

Gebäudeübergreifender Energieaustausch

Markus Heimberger

Technische Universität Wien, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Gußhausstraße 25/370-1, A-1040 Wien; T: +43(1)58801-370130, F:+43(1)58801-370199, markus.heimberger@tuwien.ac.at, www.ea.tuwien.ac.at

Kurzfassung: Im Subprojekt „Gebäudeübergreifende Energie“ wird ein Prototyp für eine Siedlungssimulation erstellt. Damit sollen energieübergreifende Optimierungen (Elektrizität, Wärme) auf Siedlungsebene untersucht werden, um ein dem Gebäude übergeordnetes Optimum zu finden. Im ersten Fall wurden diese Untersuchungen speziell für die in Wien angesiedelte Seestadt Aspern durchgeführt, dabei sollen hier erste Ergebnisse speziell aus dem elektrischen Energieaustausch vorgestellt werden.

Keywords: Energieaustausch, erneuerbare Versorgung, Energieinfrastruktur, unterschiedliche Energieformen, Elektrizität, Wärme, Siedlung, Photovoltaik

1 Einleitung

Die Seestadt Aspern hat sich zum Ziel gesetzt, sich als internationaler Leuchtturm energieeffizienten und nachhaltigen Siedlungsbaues zu etablieren. Um die Gestaltung der Seestadt gemäß dem letzten Stand der Forschung zu gewährleisten, koordiniert die Wien3420 das Leitprojekt „Aspern, die Seestadt Wiens“, im Rahmen dessen neben Grundlagenstudien zu den Themen „Freiraum und Mikroklima“, „Gebäudeübergreifende Energie“ und „Energieverbrauchsmonitoring“, Demonstrationsgebäude errichtet werden sollen, in denen die dort entwickelten bzw. identifizierten innovativen Lösungen hinsichtlich plus-Energie Häuser und deren Einbindung in einen lokalen Energieverbund exemplarisch realisiert werden sollen um die Machbarkeit zu belegen und so das Interesse von Investoren und Bauindustrie und Energieversorgern zu wecken.

Im hier vorgestellte Subprojekt „Gebäudeübergreifende Energie“ wird zur Unterstützung der Stadtentwicklung ein Prototyp einer Siedlungssimulation erstellt. Dabei soll einerseits eine Orientierung für den Ausbau der energetischen Infrastruktur („Roadmap“) entstehen und andererseits die Möglichkeit geschaffen werden, bei Ansiedlungsprojekten die jeweils geeigneten Maßnahmen hinsichtlich der Einbindung des Objektes in den lokalen Energieverbund zu identifizieren. Zu diesem Zweck wird das Projekt in die folgenden Themen gegliedert, die jeweils für die Demonstrationsprojekte und die Siedlungssimulation die jeweils geeigneten Ergebnisse liefern:

Analyse und Modellierung der Möglichkeiten der Einkopplung von thermischer Energie in ein (lokales) Fernwärmenetz. Dabei werden Aspekte wie Systemtemperaturabhängigkeit der Netzverluste, Pumpstrombedarf berücksichtigt.

Analyse und Modellierung des (lokalen) Austausches von elektrischer Energie. Dabei werden die folgenden Aspekte berücksichtigt: Einfluss aller Energieverbrauchergruppen und

lokaler Erzeugergruppen (PV, ev. Wind, etc.) einer Siedlung auf das elektrische System, Skalierbarkeit der Netzinfrastruktur sowie die optimale Nutzung der Austauschmöglichkeiten innerhalb von Gebäude, Baufeld und Siedlung.

Da das Projekt noch nicht abgeschlossen ist, liegen noch nicht alle Ergebnisse vor, in diesem Bericht sollen die ersten Erkenntnisse, vor allem speziell für den elektrischen Energieaustausch vorgestellt werden.

2 Methoden

Der Software Prototyp stellt in zweierlei Hinsicht einen dreistufigen Prozess dar, einerseits, das drei TU Wien Institute bei der Erstellung beteiligt waren, wobei jedes einen Know-how Bereich abdeckt (Gebäude, thermische Energie, elektrische Energie). Andererseits in der Funktionsweise des Tools, im ersten Schritt werden die Energiebedarfsdaten für die einzelnen Gebäude ermittelt. Darauf aufbauend werden in Excel sowohl die thermischen als auch elektrischen Simulationen bezüglich der Netzverluste durchgeführt und im dritten Schritt erfolgte die Auswertung in Matlab. Nachfolgend wird etwas näher auf die einzelnen Methoden eingegangen.

