchs- und Leistungswerten sowie Anforderungen aus der Nutzung
  - Aufgrund baurechtlicher und nutzungsspezifischer Anforderungen Einsatz von Netzersatz- und USV-Anlagen notwendig
  - Berücksichtigung von Anforderung aus Konzepten zu Wärme- und Kälteversorgung, E-Mobilität...
  - Es ergibt sich eine **Gesamtleistung von ca. 13.000 kW, davon rund 1.600 kW SV-Bedarf**, Gesamtenergiebedarf 15.000 MWh/a

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

Detaillierung und Vergleich von Varianten zur Versorgung der zukünftigen universitären Nutzungen

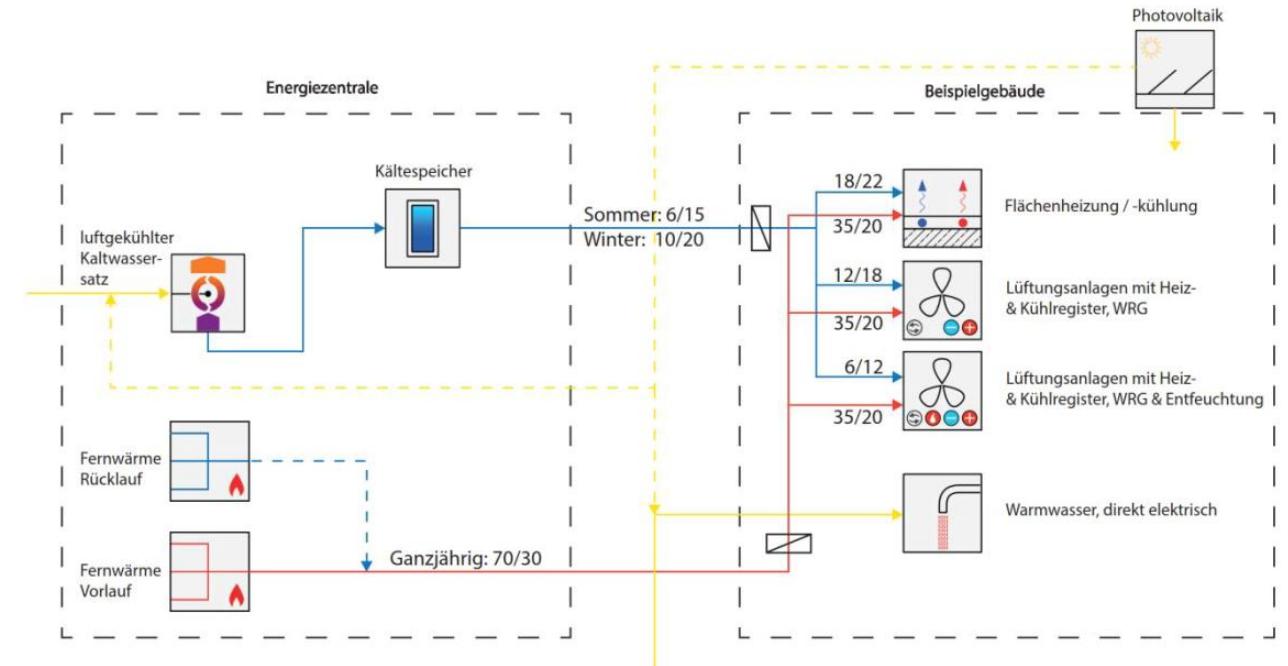
- Variante 1 „Fernwärme“
- Variante 2a „Zentrale Wärmepumpe“
- Variante 2b „Zentrale Wärmepumpe mit saisonalem Speicher“
- Variante 3 „Anergie“



# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 1 „Fernwärme“

- Zentrale Fernwärme-Übergabestation, zentrale Kälteerzeugung
- Campusweites Wärme-/Kälteverteilnetz
- Kälteerzeugung mittels luftgekühltem Kaltwassersatz
- Nutzung von Photovoltaik-Strom zur Kälteerzeugung-> Deckung von ca. 60% des für die Kälteerzeugung notwendigen Strombedarfs
- Autarkiegrad ca. 6%



Quelle: Konzeptstudie TU Nürnberg, Ingenieurbüro Hausladen GmbH vom 14.10.2021

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 1 „Fernwärme“

### Vorteile

- Gute Verfügbarkeit
- Geringer Platzbedarf für Wärmeversorgung
- Einfache Handhabung
- Guter Primärenergiefaktor von 0,24 gemäß GEG
- Bündelung der Kälteanlagentechnik an zentralem Ort am Campus

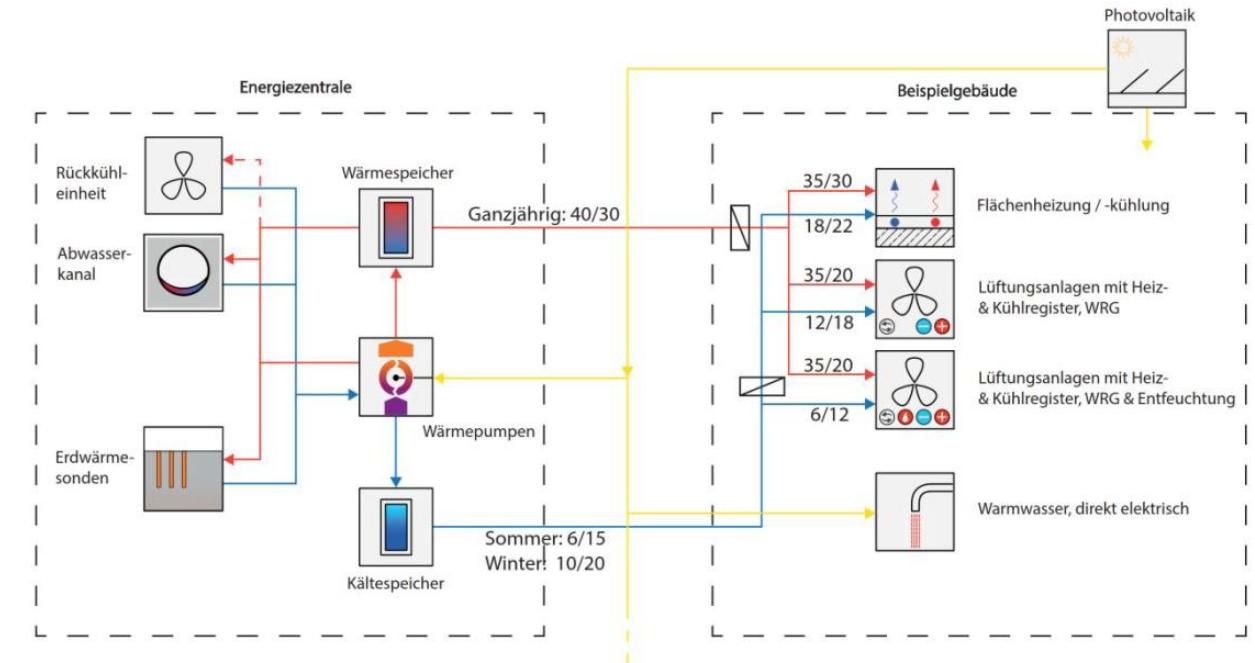
### Nachteile

- Emissionen an den Kraftwerken
- Es werden zum Teil fossile Brennstoffe genutzt
- Abwärme der Kälteerzeugung wird ungenutzt an die Umwelt abgegeben

