

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Prof. Dr. Philip Leistner

Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Dokumentation

Bewertung der Beiträge zum Masterplanverfahren “Im Neuenheimer Feld“ im Bereich der energetischen Infrastruktur

Durchgeführt im Auftrag

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

Amt Mannheim und Heidelberg

Referat 81 – Gesamtplanung, Masterplan und Dritte

Die Dokumentation umfasst

18 Seiten Text

2 Abbildungen

Micha Illner

Hans Erhorn

Heike Erhorn-Kluttig

Stuttgart, 23. September 2021

Inhalt

1	Hintergrund	3
2	Einleitung und Vorgehensweise	3
3	Team ASTOC: Bewertung des Beitrags	4
3.1	Verwendete Unterlagen	4
3.2	Bewertung der energetischen Infrastruktur	5
3.3	Bewertung der Klimaneutralität	8
4	Team HÖGER: Bewertung des Beitrags	11
4.1	Verwendete Unterlagen	11
4.2	Bewertung der energetischen Infrastruktur	12
4.3	Bewertung der Klimaneutralität	16

1 Hintergrund

Das Fraunhofer IBP wurde als spezialisierte Institution für das Themenfeld Technische Infrastruktur (Schwerpunkt Wärme- und Kälteversorgung) und für die Treibhausgasbilanzierung des Quartiers in die Bearbeitung der Konsolidierungsphase des Masterplanverfahrens „Im Neuenheimer Feld/Neckarbogen“ in Heidelberg eingebunden. Aufgrund des sehr frühen Planungsstands sind die Bewertungen im Schwerpunkt qualitativ, dennoch wurde angestrebt (wo irgend möglich) auch Kennwerte zu kreieren.

2 Einleitung und Vorgehensweise

Das Betrachtungsgebiet des Masterplans „Im Neuenheimer Feld/Neckarbogen“ umfasst einen hochtechnologisierten Forschungs-, Lehr- und Medizincampus, welcher sich bereits im jetzigen Zustand durch eine hohe bauliche Dichte auszeichnet. Durch den geplanten starken Flächenzubau wird diese Dichte in Zukunft weiter erhöht, wodurch ohne ergänzende Maßnahmen zur Steigerung der baulichen Energieeffizienz, eine weiter gesteigerte Energieverbrauchsichte auf dem Campus entsteht. Aus Sicht der energetischen Infrastruktur sind hohe Energieverbrauchsichten zu bevorzugen, da hierdurch zentrale und auch erneuerbare Energieversorgungskonzepte auf den Energieverbrauch bezogen kostengünstiger etabliert werden können. Negativ wirkt sich diese hohe Dichte allerdings auf erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Klimaneutralität des Quartiers aus, da hier betrachtet wird, welche absolute Energiemenge innerhalb des Quartiers verbraucht wird und welche Treibhausgasemissionen dadurch entstehen. Diese Emissionen mit lokal im Quartier erzeugten erneuerbaren Energien auszugleichen ist bei hoher baulicher Dichte besonders herausfordernd, da z.B. die hierfür infrage kommenden Dachflächen teilweise auch mit Dachbegrünung und Anlagentechnik belegt sind, Fassadenflächen durch die Gebäudeabstände nur teilweise geeignet sind und Heidelberg kein guter Windenergiestandort ist.

Für die Berechnung der Energiebedarfe und Treibhausgasemissionen (THG) wurde den Teams ein vom Fraunhofer IBP ergänztes Excel-Tool zur Verfügung gestellt, in welchem z.B. die Energiebedarfswerte für unterschiedliche Gebäudenutzer und die Kompensationswirkung von Dachbegrünung pro Quadratmeter bereits hinterlegt war. Dadurch wurde eine zwischen den Teams vergleichbare Berechnung der Energiebedarfe und Treibhausgasemissionen angestrebt und erreicht.

Des Weiteren wurden alle von den Teams eingereichten Unterlagen detailliert gesichtet und nach der Sichtung der Dokumente Rückfragen an beide Teams gerichtet um Unklarheiten und potenzielle Missverständnisse direkt ausräumen zu können.

Im Folgenden ist die Bewertung der Beiträge der Teams jeweils getrennt voneinander dargestellt. Auf einen direkten Vergleich beider Beiträge wurde absichtlich verzichtet, da dies aufgrund der Komplexität und Unterschiedlichkeit nicht in der notwendigen Korrektheit erfolgen könnte. Die Reihenfolge der Darstellung erfolgt alphabetisch und lässt keine Rückschlüsse über die Qualität des jeweiligen Beitrags zu.

3 Team ASTOC: Bewertung des Beitrags

3.1 Verwendete Unterlagen

Die Beurteilung basiert auf folgenden übermittelten Unterlagen und Informationen:

- eingereichte Plansätze und Broschüre vom 15. Juli 2021
- ausgefüllte Flächenberechnungstools vom 15. Juli 2021
- Prüfplan mit Karrengängen vom 27. Juli 2021
- spontane Antworten auf Rückfragen der Gutachter vom 29. Juli 2021
- korrigierte und erweiterte Broschüre vom 29. Juli 2021
- schriftlich beantwortete Rückfragen der Gutachter vom 6. August 2021
- Überarbeitetes Flächenberechnungstool aus der Vorprüfung zugesendet am 20. August 2021 durch Herrn Haase (VB-BW)