2.1 Gebäudedaten

Vom Institut für Hochbau und Technologie, wird aufgrund von Wetter und Gebäudemodellen ein Energiebedarf- oder Überschuss jeweils auf Baufeldebene im Stunden Raster erstellt. Dabei werden sowohl Werte für die elektrische Energie, als auch für die thermische Energie geliefert, wobei hier zwischen Heizen und Kühlen unterschieden wird. Für die Generierung der elektrischen Energie wurde stark auf die Dissertation „Efficiency potential in private sector in ADRES“ [1] und den VDEW Lastprofilen [2] eingegangen. Bei der Erstellung können verschiedene Nutzergruppen definiert werden. Wohnen und Büro spielen in Aspern die Hauptrelevanz, des Weiteren gibt es noch Gewerbe, Handel, Veranstaltung, Hotel und Bildung. Bis dato sind zwei Hauptszenarien integriert, einerseits ein Standard Szenario, bei welchem von einer Gesamt Energie Effizienz* (GEE*) Entwicklung von 0,9, 0,8 und 0,7 für die einzelnen Bauphasen ausgegangen wurde. Unter GEE ist der Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes zu sehen, wobei als Basis ein Gebäudebestand aus dem Jahr 1997 zugrunde liegt, GEE=1. Der Stern bei GEE* bedeutet, dass es sich um eine modifizierte Version handelt und zwar in jenem Sinne, das die übliche Geräteausstattung (Fernseher, Drucker,...) ausgeklammert wurde und nur die Gebäudetechnik betrachtet wird (Lüftung, Lift,...). Da angenommen wird, das Personen oder Firmen die Gebäude mit ihren bereits vorhandenen Geräten beziehen. Im ambitionierten Szenario wurde eine GEE* Entwicklung von 0,6, 0,5 und 0,4 angenommen. In Korrelation mit den Gebäudeeffizienzen wurde auch der Ausbau der Photovoltaik (PV) angenommen, d.h. effizienter Gebäudeausbaupfad (0,6-0,4) 100% PV Ausbau der Dachflächen, beim ineffizienteren Fall wurde von einem 50% PV-Endausbau ausgegangen. Diese beiden Hauptfälle wurden dann noch um zwei Subszszenarien erweitert, wobei dafür die Geräteausstattung (Drucker, Fernseher,...) zwischen herkömmlich und effizient variiert wurde.

2.2 Thermisches Netz

Aufbauend auf den stündlichen, thermischen Lastdaten kann nach manuell erfolgter Fernwärmenetzplanung, eine Verlustrechnung im thermischen Netz durchgeführt werden (Institut für Energietechnik und Thermodynamik). Wobei hier unter anderem nicht nur die direkten thermischen Verluste, sondern auch die Pumpenströme der Umwälzpumpen mitberücksichtigt werden. Für die Simulation des Fernwärmenetzes wird im gesamten System ein einheitliches Temperaturniveau einerseits für den Vorlauf und andererseits für den Rücklauf angenommen. Die zu transportierenden Energien werden durch variierende Volumenströme realisiert.

2.3 Elektrisches Netz

Beim elektrischen Netz kann ebenso nach manuell erfolgter Netzplanung eine Netzberechnung durchgeführt werden (Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe). Die stündlichen Leistungswerte liegen nur auf Wirkleistungsbasis vor, diese können mit einem konstanten $\cos\phi$ welcher für alle Gebäude und Zeitpunkte gilt auf Scheinleistungswerte umgerechnet werden. Da bei dem entwickelten Tool kein Anspruch erhoben wird, ein Netzberechnungsprogramm zu entwickeln, sind einige Einschränkungen gegeben. Unter anderem ist nur eine Berechnung von Strahlennetzen möglich. Eine weitere Vereinfachung ist der Berechnungsalgorithmus, dafür wird entgegen der herkömmlichen Berechnung am Ende des Strahls, Nennspannung angenommen und vom Ende zum Anfang der Leitung vor gerechnet. Eine Vergleichsuntersuchung mit einem Netzberechnungsprogramm hat gezeigt, dass für städtische Netzkonfigurationen, welche durch relativ kurze Leitungslängen begründet sind, eine solche Vorgehensweise bei der Berechnung ohne große Fehler möglich ist.

