

NEUE ENERGIEN 2020

Publizierbarer Endbericht – IPPONG

Programmsteuerung: Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

1. Einleitung

Die Frage der exakten Positionierung ist sehr wichtig für die Kleinwindkraftanlagen (KWKA) in städtischen Umgebungen. In diesen Umgebungen sind die Strömungscharakteristika, die entscheidend für die Energieeffizienz und Sicherheit von KWKA sind, sehr instabil und von vielen Parametern beeinflusst. Diese Parameter sind sowohl die Geometrie und Orientierung als auch die Anordnung der Gebäude. Diesbezüglich können bisher angewandte punktuelle Messungen nicht genügend Informationen über das Strömungsfeld liefern und Messungen über das gesamte betrachtete Feld sind praktisch unmöglich. Daher sind numerische Simulationen der einzige Weg, um zu Informationen über ein dreidimensionales Strömungsfeld zu gelangen.

Um die Parameter, die übergeordnete, stationäre Strömungsfelder in städtischen Gebieten bestimmen, zu untersuchen, wurden stationäre numerische Simulationen der Windströmungsverhältnisse für eine Basisvariante (Flachdach) und vier Varianten, die sich hinsichtlich Gebäudeabstand und Gebäudehöhe unterscheiden, berechnet. In einem ersten Schritt wurden Referenzdaten aus Messungen an mehreren Punkten an einem Standort gewonnen und mit den Ergebnissen der Simulation für genau diese Gebäudekonfiguration verglichen (Basisvariante). Nach dieser ersten Phase wurde eine Reihe von weiteren Berechnungen der lokalen Windströmungsverhältnisse durchgeführt: zuerst wurde der Gebäudeabstand modifiziert (+10 m = Variante 1; +20 m = Variante 2), danach wird der Gebäudehöhe (+10 m = Variante 3; +20 m = Variante 4) verändert. Dadurch wird der Einfluss von verschiedenen Gebäudeanordnungen qualitativ und quantitativ erfasst.

Das Ergebnis der Studie ist die numerische Simulation von dreidimensionalen Strömungsfeldern um Gebäude zur Bestimmung der Positionierung von KWKA anhand vier Varianten. Somit leistet dieses Projekt einen Beitrag zu Energieeffizienz, Betriebssicherheit und Akzeptanz von KWKA in städtischen Gebieten. Auch für eine Veränderung von Gebäudeparametern, die in dieser Studie noch nicht berücksichtigt werden, können Schätzwerte durch Interpolation der in diesem Projekt berücksichtigten Parameter abgeleitet werden, wodurch sich eine hohe Aussagekraft für eine Vielzahl von Strömungsfeldern in urbanen Gebieten ergibt.

Darüber hinaus ebnet diese Studie den Weg für ein umfassenderes Projekt über Einflussgrößen für die optimale Positionierung von Kleinwindkraftanlagen im städtischen Gebiet.

An diesem Projekt waren die drei Partner Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H. (AIT Austrian Institute of Technology), Silent Future Tec GmbH, AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE beteiligt. Die Arbeit gliederte sich in die vier

Arbeitspakete AP1 – Projektmanagement, AP2 – Messungen, AP3 – Numerische Simulationen, AP4 – Publikation und Verbreitung der Ergebnisse. Das Österreichische Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H. wird nachstehend kurz AIT genannt.

2. Inhaltliche Darstellung

- **SFT Messungen**

Verwendete Messinstrumente:

Anemometer ANEO kalibriert (je Messstation 2 Stk, 1x Messhöhe 6 m, 1x Messhöhe 10 m)

Windrichtungsgeber UNI-12 (Messhöhe 10 m)

Messmast 10 m, 3seitig abgespannt

Datentransfergerät DTG

Datenlogger Wico PC

Wir messen schon seit längerer Zeit mit dieser Gerätekombination und haben damit gute Erfahrungen gemacht.

Zeiterfassung Datenlogger:

Zur Abstimmung mit den Messdaten, die von AEE erhoben wurden, wurden die Zeiten der Messdaten mit einem Zeitserver (uhrzeit.org abgeglichen).

Unsere Messung ist er über die gesamte Messdauer auf Sommerzeit gelaufen (Vermeidung von Doppelter Zeiterfassung).

Messperiode:

Um aussagekräftige Messergebnisse zu erhalten wurden die Messungen über eine Periode von 3,5 Monaten durchgeführt. Als Messperiode waren ursprünglich drei Wochen geplant. Dieser Zeitraum ist laut Auskunft der Energiewerkstatt jedoch oft zu kurz, um eine umfassende Analyse (hinreichende Streuung von Windgeschwindigkeiten aus allen Windrichtungen) zu ergeben. Da das Messsystem mit einer Ferndatenauslesung versehen wurde, konnte während der Messungen überprüft werden, ab wann ein Messpunkt hinreichend genau vermessen wurde. Erst danach wurde dann die Position gewechselt. Der Gesamtzeitraum für alle durchgeführten Messungen betrug drei Monate.