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 2a „Zentrale Wärmepumpe“

- Reversible Wärmepumpen in einer Zentrale
- Grundlast der Wärme- und Kälteerzeugung über Erdwärmesonden (21.000 m<sup>2</sup> Erdsondenfeld), verbleibende Leistung über Abwasser-Abwärme, Zentrale Rückkühleinheit für Lastspitzen
- Direkte Nutzung der Abwärme der Kälteerzeugung
- Campusweites Wärme-/Kälteverteilnetz
- Nutzung von PV-Strom zur Wärme- und Kälteerzeugung, Deckung von ca. 31 % des Strombedarfs für Wärme- und Kälteerzeugung (Autarkiegrad 31 %)
- Ggf. Anschluss an das Fernwärmennetz (Redundanz)



Quelle: Konzeptstudie TU Nürnberg, Ingenieurbüro Hausladen GmbH vom 14.10.2021

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 2a „Zentrale Wärmepumpe“

### Vorteile

- Nutzung des Photovoltaik-Stroms
- Keine lokalen Emissionen
- Bündelung der Anlagentechnik an zentralen Ort am Campus

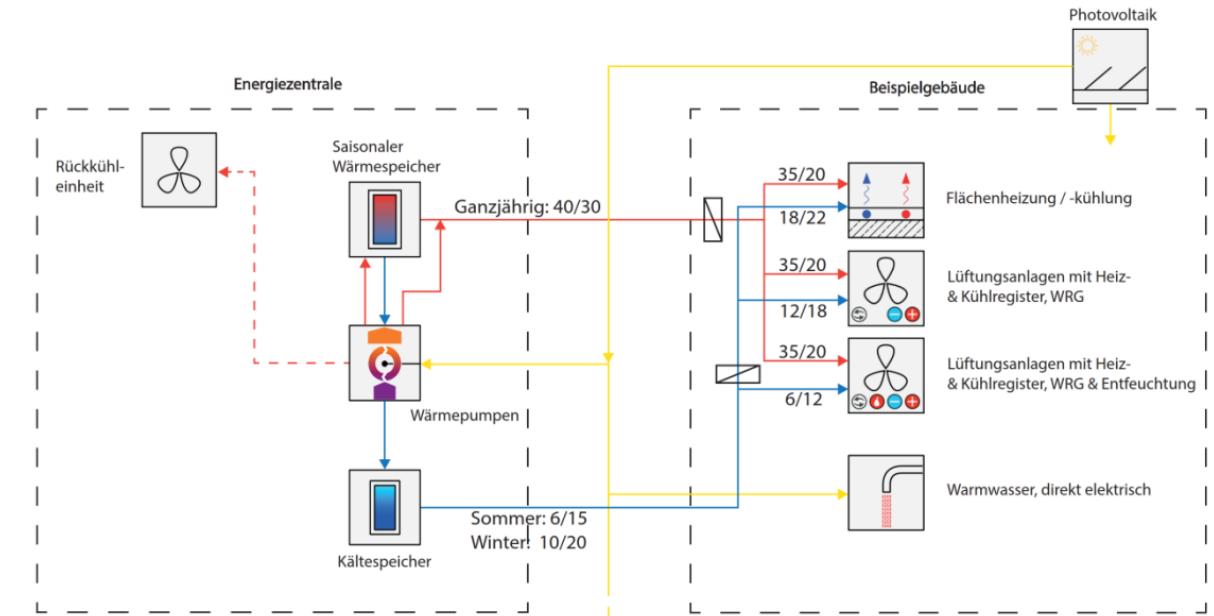
### Nachteile

- Sehr aufwändig auf Grund der enormen Sondenfläche und Auskopplung des Abwassersammelleiters
- Baugrundrisiko
- Schwierige Erweiterbarkeit
- Abwärme der Kälteerzeugung kann nur teilweise genutzt werden
- Hoher Strombedarf im Winter bei geringen PV-Erträgen

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 2b „Zentrale Wärmepumpe mit saisonalem Speicher“

