

Leitfaden



3D-GIS und Energie

beraten. entwickeln. lösen.

3D-GIS und Erneuerbare Energien

Profitieren Sie von unserer Kompetenz in
beiden Disziplinen

- 3D-Geodatenmanagement
- Windparkplanung mit GIS
- Wärmebedarfsanalyse
- Automatisiertes Prozessmanagement

Wir beraten Sie gerne!



©GeoBais-DE/LVermGeo RP 2015-03-09

Impressum

3D-GIS und Energie

Version 1.0 April 2015

ISBN 978-3-00-049310-2

Herausgeber

Philipp Willkomm, M.O.S.S. GmbH
Robert Kaden, Technische Universität München
Prof. Dr. Volker Coors, Hochschule für Technik Stuttgart
Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, Technische Universität München
Runder Tisch GIS e. V.
c/o Technische Universität München
Geschäftsstelle am Lehrstuhl für Geoinformatik
Arcisstraße 21
80333 München

Lektorat

Gerold Olbrich, Wichmann Verlag

Redaktion

Dr. Gabriele Aumann, Runder Tisch GIS e. V.
Prof. Dr. Volker Coors, Hochschule für Technik Stuttgart
Robert Kaden, Technische Universität München
Philipp Willkomm, M.O.S.S. GmbH

Layout

Barbara Burger & Berit Cantzler, Technische Universität München

Bildnachweise

Titelbild: M.O.S.S. GmbH, Taufkirchen
Hintergrundbild: Uwe Schlick/PIXELIO.de
Bild rechts unten: Technische Universität München; Bild Mitte unten: Hochschule für Technik, Stuttgart; Bild links unten: M.O.S.S. GmbH

Anzeigen

Dr. Gabriele Aumann
Runder Tisch GIS e. V.
c/o Technische Universität München
Geschäftsstelle am Lehrstuhl für Geoinformatik
Arcisstraße 21
80333 München
Tel. 089 289 22857
E-Mail: runder-tisch@bv.tum.de
www.rundertisch.de

Erscheinungsnachweise

Digital, PDF: www.rundertischgis.de/leitfaden-3d

Urheberrecht

Alle Rechte vorbehalten. Alle Beiträge und Abbildungen im Leitfaden Version 1.0 sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz geschützt ist, bedarf der vorherigen Genehmigung durch den Runden Tisch GIS e. V. Gezeichnete Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Die Vorstellung von Softwareprodukten in diesem Leitfaden erfolgt ohne Gewähr oder Anspruch auf Vollständigkeit. Sämtliche Angaben zu den Produkten beruhen ausschließlich auf Informationen der jeweiligen Hersteller. Diejenigen Bezeichnungen von im Leitfaden genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung TM oder [®] nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

1	Einleitung	12
1.1	Motivation für den Leitfaden	12
1.2	Aufbau des Leitfadens	12
Grundlagen		
2	3D-GIS – Einführung in die virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodellierung	14
2.1	Klassifizierung von 3D-Datenmodellen	14
2.2	Virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle	15
2.3	Etablierte 3D-Datenformate	18
2.3.1	Offene 3D-Datenformate (Auswahl)	18
2.3.2	Proprietäre 3D-Formate von Esri	21
3	Fragestellungen und Herausforderungen der Energiewende	24
3.1	Begriffsdefinition Energiewende	24
3.2	Energiepolitische Vorgaben in der EU	25
3.3	Politische Ziele in Deutschland	26
3.4	Ausgewählte Fragestellungen und Geschäftsprozesse	29
3.4.1	Methoden, Netze zu erneuern, auszubauen, umzubauen und zu dezentralisieren	29
3.4.2	Intelligente Netze als Basis für die Energiewende	31
3.4.3	Betrieb von elektrischen Verteilnetzen in Zeiten der EEG-Anlagen	32
3.4.4	Geschäftsprozess zur Entwicklung von Nahwärmeprojekten	34
4	Vorhandene Datenquellen	37
4.1	3D-Geobasisdaten der Länder	37
4.1.1	3D-Geobasisinformationen des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL)	37
4.1.2	3D-Geobasisdaten der bayrischen Vermessungsverwaltung	38
4.1.3	3D-Geobasisdaten Hamburg	39
4.1.4	Bundesweite 3D-Gebäudemodelle der AdV	40
4.2	Kommunale 3D-Daten	43
4.2.1	3D-Stadtmodell Karlsruhe	43
4.2.2	Das 3D-Stadtmodell der Landeshauptstadt München	44
4.3	3D Open Data	46
4.3.1	3D-Stadtmodell Berlin	46
4.3.2	Open Data 3D-Modell der Stadt Hamburg	47
4.4	Privatwirtschaftliche 3D-Daten	48
4.4.1	Aspekte der automatischen Generierung von Höhen- und Gebäudemodellen	48
4.4.2	Esri World Elevation Service (30 Meter Auflösung)	49
4.4.3	3D-City-Services und 3D-Basemaps von Esri	50

4.4.4	Herausforderungen und Nutzen virtueller 3D-Stadtmodelle	51
4.4.5	Oberflächenmodelle aus Stereosatellitendaten (optisch und Radar)	53

Methoden und Praxisbeispiele

5	Methoden zu energiebezogenen GIS-Analysen	56
5.1	Berechnung der Energiebedarfe	56
5.1.1	Modellierung des Wärmebedarfs von Gebäuden	56
5.1.2	Statistische Ermittlung des Wärmebedarfs unter Verwendung von Verbrauchsdaten	57
5.1.3	Berechnung der Wärmebedarfe mittels Gebäudesimulationsverfahren	59
5.1.4	Ermittlung der Warmwasserbedarfe von Gebäuden	62
5.2	Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen	64
5.2.1	Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen durch Gebäudesanierung	64
5.2.2	Energie sparen durch gezieltes Energiecontrolling und -management	65
5.3	Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien	67
5.3.1	Methoden zur Solar- und Windpotenzialanalyse	67
5.3.2	Photogrammetrische Dachflächenrekonstruktion zur räumlichen und zeitlichen Verbesserung von Photovoltaikprognosen	69
5.3.3	Windpark-Planung & Prozess-Analyse (WPPA) zur Standardisierung und Effizienzsteigerung der Geodaten-Austauschprozesse	71
5.3.4	Geothermischer Energienutzungsplan	73
5.3.5	Untersuchung des Tiefen-Geothermiepotenzials	77
5.3.6	Biogasanlagen	80
5.4	Netzverwaltung, -berechnung und -optimierung	80
5.4.1	Berechnung optimaler HSL-Pfade und Korridore für Hochspannungsleitung	80
5.4.2	Berechnungen von Mittel- und Niederspannungsnetzen	83
5.4.3	Apps für serverbasierte Netzplanung und Netzberechnung bei Energieversorgungsunternehmen	85
5.5	Standortanalysen zur dezentralen Energieversorgung	87
5.5.1	Standortanalysen am Beispiel des „Energie-Atlas Bayern“	87
5.5.2	Optimierung von Standorten von Biogasanlagen	90
5.6	Bürgerbeteiligung	91
5.6.1	Bürgerbeteiligung bei der Planung von Windenergieanlagen	91
5.6.2	Partizipative Planung von Energieinfrastrukturen	93
5.6.3	Energieatlas für Bürger	94
6	Ausgewählte Praxisbeispiele	97
6.1	3D-Analyse von Windenergieanlagen in Bayern	97
6.2	Anschlussbeurteilung via Ad-hoc-Netzsimulation bei der EWE Netz AG	99
6.3	Workforce-Management bei der Westnetz	101
6.4	Morgenstadt-Projekt: Energiebilanz und Visualisierung mit CityEngine	102
6.5	Wärmebedarfssimulation Ludwigsburg-Grünbühl	104
6.6	Wärmebedarfssimulation Rotterdam-Bospolder	107
6.7	Potenzial von Solarkraftanlagen	110

6.8	Eine 3D entscheidungsunterstützende Plattform zur transparenten und nachhaltigen Planung von elektrischen Versorgungsnetzen	111
6.9	Visuell-akustische Landschaftssimulationen für die Bewertung der Akzeptanz von Windparks	113
6.10	3D-Geodatenmanagement mit novaFACTORY im Kontext Wärmebedarfsermittlung und Solarpotenzialanalyse	114
6.11	Ermittlung Wärmebedarfswerte für Wohngebäude – Projekt „BuildingEnergy“	115
6.12	SolarEnergetische Bauleitplanung und Wärmebedarfsberechnung – Berücksichtigung der solaren Nutzung schon in der Planungsphase	117
6.13	Analyse zur Berechnung des Solar- und Gründachpotenzials – zur Förderung der solaren Nutzung und für die Klimaanpassung	119
6.14	Energiewende – Projekte und Infrastrukturen besser verstehen mit 3D-Vis	121
6.15	Solaratlas Berlin	122
6.16	Die Revolution beginnt – JETZT! Laternen als Träger neuer Technologien	124
6.17	Berechnung der Sonneneinstrahlung auf CityGML-3D-Gebäudedaten	125
6.18	Wüstenrot wird zur Plusenergiegemeinde	97

Ausblick

7	Ausblick und Weiterentwicklungen	130
7.1	Web-Client-basierte Applikation zur energetischen Gebäudebewertung	130
7.2	3D City Database	133
7.3	3D-Roadmap für die ArcGIS Plattform	135
7.4	Standardisierung im Rahmen der OGC	137

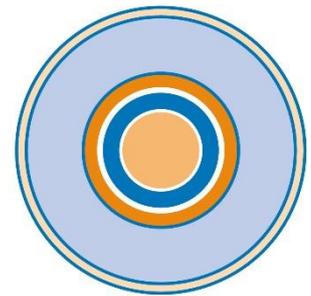
Anhang

8	Anhang 1 Softwareprodukte 3D-GIS und Energie	142
8.1	AED-SICAD ArcFM™ UT – die GIS-Standardapplikation für Utilities	143
8.2	AED-SYNERGIS / ARC-GREENLAB ProOffice – Lösungsplattform für CAFM und Infrastrukturmanagement	144
8.3	AED-SYNERGIS ARC-GREENLAB WebOffice – webbasiertes Geoinformationssystem	145
8.4	ESRI ArcGIS Pro als Bestandteil von ArcGIS for Desktop	146
8.5	ESRI CityEngine	147
8.6	FRAUNHOFER IGD CityServer3D	148
8.7	IP SYSCON pit – FM/pit-Kommunal Gebäude- und Energiemanagement – GIS-gestütztes CAFM und mehr – effizient und einfach	149
8.8	IP SYSCON Planungsrechner Erneuerbare Energien – webgestütztes Strategiewerkzeug für Verwaltungseinheiten und den Bürger	150
8.9	M.O.S.S. WindPASS: Windpark Planning & Analysis Software Suite	151
8.10	PTW gotolisten – App-Lösungen für EVU und Kommunen online & offline	152
8.11	REALITY MAPS 3D RealityMaps Viewer und App	153
8.12	VIRTUALCITYSYSTEMS virtualcityDATABASE	154
8.13	VIRTUALCITYSYSTEMS virtualcityPUBLISHER	155

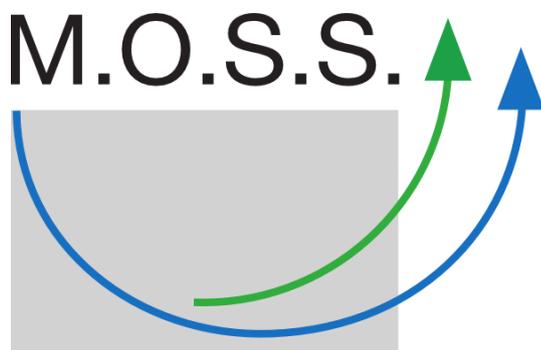
9	Anhang 2	157
9.1	Kontaktadressen der Verfasser	157
9.2	Verzeichnis der Hersteller	165
9.3	Verzeichnis der Anzeigen	165



Technische Universität München



RUNDER TISCH GIS E.V.



Computer Grafik Systeme
Geoinformationssysteme

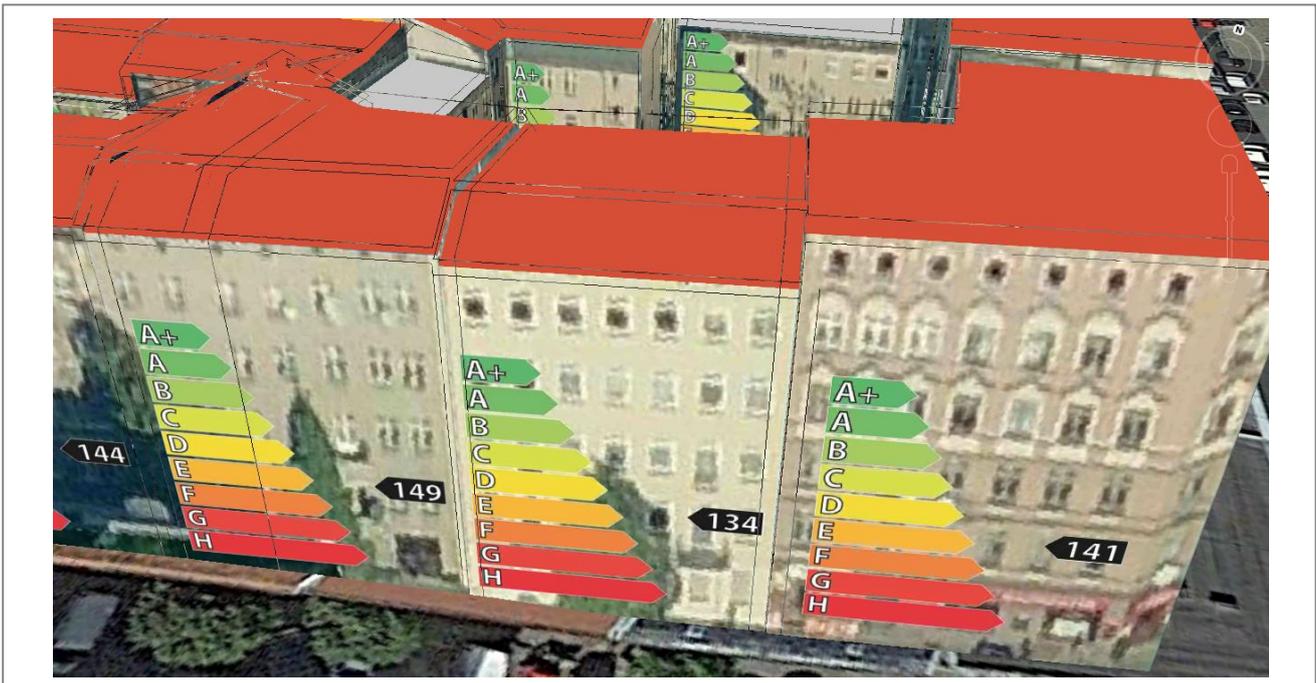
Hochschule
für Technik
Stuttgart

Vorwort zum Leitfaden „3D-GIS und Energie“

Liebe Leserinnen und Leser

Der Runde Tisch GIS e. V. hat es sich seit seiner Einrichtung zur Aufgabe gemacht, technologische Entwicklungen im Themenfeld der Geoinformationssysteme und ihrer breiten Anwendungen zu verfolgen und seinen Mitgliedern wie auch der gesamten Fachöffentlichkeit vorzustellen, zu diskutieren und kritisch zu beleuchten. Dies erfolgt auf unabhängige Weise in seinen Veranstaltungen wie der Münchner GI-Runde, den Weiterbildungskursen und Expertenrunden. Zu den Themenkomplexen, die eine besondere Aktualität besitzen oder in denen maßgebliche Entwicklungen vollzogen wurden, hat der Runde Tisch GIS unter aktiver Mitwirkung der Mitglieder zudem bereits mehrere Leitfäden erstellt und herausgegeben.

Der hier vorliegende neue Leitfaden „3D-GIS und Energie“ greift das hochaktuelle und sensible Thema der Unterstützung der Energiewende durch neue Methoden, Werkzeuge und Daten an der Schnittstelle von Geoinformations- und Energiebranche auf. In den letzten Jahren haben sich virtuelle 3D-Stadtmodelle von einem Nischen- zu einem Mainstream-Produkt entwickelt. Die rasant zunehmende Verfügbarkeit von 3D-Geoinformationen und ihre kontinuierlich gewachsene Unterstützung in GIS, Geodatenbanken und weiteren Softwaresystemen hat in den letzten 2-3 Jahren zu konkreten Produkten geführt. Es ist das Ziel dieses Leitfadens, einen Überblick und auch Einblicke in den „State of the Art“ der Forschung, der Produktentwicklungen und der Datenverfügbarkeit zu geben. Die enthaltenen Praxisberichte zeigen dabei, dass die Technologie und die Produkte bereits bei den Endnutzern angekommen sind.



Beispiel: 3D-Web-Applikation zur energetischen Bewertung einschl. Sanierungspotenziale von Gebäuden der TU München

Der Leitfaden richtet sich einerseits an die verschiedenen potenziellen Nutzergruppen, die sich mit dem Thema der Planung, Umgestaltung und dem Betrieb der Energieversorgung befassen. Das sind u. a. Unternehmen der Energieversorgung und Energiedienstleistung, Stadtverwaltungen, Wohnbau- und Eigentümergesellschaften, regionale und kommunale Spitzenverbände, Politiker und nicht zuletzt die Bürger. Andererseits soll er auch den in der Geoinformationsbranche tätigen Kolleginnen und

Kollegen zur Information über den Stand von „3D-GIS und Energie“ dienen und zu weiteren Innovationen anregen.

An der Erstellung des Leitfadens haben insgesamt 60 Autoren mitgewirkt, die aus 7 namhaften Hochschulen und Forschungseinrichtungen, aus 9 verschiedenen Behörden, 3 Energieversorgungsunternehmen sowie weiteren 13 Firmen stammen. Die Konzeption, Erarbeitung der Inhalte und das Zusammentragen des Leitfadens erstreckte sich über ein halbes Jahr hinweg.

Der Runde Tisch GIS e. V. bedankt sich sehr herzlich bei allen Autoren des Leitfadens sowie dem gesamten Redaktionsteam. Dank gebührt auch den beiden studentischen Hilfskräften Frau Berit Cantzler und Frau Barbara Burger für Ihre Redaktionsassistenz. Nicht zuletzt möchten wir uns bei allen Inserenten bedanken, die durch ihre Anzeigen die Erstellung und Publikation des Leitfadens finanziell unterstützt haben. Schließlich bedankt sich der Runde Tisch GIS e. V. bei der Firma M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH für die bewährte gute Zusammenarbeit im Rahmen des Kompetenzpools „Stadt 3++ - Stadtmodelle und ihre Anwendungen“.

Der Leitfaden wird auf den Webseiten des Runden Tisches GIS e. V. zum Download bereitgestellt:

www.rundertischgis.de/leitfaden-3d

Wir wünschen Ihnen nun eine informative und spannende Lektüre.

München, im April 2015

Taufkirchen, im April 2015



Prof. Dr. Thomas H. Kolbe

Philipp Willkomm

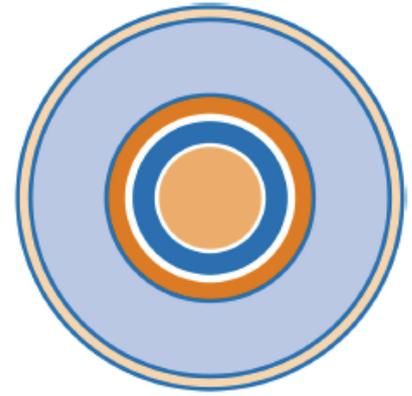
1. Vorsitzender

2. Vorsitzender

Runder Tisch GIS e. V.

Runder Tisch GIS e. V.

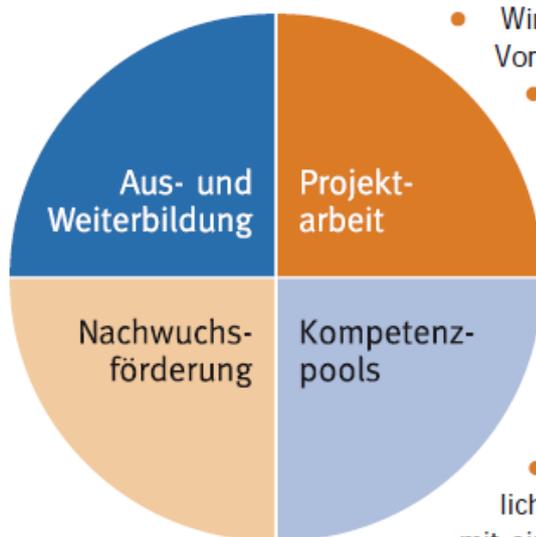
Profitieren Sie vom Netzwerk: Mitglied werden!



RUNDER TISCH GIS E.V.

Der Runde Tisch GIS e.V. ist eines der größten ehrenamtlich organisierten Netzwerke zum Thema Geoinformation in Deutschland. Werden Sie ein Teil dieses Netzes – persönlich, als Unternehmen, wissenschaftliche Institution, Gebietskörperschaft, Kommune oder Fachbehörde. Denn all diese Rollen finden sich schon jetzt unter unseren rund 200 Mitgliedern. Beim Runden Tisch GIS finden Sie Partner für Ihre Projekte, einen breiten Erfahrungsaustausch und vielfältige Kontakte zu zahlreichen Entscheidern in der Geoinformationswirtschaft.

Die Arbeit des Runden Tisches GIS e.V. ruht auf vier Säulen. Mitglieder können darin eigene Akzente setzen und Mitstreiter für Ihre Interessen finden:



- Wir fördern das Vertrauen der Beteiligten und schaffen die Voraussetzungen für Kooperationen und den offenen Dialog.
 - Wir unterstützen und initiieren Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.
 - Wir machen die Themen der Branche transparent.
 - Wir beschreiben zukunftsweisende Trends im Umfeld von Geodaten.
 - Wir bringen Anbieter, Anwender und Wissenschaft zusammen.
 - Wir können große Förderprojekte stemmen.
 - Wir fördern den studentischen und wissenschaftlichen Nachwuchs durch Stipendien und Preise.
 - Wir verfolgen als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Eigeninteressen und können deshalb unsere Themen mit einer hohen Glaubwürdigkeit transportieren.

Die kommenden Veranstaltungen des Runden Tisches GIS:

15. Juli 2015 – Anwendertreffen Mobile GIS in Augsburg

16. November 2015 – Kommunales GIS-Forum in Neu-Ulm

24. und 25. Februar 2016 – Münchner GI-Runde.

Aktuelle Infos immer unter www.rundertischgis.de

1 Einleitung

1.1 Motivation für den Leitfaden

Verfasser: Robert Kaden, Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

Die Senkung von Emissionen sowie die Steigerung der Energieeffizienz in Städten ist eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Unter der Überschrift „Energiewende“ verfolgt die Bundesrepublik Deutschland aktuell einen grundlegenden Umbau ihrer Energieversorgung sowie den Aufbau intelligenter Stromnetze. Entsprechende Ziele werden in energiepolitischen Vorgaben definiert und dienen der Verwaltung, Wirtschaft und Industrie als Rahmen für die Planungen zur Umsetzung dieser ambitionierten Vorhaben. Als ein Beispiel sei hier der Wärmebedarf von Gebäuden genannt. In Deutschland liegen die größten Einspar- und somit CO₂-Reduktionspotenziale im Wärmeverbrauch. Laut Statistischem Bundesamt gibt es in Deutschland ca. 18 Millionen Wohngebäude und ca. 1,5 Millionen Nichtwohngebäude. Nahezu 75 % des Gebäudebestandes wurde vor der ersten Wärmeschutzverordnung (1. November 1977) gebaut und ist vielfach unsaniert und dadurch in sehr schlechtem energetischem Zustand. Durch innovative und nachhaltige Sanierungskonzepte bei Altbauten könnten jedoch entsprechend dem Vorhaben „Energiewende in Deutschland – Roadmap bis 2020/2050“ der Deutschen Energie-Agentur bis zu 80 % des Primärenergieverbrauches eingespart werden.

Diese umfassende Umgestaltung der Energieversorgung, hin zu ökologisch effizienten und nachhaltigen Städten in Deutschland, wird weltweit mit großem Interesse verfolgt. Die nachhaltige und ganzheitliche Planung der Umgestaltung der Energieversorgung in urbanen Gebieten wird durch eine Reihe unterschiedlicher Themenbereiche beeinflusst, welche übergreifend als komplexes System zusammenwirken und gemeinsam während des Planungsprozesses betrachtet werden müssen. Eine wesentliche Voraussetzung ist dabei die Bereitstellung entsprechender (Fach-)Information über die zu betrachtende Stadt, den Bezirk oder das Quartier. Dabei ist es notwendig, umfangreiche und vielschichtige Informationen zusammenzuführen, um eine homogene Datenbasis für fachübergreifende Analysen und Simulationen zu schaffen.

Durch die rasante Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie durch Fortschritte in der (semi-)automatischen Datenerfassung ist es möglich geworden, urbane Geodaten in ihrer dreidimensionalen Ausdehnung zu erfassen und somit ein virtuelles Abbild der realen Welt in digitaler Form zur Verfügung zu stellen. Aufgrund der stetig wachsenden Verfügbarkeit semantischer 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle und der Entwicklung neuer 3D-Analysemethoden liefert die Geoinformatik gegenwärtig und in Zukunft einen entscheidenden Beitrag zu diesen Planungsprozessen. Die Geoinformatik ermöglicht es z. B. Handlungsbedarfe zu erkennen, Entscheidungsprozesse voranzubringen, Transparenz in Entscheidungsgrundlagen zu bringen und komplexe Sachverhalte für einen größeren Kreis verständlich zu machen. Im Detail bietet der Einsatz von 3D-Stadtmodellen die Möglichkeit zu umfangreichen räumlichen Analysen wie z. B. Lärmkartierung, Lückenbebauung und Neubauintegration, Klima-Belüftungsachsen, 3D-Visualisierung des Bebauungsplans, Photovoltaik-Potenzialanalyse, Netzanbindung, Sichtachsen- und Lärmanalyse zum Beispiel für die Planung der Positionierung von Windrädern sowie für die Wärmebedarfsanalyse und zur Simulation von Sanierungsszenarien, um nur einige zu nennen.

Der vorliegende Leitfaden zum Thema „3D-GIS und Energie“ dient als Handbuch für Planer und Entscheider in den Kommunen und Unternehmen und dokumentiert aktuelle Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der Planungen für die Umgestaltung der Energieversorgung mittels 3D-GIS.

1.2 Aufbau des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden gliedert sich in die zwei Hauptteile „Grundlagen“ und „Methoden und Praxisbeispiele“ sowie einen „Ausblick“ und „Anhang“ mit Softwareprodukten.

In **Kapitel 2** wird eine allgemeine Einführung in das Thema 3D-Geoinformationssysteme gegeben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der 3D-Stadt- und Landschaftsmodellierung. Es wird ein Überblick über zugrunde liegende Datenmodelle, Standards und Datenformate gegeben.

Die Fragestellungen und Herausforderungen der Energiewende werden in **Kapitel 3** beleuchtet. Dabei werden sowohl die energiepolitischen Vorgaben der EU und der Bundesrepublik Deutschland benannt als auch konkrete Geschäftsprozesse exemplarisch vorgestellt, die die Energiewende unterstützen.

In **Kapitel 4** wird stärker auf die vorhandenen 3D-Geodaten Produkte eingegangen, die die Basis für Geschäftsprozesse und Entscheidungsunterstützung im Kontext der Energiewende bilden. Die Datenquellen werden nach 3D-Geobasisdaten der Länder und Kommunen, Open Data und privatwirtschaftlichen Daten kategorisiert. Wie das Beispiel Hamburg zeigt, sind diese Kategorien nicht disjunkt. Dennoch ist diese Kategorisierung nützlich, denn es ergeben sich daraus unterschiedliche Nutzungs- und Kostenmodelle für den Anwender dieser Daten.

Im **zweiten Hauptteil** des Leitfadens wird anhand von allgemeinen Methoden und konkreten Praxisbeispielen der Nutzen von 3D-GIS im Anwendungsfeld Energiewende aufgezeigt.

Kapitel 5 befasst sich mit Analysen zur Wärmebedarfsberechnung von Gebäuden, Potenzialermittlung von Energieeinsparung und regenerativer Energien, Strom- und Wärmenetzen, Standortplanung und Bürgerbeteiligung. In vielen dieser Beispiele führen 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle zu einer deutlichen Steigerung der Informationsqualität.

Im darauf folgenden **Kapitel 6** werden zahlreiche ausgewählte Praxisbeispiele vorgestellt, die den konkreten Einsatz von 3D-GIS zur Lösung von Fragestellungen, die sich aus der Energiewende ergeben, aufzeigen. Die Projekte weisen eine große Bandbreite von Regionalplanung und Entscheidungsunterstützung bis hin zum Wandel einer „Plusenergiegemeinde“ vom Energiekonsumenten zum Energieliefernden auf.

Kapitel 7 gibt einen Ausblick auf die Aktivitäten zur Weiterentwicklung von Softwareprodukten und internationalen Standards wie die CityGML Energy ADE und der 3D-Portrayal Service des Open Geospatial Consortiums (OGC) gegeben.

Der **Anhang 1** verschafft eine Übersicht von Softwareprodukten im Kontext „3D-GIS und Energie“.

Im **Anhang 2** finden sich die Kontaktadressen der Verfasser der einzelnen Beiträge ebenso wie die Verzeichnisse der Softwarehersteller und der Anzeigen im Leitfaden.

2 3D-GIS – Einführung in die virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodellierung

Virtuelle 3D-Welten sind ein Bestandteil des alltäglichen Lebens und ein praktischer Helfer zur Orientierung und Planung im privaten sowie beruflichen Umfeld vieler Menschen. Dabei dienen virtuelle 3D-Stadtmodelle längst nicht mehr nur zur Visualisierung im Rahmen von Urlaubsplanung, Stadtplanung und Marketing, sondern erlauben völlig neue und komplexe Anwendungen, welche wiederum komplexe semantische 3D-Stadtmodelle voraussetzen. Diese Modelle repräsentieren ein vielschichtiges und umfassendes digitales Abbild der Stadt und dienen u. a. zur Erstellung der von der Europäischen Union vorgeschriebenen Lärmkarten sowie in der Umwelt- und Energieplanung als Basis für Analysen und Simulationen.

2.1 Klassifizierung von 3D-Datenmodellen

Verfasser: Robert Kaden, Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München

Virtuelle 3D-Welten kommen in einer Reihe von Anwendungen mit ganz unterschiedlichen Zielen zum Einsatz, wobei grundsätzlich zwischen zwei Arten unterschieden wird. Zum einen existieren sogenannte **Virtual Reality (VR)**-Modelle, welche im Wesentlichen die 3D-Geometrie und die Erscheinung der realen Welt repräsentieren und zum anderen gibt es sogenannte Informationsmodelle oder auch semantische Modelle, welche die realen Objekte einschließlich ihrer Bedeutung und thematischen Eigenschaften sowie ihrer logischen Beziehungen abbilden. 3D-Modelle, welche sowohl die räumlichen als auch die thematischen Aspekte der Objekte einer Stadt repräsentieren, werden **Informationsmodelle (IM)** genannt.

Die Modellierung solcher 3D-Welten kann auf verschiedene Weisen und mit unterschiedlichen formalen Modellierungstechniken sowie Datenrepräsentationen erfolgen. Dabei existieren mindestens vier grundsätzliche Herangehensweisen der 3D-Modellierung, welche aus den Disziplinen Computergrafik (CG), Geodäsie bzw. Geoinformationssysteme (GIS), Architektur und Bauingenieurwesen (AEC) sowie Computerspiele und Trainingssimulationen hervorgegangen sind. Je nach Anwendungsfall kommen dabei VR- oder IM-Modelle zum Einsatz.

Die im Bereich der **Computergrafik (CG)** entwickelten Methoden und Datenmodelle zielen auf die effiziente und qualitativ hochwertige 3D-Visualisierung einer Stadtansicht ab. Diese 3D-Ansichten sind in der Regel reine VR-Modelle und repräsentieren die Geometrie und die (grafische) Erscheinung der Objekte. 3D-Objekte werden zumeist in sogenannten Szenengraphen strukturiert, welche die Definition und Mehrfachinstanzierung von prototypischen Formen erlauben und eine hochwertige Visualisierung unterstützen. Semantische Informationen der Objekte stehen in der Computergrafik nicht im Fokus und werden bei der Modellierung weitestgehend vernachlässigt.

Die Modelle und Methoden aus dem Bereich der **Simulation und Computerspiele** sind in Bezug auf die Darstellung von 3D-Objekten ähnlich der Computergrafik. Zusätzlich erlauben diese Modelle häufig die Beschreibung physikalischer Eigenschaften der Objekte, z. B. Gewicht, Elastizität, mechanische Verbindungen, sowie die Modellierung kinematischer Eigenschaften und komplexes Objektverhalten. Wie bei der Computergrafik bleibt die Semantik der Objekte – über die für die Simulatoren relevanten Steuerdaten hinaus – häufig unberücksichtigt.

Der Fokus der **Architektur und Bauingenieur (AEC)**-Domäne ist die Modellierung der von Menschen geschaffenen Objekte in großem Maßstab, um die Planung und die Prozesse im Rahmen eines Bauvorhabens zu unterstützen. Während in der Vergangenheit hauptsächlich Computer Aided Architectural Design (CAAD) zur Beschreibung der Geometrie der Gebäude genutzt wurde, werden gegenwärtig immer häufiger Building Information Models (BIM) genutzt. BIM-Modelle sind semantische Datenmodelle zur Repräsentation von Gebäuden, basierend auf einer detaillierten Zerlegung und

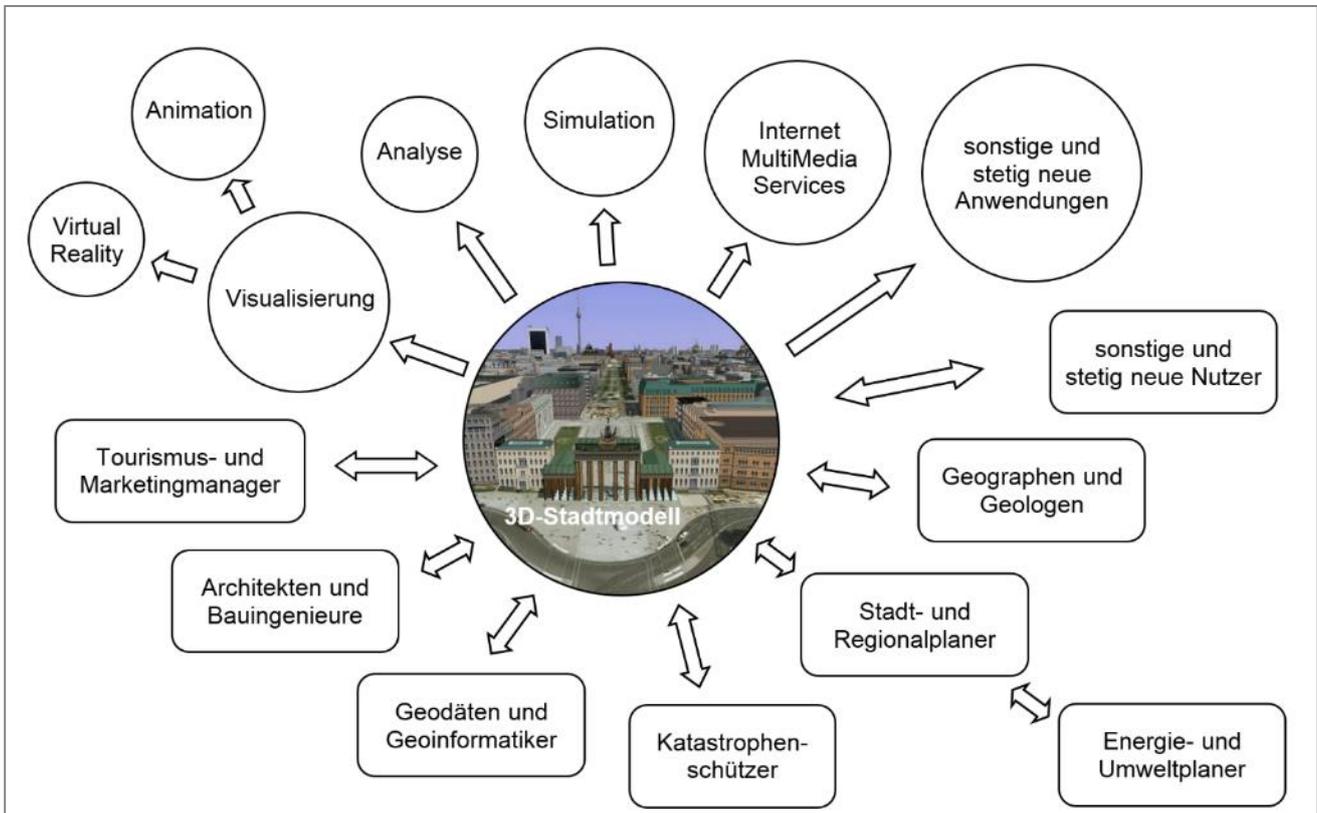
Klassifizierung der einzelnen Komponenten wie z. B. Wände, Decken, Treppen, Rohre, Kabel und Steckdosen.

Die Domäne der **Geodäsie bzw. Geoinformationssysteme (GIS)** zielt auf die möglichst komplette Repräsentation der Landschaft einschließlich aller natürlichen und nicht-natürlichen Objekte ab. Während diese Repräsentation in der Vergangenheit hauptsächlich durch 2D-Karten und -Landschaftsmodelle (DLM) erfolgte, werden gegenwärtig virtuelle dreidimensionale Stadt- und Landschaftsmodelle erstellt und durch die entsprechenden Vermessungsbehörden geführt. Diese 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle beinhalten im Sinne der Geobasisdaten flächendeckend die 3D-Geometrie, 3D-Topologie, Semantik und die Erscheinung der Topographie in verschiedenen Detailstufen (Level of Detail). Diese Modelle werden auch als semantische 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle bezeichnet und stellen die Realisierung eines Topographischen Informationsmodells (TIM) dar. Im Gegensatz zu den vorgenannten Disziplinen werden die Geometrien innerhalb der GIS-Domäne immer georeferenziert in Bezug auf ein definiertes Weltkoordinatenreferenzsystem angegeben.

2.2 Virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle

Verfasser: Robert Kaden, Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München

Virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle sind digital nachempfundene Abbildungen der Erdoberfläche, einschließlich sämtlicher natürlicher und nichtnatürlicher Objekte urbaner Gebiete. Solche Modelle müssen die Komplexität von Stadtobjekten und deren Zusammenhänge größtmöglich widerspiegeln. Für Visualisierungszwecke ist dabei eine qualitativ hochwertige grafische Repräsentation notwendig, welche die Umwelt möglichst realitätsnah abbildet und äußere Erscheinungen nachempfundenet [Stadler & Kolbe, 2007]. Für Analysen und Simulationen im Katastrophenmanagement, in der Lärmausbreitungen und der Umwelt- und Energieplanung werden neben der Geometrie auch semantische Informationen und nichtgrafische Attribute der Objekte benötigt. Die Semantik stellt die Bedeutung des Objekts dar und kann als Relation zu seiner Umwelt gesehen werden [Döllner et al., 2006].



3D-Stadtmodelle und ihre Anwendungen (Kreis) und Nutzer (Rechteck)

Virtuelle semantische 3D-Stadtmodelle beinhalten ontologische Strukturen, welche thematische Klassen, Attribute und ihre Beziehungen umfassen. Objekte sind in Abhängigkeit von logischen Kriterien in Teilobjekte zergliedert, welche auf Strukturen der realen Welt basieren. Beispielsweise kann ein Gebäude in Gebäudeteile zergliedert werden, welche unterschiedliche Strukturen in der Dachform aufweisen, eigene Eingänge besitzen oder sich auf sonstige Art und Weise logisch separieren lassen [Kolbe, 2008]. Durch diese Entwicklung dreidimensionaler Stadtmodelle werden stetig mehr Anwendungen ermöglicht und die Nutzergruppe erweitert.

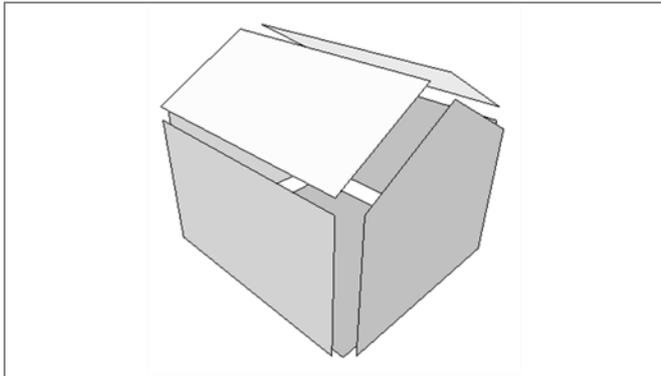
Je nach Anwendung sind 3D-Stadtmodelle in verschiedenen Detaillierungsstufen gefordert. Für die Visualisierung in Webanwendungen ist es sinnvoll, verschiedene Detailstufen vorzuhalten, um das Abbild des Stadtmodells in Abhängigkeit von der Entfernung zur virtuellen Kamera unterschiedlich detailliert darzustellen. Nicht nur für Visualisierungszwecke, sondern auch für verschiedene Fachanwendungen sind sogenannte Levels of Detail (LoD) von Bedeutung. Im Bereich der Architektur beispielsweise sind zu Planungszwecken höher detaillierte Modelle notwendig, während für Analysen zur Lärmausbreitung einfachere „Klötzchen-Modelle“ hinreichend sind. Die Arbeitsgruppe Modellierung der Special Interest Group 3D (SIG 3D) hat sich daher mit der Standardisierung für die unterschiedlichen LoDs beschäftigt [AG 3D-Stadtmodelle, 2004].

Virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle sind eine homogenisierte und konsistente Komposition aus Geodaten verschiedener Thematiken. In Abhängigkeit der beabsichtigten Verwendung besteht ein solches Modell aus verschiedenen natürlichen und nicht-natürlichen Objekten.

Level of Detail	Beschreibung	Beispiel
LoD0	Regionalmodell (2,5D; DGM)	
LoD1	Klötzchenmodell ohne Dachformen	
LoD2	Detailliertes Modell mit differenzierten Dachformen	
LoD3	Fein ausdifferenziertes Architekturmodell	
LoD4	Innenraummodell	

Ausprägungen der fünf Levels of Detail (LoD) der CityGML-Standards

Die dreidimensionale Beschreibung von Gebäuden ist ein wesentlicher Bestandteil eines virtuellen 3D-Stadtmodells. Im Bereich der Geodäsie bzw. Geoinformationssysteme werden die Gebäudemodelle vornehmlich durch die sogenannte Randbeschreibung (Boundary Representation, B-rep) repräsentiert, wobei die umhüllenden Begrenzungsflächen durch primitive Knoten-Kanten-Flächen-Geometrien modelliert werden. Gebäude stellen in diesem Zusammenhang ein Polyedermodell dar, welches durch ebene Flächen in Form von planaren Polygonen repräsentiert wird [Kolbe & Plümer, 2004; Nawy, 2008]. Polygone werden durch Eckpunkte beschrieben, deren Reihenfolge die Orientierung der Außen- bzw. Innenseiten bestimmt. Die Modellierung dieser Eckpunkte erfolgt auf einfachstem Weg durch die sequenzielle Speicherung dreidimensionaler Koordinaten. Gebäudemodelle werden je nach Detaillierungsgrad (LoD) aus einer Anzahl von Polygonen beschrieben. Durch diese explizite Beschreibung gestalten sich objekt- oder modellbezogene Analysen sowie Konvertierungen zwischen verschiedenen Repräsentationsformen unproblematisch.



Gebäudemodell in Boundary Representation
[Kada, 2007]

Ein weiterer wichtiger Bestandteil von 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen ist ein Digitales Geländemodell (DGM), welches die Grenzfläche zwischen fester Erde und der Luft oder Wasser beschreibt [Hake et al., 2002]. Entgegen dieser Definition werden Gewässeroberflächen oft dem Gelände zugeordnet. Das Geländemodell umfasst jedoch keine Vegetation oder künstliche Objekte, wie z. B. Gebäude. Beschrieben wird ein DGM durch flächenhaft verteilte Stützpunkte sowie einem Algorithmus zur Interpolation zwischen den Punkten. Jede Lagekoordinate der Stützpunkte besitzt genau einen Höhenwert, wodurch das DGM auch als 2,5D-Modell bezeichnet wird. DGMs werden in einem GIS-System

in der Regel auf zwei Arten repräsentiert. Zum einen können unregelmäßig verteilte Punkte gespeichert und trianguliert werden und zum anderen werden regelmäßige Rastermodelle gespeichert.

Verkehrsflächen für 3D-Stadtmodelle werden aus ganz unterschiedlichen Quellen gewonnen und liegen in unterschiedlichen Formen vor. Häufig sind Straßendaten in Form von zweidimensionalen axialen Linienzügen verfügbar. Diese werden u. a. durch die Digitalisierung von topographischen Karten generiert. Bei der Verwendung solcher Daten, beispielsweise in Navigationssystemen, werden diese Linien um ein bestimmtes Maß gepuffert, um eine flächenhafte Ausdehnung zu visualisieren. Diese gepufferten Straßenelemente können dann mit einem DGM verschnitten werden, wodurch sie Informationen zur dritten Dimension erhalten [Koch, 2006]. Verkehrsanlagen können ebenso durch terrestrische Vermessungen oder die Auswertung von Luftbilddaufnahmen direkt flächenhaft generiert werden [Heller & Pakzad, 2005; Ravanbakhsh, 2008].

Neben diesen o. g. Hauptelementen können virtuelle 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle weitere Objekte beinhalten. Diese umfassen beispielsweise sonstige Bauwerke, wie z. B. Brücken, Tunnel, ober- und unterirdische Ver- und Entsorgungseinrichtungen sowie Utility-Netzwerke, Vegetation, Stadtmöblierung und verkehrsregelnde Anlagen

Referenzen

- AG 3D-STADTMODELLE (2004): 3D-Stadtmodelle – Eine Orientierungshilfe für die Städte in NRW. AG 3D-Stadtmodelle des AK Kommunales Vermessungs- und Liegenschaftswesen des Städtetages Nordrhein-Westfalen.
- DÖLLNER, J.; KOLBE, T. H.; LIECKE, F.; SGOUROS, T.; TEICHMANN, K. (2006): The Virtual 3D City Model of Berlin - Managing, Integrating and Communicating Complex Urban Information. Proceedings of the 25th International Symposium on Urban Data Management, 15.-17. Mai, Aalborg, Dänemark.

- HAKE, G.; GRÜNREICH, D.; MENG, L. (2002): Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. 8.Auflage, Walter de Gruyter, ISBN 3110164043, 9783110164046.
- HELLER, J.; PAKZAD, K. (2005): Adaption of Object Models for Road Extraction in Images of Different Resolution. 3rd URBAN Symposium, IntArchPhRS, Band XXXVI 8/W27.
- KADA, M. (2007): Zur maßstabsabhängigen Erzeugung von 3D-Stadtmodellen. Dissertationsschrift, Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie, Universität Stuttgart.
- KOCH, A. (2006): Semantische Integration von zweidimensionalen GIS-Daten und Digitalen Geländemodellen. Dissertationsschrift, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, Universität Hannover.
- KOLBE, T. H. (2008): Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: LEE, J., ZLATANOVA, S. (Hrsg.): Lecture Notes in Geoinformation & Cartography, 20, Springer Verlag.
- KOLBE, T. H.; PLÜMER, L. (2004): Bridging the Gap between GIS and CAAD. GIM International, 7.
- NAWY, E. G. (2008): Concrete Construction Engineering Handbook. Edition 2, CRC Press, ISBN 0849374928, 9780849374920.
- RAVANBAKSH, M. (2008): Road Junction Extraction from High Resolution Aerial Images Assisted by Topographic Database Information. Dissertationsschrift, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover; Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C,621.
- STADLER, A.; KOLBE, T. H. (2007): Spatio-semantic Coherence in the Integration of 3D City Models. Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality, June 13-15, Enschede.

2.3 Etablierte 3D-Datenformate

2.3.1 Offene 3D-Datenformate (Auswahl)

Verfasser: Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

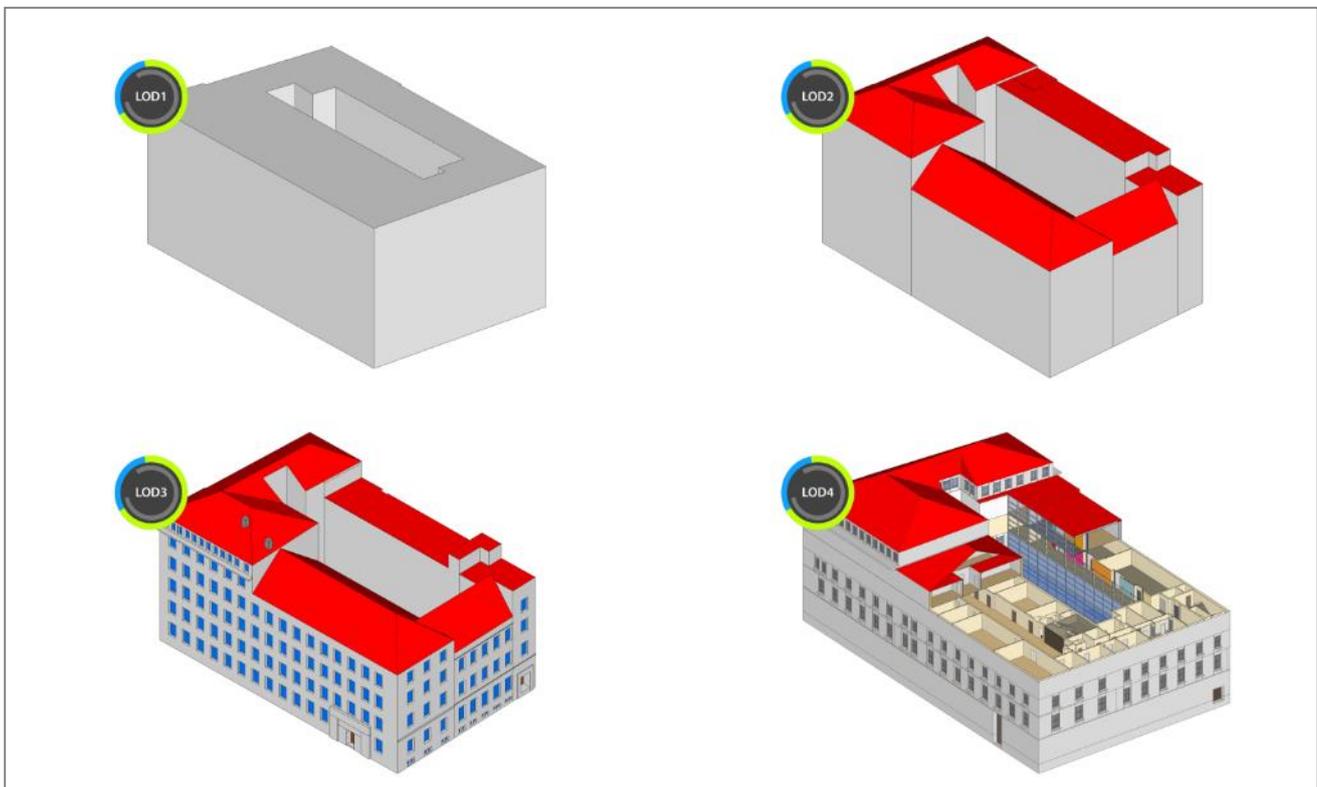
City Geography Markup Language (CityGML)

Die City Geography Markup Language (CityGML) [Gröger et al., 2012] ist ein XML-basiertes Austauschformat für 3D-Stadtmodelle, das als Anwendungsschema der Geographic Markup Language (GML 3.1.1) realisiert wurde. Durch die Nutzung von GML ist sichergestellt, dass die Beschreibung der raumbezogenen Objekte und insbesondere der verwendeten geometrischen Elemente konform zu den ISO-Standards 19107 (Spatial Schema) und 19137 (Core profile of Spatial Schema) verwendet wird. Zu den beiden ISO-Standards sei [Andrae, 2009] empfohlen.

In CityGML können die wesentlichen raumbezogenen Objekte (Features) urbaner Gebiete hinsichtlich ihrer geometrischen, semantischen und visuellen Eigenschaften abgebildet werden. In der aktuellen CityGML Version 2.0 von 2012 umfasst das CityGML-Modell Gelände, Gebäude, Vegetation, Gewässer, Transportwege, Straßenmöblierung, Tunnel und Brücken als anwendungsunabhängiges Datenmodell und Austauschformat für dreidimensionale Stadt- und Landschaftsmodelle. Eine wesentliche Stärke des CityGML-Standards ist die beliebige Erweiterbarkeit um fachspezifische Elemente. CityGML bietet dafür zwei Erweiterungsmechanismen, die sogenannte *Application Domain Extension* (ADE) und die generischen Objekte und Attribute. Die ADE wird in einem XML-Schema definiert, wodurch die fachspezifischen Erweiterungen in das Modell importiert werden können. Der Vorteil dieser formalen Spezifizierung ist, dass die um die ADE Schemadefinition erweiterten XML-Instanzdokumente mit ADE-Inhalten validiert werden können, wodurch eine Interoperabilität bezüglich der Semantik und Syntaktik zwischen verschiedenen Systemen unterstützt wird. Aktuell sind bereits ADEs u.

a. im Bereich der Lärmausbreitungssimulation und zur Repräsentation von Versorgungsinfrastrukturen verfügbar. Eine weitere ADE für den Bereich der Energiesimulation in Städten wird derzeit durch ein internationales Konsortium, u. a. der TU München und der HFT Stuttgart, entwickelt und zukünftig bereitgestellt.

Die geometrische Modellierung erfolgt in CityGML über eine Randflächendarstellung (siehe vorangegangene Kapitel). Als grundlegende geometrische Primitive werden Punkte, Linien und Polygone zur Verfügung gestellt. Gekrümmte Flächen wie Säulen und Zwiebeltürme müssen durch Polygone beliebig genau angenähert werden. Hierzu werden i. d. R. Dreiecksnetze verwendet. Eine Besonderheit von CityGML ist die Möglichkeit, ein Objekt durch mehrere geometrische Modelle in verschiedenen Detaillierungsgraden zu repräsentieren. Diese sogenannten LoDs werden pro Objekttyp festgelegt. Beispielsweise sind für ein Gebäude folgende LoDs festgelegt: LoD0 – Grundriss, LoD1 – extrudierter Grundriss, LoD2 – Gebäudekubatur, LoD3 – zusätzlich detaillierte Fassadengeometrie, LoD4 – zusätzlich Innenraummodell. Unten stehende Abbildung zeigt ein Modell der HFT Stuttgart, Bau 2 in LoD1-LoD4. Detaillierte Empfehlungen für die Modellierung von Gebäuden in LoD1-LoD3 finden sich im Modellierungshandbuch der Special Interest Group 3D (SIG3D 2013) der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE). Für urbane energetische Betrachtungen werden i. d. R. Gebäudemodelle im LoD2 genutzt.



Modell der HFT Stuttgart, Bau 2 in CityGML Detaillierungsgrad LoD1 bis LoD4 (© HFT Stuttgart)

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat ein CityGML-Profil zur Bereitstellung von 3D-Gebäudemodellen definiert. Details hierzu finden sich in den folgenden Kapiteln.

Eine CityGML Version 3.0 ist aktuell beim Open Geospatial Consortium (OGC) in der Diskussion. Themen sind hier u. a. abstrakte Innenraummodelle und die Anpassung an das INSPIRE-3D-Gebäudemodell. Mit der Verabschiedung als Standard ist nicht vor 2017 zu rechnen. Eine Beteiligung an der Entwicklung von CityGML 3.0 kann auch ohne Mitgliedschaft beim OGC über die SIG3D erfolgen.

KML / COLLADA

Die Keyhole Markup Language (KML) ist eng verbunden mit dem digitalen Globus Google Earth. Es handelt sich bei KML um eine XML-basierte Auszeichnungssprache zur Visualisierung von Geodaten. Ziel von KML war es zunächst, Dritten zu ermöglichen, eigene Geodaten für Google Earth bereitzustellen. 2007 wurde KML als OGC-Standard verabschiedet [Wilson, 2007]. Inzwischen wird KML auch von anderen virtuellen Globen wie Cesium¹ unterstützt.

Grundlegendes Element in KML ist die sogenannte Ortsmarke. Eine Ortsmarke verbindet eine Geometrie mit Metadaten. Als geometrische Primitive werden Punkte, Kanten, lineare Ringe und Polygone unterstützt. Damit lassen sich auch dreidimensionale Körper beschreiben. Die Geometrie ist ähnlich wie in GML definiert, verwendet aber nicht das GML-Schema. Zur Darstellung komplexer Geometrien können auch COLLADA-Modelle in KML integriert werden. Bei COLLADA handelt es sich um ein Datenformat zum Austausch dreidimensionaler Modelle in der Computergrafik. COLLADA wird von der Khronos² Gruppe weiterentwickelt, die auch Programmierschnittstellen wie OpenGL und WebGL standardisieren.

Als raumbezogenes Koordinatensystem wird nur WGS84 unterstützt. KML eignet sich damit nur bedingt als originäres Datenformat zur Verwaltung von Geodaten. Vielmehr ist es ein Sekundärdatenbestand, der primär der Visualisierung dient.

Im Umfeld 3D-GIS und Energie wird KML entsprechend eingesetzt, wenn es darum geht, Simulationsergebnisse oder Messdaten zu veröffentlichen, beispielsweise in einem digitalen Globus (siehe Praxisbeispiele). In der Regel wird das KML-Modell hierzu aus einem Primärdatenbestand in CityGML abgeleitet. Zahlreiche GIS unterstützen diesen Export nach KML.

Industry Foundation Classes (IFC) und Green Building XML

Bei den Industry Foundation Classes (IFC) handelt es sich um einen offenen Standard zur Beschreibung von Gebäudemodellen. Der ISO-Standard ISO 16739 : 2013³ definiert mit IFC ein Datenmodell und -format zum Austausch von dreidimensionalen Gebäudemodellen in der Bauindustrie und dem Facility Management. Er bildet die Grundlage für ein interoperables Gebäudeinformationsmodell (Building Information Modeling – BIM) des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung über den Betrieb bis zum Abriss. Entstanden sind die IFC aufgrund der Notwendigkeit, im Bauwesen dreidimensionale Gebäudemodelle zwischen verschiedenen Softwaresystemen auszutauschen. „Während bisherige Formate wie DXF/DWG für den Zeichnungsdatenaustausch noch akzeptable Lösungen bieten, können diese Formate nicht die Vielfalt der Gebäudemodellinformationen übertragen. Dazu ist allein IFC in der Lage“ [Kohlhaas und Liebich, 2005]. Die Spezifikation und Weiterentwicklung der IFC obliegt der internationalen buildingSMART⁴-Initiative.

IFC wird durch Software verschiedener Branchen unterstützt, beispielsweise im Architektur- und Baubereich durch ArchiCAD, AutoCAD, AllPlan Architecture und Bentley Speedikon, aber auch im GIS-Umfeld durch ArcGIS, FME und Bentley Map. Eine aktuelle Liste findet sich bei buildingSMART⁵.

Mit IFC werden Bauelemente wie Wände, Türen, Fenster, Balken, Decken und Treppen als semantische Objekte definiert. Die Geometrie kann sowohl über Randflächen als auch volumetrisch beschrieben werden. Auch die parametrisierte Spezifikation der Geometrie wird unterstützt. Neben der Geometrie werden auch topologische Beziehungen zwischen Objekten modelliert. Die Detaillierung, sowohl semantisch als auch geometrisch, geht deutlich über das CityGML-LoD4-Gebäudemodell hinaus; das Mapping von IFC und CityGML ist Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Publikationen, z. B. [Borrmann et al., 2015].

¹ <https://cesium.agi.com/>

² <https://www.khronos.org/>

³ http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51622

⁴ <http://www.buildingsmart.org/>

⁵ <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations>

Für den Leitfaden „3D-GIS und Energie“ sind die IFC von Bedeutung, als da sie auch Bauteileigenschaften abbilden, die für eine energetische Simulation von Gebäuden benötigt werden.

Auch Green Building XML¹ (gbXML) hat zum Ziel, den verlustfreien Datenaustausch von 3D-Gebäudemodellen zwischen verschiedenen CAD-Systemen sicherzustellen. Teilweise werden Konzepte von IFC übernommen. Im Gegensatz zu IFC ist gbXML aber stärker auf energetische Gebäudesimulationen fokussiert. So können neben Bauteileigenschaften beispielsweise auch Wetter und Einstrahlungen modelliert werden. Sponsoren der Entwicklung von gbXML sind Bentley, Autodesk, Carmel Software und das Department of Energy USA.

Referenzen

- ANDRAE, C. (2009): Spatial Schema – ISO 19107 und ISO 19137 vorgestellt und erklärt. Wichmann Verlag.
- BORRMANN, A.; KOLBE, T. H.; DONAUBAUER, A.; STEUER, H.; JUBIERRE, J. R.; FLURL, M. (2015): Multi-scale geometric-semantic modeling of shield tunnels for GIS and BIM applications. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 30 (4), 263–281.
- GRÖGER, G.; KOLBE T.; NAGEL, C.; HÄFELE, K. (Eds.) 2012: OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 2.0, OGC Doc. No. 12-019, Open Geospatial Consortium, <http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>.
- KOHLHAAS, A.; LIEBICH, T.(2005): Industry Foundation Classes (IFC) – das Standarddatenformat im Bauwesen und 3D-Geoinformationssysteme. In: COORS, V.; ZIPF, A.(Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme – Grundlagen und Anwendung. Wichmann Verlag.
- SIG3D (2013): Handbuch für die Modellierung von 3D Objekten – Teil 2: Modellierung Gebäude (LoD1, LoD2 und LoD3) [http://wiki.quality.sig3d.org/index.php/Handbuch_für_die_Modellierung_von_3D_Objekten_-_Teil_2:_Modellierung_Gebäude_\(LoD1,_LoD2_und_LoD3\)](http://wiki.quality.sig3d.org/index.php/Handbuch_für_die_Modellierung_von_3D_Objekten_-_Teil_2:_Modellierung_Gebäude_(LoD1,_LoD2_und_LoD3)).
- WILSON, T. (Ed) (2007): OGC KML, Version 2.2, OGC Doc. No. 07-147r2, Open GeoSpatial Consortium.

2.3.2 Proprietäre 3D-Formate von Esri

Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

Einige GIS-Features speichern Z-Werte oder Höhenpositionen mit ihrer Geometrie. Diese Daten können verwendet werden, um das Feature in der 3D-Ansicht anzuzeigen. Zweidimensionale Geodaten (die keine 3D-Eigenschaften aufweisen) können auch in 3D angezeigt werden, z. B. durch Extrusion oder das Drapieren von Features über Höhenoberflächen.

3D-Features

Einige typische Feature-Geometrien sind Punkt, Linie und Polygon. In den Attributen von Features können Werte gespeichert werden, die sich auf die Erhöhung oder die Höhe der Features beziehen. In einigen GIS-Features werden Höhenwerte mit der Feature-Geometrie selbst gespeichert, so werden z. B. PunktZ-Features als ein Set von XYZ-Koordinaten gespeichert. Sie können Z-Werte in der Geometrie oder Attribute der Features verwenden, um die Features in einer 3D-Ansicht anzuzeigen.

Esri Multipatch-Feature

Ein Multipatch-Feature ist ein GIS-Objekt, das eine Sammlung von Strukturen speichert, um die Grenze eines 3D-Objekts als einzelne Zeile in einer Geodatenbank abzubilden. Strukturen speichern Textur, Farbe, Transparenz und geometrische Informationen, die Teil eines Features sind. Bei den

¹ <http://www.gbxml.org/>

geometrischen Informationen, die in einer Struktur gespeichert werden, kann es sich um Dreiecke, Dreiecksflächen, Dreiecksstreifen oder Ringe handeln.

Alle Multipatches speichern Z-Werte als Teil der Koordinaten, die zum Erstellen von Strukturen verwendet werden. Zwar ist es auch möglich, den Basis-Z-Wert eines Multipatches mithilfe eines numerischen Feature-Attributs zu modellieren, jedoch unterstützt diese Option möglicherweise nicht alle Analyse- und Interaktionsoptionen, die bei Verwendung eingebetteter Z-Werte zur Verfügung stehen.

Beispiele für Multipatch-Features sind Gebäude mit Textur, Laternenmasten, Bäume, geologische Formationen unterhalb der Oberfläche, unterirdische Strukturen oder bestimmte Typen von analytischen Oberflächen.

3D-City Information Model

Die neue 3D-Lösung von Esri „ArcGIS for 3D Cities“, die auf dem „3D City Information Model“ (3DCIM) basiert, bietet Werkzeuge und Anwendungen für die Erstellung und Analyse einer 3D-Stadt. Das 3D-Informationsmodell 3DCIM ist eine vorkonfigurierte Geodatenbankstruktur, mit der 3D-Konzepte geteilt oder auch 3D-Stadtmodelle auf mehreren LoD-Stufen realistisch visualisiert werden können. Der Quellcode und zahlreiche Geoverarbeitungswerkzeuge zum 3DCIM sind auf GitHub, unter <https://github.com/Esri/3d-cities-template> verfügbar.

Die Toolbox CityGML-Tools enthält Konvertierungswerkzeuge für den Import und Export von Daten zwischen 3DCIM und CityGML mithilfe von FME-Readern und Writern. Die CityGML Toolbox lässt sich über die GitHub-Seite von Esri herunterladen und benutzen.



DIGITALE STÄDTE ERSTELLEN VERWALTEN VERÖFFENTLICHEN



Ihr Experte für 3D Geodateninfrastrukturen



Wir bieten Lösungen für die Erstellung, Verarbeitung, Speicherung, Distribution und Webvisualisierung von 3D Stadtmodellldaten. Bauen Sie mit uns Ihre 3D GDI auf oder ergänzen Sie Ihr System mit den notwendigen Komponenten.



Wir sind Experten für den OGC-Standard CityGML und garantieren höchstmögliche Datenkonformität bei der Verarbeitung von CityGML Dokumenten. Lernen Sie mehr über CityGML in unseren ausführlichen Schulungen.



virtualcitySYSTEMS ist Mitglied im Open Geospatial Consortium (OGC) und orientiert seine Softwarelösungen an den international festgelegten OGC-Standards.

3 Fragestellungen und Herausforderungen der Energiewende

3.1 Begriffsdefinition Energiewende

Verfasser: Laura Franke, Sebastian Botzler, Dr. Isabell Nemeth, Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München

Im Zusammenhang mit der Definition der Energiewende muss zunächst der Begriff des Energiekonzepts erläutert werden: Im Jahr 2010 entwickelte die Bundesregierung mit dem Energiekonzept eine klima- und energiepolitische Gesamtstrategie bis zum Jahr 2050, die weitreichende Konsequenzen in allen Bereichen der deutschen Energieversorgung zur Folge hat. Das Konzept umfasst neun Handlungsfelder, die die Umsetzung einer umweltschonenden, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung ermöglichen sollen [Energiekonzept, 2010].

In diesen Kontext tritt die Energiewende als Wandel in die deutsche Energiepolitik: Infolge des Reaktorunfalls in Fukushima im März 2011 beschloss die Bundesregierung den Ausstieg aus der Kernenergie. In der Folge wurden umgehend die sieben ältesten Kernkraftwerke sowie das AKW Krümmel stillgelegt. Für die restlichen neun Kernkraftwerke im Bundesgebiet wurde eine schrittweise Betriebs-einstellung bis 2022 festgelegt [dena, 2014]. Folglich wurde die Rolle der Kernenergie als Brückentechnologie, wie im Energiekonzept 2010 vorgesehen [Energiekonzept 2010, Kapitel C], durch einen Beschluss zur Änderung des Atomgesetzes im Juni 2011 ersetzt.

Der beschlossene Ausstieg Deutschlands aus der Atomenergie bedeutet, dass die bisher gesetzten Ziele der deutschen Klimapolitik schneller realisiert werden müssen. Die Herausforderung besteht darin, den wegfallenden Energieanteil der Kernkraft zu kompensieren, den Netzausbau zu beschleunigen und dabei Netzstabilität zu gewährleisten [dena, 2014].

Um sich den Herausforderungen der Energiewende zu stellen, beschloss die Bundesregierung im Juni 2011 ein Energiepaket, welches das Energiekonzept durch sieben Gesetze und eine Verordnung ergänzt. Darunter befinden sich das Gesetz zum verstärkten Netzausbau (NABEG), Novellen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWGÄndG) sowie das Gesetz zur Errichtung eines Sondervermögens im „Energie- und Klimafonds“ (EKFG-ÄndG) [dena, 2014].

Das Energiekonzept 2010, ausgenommen die Rolle der Kernenergie, und die Energiewende 2011 stellen gemeinsam die aktuelle energiepolitische Ausrichtung der Bundesregierung dar [Energiekonzept, 2010].

Referenzen

- DENA 2014
Deutsche Energie-Agentur GmbH (2015): Der dena-Gebäudereport 2015, Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, Deutsche Energie-Agentur GmbH, Energieeffiziente Gebäude, Berlin, Dezember 2014.
- ENERGIEKONZEPT 2010
Energiekonzept – für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. BMWi und BMU, Berlin, September 2010.

3.2 Energiepolitische Vorgaben in der EU

Verfasser: Laura Franke, Sebastian Botzler, Dr. Isabell Nemeth, Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München

Den Rahmen für die energiepolitischen Vorgaben der EU bildet die europäische Nachhaltigkeitsstrategie aus dem Jahr 2006. Um die Zerstörung der Umwelt und den Verbrauch natürlicher Ressourcen von der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung der Mitgliedsstaaten zu entkoppeln, wurden darin Handlungsfelder in sechs Bereichen der Gesellschaft geschaffen: Klimawandel, nachhaltige Energie, Verkehr, Konsum und Produktion sowie Erhaltung und Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen [Ekardt, 2011]. Ein Ergebnis dieser Bestrebungen ist die 20-20-20-Strategie aus dem Jahre 2010. Kern der Strategie ist die Erfüllung folgender Klimaziele innerhalb der EU:

- die Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 20 % gegenüber 1990 bis 2020 als Hauptziel,
- die Reduzierung des Primärenergiebedarfs im europäischen Raum um 20 % gegenüber 1990 bis 2020 als Nebenziel,
- die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Gesamtendenergieverbrauch sowie die Erhöhung der Energieeffizienz jeweils um 20 %, als Instrumente zur Zielerfüllung.

Eine Novellierung des 20-20-20-Programms fand im Jahr 2014 mit dem Beschluss des Klima- und Energierahmens 2030 statt, welcher die Reduktion der Treibhausgasemissionen auf 40 % fest schreibt und dabei den Einsatz von 27 % erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 vorsieht [dena, 2014]. Diese Anforderungen führen zu EU-Richtlinien und -Verordnungen, welche dann in den Mitgliedsländern in Form von Gesetzen und Verordnungen umgesetzt werden und den gesetzlichen Rahmen für den Energieversorgungsmarkt bilden. Unter anderem soll dadurch eine nachhaltige, klimaschonende und sichere Energieversorgung durch Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Dabei wird die Gesetzgebung zusätzlich durch Normen unterstützt, welche die technischen, rechtlichen und marktrelevanten Rahmenbedingungen detaillieren.

Da 40 % des jährlichen Endenergieverbrauchs in der europäischen Union auf den Gebäudesektor entfallen, nimmt dieser Bereich eine Hauptrolle im ambitionierten 20-20-20-Programm ein. 2002 wurde die „Energy Performance of Buildings Directive“, kurz EPBD, ins Leben gerufen, deren letzte Novelle 2010 beschlossen wurde. Die Richtlinie fördert eine Ausweitung der nationalen Gebäudeverordnungen für alle Mitgliedsstaaten sowie eine Einführung von Zertifizierungssystemen zur Energieeffizienz. Unter anderem fordert die EPBD ab 2021 Niedrigstenergiehäuser für Neubauten mit einem bilanziellen Endenergiebedarf von fast null. Bei öffentlichen Einrichtungen sind diese Anforderungen schon 2019 zu erfüllen, wobei der Gebäudebestand miteinbezogen wird [EPBD, 2014]. Weitere Richtlinien der EU betreffen vor allem die Gestaltung und Herstellung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Ökodesign Richtlinie ErP) sowie die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor (RES).