3.2 Bewertung der energetischen Infrastruktur

Das entwickelte Infrastrukturkonzept des Team ASTOC ist ausgerichtet auf die umfassende Nutzung der bestehenden Infrastruktur bei gleichzeitiger Transformation hin zu einer erneuerbaren Energieversorgung bei reduzierten Systemtemperaturen. Hierfür werden 4 quellenorientierte Versorgungszonen entwickelt und ein auf die Netztransformation ausgerichteter Zeitplan für die Sanierungs- und Neubauaktivitäten ausgearbeitet. Langfristig sollen die zwei netzgebundenen Zonen (blau und orange) zu einem Verbund zusammen gebracht werden, in den unterschiedliche erneuerbare Quellen eingespeist werden. Die zwei anderen Versorgungszonen (grün/gelb und rot) werden mit gebäudebezogenen Wärmepumpenlösungen realisiert. Damit erscheint es realisierbar, dass trotz des Zubaus die Kapazitätsgrenzen der bestehenden Infrastruktur beibehalten wird und das Bestandsnetz weiter betrieben werden und so der Zubau infrastrukturverträglich bei hoher Versorgungssicherheit realisiert werden kann. Hierfür ist es aber zwingend notwendig, die aufgezeigte zeitlich getaktete Abkopplung einzelner Bereiche vom den bisherigen Bestandsnetzen durchzuführen und gleichzeitig die energetische Sanierung der Bestandsgebäude zeitlich passend zu den Neubauten durchzuführen.

Der konzeptionelle Ansatz erlaubt die Wärmeerzeugung weiterhin zu wesentlichen Teilen in 2 Zentralen zu organisieren und damit den Wartungs- und Instandhaltungsbedarf klein zu halten; in den 2 Zonen mit gebäudebezogenen Wärmepumpenlösungen muss aufgrund der größeren Anzahl von installierten Wärmepumpen mit einem erhöhten Aufwand gerechnet werden. Da es sich bei den Anlagen aber um Standardausführungen handelt ist auch hier nicht mit einem kostenmäßigen Risiko zu rechnen.

Als ein kritischer Punkt kann bei dem Konzept die Realisierung der Wasserentnahme aus dem Neckar für die orange Zone gesehen werden, da hier nicht nur technische Gesichtspunkte zu klären sind, sondern ganz wesentlich genehmigungsrechtliche Belange. Da aber derartige Konzepte auch bereits anderenorts geplant wurden, sollte diese Thematik grundsätzlich lösbar sein.

Die Ausarbeitung für die Transformation zur Klimaneutralität mündet in einer Umstellung der Wärme- und Kälteversorgung von dem bisherigen Energieträger Erdgas auf eine künftig THG arme elektrifizierte Wärmeversorgung die mit Methan als Übergangslösung für den Betrieb der Bestandsnetze ergänzt wird.

Die umfängliche und nutzungsverträgliche Installation der Dach- und Fassadenflächen mit PV erlaubt, dass ca. 19 % des künftigen Strombedarfs lokal generiert wird. Die von Team ASTOC getroffenen Ansätze zur Nutzung der Dach- und Fassadenflächen für PV sind realistisch und könnten so in der Praxis umgesetzt werden. Die daraus berechneten Erträge überschneiden sich mit jenen aus dem Flächenberechnungstool und sind somit ebenfalls als realistisch einzuschätzen. Auch die von ASTOC angedachten Flächen für die extensive Dachbegrünung sollten sich auf den Dächern der Gebäude zusammen mit der PV realisieren lassen. Die ermittelten PV-Erträge betragen 38,4 GWh/a für die PV-Dachanlagen und 4,0 GWh/a für die Fassadenanlagen.

Vom Einsatz von Kleinwindkraft wurde mit dem Hinweis auf deren eingeschränkte Wirtschaftlichkeit abgesehen. Der Verzicht auf Batteriespeicher wurde nachvollziehbar mit den geringen Überschüssen aus der PV-Erzeugung begründet. Die geothermische Nutzung wurde in Teilbereichen geplant und über die Nutzung von Energiepfählen mit den Neubauten verknüpft. Eine Stromerzeugung im Neckar wurde als nicht mittelfristig umsetzbar gewertet, was als realistisch betrachtet werden kann. Dafür wurde der Neckar als winterliche Wärmequelle für eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe eingeplant. Es findet keine Biomassenutzung statt.

Da trotz bestmöglicher Ausnutzung aller erneuerbarer Energiepotentiale auf dem Campus eine örtliche/räumliche Sicherstellung der Klimaneutralität bis 2050 nicht gelingt, wurde eine erforderliche Kompensationsstrategie entwickelt, die auf eine standortausgelagerte PV und Biogaserzeugung setzt.

Das Energieversorgungskonzept für die verschiedenen Versorgungsgebiete wurde im Flächenberechnungstool weitgehend korrekt dargestellt. Lediglich der Treibhausgasemissionsfaktor des blauen Versorgungsgebiets musste angepasst werden. Mit diesem Konzept kann für den Gebäudebetrieb im Jahr 2050 ein Treibhausgasausstoß von 19.500 t_{CO₂-Äqui.}/a erwartet werden. Dies entspricht einer Treibhausgasemission von 10,6 kg_{CO₂-Äqui.}/m²_{BGFa}. Im Vergleich zu den bruttogrundflächenbezogenen Treibhausgasemissionen im Jahr 2017 (67,2 kg/m²_{BGFa}) entspricht dies einer Reduktion um 84 %.

Nachfolgend soll auf die Vor- und Nachteile der von ASTOC gewählten Versorgungskonzepte in den unterschiedlichen Versorgungsgebieten eingegangen werden:

- **Blaues Versorgungsgebiet:** Im blauen Versorgungsgebiet werden die vorhandenen bzw. bereits projektierten Wärme- und Kälteerzeuger weitergenutzt. Dadurch bleiben auch die Verteiltemperaturen gleich, weshalb keine Änderungen in der Netzinfrastruktur der Wärme- und Kälteversorgung notwendig sind. Dadurch reduziert sich der Investitionsaufwand in diesem Bereich enorm und es findet ein Business as usual statt. Um die Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung zu reduzieren wird die Nutzung von Biomethan durch ASTOC vorgeschlagen. Aufgrund des, insbesondere in der ersten Umsetzungsphase, ambitionierten Sanierungstempos kann es gelingen, die Neubauten in das Bestandsnetz zu integrieren, ohne dass die Kapazitätsgrenzen der Wärmenetze überschritten werden. Für die Kälteversorgung könnten aber Querschnittsvergrößerungen notwendig werden, da durch den Zubau der Kältebedarf stark ansteigt und dieser durch die Sanierung von Bestandsgebäuden für gewöhnlich nicht signifikant abfällt. Durch die weiterhin getrennte Erzeugung von Wärme- und Kälte gehen im Entwurf von ASTOC die vorhandenen Potenziale zur gleichzeitigen Wärme- und Kälteerzeugung verloren. Bedauerlicherweise wird durch das Team ASTOC keine ausgearbeitete Entwicklungsperspektive für die Wärmeverversorgung des blauen und größten Versorgungsgebiets im Neuenheimer Feld aufgezeigt. Lediglich die unsichere Möglichkeit einer Nutzung tiefeingethermischer Potenziale wird erwähnt, deren Nutzung, sofern möglich auch schon weit vor dem Jahr 2050 sinnvoll wäre. Durch das Festhalten an der aktuellen Versorgung des blauen Gebietes werden die bestehenden

Anforderungen an die Temperaturen der Versorgung weiter fortgeschrieben, wodurch sich ein potenzieller Lock-in ergeben könnte, welcher zukünftig die Nutzung von Niedertemperaturwärmeerzeugern deutlich erschweren könnte. Deshalb sollten bei den Sanierungen und Neubauten die Wärme- und Kälteübergabesysteme direkt auf zukunftsfähigere Versorgungstemperaturen ausgelegt werden und nicht an der aktuellen Versorgungssituation bemessen werden. Gegen die Nutzung der Kälte aus der neuen Kältezentrale ist wenig einzuwenden. Die mangelnde Wärmeauskopplung und Nutzung verschenkt Potenziale, da diese aufgrund der hohen Versorgungstemperaturen der Wärme nicht genutzt werden können. Ansonsten wird die Kälte aufgrund des sinkenden THG-Emissionsfaktors des Stroms in Zukunft nahezu klimaneutral erzeugt.

- **Rotes Versorgungsgebiet:** Ein Vorteil der dezentralen und gebäudebezogenen Anordnung der Erdsonden im roten Versorgungsgebiet ergibt sich, in diesem durch Neubauten geprägten Bereich des Neuenheimer Felds, durch eine hohe Flexibilität bei dessen Bebauung. Die vorgeschlagene Nutzung von thermisch aktivierten Bohrpfählen ist dabei, sofern diese benötigt werden, sinnvoll und kann durch reguläre Erdsonden unterhalb oder neben den Neubauten ergänzt werden. Die Erdsonden ermöglichen eine regenerative Kühlung und können unterstützt durch reversible Wärmepumpen den gesamten Kältebedarf der Gebäude decken und gleichzeitig zur thermischen Regeneration des Erdreichs beitragen. Die Dezentralität der Erdsonden bedingt allerdings auch, dass keine Gleichzeitigkeiten der angeschlossenen Gebäude genutzt werden können, um die Anzahl der benötigten Erdsonden zu reduzieren, was sich nachteilig auf die notwendigen Investitionen für das Konzept auswirkt. Durch die Dezentralität der Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen steigt darüber hinaus der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, sowie die Aufwendungen für die Bedienung der Anlagen.
- **Grünes & gelbes Versorgungsgebiet:** Das grüne und gelbe Versorgungsgebiet wird im vorgelegten Konzept mit Luft/Wasser-Wärmepumpen versorgt, welche bei vorhandenem Kältebedarf reversibel betrieben werden können. Durch den dezentralen Ansatz des Versorgungskonzeptes wird die Flexibilität bei den neu zu bauenden und zu sanierenden Gebäuden erhöht. Da im grünen Versorgungsgebiet auch einige Studentenwohnheime befinden biete es sich hier auch an eine gebäudezentrale Trinkwarmwasserversorgung aufzubauen, was mit zentralen Versorgungssystemen nur durch eine deutliche höhere primäre Vorlauftemperatur möglich wäre, weshalb hier die Dezentralität von Vorteil ist. Dies gilt auch für einige Gebäude im gelben Bereich, wo in einzelnen Gebäuden des Olympiastützpunktes ebenfalls ein signifikanter Trinkwarmwasserbedarf durch die dezentralen Wärmepumpen gedeckt werden könnte. Die im Versorgungsgebiet befindlichen Bestandsgebäude sind von ASTOC auch zur Sanierung vorgesehen, wodurch sich das erforderliche Temperaturniveau für die Beheizung auf ein angemessenes Niveau drücken lassen sollte, gegebenenfalls können aber größere Heizflächen notwendig werden, was zusätzliche Investitionen bedingen würde. Durch die Dezentralität der Wärme- und Kälteerzeugung

steigt darüber hinaus der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, sowie die Aufwendungen für die Bedienung der Anlagen.