- Zentrale, reversible Kälteerzeugung mittels bivalenter Wärmepumpen
- Nutzung von Abwärme aus der Kälteerzeugung zur Deckung des Heizbedarf, Zentrale Rückkühleinheit zur Redundanz
- Saisonale Wärmespeicher (Aufheizung bis zu 90 °C) deckt großen Teil des Heizbedarf; Vorerst ein Speicher mit 25.000 m<sup>3</sup> geplant, im Endausbau 2. Speicher notwendig
- Campusweites Wärme-/Kälteverteilnetz
- Nutzung von PV-Strom zur Wärme- und Kälteerzeugung, Deckung von ca. 46 % des hierfür notwendigen Strombedarfs (Autarkiegrad 46 %)
- Ggf. Anschluss an das Fernwärmennetz (Redundanz)



Quelle: Konzeptstudie TU Nürnberg, Ingenieurbüro Hausladen GmbH vom 14.10.2021

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 2b „Zentrale Wärmepumpe mit saisonalem Speicher“

### Vorteile

- Nutzung der Abwärme der Kälteerzeugung
- optimale Ausnutzung des Photovoltaikstroms
- Keine lokalen Emissionen
- Innovationscharakter
- sehr gute Erweiterbarkeit
- Zukünftiges Optimierungspotential
- Bündelung der Anlagentechnik an zentralen Ort am Campus