Um die Umsetzung der genannten europäischen Ziele zu gewährleisten, sind die einzelnen Mitgliedsstaaten angehalten, nationale Aktionspläne zu erstellen (NAEE) [dena, 2014].

Referenzen

- DENA 2014
Deutsche Energie-Agentur GmbH (2015): Der dena-Gebäudereport 2015, Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energie-Agentur GmbH, Energieeffiziente Gebäude, Berlin, Dezember 2014.
- EKARDT 2011
Ekardt, F. (2011): Theorie der Nachhaltigkeit, Rechtliche, ethische und politische Zugänge – am Beispiel von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Welthandel“. Universität Rostock, Habilitationsschrift, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden.

- EPBD 2012
Energy Performance of Buildings Directive (2010): Concerted action: energy performance of buildings. European Union, <http://www.epbd-ca.eu/>, Aufruf 12.03.2015.

3.3 Politische Ziele in Deutschland

Verfasser: Laura Franke, Sebastian Botzler, Dr. Isabell Nemeth, Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München

Die energiepolitischen Ziele in Deutschland orientieren sich an den europäischen Vorgaben, wobei zusätzlich zu den angesprochenen Aktionsplänen in einigen Bereichen ambitioniertere Anforderungen veröffentlicht wurden. Wesentlich zur Erfüllung der EU-Vorgaben trägt das Nationale Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2000 bei, aus dem Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie verschiedenste Marktanzreizprogramme und Förderfonds für beispielsweise den Einsatz von Sonnenenergie und Biomasse hervorgingen. Parallel hierzu führte die Bundesregierung das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ein, welches das Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) aus dem Jahre 1991 ablöste. Im Dezember 2014 wurde das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 verabschiedet, das die Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 sicherstellen soll. Im Jahr 2016 soll darauf der Klimaschutzplan 2050 folgen, der eine Gesamtreduktion der Treibhausgasemissionen um 95 % anstrebt. Teil dieser übergeordneten Verordnungen stellt das integrierte Energie- und Klimaprogramm dar, welches 2007 eingeführt wurde [dena, 2014]. Dieser Maßnahmenkatalog enthält 29 Programme zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zur Erhöhung erneuerbarer Energien. Aus diesen Vorgaben und Maßnahmenpaketen wurden beispielsweise die Novellierungen des EEG sowie der Energieeinsparverordnung 2009 entwickelt. Die aktuellen großen Neuerungen in der Gesetzgebung, welche Deutschlands Vorreiterrolle im Klimaschutz bestärken, sind das Energiekonzept 2010 und die Energiewende 2011, die weitreichende Konsequenzen in allen Bereichen der Energieversorgung nach sich ziehen. Zusätzlich zu den europäischen Zielen werden hier die Stilllegung aller Kernkraftwerke im Bundesgebiet sowie eine zukünftige Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern angestrebt. Instrumente hierfür stellen der verstärkte Netzausbau (NABEG) sowie die beschleunigte und weitreichende Implementierung erneuerbarer Energieträger in der Energieversorgung dar (z. B. Novelle des EEG oder die Errichtung eines Sondervermögens im Energie- und Klimafonds Deutschlands). Folgende Tabelle enthält einen Überblick über die Ziele der Energiewende der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 2020/2050.

Maßnahme	Zeitraumen	Zielwert
Reduktion der Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	2020 2050	40 % 80 %
Senkung des Primärenergieverbrauches (ggü. 2008) sowie Ausschöpfung der Effizienzpotenziale in privaten Haushalten und im öffentlichen Bereich	2020 2050	20 % 50 %
Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden (ggü. 2008)	2020 2050	20 % 80 %
Verdopplung der energetischen Sanierungsrate auf 2 % zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands	bis 2050	2 %
Reduktion des Stromverbrauches (ggü. 2008)	2020 2050	10 % 25 %
Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch	2020 2050	18 % 60 %
Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch; mindestens	2020 2050	35 % 80 %

Ziele des Energiekonzepts 2010 und der Energiewende 2011 der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 2020/2050 [Kohler, 2013].

Um die Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien dauerhaft und ganzheitlich zu verbessern, sind gesetzliche Anforderungen und eine verlässliche Förderung energieeffizienter Maßnahmen und Techniken zentrale Mittel. Weiterhin sollen die erarbeiteten Gesetze und Normen geeignete Marktinstrumente einführen und Markthemmnisse gegenüber dem Einsatz energieeffizienter Maßnahmen reduzieren.

Die Instrumente zur Umsetzung der nationalen und europäischen energiepolitischen Anforderungen teilen sich in ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Gesetze, Normen und Richtlinien sowie Fördermaßnahmen und Marktinstrumente durch verschiedenste Programme auf, von welchen die wichtigsten im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)

Das EnWG regelt grundlegend das Recht der leitungsgebundenen Energie. Es wird auch als das Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung bezeichnet.

Das Hauptziel des EnWG ist eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Strom und Gas. Dabei liegt der Fokus auf der Integration erneuerbarer Energien. Ein weiteres Ziel ist die Sicherstellung eines unverfälschten Wettbewerbs sowie des zuverlässigen Betriebs von Versorgungsnetzen. Im Gesamtkontext gesehen dient das EnWG der Umsetzung und Durchsetzung des Energierechts der Europäischen Gemeinschaft.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das EEG regelt den Eigennutzungsanteil sowie die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen (Wasser- und Windkraft, Solarstrahlung, Geothermie, Biomasse) in das Stromnetz. Es garantiert den Energieerzeugern feste Einspeisevergütungen. Im Jahr 2000 wurde das EEG als Nachfolger des StrEG von 1991 eingeführt und seitdem mehrmals angepasst (2004, 2009, 2012, 2014). Seit der Novelle 2009 erfolgt durch die gleitende Degression der Einspeisevergütung photovoltaisch erzeugten Stroms eine gesteuerte Entwicklung des Neubaus von Photovoltaik-Anlagen [dena, 2014]. Dieses Beispiel zeigt die Wirksamkeit des Instruments EEG bei der Steuerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung.

Übergeordnetes Ziel des EEG ist es, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2050 auf mindestens 80 % zu steigern. Im EEG 2014 werden hierzu die folgenden zwei Etappenziele definiert: Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung soll bis zum Jahr 2025 auf 40 – 45 % und bis 2035 auf 55 – 60 % ansteigen.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das EEWärmeG dient der Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich. Es beinhaltet eine Nutzungspflicht für erneuerbare Energien in der Wärme- und Kälteversorgung (z. B. Biomasse, Solarthermie oder Umweltwärme/Kälte) im Gebäudeneubau in Form eines ordnungsrechtlichen Instruments mit begleitender finanzieller Förderung nach dem Marktanzreizprogramm (MAP). 2009 in Kraft getreten, erweitert eine erste Novellierung 2011 die Anforderungen auch für bestehende öffentliche Gebäude, um eine Vorbildfunktion zu schaffen. Eine Ausdehnung der Anforderungen auf den privaten Gebäudebestand wird erwartet. Die Nutzungspflicht kann auch durch Ersatzmaßnahmen, z. B. durch den Einsatz von Fernwärme oder durch Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudes, erfüllt werden. U. a. sind folgende Anteile erneuerbarer Energien einzuhalten:

- Solare Strahlungsenergie: 15 %;
- Biomasse: 50 % bei der Verwendung von flüssiger oder fester Biomasse und 30 % bei der Verwendung von Biogas;
- Geothermie und Umweltwärme: 50 % (beispielsweise Wärmepumpen).

Das Bundesland Baden-Württemberg geht dabei einen Schritt weiter: Im EWärmeG Baden-Württemberg besteht bereits für Neubauvorhaben von Wohngebäuden ab dem 1. April 2008 eine Nutzungspflicht von mindestens 20 % erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung. Bauherren müssen ihre Pflichterfüllung nach dem EWärmeG BW in der Regel innerhalb von drei Monaten nach Inbetriebnahme der Heizungsanlage gegenüber der unteren Baurechtsbehörde nachweisen [EWärmeG BW, 2007].

Energieeinsparungsgesetz (EnEG)

Das EnEG regelt die Einsparung von Energie in Gebäuden und wurde 1977 als Reaktion auf die Ölkrise eingeführt. Hauptziele sind die Wärmedämmung der Außenhülle und die Effizienzsteigerung der Heiztechnik. Im Einzelnen fordert das Gesetz

- einen energiesparenden Wärmeschutz bei zu errichtenden Gebäuden,
- eine energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden,
- einen energiesparenden Betrieb von Anlagen sowie
- besondere Anforderungen an bestehende Gebäude.

Auf Basis des EnEG wurde die 1. Wärmeschutzverordnung [WSchVO, 1977] eingeführt. Seit Inkrafttreten der Europäischen Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [EPBD, 2002] existiert eine europaweite Regelung zur Einsparung von Energie in Gebäuden. Ihre Umsetzung in Deutschland erfolgte durch die Novellierung des EnEG 2005, sowie der EnEV in den Jahren 2007, 2009 und 2014.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV stellt eine Zusammenführung von Heizungsanlagenverordnung (Anlagentechnik) und Wärmeschutzverordnung (baulicher Wärmeschutz) dar und ist Teil des deutschen Wirtschaftsverwaltungsrechts. In ihr werden, basierend auf gesetzlichen Grundlagen, Bauherren bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergiebedarf ihres Gebäudes vorgeschrieben. Sie gilt für Wohngebäude, Bürogebäude und gewisse Betriebsgebäude.

Relevant für die energetische Bewertung der Gebäude nach EnEV ist die an der Gebäudegrenze übergebene Endenergie sowie ihr primärenergetischer Anteil in Form des Jahresprimärenergiebedarfes (Verluste durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers). Die energetische Bewertung wird anhand eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Abmessung sowie gleicher technischer Eigenschaften ermittelt. Zusätzliche Anforderungen an die Effizienz der Gebäudehülle existieren durch Begrenzung der Transmissionswärmeverluste und der Verluste durch Undichtigkeiten. Zusätzlich existieren Vorgaben an den sommerlichen Wärmeschutz. Mit der Novelle 2014 / 2016 wurden die Anforderungen an den Primärenergiebedarf bei Neubauten um weitere 25 % verschärft sowie der Primärenergiefaktor für Strom von 2,4 auf 1,8 gesenkt.

Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)

Das EDL-G hat das Ziel, mit Energiedienstleistungen und Energieeffizienzmaßnahmen für Endkunden in Deutschland die Effizienz der Energienutzung kostenwirksam zu steigern. Das Gesetz gibt Energiesparrichtwerte vor, kombiniert mit einer Strategie für die Erreichung der Richtwerte. Derzeit erfolgt die Anpassung des EDL-G von 2010, um die EU-Energieeffizienz-Richtlinie auf nationaler Ebene umzusetzen.

Aus dem EDL-G resultierende Maßnahmen und erzielte Ergebnisse werden alle drei Jahre in den Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplänen (NEEAP) für die europäische Kommission dokumentiert.

Referenzen

- DENA 2014
Deutsche Energie-Agentur GmbH (2015): Der dena-Gebäudereport 2015, Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energie-Agentur GmbH, Energieeffiziente Gebäude, Berlin, Dezember 2014.
- EPBD 2010
Energy Performance of Buildings Directive (2010): Concerted action: energy performance of buildings. European Union, <http://www.epbd-ca.eu/>, (Aufruf 12.03.2015).
- EWärmeG BW 2007
Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (2007): Neubauvorhaben zwischen dem 01.04. und 31.12.2008 fallen unter EWärmeG.
- KOHLER 2013
Kohler, S. (2013): Energiewende in Deutschland – Roadmap bis 2020/ 2050. dena-Vortrag, Salzburg, März 2013.

3.4 Ausgewählte Fragestellungen und Geschäftsprozesse

3.4.1 Methoden, Netze zu erneuern, auszubauen, umzubauen und zu dezentralisieren

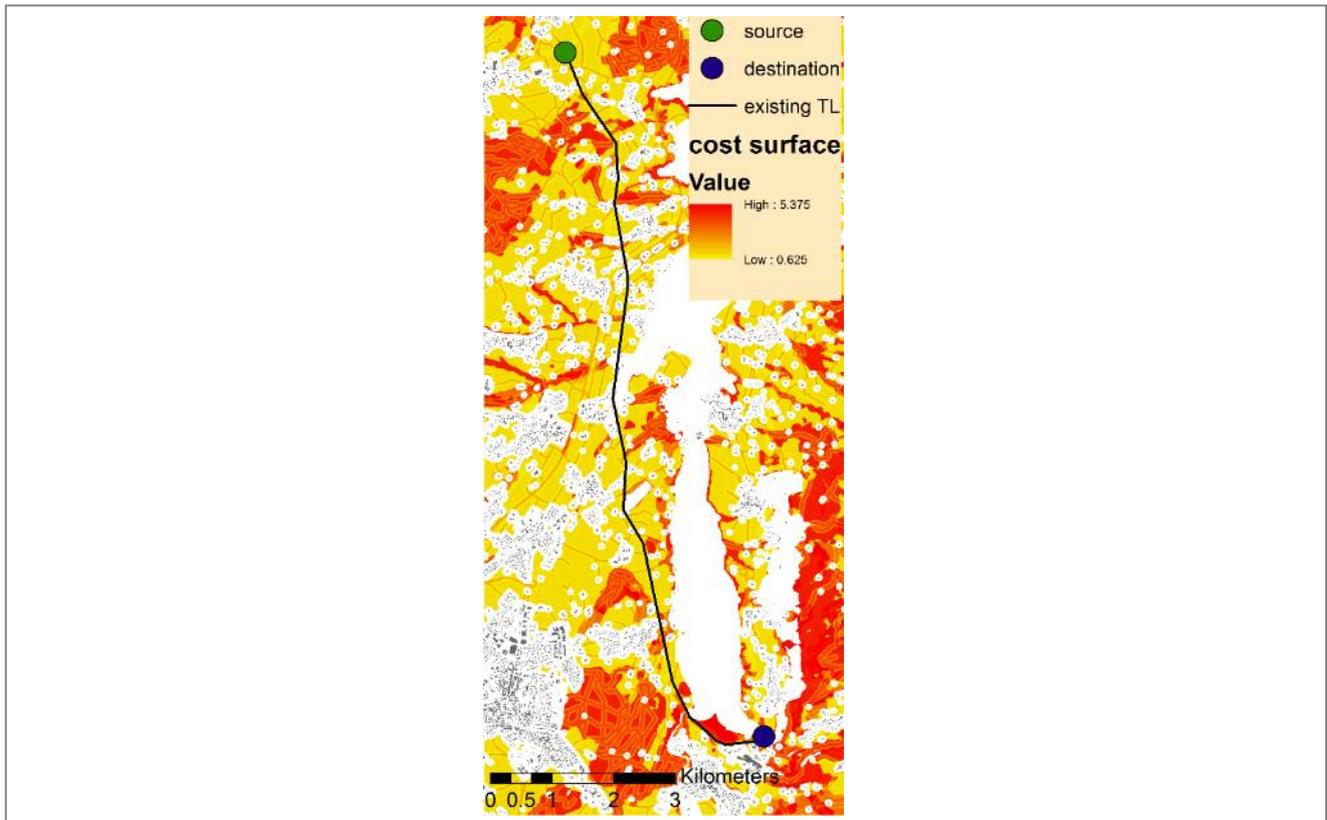
Verfasser: Stefano Grassi, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

In den letzten Jahren ist die Bedeutung der Integration und des Beitrags der erneuerbaren Energien zur Energieversorgung stetig gewachsen [REN21, 2012]. Insbesondere wurden die Windturbinen und die photovoltaische Technologie entwickelt, um Wind- und Solarquellen zu nutzen. Obwohl diese Quellen kostenlos sind, liegen sie normalerweise weitab bestehender Stromnetze [Gamboa and Munda, 2007], weswegen es schwierig ist, die potenzielle Stromproduktion an die Konsumenten zu liefern. Zudem erzeugt die Intermitenz dieser Quellen während des Tages Schwankungen im Stromnetz, die vermieden oder kontrolliert werden müssen. Daher ist die Herausforderung doppelt: Einerseits müssen durch neue Stromleitungen potenzielle Gebiete der Energiegewinnung mit den Konsumenten verbunden werden, während andererseits das aktuelle Stromnetz angepasst werden muss, damit ihr Betrieb und die Stabilität garantiert werden kann.

Obwohl die Stabilität und der korrekte Betrieb des Stromnetzes eine wichtige Rolle spielen, ist die Planung der Hochspannungsleitungen auch eine sehr zeitaufwendige und komplexe Aufgabe, in welcher Aspekte wie die Topographie, die anthropologischen und natürlichen Einschränkungen, die Siedlungsstandorte, die Schutzgebiete und die lokale Opposition berücksichtigt werden müssen [Hirst and Kirby, 2001]. Beim Umbau einer neuen Linie wird die Trassenfindung neuerer Linien aufgrund mehrerer Faktoren immer komplexer, da vor einigen Dekaden die Gesetzgebung bezüglich ökologischer Schutzgebiete und Strahlenemission weniger rigoros war als heute. Aus diesem Grund sind alte Korridore nicht oder nur bedingt brauchbar. Darüber hinaus stellen aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte in Europa soziale Phänomene wie der NIMBY-Effekt („Not In My Back Yard“) typische Hindernisse bei der Planung neuer Hochspannungsleitungen dar [Soini et al., 2011]. Ebenso nimmt die lokale Bevölkerung heutzutage die visuelle Auswirkung von Hochspannungsleitungen als einen Schaden an der Landschaft wahr, was die Raumplanung vor noch größere Hürden stellt [Cotton and Devine-Wright, 2012].

Beim Einsatz von GIS können alle räumlichen Faktoren, welche die Trassenfindung beeinflussen, berücksichtigt und parametrisiert werden, damit durch eine Kostenoberfläche der günstigste Pfad berechnet werden kann. Die dabei üblicherweise eingesetzte GIS-basierte Methode zur Trassenfindung

ist eine Kombination aus Multicriteria Decision Analysis [Malczewski, 1999] und Least Cost Path Method [Douglas, 1994]. Alle räumlichen Faktoren werden dabei gewichtet, um den Widerstand festzulegen, der benötigt wird, um eine bestimmte Raumzelle zu durchqueren.



Kostenoberfläche zur Erfindung der Korridore [Friedli, 2012]

Referenzen

- COTTON, M.; DEVINE-WRIGHT, P. (2012): Putting pylons into place: a UK case study of public perspectives on the impacts of high voltage overhead transmission lines. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56 (8), 1225-1245.
- DOUGLAS, D. H. (1994): Least-cost Path in GIS Using an Accumulated Cost Surface and Slopelines. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 31 (3), 37-51.
- GAMBOA, G.; MUNDA, G. (2007): The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework. *Energy Policy*; 35; 1564-1583.
- HIRST, E.; KIRBY, B. (2001): Key transmission planning issues. *The Electricity Journal*, 14, 59-70.
- MALCZEWSKI, J. (1999): GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons, New York.
- REN21 (2012): Renewables 2012 Global Status Report. Paris.
- SOINI, K.; POUTA, E.; SALMIOVIRTA, M.; UUSITALO, M.; KIVINEN, T. (2011): Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission lines. *Land Use Policy*, 28 (1), 294-305.

3.4.2 Intelligente Netze als Basis für die Energiewende

Verfasser: Dr. Frank Wirtz, Bayernwerk AG

In Deutschland ist die Energiewende spätestens seit der Katastrophe von Fukushima ein klar formuliertes politisches Ziel. Daraus resultiert auch in Bayern ein umfangreicher Ausbau der erneuerbaren Energien. So waren Ende 2014 allein in den Verteilnetzen der Bayernwerk AG ca. 255.000 Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit einer installierten Leistung von ca. 8,4 GW angeschlossen. Die ursprünglich für andere Nutzungsanforderungen entwickelten Verteilnetze stehen nun gänzlich veränderten Transportaufgaben gegenüber.

Die Veränderung der Netznutzungsanforderungen macht zunehmend geeignete Netzausbaumaßnahmen auf allen Verteilnetzebenen erforderlich, damit die Netze auch den zukünftigen Anforderungen der Energiewende genügen. Häufige Veränderungen der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen (z. B. Ausbau der Windenergie in Bayern, Novellierung des EEG etc.) erschweren die Prognose zukünftiger Netzanforderungen und somit eine anforderungsgerechte Netzdimensionierung. Darüber hinaus weisen erneuerbare Energien oftmals eine äußerst volatile Einspeisecharakteristik auf, was zu ebenso unsicheren Netzanforderungen führt. Für die Energiewende geeignete Verteilnetze müssen also zunehmend ein hohes Maß an Flexibilität aufweisen, um auch zukünftig trotz volatiler Randbedingungen und Anforderungen immer einen stabilen Netzbetrieb gewährleisten zu können.

Um eine bedarfsgerechte Flexibilität und gleichzeitig einen kosteneffizienten und nachhaltigen Ausbau der Verteilnetze zu gewährleisten, ist die Berücksichtigung neuer Technologien und Betriebsweisen zwingend erforderlich. Die daraus resultierenden intelligenten Netze können aktiv und bedarfsgerecht auf volatile Anforderungen reagieren und so vorhandene Netzressourcen besser ausnutzen und den kostenintensiven Netzausbau in klassischer Technik reduzieren.

- Regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT) sind Mittelspannung/Niederspannung(MS/NS)-Transformatoren mit einem in Stufen verstellbaren Übersetzungsverhältnis. In Abhängigkeit von der aktuellen Netzsituation im NS-Netz kann der rONT z. B. aktiv das Spannungsniveau im versorgten NS-Netz beeinflussen und bedarfsgerecht an kritische Netzsituationen anpassen. So würde beispielsweise in Situationen hoher Einspeisung und daraus resultierend hohen Spannungsfällen das Spannungsniveau gesenkt werden, um Überspannungen an entlegenen Netzknoten zu vermeiden.
- Der Stufensteller von Hochspannung/Mittelspannung(HS/MS)-Transformatoren in Umspannwerken wurde bisher genutzt, um unterspannungsseitig eine statische Sollspannung einzuregulieren. Durch die Erweiterung um Messsensoren und Regelstrategien können auch diese Transformatoren aktiv auf kritische Netzzustände im unterlagerten MS-Netz reagieren und das Spannungsniveau situationsbedingt anpassen.
- Die Verteilnetze weisen zunehmend hohe Blindleistungsflüsse auf, da zum einen in Schwachlastsituationen (z. B. in der Nacht) ein zunehmender Verkabelungsgrad zu einem Mehrbedarf an kapazitiver Blindleistung führt und zum anderen in Situationen hoher Einspeisung oder hoher Last die hohen Leitungsauslastungen zu einem steigenden induktiven Blindleistungsbedarf führen. Durch den Einsatz von Blindleistungsmanagementsystemen können Erzeugungsanlagen in den Verteilnetzen genutzt werden, um bedarfsgerecht durch Blindleistungslieferung oder -bezug auf die Blindleistungsbilanz einzuwirken und gleichzeitig die lokale Spannungshaltung situationsabhängig zu unterstützen.

Der Bedarf an Systemkomponenten und Betriebsstrategien, die aktiv und flexibel auf extreme und volatile Netzanforderungen reagieren können, wird im Zuge der Energiewende in den Verteilnetzen weiter steigen, sodass die Entwicklung intelligenter Systeme und Komponenten weitergeführt werden muss.

3.4.3 Betrieb von elektrischen Verteilnetzen in Zeiten der EEG-Anlagen

Verfasser: Dr. Holger Schade, Eric Schmalen, AED-SICAD AG

Aufgrund der Einbindung von EEG-Anlagen gibt es bei den Versorgungsunternehmen zunehmend neue Anforderungen an bereits existierende Unternehmensprozesse. Zudem besteht für die Unternehmen die Notwendigkeit, teilweise neue Arbeitsabläufe für einen effizienten Netzbetrieb zu etablieren. Im Folgenden werden beispielhaft einige dieser neuen Prozesse benannt und die damit verbundenen Fragestellungen erörtert.

Planung, Bewertung und Verträglichkeit von EEG-Anlagen im Netz

Die heute bestehenden Übertragungs- und Verteilnetze kommen durch die verstärkte Einbindung von Erneuerbare-Energien-Gesetz-Anlagen (EEG-Anlagen) zunehmend an ihre Kapazitätsgrenzen. Speziell in Zeiten, in denen die Produktion der EEG-Anlagen hoch und die Energieabnahme von Verbrauchern gering ist, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass im Verteilnetz die Kapazität elektrischer Bauteile und Leitungen an ihre technischen Grenzen gelangen. Die Gesetzgebung verlangt jedoch, dass die Energie der EEG-Anlagen im Netz vom Netzbetreiber aufgenommen werden muss. Die Anzahl der einzubindenden EEG-Anlagen hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen und die Bewertung der Verträglichkeit dieser Anlagen mit dem Bestandsnetz ist daher eine vordringliche Aufgabe der Netzbetreiber. Für die Bewertung spielen die Netztopologie, geplante Verbrauchs- und Einspeiselasten und die verbauten elektrischen Bauteile eine wesentliche Rolle. Heute ist dies häufig eine eher aufwendige Problemstellung, da die Daten für die Verträglichkeitsbewertung in unterschiedlichen Systemen der Unternehmens-IT (GIS, Netzberechnung, ERP) gehalten werden und für eine effiziente Bearbeitung keine einheitliche Planungs-, Simulations- und Berechnungsumgebung vorhanden ist.

Management von Einspeisern und Verbrauchern im Netz

Der Zubau einer hohen Anzahl von Einspeiseanlagen kann dazu führen, dass die Netze auf allen Netzebenen ebenfalls verstärkt ausgebaut werden müssten, was wiederum zu volkswirtschaftlich hohen Kosten führt und die Netzbetreiber übermäßig belastet. Aus diesem Grund gibt es bereits einige Initiativen, die Maßnahmen vorschlagen, um mit diesen Grenzlasten umzugehen, ohne dass weiterer Netzausbau notwendig wird bzw. dass weiterer Netzausbau später erfolgen kann. Im Wesentlichen umfasst dies:

- Die Möglichkeit, geringe Mengen der EEG-Energie (z. B. 5 % der Jahres-Einspeisemenge) in besonders belasteten Netzregionen zu Peakzeiten abschalten zu dürfen (Supply Side Management).
- Durch zuschaltbare Verbraucher den Verbrauch in einem Teilnetz für die Peakzeiten der EEG-Erzeugung zu erhöhen (Demand Side Management).
- Die Netze bei veränderter Einspeisung neu zu konfigurieren.
- Den Einbau intelligenter steuerbarer Netzkomponenten (z. B. intelligenter Netzstationen), die durch Steuerung mit erhöhter Einspeiselast umgehen können.

Die Problematik der Grenzlasten (Einspeise bzw. Verbrauch) ist dabei in Übertragungsnetzen und Verteilnetzen unterschiedlich zu bewerten. Dadurch, dass in Übertragungsnetzen aktive Echtzeit-Messungen von wichtigen technischen Kennwerten verfügbar sind, ist eine Reaktion auf Überlast schnell möglich und in SCADA-Systemen bereits implementiert. Die aktive Messung in den Verteilnetzen ist heute jedoch noch nicht flächendeckend verfügbar, sodass hier eine echtzeitnahe Bewertung der Netzsituation bisher kaum möglich ist. Der Einbau von intelligenten Zählern (Smart Meters) im Verteilnetz ist dabei ein erster Ansatz, um die Messung tatsächlicher Verbrauchslasten echtzeitnah bereitzustellen, allerdings ist die Verbreitung noch sehr gering. Der IT-technische und messtechnische Ausbau der Verteilnetze zur aktiven Echtzeiterfassung der Netzsituation ist zwar technisch möglich, erscheint aber aufgrund der hohen Kosten und des lange dauernden („zögerlichen“) Ausbaus für die kurzfristige Steuerung von Einspeiselasten und Verbrauchslasten zurzeit noch nicht pragmatisch.

Für die Steuerung der Verteilnetze ist es also zwingend, möglichst genaue Verbrauchslast- und Einspeiseleistungsprognosen zu haben, um frühzeitig eine oder mehrere der oben genannten Steuerungsmaßnahmen im Netzbetrieb einleiten zu können. Dabei sind die zeitlichen Verläufe des Verbrauchs und der Einspeiseleistungen unter der Berücksichtigung der bestehenden klimatischen Bedingungen fundamentale Voraussetzung für möglichst genaue und zuverlässige Prognosemodelle. Der zeitliche Verlauf des Verbrauchs und der Einspeiseleistung wird benötigt, um die oben genannten Maßnahmen planen zu können. Für den tatsächlichen Verlauf der Einspeiseleistungen und den Energieverbrauch haben die klimatischen Bedingungen aus nachvollziehbaren Gründen einen fundamentalen Einfluss. Die Berücksichtigung lokaler meteorologischer Daten für die Prognose der Lastflüsse im Verteilnetz ist daher zwingende Voraussetzung.

Unabhängig von der genannten Maßnahme ist die Prognose der Einspeiseleistung und der entsprechenden Verbrauchslasten in einem Netzgebiet für die Planung und Durchführung einer der oben genannten Maßnahmen (Steuerung/Betrieb des Netzes) von zentraler Bedeutung. Für größere Netzregionen sind heute bereits Prognoseverfahren für Verbrauchslasten, und in geringem Maße auch für die Einspeiseleistungen (Konzept der virtuellen Kraftwerke) verfügbar. Die Prognosen werden dabei entweder von Standardlastprofilen aus dem Verteilnetz oder durch die auf der Mittelspannung bzw. Hochspannung gemessenen Lasten/Leistungen abgeleitet. Diese Prognosen dienen in erster Linie jedoch für den Energieeinkauf/-verkauf und sind weniger für den Netzbetrieb gedacht. Prognosen für die Belastung der Netze (bzw. dem Erkennen von Grenzlaster) durch Einspeisung und Verbrauch, die zur aktiven Steuerung der Verteilnetze verwendet werden, sind heute bei den Netzbetreibern noch nicht verbreitet.

Detailliertere Prognosen der Einspeiseleistung und des Verbrauchs sind auf der Basis von 3D-Daten, räumlichen und physikalischen Gebäude- und Landschaftsmodellen ebenfalls denkbar, kommen heute in der Praxis aber nur begrenzt zum Einsatz.

Sobald eine flächendeckende Verfügbarkeit von Smart Metern bzw. von gemessenen Lastflüssen an ausgewählten Netzstellen (z. B. aus dem SCADA-System) gegeben ist, kann die Prognosegenauigkeit durch die Verwendung von gemessenen Lasten von „vergleichbaren Tagen“ zwar wesentlich verbessert werden, allerdings bekommt der Netzbetreiber dann mit den massiven Datenmengen und deren Analyse („Big Data“) ein neues Problem. Dieses Problem muss dann anstelle der Genauigkeitsproblematik der modellbasierten Last- und Einspeiseprognose gelöst werden. Ansätze für die Lösung dieser Problemstellung können zwar in der IT gefunden werden (Hadoop, MapReduce Algorithmus, HANA-Cluster), allerdings gibt es für die konkrete Fragestellung der „Vergleichstagsuche“ und Messdatenanalyse keine praktische Erfahrung in der Anwendung der genannten Ansätze.

Systeme und Daten

In den IT-Systemen der Energieversorger finden sich zum heutigen Zeitpunkt nur wenige Ansätze für die Lösung von derartigen Fragestellungen. Diese lassen sich klassifizieren in die Bereiche der Netzeleitsysteme, der Verteilnetz-Managementsysteme, der Energy-Trading-Systeme, der Energiedaten-Managementsysteme (EDM) bzw. der Geoinformationssysteme (GIS).

Für die Realisierung von Lösungen zu den genannten Fragestellungen sind die folgenden Systemcharakteristika relevant:

- vorhandene Netztopologie bis auf die Verteilnetzebene herunter,
- einfache Verfügbarkeit detaillierter Wetterdaten,
- Verfahren zur Auswertung der Netztopologie,
- Visualisierungsfunktionen,
- Netzberechnungsfunktionen,
- Verschneidungsfunktionen, um Wetterdaten mit Verbrauchs- und Einspeiseorten zu verschneiden
- Verfügbarkeit von historischen Lastgängen von Verbrauchern und Einspeiseleistungen von Einspeiseanlagen,

- Einfacher Zugang zum System, da die Ergebnisse für eine Vielzahl von Nutzern im Versorgungsunternehmen relevant sind.

GIS bieten heute ausgereifte Verfahren zur Netztopologie-Analyse und zur geographischen Visualisierung von räumlichen und zeitlichen Effekten. Allerdings sind in den heutigen GIS meist keine Lastflussberechnungsmethoden für die relevanten elektrischen Bauteile integriert. Auch Prognosealgorithmen, wie sie hier vorgeschlagen sind, sind in den heutigen Systemen bisher nur begrenzt vorhanden.

Darüber hinaus ist es zentral, dass die zugrunde liegende Datenbasis den Anforderungen dieser Fragestellungen entspricht. Dabei sind im speziellen folgende Aspekte zu benennen:

- korrekte topologische Abbildung der Netze auf allen Spannungsebenen (sehr wichtig),
- Verfügbarkeit der aktuellen Schaltzustände im Netz (sehr wichtig),
- Informationen zu den physikalischen Charakteristiken der verbauten Netzkomponenten (sehr wichtig),
- Informationen zu individuellen Verbrauchslastgängen (wichtig),
- hoch auflösende klimatische Prognosen (wichtig),
- 3D-Modelle für Gebäude und Landschaft (wünschenswert).

GIS sind sicherlich eine gute Basis für die Lösung derartiger Problemstellungen, allerdings erfordern diese noch einige funktionale Erweiterungen sowie ein interdisziplinäres Zusammenarbeiten der betroffenen Spezialisten.

3.4.4 Geschäftsprozess zur Entwicklung von Nahwärmeprojekten

Verfasser: Johannes Feindler, Stadtwerke Rosenheim GmbH

Umweltschutz und Energiewende führen zum Überdenken der bestehenden Wärmeenergieversorgung, insbesondere wenn Heizungsanlagen erneuert werden müssen. Hier ist eine Entscheidung für die nächsten Jahre zu treffen. Möchte ein Eigentümer oder eine Kommune keine eigene Investition in die Heizungsanlage tätigen, kann dies als Dienstleistung, Wärme-Contracting, an einen Contractor übertragen werden. Dieser plant, baut und betreibt die Heizungsanlage. Sind mehrere Gebäude eines oder verschiedener Eigentümer betroffen, entstehen dadurch auch Nahwärmeprojekte.

GIS-gestützte Geschäftsprozesse

GIS unterstützt den Prozess für die Projektentwicklung und -abwicklung von Nahwärmekonzepten. Hier werden die Daten aus ALKIS, 3D-Gebäudemodell LoD1 oder LoD2, Bebauungsplänen usw. zusammengefasst. Vorteil: Alle wichtigen Daten liegen im GIS vor und werden für die jeweilige Aufgabenstellung herangezogen. Im ersten Schritt wird die mögliche räumliche Ausdehnung des Nahwärmegebiets definiert und der Wärmebedarf der darin enthaltenen Gebäude im GIS erfasst. Während für die Industrie oder Gewerbe in der Regel der Wärmebedarf bekannt ist, muss der derzeitige Wärmebedarf für die Wohngebäude ermittelt und den einzelnen Wohngebäuden zugeordnet werden. Über die Angaben des Sanierungsstands oder bauphysikalische Daten der bestehenden Gebäude lassen sich Rückschlüsse auf einen möglichen Rückgang des Wärmebedarfs ermitteln. Das mögliche Erweiterungspotenzial aus der künftigen Entwicklung des Gebiets lässt sich über die Daten der Bauleitplanung abschätzen. Auf dieser Basis wird die Leistung der Wärmeerzeugungsanlage festgelegt. Der Standort für diese sollte wegen kurzer Leitungsführungen möglichst zentral liegen, ohne die Wohnbebauung durch Emissionen zu beeinträchtigen. Im 3D-Gebäudemodell kann der Standort der Erzeugungsanlage erfasst und visualisiert werden. So lassen sich die Auswirkungen auf die bestehenden Gebäude analysieren und bewerten. Im nächsten Schritt wird die geplante Trassenführung

der Leitungen im GIS erfasst und mit den Attributen zur Dimension, Leitungslänge sowie der Oberflächenbeschaffenheit ergänzt. Hiermit liegen alle Daten, die für die Kostenermittlung des Tiefbaus von Bedeutung sind, vor. Für die Verlegung und den Betrieb der Leitungen sind rechtliche Regelungen über die Grundstücksbenutzung notwendig. Liegt kein Konzessionsvertrag vor, müssen diese verhandelt und in Form von Gestattungsverträgen oder beschränkt persönlichen Dienstbarkeiten abgeschlossen werden. In beiden Fällen sind genaue Lagepläne notwendig, die bei Änderungen in der Planungsphase aktuell gehalten werden müssen.

Die Transparenz solcher Projekte trägt wesentlich zur Realisierung bei. Durch GIS und 3D werden die Inhalte und komplexe Zusammenhänge von Projekten für alle Beteiligte und Bürger verständlich visualisiert.



3D-Modell des Nahwärmeprojektes (© Bayerische Vermessungsverwaltung 2015)

Netze für neue Energien.

Der Anteil der regenerativ erzeugten Energie im Netz des Bayernwerks liegt bei über 50 Prozent. Bis heute haben wir mehr als 240.000 Photovoltaikanlagen in unser Netz integriert. Damit betreiben wir eines der ökologischsten Netze in Deutschland.

www.bayernwerk.de

bayernwerk



Energie und mehr.

*Aus der Region,
für die Region!*



SWRO - Ihr Partner im Alltag.

www.swro.de



Ein Unternehmen der
Stadt Rosenheim

4 Vorhandene Datenquellen

4.1 3D-Geobasisdaten der Länder

4.1.1 3D-Geobasisinformationen des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL)

Verfasser: Christiane Dworak, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg

Digitales Geländemodell, Digitales Oberflächenmodell

Digitale Geländemodelle (DGM) bilden die reine Erdoberfläche ohne Bauwerke und Vegetation ab. Künstliche Objekte sind nur dann Bestandteil des DGM, wenn sie landschaftsprägend sind und die ursprüngliche Geländeform ersetzen (z. B. Dämme, erdbedeckte Wasserbehälter oder militärische Anlagen). Digitale Oberflächenmodelle (DOM) modellieren die Landschaft i. d. R. einschließlich Bebauung, Vegetation und allen anderen Objekten auf der Erdoberfläche zum Zeitpunkt der Aufnahme.

Das LGL hat in den Jahren 2000 – 2005 Laserscanbefliegungen durchgeführt und daraus landesweit ein DGM und ein DOM eingerichtet. Das DGM steht seit 2008 in einer Gitterweite ab 1 m, das DOM seit 2009 in einer Gitterweite ab 5 m zur Verfügung. Die Fortführung beider Modelle erfolgt in Kooperation mit anderen öffentlichen Institutionen und mit lokalen Laserscanbefliegungen. Für kleinräumige Gebiete werden auch alternative Verfahren, wie das terrestrische Laserscanning oder die Befliegung mit unbemannten Luftfahrzeugen (Unmanned Aerial System (UAS)) eingesetzt. Darüber hinaus wird das DGM dort aktualisiert, wo sich das Gelände dreidimensional verändert. Die Grundlagen hierzu bilden stereoskopische Luftbilder aus Frühjahrsbefliegungen in einer Bodenauflösung von 10 cm und die daraus abgeleiteten 3D-Punktwolken. Zusätzlich zum Laser-DOM wird in 2015 ein sogenanntes „Bildbasiertes Digitales Oberflächenmodell“ (BDOM) eingerichtet. Als Basis dienen die zyklischen Sommerbildflüge in einer Bodenauflösung von 20 cm. Die Aktualisierung erfolgt künftig jährlich mit der Neuberechnung des kompletten Bildfluggebiets eines Jahres.

Die existierenden 3D-Modelle DGM und DOM bilden die Landschaft undifferenziert, vergleichbar einer verhüllten Christo-Skulptur, ab. Vor allem für eine automationsgestützte Weiterverarbeitung und Auswertbarkeit der dreidimensionalen Informationen ist jedoch eine differenzierte, objektstrukturierte Modellierung der Landschaftsobjekte erforderlich.

Digitale 3D-Gebäudemodelle

Die Einrichtung landesweiter dreidimensionaler Gebäudemodelle ist für das LGL der Beginn einer objektstrukturierten dreidimensionalen Landschaftsmodellierung. Aus den Gebäudegrundrissen des Liegenschaftskatasters im Datenmodell ALKIS, den 3D-Informationen aus Laserscanbefliegungen und Bildflügen sowie dem DGM erzeugt das LGL für rund sechs Millionen Gebäude 3D-Gebäudemodelle im Detaillierungsgrad LoD2 (Standarddachformen). Bei Bedarf können daraus Gebäudemodelle im Standard LoD1 (Blockmodelle) abgeleitet werden. Die Produktion erfolgt dreistufig, wobei sukzessive die Qualität und Aktualität gesteigert werden. Seit Ende 2013 verfügt das LGL über automatisch produzierte 3D-Gebäudemodelle in einer ersten Qualitätsstufe.

Bereits existierende 3D-Gebäudemodelle von Kommunen sollen, soweit sie die erforderlichen Standards erfüllen, in den landesweiten Datenbestand des LGL integriert werden. Die Aktualisierung der 3D-Gebäudemodelle erfolgt mit dem sogenannten NBA-Verfahren (Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung). Veränderungen im Gebäudebestand des Liegenschaftskatasters werden über Differenzdatenbestände bestimmt. Untersuchungen sollen zeigen, ob sich künftig terrestrisches La-

erscanning, Befliegungen mit UAS oder die Ableitung aus Bauakten dazu eignen, die 3D-Informationen zu aktualisieren. Insbesondere die flugrechtlichen Bestimmungen für besiedelte Gebiete führen derzeit zu Einschränkungen beim Einsatz von UAS-Befliegungen.

4.1.2 3D-Geobasisdaten der bayrischen Vermessungsverwaltung

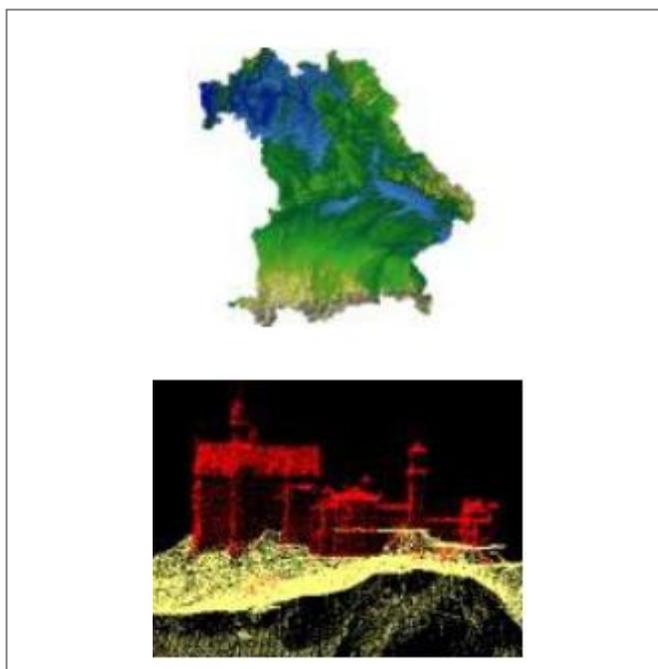
Verfasser: Frank Hümmer, Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Schwabach – Kompetenzzentrum Digitalisierung

70.550 km² dreidimensional

Die Bayerische Vermessungsverwaltung verfügt über dreidimensionale Daten von ganz Bayern. Hierzu gehören das Digitale Geländemodell (DGM), das Digitale Oberflächenmodell (DOM) sowie die 8,5 Mio. Gebäude in der Detaillierungsstufe LoD1 und bereits in weiten Teilen in LoD2. Vollständigkeit, Aktualität und einheitliche Qualitätsstandards zeichnen amtliche 3D-Geobasisdaten aus.

DGM und DOM

DGM und DOM werden vollständig aus Airborne Laserscanning gewonnen. Seit 2012 werden sämtliche Befliegungen mit mindestens vier Punkten/m² realisiert. Die Messdaten sind in vier Gruppen, vom sicheren Bodenpunkt bis zum Oberflächen- und Gebäudepunkt, klassifiziert. Aus den Bodenpunkten (last-pulse) werden Digitale Geländemodelle mit Gitterweiten von 1, 5, 25, 50 und 100 Metern berechnet. In das DOM fließen ausschließlich Oberflächenpunkte (first-pulse) ein. Schummerungsbilder sind als Rasterdaten mit Bodenpixelgrößen von 1 bis 50 Metern landesweit georeferenziert verfügbar. Im Dreijahresrhythmus erfolgt eine Befliegung der Landesfläche mit Luftbildern von 20 cm Bodenpixelgröße. Ob orientierte Luftbilder für einzelne Stereoauswertungen oder kolorierte Punktwolken sowie ein DOM aus Matching – 3D-Landschaftsmodelle mit hoher Aktualität geraten auch landesweit in greifbare Nähe.



DGM und DOM

3D-Gebäudemodelle im LoD1 und LoD2

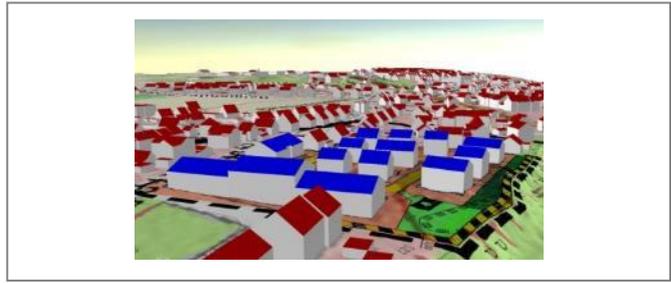
Ein LoD1-Gebäudemodell existiert seit 2010 flächendeckend und wird zweimal jährlich aktualisiert. Im LoD2 werden ALKIS[®]-konforme Standarddachformen abgeleitet und bestmöglich an das DOM aus Laserscanningdaten angepasst. Jedes Gebäude erhält eine visuelle Qualitätsprüfung und wird bei Bedarf interaktiv nachmodelliert. Aktuell umfasst der LoD2-Datenbestand ca. 4 Mio. Gebäude. Die Flächendeckung in LoD2 wird bis Ende 2016 erwartet. Die Fortführung ist durch ALKIS[®]-Informationen sichergestellt, die landesweit seit 2012 im Rahmen der terrestrischen Gebäudeeinmessung erfasst werden. Eine entsprechende Fortführungssoftware wird noch im Jahr 2015 eingeführt. Die Gebäudegrundrisse entsprechen in beiden Detailstufen 1:1 den Gebäudepolygonen des amtlichen Liegenschaftskatasters.



LoD2-Gebäudemodell

Nutzung dreidimensionaler Geobasisdaten

Standardformate sind für alle Daten selbstverständlich. Durch Georeferenzierung ist eine lagenaue Kombination aller Daten möglich. Ob DGM, DOM oder 3D-Gebäudemodelle – 3D-Daten werden im Umwelt-, und Lärmschutz sowie der Versicherungs- und Energiewirtschaft bereits erfolgreich eingesetzt. Mit LoD2-Gebäudemodellen kommen weitere Anwendungsgebiete, wie z. B. die Bebauungs- und Stadtplanung sowie Visualisierungen im Rahmen der Bürgerbeteiligung, hinzu.



3D-Modell im LoD2

4.1.3 3D-Geobasisdaten Hamburg

Verfasser: Ekkehard Matthias, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg

Gebäudedaten

Das 3D-Stadtmodell von Hamburg, ein grundrisstreues, digitales, dreidimensionales Modell, liegt in zwei Detaillierungsgraden als LoD1 und LoD2 vor und basiert auf den Vorgaben der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).



LoD2_AdV Hamburg

Das LoD1_AdV wird für das gesamte Stadtgebiet (ca. 750 km²) erzeugt und enthält rund 380.000 Gebäude. Es wird jährlich – bei Bedarf auch öfter – aktualisiert.

Das LoD2_AdV mit standardisierten Dachformen befindet sich im Aufbau und soll 2016 fertiggestellt werden.

Die Daten sind aufgrund ihrer Objektstrukturierung als räumliche Bezugsgrundlage und Basisinformation für den Aufbau von GIS geeignet und können in allen gängigen 3D-Datenformaten abgegeben werden, z. B. DXF, DWG, CityGML, 3DS, C4D, SHP.

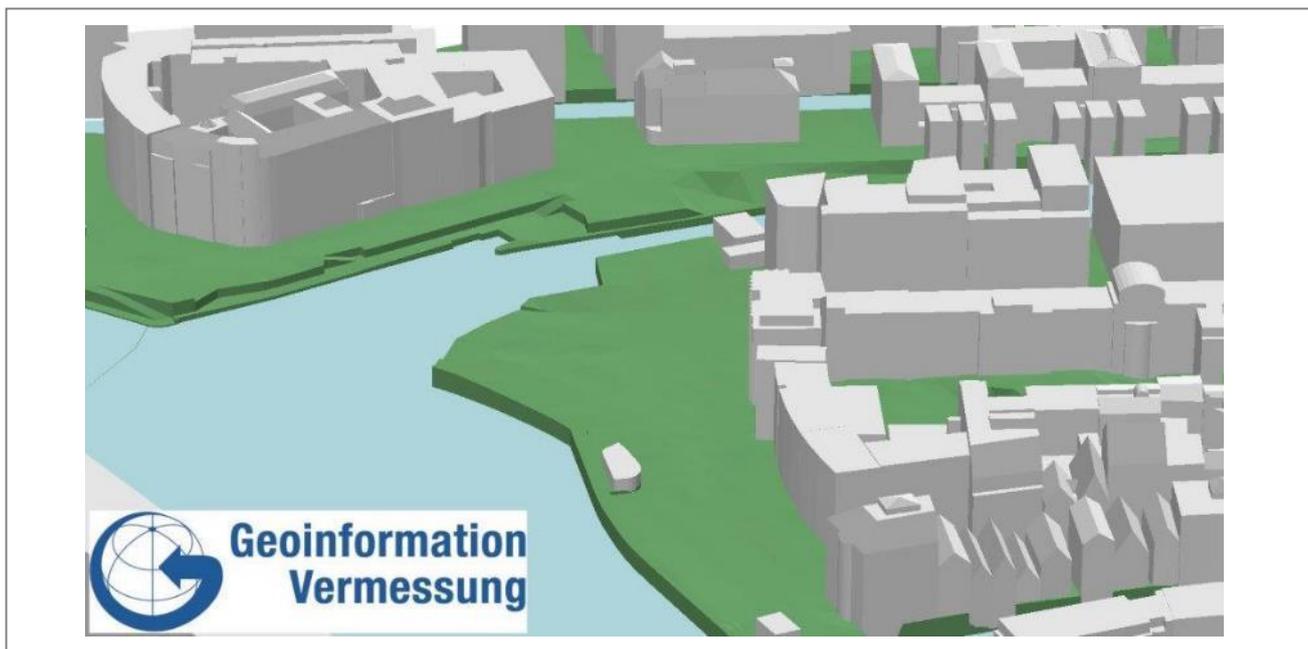
Über photogrammetrische Auswertungen oder andere Methoden lassen sich die Daten auch beliebig verfeinern, um sie in Stadt- und Raumplanung, Architektur und Immobilienvermarktung zu nutzen.

DGM

Das Digitale Geländemodell (DGM) stammt aus einer hoch aufgelösten Laserbefliegung mit etwa 15-30 Punkten pro Quadratmeter. Die Genauigkeit eines einzelnen Messpunkts liegt in eindeutig definierten Bereichen, z. B. auf Straßenflächen bei etwa ± 7 cm. In Bereichen von Vegetation, insbesondere auf Flächen in Wald- und Strauchgebieten, ist die Genauigkeit geringer.

Standardmäßig werden Digitale Geländemodelle in den Rasterweiten 1 m, 10 m und 25 m angeboten, andere Rasterweiten sind möglich. Verschnitten mit Bruchkanten entsteht ein sogenanntes „hybrides DGM“, in welchem besonders die in Hamburg typischen Hafen- und Fleetstrukturen, aber auch Bahndämme deutlicher abgebildet werden.

Die Daten können als regelmäßiges Gitter oder auch als Dreiecksvermaschung abgegeben werden.



Hybrides DGM mit LoD2_AdV-Daten von Hamburg

4.1.4 Bundesweite 3D-Gebäudemodelle der AdV

Verfasser: Marco Oestereich, Bezirksregierung Köln; Andreas Schleyer, Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)

„Die Erfassung, die Modellierung und der Nachweis der Gebäude für die geo-topographische Landesaufnahme und die Führung des Liegenschaftskatasters ist eine Kernaufgabe des deutschen Vermessungswesens. Dazu gehört auch die dritte Dimension.“

Auf der Grundlage dieses Beschlusses der AdV erstellten die Länder der Bundesrepublik Deutschland einen bundesweit einheitlichen 3D-Produktstandard für die Darstellung von Gebäuden. Mit diesen 3D-Gebäudemodellen, modelliert auf der Grundlage eines AAA[®]-konformen 3D-Fachschemas, stellen die Vermessungsverwaltungen der Länder einen weiteren Baustein der amtlichen Geodatenbasis zur Verfügung. Das 3D-Gebäudemodell, basierend auf den flächendeckend vorliegenden Gebäudegrundrissen der amtlichen digitalen Liegenschaftskarte, stellt dabei eine Erweiterung des Datensatzes der Hausumringe um die dritte Dimension dar.

Entsprechend des Anspruchs der AdV, Geobasisdaten einheitlich flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland aus einer Hand bereitzustellen, werden diese Daten über eine länder-

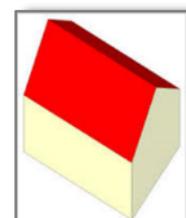
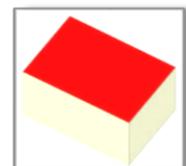
übergreifende Vertriebsstelle der AdV, der Zentralen Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe, bereitgestellt.

Dem Nutzer steht somit neben der Zentralen Stelle SAPOS (Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) und der Zentralen Stelle Geotopographie (ZSGT) ein weiterer zentraler Ansprechpartner zur Verfügung.

Im Rahmen seines gesetzlichen Auftrags stellt das amtliche deutsche Vermessungswesen Geobasisinformationen flächendeckend, aktuell und einheitlich bereit.

Die Bereitstellung der 3D-Gebäudemodelle erfolgt hierbei in den Detailstufen LoD1 und LoD2:

- Die LoD1-Modelle sind grundrisstreue „Klötzchenmodelle“ (Blockmodell, keine Dachform). Dachformen werden bei der Modellierung nicht berücksichtigt, jedes Gebäude erhält ein Flachdach.
- Die LoD2-Modelle sind ebenfalls grundrisstreu, haben jedoch ein generalisiert modelliertes Dach und eine modellierte Höhe. Die Gebäude setzen sich aus semantisch eindeutigen Flächen (Boden, Wände, Dachflächen) ohne Dachaufbauten und Fassadentextur zusammen.



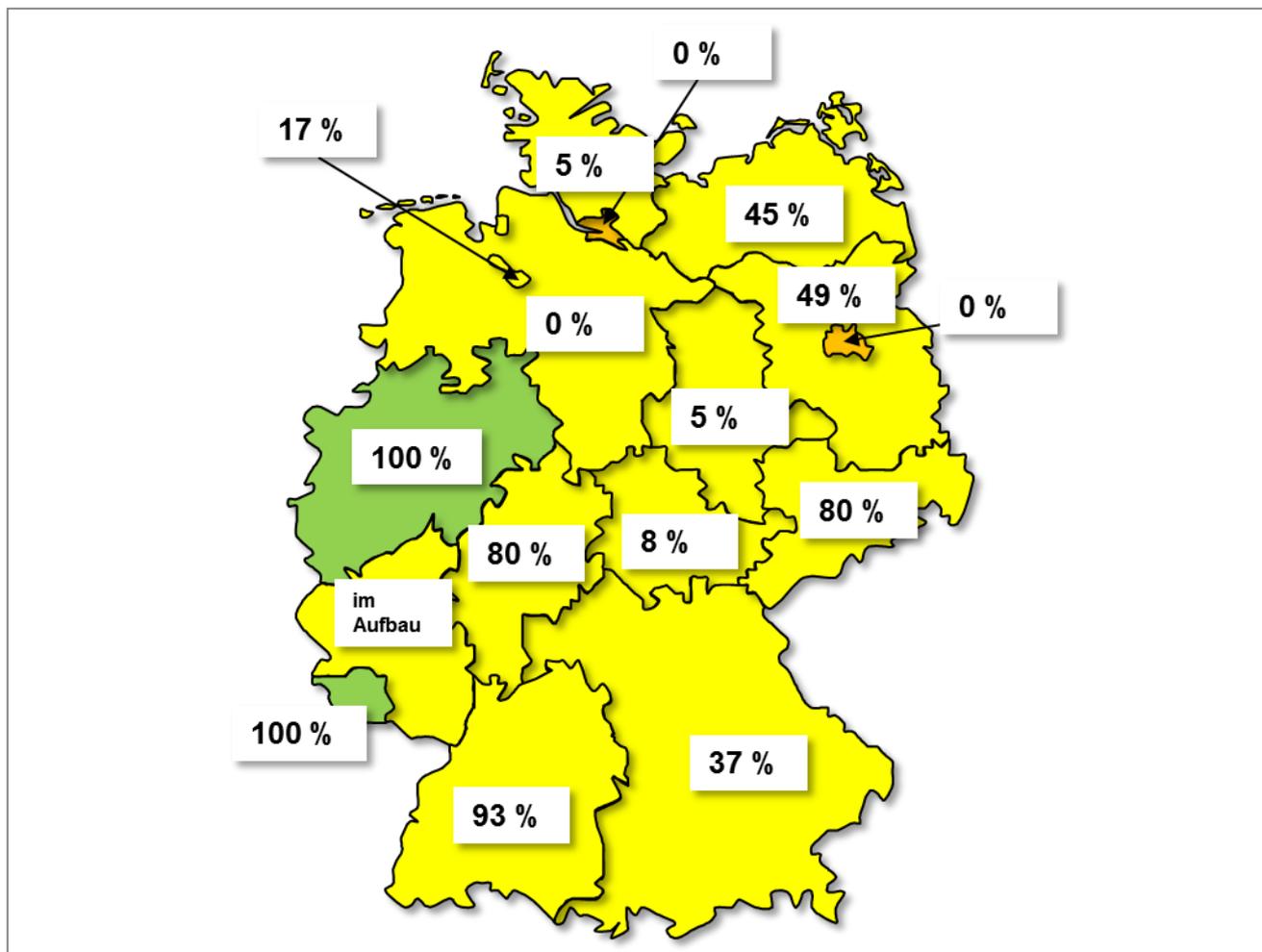
3D-Gebäudemodell LoD1

Die AdV strebt die flächendeckende Verfügbarkeit der bundesweit über 51 Millionen Gebäudeobjekte in 2015 an.

Eigenschaften	Grundlagen
Datengrundlage	ALKIS, Airborne Laserscanning, Photogrammetrie
Gebäudedarstellung	„Klötzchen“
Lagegenauigkeit	Liegenschaftskataster
Höhengenauigkeit	größtenteils 5 m
Bezugssystem	ETRS89/UTM; DHHN
Datenformat	NAS, Shape, CityGML
Updates	einmal jährlich

3D-Gebäudemodell LoD2

Eine terminliche Präzisierung für die bundesweite Verfügbarkeit ist momentan noch nicht möglich. Der aktuelle Stand der Verfügbarkeit kann der folgenden Grafik entnommen werden.



Aktuelle Verfügbarkeit LoD2 (nach AdV-Produktblatt LoD2 Stand 31.12.2014)

Eigenschaften	Grundlagen
Datengrundlage	ALKIS, Airborne Laserscanning, Photogrammetrie
Gebäudedarstellung	Generalisierte, standardisierte Dachform Ausrichtung nach tatsächlichem Firstverlauf
Lagegenauigkeit	Liegenschaftskataster
Höhengenauigkeit	ca. 1 m
Bezugssystem	ETRS89/UTM; DHHN
Datenformat	NAS, Shape, CityGML
Updates	einmal jährlich

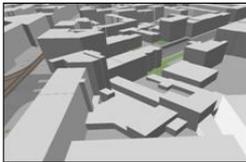
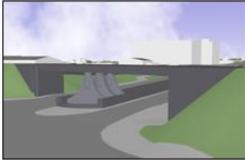
4.2 Kommunale 3D-Daten

4.2.1 3D-Stadtmodell Karlsruhe

Verfasser: Thomas Hauenstein, Liegenschaftsamt der Stadt Karlsruhe

Für die vielfältigen Aufgaben einer Stadtverwaltung gewinnen 3D-Stadtmodelle in zunehmendem Maße an Bedeutung. Ihr Einsatzbereich reicht von komplexen Simulationsberechnungen bis hin zur interaktiven Begehung realitätsnaher Modelle. Das Liegenschaftsamt der Stadt Karlsruhe hat sich daher bereits im Jahr 2002 entschieden, sein Geodatenangebot für die städtischen Ämter um dreidimensionale Daten zu erweitern.

Inzwischen steht den Nutzern für das gesamte Stadtgebiet von Karlsruhe ein einheitliches, standardisiertes 3D-Stadtmodell zur Verfügung. Es besteht aus einem Digitalen Geländemodell, das auf den Höhendaten einer Laserscanbefliegung basiert, und aus einem LoD2-Gebäudemodell mit Standard-Dachformen. Dieses wurde für alle etwa 85.000 Gebäude im Stadtgebiet teilautomatisiert aus Stereobildern erstellt. Bei Bedarf kann aus dem LoD2-Gebäudemodell durch einen automatischen Prozess ein LoD1-Gebäudemodell abgeleitet werden. Die Modellierung im Bereich der Vegetation beschränkt sich zurzeit noch auf die Bäume aus dem städtischen Grünflächeninformationssystem.

Gebäudeobjekte		Sonstige Objekte	
LoD1 - gesamtes Stadtgebiet			Gelände mit Nutzung - gesamtes Stadtgebiet
LoD2 - gesamtes Stadtgebiet			Brücken, Tunnel - Innenstadt und projektbezogen
LoD2 - detailliert - Innenstadt und projektbezogen			Denkmale - Innenstadt (zum Teil)
LoD2 - fotorealistisch - Innenstadt			Vegetation - städtische Bäume
LoD3 - Landmarks			Stadtmobiliar - Innenstadt

Die Komponenten des 3D-Stadtmodells Karlsruhe

Im zentralen Bereich von Planungen wird dieses Modell weiter verfeinert. Mit der manuellen stereoskopischen Auswertung der Dachlandschaft aus Luftbildern sowie der anschließenden Konstruktion im CAD-System steht dem Liegenschaftsamt ein Verfahren zur Erstellung sehr detaillierter LoD2-Gebäudemodelle zur Verfügung. Gebäudeteile, die nicht im Luftbild erkannt werden, wie Durchfahrten oder Fassadenelemente, werden durch einfache Vermessung vor Ort oder durch terrestrisch-photogrammetrische Auswertung von Fassadenaufnahmen ergänzt.

Für markante Gebäude (Landmarks) im Stadtgebiet oder für wichtige Projekte werden auf der Basis dieser LoD2-Modelle zusätzlich fotorealistische Gebäudemodelle oder hochwertige LoD3-Gebäudemodelle erstellt. Bei Bedarf kann das 3D-Stadtmodell um weitere Objekte, wie Brücken, Mauern, Denkmale und Stadtmobiliar ergänzt werden.

Die Daten des 3D-Stadtmodells Karlsruhe werden in einer CityGML-basierten Datenbank verwaltet. Eine kontinuierliche Fortführung der Gebäudemodelle synchron zur ALKIS-Fortführung soll noch in diesem Jahr realisiert werden.

Die Geodatenauskunft der Stadt Karlsruhe bietet ihren Anwendern seit 2014 den Zugriff auf eine echtzeitfähige 3D-Intranetlösung. Neben dem reinen 3D-Viewing stehen allen städtischen Mitarbeitern Werkzeuge zur Sachdatenabfrage, zur Erstellung von einfachen Filmen, zum 3D-Messen, zur Erstellung von Schattenwurfsimulationen und zum Import von Planungsmodellen zur Verfügung. Erste 3D-GIS-Anwendungen, wie das stadtweite 3D-Lärmkataster, sind realisiert.

Das 3D-Stadtmodell Karlsruhe hat sich inzwischen in vielen Bereichen der Stadtverwaltung etabliert. Durch die gute Zusammenarbeit zwischen dem Liegenschaftsamt und den Datennutzern konnte bereits eine Vielzahl von Verfahren durch 3D-Daten unterstützt werden. Dieser Weg wird auch in Zukunft konsequent weiterverfolgt werden, damit weitere Aufgabenstellungen von den Daten des 3D-Stadtmodells profitieren können.

4.2.2 Das 3D-Stadtmodell der Landeshauptstadt München

Verfasser: Jan Liebscher, Kommunalreferat GeodatenService München

Die Landeshauptstadt München betreibt ein 3D-Stadtmodell seit 2001. Dieses besteht aus Vektordaten (Gelände sowie Objekte in LoD1 und LoD2), die in einer semantischen CityGML-Datenbank vorliegen. Als Ausgangsdaten für das Vektormodell dienen Rasterdaten (DGM und DOM) mit einer Bodenauflösung von 10 cm und einer Höhengenaugigkeit von 30 cm. Diese Rasterdaten werden im Stereomatching-Verfahren aus modernen digitalen Bildsensoren gewonnen, die für weitere Bildanalysen zeitlich und lagemäßig deckungsgleiche Echtfarb- und Infrarot-Bilddaten zur Verfügung stellen. Die Aktualisierung dieser Rasterdaten erfolgt in einem zweijährigen Turnus, bei dem sich unbelaubte Frühjahrsbefliegungen und belaubte Sommerbefliegungen abwechseln. Durch diese zeitlichen Stände lassen sich auch Veränderungen detektieren und dokumentieren.



Vektordaten mit LoD2-Gebäuden, Gelände und Topographie

Diese Sammlung an Daten ermöglicht vielfältige Analysemöglichkeiten im Themengebiet Energie. In den vergangenen Jahren wurden wiederholt Potenzialanalysen im Bereich Photovoltaik und Solarthermie durchgeführt. In Forschungsarbeiten wurden auf Grundlage der Daten Quartierskonzepte auf Energiebedarf und Energieversorgung untersucht, bis hin zu Smart-City-Konzepten für eine sinnvolle Vernetzung lokaler und globaler Energiebereitstellung. Auf Grundlage der Daten wurden aber auch tangierende Themen untersucht: das Stadtklima, die Nutzung von Dachflächen für die Begrünung im Sinne reiner Ausgleichsflächen, aber auch im Sinne einer Nutzung zum Anbau von Kulturpflanzen (Urban Gardening).

Allen Untersuchungen gemein ist aber, dass in der Realisierung oft der bauliche Bestand einen limitierenden Faktor darstellt – hier insbesondere die Statik oder die Auflagen des Denkmalschutzes.

Das Ziel aus dem Blick einer Kommune sollte sein, die Ergebnisse der Analysen zu den Potenzialen der Energiegewinnung, des Energiebedarfs und der Minderung des Energieverbrauchs mit anderen umweltrelevanten Themen wie Verschmutzung, Stadtklima und Lärminderung in Einklang zu bringen, um einen attraktiven Lebensraum zu schaffen.



Raster-DOM mit Infrarot-Textur



LoD2-Modell mit Klassifizierung der Globalstrahlung (inkl. Reflektion und Abschattung durch Vegetation und Bauwerke)

4.3 3D Open Data

4.3.1 3D-Stadtmodell Berlin

*Verfasser: Kathleen Lingner, Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung;
Dr. Lutz Ross, virtualcitySYSTEMS GmbH*

Entstehung des 3D-Stadtmodells

Das 3D-Stadtmodell von Berlin wurde in mehreren Phasen ab 2003 erarbeitet. Anfangs lagen unterschiedliche Stadtmodelle und verschiedene projektbezogene 3D-Daten vor, sodass der Entschluss gefasst wurde, diese zu einem 3D-Stadtmodell zusammenzuführen. Zunächst erfolgte in den Jahren 2003 – 2005 eine Zusammenführung der unterschiedlichen Modelle zu einem Gesamtmodell, mit dem Ergebnis eines flächendeckenden Modells des inneren S-Bahn-Rings in LoD1, mit einzelnen Landmarks in LoD3 und LoD4.

In den Jahren 2007 – 2009 folgte eine flächendeckende LoD2-Ableitung und Texturierung aus Schrägluftbildern. Als Grundlage für die Gebäudeableitung dienten ein Laserscandatenatz und Gebäudegrundrisse. Diese erste flächendeckende Version des 3D-Stadtmodells umfasste 474.000 Gebäude im LoD2.

2013 – 2014 ließ die Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung (SenWiTechForsch) Berlin befliegen, um das 3D-Stadtmodell zu aktualisieren. Im Ergebnis liegt ein flächendeckender Datensatz mit 539.481 texturierten Gebäuden in LoD2 vor.

Datenabgabe

Mit der Aktualisierung des 3D-Modells in 2014 und der 2011 gestarteten Open-Data-Initiative des Landes Berlin¹ wurde der Beschluss gefasst, die kostenpflichtige Vermarktung des 3D-Stadtmodells einzustellen und das 3D-Stadtmodell kostenfrei bereitzustellen.

Grundlage für diese Entscheidung war ein Beschluss vom 24.06.2013 zur Umsetzung der Open-Data-Initiative zum 01.10.2013 für die „amtlichen Karten und weiteren Produkte der Geoinformation“. Dieser Vorgehensweise der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt hat sich SenWiTechForsch angeschlossen. Alle LoD2-Gebäude und die zur Aktualisierung erhobenen digitalen Oberflächendaten sollten nach Abschluss der Modellaktualisierung als Open Data veröffentlicht werden.

Die Bereitstellung erfolgt ab 2015 über ein Downloadportal: <http://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal/>. Dieses ermöglicht die interaktive Auswahl des Gebiets, des Zielformats und der Inhalte, sowie eine automatisierte Datenprozessierung und Bereitstellung als Downloadlink. Zusätzlich für Power-User steht der Download der originären CityGML-Daten als ZIP-Archiv zur Verfügung.

Die Berliner 3D-Gebäudedaten werden den Nutzern zukünftig geldleistungsfrei und in zielgruppengerechten Formaten bereitgestellt. Die entsprechenden Nutzungsbestimmungen räumen den Endnutzern nunmehr auch weitgehende Rechte ein.

Das 3D-Stadtmodell von Berlin kann – kombiniert mit 2D-Karten, POI und Google Street View – als Internetanwendung unter <http://www.businesslocationcenter.de/wirtschaftsatlas> aufgerufen werden.

¹ Auszug Koalitionsvereinbarung für die 17. Legislaturperiode 2011 - 2016 (Berlin): „Die Koalition wird die Open-Data-Initiative des Landes fortsetzen und ausbauen. Dazu setzt sie sich für eine Prüfung der weitgehenden Offenlegung von öffentlichen Daten (z. B. Geoinformationsdaten) unter Wahrung des persönlichen Datenschutzes ein.“

4.3.2 Open Data 3D-Modell der Stadt Hamburg

Verfasser: Ekkehard Matthias, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg

Mit dem Hamburger Transparenzgesetz öffnet die Freie und Hansestadt ihre behördlichen Akten-schränke. Die damit bezweckte bessere Nachvollziehbarkeit des Verwaltungshandelns führt nicht nur dazu, dass innerbehördliche Informationen, wie Statistiken, Gutachten und Berichte, veröffentlicht werden, sondern betrifft auch viele Geobasis- und Geofachdaten.

Auch das 3D-Stadtmodell von Hamburg fällt, soweit es den schon bestehenden Teil des LoD1 betrifft, unter dieses Gesetz. Im Transparenzportal Hamburg <http://transparenz.hamburg.de/> finden sich dazu 300 MB Daten zum Download als ZIP-Datei. Die Nutzung unterliegt der Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0. Gleiches gilt für das Digitale Geländemodell (DGM), das als 1 m Raster und in größeren Weiten zur Verfügung steht. Hier liegt die Speichergröße der Daten bei 3 GB.