- **AEE Messungen**

Verwendete Messinstrumente:

3D Ultrasonic – Ultraschall Anemometer Typ: Gil WindMaster

Datenlogger Ammonit Meteo 32

Die Wahl der eingesetzten Geräte erfolgte aufgrund der Beratung durch den hinzugezogenen Windmessexperten (Hans Winkelmeier, Energiewerkstatt). Durch die dreidimensionale Messung werden auch Auf- und Abwinde erfasst. Dies ist für eine detaillierte Analyse der Strömungsverhältnisse vor Ort essenziell. Da auch die Simulation auf einem 3D-Strömungsmodell

basiert, sind diese Daten für die Evaluierung des Modelles hilfreich. Aufgrund der höheren Mietkosten für das 3D Anemometer, wurde die Messperiode reduziert.

Messperiode:

Die Messung erfolgte jeweils für ca 6 Wochen an einem Standort. Nach dieser Periode wurde die Messung versetzt, um einen 2. Messpunkt zu untersuchen.

Zeiterfassung Datenlogger:

Zur Korrelation mit den Messdaten, die von Silent Future Tec erhoben wurden, wurde die Zeit mit einem Zeitserver (uhrzeit.org abgeglichen)

PC Clock: 07.10.2010 at 17:27:27

Logger Clock: 07.10.2010 at 16:24:09

Der Logger geht also um 3min 18s (MEZ) nach. Weiters ist er über die gesamte Messdauer auf Winterzeit gelaufen (Vermeidung von doppelter Zeiterfassung).

Messposition1

Die Positionierung erfolgte am Südwestlichsten Teil des Gebäudekomplexes;

Messhöhe: 5,5m über Dachniveau (Die Messung überragt alle Dachaufbauten in der Umgebung);

Abstand zu den Gebäudekanten: Südostkante - 18m, Südwestkante: 8m;

Messperiode: Start: 19.August -06.Oktober.

GPS Koordinaten: AEE1: 48.241559,16.433519

Messposition2

Die Positionierung erfolgte am Östlichen Teil des Gebäudekomplexes;

Messhöhe: 5,5m über Dachniveau (Die Messung überragt alle Dachaufbauten in der Umgebung);

Abstand zu den Gebäudekanten: Nordost -10m, Nordwest -12m;

Messperiode: Start: 04.Oktober – 23.11.2010

GPS Koordinaten: AEE2: 48.242039,16.433731

• **AIT Numerische Simulationen**

Für die numerischen Strömungssimulationen wurde das kommerzielle Computational Fluid Dynamics (CFD) Softwarepaket FLUENT verwendet. Die numerische Strömungsanalyse gliederte sich in drei Teile. Im ersten Teil wurde für die reale Gebäudekonfiguration des Donauzentrums und seiner Umgebung ein exaktes virtuelles geometrisches Abbild geschaffen und für dieses virtuelle Geometriemodell eine Serie von numerischen Windumströmungsberechnungen durchgeführt. Dies mit dem Hintergrund und Ziel numerische Winddaten anhand der nach dem Stand der Wissenschaft vorliegenden Modellierungsansätze für exakt dieselbe Konfiguration zu errechnen in der auch die experimentellen Messungen am realen Standort durchgeführt wurden und so eine Vergleichbarkeit zu schaffen. Das virtuelle Geometriemodell wird ausgehend von den Stadtvermessungsdaten des Stadtteils mit den Abmessungen von ca. 1km als mit dem weiteren Berechnungsablauf kompatibles CAD-Modell erstellt. Im Rahmen der numerischen Windströmungsberechnungen müssen an den Grenzflächen des Berechnungsgebietes Vorgaben über die Windverhältnisse gemacht werden. Diese

Vorgaben wurden aus dem Datenmaterial langjähriger statistischer Winddaten (relative Häufigkeit von stündlicher Windrichtung und mittlerer Windgeschwindigkeit) der Windmessstation der ZAMG in Unterlaa abgeleitet. Im zweiten Teil wurde das komplexe der realen Konfiguration entsprechende Geometriemodell durch ein vereinfachtes Modell ersetzt. Die dominanten geometrischen Eigenschaften wurden dabei beibehalten. Die sich dadurch ergebenden Unterschiede im numerischen Windströmungsfeld wurden für ausgewählte Simulationsszenarien analysiert. Im dritten und letzten Teil wurden die Geometrievariationen hinsichtlich Gebäudeabstand und Gebäudehöhen durchgeführt: (Gebäudeabstand – Variante 1 und 2, und Gebäudehöhe – Variante 3 und 4). Ziel war die Untersuchung des Einflusses dieser Geometrieparameter auf das Umströmungsfeld der Gebäudekonfiguration und in weiterer Folge auf den möglichen Energieertrag von KWKA an verschiedenen Standorten am Dach des Donauzentrums.

