

Städtebau und elektrische Speicher – ein Zusammenspiel im Energiequartier

Antonia Stratmann, Jannik Wendorff, Sarah Hermens

(Antonia Stratmann, MSc, RWTH Aachen University, Institut für Städtebau und europäische Urbanistik, Wüllnerstraße 5b, stratmann@staedtebau.rwth-aachen.de)

(Jannik Wendorff, MSc, RWTH Aachen University, Institut für Städtebau und europäische Urbanistik, Wüllnerstraße 5b, wendorff@staedtebau.rwth-aachen.de)

(Sarah Hermens, MSc, RWTH Aachen University, Institut für Städtebau und europäische Urbanistik, Wüllnerstraße 5b, hermens@staedtebau.rwth-aachen.de)

1 ABSTRACT

Nachhaltige Energien werden primär außerhalb der Städte produziert. Dabei sind es die Städte und ihre Quartiere, welche einen beachtlichen Teil dieser Energie benötigen und verbrauchen. So entstehen Transportwege, die mit Übertragungsverlusten einhergehen. Außerdem stellt das Zusammenbringen von Energieerzeugung aus regenerativen Quellen- und dessen Verbrauch eine erhebliche Herausforderung dar. Auch aus diesen Gründen muss sich die Stadtplanung in den letzten Jahren vermehrt mit Lösungen für nachhaltige Energien in der Stadt beschäftigen. Sogenannte Energiequartiere bieten das Potential Erzeugung, Speicherung und Verbrauch lokal zusammenzubringen und so höhere Wirkungsgrade zu erzielen. Dabei stellt die Integration von elektrischen Speichern in den Quartieren den Städtebau vor neue Herausforderungen. Knappe Flächenangebote in der Stadt und Nutzungskonflikte der noch zur Verfügung stehenden Flächen sowie der Anspruch an eine qualitätsvolle Gestaltung machen neue Konzepte notwendig. Aus diesem Grund beschäftigt sich das Paper mit der Frage: „Wie kann ein Zusammenspiel im Energiequartier von Städtebau und elektrischen Speichern aussehen?“.

Das Paper definiert zunächst Energiequartiere und die damit einhergehenden Chancen und Herausforderungen für nachhaltige Energien im Quartier. Anschließend werden anhand von drei Konzepten in der Stadt Aachen Möglichkeiten der städtebaulichen Integration aufgezeigt. Zur Erstellung der Konzepte sind Analysen von mehreren Quartieren vorgenommen und anhand eines Kriterienkataloges miteinander verglichen und bewertet worden. Die Konzepte zeigen das Zusammenspiel von Städtebau und der Integration von elektrischen Speichern für unterschiedliche städtebauliche Strukturen und Typologien auf. Im Ergebnis wird graphisch gezeigt wie, und dass trotz unterschiedlicher Flächenverfügbarkeiten, eine qualitätsvolle Integration elektrischer Speicher in Energiequartieren möglich ist.

Keywords: Nachhaltigkeit, elektrische Speicher, erneuerbare Energien, Energiequartier, Stadtplanung

2 ENERGIEQUARTIERE IM STÄDTEBAU

Städte und Quartiere sind weltweit die größten Verbraucher von Energien, weshalb es sich nicht nur die Bundesregierung in Deutschland zur Aufgabe gemacht hat mit der Energiewende wesentliche Veränderungen und Anforderungen an die Energieinfrastrukturen zu stellen. Konventionelle Energiesysteme werden knapp und teurer, sie belasten die Umwelt und haben ungewollte Auswirkungen auf die Nutzer (Hegger et al. 2007). Zurzeit sind die Energieerzeugungsinfrastrukturen in der Regel auf zentrale Technologien mit fossilen Energieträgern ausgerichtet und befinden sich außerhalb der Städte. Ziel der angestrebten Energiewende ist eine Umrüstung auf dezentrale Strukturen mit Fokus auf regenerativen Energien, welche dort produziert und gespeichert werden, wo sie auch verbraucht werden. Damit schafft die Energiewende nicht nur eine Veränderung der Energieinfrastrukturen, sondern auch eine Neukonfiguration der Stadt (Blesl et al. 2020).