Beispielhaft für die DGM-Daten ist das DGM 10 auch als Teil eines Online-Dienstes verlinkt, der die Geländehöhen in unterschiedlichen Äquidistanzen darstellt.

The screenshot shows a web browser window displaying the 'Transparenzportal Hamburg' website. The page title is '3D-Stadtmodell Hamburg'. The main content area contains the following information:

- Veröffentlichende Stelle:** Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg
- Veröffentlichungsdatum:** 01.09.2014
- Text:** Das 3D-Stadtmodell von Hamburg liegt in zwei Varianten vor, die sich hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades voneinander unterscheiden. Das Modell im LoD1 (Level of Detail 1) stellt die Gebäude in vereinfachter Form als Klötzchen dar. Die Gebäudehöhen wurden durch Mittelung aller vorhandenen Laserdaten der Gebäudedachflächen berechnet. Sie ist für das gesamte Stadtgebiet (ca. 750 km²) eingerechnet und enthält ca. 360.000 Gebäude. Das Modell im LoD2 wird ebenfalls für ganz Hamburg vorgehalten, wobei nur die Insel Scharhorn und Neuwerk nicht berücksichtigt werden. Dieses Modell wird zur Zeit aufgebaut und steht voraussichtlich Ende 2016 zur Verfügung. Im Gegensatz zu den Klötzchen des LoD1 werden aus den Laserdaten heraus die Dachflächen betrachtet und zusammengefasst als Typendach dem jeweiligen Gebäude zugewiesen. Beide Modellvarianten werden zusätzlich mit Geländeinformationen des beim Landesbetrieb vorgehaltenen Digitalen Geländemodells (DGM) verschnitten. Die Daten können in den meisten gängigen 3D-Dateiformaten abgegeben werden. Bei Bedarf kann das Modell weiter verfeinert werden. Über die photogrammetrische Auswertung von Luftbildern können zusätzlich Dachaufbauten wie Gauben, Abluftanlagen, Licht- oder Aufzugschächte gewonnen werden. Durch das Hinzufügen von Fahrzeugen, Personen oder Bäumen oder dem ausmodellieren texturieren von Gebäudefassaden kann das 3D-Modell weiter ausgebaut und realistisch gestaltet werden.
- Anwendungsgebiete:** der Daten des 3D-Stadtmodells sind vor allem die Stadt- und Raumplanung, Architektur und Immobilienvermarktung. Geeignet sind die Daten des 3D-Stadtmodells aber auch als räumliche Bezugsgrundlage und Basisinformation für den Aufbau von Geoinformationssystemen und zur Verknüpfung mit oder als

On the right side of the page, there is a 'DETAILINFORMATIONEN' section with the following data:

DATENTYP	Datensatz
INFORMATIONSGEGENSTAND	Geodaten
KATEGORIE	Geografie, Geologie & Geodaten Infrastruktur, Bauen & Wohnen
ZEITBEZUG	von 01.04.2013 bis kein Enddatum gesetzt

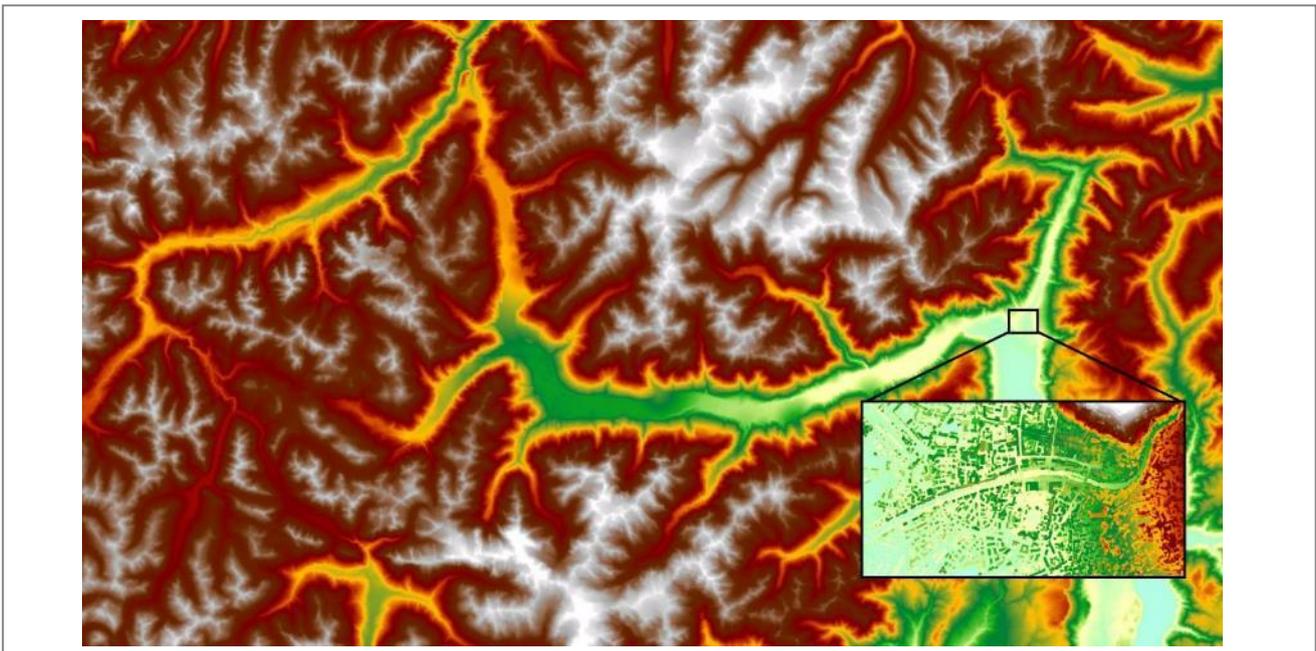
3D-Stadtmodell Hamburg im Transparenzportal

4.4 Privatwirtschaftliche 3D-Daten

4.4.1 Aspekte der automatischen Generierung von Höhen- und Gebäudemodellen

Verfasser: *Christian Lotter, Dr. Florian Siegert, 3D RealityMaps GmbH*

In den letzten Jahren haben sich alternative Techniken zu den bisher gängigen flugzeuggestützten LiDAR(Light Detection And Ranging)-Technologien entwickelt, die auf der automatisierten Stereo-Auswertung von Luftbildern digitaler Luftbildkameras beruhen. Ursprünglich wurde diese Technologie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Rahmen der Mars-Express-Mission der Europäischen Raumfahrtagentur entwickelt. Am RMC (Robotik- und Mechatronik-Zentrum) des DLR wurde im Anschluss das Verfahren des SGM (Stereo Global Matching) weiterentwickelt, wodurch eine photogrammetrische Ableitung von Höhendaten aus Stereoluftbildern für die automatisierte Erstellung von Oberflächenmodellen ermöglicht wird. Diese Technologie kann mittlerweile auf viele kommerzielle Digital-Luftbildkameras angewendet werden.



Höhenmodell (www.realitymaps.de)

Typische Oberflächenmodelle weisen je nach Bodenauflösung der Luftbilder zwischen 16 und 25 Höhenmesspunkte pro Quadratmeter auf (siehe Abbildung: Höhenmodell). Für die Erzeugung von 3D-Stadtmodellen werden sogar 400 Höhenmesspunkte erreicht. Für eine hochgenaue, kantenscharfe Berechnung der Oberflächenmodelle und zur Erstellung von 3D-Geländemodellen ist eine Auflösung von 10 – 25 cm empfehlenswert, wobei die Luftbilder mit einer Überlappung von 80 % in Flugrichtung und mindestens 40 % zwischen benachbarten Flugstreifen aufgenommen werden sollten, um eine gute Qualität zu erreichen.

Wird das Oberflächenmodell mit einem True-Ortho-Luftbildmosaik überlagert, so entstehen sehr realistisch aussehende 3D-Landschaftsmodelle (siehe Abbildung: Landschaftsmodell).



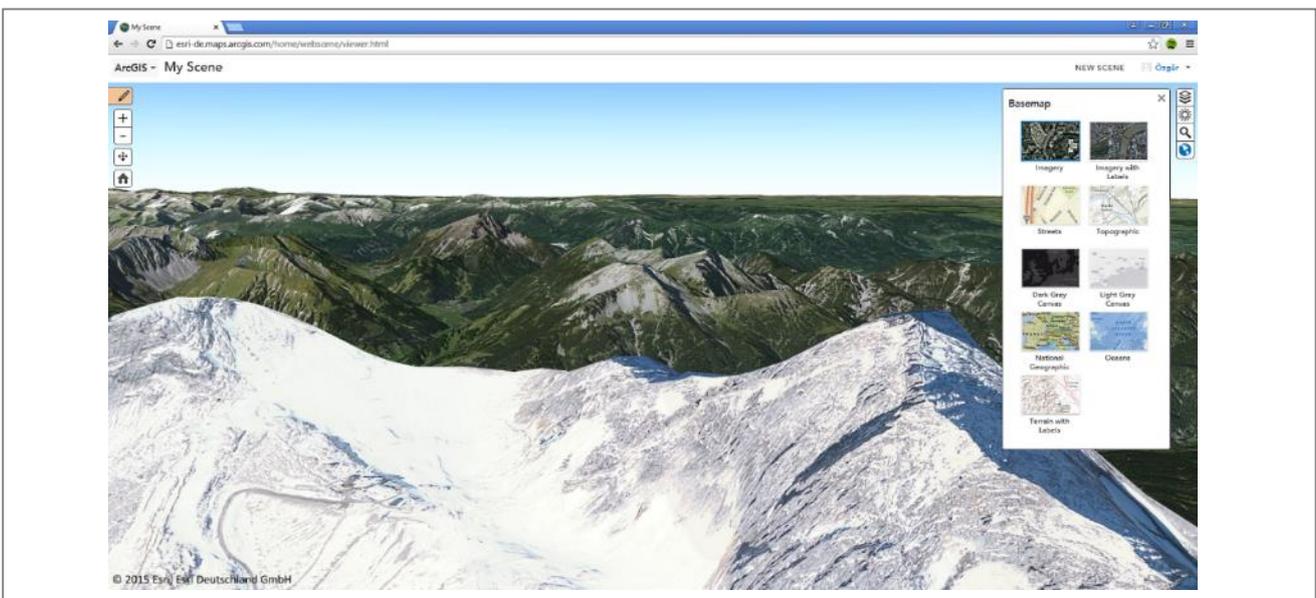
Landschaftsmodell (www.realitymaps.de)

Automatische Rekonstruktion von Gebäuden aus Oberflächenmodellen

Die manuelle Erfassung von Gebäude-Geometrien in LoD2 auf Basis von Stereo-Luftbildern ist aufwendig und teuer. Die Münchner Firma 3D RealityMaps entwickelte kürzlich einen vollautomatischen Prozess zur Rekonstruktion von Gebäude-Geometrien aus sehr hoch aufgelösten Oberflächenmodellen. Durch einen Prozess der sogenannten eingeschränkten Vereinfachung (constrained simplification) werden regelmäßige Flächen im Oberflächenmodell erkannt und die topologischen Beziehungen analysiert. Schließlich entsteht daraus ein abstrahiertes Stadtmodell, das mittels Texturierung in ein sehr realitätsnahes Stadtmodell überführt wird. Bei der Texturierung wird dabei auf die jeweils beste Ansicht aus den Originalluftbildern zurückgegriffen. Ein entscheidender Vorteil ist, dass Höhenmodell und Textur dabei aus derselben Quelle stammen und daher konsistent sind. Mit dieser Technik können ganze Städte in kurzer Zeit digitalisiert werden.

4.4.2 Esri World Elevation Service (30 Meter Auflösung)

Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

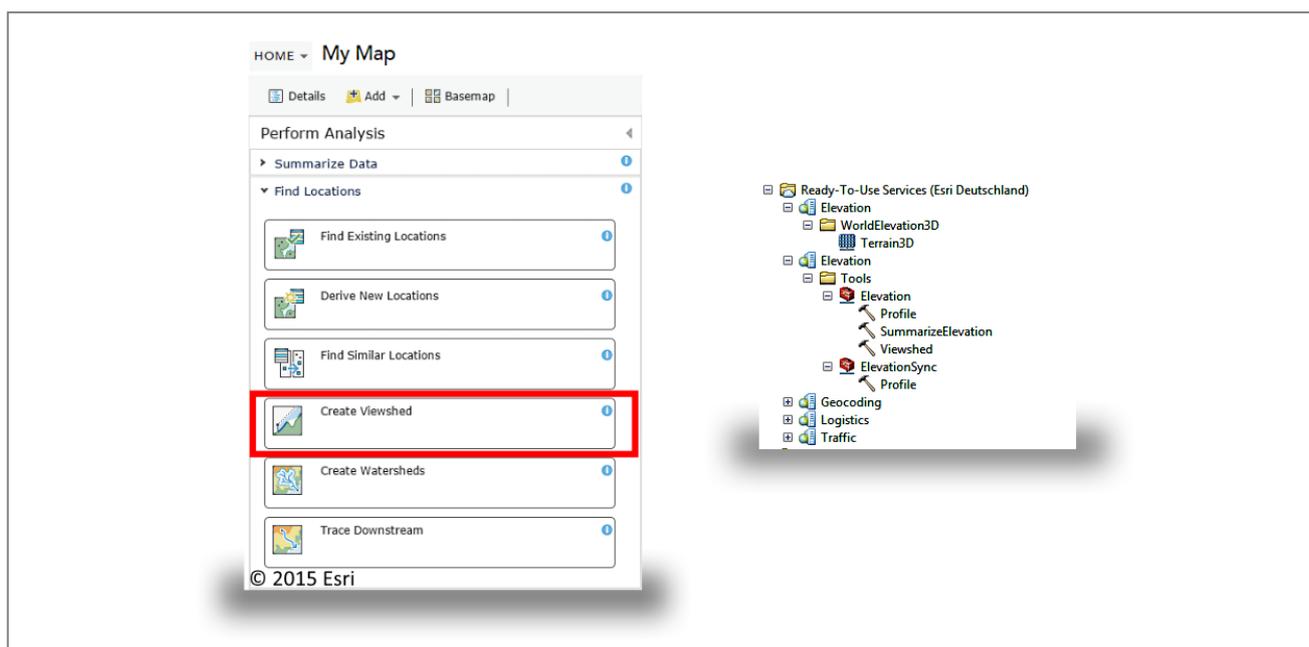


Die Zugspitze, der höchste Berggipfel Deutschlands, mit den Esri Elevation Services im Esri 3D Scene Viewer

Esri hat die 1-Bogen Sekunden (~ 30 m) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Daten (Version 3.0) der NASA bereits für Afrika, Süd- und Mittelamerika, die Karibikinseln und Westeuropa prozessiert und die Esri World Elevation Services mit detaillierteren Höhendaten verbessert. Seit Februar 2015 stehen die aktualisierten Daten für Europa in der [ArcGIS Onlinegruppe Elevation Layers](#) mit dreifach erhöhtem Detailgrad zur Verfügung.

Die dynamischen World Elevation Services Terrain und TopoBathy ermöglichen den Zugriff auf die reinen Höhenwerte und ihre Derivate (z. B. Slope, Aspect) für die Analyse. Das ArcGIS Online Werkzeug „Sichtfelder erstellen“ (Viewshed) erstellt zum Beispiel Flächen, in denen ein Beobachter Objekte auf dem Boden erkennen kann.

Die multidirektionalen Hillshade und Tinted-Hillshade Services stehen auch für Visualisierungen zur Verfügung. Der Zugriff auf diese globalen Elevation Services ist kostenfrei. Alles, was der Nutzer benötigt, ist ein ArcGIS Online Account für Organisationen.

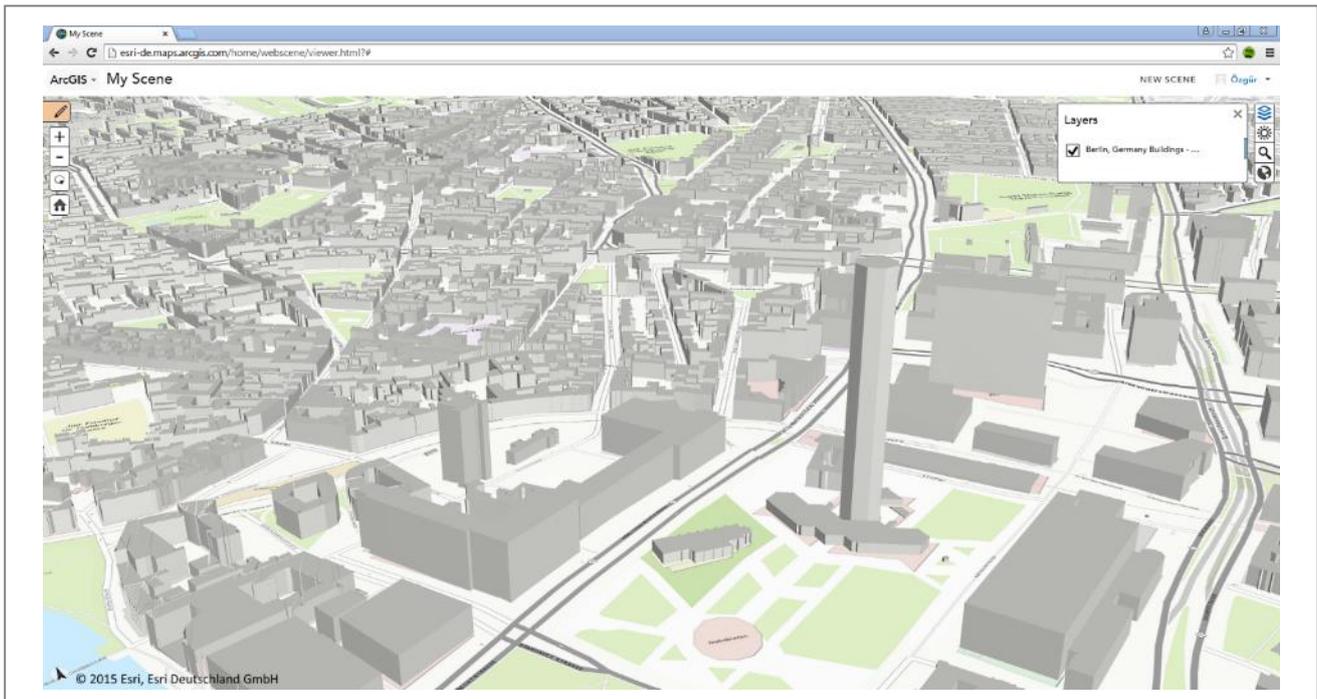


Analyse basierend auf Elevation Services in ArcGIS Online und/oder in ArcGIS for Desktop

4.4.3 3D-City-Services und 3D-Basemaps von Esri

Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

Die neuen globalen 3D-Basemaps bieten Elevation-Services und 3D-City-Services als globale 3D-Canvas-Grundkarten für 3D-Analysen. Der Aufbau der globalen Datenbasis erfolgt sukzessive und wird das ArcGIS Pro Release mit seinen 2D/3D-Möglichkeiten voll zur Geltung bringen. Esri Deutschland hat aus ATKIS-DLM-Daten und 3D-Stadtmodellen, die als Open Data vom Geoportal Berlin und dem LGV Hamburg zur Verfügung gestellt werden, die ersten 3D-Städte Hamburg und Berlin für das deutsche ArcGIS Pro Release erstellt.



Esri 3D-City-Services der Stadt Berlin

4.4.4 Herausforderungen und Nutzen virtueller 3D-Stadtmodelle

Verfasser: Benjamin Hagedorn, 3D Content Logistics GmbH

Nutzen und Herausforderungen

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von flächendeckenden und teilweise detaillierten 3D-Stadtmodelldaten auch in Deutschland (z. B. als landesweite LoD2-Modelle, teilweise auch als Open Data wie in Berlin und Hamburg) wird die Frage nach Mitteln und Wegen für die praktikable Bereitstellung und die tatsächliche Nutzung dieser Daten in verschiedenen Anwendungskontexten immer wichtiger. Dabei meint Nutzung nicht nur den reinen Download der originären 3D-Modelldaten, sondern vielmehr auch deren Visualisierung, Exploration und Analyse, wie das Suchen von Objekten und die Kombination und Verknüpfung mit weiteren 2D/3D-Daten und Fachinformationen – Funktionalitäten also, die helfen, Einblick in die zugrunde liegenden Daten zu erhalten und Zusammenhänge sichtbar zu machen.

Virtuelle 3D-Stadtmodelle (als konzeptionelle und technologische Plattform für die Visualisierung, Analyse und Kommunikation von 3D-Geodaten und georeferenzierten 3D-Daten) können diese Funktionalitäten in einer einheitlichen und effektiven Benutzungsschnittstelle zur Verfügung stellen und zugleich unterliegende, spezialisierte Datenzugriffsmechanismen kapseln. So können die in Inhalt und Form oft heterogenen, aus verschiedenen Quellen stammenden sowie in verschiedenen Systemen verwalteten und fortgeführten 3D-Daten grundsätzlich nahtlos integriert, gemeinsam präsentiert und medienbruchfrei genutzt werden.

Wesentliche Herausforderungen bei der Bereitstellung und Nutzung von 3D-Stadtmodellen sind unter anderem:

Bereitstellung und Nutzung komplexer, verteilter Daten

3D-Stadtmodelle (mit Geländemodell, Gebäudemodellen mit Luftbildern und Fassadentexturen, Stadtmöblierung usw.) können mehrere Hundert Megabyte Daten umfassen. Hinzu kommen thematische Daten, die entweder direkt im 3D-Stadtmodell verankert sind (z. B. als CityGML-Appearance oder als CityGML-ADE) oder aber davon separiert verwaltet und fortgeführt werden.

Berücksichtigung verschiedener Stakeholder

Zunehmend müssen Geoinformationen auch an Nicht-Experten kommuniziert werden, wie Entscheider in Unternehmen, Politik und Verwaltung sowie (z. B. von einem Planvorhaben betroffene) Bürger, die keine Erfahrung im Umgang mit 3D-Geodaten und der Bedienung virtueller 3D-Umgebungen haben. Hier sind effektive Benutzungsschnittstellen und Interaktionsmechanismen notwendig.

Unterstützung verschiedener Anwendungsbereiche, -situationen und Medien

Die Nutzung von 3D-Stadtmodellen (z. B. zur Präsentation, Analyse und Bewertung von Situationen und Vorhaben) erfolgt mittlerweile nicht mehr nur an der Experten-Workstation, sondern zunehmend auch in kollaborativen Umgebungen (wie Bürger- oder Stadtverordnetenversammlungen) oder „unterwegs“ auf mobilen Geräten (z. B. bei der Bauausführung vor Ort). Hierbei kommen u. a. interaktive Modelle, Videos oder Einzelbilder zur Anwendung.

Bereitstellung von virtuellen 3D-Umgebungen

Für die Bereitstellung virtueller 3D-Stadtmodelle über ein Netzwerk und die Nutzung in Client-Anwendungen existieren drei grundlegende Ansätze (in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** näher erläutert): geodatenbasiert, grafikdatenbasiert und bildbasiert. Analog zur Visualisierung geographischer Daten durch 2D-Kartenservices (WMS) kann auch die Visualisierung und Nutzung von 3D-Stadtmodellldaten durch Services gekapselt und damit grundsätzlich interoperabel, wiederverwendbar und nachhaltig bereitgestellt werden.



Visualisierung verfügbaren Wohnraums in Berlin: Hervorhebung der Gebäude mit freien Wohnungen durch Vergrößerung und Einfärbung entsprechend (auf der GPU) berechnetem Mietpreis sowie Markierung von Kittas und Supermärkten in der Umgebung (gelb).
(Abbildung: 3D Content Logistics GmbH; Daten: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH)

Thematische Visualisierung 3D-Visualisierungsservices

Die serverseitige Kapselung der Datenintegration und -verwaltung ermöglicht zudem neue Verfahren zur thematischen Visualisierung von virtuellen 3D-Stadtmodellen, z. B. zur Nutzung für „Urban-Analytics“-Aufgaben. Serverseitig können verschiedene Fachdaten mit Raumbezug (z. B. gebäude-scharfe Energieverbrauchsdaten oder Mobilitätsdaten) an die Geoobjekte einer virtuellen 3D-Umgebung „angeheftet“ und dann gezielt für die grafische Gestaltung der virtuellen 3D-Umgebung genutzt werden. Im Vergleich zur Gestaltung von 2D-Karten stehen im Dreidimensionalen mehr grafische Variablen zur Verfügung. So können z. B. Gebäude in ihrer Fläche und Höhe skaliert werden oder Fachdaten auf Farben oder Texturen von Gebäudefassaden oder Gebäudedächern abgebildet werden (Abbildung Visualisierung verfügbaren Wohnraums). Basierend auf den technischen Fähigkeiten neuester Grafikkarten, Grafikschnittstellen und Webtechnologien (Grafikspeicher, Compute-Shader, dynamische Datentypen, WebGL, u. a.) können diese Daten sowie abgeleitete Werte zu komplexen Grafikstilen kombiniert werden.

4.4.5 Oberflächenmodelle aus Stereosatellitendaten (optisch und Radar)

Verfasser: Andreas Uttenthaler, GAF AG

Dieser Kurzaufsatz soll eine Auswahl an derzeit auf dem Markt befindlichen Digitalen Oberflächenmodellen darstellen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Neben den weltweit frei verfügbaren SRTM-Daten (56° Süd – 60° Nord) mit 90 m und 30 m Auflösung (mittlerweile auch für weite Teile der Welt frei verfügbar) und AsterGDEM v2 mit 30 m Auflösung, existieren auch diverse kommerziell verfügbare Oberflächenmodelle. Die aktuelle Marktsituation zeigt ein sehr heterogenes Bild in Bezug auf Auflösung, Genauigkeit, Preis, geographische Abdeckung und verwendete Ausgangsdaten. Diese komplexe Ausgangssituation macht für den Höhendatennutzer eine Beratung notwendig.

Weltweit flächendeckend verfügbare Oberflächenmodelle sind etwa NEXTMap World 30 der Firma Intermap und PlanetDEM 30 der Firma PlanetObserver.

NEXTMap World 30 ist eine Kombination aus SRTM, Aster GDEM v2, GTOPO30 und anderen Höhendaten mit nachgeschalteter Editierung und weist eine Auflösung von 30 m auf (<http://www.intermap.com/data/nextmap-world-30>).

PlanetDEM 30 mit ebenfalls 30 m Auflösung ist eine Kombination aus ASTER GDEM v2 und PlanetDEM 90 m Höhendaten (ebenfalls aus SRTM Daten und anderen Quellen erstellt) und wurde ebenfalls editiert (<http://www.planetobserver.com/products/planetdem/planetdem-30/>).

Die Firma Airbus Defence & Space bietet ihr Höhendatensortiment unter dem Namen GEO Elevation Services an (<http://www.geo-airbusds.com/de/677-geo-elevation-hohenmodelle>). Das Oberflächenmodell mit der niedrigsten Auflösung ist dabei das auf SPOT5 HRS Stereoaufnahmen basierende Elevation 30 Produkt, welches für ca. 80 Millionen km² verfügbar ist.

Die weiteren Höhendaten der GEO Elevation Service Reihe ist das WorldDEM mit 12 m Auflösung, basierend auf TanDEM-X und TerraSAR-X Radaraufnahmen. Dieser Datensatz wird derzeit für die ganze Welt erstellt. Neben dem WorldDEM gibt es auch noch das Elevation 10 Produkt, welches aus TerraSAR-X Daten prozessiert wird.

Elevation 8 Oberflächenmodelle werden aus den optischen SPOT 6 und SPOT 7 Stereo- und Tri-Stereo Satellitendaten erstellt und haben eine Auflösung von 8 m. Dieses Produkt wird auf Anfrage für das jeweilige Interessensgebiet prozessiert.

Euro-Maps 3D ist ein Digitales Oberflächenmodell aus optischen Stereosatellitendaten, welches im Zuge der langjährigen Kooperation zwischen Antrix, dem Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF) am DLR, und der GAF AG für große zusammenhängende Gebiete entsteht. Die Auflösung dieses aus indischen IRS-P5 Cartosat-1 Stereodaten erstellten Oberflächenmodells beträgt 5 m (http://www.euromap.de/pdf/Produktblatt_EuroMaps3D_Engl_V3.0_20140611.pdf).

ALOS World 3D wird aus ALOS Prism Tri-Stereo Daten der japanischen Weltraumbehörde (JAXA) erstellt. Die 5 m aufgelösten Oberflächenmodelle werden von den Firmen NTT DATA und RESTEC vertrieben und sollen für die ganze Welt produziert werden (<http://alos-world3d.jp/en/>).

NextMap 5 m ist das hoch aufgelöste Oberflächenmodell der Firma Intermap, generiert aus flugzeuggestützten Radaraufnahmen, welches für einige Länder flächenhaft verfügbar ist (<http://www.intermap.com/data/nextmap>).

Im sehr hoch aufgelösten Bereich gibt es folgende Produkte, die für kleinere Flächen auf Anfrage bereitgestellt werden:

- Elevation 1 / 4 Produkte werden auf Basis von Pleiades Stereo oder Tri-Stereo Satellitendaten von der Firma Airbus Defence & Space generiert und weisen eine Auflösung von 1 m oder 4 m auf.
- Das Tri-Stereo DSM der Firma GAF AG hat eine Auflösung von 0,5 m und wird aus hoch aufgelösten Tri-Stereo Satellitendaten generiert. Das Oberflächenmodell kann hierbei auf Basis von WorldView-1,-2,-3, GeoEye-1 und Pleiades Daten erstellt werden (<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo13/230Carl.pdf>).

Ausblick:

Ein aktueller Trend in der Erdbeobachtung geht in die Richtung der Nutzung von Videoaufnahmen aus dem All zur digitalen Oberflächenmodellgenerierung. Aktuell sind es die Satelliten SkySat-1 und SkySat-2 der Firma Skybox Imaging, welche hoch aufgelöste panchromatische Videos bis zu 90 Sekunden aufnehmen können. In naher Zukunft plant auch die kanadische Firma UrtheCast Farb-Videoaufnahmen von der Internationalen Weltraumstation ISS aufzuzeichnen.

NEU: ArcGIS Online. Noch nie war GIS so leicht!



GIS in der Cloud. Sie entwickeln, verschmelzen und publizieren Karten ohne GIS-Vorkenntnisse. Sie arbeiten in der abgesicherten Esri Cloud, publizieren selbst Ihren Content auf Websites, Blogs, in Sozialen Medien und abrufbereit auf Smartphones und Tablet-PCs. Überall und jederzeit. Mit voller Kontrolle darüber, wer darauf zugreifen darf. Willkommen in der neuen Dimension der Geoinformationssysteme!

 **esri** Deutschland

5 Methoden zu energiebezogenen GIS-Analysen

5.1 Berechnung der Energiebedarfe

5.1.1 Modellierung des Wärmebedarfs von Gebäuden

Verfasser: René Buffat, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Der Energieverbrauch des Gebäudeparks ist verantwortlich für einen signifikanten Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Eine GIS-Modellierung des Gebäudewärmebedarfs kann die zeitliche und räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs aufzeigen sowie als Basis dienen, um das Potenzial verschiedener Varianten zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden aufzuzeigen.

Modellierung mit typischen Energieverbrauchswerten

Die simpelste Art der Modellierung der Gebäudewärme ist mittels typischen Energieverbrauchswerten. Diese sind üblicherweise in Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche abhängig des Gebäudealters und Gebäudetyps angegeben. Nicht sanierte Altbauten benötigen einen bis zu vier Mal höheren Energieverbrauch als energieeffiziente Gebäude¹. Da typische Energieverbrauchswerte Durchschnittswerte darstellen, sind Abweichungen der modellierten Gebäudewärme und des effektiven Verbrauchs eines Gebäudes zu erwarten. Außerdem werden regional unterschiedliche meteorologische Einflussfaktoren nicht berücksichtigt.

Modellierung mit Gebäudewärmesimulationsprogrammen

Eine detailliertere Wärmemodellierung, die auch eine Abschätzung des tages- oder stundenweisen Wärmebedarfs erlaubt, ist die Berechnung des Wärmebedarfs mittels Gebäudewärmesimulationsprogrammen. Beispiele solcher Programme sind z. B. EnergyPlus², DOE-2³ oder IDA ICE⁴. Typischerweise benötigen diese Programme unter anderem Parameter wie Außentemperatur, Sonneneinstrahlung, Gebäudestruktur, verwendete Materialien, Wärmezonen oder gewünschte Raumtemperatur. Zurzeit gibt es keine standardmäßige Anbindung von Gebäudewärmesimulationsprogrammen in GIS-Software. Da die Berechnung der Gebäudewärme automatisiert werden kann, können Gebäudewärmesimulationsprogramme in GIS-Software integriert werden. EnergyPlus benötigt zur Berechnung des Wärmebedarfs eine Inputdatei mit der Spezifikation des Gebäudes. Diese Inputdateien können



Links: ungenaue Koordinaten, rechts: möglicher Tippfehler in den Koordinaten

¹ Energiekennzahl Wohnbauten, AWEL, Abteilung Energie, Baudirektion Kanton Zürich, März 2014

² <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>

³ <http://www.doe2.com>

⁴ <http://www.equa.se/de/ida-ice>

mittels Python-Bibliotheken (eppy¹ oder pyidf²) dynamisch erstellt werden. Mittels Python kann ein Prozess implementiert werden, der für jedes Gebäude aus den vorhandenen räumlichen Daten die benötigten Inputdateien generiert, die Berechnung durchführt sowie den berechneten Energiebedarf wieder importiert.

Daten

Für die Modellierung mit typischen Energieverbrauchswerten werden die Parameter Wohnfläche und Gebäudealter benötigt. Die Wohnfläche lässt sich über die Gebäudegrundrissfläche sowie die Anzahl der Stockwerke eines Hauses abschätzen. Die Gebäudegrundrissfläche kann von den Gebäudegrundrissen der amtlichen Vermessung abgeleitet werden. Die Anzahl Stockwerke und das Gebäudealter können in Registern der statistischen Ämter erfasst sein. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht zwingend gemeinsame Schlüssel zwischen Daten der amtlichen Vermessung und der statistischen Ämter existieren. Erschwerend ist zudem, dass die Definition eines Hauses sowie die Qualitätsanforderungen (speziell der räumlichen Daten) je nach Datensatz unterschiedlich sein können.

Da die manuelle Bereinigung von größeren Datensätzen nicht machbar ist, musste ein Algorithmus implementiert werden, der sowohl mit ungenauen Geometrien der Registerdaten als auch in den Daten enthaltenen Tippfehlern umgehen kann. Beispiele von fehlerhaften Koordinaten sind in obenstehender Abbildung dargestellt. Der Algorithmus erlaubt zusätzlich den Einbezug von weiteren Datensätzen wie Parzellen und Gebäudeeingängen aus der amtlichen Vermessung.

Während meteorologische Daten bei Wetterdiensten verfügbar sind, gestaltet sich die Datengrundlage bei den verwendeten Gebäudematerialien, Gebäudestruktur und Renovationsstand schwieriger. Falls keine Daten der einzelnen Gebäude vorliegen, muss der aktuelle Renovationsstand anhand der in der Bauperiode üblich verwendeten Materialien sowie der üblichen Lebensdauer verschiedener Bauteile geschätzt werden.

5.1.2 Statistische Ermittlung des Wärmebedarfs unter Verwendung von Verbrauchsdaten

Verfasser: *Johannes Feindler, Stadtwerke Rosenheim GmbH*

Zur Ermittlung von Wärmebedarfswerten für Wohngebäude bestehen mittlerweile unterschiedliche Ansätze. Die Energieversorger besitzen aus der Verbrauchsabrechnung genaue Daten über den Wärmeverbrauch der Gebäude, die an die Gas- oder Fernwärmeversorgung angeschlossen sind. Aus datenschutzrechtlichen Gründen können diese Daten jedoch Dritten nicht zugänglich gemacht werden. In der hier beschriebenen Methode werden der Gebäudegeometrie und den Gebäudeattributen durchschnittliche Wärmebedarfswerte zugewiesen, die über die Wärmeverbrauchswerte ermittelt wurden. Dadurch wird auch das individuelle Heizverhalten der Bewohner, das zu unterschiedlichen Wärmeverbrauchswerten führt, gemittelt und ausgeglichen. Grundlage ist eine Gebäudedatenbank mit dem derzeitigen Wärmebedarf. Bestehen auch Daten zu dem Sanierungsstand der Wohngebäude, lassen sich auch Aussagen über den künftigen Wärmebedarf erstellen.

Gebäudegeometrie

Die Gebäudegeometrie wird in dem 3D-Gebäudemodell LoD1 oder LoD2 beschrieben. Die Verfügbarkeit ist in den einzelnen Bundesländern verschieden, jedoch sind zumindest LoD1-Daten mittlerweile weitgehend verfügbar. Aus diesen Daten lassen sich die Parameter für das Volumen, das A/V-Verhältnis (Verhältnis der Grundfläche zum Volumen) oder die Brutto- und Nettoaußenflächen (z. B.

¹ <https://github.com/santoshphilip/eppy>

² <https://github.com/rbuffat/pyidf>

Außenflächen bei Reihenhäusern) ableiten. Wichtigster Parameter ist das Gebäudevolumen, über das die Energiebezugsfläche ermittelt werden kann.

$$\text{Energiebezugsfläche AN} = 0,32 \cdot V_{\text{Gebäude}} \text{ m}^{-1}$$

Gebäudeattribute

Die Gebäudeattribute beschreiben die Eigenschaften des Gebäudes wie die Adresse, den Wohng Gebäudetyp, das Baujahr, den Sanierungsstand oder die Gebäudenutzung. Als weiteres Attribut lässt sich die Anschlussobjektnummer aus dem ERP (Enterprise-Resource-Planning), die in der Regel bereits im GIS verortet sind, als Schlüssel zur Anbindung der Verbrauchswerte in die Gebäudedatenbank einbinden. Die wichtigsten Gebäudeattribute neben der Adresse sind der Wohng Gebäudetyp und die Baualtersklasse. Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) erstellte eine deutsche Gebäudetypologie und teilte den Gebäudebestand in Klassen nach Gebäudetyp und Baualtersklasse ein.

Wohng Gebäudetypen

Einfamilienhaus
Reihenhaus
Mehrfamilienhaus
Großes Mehrfamilienhaus
Hochhaus

Baualtersklassen

A	Bis 1859	F	1969 – 1978
B	1860 – 1918	G	1979 – 1983
C	1919 – 1948	H	1984 – 1994
D	1949 – 1957	I	1995 – 2001
E	1958 – 1968	J	2002 - 2009

Quelle: IWU Deutsche Gebäudetypologie

Die benötigten Daten zu den Gebäudeattributen werden an verschiedenen Stellen geführt. Jedoch ist die Datenqualität je nach Datenquelle unterschiedlich. Die städtischen Bauämter führen Daten zum Wohng Gebäudetyp und dem Baujahr. Als weitere Quelle führen die Kaminkehrer genaue Daten über die Heizungsanlagen und Wohngebäude. Auch von privaten Datenanbietern können Informationen zum Wohng Gebäudetyp und zur Baualtersklasse bezogen werden. Je nach Erhebungsverfahren erhält man statistische Daten oder eine Mischung aus statistischen Daten und Ortsvergleich. Über eine Stichprobenprüfung der Datenqualität kann somit beurteilt werden, ob sie für die Aufgabenstellung ausreichend ist.

Methode zur Wärmebedarfsermittlung

Dieser Ansatz beschränkt sich auf das Gebäudevolumen, der daraus errechneten Energiebezugsfläche und der Baualtersklasse, da diese Daten in der Regel verfügbar sind und sich einfach verarbeiten lassen. Über die Adressierung werden jedem Wohngebäude der Wohng Gebäudetyp, die Baujahresklasse und die Anschlussobjektnummer zugewiesen. Aus dem ERP kann nun der reale Wärmeverbrauch für Gas oder Fernwärme in der Gebäudedatenbank zugewiesen werden. Anschließend lässt

ID	ORT	STR_NAME	HAUSNR	ZUSATZ	GEB_TYP	BAUJAHRSKL	FLÄCHE	AO NR	Energieträger	REALKWH	KWh/m²(a)REAL	DKWh/m²(a)	KWh/a
523811	Rosenheim	Pürstlingstr.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	253	10002359	Öl			118	29.854
523914	Rosenheim	Alfred-Berchthold-Weg			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	342	10001279	Öl			118	40.356
523955	Rosenheim	Meraner Str.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	316	10004266	Gas	49.319	156	118	37.288
523956	Rosenheim	Münchener Str.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	366	10001258	Gas	49.298	135	118	43.188
523957	Rosenheim	Heubergs.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	642	10002328	Gas	66.200	103	118	75.756
526440	Rosenheim	Salurner Str.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	285	10002497	Gas	32.447	114	118	33.630
526484	Rosenheim	Sterzinger Str.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	580	10003258	Öl			118	68.440
532327	Rosenheim	Sudetenlandstr.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	720	10012634	Gas	59.531	83	118	84.960
532482	Rosenheim	Schießstattstr.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	586	10001256	Öl			118	69.148
532484	Rosenheim	Pater-Petrus-Str.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	783	10002359	Öl			118	92.394
532489	Rosenheim	Schießstattstr.			Mehrfamilienhaus	1969 bis 1978	670	10001286	Öl			118	79.060

GIS Daten
ERP Daten
Errechnete Daten

Gebäudedatenbank

sich über die Selektion nach Wohngebäudetyp und Baujahresklasse prüfen, ob für eine ausreichende Anzahl an Datensätzen reale Verbrauchswerte vorliegen, um aussagekräftige Durchschnittswerte zu erhalten. Erst ab einer definierten Mindestanzahl von Werten können diese weiterverarbeitet werden, damit das Ergebnis nicht durch einzelne Werte verfälscht wird und sich ein aussagekräftiger Durchschnittswert ermitteln lässt. Nun wird für jeden Wohngebäudetyp und gleiche Baujahresklasse über die Energiebezugsfläche der durchschnittliche Wärmeverbrauch in (KWh/m²(a))REAL errechnet. So kann DKWh/m²(a) aus den Werten für alle gleichen Wohngebäudetypen und Baujahresklassen der durchschnittliche Wärmebedarf ermittelt werden. Auf diese Weise ist jetzt der Wärmebedarf anonymisiert und wird allen Wohngebäuden gleichen Typs und gleicher Baujahresklasse zugewiesen und der gesamte Jahreswärmebedarf (KWh/a) errechnet. Weisen die Wohngebäude im Stadtgebiet unterschiedliche Strukturen auf, z. B. innerstädtisch oder Stadtrandbezirke, können die Durchschnittswerte auch durch eine räumliche Selektion differenziert berechnet werden.

Über die realen Verbrauchswerte fließt auch der Anteil für Warmwasser pauschalisiert mit ein, ohne jedoch die Anzahl der Bewohner des einzelnen Wohngebäudes zu berücksichtigen. Auch unberücksichtigt bleibt Wärme aus zusätzlichen Quellen, z. B. Kachelöfen. Über die Verbrauchswerte wird der Wärmebedarf automatisch klimabereinigt an die örtlichen Gegebenheiten angepasst. Der Ansatz ist als einfache und pragmatische Lösung auf Basis von Verbrauchsdaten, die anonymisiert in die Ermittlung einfließen, zu sehen.

5.1.3 Berechnung der Wärmebedarfe mittels Gebäudesimulationsverfahren

Verfasser: Romain Nouvel, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

Der Heizwärmebedarf ist die Nutzenergie, die zum Heizen der Gebäude bzw. Räume benötigt wird.

Im Vergleich zu 2D-GIS-Modellen, enthalten 3D-GIS-Modelle die wesentlichen geometrischen Information die zur Berechnung des Gebäudeheizwärmebedarfs benötigt werden, d. h. das Gebäudevolumen, die Hüllfläche und ihre Orientierung. Zusätzlich zu diesen geometrischen Informationen sind bauphysikalische Gebäudekennwerte (U-Werte, g-Werte), Gebäudenutzungsdaten (Luftwechsel, Nutzerprofile) sowie lokale Wetterdaten erforderlich.

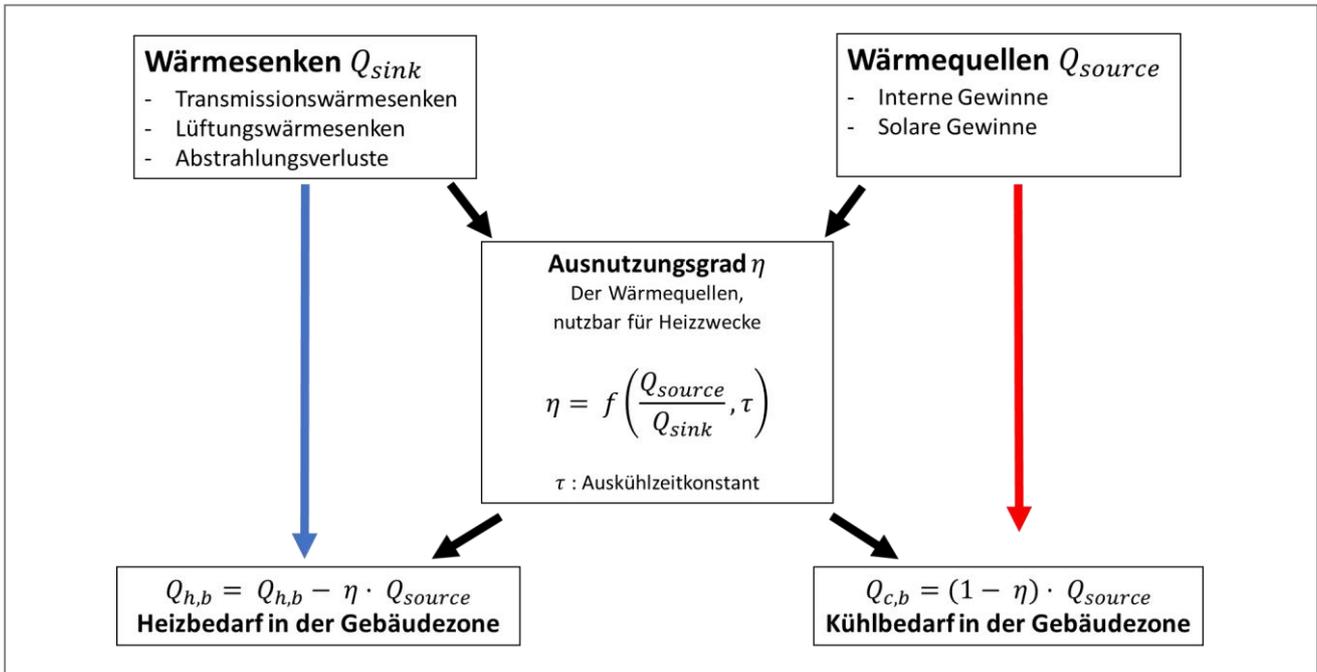
Je nach Simulationsziel und Datenverfügbarkeit können verschiedene Berechnungsverfahren und thermische Gebäudemodelle eingesetzt werden.

Falls nur der Jahres- oder Monatsheizwärmebedarf pro Gebäude berechnet werden soll, z. B. für die Bewertung der Gebäudeenergieeffizienz oder für Zertifizierungsnachweise, ist eine (quasi-)statische Wärmebilanz generell am besten geeignet, wie im Monatsbilanzverfahren der DIN 18599¹ oder der ISO 13790² beschrieben.

Bei diesen Verfahren werden die Wärmeverluste (Transmission- und Lüftungswärmesenken) und die Wärmegewinne (hauptsächlich interne Gewinne durch Bewohner und Geräte sowie die solaren Gewinne) bilanziert. Die Gleichzeitigkeitseffekte von Gewinnen und Verlusten wird durch einen Ausnutzungsgrad berücksichtigt.

¹ DIN V 18599-2:2011. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen.

² ISO 13790:2008. Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung.



Prinzip zur Ermittlung des Heizwärme- und Kühlenergiebedarfs einer Gebäudezone
(Quelle: basiert auf DIN18599-2:2011)

Dieses Verfahren bietet ein gutes Verhältnis von Ergebnisgenauigkeit, Datenanforderung und Rechenzeit.

Untersuchungen haben gezeigt, dass mit diesem Verfahren bei guter Qualität der Eingangsdaten eine Standardabweichung von 10 % bis 20 % [Nouvel et al., 2013] zwischen tatsächlich gemessenen Werten des Wärmeverbrauchs und den berechneten Werten pro Gebäude erzielt werden kann.

Für die Bewertung der Energieeffizienz pro Gebäude, wird der Jahres-Heizwärmebedarf auf die beheizte Geschossfläche normiert, d. h. der spezifische Heizwärmebedarf (in kWh/m²a) betrachtet. Für die Visualisierung im 3D-Stadtmodell wird generell eine Farbtabelle Grün-Rot (oder Blau-Rot) angewendet. Die Farbklassen und die Heizwärmebedarfskategorien sind angelehnt an die österreichische Norm ÖNORM H5055.

Für die Dimensionierung und Simulation von Heizsystemen oder zur Ermittlung von optimalen Regelstrategien ist eine dynamische Gebäudesimulation erforderlich.

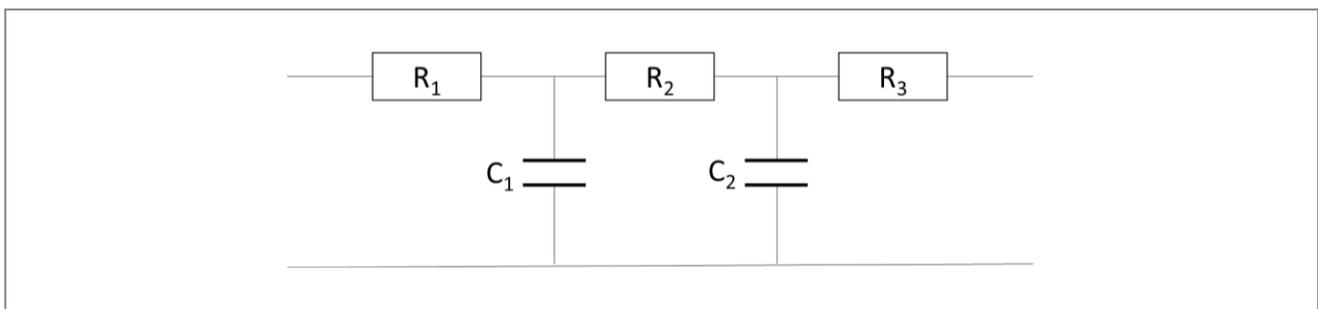
SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)		
A ++	Passivhäuser	< 10 kWh/m ² .a
A +		< 15 kWh/m ² .a
A	Niedrigenergiehäuser	< 25 kWh/m ² .a
B		< 50 kWh/m ² .a
C		< 100 kWh/m ² .a
D	Bauordnung	< 150 kWh/m ² .a
E		< 200 kWh/m ² .a
F	Alte unsanierte Gebäude	< 250 kWh/m ² .a
G		> 250 kWh/m ² .a

Spezifische Heizwärmebedarfskategorien für Wohngebäude
(Quelle: basiert auf der ÖNORM H5055)

Im Vergleich zu statischen Verfahren wird in dynamischen Gebäudesimulationen der Einfluss der Wärmekapazität der Bauteile, das Nutzerverhalten (durch Eingabe von Profilen) und die Interaktion zwischen Gebäude und Anlagensystem berücksichtigt. Diese dynamische Betrachtung bedarf allerdings einer deutlich größeren Menge an Eingangsdaten/Eingangsparameter. In den meisten Fällen sind jedoch nicht alle Informationen verfügbar (aus Planungsunterlagen oder Messungen), daher greift man auf Standardwerte von Material- und Profilibibliotheken zurück.

Nachfolgend werden drei gängige dynamische Gebäudesimulationsverfahren beschrieben:

- Lösung der Wärmebilanzgleichungen anhand finiter Differenz- oder Response-Funktionsverfahren wie in den Gebäudesimulationsprogrammen EnergyPlus oder TRNSYS: diese haben hohe Anforderungen an die Datenqualität, Modellierungs- und Berechnungszeiten. Auf Stadtebene führt die Anwendung von diesen Simulationsmodellen oft zu erheblichen Datenspekulationen und Ungenauigkeiten.
- Black- oder Grey-Box-Verfahren haben zum Ziel, die Datenanforderungen zu reduzieren, indem die Zusammenhänge zwischen Input- und Outputgrößen beobachtet und durch einfache Gleichungssysteme modelliert werden. Hierbei werden physikalische Zusammenhänge untergeordnet berücksichtigt. Das Ziel ist es, einen korrekten mathematischen Zusammenhang für einen bestimmten Fall zu finden. Da diese Modelle für spezifische Fälle erstellt werden, ist es schwierig, eine Allgemeingültigkeit abzuleiten.
- Vereinfachte dynamische Gebäudemodelle, basierend auf elektrischen Analogien (RC-Netzwerk): Dieses Verfahren (z. B. nach dem Standard VDI 6007) scheint, das beste Verhältnis Datenanforderung/Berechnungszeit zu haben und wird von Urbanenergiesimulation Software, wie CitySim, benutzt.



*Thermisch-dynamisches Modell einer Wand
(Quelle: basiert auf VDI 6007:2012)*

Wird z. B. für die Berechnung der Heizwärme pro Gebäudewohnung oder Raum eine genauere räumliche Auflösung benötigt, können MultiZonen-Gebäudemodelle verwendet werden.

Neben den thermischen Gebäudemodellen müssen noch (mikro-)klimatische und Strahlungsmodelle für die Simulationen verwendet werden. Hierzu werden die thermischen Gebäudemodelle mit lokalen Wetterdaten verknüpft. Hierfür existieren verschiedene Modelle, die je nach Simulationsziel und gewünschter Ergebnisgenauigkeit eingesetzt werden können. Im einfachsten Fall werden Temperatur- und Strahlungsdaten der nächsten Wetterstation verwendet. In dicht besiedelten Städten führt die Anwendung von Strahlungsalgorithmen, welche Verschattung und Reflexion berücksichtigen sowie „Urban Heat Island Modelle“, zu besseren Ergebnissen.

Weiter spielt das Nutzerverhalten eine erhebliche Rolle für die Berechnung eines realitätsnahen Heizwärmebedarfs. Standardberechnungsverfahren wie nach DIN 18599 oder VDI 6007¹ empfehlen Standardnutzungsbedingungen wie Soll-Temperatur, Luftwechsel oder Nutzungszeiten, die „durchschnitt-

¹ VDI 6007:2012. Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden Raummodell. VDI-Richtlinien.

lichen“ Gebäudebewohnern entsprechen sollen. Allerdings unterscheiden sich die tatsächlichen Nutzungsbedingungen und der daraus resultierende Heizwärmeverbrauch oft erheblich zu den in der Norm vorgegebenen Bedingungen. Manche empirischen Modelle versuchen diese Abweichung durch die Integration eines Nutzungsfaktors, abhängig von sozio-demographischen Parametern oder vom Gebäudeenergiezustand [Born, 2003], zu minimieren.

Referenzen

- BORN, R.; DIEFENBACH, N.; LOGA, T. (2003): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie. Institut Wohnen und Umwelt.
- NOUVEL, R.; SCHULTE, C.; EICKER, U.; PIETRUSCHKA, D.; COORS, V. (2013): CityGML-based 3D City Model for energy diagnostics and urban energy policy support. In: Proceedings IBPSA World 2013

5.1.4 Ermittlung der Warmwasserbedarfe von Gebäuden

Verfasser: Romain Nouvel, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

Der Trinkwarmwasserbedarf ist die Nutzenergiemenge, die benötigt wird, um das Zapfwasser der verschiedenen warmwasserverbrauchenden Einrichtungen zu erwärmen.

Der Trinkwarmwasserbedarf ist stark von der Gebäudenutzung abhängig, z. B. Gebäudetyp (Wohn-, Büronutzung oder Industriebau), Anzahl, Verhalten sowie Alter der Nutzer und von der technischen Gebäudeausstattung, z. B. Duschen, Badewannen oder Wärmeprozesse.

Wird eine standardisierte Personenbelegungsdichte zugrunde gelegt, kann die Nutzfläche auch eine nützliche Information darstellen. Grundsätzlich kann die Geometrie eines Gebäudes jedoch nicht alleine herangezogen werden, um den Warmwasserbedarf zu berechnen.

Zur Erstellung einer Energiebilanz werden statistische Trinkwarmwasserbedarf-Kennzahlen verwendet. Hierfür finden sich unterschiedliche Quellen wie DIN-Normen, VDI-Richtlinien, Messkampagnen und Angaben der Europäischen Kommission:

- In der DIN 18599-10 (Tabelle Richtwerte des Nutzenergiebedarfs Trinkwarmwasser für Nichtwohngebäude) wird der tägliche Trinkwarmwasserbedarf auf Person, Bett, Waren oder auf Quadratmeter Geschossfläche bezogen angegeben.
- In der VDI 2067 12:2000 werden für Wohngebäude je nach Wohnungsausstattung 30 bis 60 Liter Trinkwarmwasser (mit einer Temperatur von 40 °C) je Person und Tag unterschieden. Dies entspricht einem Nutzenergiebedarf von ca. 1 bis 2 kWh je Person und Tag für die Warmwassererwärmung (bei einer angenommenen Kaltwassertemperatur von 10 °C).
- In der VDI 2067 12:2000 werden für Wohngebäude je nach Wohnungsausstattung 30 bis 60 Liter Trinkwarmwasser (mit einer Temperatur von 40 °C) je Person und Tag unterschieden. Dies entspricht einem Nutzenergiebedarf von ca. 1 bis 2 kWh je Person und Tag für die Warmwassererwärmung (bei einer angenommenen Kaltwassertemperatur von 10 °C).
- Messkampagnen in Deutschland und Österreich von 22 bzw. 53 Mehrfamilienhäusern ergaben einen durchschnittlichen Nutzenergiebedarf von 4 kWh bzw. 4,4 kWh pro Wohnung und Tag [MACK, 1998] [THÜR, et al., 2006]
- Die Europäische Kommission nennt im „mandate M/324“ (CEN/TC113N380:2003) für eine Familie einen durchschnittlichen Trinkwarmwasserbedarf von 5,85 kWh pro Tag.

Werden Trinkwarmwasserprofile mit einer Zeitauflösung unterhalb einer Stunde benötigt (typischerweise zwischen 1 und 10 Minuten), z. B. für die Dimensionierung und Simulation von Heizsystemen und der Optimierung von Kontrollstrategien, können entweder statistische Zapfprofile oder stochastische Modelle verwendet werden.

Nutzung	Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser	
	Nutzungsbezogen	Flächenbezogen Wh/(m ² ·d)
Bürogebäude	0,4 kWh je Person und Tag	30
Bettzimmer/Krankenhaus	6 kWh je Bett und Tag	400
Schule ohne Duschen	0,4 kWh je Person und Tag	130
Schule mit Duschen	1,5 kWh je Person und Tag	500
Einzelhandel / Kaufhaus	1 kWh je Beschäftigte und Tag	10
Werkstatt, Industriebetrieb (für Waschen und Duschen)	1,8kWh je Beschäftigte und Tag	90
Hotel einfach	1,9 kWh je Bett und Tag	240
Hotel mittel	3,5 kWh je Bett und Tag	350
Hotel Luxus	5,5 kWh je Bett und Tag	460
Restaurant, Gaststätte	1,1 kWh je Sitzplatz und Tag	920
Heim	2,3 kWh je Person und Tag	150
Kaserne	1,8 kWh je Person und Tag	180
Sportanlage mit Dusche	1,8 kWh je Person und Tag	-
Gewerbeküchen, Kantine	0,4 kWh je Menu	-
Bäckerei	5 kWh je Beschäftigte und Tag	-
Friseure	6 kWh je Beschäftigte und Tag	-
Fleischerei mit Produktion	18 kWh je Beschäftigte und Tag	-
Wäscherei	20 kWh je 100kg Wäsche	-
Brauerei	15 kWh je 100l Bier	-
Molkerei	10 kWh je 100l Milch	-
Saunabereich	2,8 kWh je Person und Tag	235
Labor	0,4 kWh je Person und Tag	30
Fitnessraum	1,5 kWh je Person und Tag	300

*Richtwerte des Nutzenergiebedarfs Trinkwarmwasser für Nichtwohngebäude
(Quelle: basiert auf DIN 18599-10:2011)*

Statistische Zapfprofile für Wohngebäude sind z. B. verfügbar im „mandate M/324“ (CEN/TC113N380 2003) und (FprEN 16147 2010).

Die stochastische Modellierung des Trinkwasserverbrauchs basiert auf der Dauer, der Nutzungsfrequenz und Intensität des Wasserflusses der verschiedenen wasserverbrauchenden Einrichtungen wie in oben stehender Abbildung dargestellt. Um die Wahrscheinlichkeit des Trinkwarmwasserverbrauchs für einen bestimmten Zeitpunkt zu modellieren, werden zusätzlich Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen einbezogen.

Damit können die Trinkwarmwasserprofile von den Gebäuden eines Quartiers aggregiert werden, um auf eine realistische Spitzenlast schließen zu können (im Gegensatz zu statistischen Profilen, deren Summierung ungültig ist).

Verschiedene Softwaretools wie DHWcalc und SimDeum verwenden solche stochastischen Modelle zur Vorhersage der Profile.

1	2	3	4	5
Grundnutzen	Durchfluss	Dauer der Entnahme	Nutzungsfrequenz	Nutztemperatur
	\dot{V}	Δt	f	ϑ_N
	l/min	Min	d ⁻¹	°C
Ganzreinigung des Körpers				
nur dusche	6 bis 10	2 bis 10	0,5	40
nur Wanne, normal	-	-	0,3	40
nur wanne, groß	-	-	0,3	40
Dusche und Wanne, normal oder Wanne, groß	-	-	0,4	40
	-	-	0,1	40
	-	-	0,1	40
Teilreinigung des Körpers				
Waschtisch	4	1 bis 2	2 ¹⁾	40
Bidet	6	1 bis 2	0,5	40
Reinigung des Geschirrs				
nur von Hand (Spüle)	-	-	0,6	50
Maschine (TWW)	-	-	0,2	55
Reinigung der Wäsche				
Maschine (TWW)	-	-	0,15 bis 0,30	60

Wasser- und Wärmebedarf für erwärmtes Trinkwasser
(Quelle: basiert auf VDI 2067-12:2000)

Referenzen

- BORN, R.; DIEFENBACH, N.; LOGA, T. (2003): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie. Institut Wohnen und Umwelt.
- MACK, M.; SCHWENK, C.; KÖHLER, S., (1998): Kollektoranlagen im Geschosswohnungsbau – eine Zwischenbilanz. In: Tagungsband Internationales Sonnenforum, 73 (1), 33-42.
- THÜR, A.; FURBO, S.; SHAH, L. J. (2006): Energy Savings for Solar Heating Systems. Solar Energy.

5.2 Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen

5.2.1 Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen durch Gebäudesanierung

Verfasser: Romain Nouvel, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

3D-GIS sind wirkungsvolle Instrumente, um langfristige Klima- und Energiestrategien zu planen.

Insbesondere können die Energieeinsparpotenziale infolge von bestimmten Sanierungsmaßnahmen zielorientiert vorausberechnet werden.

Um das Energieeinsparpotenzial eines Gebäudes zu berechnen, muss zuerst möglichst genau der energetische Istzustand charakterisiert werden, möglichst durch ein kalibriertes thermisches Gebäudemodell. Dann können energetische Sanierungsmaßnahmen, wie die Dämmung von Wänden, Dach

oder Kellerdecke, der Austausch von alten Fenstern durch neue, energieeffiziente Fenster und die Luftabdichtung der Gebäudehülle im Gebäudemodell integriert und der zukünftige, erwartbare Wärmebedarf berechnet werden.

Obwohl theoretisch unzählige Kombinationen von Sanierungsmaßnahmen bestehen, wird generell ein Paket von sinnvoll kombinierbaren Maßnahmen berücksichtigt, das dem Standortklima und der Baukonstruktionsart der Gebäude angepasst ist. Die Vorschläge orientieren sich dabei an den Empfehlungen des europäischen Projekts Tabula. Ziel ist es, die Schwachpunkte in der Gebäudehülle zu reduzieren und die Wirkung der Investitionskosten zu optimieren.

In Deutschland hat das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) zwei Modernisierungspakete entwickelt („konventionell“ und „zukunftsweisend“), die basierend auf Baualter¹ und Gebäudetyp für 37 Gebäudetypologien individualisiert wurden. So wird beispielsweise Innendämmung für ältere Gebäude mit erhaltenswerten Fassaden (Fachwerkhäuser oder Quadersteine) bevorzugt, während sich Außendämmungen bei Gebäuden der Nachkriegszeit anbieten. So kann ohne Wohnflächenverlust ein besserer Dämmstandard erzielt werden.

Modernisierungspaket 1: "konventionell"		Modernisierungspaket 2: "zukunftsweisend"	
Maßnahme	U-Wert W/(m²K)	Maßnahme	U-Wert W/(m²K)
Dämmung 12 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig) 	0,19	Dämmung 30 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig) 	0,09
Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern) 	0,23	Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern) 	0,13
Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,3	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen 	0,8
Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,31	Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf 	0,23

Modernisierungspakete „konventionell“ und „zukunftsweisend“

(Quelle: Deutsche Gebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Institut Wohnen und Umwelt)

Gebäuden, die in der Nachkriegszeit und vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977 erbaut wurden, weisen mitunter Einsparpotenziale von bis zu 80 % für die Heizwärme auf (siehe Praxisbeispiel Ludwigsburg, Kapitel 6.5).

Für eine energetische Sanierung, die die Erneuerung der Wärmerversorgungssysteme enthält, wird das Einsparpotenzial hinsichtlich der Primärenergie berechnet.

5.2.2 Energie sparen durch gezieltes Energiecontrolling und -management

Verfasser: Anna Füllenbach, AED-SYNERGIS GmbH; Frank Möller, ARC-GREENLAB GmbH

Ein effizienter Umgang mit Energie ist ein wichtiger Umwelt- und Kostenfaktor in Unternehmen und Verwaltungen. Die verantwortlichen Mitarbeiter sind permanent gefordert, Einsparpotenziale aufzudecken und damit hohen Energieverbräuchen entgegenzuwirken. In diesem permanenten Prozess der Energiedatenerfassung, Auswertung und Bewertung mit dem Ziel geeignete Lösungen abzuleiten

¹ Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Institut Wohnen und Umwelt.

und daraus Maßnahmen zu konzipieren und umzusetzen, ist ein leistungsfähiges Datenerfassungs- und Auswertungswerkzeug eine wichtige Komponente. Im hier gezeigten Beispiel wird für die Energiedatenerfassung, Auswertung und Bewertung die Software ProOffice Energiemanagement genutzt, welche verschiedene Aspekte des Energiecontrollings zusammenführt.

⚙ Gebäude

Nummer	01
Bezeichnung	Bürogebäude
Inventarnummer	
Liegenschaft	DE-DD-001, Gewerbegrundstück
Straße/Hausnr.	Wittenberger Str. 116
PLZ/Ort	01277 Dresden
Land	Deutschland
Eigentümer	
Vermerk zum Eigentum	keine Angabe
Nutzer	AED-Solution Group ⓘ
Verantwortlicher	Kirsten, Stephan ⓘ
Organisation	

Bild



Grunddaten ▼

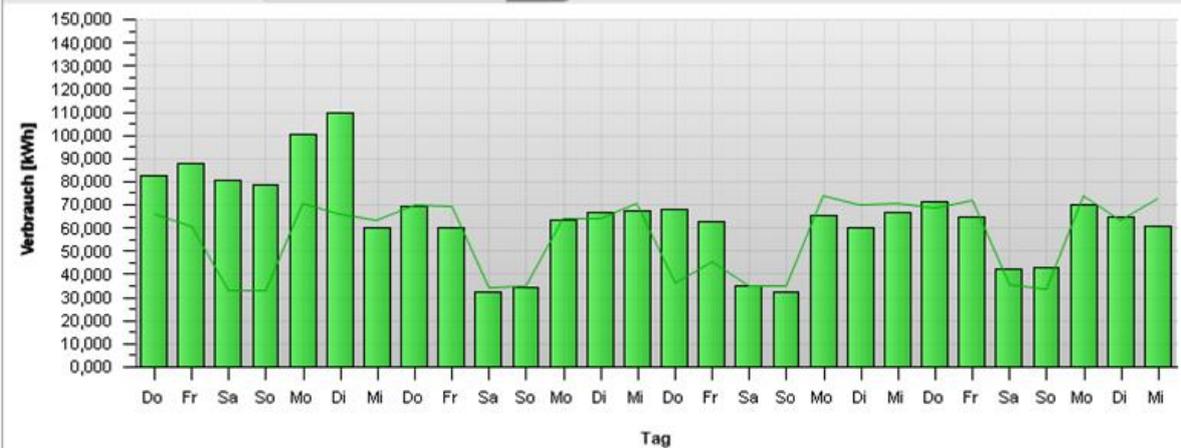
Flächenbilanzen ▼

Diagramm
📅 ⚡ 💧 🌊
▲

Datum

11.12.2013

📅



Zeitliche Darstellung von objektbezogenen Verbräuchen

Datenerfassung

Zur Erfassung von Ablesedaten stehen dem Anwender verschiedene Funktionen zur Verfügung. Zum einen können über Importschnittstellen als Listen bereitgestellte Verbrauchsdaten importiert werden. Zum anderen stehen dem Anwender eine Verbrauchswert- und Zählerstandschnellerfassung zur Verfügung. Optional können Sensoren für die permanente Messung von Verbräuchen integriert werden.

Diese liefern aktuelle Verbrauchswerte in frei wählbarer zeitlicher Auflösung und benötigen keine Ablesung vor Ort.

Auswertungen

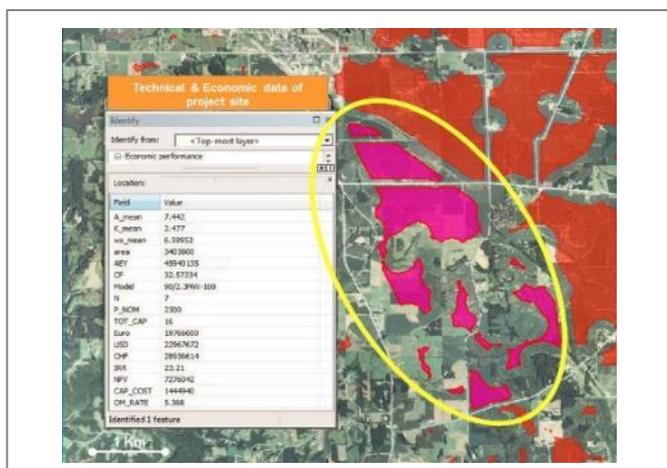
Eine hohe Datentransparenz wird über Berichte und Vergleiche für grafische oder alphanumerische Auswertungen ermöglicht, wie Vormonats-/Vorjahresvergleiche, Vergleich der Verbräuche bezogen auf Versorger und Verbraucher, Verbrauch pro Tag und Fläche. Dabei werden Gradtagszahlen berücksichtigt. In Verbindung mit am Zählpunkt hinterlegten Energieverträgen lassen sich auch anbieterbezogene Aussagen treffen. Die Ergebnisse der Auswertungen unterstützen die Prüfung sowie Nachweis und Dokumentation der Wirksamkeit getroffener Maßnahmen zu jeder Zeit.

5.3 Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien

5.3.1 Methoden zur Solar- und Windpotenzialanalyse

Verfasser: Stefano Grassi, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Mit der Entwicklung der Photovoltaik (PV) und von Windturbinen wurden Hausdächer und weite Landflächen an geeigneter Lage zu Standorten für die Installation stromgenerierender Anlagen. Die Regierungen verschiedener Nationen haben unterschiedlich erfolgreiche Energiestrategien und Subventionen eingerichtet [Gadsden et al., 2003; Wiginton et al., 2010], um die PV- und Windtechnologie attraktiv zu machen und die energetische Unabhängigkeit zu erreichen. Dafür ist die genaue räumliche Ermittlung des Solar- [Nguyen & Pearce, 2010] und Windpotenzials in einem Staat zentral [Grassi et al., 2012], um die erwartete Integration der Stromproduktion von erneuerbaren Energien zu quantifizieren.