Da am Endknoten der Nennspannungswert angenommen wird, erfolgt eine einfache komplexe Widerstandsrechnung nach folgendem Modell (Abbildung 1). Wobei die Last \underline{S}_1 die Last am Endknoten darstellt und \underline{Z}_1 die Impedanz des Leitungsstückes von Baufeld 1 zu Baufeld 2 an welchem die Last \underline{S}_2 angeschlossen ist. Durch diesen Ansatz reduziert sich ein kompliziertes Maschen-Knoten-System auf eine einfache Serienschaltung.

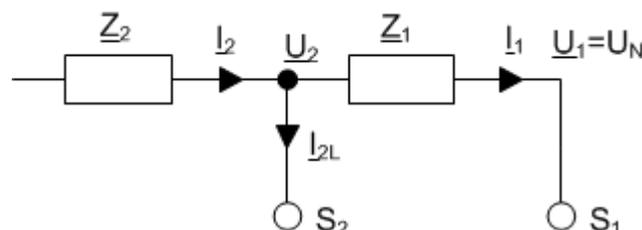


Abbildung 1: Elektrisches Berechnungsmodell nach einfacher komplexer Widerstandsnetzwerkberechnung

2.4 Matlab-Auswertung

Die gesamte Auswertung erfolgt in Matlab, dem Nutzer steht eine graphische Oberfläche zur Verfügung mit der individuelle Parameter variieren kann, welche für die Netzsimulationen in excel verwendet werden, z.B.: COP für Wärmepumpen oder ob Fernkälte vorhanden ist oder nicht. Nach erfolgter Netzsimulation werden die gesamten Daten in Matlab eingelesen und dort ausgewertet. Bis dato ist eine graphische Auswertung (Carpetplot, siehe Ergebnisse) für jede Nutzergruppe sowie gesamt Aspern und eine Auswertung bezüglich PV Nutzung und Energieaustausch zwischen Gebäuden und Nutzergruppen implementiert. Dies soll zum Beispiel noch um Aspekte wie primärenergetisch effiziente thermische Energiebereitstellung (Fernwärme, Wärmepumpen) ergänzt werden.

3 Ergebnisse

Von den vier unter 2.1 vorgestellten Szenarien sollen an dieser Stelle die beiden Extremfälle herausgegriffen werden. Der eine Extremfall ist der Gebäudeausbau gemäß GEE* 0,9-0,7 mit 50% PV-Ausbau im Endzustand und herkömmlicher el. Geräteausstattung. Der andere Extremfall im positiven Sinn bezüglich des Energieverbrauchs, ist jener mit einem Gebäudeausbau gemäß 0,6-0,4, 100% PV-Ausbau und einer effizienten Geräteausstattung.

3.1 Herkömmlicher Fall

Abbildung 2 zeigt den Carpetplot des herkömmlichen Falls für das gesamte Baufeld ASPERN im Endausbau. Dabei gelten die oben angeführten Bedingungen für GEE*, PV und el. Geräte. Auf der Abszisse sind die Tage im Jahr beginnend mit ersten Jänner ersichtlich, die Ordinate bildet die Uhrzeit des jeweiligen Tages ab. Die Farbeinfärbung spiegelt die Lastwerte zu den einzelnen Stunden wieder.

Ersichtlich für diesen Fall ist, dass im Sommer nur ein geringer und selten auftretender Überschuss zu erwarten ist (blau). Besonders an Wochenenden tritt dieser Überschuss auf, an welchem die Leistungen vor allem des nicht Wohnen-Sektors gering ist und somit die Energie nicht direkt in Aspern abgenommen werden kann.