Modellierung und Interpretation der Windverhältnisse

Die Weibull Wahrscheinlichkeitsverteilung findet breite Verwendung zur Abschätzung von Variationen der Windgeschwindigkeit. Die zweiparametrische Formulierung dieser Wahrscheinlichkeitsverteilung wurde in diesem Projekt verwendet. Die Wahrscheinlichkeitsdichte ist in diesem Fall:

$$f(x) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}$$

wobei $x > 0$ für den Betrag der Referenzwindgeschwindigkeit steht, und die Wahrscheinlichkeit für die Abweichung von diesem Wert durch die Funktion $F(x)$ berechnet wird. $a > 0$ ist ein Skalierungsparameter in Zusammenhang mit der Referenzwindgeschwindigkeit, und $b > 0$ bestimmt den Kurvenverlauf der Verteilungsfunktion (abhängig vom betrachteten Standort). Der Mittelwert und das n^{th} Moment der Weibull Verteilung werden unter Verwendung der Gamma Funktion Γ angegeben als:

$$E[X] = a\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$$

$$m_n = a^n\Gamma\left(1 + \frac{n}{b}\right)$$

Die Parameter der Weibull Verteilung für den Standort Donauzentrum wurden aus den Daten der dort durchgeführten Windmessungen aus Fitfunktionen bestimmt. Damit kann eine Abschätzung der Energie- und Leistungsgewinne erfolgen. Die effektive Energiestromdichte (in W/m²) wird abgeschätzt als:

$$E_{effective} = \frac{1}{2}\rho m_3 = \frac{1}{2}\rho \left\{ a^3\Gamma\left(1 + \frac{3}{b}\right) \right\}$$

wobei ρ für die in den Simulationen konstante Dichte der Luft, und m_3 für das dritte Moment der Weibull Verteilung steht. Anhand dieses Ansatzes kann eine zwar grobe aber schnelle Abschätzung für den möglichen Energieertrag an einem ausgewählten Windturbinenstandort gemacht werden.

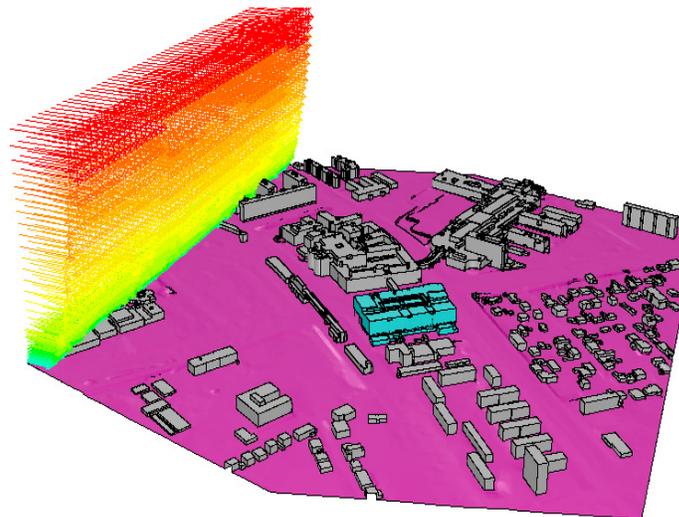
Es sei hier auch darauf hingewiesen, dass es sich bei anderen Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen wie der Exponentialverteilung oder der Rayleigh Verteilung, die auch zur Modellierung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit herangezogen werden können, um Spezialfälle der Weibull Verteilung handelt. Wird $b=1$ in der

Weibull Dichte Funktion $f(x)$ gesetzt, so ergibt sich die exponentielle Dichtefunktion. Die Rayleigh Verteilung ergibt sich für $a=2$ in der Weibull Verteilung.

Numerische Simulation der Windströmungsverhältnisse

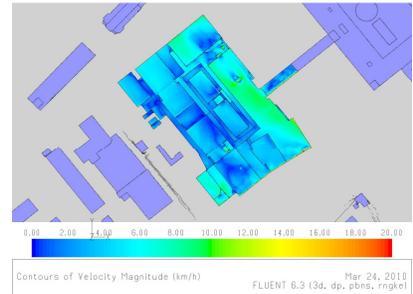
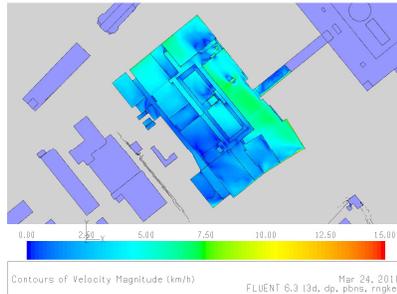
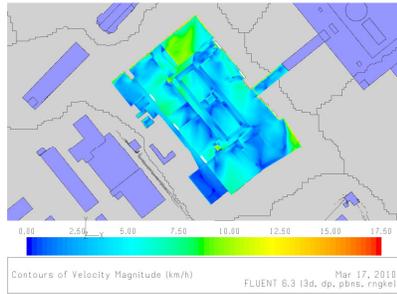
Aus dem Datenmaterial langjähriger statistischer Winddaten (relative Häufigkeit von stündlicher Windrichtung und mittlerer Windgeschwindigkeit) der Windmessstation der ZAMG in Unterlaa wurden die zwei am Standort häufigsten Windrichtungen und fünf weitere Windrichtungen ausgewählt. Bei der Auswahl spielte die Positionierung und die Form des Donauzentrums eine Rolle. Ziel war es, die Strömungssituationen, die aufgrund von Winden an den Grenzen des Berechnungsgebietes, die grundsätzlich Windrichtungen von 0° bis 360° haben können, durch sieben Simulationen abzuschätzen. Für die ausgewählten Windrichtungen wurden die numerischen Windsimulationen durch Vorgabe von Winden ausgewählter Windgeschwindigkeit an den äußeren Grenzflächen des numerischen Berechnungsgebietes durchgeführt. Für die Berechnung der Strömung aus einer Windrichtung wird ein atmosphärisches Grenzschichtprofil für den Geschwindigkeitsverlauf am Rand des Berechnungsgebietes vorgegeben. In dem Geschwindigkeitsprofil wird in Referenzhöhe (Messhöhe der Winddaten) jene Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwert) als Referenzwert verwendet, die in diesem Windrichtungssektor den Mittelwert der Windereignisse darstellt.