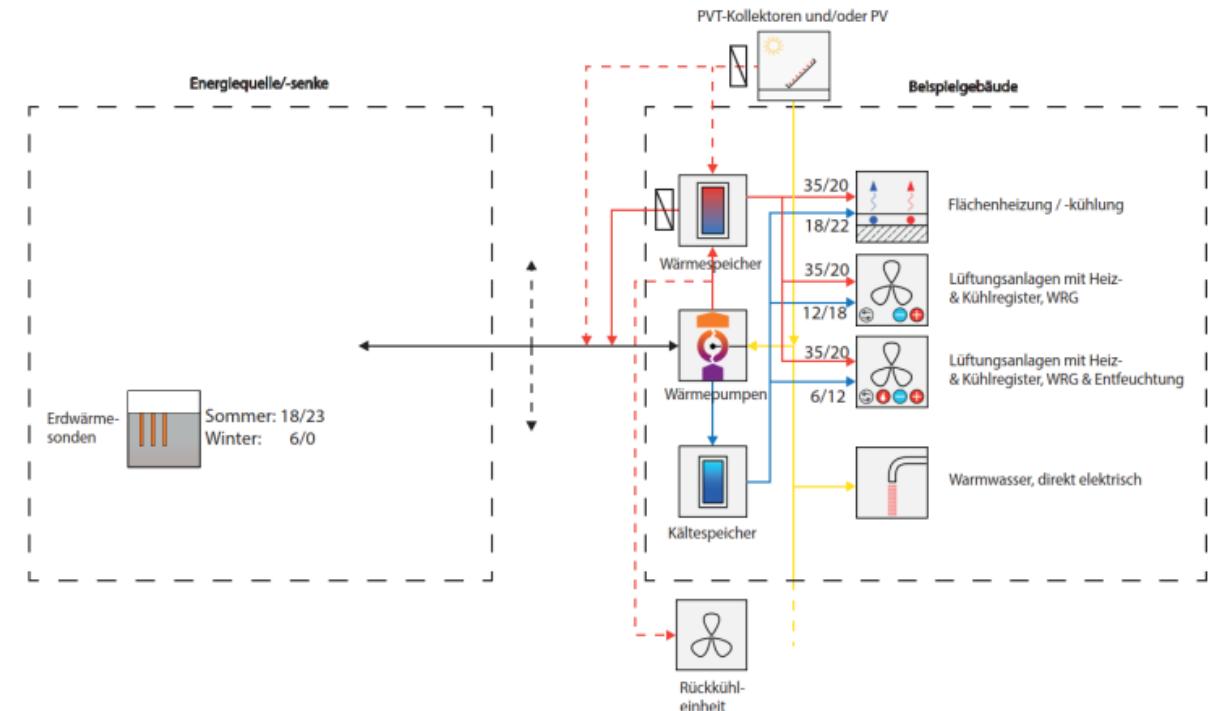
### Nachteile

- Großes Bauwerk notwendig
- Wärmeverluste des Wärmespeichers
- Baugrundrisiko

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 3 „Anergie“

- Reversible Wärmepumpen dezentral angeordnet
- Deckung des Wärme- und Kältebedarfs über Erdwärmesonden (27.000m<sup>2</sup> dezentrale Erdsondenfelder mit Gebäudezuordnung)
- Zentrale Rückkühleinheit für Lastspitzen
- Nutzung der Abwärme der Kälteerzeugung möglichst direkt
- Überschüssige Energie wird über ein Zwei-Leiter-System (Aergienetz) zwischen den Gebäuden ausgetauscht
- Nutzung von PV-Strom zur Wärme- und Kälteerzeugung, Deckung von ca. 31% des hierfür notwendigen Strombedarfs (Autarkiegrad 31 %)
- Ggf. Anschluss an das Fernwärmennetz (Redundanz)



Quelle: Konzeptstudie TU Nürnberg, Ingenieurbüro Hausladen GmbH vom 14.10.2021

# 6. Vertiefte Variantenbetrachtung Wärme- & Kälteversorgung

## Variante 3 „Anergie“

### Vorteile

- Keine lokalen Emissionen
- Nutzung des Photovoltaikstroms

### Nachteile

- Komplexes System, im Betrieb störungsanfällig
- Viel dezentrale Anlagentechnik (hoher Platzbedarf)
- Hoher Wartungsaufwand
- Hoher Flächenbedarf auf Grund vieler Erdwärmesonden

## 7. Vorzugsvariante

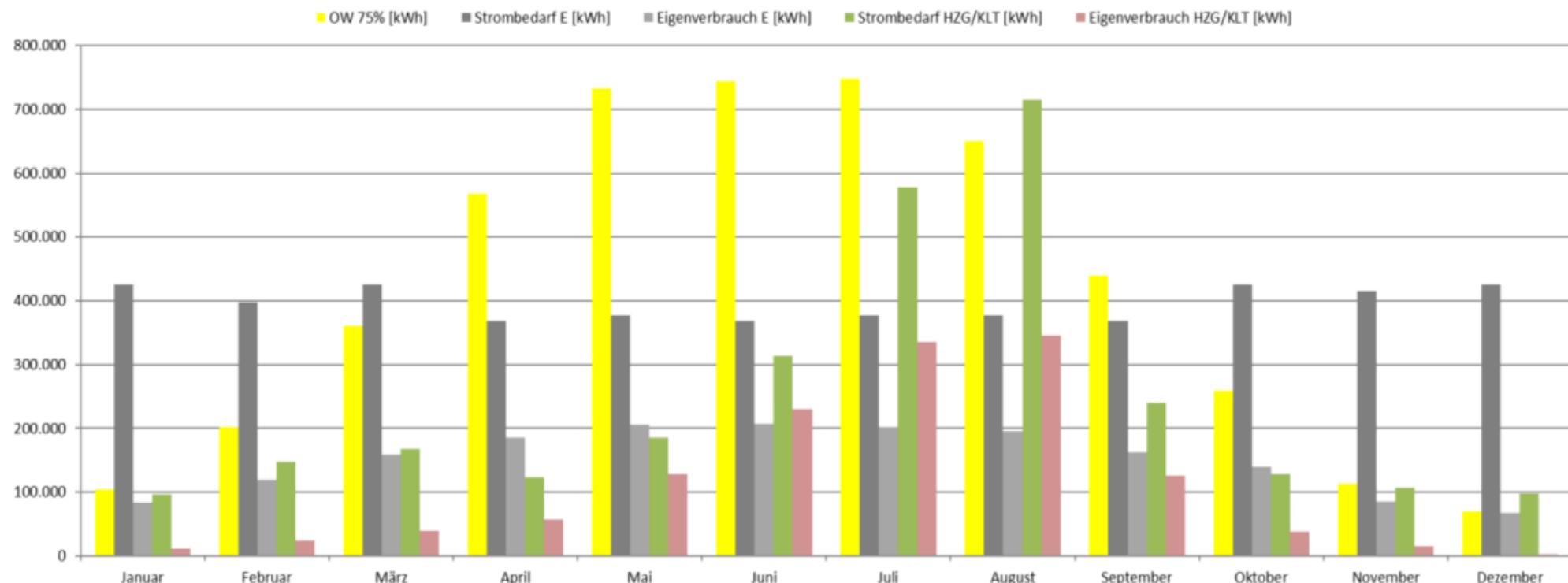
- Es wurde die Variante 2b „Zentrale Wärmepumpen mit saisonalem Speicher“ als Vorzugsvariante aus folgenden Gründen gewählt:
  - Abwärme der Kälteerzeugung wird nutzbar gemacht
  - Hoher solarer Eigennutzungsgrad (ca. 46% des Strombedarfs für die Heiz- und Kühlenergie wird durch die lokalen Photovoltaikanlagen auf den Dächern erzeugt)
  - Dadurch hoher Autarkiegrad
  - Innovationscharakter zur Erprobung neuer, nachhaltiger Heiz- und Kühlstrategien
  - Im Vergleich geringer  $\text{CO}_2$ -Ausstoß
  - Hohes Optimierungspotential mit zukünftig noch effizienterer Wärmepumpentechnik
- Durch modularen Aufbau ist die Verwendung neuer Technologien (z.B. Nutzung von Wasserstoff) in Zukunft möglich.
- Anschluss an das Fernwärmennetz kann grundsätzlich zusätzlich weiter berücksichtigt werden.