- **Orangenes Versorgungsgebiet:** Der orangene Versorgungsbereich soll über eine zentrale Wasser/Wasser-Wärmepumpe mit Wärme versorgt werden, welche den Neckar als Wärmequelle nutzt. Die Anzahl und die Größe der daran angeschlossenen Gebäude (Nutzwärmebedarf von rund 15 GWh/a) ist ausreichend groß, um den entstehenden Aufwand zu rechtfertigen. Die geplante Option über eine Kopplung des orangenen Bereichs mit dem blauen Bereich weitere Gebäude zu versorgen, verbessert diese Einschätzung nur. Die Prüfung historischer Messungen der Wassertemperatur des Neckars am Standort Mannheim hat ergeben, dass die winterlichen Wassertemperaturen eine zuverlässigen Wärmeentzug grundsätzlich möglich machen. Lediglich im Februar 2012 gab es in den letzten 10 Jahren eine 10 tägige Phase in der aufgrund der Wassertemperaturen um 0 °C kein Wärmeentzug mehr möglich gewesen wäre. In dieser Zeit würden die von ASTOC vorgesehenen Elektrokessel als Redundanz einspringen. Durch die zentrale Aufstellung der Wärmepumpe fällt der Aufwand für den Betreiber geringer aus als bei dezentraler Anordnung. Da sich im Versorgungsgebiet sowohl Gebäude der Universität, des Uni-Klinikums, des DKFZ und Studentenwohnheime befinden, gibt es Gebäude mit niedrigem und hohem Trinkwarmwasserbedarf. In wie weit es sinnvoll ist, aufgrund dessen das gesamte Wärmenetz im orangenen Bereich, wie von ASTOC vorgesehen, mit primärseitigen Temperaturen von 70 °C zu betreiben und nicht auf dezentrale Booster-Wärmepumpen z.B. in den Studentenwohnheimen zu setzen, müsste genauer untersucht werden. Allerdings würde eine zu starke Absenkung der Vorlauftemperatur mit Sicherheit den Austausch der vorhandenen Wärmenetzleitungen bedingen, was mit der bisher von ASTOC vorgesehenen Vorlauftemperatur und der Umsetzung von Neubauten und Sanierungen wenn überhaupt nur abschnittsweise nötig wäre. Die Kälteerzeugung in der orangenen Versorgungszone muss dezentral erfolgen, da dem Neckar im Sommer voraussichtlich keine Wärme zugeführt werden darf. Dadurch erhöht sich der Betreiberaufwand aufgrund der höheren Anlagenzahl, außerdem schränken die notwendigen Kühltürme die Dachnutzung ein, was von Team ASTOC bei der Dachnutzung durch PV korrekt berücksichtigt wurde.

3.3 Bewertung der Klimaneutralität

Das Ziel des Energieversorgungskonzeptes des Team ASTOC war es ein möglichst klimaneutrales Neuenheimer Feld zu ermöglichen. Das Team erledigte die für die Berechnung der Klimaneutralität notwendigen Eingaben in das zur Verfügung gestellte Flächenberechnungstool sorgfältig und weitestgehend korrekt. Lediglich der Treibhausgasemissionsfaktor der Wärmeversorgung im blauen Versorgungsgebiets müsste angepasst werden, da dieser mit $62 \text{ g}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}/\text{kWh}$ merklich zu gering angesetzt ist für das Betrachtungsjahr 2050. Ein realistischerer Wert läge hier je nach elektrischem Wirkungsgrad der Dampfturbine und deren Anteil an der Wärmeproduktion zwischen 120 und 180 g/kWh und somit deutlich höher. Es wurde aber für

die Bewertung keine Änderung des Treibhausgasfaktors vorgenommen und weiter mit $62 \text{ g}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}/\text{kWh}$ für die Wärmeversorgung im blauen Gebiet gerechnet, da von Seiten des Fraunhofer IBP nicht davon ausgegangen wird, dass die Bestandsheizzentrale tatsächlich bis ins Jahr 2050 rein mit Biomethan betrieben wird. Es wird eher davon ausgegangen, dass dann, wenn überhaupt noch gasförmige Brennstoffe eingesetzt werden, eher Gas aus Power-to-Gas-Anwendungen eingesetzt wird und für diese ist der angesetzte Wert in der richtigen Größenordnung. Dennoch sollten die Auswirkungen mit bedacht werden. Das Ergebnis der Energie- und Treibhausgasbilanz des Neuenheimer Felds im Jahr 2050 lässt sich somit wie folgt beschreiben:

- der Strombedarf (Gebäude, Heiz-, Kühl- und Nutzerstrom) im Neuenheimer Feld wird mit 228 GWh/a veranschlagt.
- der Wärmebedarf wird mit 190 GWh/a und der Kältebedarf mit 98 GWh/a prognostiziert.
- die ermittelten PV-Erträge betragen 38,4 GWh/a für die PV-Dachanlagen und 4,0 GWh/a für die Fassadenanlagen.
- Verursacht durch den gesamten Energiebedarf für den Gebäudebetrieb werden rund 14.700 $\text{t}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}$ pro Jahr emittiert.
- Die jährliche Emissionen für den zu berücksichtigenden Materialeinsatz für die Neubauten und Sanierungen betragen rund 6.300 $\text{t}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}$.
- Die Stromerzeugung aus PV-Anlagen und die CO_2 -Bindung von Gebäudebegrünungen können rund 1.500 $\text{t}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}$ /a kompensiert.
- Die Treibhausgasbilanz für die Gebäude Im Neuenheimer Feld ergibt eine verbleibende Emissionsmenge von rund 19.500 $\text{t}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}$ /a. Dies entspricht einer Treibhausgasemission von $10,6 \text{ kg}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$. Im Jahr 2017 betragen die bruttogrundflächenbezogene Treibhausgasemissionen noch $67,2 \text{ kg}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$, wodurch das bruttogrundflächenbezogene Einsparpotential bei rund 84 % liegt. Die absoluten energiebezogenen Treibhausgasemissionen lagen 2017 bei rund 73.500 $\text{t}_{\text{CO}_2\text{-Äqui.}}$, somit ergibt sich die absolute Treibhausgasreduktion zu rund 73 %.

Das Team ASTOC regt an, dass die verbleibenden Emissionen aufgrund des Energieträgereinsatzes mittels Power-Purchase-Agreement und Ökostromtarif ausgeglichen werden. Für verbleibende nicht vermeidbare THG Emissionen in der Gebäudekonstruktion und im Gebäudebetrieb werden Carbon-Credits und Kompensationsmaßnahmen empfohlen. Dieser Weg erscheint nachvollziehbar und erlaubt heute noch nicht erkennbare etwaige Anpassungen die im Laufe der nächsten Jahre technologisch und wirtschaftlich (z.B. Wasserstoffnutzung) ermöglicht werden in den Entwicklungspfad zu integrieren.