Die Themen rund um nachhaltige Energien werden vermehrt in einzelnen Gebäuden betrachtet. Auch die vom BMWi aufgestellten quantitativen Ziele der Energiewende zielen auf das einzelne Gebäude ab (BMWi 2015). Jedoch werden dabei die Potenziale außer Acht gelassen, welche den Einbezug von städtebaulichen Strukturen, einem Quartier bieten können. Unsere Städte und Quartiere sind komplex und müssen, auch wenn es um die Energiewende geht, in ihrer Gesamtheit betrachtet und in den Prozess integriert werden. Hier wird deutlich, wie wichtig es ist, die „Gebäude [...] immer im Zusammenhang mit ihrem Umfeld [zu betrachten]“ (Hegger et al. 2007: 62). Das Energieangebot wird letztendlich nicht nur durch die Gebäude, sondern auch durch externe Faktoren wie Klima, Landschaft, Topographie und auch dem Verkehr bestimmt. Dieser städtische Kontext verlangt nach Lösungen, welche auf lokal basierenden Begebenheiten beruht. (Hegger et al. 2007)

Ebenfalls werden neue Technologien vermehrt im Neubau angewendet, da dort eine Integration einfacher umzusetzen ist. Das Potenzial, welches Bestandsquartiere haben, wird damit außen vorgelassen. Dabei sind bereits 90 Prozent unserer Städte und damit auch Quartiere gebaut und das Ziel der Innenentwicklung vor Außenentwicklung mit dem Anspruch weniger Fläche zu verbrauchen zur Schaffung einer nachhaltigen Stadtentwicklung nimmt zu (Bundesregierung 2021). Daraus entsteht das Ziel der nachhaltigen Stadtentwicklung weniger Fläche im Außenbereich zu beanspruchen und die erhöhten Flächenbedarfe des Energiesystems durch dezentrale Lösungen zu begegnen (Blesl et al. 2020). Um diese Ziele zu erreichen gibt es bereits kleinräumige, oft nur auf das einzelne Gebäude bezogene, Untersuchungen und Umsetzungsbeispiele. Jedoch mangelt es an Untersuchungen auf städtebaulicher Ebene, wie die Stadtplanung die Möglichkeiten zur Speicherung von erneuerbaren Energien umsetzen kann.

3 ENERGIEQUARTIERE ALS POTENZIAL UND HERAUSFORDERUNG IM STÄDTEBAU

Den Potenzialen von nachhaltigen Energien im Quartier, und nicht nur in einzelnen Gebäuden, werden nun vermehrt Beachtung geschenkt. Auf städtebaulicher Ebene hat sich der Begriff der Energiequartiere etabliert. Unter Energiequartieren werden Quartiere verstanden, welche (überwiegend) durch nachhaltige, regenerative Energien versorgt werden. Die Quartiere produzieren dabei ihre benötigten Energien selbst, können diese speichern und an ihr nahes Umfeld abgeben. Somit entsteht ein Kreislauf der nachhaltigen Energien im Quartier (siehe Abbildung 1). Energiequartiere bündeln damit einige Vorteile: es entstehen weniger Übertragungsverluste, neue Technologien im kleinen Maßstab können erprobt werden, höhere Wirkungsgrade können durch die lokale Erzeugung, Speicherung und Verbrauch erzielt werden und es besteht eine Unabhängigkeit vom zentralen System (Hegger et al. 2007).