Der Wind wird bei dieser Art numerischer Strömungssimulationen als zeitlich konstant betrachtet. D.h. die Windvorgaben am Rand des Berechnungsgebietes sind unveränderlich und die sich im Berechnungsmodell einstellenden, lokalen Windverhältnisse im Stadtteil stellen einen zeitlichen Mittelwert unter den gemachten fixen Vorgaben dar. Ergebnis der Berechnungen ist für jede simulierte Windrichtung die quasistationäre Geschwindigkeitsverteilung im Berechnungsgebiet.



Virtuelles Geometriemodell des Stadtteils um das Donauzentrum mit dem angenommenen atmosphärischen Grenzschichtprofil für die Windgeschwindigkeitsverteilung am linken Rand des Berechnungsgebiets im Fall der Windrichtung Nord (0°).

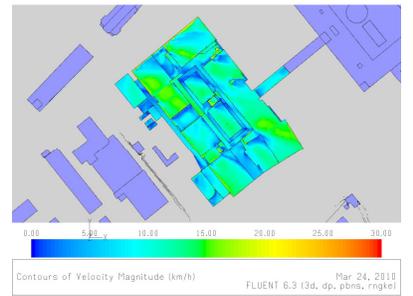
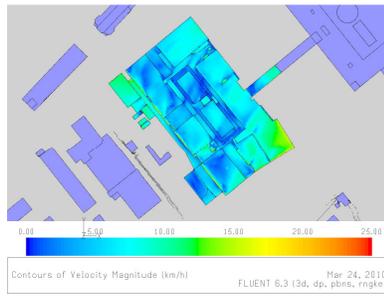
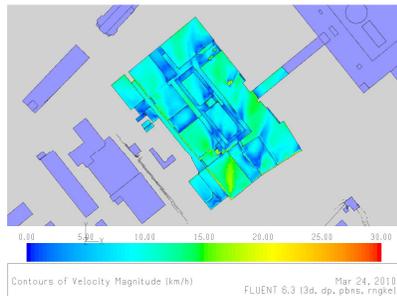
Aufsicht auf die Verteilung des Windgeschwindigkeitsbetrages in der dem Dach des Donauzentrums nächsten Zellschicht des diskretisierten Luftraumes; für jeder der sieben berechneten Windrichtungen unter Berücksichtigung der jeweils unterschiedlichen Referenzwindgeschwindigkeit.



N

NE

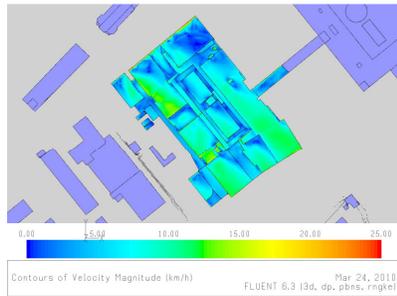
SE



S

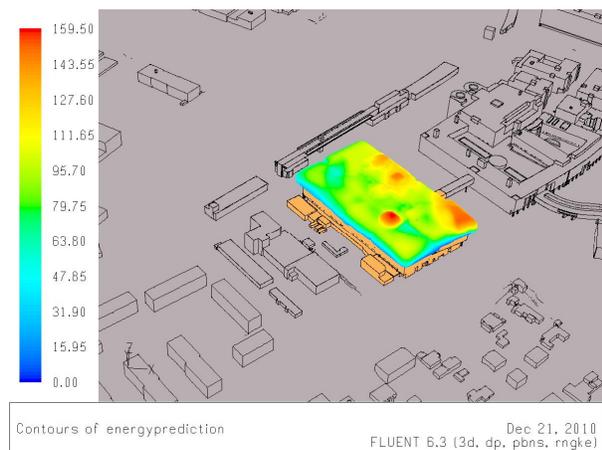
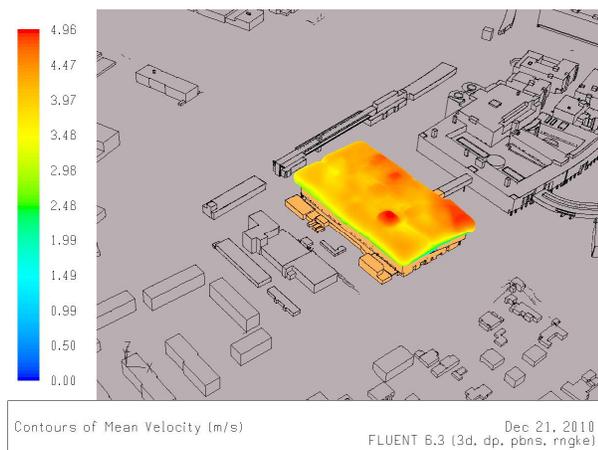
SW