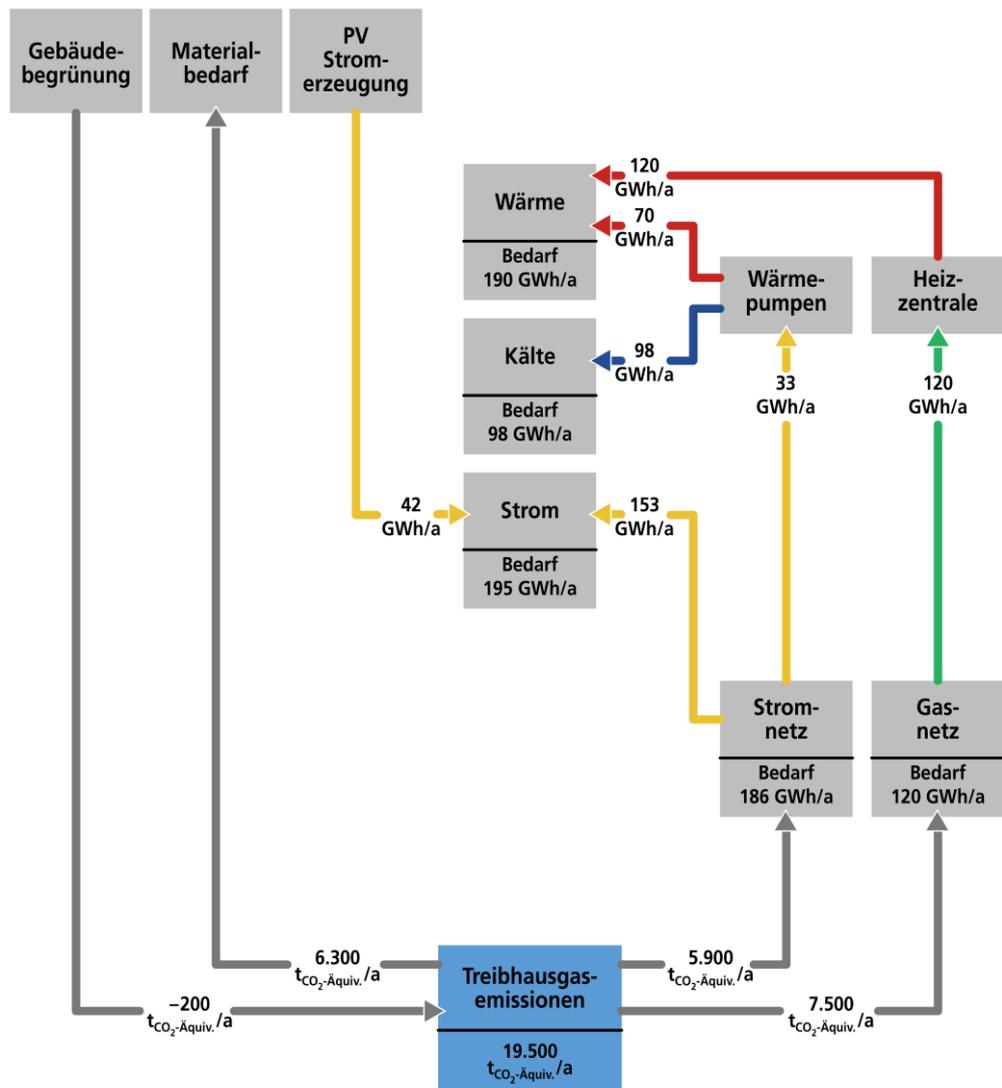


Bild 1: Grafische Darstellung der Energieflüsse und Treibhausgasemissionen für die Gebäude im Neuenheimer Feld für den Entwurf des Teams ASTOC.

4 Team HÖGER: Bewertung des Beitrags

4.1 Verwendete Unterlagen

Die Beurteilung basiert auf folgenden übermittelten Unterlagen und Informationen:

- eingereichte Plansätze und Broschüre vom 15. Juli 2021
- ausgefüllte Flächenberechnungstools vom 15. Juli 2021
- aktualisierte Flächenberechnungstools vom 22. Juli 2021
- erweiterte nachgereichte Plansätze vom 23. Juli 2021
- spontane Antworten auf Rückfragen der Gutachter vom 29. Juli 2021
- korrigierte und erweiterte Broschüre vom 4. August 2021
- schriftlich beantwortete Rückfragen der Gutachter vom 10. August 2021
- Schnitt Anergieleitungen vom 23. August 2021

4.2 Bewertung der energetischen Infrastruktur

Das Infrastrukturkonzept des Team HÖGER ist geprägt durch die Installation eines hoch innovativen Anergienetzes, das es erlaubt, die am Campus vorherrschenden erneuerbaren Niedertemperatur- und Abwärmequellen verschiedenster Herkunft bedarfsorientiert und ungerichtet den Wärmeerzeugern zuzuführen. Da das Wasser im Anergienetz nicht mittels Umwälzpumpen gerichtet transportiert wird, sondern sich seine Strömungsrichtung bedarfsabhängig einstellt, müssen derartige Netze mit kleinen Druckverlusten betrieben werden. Die geringe Spreizung im Anergienetz und die großen zu befördernden Wärmemengen erfordern Rohre mit vergleichsweise großen Durchmessern (DN 600 bis DN 800) und eine fein abgestimmte, dynamisch nachgehaltene, detaillierte Hydraulikabstimmung aller Anbindungen, die bei Veränderungen im Netz stetig anzupassen ist. Dies erfordert entsprechende Kapazitäten im Betrieb.

Das Gebiet wird in 9 Energieversorgungsclustern mit zugehörigen Energiezentralen organisiert. Der entsprechende Wartungs- und Instandhaltungsbedarf ist mitzudenken. Durch die parallele Wärme- und Kälteerzeugung mittels Wärmepumpen in den Clusterenergiezentralen lassen sich große Effizienzpotenziale heben und Abwärme- bzw. Abkälte sogar über das Anergienetz in andere Cluster verschieben. Dadurch wird eine Flexibilität der Ansiedelung von neuen Gebäuden erreicht, welche das Potenzial hat die Energieeffizienz des Gesamtsystems zu verbessern. Außerdem sind Holzhackschnitzelkessel zur Spitzenlastabdeckung in den Clusterenergiezentralen geplant. Zu den Auswirkungen möglicher Staub- und Stickoxydbelastungen durch die Holzverbrennung wird keine Aussage gemacht, die Thematik sollte aber unbedingt mitbedacht werden.