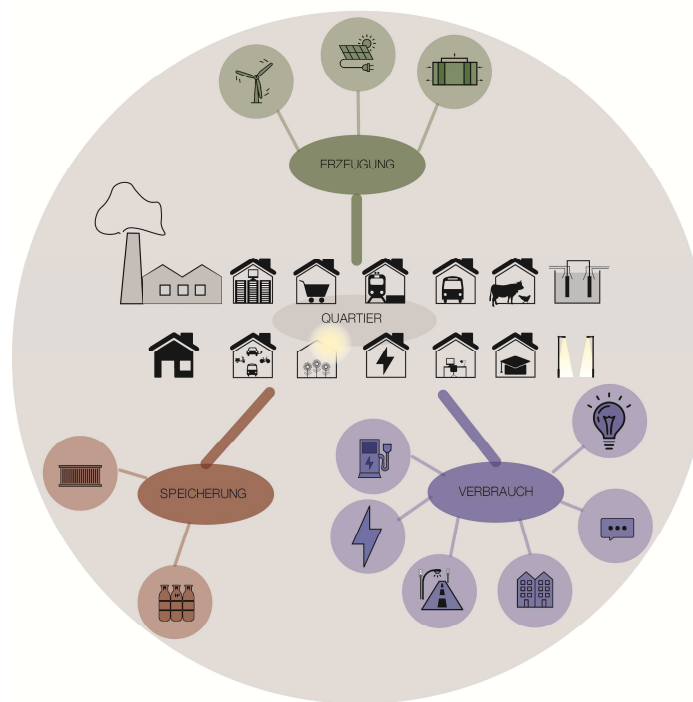


Abb. 1: Potenzielle Bestandteile von (Gleichstrom-) Energiequartieren

Quartiere und Energie zu verbinden bringt neben den Potenzialen einige Herausforderungen für die Stadtplanung mit sich. Eine städtebauliche Integration von Energiesystemen im Quartier erhöht einerseits die Lebensqualität, verbessert das Stadtimage und kleinere Anlagen lassen sich leichter integrieren, jedoch erfordert es auch einen langfristigen Umbau der Energieinfrastrukturen im laufenden Betrieb, teils gibt es keine politischen Rahmenbedingungen, die Entscheidungen der Energieversorger sind nicht zwingend auf die der kommunalen Ziele abgestimmt und es können ungewollte Auswirkungen auf die Stadt-Umland Beziehung auftreten (Blesl et al. 2020). Eine weitere Herausforderung für die Stadtentwicklung stellt eine qualitätsvolle Gestaltung der Integration relevanter und raumwirksamer Energieinfrastrukturen dar. Auch das zur Verfügung stehende Flächenangebot zur Erzeugung und Speicherung der Energien ist in bestehenden Quartieren oft eingeschränkt und steht in Konflikt mit anderweitigen Nutzungen. Hier müssen sensible

Lösungen gefunden und Konzepte aufgestellt werden, wie die zu speichernden Energien städtebaulich in das Quartier integriert werden können.

Nichtsdestotrotz kann eine effiziente Transformation der Energiesysteme hohe Potenziale auf lokaler Ebene, dem Quartier, haben. Zum einen schafft die Integration von Energien in das Quartier ein Bewusstsein der Verbraucher, zum anderen kann eine lückenlose Versorgung gewährleistet werden. Das Quartier bietet einen geeigneten Untersuchungs- und Umsetzungsmaßstab zur Erzeugung städtischen Stroms, weswegen sich die sogenannten Energiequartiere gebildet haben.

4 EXKURS GLEICHSTROM & QUARTIERSSPEICHER FÜR ENERGIEQUARTIERE

Aktuell sind Stromnetze in aller Regel durch Wechselstrom geprägt (Hofman 2019). Große, zumeist im ländlichen Raum verortete Kraftwerke erzeugen in beachtlichen Generatoren zuverlässig und planbar große Mengen an Wechselstrom. Dieser Wechselstrom kann auf unterschiedliche Spannungsebenen transformiert und so über große Strecken transportiert werden (Dalheimer 2011). Im Gegensatz zu Wechselstrom, welcher durch seine Entstehung mittels rotieren Elektromagneten eine periodische Änderung der Fließrichtung der Elektronen aufweist, ist Gleichstrom durch eine gleichbleibende Bewegungsrichtung über die Zeit charakterisiert (Clausert et al. 2011). Gleichströme werden beispielsweise von galvanischen Elementen, z.B. Batterien, abgegeben, in denen eine nahezu konstante Ladungsverteilung aufrechterhalten wird (Scholz 2018).

4.1 Gleichstromnetze als Grundlage für Energiequartiere?

Die herausragende Bedeutung von Wechselstrom in unserem Stromnetz wird jedoch (zumindest auf theoretischer Ebene) in Frage gestellt. Auf der einen Seite verändert sich durch die Energiewende die Art der Energiebereitstellung. Immer mehr dezentrale Erzeugungsanlagen werden in die Stromnetze integriert. Viele der urbanen dezentralen Energieerzeuger sind Photovoltaikanlagen, die bereits Wechselstrom erzeugen. Um die Schwankungen der Energieerzeugung und des Verbrauchs auszugleichen, gewinnen u.a. elektrische Speichersysteme an Relevanz, welche wiederum auf der Gleichstromtechnologie beruhen (z.B. IRENA 2016). Auf der anderen Seite hat sich in den letzten Jahrzehnten die Art und Menge des verbrauchten Stroms verändert. So werden z.B. LED-Beleuchtungen, Computer und viele weitere Elektrogeräte im Haushalt oder im gewerblichen Kontext mittels Gleichstrom betrieben (Chochole et al. 2015).