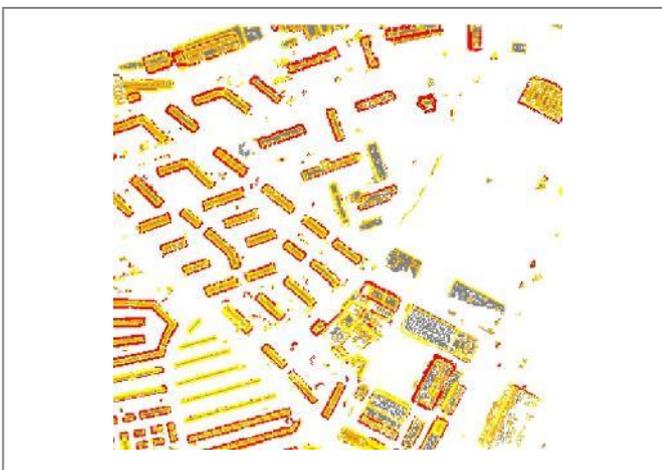
Technische und wirtschaftliche Parameter einer geeigneten Fläche zur Installation von Windturbinen [Grassi, 2012]

Gesetzesbestimmungen definieren mitunter die Wahl der Geodaten und werden so weit wie möglich mit GIS in die bestehenden Geodaten integriert, indem beispielsweise Schutzabstände durch Puffer (z. B. zwischen Siedlungen und Hochspannungsleitungen) ausgedrückt werden. Gebiete mit einer Neigung größer als 20° werden ausgeschlossen, da die Installation von Windturbinen problematisch ist. Die Menge aller geeigneten Standorte ist oft unregelmäßig verteilt (siehe Abbildung) und ergibt sich, indem von der Gesamtfläche alle Pufferzonen und ungeeigneten Gebiete subtrahiert werden. Dank diesen Flächen kann anschließend das Potenzial berechnet werden.

Die heutige Verfügbarkeit genauer räumlicher Daten erlaubt es – im Gegensatz zur Vergangenheit – durch die Bottom-up-Methode das Solar- und Windpotenzial mithilfe von GIS abzuschätzen. Die Qualität und die Auflösung der Geodaten beeinflussen dabei die Ungenauigkeiten eines solchen Modells und infolgedessen die Konzeption einer soliden Energiestrategie. Zur Abschätzung des Solar- und Windpotenzials wird in erster Instanz analysiert, welche Geodaten für die Ermittlung potenzieller Standorte für Windkraftanlagen sinnvoll eingesetzt werden können. Im Windbereich werden alle räumlichen Daten (Raster- und Vektordaten) identifiziert, die eine Landschaft charakterisieren (u. a. Topographie, Bodenbedeckung, Schutzgebiete, Landnutzung, Infrastrukturen etc.) oder den Bau von Anlagen beeinflussen (u. a. Richtpläne, Bauzonenpläne etc.).

In den nachfolgenden Phasen können mit unterschiedlichen Methoden das Potenzial und die potenzielle Stromproduktion jeder Fläche ausgerechnet werden. Da mehrere Windturbinen auf jeder geeigneten Fläche platziert werden können, spielt die Interaktion untereinander nebst der Windrichtung, welche die Effizienz der Windturbinen beeinflusst, eine wichtige Rolle [Grassi et al., 2014]. In den letzten zwanzig Jahren wurde der Einfluss dieser Interaktion auf die Stromproduktion in mehreren Studien untersucht und daraus ein ideales Anordnungsmodell erstellt. Die Anordnung der Windturbinen stellt einen zentralen Punkt dar, ist aber mittlerweile auch kompliziert mit GIS zu modellieren. Daher gibt es zwei Hauptmethoden, um das Potenzial und die Stromproduktion auszurechnen.

Die erste Methode ist die Modellierung und die Integration der Interaktion der Windturbinen in einen Geoprozess, der die Standorte der Windturbinen bei der Nutzung von technischen Parametern derselben Windturbinen und der räumlichen Daten des Winds optimiert. Diese Methode ist zeitaufwendig und komplex, ermöglicht aber eine genaue Abschätzung der Stromproduktion und der wirtschaftlichen Leistungen der gesamten Windanlage. Die zweite Methode stützt sich auf verschiedene Annahmen, durch welche die Interaktion der Windturbinen mit deren Standorten vereinfacht wird. Hierzu gehört z. B. eine regelmäßige Anordnung der Windturbinen oder die 5 % an jährlichem Stromverlust aufgrund der Interaktion der Windturbinen. Im Vergleich zum ersten Verfahren ist diese Methode viel einfacher, jedoch mit höheren Ungenauigkeiten verbunden.



*Ermittlung der Neigung der Dächer
(Bonassi, 2013)*

Im Solarbereich der PV sind die Rasterdaten des Digitalen Oberflächenmodells (DOM) und die Solarstrahlung für die Abschätzung der Stromproduktion auf den Dächern relevant.

In der ersten Phase werden die Eigenschaften der Dächer analysiert und klassifiziert, um eine geeignete Fläche für die Positionierung von PV-Anlagen zu ermitteln. Eine geeignete Fläche muss bestimmte Kriterien erfüllen, damit die Installation der PV-Module rentabel ist. Die Ausrichtung und Neigung der Dächer (siehe Abbildung) und die Verschattung von Objekten um die Gebäude (z. B. hohe Gebäude und Bäume) sind die relevanten Faktoren, wonach die Dächer klassifiziert werden. Zum Beispiel entsprechen die Rasterzellen der Dächer mit einer Neigung von 30° nach Süden und die nicht verschatteten Flächen den besten Bedingungen zur Installation von PV-Modulen.

Die folgende Abbildung stellt den Prozentanteil des maximal möglichen Ertrags in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Dachneigung dar, der zur Auswahl der geeigneten Fläche benutzt werden kann. Die Auswahl der minimalen Schwelle bei der Installation der PV-Module wird vom Projektträger übernommen.

Da die Rentabilität der PV-Module auf den Dächern die wichtigste Rolle spielt, müssen die wirtschaftlichen Leistungen über den Lebenszyklus berechnet werden. Dafür wird der Prozess der Stromproduktion durch die PV-Module mit den technischen und wirtschaftlichen Parametern modelliert und der wirtschaftliche Ertrag ermittelt.

Prozentteil vom maximal möglichen Ertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Dachneigung

		Ausrichtung (in Grad von Süden)																		
		Süd	SüdOst SüdWest						Ost West		NordOst NordWest						Nord			
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		140	150	160
Dachneigung	0	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	10	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	87%	85%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
	20	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%
	30	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
	40	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
	50	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
	60	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	64%	50%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
	70	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
	80	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
	90	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

Prozentanteil vom maximal möglichen Ertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Dachneigung [Grassi, 2015]

Referenzen

- GADSDEN, S.; RYLATT, M.; LOMAS, K. et al. (2003): Predicting the urban solar fraction: a methodology for energy advisers and planners based on GIS. Energy and Buildings, 35(1), 37-48.
- GRASSI, S.; CHOKANI, N.; ABHARI, R. (2012): Large scale technical and economic assessment of wind energy potential with a GIS tool: case study Iowa. Energy Policy, 45; 58-73.
- GRASSI, S.; JUNGHANS, S.; RAUBAL, M. (2014): Assessment of wake effect impact on the energy production of onshore wind farm using GIS. Applied energy.
- NGUYEN, H. T.; PEARCE, J. M. (2010): Estimating potential photovoltaic yield with r.sun and the open source Geographical Resources Analysis Support System. Solar Energy, 84 (5), 831-843.
- WIGINTON, L. K.; NGUYEN, H. T.; PEARCE, J. M. (2010): Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. Computers, Environment and Urban Systems, 34 (4), 345-357.

5.3.2 Photogrammetrische Dachflächenrekonstruktion zur räumlichen und zeitlichen Verbesserung von Photovoltaikprognosen

Verfasser: Prof. Dr. Roland Zink, Dr. Patrick Reidelstürz, Luis Ramirez Camargo, TH Deggendorf

Kurzbeschreibung

Motiviert durch den rasanten Ausbau der Photovoltaik und deren Integration im Stromversorgungssystem wird durch eine photogrammetrische 3D-Rekonstruktion von Gebäudedächern eine räumliche und zeitliche Verbesserung der Prognose von Photovoltaikerträgen angestrebt. Die Methodik greift damit die aktuellen Herausforderungen eines weiteren Ausbaus der Photovoltaik auf, welche sowohl aus den geänderten finanziellen Förderbedingungen als auch aus den technischen Aspekten der Netzstabilität und Versorgungssicherheit resultieren. So fokussiert die derzeitige Förderkulisse auf einen möglichst hohen Eigenverbrauch des erzeugten Stroms. Um die Eigenverbrauchsquote in Kombination mit häuslichen Speichern zu steigern, reichen die üblichen Informationen zur Eignung einer Dachfläche oder zum prognostizierten Jahresertrag häufig nicht aus. Ähnliches gilt bei der Einbindung der stark schwankenden Photovoltaik in virtuelle Kraftwerke, welche durch eine intelligente Vernetzung mit anderen Erzeugungsformen wie Wind- oder Wasserkraft eine Verringerung der Erzeugungsvariabilität und folglich eine konstante bzw. eine der Nachfrage angepasste Versorgung anstreben.

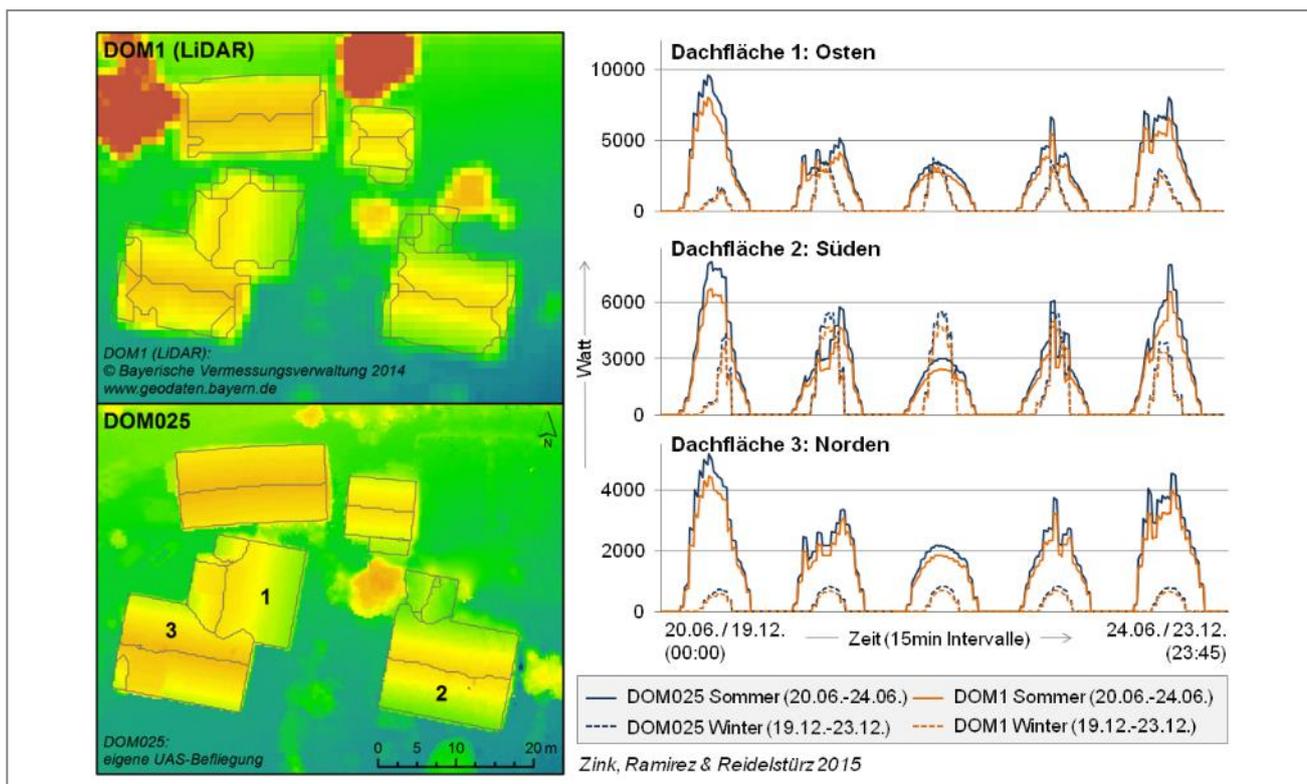
Die genaue Kenntnis über die räumlichen und zeitlichen Erzeugungspotenziale wird folglich immer wichtiger, weshalb die Prognose von Stromerträgen sowohl hinsichtlich des zeitlichen als auch hinsichtlich des räumlichen Aspekts verfeinert wird. Die zeitliche Auflösung der Prognose erfolgt in 15 Minuten-Intervallen unter Berücksichtigung von Wetterbedingungen (Testreferenzjahr des DWD) und wird mit GrassGIS und Python realisiert. Die räumliche Verbesserung resultiert aus der Verwendung eines hoch aufgelösten Digitalen Oberflächenmodells (DOM), welches durch eigene Luftbilderstellung mit anschließender photogrammetrischer 3D-Rekonstruktion erstellt wird.

Für die Befliegung kommen Unmanned Aerial Systems (UAS) in fixed wing und in Kopterbauweise sowie handelsübliche Kompakt- bzw. Systemkameras zum Einsatz. Die 3D-Rekonstruktion basiert auf einem photogrammetrischen Bündelblockverfahren unter Verwendung von AgiSoft Photoscan Professional. Im Ergebnis lassen sich DOMs erzeugen, deren Bodenauflösung zum Teil kleiner als 1 cm ist. Durch eine iterative Vorgehensweise konnte gezeigt werden, dass eine Auflösung von 25 cm (DOM025) einerseits die gewünschte Genauigkeit der Dachstrukturen liefert und andererseits das Datenvolumen für die anschließende zeitlich hoch aufgelöste Ertragsprognose noch prozessierbar bleibt. Das DOM025 lässt z. B. Gauben, Dachfenster oder Schornsteine, welche für die Verschattung von Photovoltaikanlagen eine wesentliche Rolle spielen, deutlich erkennen (siehe Abbildung: 3D-Punktwolke).



3D-Punktwolke (© Geobasisdaten)

lässt z. B. Gauben, Dachfenster oder Schornsteine, welche für die Verschattung von Photovoltaikanlagen eine wesentliche Rolle spielen, deutlich erkennen (siehe Abbildung: 3D-Punktwolke).



Vergleich von Ertragszeitreihen für drei Photovoltaikanlagen (© Geobasisdaten)

Nutzen

Der Mehrwert einer hochpräzisen Prognose von Photovoltaikerträgen wird deutlich beim Vergleich von Prognosezeitreihen, ermittelt für ein DOM mit einer Auflösung von einem Meter (LiDAR), und für ein DOM025. In der Abbildung „Vergleich von Ertragszeitreihen“ sind die Erzeugungskurven für drei Hausdachflächen an jeweils fünf Tagen zur Sonnenwende im Sommer und Winter dargestellt. Abweichende Leistungen (Watt) ergeben sich sowohl an schönen Tagen mit hoher direkter Einstrahlung (20.06.) als auch an trüben Tagen mit größerem Anteil an diffuser Strahlung (22.06). Die höhere Auflösung des DOM beeinflusst das Prognosemodell an zwei Stellen: Zum einen ist damit eine bessere Dachflächenerkennung und Vorhersage der potenziellen Anlagengröße möglich. Zum anderen werden Ausrichtungen und Verschattungen exakter erfasst und berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei komplexen Dachstrukturen noch größere quantitative Abweichungen auftreten. Durch die Verwendung von hoch aufgelösten 3D-Oberflächenmodellen lässt sich folglich die Prognose von Photovoltaik präzisieren. Dies hilft dem politisch und gesellschaftlich gewollten weiteren Ausbau der Technologie, da sich aus den Ergebnissen wichtige Folgerungen für angepasste Speicherlösungen zur Steigerung der häuslichen Eigenverbrauchsquote oder Erkenntnisse zur Integration der Photovoltaik in virtuelle Kraftwerke ableiten lassen.

Referenzen

- F&E-Projekt „Virtuelles Kraftwerk“ im Rahmen von „E-WALD – Elektromobilität Bayerischer Wald“, gefördert vom Freistaat Bayern – <http://e-wald.eu/>
- RAMIREZ CAMARGO, L.; PAGANY, R.; MARQUARDT, A. (2014): Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Modellierung der potentiellen solaren Einstrahlung – ein Methodenvergleich. In: Strobl et al. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2014. Wichmann Verlag, 143-152.
- RAMIREZ CAMARGO, L.; ZINK, R. (2014): Photovoltaik in virtuellen Kraftwerken zur Versorgung regionaler Elektromobilitätskonzepte. In: Strobl et al. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2014. Wichmann Verlag, 153-158.
- ZINK, R.; RAMIREZ CAMARGO, L.; REIDELSTÜRZ, P.; DORNER, W. (2015): Photogram-metric point clouds for GIS-based high-resolution estimation of solar radiation for roof-top solar systems. Symposium GIS Ostrava 2015, Surface models for geosciences.

5.3.3 Windpark-Planung & Prozess-Analyse (WPPA) zur Standardisierung und Effizienzsteigerung der Geodaten-Austauschprozesse

Verfasser: Karsten Lessing, M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH

Die Planung eines Windparks, die in der Regel 3 – 5 Jahre dauert, ist für viele verschiedene Unternehmen der Windenergiebranche interessant: Neben den sogenannten Windpark-Projektentwicklern beschäftigen sich mit dieser Fragestellung sowohl die Windenergieanlagenhersteller, die eigene Planungsabteilungen haben, viele regionale wie überregionale Energieversorger als auch verschiedene Bürgerwindparkinitiativen. Darüber hinaus werden Teilbereiche der Windparkplanung häufig an externe Gutachter und/oder Ingenieur- bzw. Landschaftsplanungsbüros ausgelagert bzw. vergeben. Gemeinden und Kommunen übernehmen die im Regionalplan ausgewiesenen Vorrangflächen für Windparks in den Flächennutzungsplan und bearbeiten in diesem Kontext somit ebenfalls raumrelevante Fragestellungen.

In Rahmen des Planungsprozesses für Windenergieanlagen müssen verschiedene Phasen durchlaufen werden, die von der Flächenakquise über die eigentliche Planung und das Genehmigungsverfahren, die konkrete Entwicklung und den Anlageneinkauf, den Vertrieb und der Finanzierung bis hin zur Realisierung des Windparks reichen.

In jeder einzelnen Planungsphase beantworten viele verschiedene Mitarbeiter aus unterschiedlichen Abteilungen (z. B. „Projektentwicklung“, „Site Assessment“) diverse Fachfragen (z. B. zur Windpark-

Erstkonfiguration, Schallausbreitung, Turbulenz- und Site-Compliance-Analyse, Netzanbindung und zum Schattenwurf, Windertrag) häufig mit unterschiedlicher Software (z. B. Microsoft Excel, ArcGIS for Desktop, CAD-Systeme oder Fachanalyseprogramme wie WindPro, WindFarmer, WaSP, WindSim).

Diese starke Aufgabenteilung und Heterogenität in der Softwarelandschaft führt dazu, dass Prozesse zum Informationsaustausch häufig nur wenig optimiert verlaufen. Nicht selten werden die gleichen Informationen und Geodaten in unterschiedlichen Abteilungen mehrfach erfasst und jeweils lokal in uneinheitlichen Datenstrukturen vorgehalten. Auch der Austausch der Daten erfolgt nicht nach standardisierten Verfahren und Vorgehensweisen. Dabei sind Formatkonvertierungen und Projektionsänderungen nicht selten die Regel, um die gleichen – für die weitere Planung grundlegenden – Geodaten zwischen den Fachabteilungen austauschen zu können.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Planungs- und Analyseergebnisse einer Abteilung immer auf andere Abteilungen auswirken. So kann die Erkenntnis, dass bislang geplante Standorte einzelner Windenergieanlagen (i. F.: WEA) aufgrund ihrer Schalleinwirkung auf einzelne Immissionsstandorte nicht bestehen bleiben können, dazu führen, dass alle anderen Planungen, die vorab bereits tragfähige Ergebnisse geliefert haben, abermals überprüft werden müssen. Auf diese Weise bauen sich schnell „rekursive Schleifen“ im Planungsprozess auf, die zu mehrfachen Iterationen im fachlichen Analyse- und Planungsprozess führen können. Nicht selten passiert es dabei, dass die Standorte einzelner WEAs bis zu 20-mal innerhalb eines Windparks verschoben oder einzelne WEA-Typen ausgetauscht werden müssen.

Mehr als 15 Projektierer haben auf der WindEnergy Messe 2014 in Hamburg festgestellt, dass sie bis zu 20 % ihrer Arbeitszeit auf den Austausch von Geodaten und die Wiederherstellung ursprünglich vorhandener Informationen mit Kollegen anderer Abteilungen verwenden müssen.

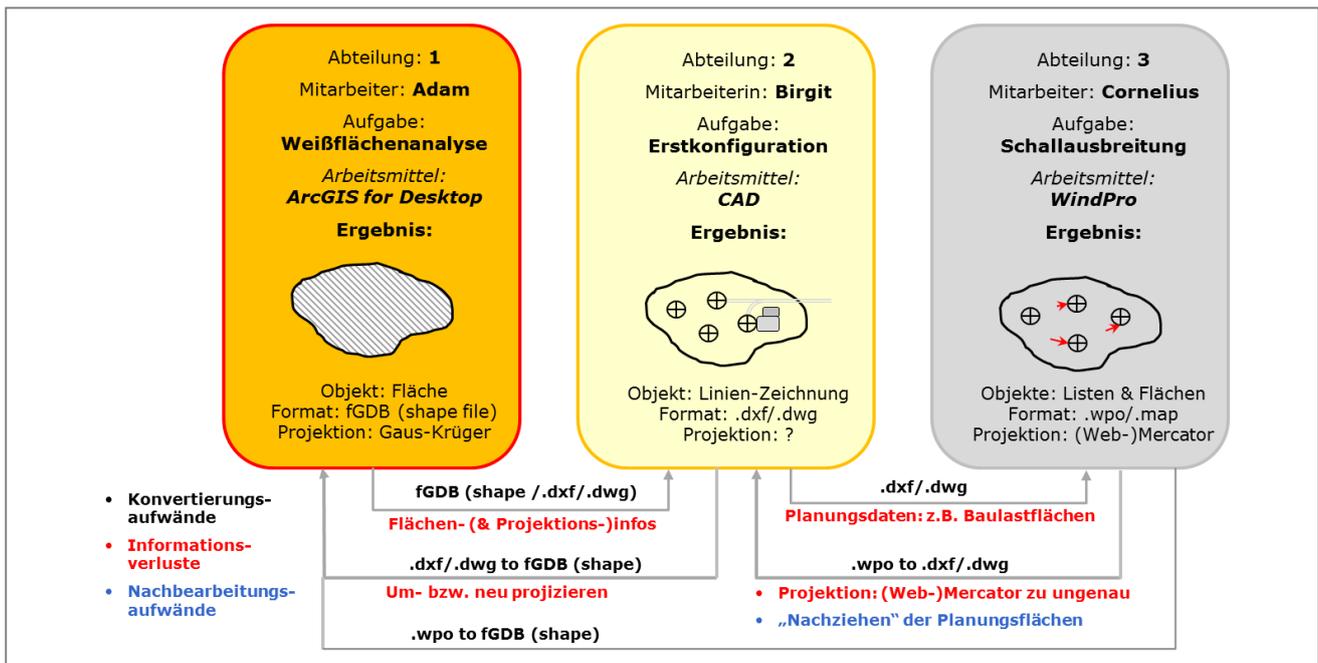
Mit dem Ziel, den Gesamtprozess zur Windparkplanung im Hinblick auf den Austausch mit Geodaten und wichtigen Informationen, an denen viele Mitarbeiter im Planungsprozess partizipieren, reibungsfreier und effizienter zu gestalten, hat die Firma M.O.S.S. ein Konzept zur Analyse der im Unternehmen vorhandenen Strukturen zum Austausch mit Geodaten entwickelt (WPPA).

Dieses Konzept ist dreistufig und umfasst eine Basisanalyse, eine Grob- und eine Feinspezifikationsphase. Innerhalb dieser Phasen wird der komplette Umfang und Einsatz der Geodaten sowie aller weiteren Informationen im Unternehmen im Hinblick auf eine Optimierung der Strukturen zur (Geo-)Datenvorhaltung und zum Austausch aller für die Windparkplanung relevanten Strukturen (Prozesse und Workflows) zwischen den Abteilungen untersucht.

Konkret wird dabei z. B. überprüft,

- welche Aufgaben/Zielstellung die Mitarbeiter bearbeiten,
- welche Software dafür zum Einsatz kommt,
- welche Geodaten dafür inhaltlich zum Einsatz kommen,
- welche Geodaten dafür inhaltlich bestenfalls zur Verfügung stehen sollten,
- welche Datenmengen dabei regelmäßig verarbeitet und ausgetauscht werden,
- welche Geodatenformate und Projektionssysteme dafür genutzt werden,
- wo die Eingangs- und Ergebnisdaten der Analyse abgelegt werden,
- welche Schnittstellen zu anderen Abteilungen existieren,
- ... u. v. m.

Im Detail prüft der Fragenkatalog derzeit mehr als 30 Indikatoren zur Beschreibung des Windparkplanungsprozesses ab. Die folgende Abbildung verdeutlicht hierbei die Relevanz der oben beschriebenen Vorgehensweise.



WPPA: Prozess-Analyse für drei Aufgabenstellungen (Abteilungen)

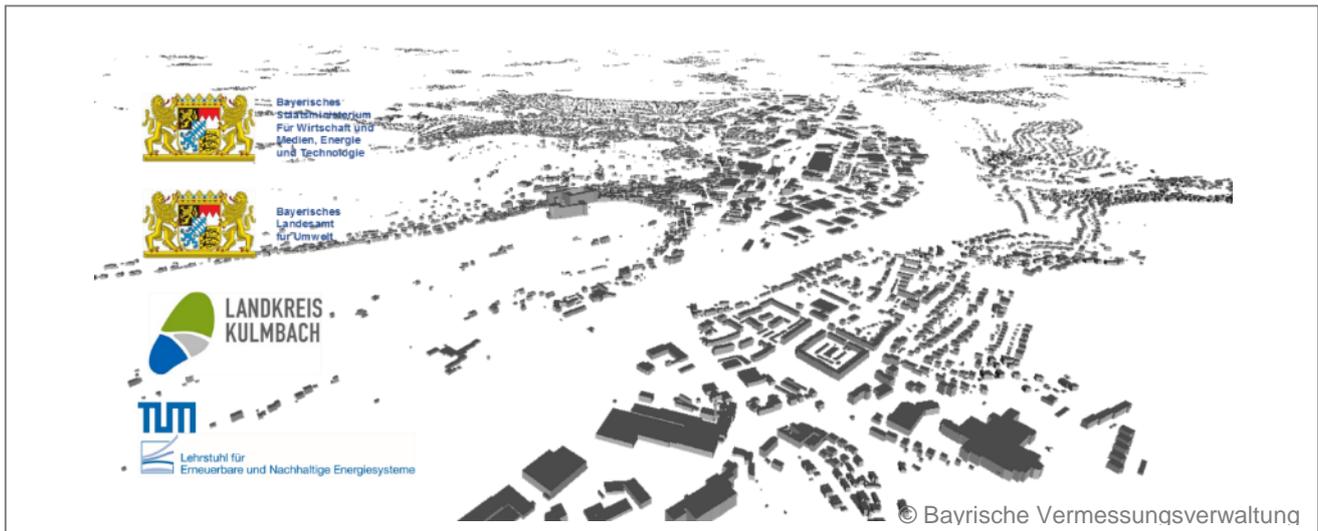
Nutzen

Bei der oben beschriebenen Vorgehensweise wird schnell und transparent deutlich, wo und in welchem Maße Informationsverluste entstehen, Geodaten-Konvertierungs- bzw. -Nachbearbeitungsaufwände notwendig werden. Da die Reibungsverluste im Informationsaustausch von M.O.S.S. nicht nur beschrieben, sondern auch quantifiziert werden, haben die oben genannten Kunden auf diese Weise die Möglichkeit, Einsparungspotenziale konkret zu identifizieren. Auf dieser Grundlage können die Kunden flexibel entscheiden, ob und welche Teile des Windparkplanungsprozesses effizienter gestaltet werden sollen. Die Firma M.O.S.S. bietet hierfür verschiedene Verbesserungsmaßnahmen an, die von einer Zentralisierung und Standardisierung unternehmensinterner Geodateninfrastrukturen (GDI) über harmonisierte Geodaten-Austauschprozesse bis hin zur Substitution von Fachanalysesoftware reichen kann. Hierfür bietet M.O.S.S. z. B. die auf ArcGIS Technologie basierende Windpark-Planungsfachanalyse Suite „WindPASS“ an, mit der Windparkplaner bereits heute Schall- und Schattenwurfanalysen genehmigungskonform durchführen können.

5.3.4 Geothermischer Energienutzungsplan

Verfasser: Michael Beck, Landratsamt Kulmbach, Wirtschaftsoffensive Kreis Kulmbach – WOK; Marcellus Schulze, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); Tobias Eder, Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme, TU München

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Datenpool ENP“ zur Weiterentwicklung von Methoden der kommunalen Energieplanung, welches in Kooperation zwischen dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (StMWMET) und der Technischen Universität München durchgeführt wird, ist der Landkreis Kulmbach Pilotregion für das Themenfeld der oberflächennahen Geothermie. Im Rahmen des Pilotprojekts wurde in Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) eine integrierte Vorgehensweise zur Ausweisung des Wärmebedarfs von Gebäuden, der Potenziale der energetischen Gebäudesanierung sowie der Potenziale zur Deckung der Wärmenachfrage durch Nutzung der Oberflächennahen Geothermie mittels Wärmepumpentechnologie erarbeitet. Die Studie weist gebäudescharf geothermische Deckungspotenziale für unterschiedliche Sanierungsszenarien im Gebäudebestand aus und erlaubt die Ermittlung optimierter Versorgungsstrategien respektive einer Abwägung zwischen Sanierungstiefe und Versorgungsstrategie.



Pilotregion – Landkreis Kulmbach

Ausgangssituation und Zielstellung

Für die Erstellung von Energienutzungsplänen in Bayern wurde 2011 der „Leitfaden Energienutzungsplan“ seitens des StMUG, StMWMET und der OBB herausgegeben. Erarbeitet wurde der Leitfaden durch den Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik sowie durch den Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU München. Die darin enthaltenen Methoden beschreiben ein weitestgehend semi-automatisiertes Vorgehen, das die Analyse von Energienachfrage und Energieversorgungspotenzialen in Kommunen erlaubt und Grundlage für die spätere Konzeptentwicklung bildet.

Speziell im Bereich der Methoden zur Analyse der gebäudebezogenen Energienachfrage und entsprechender Einspar- und Versorgungspotenziale waren in den vergangenen Jahren wesentliche Entwicklungsfortschritte zu verzeichnen. Wesentliche Triebfeder der Entwicklungen war die flächendeckende Verfügbarkeit neuer Geodaten und die Entwicklung von Methoden zu deren Speicherung, Bearbeitung und Visualisierung. Gerade die gebäudescharfe Analyse der Wärmenachfrage und entsprechender Potenziale der energetischen Sanierung erreichte durch die flächendeckende Verfügbarkeit und stetige Verbesserung von 3D-Gebäudemodellen ein neues Qualitätsniveau.

Die Berechnung des geothermischen Potenzials war in der Erstausgabe des „Leitfaden Energienutzungsplan“ sehr reduziert ausgeführt, was auf die damals nicht flächendeckend verfügbaren Informationsgrundlagen und fehlende methodische Ansätze zurückzuführen ist.

Ziel gegenständlichen Projekts war es daher, eine weitestgehend automatisierte Analysemethode zu entwickeln, die eine flächendeckende Ermittlung der Potenziale einer erneuerbaren Wärmeversorgung auf Basis der oberflächennahen Geothermie erlaubt. Diese soll mit möglichst geringem Aufwand durchgeführt werden können, gleichzeitig eine hohe Aussagekraft bieten und auf ganz Bayern übertragbar sein. Das Ergebnis stellt somit eine standardisierte und automatisierte Methode dar, die Auswertungen für alle Kommunen und Landkreise Bayerns im Rahmen der kommunalen und regionalen Energieplanung ermöglicht.

Datengrundlagen

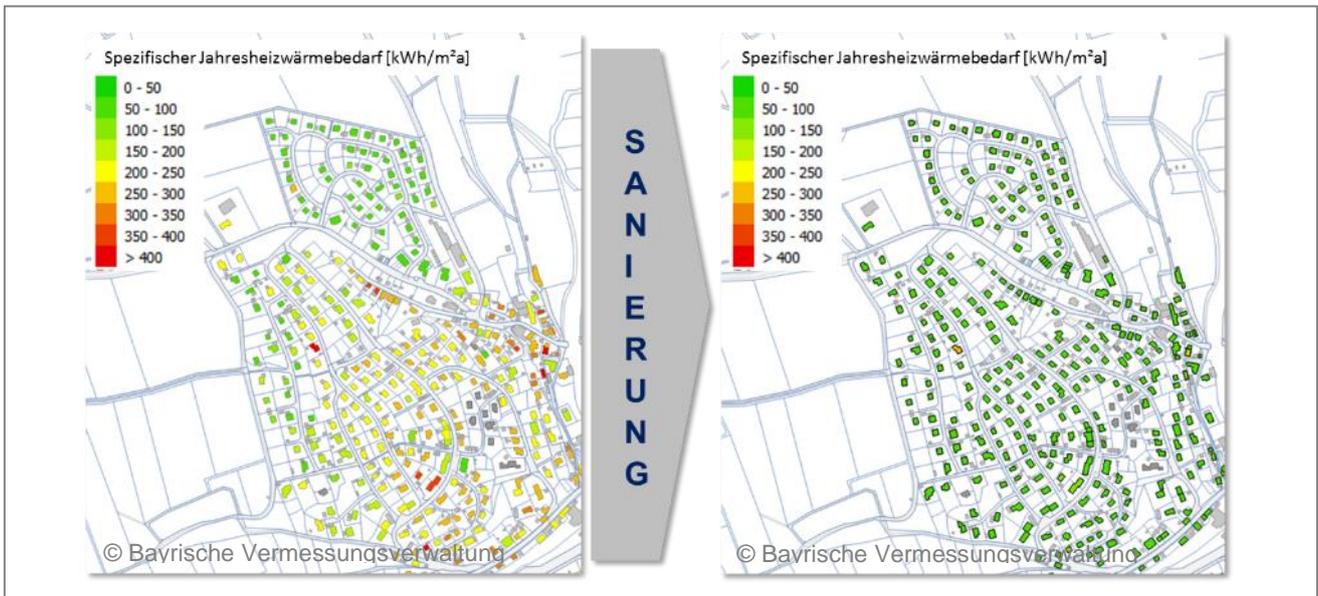
Grundlage für die Wärmebedarfsanalyse sowie die Analyse der geothermischen Potenziale bilden die Basisdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (LDBV), die Daten zu den geothermischen Bedingungen im Untergrund des Bayerischen Landesamts für Umwelt und Fachdaten Dritter.

Datengrundlage	Inhalt	Quelle
Digitale Flurkarte (DFK)	Lage und Geometrie aller Flurstücke, Gebäudeumrisse und Gebäudebauteile	LDBV
Tatsächliche Nutzung (TN)	Nutzung der Flurstücke	LDBV
Digitales 3D-Gebäudemodell LoD1	3D Gebäudemodell	LDBV
Laserpunkte	3D-Punktwolke aus luftgetragendem Laserscanning	LDBV
Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmesonden	Parameter zur Berechnung der Entzugsleistung für Erdwärmesonden	LfU
Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmekollektoren	Restriktionsflächen, Flächen auf denen eine geothermische Nutzung möglich ist	LfU
Bohrtiefenbegrenzung	Die geothermische Nutzung des Untergrundes ist auf das erste Grundwasserstockwerk begrenzt; Tiefenlage der unteren Begrenzung	LfU
Wärmeleitfähigkeiten des Untergrunds	Parameter zur Berechnung der Entzugsleistung für Erdwärmesonden	LfU
Bohrisiken	Restriktionsflächen; Gebiete mit geotechnischen Risiken, in denen geothermische Nutzung nicht möglich ist	LfU
Grabbarkeit	Restriktionsfläche	LfU
Wärmeleitfähigkeiten des Bodens	Parameter zur Berechnung der Entzugsleistung für Erdwärmekollektoren	LfU
Strukturdaten zum Gebäudebestand	Daten zu Nutzung, bauphysikalischer Kategorie etc.	Daten Dritter

Analysemethode

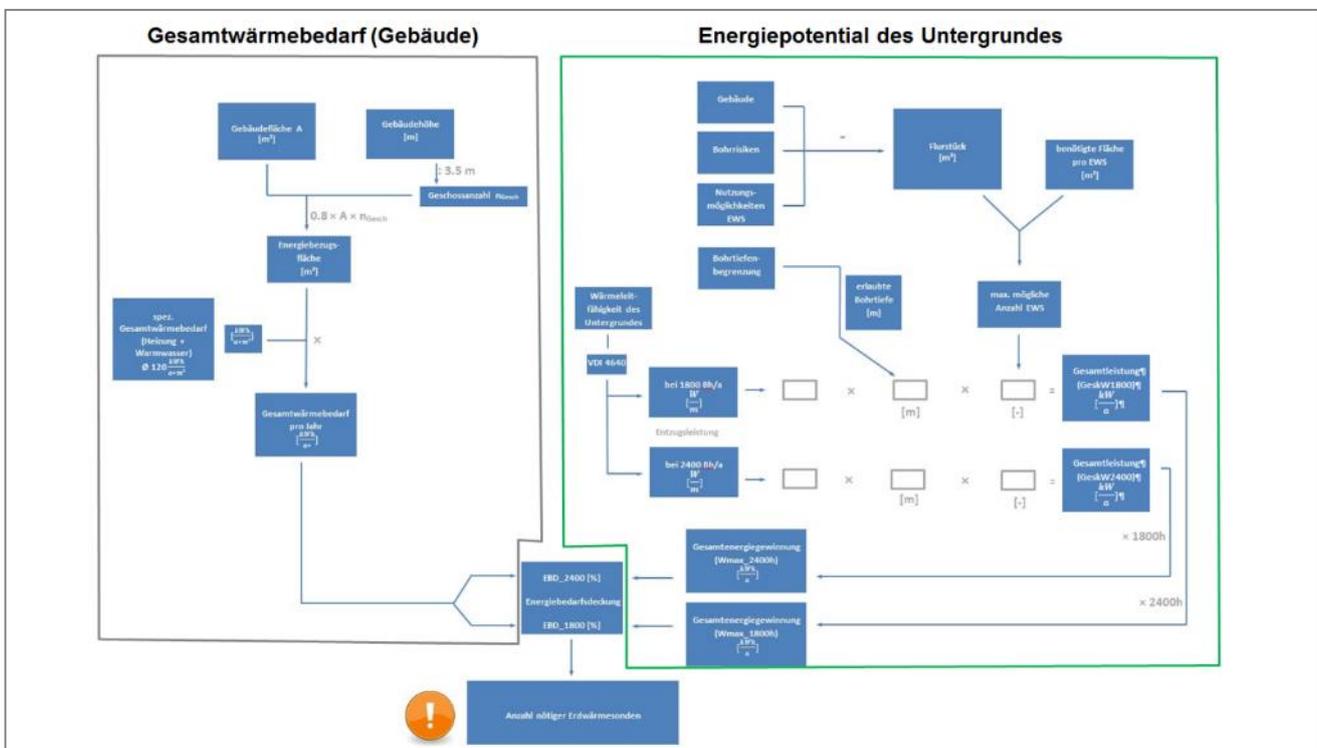
Die Berechnung der Wärmenachfrage und der anlagentechnischen Dimensionierungsgrößen erfolgt auf Grundlage eines 3D-Modells des Gebäudebestands. Dies erlaubt die Ableitung beheizter Volumina und Nutzflächen, welche wiederum in Kombination mit Daten zur Gebäudenutzung und entsprechenden Nutzungsprofilen die Ausweisung interner Gewinne und Lüftungswärmeverluste (manuelle Lüftung) sowie einen über typspezifische Zapfprofile ermittelten Warmwasserbedarf erlauben. Andererseits ermöglicht die geometrische Information zu Gebäudebauteilen den Aufbau eines bauphysikalischen Gebäudemodells zur Betrachtung der Verluste über Wärmetransmission und der solaren Gewinne. Das bauphysikalische Modell basiert auf regional adaptierten Typologien, welche anhand der aufbereiteten Strukturdaten zum Gebäudebestand dem Einzelgebäude zugewiesen werden. Für jede Wand-, Fenster-, Dach- und Kellergeschossfläche werden entsprechende Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt und ggf. die Wärmetransmission zu Nachbargebäuden berücksichtigt. Das entwickelte Berechnungsmodell liefert sowohl die erforderliche Heizleistung für definierte Zeitspannen als auch den Heizbedarf der Gebäude.

Die Potenziale der energetischen Sanierung werden über eine modellhafte Bauteilsanierung abgebildet. Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden für den existierenden Gebäudebestand drei Sanierungsszenarien gebäudescharf ausgewiesen, wobei hier die Reduktion von Heizleistung und Heizbedarf wesentliche Parameter für den späteren Abgleich mit den vorliegenden Versorgungspotenzialen der oberflächennahen Geothermie/Wärmepumpentechnologie darstellen.



Spezifischer Jahresheizwärmebedarf

Die Ermittlung des erschließbaren geothermischen Potenzials durch den Einsatz von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren berücksichtigt die geologischen, hydrogeologischen, geothermischen und wasserwirtschaftlichen Einschränkungen, die dreidimensionale räumliche Dimension des energetischen Nutzungsvolumens und den potenziell notwendigen und auch möglichen energetischen Entzug. Ausgenommen von der Potenzialermittlung sind Flurstücke, die nach derzeitigem Kenntnisstand auf Basis von wasserwirtschaftlichen (z. B. Begrenzung der Bohrtiefe zum Zwecke des Grundwasserschutzes), hydrogeologischen (z. B. artesisch gespannte Grundwasserleiter) oder geologischen (z. B. Dolinen, Sulfatgesteine oder Karsthohlräume) Risiken ungeeignet sind.



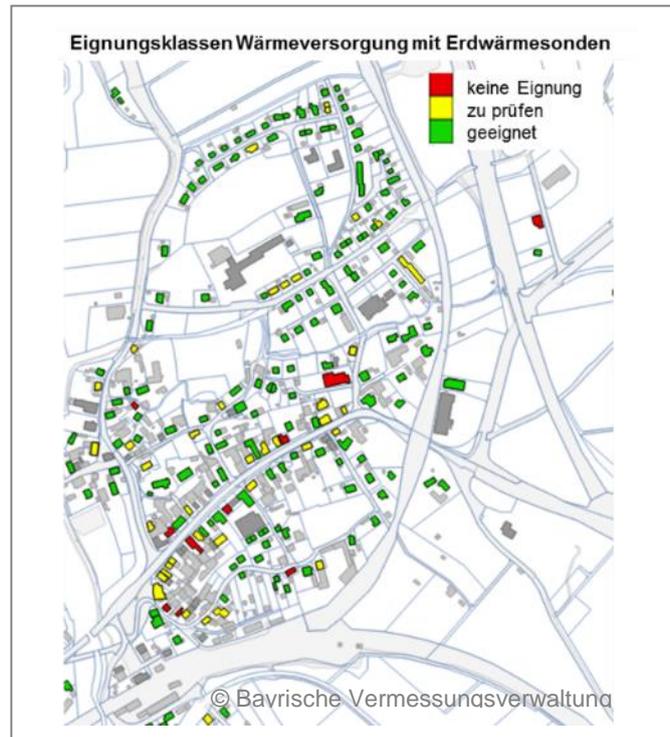
Ermittlung des geothermischen Potenzials

Ergebnisse

Ergebnis der Analysen bildet einerseits die Wärmenachfrage und die Heizleistung jedes Gebäudes für definierte Sanierungsstrategien, andererseits das Flurstücksbezogene geothermische Potenzial zur Wärmeversorgung. Über entsprechende anlagentechnische Kennwerte der Wärmepumpentechnologie wird für jedes Gebäude im Landkreis und jedes Sanierungsniveau der potenzielle Deckungsgrad durch die oberflächennahe Geothermie ausgewiesen.

Anwendungsszenario für die erstellten Informationsgrundlagen ist etwa deren Einsatz in der kommunalen Energieplanung, in der Öffentlichkeitsarbeit und Initialberatung von Hauseigentümern sowie der Entwicklung spezifischer Förderstrategien.

Das Pilotprojekt geothermischer Energienutzungsplan wird bis Juni 2015 für den Landkreis Kulmbach abgeschlossen, der Öffentlichkeit vorgestellt und über das RIWA-GIS auf dem Geoportal des Landkreises dargestellt.



Eignungsklassen Wärmeversorgung mit Erdwärmesonden

Referenzen

- Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG): http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie_ioq/index.htm
- <http://www.ens.ei.tum.de>
- <http://geoportal.landkreis-kulmbach.de/>
- <http://www.riwa-gis.de/>

5.3.5 Untersuchung des Tiefen-Geothermiepotenzials

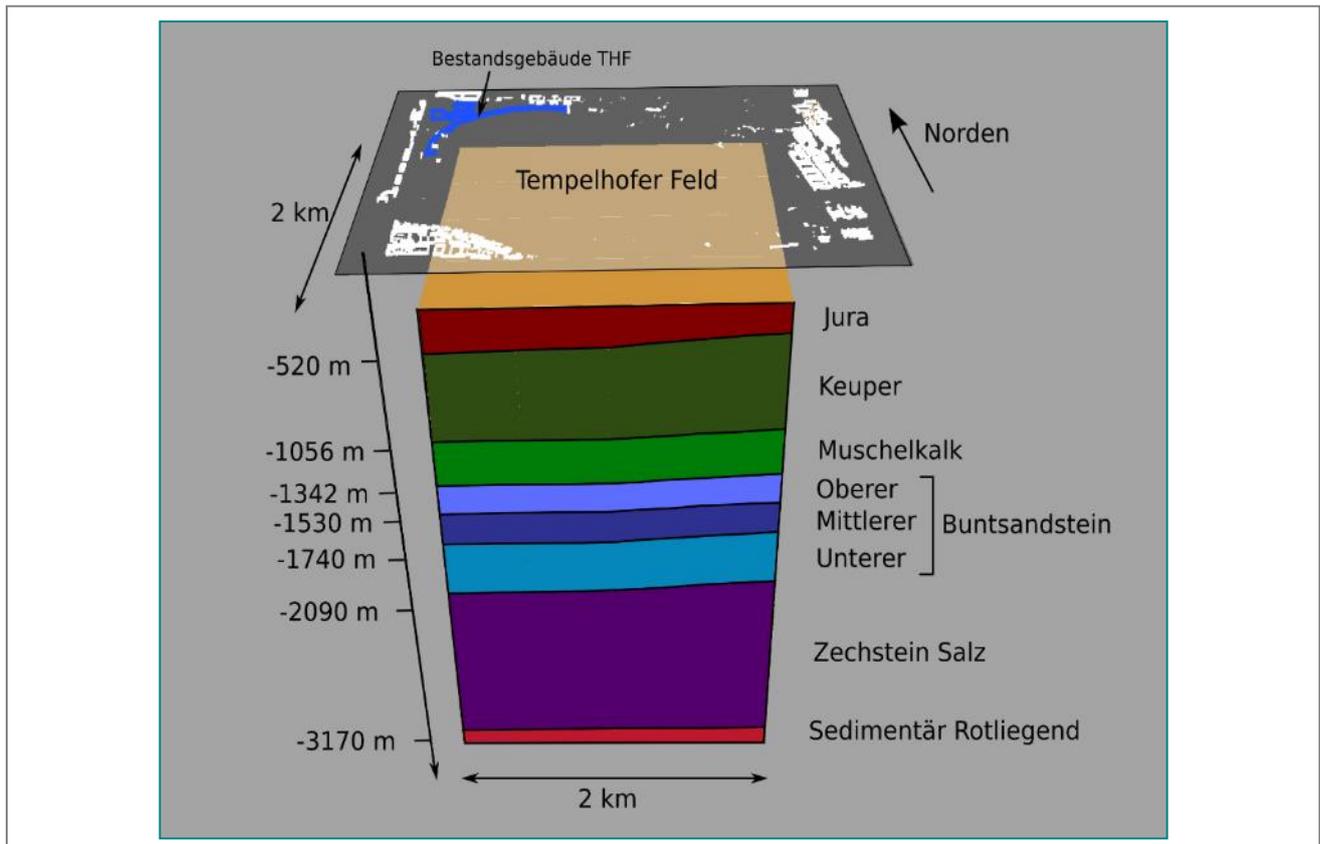
Verfasser: Dr. Judith Sippel, Dr. Oliver Kastner, Dr. Guido Blöcher, Prof. Dr. Magdalena Scheck-Wenderoth, Prof. Dr. Ernst Huenges, Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ); Dr. Kristian Bär, Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Darmstadt

Die geothermische Wärme des Tiefengesteins stellt ein großes Energiepotenzial dar, welches in Deutschland heute noch weitgehend unerschlossen ist. In den Gesteinsformationen der Tiefengesteine liegt heißes Thermalwasser vor, dessen Wärmepotenzial durch Tiefenbohrungen nutzbar gemacht werden kann. Im Norddeutschen Becken ist ein Temperaturverlauf mit einem moderaten Gradienten von ca. 3 °C pro 100 m Tiefe charakteristisch. Eine direkte Nutzung des hydrothermalen Wärmepotenzials zur Wärmeversorgung ist daher ab Tiefenlagen von etwa 1.500 m möglich; ab ca. 3.000 m Tiefe erlaubt das Temperaturniveau die Umwandlung des Wärmepotenzials in Strom oder in Kälte.

Voraussetzung für die erfolgreiche Erschließung hydrothermalen Wärmeressourcen ist ihre optimale Einbettung in die Wärmebedarfsstrukturen. Zur Bewertung von Versorgungsszenarien werden hierzu GIS-Planungswerkzeuge benötigt, die den übertägigen Wärmebedarf und die untertägigen Wärmere-servoirs abgleichen können, mit dem Ziel, Angebots/Bedarfsanalysen unter Berücksichtigung infrastruktureller und geologischer Besonderheiten zu ermöglichen. Am Beispiel des „Energieatlas Berlin“

wurde gezeigt, wie ein solches Planungswerkzeug aussehen kann. Dabei wurde ein vorhandenes CityGML-Modell für die Stadt Berlin um Datensätze zur Abbildung des geologischen Raums erweitert. Die Erweiterung erfolgte schrittweise. Auf der Grundlage eines struktureologischen Modells des tiefen Untergrunds wurde zunächst das In-situ-Wärmepotenzial als Funktion von Tiefe und Gesteinscharakteristik abgeschätzt und als Datenbasis in das CityGML-Modell implementiert.

In einem zweiten Schritt wurde für den „Energieatlas Berlin“ ein prinzipielles Erschließungskonzept ausgewählt, auf dessen Grundlage die geothermischen Förderleistungen aus tiefen Wärmereservoirien abgeschätzt werden konnten. Dazu wurde der Datensatz des Energieatlasses um zusätzliche geotechnische Transportparameter erweitert. Im Ergebnis erlaubt das Modell eine erste Abschätzung lokaler Versorgungsleistungen aus tiefen Gesteinsschichten im Stadtgebiet Berlin sowie die bezüglichen energietechnischen Randbedingungen.



Anwendung des „Energieatlas Berlin“ für den ehemaligen Tempelhofer Flugplatz

Die Implementierung geologischer Daten in ein CityGML-basiertes GIS ermöglicht Versorgungsstudien zur möglichen Versorgung von Stadtquartieren aus geothermischen Ressourcen. Die perspektivische Darstellung in der obigen Abbildung zeigt die Bestandsgebäude am Tempelhofer Feld in Berlin mit den darunterliegenden Gesteinsformationen maßstäblich. Geeignete hydrothermale Zielhorizonte sind hier der mittlere Buntsandstein (ca. 65 °C) und das Sedimentär Rotliegend (ca. 130 °C). Der „Energieatlas“ erfasst den Wärmebedarf der Bestandsgebäude und die lokalen geothermischen Ressourcen und ermöglicht so Bedarfs-/Angebotsanalysen.

Allgemeine Aspekte der Modellierung tiefer geothermischer Wärmereservoirie

Die Erschließung eines geothermalen Wärmereservoirs erfolgt durch Bohrungen. Die Temperatur des Untergrunds nimmt mit der Tiefe zu, während seine hydraulische Durchlässigkeit mit der Tiefe abnimmt. Der Grund dafür ist die Verdichtung des Untergrunds unter dem Gewicht der überlagerten Gesteinsschichten. Speziell in dem sedimentär geprägten Untergrund des Norddeutschen Beckens ist die Temperaturzunahme etwa proportional der Tiefe, während die hydraulische Durchlässigkeit

exponentiell mit der Tiefe abnimmt. Das Wärmepotenzial nimmt daher mit der Tiefe zu, doch es wird mit zunehmender Tiefe immer schwieriger, diese Wärme durch Fluidzirkulation aus dem Tiefengestein zu extrahieren.

Am Anfang einer Geothermie-Potenzialanalyse steht die Erstellung eines regionalen, dreidimensionalen Strukturmodells des geologischen Untergrunds. Dieses Modell wird durch Felddaten (vorhandene Bohrungen und vorhandene geophysikalische Untersuchungen) abgesichert. Das 3D-Geomodell liefert die Grundlage von numerischen Simulationsberechnungen des Wärme- und Fluidtransportes im Untergrund, die zur Abschätzung der Temperatur- und Druckverteilung im Untergrund durchgeführt werden. Die Simulationsergebnisse unterliegen dabei gewissen Toleranzen, da die Gesteinseigenschaften lokal und regional variieren. Die mathematischen Modelle verwenden in der Regel statistische Mittelwerte dieser Gesteinseigenschaften. Die Verwendung von Mittelwerten induziert daher Modellunsicherheiten, die mithilfe stochastischer Methoden abgeschätzt werden können („worst-case“- und „best-case“-Szenarien). In der Realität bilden diese Unsicherheiten ein Fündigkeitsrisiko ab. Für einen ausgewählten Ort kann das Fündigkeitsrisiko nur durch eine Probebohrung verringert werden.

Das geologische 3D-Modell wird anschließend in ein CityGML-Modell überführt. Dabei werden die für geothermische Anwendungen relevanten Geodaten semantisch klassifiziert und stehen dem CityGML-GIS damit für nachfolgende Analysen zur Verfügung. Von Interesse sind hierbei besonders Wärmebedarfs-/Angebotsanalysen. Dazu müssen weitere technische Randbedingungen berücksichtigt werden. Diese ergeben sich einerseits aus der geotechnologischen Erschließung des Wärmereservoirs und andererseits aus den wärmetechnischen Versorgungsbedingungen Übertage.

Weiterführende Literatur

- ARNDT, D.; BÄR, K.; FRITSCH, J.-G.; KRACHT, M.; SASS, I.; HOPPE, A. (2011): 3D structural model of the Federal State of Hesse (Germany) for geo-potential evaluation. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 162 (4), 353-370.
- BLÖCHER, G.; ZIMMERMANN, G.; MOECK, I.; BRANDT, W.; HASSANZADEGAN, A.; MAGRI, F. (2010): 3D numerical modeling of hydrothermal processes during the lifetime of a deep geothermal reservoir. *Geofluids*, 10 (3), 406-421.
- KASTNER, O.; SIPPEL, J.; SCHECK-WENDEROTH, M.; HUENGES, E. (2013): The deep geothermal potential of the Berlin area. *Environ. Earth Sciences*, 70 (8), 3567-3584.
- KASTNER, O.; SIPPEL, J.; ZIMMERMANN, G. (2015): Regional-scale assessment of hydrothermal heat plant capacities fed from deep sedimentary aquifers in Berlin/Germany. *Geothermics*, 53, 353-367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.06.002> .
- SASS, I.; GÖTZ, A. E. (2012): Geothermal reservoir characterization: a thermofacies concept. *Terra Nova*, 24 (2), 142-147.
- SCHECK-WENDEROTH, M.; CACACE, M.; MAYSTRENKO, Y. P.; CHERUBINI, Y.; NOACK, V.; KAISER, B. O.; SIPPEL, J.; LEWERENZ, B. (2014): Models of heat transport in the Central European Basin System: Effective mechanisms at different scales. *Marine and Petroleum Geology*, 55, 315-331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.03.009>.
- SIPPEL, J.; FUCHS, S.; CACACE, M.; BRAATZ, A.; KASTNER, O.; HUENGES, E.; SCHECK-WENDEROTH, M. (2013): Deep 3D thermal modelling for the city of Berlin (Germany). *Environmental Earth Sciences*, 70 (8), 3545-3566. <http://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2670-y/fulltext.html> .

5.3.6 Biogasanlagen

Verfasser: René Buffat, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Biogas kann durch die Vergärung von Biomasse gewonnen werden. Da Biogas bzw. Methan speicherbar ist, kann Biogas dazu genutzt werden, die fluktuierende, durch Photovoltaik und Wind lokal erzeugte, Stromproduktion auszugleichen.

Biogas wird in Blockheizkraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt. Je nach Größe der Anlagen beträgt die elektrische Effizienz zwischen 35 % und 45 %. Der Großteil der restlichen Energie fällt als Wärme an. Um einen möglichst hohen Effizienzgrad des Systems zu erreichen, sollten die Standorte der Blockheizkraftwerke so gewählt werden, dass möglichst viel Wärme genutzt werden kann. Typischerweise werden Blockheizkraftwerke direkt bei einer Biogasanlage gebaut. Als Alternative können Biogasanlagen das produzierte Biogas reinigen und ins Erdgasnetz einspeisen. In diesem Fall können Blockheizkraftwerke entkoppelt von der Biogasanlage am Erdgasnetz angeschlossen sein und so platziert werden, dass möglichst viel Wärme genutzt werden kann.

Vergärbare Biomasse

Verschiedene Arten von Biomasse eignen sich zur Vergärung zu Biogas. Diese können grob in zwei Kategorien eingeteilt werden. Zu landwirtschaftlicher Biomasse werden tierische Exkremente (Gülle, Mist), Ernteabfälle, Zwischenfrüchte sowie Energiepflanzen gezählt, zu industrieller Biomasse Grün-gut, biogene Abfälle im Hauskehricht sowie biogene Abfälle aus der Lebensmittelindustrie und der Gastronomie. Jede Art von Biomasse hat andere Eigenschaften bezüglich Trockensubstanzgehalt, Methanpotenzial, Volumen, Produktions- und Transportkosten bzw. allfällige Einnahmen durch Entsorgungsgebühren, die bei der Planung einer Biogasanlage zu berücksichtigen sind.

Biogasanlagen

Biogasanlagen können entweder für feuchte Biomasse mit einem Trockensubstanzgehalt bis zu 15 % oder für trockene Biomasse mit einem höheren Trockensubstanzgehalt ausgelegt sein. Weitere Unterschiede sind die Bauart der Fermenter, ob ein kontinuierliches oder ein Batchverfahren angewendet wird, die Betriebstemperatur sowie der Grad der Automatisierung.

5.4 Netzverwaltung, -berechnung und -optimierung

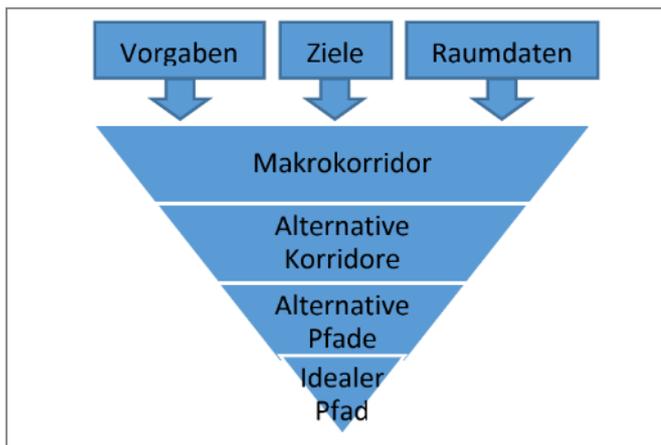
5.4.1 Berechnung optimaler HSL-Pfade und Korridore für Hochspannungsleitung

Verfasser: Joram Schito, Stefano Grassi, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Ein bewährter Ansatz, um den Verlauf von Hochspannungsleitungen zu berechnen, stellt die Least Cost Path Analysis (LCPA) [Douglas, 1994] dar. Es handelt sich um einen rasterbasierten Ansatz, der ausgehend von einer Zielzone für jedes Feld Kosten berechnet, die es aufzubringen gilt, wenn man das jeweilige Feld durchquert. Dabei soll der Pfad berechnet werden, welcher die geringsten Kosten beim Durchqueren des Raums aufweist. Mit Kosten werden jedoch nicht zwingenderweise monetäre Kosten verstanden; Kosten können auch als Zellwiderstand auf verschiedene Einflussfaktoren (z. B. gefährdeter Artenschutz, Sichtbarkeit von HSL, Einfluss der elektromagnetischen Strahlung auf die Gesundheit u. v. m.) verstanden werden [Houston & Johnson, 2006].

Vorgehen nach dem Funnel Approach

Als Grundlage des strategischen Vorgehens zur Berechnung eines idealen Pfads für eine Hochspannungsleitung dient der Funnel Approach (dt.: Trichteransatz) der Georgia Transmission Corporation [Houston & Johnson, 2006]. Dabei orientiert sich die Planung an einer Zielvorgabe, die in einem gesetzlichen Kontext steht und von gesellschaftlichen Werten geprägt ist. Raumdaten bilden die Basis für zellalgebraische Berechnungen und werden für die weitere Verwendung gerastert.



Funnel Approach [Houston & Johnson, 2006]

Als Erstes werden für den Projektbereich im sogenannten Makrokorridor potenzielle Gebiete festgelegt, die sich bezüglich der Landnutzung, der Bodenbedeckung oder bereits bestehender linearer Infrastruktur eignen. Gleichzeitig werden in einem Quellenraster der Start und das Ende der HSL als Punkte oder Flächen definiert.

Zweitens werden innerhalb der Makrokorridore alternative Korridore berechnet. Mithilfe einer Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA; siehe unten) werden Einflusskriterien erörtert und gewichtet, welche den Pfad der HSL maßgeblich beeinflussen. Hierzu zählen nebst finanziellen Vorgaben insbesondere technische und gesetzliche Voraussetzungen, die für den Bau einer

HSL eingehalten werden müssen, aber genauso gesellschaftliche oder ökologische Objekte oder Flächen, die geschützt werden sollen [Houston & Johnson, 2006]. Allenfalls werden Layer mit Schutzobjekten vorprozessiert, indem Pufferzonen (z. B. um Siedlungsgebiete oder Denkmäler) erstellt werden. Auf der Basis der MCDA wird pro Ebene eine Kostenoberfläche (cost surface) mit dem Zellwiderstand für die Durchquerung jeder Zelle aufgestellt, indem jeder Layer auf diskrete Werte reklassifiziert wird. Die Ebenen werden untereinander gewichtet und zur Erstellung der akkumulierten Kostenoberfläche (accumulated cost surface) eingesetzt. Ein Algorithmus (Kostendistanzfunktion) berechnet hierbei von jeder Zelle aus über den günstigsten Pfad die aufsummierten Kosten aller Layer, die es zu bewältigen gilt, um an den Start oder das Ziel im Quellenraster zu gelangen [Douglas, 1994]. Schließlich wird der alternative Korridor über die Funktion least cost corridor zwischen dem im Quellenraster definierten Start- und Zielpunkt berechnet, indem Schwellwerte für die Kosten der Durchquerung angegeben werden.

Im dritten Schritt werden innerhalb der alternativen Korridore Zonen eruiert, auf denen mögliche Pfade realisiert werden können. Zwar kann ein least cost path durch die Kostendistanzfunktion und durch das Richtungs raster berechnet und allenfalls begründet werden, doch ist das Resultat abhängig von den vorgenommenen Gewichtungen und somit eine Option. Da unterschiedliche Gewichtungen einen Einfluss auf den Pfadverlauf haben, ist der Einbezug mehrerer Optionen in den Planungsprozess unentbehrlich [Malczewski, 1999]. Eine Möglichkeit, bei statischen Gewichtungen mehrere Pfade zu generieren, präsentieren [Bagli et al., 2011], indem innerhalb einer Pufferzone von 500 m jeweils zwei Start- und Endpunkte festgelegt wurden. Durch die Kombination der vier Punkte können die entstehenden Routen deutlich voneinander abweichen und dabei ein Resultat enthüllen, welches geringere Kosten aufweist als bisher angenommen.

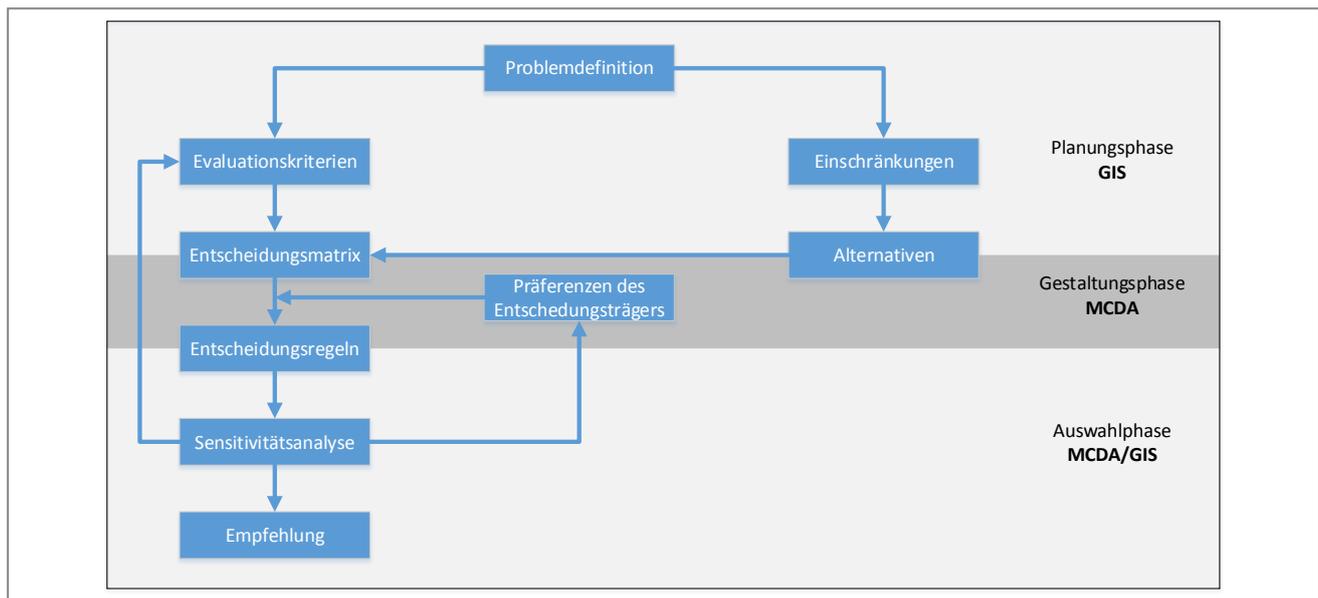
Aus physikalischen und wirtschaftlichen Gründen wird der berechnete Pfad abschließend noch begründet. Letztlich sind Entscheide über den Bau einer HSL hochkomplex, da sie Expertenwissen erfordern und unterschiedliche Aspekte berücksichtigt werden müssen. Welche Option schließlich als beste erachtet wird und welchen Einflussfaktoren mehr Gewicht geschenkt wird, ist nicht zuletzt ein Resultat politischer Entscheide.

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)

Die MCDA ist eine strukturierte Methode, durch quantitatives Vorgehen eine Entscheidung zu treffen (Delft & Nijkamp, 1977). Die folgende Abbildung zeigt den schematischen Ablauf einer räumlichen MCDA (Malczewski, 1999). Dabei wird zunächst in der Planungsphase unter dem Einsatz von GIS definiert, worüber entschieden und über welche Kriterien ein Entscheid gefällt werden soll. Gleichzeitig werden Einschränkungen festgelegt und somit ein Bezugsrahmen dafür vorgegeben, welches Gebiet mithilfe welcher expliziten Datensätze aufgrund welcher Annahmen und Modelle untersucht werden soll.

Übergreifend in die Gestaltungsphase werden anschließend Methoden der MCDA eingesetzt. Zuerst werden Alternativen aufgelistet, welche sich der Kontrolle des Entscheidungsträgers entziehen und unter diversen Voraussetzungen eintreten können (z. B. unterschiedliche Interessensgruppen, Prognosen, sich ändernde Wirtschaftslagen etc.). Die Alternativen fließen danach in die Entscheidungsmatrix ein, in der jedem Attribut zu einer Alternative ein bestimmter Wert zugeordnet wird. Entscheidungsregeln bestimmen, welche Alternative eher zum Zuge kommen soll als andere. Dabei ist der Einsatz von Gewichtungen, die vom Entscheidungsträger (häufig unter Einbezug von Expertenmeinungen) festgelegt werden, entscheidend.

In die Auswahlphase werden dann wiederum GIS zur Entscheidungsfindung eingesetzt. Durch eine Sensitivitätsanalyse wird in einem exploratorischen Prozess geprüft, wie robust Änderungen der eingegebenen Gewichtungen gegenüber der erhaltenen Lösung sind. Deren Resultat ist entscheidend für die Anpassung der Evaluationskriterien oder der Gewichtungsregeln, um schließlich ein Modell zu kreieren, welches unter unterschiedlichen Gewichtungen eine nicht allzu volatile Lösung ergibt. Ist das Modell robust genug, kann aufgrund der MCDA eine Entscheidungsempfehlung abgegeben werden.



Struktur einer räumlichen MCDA (nach Malczewski, 1999)

Referenzen

- BAGLI, S.; GENELETTI, D.; ORSI, F. (2011): Routing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 31 (3), 234-239.
- DELFT, A. VAN; NIJKAMP, P. (1977): *Multi-Criteria Analysis and Regional Decision-Making*. Springer Science & Business Media.
- DOUGLAS, D. H. (1994): Least-cost Path in GIS Using an Accumulated Cost Surface and Slope-lines. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 31 (3), 37-51. <http://dx.doi.org/10.3138/D327-0323-2JUT-016M> [2/2015].
- HOUSTON, G.; JOHNSON, C. (2006): *EPRI-GTC Overhead Electric Transmission Line Siting Methodology*. Georgia Transmission Corporation, Georgia, CA.
- MALCZEWSKI, J. (1999): *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons.