## 8. Stromverbrauch und Nutzung PV-Strom

- Ermittlung des Stromverbrauchs (aus Nutzung sowie für Heizung und Kühlung) sowie der PV-Stromgewinnung wurden anhand der Annahmen aus Kapitel 5 sowie einer realistischen maximalen Belegung der Dachflächen mit Photovoltaik (abhängig von Dachaufbauten bis zu 75%, im Mittel ca. 40%) mittels Stundenlastgängen ermittelt.
- Überschussstrom aus PV kann in öffentliches Netz eingespeist werden
- Zusätzlich notwendiger Strom (vor allem nachts) wird entsprechend Selbstverpflichtung des Freistaats Bayern zu 100% aus regenerativen Quellen bezogen
- Ertragsoptimierte Ausrichtung der PV-Flächen als Ost-West-Belegung, Aufständerung vorgesehen, Vermeidung von Verschattungen; Berücksichtigung von (extensiver) Dachbegrünung und Wartungsflächen
- Jahresstromverbrauch Heizung/Kühlung: ca. 3 GWh, davon aus Überschuss Photovoltaik: ca. 1,4 GWh  
(zur Verfügung stehende Energiemenge nach Abzug des Nutzerstromverbrauchs und E-Mobilität; Wärme- und Kältebedarf besteht Tag und Nacht)