Gleichstromnetze auf Gebäude- oder Quartiersebene bieten daher ein Potenzial die Grundlage für zukünftige Energiequartiere zu werden. Gleichstromnetze können z.B. durch den Wegfall von Umwandlungsschritten effizienter sein. Je mehr Gleichstromkomponenten in ein Quartier installiert werden, desto höher ist die zu erreichende Effizienzsteigerung. In Gebäuden mit Gleichstromnetz, Photovoltaikanlage und Batteriespeichern ist bereits mit einem Energieeinsparpotenzial von mehr als 15% zu rechnen (Haag & Gürses 2017).

4.2 Städtebauliche Relevanz elektrischer Quartierspeicher

(Gleich-)Stromnetze der Mittel- und Niederspannungsebene haben auf das Orts- und Landschaftsbild in der Regel keine direkte visuelle Auswirkung, da diese hauptsächlich erdverkabelt ausgeführt werden (Casper & Sieber 2017). Die städtebauliche Betrachtung von (Gleichstrom-)Energiequartieren sollte sich daher auf die raumwirksamen Komponenten der Integration von Stromerzeugung, Speicherung und Verbrauch konzentrieren.

Eine wichtige Rolle könnten zukünftig die Quartierspeicher einnehmen, welche, z.B. mittels Lithium-Ionen-Technologie, große Mengen an elektrischer Energie für eine Vielzahl an Quartiersakteuren lokal speichern und bei Bedarf wieder abgeben und so Schwankungen der Energieerzeugung und Verbrauch ausgleichen. Angenommene sinkende Preise für elektrische Speichersystem und stetig steigende Speicherkapazitäten dürften zu einer deutlicheren Zunahme an Speichern, auch im urbanen Kontext, führen, um die Potenziale von Energiequartieren effizienter realisieren zu können (IRENA 2017). Gegenüber einer Vielzahl an individuellen Heimspeichern, die in den jeweiligen Gebäuden verortet sind, lassen sich durch größere gemeinschaftlich genutzte Speichersysteme weitere Mehrwerte genießen. Neben z.B. dem reduzierten Platzbedarf in den eigenen Immobilien und der verminderten Brandlast, lassen sich Erzeugungs- und Verbrauchsspitzen noch besser ausgleichen (Knoefel & Schnabel 2021, Knoefel & Herrmann 2020). Batteriespeicher auf Haushalts- und Quartiersebene werden aktuell in Deutschland vor allem zur Erhöhung

des Verbrauchs von selbsterzeugtem Strom verwendet (Hoffmann & Mohaupt 2020). Daneben identifizieren Knoefel und Schnabel 2021 zahlreiche ergänzende Anwendungsfälle für Quartierspeicher, wie z.B. dem Stromhandel, die im urbanen Kontext Mehrwerte für die Quartiersakteure realisieren könnten.

Aus städtebaulicher Sicht sind vor allem die qualitätsvolle Integration der Speicher in das Quartier und die Flächenkonkurrenz um die knappe Ressource Stadtraum interessant. Aktuelle Pilotquartierspeicher, wie z.B. in der Solarsiedlung in Groß-Umstadt, ähneln in ihren Abmaßen und der äußerlichen Gestaltung oft handelsüblichen See- oder ISO-Containern. Mit einer Kapazität von 274 Kilowattstunden ist der Groß-Umstädter Speicher für knapp 80 Haushalte ausgelegt (EnergieAgentur.NRW 2020). Aufgrund geringerer Kosten und dem Zunehmenden Bedarf an Energiequartieren dürften elektrische Speicher also zukünftig häufiger im Stadtbild werden. Umso wichtiger dürfte eine stadtverträgliche Integration dieser raumrelevanten Anlagen sein.

5 INTEGRATION VON ELEKTRISCHEN SPEICHERN IM ENERGIEQUARTIER

Durch die unterschiedlichen Verfügbarkeiten von Flächen in Städten und Kommunen zur Integration von elektrischen Speichern ist es notwendig, individuelle Lösungen für die entstehenden Energiequartiere zu finden. Aus diesem Grund sind in der Untersuchung unterschiedliche städtebauliche Quartiere -von ländlich bis urban, von dichter bis lockerer Bebauung- im Zuge eines Studierendenprojektes analysiert worden. Ihre Flächenverfügbarkeiten variierten stark. So gab es Quartiere, welche brachliegende Flächen zur Verfügung hatten, als auch Quartiere, in denen Lösungen in bestehenden Gebäuden gefunden werden mussten. Insgesamt wurden 15 Quartiere in der Stadt Aachen erhoben und für fünf Quartiere Konzepte zur Integration von elektrischen Speichern aufgestellt. Im Fokus lag hier vor allem der gestalterische Aspekt, eine qualitätsvolle Integration der technischen Anlagen in das Gesamtbild des Quartiers. Ziel ist es aufzuzeigen, wie elektrische Speicher in einem Quartier städtebaulich integriert werden können.