5.4.2 Berechnungen von Mittel- und Niederspannungsnetzen

Verfasser: Michael Kölbl, Sebastian Spindler, Bayernwerk AG

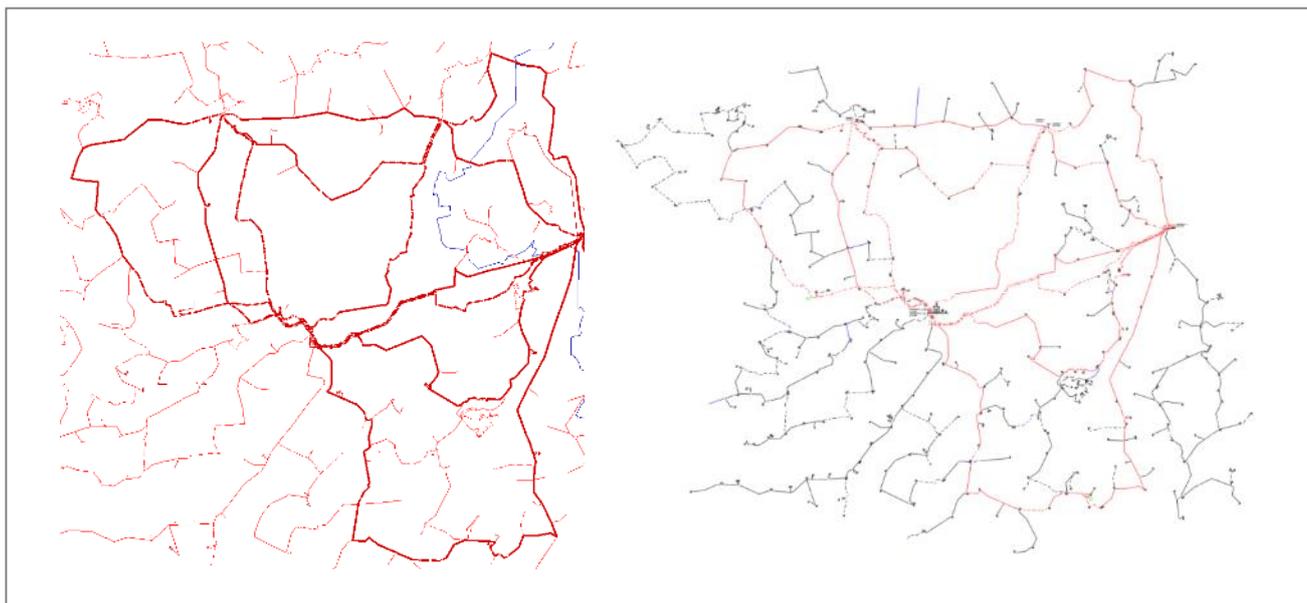
Die zunehmende Digitalisierung fördert und fordert das Zusammenwachsen der in der Vergangenheit eigenständigen Dokumentations- und Planungssysteme. Insbesondere die durch die Energiewende ausgelösten Veränderungen in den bestehenden Mittel- und Niederspannungsnetzen¹ erfordern im Vergleich zur Vergangenheit umfangreichere und häufigere Netzberechnungen und damit verbunden eine stetige Aktualisierung der für die Netzberechnung benötigten Netzdaten.

War in der Netzplanung früher im Wesentlichen die Beurteilung von verbraucherorientierten Starklastszenarien ausreichend, so sind mittlerweile auch Schwachlastszenarien mit maximaler dezentraler Einspeisung betrachtungsrelevant. Hinzu kommt eine Vielzahl von Anschlussbeurteilungen für neue Erzeugungsanlagen, welche die Anzahl der Bearbeitungsvorgänge gegenüber der Vergangenheit deutlich erhöht haben.

Das bei der Bayernwerk AG verwendete Schnittstellentool zwischen dem Dokumentationssystem GIS und den für die Netzplanung verwendeten Netzberechnungstools ermöglicht einen einfachen und automatisierten Datenaustausch zwischen den Systemen und stellt damit die Aktualität der für die Netzberechnung verwendeten Netzdaten sicher.

Bei der Bayernwerk AG wird das Netzberechnungsprogramm PSS Sincal für Netzberechnungen im gesamten Mittelspannungsnetz sowie für Netzberechnungen in komplexen Niederspannungsnetzen eingesetzt. Das speziell programmierte Schnittstellentool ermöglicht den automatisierten Import der GIS-Netzdaten in das Netzberechnungsprogramm. Da auch die Leitungs- und Stationskoordinaten mit übertragen werden, entspricht das geladene Netz in seiner topographischen Form auch genau dem Original (vgl. folgende Abbildungen).

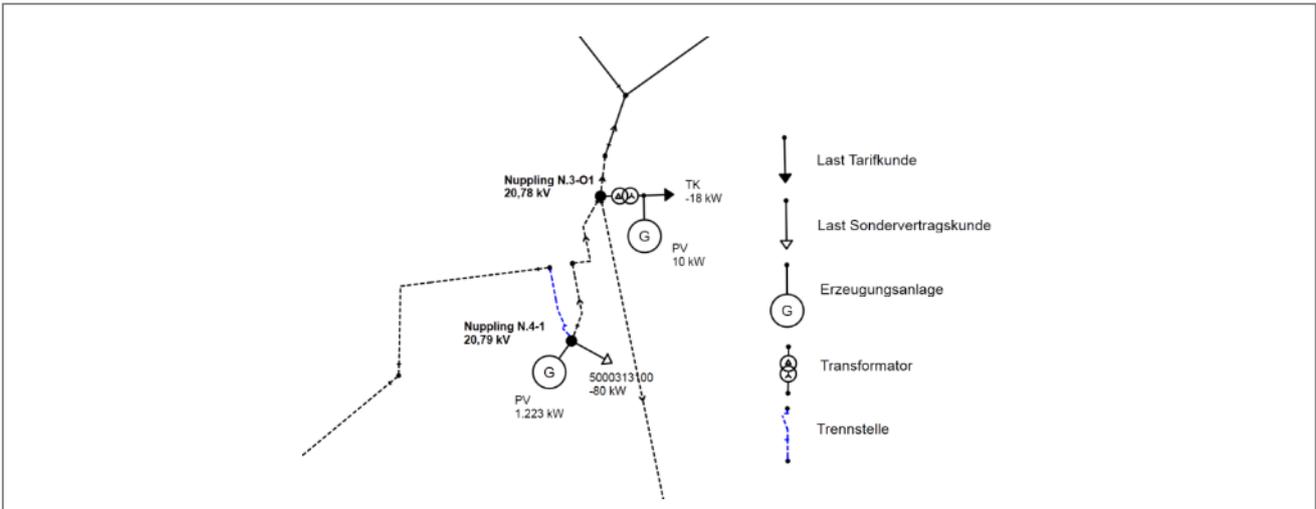
Nachträglich wurde nur die Färbung der Leitungen verändert. So werden im GIS wichtige Leitungen zwischen Schalthäusern fett dargestellt, im Netzberechnungsprogramm erfolgt dies durch eine rote Einfärbung. Alternativ kann auch die Option „Stromkreise einfärben“ gewählt werden, um die Erkennbarkeit der einzelnen Stromkreise zu erhöhen.



Original-Mittelspannungsnetz aus GIS

Überspieltes Mittelspannungsnetz in Sincal

¹ Bei der Bayernwerk AG sind mittlerweile über 250.000 PV-Anlagen an das Netz angebunden.



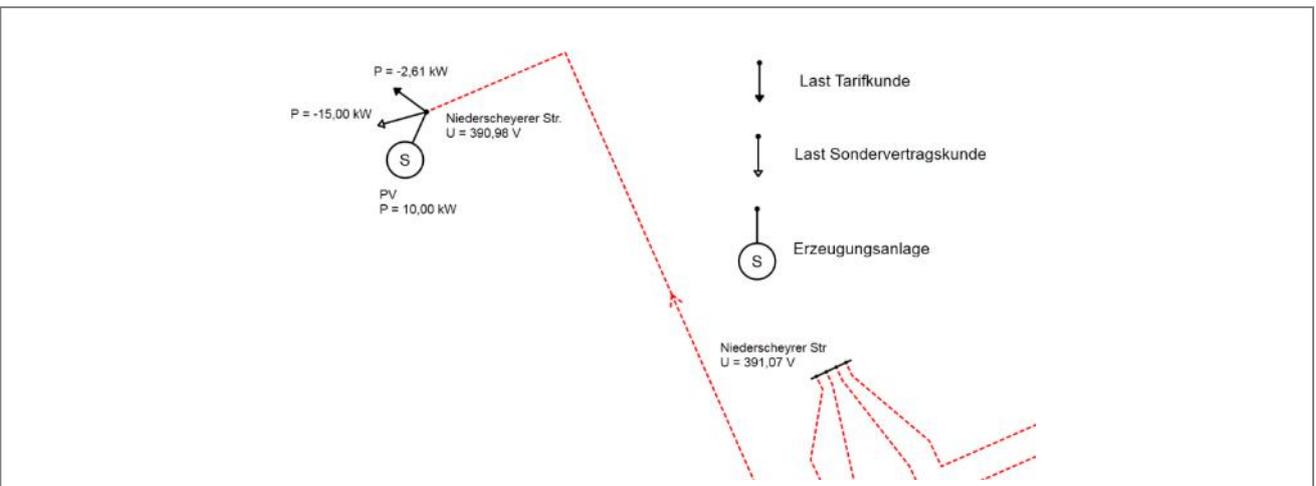
Mittelspannungsteilnetz mit zusätzlichen Netzinformationen

Neben Leitungsdaten werden auch weitere für die Netzberechnung benötigte Eingangsparameter wie Informationen zu Sondervertragskunden und Erzeugungsanlagen, zu Transformatoren und Schaltzuständen von Leitungen übertragen (vgl. folgende Abbildung).

So wird für Mittelspannungsnetzberechnungen beispielsweise automatisch über das Schnittstellenprogramm die nach Energieträgern differenzierte Gesamtleistung aller Niederspannungserzeugungsanlagen an der Sekundärseite jedes Mittel-/Niederspannungstransformators ermittelt. Um die niederspannungsseitige Last an einem Transformator zu simulieren wird mittels Schnittstellenprogramm zudem automatisch ein Vorschlagslastwert je Mittel-/Niederspannungstransformators auf Grundlage der installierten Trafogröße generiert und eingefügt. Der importierte Datensatz ist damit bereits rechenfähig.

Für Niederspannungsnetzberechnungen kommen bei der Bayernwerk AG zwei verschiedene Tools zur Anwendung. Für einfache Lastflussberechnungen wird ein einfaches Tool auf Excel-Basis verwendet, welches für die meisten Anwendungsfälle ausreichend ist. Für weiterführende komplexere Berechnungen wird PSS Sincal verwendet. Bei beiden Anwendungen kommt für den Import der Netzdaten in das Netzberechnungsprogramm ebenfalls ein GIS-Sincal-Schnittstellenprogramm zum Einsatz.

Bei der Niederspannungsschnittstelle ist die Funktionalität ähnlich wie in der Mittelspannung. Jedoch berechnet sich hier die Last der einzelnen Hausanschlüsse aufgrund der Anzahl der Wohneinheiten,



Niederspannungsteilnetz mit zusätzlichen Netzinformationen

die an einem Anschluss hinterlegt ist. Auch gibt es keine Summenleistung an einzelnen Anschlüssen, sondern jede Anlage wird einzeln aufgeführt (vgl. Abbildung).

Die zukünftigen Anforderungen der Energiewende erfordern neben dem klassischen Netzausbau auch ein intelligenter werdendes Stromnetz. Damit verbunden sind auch neue netzplanerische Anforderungen, welche sich auch in den verwendeten Tools wiederfinden müssen. So wird es erforderlich sein, sowohl in der Bestandsdokumentation als auch in den Schnittstellenprogrammen innovative Betriebsmittel besser darzustellen, um die Netzplaner auf die besonderen Gegebenheiten hinzuweisen. Also beispielsweise die farbliche Hervorhebung von regelbaren Ortsnetztransformatoren, deren Anzahl stetig ansteigt oder der Einbau von Strangreglern zur Spannungsregelung von einzelnen Stromkreisen in der Mittel- und Niederspannung.

Ebenso gilt es die verwendeten Last- und Einspeiseansätze stetig zu verbessern. So wäre es beispielsweise möglich, die Niederspannungslast am Transformator nicht mehr auf Basis der Transformatorgröße zu ermitteln, sondern auf Basis angeschlossener Wohneinheiten und hinterlegter Standardlastprofile. Bei erzeugungsdominierten Netzentwicklungskonzepten könnten vorhandene allgemeine Prognoseszenarien beispielsweise durch noch nicht genutzte freie Dachflächen in einem Planungsgebiet plausibilisiert werden.

Gerade in einer immer schneller werdenden Welt ist es wichtig, der Netzplanung leistungsfähige Werkzeuge mit auf den Weg zu geben, die zeitraubende Routineaufgaben abnehmen und somit mehr Zeit für die Findung der optimalen Lösung, für die Probleme der Zukunft, zu geben. Eine hohe und aktuelle Qualität der GIS-Daten ist dafür Grundvoraussetzung.

5.4.3 Apps für serverbasierte Netzplanung und Netzberechnung bei Energieversorgungsunternehmen

Verfasser: Gerhard Kreuwel, AED-SICAD AG

„smartGIS“ durch einfache Bedienung und Ampel-Ergebnisdarstellung

Heutige Verteilnetze sind vorwiegend für den Verbrauch von Energie konzipiert. Durch die Zunahme von Einspeisung durch Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke und Co. treten in zunehmendem Maße Spannungsschwankungen und Instabilitäten in den Niederspannungsnetzen auf. Oberste Priorität des Versorgungsunternehmens ist es immer, die Netzstabilität aufrecht zu halten.

Die AED-SICAD AG stellt „smartGIS“-Apps zur Verfügung, die eine einfache Analyse von Netzproblemen und Tools zum Planen und Skizzieren alternativer Lösungen ermöglichen. Konkret werden diese Apps für die Antragsbeurteilung von z. B. Solar- und Windkraftanlagen eingesetzt. Es wird eine Netzberechnung unterschiedlicher Szenarien durchgeführt, um die Auswirkungen auf das Netz anhand elektrotechnischer Kennzahlen zu beurteilen: Wie ist das Netz belastet, wenn nur Last von Verbrauchern vorhanden ist; wie sieht es aus, wenn nur die Einspeisung von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen herrscht; oder wenn Verbrauch und Einspeisung kombiniert auftreten? Die Berechnungsergebnisse werden farblich als Ampeldarstellung für die Netzbaumeister des Versorgungsunternehmens präsentiert. Sind die Werte nicht in Ordnung, wird der Fall einem erfahrenen Netzplaner zugewiesen, der die Möglichkeit hat, in ein oder mehreren Varianten Maßnahmen zu evaluieren. Eine Möglichkeit ist eine Schalthandlung zu simulieren, die dafür sorgt, dass ein Teil des Netzes von einer anderen Station versorgt wird. Alternativ kann auch eine Leitungsverstärkung gewählt werden, um die Kapazität zu erhöhen. Weitere Optionen zur Verbesserung der Netzkapazitäten sind Leistungsanhebungen von Transformatoren oder der Austausch des Transformators einer Station.

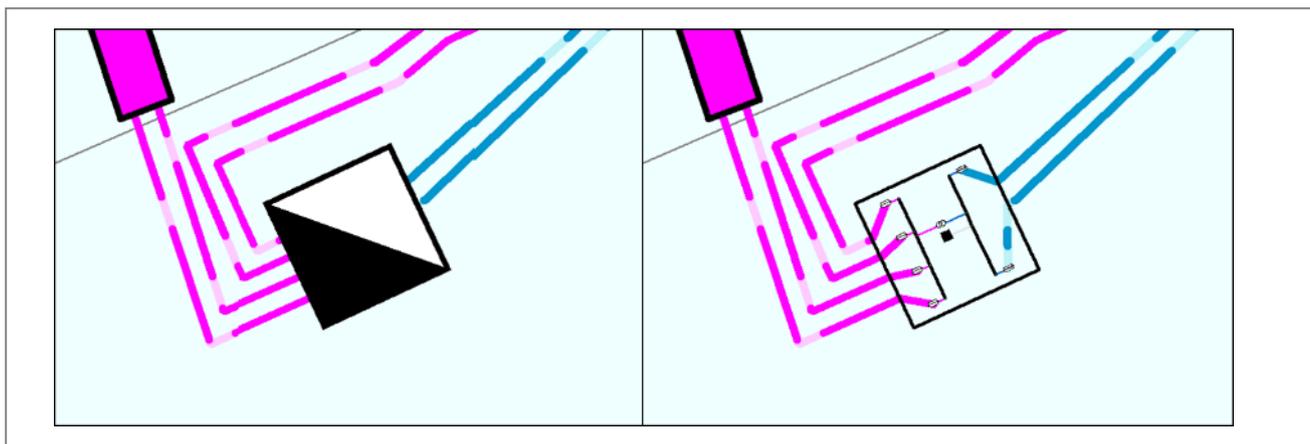
Herkunft und Voraussetzungen der Daten

Vorab ist die Ausgangssituation im Ortsnetz zu klären: Wie viele Wohneinheiten werden insgesamt von einer Ortsnetzstation versorgt? Wo wird in welchem Maße Energie in das Netz eingespeist? Nicht immer sind alle notwendigen Daten im GIS vorhanden. So kann es vorkommen, dass Informationen

bezüglich Transformatorleistungen und Verbrauchsdaten aus externen Systemen beschafft werden müssen.

Um der Netzberechnungskomponente ausreichend Informationen bereitzustellen, müssen die Daten aus Bestand und Planung in einer vollständigen Netztopologie vorliegen (hierzu gehören z. B. auch Schemaleitungen) und alle schaltbaren Elemente müssen in der Netztopologie und mit korrekten Normalschaltzuständen eingebunden sein.

Um Netzdaten entsprechend zu erweitern, um Kopplungen mit externen Systemen einzurichten, stehen Funktionen und Schnittstellen der ArcFM UT Produktfamilie zur Verfügung. Für das richtige Setzen des Normalschaltzustands ist eine weitere App verfügbar, die es dem Anwender ermöglicht, Schaltzustände als „offen“ oder „geschlossen“ zu dokumentieren.



Netzdaten

Netzplanung und Netzberechnung

Die Planungs-App ermöglicht unkomplizierte Analysen darüber, wie sich der Einbau weiterer dezentraler Erzeugungsanlagen auf das bestehende Netz auswirkt und ob mit Störungen zu rechnen ist. Mit der App können neue Netzwerkelemente eingezeichnet oder skizziert werden. Hierfür steht eine übersichtlich strukturierte Galerie projektspezifisch vordefinierter Typen wie Hausanschlüsse, Kabelverteilerschränke und Leitungen unterschiedlichen Materials und Dimension zur Verfügung. Die attributiven Eigenschaften der gezeichneten Elemente können zudem noch individuell überarbeitet werden. So werden beispielsweise die Erzeugungsanlagen über eine Dropdown-Liste in der Sachdatenmaske eines Hausanschlusses gewählt oder eine Anzahl von Wohneinheiten eines Gebäudes numerisch eingetragen. Diese attributiven Änderungen können bei der Netzberechnung mit berücksichtigt werden.

Die Berechnungs-App führt die Simulation anhand der neu erfassten Planungsdaten zusammen mit denen des bestehenden Netzes aus. Somit sind die möglichen Auswirkungen einer neuen Anlage auf das gesamte Netz unmittelbar sichtbar. Nun kann der Anwender weitere Maßnahmen ergreifen und etwa die Kapazität des Transformators stufenweise ändern. Alternativ kann er eine Leitungsverstärkung durchführen, wenn eine Leitung zu sehr belastet wird. Alle Maßnahmen werden als Kombination von skizzierten Elementen und dem bestehenden Netz von der Berechnungs-App simuliert und in der Karte visualisiert.

Manchmal lohnt es sich, als weitere Maßnahme einen Teil des Netzes von einer anderen Station versorgen zu lassen. Eine Vorabanalyse solcher notwendigen Schaltungen ist dabei dringend notwendig. Mittels der Planungs-App wird der Status eines Schalters einfach eingezeichnet und mittels Netzberechnung simuliert, die Ergebnisse werden wiederum in der Karte dargestellt. Die Berechnungsergebnisse eines Ortsnetzes können in einen Bericht sowohl grafisch als auch tabellarisch angezeigt werden. So entsteht ein vollständiger Überblick über das Planungsvorhaben.

Trennung von Bestand und Planung

Das Skizzieren, das Planen und die Simulationen und Berechnungen erfolgen immer in einer eigenständigen „Zeichenfolie“. Dadurch werden Veränderungen in den Bestandsdaten verhindert. In der Analyse und in den Berechnungen werden beide Datenquellen aber gleichzeitig und integral berücksichtigt.

Produktbasierte Lösungen

Die genannten Apps sind als funktionale Erweiterungen zu ArcFM UT Server (Extensions) untergebracht. Im Rahmen der Anschlussbeurteilung sind die Extensions „Edit“ für Sachdatenbearbeitung, „Plan“ für Netzplanung“ und „NCS“ für Netzberechnung dazugekommen. Diese Extensions sind auch in der ArcFM UT Desktopumgebung vorhanden.

5.5 Standortanalysen zur dezentralen Energieversorgung

5.5.1 Standortanalysen am Beispiel des „Energie-Atlas Bayern“

Verfasser: Christian Lotter, Dr. Florian Siegert, 3D RealityMaps GmbH

Aktuelle Studien zeigen, dass in der breiten Bevölkerung ein deutlicher Zuspruch für erneuerbare Energien zu beobachten ist und dass ein Großteil die Nutzung und den Ausbau als sehr wichtig erachtet. Dennoch besteht vor Ort häufig Konfliktpotenzial und Mangel an Akzeptanz für geplante Anlagen. Dies führt oft zu intensivem Widerstand, der sich zum Beispiel in Form von Bürgerinitiativen äußert, die Projekte verhindern oder zumindest verzögern. Obwohl sich viele Personen für nachhaltigere Energieformen aussprechen, stoßen bauliche Maßnahmen in direkter Nachbarschaft oftmals auf wenig Zuspruch. Ein Mittel, um Akzeptanz zu erreichen, ist die bessere Einbindung der Betroffenen und transparentere Informationspolitik, um so ein Verständnis für die ökonomischen Vorteile eines Projekts zu erreichen. Ein wichtiger Schritt dafür ist, Bürgern die Möglichkeiten zu geben, sich umfassend über die Energiewende zu informieren. Dazu kann auch zählen, ihnen kostenlose Werkzeuge an die Hand zu geben, mit denen sie sich ein neutrales Bild von Planungsszenarien für erneuerbare Energieformen machen können.

Energie-Atlas Bayern als zentrale Anlaufstelle für Bürger und Kommunen in Bayern

Der „Energie-Atlas Bayern“ ist das zentrale Internetportal der Bayerischen Staatsregierung zum Thema Energie. Er stellt in Form eng miteinander verzahnter, interaktiver Karten und Texte eine Fülle von Informationen zum Energiesparen, zur Energieeffizienz und zu erneuerbaren Energien kostenlos bereit. Wie ein Routenplaner zeigt das Portal Wege zur Erschließung der in Bayern vorhandenen Potenziale von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz auf. Er liefert für Bürgerinnen und Bürger, Kommunen, Behörden, die Wirtschaft und Planer Grundlagen und stellt zugleich die derzeitige Situation in Bayern dar, u. a. den aktuellen Bestand von Stromerzeugungsanlagen.

Das Portal ist seit April 2011 online und wurde im September 2012 mit dem Publikumspreis des bundesweiten eGovernment-Wettbewerbs ausgezeichnet. Mit dem Mischpult „Energimix Bayern vor Ort“ (seit Juli 2013) und der 3D-Analyse von Windenergieanlagen (seit Mai 2014) wurde der Energie-Atlas Bayern inzwischen um zwei eigenständige Online-Tools erweitert. Im Oktober 2014 wurde ein neues Design veröffentlicht sowie zahlreiche neue Inhalte und Funktionen freigeschaltet.

Der Energie-Atlas Bayern ist ein ressortübergreifendes Projekt der Bayerischen Staatsregierung. Die Federführung liegt beim Bayerischen Wirtschaftsministerium, zudem sind die bayerischen Staatsministerien für Umwelt, Finanzen, Landwirtschaft und des Innern beteiligt. Weitere bayerische Ministerien, Behörden sowie Nutzergruppen (z. B. Verbände, Vereine, Kammern) unterstützen das Projekt

inhaltlich. Umgesetzt wird es durch das Bayerische Landesamt für Umwelt und das Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung.

Bündelung der Informationen und Zugriff auf aktuellste Geodaten

Der Energie-Atlas Bayern bündelt die vorhandenen Informationen zum Thema Energiewende und stellt diese an zentraler Stelle zur Verfügung. Kernelement des Angebots sind die interaktiven Karten mit Daten aus ganz Bayern.

Dabei werden insbesondere auch viele Dienste und Daten integriert, die bisher nur in sehr unterschiedlichen Formen bei den einzelnen Ressorts vorlagen und nicht oder lediglich eingeschränkt zugänglich waren. Die Inhalte des Kartenteils werden umfassend durch textliche Informationen ergänzt und vervollständigt.

Eine besondere Bedeutung bei der Konzeption hatte die Frage, wie die Aktualität und Konsistenz der darin enthaltenen Daten bestmöglich sichergestellt werden kann. Um dies zu gewährleisten, wurde auf das Prinzip der webbasierten (Geo-)Datendienste und die Nutzung der Basiskomponenten der IuK-Landesstrategie (Integrale Geodatenbasis) zurückgegriffen. Die beteiligten Ressorts und Datenlieferer stellen dabei ihre Daten in Form von Web Map Services (WMS) und ggf. Web Feature Services (WFS) zur Verfügung. Eine übergeordnete, in das Webportal eingebettete Viewerapplikation verwaltet diese Dienste und integriert sie in die Gesamtanwendung. Durch dieses Konzept ist garantiert, dass der Stand der Daten im Energie-Atlas Bayern dem Stand bei den jeweiligen Datenhaltern entspricht. Zudem müssen auf diese Weise keine Daten dupliziert werden, was Inkonsistenzen der Datenbestände zuverlässig vermeidet.

Derzeit sind über 200 Layer über WMS-Dienste in den Energie-Atlas Bayern eingebunden. Weitere ca. 30 Layer werden über WFS-Dienste bereitgestellt.

Breites Anwenderspektrum im Sinne des Leitmotivs der Energiewende

Das Leitmotiv aller im Energie-Atlas Bayern aufgeführten Handlungsempfehlungen ist der Energie-3-Sprung. Demnach gilt es, den Energiebedarf zunächst durch die Vermeidung von Energieverbrauch (1. Sprung) und Steigerung der Energieeffizienz (2. Sprung) soweit wie möglich zu senken, bevor der verbleibende Energiebedarf durch den Ausbau erneuerbarer Energien (3. Sprung) gedeckt wird. Denn je weniger Energie unnötig verbraucht wird und je effizienter die Technik die benötigte Energie ausnutzt, desto leichter gelingt es, den verbleibenden Energiebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken.

Durch die Kombination eines geodatenbasierten Kartenteils mit einem ergänzenden Textteil zeichnet sich der Energie-Atlas Bayern bereits seit dem Online-Start 2011 durch eine hohe Informationsfülle aus. Der Kartenteil der Anwendung bietet den Nutzern derzeit u. a. folgende Inhalte:

- Standorte und Daten für ca. 480.000 Erneuerbare-Energien-Anlagen in Bayern (z. B. Biogasanlagen, Windenergieanlagen, Photovoltaikanlagen, Wasserkraftanlagen);
- Potenzialdaten für erneuerbare Energien (z. B. Windgeschwindigkeit, günstige Gebiete für Erdwärmennutzung, Globalstrahlung und Sonnenscheindauer);
- weitere Planungsgrundlagen wie Schutzgebiete, Vorrang-/Vorbehaltsgebiete, Stromleitungen, landschaftsprägende Denkmäler;
- Gebietskulisse Windkraft als Umweltplanungshilfe für Kommunen;
- Übersicht der Energieaktivitäten von Gemeinden;
- Mischpult „Energimix Bayern vor Ort“;
- 3D-Analyse von Windenergieanlagen;
- Abwärmeinformationsbörse als Marktplatz für Abwärmequellen und –senken;
- Solarflächenbörse als Marktplatz für Dach- und Freiflächen für die Installation von Photovoltaikanlagen;

- Standortcheck Oberflächennahe Geothermie;
- Recherche- und Auswertungsfunktion mit Möglichkeit zum Datendownload.

Der daran angeschlossene Textteil bietet zusätzlich wichtige Grundlagen und aktuelle Informationen zu den erneuerbaren Energien wie Technologien, Fördergelder, Genehmigung, Umweltaspekte und Antworten auf häufig diskutierte Fragen. Ebenso findet man hier Schritt-für-Schritt-Anleitungen zum richtigen Vorgehen beim Einsatz erneuerbarer Energien.

Interaktive Applikationen schaffen Transparenz und eine neutrale Ausgangslage für die Meinungsbildung

Schon in der Entwicklungsphase wurde großer Wert darauf gelegt, mit dem Energie-Atlas Bayern ein interaktives Portal bereitzustellen, denn interaktive Elemente erleichtern z. B. die Umsetzung von Vorhaben und die Zusammenarbeit. Hierdurch kann das Portal seine Funktion als Informationswerkzeug, Informationsbörse und Planungshilfe noch besser erfüllen.

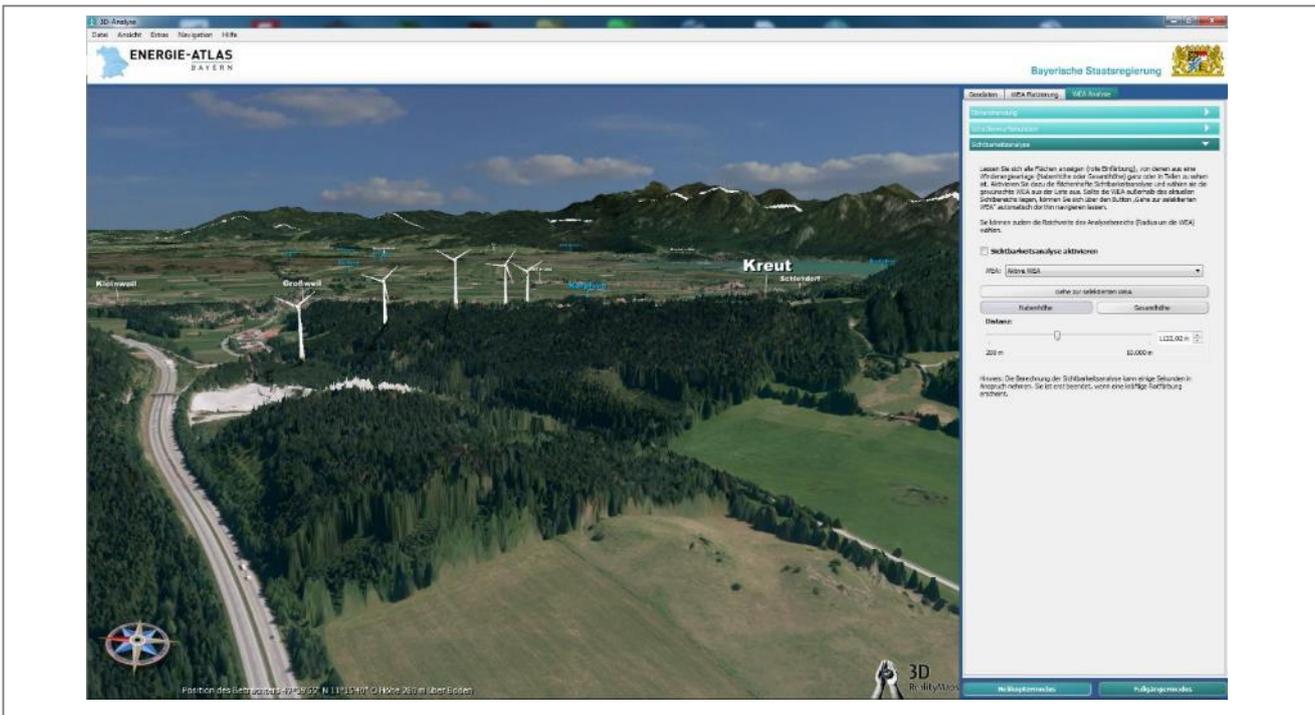
Der Energie-Atlas Bayern bietet derzeit u. a. folgende interaktive Möglichkeiten (Stand März 2015):

- 3D-Analyse von Windenergieanlagen zur Simulation der optischen Wirkung von Windenergieanlagen im Landschaftsbild;
- Mischpult „Energimix Bayern vor Ort“ zur Abschätzung der Stromerzeugungspotenziale erneuerbarer Energien in Gemeinden, Landkreisen und Regierungsbezirken;
- Standortcheck Oberflächennahe Geothermie zur individuellen Einschätzung der Standortbedingungen für die Nutzung von Erdwärmesonden und –kollektoren;
- individuell konfigurierbare Recherche- und Auswertungsfunktion inkl. Möglichkeit zum Datendownload;
- direkte Eintragung von kommunalen Energieaktivitäten (Gemeinden und Landkreise).

Aufgrund des hohen Zuspruchs und der guten Zugriffszahlen auf das Webportal wurde bereits die Erweiterung des Angebots beschlossen. In den nächsten Projektphasen sollen u. a. folgende Services bereitgestellt werden:

- Erweiterung Mischpult (Thema „Wärme“);
- Neuberechnung der Gebietskulisse Windkraft aufgrund des neuen Windatlas;
- mobilfähige Webseite;
- Erweiterung „Werkzeugkasten“ zum Energiedialog für Kommunen;
- neue Textbausteine (z. B. zu Energiespeicherung, KWK);
- Weiterentwicklung u. a. auch im Hinblick auf die Ergebnisse der aktuellen Nutzerumfrage.

Die Energiewende wird nur dann erfolgreich sein, wenn alle Beteiligten ihren Beitrag leisten und sich ungehindert in die Diskussion einbringen können. Durch den allgemeinen und kostenlosen Zugang zu allen einschlägigen Informationen ermöglicht er den Akteuren, einen fundierten Dialog über die Gestaltung ihrer Energieversorgung auf einer gemeinsamen und zuverlässigen Wissensbasis. Mit neuen Werkzeugen, aktuellen Informationen und vielen Tipps ist der Energie-Atlas Bayern eine wichtige Plattform für die Energiewende in Bayern und damit auch ein gutes Vorzeigeprojekt in Deutschland.



Energie-Atlas Bayern (www.realitymaps.de)

5.5.2 Optimierung von Standorten von Biogasanlagen

Verfasser: René Buffat, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Die Wahl des richtigen Standorts ist für die Planung von Biogasanlagen essenziell. Einerseits können optimale Standorte nach wirtschaftlichen Kriterien durch die Maximierung der Profitabilität gefunden werden, andererseits können andere Aspekte bei der Standortoptimierung optimiert werden. Aus ökologischer Sicht sind dabei die Maximierung des Effizienzgrads des Systems sowie die Minimierung der Transportdistanzen von Bedeutung. Da zurzeit die Nutzung der gesamten produzierten Wärme durch den tiefen Verkaufserlös oft nicht interessant ist, führen diese Optimierungen nicht zwangsläufig zum gleichen Resultat.

Standortkriterien

Für die richtige Dimensionierung und somit die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist die verfügbare Biomasse zentral. Es sollte für das ganze Jahr genügend Biomasse vorhanden sein. Die verfügbare Biomasse ist abhängig von den Distanzen, die man bereit ist, die Biomasse zu transportieren. Für Gülle wird bei Transportdistanzen von 5 km etwa 60 % der Energie für den Transport aufgewendet, für Speisereste sind es 20 km und für silierten Mais über 100 km [Pöschl et al., 2010]. Einnahmen durch Entsorgungsgebühren für die Verwertung von biogenen Abfall können jedoch die wirtschaftlich sinnvollen Transportdistanzen erhöhen.

Standortoptimierung

Mittels Analytischen Hierarchieprozess (AHP) kann die Eignung verschiedener Standorte untersucht werden. Dazu werden Standorte nach verschiedenen Standortkriterien, wie der verfügbaren Biomasse, lokalem Wärmebedarf oder Nähe zum Gasnetz bewertet. Da sich das Biomasseeinzugsgebiet verschiedener Standorte überschneidet, lassen sich mit dieser Methode jedoch nicht mehrere optimale Standorte finden. Das dritte Gesetz der Location Science besagt, dass man mehrere Standorte im gleichen Zeitschritt auswählen muss, wenn man optimale Standorte finden möchte [Church & Murray, 2008].

Mehrere optimale Standorte können mithilfe mathematischer Optimierung selektiert werden. Verschiedene Optimierungsmodelle wurden formuliert, die die Optimierung von Standorten erlauben. Das p-Median Problem selektiert eine feste Anzahl Standorte (p) aus einem Set an möglichen Standorten, so dass die gewichteten Transportdistanzen minimiert werden. Für die Optimierung von Biogasanlagenstandorten können als Gewichte die Menge der zu transportierenden Biomasse gewählt werden [Höhn et al., 2013]. Im p-Median Problem können jedoch unterschiedliche Biogasanlagentypen nicht modelliert werden, da alle Standorte als gleichwertig betrachtet werden.

Beim Facility Location Problem werden die Standorte ausgewählt, welche die Gesamtkosten minimieren. Jeder Standort ist dabei mit einer linearen Kostenfunktion repräsentiert. Diese kann je nach Standort und Art der Biogasanlage unterschiedlich sein. Das Modell erlaubt es, Kapazitätsbeschränkungen einzuführen und somit typische Anlagengrößen von Biogasanlagen bei der Optimierung zu modellieren. Das Facility Location Problem kann zudem so angepasst werden, dass es auch zeitlich variable Bedingungen wie saisonale Biomasseverfügbarkeit und Wärmebedarf modellieren kann [Buffat & Raubal, 2014].

Solver für mathematische Optimierungsprobleme sind in Standard-GIS-Software nicht integriert, die Software ArcMap bietet jedoch ein Tool zum Optimieren von p-Median Problemen mittels einer Heuristik an¹. CPLEX² und Gurobi³ sind bekannte Solver für mathematische Optimierungsprobleme. Mittels Python können diese mit GIS-Software verknüpft werden.

Referenzen

- BUFFAT, R.; RAUBAL, M. (2014): Spatio-temporal optimization for locating biogas plants. In: Proceedings of the 9th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. Venice – Istanbul, September 2014.
- CHURCH, R. L.; MURRAY, A. T. (2008): Business Site Selection. Location Analysis and GIS, 2008, 9.
- HÖHN, J.; LEHTONEN, E.; RASI, S.; RINTALA, J. (2014): A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. Applied Energy, 113, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.005>.
- PÖSCHL, M.; WARD, S.; OWENDE, P. (2010): Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. Applied Energy, 87 (11), 3305-3321.

5.6 Bürgerbeteiligung

5.6.1 Bürgerbeteiligung bei der Planung von Windenergieanlagen

Verfasser: Christian Lotter, Dr. Florian Siegert, 3D RealityMaps GmbH

Wie bereits in Kapitel 5.5.1 beschrieben, ist es im Sinne sämtlicher verantwortlichen Akteure, von Beginn an ein objektives Bild von Planungssituationen baulicher Maßnahmen vor Ort zu liefern, d. h. einen realen Eindruck der örtlichen Situation im Bereich einer geplanten Anlage zu vermitteln, wie einer neu zu errichtenden Windenergieanlage. Zu diesen Akteuren gehören sowohl Kommunen, Windparkprojektiertier, Fachbehörden als auch die Bevölkerung.

Die Windenergie zeichnet sich durch ein großes und kurzfristig verfügbares Potenzial aus. Darüber hinaus ergänzt sie sich zeitlich günstig mit der Solarenergieerzeugung und ist vergleichsweise kostengünstig. Als allgemeiner, bayernweit gültiger Rahmen für einen beschleunigten Ausbau, aber vor

¹ http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Algorithms_used_by_Network_Analyst/004700000053000000/

² <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>

³ <http://www.gurobi.com/>

allem auch zur Wahrung einheitlicher Verfahren und Vorgehensweisen, wurde von der Bayerischen Staatsregierung im Dezember 2011 der sogenannte „Windenergieerlass“ veröffentlicht. Er liefert Vorgaben zur Genehmigungsfähigkeit von Windenergieprojekten, wie zu immissionsschutzrechtlichen und naturschutzfachlichen Fragestellungen.

Objektive Werkzeuge zur Visualisierung von Planungsszenarien für Windenergieanlagen

Trotz einheitlicher Vorgaben zur Umsetzung von Windenergieanlagen und allgemein hoher Akzeptanz in der Bevölkerung für die Energiewende ist die konkrete Umsetzung von Windenergievorhaben vor Ort häufig mit Bedenken der Anwohner verbunden, dass sich Windenergieanlagen (WEA) optisch nachteilig auswirken könnten. Die Diskussionen darüber werden häufig sehr theoretisch und hypothetisch geführt, da sich nur schwer vorstellen lässt, wie eine WEA mit einer Höhe von bis zu 200 m an einem bestimmten Standort tatsächlich aussieht. Insbesondere die Anwohner eines geplanten WEA-Standorts stellen sich daher entsprechende Fragen:

- Wie würde eine geplante WEA im Landschaftsbild aussehen und wie würde sie sich in die Landschaft einfügen?
- Wie wären die realen Sichtbeziehungen, d. h. von welchen Standorten aus wäre die WEA komplett oder teilweise zu sehen?

Häufig wird befürchtet, dass das gewohnte Landschaftsbild von der WEA beeinträchtigt oder dominiert wird. Um einer einseitigen Meinungsbildung und Instrumentalisierung durch Interessensgruppierungen frühzeitig entgegenzusteuern, ist es nützlich, eine objektive, allgemein zugängliche Visualisierungsmöglichkeit im Internet zu schaffen.

Mit der Online-Anwendung „3D-Analyse von Windrädern“ des „Energie-Atlas Bayern“ wurde eine neutrale, einheitliche und vor allem kostenlose Grundlage zur Visualisierung von Planungen von Windenergieanlagen für alle Betroffenen und Akteure bereitgestellt. Die Software ermöglicht es, ein hoch aufgelöstes 3D-Modell eines Landschaftsausschnitts von Bayern aufzurufen und dort sowohl bereits bestehende WEA als auch neue Anlagen zu visualisieren. Das Besondere an dieser Anwendung ist, dass neben der Landschaft auch alle Gebäude und sogar die Vegetation in 3D dargestellt werden. Das macht die virtuelle Simulation außerordentlich realistisch.

Die Anwendung weist im Detail folgende Funktionen auf:

- interaktive Gebietsauswahl im Kartenteil des Energie-Atlas Bayern;
- automatisierte Koordinatenübernahme durch die externe Anwendung,
- automatisierte Berechnung und Bereitstellung einer 3D-Szene,
- interaktive Platzierung einer oder mehrerer WEA in der 3D-Szene unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben;
- interaktive Navigation im Helikopter und im Navigationsmodus;
- verschiedene Analysetools wie Sichtbarkeit, Schattenwurf und Entfernungsmessung direkt in der 3D-Landschaft.

In der konzeptionellen Ausgestaltung der Gesamtlösung lag der Fokus auf:

- einer einfachen Bedienung (Benutzerfreundlichkeit: Eingabe und Interaktion, Workflow);
- einer realitätsnahen Darstellung (3D-Ansicht von WEA und umgebender Landschaft);
- Performanz und Verfügbarkeit der webbasierten Anwendung im Online-Echtzeitbetrieb mit Multiuserzugriff.

5.6.2 Partizipative Planung von Energieinfrastrukturen

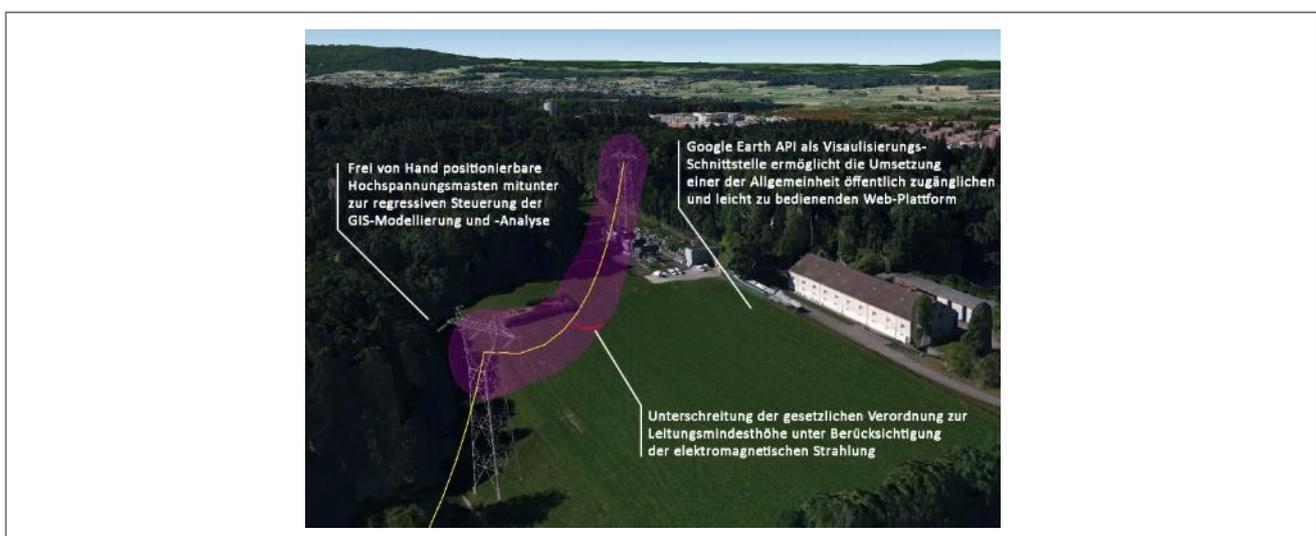
Verfasser: Thomas Klein, Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich

Aufgrund der Dimensionen der Netzwerkinfrastrukturen ist es kaum möglich, diese unauffällig oder gar unsichtbar und dennoch wirtschaftlich sinnvoll in die Landschaft zu integrieren. Dieser Sachverhalt sowie die teilweise potenziell von dieser Infrastruktur ausgehenden gesundheitsgefährdenden Risiken stoßen deshalb oftmals auf breite Ablehnung in der Bevölkerung. Für eine effiziente und zielführende Lösungsfindung solcher Konflikte zwischen den unterschiedlichen Interessengruppen kann eine entscheidungsunterstützende Plattform hilfreich sein. Gerade während Entscheidungssituationen im Planungsprozess kann ein solches System unterstützend wirken, da die argumentativen Aspekte aller Interessensgruppen integriert sein können und somit mit „offen Karten“ gespielt werden kann [Klein et al., 2013].

Eine solche, für die Planung relevante Integration an räumlicher Information aus den verschiedenen Interessenbereichen ermöglicht zudem, neben der ursprünglichen Funktion der Entscheidungsfindung, eine erweiterte Anwendung: Durch eine neutrale, sachliche und detaillierte Darlegung und Darstellung argumentativer Inhalte dient sie ebenso der Kommunikation und kann weiterhin den Zugang zum Thema oder Planungsprozess ermöglichen. Gerade Letzteres erlaubt es der Bevölkerung, sich eine eigene Meinung zu bilden und dies anhand unverzerrter Information aus erster Hand. Dadurch können auch persönliche Bedürfnisse, Argumente oder Zweifel eingebracht und behandelt werden.

Damit die kommunizierten, diskutierten und letztlich zur Entscheidung stehenden Sachverhalte tatsächlich in einem gesamthaften und somit auch landschaftsästhetischen Kontext beurteilt werden können, um die direkten Auswirkungen auf das Landschaftsbild festzustellen, bedarf es Landschaftsvisualisierungen. Diese auf Basis von GIS-Information generisch erzeugten, detaillierten und in das aktuell bestehende Landschaftsbild integrierte 3D-Visualisierungen der geplanten Infrastruktur können zudem eine gemeinsame Kommunikationsbasis für alle Beteiligten darstellen [Grêt-Regamey & Wissen Hayek, 2012].

Durch den Einbezug und Darlegung ingenieurtechnischer Aspekte (z. B. Durchhängung der Hochspannungsleitung, Höhe des Hochspannungsmasten) der geplanten Infrastrukturen wie bei einer Hochspannungsleitung, können so auch die später reell eintretenden visuellen Auswirkungen dargestellt und kommuniziert werden. Dieser Einbezug von (bau-)technischen Parametern mag augenscheinlich zunächst einen Mehraufwand lediglich zum Zwecke der 3D-Visualisierungen bedeuten. Jedoch können anhand solcher technischer Merkmale auch bauliche oder wirtschaftliche Restriktionen



Visualisierte Hochspannungsleitung/-trasse

mit anderen inhaltlichen Aspekten klar gegenübergestellt und kommuniziert werden, sodass alle Interessen berücksichtigt werden, um effizient, gemeinsam und zusammen mit der Bevölkerung Alternativen für eine nachhaltige Landschaft entwickeln zu können.

Die Abbildung zeigt visualisierte Energieinfrastrukturobjekte am Beispiel einer Hochspannungsleitung/-trasse. Die Visualisierungs- und Schnittstellenbasis stellt hierbei das Google Earth API dar. Hierdurch können direkte Änderungen innerhalb der Visualisierung vorgenommen werden (z. B. Neupositionierung von Hochspannungsmasten), dieses zeitgleich eine Steuerung der GIS-Modellierung und -Analyse ermöglicht.

Referenzen

- GRÊT-REGAMEY, A.; WISSEN HAYEK, U. (2012): Multi-criteria decision analysis for planning and design of sustainable energy landscapes. In: van den Dobbelsteen, A.; Stremke, S. (Eds.): Sustainable Energy Landscapes: Designing, Planning and Development. CRC/Taylor & Francis.
- KLEIN, T. M.; WISSEN HAYEK, U.; CELIO, E.; GRÊT-REGAMEY, A. (2013): Decision support systems and tools as collaborative web-platform for sustainable development of landscapes. In: Schrenk, M. et al. (Ed.): Peer-reviewed Proceedings/Tagungsband, REAL CORP 2013 Planning Times – You better keep planning or you get in deep water, for the cities they are a-changin´.... Rom, Italy.

5.6.3 Energieatlas für Bürger

Verfasser: Anna Füllenbach, AED-SYNERGIS GmbH; Frank Möller, ARC-GREENLAB GmbH

Frühzeitige aktive Bürgerbeteiligung bei der Planung von Anlagen für erneuerbare Energien ist entscheidend, um eine breite Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung zu gewinnen und damit Widerstandsverfahren und langwierige Verzögerungen beim Bau zu vermeiden. Hier geht es in erster Linie um Windparks, Biogasanlagen oder den Neubau von Hochspannungsleitungen. Einige Kommunen setzen das Konzept der aktiven Bürgerbeteiligung erfolgreich um und erreichen auf diese Weise auch, dass sich Bürger, teils in Kooperation mit Behörden und Unternehmen, an der Planung und sogar Finanzierung der Anlage beteiligen – so entstehen Bürgerwindparks und Energiegenossenschaften und die Regionalentwicklung wird gefördert. Aktive Informationspolitik innerhalb der Kommunen und in der Wirtschaft ist unerlässlich, um die Energiewende voranzutreiben.

Solarpotenzialflächenkataster der Stadt Augsburg

Zukunftsorientiert arbeiten bedeutet für die Stadt Augsburg, ihren Bürgern möglichst viele Informationen im Internet über die Web-GIS-Plattform WebOffice zur Verfügung zu stellen und Unternehmen mit der Aktion „Aktivierung von Dachflächen von Industrie und Gewerbe für Photovoltaik-Anlagen“ zu unterstützen.

Seit 1998 ist die Stadt Augsburg Mitglied im Klima-Bündnis, einem europäischen Netzwerk von mehr als 1.500 Städten, Gemeinden und Landkreisen. Damit ist u. a. die Verpflichtung verknüpft, die CO₂-Emissionen um 10 % pro Einwohner im 5-Jahres-Zeitraum bezogen auf alle relevanten Energieträger zu reduzieren.



Solarpotenzialflächenkataster der Stadt Augsburg mit WebOffice BürgerGIS (AED-SYNERGIS)

DEDICATED TO SOLUTIONS

GEO-IT-LÖSUNGEN



- ▶ Integration von Komplettsystemen (Hardware, Software) für ortsfeste und verlegbare Geodateninfrastrukturen
- ▶ Entwicklung von BigData-Lösungen für GeoIT auf Basis von SAP-HANA-Technologie
- ▶ Bereitstellung von Software und Workflows zur Erzeugung von 2D/3D Geländedatenbasen für Simulations- und Missionsplanungssysteme
- ▶ Entwicklung von Software zur Generierung, Auswertung und Änderungsdetektion von 3D-Punktwolken aus abbildenden Sensoren (z. B. UAS)

Mehr Informationen:
ESG ELEKTRONIKSYSTEM- UND LOGISTIK-GMBH
 Telefon 089 9216-0 ▶ m-info@esg.de ▶ www.esg.de



Räumliche Fragestellungen nachhaltig lösen >>



Planungsrechner Erneuerbare Energien
 Was ist machbar im Klimaschutz?

6 Ausgewählte Praxisbeispiele

6.1 3D-Analyse von Windenergieanlagen in Bayern

Verfasser: Christian Lotter, Dr. Florian Siegert, 3D RealityMaps GmbH

3D-Anwendung zur Analyse von Windenergieanlagen und ihrem Einfluss auf das Landschaftsbild

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) mit der Entwicklung einer Online-Anwendung zur 3D-Visualisierung von Windenergieanlagen beauftragt. Ziel war es, eine objektive, allgemein zugängliche Visualisierungsmöglichkeit im Internet zu schaffen, die über das Internetportal „Energie-Atlas Bayern“ zugänglich gemacht wird und eine neutrale und einheitliche Grundlage für Diskussionen liefern soll.

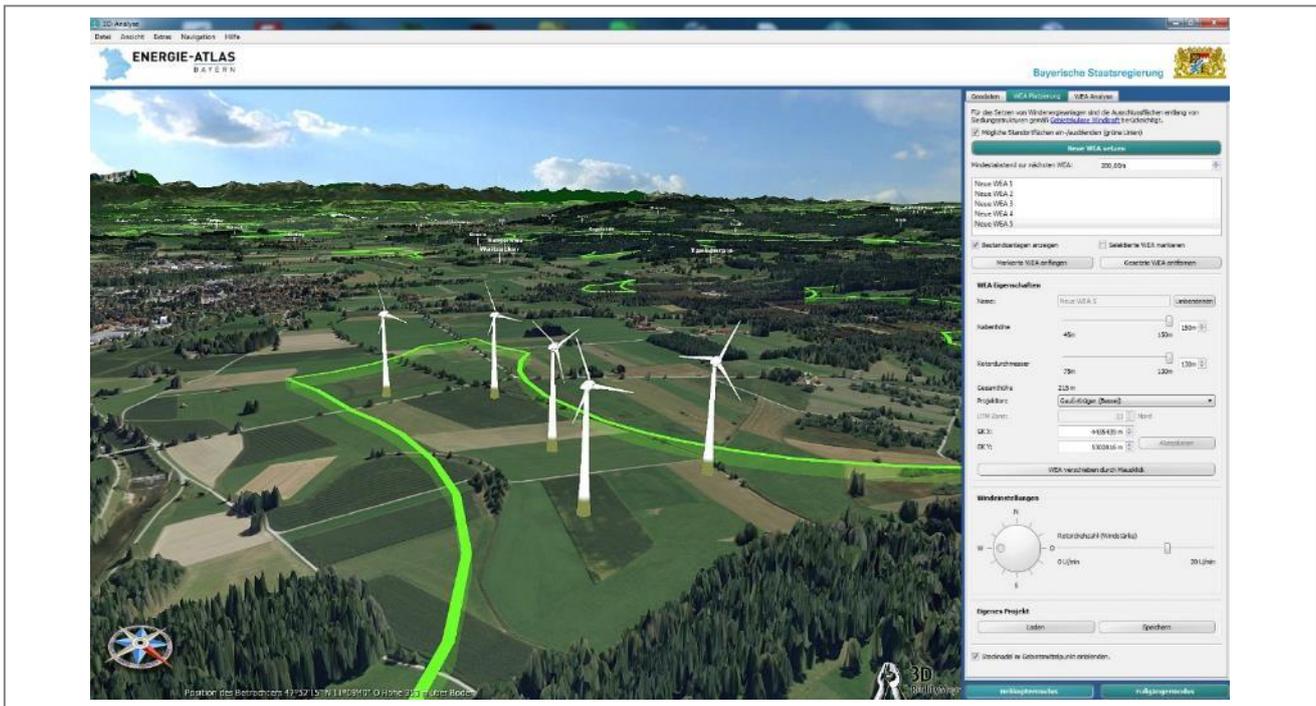
Die webbasierte Softwarelösung „3D-Analyse Windenergie“ wurde von der 3D RealityMaps GmbH aus München im Auftrag des LfU entwickelt. Die kostenlos im Internet verfügbare 3D-Anwendung zeigt das gesamte Bundesland Bayern in einem hoch aufgelösten 3D-Landschaftsmodell, in dem auch Städte, einzelne Gebäude und die Vegetation dreidimensional dargestellt sind. Der Aufruf bzw. Einstieg in die Anwendung erfolgt über die topographische 2D-Karte des Internetportals „Energie-Atlas Bayern“, der auf einer technischen Plattform des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (LVG) basiert.

Hoch aufgelöste 3D-Karte von Bayern mit existierenden Windenergieanlagen

Nach der Auswahl einer gewünschten Region in der topographischen Karte und vorheriger Installation der Viewer-Software öffnet sich die 3D-Luftbildkarte. Die Anwendung erlaubt es dem Nutzer, sich frei durch die 3D-Luftbildkarte zu bewegen, um die Landschaft aus unterschiedlichen Richtungen und von verschiedenen Standorten zu betrachten (z. B. drehen, schwenken, zoomen, kippen) und so Sichtbeziehungen und optische Eindrücke rund um bereits vorhandene Windenergieanlagen zu erhalten. Die Navigation kann sowohl über Maus, 3D-Maus, Touchpad als auch über die Tastatur erfolgen.

Mit dem Start der Anwendung bewegt sich der Nutzer standardmäßig im sogenannten „Helikoptermodus“ in einer erhöhten Position über dem 3D-Landschaftsmodell. Alternativ kann im Menü der Fußgängermodus aktiviert werden. Die Betrachterposition wird dann auf zwei Meter über dem Geländemodell festgesetzt, um die Sichtweise einer Person im Gelände zu simulieren.

Befinden sich eine oder mehrere bereits existierende Windenergieanlagen in dem ausgewählten Bereich, sind diese sowohl im Menübereich aufgeführt als auch in der 3D-Karte als CAD-Modelle eingebunden und können direkt angeflogen werden. Die Viewer-Software erlaubt es dem Nutzer, Windenergieanlagen selbst in der 3D-Luftbildkarte einzufügen. Nach der Eingabe von Anlagenparametern wie Nabenhöhe und Rotordurchmesser werden diese automatisiert generiert und interaktiv in der Landschaft positioniert. Bei der Platzierung der Windenergieanlagen werden automatisch die gesetzlichen Rahmenbedingungen wie Mindestabstände zu bestehenden Windenergieanlagen und Häusern oder anderen Gebäuden berücksichtigt. Die Ausschlussflächen werden mit einer grünen Umrisslinie markiert und es ist nicht möglich, dort eine Anlage zu platzieren (siehe Abbildung).



„Energie-Atlas Bayern“: Platzieren von Windenergieanlagen mit Berücksichtigung von Ausschlussflächen – grüne Umrissfläche (www.realitymaps.de)

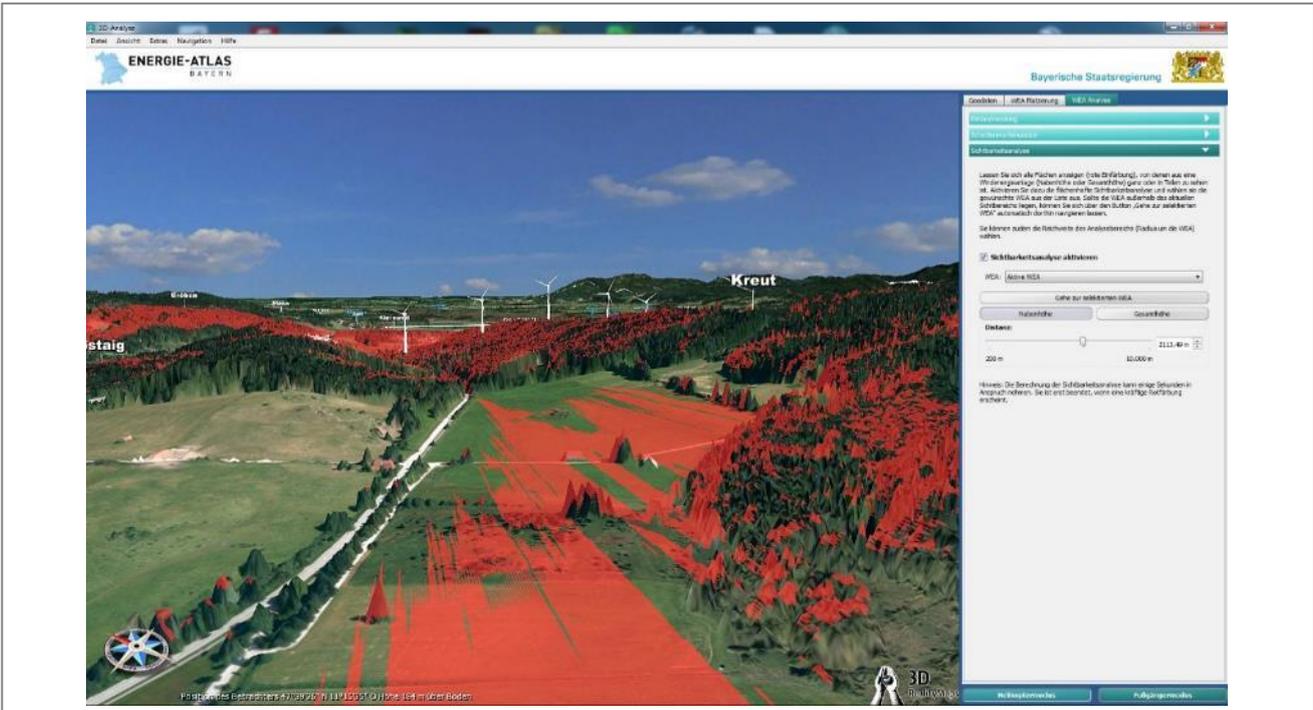
Detaillierte Analyse des Erscheinungsbilds von geplanten Windenergieanlagen in der Landschaft

Die hoch performante Viewer-Software erlaubt es dem Anwender, verschiedene Planungsalternativen hinsichtlich Anzahl, Standort und Konstellationen in der virtuellen Landschaft zu simulieren und zu speichern, um so einen besseren Gesamteindruck des Projekts zu erhalten. Zusätzlich stellt die Anwendung folgende Analysetools bereit, um Begebenheiten, wie Sichtbeziehungen oder Distanzen genauer zu untersuchen:

- **Windrichtung:** Über einen Drehknopf im Menü der Anwendung kann die angenommene Windrichtung verändert werden, worauf sich die Windenergieanlagen in Echtzeit um die jeweilige Position drehen.
- **Distanzmessung:** Mit der Distanzmessung kann der Abstand zwischen der aktuellen Kameraposition, einer Windenergieanlage oder einem beliebigen Punkt in der Karte vermessen werden. Der gemessene Abstand wird über eine weiße Linie in der 3D-Karte visualisiert und der Abstand in Metern angegeben. Zusätzlich wird das Geländeprofil der gemessenen Strecke in einem Höhenprofil dargestellt.
- **Schattenwurfsimulation:** Mit der Schattenwurfsimulation kann der Schatten der Windenergieanlage simuliert und verändert werden. Die Auswahl kann für einen beliebigen Tag im Jahr und die Tageszeit im Zeitraum einer Stunde nach Sonnenauf- und vor Sonnenuntergang erfolgen. Über einen Schieberegler kann der Schattenwurf dynamisch verändert werden. Er wandert dabei in der Applikation in Echtzeit entsprechend dem Sonnenstand zum ausgewählten Zeitpunkt um die angezeigten Anlagen.
- **Sichtbarkeitsanalyse:** Mit der Sichtbarkeitsanalyse werden Bereiche in der 3D-Karte rot eingefärbt, von denen aus eine ausgewählte Windenergieanlage ganz oder Teile davon sichtbar sind (siehe Abbildung). Für die Analyse wird zunächst eine Anlage ausgewählt. Zusätzlich kann bestimmt werden, ob die Analyse für die Gesamthöhe oder nur für die Nabenhöhe ausgeführt wird. Der Analysebereich (Radius um eine Anlage) lässt sich zwischen 200 m und 10.000 m frei wählen.

- Projektspeicherung: Zudem ist in der 3D-Software eine Export-/Speichermöglichkeit für den Nutzer vorgesehen. Vom Nutzer generierte Windenergieanlagen in einem Projektgebiet können damit lokal gespeichert und das Projekt zu einem späteren Zeitpunkt wieder geladen werden.

Die Anwendung wird fortlaufend aktualisiert. So werden beispielsweise die Bestandsanlagen in regelmäßigen Abständen auf den neuesten Stand gebracht. Zusätzlich sind bereits Erweiterungen der Analysewerkzeuge geplant. Die Anwendung zeichnet sich durch eine besonders realitätsnahe Simulation von Planungsszenarien aus, die sich auch für andere Bundesländer und Regionen übertragen und realisieren lässt.



„Energie-Atlas Bayern“: Sichtbarkeitsanalyse – in Rot eingefärbten Bereichen ist eine ausgewählte Windenergieanlage ganz oder teilweise sichtbar (www.realitymaps.de)

6.2 Anschlussbeurteilung via Ad-hoc-Netzsimulation bei der EWE Netz AG

Verfasser: Eric Schmalen, AED-SICAD AG

Kurzbeschreibung

Die Stabilität des Stromnetzes gewährleisten: Dies ist für Energieversorger eine der zentralen Herausforderungen, wenn es um die Einspeisung dezentral erzeugten Stroms geht. Während der Verbrauch unproblematisch ist, können durch die vermehrte Einspeisung, etwa durch Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke oder durch Überbelastung von Stationstransformatoren in zunehmendem Maße Spannungsschwankungen und Instabilitäten auftreten.

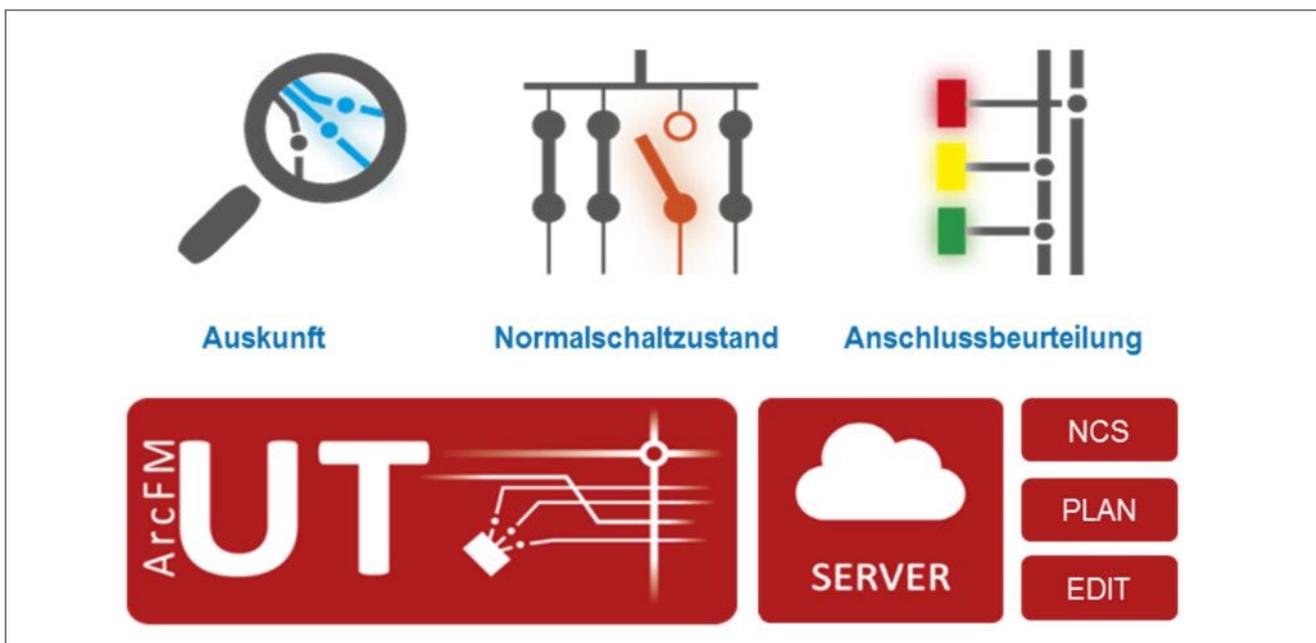
Die AED-SICAD AG stellt spezielle Apps zur Verfügung, die eine einfache Analyse von Netzproblemen und Tools zum Planen und Skizzieren alternativer Lösungen ermöglichen. Dies erleichtert Energieversorgern, ihren Verpflichtungen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Bezug auf Planung und den Betrieb der Leitungsnetze nachzukommen. Die Apps unterstützen die Unternehmen, die Verfahren Anschlussbeurteilung und Antragsbearbeitung zu optimieren.

Nutzen

In intensiver Zusammenarbeit mit der EWE Netz GmbH hat die AED-SICAD AG Apps für ein „smart-GIS“ entwickelt. Diese Apps unterstützen den Prozess der Antragsbeurteilung von z. B. Photovoltaik- und Windkraftanlagen auf Basis einer Netzberechnung der Last, der Einspeisung oder einer Kombination von beiden. Sie ermöglichen darüber hinaus auch die Netzplanung und die Netzberechnung besonders im Niederspannungsnetz auf der Basis von ArcGIS Server und ArcFM UT Server. Im Praxiseinsatz hat smartGIS zu einer deutlichen Reduzierung des personellen Arbeitseinsatzes und der Fehleranfälligkeit geführt.

Der Anwender wird dabei Schritt für Schritt durch den Ablauf geführt. Die Ergebnisse der integrierten Netzberechnung werden mittels einer übersichtlichen Ampeldarstellung ausgewiesen. Falls die Werte kritisch sind, wird der Antrag einem erfahrenen Netzplaner zugewiesen, der dann verschiedene Maßnahmen evaluieren kann. Dies können sowohl Schaltsimulationen, Leitungsverstärkung oder auch Austausch von Transformatoren sein. Unter der Programmoberfläche bietet das „smartGIS“ hier Funktionalitäten wie Sachdatenbearbeitung, Konstruktion und Skizzieren von Objekten. Planungsvarianten können durch den Anwender angelegt werden. Bei der Planung entstehende Materiallisten lassen sich zum Zweck der Kostenrechnung in eine Tabellenkalkulation exportieren.

Die Lösung basiert auf ArcFM UT Server von AED-SICAD AG und ArcGIS for Server der Firma Esri. Direkt als Standardprodukte verfügbar sind ArcFM UT Server Extensions „Edit“ für Sachdatenbearbeitung, „Plan“ für Netzplanung“ und „NCS“ für Netzberechnung. Die notwendigen Arbeitsabläufe in der Bedienung der Software sind in den clientseitigen Apps untergebracht. Für die Anschlussbeurteilung sind die Apps „Auskunft“, „Normalschaltzustand setzen“ und „Anschlussbeurteilung“ entstanden. Letztere enthält alle Komponenten für die integrierte Netzplanung und Netzberechnung. Der JavaScript Client für den ArcFM UT Server hat sich als elegante Plattform zur Integration unterschiedlicher funktionaler Anforderungen bewährt. Die Anwendung wird über einen gängigen Browser aufgerufen. Zusätzlich stehen funktional reduzierte Apps für die Auskunft und die Schaltung von Netzelementen als mobile Apps für Tablets und Smartphones zur Verfügung.



„smart-GIS“ Apps der AED-SICAD AG in Zusammenarbeit mit der EWE Netz GmbH

Referenzen

- EWE Netz GmbH (Artikel online unter <http://www.business-geomatics.com/bg/index.php/datenmanagement-2/431-ad-hoc-netzsimulation>; Artikel in der Stadt + Werk Ausgabe 1/2 2015)

6.3 Workforce-Management bei der Westnetz

Verfasser: Hans Jürgen Schocke, Westnetz GmbH

ArcFM UT unterstützt zukünftig die Prozesse bei Baumaßnahmen, Inbetriebnahmen, Betrieb, Instandhaltung und Störungsbeseitigung.

Die Westnetz GmbH mit Sitz in Dortmund ist der Verteilnetzbetreiber für Strom und Gas im Westen Deutschlands. Im RWE-Konzern verantwortet Westnetz im regulierten Bereich Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von 190.000 Kilometern Stromnetz und 28.000 Kilometern Gasnetz. Westnetz unterstützt die Energiewende in Deutschland mit zukunftsorientiertem Aus- und Umbau der Netze sowie zahlreichen Innovationsprojekten. Schlagworte sind hier beispielsweise Smart Operator oder Smart Country.

Westnetz verfolgt stringent das Ziel, mit modernen Workforce-Management-Prozessen (WfM) das operative Netzgeschäft zu optimieren. Dabei spielt die technische Netz IT eine zentrale Rolle.

