

Entwicklung und Bewertung eines Clusteringverfahrens für die räumliche Eingrenzung von Quartieren in Städten zur Unterstützung energetischer Stadtkonzepte (Masterarbeit)

Autor: Marius Papke
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktijnjo
Betreuung: Marius Tillmanns, M. Sc.

Kurzfassung

Die Aktualisierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes erfordert eine Emissionsverringerung von 65 % bis 2030 gegenüber dem Bezugsjahr 1990. Um das Ziel zu erreichen, ist eine Transformation der Energiesysteme im Gebäudesektor zur Dekarbonisierung notwendig. Die Bereitstellung der Nutzenergeträger Strom und Wärme muss dabei gewährleistet sein. Damit entstehende Emissionen verringert werden können, bedarf es Sanierungsmaßnahmen des Gebäudebestands und des Ausbaus der Einbindung erneuerbarer Energien. Die Komplexität der Planung und Umsetzung unter der Berücksichtigung regulatorischer, technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen bei der Ermittlung ökologisch und ökonomisch optimaler Lösungen motiviert den Einsatz mathematischer Optimierungsverfahren. Bei der Berücksichtigung einer Vielzahl von Entscheidungsvariablen stoßen die Verfahren an ihre Grenzen.

Einen potenziellen Ansatz zur Komplexitätsreduktion stellen Gebäude-Typologisierungen zur Reduzierung der Gebäudeanzahl und Quartierseingrenzungen zur Reduzierung der räumlichen Größe dar. Das Ziel dieser Arbeit liegt darin, ein bestehendes Modell zur Unterstützung von Ausbau- und Betriebsentscheidungen zu erweitern. Dazu werden die genannten Ansätze zur Komplexitätsreduktion implementiert und bewertet. Darüber hinaus wird eine weitere Ebene der Generalisierung zur Betrachtung von Quartier-Typologisierungen bewertet. Für die Umsetzung der Modellerweiterungen werden Clusteringverfahren verwendet, für die im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse die relevanten Steuerungsparameter bestimmt werden.

Das Gesamtergebnis für einen Untersuchungsgegenstand, bestehend aus 1049 Gebäuden, ergibt, dass bei der Durchführung der drei Modellerweiterungen die Strom- und Wärmebedarfe sowie die normierten Erzeugungspotenziale für Photovoltaik und Solarthermie des Gesamtgebiets nahezu vollständig angenähert werden können. Bei einer tiefergehenden Betrachtung der Quartiers- und Gebäudeebene wird jedoch deutlich, dass die Bedarfe und Erzeugungspotenziale zum Teil sehr weit entfernt von den Werten der Realität sind. Die geringe Abweichung auf der Ebene des Gesamtgebiets folgt aus den gegenseitigen Aufhebungen von Über- und Unterschätzungen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Ermittlung der Steuerungsparameter nicht zielführend für die Komplexitätsreduktion der Problemstellung ist, da die Realität nicht mehr hinreichend genau abgebildet werden kann.

Abstract

The update of the Federal Climate Protection Act requires an emission reduction of 65 % by 2030 compared to the reference year of 1990. To achieve the target, a transformation of the energy systems in the building sector is necessary for decarbonisation. The provision of the

useful energy carriers electricity and heat must be guaranteed. To reduce the resulting emissions, it is necessary to refurbish the existing building stock and to expand the integration of renewable energies. The complexity of planning and implementation, considering regulatory, technical and economic basic conditions when determining ecologically and economically optimal solutions, motivates the use of mathematical optimisation methods. When considering many decision variables, these methods reach their limits. A potential approach to reduce complexity are building typologies to reduce the number of buildings and building neighbourhoods to reduce the spatial size. The aim of this work is to extend an existing model to support expansion and operational decisions. For this purpose, the mentioned complexity reduction approaches are implemented and evaluated. In addition, a further level of generalisation for the consideration of neighbourhood typologies is evaluated. For the implementation of the model extensions, clustering methods are used, for which the relevant control parameters are determined within the framework of a sensitivity analysis. The overall result for a study object consisting of 1049 buildings shows that the electricity and heating requirements as well as the normalised generation potentials for photovoltaics and solar thermal energy of the entire area can be almost completely approximated by implementing the three model extensions. However, a more detailed examination of the neighbourhood and building level shows that the demand and generation potentials are in part very far removed from the true values. The small deviation at the level of the entire area results from the mutual cancellation of over- and underestimations. It can be concluded from this that the determination of the control parameters is not useful for reducing the complexity of the problem, as reality can no longer be depicted with sufficient accuracy.