Im Folgenden werden drei Konzepte zur Integration von elektrischen Speichern im Energiequartier vorgestellt. Die Konzepte unterscheiden sich in erster Linie durch die ihnen zur Verfügung stehenden Flächenangebote. Ebenfalls stand bei den Konzepten im Fokus, dass die elektrischen Speicher sich in das Gefüge des Quartiers integrieren, die spezifischen Charakteristika aufnehmen und trotzdem ein Transferpotenzial für andere Quartiere aufweisen.

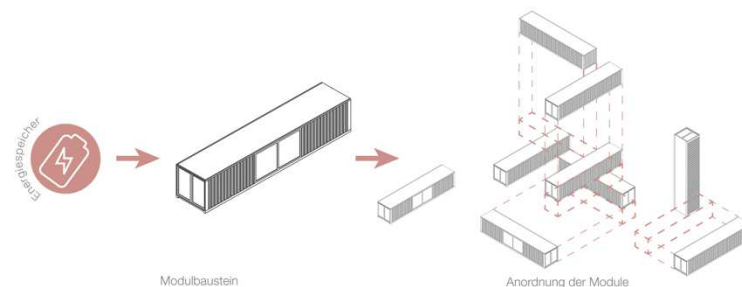


Abb. 2: Modulbaustein Speicher (Quelle: Yann Bettendorff /Selina Stollenwerk 2021)

5.1 Modulares Speichersystem als Quartiersmitte

Das folgende Energiekonzept ist für ein suburban liegendes Quartier im Südwesten Aachens aufgestellt worden. Das Quartier verfügt aktuell weder über eine Quartiersmitte noch einen Aufenthaltsplatz, weist jedoch eine geeignete brachliegende Fläche auf.

Für das Gesamtenergiekonzept werden diverse Energieerzeugungsarten (wie beispielsweise PV-Anlagen) genutzt. Ein essenzieller Bestandteil des Konzeptes ist ein zentraler Speicher, der überschüssige Stromerzeugnisse aufnimmt und bei Bedarf wieder abgibt. Die Bedeutung des Speichers als zentraler Bestandteil des Energieflusses im Quartier wird durch die zentrale Lage in dem Quartier auf einem dafür geschaffenen Platz unterstrichen.

Der Energiespeicher ist dabei in einem Modulbaustein integriert, wovon mehrerer in unterschiedlichen Anordnungen zusammengesetzt werden können. Ein solcher Modulbaustein kann auch Raum für andere Nutzungen wie beispielsweise Ausstellungsflächen, Gastronomieangebote, Fläche für einen kleinen Laden, Foodsharing Angebote oder auch eine kleine Bibliothek bieten. Die modulare Bauweise bietet die Möglichkeit bei Bedarf die Speicherkapazität anzupassen und durch ein weiteres Modul zu ergänzen.

Die Modulbausteine weisen eine schlichte Gestaltung auf, welche die Farben der umliegenden Gebäude aufgreifen und sich so in die Umgebung einfügen. In dem Entwurf wird der Modulbaustein außerdem genutzt, um in vertikaler Aufstellung an die ehemalige Kirche bzw. den Kirchturm zu erinnern. So entsteht eine Art Skulptur, die sich aus der Anordnung der Modulbausteine ergibt und einen Bezug zu der ehemaligen Nutzung durch die Kirche bewahrt und Identität des Raumes schafft. In diesem Konzept ist der Speicher in einem der Modulbausteine als ein Teil der eben beschriebenen Modulanordnung vorgesehen.

Der Energiespeicher ist zum einen als Modulbaustein auf dem Platz durch die präzise Lage in dem Ortsbild sichtbar, zum anderen wird der Speicher als Modulbaustein in die Modulanordnung integriert und ist dadurch nicht als solcher auf den ersten Blick erkennbar. Durch die Speicherung als auch durch die angrenzenden Nutzungen in den weiteren Modulbausteinen kann eine Aufenthaltsqualität und ein Mehrwert für das Quartier geschaffen werden.