Das bestehende Wärmenetz wird in den Hauptachsen erhalten. Zu Redundanzzwecken wird die bestehende Heizentrale mit den Clusterzentralen und diese untereinander verbunden. Die Gebäude in den geplanten 9 Versorgungsclustern werden über zu ergänzende Clusternetze mit Wärme und Kälte aus den zugehörigen Clusterzentralen versorgt. Sofern in einem Cluster kein Bedarf an einer der beiden Energien besteht, kann diese über das Anergienetz zu einer anderen Clusterzentrale transportiert werden, welche in diesem Moment diese Energie benötigt. Dadurch kann eine gebietsweite Vernetzung erreicht werden.

In Summe werden künftig drei Netzebenen (Anergienetz, Clusternetz und Redundanz-Bestandsnetz) eingeplant. Dies lässt erwarten, dass der ohnehin knappe Platz in den Karrengängen und Verteilkanälen zu deren Aufnahme nicht ausreicht. Besonders herausfordernd ist aufgrund seiner großen Rohrdurchmesser dabei das Anergienetz. Denkbar wäre aber auch eine Verlegung der ungedämmten Anergienetzleitungen im Erdreich, wobei hier häufig auftretende Querungen deutliche Probleme verursachen könnten. Inwieweit die neue Trassenverlegung praktisch realisierbar ist, muss in Detailuntersuchungen vor Ort geprüft werden.

Die als Wärmequelle und saisonale Wärmespeicher gedachten Erdsonden wurden vom Team Höger mit einer Endteufe von bis zu 250 m projektiert. Die Erdsonden werden im Konzept ausschließlich unter den zu erstellenden Neubauten installiert,

was die Regenerationsfähigkeit der Erdwärmesonden aufgrund des reduzierten Außentemperatureinflusses im oberen Bereich der Sonde verschlechtert. Die ange-setzte Bohrtiefe von bis zu 250 m ist dabei sehr kritisch zu betrachten, da es gemäß der Standortauskunft des „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ eine Bohrtiefenbegrenzung von 65 m im Projektge-biet gibt, was dem „Schutz tiefer genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen dient ...“. Das einer großflächigen Nutzung von Erdwärme mit 250 m Bohrtiefe (ge-plant sind durch Team Höger 94.000 m²) vor diesem Hintergrund genehmigungsfä-hig ist darf bezweifelt werden. Bei 250 m Tiefe müsste ohnehin eine Abstimmung mit der zuständigen Bergbehörde stattfinden. Wenn die Bohrtiefenbegrenzung von 65 m Gültigkeit behält, müssten zusätzlich zu den geplanten 94.000 m² voraussicht-lich weitere 156.000 m² Erdsondenfeld erschlossen werden (insgesamt 250.000 m²). Diese Fläche kann nicht alleine unter den entstehenden Neubauten unterge-bracht werden, sodass überschlagsweise weitere 48.000 m² Erdsondenfelder unter Freiflächen oder im direkten Umfeld von Neubauten erschlossen werden müssten.

Die Ausarbeitung für die Transformation zur Klimaneutralität mündet in einer Um-stellung der Wärme- und Kälteversorgung von dem bisherigen Energieträger Erdgas auf eine künftig THG arme elektrifizierte und biomasseunterstützte Wärmeversor-gung die mit Methan als Übergangslösung für den Redundanzbetrieb der Bestands-netze ergänzt wird.

Die Belegung der Dach- und Fassadenflächen mit PV-Anlagen wurde pauschalisiert betrachtet, wobei insbesondere bei den Neubauten eine ambitionierte Dachbele-gung von 70 % PV mit darunterliegender Dachbegrünung angesetzt wurde. Um der Dachbegrünung ein ausreichende Lebensgrundlage zu geben und einen praxisge-rechte Pflege der Begrünung zu ermöglichen, müssen die Reihenabstände der Mo-dule größer gewählt werden, als dies bei den Eintragungen berücksichtigt wurde. Da die PV-Erträge eine wichtige Rolle für die Klimaneutralität spielen, müssten im Flächenberechnungstool nicht die PV-Erträge sondern die Flächen der Dachbegrü-nung reduziert werden, was allerdings nicht umgesetzt wurde, um keine zu großen Eingriffe in die Eintragungen der Teams durchzuführen. Der grundsätzliche Ansatz von 70 % PV-Fläche auf den Dächern mit reduzierter Dachbegrünung ist aber nicht unrealistisch, sofern auf Dachoberlichter verzichtet wird und die technischen Auf-bauten für Lüftungszentralen sinnvoll auf dem Dach oder sogar im Gebäude ange-ordnet werden. Durch die dezentrale Kälteerzeugung müssen voraussichtlich keine Dachflächen mit Rückkühlern versehen werden. Der pauschale Ansatz 25 % der Süd, Ost- und West-orientierten Fassadenflächen mit PV zu versehen ist stark pau-schalisiert. Es werden keine geeigneten Flächen hierfür ausgewiesen, weshalb die Erträge aus der Fassaden-PV in der Realität wohl geringer ausfallen dürften. Die er-mittelten PV-Erträge betragen 49,8 GWh/a für die PV-Dachanlagen und 7,6 GWh/a für die Fassadenanlagen. Dadurch kann rund 27 % des Strombedarfs gedeckt wer-den.