WNW



NW

Verteilung des Windgeschwindigkeitsbetrages in der dem Dach des Donauzentrums nächsten Zellschicht



Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts - mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten Windrichtungen.

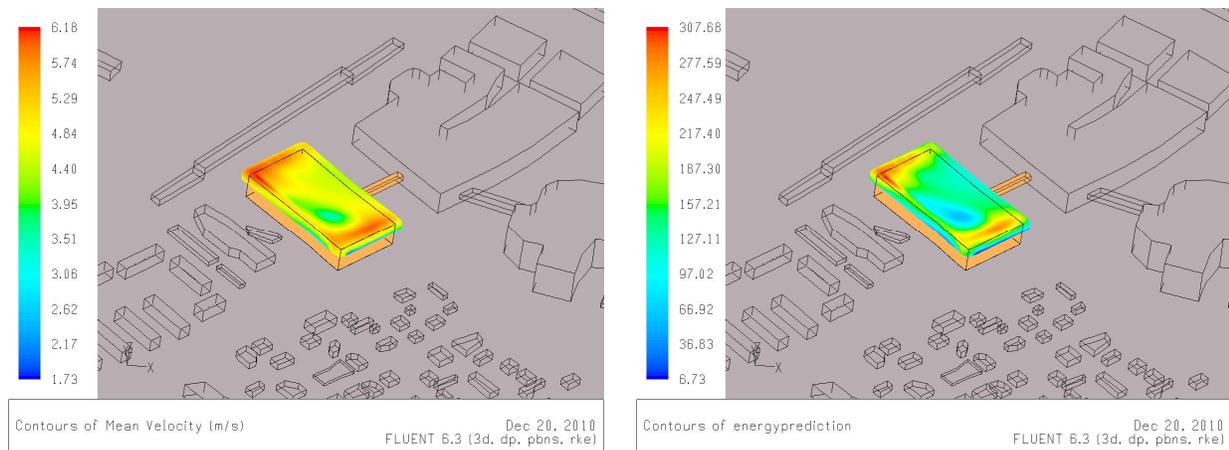
3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Auswirkung von Geometrievariationen im vereinfachten Geometriemodell (Gebäudeabstand – Variante H10 und H20, und Gebäudehöhe – Variante V10 und V20)



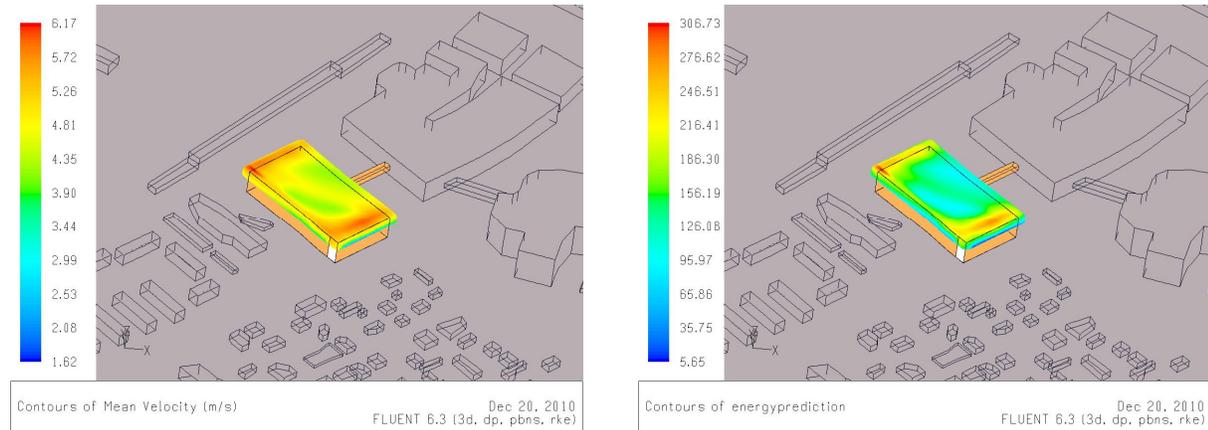
Basisvariante vereinfachtes Geometriemodell: Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts – mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten sieben Windrichtungen. (Man beachte die Farbskala.)