Bei einer zu betreuenden Fläche von ca. 50.000 km² ist der Einsatz eines effizienten WfM-Systems für einen optimalen Ressourceneinsatz zwingend. Die im Netzbetrieb eingesetzten Mitarbeiter werden durch eine zentrale Disposition bzw. Einsatzplanung, ergänzt um ein Routingsystem zur optimalen Zielführung, unterstützt. Die technische Netz IT stellt die zentral genutzten Applikationen für die Erstellung, Disposition und Verteilung von Arbeitsaufträgen als auch die mobilen Endgeräte inkl. der Applikationen zur Bearbeitung und Rückmeldung der Arbeitsaufträge im „Felde“ bereit.

Die Organisation des Workforce-Managements bei der Westnetz basiert auf einer zentralen Wartungsplanung mit einem integrierten Meldewesen. Diese zentral vorliegenden Informationen werden vom Arbeitsvorbereiter genutzt, um Aufträge für Inspektionen, Wartung und Instandsetzungsmaßnahmen zu eröffnen. Der Disponent weist einzelne Aufgaben aus den Aufträgen einem Mitarbeiter oder Team zu. Der Mitarbeiter oder das Team können wiederum die Einsätze abrufen, bearbeiten und nach Abschluss eine Rückmeldung an die Zentrale geben.

Das Workforce-Management der Westnetz dient zur Unterstützung der planbaren und nicht planbaren Aktivitäten bei Baumaßnahmen, Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung und Störungsbeseitigung in Versorgungsnetzen zur kostenoptimalen Ressourcensteuerung (Personal, Werkzeug und Material) und Ergebnisdokumentation. Die Beauftragungs- und die Abrechnungsebene wird ebenfalls abgebildet. Der Begriff „WfM“ bezeichnet u. a. die Steuerung bzw. Organisation des Mitarbeiterereinsatzes,



Inspektion eines Transformators

wird aber auch für die dazu notwendige Softwarelösung benutzt. Die bei Westnetz eingesetzte Technologie wurde im Projekt PIWO entwickelt und basiert im Wesentlichen auf SAP- und zukünftig auch auf ArcFM UT-Komponenten. Als Dispositionswerkzeug wird SAP Multi Resource Scheduling (MRS) basierend auf dem SAP Melde- und Auftragswesen sowie dem SAP Plant Maintenance (PM) für die Verwaltung der instandhaltungsrelevanten Betriebsmittel eingesetzt. Auf den mobilen Endgeräten kommt das SAP Mobile Asset Management (MAM) zum Einsatz.

In dieser SAP-orientierten Prozesslandschaft unterstützt ArcFM UT die Geschäftsprozesse an einer Vielzahl von Stellen, z. B. bei der Lokalisierung von Ereignissen, Visualisierung von Arbeitsaufträgen, Optimierung von Fahrtwegen und der Darstellung des Arbeitsfortschritts bei der Inspektion von Niederspannungsbetriebsmitteln oder des Versorgungszustandes von Ortsnetzstationen.

Die Arbeitsvorbereiter und Disponenten werden mittels der auf Basis von ArcFM UT entwickelten Webkomponente „WfM-Office“ unterstützt. Diese Komponente ist über den ArcFM UT Integrator EAI und SAP Process Integration (PI) direkt mit den SAP Komponenten PM und MRS gekoppelt.

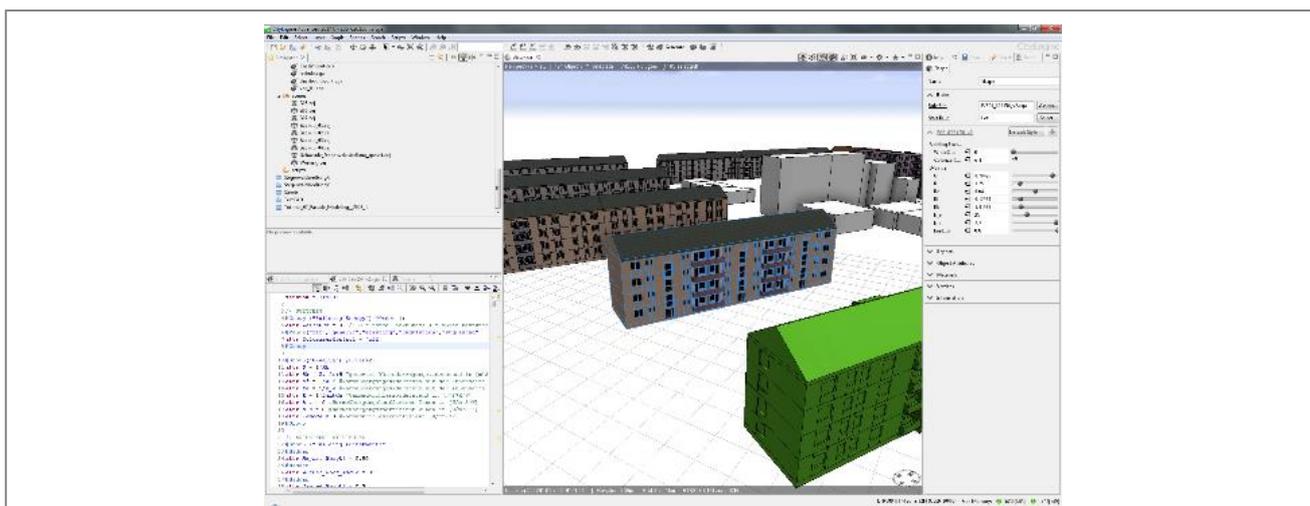
Die Mitarbeiter im Netzbetrieb sind mit robusten Feldcomputern des Herstellers Motion Computing ausgestattet, auf denen neben dem SAP MAM zukünftig auch der Assetmanager von AED-SICAD eingesetzt wird. Der Assetmanager wurde um WfM-Funktionen erweitert, die Bedienoberfläche auf notwendige Funktionen reduziert und mit einer bidirektionalen Schnittstelle zum SAP MAM versehen. Die Geodaten werden über das seitens AED-SICAD entwickelte Synchronisationstool als Replikat dem Außendienstmitarbeiter zur Verfügung gestellt.

6.4 Morgenstadt-Projekt: Energiebilanz und Visualisierung mit CityEngine

Verfasser: Prof. Dr. Jörg Schaller, Esri Deutschland GmbH; Zeljko Rajcevic, Prof. Schaller UmweltConsult (PSU)

Morgenstadt-Projekt der Stadt Köln

Im Rahmen des Verbundforschungsprojekts „Innovationsnetzwerk Morgenstadt: City Insights“ (m:ci), unter der Projektleitung der Fraunhofer-Gesellschaft – IAO zur Förderung der angewandten Forschung e. V., erstellt die Esri Deutschland Group GmbH in Kooperation mit der Stadt Köln Smart City und der PSU – Prof. Schaller Umwelt Consult GmbH ein dreidimensionales Geoinformationssystem für den Stadtteil Mülheim Süd.



Farbcodierung von Gebäuden nach Energiewerten

Dazu stellt die Stadt Köln Daten aus den Bereichen Umwelt, Verkehr, Liegenschaften, Statistik, Energie- und Wasserwirtschaft sowie der Stadtplanung zur Verfügung. Auf der Grundlage dieses Informationssystems werden Applikationen entwickelt, die den Kölner Bürgern und der Stadtverwaltung cloudbasierte, interaktive Inhalte auf dem Portal der Stadt Köln zur Verfügung gestellt werden.

Neben der dreidimensionalen Analyse und Visualisierung des Stadtteils Mülheim im Istzustand, dient das Projekt zur Simulation von zukünftigen nachhaltigen und innovativen Entwicklungsszenarien für diesen Stadtteil. Im Ergebnis wird damit der Politik und Verwaltung ein Instrument an die Hand gegeben, welches eine anschauliche Darstellung von neuen Stadtplanungsprojekten und -szenarien erlaubt und eine interaktive Bürgerbeteiligung ermöglicht. Das Projekt wurde im Sommer 2014 begonnen und wird im Juni 2016 abgeschlossen.

3D-Visualisierung zur energetischen Gebäudesanierung mit CityEngine

Energiebedarf und -verbrauch von Gebäuden ist ein Kernthema zur Gebäudesanierung. Im Kölner Stadtteil Mülheim werden im Rahmen des Smart-City-Projekts der Stadt umfangreiche energetische Gebäudesanierungen durch die Deutsche Wohnungsgesellschaft mbH realisiert. Für die Darstellung des Istzustandes (Energieverbrauch und Berechnungen des Bedarfes) sowie der Optimierung der Energiebilanz der Stegerwaldsiedlung werden dreidimensionale GIS-Analyse- und -Visualisierungswerkzeuge herangezogen. Die Esri CityEngine Software bietet hierzu die notwendigen Darstellungswerkzeuge aller Gebäude für gemessene und berechnete Attributwerte. Die Abbildung „Farbcodierung von Gebäuden nach Energiewerten“ zeigt als Beispiel vorberechnete Werte aus den Building Energy Specification Tables („BEST“) (vgl. Abbildung BEST Tabelle) und berücksichtigt den Istzustand („existing“), den Verbrauch nach nationalen Vorschriften („regulation“) und den Verbrauch, der bei einer empfohlenen Spezifikation entstünde („suggested“).

BEST Tabelle
(Building Energy Specification Tables)

Parameter	Value
U	0.70429
R	1.25
Re	0.04
Ri	0.12987
Rk	1.41987
h _e	25
h _i	7.7
lambda	0.8

Beispielhafte Berechnung des U-Werts eines Bauteils

Die Farbgebung ist dabei frei definierbar. Im vorliegenden Beispiel ist sie angelehnt an den Energieausweis-Bandtacho mit Energieeffizienzklassen nach Energieeinsparverordnung 2014, ist aber ausdrücklich nicht als rechtlich verbindlicher Energieausweis im Sinne der Energieeinsparverordnung zu sehen. Sie bezieht sich auf das gesamte Gebäude, wäre aber je nach zugrunde liegender Datengrundlage auch auf einzelne Wohneinheiten anwendbar.

Neben der einfachen Farbcodierung über vorberechnete Szenarien ist es möglich, auch individuelle und tiefer gehende Berechnungen durchzuführen (Abbildung: Beispielhafte Berechnung des U-Werts eines Bauteils).

Dies kann durch einen Ansatz mit stark eingeschränkten konfigurierbaren Parametern realisiert werden oder es wird eine Implementierung kompletter Berechnungsverfahren mitsamt Vorschriften (z. B. Berechnungsverfahren für Gebäude nach DIN V 18599 bzw. DIN V 4108) durchgeführt. Dies ist jedoch recht komplex, da hierfür alle Bauteilattribute, anlagentechnischen Kennwerte etc. für jedes Gebäude inklusive aller Varianten hinterlegt werden müssen.

Referenzen

- Deutsche Wohnungsgesellschaft mbH (2014): Projektsteckbrief: EU-Projekt „Growth Smarter“ (Horizon 2020) – Energetische Modernisierungsmaßnahmen Stegerwaldsiedlung Köln. 4S.
- Stadt Köln (2014): Smarte Stadtentwicklung im 3D-Format <http://www.smartcity-cologne.de/smartestadtentwicklung/>.

6.5 Wärmebedarfssimulation Ludwigsburg-Grünbühl

Verfasser: Romain Nouvel, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

Überblick

Grünbühl ist ein Bestandswohngebiet im Südosten von Ludwigsburg mit einer Wohnfläche von ca. 77.000 m² auf einer Gesamtfläche von 15 ha. Die meisten Gebäude wurden in der Nachkriegszeit erbaut, teilweise kamen in den 1980er-Jahren Gebäude hinzu. Der überwiegende Teil der Gebäude ist noch unsaniert, obwohl seit 1990 im Durchschnitt 1 % der Gesamtwohnfläche (d. h. 780 m²) pro Jahr saniert wurden. Dies entspricht auch der aktuellen bundesweiten Sanierungsrate, bleibt aber weit hinter der Empfehlung des Bundesministeriums für Umwelt (Sanierungsrate um 2 % pro Jahr) zurück.

3D-Stadtmodell und Datenerhebung

Im Rahmen des Projekts Klimaneutrale Kommune – Ludwigsburg wurde ein auf CityGML basierendes 3D-Modell im LoD2 durch eine Laserscanbefliegung erstellt.

Um dieses Stadtmodell mit Fachdaten anzureichern, wurden Zensus-Daten von der Stadt Ludwigsburg zur Verfügung gestellt. Diese Daten beinhalteten die Anzahl der Stockwerke, die Gebäudebaujahrklasse, die Gebäudenutzung, den Gebäudetyp, den Besitzanteil, die Wohnungsanzahl, die Warmwasserbereitungsanlage je Wohnung, die Beheizungsart sowie die Sanierungsjahre der Wohngemeinschaft zugehörigen Gebäude. Weitere Daten wurden bei einer Vor-Ort-Begehung ermittelt. Erfasst wurden dabei der Fensteranteil der Fassaden, die Außendämmung, (un-)beheizte Keller und Dachgeschosse sowie Bauschäden. U-Werte und andere thermische Gebäudeparameter wurden anhand der deutschen Gebäudetypologie des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) ermittelt.

Zudem wurden von den Stadtwerken Ludwigsburg-Kornwestheim die Gasverbrauchsdaten pro Gebäudeblock, also in anonymisierter Form, zur Verfügung gestellt, um die auf dem 3D-Stadtmodell basierende Energieanalyse zu validieren.

Simulationsprozess und Ergebnisse der Heizwärmebedarfsberechnung



Berechneter spezifischer Heizwärmebedarf im 3D-Stadtmodell Grünbühl

Mit der Software CityDoctor [Wagner et al., 2012] wird die Qualität des virtuellen 3D-Stadtmodells überprüft und ggf. ausgebessert, z. B. mit der Schließung von Volumen und der Korrektur von falsch-orientierten Polygonen. Im Anschluss werden mit der urbanen Simulationsumgebung SimStadt die Geo- und Sachdaten aufbereitet und anhand von lokalen Wetterdaten (Außentemperatur und Sonneneinstrahlungen je nach Orientierung) nach dem Monatsbilanzverfahren der DIN V 18599, der Heizwärmebedarf von jedem Gebäude, berechnet.

Die simulierten Heizwärmebedarfswerte pro Gebäude in Grünbühl variieren zwischen ca. 35 kWh/m²a¹ für vollsanierte Gebäude und 216 kWh/m²a für unsanierte Nachkriegsbauten mit Feuchteschäden, undichten Dächern und Fenstern sowie rissigen Wänden. Im Durchschnitt beträgt der Heizwärmebedarf im Wohngebiet 106 kWh/m²a (siehe Abbildung: Berechneter spezifischer Heizwärmebedarf).

Um die Genauigkeit der Wärmebedarfssimulation zu überprüfen, wurden die Ergebnisse mit Verbrauchsdaten der Stadtwerke Ludwigsburg, welche nahezu alle Gebäude mit Erdgas versorgen, verglichen.

An Informationen über die jeweils eingesetzte Heiztechnik zu gelangen, gestaltete sich, insbesondere bei privaten Eigentümern, mitunter schwer. So ist oftmals unklar, ob das Trinkwarmwasser mit Elektroboilern oder über eine Gastherme bereitgestellt wird. Aus diesem Grund sind die pauschalen Annahmen in Bezug auf den Nutzungsgrad und den Trinkwarmwasseranteil aller Gebäude mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten:

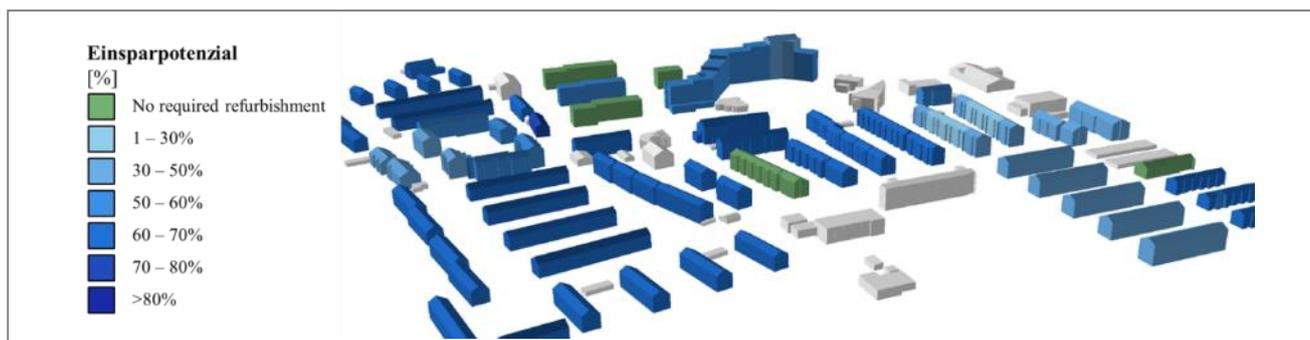
- Jahres-Nutzungsgrad: 85 % [Loga et al., 1997];
- Trinkwarmwasserbedarf = 16 kWh/m²a (Standardannahme für Mehrfamilienhäuser, DIN 18599-10).

¹ kWh/m²a ist der Verbrauch in Kilowattstunden pro Jahr bzw. der Heizwärmebedarf.

Die mittlere absolute Abweichung pro Gebäude zwischen errechnetem Gasbedarf aus der Simulation und den Werten aus der Ablesung beträgt 14%.

Einsparpotenziale und Sanierungsprioritäten

Um Städte bei ihrer Sanierungsstrategie zu unterstützen, ist eine Karte zum generellen Einsparpotenzial der Gebäude für eine Prioritätszuordnung von Sanierungsmaßnahmen besonders hilfreich. Die nachfolgende 3D-Karte (siehe Abbildung: Berechnetes Heizwärmebedarf-Einsparpotenzial) zeigt das simulierte Einsparpotenzial an Heizwärmebedarf, das mit einer Bausanierung nach KfW-Standard Effizienzhaus 85 zu erreichen wäre.

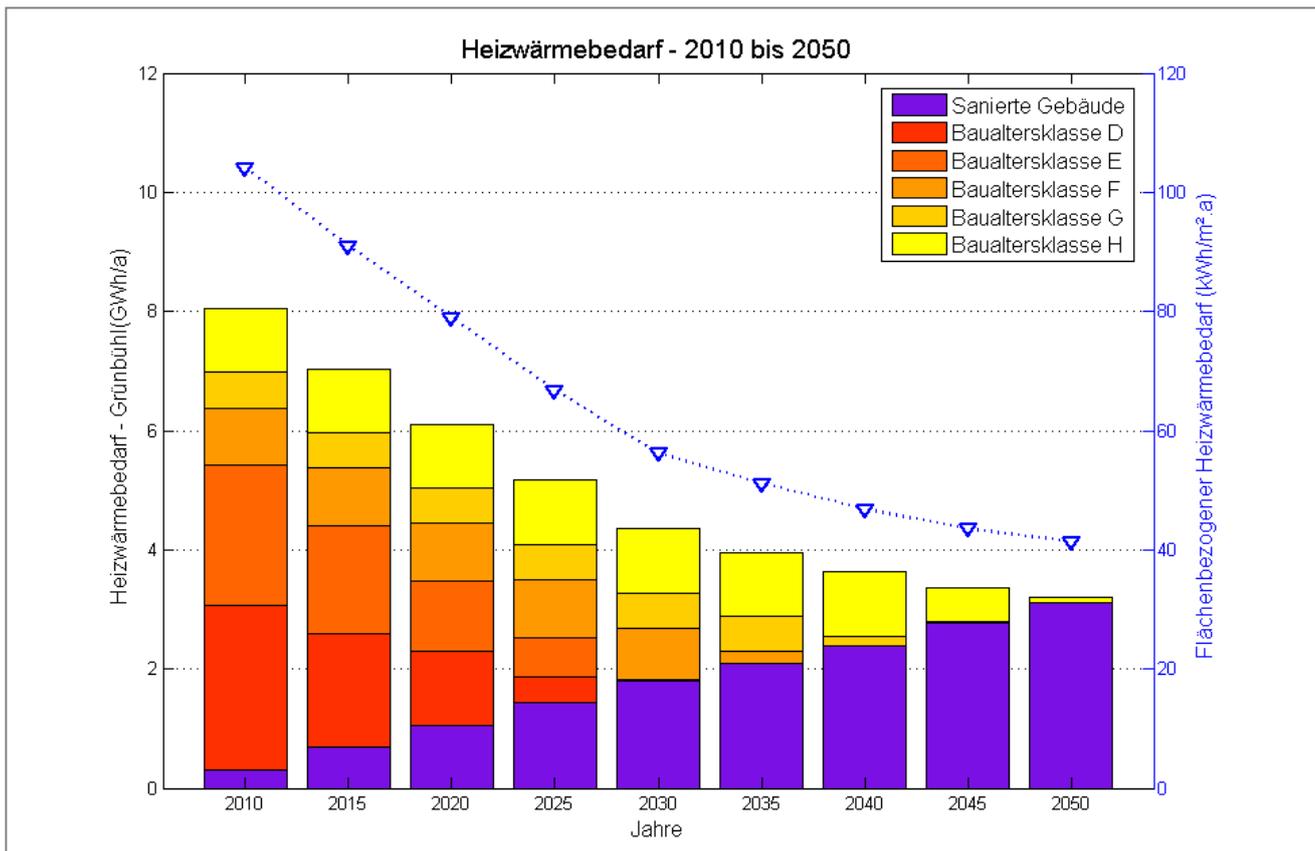


Berechnetes Heizwärmebedarf-Einsparpotenzial durch Bausanierung auf KfW-Standard Effizienzhaus 85 im 3D-Stadtmodell Grünbühl

Das gesamte Heizwärmebedarf-Einsparpotenzial beträgt demnach 64 %. Die Gebäude mit einem Einsparpotenzial von weniger als 20 % entsprechen bereits vollsanierten Gebäuden. Die Mehrzahl der Gebäude verfügt jedoch über Einsparpotenziale von über 60 % in Bezug auf den Heizwärmebedarf. Bei Gebäuden, die in den 1950er-Jahren errichtet wurden, beträgt das Einsparpotenzial sogar bis zu 80 %.

Basierend auf diesem Einsparpotenzial wurde für den Zeitraum 2010 bis 2050 eine angepasste Sanierungsstrategie in Ansatz gebracht. Mit einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr entspricht sie den Empfehlungen des Bundesministeriums für Umwelt. Im Zuge dessen werden zunächst diejenigen Gebäude mit dem höchsten Einsparpotenzial saniert. Dies entspricht auch den ältesten unsanierten Gebäuden, Baualtersklasse D: 1949 – 1957 und der Baualtersklasse E: 1958 – 1968.

Mit einer solchen Sanierungsstrategie würde sich der Heizwärmebedarf des Wohngebiets Grünbühl nach 25 Jahren halbieren und mit Zeithorizont 2050 sogar auf kaum mehr als 40 kWh/m²a gegenüber derzeit ca. 100 kWh/m²a sinken



Erwartete Entwicklung des Heizwärmebedarfes pro Gebäudeklasse zwischen 2010 bis 2050

Referenzen

- Loga, T.; Imkeller-Benjes, U. (1997): Energiepaß Heizung/Warmwasser, Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem. Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- Wagner, D.; Wewetzer, M.; Bogdahn, J.; Alam, N.; Pries, M.; Coors, V. (2012): Geometric-Semantical Consistency Validation of CityGML Models. In: Pouliot, J. et al. (Hrsg.): Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences. Springer-Verlag (Lecture notes in geoinformation and cartography), 171-192.

6.6 Wärmebedarfssimulation Rotterdam-Bospolder

Verfasser: Romain Nouvel, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart; Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart

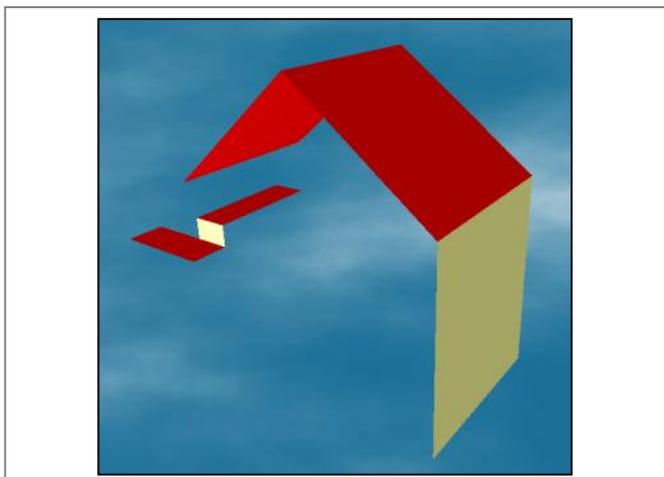
Überblick

Das Viertel Bospolder wurde ursprünglich in den 1910er-Jahren westlich der Stadt Rotterdam erbaut. Von 1990 bis heute wurden die Wohn- und Gewerbeflächen des Viertels durch neue Bauvorhaben verdoppelt. Derzeit besteht das Stadtviertel aus 3.729 Gebäuden, was einer beheizten Geschossfläche von 300.000 m² entspricht.

3D-Stadtmodell und Datenerhebung

Die Stadtverwaltung von Rotterdam besitzt seit dem Anfang dieses Jahrhunderts ein virtuelles 3D-Stadtmodell im Detailgrad LoD2 für die gesamte Stadt. Das 3D-Stadtmodell, das bislang bis auf rein visuelle Darstellungszwecke ungenutzt blieb, wurde zwischenzeitlich qualitativ erheblich verbessert. In einem ersten Schritt wurde die Qualität automatisch mithilfe des „Heilungsmoduls“ der Software

CityDoctor nachgebessert, danach wurden zusätzlich durch manuelle Ausbesserungen fehlende Gebäudeflächen ergänzt. Es verblieben 50 ungültige Gebäudeblöcke, die wegen fehlendem Volumenwert oder nicht zugewiesenen Wänden für die Energieanalyse nicht verwendet werden konnten.



Typischer Fehler vom 3D-Stadtmodell Bospolder:
Fehlendes Polygon

Parallel zu diesem 3D-Stadtmodell verwaltet die Stadt Rotterdam große Datenbanken mit Datensätzen pro Gebäudeadresse. Diese Datenbanken haben Informationen zu Baujahr, Haupt- und Nebengebäudenutzung, Geschossanzahl, Viertelname sowie pro Wohnung die Informationen zu Wohnfläche, Eigentübertyp, Wohnungstyp und Energielabel für das gesamte Stadtgebiet. Diese Daten wurden mit den digitalen Gebäuden des 3D-Stadtmodells verknüpft und als semantische Gebäudeinformationen integriert. Jedoch waren keine Informationen über den Sanierungszustand verfügbar, was zu teilweise erheblichen Abweichungen der Simulationsergebnisse zum tatsächlichen Zustand führen kann. Aufgrund von nicht vorhandenen lokalen bzw. nationalen Gebäudetypologien, die beispielsweise genaue U-Werte und andere thermische Gebäudeparameter

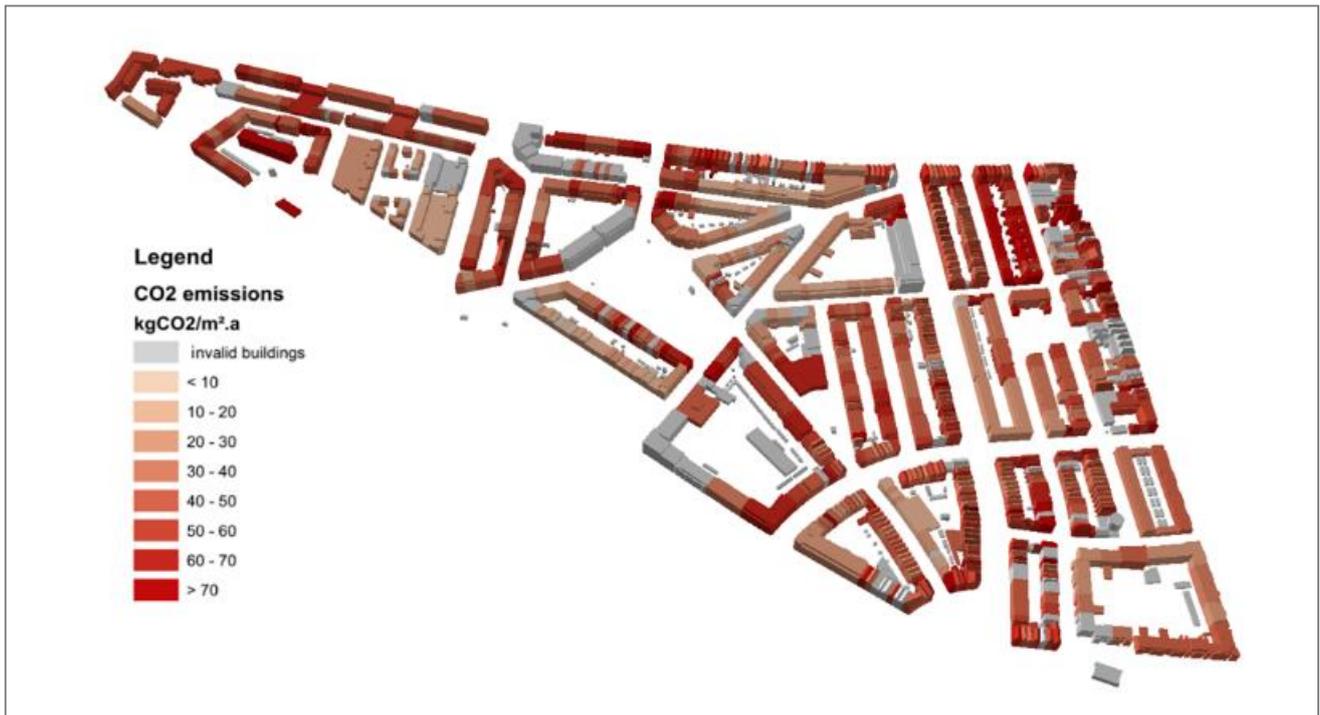
enthalten, wurden diese Parameter anhand der deutschen Gebäudetypologie vom Institut Wohnen und Umwelt ermittelt.

Simulationsergebnisse

Der aktuelle Heizwärmebedarf und CO₂-Ausstoß wurde pro m² Wohnfläche mit der urbanen Simulationsumgebung SimStadt berechnet. Ein Sanierungsszenario wurde, basierend auf den empfohlenen Sanierungsszenarien des Instituts Wohnen und Umwelt, simuliert und daraus das Heizwärme-Einsparpotenzial berechnet



Berechneter spezifischer Heizwärmebedarf im 3D-Stadtmodell Rotterdam-Bospolder

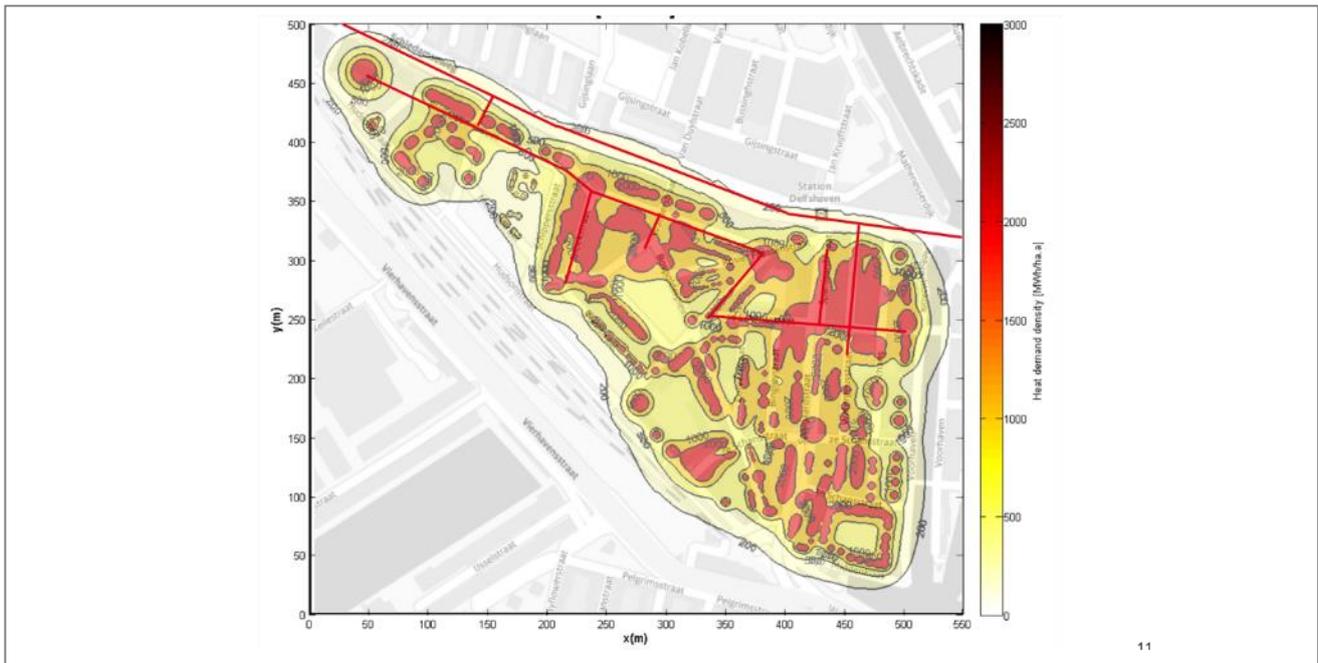


Berechneter CO₂-Ausstoß im 3D-Stadtmodell Rotterdam-Bospolder

Die Stadt Rotterdam plant eine Erweiterung des kommunalen Fernwärmenetzes. Die folgende Wärmedichtekarte basiert auf den Berechnungen des Heizwärmebedarfs und unterstützt die Stadt dabei, das ökonomisch und ökologisch sinnvollste Fernwärmenetz-Layout zu ermitteln.



Berechnetes Heizwärmebedarfs-Einsparpotenzial im 3D-Stadtmodell Rotterdam-Bospolder



Wärmedichtekarte Rotterdam-Bospolder und optimiertes Fernwärmenetz-Layout

6.7 Potenzial von Solarkraftanlagen

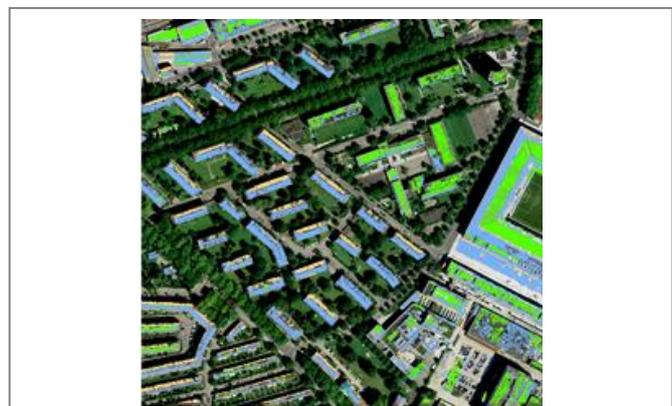
Verfasser: Stefano Grassi, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde eine Methode entwickelt, die eine automatisierte Identifikation und Klassifikation von Gebäudedächern zur Eignung für Photovoltaikanlagen ermöglicht. Dabei wurde ein Algorithmus implementiert, der die räumlichen Informationen aus schweizweit verfügbaren Höhenmodellen und Orthofotos kombiniert und als Resultat Polygone der Eignungsklassen liefert. Mit Hilfe dieser Methode kann innerhalb kurzer Zeit ein Überblick über die Eignung von Gebäudedächern innerhalb eines Gebiets gewonnen werden, sofern ein aktuelles Digitales Oberflächenmodell, ein Digitales Terrainmodell und ein Orthofoto vorliegen.

Die Methode ist jedoch sehr allgemein und berücksichtigt weder spezifische Anforderungen jeglicher Art noch lokale Gegebenheiten wie beispielsweise Dachbegrünungen oder Denkmalschutz.

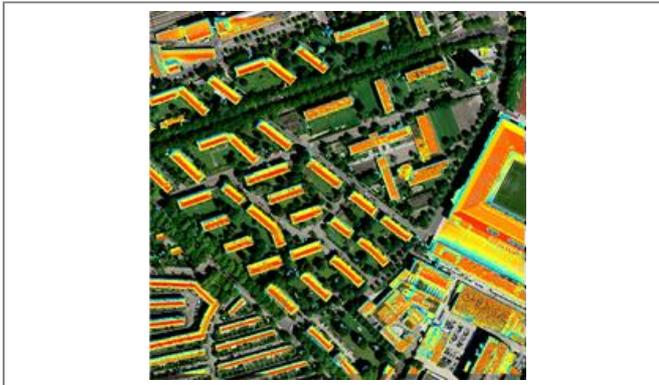
Vorgehen

In einem ersten Schritt werden durch die Kombination von Informationen aus den Höhenmodellen und Farbwerten aus dem Orthofoto die Gebäudedächer identifiziert. Jedoch eignen sich nicht alle Dächer gleich gut oder überhaupt für Photovoltaikanlagen. Hohe Wirkungsgrade können nur erreicht werden, wenn die Absorptionsflächen möglichst ideal zur Sonne ausgerichtet sind. Dies wird bestimmt durch die Standortfaktoren Neigung, Ausrichtung und Verschattung. Die Dachneigung beeinflusst den Einstrahlungswinkel des Sonnenlichts, die Ausrichtung bestimmt, ob das Sonnenlicht das Dach erreichen kann und die Verschattung beeinträchtigt die Funktion der Photovoltaikanlage.



Eignungsklassen Polygone [Bonassi, 2013]

In einem zweiten Schritt werden die oben genannten Faktoren einzeln für das Digitale Oberflächenmodell berechnet und in Eignungsklassen eingeteilt. Die identifizierten Gebäudedächer werden aus den Ergebnissen extrahiert und für jeden Faktor klassifiziert. Die definitive Eignung ergibt sich aus einer Kombination der Eignungen für die einzelnen Standortfaktoren sowie aus einer Gewichtung. Ganzjährlich verschattete Dächer werden unabhängig von Neigung und Ausrichtung als ungeeignet klassifiziert.



Sonneneinstrahlung [Bonassi, 2013]

In einem letzten Schritt werden die Gebäudedächer des Klassifikationsrasters durch Vektorisieren in Polygone konvertiert. Dies hat den Vorteil, dass die Polygone eine Attributtabelle haben, die für weitere Analysen genutzt werden kann.

Die Installation von Photovoltaikanlagen benötigt ein Minimum zusammenhängender Dachfläche. Zu kleine Flächen können in der Attributtabelle selektiert und ausgeschlossen werden

Für die verbleibenden Flächen kann die jährliche Sonneneinstrahlung berechnet und damit das theoretische Solarpotenzial abgeschätzt werden.

6.8 Eine 3D entscheidungsunterstützende Plattform zur transparenten und nachhaltigen Planung von elektrischen Versorgungsnetzen

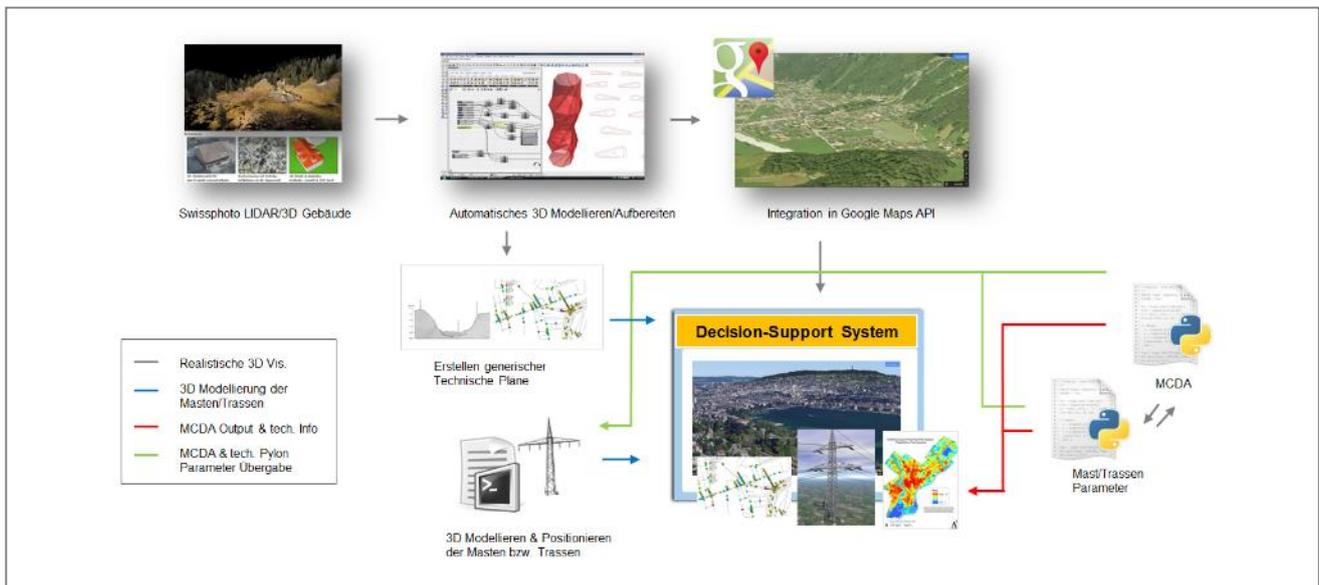
Verfasser: Thomas Klein, Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich; Joram Schito, Prof. Dr. Martin Raubal, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

Mit dem Ziel, den Planungsprozess von Hochspannungsleitungen zu beschleunigen, wurde zusammen mit Industriepartnern aus dem Energieversorgungssektor eine entscheidungsunterstützende Plattform entworfen. Das entscheidungsunterstützende System soll eine Schnittstelle zwischen den Beteiligten im Planungsprozess gewähren und somit durch die gemeinsame Informationsbasis die Planung effizient vorantreiben. Da die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass Projekte aufgrund mangelnder Kommunikation oder durch unzureichende Information scheitern [Visschers & Siegrist, 2014], kann somit z. B. Effekten wie NIMBY („not in my backyard“), welche oftmals auf fehlende visuelle Beurteilungsmöglichkeiten gründen [Wolsink, 2007], entgegengewirkt werden. 3D-Visualisierungen bieten gerade bei partizipativen Prozessen eine geeignete Unterstützung, da diese insbesondere den Dialog zwischen verschiedenen Akteuren fördern können [Wissen Hayek, 2012].

Die Abbildung zeigt die im laufenden Projekt eingesetzten und aufeinander abgestimmten Komponenten der Plattform. Die Visualisierungen werden unter Einbezug von aktuellen LiDAR-Daten sowie 3D-Objekten der geplanten Infrastruktur generiert und über Google Maps API gerendert und gesteuert. Darin werden die Hochspannungsleitungen, deren Trassen und die Positionen der Masten integriert, die sich durch die Auswertung einer Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) [Malczewski, 1999] ergeben. Dabei werden sowohl technische als auch finanzielle, ökologische und soziale Faktoren berücksichtigt. Wichtige Eigenschaften, die es hierbei für die Umsetzung zu berücksichtigen gilt, sind Genauigkeit, Repräsentativität, visuelle Klarheit und Legitimität der visualisierten Szenarien [Sheppard, 2001]. Die Forschenden erhoffen sich dadurch, das I4-Konzept einer erfolgreichen Visualisierung (informativ, interaktiv, immersiv, intuitiv) [Schito, 2012] zu erfüllen, um ein Decision Support System (DSS) anbieten zu können, das den Nutzer dazu bewegt, trotz NIMBY-Effekt die Akzeptanz einer neuen Hochspannungsleitung zu erhöhen.

Das Resultat aller zusammenwirkenden Komponenten ist eine modular aufgebaute, erweiterbare und auf Open-Source-Technologie basierende Webplattform, welche dem Nutzer sowohl GIS-Funktionalitäten als auch interaktive und realistische 3D-Landschaftsvisualisierungen auf Grundlage von LiDAR-Daten für eine Beurteilung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild bietet. Dabei werden

auch die Hochspannungsleitungen so exakt wie möglich visualisiert. Die praxis- und prozessorientierte Plattform wird sowohl Experten als auch Laien ein Werkzeug zur Verfügung stellen, das es ermöglicht, miteinander anhand einer gemeinsamen Informationsbasis zu kommunizieren, um gemeinsam eine akzeptable und nachhaltige Lösung zu finden.



Die im laufenden Projekt eingesetzten und aufeinander abgestimmten Komponenten der Plattform

Referenzen

- MALCZEWSKI, J. (1999): GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons.
- SHEPPARD, S. R. J. (2001): Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization. Landscape and Urban Planning, 54 (1-4), 183-199.
- SCHITO, J. (2012): Effizienzanalyse der akustischen Wahrnehmung einer Parameter Mapping Sonification eines digitalen Höhenmodells durch interaktive Datenexploration. Geographisches Institut der Universität Zürich.
- VISSCHERS, V. H. M.; SIEGRIST, M. (2014): Find the difference and the similarities: Relating perceived benefits, perceived costs and protected values to acceptance of five energy technologies. Journal of Environmental Psychology, 40, 117-130.
- WISSEN HAYEK, U.; GLAUS, M.; KLEIN, T. M.; Grêt-Regamey, A. (2012): 3D Szenarien zum Dialog über präferierte Landschaftsentwicklungen in der Gesamtmelioration Blauen: GEOSummit Conference 2012, Bern, Schweiz.
- WOLSINK, M. (2007): Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. Energy Policy, 35, 2692-2704.

6.9 Visuell-akustische Landschaftssimulationen für die Bewertung der Akzeptanz von Windparks

Verfasser: Madeleine Manyoky, Dr. Ulrike Wissen Hayek, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich

Kurzbeschreibung



Landschaftssimulation von Windparks
(Quelle: Madeleine Manyoky, *Planning of Landscape and Urban Systems*, ETH Zürich)

Die Frage nach einer nachhaltigen Energieversorgung wird kontrovers diskutiert. Bei Windparks bestehen beispielsweise Bedenken bezüglich der Geräuschemissionen sowie generell der Veränderungen des Landschaftsbilds. Daher ist es nötig, neben harten Standortfaktoren wie dem Windaufkommen, auch die Landschaftswahrnehmung der Bevölkerung einzubeziehen. Zur Berücksichtigung solcher „weicher Faktoren“ in der Planung fehlen bisher jedoch geeignete Ansätze. Das Projekt VisAsim (Visual-Acoustic Simulation for landscape impact assessment of wind farms) zeigt, wie visuell-

akustische Simulationen von Windparks entwickelt und in einer Akzeptanzstudie eingesetzt werden können, um die Standortevaluation zu unterstützen.

Für die Akzeptanzstudie wurden 3D-Visualisierungen mit Geräuschsimulationen entwickelt. Geodaten dienten als Grundlage für die realitätsnahen Landschaftsvisualisierungen, die mit der Software CryEngine generiert wurden [Manyoky et al., 2014]. Zudem wurden Parameter (Windgeschwindigkeit, Blickrichtung etc.) aus der virtuellen Landschaftssimulation exportiert, welche für die Simulation der Windturbinengeräusche benötigt wurden. Für drei Landschaftstypen wurden visuell-akustische Simulationen von Windparks erstellt. Die Probanden beurteilten ihre Akzeptanz der Windparks in den Landschaftstypen, wobei ihnen fallweise Informationen bezüglich Energieproduktion und möglicher Beeinträchtigung von Vögeln gegeben wurden. Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, wie die „weichen Faktoren“, wie Präferenzen, Werte und Wahrnehmung der Bevölkerung, die Akzeptanz beeinflussen.

Nutzen

Insgesamt liefert das Projekt VisAsim innovative Methoden zur realitätsnahen visuell-akustischen Landschaftssimulation und zeigt auf, wie diese für eine umfassendere Standortevaluation von Windparks eingesetzt werden können. Die Wahrnehmung und die Werte der Bevölkerung in die Beurteilung von Landschaftsveränderungen zu integrieren, ist ein wichtiger Schritt hin zu einer besser akzeptierten und nachhaltigeren Landschaftsentwicklung.

Referenzen

- MANYOKY, M.; WISSEN HAYEK, U.; HEUTSCHI, K.; PIEREN, R.; GRÊT-REGAMEY (2014): Developing a GIS-based visual-acoustic 3D simulation for wind farm assessment. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3 (1), 29-48. doi: 10.3390/ijgi3010029.

6.10 3D-Geodatenmanagement mit novaFACTORY im Kontext Wärmebedarfsermittlung und Solarpotenzialanalyse

Verfasser: Philipp Willkomm, M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH

Kurzbeschreibung

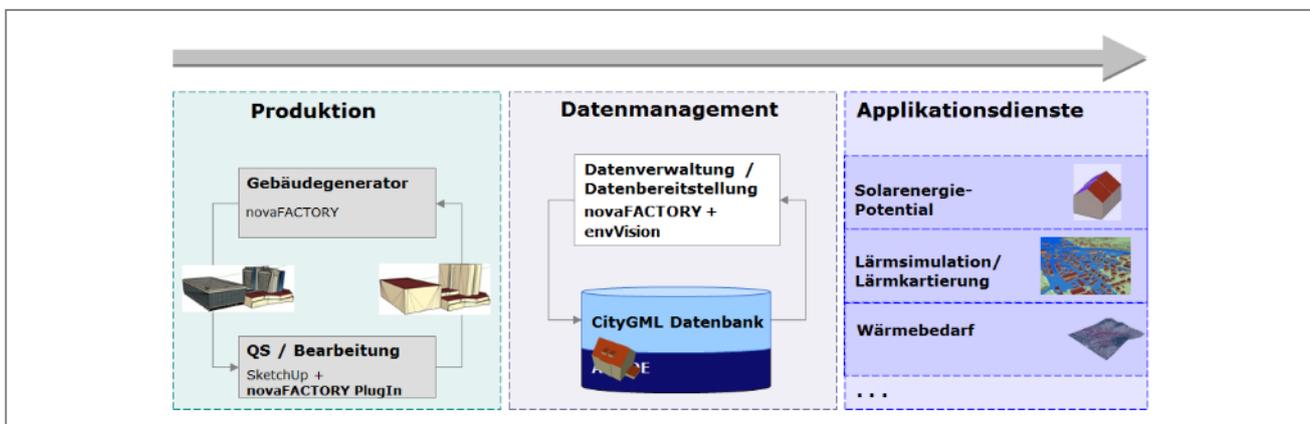
3D-Stadtmodelle sind mittlerweile für viele urbane Gebiete vorhanden oder werden aktuell erzeugt. Damit stehen mehr denn je die Fragen im Raum: Wie kommen diese Daten in die Nutzung und welche Voraussetzungen sind dafür zu erfüllen?

M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH bringt sich in europäische und nationale Forschungsprojekte ein und befasst sich in diesem Zusammenhang mit der Implementierung einer Plattform für das Daten- und Prozessmanagement von 3D-Geodaten.

Gemeinsam mit Projektpartnern werden Fachapplikationen in das System eingebunden und das 3D-Stadtmodell wird um die Ergebnisse der Fachverfahren angereichert. Es zeigt sich, dass viele Fachthemen durch die Nutzung von 3D-Gebäudedaten eine völlig neue Qualität erreichen können, z. B. die Berechnung von Sonneneinstrahlungen und Verschattungen, die Simulation von Umweltphänomenen (wie Lärm- und Luftschadstoffausbreitungen, Hochwasser) sowie die Errechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden.

Ziel der neuen Plattform ist ein durchgängiges Datenmanagement sowie eine dienstebasierte Bereitstellung von fachlich angereicherten 3D-Daten (als WFS) und Anwendungsprozessen (als WPS).

Zur fachlichen Anreicherung der 3D-Daten werden einerseits generische CityGML-Objekte und -Attribute verwendet, andererseits werden auch ganze Datenstrukturen als sogenannte Application Domain Extension – ADE dynamisch integriert. Die Plattform ist in der Lage, die Daten beliebiger ADE zu importieren, zu verwalten und sie flexibel für unterschiedlichste Fachanwendungen bereitzustellen.



Anbinden von Fachapplikationen

Im speziellen Kontext der erneuerbaren Energien unterstützt die Plattform aktuell die folgenden beiden Fachthemen:

- Ermittlung von Solarenergiepotenzialen;
- Ermittlung des Wärmebedarfs von Gebäuden.

Dabei werden jeweils die Funktionen zur Berechnung, Datenverwaltung sowie Ergebnisanalyse als Webservices angeboten.



Wärmebedarf von Gebäuden (Quelle: Projekt SimStadt)

Nutzen

Ein wesentliches Qualitätsmerkmal der entwickelten Plattform ist die Tatsache, dass ein und derselbe Bestand an 3D-Basisdaten für unterschiedliche Fachanwendungen nutzbar gemacht wird. Mehr noch, dieser Datenbestand wird sukzessive um Ergebnisse von Fachverfahren erweitert. Die Datenhaltung bleibt dabei konsistent, begründet durch einen themenübergreifenden Modellansatz zur Datenverwaltung.

Diese Herangehensweise ist somit die Voraussetzung für eine effiziente Datenaktualisierung und -laufendhaltung und stellt die Basis für eine nachhaltige Nutzung der Daten im Kontext energiewirtschaftlicher Fragen über einen längeren Zeitraum dar.

Die Plattform ist so skalierbar, dass die beschriebenen Analysen und Simulationen für Stadtquartiere, ganze Städte oder sogar Regionen erfolgen können.

Für Testzwecke stehen die beschriebenen Services bereits heute für Interessenten zur Verfügung.

Referenzen

- IQmulus, IQmulus-318787 – A High-volume Fusion and Analysis Platform for Geospatial Point Clouds, Coverages and Volumetric Data Sets. <http://iqmulus.eu/> .
- i-Scope, i-Scope – interoperable Smart City services through an open platform for urban ecosystems. <http://www.iscopeproject.net/> .
- SimStadt, SimStadt – Energiesimulation von Stadtquartieren. <http://www.simstadt.eu/de/index.html> .

6.11 Ermittlung Wärmebedarfswerte für Wohngebäude – Projekt „BuildingEnergy“

Verfasser: Johannes Feindler, Stadtwerke Rosenheim GmbH

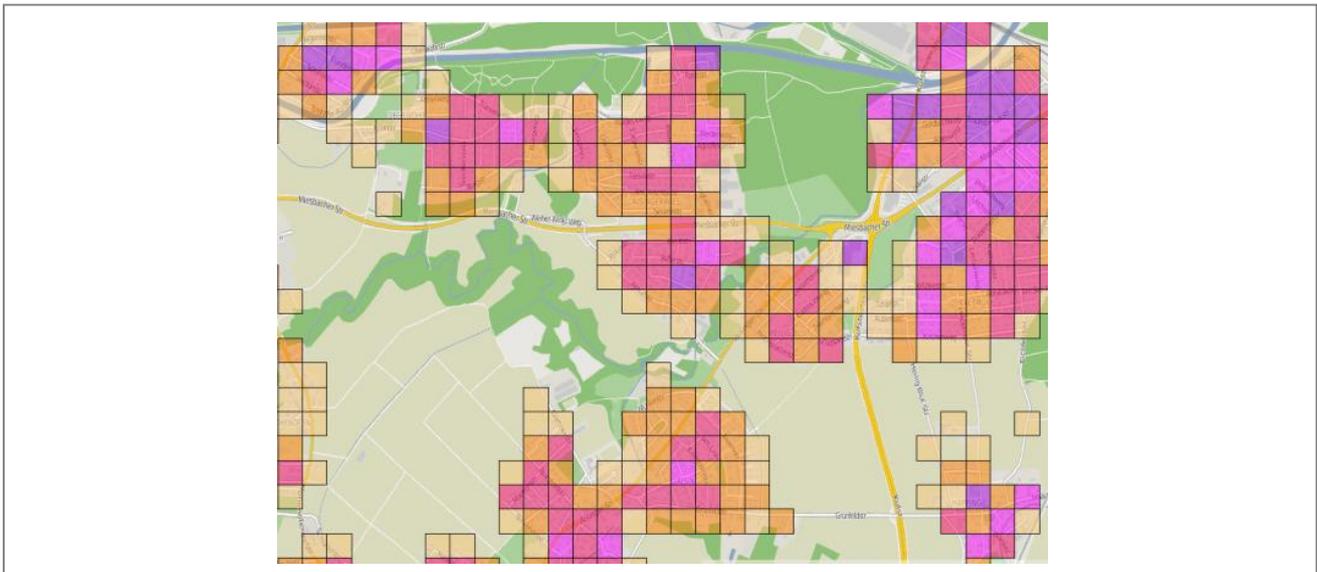
Energiekonzept der Stadtwerke Rosenheim

Bis zum Jahr 2025 will die Stadt Rosenheim – unter Federführung ihrer Stadtwerke – im Energiebereich CO₂-neutral werden (ohne Autoverkehr). Eine wesentliche Rolle bei diesem Ziel spielt der Ausbau der Fernwärmeversorgung. Die Fernwärme wird im Rosenheimer Müllheizkraftwerk mittels Kraft-

wärme Kopplung unter Einsatz von Biomasse (Holz, Müll) erzeugt. Nach dem Konzept soll das Fernwärmenetz bis 2025 so weit ausgebaut werden, dass die Abnahmemengen von 125 GWh auf 227 GWh gesteigert werden.

Projekt „BuildingEnergy“

Bei der Konzeption des Fernwärme-Netzausbaues stützen sich die Stadtwerke Rosenheim ganz wesentlich auf Daten aus den Geoinformationssystemen (GIS). Im Rahmen ihres Projekts „BuildingEnergy“ entwickelten die Stadtwerke Rosenheim eine GIS-Applikation, die alle benötigten Daten über den Wärmebedarf der gesamten Wohnbebauung systematisch ermittelt und darstellt. Die Applikation beschränkt sich auf die wesentlichen Einflussgrößen, die Energiebezugsfläche und die Gebäudetypologie. Grundlage hierfür ist eine Gebäudedatenbank, in der diese Parameter erfasst werden. So liegen für jedes Wohngebäude Zahlen für den derzeitigen und auch künftigen Wärmebedarf vor. Auf dieser Grundlage wurde das Fernwärmeausbaukonzept erstellt und die dazu benötigten Fernwärme-

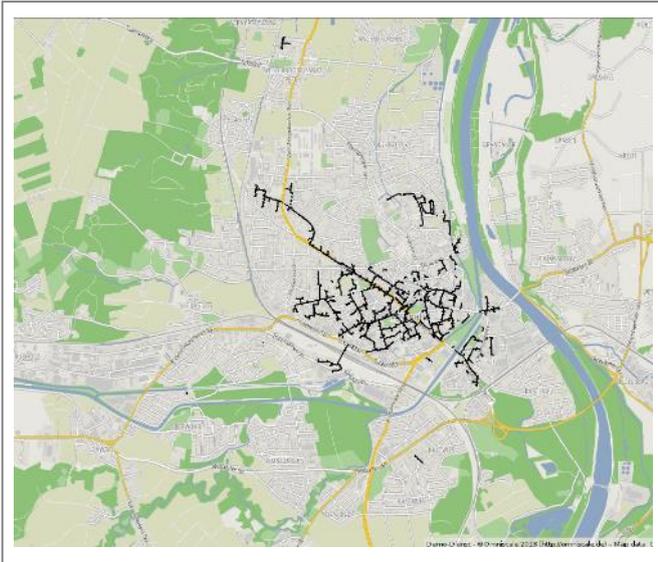


Wärmedichtekarte Grid 100 m (© OpenStreetMap Contributors)

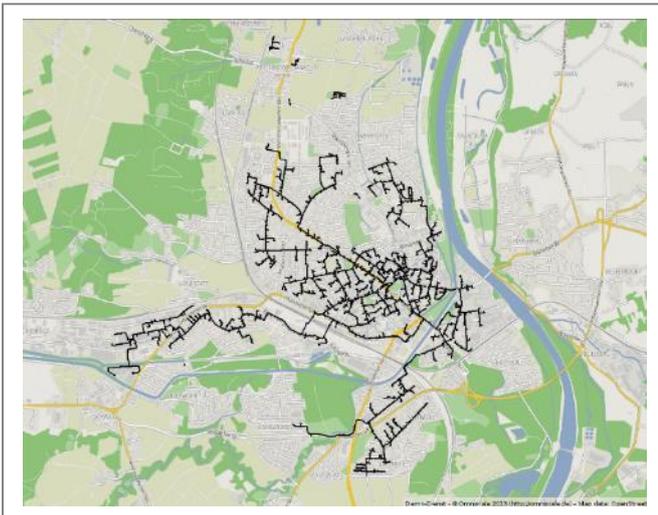
leitungen im GIS erfasst. Über die Dimension und Länge der Leitungen lassen sich die Ausbaukosten grob ermitteln. Weitere Parameter, die den Wärmebedarf beeinflussen, wurden vorerst nicht berücksichtigt. Mit Rücksicht auf die lange Laufzeit des Fernwärmeausbaus besteht zudem die Möglichkeit, Daten zu aktualisieren und verbesserte Ausgangsdaten, die die Ergebnisse präzisieren, einzubinden. Die Daten lassen sich in der Wärmedichtekarte (Verhältnis des Gesamtwärmebedarfs im Raster zur Größe des Rasters) zusammenfassen und darstellen. Dadurch werden die Daten der einzelnen Wohngebäude anonymisiert und individuelle Abweichungen weitgehend ausgeglichen. Die Größe der Grids kann je nach Bebauungsdichte gewählt und so ein optimales Bild wiedergegeben werden. Neben der Istsituation lassen sich auch Zukunftsszenarien simulieren, die darstellen, wie sich künftige energetische Sanierungen auf den Wärmebedarf auswirken und wo ein Rückgang des Wärmebedarfs zu erwarten ist. Für mittel- und langfristige Pläne zur Netzverdichtung und zum Netzausbau lassen sich die Ausgangsdaten aktualisieren.

Entwicklung des Fernwärmeausbaues in Rosenheim

Im Projekt „BuildingEnergy“ wurden die Basisdaten für den Ausbau des Fernwärmenetzes geschaffen, Zielgebiete definiert und bereits beabsichtigte Ausbauggebiete überprüft. Die Stadtwerke Rosenheim vergrößerten in den letzten fünf Jahren ihr Fernwärmenetz um ca. 40 %. Die Abbildungen zeigen den Zuwachs der Fernwärmeleitungen von 2009 bis 2014. Die Fernwärme ersetzt hunderte Gas- und Ölbrenner in Rosenheim, deren CO₂-Ausstoß damit komplett entfällt, da unsere Fernwärme den Primärenergiefaktor null aufweist. D. h., für die Erzeugung von Fernwärme müssen keine zusätzlichen fossilen Brennstoffe verfeuert werden.



Fernwärmenetz 2009
(© OpenStreetMap Contributors)



Fernwärmenetz 2014
(© OpenStreetMap Contributors)

Nutzen

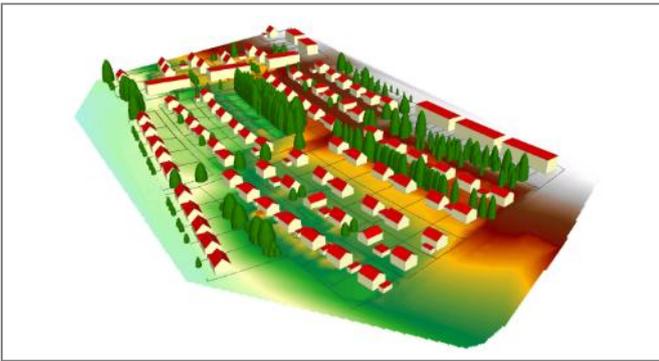
In dem aufgezeigten Verfahren wurde eine Datenbasis geschaffen, die eine Ermittlung des Wärmebedarfs für einzelne Gebäude erlaubt. Wichtigstes Ziel ist die Sicherstellung, dass Fernwärmeleitungen in Bereichen verlegt werden, die derzeit und künftig unter wirtschaftlichen Bedingungen betrieben werden können. Durch belastbare Zahlen wird sichergestellt, dass die getätigten Investitionen auch in Zukunft Bestand haben und nicht in Gebiete investiert werden, in denen ein Wärmerückgang zu erwarten ist oder die Fernwärmeleitungen überdimensioniert sind. Nachdem jetzt die Hauptachsen des Fernwärmenetzes gebaut wurden, sind jetzt die Netzverdichtungen in der Ausbauplanung. Hierzu werden die bestehenden Daten aktualisiert. Durch den Ausbau der letzten Jahre liegen mehr reale Verbrauchswerte vor und es können somit genauere Durchschnittswerte ermittelt werden. Durch die Verfügbarkeit von den 3D-Gebäudemodellen in LoD2 lässt sich die Energiebezugsfläche nun genauer berechnen.

6.12 SolarEnergetische Bauleitplanung und Wärmebedarfsberechnung – Berücksichtigung der solaren Nutzung schon in der Planungsphase

Verfasser: Dorothea Ludwig, IP SYSCON GmbH

Kurzbeschreibung

Um eine nachhaltige Stadtentwicklung zu fördern, werden Klimaschutzbelange in die städtebauliche Planungspraxis integriert. Das BauGB schreibt u. a. eine ausreichende Besonnung und Tageslichtversorgung von Wohn- und Arbeitsräumen (§ 1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB i. V. mit § 136 Abs. 3 Nr. 1a BauGB) sowie die zeitgemäße Energieeffizienz des Städtebaus und verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien (§ 1 Abs. 6 Nr. 7f BauGB) vor. Die EnEV regelt konkret die energetischen Anforderungen für zu errichtende Wohngebäude. In diesem Zusammenhang bietet die IP SYSCON GmbH Kommunen das Verfahren der SolarEnergetischen Bauleitplanung zur Prüfung von Neubauvorhaben als Dienstleistung an.

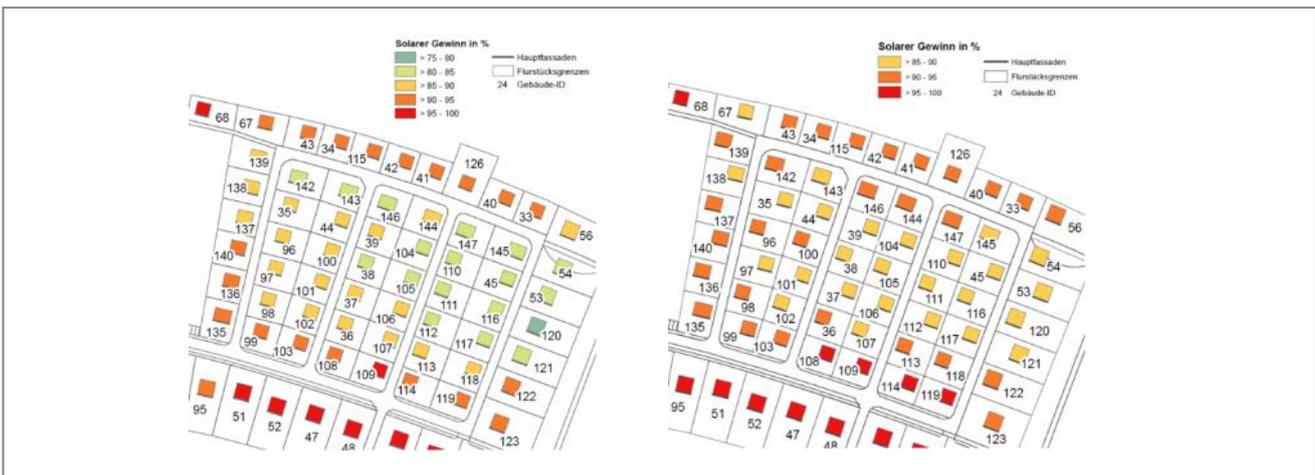


3D-Modell des Planungsstands

Der Planungsstand des Neubauvorhabens wird dabei als 3D-Modell aufgebaut und die Gebäude positioniert. Dachformen und -neigungen werden vergeben, Baumpflanzungen integriert.

Über ein GIS-basiertes Verfahren zur Berechnung und Optimierung der solaren Nutzung in Neubauvorhaben wird die passive solare Nutzung, d. h. die Erwärmung des Gebäudes über die einfallende Sonnenstrahlung auf die Fensterflächen berechnet, bewertet und die Entwurfsplanung dahingehend angepasst. Berücksichtigt werden die Abstände der Gebäude zueinander sowie die Pflanzstandorte und Wuchshöhen von bestehenden und geplanten Bäumen als Schattenquelle.

Für jedes Gebäude erfolgt eine Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und der Heizlast unter Berücksichtigung der passiven solaren Nutzung. Dabei fließt die Einstrahlung während der Heizperiode auf die Fensterflächen in die Berechnung ein.



Variantenvergleich, vor und nach der Optimierung



3D-Modell der optimierten Variante des Neubauvorhabens

Die aktive solare Nutzung optimiert das Bauvorhaben für die solare Energieproduktion in Form von Wärme und Strom auf der Dachfläche. Betrachtet werden Dachform, Dachausrichtung und Dachneigung sowie mögliche Abschattungen.

Die Szenarientwicklung des Planungsstands dient als Grundlage für die Aufstellung des Bebauungsplans und für die Abstimmung mit allen Beteiligten.

Die optimierte Variante des Neubauvorhabens und die Nutzung der erneuerbaren Energien werden in einem 3D-Modell visualisiert und damit anschaulich dargestellt.

Nutzen

Die SolarEnergetische Bauleitplanung gibt Auskunft

- zur idealen Ausrichtung und Lage des Gebäudes innerhalb des Grundstücks und zur optimalen Dachform und -neigung für die Energieproduktion, das Bauvorhaben wird für die bestmögliche passive und aktive solare Nutzung optimiert;
- zur Höhe der passiven Erwärmung des Gebäudes durch die Sonne in der Heizperiode und lässt den dann noch benötigten Anteil an Heizenergie ermitteln;
- zur größtmöglichen Menge der Strom- und Wärmeproduktion auf dem Dach.

Die SolarEnergetische Bauleitplanung von Neubauvorhaben

- berücksichtigt die solare Nutzung bereits in der Planungsphase,
- ermöglicht eine Energieeinsparung durch Optimierung und damit Senkung der Energiekosten und CO₂-Emissionen,
- fördert eine transparente, nachhaltige und autonome Energieversorgungsstruktur,
- liefert ein positives Image und gute Vermarktungsmöglichkeiten des Neubaugebiets.

Referenzen

- Solarenergetische Bauleitplanung Dresden-Nickern
- Solarenergetische Bauleitplanung Dresden Leubnitz-Neuostra
- Solarenergetische Bauleitplanung Morschenich
- Solarenergetische Bauleitplanung Celle

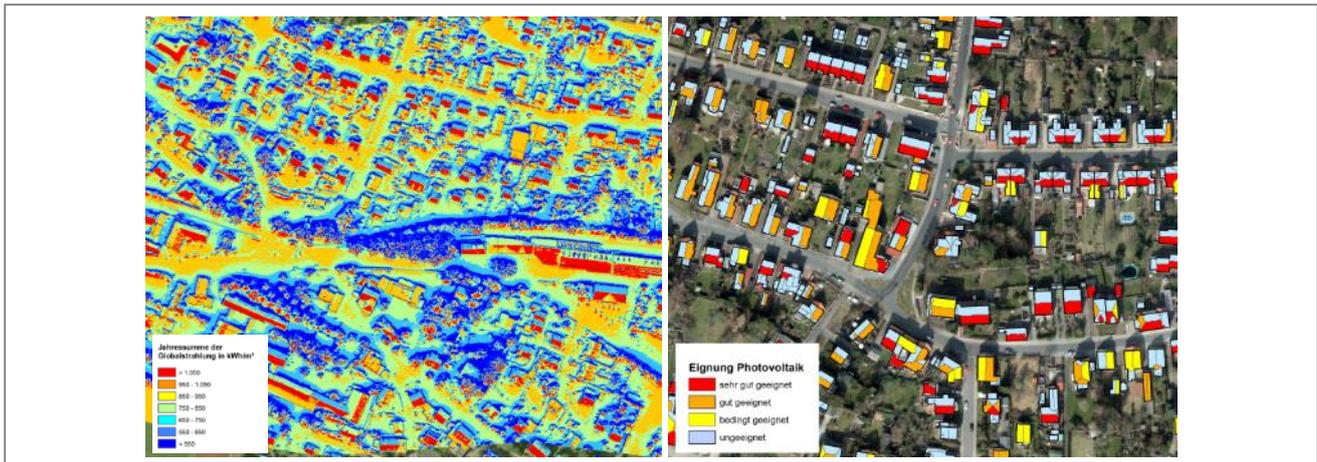
6.13 Analyse zur Berechnung des Solar- und Gründachpotenzials – zur Förderung der solaren Nutzung und für die Klimaanpassung

Verfasser: Dorothea Ludwig, IP SYSCON GmbH

Kurzbeschreibung

Gebäudedächer liefern große Bereiche, die anders als Freiflächen keiner direkten Nutzungskonkurrenz unterliegen. Dachflächen sind oft noch ungenutzt und bergen enorme Potenziale für Maßnahmen im Klimaschutz. Neben dem solaren Gebrauch ist auch das Gründach ein bedeutendes Thema. Die Berechnung und Ausgabe des Gründachpotenzials liefert einen wichtigen Baustein zur Klimaanpassung. Das Grünvolumen, insbesondere im städtischen Raum, liefert zukünftig einen entscheidenden Beitrag zur Regulierung des Kleinklimas stark aufgeheizter Siedlungsräume. Eine kombinierte Gründach- und Solarnutzung ist unter Umständen möglich.