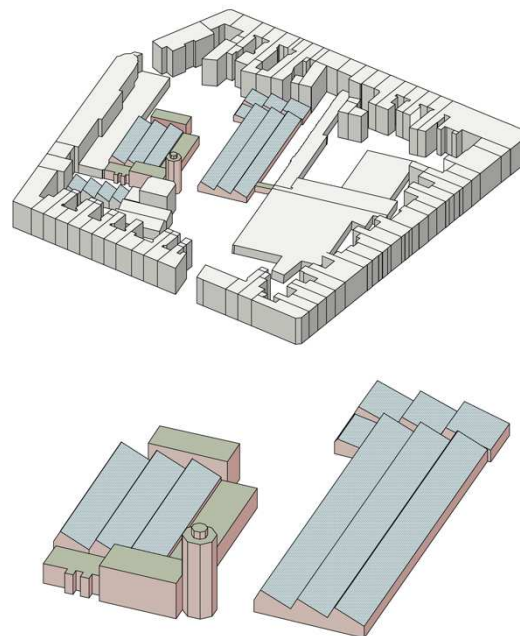


Abb. 3: Integration Speicher in ehem. Tuchfabrik (Quelle: Roland Reinartz 2021)

5.2 Elektrische Speicher im Bestand

Das nachfolgende Konzept ist für ein urbanes Quartier in Aachen aufgestellt worden. Das Quartier ist durch dichte Bebauung mit Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen, geprägt und weist ehemalige industriell genutzte Gebäude, wie eine ehemalige Tuchfabrik auf, welche im Innenbereich einer Blockrandbebauung liegt.

Zur dezentralen Energieerzeugung im Quartier wird Solarenergie in Kombination mit einem elektrischen Energiespeicher für die Zwischenspeicherung von Energieüberschüssen genutzt. Um weitere Oberflächenversiegelungen zu vermeiden und Leerstand zu nutzen, erfolgt die Integration des Speichers in die ehemalige Tuchfabrik. Teile der Gebäude werden derzeit als Büros genutzt.

Die Tuchfabrik, als ehemaliges wichtiges Fabrikgelände in dem Quartier, wird als Standort der neuen Quartiersenergiezentrale zu dem zentralen Punkt des Energiekonzeptes. Dadurch erhalten die Gebäude erneut eine wichtige Bedeutung in dem Quartier.

Der Speicher ist durch die Integration in ein bestehendes Gebäude erst einmal nicht sichtbar, durch eine mögliche Lichtinstallation am Turm, welche den Ladestand des Speichers anzeigt, kann dieser in dem Quartier sichtbar und identitätsstiftend werden. Die Fabrik bietet hohe Potenziale zur Integration in ein Energiequartier, da die Flächen nicht hinreichend genutzt werden und durch die zentrale Lage die Energien optimal an das Umfeld abgeben werden können.

5.3 Adaptive Speichermodule zur Belebung urbaner Räume

In dem folgenden Energiekonzept wird in dem Quartier lokal Energie durch Photovoltaikanlagen und Windkraftanlagen erzeugt und in kleinen Speichern im Quartier gespeichert. Die Speicher sollen ähnlich wie in dem ersten Konzept in Containermodule integriert werden. Je nach Bedarf können die Module weitere Nutzungen beinhalten bspw. Arbeitsräume, Ausstellfläche, Aufenthaltsbereiche in Form eines kleinen Kiosks oder einer Café-Ecke, Paketstationen oder E-Bike-Sharing Angebote. Kombinationen von Nutzungen sind ebenfalls möglich beispielsweise Speicher und Paketstation.