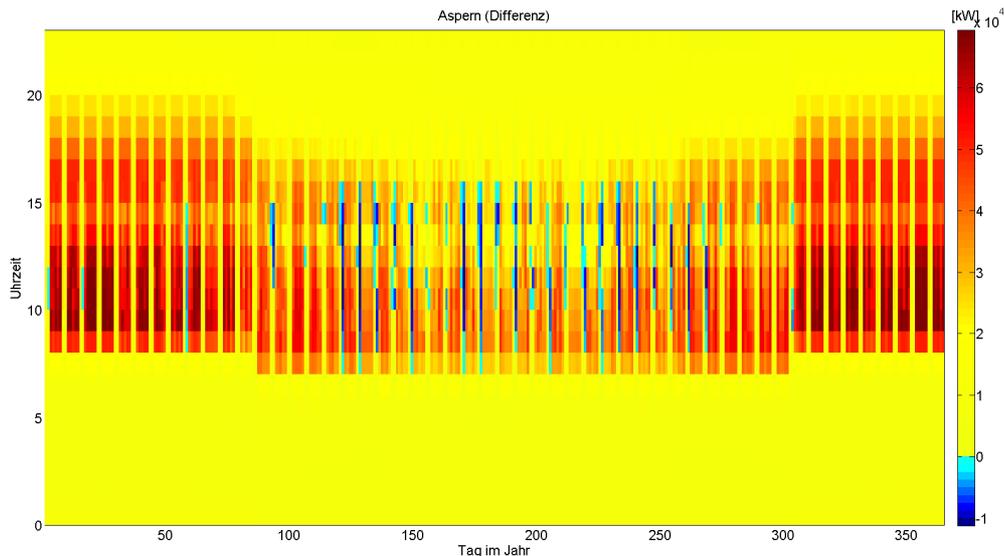


Abbildung 2: Carpetplot des herkömmlichen Falles, d.h. GEE* 0,9-0,7; 50% PV-Ausbau und herkömmliche Geräteausstattung

In Tabelle 1 sind einige PV-Nutzungsgrade dargestellt. An dieser Stelle soll kurz vorweggenommen werden, wie die einzelnen Parameter zu verstehen sind. Unter Eigennutzungsgrad ist jener Anteil der PV zu verstehen, welche direkt in der jeweiligen Kategorie (Gebäude) verbraucht werden kann, 100% bedeuten, dass der gesamte PV-Ertrag direkt verwertet werden kann. Der Begriff „Eigendeckungsgrad“ gibt den Anteil der direkt verbrauchten PV-Energie, bezogen auf die gesamte durch die Kategorie verbrauchte Energie an, 100% würde bedeuten, dass der Gesamte energieverbrauch durch die PV gedeckt werden kann. Unter Gesamtdeckungsgrad ist zu verstehen, welcher maximale Eigendeckungsgrad unter der Annahme eines 100%igen Eigennutzungsgrades möglich ist, d.h. wie viel Prozent der verbrauchten Energie kann durch die PV abgedeckt werden, wenn sie immer Zeitgleich mit dem Verbrauch erzeugt würde (oder durch Speicherung zu Verbrauchszeiten bereitgestellt werden kann).

Für dieses Szenario ist auffällig, dass ein sehr hoher Anteil der durch die PV erzeugten Energie direkt verbraucht werden kann, >90%. Dies ist dadurch begründet, dass die PV-Energie nur einen Bruchteil der verbrauchten Energie ausmacht und somit fast immer direkt abgenommen werden kann. Die Kehrseite ist jedoch, dass nur ein sehr geringer Anteil der Verbrauchten Energie dadurch gedeckt ist, was an den geringen Eigendeckungsgraden zu sehen ist.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der unterschiedlichen PV-Nutzungsgrade des herkömmlichen Szenarios

[%]	Aspern	Wohnen	Büro	Gewerbe	Handel	Veranstaltung	Hotel	Bildung
Eigennutzungsgrad	93	92	92	93	100	92	100	94
Eigendeckungsgrad	15	24	9	27	6	23	7	7
Gesamtdeckungsgrad	16	27	10	29	6	26	7	8

3.2 Effizienter Fall

Abbildung 3 zeigt den Carpetplot für den effizienten Fall. Dabei ist entgegen des herkömmlichen Falles ein erheblicher PV-Überschuss gegeben. Wie nicht anders zu erwarten speziell in den Sommermonaten zur Mittagszeit. Jetzt jedoch nicht mehr nur an Wochenenden, an denen der Verbrauch von Büro, Gewerbe usw. eher geringer ist, sondern auch an Werktagen. Beachten muss man auch, dass für dieses Szenario die Erzeugungsleistung die Verbrauchsleistung übersteigt, solche Fälle sind gegebenenfalls bei der Netzplanung zu berücksichtigen.