Über Laserscandaten oder Stereoluftbilder wird ein dreidimensionales Oberflächenmodell (DOM) erzeugt. Das DOM bildet die Grundlage für die Berechnung der Dachneigung, -ausrichtung sowie der Einstrahlungs- und Abschattungssituation. Die Selektion der planaren Dachteilflächen ermöglicht auch die Berücksichtigung der Dachaufbauten. Die Analyse zum Solar- und Gründachpotenzial berechnet teilflächenscharf alle wichtigen Potenzialwerte und klassifiziert die Fläche hinsichtlich der Eignung für die Solarthermie-, Photovoltaik- und Gründachnutzung.



Ergebnis einer flächendeckenden Einstrahlungsanalyse und Darstellung der Photovoltaikeignung von Dachflächen

Die Analyse der Dacheignung über Neigung, Ausrichtung, Einstrahlung sowie Dacheindeckungsmaterial, Berechnung der Staubbinding und Wasserspeicherkapazität liefert grundlegende Informationen.

Große Regionen und kleine Kommunen können flächendeckend in kurzer Zeit analysiert werden. Interaktive Websites mit individuellen Planungs- und Ertragsrechnern und Abfragemöglichkeiten präsentieren den Bürgern das Solar- und Gründachpotenzial auf ihren Dächern und zeigen persönliche Nutzungsmöglichkeiten auf. Sowohl die Solarthermie- als auch die Photovoltaiknutzung wird heute in der Regel bedarfsangepasst installiert. Je nach Warmwasserverbrauch, Wärme- oder Strombedarf im Gebäude dimensioniert der Hauseigentümer seine Anlage.

Das Solarpotenzialkataster als Webanwendung ermöglicht dem Nutzer individuelle Berechnungen zu seiner persönlichen Situation und liefert z. B. die optimale Größe der Anlage und den Anteil an Photovoltaikstrom und Wärme, der direkt im Haus unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens verbraucht werden kann.



Eignungsausgabe einer Gründachpotenzialanalyse

Nutzen

Eine Solar- und Gründachpotenzialanalyse ermöglicht:

- die Ausgabe neutraler, detaillierter und flächendeckender Informationen,
- die Förderung der solaren Nutzung auf dem Dach,
- die Förderung des Grünvolumens als Maßnahme zur Klimaanpassung,
- Daten und Planungsgrundlagen für klimarelevante Konzepte,
- individuelle Berechnungen der Bedarfe durch eine interaktive Webanwendung und
- die Förderung der regionalen Wertschöpfung.

Referenzen

- Bundesland Baden-Württemberg: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223581/>
- Stadt Braunschweig: <http://braunschweig.publicsolar.de>
- Landkreis Havelland: <http://havelland.publicsolar.de/>
- Stadt Barcelona: <http://publicsolar.cat/>
- Kanton Basel-Landschaft: <http://www.solarkataster.bl.ch/>

6.14 Energiewende – Projekte und Infrastrukturen besser verstehen mit 3D-Vis

Verfasser: Michel Krämer, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)

Kurzbeschreibung

Wie sieht eine Stromtrasse später in der Landschaft aus? Werde ich durch die neuen Windkraftanlagen beeinträchtigt? Gibt es realistische Alternativen zur aktuellen Planung? All dies sind Fragen, die Bürger im Vorfeld von Baumaßnahmen im Zuge der Energiewende bewegen. Bei der herkömmlichen Bauleitplanung werden Flächennutzungspläne vom Rathaus oder Bauamt ausgedruckt oder im Internet öffentlich zur Einsicht zur Verfügung gestellt. Oft können die Menschen mit den technischen Informationen zu wenig anfangen und sich daher nicht richtig in den Planungsprozess einbringen.

Geodaten liefern eine Vielzahl an Informationen - Infrastrukturen, Stadtpläne, bebaute sowie frei verfügbare Flächen – beispielsweise in Form von Flächennutzungsplänen. Allerdings sind die abstrakten Pläne für Laien meist schwer verständlich. Übersichtliche und einfach zu nutzende Darstellungsmöglichkeiten fehlen bisher. Die Lösung bieten Forscher des Fraunhofer IGD: Sie entwickeln Software, mit der sich Geodaten einfach in 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle verwandeln lassen.

Das zentrale Werkzeug der Abteilung Geoinformationsmanagement am Fraunhofer IGD ist der CityServer3D. Dieser verwaltet und verknüpft zwei- und dreidimensionale geographische Daten, erstellt automatisch 3D-Stadtmodelle und ermöglicht Simulationen. Die 3D-Modelle können mit multimedialen Inhalten wie Texten, Bildern oder Videos verknüpft werden. Gerade Tourismus oder Regional- und Stadtmarketing profitieren von diesen gut aufbereiteten Daten.

Auf Grundlage der CityServer3D-Technologie entwickelten die Fraunhofer-Forscher mit 3D-Vis ein System, das Beteiligte, Entscheider und Begleiter von Projekten, insbesondere bei der Planung und dem Bau von Versorgungsnetzen, unterstützt. Mit 3D-Vis lassen sich Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen, wie geplanten Windparks oder Stromtrassen, in einem 3D-Landschaftsmodell unter verschiedenen Blickwinkeln und wechselnden Lichtverhältnissen simulieren. Experten, Betreiber und Bürger können auf einer gemeinsamen Grundlage diskutieren und Alternativen erarbeiten. Informationen über bauliche Maßnahmen sind so für jeden nachvollziehbar visualisiert und Probleme werden frühzeitig sichtbar.

Nutzen

Die Bürger können frühzeitig in Entscheidungen einbezogen werden, ob und in welchem Maß die Nutzen regenerativer Energien in ihrer Region ausgebaut wird. Den verschiedenen Interessengruppen werden über das 3D-Vis Tool profunde Entscheidungsmöglichkeiten schnell und begreifbar an die Hand gegeben.

Das Instrument zur interaktiven Visualisierung der Planung und der Variantenanalysen bietet eine durchgehende und leicht verständliche Darstellung und Auswertung, um auf allen Ebenen die benötigten und erwarteten Informationen vorzulegen. Dabei werden in 3D-Vis die Aspekte Planungsszenarien, Beteiligung, Stellungnahmen und Genehmigungen auf einer durchgehenden workflow orientierten

tierten Plattform zusammengefasst. Dies führt zur einer einheitlichen, vollständigen und aktuellen Informationsbasis für alle Beteiligten und einer frühzeitigen Koordination der relevanten Einflussfaktoren im Verfahren bis hin zur Genehmigung.

Die dadurch gegebene hohe Transparenz reduziert mögliche Missverständnisse in der Interpretation der Planungsgrundlagen und beugt mitunter diffusen Ängsten in der Bevölkerung vor.

Referenzen

Als Forschungsprojekt aus dem Förderprogramm zur Energietechnologie-Offensive Hessen würdigten der hessische Wirtschaftsminister Tarek Al-Wazir und der Darmstädter Oberbürgermeister Jochen Partsch auf der 3D-Vis Abschlussveranstaltung im Juli 2014 das Projekt und überzeugten sich eigenhändig von den neuen Interaktionsmöglichkeiten.

Weitere Informationen:

- www.cityserver3d.de
- www.igd.fraunhofer.de/Institut/Abteilungen/GEO
- www.3d-vis-projekt.de



Der Wirtschaftsminister Tarek Al-Wazir und der Darmstädter Oberbürgermeister Jochen Partsch auf der 3D-Vis Abschlussveranstaltung

6.15 Solaratlas Berlin

Verfasser: Dr. Claus Nagel, Felix Kunde, Dr. Lutz Ross, virtualcitySYSTEMS GmbH

Kurzbeschreibung

Der Solaratlas Berlin ist eine Anwendung der Berlin Partner GmbH im Auftrag der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung des Landes Berlin. Der Solaratlas Berlin stellt die Solarpotenziale aller Gebäude im Land Berlin als integrierte 2D- und 3D-Webmappinganwendung dar.

Grundlage der 3D-Anwendung ist das 3D-Stadtmodell von Berlin und eine gebäudescharfe Solarpotenzialanalyse auf Basis eines digitalen Oberflächenmodells. Die Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse wurden pro Gebäude in drei Eignungsklassen eingeteilt. Diese Klassifizierung wurde auf die 3D-Gebäudemodelle übertragen und die Dachflächen entsprechend eingefärbt. Der Solaratlas erlaubt es Nutzern, zu jedem Gebäude in Berlin einen Bericht abzufragen, der die potenzielle Eignung, die möglichen CO₂-Einsparungen, den möglichen Stromertrag, die installierbare Modulfläche und die Leistung umfasst. Alle Angaben können pro Gebäude als PDF-Report ausgegeben werden. Der Solaratlas Berlin wird aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Der Solaratlas Berlin zeigt beispielhaft, wie energierelevante Themen in ein CityGML-basiertes Stadtmodell integriert und einer breiten Öffentlichkeit präsentiert werden können.

Nutzen

Der Solaratlas Berlin steht den Bürgern als Webanwendung zur Verfügung und erlaubt es ihnen, eine erste Potenzialabschätzung für ihr Gebäude abzurufen. Intern wurden die Ergebnisse für die erste Erfassung möglicher Potenzialflächen auf öffentlichen Gebäuden genutzt. Weiterhin wird der Solaratlas von Verbänden und Unternehmen zu Recherchezwecken genutzt.



Solaratlas Berlin

(Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH)

Referenzen

- Informationen zum Solaratlas Berlin: <http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas>
- Solaratlas Berlin: <http://www.businesslocationcenter.de/wab/maps/solaratlas>
- Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

6.16 Die Revolution beginnt – JETZT! Laternen als Träger neuer Technologien

Verfasser: Dr. Nico Fritsch, eluminocity GmbH

Kurzbeschreibung – Das Triumvirat

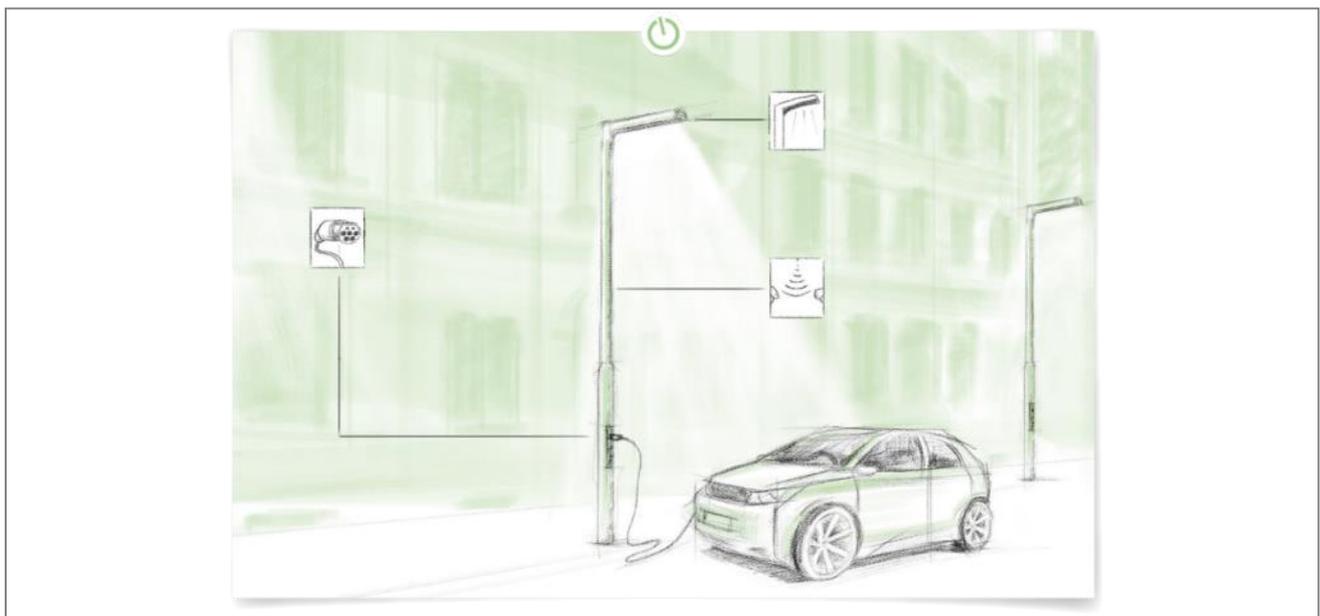
eluminocity ist ein dynamisches Start-up, welches gemeinsam mit der BMW Group eine Lösung für urbane Infrastrukturen entwickelt hat. Städten und Kommunen wird ein modulares System angeboten, welches ermöglicht, LED-Leuchten, Ladesäulen für Elektroautos und Sensorik intelligent und ohne Aufwand miteinander zu kombinieren.

Unbezahlbar? Ganz im Gegenteil, die Verknüpfung von effektiven LEDs und intelligenter Elektronik reduziert den Energieverbrauch signifikant bei zudem verlängerter Lebensdauer.

Es werde Licht.

Die Leuchte wurde so konstruiert, dass durch eine gleichmäßige Ausleuchtung der Straße die Sicherheit erhöht und gleichzeitig ein Blendungseffekt minimiert wird.

Die einfach zu kombinierenden LED-Lichtmodule ermöglichen eine bedarfsgerechte Beleuchtung der unterschiedlichen Straßentypen. Diese Eigenschaft vereinfacht sowohl die Planung als auch die Wartung.



*Das Triumvirat – Kombination von LED-Leuchte, Ladesäule und Sensorik
(Bilder mit freundlicher Genehmigung der BMW Group)*

Es fließe Strom.

Die an einem Mast installierbare Ladestation macht diese Lösung sehr kosteneffizient, wobei kein weiteres Stadtmobiliar den Platz auf dem Gehweg verringert. Eine integrierte Zählereinheit ermöglicht es, die Stromentnahme aus dem Netz zu überwachen, sodass ein handelsübliches Ladekabel verwendet werden kann.

Durch den in der EU standardisierten Stecker ist es ebenso möglich, jedes Elektroauto mit einem IEC Typ 2 Stecker zu laden.

Es ist Smart.

Des Weiteren wird durch die Implementierung von erweiterbarer Sensortechnik unser System noch kundenfreundlicher. Es hilft bei der Parkplatzsuche, optimiert die Beleuchtung durch Anwesenheitserkennung oder unterstützt bei der schnellsten Route durch die Stadt.

Nutzen – Geld & Zeit sparen

Die Beleuchtung ist einer der größten Stromverbraucher, z. B. bis zu 40 % des Gesamtstromverbrauchs in Kommunen. Durch die Nutzung von modernen LED-Systemen ist es möglich, diesen um bis zu 2/3 zu reduzieren.

Gleichzeitig ist die dadurch erreichte laufende Kostenersparnis ein ideales Mittel, die Investition in die Zukunft zu finanzieren (lt. ZVEI um 1,9 Mrd. kWh oder 300 Mio. €).

Das Lademodul wird einfach an bestehende Lichtmasten angebracht und kann so in großer Zahl montiert werden. Zudem bietet es e-Fahrzeugnutzern die Möglichkeit, flächendeckend am Straßenrand zu laden.

Die Sensorik im öffentlichen Raum eröffnet zukünftig ungeahnte Möglichkeiten. Das eluminocity-System stellt dazu eine offene Plattform dar, die verschiedenste Arten von Sensoren mechanisch aufnehmen kann und deren Daten über ein intelligentes Sensornetzwerk transferiert. Die Parkplatzsuche wird schon bald der Vergangenheit angehören.



*Das Triumvirat – Kombination von LED-Leuchte, Ladesäule und Sensorik
(Bilder mit freundlicher Genehmigung der BMW Group)*

Referenzen

- BMW Pilotprojekt „LIGHT AND CHARGE.“ in ausgewählten Straßen in München
<http://www.eluminocity.com/bmw-group-praesentiert-innovative-strassenbeleuchtung-mit-integrierter-ladestation-fuer-elektrofahrzeuge/>
- Pilotprojekt in Starnberg
<http://www.merkur-online.de/lokales/starnberg/starnberg/leuchtende-ladestationen-4728808.html>

6.17 Berechnung der Sonneneinstrahlung auf CityGML-3D-Gebäudedaten

Verfasser: Jean-Marie Bahu, Manfred Wieland, European Institute for Energy Research (EIFER)

Kurzbeschreibung

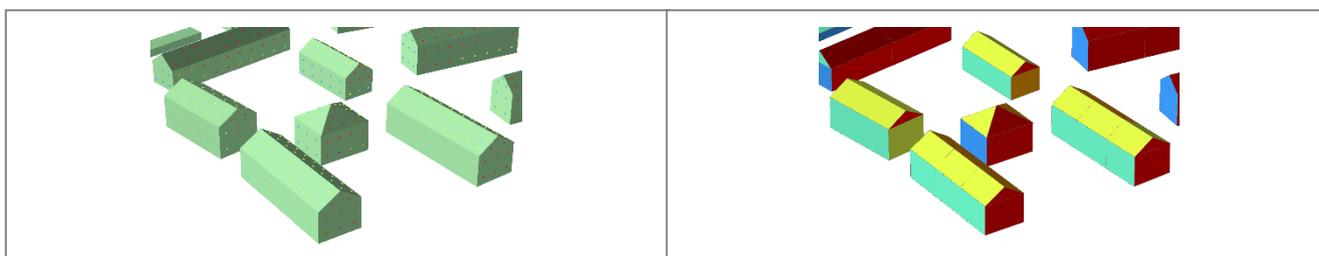
Die Sonneneinstrahlung spielt eine bedeutende Rolle bei der Planung von nachhaltigen Stadtstrukturen und der Entwicklung von städtischen Energiemodellen. Für diese Aufgaben ist eine detaillierte Kenntnis der räumlichen Verteilung der Sonneneinstrahlung notwendig. Für eine ganzheitliche Analyse von Gebäudewand- und Dachflächen eignen sich vor allem 3D-Stadtmodelle als Datengrundlage. Das Europäische Institut für Energieforschung (EIFER) entwickelt im Rahmen der Arbeitsgruppe

Energieplanung und Geosimulation innovative Methoden und Anwendungen auf der Grundlage von räumlichen Daten. Ein Modell wurde daher entwickelt, welches die notwendigen Informationen aus einem 3D-Stadtmodell in LoD1 oder LoD2 extrahiert, und die direkte und diffuse Sonneneinstrahlung ermittelt.

Zuerst wird eine PostGIS-Datenbank angelegt und Tabellen anhand des 3DCity Database Schemas erstellt. Mit dem entsprechenden Importer/Exporter Tool können nun CityGML-Dateien mit Gebäuden in LoD1 und LoD2 importiert werden.

Nun wurde ein Punktraster auf den Gebäudeoberflächen erstellt. Ausgehend davon werden für jeden Punkt Zeitschritt-Linien erstellt, die in Richtung der Position der Sonne zeigen. Mittels einer 3D-Verschneidung zwischen diesen Linien und der Oberflächengeometrie der 3D-Gebäude kann bestimmt werden, ob die entsprechenden Punkte beschattet werden.

Mit dieser Information, der Orientierung der Gebäudeoberflächen sowie zusätzlicher Wetterdaten kann anhand des Modells von [Šúri & Hofierka, 2004] die Strahlungsintensität für jeden Zeitschritt ermittelt werden, die abschließend über die Zeit integriert und pro Fassade und pro Gebäude aggregiert wird.



LoD2 Gebäudemodell

Analyseergebnisse

(©EIFER 2015 – M. Wieland – 3D-Stadtmodell der Stadt Karlsruhe, T. Hauenstein)

Nutzen

Die berechneten Daten können als Grundlage für weitere Simulationen dienen. So leisten die Strahlungsdaten z. B. Beiträge zur Schätzung des Heizenergiebedarfs von Gebäuden. Auch Analysen zur Bestimmung von Photovoltaikpotenzialen können auf diesen Daten basieren.

Referenzen

- WIELAND, M.M; NICHERSU, A.; MURSHED, S. M.; WENDEL, J. (2015): Computing Solar Radiation on CityGML Building Data. 18th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2015, 9th June 2015.
- ŠÚRI, M.; HOFIERKA, J. (2004): A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments. Transactions in GIS, 8 (2), 175-190.
- <http://www.3dcitydb.org>

6.18 Wüstenrot wird zur Plusenergiegemeinde

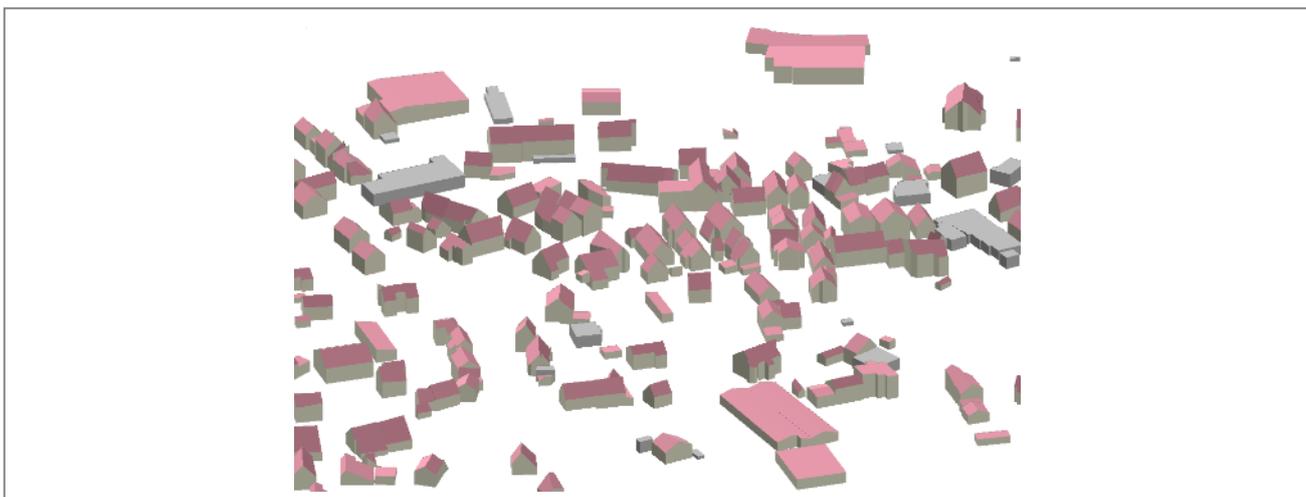
Verfasser: Dr. Dirk Pietruschka, Forschungszentrum Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart

Ziel des Projekts Envisage ist die Entwicklung einer belastbaren Roadmap und die Umsetzung von ersten Schritten. Die Ergebnisse werden in einem Leitfaden zusammengefasst und so auch anderen Gemeinden zugänglich gemacht.

3D-Stadtmodell

Auf Basis eines GIS-basierten 3D-Stadtmodells wird der gebäudebezogene Istzustand der Gesamtgemeinde erfasst und der Status quo des Energiebedarfs und der Nutzung regenerativer Energien

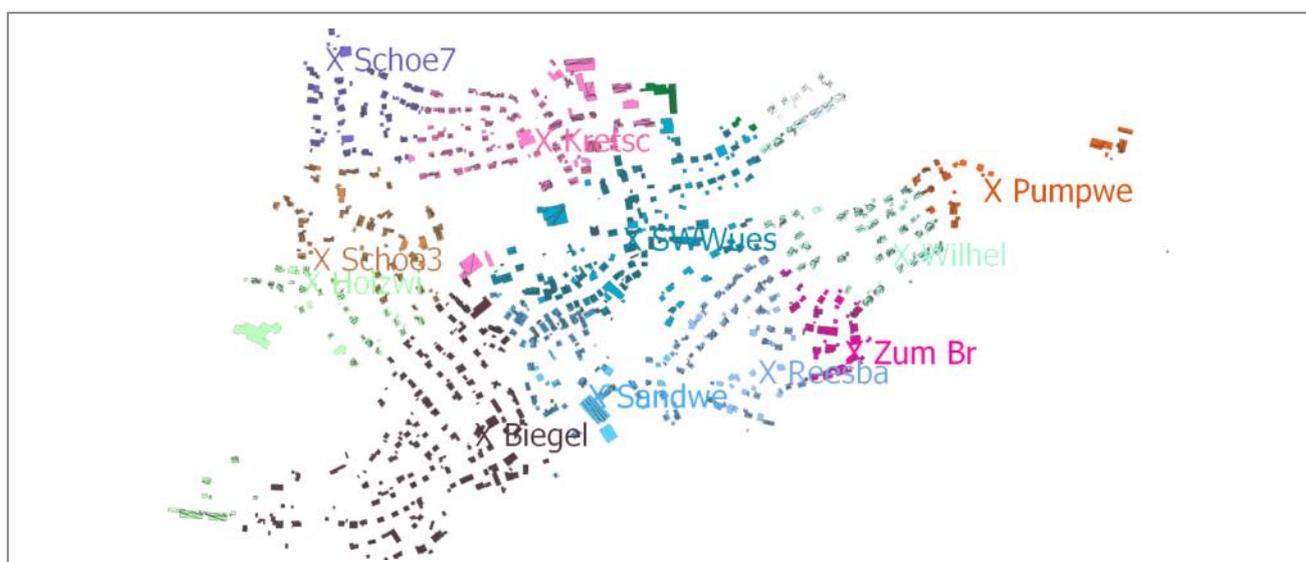
(über vorhandene PV- und solarthermische Anlagen) errechnet. Es folgt die Erfassung des Potenzials erneuerbarer Energien (Solarenergie, Windkraft, Biomasse, Geothermie) und die Berechnung verschiedener Szenarien zu deren Ausbau. Begleitend werden Strategien zur wirtschaftlichen Erschließung dieses Potenzials entwickelt. Außerdem werden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand sowie in der Abwasserentsorgung und Frischwasserversorgung untersucht und ausgewertet.



3D-Modell Ortsteil Wüstenrot

SmartGrid-Netzausbau für erneuerbare Energien

Der Ausbau erneuerbarer Energien im Strombereich wird durch Vermarktbarkeit, die Gleichzeitigkeit von Erzeugung und lokalem Verbrauch sowie die Netzinfrastruktur beeinflusst. Für die Netzstabilität ist eine intelligente Steuerung von regelbaren Verbrauchergruppen, Speichern und dezentraler Anlagen über ein SmartGrid von zentraler Bedeutung. Am Beispiel des gemeindeeigenen Stromnetzes werden die Zusammenhänge in verschiedenen Szenarien untersucht und bewertet. Mithilfe von Simulationen wird die Belastbarkeit des Netzes für unterschiedliche Ausbauszenarien untersucht, Schwachstellen lokalisiert, notwendige Netzausbauszenarien und der Bedarf an intelligenter Netz- und Verbrauchssteuerung ermittelt.



3D-Modell wird genutzt, um PV-Potenzial zu ermitteln

Finanzierung

Für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und zur Realisierung erneuerbarer Energien werden innovative Finanzierungsmodelle erarbeitet.

Plusenergie-Siedlung

Ein erster konkreter Schritt zum Plusenergiestatus ist in der Neubausiedlung „Vordere Viehweide“ modellhaft umgesetzt. Hier werden PV-Anlagen mit dezentralen Wärmepumpen und Wärmespeichern sowie Batterien zur Stromspeicherung kombiniert.

Ein intelligentes Lastmanagement ermöglicht neben der Optimierung der Eigennutzung des PV-Stroms auch ein übergeordnetes stromnetzbasierendes Lastmanagement über ein virtuelles Kraftwerk.

Kalte Nahwärme und Agrothermie

Als besondere Innovation wird die Plusenergiesiedlung über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt, das über Agrothermiekollektoren und Abwärme aus einem benachbarten Supermarkt mit Niedertemperaturwärme für die dezentralen Wärmepumpen gespeist wird. Agrothermie bedeutet großdimensionierte oberflächennahe Geothermie, die mit dem System Doppelacker eingepflügt wird, also ohne Erdaushub verlegt werden kann, was in Envisage erstmals zur Anwendung kommt.



Plusenergiesiedlung mit Kaltwärmenetz und Agrothermiekollektoren
(Quelle: Doppelacker GmbH, www.doppelacker.de)

Projektkoordination	Forschungszentrum Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart
Die Kommune	71543 Wüstenrot, Baden-Württemberg, 6.600 Einwohner, 30,02 km ²
Fördergeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Features	Plusenergiesiedlung, 3D-Stadtmodell, „Agrothermie“, virtuelles Kraftwerk, dezentrale Lösungen, lokale Wärme- und Kältenetze, Finanzierungsmodelle
Projektlaufzeit	4 Jahre

AED Solution Group



7 Ausblick und Weiterentwicklungen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über aktuelle Aktivitäten zur Weiterentwicklung von Softwareprodukten und internationalen Standards wie z. B. der CityGML Energy ADE und des 3D Portrayal Service des Open Geospatial Consortiums (OGC). Dabei werden insbesondere auch solche Technologien und Entwicklungen beleuchtet, die die Einführung verteilter Softwarearchitekturen sowie den Aufbau von Geodateninfrastrukturen im Umfeld von 3D unterstützen und befördern können. Während die genannten Themen im Kontext klassischer 2D-Geoinformationssysteme heute bereits zum Standard gehören, befindet sich ihr Einzug in die Praxis der 3D-Geodatennutzung vielerorts noch im Anfangsstadium.

7.1 Web-Client-basierte Applikation zur energetischen Gebäudebewertung

Verfasser: Robert Kaden, Prof. Dr. Thomas H. Kolbe, Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München

Die Ergebnisse der Analysen und Simulationen im Rahmen der Energiewende dienen der Planung und Entscheidungsunterstützung verschiedener beteiligter Akteure. Zu diesem Zweck wurde am Lehrstuhl für Geoinformatik an der TU München ein Entscheidungsunterstützungswerkzeug in Form einer Web-Client-basierten Benutzerschnittstelle entwickelt und implementiert. Die Funktionalitäten des Web-Clients ermöglicht die Gestaltung von individuellen Webapplikationen, von der reinen Visualisierung von 3D-Stadtmodellen über die Exploration und Bearbeitung von Sachdaten der 3D-Stadtmodelle in Form von Tabellen bis hin zur Berechnung von Ergebnissen komplexer Analysen und Simulationen der semantischen 3D-Stadtmodelle.

Konzept und Architektur

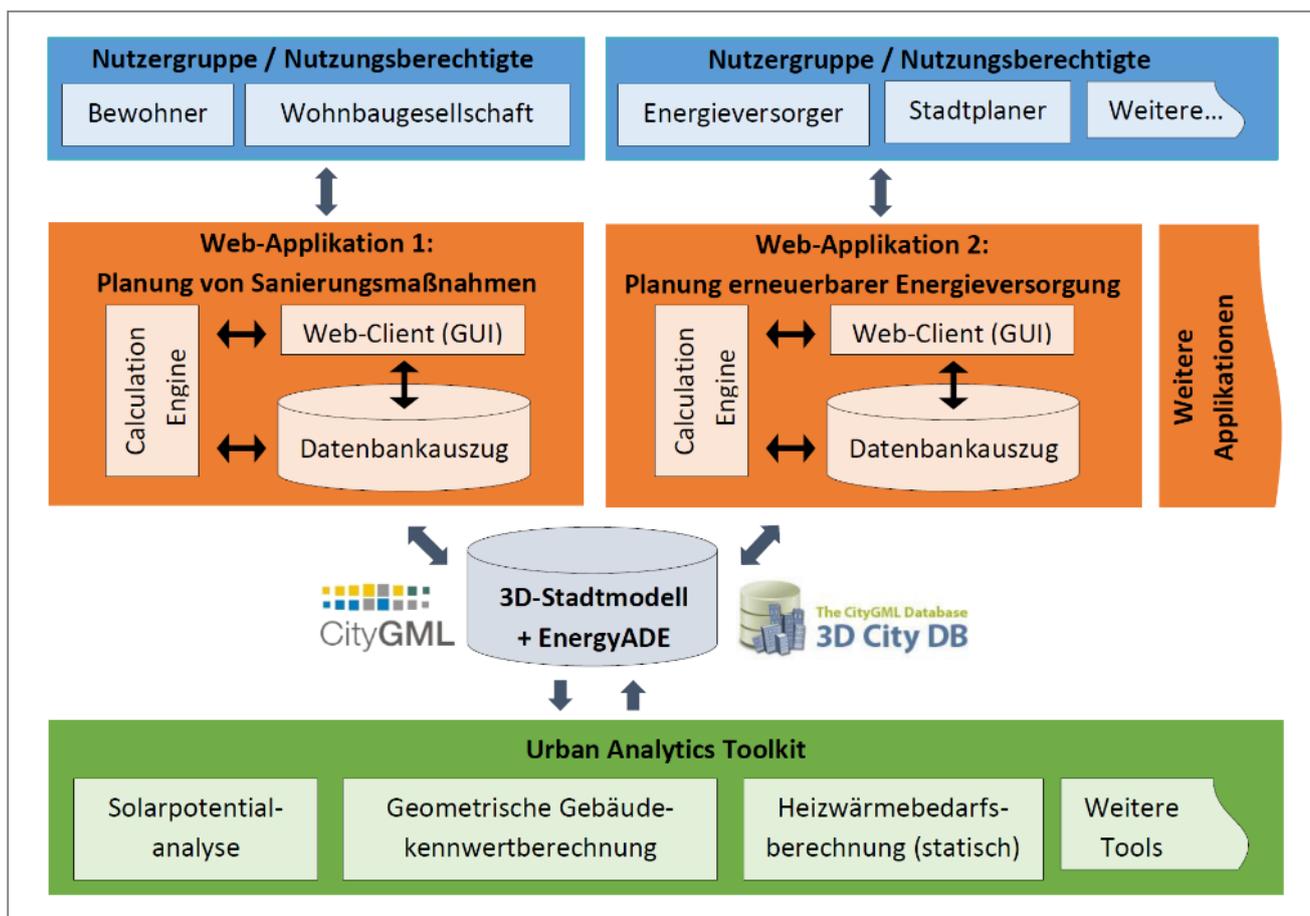
Der Web-Client umfasst eine komplexe, mehrstufige Systemarchitektur mit dem Ziel, eine Schnittstelle zwischen den komplex strukturierten 3D-Stadtmodellobjekten und den damit verbundenen rechenintensiven Simulations- und Berechnungsverfahren auf der einen Seite und den für Planer und Entscheider in Unternehmen und Verwaltung vertrauten, einfach strukturierten Modellen der Text- und Tabellenverarbeitung auf der anderen Seite zu schaffen. Dies wird zum einen durch das Abbilden und Zusammenfassen von semantischen Entitäten und Eigenschaften des komplexen 3D-Stadtmodells auf einfache Tabellenstrukturen und zum anderen durch die Erstellung eines vereinfachten 3D-Visualisierungsmodells der räumlich und thematisch relevanten Objekte erreicht.

Im Zentrum der unten gezeigten Grafik befindet sich das semantische 3D-Stadtmodell als sogenanntes „Informationsrückgrat“. Das Urban Analytics Toolkit ist eine erweiterbare Werkzeugsammlung von beliebigen Modulen. Diese Module erlauben die Durchführung von anwendungsspezifischen Berechnungen, basierend auf dem thematisch angereicherten semantischen 3D-Stadtmodell. Die nach CityGML strukturierten Daten dienen dabei als Eingangsdaten, wobei die Ergebnisse der Berechnungen als CityGML-Objekte oder -Attribute zurück in das semantische 3D-Stadtmodell fließen. Dadurch stehen die Ergebnisse einer Analyse für anschließende (Folge-)Berechnungen oder zur Repräsentation für den Endnutzer zur Verfügung.

Die obere Ebene in der gezeigten Grafik repräsentiert die unterschiedlichen Benutzergruppen. Diese können u. a. Wohnbaugesellschaften sein, welche unter Verwendung des Web-Client-basierten Entscheidungsunterstützungswerkzeuges Optionen bezüglich der Einsparpotenziale und Wirtschaftlichkeit ihres Gebäudebestands durch eine energetische Sanierung untersuchen, oder Energieversorger, welche die Entwicklung der Energieverbräuche und die Abdeckung der Energiebedarfe in ihren Versorgungsgebieten, unter der Annahme von unterschiedlichen Trends und Perspektiven, abschätzen.

Die angelegte Systemarchitektur greift den gewachsenen Trend auf, maßgeschneiderte Lösungen dem Endnutzer über sogenannte „Apps“ (Applikationen) bereitzustellen, was durch die mittlere Ebene der gezeigten Grafik repräsentiert wird. Die Applikationen besitzen dabei einen sehr spezifischen und

beschränkten Funktionsumfang, sind aber dadurch einfach und intuitiv zu bedienen. Diese anwendungsspezifische Sichtweise berücksichtigt zum einen die erforderliche Sicht auf das virtuelle 3D-Stadtmodell und zum anderen die zweckdienlichen Analysefunktionen. Zur Erstellung einer Applikation werden nur die relevanten Informationen aus dem semantischen 3D-Stadtmodell extrahiert, wobei die Daten der komplex strukturierten Stadtmodellobjekte auf einfache Tabellenstrukturen abgebildet und aus den entsprechenden 3D-Geometrien ggf. kartographisch gestaltete 3D-Computergrafikelemente erzeugt werden. Diese Elemente werden im Anschluss über Clouddienste, wie Google Spreadsheet und Dropbox, für den Zugriff über das World Wide Web bereitgestellt. Eine Web-Client-basierte Benutzeroberfläche integriert diese Elemente und ermöglicht durch entsprechende Konfiguration die Gestaltung einer Applikation.



Mehrstufige Systemarchitektur zur Integration komplexer Stadtmodelle und komplexen Simulationen mit intuitiven Applikationen

Ein wesentlicher Vorteil der Entkopplung zwischen dem Endnutzer und der originären Datenbank (z. B. 3DCityDB) besteht darin, dass auf der Nutzerseite keine Geodatenbank einschließlich des semantischen 3D-Stadtmodells betrieben und geführt sowie kein Geoinformationssystem vorhanden sein muss. Das in der Cloud platzierte Spreadsheet stellt eine Schnittstelle zum ursprünglich sehr umfangreich und tief strukturierten 3D-Stadtmodell her und vereinfacht die Strukturierungskomplexität und reduziert den Datenumfang. Sachdaten können darüber hinaus im Spreadsheet einfach editiert und dynamische Berechnungen durch die Definition eigener Berechnungsfunktionen als Spreadsheet-Formeln implementiert werden. Dadurch ist es möglich, die zur Entscheidungsunterstützung notwendigen Funktionalitäten der Ad-hoc-Analyse und Simulation von Auswirkungen verschiedener Szenarien bereitzustellen. Die editierten Sachdaten und die Ergebnisse der Berechnungen werden mittels Spreadsheet-Importer im Anschluss in die 3DCityDB zurückgeführt, um eine persistente und CityGML-konforme Datenhaltung zu gewährleisten. Ein weiterer wesentlicher Vorteil durch die cloud-

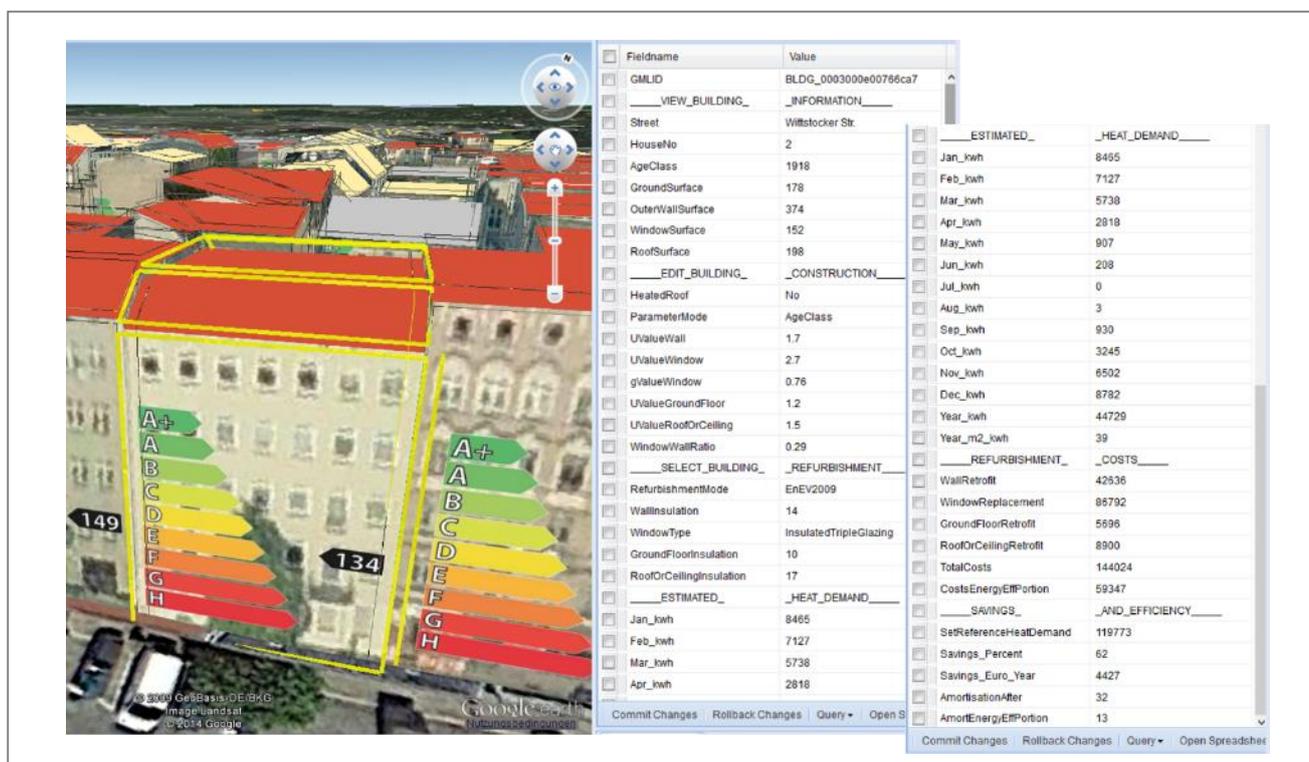
basierte Bereitstellung der Geodaten ist die Möglichkeit der kollaborativen Bearbeitung unter der Festlegung von Zugriffsrechten. Verschiedene Nutzer mit entsprechenden Zugriffsrechten können gleichzeitig die Stadtmodellobjekte visualisieren und Sachdaten bearbeiten.

Web-Client-basierte Applikation zur energetischen Bewertung von Gebäuden

Die Anwendung zur Berechnung der Energiebedarfe und der Einsparpotenziale der Gebäude durch Sanierung wurde innerhalb eines Projekts an der TU München als Webapplikation implementiert. Die Web-Applikation „Energetische Gebäudebewertung“ läuft somit in einem beliebigen Webbrowser, integriert den Zugriff auf die in der Cloud gespeicherten Daten und bietet anwendungsbezogene GIS-Funktionalitäten einschließlich Analysen und Simulationen in Echtzeit zur energetischen Gebäudesanierung.

Die Webapplikation ist die anwendungsbezogene Realisierung des Web-Clients. Der Web-Client ist modular aufgebaut und erlaubt unterschiedliche Konfigurationen, zugeschnitten auf die Anforderungen an die jeweiligen Applikationen und Nutzergruppen. Er erlaubt die Gestaltung einer nutzerintuitiven Schnittstelle zwischen einem komplex strukturierten semantischen 3D-Stadtmodell und den aufbereiteten einfach bzw. flach strukturierten Daten und Verarbeitungsfunktionen. Durch die Spreadsheet-Webapplikation von Google können neben dem Editieren der vorhandenen Sachdaten weitere Attribute durch weitere Spalten hinzugefügt und mit Sachinformationen gefüllt werden. Darüber hinaus erlaubt der Web-Client auch das Hinzufügen weiterer Geoobjekte als weitere Layer in einem Projekt. Diese können weitere, über Clouddienste bereitgestellt KML-Datensätze beinhalten oder auch über OGC-Webservices vorhandene Rasterdaten sowie 2D- und 3D-Vektordaten umfassen.

Zur Analyse der Geodaten ermöglicht der Web-Client eine Reihe von Anfragen, wobei durch einfache Bedingungen an einem oder mehreren Attributen Stadtobjekte thematisch gefiltert und selektiert werden können. Dies erlaubt z. B. die Selektion aller Gebäude mit einer geringen Energieeffizienz von mehr als 100 KWh/(m²·a) eines Eigentümers XYZ, welche aufgrund der Auswahlkriterien z. B. Kandidaten für eine energetische Gebäudesanierung sind und/oder für bestimmte Förderprogramme infrage kommen. Die Sachdaten der nach den gewünschten Auswahlkriterien selektierten Stadtobjekte



Web-Client-basierte Applikation zur energetischen Bewertung von Gebäuden

können im Anschluss aggregiert und dabei die Summen der Mittelwerte und der Minimal- bzw. Maximalwert der numerischen Attribute direkt im 3D-Web-Client berechnet werden. Durch diese Funktionen können z. B. der Gesamtheizwärmebedarf, der Strombedarf oder die Lastspitzen der Wohngebäude einer Straße ermittelt werden.

Durch die Implementierung der Energiebedarfsberechnungen als Formeln innerhalb der Google Spreadsheets können Berechnungen dynamisch erfolgen und Simulationen durchgeführt werden. Die Berechnungen basieren auf Eigenschaften und Kenngrößen der Objekte, z. B. U-Werte der Baukonstruktion, Volumen und Flächengrößen. Werden diese Kennwerte in der Sachdatentabelle des Web-Clients editiert, verändern sich entsprechend die Ergebnisse der Berechnungen. Verändert man z. B. die U-Werte der Baukonstruktion, können verschiedene Sanierungsvarianten simuliert und die entsprechenden Einsparpotenziale ermittelt werden.

7.2 3D City Database

Verfasser: Dr. Claus Nagel, Felix Kunde und Dr. Lutz Ross, virtualcitySYSTEMS

Mit der 3D City Database können CityGML-basierte 3D-Stadtmodelle in den Datenbanksystemen Oracle und PostgreSQL gespeichert und verwaltet werden. Es handelt sich dabei um ein relationales Datenbankschema, das aus dem Datenmodell des OGC-Standards CityGML abgeleitet und für Datenbankroutinen optimiert wurde. Über eine einfach zu bedienende Java-basierte Client-Anwendung können beliebig große bzw. komplexe 3D-Modelle in die Datenbank im- und exportiert werden.

Die 3D City Database ist eine kostenlose und quelloffene (LGPL v3) Lösung zur effizienten Speicherung, Verwaltung und Visualisierung von CityGML-basierten 3D-Stadtmodellen. Sie hat ihren Ursprung als Forschungsprojekt an der Universität Bonn [Casper, 2008] und der Technischen Universität Berlin [Stadler et al., 2009] und ist frei verfügbar unter www.3dcitydb.org¹ bzw. über GitHub². Seit 2013 wird sie als eigenständiges Open-Source-Projekt in Kooperation zwischen der Technischen Universität München unter der Leitung von Prof. Dr. Thomas H. Kolbe sowie den Firmen virtualcitySYSTEMS und M.O.S.S weiterentwickelt, welche die 3D City Database bereits seit Jahren in vielen Kundenprojekten produktiv einsetzen³⁴⁵.

Die 3D City Database umfasst ein Datenbankschema zur CityGML-konformen Verwaltung von 3D-Stadtmodellldaten auf Basis von Oracle und PostgreSQL sowie der jeweiligen Erweiterungen für Geodaten (Oracle: Spatial, Locator; PostgreSQL: PostGIS). Zudem wird eine Java-basierte Client-Anwendung zum Einlesen und Ausgeben beliebig großer CityGML-Dateien, zum Erzeugen von 3D-Visualisierungsmodellen in KML und COLLADA sowie zum Export von Daten in einfache Tabellenstrukturen wie Microsoft Excel oder Google Spreadsheets mitgeliefert.

Durch die Verwendung von Oracle oder PostgreSQL steht ein großer Umfang von GIS-Operationen zur Verfügung, mit denen komplexe räumliche Zusammenhänge sehr schnell ermittelt werden können. Im Kontext von 3D-Stadtmodellen spielen vor allem 3D-Funktionalitäten eine wichtige Rolle: Seien es die Berechnung von Distanzen, Flächen oder Volumina, das Testen topologischer Beziehungen und Sichtbarkeitsanalysen, und geometrische Verschneidungen zwischen 3D-Körpern, TINs oder Punktwolken. Gepaart mit den Konzepten der semantischen Stadtmodellierung durch den CityGML-Standard, sowie dessen Erweiterbarkeit des Datenmodells, ermöglicht die Struktur der 3D City Database vielfältige Analysen für unterschiedlichste Anwendungsbereiche, wie Energie. So wird

¹ <http://www.3dcitydb.org/>

² <https://github.com/3dcitydb>

³ <http://www.gis.bgu.tum.de/projekte/3dcitydb/>

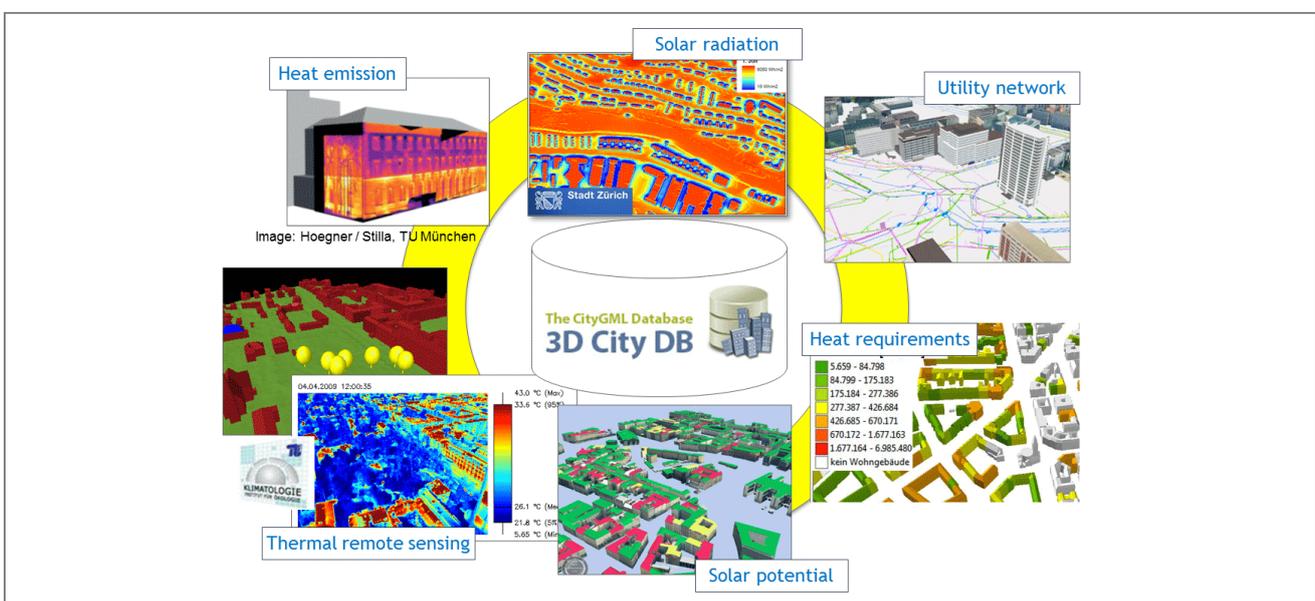
⁴ <http://www.moss.de/deutsch/produkte/novafactory/modul-3d-gdi/>

⁵ <http://www.moss.de/deutsch/produkte/novafactory/modul-3d-gdi/>

die 3D City Database im Rahmen des Energieatlas-Projekts Berlin [Kaden, 2013] als zentrale Komponente zur Berechnung, Verwaltung und Integration energierelevanter Informationen über Stadtojekte eingesetzt¹.

Im März 2015 wird die 3D City Database in der Version 3.0 veröffentlicht, die neben einer vollen Unterstützung von CityGML 2.0 (u. a. Brücken, Tunnel) auch über eine WFS-konforme Schnittstelle verfügen wird. Das vereinfacht nicht nur die Einbindung der 3D City Database in bestehende Geodateninfrastrukturen, sondern stellt gleichzeitig einen INSPIRE-konformen Downloadservice für die Datenbank bereit. Das neue Release markiert erst den Anfang vieler weiterer neuer Funktionen, die derzeit entwickelt werden und in den kommenden Monaten bzw. Jahren veröffentlicht werden sollen.

Im März 2015 wird die 3D City Database in der Version 3.0 veröffentlicht, die neben einer vollen Unterstützung von CityGML 2.0 (u. a. Brücken, Tunnel) auch über eine WFS-konforme Schnittstelle verfügen wird. Das vereinfacht nicht nur die Einbindung der 3D City Database in bestehende Geodateninfrastrukturen, sondern stellt gleichzeitig einen INSPIRE-konformen Downloadservice für die Datenbank bereit. Das neue Release markiert erst den Anfang vieler weiterer neuer Funktionen, die derzeit entwickelt werden und in den kommenden Monaten bzw. Jahren veröffentlicht werden sollen.



Energieatlas-Projekt Berlin (Quelle: <http://energyatlas.energie.tu-berlin.de/>)

Referenzen

- CASPER, E. (2008): Geodatenmanagement in der Berliner Verwaltung – Amtliches 3D Stadtmodell für Berlin. Projektbericht 2007.
- KADEN, R.; PRYTULA, M.; KRÜGER, A.; KOLBE, T. H. (2013): Energieatlas Berlin: Vom Gebäude zur Stadt – Am Beispiel zur Abschätzung der Wärmeenergiebedarfe von Gebäuden. In: 18. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme – Tagungsband, Wichmann Verlag.
- STADLER, A.; NAGEL, C.; KÖNIG G.; KOLBE, T. H. (2009): Making interoperability persistent: A 3D geo database based on CityGML. In: Lee & Zlatanova (Eds.): Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Geo-Information, Seoul, Korea. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer-Verlag.

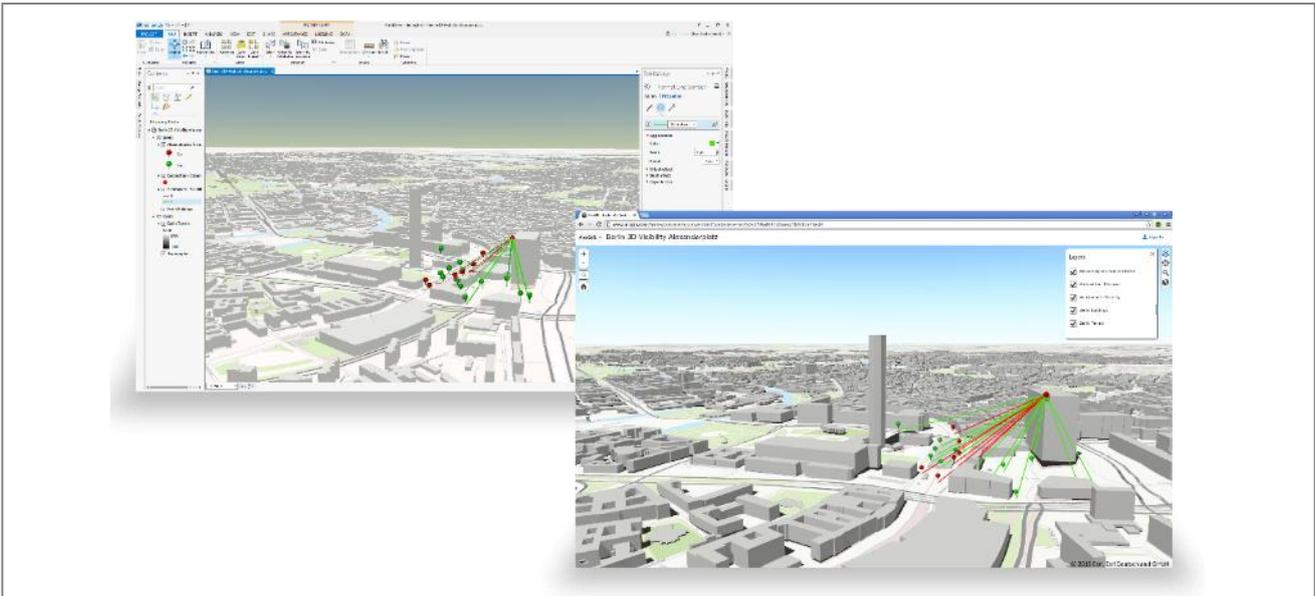
¹ <http://energyatlas.energie.tu-berlin.de/>

7.3 3D-Roadmap für die ArcGIS Plattform

Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

3D-Szene-/Services in der ArcGIS Plattform

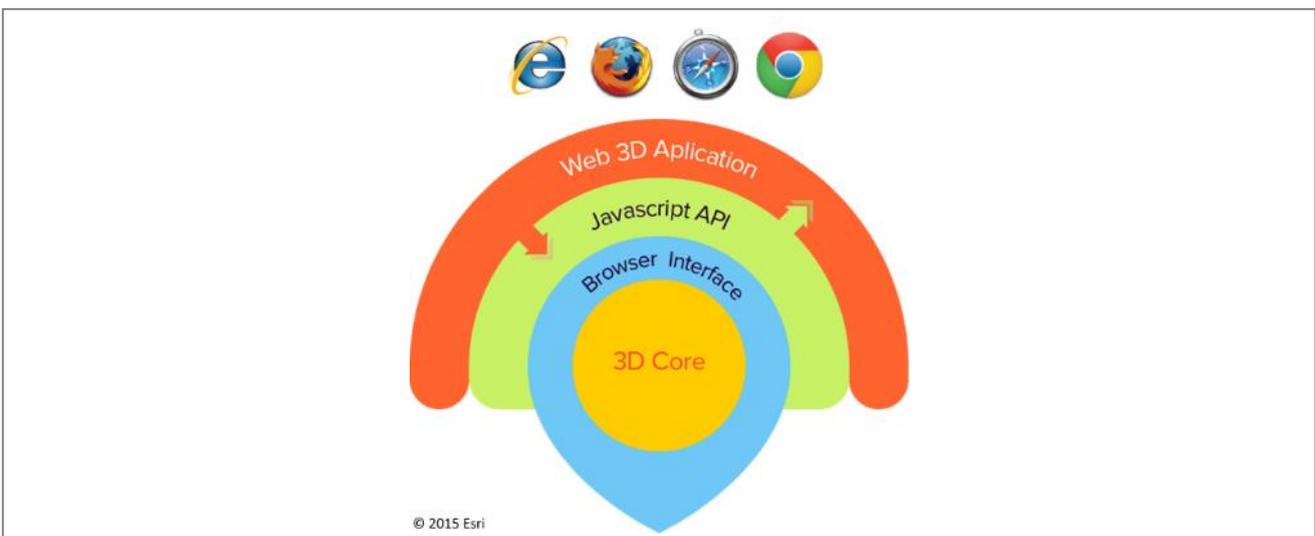
Neu hinzukommen werden die 3D-Szene-Services in ArcGIS for Server, mit denen 3D-Inhalte bereitgestellt werden können. Die 3D-Szenen werden mithilfe der neuen Desktopanwendung ArcGIS Pro erstellt und lassen sich anschließend im 3D Scene Viewer verwenden. Anwender können mit dem 3D Scene Viewer veröffentlichte Szenen verwenden oder auch eigene 3D-Szenen erstellen und im Browser, ganz ohne Plug-in, eigene 3D-Inhalte präsentieren. Einen Eindruck vermittelt folgende Abbildung.



3D Scene Viewer

ArcGIS API for JavaScript wird 3D-fähig

Mit der nächsten großen Version der ArcGIS API for JavaScript lassen sich die zahlreichen 3D-Fähigkeiten direkt nutzen. Das bestehende API-Modell wird mit neuen 3D-Funktionen für 3D-Layer (Scene Service Layer), 3D-Symbolisierung, 3D Mesh Geometry Type und Geometrien mit Z-Werten erweitert.



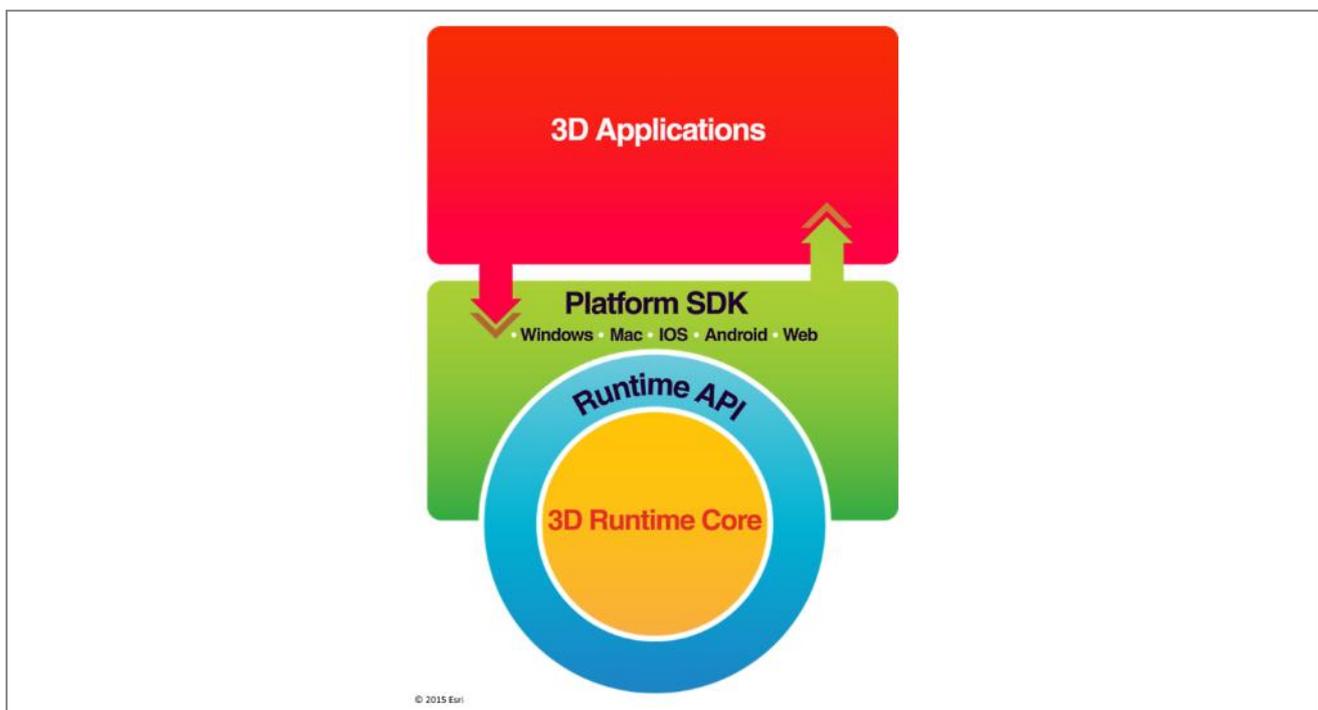
Entwicklung von 3D-Web-Applikationen in der ArcGIS Plattform

ArcGIS Runtime SDKs werden 3D-fähig

ArcGIS Runtime SDKs werden eine Reihe von 3D-fähigen Entwicklungswerkzeugen bieten, um schnell 3D-GIS-Anwendungen zu erstellen, die sowohl Mapping als auch räumliche Analysen unterstützen.

Bei der Runtime-Umgebung von ArcGIS werden bald die Entwickler einfach bereitzustellende native Anwendungen schreiben können, für die die über ArcGIS verwalteten und freigegebenen 3D-Szenen/-Services genutzt werden können. Dies wird als „3D Runtime Core“ bezeichnet. ArcGIS Runtime-Anwendungen können für eine Reihe von Bereitstellungsumgebungen entwickelt werden, darunter Desktops und mobile Geräte. Sie verwenden ein gemeinsames Objektmodell; der Zugriff auf und die Verwendung von geographischen Informationen erfolgt auf zwei grundlegende Arten:

- Durch das Verbinden mit Online-Karten und den unterstützenden GIS-Services sowie das Verwenden von diesen.
- Durch die Bereitstellung von GIS-Paketen, die lokal auf dem Gerät verwendet werden (die Daten befinden sich auf demselben Gerät wie die Anwendung) und durch die Verwendung lokaler GIS-Funktionen.

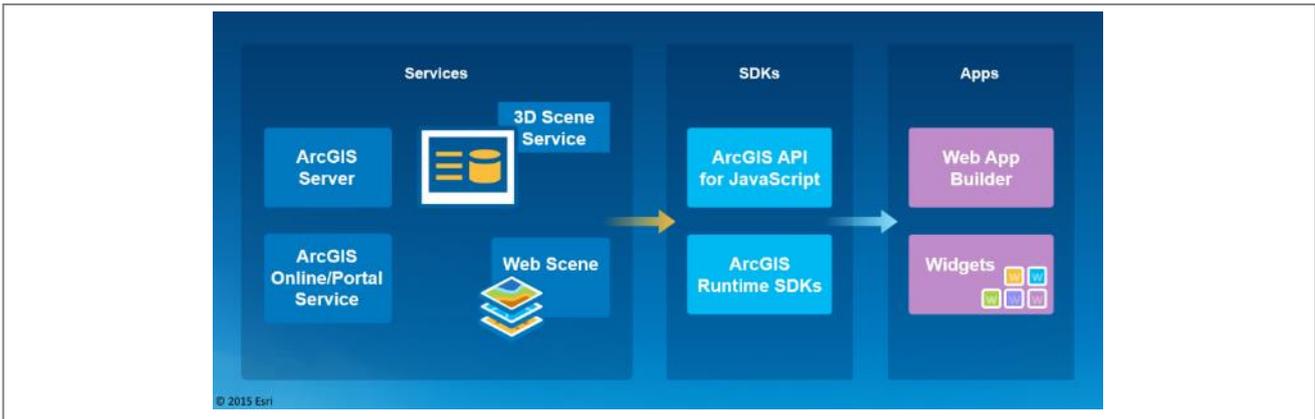


Entwicklung von 3D-fähigen Desktop- und Mobile-Applikationen auf der Basis der ArcGIS 3D Runtime Core

Web AppBuilder for ArcGIS wird 3D-fähig

Web AppBuilder for ArcGIS bietet eine hilfreiche Basis zum Erstellen von Webanwendungen in der ArcGIS Plattform. Mit Web AppBuilder for ArcGIS lassen sich intuitive, fokussierte Apps erzeugen, die überall und auf jedem Endgerät funktionieren – ohne eine einzige Zeile Programmiercode zu schreiben. Durch die entsprechenden Erweiterungen in der ArcGIS API for JavaScript hinsichtlich 3D wird Web AppBuilder zukünftig auch das Erstellen von 3D-Webanwendungen erlauben.

Web AppBuilder for ArcGIS ist die erste App in der ArcGIS Plattform, die die Möglichkeit bietet, Geoprocessingdienste über eine REST-Schnittstelle einzubinden. Das können eigene ArcGIS for Server Dienste oder auch die Geoprocessingdienste von Esri sein, wie z. B. der Elevation Service, der ein Sichtfeld berechnet wie in der [Dokumentation im Rahmen der ArcGIS API for JavaScript](#).



Web 3D-Architektur in der ArcGIS Plattform

7.4 Standardisierung im Rahmen der OGC

3D Portrayal Service des OGC

Verfasser: Prof. Dr. Volker Coors, Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart; Benjamin Hagedorn, 3D Content Logistics GmbH

Die 3D Portrayal Service Standard Working Group des Open Geospatial Consortiums (OGC) entwickelt aktuell einen Standard zur serviceorientierten Visualisierung von 3D-Stadt- und Landschaftsmo-
dellen. Analog zum Web Map Service für zweidimensionale Karten soll der 3D Portrayal Service (3DPS) die Nutzung von 3D-Modellen im Webbrowser und auf mobilen Endgeräten interoperabel ge-
währleisten.

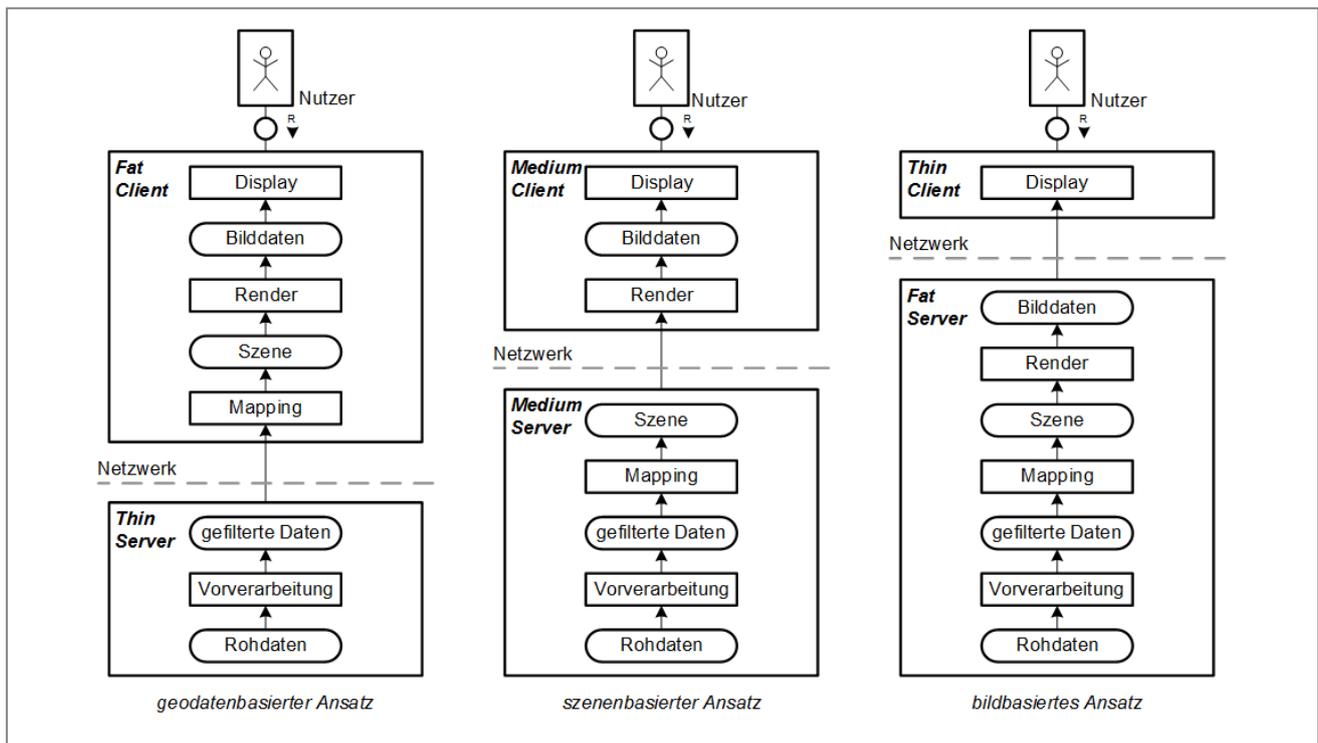
Für die Bereitstellung virtueller 3D-Stadtmodelle über ein Netzwerk und die Nutzung in Client-Anwen-
dungen existieren drei grundlegende Ansätze (vergleiche Abbildung):

- Geodatenbasierter Ansatz: Die 3D-Modelldaten werden in originärem Format (z. B. GML, CityGML) direkt bereitgestellt – beispielsweise aus einer 3D-Datenbank (z. B. 3DCityDB¹) geladen oder mittels Web Feature Service (WFS²) oder ein Downloadportal (siehe z. B. „Berlin 3D“³).
- Grafikdatenbasierter Ansatz: Ein Server liefert eine virtuelle Welt, auch Szene genannt, in einem 3D-Grafikformat aus (z. B. KML/COLLADA, X3D). Eine Clientanwendung muss die Grafikdaten dann selbst rendern (d. h. Bilder daraus synthetisieren) und benötigt deshalb eine Mindestaus-
stattung an Grafikhardware und -software.
- Bildbasierter Ansatz: Die 3D-Geodaten werden bereits auf dem Server in visuelle Repräsentatio-
nen überführt und als fertig gerenderte Bilder an den Client übertragen, der diese im einfachsten Fall nur noch anzeigen muss.