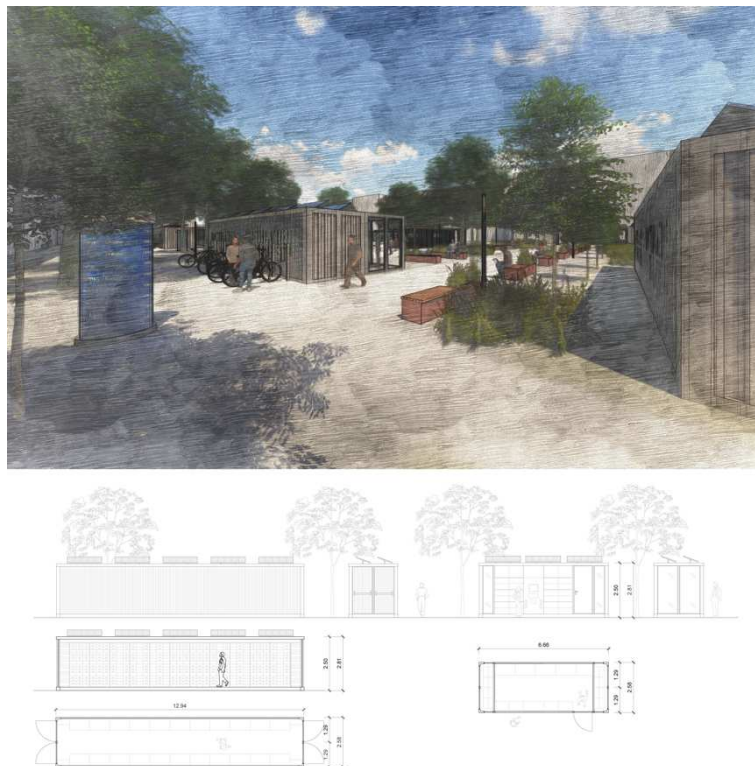


Abb. 4: Containermodul (Quelle: Till Merbecks/Conrad Moschner 2021)

Die Container weisen eine schlichte Gestaltung auf, sind flexibel einsetzbar und können gestalterisch an die Bedürfnisse der Nutzung angepasst werden. Ein wesentlicher Unterschied der Containermodule zu dem Modulbaustein des ersten Konzeptes ist die Größen der Einheiten. Es stehen verschiedene Containergrößen zur Integration zur Verfügung, sodass diese in unterschiedliche Freiräume integriert werden können. Durch die unterschiedlichen Größen, der Möglichkeit Nutzungen in dem Containermodul zu vereinen und die Container einzeln an einem Standort einzusetzen, ist eine Einsatzort abseits von belebten oder zu belebenden Quartiersplätzen denkbar. Eine Stapelung der Module ist erst einmal nicht vorgesehen, sodass diese eine Grundfläche von bis zu 30 m² pro Modul benötigen. Für die Integration sollte daher im Quartier eine gewisse Flächenverfügbarkeit vorhanden sein.

Die Containermodule sind im Ortsbild sichtbar und können über die Gestaltung an die Gegebenheiten im Quartier angepasst werden. Zudem bieten die Module durch eine Kombination von Nutzungen, bspw. Speicher, Kiosk oder Paketstation, Mehrwerte sowohl energetisch als auch in Bezug auf die Aufenthaltsqualität.

6 DAS ZUSAMMENSPIEL VON STÄDTEBAU UND ELEKTRISCHEN SPEICHERN IM ENERGIEQUARTIER

Energiequartiere gewinnen immer mehr an Bedeutung und das Zusammenspiel von Produzieren, Verbrauchen und Speichern von Energien vor Ort muss in den Städtebau integriert werden. Gerade die Herausforderungen machen deutlich, dass es einer ganzheitlichen Betrachtung bedarf, immer mit Blick auf die individuellen Gegebenheiten vor Ort im Quartier. Flächenknappheit, Innen vor Außenentwicklung, Leerstand und Nutzungskonflikte heben jedoch nicht die Potenziale der Integration von elektrischen Speichern im Quartier auf. Der Städtebau mit seinem Anspruch an eine qualitätsvolle Gestaltung ohne Funktionsverluste steht in den nächsten Jahren damit vor besonderen Aufgaben. Die vorgestellten Konzepte zeigen, dass eine Integration von elektrischen Speichern in bestehende Quartiere gelingen kann. Dabei erfüllen die Speicher nicht nur ihre technische Funktion, sondern können auch genutzt werden, um brachliegende Flächen aufzuwerten, neue Orte im Quartier und ein Bewusstsein für neue Technologien zu schaffen. Die Neukonfiguration des Raums durch die elektrischen Speicher zeigt, dass damit einhergehend keine Funktionsverluste im Quartier, wie das Wohnen, Arbeiten und Erholen, einhergehen. Nichtsdestotrotz bleibt kritisch zu hinterfragen, wie relevante Akteure für solche ambitionierten und kostenintensiven Vorhaben aktiviert und zusammengebracht werden können. Aktuell sind Quartierspeicher unter heutigen Markt- und Rahmenbedingungen zur alleinigen Eigenverbrauchserhöhung nicht wirtschaftlich (Knoefel & Herrmann 2021). Die städtebauliche Integration dürfte die Kosten für Planung und Gestaltung noch einmal erhöhen und somit die Chancen einer Realisierung aus ökonomischer Perspektive verringern. Interessant könnten hier die vorgeschlagenen neuen Mehrwerte, wie die Verbindung mit beispielsweise gastronomischen Angeboten sein, welche die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen positive beeinflussen könnten. Die technische Realisierbarkeit sowie gesetzliche Regelungen, insbesondere bezüglich geltender Sicherheitsvorschriften, müssten in einem nächsten Schritt geprüft werden, um ein realistisches Bild einer möglichen Umsetzung zu erhalten. Aus der räumlich-baulichen Perspektive dürfte die städtebauliche Integration elektrischer Speichersysteme ein spannendes Potenzial zur Aufwertung für den öffentlichen Raum darstellen.

