

Strom aus Windenergie trägt einen immer größeren Anteil zur Energieversorgung bei. Der derzeitige Trend geht dabei zu immer größeren und leistungsfähigeren Windturbinen und eher dezentralen Strukturen. Dies bedingt lange Transportwege für den produzierten Strom und das noch ungelöste Problem der Speicherung des volatilen Windstromes. Diesen Problemen könnte man durch die Erzeugung des Stromes vor Ort im urbanen Umfeld mit Kleinwindanlagen begegnen. Für das Städtebauprojekt Belval in Luxemburg wurde hierfür eine umfangreiche Standortanalyse durchgeführt, die im Folgenden beispielhaft beschrieben wird.



Konferenz: Fonds Belval in Zusammenarbeit mit Revue Technique Luxembourgeoise

WINDENERGIE IM URBANEN UMFELD

Dr. Volker Kassera, Geschäftsführer v-plane engineering GmbH



© Fonds Belval

Die „Stadt der Wissenschaften, Forschung und Innovation“ des Fonds Belval ist ein modernes Städtebauprojekt, welches auf dem Gelände eines ehemaligen Stahlwerkes entwickelt wird. Zum Teil werden bereits bestehende Gebäude saniert, viele neue Gebäude wurden und werden noch entrichtet. Es entstand die Fragestellung, wie viel Energie durch die Nutzung der natürlichen Ressource Wind gewonnen werden kann. Die Hamburger Firma v-plane engineering GmbH wurde mit der Untersuchung beauftragt. v-plane ist eigentlich ein Ingenieurbüro für die Entwicklung von Luftfahrzeugen, beschäftigt sich aber seit 2007 intensiv mit Windenergie. v-plane setzt hierzu intensiv moderne numerische Methoden zur Analyse von aerodynamischen Strömungen ein.

Das Gelände Belval ist ein urbanes Umfeld, das sich aus einer Vielzahl von Gebäuden unterschiedlicher Höhe und Geometrie sowie aus Straßen und Plätzen zusammen setzt. Diese komplexe Struktur führt zu einem unübersichtlichen Strömungsfeld, welches mit einfachen Modellen nicht analysiert werden kann. Daher wurde entschieden, die Methode zur numerischen Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics – CFD) einzusetzen und die Analyse des Windpotentials darauf zu stützen.

Als Grundlage lag eine Windmessung an einem stillgelegten Hochofen in etwa 85m Höhe über einen Zeitraum von

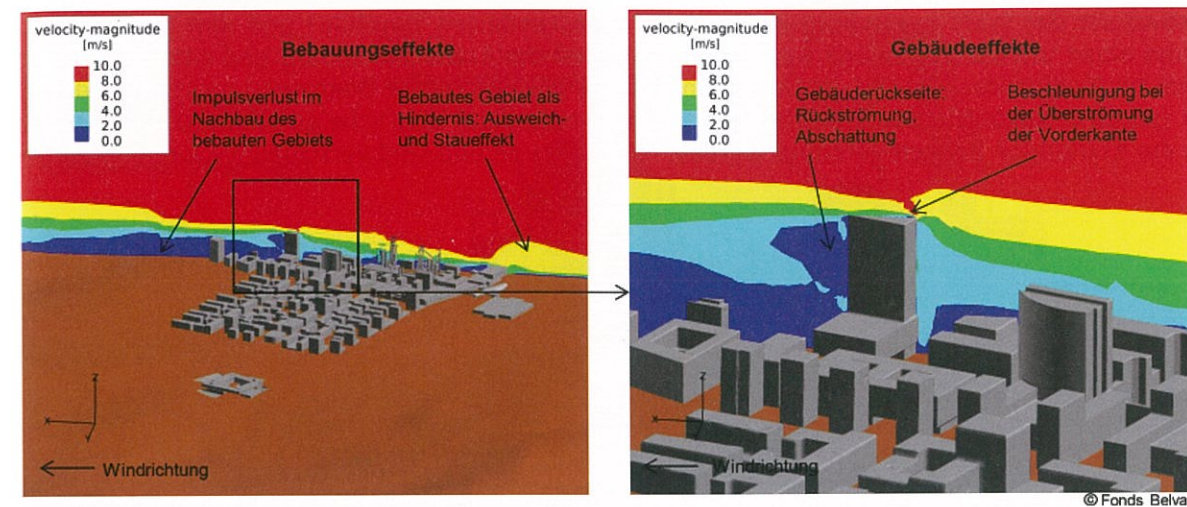
über drei Jahren vor. Diese Messung zeigt somit die Windstärke und Windrichtung in 10-Minuten Intervallen an einem speziellen Punkt auf dem Gelände.

Es wurde ein CFD-Berechnungsmodell entwickelt, welches das umliegende Gelände inklusive der Topographie in einem Umkreis von 7,5km rund um den Mittelpunkt des Belval-Areals inklusive aller Gebäude abbildet.