## 8. Nutzung PV-Strom

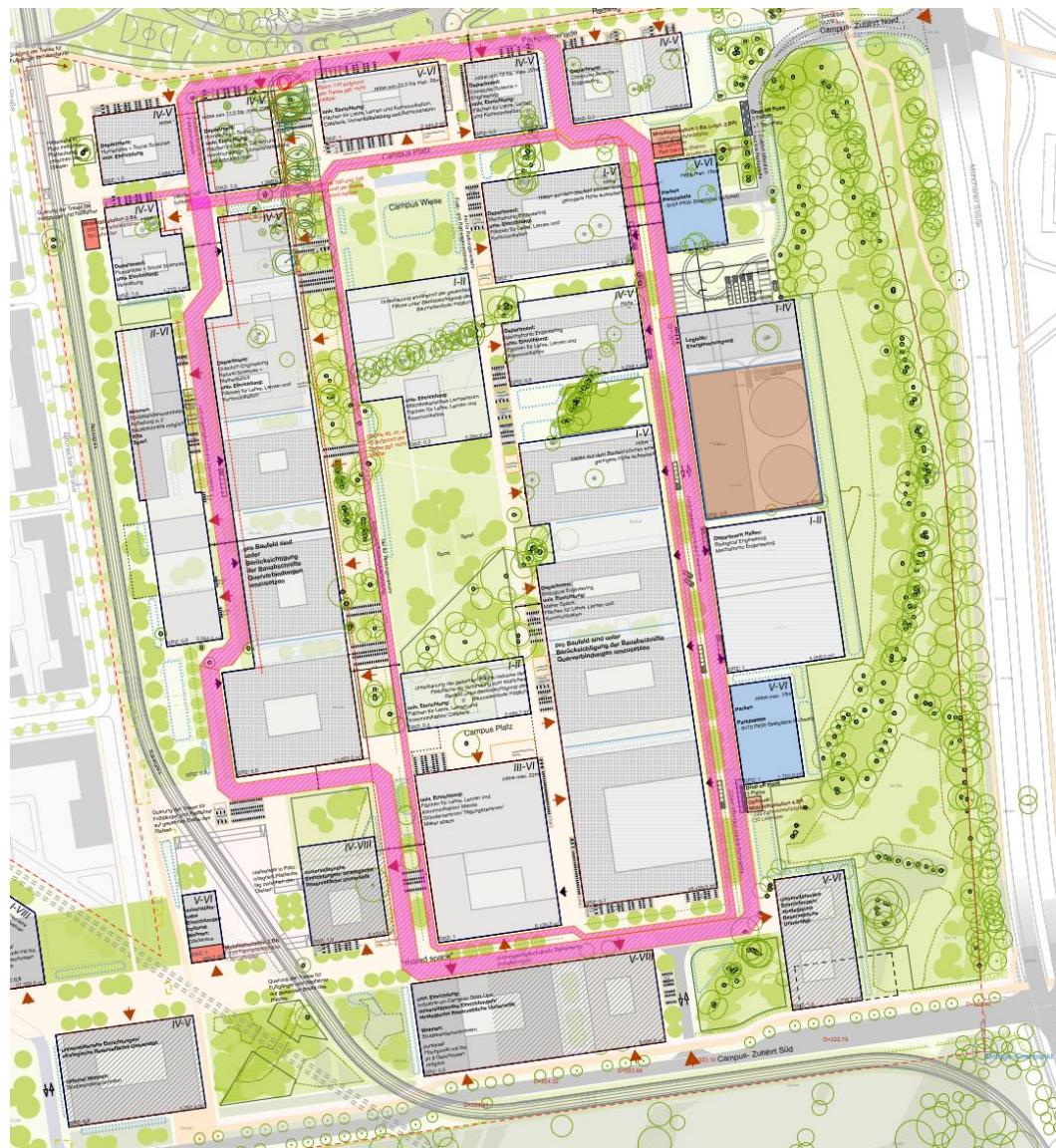
- Lastgänge für PV-Stromerzeugung (hier bei Belegung mit 75%) und Stromverbrauch am Campus sowie für Wärme- und Kälteerzeugung



Quelle: Konzeptstudie TU Nürnberg, Ingenieurbüro Hausladen GmbH vom 14.10.2021

## 9. Schematischer Verlauf Hauptversorgungstrassen

- Legende:
    - Hauptversorgungstrassen
    - Energiezentrale mit Wärmespeichern
  - Berücksichtigung von Abwasserkanälen, Trink- und Löschwasser- sowie Nahwärme- und – kälteleitungen und von Lehrrohrsystemen zur Strom- und Datenversorgung
  - Zusätzliche Hausanschlüsse und einzelne Querverbindungen notwendig
  - Versorgungstrassen orientieren sich an Straßen und Wegen innerhalb des Campus unter Berücksichtigung weiterer Belange (z.B. Baumschutz, Altlasten, Regenentwässerungsanlagen...)