Windkraft (Kleinwindkraftanlagen) wird als ergänzendes Element an attraktiven Or-ten auf dem Areal aufgeführt. Dafür wurden passenderweise die Clustermobilitäts-zentralen ausgewählt, in welchen sich auch die Energiezentralen der Cluster befin-den. Außerdem sollen sie in die Freiräumen entlang der Bewegungsachsen integri-ert werden, unter anderem entlang des Campusrings, der Berliner Straße und

der Innovations- und Klinikallee. In der nachgereichten Broschüre wird spezifiziert, dass 55 Kleinwindkraftanlagen, mit jeweils 5 kW Leistung, im Neuenheimer Feld installiert werden sollen. Der dafür veranschlagte Ertrag von jeweils 11 MWh/a wird als deutlich überhöht eingeschätzt. Als realistisch werden 2 MWh/a pro Anlage angesehen. Der Verzicht auf Batteriespeicher wurde nachvollziehbar mit den geringen Überschüssen aus der PV-Erzeugung begründet. Die geothermische Nutzung wurde über Erdsondenfelder geplant und mit dem Anergienetz verknüpft.

Die Clusterung der Gebäude im Neuenheimer Feld erfolgt augenscheinlich nach räumlichen und nutzungsspezifischen Randbedingungen. Dies ist aus Sicht der Wärme und Kälteversorgung nachteilig zu betrachten, da hierdurch ausschließlich gemischte Cluster mit Neubauten und (sanierten) Bestandsgebäuden entstehen. Besonders ist hier das Cluster 500 hervorzuheben, in welchem sich lediglich sechs Bestandsgebäude befinden. Durch die Art der Clusterung und deren direkte Übernahme für die Energieversorgung muss jede Clusterenergiezentrale die primärseitigen Versorgungstemperaturen an den sanierten bzw. unsanierten Bestandsgebäuden orientieren, was sich im Normalfall negativ auf die Effizienz der Wärmepumpen bei der Wärme- und gegebenenfalls auch bei der Kältebereitstellung auswirken wird.

Das Potenzial der gleichzeitigen Wärme- und Kälteerzeugung ist als ein deutlicher Vorteil des Versorgungskonzeptes zu sehen. Diese erfolgt in den Clusterenergiezentralen durch die dort verbauten Wärmepumpen. Der von Team Höger angesetzte Anteil der Kälte von 65 %, welcher parallel zur Wärme erzeugt werden kann, konnte anhand eigener Berechnungen bestätigt werden. Allerdings ist dafür der Austausch der Kälte- und Wärme innerhalb des kompletten Neuenheimer Feld notwendig, was durch das Anergienetz aber theoretisch bereitgestellt werden kann. Das auch parallel zur Kälteerzeugung nutzbare Wärme anfällt wurde vom Team nicht zahlenmäßig dargestellt, ermöglicht aber bei der Nutzung weitere Energieeinsparpotenziale.

Der in der Broschüre ausgewiesene Hilfsenergie für die Wärme- und Kältebereitstellung fällt unserer Einschätzung nach zu tief aus. Die angesetzten 2 % bezogen auf die Endenergie der Wärme bzw. Kälte sind nur bei der Betrachtung der Wärme- und Kälteverteilung an die Gebäude realistisch. Es fehlen also die Quellenpumpen der zentralen Wärmepumpen, welcher deshalb mit 10% des Strombedarfs der Wärmepumpe veranschlagt wurde, wie dies bei Großwärmepumpen häufig angetroffen wird. Diese Unschärfe tritt lediglich in der Broschüre auf und nicht im Flächenberechnungstool, welches für die Bestimmung der Klimaneutralität und des Energiebedarfs entscheidend ist. Dort wurde die Wärmepumpe bei der Wärmeerzeugung mit einer JAZ von rund 5,1 dargestellt (aus den Zahlen in der Broschüre ergibt sich eine JAZ von 6,0), wodurch dieser in der Broschüre fehlende Strombedarf der Quellenpumpen berücksichtigt wird.

Der im nachgereichten Umsetzungsplan beschriebene phasenweise Umschluss vom Bestandsnetz auf die neuen Clusternetze kann unserem Kenntnisstand nach nicht so erfolgen wie dargestellt. Teilweise werden dort Gebäude (z.B. des Theoretikums) einzeln von der bestehenden auf die neue Energieversorgung umgeschlossen, ob-

wohl diese bisher über keinen eigenen Übergabestation verfügen. Um diesen Um-
schluss separat zu ermöglichen müsste ein neuer Hausanschluss verlegt und die
Hydraulik im Gebäude angepasst werden. Selbiges gilt für andere Gebäudekom-
plexe, welche in der Phasenplanung gebäudeweise saniert und umgeschlossen wer-
den, obwohl diese bisher über keinen separaten Anschluss an die Netze verfügen.

Das Energieversorgungskonzept sieht vor, dass die bestehende Wärme- und Kälte-
versorgung bis zum Jahr 2050 komplett auf die Versorgung mit dem Anergienetz
und den Clusterenergiezentralen umgestellt wurde. Die sich ergebende Treibhaus-
gasbilanz für das Neuenheimer Feld, zusammengesetzt aus den Emissionen aus der
Energieversorgung (Wärme, Kälte und Strom), dem Materialeinsatz und verrechnet
mit den Kompensationen aus der regenerativen Stromerzeugung und der Dachbe-
grünung), beträgt rund 11.200 t_{CO2-Äqui./a}. Dies entspricht rund 5,5 kg/m²_{BGFa}. Im
Vergleich zu den bruttogrundflächenbezogenen Treibhausgasemissionen im Jahr
2017 (67,2 kg/m²_{BGFa}) entspricht dies einer Reduktion um 92 %. Es wird vom Team
HÖGER festgestellt, dass trotz bestmöglicher Ausnutzung aller erneuerbarer Ener-
giepotentiale auf dem Campus eine örtliche/räumliche Sicherstellung der vollstän-
digen Klimaneutralität bis 2050 nicht gelingt. Leider wurde aber keine Kompensati-
onsstrategie entwickelt, die als Alternative verfolgt werden könnte.