Das Studierendenprojekt wurde im Rahmen des BMBF geförderten Forschungsprojekts „Forschungscampus Flexible Elektrische Netze (FEN) – DC-Sozio-Ökonomik“ im Sommersemester 2021 durchgeführt.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- Blesl, Markus; Brodecki, Lukasz; Wendel, Frank; Bahret, Christoph.; Teodorovici, Dan; Dietz, Ralf.; Busch, Sigrid; Ley, Astrid; Ruddat, Michael; Lindner, Doris; Zahumensky, Yvonne; Hahn, Rene; Oberecker, Serena; Hartung, Frieder; Oediger, Hermann-Lambert.; Rentsch, Johannes; Gwildis, Frank (2020): Weiterentwicklung der bestehenden Stuttgarter Energieinfrastruktur und resultierende Chancen für die nachhaltige Stadtentwicklung. Endbericht
- BMW (2015): Ein gutes Stück Arbeit. Die Energie der Zukunft. Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Online abrufbar unter: https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/vierter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=26
- Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Online abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf?download=1>
- Casper, Benjamin; Sieber, Sandra (2017): Vom Baum zum Rhizom – Die Flexibilisierung der Netze durch Gleichstrom, In: Transforming Cities, Bd: 2/2017, S. 32-35.
- Chochole, Michael; Zeilinger, Franz; Kaufmann, Thomas; Winter, Alexander; Heimberger, Markus; Gawlik, Wolfgang (2015): SmartDCGrid – Machbarkeit eines Gleichstromniederspannungsnetzes.
- Clausert, Horst; Wiesemann, Gunther; Hinrichsen, Volker; Stenzel, Jürgen (2011): Grundgebiete der Elektrotechnik 2. Wechselströme, Drehstrom, Leitungen, Anwendungen der Gourier-, der Laplace- und der Z-Transformation. Oldenbourg Verlag München.
- Dalheimer, Mathias (2011): Power to the People – Das Stromnetz der Zukunft. Berichte aus dem Fraunhofer ITWM, Nr. 200.
- EnergieAgentur NRW (2020): Erneuerbarer Strom aus dem Großquartierspeicher. Online abrufbar unter: <https://www.energieagentur.nrw/blogs/erneuerbare/beitraege/erneuerbarer-strom-aus-dem-grossquartierspeicher/> [28.06.2021]
- Haag, Christian; Gürses, Gonca (2017): Machbarkeitsstudie zur Geschäftsmodellentwicklung für gleichstrombasierte Smart Grids in Wohngebieten.
- Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin (2007): Energie Atlas: Nachhaltige Architektur.

- Hofmann, Lutz (2019): Elektrische Energieversorgung – Band 1 Grundlagen, Systemaufbau und Methoden, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2019, S. 95-104.
- Hoffmann, Esther; Mohaupt, Franziska (2020): Joint Storage. A Mixed-Method Analysis of Consumer Perspectives on Community Energy Storage in Germany. In: *Energies* 2020, Bd: 13 Nr. 11.
- IRENA (2016): Renewable energy in cities. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency
- IRENA (2017): Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. Abu Dhabi/Bonn: International Renewable Energy Agency
- Knoefel, Jan; Schnabel, Frieder (2021): Gemeinschaftlich genutzte Stromspeicher im Quartier: In *Transforming Cities*, Bd: 2/2021, S. 54-57.
- Knoefel, Jan; Herrmann, Benjamin (2020): Ökonomische Bewertung von Quartierspeichern. Eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit und der regionalökonomischen Effekte von Quartier-speichern, Esquire, Arbeitspapier, Berlin.
- Scholz, Reinhard (2018): Grundlagen der Elektrotechnik. Eine Einführung in die Gleich- und Wechselstromtechnik. Carl Hanser Verlag.