Erste Geometrievariante: die Schmalseite des vereinfachten Donauzentrums wurde um 10 m horizontal extrudiert. D. h. der Abstand zu den Nachbargebäuden wurde um 10 m verringert.



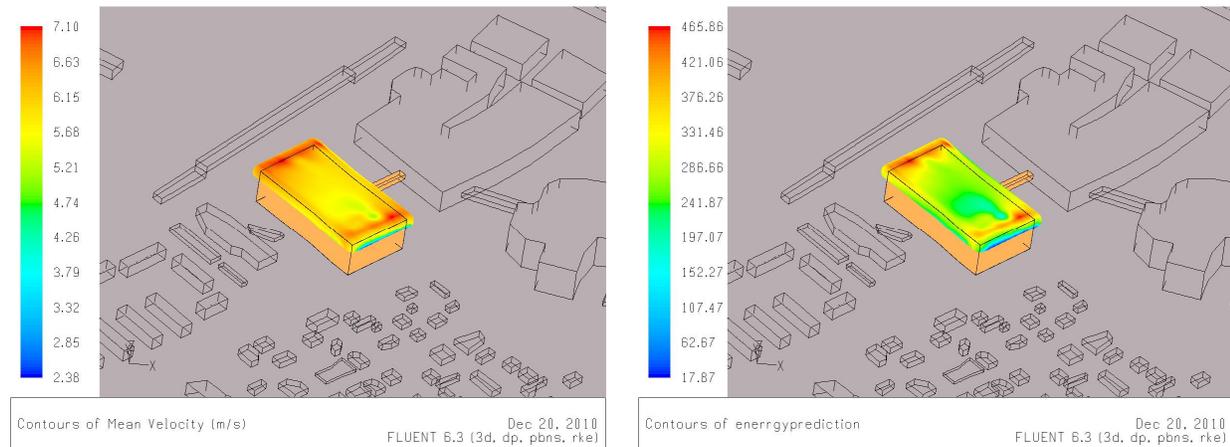
H10 - Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts – mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten sieben Windrichtungen.

Zweite Geometrievariante: die Schmalseite des vereinfachten Donauzentrums wurde um 20 m horizontal extrudiert. D. h. der Abstand zu den Nachbargebäuden wurde um 20 m verringert.



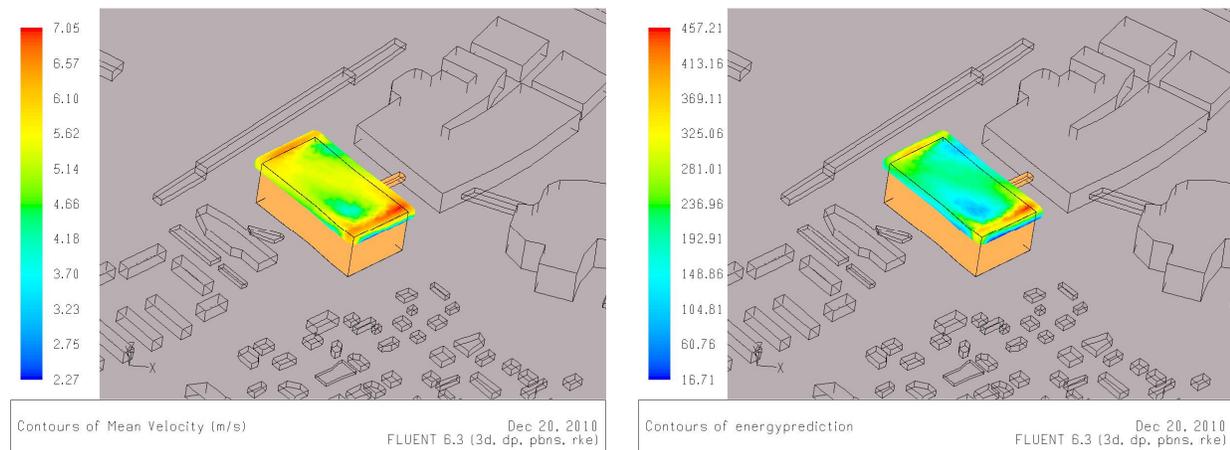
H20 - Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts - mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten sieben Windrichtungen.

Dritte Geometrievariante: ausgehend von der zweiten Geometrievariante wurde das Dach des vereinfachten Donauzentrums um 10 m vertikal extrudiert. D. h. die Gebäudehöhe relativ zu den Nachbargebäuden wurde um 10 m erhöht.



V10 - Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts - mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten sieben Windrichtungen.

Vierte Geometrievariante: ausgehend von der zweiten Geometrievariante wurde das Dach des vereinfachten Donauzentrums um 20 m vertikal extrudiert. D. h. die Gebäudehöhe relativ zu den Nachbargebäuden wurde um 20 m erhöht.



V20 - Isofläche in 6 m Abstand zur Gebäudeoberfläche gefärbt - links - mit dem Betrag der Windgeschwindigkeit in [m/s] und - rechts - mit dem Betrag der zugehörigen Energiestromdichte [W/m²], in beiden Fällen Jahresmittelwert über die simulierten sieben Windrichtungen.