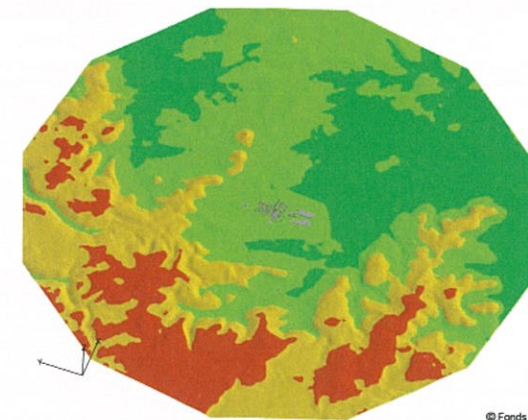
Für zwölf Windrichtungen und verschiedene Windstärken wurden in diesem Modell numerisch die Strömungen berechnet. Als Ergebnis erhält man die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung an jedem Punkt im Berechnungsmodell. Diese Berechnungsergebnisse wurden mit den Windmessungen und Langzeit-Winddaten korreliert. Somit liegt für ein komplettes Jahr an jedem Punkt auf dem Gelände der Windeinfall vor.

Eine erste Abschätzung ergab, dass zwischen den Gebäuden sehr wenig Windenergie vorliegt. Die weitere Auswertung beschränkte sich daher auf die Dachflächen der Gebäude, die vom Fonds Belval verwaltet werden. Mit den vorliegenden Berechnungsergebnissen wurde für diese Dachflächen zunächst eine Potentialabschätzung durchgeführt. Hierbei wurde untersucht wie viel Windenergie überhaupt über den in Frage kommenden Dachflächen einfällt, unabhängig von der technischen Nutzbarkeit bzw. der Wirtschaftlichkeit der Windstromerzeugung. Hier ergibt sich ein Gesamt-Windpotential von 3,3 Millionen kWh pro Jahr (zum Vergleich: damit könnten etwa 750 Vier-Personen-Haushalte versorgt werden).

Leider lässt sich dieses Potential nur zum Teil technisch nutzen. Auf Grund des sogenannten Betz'schen Gesetzes kann davon nur maximal 59% in mechanische Energie und somit Strom umgewandelt werden. Weitere Reduktionen ergeben sich aus technischen Wirkungsgraden und der Tatsache, dass eine gegebene Dachfläche schon allein aus Platzgründen und wegen der gegenseitigen Beeinflussung der Windturbinen nicht vollständig „abgeerntet“ werden kann. Desweiteren ist es ökonomisch nicht sinnvoll dort Windturbinen zu platzieren, wo nur schwacher Wind bläst, da die gewonnene Windenergie mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ansteigt. Somit ergibt sich in Zonen, an denen nur die halbe Windgeschwindigkeit herrscht, nur ein Achtel des Ertrages, bei gleichen Investitionskosten.



_2 Darstellung eines Simulationsergebnisses – Schnitt durch das Gelände; dargestellt sind im Schnitt die vorliegenden Strömungsgeschwindigkeiten



© Fonds Belval

_1 Gesamtansicht des Berechnungsmodells; braun: Geländeerhebungen, grün: Senken, grau Gebäude auf dem Belval-Gelände



© Fonds Belval

_3 Windturbinen auf dem Dach und am Hochofen in der Simulation

Im nächsten Schritt wurde daher untersucht, welche Dachflächen aufgrund ihrer exponierten Lage und günstigen kleinräumigen Anströmung besonders für die technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung geeignet sind. Es zeigte sich, dass die Voraussetzungen hierfür nur auf zwei Dachflächen und am Hochofen gegeben sind.

In einem letzten Schritt wurden nun auf diesen Dachflächen und am Hochofen in der Simulation Windturbinen „installiert“ und deren jährlicher Ertrag bestimmt.

Hierbei wurden verschiedene Szenarien mit verschiedenen Anlagentypen untersucht. Der höchste theoretische Jahresertrag ergibt sich mit etwa 119.000kWh beim Einsatz von sogenannten Vertikalachs-Windturbinen. Zieht man Betriebsausfallzeiten z.B. wegen Eisansatz im Winter oder wegen Anlagenwartung in Betracht, so kann von etwa 100.000kWh pro Jahr an erzeugter Energie ausgegangen werden (zum Vergleich: damit könnten etwa 22 Vier-Personen-Haushalte versorgt werden).

Obwohl das untersuchte Gelände in einer eher windschwachen Region und in einer leichten Senke liegt, ist die einfallende Windenergie mit über drei Millionen kWh pro Jahr sehr groß. Davon lässt sich aufgrund physikalischer Gegebenheiten, technischer Machbarkeit und wirtschaftlichen Randbedingungen nur ein Bruchteil sinnvoll nutzen. Es konnte aber auch gezeigt werden, dass im urbanen Bereich

kleinräumige Zonen existieren, in denen der Einsatz von kleinen Windturbinen sehr interessant sein kann. Mit Hilfe moderner Berechnungs- und Analysemethoden können die idealen Aufstellorte vorab lokalisiert und Ertrags- und Wirtschaftlichkeitsprognosen durchgeführt werden.

www.v-plane.net
www.fonds-belval.lu