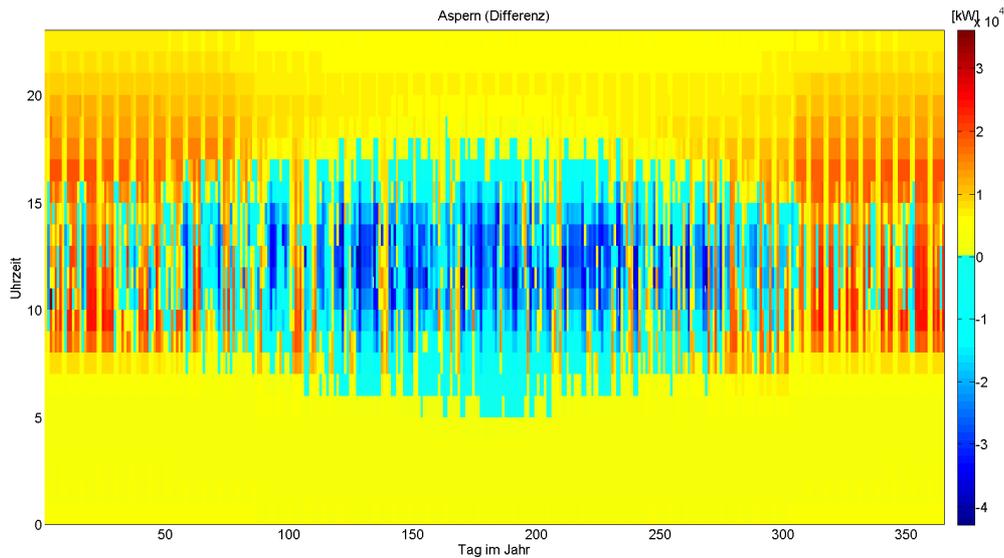


Abbildung 3: Carpetplot des effizienten Falles, d.h. GEE* 0,6-0,4; 100% PV-Ausbau und effizienter Geräteausstattung

Tabelle 2 zeigt wieder die verschiedenen Nutzungsgrade, hierbei sind drei Tendenzen ersichtlich:

1. Die Eigennutzungsgrade sind geringer, bedingt durch den erhöhten Anteil der Erzeugung bezogen auf den Verbrauch
2. Die Eigendeckungsgrade sind gestiegen, da mehr PV-Energie erzeugt wird und zusätzlich der Verbrauch noch gesunken ist
3. Der Gesamtdeckungsgrad übersteigt für manche Kategorien sogar die 100%, dies bedeutet, dass bei einer Speicherung der Energie nicht nur der gesamte eigene Energiebedarf gedeckt werden könnte, sondern noch ein Überschuss vorhanden ist.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der unterschiedlichen PV-Nutzungsgrade des effizienten Szenarios

[%]	Aspern	Wohnen	Büro	Gewerbe	Handel	Veranstaltung	Hotel	Bildung
Eigennutzungsgrad	53	40	69	42	92	25	75	74
Eigendeckungsgrad	40	35	43	49	27	44	31	37
Gesamtdeckungsgrad	76	88	63	116	29	174	41	50

4 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine ganzheitliche autonome Versorgung für einen typischen städtischen Siedlungsmix (in diesem speziellen Fall für ASPERN) auch unter idealsten Bedingungen nicht möglich ist. Wobei unter idealsten Bedingungen zu verstehen ist, dass alle Gebäude und Geräte nach effizientesten Maßnahmen umgesetzt werden und dass das gesamte PV-Potential welches auf den Dächern zur Verfügung steht ausgenutzt wird. Selbst mit Zwischenspeicherung der PV-Energie für eine 100%ige Eigennutzung kann für den gesamten Siedlungsmix keine energetische Volldeckung erreicht werden. Obwohl einige Bereiche wie Veranstaltung sogar eine Überdeckung erreichen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass im effizienten Szenario die Leistung der Einspeisung die des Verbrauches übersteigt, was durch zweierlei entgegen wirkende Prozesse begründet wird. Erstens sinkt die maximale Last von ca. 70MW auf ca. 40MW, andererseits steigt die Einspeiseleistung auf über 40MW.

5 Literaturverzeichnis

[1] S. Ghaemi: „Efficiency potential in private sector in ADRES,“ Wien, 2011.

[2] B. Schieferdecker, et al.: „Repräsentative VDEW-Lastprofile,“ VDEW-Materialien M32/99, 1999.

Das Projekt „Gebäudeübergreifende Energie“ wird aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft plus“ durchgeführt.