4. Ausblick und Empfehlungen

Fasst man die Resultate der in diesem Projekt durchgeführten Arbeiten zusammen, so kann gesagt werden, dass dieses kleine Sondierungsprojekt erfolgreich abgeschlossen wurde. Alle Projektzeile wurden erreicht – wenigsten bis zu einem gewissen Ausmaß. Das wichtigste Ziel war die Anregung weiter führender Forschung zum Thema Kleinwindkraftanlagen (KWKA) im urbanen Kontext. Das Ausmaß der Erreichung dieses Ziels hängt von den zukünftigen Projekten und technologischen Entwicklungen ab. Ein erster Schritt in diese Richtung konnte bereits gemacht werden, da die Projektpartner die Förderung für ein weiteres Projekt in Zusammenhang mit KWKA in der städtischen Umgebung bekommen haben (FFG Projekt "STEP-A", Projektnummer 825371). Der Einsatz von KWKA im Stadtgebiet hat seinen Höhepunkt noch lange nicht erreicht, aber dieses kleine Sondierungsprojekt zeigte definitiv den Weg in diese Richtung.

Die Resultate der in diesem Projekt durchgeführten numerischen Strömungssimulationen verdeutlichen, dass die numerische Strömungssimulation (computational fluid dynamics –CFD) das beste ingenieurtechnische Werkzeug darstellt um all die Informationen bereitzustellen, die für das Verständnis der Probleme, die bei der genauen Positionierung von KWKA im städtischen Bereich auftreten können, nötig sind. Um ein städtisches Windströmungsfeld zu bestimmen ist aufgrund der großen Abmessungen eine ausreichende Datensammlungen durch Feldmessungen praktisch unmöglich. Bei Laborexperimenten besteht das Problem, dass die reale Windcharakteristik nur sehr schwer reproduziert werden kann. Hingegen liefert die Lösung der physikalischen Grundgleichungen für den Transport der Luft durch das Berechnungsgebiet unter Berücksichtigung der herrschenden Randbedingungen vollen Einblick in die dreidimensionale städtische Windströmungssituation und alle relevanten Strömungseffekte. Aber auch für CFD Simulationen ist die Wahl geeigneter Randbedingungen, d.h. speziell die Modellierung der Windverhältnisse am Rand des

Berechnungsgebietes essentiell. Diese kann aus Feldmessungen abgeleitet werden. Die Kombination der Durchführung von Feldmessungen mit der Durchführung von numerischen Simulationen, in die die Messdaten als Randbedingungen eingehen, liefert die optimalen Ergebnisse.

Es gibt viele Aspekte, die für den Einsatz von numerischer Strömungssimulation (CFD) bei der Ermittlung der optimalen Positionierung von KWKA im städtischen Bereich sprechen. Da gemäß obene Gleichung der Betrag der Windgeschwindigkeit mit der dritten Potenz in die Formel zur Abschätzung der Energiestromdichte eingeht, ist offensichtlich, dass die Genauigkeit der Vorhersage des Energieertrages entscheidend von der Genauigkeit der Vorhersage des Betrages der Windgeschwindigkeit über das Jahr abhängt. Egal ob Fehler in der Messdatenerfassung vor Ort oder in der numerischen Modellierung der Windströmungssituation entstehen, sie gehen mit der dritten Potenz in die Gleichung zur Prognose der Energiestromdichte ein. In obene Abbildung sind die typischen Strömungseffekte (Anströmung, Strömungsablösung, etc.) eines Geschwindigkeitsfeldes im städtischen Bereich dargestellt, die auch einer gegenseitigen Beeinflussung unterliegen. Daraus ergibt sich bei steigender Komplexität der städtischen Bebauung eine ansteigende Wechselwirkung der einzelnen Strömungsfelder um jedes Gebäude und ihrer jeweiligen Strömungseffekte. Daher ist das resultierende Strömungsfeld im städtischen Bereich ohne 3D Simulation besonders schwer vorherzusagen. Daraus wird die Bedeutung einer das Strömungsfeld dreidimensional auflösenden numerischen Simulation ersichtlich, besonders unter dem Aspekt, dass die Strömungsgrößen im wandnahen Bereich (das ist genau der für die Positionierung von KWKA im städtischen Umfeld vorgesehene Bereich) am stärksten durch die geometrische Komplexität der Gebäude beeinflusst werden.

Die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse müssen unter unterschiedlichen Blickwinkeln beurteilt werden, da es bei den durchgeführten Berechnungen des städtischen Strömungsfeldes eine Vielzahl an zu analysierenden Gesichtspunkten gibt. Im ersten Teil der in Arbeitspaket drei erstellten numerischen Simulationen wurde das Strömungsfeld für exakt die Geometrie berechnet, für die auch die realen Messungen stattgefunden haben. In diesem Fall gaben die implementierten Randbedingungen (abgeleitet aus Messdaten der ZAMG) die realen Bedingungen so gut als möglich wieder. Dennoch muss gesagt werden, dass auch die Feldmessungen vor Ort einem sehr großen Unsicherheitsfaktor unterliegen, da diese Messungen auf eine Vielzahl von äußeren Einflüssen anfällig sind. Der Unterschied zwischen den gemessenen Werten und den numerischen Ergebnissen muss unter diesem Gesichtspunkt gesehen werden. Der Unterschied von 20-30% zwischen gemessenen und simulierten mittleren Geschwindigkeitswerten dargestellt.

