

Dünne Plattenelemente aus Carbonbeton mit integrierten Stromspeichermodulen – Entwicklungsprozess und Potentialanalyse (Kurzfassung)

Aufgrund der Umstellung unserer Energieversorgung auf erneuerbare, dezentrale Energiequellen übernehmen Gebäude zunehmend Funktionen der Energieerzeugung, Energiespeicherung und des Energiemanagements. Um den Umbau der Energieversorgungslandschaft ökonomisch, ökologisch und sozial vorteilhaft zu gestalten, sind nachhaltige Energiespeicherkonzepte auf Gebäudeebene notwendig.

Die Umsetzung von Gebäuden in Fertigteilbauweise kann wirtschaftliche und ökologische Vorteile im Vergleich zur konventionellen In-situ-Fertigung auf der Baustelle bieten. Basierend auf diesem Ansatz wurde im Rahmen dieser Arbeit der Frage nachgegangen, ob und in welchem Geltungsbereich eine Integration der elektrischen Energiespeicherung in Fertigbauelementen technisch umsetzbar sowie ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist. Ein wichtiges Teilziel war dabei i) der Entwurf eines geeigneten Bauteildesigns, mit einem begründeten Konstruktionskonzept, einer geeigneten Material- und Speicherauswahl sowie einer potenziellen Produktionskette. Dieser Designvorschlag wurde ii) anhand wesentlicher Kennwerte bezüglich bautechnischer, herstellungstechnischer und ökologischer Eigenschaften (experimentell) untersucht und diskutiert. Abschließend wurden iii) Optimierungspotentiale abgeleitet und untersucht, sowie eine geeignete Herstellungstechnologie und Gebäudekonzept erarbeitet.

Superkondensatoren stellen leistungsfähige Energiespeicher dar, welche – im Vergleich zu Lithium-Ionen-Akkumulatoren – eine hohe Langzeitstabilität und Leistungsdichte sowie einen breiten Betriebstemperaturbereich (von -40 bis +80 °C) aufweisen. Sie können aus nachhaltigen, kreislauffähigen und regional verfügbaren Materialien aufgebaut werden. Der Nachteil der geringen Energiedichte muss durch einen erhöhten Materialeinsatz kompensiert werden. Das Speichermaterial wurde durch eine Kassettenkonstruktion in statisch wenig relevanten Bereichen und austauschbar im Bauteil untergebracht. Carbonbeton bietet aufgrund der flexiblen und korrosionsresistenten Bewehrung sowie der fließfähigen und zumeist hochfesten Betonmatrix die herstellungs- und materialtechnischen Voraussetzungen für eine Integration.

Bauteilartige Versuche validierten die Umsetzbarkeit der entwickelten funktionsintegrierten Fassadenplatte im Hinblick auf Herstellbarkeit, Montierbarkeit und Tragfähigkeit des Gesamtsystems. Der Vergleich mit herkömmlichen Li-Ionen-Batterien mittels Lebenszyklusanalyse zeigte eine massive Reduzierung des Treibhauspotentials, welche insbesondere auf die nachhaltige Herstellung von Superkondensatoren zurückzuführen ist und wesentlich vom Anwendungsszenario und der damit einhergehenden Materialauswahl abhängt. Der hier vorgestellte Konstruktions- und Herstellungsansatz kann somit gleichermaßen für den Bau- und den Energiesektor Lösungen bieten.

Thin panel elements made of carbon concrete with integrated electricity storage modules - development process and potential analysis (short version)

With the shift to renewable and decentralized energy supply, buildings are increasingly assuming roles in energy generation, storage and management. To ensure this transformation of the energy supply landscape is economically, ecologically, and socially beneficial, the development of sustainable energy storage solutions at building level is essential.

The use of modular precast concrete elements can offer significant economic and ecological benefits compared to conventional on-site construction methods. This study investigates the technical feasibility and ecological and economic viability of integrating electrical energy storage into prefabricated building elements. The research focused on several key objectives: i) Developing a suitable component design, which included a robust construction concept, appropriate material selection, energy storage options, and a potential production chain. ii) Experimentally examining and discussing this design proposal based on essential characteristic values, assessing its structural, manufacturing, and ecological properties. iii) Identifying and exploring optimization potentials, leading to the development of an appropriate manufacturing technology and building concept.

Supercapacitors are potent energy storage devices that, compared to lithium-ion batteries, exhibit high long-term stability, superior power density, and a wide operating temperature range (-40 to +80 °C). They can be constructed using sustainable, recyclable, and locally available materials. However, their low energy density requires the use of larger quantities of material to achieve adequate storage capacity. This study explores accommodating the storage material within a prefabricated concrete slab in areas of minimal static relevance.

A cassette construction made out of carbon concrete proved to be a suitable form of integration. Carbon concrete, with its flexible and corrosion-resistant reinforcement and flowable, predominantly high-strength concrete matrix, meets the technical and material requirements for integration of supercapacitors.

Application-oriented component tests validated the feasibility of a storage-integrated façade panel in terms of manufacturability, mountability and load-bearing capacity of the overall system. The comparison with conventional Li-ion batteries using life cycle analysis showed a reduction in global warming potential, which is due in particular to the sustainable production of supercapacitors and depends largely on the application scenario and the associated choice of materials. The design and manufacturing approach presented here can offer sustainable solutions for both the construction and energy sectors.