¹ 3DCityDB: <https://github.com/3dcitydb/3dcitydb> (Stand: 28.02.2015)

² 3DCityDB-WFS: <https://github.com/3dcitydb/web-feature-service> (Stand: 28.02.2015)

³ Berlin 3D Downloadportal: <http://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal> (Stand: 28.02.2015)



Ansätze für die servicebasierte Bereitstellung von virtuellen 3D-Stadtmodellen

Im Rahmen des OGC 3D Portrayal Interoperability Testbeds¹ wurde u. a. deutlich, dass verschiedene Anwendungsfälle, Einsatzbereiche und Client/Server-Konfigurationen jeweils spezialisierte Lösungsansätze für die Bereitstellung und Nutzung von 3D-Daten erfordern. Diese beinhaltet u. a. computergrafische Level-of-Detail-Verfahren und Streamingansätze, Grafikformate (VRML, X3D, KML/COLLADA oder proprietäre Formate), clientseitige 3D-Rendering- und Visualisierungstechnologien (WebGL, Java3D, X3DOM, XML3D) und verschiedene Zielplattformen (u. a. Desktop, Webbrowser, Mobilgeräte).

Während der geodatenbasierte Ansatz durch WFS unterstützt wird, existieren für den szenen- und den bildbasierten Ansatz keine interoperablen Schnittstellen. Diese Lücke soll durch den 3D Portrayal Service geschlossen werden. Hierbei fließen vorherige Entwürfe des szenenbasierten Web 3D Service (W3DS) sowie des bildbasierten Web View Service (WVS) ein. Eine Entwurfsversion 3DPS wurde im Januar 2015 zur Kommentierung veröffentlicht.²

Eigenschaften des szenenbasierten Ansatzes

Grundlegende Idee des szenenbasierten Ansatzes ist die Komposition einer virtuellen Welt. Diese Welt folgt der Metapher einer Theater- bzw. Filmbühne und beinhaltet neben einer Kulisse auch Beleuchtung, Kamerapositionen und Informationen zum Verhalten einzelner Objekte der Kulisse. Diese virtuelle Welt wird daher auch Szene genannt. Der Benutzer wird zum Betrachter der Szene, kann aber auch interaktiv eingreifen, i. d. R. durch Wechsel der Perspektive (Navigation) und durch Interaktion mit Objekten der Szene.

Im geographischen Kontext kann die virtuelle Welt die gesamte Erdoberfläche beinhalten, man spricht hier im Allgemeinen von einem virtuellen Globus. Dieser virtuelle Globus kann dann als Gesamtszene betrachtet werden. Damit diese Szene handhabbar bleibt, kann sie aus verschiedenen „Unterszenen“ hierarchisch aufgebaut werden. Ein Ansatz hierzu ist die Unterteilung des Globus in Kacheln. Jede Kachel entspricht dann einer Unterszene.

¹ Ergebnisse des OGC 3D Portrayal Interoperability (3DPIE) Testbeds: <http://www.opengeospatial.org/press-room/pressreleases/1693> (Stand: 28.03.2015)

² 3D Portrayal Service Draft Version: <https://portal.opengeospatial.org/files/61884> (Stand:28.03.2015)

Ebenso können die Objekte einer Szene in Abhängigkeit des Abstands zur Kamera/zum Blickpunkt des Betrachters unterschiedlich abstrakt definiert werden. Je kleiner ein Objekt auf dem Bildschirm zu sehen ist, desto weniger Details sollten zu seiner Beschreibung verwendet werden.

Beim szenenbasierten Ansatz erfolgt seitens des Servers ein Mapping der Geodaten in eine solche hierarchische Szene. Diese Szene wird an den Client übertragen und dort dargestellt. Die Übertragung kann progressiv erfolgen, d. h. es muss nicht die gesamte Szene auf einmal übertragen werden. In der Regel werden Unterszenen erst bei Bedarf an den Client geschickt.

Der 3D Portrayal Service spezifiziert dazu eine Schnittstelle, mit der das Mapping zu einem gewissen Grad beeinflusst werden kann, z. B. eine Auswahl der Objekte, die in der Szene dargestellt werden sollen. Zusätzlich wird ein Protokoll zum progressiven Laden von Unterszenen definiert. Die Beschreibung der Gesamtszene und der Unterszenen erfolgt in einem existierenden Format wie X3D oder KML und ist nicht Bestandteil des Standards.

Eigenschaften des bildbasierter Ansatzes

Kernkonzept des bildbasierten Visualisierungsansatzes ist, dass der Visualisierungsservice die Komplexität der Integration, Verarbeitung, Verwaltung und Visualisierung der 3D-Modelldaten komplett kapselt. Der derart gekapselte Visualisierungsserver kann mit hoch performanter und optimierter 3D-Hard- und -Software ausgestattet werden, sodass auch größte 3D-Modelle in hoher Qualität gerendert und in Form von Bilddaten bereitgestellt werden können. Dabei hängt die Komplexität der übertragenen Daten nicht mehr von der Komplexität des 3D-Modells (z. B. Geometrie- und Texturmenge), sondern im Wesentlichen von der Größe des abgefragten Bilds ab.

Damit werden qualitativ hochwertige 3D-Darstellungen auch für einfachste Client-Geräte ermöglicht – z. B. auf Mobilgeräten mit geringer Rechen- und Grafikleistung sowie geringem Haupt- und Arbeitsspeicher. Bei Mobilgeräten wird zudem die Batterie geschont, da das energieintensive 3D-Rendering entfällt.

Aufwendige 3D-Renderingeffekte und Visualisierungsstile (z. B. nicht fotorealistische Renderingverfahren) werden einmalig serverseitig umgesetzt und stehen dann für alle Clients zur Verfügung. Bei der Entwicklung von Anwendungen auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle muss zudem keine Rücksicht genommen werden auf Spezifika der diversen Hardware- und Softwareplattformen; so werden Entwicklungs- und Wartungsaufwände erheblich reduziert.

Basierend auf bildbasierten 3D-Visualisierungsservices können verschiedene Nutzungstypen und Bereitstellungsmedien unterstützt werden. Serverseitig erzeugte Bilder können z. B. leicht in Webportale und Webformulare oder in mobile Apps eingebunden werden.

Der 3D Portrayal Service unterstützt das bildbasierte Rendering dazu, eine Schnittstelle zur Auswahl der darzustellenden Objekte, zur eigentlichen Darstellung und zum Übertragen der serverseitig erzeugten Bilder zu schaffen.

CityGML Energy ADE

Der Leitfaden hat bereits durch zahlreiche Projektbeispiele das Potenzial von 3D-Geodaten gezeigt. Dennoch existiert insbesondere kein umfassendes Datenmodell, das alle Belange der energetischen Modellierung auf urbaner Ebene umfasst. CityGML stellt ein gutes, allgemeingültiges Datenmodell zur flächendeckenden semantischen Beschreibung von Stadt- und insbesondere von Gebäudemodellen dar – spezielle energetische Parameter werden jedoch kaum berücksichtigt. Hier kommen Gebäudeinformationsmodelle (BIM) wie IFC und gbXML (Ref) stärker zum Tragen. Oft werden auch anwendungsspezifische proprietäre Modelle und individuelle Lösungen entwickelt. Dies ist insofern problematisch, als dass damit keine Interoperabilität der Datenbestände und der energetischen Simulations- und Analysensysteme gewährleistet ist. Der Aufwand der Datenintegration für gesamtstädtische Analysen ist erheblich. Dies wird sich in Zukunft noch verschärfen, da Initiativen wie die Erstellung eines Klimaschutzkonzepts auf städtischer oder Landkreisebene auch immer ein Monitoringkonzept erfordern, um die Wirkung energetischer Maßnahmen zu beobachten. Gleiches gilt für klimaneutrale Stadtgebiete und Plusenergie-Regionen.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde im Mai 2014 eine Initiative zur Entwicklung einer CityGML Energy Application Domain Extension (ADE) gestartet, in dem sowohl Experten aus der Geoinformatik als auch aus dem Energiesektor ein gemeinsames offenes Datenmodell auf Basis von CityGML entwickeln. Die CityGML Energy ADE soll sowohl die für verschiedenen (durch nationale Standards, wie Monatsbilanzverfahren nach DIN V 18599 vorgegebenen) energetische Berechnungsverfahren notwendigen Geodaten abbilden als auch komplexe dynamische Gebäudesimulationssysteme, wie CitySim und EnergyPlus, unterstützen.

Die Entwicklung der CityGML Energy ADE erfolgt in einer Reihe von Workshops, auf denen die Aktivitäten der beteiligten Institutionen und Unternehmen koordiniert wird. Ein Entwurf der CityGML Energy ADE wird derzeit getestet und soll auf dem Geospatial World Forum im Mai 2015 in Lissabon vorgestellt werden.

Referenzen

- Aktuelle Informationen zum Stand der Energy ADE und zu den Workshops finden sich im Wiki der SIG3D Energy Working Group: http://en.wiki.energy.sig3d.org/index.php/Main_Page

3D-Anwendungen

Daten der Bayerischen Vermessungsverwaltung

3D-Stadtmodell



Kombination aus Digitalem Geländemodell und 3D-Gebäudemodell LoD2 (standardisierte Dachformen)

3D-Bebauungsplan



Kombination der Bauleitpläne mit Digitalem Geländemodell und 3D-Gebäudemodell LoD1 (Flachdach) oder LoD2 (standardisierte Dachformen)

Solarkataster



3D-Gebäudemodell LoD2 (standardisierte Dachformen) als Grundlage für eigene Solarkataster-Berechnungen

Hochwassersimulation

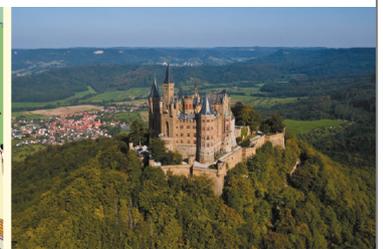


Digitales Geländemodell, in Kombination mit 3D-Gebäudemodell LoD1 (Flachdach) oder LoD2 (standardisierte Dachformen) als Grundlage für Hochwassersimulationen

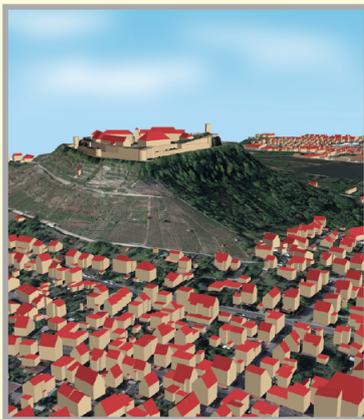


Sie haben Interesse?
Besuchen Sie uns auf
www.geodaten.bayern.de

LANDESAMT FÜR DIGITALISIERUNG,
BREITBAND UND VERMESSUNG



Digitale 3D-Gebäudemodelle



8 Anhang 1 Softwareprodukte 3D-GIS und Energie

Unter diesem Punkt werden exemplarisch einzelne Softwareprodukte vorgestellt. Diese wurden von den einzelnen Firmen, die dem Beteiligungsauftrag des Runden Tisches GIS e. V. gefolgt sind, zum Leitfaden beigesteuert.

Die nachfolgenden Produktvorstellungen wurden von den jeweiligen Herstellern auf Grundlage vorgegebener Templates erstellt. Ebenso beruhen alle Daten und Fakten auf Herstellerangaben. Trotz größter Sorgfalt können für Irrtümer und Fehler keine Haftung übernommen werden.

Die Vorstellung der Lösungen erfolgt in alphabetischer Reihenfolge der Firmennamen.

Die Rahmenbedingungen für die Hersteller beinhalteten folgende Punkte: Kurze textliche Produktvorstellung, eine Abbildung und die Beantwortung der folgenden Produkteigenschaften:

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung• Datenspeicherung/-management• Datenanalyse/-simulation• Visualisierung (2D, 3D)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">•
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">•
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">•
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">•
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Desktop• Server• Web-Client
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">•

Es waren maximal zwei Produktvorstellungen je Hersteller möglich.

8.1 AED-SICAD ArcFM™ UT – die GIS-Standardapplikation für Utilities

Verfasser: Eric Schmalen, AED-SICAD AG

Kurzbeschreibung

Energieversorgungsunternehmen (EVU) stehen mit der Energiewende vor zahlreichen Herausforderungen. Um diesen zu begegnen und eine nachhaltige stabile Versorgung sicherzustellen, benötigen EVU exakte Informationen über Lage und Beschaffenheit ihrer Betriebsmittel und Netze. Mit ArcFM UT auf der Basis von Esri ArcGIS bietet die AED-SICAD AG eine vielseitige und leistungsstarke Plattform für alle raumbezogenen Prozesse bei EVU. Dabei ist ArcFM UT weit mehr als nur ein Netzdokumentationssystem. Die Produktfamilie ist darauf ausgerichtet, Betriebsmittel und Netz während deren gesamtem Lebenszyklus zu begleiten. In den einzelnen Phasen kommen verschiedene Module der Gesamtlösung zum Einsatz:

- Datenerfassung & Netzdokumentation,
- Datenauskunft,
- Netzbetrieb,
- Wartung von Netzen und Betriebsmitteln,
- Planung und Design neuer Netzteile,
- Realisierung neuer Netze und Projektverfolgung,
- Integration mit Unternehmens-IT wie SAP, CRM, SCADA, Netzberechnung.

Die skalierbare Produktwelt von ArcFM UT unterstützt heute Versorgungsunternehmen vom kleinen Stadtwerk bis hin zum internationalen Multi-Utility-Konzern bei der Schaffung und Nutzung digitaler Netzinformationen. Eine qualitativ hochwertige Dokumentation der Niederspannungsnetze im GIS ist nicht nur eine Pflichtaufgabe der EVU, sondern unterstützt auch nachhaltig die Prozesse des Netzbetriebes und der Netzführung. Die Daten sind etwa Grundlage für die Planung und Bewertung konkreter Maßnahmen, die durch das EEG notwendig werden. Dazu gehören z. B. Beurteilung des Anschlusses von dezentralen Erzeugungsanlagen inklusive Netzberechnung, Simulation von Schalthandlungen, Planung von Netzausbau oder Leitungsverstärkung.



<http://www.aed-sicad.de/index.php/arcfm.ut.html>

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung & Auskunft• Datenspeicherung/-management• Datenanalyse/-simulation• Visualisierung (2D)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• Zu ERP-Systemen (z. B. SAP), CRM, SCADA und Netzberechnung
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	
Voraussetzungen	
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Desktop/Server• Mobil• Web-Client• Smart Devices
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• RWE, EWE, EnBW, Wiener Netze, Stadtwerke Karlsruhe, Stadtwerke Jena, Stadtwerke Erfurt, Stadtwerke Borna u. v. m

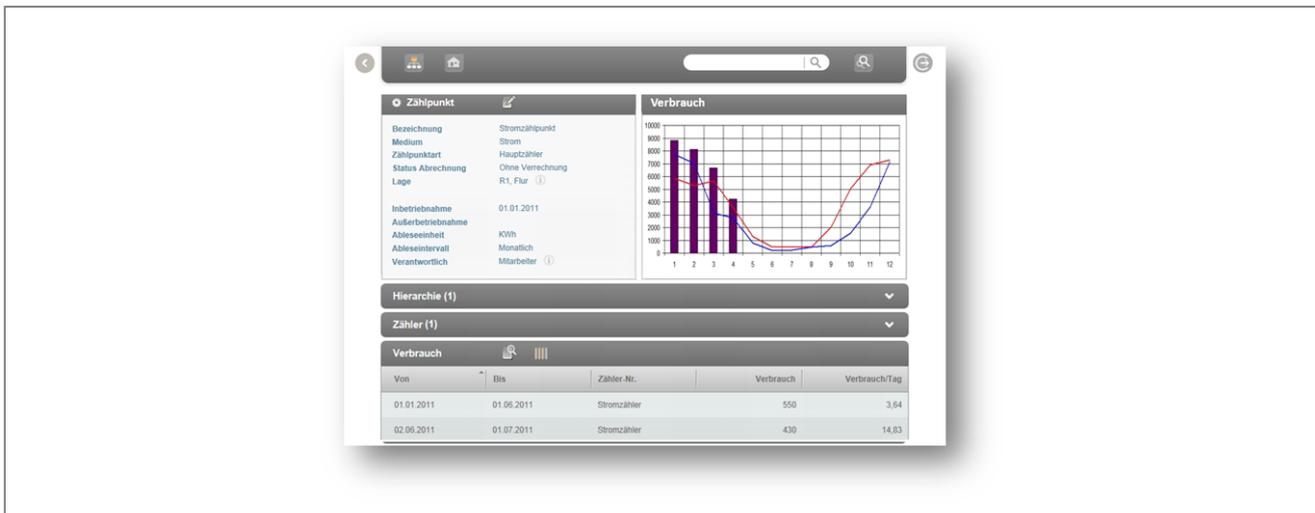
8.2 AED-SYNERGIS / ARC-GREENLAB ProOffice – Lösungsplattform für CAFM und Infrastrukturmanagement

Verfasser: Anna Füllenbach, AED-SYNERGIS GmbH; Frank Möller, ARC-GREENLAB GmbH

Die prozessorientierte Softwarelösung mit optionaler GIS-Anbindung

ProOffice ist eine Lösungsplattform für CAFM und Infrastrukturmanagement und kann jederzeit bedarfsgerecht funktional ausgebaut werden. Der modulare Aufbau von ProOffice ermöglicht die individuelle Zusammenstellung von Fachmodulen wie. Baumkataster, Grünmanagement, Straßenbeleuchtungskataster, Gebäudemanagement, Instandhaltungsmanagement, Reinigungsmanagement, Energiemanagement. Die simple, auf Touch-Oberflächen optimierte, Bedienung und die technologische Basis einer Browseranwendung ermöglichen den mobilen Einsatz auf allen gängigen Endgeräten wie Desktop-Rechner, Notebook, Tablet oder Smartphone. Standardfunktionen, wie die Lokalisation von Objekten im GIS oder die Einbindung von CAD-Plänen für die objektinterne Navigation, sind ebenso Systembestandteil wie umfangreiche Exportmöglichkeiten, flexible Berichterstellung und weitgehende Anpassungsmöglichkeiten durch Konfiguration.

Mit ProOffice können auf Knopfdruck aktuelle und genaue Auswertungen ausgegeben werden, die Ansatzpunkte zur Kostensenkung liefern. Servicequalität und Informationsfluss werden damit verbessert. Module wie Energiemanagement tragen zum kontrollierten Umgang mit Energie und Rohstoffen bei.



ProOffice Energiemanagement – Auswertung Energieverbrauchsdaten

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenmanagement, Datenanalyse
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• MS Office, GIS-Anbindung, CAD, Smart Metering
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Reporting, Einbindung von z. B. Excel-Pivot-Tabellen, Energiecontrolling
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Serverseitig: MS SQL Server, Oracle• Clientseitig: Browser
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• IIS-basierte Browseranwendung
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• http://weboffice.mygeoportal.de/WebOffice_flex/synserver?project=kundenprojekte&client=flex

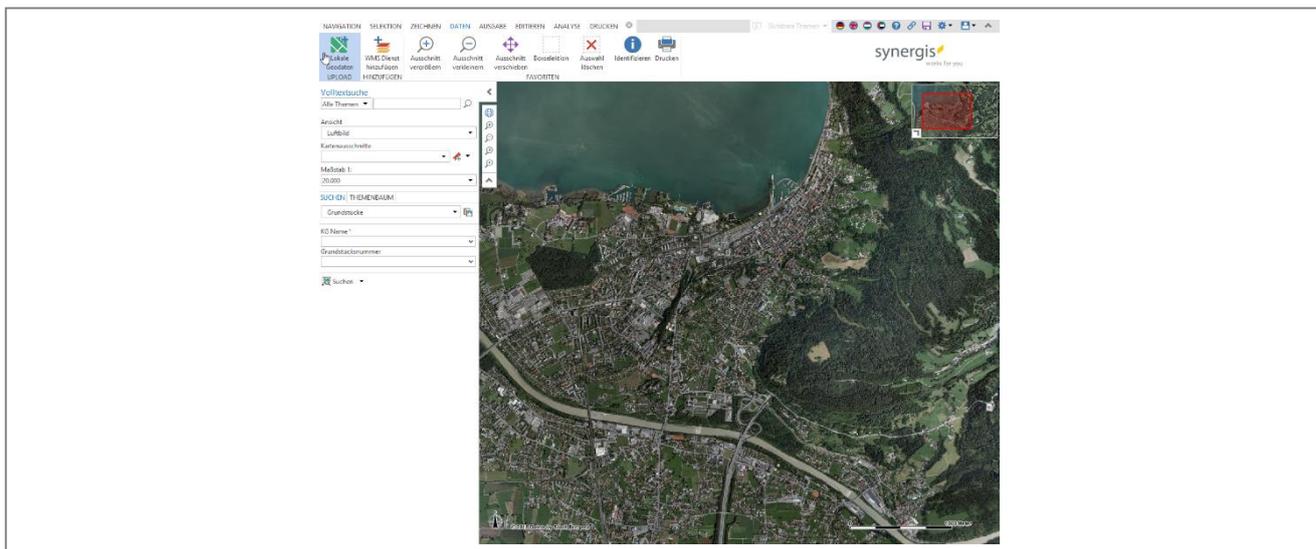
8.3 AED-SYNERGIS ARC-GREENLAB WebOffice – webbasiertes Geoinformationssystem

Verfasser: Anna Füllenbach, AED-SYNERGIS GmbH; Frank Möller, ARC-GREENLAB GmbH

Intuitiv, leistungsstark und integrierbar

Das webbasierte Geoinformationssystem WebOffice bietet für jede Zielgruppe die richtige Anwendung – innerhalb einer Plattform und nur einer Administrationsarbeitsfläche. Ob als leistungsstarker Vollarbeitsplatz, als Bürger-GIS oder als schlanke mobile Anwendung angepasst auf das zu verwendende Endgerät. Ob inhouse oder gehostet im Rechenzentrum.

Als öffentlich zugängliches und mobilefähiges Web-GIS eine geeignete Informationsplattform für Planer, Entscheider und Bürger zur aktiven Mitwirkung am Planungs- und Bauprozess von Anlagen für erneuerbare Energien. Neben der Standortanzeige für geplante Anlagen lassen sich zentral weiterführende Dokumente hinterlegen und abfragen – beispielsweise Bebauungspläne für das Bauvorhaben oder aktuelle Informationen zur Bürgerbeteiligung. Ebenso lassen sich weiterführende Links hinterlegen, die zentral über die WebOffice-Plattform zu einem bestimmten Themenbereich abrufbar sind. Die integrierte E-Mail-Funktion bietet Bürgern die Möglichkeit, zentral Meldungen zu einem aktuellen Bauvorhaben mit Standortinformation abzusetzen und sich auf diese Weise aktiv in den Prozess einzubringen.



Ausschnitt eines WebOffice-Projekts. Bei Bedarf können alle Schaltflächen eingeklappt werden, um das Kartenbild maximal zu vergrößern.

Eigenschaften

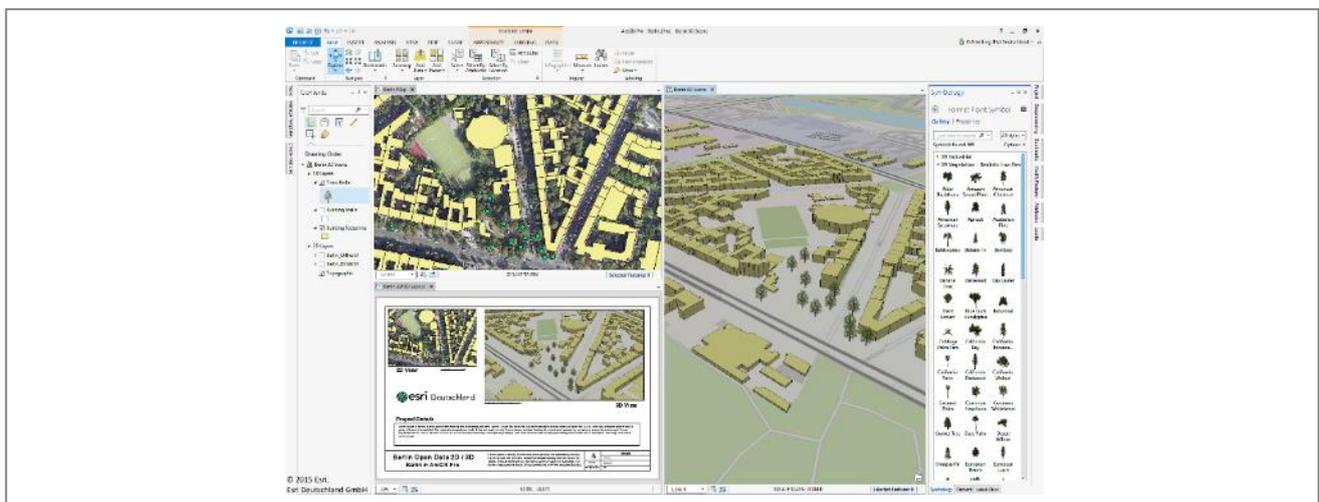
Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Webbasiertes Geoinformationssystem
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• URL-Call (z. B. DMS-, ProOffice-Anbindung)
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">• WebOffice Script API, Service API
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Komplexe Abfragen, Geoprocessing, Berichtsausgaben, Routinganalysen, u. v. m.
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Serverseitig: Esri ArcGIS for Server 10.0/10.2/(10.3)• Clientseitig: Browser
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Tomcat Servlet
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• http://weboffice.mygeoportal.de/WebOffice_flex/synserver?project=kundenprojekte&client=flex

8.4 ESRI ArcGIS Pro als Bestandteil von ArcGIS for Desktop

Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

Neue Desktopanwendung für Experten

ArcGIS Pro ist eine neue moderne Desktopanwendung für GIS-Experten und verfügt über eine 64-Bit-Softwarearchitektur. GIS-Analysen und -Prozesse erreichen dadurch eine hohe Performance. Neben den bekannten Desktopanwendungen (ArcMap, ArcScene, ArcGlobe, ArcCatalog) gesellt sich ab dem Release ArcGIS 10.3 zusätzlich ArcGIS Pro zu ArcGIS for Desktop hinzu. Die Lizenzstufen sind die gleichen wie bei ArcMap. ArcGIS Pro und ArcMap laufen parallel auf einem Rechner und können auf dieselben Daten und Services zugreifen. Mit ArcGIS Pro lassen sich 2D- und 3D-Daten in einer einzigen Anwendung visualisieren und bearbeiten. 3D-Objekte können auch (ganz ohne die Erweiterung 3D-Analyst) editiert werden. Anwender arbeiten in ArcGIS Pro mit Projekten, in denen neben Karten, Daten, Datenbank- und Serververbindungen u. a. auch mehrere Layouts gespeichert werden können. 2D-/3D-Karten können direkt auf ArcGIS Online oder Portal for ArcGIS veröffentlicht werden und sind so auf jedem Endgerät nutzbar.



ArcGIS Pro als Bestandteil von ArcGIS for Desktop

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung• Datenspeicherung/-management• Datenanalyse/-simulation• Visualisierung (2D, 3D)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• Karten, GIS-Daten, Datenbank- und Serververbindungen
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">• ArcGIS Pro SDK
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Erweiterte 3D-Bearbeitungs-Werkzeuge; die 3D-Funktionen wie auf der ArcScene
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Keine Software, läuft auf Desktop und virtuellen Maschinen
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• 64-Bit-Desktop-Applikation basierend auf Windows Presentation Foundation (WPF). Die 2D/3D-Grafik-Engine greift direkt auf die Grafikkarte zu und sorgt damit für eine hoch performante Visualisierung.
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Im Einsatz seit 2015

8.5 ESRI CityEngine

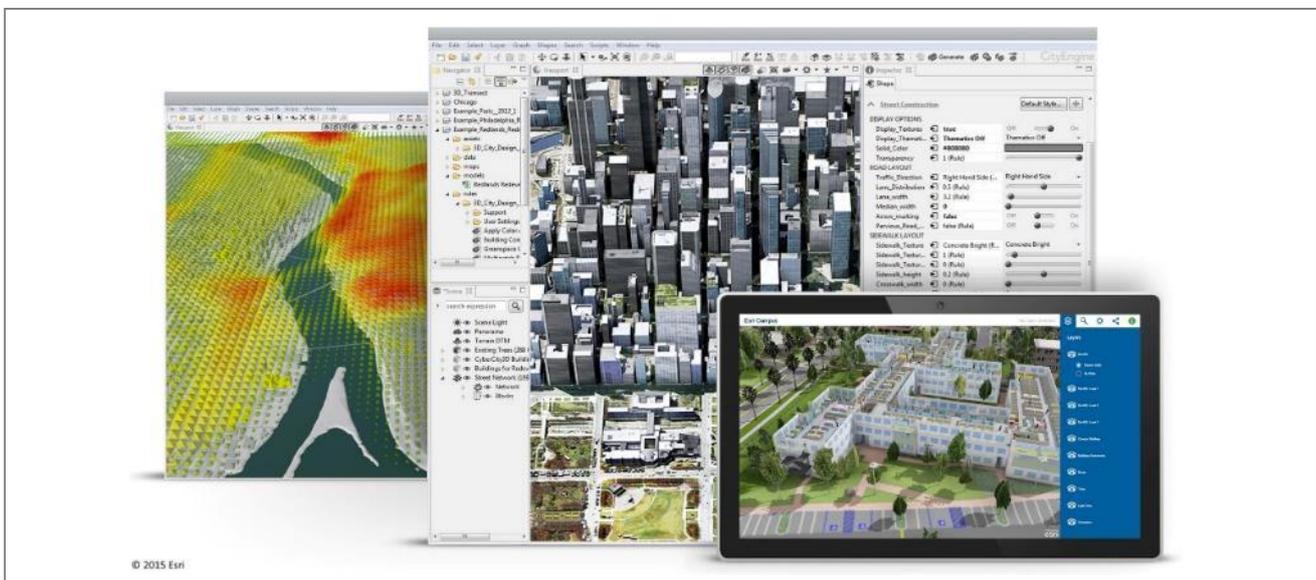
Verfasser: Dr. Özgür Ertac, Esri Deutschland GmbH

3D-Stadtmodelle schnell und effizient erstellen

Mit CityEngine lassen sich aus 2D-Daten schnell und effizient 3D-Stadtmodelle modellieren. Für die tägliche Praxis in der 3D-Modellierung, Stadtplanung und Architektur bedeutet das eine deutlich höhere Produktivität. Esri CityEngine ist eine eigenständige Desktop-Software für Design, Planung und Modellierung städtischer Räume in 3D mit folgenden Einsatzszenarien:

- Erstellung, Änderung und Aktualisierung von 3D-Stadtmodellen aus 2D-Vektordaten;
- 3D-Geodesign basierend auf 2D-Vektordaten und CityEngine Regeln;
- Dreidimensionale Modellierung virtueller städtischer Räume für Simulationen und die Unterhaltungsindustrie;
- Freigeben von 3D-Stadtszenen als 3D-Webszene über ArcGIS Online.

CityEngine verfügt über Exportfunktionen für die Übertragung der generierten 3D-Stadtmodelle in andere Softwarepakete, wie beispielsweise in DCC (Digital Content Creation) Software (RenderMan oder Maya) oder Datenmanagement- und Analysesoftware (ArcGIS for Desktop).



Esri CityEngine

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Daten-Speicherung in 3D• 3D-Analyse/-Simulation• Visualisierung (3D)
Schnittstellen	
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">• CityEngine SDK (C++)
Unterstützte Analysemethoden	
Voraussetzungen	
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Stand-Alone Desktop Software für prozedurale 3D-Modellierung
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Im Einsatz seit 2011 als Esri Produkt

8.6 FRAUNHOFER IGD CityServer3D

Verfasser: Michel Krämer, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)

3D-Stadtmodelle verwalten, planen, präsentieren und analysieren

Dreidimensionale virtuelle Modelle bieten zahlreiche Vorteile gegenüber herkömmlichen zweidimensionalen Plänen. Sie liefern ein realistisches Bild und werden besser verstanden. Der Umgang mit einem 3D-Stadtmodell teilt sich in drei Bereiche: der Aufbau, die Fortführung und die Präsentation. Sowohl der Aufbau eines 3D-Stadtmodells als auch dessen Fortführung ist ein kontinuierlicher Prozess. Aus 2D-Daten (z. B. Katasterdaten) müssen 3D-Modelle erstellt werden, Informationen und Attribute müssen in bestehende Datenbestände integriert werden.

Der CityServer3D verwaltet und verknüpft zwei- und dreidimensionale geographische Daten, erstellt automatisch dreidimensionale Modelle und ermöglicht auch die Auswertung von Simulationsergebnissen mit 3D-Darstellungen. Die Verknüpfung der Daten lässt sich über den Regeleditor automatisieren, wodurch unter anderem die Fortführung der Stadtmodelle erheblich erleichtert wird.

Ein aktuelles und gepflegtes 3D-Stadtmodell ist die Voraussetzung für Analysen und Präsentationen mittels Webvisualisierung. Besonders Tourismus und Regional- bzw. Stadtmarketing profitieren hierbei, aber auch die ämterübergreifende Kommunikation im Bereich 3D-Stadtmodelle kann mithilfe des CityServer3D verbessert werden.



3D-Visualisierung des Stadtmodells Villingen-Schwenningen (Stand: 2014)

Eigenschaften

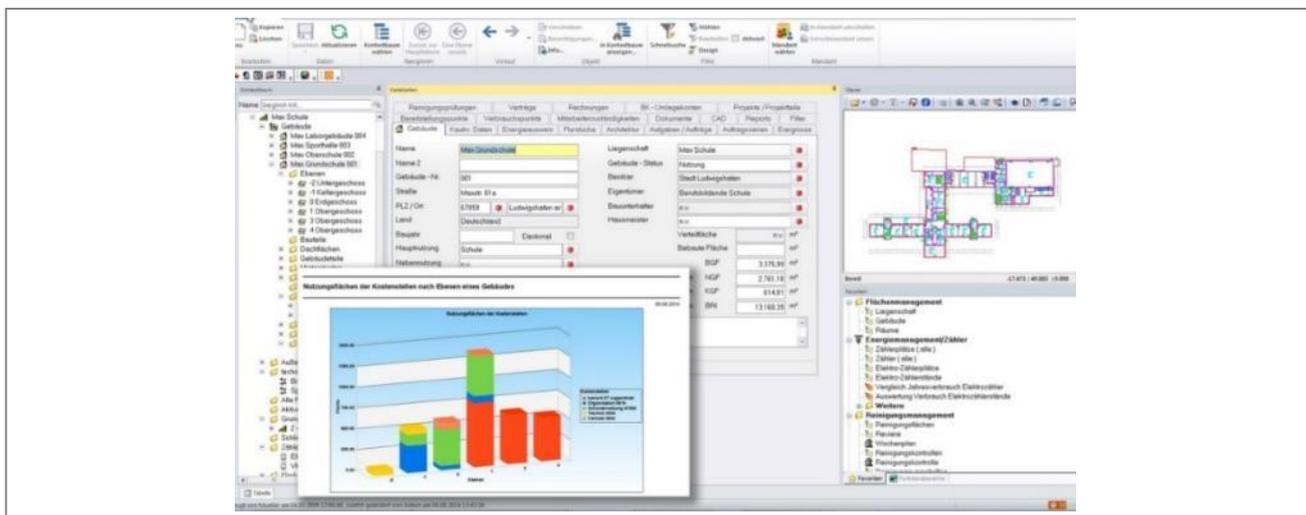
Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenaufbereitung und -integration• Fortführung und Visualisierung
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• Diverse OGC-Schnittstellen, CityGML, ALKIS NAS, WebOffice u. v. m.
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">• OGC W3DS bzw. 3DPS, Toolbox (API)
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Simulationsergebnisvisualisierung• Regelbasierte Auswertung u. v. m.
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• 3D-Grafikkarte, Windows oder Linux Betriebssystem
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Desktop und Server• Webvisualisierung (Plug-in frei mit WebGL/HTML5)
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz christiane.hopf@stadt.mainz.de• Vermessungsamt Villingen-Schwenningen ulrich.goetz@villingen-schwenningen.de

8.7 IP SYSCON pit – FM/pit-Kommunal Gebäude- und Energiemanagement – GIS-gestütztes CAFM und mehr – effizient und einfach

Verfasser: Dorothea Ludwig, IP SYSCON GmbH

Kurzbeschreibung

pit – FM/pit-Kommunal dient der Unterstützung aller Aufgaben rund um den Betrieb von Anlagegütern im Gesamtverlauf ihres Lebenszyklus und umfasst alle Projektphasen von der Planung, zur Durchführung, Überwachung und dem Controlling. Mit pit – FM/pit-Kommunal werden Liegenschaften, Gebäude, deren Inventare und Ausstattungen verwaltet. Das Gebäudemanagement oder auch Facility Management ermöglicht eine strukturierte Untersuchung und Optimierung aller betreffenden Anlagegüter und dort ablaufenden Prozesse. Durch die interdisziplinäre Anwendung und Bearbeitung wird das Gebäude in seinem gesamten Lebenszyklus betrachtet. Ein Bereich deckt das Energiemanagement ab, das für eine nachhaltige Entwicklung in der Kommune oder im Unternehmen dient. In das Energiemanagement sind z. B. Medien- und Zählerverwaltungen integriert. Mithilfe der Medienverwaltung werden alle Ver- und Entsorgungsmedien (Strom, sämtliche flüssigen, festen und gasförmigen Medien, Telekommunikationsanschlüsse etc.) innerhalb und außerhalb von Gebäuden erfasst, verwaltet und kontrolliert. Die transparente Verwaltung ermöglicht eine zielgerichtete Energieeinsparung in den öffentlichen Gebäuden bzw. Betriebsstätten.



pit – FM/pit-Kommunal

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung• Datenspeicherung/-management• Datenanalyse/-simulation• Visualisierung (2D, 3D)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• GIS, CAD, GLT
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	
Voraussetzungen	
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Desktop/Server• Web-Client, App-Technologie
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Landkreis Stendal, Stadt Lehrte, Gebäudemanagement Schleswig-Holstein (GMSH)

8.8 IP SYSCON Planungsrechner Erneuerbare Energien – webgestütztes Strategiewerkzeug für Verwaltungseinheiten und den Bürger

Verfasser: Dorothea Ludwig, IP SYSCON GmbH

Kurzbeschreibung

Bundesweit werden für Kommunen und Landkreise zunehmend Klimaschutzkonzepte und Potenzialstudien zu erneuerbaren Energien und Energieeffizienz über 3D-Geodatenanalysen erstellt und zahlreiche differenzierte Klimaschutzdaten erzeugt.

Der Planungsrechner Erneuerbare Energien bietet für Städte, Landkreise, Regionen oder Landesverwaltungen ein Visualisierungs- und Planungsinstrument zur Darstellung und Auswertung der erhobenen Bestands- und Potenzialinformationen an Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien.

Oftmals ist der eigentliche textliche Ergebnisbericht des Klimaschutzkonzepts die einzige in der Verwaltung verwendete Arbeitsgrundlage. Der webgestützte Planungsrechner Erneuerbare Energien ermöglicht das zentrale Vorhalten, Aktualisieren und Visualisieren der umfangreichen und wichtigen Daten für die tägliche Arbeit im Klimaschutz. Der Rechner besteht aus den Modulen Monitoring, EE-Barometer, Wertschöpfungsrechner und Szenarienrechner. Alle Daten und Berechnungen können in einem Steckbrief im PDF- oder Excel-Format ausgegeben werden.

Neben der öffentlichen Verwaltung können darüber auch dem Bürger und weiteren Akteuren die wichtigen Daten frei zugänglich zur Verfügung gestellt werden.



Webgestützter Planungsrechner Erneuerbare Energien

Eigenschaften

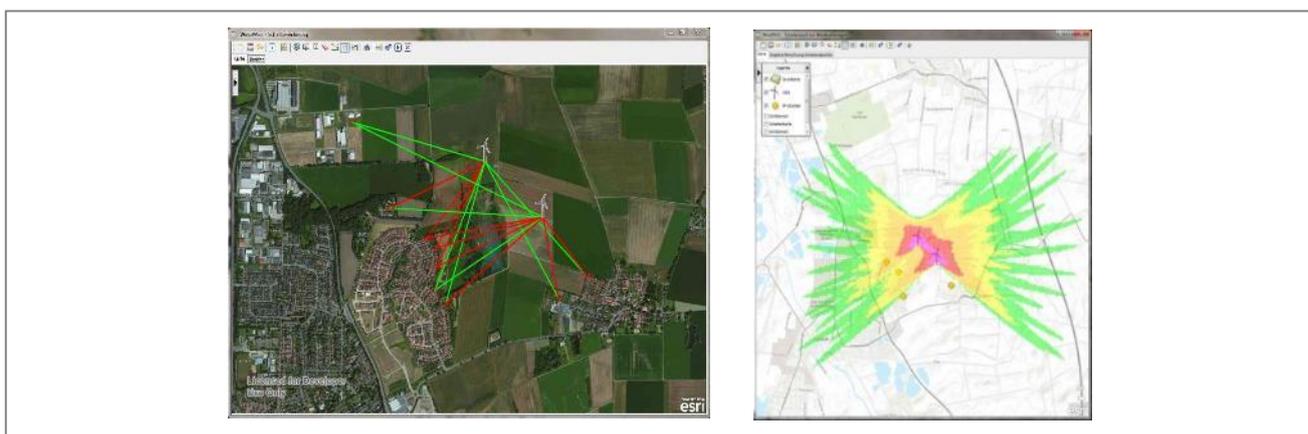
Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Datenspeicherung/-management • Datenanalyse/-simulation • Visualisierung (2D)
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Excel- und PDF-Ausgabe, Schnittstellen zu Datenbanken integrierbar
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none"> • Wertschöpfungsberechnungen, CO₂-Einsparungs- und Treibhausgasemissionsberechnungen, Szenarienerstellung
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hostingserver
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none"> • Web-Client
Referenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Planungsrechner Erneuerbare Energien Nordrhein-Westfalen: http://www.energieatlasnrw.de/site/nav2/planungsrechner/Planungsrechner.aspx

8.9 M.O.S.S. WindPASS: Windpark Planning & Analysis Software Suite

Verfasser: Karsten Lessing, M.O.S.S Computer Grafik Systeme GmbH

Neue und innovative Form einer effizienten Windparkplanung

Die Planung eines Windparks dauert in der Regel 3 – 5 Jahre. In diesem Zeitraum müssen diverse Fachfragen von vielen Mitarbeitern aus unterschiedlichen Abteilungen beantwortet werden. Hierzu zählt z. B. die Schall- und Schattenwurfbelastung an einzelnen Immissionsstandorten, die Turbulenzeigenschaften der Windkraftanlagen, die Ertragsberechnung und die Netzanbindung. Diese Fragen sind z. T. speziellen Normen und Richtlinien unterworfen. WindPASS ist eine Software Suite, mit der diese Fachfragen beantwortet werden können. WindPASS wurde auf Basis des Esri ArcGIS Runtime SDK entwickelt und besteht aus einzelnen Desktopanwendungen (wie WindPASS Schall oder WindPASS Schatten), die auf einem einheitlichen WindenergieDatenmodell aufsetzen. Die Ergebnisse werden in eine zentrale Geodatenbank geschrieben, auf die sowohl ArcGIS for Desktop Nutzer im Rahmen der Weißflächenanalyse als auch alle WindPASS Anwender direkt zugreifen können. Mit der Funktion einer Echtzeitvisualisierung von Planungsergebnissen (z. B. während des Verschiebens einzelner Windkraftanlagen) bietet WindPASS allen Windpark-Projektentwicklern eine neue und innovative Form der Arbeitsweise. Aufgrund des einheitlichen und zentralisierten Datenmodells lassen sich Mehrfachaufwände, Datenredundanzen und Zeitverluste, die in der Vergangenheit durch immer wiederkehrende Projektionsänderungen und Datenformat-Konvertierungen notwendig wurden, zukünftig vermeiden.



Ergebnisdarstellung zur Schattenwurf- und Schallausbreitungsanalyse in WindPASS

Eigenschaften

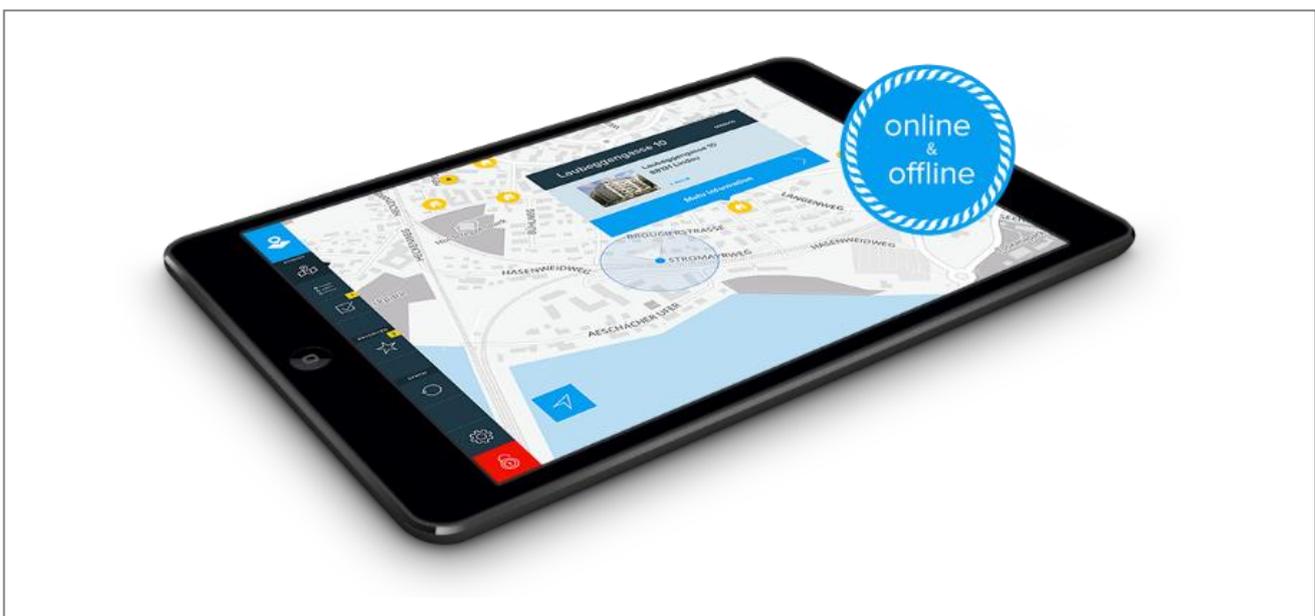
Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenmanagement• Datenanalyse• Visualisierung
Schnittstellen	
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Projektmanagement, Schallausbreitung, Schattenwurfanalyse
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• ArcGIS Runtime 10.2. (JAVA)
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Desktop mit optionalem Zugriff auf Clouddienste
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Im Einsatz seit 2015

8.10 PTW gotolisten – App-Lösungen für EVU und Kommunen online & offline

Verfasser: Thomas Trettel, PTW GmbH

gotolisten Tablet-App für professionelles, mobiles Arbeiten – online & offline!

Mit der gotolisten Tablet-App lässt sich speziell die Organisation des Außendienstes verbessern. Die App ermöglicht die optimale operative Steuerung von mobilen Mitarbeitern im Außendienst (Mobile Workforce Management – MWM). Schwerpunkt ist dabei die Versorgung der Mitarbeiter mit aktuellen Informationen, Planunterlagen und Dokumenten. Informationen können unterwegs editiert und gespeichert werden – die problematische Datenerfassung auf analogen Papierunterlagen und die nachträgliche kostenintensive Überführung in GIS-Systeme entfällt. Gotolisten bietet ein Grundgerüst, dessen Funktionalität durch Add-on-Komponenten für spezielle Anforderungen erweitert werden kann. Die Features der Basisversion umfassen eine Kartenansicht, Listenansicht, Routing sowie die Favoriten- und To-do-Listen. Gotolisten lässt sich unkompliziert bedienen, aufwendige Schulungen entfallen. Und ganz wichtig in Gebieten mit schlechter Netzabdeckung: Das Ganze funktioniert auch offline!



gotolisten Tablet-App

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Mobile Datenerfassung online & offline• Datenspeicherung/-management• Visualisierung Objekte und Leitungsnetze
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• WMS, DWG, DGN, Shape, Excel
Erweiterbarkeit/API	
Unterstützte Analysemethoden	
Voraussetzungen	
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Mobile-Client offline/online• Server• Web-Client (CMS)
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• siehe Website www.gotolisten.de

8.11 REALITY MAPS 3D RealityMaps Viewer und App

Verfasser: Christian Lotter, Dr. Florian Siegert; RealityMaps GmbH

Interaktive Visualisierung von hoch aufgelösten 3D-Landschaftsmodellen

Um fotorealistische 3D-Landschaftsmodelle interaktiv zu navigieren, hat die 3D RealityMaps GmbH eine High-Performance-Viewer-Software für das Internet entwickelt. Das Softwaresystem basiert auf einer hierarchischen LoD-Technologie. Nach einer automatisierten Vorverarbeitung der Datensätze werden nur die relevanten Daten für die aktuelle Ansicht in den Viewer geladen und auch nur in der für die Ansicht notwendigen Auflösung. Durch die effiziente Komprimierung und Caching können beliebig große 3D-Datensätze in einem hohen Detailgrad auf PCs und Laptops und sogar auf Smartphones dargestellt werden. Im Unterschied zu z. B. Google Earth erscheinen auch Gebäude, Ortschaften und Wälder dreidimensional. Es entsteht ein wesentlich realistischerer Eindruck der Landschaft und des Siedlungsraums. Eine realitätsnahe 3D-Darstellung erleichtert eine schnelle Orientierung am Computer und auf mobilen Geräten vor Ort.

Die preisgekrönte App 3D Outdoor Guides bietet völlig neue Möglichkeiten für Wanderer, Bergsteiger und Mountainbiker. Als einzige App zeigt sie die Alpen in Form eines realen Bilds der Berglandschaft. Eine fotorealistische 3D-Karte ist im Vergleich zu einer topographischen Karte intuitiv und viel leichter verständlich. Eine einfachere Art der Orientierung gibt es nicht. Durch die 3D-Darstellung auf Basis von hoch aufgelösten Luftbildern werden selbst kleinste Details der Landschaft sichtbar und ermöglichen eine realistischere Einschätzung des Geländes, der Steigungen und des Wegverlaufs. Unterwegs wird der eigene Standort über GPS in der 3D-Karte angezeigt. So ist zu jedem Zeitpunkt klar, wo man sich gerade befindet und wie der Weg aussieht, den man noch vor sich hat.



Vergleich zur Wirklichkeit (www.realitymaps.de)

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Datenanalyse, Visualisierung, Navigation
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">•
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">•
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Bauplanungen, Sichtbarkeitsanalyse• Schattenwurfanalyse
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">•
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Webanwendung• App
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Energieatlas Bayern, 3D Outdoor Guides

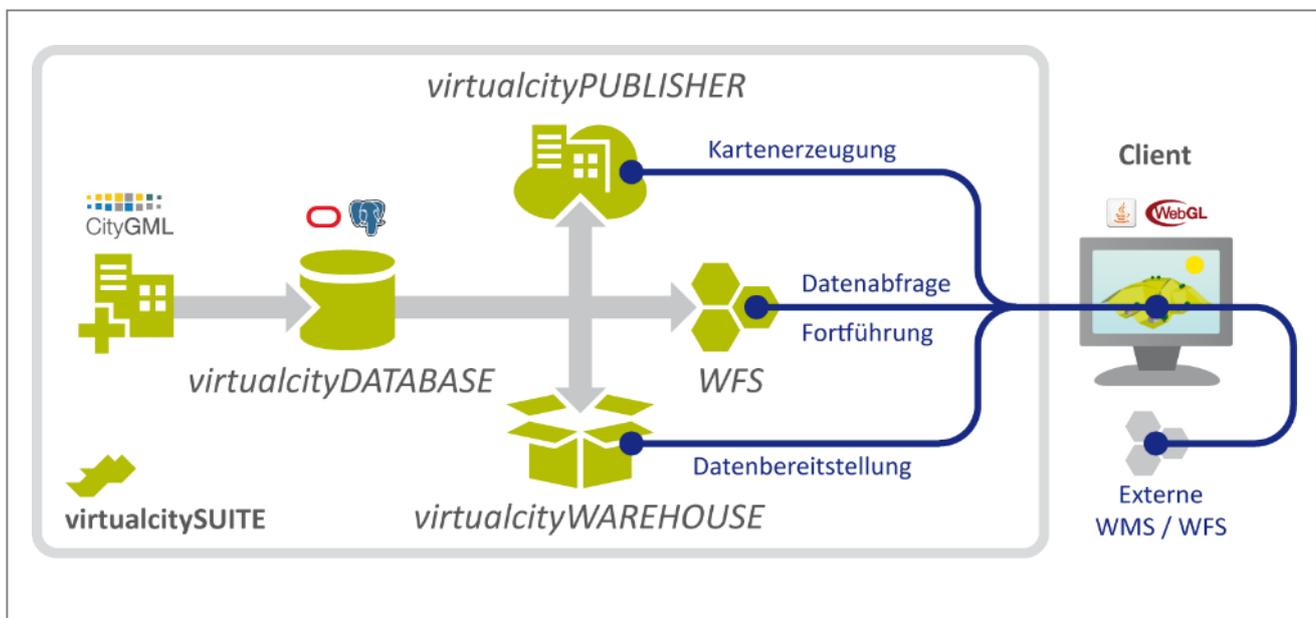
8.12 VIRTUALCITYSYSTEMS virtualcityDATABASE

Verfasser: Dr. Claus Nagel, Felix Kunde, Dr. Lutz Ross, virtualcitySYSTEMS GmbH

Kurzbeschreibung

Die virtualcitySUITE ist eine modular aufgebaute GeoIT-Lösung zur Speicherung, Verwaltung, Visualisierung und Bereitstellung von 3D-Geoinformationen. Sie umfasst alle Komponenten, die zur Umsetzung und zum Betrieb einer 3D-Geodateninfrastruktur erforderlich sind. Durch die volle Unterstützung des CityGML-Formates, die Abfragefunktionalitäten und Managementfunktionen bietet sich die virtualcitySUITE auch zur Speicherung, Verwaltung und Veröffentlichung energierelevanter Aspekte eines 3D-Stadtmodells an, so wie beispielsweise im Solaratlas Berlin (Kapitel 6.15) umgesetzt.

Zentraler Bestandteil der virtualcitySUITE ist die virtualcityDATABASE, die auf dem Open-Source-Projekt 3D City Database (vgl. Kapitel 7.2) basiert und den quelloffenen Kern (CityGML Im-/Export, KML/COLLADA Export, Spreadsheet Plug-in) um Funktionen zur Fortführung eines Stadtmodells erweitert. Eine OGC-konforme WFS-Schnittstelle ermöglicht komplexe thematische und räumliche Anfragen an das 3D-Stadtmodell, sowie das Einfügen, Editieren und Löschen von Stadtobjekten.



virtualcitySUITE

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">Datenspeicherung/-management
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">WFS 2.0 Service, SQL, Importer/Exporter
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">3D City Database Plug-in Schnittstelle
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">Funktionen des zugrunde liegenden DBMS sowie OGC FE
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">Oracle Spatial (Version 10g, 11g, 12c)PostgreSQL (ab 9.1) mit PostGIS (ab 2.0)
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">Server
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">Berlin, Dresden, Ludwigsburg, Kempten, Zürich, Salzburg, Bayern, Helsinki

8.13 VIRTUALCITYSYSTEMS virtualcityPUBLISHER

Verfasser: Dr. Claus Nagel, Felix Kunde und Dr. Lutz Ross, virtualcitySYSTEMS GmbH

Kurzbeschreibung

Der virtualcityPUBLISHER ist eine browserbasierte Anwendung zur Erzeugung von 3D-Webmapping-Anwendungen auf Basis heterogener Eingangsdaten. In wenigen Schritten können Anwender interaktive 3D-Karten erstellen und veröffentlichen. Als Datenquellen werden die 3D City Database/virtualcityDATABASE für CityGML-Daten und gängige Gelände- und Bildformate für Basisebenen unterstützt, die vom System in ein streamingfähiges Format überführt werden. Neben der Datenzusammenstellung und dem Festlegen von Ansichten stehen den Nutzern weitere Funktionsmodule zur Verfügung, die in die 3D-Karten eingebunden werden können:

- WFS-Abfrage (inkl. Attributfilter) gegen eine virtualcityDATABASE oder 3D City Database-Instanz,
- Einbindung von externen WMS- und WFS-Quellen als Karten-Overlays,
- Einbindung von Schrägluftbildern,
- Echtzeit-Schattensimulation,
- Adresssuche und Routing,
- PDF-Export und Shared-Link-Erzeugung.

Mit dem Zusatzmodul virtualcityWAREHOUSE kann eine Bereitstellungslösung für 3D-Geodaten integriert werden, bei der der Anwender die Objekte in der 3D-Ansicht per Mausklick oder über ein Polygon selektiert und sich für ein Ausgabeformat entscheidet.

Ein FME-Server kümmert sich dann um die Ausspielung und Konvertierung der Daten und das Versenden von Download-Links an eine angegebene E-Mail-Adresse.

Eigenschaften

Art der Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Autorensystem zur Erstellung und Verwaltung von webbasierten 3D-Geoportalen
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">• 3D City Database, virtualcityDATABASE• CityGML• Gelände- und Luftbilddaten• Schrägluftbilder• OGC Webservices (WMS, WFS)
Erweiterbarkeit/API	<ul style="list-style-type: none">• virtualcityMAP API
Unterstützte Analysemethoden	<ul style="list-style-type: none">• Verschattung• Messen und Sichtbarkeit• Thematische Abfragen
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Aktuelle Browser (IE9+, Firefox, Chrome etc.)• Aktuelle Java Version (Java 7 oder 8)
Systemarchitektur	<ul style="list-style-type: none">• Server-Clientarchitektur
Referenzen	<ul style="list-style-type: none">• Hamburg, Wien, Hannover, Frankfurt, Singapur, Geoinfo AG

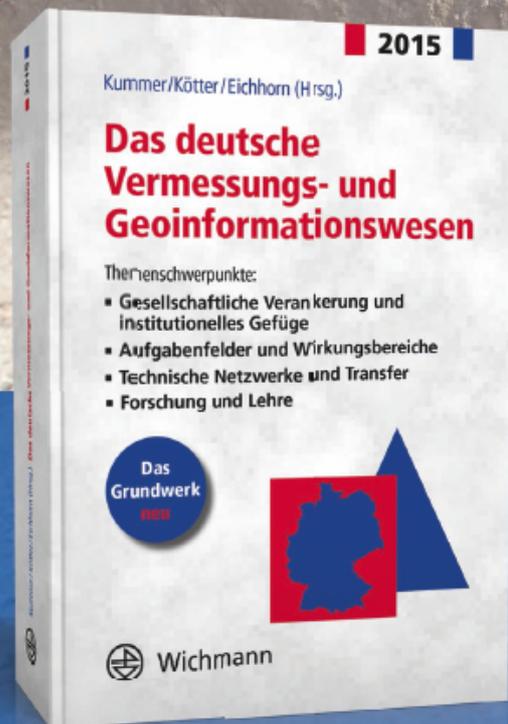


Wichmann

Anzeige



Landmanagement
 Geoinformationssysteme
 GIS
 Fernerkundung
 Geoinformatik
 Photogrammetrie
 Geodateninfrastruktur
 Geodaten
 GIScience
 Visualisierung
 Verkehrsplanung
 Geodaten
 GIScience
 Kataster
 Vermessung



2014
 XXVI,
 1244 Seiten
 152,- €

e-Book

Technikwissen punktgenau: **Die wissenschaftliche Klammer für die Bereiche Vermessung und Geoinformation!**

Das Jahrbuch ist mit seiner einzigartigen Themenzusammenstellung ein unentbehrliches Nachschlagewerk in den Bereichen Vermessung und Geoinformation.

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/140961



9 Anhang 2

9.1 Kontaktadressen der Verfasser

Jean-Marie Bahu
European Institute for Energy Research (EIFER)
Emmy Noether-Straße 11
76131 Karlsruhe
bahu@eifer.org
<https://www.eifer.kit.edu>

Dr. Kristian Bär
Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Darmstadt
Schnittspahnstraße 9
64287 Darmstadt
baer@geo.tu-darmstadt.de
<http://www.geo.tu-darmstadt.de>

Michael Beck
Landratsamt Kulmbach, Wirtschaftsoffensive Kreis Kulmbach – WOK
Konrad-Adenauer-Straße 5
95326 Kulmbach
beck.michael@landkreis-kulmbach.de
<http://www.landkreis-kulmbach.de>

Dr. Guido Blöcher
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Telegrafenberg
14473 Potsdam
guido.bloecher@gfz-potsdam.de
<http://www.gfz-potsdam.de>

Sebastian Botzler
Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
botzler@tum.de
<http://www.znb.mse.tum.de>

René Buffat
Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
rbuffat@ethz.ch
www.ikg.ethz.ch

Prof. Dr. Volker Coors
Fakultät Vermessung, Informatik und Mathematik, HFT Stuttgart
Schellingstraße. 24
70174 Stuttgart
volker.coors@hft-stuttgart.de
<http://www.hft-stuttgart.de>

Christiane Dworak
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
Büchsenstraße 54
70174 Stuttgart
christiane.dworak@lgl.bwl.de
<https://www.lgl-bw.de/lgl-internet/opencms/de/index.html>

Tobias Eder
Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
t.eder@tum.de
<http://www.ens.ei.tum.de>

Dr. Özgür Ertac
Esri Deutschland GmbH
Ringstraße 7
Raiffeisenstraße 16
85402 Kranzberg
O.ertac@esri.de
<http://www.esri.de>

Johannes Feindler
Stadtwerke Rosenheim GmbH
Bayerstraße 5
83022 Rosenheim
Johannes.Feindler@swro.de
<https://www.swro.de>

Laura Franke
Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
laura.franke@tum.de
<http://www.znb.mse.tum.de>

Dr. Nico Fritsch
eluminocity GmbH
Leopoldstraße 206
80804 München
nico.fritsch@eluminocity.com
<http://www.eluminocity.com>

Anna Füllenbach
AED-SYNERGIS GmbH
Mallwitzstraße 1-3
53177 Bonn
anna.fuellenbach@aed-synergis.de
<http://aed-synergis.de>

Stefano Grassi
Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich
Stefano-Frascini-Platz 5
8093 Zürich
sgrassi@ethz.ch
www.ikg.ethz.ch

Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey
Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich
Stefano-Frascini-Platz 5
8093 Zürich
gret@ethz.ch
<http://www.irl.ethz.ch>

Benjamin Hagedorn
3D Content Logistics GmbH
August-Bebel-Straße 26-53
14482 Potsdam
info@3dcontentlogistics.com
<http://www.3dcontentlogistics.com>

Thomas Hauenstein
Liegenschaftsamt der Stadt Karlsruhe
Lammstraße 7a, Rathauspassage
76133 Karlsruhe
thomas.hauenstein@la.karlsruhe.de
<https://web1.karlsruhe.de/Ressourcen/stadtverwaltung/index.php?amt=40&dezernat=4>

Prof. Dr. Ernst Huenges
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Telegrafenberg
14473 Potsdam
ernst.huenges@gfz-potsdam.de
<http://www.gfz-potsdam.de>

Frank Hümmer
Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Schwabach – Kompetenzzentrum Digitalisierung
O'Brien Straße 3
91126 Schwabach
Frank.Huemmer@ldbv.bayern.de
http://www.ldbv.bayern.de/geobasis_lvq.html

IP SYSCON GmbH
Möserstraße 1
49074 Osnabrück
info@ipsyscon.de
<http://www.ipsyscon.de>

Robert Kaden
Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
robert.kaden@tum.de
<https://www.gis.bgu.tum.de/>

Dr. Oliver Kastner
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Telegrafenberg
14473 Potsdam
kastner@gfz-potsdam.de
<http://www.gfz-potsdam.de>

Thomas Klein
Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
thomas.klein@nsl.ethz.ch
<http://www.irl.ethz.ch>

Prof. Dr. Thomas H. Kolbe
Lehrstuhl für Geoinformatik, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
thomas.kolbe@tum.de
<https://www.gis.bgu.tum.de/>

Michael Kölbl
Bayernwerk AG
Lilienthalstraße 7
93049 Regensburg
Michael.Koelbl@bayernwerk.de
<https://www.bayernwerk.de>

Michel Krämer
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)
Fraunhoferstraße 5
64283 Darmstadt
michel.kraemer@igd.fraunhofer.de
www.igd.fraunhofer.de

Gerhard Kreuwel
AED-SICAD AG
Carl-Wery-Straße 22
81739 München
ut-news@aed-sicad.de
<http://www.aed-sicad.de>

Felix Kunde
virtualcitySYSTEMS GmbH
Tauentzienstraße 7 b/c
10789 Berlin
fkunde@virtualcitysystems.de
<http://www.virtualcitysystems.de>

Karsten Lessing
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH
Hohenbrunner Weg 13
82024 Taufkirchen
klessing@moss.de
<http://www.moss.de>

Jan Liebscher
LH München - Kommunalreferat GeodatenService
Blumenstraße 28b
80331 München
jan.liebscher@muenchen.de
<http://www.geodatenservice-muenchen.de>

Kathleen Lingner
Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung
Martin-Luther-Straße 105
10825 Berlin
Kathleen.Lingner@senwtf.berlin.de
<http://www.berlin.de/sen/wirtschaft/>

Christian Lotter
(ehemals) 3D RealityMaps GmbH
Isarstraße 3
82065 Baierbrunn
info@realitymaps.de
<http://www.realitymaps.de>

Madeleine Manyoky
Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
manyoky@nsl.ethz.ch
<http://www.irl.ethz.ch>

Ekkehard Matthias
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg
Sachsenkamp
20097 Hamburg
Ekkehard.Matthias@gv.hamburg.de
www.geoinfo.hamburg.de

Frank Möller
ARC-GREENLAB GmbH
Eichenstraße 3b
12435 Berlin
moeller.frank@arc-greenlab.de
<http://www.arc-greenlab.de>

Dr. Claus Nagel
virtualcitySYSTEMS GmbH
Tauentzienstraße 7 b/c
10789 Berlin
cnagel@virtualcitysystems.de
<http://www.virtualcitysystems.de>

Dr. Isabell Nemeth
Zentrum für nachhaltiges Bauen, TU München
Arcisstraße 21
80333 München
inemeth@tum.de
<http://www.znb.mse.tum.de>

Romain Nouvel
Zentrum für Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart
Schellingstraße 24
70174 Stuttgart
romain.nouvel@hft-stuttgart.de
<http://www.hft-stuttgart.de>

Marco Oestereich
Bezirksregierung Köln
Muffendorfer Straße 19
53177 Bonn
marco.oestereich@bezreg-koeln.nrw.de
<http://www.bezreg-koeln.nrw.de>

Dr. Dirk Pietruschka
Forschungszentrum Nachhaltige Energietechnik, HFT Stuttgart
Schellingstraße 24
70174 Stuttgart
dirk.pietruschka@hft-stuttgart.de
<http://www.hft-stuttgart.de>

Zeljko Rajcevic
Prof. Schaller UmweltConsult (PSU)
Domagkstraße 1a
80807 München
ra.ze@gmx.de
<http://www.psu-schaller.de>

Prof. Dr. Martin Raubal
Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich
Stefano-Frascini-Platz 5
8093 Zürich
mraubal@ethz.ch
www.ikg.ethz.ch

Dr. Lutz Ross
virtualcitySYSTEMS GmbH
Tauentzienstraße 7 b/c
10789 Berlin
lross@virtualcitysystems.de
<http://www.virtualcitysystems.de>

Dr. Holger Schade
AED-SICAD AG
Carl-Wery-Straße 22
81739 München
holger.schade@aed-sicad.de
<http://www.aed-sicad.de>

Prof. Dr. Jörg Schaller
Esri Deutschland GmbH
Ringstraße 7
Raiffeisenstraße 16
85402 Kranzberg
j.schaller@esri.de
<http://www.esri.de>

Prof. Dr. Magdalena Scheck-Wenderoth
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Telegrafenberg
14473 Potsdam
magdalena.scheck@gfz-potsdam.de
<http://www.gfz-potsdam.de>

Joram Schito
Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
jschito@ethz.ch
www.ikg.ethz.ch

Andreas Schleyer
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
Alexandrastraße 4
80538 München
andreas.schleyer@mlr.bwl.de
<http://www.adv-online.de>

Eric Schmalen
AED-SICAD AG
Carl-Wery-Straße 22
81739 München
Eric.Schmalen@aed-sicad.de
<http://www.aed-sicad.de>

Hans Jürgen Schocke
Westnetz GmbH
Florianstraße 15 – 21
44139 Dortmund
hans-juergen.schocke@westnetz.de
<https://www.westnetz.de>

Marcellus Schulze
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
marcellus.schulze@lfu.bayern.de
<http://www.lfu.bayern.de>

Dr. Florian Siegert
3D RealityMaps GmbH
Isarstraße 3
82065 Baierbrunn
siegert@rssgmbh.de
<http://www.realitymaps.de>

Dr. Judith Sippel
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Telegrafenberg
14473 Potsdam
sippel@gfz-potsdam.de
<http://www.gfz-potsdam.de>

Sebastian Spindler
Bayernwerk AG
Lilienthalstraße 7
93049 Regensburg
Sebastian.Spindler@bayernwerk.de
<https://www.bayernwerk.de>

Thomas Trettel
PTW GmbH
Alpenstraße 6
88400 Biberach
thtrettel@ptw-online.com
<http://ptw-online.com/>

Andreas Uttenthaler
GAF AG
Arnulfstraße 199
80634 München
andreas.uttenthaler@gaf.de
<http://www.gaf.de>

Manfred Wieland
European Institute for Energy Research (EIFER)
Emmy-Noether-Straße 11
76131 Karlsruhe
Manfred.Wieland2@eifer.uni-karlsruhe.de
<https://www.eifer.kit.edu>

Philipp Willkomm
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH
Hohenbrunner Weg 13
82024 Taufkirchen
pwillkomm@moss.de
<http://www.moss.de>

Dr. Frank Wirtz
Bayernwerk AG
Lilienthalstraße 7
93049 Regensburg
Frank.Wirtz@bayernwerk.de
<https://www.bayernwerk.de>

Dr. Ulrike Wissen Hayek
Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich
wissen@nsl.ethz.ch
www.ikg.ethz.ch

Prof. Dr. Roland Zink
TH Deggendorf
Edlmairstraße 6 und 8
94469 Deggendorf
roland.zink@th-deg.de
<https://www.th-deg.de>

9.2 Verzeichnis der Hersteller

AED-SICAD AG
<http://www.aed-sicad.de>

AED-SYNERGIS GmbH
<http://aed-synergis.de>

Esri Deutschland GmbH
<http://www.esri.de>

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)
www.igd.fraunhofer.de

IP SYSCON GmbH
<http://www.ipsyscon.de>

M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH
<http://www.moss.de>

PTW GmbH
<http://ptw-online.com/>

3D RealityMaps GmbH
<http://www.realitymaps.de>

virtualcitySYSTEMS GmbH
<http://www.virtualcitysystems.de>

9.3 Verzeichnis der Anzeigen

AED-SICAD AG – Seite 129

Bayernwerk AG – Seite 36

ESG Elektroniksystem- und Logistik- GmbH – Seite 96

Esri Deutschland GmbH – Seite 55

IP SYSCON GmbH – Seite 96

Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, BY – Seite 141

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, BW – Seite 141

M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH – Seite 3

Runder Tisch GIS e. V. – Seite 11

Stadtwerke Rosenheim GmbH – Seite 36

virtualcitySYSTEMS GmbH – Seite 23

Wichmann Verlag – Seite 156