Die Vorgehensweise zur Erstellung des Jahresmittelwertes liefert das repräsentative mittlere Windgeschwindigkeitsfeld eines Jahres, das zur Analyse die möglichen Positionierungen einer KWKA herangezogen wird. Aus der Darstellung des Geschwindigkeitsbetrages in der Isofläche 6 Meter über dem Dach des Donauzentrums können die Orte hoher Energiestromdichte direkt identifiziert werden, da die lokale Energiestromdichte von der dritten Potenz des lokalen Geschwindigkeitsbetrages abhängt. Andererseits ist auch naheliegend, dass nicht grundsätzlich alle Orte hoher Energiestromdichte wirklich zur Aufstellung einer Kleinwindkraftanlage geeignet sind. Auf einem Kamin oder ähnlichen hervorragenden Gebäudeteilen muss eine Anbringung ausgeschlossen werden. Daher müssen Lokalisationen ohne Einwände zur Positionierung von KWKA gefunden werden. Genauere Information über den Einfluss geometrischer Details auf das lokale Umströmungsfeld und damit die vorausgesagte Energieproduktion ist in obene Abbildung dargestellt. In dieser Abbildung zu Teil 2 von Arbeitspaket 3 ist der Unterschied in den Strömungsfeldern für die komplexe Originalgeometrie und für die vereinfachte Geometrie, bei der kleinere Erhabenheiten und

Hindernisse vernachlässigt wurden, angegeben. Es zeigt sich, dass die dominanten Teile des Strömungsfeldes für beide Geometrien qualitativ ähnlich sind. Quantitativ unterscheiden sich lokal die beiden Fälle und es wurde bereits ausgeführt, dass genau diese lokale Information sehr wichtig ist zur optimalen Positionierung einer KWKA.

Ähnlich sind die Schlüsse, die aus den Ergebnissen zu Teil drei von Arbeitspaket drei – den Variationen der vereinfachten Geometrie hinsichtlich Gebäudeabstand und Gebäudehöhe – geschlossen werden können. Hierbei handelt es sich um den interessantesten Teil der numerischen Untersuchungen. Die Ergebnisse, die in den Abbildungen oben dargestellt sind, zeigen die erwarteten Tendenzen. Vergleicht man die Ergebnisse für die vereinfachte Ausgangsgeometrie mit denen für die unterschiedlichen horizontalen Gebäudeabstände so kann man erkennen, dass sich das Windgeschwindigkeitsfeld für Geometrien gleicher Höhe aber unterschiedlichem horizontalem Abstand in der unmittelbaren Umgebung nicht signifikant ändert. Im Gegensatz dazu zeigt ein Vergleich von den Ergebnissen für die vereinfachte Ausgangsgeometrie mit denen für die unterschiedlichen vertikalen Gebäudehöhen des Donauzentrums, dass die zunehmende Gebäudehöhe den resultierenden Geschwindigkeitsbetrag (und damit die zugehörige Energiestromdichte) erhöht. Das Ausmaß des Anstieges ist allerdings geringer als ursprünglich erwartet. Grund für so ein Ergebnis ist die Wechselwirkung der komplexen Strömungseffekte, die Teil der sich ergebenden Strömungssituation sind. Diese wechselseitige Abhängigkeit der unterschiedlichen Einflussfaktoren macht eine Verallgemeinerung der erarbeiteten Ergebnisse schwierig. Daher ist für eine Richtlinie zur optimalen Positionierung von KWKA im städtischen Gebiet nur diese qualitative Beschreibung möglich.

5. Literaturverzeichnis

[1] B. Kubicek, M. Popovac, A. Frohner, M. Rudolph, R. Teppner (2010). "*Fluent als Plattform: z-f Turbulenzmodellierung und spectrales Path/Raytracing*"; ANSYS Conference & CADFEM Austria Users Meeting, Wien, Österreich.

[2] M. Popovac (2010). "*Conjugate Heat Transfer Simulations Using Zero Wall Boundary Condition Eddy Viscosity Turbulence Model With Elliptic Relaxation*"; 8th International ERCOFTAC Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements (ETMM8), Marseille, Frankreich.

[3] M. Popovac (2010). "*Robust Eddyviscosity Turbulence Modeling with Elliptic Relaxation for External Building Flow Analysis*"; SimBuild2010 - 4th National Conference of IBPSA-USA, New York, USA.

6. Anhang

AEE Messergebnisse

SFT Messergebnisse

AIT Simulationsergebnisse und Publikationen