4.3 Bewertung der Klimaneutralität

Das Ziel des Energieversorgungskonzeptes ist ein möglichst klimaneutrales Neuenheimer Feld. Das Team erledigte die für die Berechnung der Klimaneutralität notwendigen Eingaben in das zur Verfügung gestellte Flächenberechnungstool sorgfältig und weitestgehend korrekt. Das Ergebnis der Energie- und Treibhausgasbilanz des Neuenheimer Felds im Jahr 2050 lässt sich wie folgt beschreiben:

- der Strombedarf (Gebäude, Heiz-, Kühl- und Nutzerstrom) im Neuenheimer Feld wird mit 250 GWh/a veranschlagt.
- die ermittelten PV-Erträge betragen 49,8 GWh/a für die PV-Dachanlagen und 7,6 GWh/a für die Fassadenanlagen.
- Verursacht durch den gesamten Energiebedarf für den Gebäudebetrieb werden rund 8.000 t_{CO₂-Äqui.} pro Jahr emittiert.
- Die jährliche Emissionen für den zu berücksichtigenden Materialeinsatz für die Neubauten und Sanierungen betragen rund 5.300 t_{CO₂-Äqui.}.
- Die Stromerzeugung aus PV-Anlagen und die CO₂-Bindung von Gebäudebegrünungen können 2.100 t_{CO₂-Äqui.}/a kompensiert.
- Die Treibhausgasbilanz für die Gebäude Im Neuenheimer Feld ergibt eine verbleibende Emissionsmenge von rund 11.200 t_{CO₂-Äqui.}/a. Dies entspricht einer Treibhausgasemission von 5,5 kg_{CO₂-Äqui.}/m²_{BGFa}. Im Jahr 2017 betragen die bruttogrundflächenbezogene Treibhausgasemissionen noch 67,2 kg_{CO₂-Äqui.}/m²_{BGFa}. Das erreichbare Einsparpotential liegt damit bruttogrundflächenbezogen bei rund 92 %. Die absoluten energiebezogenen Treibhausgasemissionen lagen 2017 bei rund 73.500 t_{CO₂-Äqui.}, somit ergibt sich die absolute Treibhausgasreduktion zu rund 85 %.

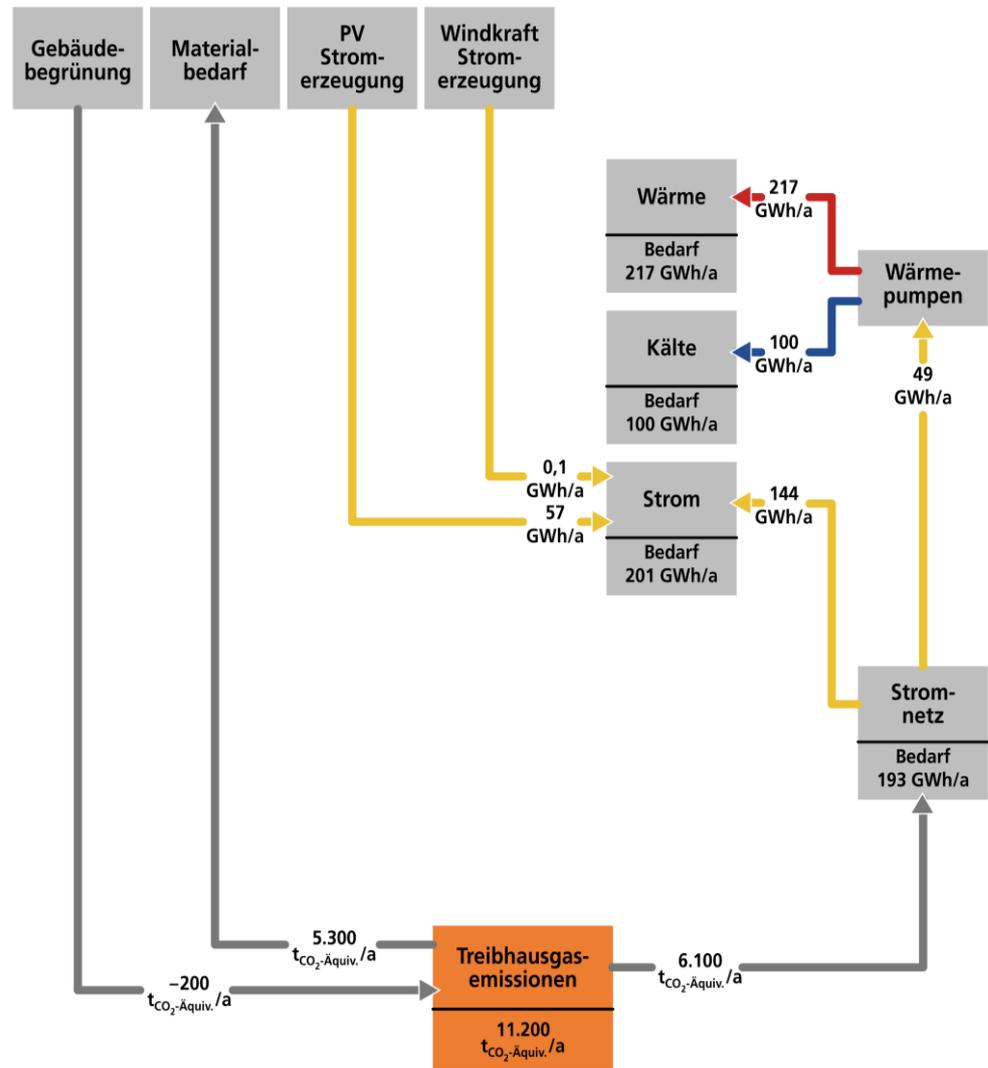


Bild 2: Grafische Darstellung der Energieflüsse und Treibhausgasemissionen für die Gebäude im Neuenheimer Feld für den Entwurf des Teams HÖGER.