# 10. Zusammenfassung und Ziele: Hauptcampus

- (möglichst) CO2-neutrale Energieversorgung wird angestrebt
- Übererfüllung der gesetzlichen bautechnischen und energetischen Vorgaben sowie der darüber hinaus gehenden staatlichen Gebäudeanforderungen
- Nutzung lokaler Potentiale  
(Nutzung Abwärme, Maximierung PV-Erträge...)
- Minimierung von Einflüssen auf die Umwelt
- Möglichst Vermeidung von lokalen, luftverunreinigenden Emissionen  
(vollständige Vermeidung aufgrund möglicher Anforderungen aus Universitätsbetrieb und Prozesstechnik nicht möglich)
- Freistaat Bayern bezieht Netzstrom nur aus erneuerbaren Energien  
(Ergänzend zur Nutzung von eigenerzeugtem Strom aus PV-Anlagen)
- Kombination von Gründach (Retentionsraum für Niederschlagswasser) mit einer aufgeständerten Photovoltaikanlage  
(zur Kombination von baulichen und energetischen Vorteilen)
- Offenheit gegenüber zukünftigen, umweltverträglichen Technologien in der Energieversorgung ermöglicht bedarfsgerechten Ausbau  
(Möglichkeit zur Einbindung in das System, modulare Erweiterbarkeit der zentralen Technik)
- Fernwärmeanschluss als zusätzliche, etabliert nachhaltige „Standardlösung“  
(für Redundanz, Versorgung Dritter (z.B. Studierendenwerk, THN, ...) und erster Gebäude (z.B. Cube One) sowie als zusätzliche Zukunftsoption möglich)

# 11. Zusammenfassung und Ziele: Annex

- Grundsätzlich gelten gleiche Ziele
- Aufgrund derzeit nicht bekannter Institutionen und Nutzungen sind allgemein gültige Vorgaben nicht sinnvoll möglich
- Es gelten die (in den letzten Jahren deutlich verschärften) gesetzlichen Mindestanforderungen und jeweils aktuellen Satzungen, deren Einhaltung im Zuge der regulären Baugenehmigungsverfahren aufgezeigt werden
- Jeweilige Investoren sollen im Zuge einer Veräußerung von Grundstücken bzw. bei Abschluss von Erbbaupachtverträgen durch den Freistaat Bayern zur Umsetzung von Energiekonzepten mit vergleichbaren Zielen nach Möglichkeit verpflichtet werden. Hierzu kann es eine Regelung innerhalb der städtebaulichen Vereinbarung geben.
- Förderungen durch öffentliche Mittel häufig an zusätzliche Anforderungen an Nachhaltigkeit und Energieverbrauch gebunden
- Fernwärmeanschluss der N-ERGIE als etablierte, nachhaltige „Standardlösung“
- Nutzung lokaler Potentiale als Ziel

# 11. Gesamtzusammenfassung

- Am Hauptcampus werden deutlich überdurchschnittliche Standards angesetzt, die den Klimaschutzz Zielen und der –gesetzgebung des Freistaats Bayern und der Stadt Nürnberg gerecht werden
- Diese Standards können am Annex aufgrund fehlender Informationen zur konkreten Nutzung aktuell nicht in der gleichen Form gefordert werden. Durch die in diesem Dokument beschriebenen Rahmenbedingungen sind allerdings auch hier überdurchschnittliche Konzepte zu erwarten.